

镍的 ^{14}MeV 中子反应分截面测量

李国政 姜景和

(西北核技术研究所,西安)

摘 要

用活化法测量了 $^{58}\text{Ni}(n, 2n)^{57}\text{Ni}$ 反应截面和 $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58m}\text{Co}$, $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58g}\text{Co}$, $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58m+g}\text{Co}$ 反应分截面, 入射中子能量为 14.10 MeV 和 14.62 MeV, 所得结果与已有数据作了比较, 首次给出了 ^{58m}Co 和 ^{58g}Co 产生分截面的数据。

一、前 言

镍作为阈探测器和反应堆结构材料, 精确了解它的快中子反应截面是很重要的。镍是测量中子通量和能谱的常用阈探测器, 它的不同反应有不同阈能和产物的半衰期, 这一点实际是很有用的, 而应用它们和对其截面测量的复杂性也在这里。因此, 建立分截面测量方法和进行截面测量是件有意义的工作。

$^{58}\text{Ni}(n, 2n)^{57}\text{Ni}$ 反应截面和 $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58m+g}\text{Co}$, $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58m}\text{Co}$, $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58g}\text{Co}$ 反应分截面虽有不少数据发表, 但很分散, 误差也较大。因此, 测量这几个反应截面也是必要的。

本工作用活化法对上述反应 ^{14}MeV 中子截面进行了测量。

二、测量原理和方法

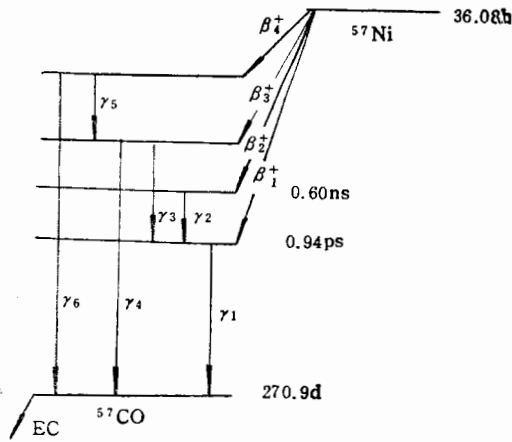
对稳态中子源活化法确定核反应截面的公式为

$$\sigma = \frac{A}{\frac{m}{M} f N_A \phi \lambda \zeta}, \quad (1)$$

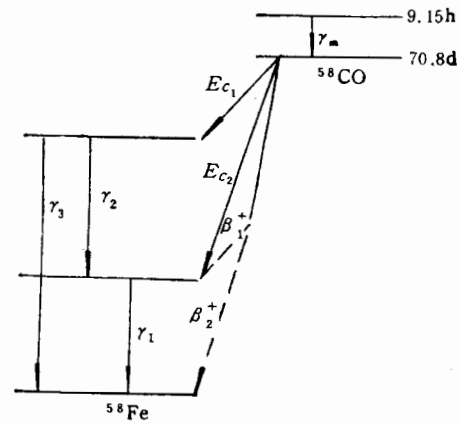
其中 m, M, f, λ 分别为待测截面样品元素质量, 摩尔质量, 同位素丰度和产物核衰变常数; A 为停照时刻样品产物核绝对活性; ϕ 为入射样品的中子注量; ζ 为辐照过程中产物核衰变和中子通量变化的修正因子。

中子注量由 $^{27}\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$ 反应给出, 此时(1)式变为

$$\sigma = \frac{m_0}{m} \frac{M}{M_0} \frac{f_0}{f} \frac{\lambda_0}{\lambda} \frac{\xi_0}{\xi} \frac{A}{A_0} \sigma_0, \quad (2)$$

图1 ^{57}Ni 衰变纲图

$\gamma_1, 1.37759\text{MeV} 77.9\%$ $\gamma_2, 0.12719\text{MeV} 12.9\%$
 $\gamma_3, 0.3800\text{MeV} 0.075\%$ $\gamma_4, 1.75748\text{MeV} 7.1\%$
 $\gamma_5, 1.8965\text{MeV} 0.02\%$ $\gamma_6, 1.91943\text{MeV} 14.7\%$

图2 $^{58m+g}\text{Co}$ 衰变纲图

$\gamma_1, 0.810752\text{MeV} 99.45\%$ $\gamma_2, 0.863933\text{MeV} 0.69\%$
 $\gamma_3, 1.674699\text{MeV} 0.52\%$ $\gamma_m, 0.025\text{MeV} 100\%$

式中 $m_0, M_0, f_0, \lambda_0, \xi_0, A_0, \sigma_0$ 为监测中子注量的铝样品相应的参量。(2)式右端各量或者已知,或者通过测量得到。

图1和图2分别画出样品产物核 ^{57}Ni 和 $^{58m+g}\text{Co}$ 的衰变纲图^[5]。对它们进行 γ 能谱测量,选取 $E_\gamma = 1.3776\text{MeV}$ γ 射线为 ^{57}Ni 的特征 γ 射线,但 ^{58}Co 的 0.8107MeV γ 射线与其 β^+ 湮没 γ 射线 (0.511MeV) 加合形成 1.3217MeV γ 峰对前者形成干扰;选取 0.8107MeV γ 射线作为 ^{58}Co 的特征 γ 射线,但是 0.8639MeV γ 射线对其构成干扰; ^{58m}Co 是通过其衰变为 ^{58g}Co 后测量的,但要与辐照中直接形成的 ^{58g}Co 区分开。这里用两种方法,即 $\phi 3'' \times 3''\text{NaI(Tl)}$ γ 谱仪方法和 7229 型 Ge(Li) γ 谱仪方法对样品进行测量和比较,前一种探测效率高,但不能区别特征 γ 射线与干扰 γ 射线,因此要进行多次跟踪测量,用最小二乘法区分 ^{57}Ni 和 ^{58}Co 以及 ^{58m}Co 和 ^{58g}Co 的干扰;后一种方法探测效率低,但分辨率很高 ($\sim 2\text{keV}$),能将 ^{57}Ni 与 ^{58}Co 干扰区分开,要区分 ^{58m}Co 和 ^{58g}Co ,至少要进行二次跟踪测量。

根据(1)式或(2)式得到 $^{58}\text{Ni}(n, 2n)^{57}\text{Ni}$, $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58m}\text{Co}$ 反应截面,但 ^{58m}Co 和 ^{58g}Co 分解后得到的停照时刻的 ^{58g}Co 活性中还有辐照过程中 ^{58m}Co 衰变而来的,必须扣除这部分影响才能得到 $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58g}\text{Co}$ 反应产生截面。在辐照过程中产生的 ^{58g}Co 衰变至停照时刻的活性为

$$A_g(0) = A'_g(0) - A_g^m(0), \quad (3)$$

式中 $A'_g(0)$ 和 $A_g^m(0)$ 分别为停照时刻 ^{58g}Co 活性和在辐照过程中由 ^{58m}Co 衰变至停照产生的 ^{58g}Co 活性。在(3)式基础上经推导(见附录),得到 $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58g}\text{Co}$ 反应的产生截面为

$$\sigma_g = \sigma'_g - \frac{\lambda_m}{\lambda_m - \lambda_g} \left(1 - \frac{\xi_m}{\xi_g} \right) \sigma_m, \quad (4)$$

式中 σ_m 和 σ'_g 分别为根据停照时刻 ^{58m}Co 和 ^{58g}Co 活性计算的 ^{58m}Co 产生截面和 ^{58g}Co 产生表观截面; ξ_m, ξ_g 分别为 ^{58m}Co 和 ^{58g}Co 的 ξ 因子; ξ_m 的表达式为

$$\xi_m = \frac{\sum_i \varphi_i \Delta t_i e^{-\lambda_m(T-i\Delta t_i)}}{\sum_i \varphi_i \Delta t_i}, \quad (5)$$

ξ_g 类同。式中 T 为辐照时间, $\Delta t_i, i, \varphi_i$ 分别为划分的时间间隔, 它的序号及相应的中子通量(或相对中子通量)。(4)式右端各量通过测量和计算均可得到, 也就求得 ^{58}Co 的产生分截面 σ_g 。

三、实验和测量

1. 样品辐照实验

样品辐照实验是在 $T-400$ 高压倍加器上进行的, 氘束入射到厚 $T;T$ 靶 ($E_d = 240 \text{ keV}$), 产生 14MeV 中子, 镍样品为 $\phi 34\text{mm} \times 5\text{mm}$ 圆片, 前后夹以铝箔, 厚 $18\mu\text{m}$, 监测通过样品的中子注量。样品置于距靶心 14.5cm 处的有机玻璃架上, 它的面与靶点连线垂直。样品进行两次中子辐照, 每次时间 3—4 小时, 而在氘束 90° 方向辐照时用的是铝结构靶头, 45° 方向辐照时用的是旋转靶头。用一套硫化锌 ($\text{ZnS}(\text{Ag})$) 测量装置, 监测中子通量随时间变化, 用以确定 ξ 值。

2. 样品活性测量

监测中子注量的铝箔折叠成近似点源形状, 用挡 β 法在 β - γ 符合测量装置上对其 ^{24}Na 活性进行绝对测量, 得到铝箔 ^{24}Na 的绝对活性。

样品 ^{57}Ni 和 ^{58}Co 的活性分别用 $\phi 3'' \times 3''\text{NaI}(\text{Tl})\gamma$ 谱仪和 7229 型闭端同轴 $\text{Ge}(\text{Li})$ 探测器进行 γ 能谱测量, 前者在停照后进行, 样品置于探测器表面, 并进行多次跟踪测量, 采用 TPA 法获取特征 γ 射线 0.8106MeV 和 1.3779MeV 的光电峰面积。在用 $\text{Ge}(\text{Li})\gamma$ 谱仪进行测量时, 样品置于探测器上表面 7 厘米处, 进行长时间测量, 以使特征 γ 射线光电峰面积统计误差小于 1%, 并且每个样品又进行一次跟踪测量。

3. 镍样品特征 γ 射线自吸收系数测定

为了确定镍样品特征 γ 射线在 $\text{Ge}(\text{Li})$ 探测器表面上 7 厘米处探测效率表达式, 做了模拟实验测量, 以确定特征 γ 射线在镍样品中的自吸收系数。用的近似点源镍样品是用加速器产生的 14MeV 中子活化的, 作吸收片的镍样品厚 4.8 毫米, 测量是由 $\phi 3'' \times 3''\text{NaI}(\text{Tl})\gamma$ 谱仪完成的。根据有无镍样品吸收的测量结果按指数衰减规律处理, 得到的自吸收系数 μ 值为: $\mu = 0.596\text{cm}^{-1}$ ($E_\gamma = 0.8106\text{MeV}$), $\mu = 0.482(\text{cm})^{-1}$ ($E_\gamma = 1.3779\text{MeV}$)。

四、测量数据处理

1. 入射到样品上的 ^{14}MeV 中子注量的确定

根据监测铝箔 ^{24}Na 活性测量结果, 由 $^{27}\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$ 反应按(1)式计算给出入射到样

品的中子注量。由于入射氘束 $E_d = 240\text{keV}$, 在厚靶中 $\bar{E}_d = 126\text{keV}$ ^[6], 此时入射到样品的中子能量为 $E_n = 14.1\text{MeV}$ (与氘束成 90°) 和 $E_n = 14.62\text{MeV}$ (与氘束成 45°), 因此计算中选用的编评截面相应为 $\sigma = 121.4 \pm 2.2\text{mb}$ 和 $\sigma = 115.6 \pm 1.6\text{mb}$ ^[7].

2. 样品活性测量数据处理

在样品 Ge(Li) γ 谱仪测量数据中, ^{57}Ni 活性通过特征 γ 光电峰 ($E_\gamma = 1.3776\text{MeV}$) 测得并回推至停照时刻; 而 ^{58m}Co 和 ^{58g}Co 活性通过共同的 γ 光电峰 ($E_\gamma = 0.8107\text{MeV}$) 测量, 利用它们不同的半衰期, 对二次不同时间测量结果按下式进行分解:

$$n(t) = \frac{\lambda_g}{\lambda_g - \lambda_m} n_m(0)(e^{-\lambda_m t} - e^{-\lambda_g t}) + n_g(0)e^{-\lambda_g t}, \quad (6)$$

式中 $n_m(0)$ 和 $n_g(0)$ 分别为停照时刻 ^{58m}Co 和 ^{58g}Co 光电峰计数, $n(t)$ 为 t 时刻光电峰计数.

样品 $\phi 3'' \times 3''\text{NaI(Tl)}$ γ 谱仪测量数据处理较为复杂. 对 ^{57}Ni 的 1.3776MeV 特征 γ 射线光电峰测量数据 $n'_i(t)$, 要按下式扣除 ^{58}Co γ 射线加合干扰峰:

$$n_i(t) = n'_i(t) - C n_s(t), \quad (7)$$

式中 C 为同样条件下 ^{58}Co 的 0.511MeV 和 0.8107MeV γ 射线加合峰与 0.8107MeV γ 射线光电峰计数比, $n_s(t)$ 和 $n'_i(t)$ 分别为 t 时刻测得的样品 γ 谱中 0.8107MeV γ 射线和 1.3776MeV γ 射线光电峰计数. 常数 C 是根据经过 15 天衰变测得的纯 ^{58}Co γ 谱确定的. ^{58m}Co 和 ^{58g}Co 的测量数据都是包括在 0.8107MeV 特征 γ 射线光电峰计数中, 对多次跟踪测量数据按 (6) 式用最小二乘法分解, 然后由于它们的衰变常数差别太大, 致使式中 $n_m(0)$ 和 $n_g(0)$ 对测量数据 $n(t)$ 误差很敏感, 以至分解结果误差很大. 为解决这个问题, 我们将不同样品多次跟踪测量数据, 以 $t \gg T_{1/2}^\pi$ 测量结果为 1 进行归一, 并用最小二乘法拟合, 得到停照后样品活性衰变归一化曲线

$$R(t) = -5.37527 R_1 (e^{-0.07575t} - e^{-0.000405t}) + R_2 e^{-0.000405t}, \quad (8)$$

式中 $R_1 = 109.76$, $R_2 = 0.499565$. 根据 (8) 式和各样品在 $t \gg T_{1/2}^\pi$ 时的测量数据, 以及测量时刻, 可以得到各样品“均一化”测量数据. 对得到的数据再按 (6) 式用最小二乘法分解, 得到停照时刻 ^{58m}Co 和 ^{58g}Co 特征 γ 光电峰计数. 这里没对特征 γ 光电峰数据进行加合校正, 这将与样品活性探测效率标定一致, 但对 0.8639MeV γ 光电峰贡献做了修正. $\phi 34\text{mm} \times 5\text{mm}$ 镍样品活性在 $\phi 3'' \times 3''\text{NaI(Tl)}$ 晶体上探测效率已经标定. 该样品在 Ge(Li) 探测器上表面 D 处的探测效率, 根据测得的样品对特征 γ 光电峰的自吸收系统 μ 值和样品的几何参数, 按经验拟合式计算得到.

五、测量结果和误差

1. 核反应截面的确定

将已知参数和测量数据处理结果代入 (2) 式和 (4) 式, 得到 ^{14}MeV 中子镍产生 ^{57}Ni , ^{58m}Co , ^{58g}Co 和 $^{58m+g}\text{Co}$ 的截面, 这些结果列在表 1 中. 其中 $^{58m+g}\text{Co}$ 截面是根据停照时刻 ^{58g}Co 活性计算的 (即为 σ'_g), ^{58g}Co 截面是根据 (4) 式计算的 (即为 σ_g)

表 1 镍的 ^{14}MeV 中子反应分截面测量参数及结果

核反应	产物半衰期	特征 γ (MeV)	分支比	中子能量 (MeV)	产物测量方法	样品探测效率	停顿时计数率 (CPM)	加合修正	测量截面 (mb)	散射修正因子	修正截面 (mb)	平均截面 (mb)
$^{58}\text{Ni}(n,2n)$	36.08 时	1.3779	0.779	14.10	Nal(Tl)	0.0256	1541.9		22.52	1.085	24.43	24.54
					Ge(Li)	1.2247×10^{-3}	57.18	0.9844	22.72	1.085	24.65	
^{57}Ni				14.62	Nal(Tl)	0.0256	1836.5		33.19			32.61
							1646.1		32.65			
							1586.4		32.00			
$^{59}\text{Ni}(n,p)$	9.15 时	0.8106*	0.9945	14.10	Nal(Tl)	0.0645	130160		207.7	0.9447	196.2	195.7
					Ge(Li)	1.8215×10^{-3}	3617.4	0.9958	206.5	0.9447	195.1	
^{58m}Co				14.62	Nal(Tl)	0.0645	101791		199.3			196.8
							91259		196.1			
							89251		195.0			
$^{58}\text{Ni}(n,p)$	70.8 天	0.8106	0.9945	14.10	Nal(Tl)	0.0645	1523		407.2	0.9447	384.7	383.7
					Ge(Li)	1.8215×10^{-3}	42.4	0.9958	405.1	0.9447	382.7	
$^{58m+g}\text{Co}$				14.62	Nal(Tl)	0.0645	1013.5		336.9			332.5
							908.8		331.1			
							889.0		329.5			

* 以 ^{58g}Co 的 γ 射线作为 ^{58m}Co 的测量特征 γ 射线。

2. 中子经靶头散射的修正

样品与氘束成 45° 辐照时用的是旋转靶,靶壳及水层均很薄, 45° 方向出射中子散射影响可以忽略。与氘束成 90° 辐照时用的是铝靶结构,向前方向有 1 厘米厚的流水层,侧方向可近似等效为 1.4 厘米厚的铝球壳,因出射中子散射较严重,测得的是该能谱的平均截面,不是单能中子截面,必须进行校正。根据文献[8]用核乳胶测得的 14.1MeV 中子经 3.7 厘米铝球壳的快中子能谱换算,得到经 1.4 厘米等效铝球壳的快中子能谱。将单能截面与对这个快中子能谱的平均截面的比值作为校正因子,这样得到 $^{27}\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$, $^{58}\text{Ni}(n, 2n)^{57}\text{Ni}$ 和 $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58m+\xi}\text{Co}$ 反应在 14.1MeV 和 14.62MeV 时的校正因子,对 $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58m}\text{Co}$ 和 $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58\xi}\text{Co}$ 反应也采用同 $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58m+\xi}\text{Co}$ 反应一样的校正因子,考虑这些反应阈同 $^{24}\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$ 反应阈不同造成中子注量的些微差别,得到总的散射修正因子,列在表 1 中。

3. 截面测量误差

表 2 给出了各分截面测量误差源项和总误差,主要是样品活性测量误差和中子注量测量误差,各截面总误差是对截面计算公式按误差传递公式计算的。

表 2 镍的 14MeV 中子反应截面测量误差

误差源项		$^{58}\text{Ni}(n, 2n)^{57}\text{Ni}$		$^{58}\text{Ni}(n, p)^{58m}\text{Co}$		$^{58}\text{Ni}(n, p)^{58m+\xi}\text{Co}$	
		14.10MeV	14.62MeV	14.10MeV	14.62MeV	14.10MeV	14.62MeV
中子注量	^{24}Na 活性测量	1%		1%		1%	
	标准截面	1.8%	1.4%	1.8%	1.4%	1.8%	1.4%
	^{24}Na ξ 因子	1%		1%		1%	
样品活性	活性测量和分解	1.1%		2.0%		1%	
	探测效率	2.5%		2.5%		2.5%	
	NaI(Tl) Ge(Li)	2.2%		2.0%		2.0%	
反应产物 ξ 因子		0.5%		1%		$\ll 1\%$	
中子靶头散射修正		1.4%		0.8%		0.8%	
修正截面	NaI(Tl)	3.9%	3.6%	4.1%	3.9%	3.6%	3.3%
	Ge(Li)	3.7%		3.9%		3.3%	
平均截面		3.3%	3.6%	3.6%	3.9%	3.0%	3.3%

六、结 论

本工作用活化法(相对 $^{27}\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$)测得了 $^{58}\text{Ni}(n, 2n)^{57}\text{Ni}$, $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58m}\text{Co}$, $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58\xi}\text{Co}$ 和 $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58m+\xi}\text{Co}$ 等四个核反应分截面,入射中子能量为 14.1MeV 和

表 3 镍的分截面测量结果、误差与文献编评值的比较 (mb)

核反应	14.10MeV			14.62MeV		
	测量截面	平均修正截面	编评值 ^[7]	测量截面	平均修正截面	编评值 ^[7]
$^{58}\text{Ni}(n,2n)^{57}\text{Ni}$	22.6	$24.5 \pm 3.3\%$	$25.4 \pm 4.1\%$	32.6	$34.2 \pm 3.6\%$	$36.0 \pm 4.0\%$
$^{58}\text{Ni}(n,p)^{58m}\text{Co}$	207.1	$195.7 \pm 3.6\%$		196.8	$196.8 \pm 3.9\%$	
$^{58}\text{Ni}(n,p)^{58g}\text{Co}$	197.4	$186.5 \pm 7.2\%$		133.6	$133.6 \pm 8.5\%$	
$^{58}\text{Ni}(n,p)^{58m+g}\text{Co}$	406.2	$383.7 \pm 3.0\%$	$413 \pm 5.8\%$	332.5	$332.5 \pm 3.3\%$	$345 \pm 4.9\%$

14.62MeV. 表 3 给出它们与已发表的编评数据^[1-4]的比较, 表明在误差范围内是相互符合的.

需要指出的是, ^{58}Co 有半衰期为 9.15h 和 10.2ms 两个亚稳态, 这里 ^{58m}Co 指的是半衰期为 9.15h 亚稳态, 而半衰期为 10.2ms 亚稳态本方法不能区分出来, 而包含在 ^{58g}Co 中了.

本工作建立的 ^{58m}Co 和 ^{58g}Co 产生分截面测量方法是本工作的特点. 这里同时用 NaI(Tl) 和 Ge(Li) 两种方法测量样品活性, 得到符合很好的截面数据, 这消除了由于样品活性产生的系统误差, 提高了最后结果的可靠性. 然而受加速器中子产额限制, 选用了大样品, 其活性不够强, 因而测量和探测效率误差较大. 此外靶头中子散射还较严重, 虽经校正, 但增加了测量截面误差, 这些都可以改进, 以进一步降低测量截面误差. 高剑侠、王轶参加了实验测量, 马新太、屠荆给予了大力协助, 作者对上述同志深表谢意.

附 录

$^{58}\text{Ni}(n,p)^{58m+g}\text{Co}$ 反应产生 ^{58g}Co 和 ^{58m}Co 的分截面关联公式的推导:

正文(3)式为

$$A_g(0) = A'_g(0) - A_g^m(0),$$

式中 $A'_g(0)$ 和 $A_g^m(0)$ 为停照时刻 ($t=0$) 的 ^{58g}Co 和 ^{58m}Co 活性, 已根据测量数据处理部分求得, 并且根据(1)式有

$$A_g(0) = B\sigma_g\phi\lambda_g\xi_g, \quad (9)$$

和

$$A'_g(0) = B\sigma'_g\phi\lambda_g\xi_g, \quad (10)$$

现在计算 $A_g^m(0)$, 在辐照过程中, 在 Δt_i 时间间隔内产生的 ^{58m}Co 核数为 $B\sigma_m\phi_i\Delta t_i$, 根据(6)式它们衰变为 ^{58g}Co (停照时刻并考虑 ^{58g}Co 的衰变)核数有

$$\frac{\lambda_m}{\lambda_g - \lambda_m} B\sigma_m\phi_i\Delta t_i [e^{-\lambda_m(T-i\Delta t_i)} - e^{-\lambda_g(T-i\Delta t_i)}],$$

则

$$\begin{aligned} A_g^m(0) &= \lambda_g \sum_i \frac{\lambda_m}{\lambda_g - \lambda_m} B\sigma_m\phi_i\Delta t_i [e^{-\lambda_m(T-i\Delta t_i)} - e^{-\lambda_g(T-i\Delta t_i)}] \\ &= \frac{\lambda_g\lambda_m}{\lambda_g - \lambda_m} B\sigma_m \sum_i \phi_i\Delta t_i [e^{-\lambda_m(T-i\Delta t_i)} - e^{-\lambda_g(T-i\Delta t_i)}], \\ A_g^m(0) &= \frac{\lambda_m\lambda_g}{\lambda_g - \lambda_m} B\sigma_m\phi [\xi_m - \xi_g], \end{aligned} \quad (11)$$

将(9)、(10)、(11)式代入(3)式,有

$$\sigma_g = \sigma'_g - \frac{\lambda_m \lambda_g}{\lambda_g - \lambda_m} \left(1 - \frac{\xi_m}{\xi_g}\right) \sigma_m, \quad (12)$$

上式给出 ^{58m}Co 和 ^{58g}Co 的产生分截面 σ_m 和 σ_g , 以及根据停照 ^{58g}Co 活性计算的表观截面 σ'_g 之间的关联公式.

参 考 文 献

- [1] 黄建周等,原子能科学技术,3(1977),261.
- [2] 核素图表编制组编,核素常用数据表,原子能出版社,1977年.
- [3] Bahal, GKSS-85-E-11.
- [4] Ribansky, INDC (CSK)-7.
- [5] 刘运祚主编,衰变纲图,原子能出版社,1982年.
- [6] 马鸿昌等,原子能科学技术,3(1985),375.
- [7] 赵文荣, CNDC-89014.
- [8] E. R. Graves et al., *Phys. Rev.*, 89(1953), 343.

CROSS SECTION MEASUREMENTS OF NUCLEAR REACTIONS FOR Ni INDUCED BY ^{14}MeV NEUTRONS

LI GUOZHENG JIANG JINGHE

(Northwest Institute of Nuclear Technology, Xian)

ABSTRACT

The cross sections of reactions $^{58}\text{Ni}(n, 2n) ^{57}\text{Ni}$, $^{58}\text{Ni}(n, p) ^{58m}\text{Co}$, $^{58}\text{Ni}(n, p) ^{58g}\text{Co}$ and $^{58}\text{Ni}(n, p) ^{58m+g}\text{Co}$ were measured based on $^{27}\text{Al}(n, \alpha) ^{24}\text{Na}$ reaction by activation methods. Incident neutron energies were 14.10 MeV and 14.62 MeV. A comparison was made between present results and other published data. The cross sections for ^{58m}Co and ^{58g}Co nuclei formation are given for the first time.