

循环带传输系统

苏朋源^{1,2} 黄明辉^{1,2} 范红梅¹ 马 飞^{1,2} 王长虹¹ 甘再国¹

1(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

2(中国科学院研究生院 北京 100049)

摘要 针对短半衰期核素实验研究的特点,设计了一套新的收集和测量带系统,此系统采用低负载以及循环带结构,从而缩短了传输所需时间,大幅减少了收集带的更换频率。使之可以用于半衰期在 0.2s 以上的短半衰期核素的研究。

关键词 氦喷嘴,带传输,毛细管,循环带

中图分类号 O571.1

在核素研究中,产生核素的束流线及靶室附近存在很强的中子、带电粒子和 γ 射线等放射性本底,会对测量带来干扰。故须采用适当方法把核反应产生的目标核传送到远离核反应的低本底区域,以利于对目标核的研究。传送方法有很多,电磁传输法可利用核反应产物的动能将其传输到低本底区,也可对目标核进行筛选,无疑是一种很好的传输分离方法,但该方法的产物传输效率不高,其装置成本高,且沉重而不适宜移动,这些使其应用受到限制。机械传输法一般具有较高的传输效率,且设备简单轻便。带传输装置利用收集带的移动来实现产物传输,作为一种简单实用的实验装置,该类装置从早期到现在的核物理研究中都被广泛应用,并发挥了重要作用,如近代物理所在研究核结构性质及核素的合成中,利用带传输系统合成和研究了 $^{135}\text{Gd}^{[1]}$ 、 $^{121}\text{Ce}^{[2]}$ 、 $^{129}\text{Sm}^{[3]}$ 、 $^{142}\text{Ho}^{[4]}$ 和 $^{149}\text{Yb}^{[5]}$ 等核素。

该带传输系统采用收带轮与放带轮分离的结构(图1),样品传输时,收带轮及放带轮都要转动。收集带的质量大,转动惯量也大,限制了其转动速度,这就需要相对较长的传送时间,且易发生传输位置不准确的现象。而且,每当收集带用完后就须对收集带进行反绕或换带。随着研究的核素越来越远离稳定线,其半衰期也就越来越短,收集及测量所需要的时间就变得很短(一般选 3 个半衰期左右),这样拉带的频率就大为提高。而且,由于放带轮中带的长度有限,往往数分钟就须换一次收集带,每次更换大约需 30 min,束流利用率和实验效率甚低。用原有结构的带传输系统研究短半衰期的核素,更是不适宜的。

针对收-放轮分离带传输系统的不足,我们设计了一套循环带传输系统。

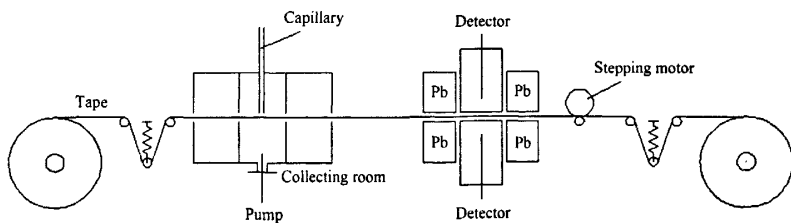


图1 原有带传输系统示意图
Fig.1 Sketch map of the old tape transport system

1 结构及工作原理

图2为改进后的带传输与测量系统示意图。该

系统包括核反应产物收集、样品测量及收集带储存三个部分。核反应产物收集部分位于氦喷嘴毛细管与带传输系统的接口处(A处),在该处收集随氦气

中国科学院知识创新工程重点方向性项目(KJCX2-SW-No17, KJCX-SYW-N2), 国家自然科学基金(10575121、10475099)资助

第一作者: 苏朋源, 男, 1979 年出生, 2004 年毕业于南开大学, 现为中国科学院近代物理研究所硕士研究生, 粒子物理与原子核物理专业

通讯作者: 甘再国

收稿日期: 2007-07-16, 修回日期: 2008-01-24

传输进入低本底区的产物; 带电粒子探测器内置于测量室中; γ 射线探测器为外置, 在测量室所对应的位置安装了薄窗, 以利于 γ 及 X 射线探测。收集带储存部分用于储存收集带, 在该装置中储带盒可储存约 100 m 长的收集带。

该装置的全部工作流程由计算机控制。如图 2 所示, 当在靶室生成的核反应产物经由毛细管随氦气进入收集区域后, 在收集部分的 A 处被收集带收集, 在未达预设收集时间前, 收集带不移动, 对反应产物进行收集。收集结束后, 收集带随计算机控制的步进电机转动而移动, 反应产物样品被传输到

测量区域的 B 处, 进行核衰变的分析测量; 同时在收集区域的 A 处进行下一次新样品的收集。这样的循环至实验结束。

在步进电机的转动过程中, 收集带由 C 处进入储带盒, 步进电机转动过程中所需的收集带由储带盒的另一侧(D 处)拉出。储带盒所处平面与水平面成 15° 角, 靠近收集区的储带盒部分较高而另一面较低, 这样收集带从 C 点进入储带盒后在重力的作用下就可以堆积在储带盒的底部, 从而避免了在 C 处出现卡带或翻带的现象。

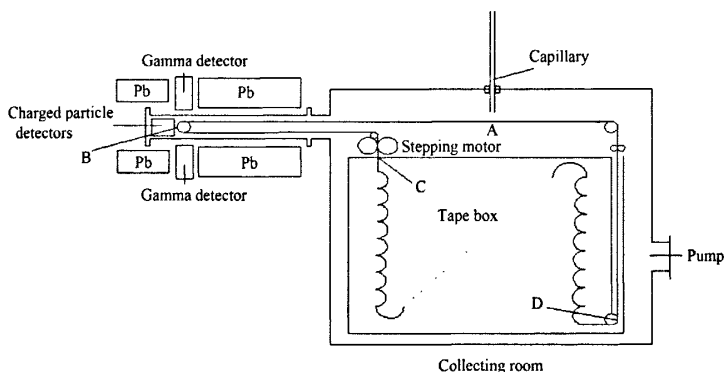


图 2 自循环带传输系统示意图
Fig.2 Sketch map of the recycling of tape transport system

2 改进后装置的优点

该装置的收集带转动一个循环后, 又重新使用, 无需更换新带。收集点 A 到测量点 B 的距离仅 0.28 m, 收集带的总长度(约 100 m)为 AB 距离的非整数倍, 收集带即使循环使用很多圈后, 新、旧收集点也不会重合。直到收集带被重复使用至累积的场半衰期本底较高时, 其方被更换, 这就大大降低了收集带更换频率, 提高了收集效率。

测量短半衰期核素的实验中, 将反应产物传输到测量点 B 的所需时间, 是一个重要参数。该装置储带盒中的带处于松弛状态, 故步进电机的负载很小, 转动速度可大大提高, 传输位置的精确度也大大提高。反应产物从靶室经过氦喷嘴毛细管到达带传输系统中的 A 处所需时间为 0.1~0.5 s(不同实验中氦喷嘴毛细管的长度不同, 传输时间也不同), 而将收集样品从 A 处传输到 B 处所需最短时间可达 0.15 s, 可用以研究半衰期为 0.2 s 以上的核素。

改进后的带传输系统的收集、测量产物以及储带都处于同一腔体内, 不但节省了空间, 简便了结

构, 还可同时对收集室和测量室抽低真空, 而带电粒子探测器内置于探测室中, 减少了由空气分子引起的带电粒子的能量损失, 提高了对带电粒子的能量探测的精度, 也就提高了其能量分辨。

3 在实验中的应用

2007 年 7 月, 在中重核区质子滴线附近核素的质子衰变性质的实验研究中, 该系统在 $^{102}\text{Pd}(^{40}\text{Ca}, 1\text{p}3\text{n})^{138}\text{Tb}$ 反应实验中首次使用, 拉带间隔时间(即测量时间或收集时间)设定为 1 s(由反应产物的半衰期估计而定), 每次拉带所用时间为 0.15 s, 通常每隔 5~6 h 换带一次。而原有带传输系统须频繁地反绕带和更换收集带, 束流利用率要小得多。

在实验中, 靶子为同位素纯度 98% 的 ^{102}Pd , ^{40}Ca 束流强度为 $3\mu\text{A}$, 能量为 195、185 和 175 MeV。图 3 为 175 MeV 观测到的部分 γ - γ 符合谱, 其数据统计量完全能够满足对其进行各种物理分析。这表明, 该系统用于短半衰期核素的研究, 是合适的。

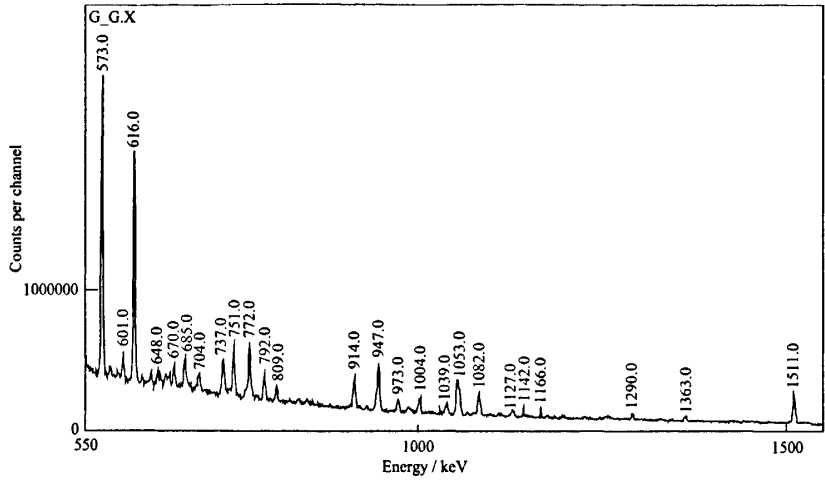


图 3 γ - γ 部分符合谱图
Fig.3 Partial γ - γ accordant spectrum

4 结语

对于质子滴线附近的核素的测量,新设计的氦喷嘴—自循环带传输系统在实验中证明了其可以有效地大幅提高束流的利用效率,简便了操作,并且使实验可以探测半衰期更短的核素。

参考文献

1 XU S W, XIE Y X, LI Z K, *et al.* Z Phys A, 1996, 356: 227-228

2 LI Z K, XU S W, XIE Y X, *et al.* Phys Rev C, 1997, 56: 1157-1159
3 XU S W, LI Z K, XIE Y X, *et al.* Phys Rev C, 1999, 60: 061302(R)
4 XU S W, LI Z K, XIE Y X, *et al.* Phys Rev C, 2001, 64: 017301
5 XU S W, LI Z K, XIE Y X, *et al.* Eur Phys J A, 2001, 12: 1-4

The new tape transfer system at IMP

SU Pengyuan¹² HUANG Minghui¹² FAN Hongmei¹ MA Fei¹² WANG Changhong¹ GAN Zaiguo¹

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

2 (Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract A new tape transfer system is designed to collect and detect target nucleus. In this system, recycling tape is adopted to reduce the frequency of replacing the tape. The function of tape transport is improved so this system can detect a target nucleus which half-life is not shorter than 0.2 seconds.

Key words Helium jet, Tape transport system, Capillary, Recycling tape

CLC O571.1