

贫化铀/聚乙烯球壳交替系统中铀-238 中子俘获率的测量与分析*

严小松[†] 刘荣 鹿心鑫 蒋励 王玫 林菊芳

(中国工程物理研究院核物理与化学研究所, 绵阳 621900)

(2011 年 7 月 5 日收到; 2011 年 8 月 24 日收到修改稿)

为校验次临界能源堆的概念设计, 建立了贫化铀/聚乙烯球壳交替系统, 采用活化法测量 ^{238}U 的中子俘获率. 贫化铀片置于系统内与入射 D 离子束成 90° 的方向上活化, 用 HPGe 探测器测量 ^{238}U 俘获中子衰变产生的 ^{239}Np 衰变产生的 277.6 keV 特征 γ 射线计数, 实验修正了贫铀片对 277.6 keV γ 射线的自吸收, 得到了交替系统中 ^{238}U (n, γ) 反应率的径向分布, 反应率的相对不确定度为 3.5%—3.7%, 并计算得到系统上整个贫铀区中 ^{238}U 的总中子俘获率为 2.24 ± 0.09 . 用 MCNP5 程序在常用 ENDF 库下进行了模拟计算, ^{238}U (n, γ) 反应率分布计算与实验一般在 5% 以内符合, 总俘获率在 1% 以内符合.

关键词: 14 MeV 中子, ^{238}U 中子俘获, 自吸收修正, Monte-Carlo 模拟

PACS: 28.20.Np, 28.20.-v, 28.41.Ak

1 引言

聚变 - 裂变混合型的次临界能源堆, 主要由聚变中子源和次临界堆包层构成, 是目前应用聚变技术解决能源问题的关键途径之一. 在次临界能源堆概念设计中, 聚变堆芯通过 D-T 聚变反应产生 14 MeV 中子, 包层以天然铀或压水堆乏燃料为燃料, 形式为 UZr 合金, 轻水作冷却剂, UZr 合金与轻水分层间隔布置^[1].

由于世界上从未实际运行过次临界能源堆, 缺乏相关实验数据, 为校验概念设计, 必须在接近概念设计的实验装置上, 开展足够的分解性中子学积分实验. ^{238}U 俘获中子最终生成 ^{239}Pu , 次临界能源堆的多种重要参数 (如功率、临界性、增殖比等) 对 ^{238}U 的中子俘获非常敏感, 因此开展 ^{238}U 的中子俘获实验对次临界能源堆的概念设计非常重要. 由于聚乙烯与水对中子的慢化特性相近, 并且铀聚乙烯系统在工程上更容易实现, 参考包层概念设计, 建立了贫化铀/聚乙烯球壳交替系统的模拟包层基

准装置, 开展 ^{238}U 俘获率的中子学积分实验研究.

国内外未有类似的贫铀/聚乙烯交替系统上的俘获率积分实验报道, 只有在贫铀或天然铀装置上开展的 14 MeV 中子与 ^{238}U 的积分实验. Weale 等^[2] 用直径 2.92 cm 的天然铀棒组成了一个高 106.6 cm, 直径 99 cm 的圆柱堆, 通过化学分离 ^{239}Np 结合 β 计数的方法测量了堆内 ^{238}U (n, γ) 反应率分布, 最后得到积分俘获率为 4.08 ± 0.24 . Haight 等^[3] 用 TART 程序对 Weale 实验进行模拟计算, 在 ENDF/B-IV 库及 ENDL (new) 库下计算的总俘获率分别比实验值大 4.7%, 6.9%, 测量点的 ^{238}U (n, γ) 反应率与实验结果相差一般超过 10%. Akiyama 等^[4] 在由贫铀金属块 (密度 18.96 g/cm^3 , 99.80% ^{238}U) 组成的内/外半径为 5.92/45.72 cm 的球壳上进行了实验, 通过活化法测量了 ^{238}U (n, γ) 反应率径向分布, 其相对不确定度为 5.4%—6.7%, 但并未计算装置的总俘获率. 用 MCNP2B 程序在 JENDL-2 库下进行了模拟计算, 计算结果一般比实验低 10% 左右. 国内只有王

* ITER 计划专项国内配套研究 (批准号: 2010GB111002) 资助的课题.

[†] E-mail: yanxs05@gmail.com

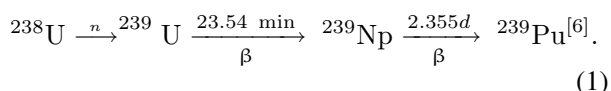
大伦等^[5]在内/外半径为 4.0/30.0 cm 的贫铀球上用活化法进行了造钚率实验, 测量了 $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ 反应率径向分布, 得到整个球壳系统的总造钚率为 2.46 ± 0.09 , 实验无模拟计算分析.

由于国内外都没有在类似我国次临界能源堆概念设计的实验装置上开展过实验, 即使在贫铀或天然铀装置上开展的实验, 也由于测量技术相对落后、计算方法多样、参数库陈旧等原因, 实验与计算符合情况不甚令人满意, 因此有必要建立新的实验装置开展中子学积分实验, 为检验次临界能源堆相关设计的可靠性提供数据.

本文采用活化法开展 ^{238}U 的中子俘获率实验. 用 HPGe 探测器测量 $^{238}\text{U}(n, \gamma)^{239}\text{U}$ 反应衰变产生的 ^{239}Np 发射的 277.6 keV 特征 γ 射线计数, 实验修正了贫铀片对 277.6 keV γ 射线的自吸收. 与传统实验通过线性近似不同, 本文通过最小二乘法拟合 γ 射线随贫铀片厚度的指数衰减, 自吸收修正更为准确. 得到了交替系统中与 D 离子束成 90° 方向上的 $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ 反应率分布. 在计算交替系统的总俘获率(造钚率)时, 结合 MCNP5 计算, 引入积分修正因子, 修正了积分计算偏差, 得到了更准确的结果. 用 MCNP5 在多个常用数据库下进行模拟计算, $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ 反应率分布计算与实验一般在 5% 以内符合, 总俘获率在 1% 以内符合.

2 实验原理

交替系统中铀-238 的总中子俘获率为: 一个 D-T 中子通过与交替系统作用, 发生的 $^{238}\text{U}(n, \gamma)^{239}\text{U}$ 反应次数. 也即为整个系统的造钚率, 衡量着次临界能源堆的核燃料增殖性能. ^{238}U 俘获中子发生如下衰变链的反应:



由于与入射 D 离子束成 90° 方向上的 $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ 反应率可近似认为是各角度下反应率的平均值, 本实验通过测量 90° 方向的 $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ 反应率分布, 计算整个交替系统贫铀球壳中铀-238 的总中子俘获率 P , 如 (2) 式所示:

$$P = \sum_i^n 4\pi N_0 \int_{r_{i1}}^{r_{i2}} r^2 C(r) dr, \quad (2)$$

式中 $C(r)$ 为 1 个源中子经过输运, 在 90° 方向上离中子源距离为 r (cm) 处与 1 个 ^{238}U 原子发

生 $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ 反应的概率, n 为贫铀球壳层数, r_{i1}/r_{i2} 为第 i 层贫铀球壳的内/外半径, N_0 为单位体积贫铀中的 ^{238}U 原子数, $N_0 = (4.736 \pm 0.025) \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$.

采用活化法测量交替系统中的俘获反应率分布^[7-10], 位于 r 处的 $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ 反应率 $C(r)$ 与 HPGe 探测器测量到的 277.6 keV γ 射线计数 $n(r)$ 有如下关系:

$$C(r) = n(r) \cdot K / (N \cdot \bar{\phi} \cdot F \cdot A(d) \cdot b \cdot \eta), \quad (3)$$

式中 $n(r)$ 为位于 r 处照射的贫铀样品, 由 HPGe 探测器测得的 277.6 keV γ 射线峰计数; K 为中子源强瞬态变化的修正因子; N 为样品中的 ^{238}U 原子数; $\bar{\phi}$ 为平均中子源强 (s^{-1}); F 为时间因子 (s); $A(d)$ 为厚度为 d 的贫铀片对 277.6 keV γ 射线的自吸收修正因子; b 为 277.6 keV γ 射线所占 ^{239}Np β 衰变产生 γ 射线的分支比; η 为 HPGe 探测器对 277.6 keV γ 射线的探测效率.

3 实验装置

交替系统由三层贫铀 (密度 18.8 g/cm^3 , 99.58% ^{238}U)、两层聚乙烯 (密度 0.95 g/cm^3) 球壳构成, 球壳尺寸从内至外为 $R13.1 / 18.1 / 19.4 / 23.35 / 25.4 / 30.0 \text{ cm}$. D-T 中子源氚靶位于球心 (定位偏差 $< 0.5 \text{ cm}$), 加速 D 离子 (平均能量 134 keV) 通过水平方向的漂移管轰击氚靶片, 产生中子. 在竖直方向有测量孔道, 在贫铀区和聚乙烯区总计布放 17 片 $R1.2 \text{ cm} \times (0.01-0.02) \text{ cm}$ 的贫铀活化片, 通过贫铀塞块与聚乙烯塞块调整活化片位置, 并保持测量管道内材料分布与

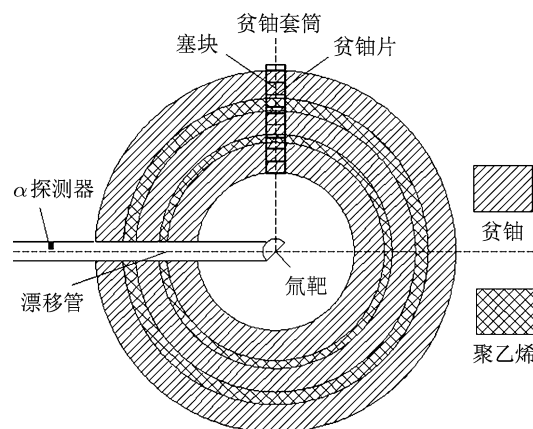


图1 实验装置示意图

交替系统一致, 贫铀片离靶心依次为 13.1, 13.6, 15.6, 17.6, 18.0, 18.6, 19.3, 19.9, 20.9, 22.9, 23.4, 24.4, 25.5, 26.0, 27.0, 29.0, 30.1 cm. 实验装置如图 1 所示.

4 实验过程

4.1 贫铀片对 277.6 keV 特征 γ 射线的自吸收修正

贫铀片对 277.6 keV γ 射线有强吸收 (总截面为 $241.1b^{[11]}$), 必须做修正. 本文结合 ^{243}Am 源片 (半径 1.2 cm) 进行自吸收的实验修正, 并刻度 HPGe 探测器对 277.6 keV γ 射线的探测效率 [8,12,13]. 测得 HPGe 对离探测器表面 2.560 cm 的 277.6 keV γ 射线的 $\eta \cdot b = (7.85 \pm 0.19) \times 10^{-3}$.

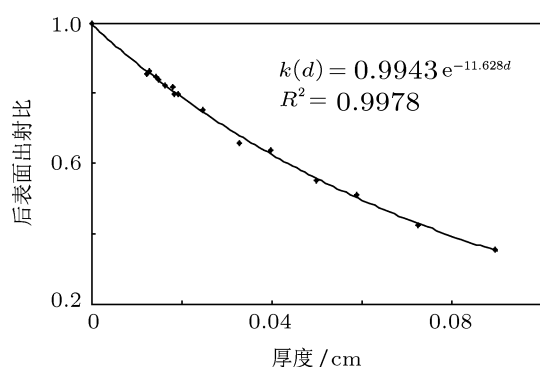


图 2 后表面出射比最小二乘拟合图

探测器记录的贫铀片后表面 (背离探测器表面) 发射的 γ 射线计数与贫铀片厚度 $d(\text{cm})$ 服从指数衰减. 将 ^{243}Am 源片置于未经活化的不同厚度的贫铀片上, 测量此指数衰减规律, 归一实验数据及用最小二乘法进行的指数拟合结果如图 2 所示. 得到的后表面归一出射比函数 $k(d)$ 为

$$k(d) = a_0 \cdot e^{-a_1 d} = (0.9943 \pm 0.0045) \cdot e^{-(11.628 \pm 0.115)d}. \quad (4)$$

照射贫铀片受到中子的均匀活化, 其自吸收修正因子 $A(d)$ 通过下公式计算:

$$A(d) = \frac{1}{d} \int_0^d k(x) dx = \frac{a_0}{a_1 d} (1 - e^{-a_1 d}). \quad (5)$$

用 MCNP5 程序在 ENDFBVI.8 库下进行了自吸收修正的模拟计算, 并与文献 [5] 的结果比较如

图 3 所示. Gino 等 [12], 王大伦等 [5] 结合 ^{243}Am 源分别测量前后表面的特征 γ 射线计数, 做线性近似得到自吸收修正因子. MCNP5 计算的自吸收修正因子与本实验测量结果符合良好, 即使贫铀片厚度达到 0.05cm 时, 偏差仍小于 1%, 而此厚度下与文献 [5] 的结果偏差超过 4%. 从图中还可以看出: 相对于线性近似方法, 本实验通过最小二乘拟合计算自吸收修正, 还能有效地降低实验的统计涨落, 因此更为准确. 此外, 本实验与模拟计算结果在厚度为 0.02 cm (本实验中贫铀片的最大厚度) 时, 偏差小于 0.2%. 比较结果表明, 在实验中利用 MCNP5 模拟计算自吸收修正因子也能得到可靠的结果.

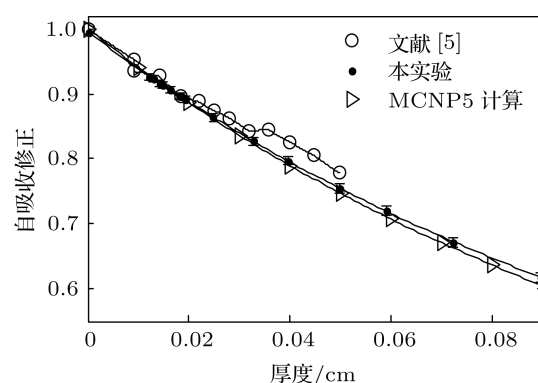


图 3 自吸收修正因子实验与计算结果比较

4.2 D-T 中子源照射及监测

用伴随 α 粒子法监测中子源强度 [14]. 与 D 离子束成 178.2° 方向上的 Au-Si 面垒探测器分时测量 α 粒子数 N_α , 4π 中子注量 $\Phi_n = 1.313 \times 10^7 N_\alpha$. 样品照射 23310 s, 平均中子强度 $\bar{\phi} = (1.20 \pm 0.03) \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$, 通量瞬态修正因子 K [5] 如下计算:

$$K = \frac{\bar{N}_\alpha}{\sum_{i=1}^n N_\alpha(t_i) e^{-\lambda_{39}(T-t_i)} / \sum_{i=1}^n e^{-\lambda_{39}(T-t_i)}} = 1.0026, \quad (6)$$

式中 \bar{N}_α 为整个照射时间中的平均 α 粒子计数, t_i 为第 i 计数时刻的时间, T 为总照射时间, $N_\alpha(t_i)$ 为从 t_{i-1} 到 t_i 时间内的 α 粒子计数, λ_{39} 为 ^{239}Np 的衰变常量.

4.3 HPGe 探测器测量活化片的 277.6 keV γ 射线计数

贫铀片照射后, 冷却超过 6 h, 保证 ^{239}U 完全

衰变成 ^{239}Np , 然后置于离探测器表面 2.560 cm 位置处测量 277.6 keV γ 射线峰计数. 测量的 γ 谱型如图 4 所示.

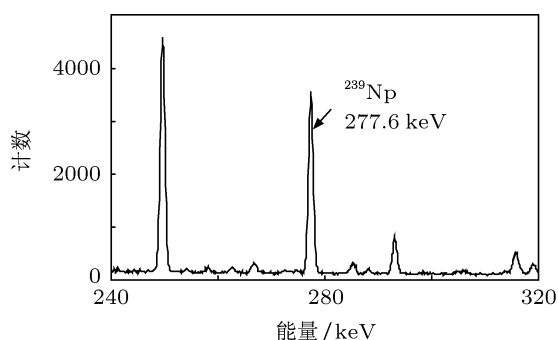


图 4 HPGe 探测器测得的 γ 谱

时间因子 $F^{[15]}$ 如下计算得到:

$$F = \frac{\lambda_{29}}{\lambda_{39}(\lambda_{29} - \lambda_{39})} (1 - e^{-\lambda_{39}T}) e^{-\lambda_{39}t} (1 - e^{-\lambda_{39}\tau}) + \frac{\lambda_{39}}{\lambda_{29}(\lambda_{39} - \lambda_{29})} (1 - e^{-\lambda_{29}T}) \times e^{-\lambda_{29}t} (1 - e^{-\lambda_{29}\tau}) \quad (7)$$

其中 λ_{29} 为 ^{239}U 的衰变常量, t 为冷却时间, τ 为探测器计数时间. 不同贫铀片的 F 值在 40—2300 s 间.

5 实验结果及分析

按 (3) 式即可得到不同径向位置的 ^{238}U (n, γ) 反应率 $C(r)$, 用三次样条插值方法连接实验点得到交替系统中俘获率分布 $C(r)-r$ 曲线, 如图 5(a) 所示 (灰色部分表示在聚乙烯中, 下同), 各个实验点相对不确定度为 3.5%—3.7%. 其中 γ 射线峰计数不确定度 0.5%—1.2%, 探测器探测效率不确定度为 2.4%, 中子产额不确定度 2.5%, 自吸收修正因子不确定度 0.6%—0.9%; 另外 K, N, F 的不确定度均 $< 0.1\%$.

按照 (2) 式计算得三层贫铀球壳的积分俘获率分别为 0.810, 0.973, 0.671, 得到了积分计算的 ^{238}U 的总中子俘获率 $P = 2.454$.

为比较离中子源不同距离处 4π 角度的俘获率情况, 在图 5(b) 中给出了本实验与各个实验的 $r^2C(r)-r$ 图. 从图中可以看出以下特点:

1) 由于聚乙烯对中子的强慢化作用, 在聚乙烯球壳中, ^{238}U 对中子的俘获急剧增大, 形成两个

强烈的峰, 在交替系统第二层贫铀中, ^{238}U 对中子的俘获率高于相应位置贫铀或天然铀系统中的俘获率;

2) 在最靠近中子源处, 贫铀或天然铀装置中俘获情况相近 (文献 [4] 的第一个测量点离铀内边界 5.08 cm), 但在交替系统最靠近中子源处, ^{238}U 对中子的俘获明显高于 (> 2 倍) 贫铀或天然铀装置中离中子源最近位置的俘获;

3) 交替系统最外层 ^{238}U 对中子的俘获急剧下降, 但仍普遍高于文献 [5] 中相应位置的实验结果.

比较结果表明: 加入聚乙烯慢化材料, 对交替系统中三层贫铀球壳中的 ^{238}U 中子俘获率都有显著的影响; 本实验的积分造钚率与文献 [5] 的结果相近, 但所用贫铀只有其 73% 左右, 可见慢化材料能够有效地改善次临界能源堆的核燃料增殖性能, 从而减少核燃料装料. 该结果可供次临界能源堆裂变包层设计时参考.

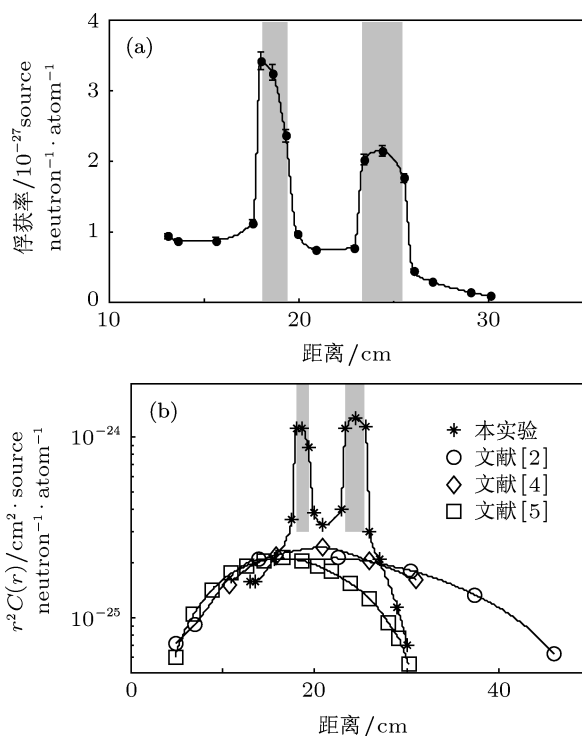


图 5 俘获率分布图 (a) 本实验 $C(r)-r$ 曲线图; (b) $r^2C(r)-r$ 与相关实验比较图

6 模拟计算与分析

用 MCNP5 在多个常用数据库下进行了模拟计算, 各数据库代号代表意义如表 1 所示. 模拟计算

表1 计算采用的数据库代号及意义

库代号	48C	50C	60C	63C	66C
库名	Uresa	RMCCS	ENDF60	ENDF63c	ENDF66c
来源	ENDFB-VI.2	ENDFB-V.0	ENDFB-VI.2	ENDFB-VII.1	ENDFB-VI.5

时写入了大厅、靶室、D 粒子漂移管道、90° 测量管道、套筒、贫铀片及塞块等, 中子源写入了其能量、角度的关联分布, 其分布通过 DROSG-2000 程序 [16] 计算得到.

6.1 总俘获率的积分计算修正

由于 $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ 反应率在聚乙烯附近急剧变化, 有限个实验点的外推曲线无法准确刻画出 90° 上的 $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ 反应率分布; 而 D 粒子漂移管道使贫铀区并非完整球壳. 因此必须对按 (2) 式计算的结果进行修正, 才能得到此系统准确的总俘获率.

通过以下方式进行修正: MCNP5 计算各测量点的俘获率, 用三次样条插值得到计算的 $C(r)$ - r 曲线, 按 (2) 式计算得到的总俘获率 P_1 , MCNP5 自动计算的 ^{238}U 总俘获率 P_2 , 引入积分修正因子 $S = P_1/P_2$,

$$P = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^3 4\pi N_0 \int_{r_{i1}}^{r_{i2}} r^2 C(r) dr. \quad (8)$$

几个截面库下的计算结果如表 2 所示. S 由表格中的 P_1/P_2 项计算得到: $\bar{S} = 1.094, \sigma_s = 0.002$.

表2 MCNP5 积分修正因子计算结果

库代号	48C	50C	60C	63C	66C
P_1	2.431	2.473	2.454	2.468	2.427
P_2	2.227	2.257	2.246	2.250	2.221
P_1/P_2	1.092	1.096	1.093	1.097	1.093

可计算得交替系统(带靶室以及 D 离子漂移管道空腔)的总俘获率:

$$P = 2.24 \pm 0.09,$$

相对不确定度为 4.1%, 其中 $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ 反应率分布 $C(r)$ 不确定度 3.5%—3.7%; 单位体积贫铀中的 ^{238}U 原子数不确定度为 0.5%; 贫铀片离球心径向距离不确定度 0.4%—0.8%; 积分修正因子不确定度 0.2%.

6.2 实验与计算结果比较

在各实验点, 各数据库下计算的 $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ 反应率计算值/实验值 (C/E) 情况如图 6 所示. 计算结果与实验总体在 5% 以内符合, C/E 的平均值在 0.98—1.00 间, 而整个交替系统的总俘获率为 2.24, 与各个常用数据库下计算的总俘获率 P_2 偏差在 1% 以内, 明显优于文献 [2, 3] 及文献 [4] 中的计算与实验比较结果, 表明目前的计算方法以及截面数据相对早期的有明显改善. 但在最内、最外实验点上, 计算与实验结果差距较大, 甚至超过 10%, 分析主要原因是这两测量点暴露于空气中, 尤其是最外侧的贫铀片受到大厅散射中子本底影响较大, 而 MCNP5 中写入的靶室、大厅与实际情况有较大差异; 另外, 由于计算偏差的积累, 导致最外侧实验点计算与实验符合最差.

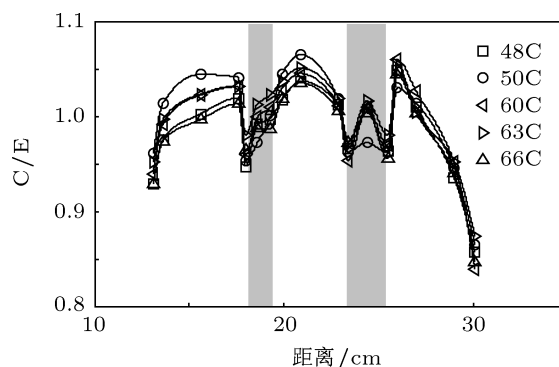


图6 各位置俘获反应率计算值/实验值 (C/E) 图

7 结论

为校验次临界能源堆概念设计, 建立了贫化铀/聚乙烯球壳交替模拟装置, 在此装置上采用活化法开展 ^{238}U 的中子俘获率实验. 用 HPGc 探测器测量 ^{239}Np 衰变产生的 277.6 keV 特征 γ 射线计数, 并结合 ^{243}Am 源用最小二乘拟合法实验修正了贫铀片对 γ 射线的自吸收, 得到了入射 D 粒子束 90° 方向上 $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ 反应率分布, 相对不确定度在 3.5%—3.7%; 结合 MCNP5 计算, 修正了积分

计算偏差,得到了交替系统中三层贫铀球壳中 ^{238}U 的总中子俘获率为 2.24 ± 0.09 .

用 MCNP5 在不同截面库下进行模拟计算. ^{238}U 中子俘获反应率的实验与计算结果总体在 5% 以内符合,实验装置的总俘获率在 1% 以内符合,明显优于相关实验的计算与实验符合情况. 实

验结果可用于检验次临界能源堆包层中造钚率计算的参数、方法和程序.

在实验过程中,中国工程物理研究院核物理与化学研究所 204 室物理一组及加速器组的同事们的辛勤工作保证了实验的正常进行,在此表示感谢!

-
- [1] Shi X M, Peng X J 2010 *Nucl. Power Eng.* **31** 5 (in Chinese) [师学明, 彭先觉 2010 核动力工程 **31** 5]
- [2] Weale J W, Goodfellow H, McTaggart M H, Mullender M L 1961 *J. Nucl. Energy* **14** 91
- [3] Haight R C, Lee J D, Maniscalco J A 1976 *Nucl. Sci. Eng.* **61** 53
- [4] Akiyama M, Oka Y, Kanasugi K, Hashikura H, Kondo S 1987 *Ann. Nucl. Energy* **14** 543
- [5] Wang D L, Chen S H, Kang W, You Y, Huang W D, Zhang X Y 1997 *Atom. Energy Sci. Technol.* **31** 229 (in Chinese) [王大伦, 陈素和, 亢武, 游泳, 黄卫东, 张秀岩 1997 核能科学与工程 **31** 229]
- [6] ENDF / B-VI Decay Data, Joseph A C <http://t2.lanl.gov/data/decayd.html> [2011-05-20]
- [7] Rajput M U, MacMahon T D 1995 *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **189** 51
- [8] Quang E, Knoll G F 1992 *Nucl. Sci. Eng.* **110** 282
- [9] Bergmann U C, Chawla R, Jatuff F, Murphy M F 2006 *Nucl. Instrum. Meth. A* **556** 331
- [10] Koberl O, Seiler R, Chawla R 2004 *Nucl. Sci. Eng.* **146** 1
- [11] Cullen D E, Hubbel J H, Kissel L 1997 *UCRL -50400* **6** 1
- [12] Poenitz W P, Fawcett L R, Smith J, Smith D L 1981 *Nucl. Sci. Eng.* **78** 239
- [13] Dilorio G J, Poenitz W P 1982 *Nucl. Instrum. Meth.* **198** 461
- [14] Liu R, Lin L B, Wang D L, Li Y J, Jiang L, Chen S H, Wang M, Yang K 1999 *Nucl. Electron. Detection Technol.* **19** 428 (in Chinese) [刘荣, 林理彬, 王大伦, 励义俊, 蒋励, 陈素和, 王玫, 杨可 1999 核电子学与探测技术 **19** 428]
- [15] Takeshi S, Tatsuo N, Keiji K, Hironobu U 1999 *J. Nucl. Sci. Technol.* **36** 661
- [16] DROSG-2000: Neutron Source Reactions, Drogg M <http://www-nds.iaea.or.at/drosg2000.html> [2011-05-20]

Measurement and analysis of neutron capture rate of U-238 in an alternate depleted uranium/polyethylene system*

Yan Xiao-Song[†] Liu Rong Lu Xin-Xin Jiang Li Wang Mei Lin Ju-Fang

(Institute of Nuclear Physics and Chemistry, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China)

(Received 5 July 2011; revised manuscript received 24 August 2011)

Abstract

In order to check the conceptual design of subcritical reactor, an alternate depleted uranium/polyethylene-shell simulation device was established, to carry out uranium-238 neutron capture rate experiment using activation technique. The depleted uranium foils were activated at 90° to the incident. By measuring the 277.6 keV γ -ray emitted from ^{239}Np generated by $^{238}\text{U}(n, \gamma)^{239}\text{U}$ reaction and correcting self-absorption of uranium experimentally, the $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ reaction rate with an uncertainty between 3.5% and 3.7% and a total neutron capture of 2.24 ± 0.09 of the system were obtained. The experiment was simulated using MCNP5 code with ENDF libraries. The simulations and measurements accord within 5% for the $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ reaction rate and within 1% for the total neutron capture rate of ^{238}U .

Keywords: 14 MeV neutron, neutron capture of ^{238}U , self-absorption correction, Monte Carlo simulation

PACS: 28.20.Np, 28.20.-v, 28.41.Ak

* Project supported by the Chinese Special Project for ITER (Grant No. 2010GB111002).

[†] E-mail: yanxs05@gmail.com