

HI-13 串列加速器上的氙气体靶装置

祁步嘉 周祖英 周陈维 唐洪庆 杜岩峰

(中国原子能科学研究院核物理研究所, 北京, 102413)

陈庆望 李济民

(中国原子能科学研究院同位素研究所, 北京, 102413)

在 HI-13 串列加速器上建立了我国第一台氙气体靶装置。氙气体靶采用双窗结构, 入射窗为 Mo 箔, Mo 窗把气室分成氙气室和氦气室两部分。实验运行时, 氙气室的氙气压力为 2×10^5 Pa, 氦气室的氦气压力为 3×10^4 Pa。氙气体靶装置在入射氙束流能量为 20 MeV、流强 $1.5 \mu\text{A}$ 时, 可长时间安全运行。该靶装置已应用于中子物理的实验测量工作。

关键词 氙气体靶 中子源 中子物理实验

在 HI-13 串列加速器上开展 5—40 MeV 中子能区的弹性散射、非弹性散射、次级中子能谱及中子引起的带电粒子核反应等方面的研究, 建立以 $D(d, n)^3\text{He}$ 、 $T(p, n)^3\text{He}$ 和 $T(d, n)^4\text{He}$ 反应为中子源的氙和氙气体靶装置是重要的。串列加速器上的氙气体靶装置已安全运行了近 10 a, 最近又研制建成了我国第一台氙气体靶装置, 于 1995 年 5 月安全投入运行。在串列加速器上建立氙气体靶装置以后, 用 $D(d, n)^3\text{He}$ 反应中子源开展了 8—13 MeV 中子能区的弹性散射、非弹性散射及次级中子双微分截面测量等研究工作。为了开展 20—40 MeV 中子能区的弹性散射微分截面的测量研究和 5—8 MeV 能区的中子物理研究, 在串列加速器上建立氙气体靶装置, 使串列加速器上的中子源能区扩展延伸至 5—40 MeV。

1 氙气体靶装置的设计和结构

氙气体靶(图 1)采用双窗结构, 第一个铝箔窗把气室分成氙气室和氦气室两部分, 氦气室的出射窗就是氙气室的入射窗。第二个铝箔窗为氦气室的入射窗。2 个铝箔窗厚度均为 $10 \mu\text{m}$ 。氙气体靶的双窗设置增加了氙气体靶的安全性, 双窗结构可以同时监视 2 个气室的气压变化, 多了一道安全保障线, 同时也在很大程度上减小了窗的破裂几率, 因为双窗同时破裂的几率远小于单窗的破裂几率。双窗设置, 使靶室压力在 2 个气室中分配, 可以提高靶压。在气室压力

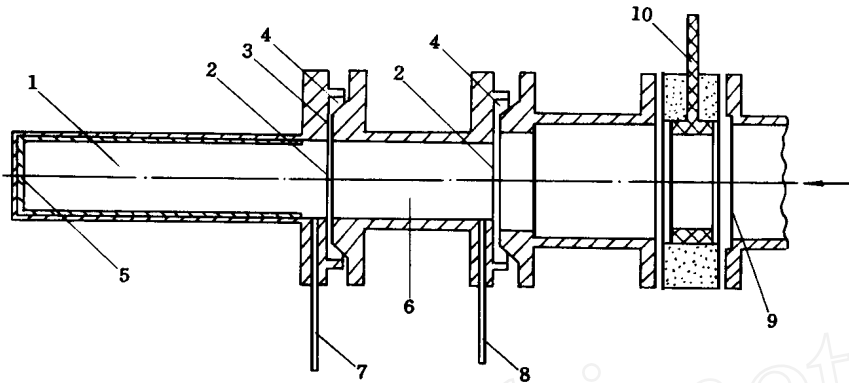


图 1 氚气体靶结构图

Fig. 1 Cross sectional view of the tritium gas target

- 1——氚气体靶室; 2——Mo 箔; 3——钨密封圈; 4——橡胶密封圈; 5——Au 束流阻止片;
6——氦气体室; 7——氚气体出入气室管道; 8——氦气体出入气室管道;
9——Ta 光栏; 10——负压环

相同时, 则双窗设置对气室的安全性比单窗时大为提高。氚气靶室用不锈钢制造, 靶室的直径 $\Phi 11$ mm、长 42 mm、壁厚 0.3 mm。束流阻止片为厚 0.6 mm 的金片, 以减少本底中子的产生。氚气室采用了钨密封圈和橡胶密封圈的双重密封, 氦气室仅采用了“O”型橡胶圈密封。氚气体靶装置运行时, 氚气室的氚压为 2×10^5 Pa, 氦气室的氦压为 3×10^4 Pa。2 个气室的压力由压力传感器测量和数字显示, 并由工业电视系统摄像监视, 这样在加速器运行时, 可在测量室随时监视 2 个气室的压力变化。氚气室和氦气室的压力传感器都可以预先设置压力报警的上下阈值。当任一气室的压力变化达到报警压力值时, 立即发出报警信号, 同时控制关闭束流管道上的快速阀门。快速阀门位于距氚气靶室约 15 m 处的束流管道中, 快速阀门的动作时间为 7 ms。在束流管道中多处设置气阻, 气体从气靶室到达快速阀门的时间大于 15 ms, 万一靶窗破裂时, 快速阀门能有效地把气靶室与加速器主束流管道隔断, 保证加速器的安全。

2 氚气体的操作和靶装置的检测

整个氚气体靶装置的控制及流程如图 2 所示。氚气体靶系统在充氚气之前, 对氚气室及氦气室两部分仔细用真空氦质谱检漏仪进行了检漏, 然后在 2 个气室内各充入 4×10^5 Pa 的氦气作压力试验。检测合格后将氚气体靶系统与加速器束流管道相联接, 进行氚气体靶装置的冷试验检验, 即在氚气室中充以非放射性的氚气, 压力为 4×10^5 Pa, 氦气室中充入氦气, 压力为 3×10^4 Pa, 用入射能量为 20 MeV、束流强度为 $1.5 \mu\text{A}$ 的氚束流轰击气体靶系统, 用快中子飞行时间谱仪监测 $\text{D}(d, n)^3\text{He}$ 反应的单能中子峰, 用 ORTEC 439 束流积分仪记录气体靶室上的束流, 检测整个气体靶系统的安全性及靶室的冷却状况(氚气体靶装置第一次检测时, 连续运行约 2 h)。检测合格后, 方可将氚气室中的氚气抽空, 启动氚铀粉瓶系统, 按规程操作, 将氚气充入氚气室中, 压力为 2×10^5 Pa。经过这一系列过程以后, 整个氚气体靶装置方可投入运行。

氚气体靶室的整个气体流程及其控制装置系统设置在 1 个专门的手套箱中。手套箱与直

径 $\phi 320$ mm 的专用通风管道直接连接。除了专设手套箱的通风系统外,实验大厅设有专门的通风系统,该系统的通风能力为每小时使实验大厅换气 10 次,通风系统的排气口高达 20 m。实验大厅对气态氚的安全操作量为 4.44 TBq。氚气体靶装置在氚气压力为 2×10^5 Pa 运行时,总的气态氚量为 1.9 TBq,即使再增加 1 倍的气态氚量,也仍在安全操作量范围内。实验大厅中还设置了低能 β 气体测量仪,随时可以监测大厅中 β 放射性的剂量状况。气态氚以氚化铀的形式储存在铀粉瓶中。利用铀粉瓶中铀粉的高化学活性,可以方便地提供高压氚气和回收氚气。当铀粉瓶被加热到 500 °C 以上时,可以产生 2×10^5 Pa 以上压力的氚气,当铀粉瓶冷却到室温时,又可将氚气吸收,使氚气压力低于 1.3 Pa。为保证铀粉瓶加热时氚化铀粉不被氚气带出铀粉瓶,在铀粉瓶出口使用了带有微孔过滤器的金属密封圈。铀粉瓶的加热器安装在一个升降台上。铀粉瓶的温度由一个与热电偶相联接的温度控制器测量及控制温度。氚气室的抽真空及充氚是经由外径 $\phi 2$ mm、内径 $\phi 1$ mm 的细铜管进行,细铜管经退火处理后,变得易弯曲,有利于氚气体靶的安装使用。

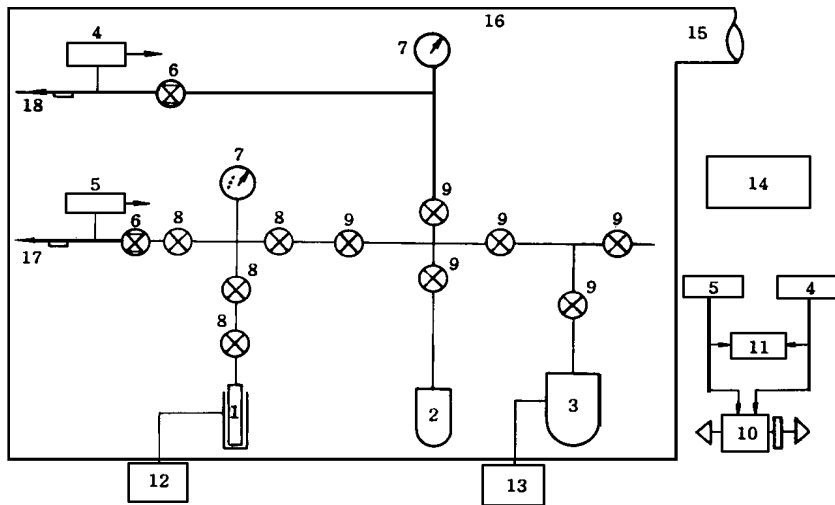


图 2 氚气体靶装置气体流程控制示意图

Fig 2 Handling system diagram of the tritium gas target assembly

- 1——氚铀粉瓶; 2——氩气瓶; 3——分子泵机组; 4——氩气压力传感器; 5——氚气压力传感器;
6——微调阀门; 7——真空压力表; 8——全金属结构阀门; 9——阀门; 10——快速阀门;
11——报警器; 12——加热及温度控制器; 13——真空测量仪; 14——低能 β 气体测量仪;
15——通风管道; 16——手套箱; 17——联接氚气体室; 18——联接氩气体室

将 $10 \mu\text{m}$ 厚的钼窗用在氚气体靶中,氚气室的氚气压力为 6×10^5 Pa 时,在能量 8 MeV、流强 $4.5 \mu\text{A}$ 的氚束流轰击下可长时间安全运行。在氚气体靶装置中,也选用了厚为 $10 \mu\text{m}$ 的钼箔窗。实际运行情况证明,当氚室压力为 2×10^5 Pa、氩气室压力为 3×10^4 Pa 时,入射氚束流能量 20 MeV、脉冲束平均流强 $1.5 \mu\text{A}$ 的条件下,做到了长时间安全运行。当然,在氚气体靶系统的运行过程中,对氚气体靶室的冷却是重要的,为此,专门设置了对靶室冷却状况的观察监视系统。

3 氚气体靶的运行

氚气体靶装置从 1995 年 5 月开始投入运行至 1996 年 6 月已在 HF-13 串列加速器上安全运行并提供了近 900 h 束流时间。用 $T(d, n)^4\text{He}$ 反应作中子源, 对 37 MeV 和 40 MeV 中子的 ^{209}Bi 和 C 的弹性散射微分截面角分布进行了测量研究, 以改善带色散修正项的光学模型 (DOM) 的理论研究, 获得了很好的实验测量结果。用 $T(p, n)^3\text{He}$ 反应中子源, 对 5.4 MeV 中子引起的 ^{238}U 裂变瞬发中子能谱进行了测量, 亦获得了很好的测量结果。氚气体靶装置的建立, 填补了相应中子能区的空白, 在 HF-13 串列加速器上使中子源的能区由原来的 $D(d, n)^3\text{He}$ 反应中子源的 8—20 MeV 向低能延伸到 5 MeV, 向高能扩展到 40 MeV。图 3 给出了 $T(p, n)^3\text{He}$ 及 $T(d, n)^4\text{He}$ 反应的中子飞行时间谱。在 $T(p, n)^3\text{He}$ 反应的飞行时间谱中, 右边的峰是 γ 射线峰, 入射质子束的能量 $E_p = 7\text{ MeV}$ 。在 $T(d, n)^4\text{He}$ 反应的飞行时间谱中, 分别给出了氚气体靶室有氚气和无氚气时的中子飞行时间谱, 入射氘粒子束的能量 $E_d = 20\text{ MeV}$ 。氚气体靶装置的运行证明, 当入射氘束能量 20 MeV、束流强度 $1.5\ \mu\text{A}$ 时, 氚气体靶装置可以长时间的安全运行。氚气体靶装置的实际运行证明, 只要遵守操作规程, 谨慎操作, 该系统运行是安全可靠的。

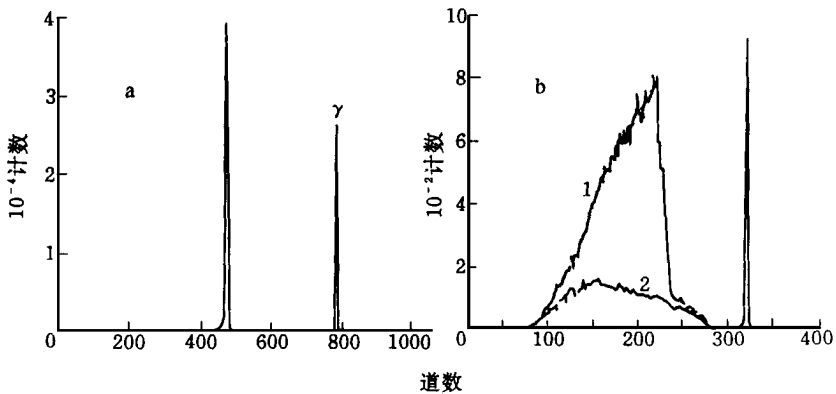


图 3 $T(p, n)^3\text{He}$ 和 $T(d, n)^4\text{He}$ 反应的中子飞行时间谱

Fig 3 Neutron TOF spectra of $T(p, n)^3\text{He}$ and $T(d, n)^4\text{He}$ reaction

a— $T(p, n)^3\text{He}$ 反应, $E_p = 7\text{ MeV}$; b— $T(d, n)^4\text{He}$ 反应, $E_d = 20\text{ MeV}$

1—氚气室充氚气时的中子飞行时间谱; 2—氚气室无氚气时的中子飞行时间谱

参 考 文 献

- Carlson JD. Performance of A High Pressure, High Beam Current Gas Target Nucl Instrum Methods, 1973, 113: 541.
- Morris CL, Thornton ST. Inexpensive High Beam Current Gas Cell for Neutron Production Nucl Instrum Methods, 1971, 96: 281.
- Mostafa ABM G Development and Performance of a High Current Tritium Gas Target Nucl Instrum Methods 1975, 125: 493.

. . . 1980, 6: 22

A TRITIUM GAS TARGET FOR NEUTRON PRODUCTION AT HI-13 TANDEM ACCELERATOR

Q i B u j i a Z h o u Z u y i n g Z h o u C h e n w e i T a n g H o n g q i n g D u Y a n f e n g

(China Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275-46, Beijing, 102413)

C h e n Q i n g w a n g L i J i n

(China Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275-66, Beijing, 102413)

ABSTRACT

A tritium gas target was built and employed in neutron physics experiments at HI-13 tandem accelerator. The gas target consists of a helium gas cell and a tritium gas cell. The entrance foils are 10 μm thick molybdenum ones. The target is intended as a neutron source using $T(d, n)^4\text{He}$ and $T(p, n)^3\text{He}$ reactions. Details of the target design and performance are given.

Key words Tritium gas target Neutron source Neutron physics experiment

核退役

Nuclear Decommissioning

编者: Cordelier, S 等。1995 年机械工业出版社出版。

1995 年 11 月 29—30 日由英国核能协会与机械工程师协会的能源工业部门组织的核退役国际会议, 讨论了有关核退役在战备、实际及环境上的考虑。本书是该会议文集, 收载论文 38 篇。包含有: 在 Fort St Vrain 的退役进程; 后处理厂的退役; 日本核设施的退役; 切尔诺贝利 1, 2, 3 号反应堆准备的退役计划; 日本示范动力堆退役经验和数据分析; 拉蒂纳核电站的退役活动; IAEA 有关退役的 RADWASS 安全标准; EDF 和 CEA 退役的战略、成绩和前景; AVR 实验核电站的退役等。

摘自中国原子能科学研究院《科技信息》