

长圆柱液体闪烁探测器 $n-\gamma$ 甄别

万代蓉 梁学才 戴运生 曹建华
(四川大学原子核科学技术研究所)

摘要

我们研究了 14.7 MeV 中子在中重核和 C、Be 等轻核上的弹性散射, 角区为 $2^\circ - 10^\circ$ 范围。微分截面测量中, 使用了 $\phi 50 \times 800\text{mm}$ 液体闪烁探测器。测量值与国内外最新发表值符合较好。本文着重介绍此长液体闪烁探测器 $n-\gamma$ 分辨的调试及特性。

一、引言

放射性测量大多是在混合物中进行,这就需要对不同类型核辐射进行区分,消除干扰辐射,提高对被测核辐射的灵敏度。例如, $n-\gamma$ 混合场中,就要区分中子和 γ 射线。常用具有 $n-\gamma$ 分辨性能的液体闪烁体。当中子或 γ 射线打在闪烁体上时,产生的光脉冲强度通常按指数衰减的快、慢成分来表示。快、慢成分的强度与激发粒子的质量和电荷有关,也就是与中子或 γ 射线激发粒子在闪烁体中产生的电离密度 ρ 有关。假定闪烁体的原子和分子在 $t = 0$ 时刻被初始事件所激发,有一定寿命。因此,发光强度 $N(t)$ 随时间 t 指数地衰减:

$$N(t) = \frac{N_f(\rho)}{\tau_f} e^{-t/\tau_f} + \frac{N_s(\rho)}{\tau_s} e^{-t/\tau_s}.$$

式中: $N_f(\rho)$, $N_s(\rho)$ 分别表示快慢成份所包含的光子数; τ_f , τ_s 表示快、慢成分衰减时间常数,它不随激发粒子而变。但快、慢成份的相对大小与激发粒子的种类有关。所以,不同激发粒子光脉冲上升时间不同。中子和 γ 射线入射到闪烁体中,中子引起的反冲质子光脉冲上升时间慢,而 γ 射线引起的次级电子光脉冲上升时间就快,并且中子引起的慢组份数目大于 γ 射线引起的快组份数目。根据这一发光机理,我们采用过零时间脉冲形状甄别电路^[1],用脉冲形状甄别法,选择中子和 γ 射线不同上升时间的电流脉冲,分开中子和 γ 射线,提高对中子探测的灵敏度。

二、 $n-\gamma$ 分辨调试

下面是本工作的 $n-\gamma$ 分辨调试电路图。

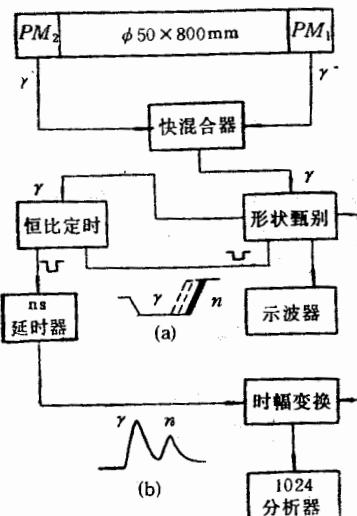


图1 n-γ分辨调试电路图

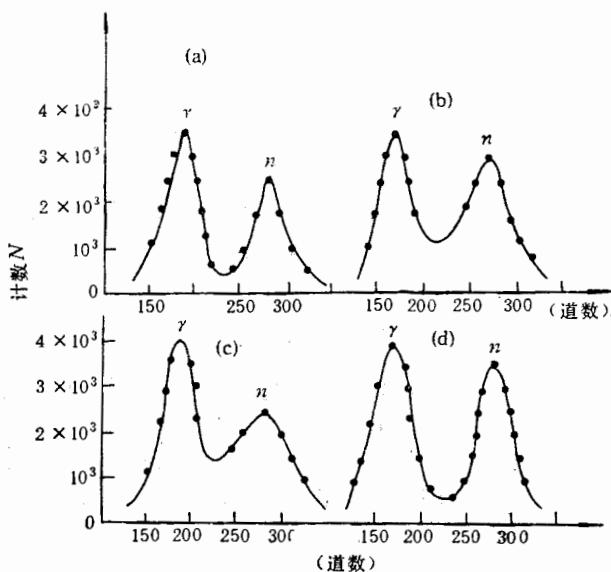
$\phi 50 \times 800 \text{ mm}$ ST-1701 液体闪烁体, 两端配上 56AVP 光电倍增管 PM_1 、 PM_2 , 组成长圆柱液体闪烁探测器^[2]. 脉冲形状甄别器(电路图见文献[1])用中子探测器的阳极脉冲作 $n-\gamma$ 甄别信号, 幅度不超过 5 伏, 且分散小, 线性好. 按图 1 将阳极信号输入脉冲形状甄别器, 然后将观察 $n-\gamma$ 分辨调试用的观察窗总的输出信号接到快扫描示波器上. 仔细调节脉冲形状甄别器的过零电位器, 使观察到的脉冲信号为一个先负后正且对称的限幅脉冲. 零基线正好位于限幅双极脉冲的中间位置, 此时, 脉冲形状甄别器处于最佳过零状态. 中子和 γ 射线对应的双极脉冲过零分布间隔明显分开拉大如图 1(a) 示. 为了选择最佳甄别点, 提高 $n-\gamma$ 分辨的效果, 必须充分提高时幅变换器的灵敏度. 所以, 由恒比定时给出的负信号经适当延迟, 使它与脉冲形状甄别器给出的负输出(停止)信号恰好在时-幅变换范围的最佳灵敏区域. 这时, 将时幅变换输出信号送 1024 道幅度分析器, 就能得到较好的 $n-\gamma$ 分辨谱. 见图 1 标有 (b) 的文字图.

三、结 果

我们用准直后的 Am-Be 中子源对 $n-\gamma$ 分辨线路进行了调试. 由于 γ 射线太强, 所以用 10mm 铅皮对 γ 射线进行了屏蔽.

$n-\gamma$ 脉冲形状甄别除与闪烁体性能有关外, 还与闪烁体的长度、直径大小有关^[3]. 闪烁体越长, 直径越大, 管壁的反射及液体本身的吸收, 对 $n-\gamma$ 分辨影响越大. 为了观察长度对分辨的影响, 我们先用一号光电倍增管的阳极信号作为形状甄别信号, 用准直后的 Am-Be 源辐照长液闪的三个不同位置, 即源距一号管子 10cm、40cm、70cm 处. 在整个调试过程中, 恒比定时器甄别最低中子能量 E_0 为 1MeV. 在上述条件下, 测得的 $n-\gamma$ 分辨谱如图 2(a)、(b)、(c) 示.

为了定量说明 $n-\gamma$ 分辨特性, 我们引入分离因子 $M = s/\omega_n + \omega_\gamma$, 中子峰谷比

图2 $n-\gamma$ 分辨谱

- (a) $d: 10 \text{ cm Am-Be } M: 4 P_n/V: 6.25$
 (b) $d: 40 \text{ cm Am-Be } M: 3 P_n/V: 3.00$
 (c) $d: 70 \text{ cm Am-Be } M: 1.5 P_n/V: 1.79$
 (d) $A_1 + A_2 \text{ Am-Be } M: 3.5 P_n/V: 5.8$

P_n/V . 其中 s 为中子峰和 γ 峰之间的距离, ω_n 和 ω_γ 分别为中子峰和 γ 峰半宽度, P_n 为中子峰计数, V 为中子峪处计数. 由实验数据计算, 可得到一组 M 和 P_n/V 的值. 当 d 为 10cm 时, $M = 4$, $P_n/V = 6.25$; 当 d 为 40cm 时, $M = 3$, $P_n/V = 3$; d 为 70cm, $M = 1.5$, $P_n/V = 1.78$. 由此结果看出, 随着液闪长度的增加, $n-\gamma$ 分辨亦变差. 为克服液闪长度对 $n-\gamma$ 分辨所带来的影响, 我们从电子学线路上进行改进. 将两只光电倍增管的阳极输出 A_1 , A_2 , 经快混合后, 再作 $n-\gamma$ 分辨用信号. 这样得到的 $n-\gamma$ 分辨谱明显变好. 如图 2 中 (d).

四、结 束 语

我们用如此长的液体闪烁探测器作位置灵敏谱仪的核心组件, 用于中子小角散射测量, 已测量了 14.7MeV 中子在 U、Pb、Fe、Cu、Al、Be、C……等核上的小角弹性散射截面^[4], 证明 $n-\gamma$ 分辨特性是较好的. 与工作[5]、[6]的结果比较一致.

长圆柱液体闪烁体是与北京核仪器厂潘志召、王青芳合作研制的, 在此表示感谢.

参 考 文 献

- [1] P. Sperr, Nucl Instr and Meth, 116(1974), 55.
- [2] 万代蓉等, 四川大学学报, 3(1985), 89.
- [3] D. T. Ingersoll, Nucl Instr and Meth, 147(1977), 551.
- [4] 曹建华等, “14.7MeV 中子小角散射”(待发表).
- [5] D. Evers, Nucl Instr and Meth, 124(1975), 23.
- [6] R. H. Johnson, Nucl Instr and Meth, 145(1977), 337.

THE $n-\gamma$ DISCRIMINATION OF A LONG CYLINDRICAL LIQUID SCINTILLATOR DETECTOR

WAN DAIRONG LIANG XUECAI DAI YANSHENG CAO JIANHUA

(Institute of Nuclear Science and Technology Sichuan University, Chengdu)

ABSTRACT

The 14.7 MeV neutron elastic scattering on mid- and heavy-nucleus and C, Be nucleus in the range 2° — 10° is investigated. Differential scattering cross sections have been measured by using a $\phi 50 \times 800$ mm liquid scintillator detector. The measured results agree well with other recent published work. In present article $n-\gamma$ discrimination test and performance for this long cylindrical liquid scintillator detector has been introduced.

— 一 九 七 九 年 六 月 一 日