

# 反应堆辐照制备超铀核素的产额估算

陈 耀 中

(中国原子能科学研究院, 北京)

本文估算了利用反应堆中子辐照生产超铀元素时,  $^{246}\text{Cm}$  以前各核素的产额与中子通量及中子能谱的关系, 并以图表形式描述了生产某一核素的最佳照射时间以及在生产链上各核素的相对比值。

**关键词** 辐照超铀产额, 中子通量, 中子能谱。

## 一、引 言

用中子长期照射铀及钍是目前唯一可得到可称量的镅和超镅元素的方法<sup>[1-2]</sup>。反应堆照射制备镅及超镅元素是在稳定的中子通量下以  $^{239}\text{Pu}$  或  $^{241}\text{Am}$  为靶, 经过多级中子俘获 (n,  $\gamma$ ) 反应, 再经过  $\beta$  衰变, 转变成  $^{242}\text{Pu}$ ,  $^{243}\text{Am}$  和  $^{244}\text{Cm}$ , 辐照靶经过冷却及处理回收后, 再制成靶, 进行第二阶段的照射, 转成镅的同位素。作者对辐照第一阶段做了估算。超铀核素的生成量是与反应堆的中子通量、中子能谱和靶子的核截面等参数密切相关, 所以产额计算都要按特定的反应堆能谱及孔道进行, 同时还必须考虑靶子在堆内的辐照位置及靶子的状态等。

## 二、计 算 部 分

1. 核生成链参照文献[1]。
2. 铀和超铀元素的半衰期、热中子截面和共振积分截面参照文献[3-4]。
3. 有效平均截面的计算。中子反应截面是随中子能量而变化的, 因此必须对特定的中子能谱计算它们的有效平均截面值。作者所考虑的堆中子谱为包含一麦克斯威热谱部份及  $\frac{1}{E}$  超热谱部份, 并认为热谱区截面遵从  $\frac{1}{V}$  律, 而在超热部份则用共振积分截面, 有效平均截面用 Folger<sup>[5]</sup> 公式计算。
4. 产额计算公式<sup>[1]</sup>:

$$Q_n(t) = (a_2 \cdot a_3 \cdots a_n) \sum_{i=1}^n \left[ \frac{e^{-b_i t}}{\prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n (b_j - b_i)} \right]$$

$Q_n$  代表某核素的产值,  $a_n$  代表生成,  $b_n$  代表死亡。

### 三、结果和讨论

1. 中子通量一定时超钷核素的产额与照射时间的关系 图1和2分别为 $^{241}\text{Am}$ 靶和 $^{239}\text{Pu}$ 靶照射时超钷核素的产额随照射时间而变化的曲线。图1中 $^{241}\text{Am}$ 及 $^{242\text{g}}\text{Am}$ 的量随时间而直线下降， $^{243}\text{Am}$ ， $^{243}\text{Cm}$ ， $^{242}\text{Pu}$ ， $^{238}\text{Pu}$ ， $^{245}\text{Cm}$ ， $^{246}\text{Cm}$ 和 $^{244}\text{Am}$ 都随时间的增加而不断累积， $^{242}\text{Cm}$ 的量在起始阶段内逐渐上升，到达200天时达到最大值，然后逐渐下降。

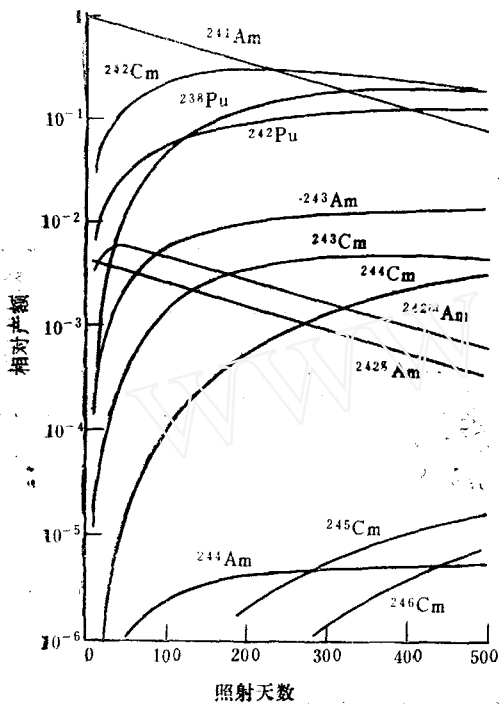


图1 超钷核素的产额与照射时间关系图  
起始靶料： $^{241}\text{Am}$ ， $\phi_r=0$ ； $\phi_{th}=1.0 \times 10^{14}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ 。

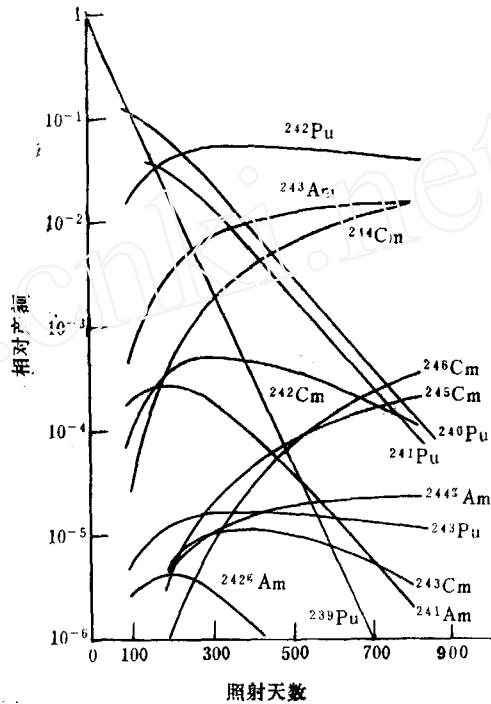


图2 超钷核素的产额与照射时间关系图  
起始靶料： $^{239}\text{Pu}$ ； $\phi_r=0.329$ ； $\phi_{th}=3.0 \times 10^{14}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ 。

2. 照射时间一定时超钷核素的产额与中子通量的关系 图3为 $^{239}\text{Pu}$ 靶在 $\phi_r=0.692$  ( $\phi_r = \phi_{epi}/\phi_{th}$  = 超热中子通量/热中子通量) 的照射管道中，固定照射时间为500天，不同的 $\phi_{th}$ 对 $^{246}\text{Cm}$ 产额的影响呈一直线。 $\phi_{th}$ 由 $3.0 \times 10^{13} \text{ n}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ 变到 $3.0 \times 10^{14} \text{ n}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ 时， $^{246}\text{Cm}$ 产额由 $2.4 \times 10^{-9}$ 增加到 $2.9 \cdot 10^{-4}$ ，说明 $\phi_{th}$ 对产额影响很大。

3. 超钷核素的产额与 $\phi_r$ 的关系 图4为比较不同的 $\phi_r$ 对产额的影响，以 $^{241}\text{Am}$ 为靶，在相同的 $\phi_{th}$ 及相同的照射天数情况下计算了七种 $\phi_r$ 值，比较了 $^{245}\text{Cm}$ 的生成曲线，照射天数达到100天以后， $\phi_r=2.0$ 的 $^{245}\text{Cm}$ 的产额比 $\phi_r=0$ 的产额高一个数量级，由此看出使用超热中子生产重钷核素的优越性。重钷核素在共振区有较高的中子俘获共振积分值以及较高的 $I_0/I_r$  (中子俘获共振积分值/中子裂变共振积分值)，因而这些核素在热中子区发生的所谓“瓶颈”现象也可得到改善。

4. 以 $^{241}\text{Am}$ 为靶，堆照制备 $^{242}\text{Pu}$ 及 $^{242}\text{Cm}$ 核素的数据 为了制备 $^{242}\text{Cm}$ ，1975年在

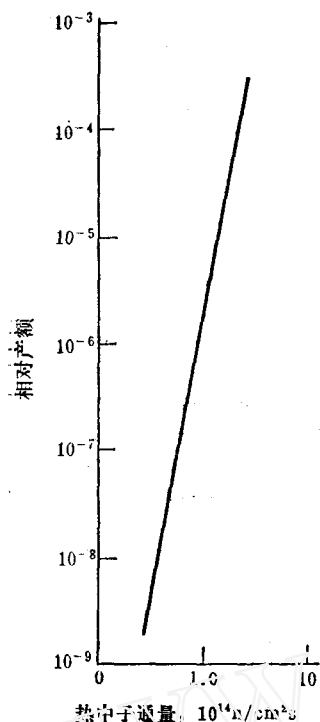


图3 热中子通量对<sup>241</sup>Am产额关系图  
起始靶料: <sup>239</sup>Pu;  $\phi_t = 0.692$ , 照射天数=500。

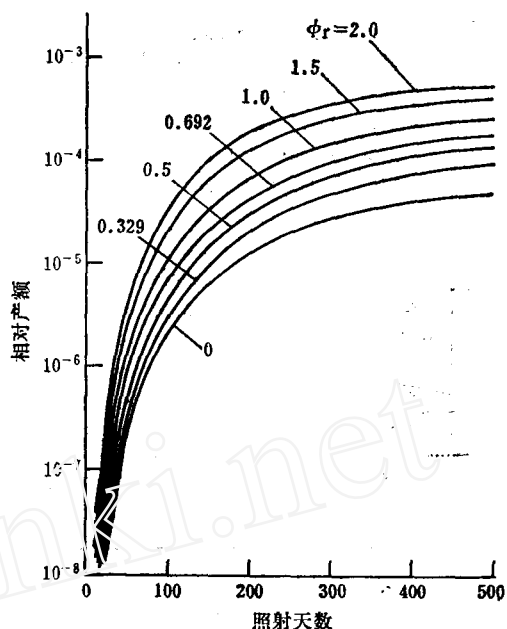


图4 <sup>242</sup>Cm生成曲线  
起始靶料: <sup>241</sup>Am;  $\phi_{th} = 2.0 \cdot 10^{14} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$ 。

表1 照射<sup>241</sup>Am靶时产额(g)

$\phi_t \approx 0$ ;  $\phi_{th} = 8.8 \cdot 10^{13} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$ ; 起始靶量=1g。

照射天数	<sup>241</sup> Am	<sup>242m</sup> Am	<sup>242</sup> Cm	<sup>242</sup> Pu	<sup>238</sup> Pu	<sup>243</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>242g</sup> Am	<sup>243</sup> Am
2	0.989	$0.383 \cdot 10^{-2}$	$0.445 \cdot 10^{-2}$	$0.850 \cdot 10^{-3}$	$0.145 \cdot 10^{-4}$	$0.650 \cdot 10^{-6}$	0.00	$0.135 \cdot 10^{-2}$	$0.155 \cdot 10^{-4}$
10	0.948	$0.418 \cdot 10^{-2}$	$0.332 \cdot 10^{-1}$	$0.644 \cdot 10^{-2}$	$0.642 \cdot 10^{-3}$	$0.293 \cdot 10^{-4}$	$0.100 \cdot 10^{-7}$	$0.629 \cdot 10^{-2}$	$0.368 \cdot 10^{-3}$
20	0.898	$0.396 \cdot 10^{-2}$	$0.665 \cdot 10^{-1}$	$0.132 \cdot 10^{-1}$	$0.270 \cdot 10^{-2}$	$0.125 \cdot 10^{-3}$	$0.800 \cdot 10^{-7}$	$0.116 \cdot 10^{-1}$	$0.139 \cdot 10^{-2}$
40	0.807	$0.356 \cdot 10^{-2}$	0.124	$0.259 \cdot 10^{-1}$	$0.103 \cdot 10^{-1}$	$0.489 \cdot 10^{-3}$	$0.650 \cdot 10^{-6}$	$0.196 \cdot 10^{-1}$	$0.498 \cdot 10^{-2}$
60	0.726	$0.320 \cdot 10^{-2}$	0.169	$0.367 \cdot 10^{-1}$	$0.214 \cdot 10^{-1}$	$0.100 \cdot 10^{-2}$	$0.212 \cdot 10^{-5}$	$0.250 \cdot 10^{-1}$	$0.999 \cdot 10^{-2}$
100	0.586	$0.258 \cdot 10^{-2}$	0.233	$0.557 \cdot 10^{-1}$	$0.499 \cdot 10^{-1}$	$0.258 \cdot 10^{-2}$	$0.912 \cdot 10^{-5}$	$0.301 \cdot 10^{-1}$	$0.224 \cdot 10^{-1}$
150	0.447	$0.197 \cdot 10^{-2}$	0.275	$0.741 \cdot 10^{-1}$	$0.897 \cdot 10^{-1}$	$0.502 \cdot 10^{-2}$	$0.278 \cdot 10^{-4}$	$0.302 \cdot 10^{-1}$	$0.390 \cdot 10^{-1}$
200	0.343	$0.151 \cdot 10^{-2}$	0.287	$0.879 \cdot 10^{-1}$	0.126	$0.764 \cdot 10^{-2}$	$0.585 \cdot 10^{-4}$	$0.272 \cdot 10^{-1}$	$0.539 \cdot 10^{-1}$
300	0.201	$0.887 \cdot 10^{-3}$	0.264	0.106	0.178	$0.128 \cdot 10^{-1}$	$0.158 \cdot 10^{-3}$	$0.190 \cdot 10^{-1}$	$0.760 \cdot 10^{-1}$
400	0.117	$0.518 \cdot 10^{-3}$	0.216	0.116	0.199	$0.171 \cdot 10^{-1}$	$0.303 \cdot 10^{-3}$	$0.121 \cdot 10^{-1}$	$0.884 \cdot 10^{-1}$
500	$0.689 \cdot 10^{-1}$	$0.304 \cdot 10^{-3}$	0.166	0.120	0.195	$0.204 \cdot 10^{-1}$	$0.482 \cdot 10^{-3}$	$0.740 \cdot 10^{-2}$	$0.936 \cdot 10^{-1}$
600	$0.405 \cdot 10^{-1}$	$0.178 \cdot 10^{-3}$	0.122	0.122	0.176	$0.228 \cdot 10^{-1}$	$0.685 \cdot 10^{-3}$	$0.444 \cdot 10^{-2}$	$0.943 \cdot 10^{-1}$
700	$0.236 \cdot 10^{-1}$	$0.100 \cdot 10^{-3}$	$0.874 \cdot 10^{-1}$	0.123	0.150	$0.244 \cdot 10^{-1}$	$0.906 \cdot 10^{-3}$	$0.263 \cdot 10^{-2}$	$0.923 \cdot 10^{-1}$
800	$0.139 \cdot 10^{-1}$	$0.612 \cdot 10^{-4}$	$0.615 \cdot 10^{-1}$	0.122	0.123	$0.253 \cdot 10^{-1}$	$0.113 \cdot 10^{-2}$	$0.155 \cdot 10^{-2}$	$0.890 \cdot 10^{-1}$

101 反应堆内照射了 660 mg<sup>241</sup>Am, 用本文提供的计算方法和数据, 计算了到靶子溶解时所生成的<sup>242</sup>Cm 量为 158 居里, 实际得到了 150 居里。

1982 年在改建的 101 堆照射~60 mg<sup>241</sup>Am,  $\phi_{th} = 6.0 \cdot 10^9 \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{kW}$ , 堆功率为 10000 kW,  $\phi_t = 0.692$ , 照射 10 天, 冷却 96 天后进行化学处理, 计算值为 58.38 mg

表 2 照射  $^{241}\text{Am}$  靶的另一组产额 (g)

$\phi_t = 0.692$ ; 照射天数 = 10 天; 起始靶量 = 1 g。

照射通量, $n/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$	$^{241}\text{Am}$	$^{242g}\text{Am}$	$^{242}\text{Cm}$	$^{243}\text{Cm}$	$^{244}\text{Cm}$	$^{245}\text{Cm}$	$^{242}\text{Pu}$	$^{238}\text{Pu}$	$^{242m}\text{Am}$
$3.0 \cdot 10^{13}$	0.986	$0.114 \cdot 10^{-2}$	$0.889 \cdot 10^{-2}$	$0.203 \cdot 10^{-5}$	$0.290 \cdot 10^{-8}$	$0.817 \cdot 10^{-12}$	$0.173 \cdot 10^{-2}$	$0.174 \cdot 10^{-3}$	$0.130 \cdot 10^{-1}$
$4.0 \cdot 10^{13}$	0.982	$0.152 \cdot 10^{-2}$	$0.118 \cdot 10^{-1}$	$0.359 \cdot 10^{-5}$	$0.684 \cdot 10^{-8}$	$0.209 \cdot 10^{-11}$	$0.229 \cdot 10^{-2}$	$0.231 \cdot 10^{-3}$	$0.168 \cdot 10^{-1}$
$5.0 \cdot 10^{13}$	0.977	$0.188 \cdot 10^{-2}$	$0.147 \cdot 10^{-1}$	$0.559 \cdot 10^{-5}$	$0.133 \cdot 10^{-7}$	$0.559 \cdot 10^{-11}$	$0.285 \cdot 10^{-2}$	$0.287 \cdot 10^{-3}$	$0.204 \cdot 10^{-1}$
$6.0 \cdot 10^{13}$	0.973	$0.255 \cdot 10^{-2}$	$0.176 \cdot 10^{-1}$	$0.801 \cdot 10^{-5}$	$0.229 \cdot 10^{-7}$	$0.112 \cdot 10^{-10}$	$0.341 \cdot 10^{-2}$	$0.343 \cdot 10^{-3}$	$0.239 \cdot 10^{-1}$
$7.0 \cdot 10^{13}$	0.969	$0.261 \cdot 10^{-2}$	$0.204 \cdot 10^{-1}$	$0.108 \cdot 10^{-4}$	$0.366 \cdot 10^{-7}$	$0.462 \cdot 10^{-10}$	$0.396 \cdot 10^{-2}$	$0.399 \cdot 10^{-3}$	$0.270 \cdot 10^{-1}$
$8.0 \cdot 10^{13}$	0.964	$0.296 \cdot 10^{-2}$	$0.233 \cdot 10^{-1}$	$0.141 \cdot 10^{-4}$	$0.539 \cdot 10^{-7}$	$0.359 \cdot 10^{-10}$	$0.451 \cdot 10^{-2}$	$0.454 \cdot 10^{-3}$	$0.300 \cdot 10^{-1}$
$9.0 \cdot 10^{13}$	0.960	$0.331 \cdot 10^{-2}$	$0.261 \cdot 10^{-1}$	$0.178 \cdot 10^{-4}$	$0.765 \cdot 10^{-7}$	$0.557 \cdot 10^{-10}$	$0.506 \cdot 10^{-2}$	$0.508 \cdot 10^{-3}$	$0.328 \cdot 10^{-1}$
$1.0 \cdot 10^{14}$	0.956	$0.366 \cdot 10^{-2}$	$0.289 \cdot 10^{-1}$	$0.218 \cdot 10^{-4}$	$0.105 \cdot 10^{-6}$	$0.889 \cdot 10^{-10}$	$0.560 \cdot 10^{-2}$	$0.563 \cdot 10^{-3}$	$0.354 \cdot 10^{-1}$
$1.5 \cdot 10^{14}$	0.934	$0.533 \cdot 10^{-2}$	$0.425 \cdot 10^{-1}$	$0.480 \cdot 10^{-4}$	$0.346 \cdot 10^{-6}$	$0.421 \cdot 10^{-9}$	$0.823 \cdot 10^{-2}$	$0.827 \cdot 10^{-3}$	$0.464 \cdot 10^{-1}$
$2.0 \cdot 10^{14}$	0.913	$0.691 \cdot 10^{-2}$	$0.556 \cdot 10^{-1}$	$0.833 \cdot 10^{-4}$	$0.804 \cdot 10^{-6}$	$0.129 \cdot 10^{-8}$	$0.108 \cdot 10^{-1}$	$0.108 \cdot 10^{-2}$	$0.542 \cdot 10^{-1}$
$2.5 \cdot 10^{14}$	0.893	$0.838 \cdot 10^{-2}$	$0.682 \cdot 10^{-1}$	$0.127 \cdot 10^{-3}$	$0.154 \cdot 10^{-6}$	$0.306 \cdot 10^{-8}$	$0.132 \cdot 10^{-1}$	$0.132 \cdot 10^{-2}$	$0.597 \cdot 10^{-1}$
$3.0 \cdot 10^{14}$	0.873	$0.977 \cdot 10^{-2}$	$0.804 \cdot 10^{-1}$	$0.179 \cdot 10^{-3}$	$0.261 \cdot 10^{-5}$	$0.615 \cdot 10^{-8}$	$0.155 \cdot 10^{-1}$	$0.156 \cdot 10^{-2}$	$0.635 \cdot 10^{-1}$
$4.0 \cdot 10^{14}$	0.834	$0.123 \cdot 10^{-1}$	0.103	$0.303 \cdot 10^{-3}$	$0.595 \cdot 10^{-5}$	$0.183 \cdot 10^{-7}$	$0.199 \cdot 10^{-1}$	$0.199 \cdot 10^{-2}$	$0.674 \cdot 10^{-1}$

表 3 照射混合钚靶的产额 (g)

$\phi_t \approx 0$ ;  $\phi_{th} = 5.0 \cdot 10^{13} n/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ ; 起始混合钚靶量 = 1 g。

照射天数	$^{238}\text{Pu}$	$^{239}\text{Pu}$	$^{240}\text{Pu}$	$^{241}\text{Pu}$	$^{242}\text{Pu}$	$^{243}\text{Pu}$
10	0.517	$0.567 \cdot 10^{-1}$	$0.871 \cdot 10^{-2}$	$0.293 \cdot 10^{-5}$	0.459	$0.110 \cdot 10^{-4}$
25	0.498	$0.734 \cdot 10^{-1}$	$0.123 \cdot 10^{-2}$	$0.435 \cdot 10^{-5}$	0.459	$0.110 \cdot 10^{-4}$
50	0.469	$0.973 \cdot 10^{-1}$	$0.239 \cdot 10^{-2}$	$0.319 \cdot 10^{-4}$	0.457	$0.109 \cdot 10^{-4}$
100	0.414	0.134	$0.637 \cdot 10^{-2}$	$0.214 \cdot 10^{-3}$	0.455	$0.109 \cdot 10^{-4}$
150	0.366	0.157	$0.118 \cdot 10^{-1}$	$0.612 \cdot 10^{-3}$	0.452	$0.108 \cdot 10^{-4}$
200	0.324	0.172	$0.180 \cdot 10^{-1}$	$0.122 \cdot 10^{-2}$	0.450	$0.107 \cdot 10^{-4}$
250	0.287	0.179	$0.243 \cdot 10^{-1}$	$0.200 \cdot 10^{-2}$	0.447	$0.107 \cdot 10^{-4}$
300	0.254	0.182	$0.305 \cdot 10^{-1}$	$0.292 \cdot 10^{-2}$	0.444	$0.106 \cdot 10^{-4}$

照射天数	$^{241}\text{Am}$	$^{242}\text{Am}$	$^{243}\text{Am}$	$^{244}\text{Am}$	$^{242}\text{Cm}$	$^{244}\text{Cm}$
10	$0.921 \cdot 10^{-10}$	$0.215 \cdot 10^{-12}$	$0.356 \cdot 10^{-9}$	$0.317 \cdot 10^{-8}$	$0.115 \cdot 10^{-8}$	$0.588 \cdot 10^{-6}$
25	$0.341 \cdot 10^{-8}$	$0.910 \cdot 10^{-11}$	$0.903 \cdot 10^{-9}$	$0.805 \cdot 10^{-8}$	$0.690 \cdot 10^{-9}$	$0.381 \cdot 10^{-5}$
50	$0.498 \cdot 10^{-7}$	$0.143 \cdot 10^{-9}$	$0.181 \cdot 10^{-2}$	$0.161 \cdot 10^{-7}$	$0.184 \cdot 10^{-8}$	$0.154 \cdot 10^{-4}$
100	$0.669 \cdot 10^{-6}$	$0.199 \cdot 10^{-8}$	$0.358 \cdot 10^{-2}$	$0.320 \cdot 10^{-7}$	$0.412 \cdot 10^{-7}$	$0.612 \cdot 10^{-4}$
150	$0.287 \cdot 10^{-5}$	$0.866 \cdot 10^{-8}$	$0.533 \cdot 10^{-2}$	$0.476 \cdot 10^{-7}$	$0.263 \cdot 10^{-6}$	$0.137 \cdot 10^{-3}$
200	$0.758 \cdot 10^{-5}$	$0.230 \cdot 10^{-7}$	$0.702 \cdot 10^{-2}$	$0.627 \cdot 10^{-7}$	$0.923 \cdot 10^{-6}$	$0.241 \cdot 10^{-3}$
250	$0.155 \cdot 10^{-4}$	$0.472 \cdot 10^{-7}$	$0.867 \cdot 10^{-2}$	$0.774 \cdot 10^{-7}$	$0.235 \cdot 10^{-5}$	$0.372 \cdot 10^{-3}$
300	$0.270 \cdot 10^{-4}$	$0.825 \cdot 10^{-7}$	$0.103 \cdot 10^{-1}$	$0.918 \cdot 10^{-7}$	$0.489 \cdot 10^{-5}$	$0.530 \cdot 10^{-3}$

$^{241}\text{Am}$ ,  $0.704 \text{ mg } ^{242}\text{Cm}$  (2.34 Ci),  $0.3726 \text{ mg } ^{238}\text{Pu}$ ,  $0.2046 \text{ mg } ^{242}\text{Pu}$ 。实验值为  $\sim 60 \text{ mg } ^{241}\text{Am}$  及  $0.663 \text{ mg } ^{242}\text{Cm}$  (2.2 Ci)。

5. 以混合钚为靶, 堆照制备  $^{233}\text{Am}$  1978 年为了制备少量  $^{243}\text{Am}$ , 在 101 反应堆照射混合钚靶(重量比为:  $^{238}\text{Pu}$  52.9%,  $^{239}\text{Pu}$  4.46%,  $^{240}\text{Pu}$  0.08%,  $^{242}\text{Pu}$  45.56%), 为此计算了各生成核素的量。

实验中照射 3 mg 混合钚,  $\phi_{th} = 5.10^{13} n/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ , 照射 25 天, 理论计算值是  $0.5 \mu\text{Ci}$

(下转第 324 页)

## 5. 盐和其他介质的影响

根据上述的研究,我们在0.5毫升样品溶液中加入5毫升甲醇和5毫升闪烁液条件下对Pu, Cm和Cf测得了 $\alpha$ 能谱图。据这些元素的 $\alpha$ 能谱图分别选取适当的阈值范围,在有盐和其他介质时对这些元素测定的结果列于表5。由表5可见,在所选定的条件下,0.5毫升4M NaNO<sub>3</sub>, 0.5毫升4M LiNO<sub>3</sub>溶液,以及铝, DTPA, TBP, HDEHP, 季铵等对测定所产生的相对偏差一般在2%以下。TTA-二甲苯溶液对测定的影响较大。

## 结 论

本文叙述了以PPO-POPOP-萘-二氧六环为闪烁液, 甲醇为助溶剂, 在液体闪烁计数器上测定含盐溶液及有机介质中的 $\alpha$ 放射性元素的方法, 所研究的核素为<sup>239</sup>Pu, <sup>244</sup>Cm和<sup>252</sup>Cf。研究了闪烁液用量、甲醇用量、HNO<sub>3</sub>浓度和取样体积对测定的影响。闪烁液用量在2毫升时回收率大于90%。甲醇的用量可以据溶液中盐的浓度来确定。5毫升甲醇加5毫升闪烁液条件下, 根据待测元素的 $\alpha$ 能谱图形, 选择适当的阈值范围进行测定, HNO<sub>3</sub>浓度从0.10—1.6 M, 样品体积从0.10毫升到0.70毫升, 测定的相对偏差在4%以内。NaNO<sub>3</sub>, LiNO<sub>3</sub>等溶液浓度在4 M以下, 取0.5毫升进行测定, 测定的相对偏差在2%以内。TBP, HDEHP, 季铵等试剂对测定结果基本上没有影响。

本文所叙述的方法也可应用于其他 $\alpha$ 、 $\beta$ 放射性元素的测定。对于在分离时用TBP, HDEHP和季铵等萃取剂萃入的元素也可直接进行测定。

## 参 考 文 献

- [1] McDowell, W. J. et al., *Talanta*, 21(12), 1231(1974).
- [2] Bouwer, E. J. et al., *Nucl. Technol.*, 42(1), 102(1979).
- [3] Aziz, A. et al., *J. Inorg. Nucl. Chem.*, 30(4), 1013(1968).
- [4] Horrocks, D. L., *Rev. Sci. Instr.*, 34(9), 1035(1963).
- [5] Horrocks, D. L., *Rev. Sci. Instr.*, 35(3), 334(1964).
- [6] 中国科学院生物物理研究所液闪组编译, 液体闪烁计数及其在生物学中的应用, 北京, 科学出版社, 1979年, 51页。

(编辑部收到日期: 1983年3月17日)

(上接第328页)

<sup>243</sup>Am, 实验值是1  $\mu$ Ci<sup>243</sup>Am。

作者在多次制备超铀核素中都使用上述方法进行产额计算, 所得理论值与实验值基本一致。

本工作得到朱焕南、萨本豪、唐培家及吴彦军同志的帮助, 特此感谢。

## 参 考 文 献

- [1] Milsted, J. et al., ANL-6756(1963).
- [2] UENO Kaoru et al., *J. Nucl. Sci. Tech.*, 11(1), 3(1974).
- [3] Mughabghab, S. F. et al., BNL-325(1973).
- [4] Lynn, J. E. et al., *Progress in Nuclear Energy*, 5, 255(1980).
- [5] Goldman, D. T. et al., Neutron Cross Sections and Technology Proceeding of a Conference, vol II, Washington D. C., National Bureau of Standards Special Publication 299-Issued, March 4—7, 1968, p. 1279.

(编辑部收到日期: 1983年7月8日)