

重离子制备放射性同位素的应用研究

牛 芳

利用重离子照射制备放射性同位素主要有以下几方面的研究:

1. 合成超铀、超重元素。特别是原子序数在100以上的核素, 由于核裂变的发生, 用多次吸收中子的方法制备有困难, 一定要使用重离子合成。用质量很重的重离子的反应, 如 $U+U$, 来合成未知的超重元素是目前一些国家建造大型高能重离子加速器的目的之一。

2. 其次是发现新核素, 尤其是轻的 α 放射性核素的发现。从靶里把利用重离子反应生成并反冲出来的核素分离出来, 用这个方法观测到从Te到Pb附近广泛范围里的 α 放射性核素。

3. 如果增加了重离子束的流强, 并选择合适的核反应, 可能利用重离子照射制备一些用p、d、 α 等轻粒子难以制造的放射性同位素, 而这些同位素可能在核医学和其它学科领域的研究工作中使用。重离子反应特别适合于制备惰性气体、碱金属等周期表两端

附近的核素。用中子裂变方法难以制备的丰中子同位素也可以利用重离子裂变来制造。

从放射性同位素应用的角度来看, 重离子反应是一个新的研究领域, 能生产哪些有用的同位素, 如何发挥重离子加速器的特点, 全属于探讨性质。同位素应用的一个主要领域是核医学。从七十年代起, 由于核医学、核辐射探测仪器和加速器技术的飞快发展, 出现了用加速器带电粒子核反应生产短寿命医用同位素的热潮, 使用了各种加速器和核反应(见表1), 用重离子反应生产放射性同位素也考虑到了^[1-2]。由表1可见, 用重离子加速器生产放射性同位素的特点是: 1. 生成的核素品种非常多, 可以生产各种同位素, 不仅已知的核素全能制备, 未知的核素也都是它的制造对象。2. 在中重核($30 < A < 82$)范围里, 主要的核反应是(HI, xn), 生成缺中子同位素是这类反应的特征, 生成的这些核素发射 β^+ 或经过E、C衰变、发射出低能 γ 射线, 这种辐射特征正好

表1 用各种设备生产放射性同位素的比较

设 备	核 反 应 堆	电 子 直 线 加 速 器	回 旋 加 速 器	重 离 子 加 速 器
生产反应	(n, γ)	(γ , n)	(LI, xn)	(HI, xn)
核素种类	丰中子同位素	稍缺中子同位素	缺中子同位素	缺中子同位素
核素数目	少	少	几乎全部已知核素	已知全部核素和未知核素
生产量	大 量	少 得 多	小 量	少 得 多
比放射性	低(取决于照射时间)	很低(取决于照射时间)	高(与照射时间无关)	高(与照射时间无关)
靶 子	大量, 多种, 没有特殊要求	少量, 简单, 比回旋容易	少量, 耐热, 耐真空, 热传导好	少量, 相当于回旋
生产难易性	阈低, 截面大	阈中等, 截面小	阈中等, 截面中等	阈较高, 截面不大
产物复杂性	简 单	简 单	简 单	较 复 杂
化学处理要求	少	一般不要求	有 要 求	有 要 求

符合核医学的应用目的,在核医学上用PCT方法可以大大提高核诊断医学的水平,3.生成了无载体的放射性同位素,在某些有较高要求的研究中,如基础核医学研究,无载体同位素发挥重要作用。4.用重离子照射制备放射性同位素也有不利的地方。一般重离子反应阈能高,截面小,产额低,核反应产物比较复杂,需要一定的化学处理,这就限制了同位素的制备。因此用重离子加速器只能制造这样的同位素:①用其它方法不能生产的,②使用重离子加速器有利的场合,③同位素制备和应用上的困难,使用了重离子可以避免。表2中列出了目前医学上使用的同位素和最新最重要的短寿命医用同位素。用各种重离子反应制备 ^{67}Ga 的激发函数是不同的,其中 $^{60}\text{Co}(^{16}\text{O},\text{xn})$ 反应比 ^{14}N , ^{12}C 反应有较高的截面。此外一例是利用 $\text{Sb}(^{11}\text{B},\text{xn})$ 反应制备医用发生器 $^{128}\text{Ba}\text{--}^{128}\text{Cs}$,母体 ^{128}Ba 半衰期2.43天,EC(100%)衰变,主要发射能量为273KeV的 γ 射线,子体 ^{128}Cs 是半衰期3.8分钟的正电子发射体。

研究重离子核反应制备短寿命同位素对重离子束应用于生物、医疗辐照方面也有作

用。把重离子束照射产生的短寿命正电子同位素作为二次束流,注入生物体内,用PCT方法就能很容易决定照射部位。可能注入的核素有: ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F , ^{19}Ne , ^{23}Mg , ^{27}Si , ^{30}P , ^{31}S 等^[3]。同位素束流的照射方法不限于用在生物、医学方面,在其它科学研究领域也会用到。

和核医学的应用有关,希望使用短寿命核素的标记化合物。在用重离子照射时,较同样动能的质子和中子反应有较高的能量带入,就产生了所谓反冲标记技术,这是核反应伴随的化学效应,是一个重要的研究课题。

由于重离子反应产生的核素的多样性,由这种反应里产生的核素可能会提供穆斯堡尔效应, γ - γ 扰动角关联,宇宙科学、地球科学的化学计量学研究中作为放射源、示踪剂使用。

总之,重离子制备的放射性同位素的应用前景是广阔的,值得我们去探讨。

参 考 文 献

- (1) 吉沢廣和, JAERI-M-5567 P. 342-349
 (2) 田中吉左右, JAERI-M-5567 P. 360-364

表 2 常用医用同位素和新的加速器生产的短寿命同位素

核 素	$T_{1/2}$	辐 射	应 用	核 素	$T_{1/2}$	辐 射	应 用
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.02h	$\gamma 0.14$	脏器扫描	^{201}Tl	73.5h	E.C. $\gamma 0.166 + 0.167$ 0.093	心肌扫描
$^{113\text{m}}\text{In}$	1.73h	$\gamma 0.393$	脏器扫描	^{67}Ga	78.3h	E.C. $\gamma 0.185$ 0.300	肿瘤扫描
^{131}I	8.05d	$\beta^-,\gamma 0.364$	甲状腺瘤治疗	^{123}I	13.02h	E.C. $\gamma 0.159$	甲状腺诊断
^{125}I	60d	E.C. $\gamma 0.035$	甲状腺扫描	^{111}In	2.8d	E.C. $\gamma 0.172, 0.245$	肿瘤扫描
^{75}Se	120d	E.C. $\gamma 0.136$ 0.265 0.281	胰腺扫描	^{73}Se	7.1h	$\beta^+,\gamma 1.32$	胰腺扫描
^{51}Cr	27.8d	E.C. $\gamma 0.324$	标记红血球 血清蛋白	^{52}Fe	8.3h	$\beta^+,\gamma 0.169$	血液检查
^{32}P	14.3d	$\beta^-,\gamma 1.71$	肿瘤诊断 治疗皮炎	^{11}C	20.3m	$\beta^+,\gamma 0.511$	代谢研究 辐射治疗
^{35}S	86.7d	$\beta^-,\gamma 0.167$	示踪剂	^{13}N	9.96m	$\beta^+,\gamma 0.511$	"
^{198}Au	2.696d	$\beta^-,\gamma 0.412$	诊断、治疗	^{15}O	2.03m	$\beta^+,\gamma 0.511$	"
^{59}Fe	45.1d	$\beta^-,\gamma 1.01$	示踪剂	^{18}F	109.7m	$\beta^+,\gamma 0.511$	"
^{203}Hg	46.76d	$\beta^-,\gamma 0.279$	诊断	^{30}P	2.5m	$\beta^+,\gamma 0.511$	"

[3] 岸田则生等,理化学研究所报告,第58卷,第4—5号,1982,9,77.