

# 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 14.7MeV 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

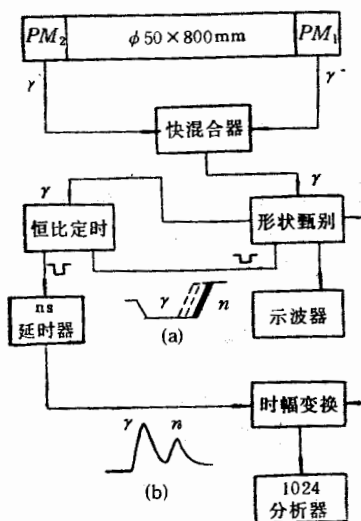
放射性测量大多是在混合物中进行,这就需要对不同类型核辐射进行区分,消除干扰辐射,提高对被测核辐射的灵敏度. 例如, n- $\gamma$  混合场中,就要区分中子和  $\gamma$  射线. 常用具有 n- $\gamma$  分辨性能的液体闪烁体. 当中子或  $\gamma$  射线打在闪烁体上时,产生的光脉冲强度通常按指数衰减的快、慢成分来表示. 快、慢成分的强度与激发粒子的质量和电荷有关,也就是与中子或  $\gamma$  射线激发粒子在闪烁体中产生的电离密度  $\rho$  有关. 假定闪烁体的原子和分子在  $\tau = 0$  时刻被初始事件所激发,有一定寿命. 因此,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;  $\tau_f$ 、 $\tau_s$  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  $\gamma$  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  $\gamma$  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  $\gamma$  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<sup>[1]</sup>,用脉冲形状甄别法,选择中子和  $\gamma$  射线不同上升时间的电流脉冲,分开中子和  $\gamma$  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  $n-\gamma$  分辨调试电路图

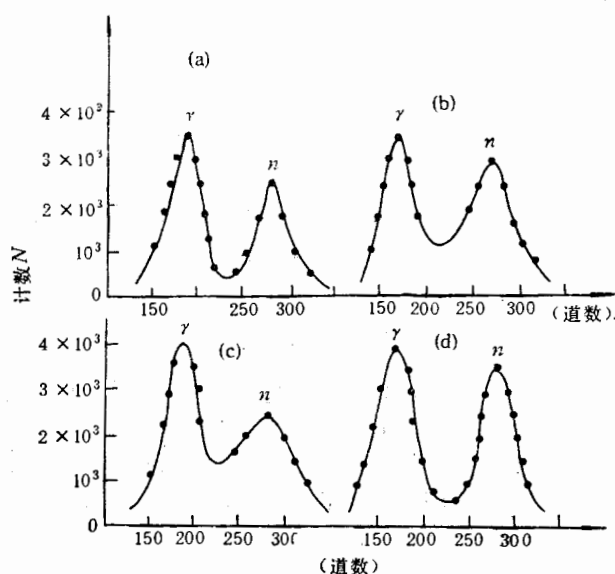
$\phi 50 \times 800\text{mm}$  ST-1701 液体闪烁体, 两端配上 56AVP 光电倍增管  $PM_1$ 、 $PM_2$ , 组成长圆柱液体闪烁探测器<sup>[2]</sup>. 脉冲形状甄别器 (电路图见文献[1]) 用中子探测器的阳极脉冲作  $n-\gamma$  甄别信号, 幅度不超过 5 伏, 且分散小, 线性好. 按图 1 将阳极信号输入脉冲形状甄别器, 然后将观察  $n-\gamma$  分辨调试用的观察窗总的输出信号接到快扫描示波器上. 仔细调节脉冲形状甄别器的过零电位器, 使观察到的脉冲信号为一个先负后正且对称的限幅脉冲. 零基线正好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  $\gamma$  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  $\gamma$  射线太强, 所以用 10mm 铅皮对  $\gamma$  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<sup>[3]</sup>. 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)  $A_1 + A_2$  Am-Be  $M: 3.5$   $P_n/V: 5.8$

$P_n/V$ . 其中  $s$  为中子峰和  $\gamma$  峰之间的距离,  $\omega_n$  和  $\omega_\gamma$  分别为中子峰和  $\gamma$  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  $10\text{cm}$  时,  $M = 4$ ,  $P_n/V = 6.25$ ; 当  $d$  为  $40\text{cm}$  时,  $M = 3$ ,  $P_n/V = 3$ ;  $d$  为  $70\text{cm}$ ,  $M = 1.5$ ,  $P_n/V = 1.78$ . 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  $14.7\text{MeV}$  中子在 U、Pb、Fe、Cu、Al、Be、C……等核上的小角弹性散射截面<sup>[4]</sup>, 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, “ $14.7\text{MeV}$  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.

