

## 熔化靶技术用于在线同位素分离器

赵进华, 张立, 王同庆, 郭斌,  
范红梅, 胡青元, 杨永锋, 郑纪文

(中国科学院近代物理研究所, 甘肃兰州 730000)

**摘要:**将熔化铅靶技术应用于在线同位素分离器。690 MeV 中能 $^{18}\text{O}$ 束轰击熔化铅靶的反应产物通过传输管扩散进入离子源,由带传输系统进行汞同位素的收集和传输。实验观测到了汞的若干同位素的 $\gamma$ 射线。

**关键词:**熔化铅靶;在线同位素分离器;带传输系统

**中图分类号:** O615.11      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-6931(2000)05-0460-04

与在线同位素分离器配接的靶系统必须可靠而有效,靶单元应在不影响离子源正常工作情况下既保证靶材料的连续辐照又能使核反应产生的放射性核素全部顺序且在尽可能短的时间内从靶材料中脱出,并扩散进入分离器离子源。熔化靶利用熔化状态下靶材料的饱和蒸汽压远远低于靶辐照期间由核反应产生的易挥发性产物核素的饱和蒸汽压这一物理现象,使处于低压气相状态的反应产物从靶传输到分离器离子源,而靶材料本身则不会蒸发损失。气相热色谱分离技术用于新丰中子同位素 $^{208}\text{Hg}^{[1]}$ 、 $^{209}\text{Hg}^{[2,3]}$ 的合成研究表明,它是有效分离核反应产物的重要手段之一。为增大束流接受面,提高期望核的产额,采用厚靶且使其处于熔融态,可将核反应产物汞连续、快速、高效地选择性收集。本工作对熔化靶技术用于在线同位素分离器的可能性进行初步探索,并对在线熔化靶技术与分离器离子源联接进行调试实验。

### 1 实验装置

熔化靶单元位于分离器离子源高压区的离子源前,原理和结构与在线熔化靶气相热色谱分离装置的靶单元 $^{[4]}$ 相似。 $\phi 35\text{ mm} \times 40\text{ mm}$ 的石墨靶容器作成阶梯形,靶容器放置于石墨靶腔中,靶腔通过传输管与分离器离子源实现真空联接。传输管由 $\phi 6\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ 长300 mm不锈钢管制成,其末端通过氮化硼陶瓷与离子源室炭捕获器实现滑动连结,连结处孔径为 $\phi 2\text{ mm}$ 。靶腔外真空室由处于低压区的分子泵机组排气。靶腔的真空排气由分离器离子源的分

收稿日期:1998-11-02;修回日期:1999-01-18

基金项目:国家自然科学基金资助项目(19575056);中国科学院“八五”重大课题资助项目

作者简介:赵进华(1940—),男,江苏如东人,副研究员,实验核物理专业

靶前低压区配置  $\phi 20 \text{ mm} \times 90 \text{ mm}$  的束流准直器,其后跟随气动驱动法拉第筒。用 W/Re 热电偶测量靶腔靶温,靶腔热屏蔽结构维持靶温  $650^\circ\text{C}$  时的热功耗为  $230 \text{ W}$ 。靶腔加热电流由低压大电流变压器供给,电流变压器处于  $40 \text{ kV}$  电位上,它的初级由  $60 \text{ kV}$  高压隔离变压器供电,调节隔离变压器的初级电压即可改变加热功率。分离器系统的质量刻度使用稳定同位素  $^{200}\text{Hg}$ 、 $^{202}\text{Hg}$  (来自室温下的液态汞) 和 Kr、Xe 气体,通过长约  $20 \text{ cm}$   $\phi 1 \text{ mm}$  的不锈钢毛细管进入石墨靶腔,经传输管扩散进入离子源,气量由标准漏孔限定。分离器使用的 FEBIAD 型离子源需在低气压下工作,故实验中未使用载气。

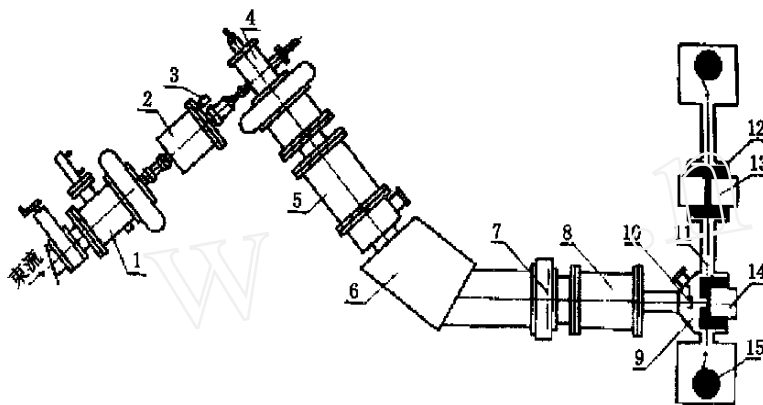


图 1 熔化靶与在线同位素分离器联合运行配置图

Fig. 1 Schematic diagram of the molten Pb target with on-line separator system

- 1——束流测量室;2——熔化靶室;3——质量刻度源;4——分离器离子源;  
5——静电四极透镜;6——分析磁铁;7——焦平面;8——静电四极透镜;  
9——收集室;10——法拉第筒;11——样品收集带;12——铅屏蔽;  
13——HPGe 探测器 2;14——探测器 1;15——带传输系统

## 2 实验

靶材料为  $^{nat}\text{Pb}$ ,纯度为  $99.99\%$ 。为了靶容器的安全和尽可能排除靶材料和石墨靶容器中吸附的气体,实验前缓慢升温至  $650^\circ\text{C}$ ,并在此温度下维持离子源真空度好于  $4 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ ,然后,再进行离子源系统的预热、分离器系统的质量刻度等。因传输管两端处于较高温度而未加热,这对汞的传输是可行的。分离器焦平面设置宽度为  $10 \text{ mm}$  的固定狭缝。

用带传输系统收集和传输样品,计算机数据获取磁带作为样品收集带。收集带在真空中运行,带上束流斑点约  $12 \text{ mm}$ 。两组探测器分别位于收集室和距收集室  $675 \text{ mm}$  处(图 1),位于收集室处的探测器用于监测。入射束流强度  $50 \sim 60 \text{ nA}$ ,由法拉第筒监测。样品收集时间为  $100 \text{ min}$ 。收集的样品由带传输系统移至探测器 2 进行  $\alpha$  能谱测量。

## 3 实验结果与讨论

实验在分离器系统更换了部分真空室和引出电极、将原有油扩散泵换为涡轮分子泵、系统未作仔细调整情况下进行,同位素分离器处于非最佳状态。由于本次实验产物的质量范围有限,系统不考虑熔化靶和离子源之间的化学分离。分离器处于加速器实验大厅中由大型水泥

块构筑的屏蔽室内,对于中能重离子实验,这样的抗辐射屏蔽尚不够完善。这次实验是熔化靶用于同位素分离器的首次在束实验,实验中观测到了 $^{190}\sim^{199}\text{Hg}$ 的射线。探测器系统的屏蔽不足以阻止由中能重离子束产生的大量中子和辐射本底,给中能重离子反应的在线探测带来困难。因此,在对样品进行能谱测量期间,将束流阻止在主加速器大厅内,不进行样品收集。束流平均强度为55 nA,样品收集时间115 min,能谱测量时间55 min。分离器收集的Hg同位素的样品谱示于图2。以 $^{190}\text{Hg}$ 谱峰估算,分离器总效率仅为0.4%。由于使用了10 mm宽的狭缝,因此,在同一能谱图中可出现几个汞同位素。

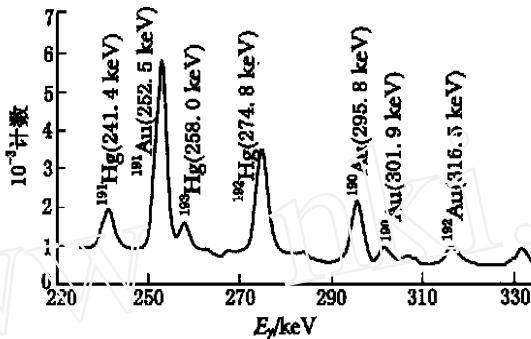


图2 分离器收集的Hg同位素样品谱

Fig. 2 Spectrum of Hg isotope sample

按照分离器(使用FEBIAD型离子源)对Xe和Kr离线测试总效率大于5%来估计,在目前条件下,分离器能对反应截面为 $10^{-32} \text{ m}^2$ 量级的反应产物进行分离和探测,分离器经仔细调整后性能还可提高。因此,本实验说明,熔化靶用于在线同位素分离器是完全可行的。

#### 参考文献:

- [1] Zhang Li, Jin Genming, Zhao Jinhua, et al. Observation of the New Neutron-rich Nuclide  $^{208}\text{Hg}$  [J]. Phys Rev, 1994, C49(2): 592 ~ 596.
- [2] Zhang Li, Zhao Jinhua, Zheng Jiwen, et al. Identification of  $^{208}\text{Hg}$  [J]. Eur Phys, 1998, JA2: 5 ~ 7.
- [3] Zhang Li, Zhao Jinhua, Zheng Jiwen, et al. Neutron-rich Heavy Residues and Exotic Multinucleon Transfer [J]. Phys Rev, 1998, C58(1): 156 ~ 163.
- [4] 赵进华, 张立, 郑纪文. 在线熔化靶气相热色谱分离装置的结构和主要特性[J]. 原子能科学技术, 1997, 31(6): 530 ~ 534.

## On-line Isotope Separator Combined With a Molten Target Unit

ZHAO Jir-hua , ZHANG Li , WANG Tong-qing , GUO Bing ,  
FAN Hong-mei , HU Qing-yuan , YANG Yong-feng , ZHENG Ji-wen

( Institute of Modern Physics , Chinese Academy of Sciences , Lanzhou 730000 , China )

**Abstract :** The molten lead target unit are combined with an on-line isotope separator. The Hg isotopes produced from the reaction of 600 MeV  $^{18}\text{O}$  beam bombarding on molten Pb target diffuse through transport tube into the FEBIAD ion source of the on-line isotope separator at Lanzhou , and collected and transported by a tape-transport system. Some of mercury isotopes is observed experimentally.

**Key words :** molten Pb target ; on-line isotope separator ; tape-transport system

## 用于核科学与核工业的模糊逻辑与智能技术

Fuzzy Logic and Intelligent Technologies for Nuclear Science and Industry

编者:Da Ruan 等。1998 年世界科学出版社出版。

本书是第三届国际核科学模糊逻辑与智能技术会议文集。该会于 1998 年 9 月 14 ~ 16 日在比利时的 Antwerp 举行。会上介绍了核工业及相关研究领域内的智能系统以及模糊逻辑、神经网络等软件计算的原理。内容如下:

1. 模糊数学与应用 为读者了解模糊控制、模糊模拟和模糊决策支持系统提供了基础知识;
2. 软件计算与智能工程应用 报道了动力工程、风险分析、传感系统、专家系统、军用观测系统以及过程控制集合等工程问题;
3. 核科学与核工业应用 重点讨论了模糊逻辑和智能技术在核科学与核工业中的应用,论题包括核能、核安全评定、核保障、反应堆运行以及反应堆控制器设计等。

摘自中国原子能科学研究院《科技信息》