

# 用于飞行时间测量的大面积 闪烁计数器时间性能

王朝俊 王殿荣 林建锋 姜婴嫒 徐雨林 奚基伟

(中国科学院高能物理研究所)

## 摘 要

我们研制了用于飞行时间测量的大面积闪烁计数器( $100 \times 20 \times 1\text{cm}^3$ ),并对其时间性能进行了测量. 在使用了一种新型的时间平均器后, 大面积闪烁计数器飞行时间测量系统的时间分辨率达到 347ps.

## 一、计数器结构

为了测量宇宙线中的重粒子(P. D. T...)的强度,我们研制了两对飞行时间测量系统. 图1表示其中一块闪烁计数器的示意图. S为 NE110 塑料闪烁体,其大小为  $100 \times 20 \times 1\text{cm}^3$ . 切割面抛光,用航二有机玻璃制成扭曲光导(L),用透明粘接剂粘在闪烁体两端构成整体. 两端用 XP2020 光电倍增管(PM)收集光. 光导的圆柱面与 PM 光阴极之间用硅橡胶作为光耦合. 闪烁体与光导表面覆盖一层镀铝涤纶薄膜作为反射层以减少光的损失,并用黑色塑料进行光密封.

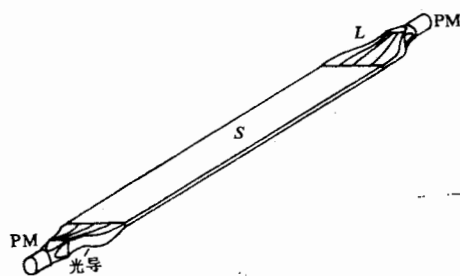


图1 闪烁计数器结构

## 二、大面积闪烁计数器时间性能测量

大面积闪烁计数器飞行时间测量(TOF)系统的时间分辨率不但包括闪烁体、PM和

电子学线路的时间离散性的贡献, 还包括闪烁光在闪烁体内传播时间及其时间离散性的贡献<sup>[1]</sup>. 为了提高飞行时间测量的时间分辨率, 必须选择发光效率高, 衰减长度长的闪烁体, 还要选择放大倍数大的, 时间离散性小的光电倍增管和时间晃动小的恒比定时甄别器 (CFD), 而且还必须克服由于闪烁光在闪烁体内传播时间及其时间离散性给时间分辨率带来的影响.

由于闪烁光在闪烁体中传播需要一定的时间, 因此带电粒子在闪烁体不同位置入射时, 从粒子入射到光电倍增管输出信号之间的时间间隔是不同的, 即闪烁体给出定时信号的时间与带电粒子入射位置有关. 这就影响了飞行时间测量系统的时间分辨率. 为了提高系统的定时性能, 我们在飞行时间测量系统中采用了我们自己研制的一种新型时间平均器 (M-T)<sup>[2]</sup>. 闪烁体两端的 PM 给出的信号, 经过 (M-T) 可得到一个与带电粒子入射位置无关的定时信号. 因此, 采用了 (M-T) 后, 整个 TOF 系统的时间分辨率得到了改善.

在使用 (M-T) 时, 要求由闪烁计数器两端测得的闪烁光有效传播速度在误差范围内相等, 因此首先调节计数器两端 PM 的工作电压, 做了在不同工作电压下的传播速度测量, 从而选定合适的 PM 工作电压.

### 1. 闪烁光在闪烁体中传播的有效速度

在实验中, 我们用两种方法测量了闪烁光在闪烁体中的有效传播速度 (详细描述见文献<sup>[1]</sup>).

(1) 用一块定位闪烁计数器  $S_0$  作为起始信号, 和准直  $Ru^{106}\beta$  源一起改变  $S_0$  在被测闪烁体上的位置. 由被测闪烁计数器两端可分别测到一组位置与时间差的数据. 用最小二乘法拟合及公式  $V_{eff} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ , 分别算出其有效传播速度如下:

$$S_1 = 14.97 \pm 0.9 \text{ cm/ns}; 15.11 \pm 0.98 \text{ cm/ns}$$

$$S_2 = 15.18 \pm 0.8 \text{ cm/ns}; 15.24 \pm 0.8 \text{ cm/ns}$$

带电粒子落入闪烁体不同位置, 产生的闪烁光在向 PM 光阴极传播的过程中, 产生时间离散和光子数目的衰减, 因此, 随着传播距离的增加, 其时间分辨率变坏. 对于 100cm 长的闪烁体, 测得结果如下:

$$\text{距 PM 近端: } \sigma_t = 400 \text{ ps}$$

$$\text{距 PM 远端: } \sigma_t = 505 \text{ ps}$$

(2) 测量闪烁光在闪烁体中的平均传播速度

在(1)项测量中, 选择时间性能相近的二只 PM 及其相应的工作条件, 在被测闪烁体表面上移动准直  $Ru^{106}\beta$  源, 由公式

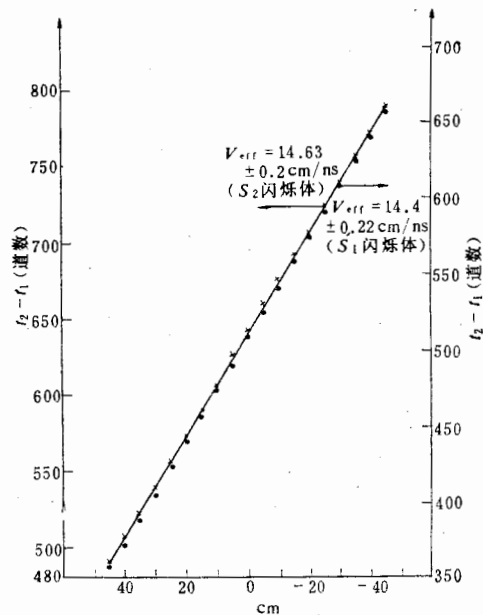


图 2 闪烁光在闪烁体内平均传播速度每道为 40.9 ps

$$V_{\text{eff}} = \frac{2x}{\Delta t}$$

求出闪烁光的平均传播速度。其中  $x$  是  $\beta$  源距闪烁体中心点的距离，测量结果如图 2, 3 所示。求得的平均传播速度为

$$S_1 = 14.46 \pm 0.22 \text{ cm/ns} \quad S_2 = 14.64 \pm 0.2 \text{ cm/ns}$$

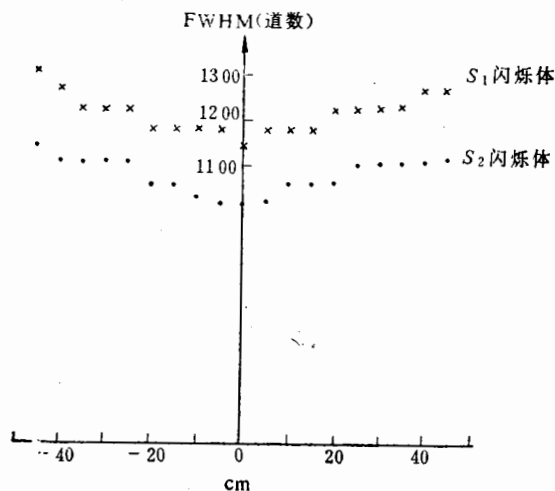


图 3 测量时间峰 FWHM 与  $\text{Ru}^{106}$  位置的关系

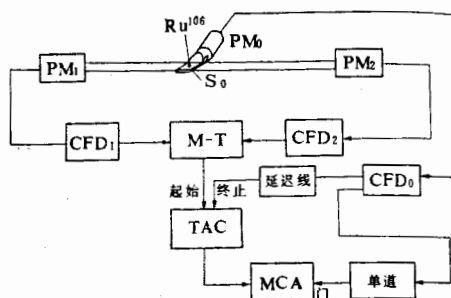


图 4 加 M-T 时的测量装置

用两种方法测量的结果十分相近。从图 3 中同样可以看出，随着  $\beta$  源距闪烁体中心点向两端距离的增加，其时间分辨率变坏。

### (3) TOF 系统输出脉冲的时间与带电粒子入射位置无关性的测量。

实验中为了消除由于带电粒子入射在闪烁体的不同位置所造成的信号的时间差异，在系统中使用了时间平均器 (M-T)，其测量方法如图 4 所示。

大面积闪烁计数器两端的 PM 输出的脉冲，由 CFD 定时甄别成形后送到 M-T 的两个输入端。其输出脉冲送 TAC 的起始端作为起始信号。以大面积闪烁计数器中心为 0 点，分别向两端一起移动  $S_0$  定位计数器和准直  $\text{Ru}^{106}\beta$  源。 $S_0$  的  $\text{PM}_0$  输出脉冲由  $\text{CFD}_0$  甄别成形后分成两路，一路经延迟线送 TAC 的终止端作为终止脉冲。另一路经单道脉冲幅度分析器后送多道脉冲幅度分析器 (MCA) 的符合门。测量时间峰位，时间峰位 FWHM (最大半高度的全宽度) 与位置的关系 (此处的单道脉冲幅度分析器只用来做脉冲的倒相和加宽，以满足 MCA 符合门的要求，而不用做脉冲幅度分析)。其测量结果如图 5、6 所示。

由测量结果可见，使用 M-T 后，基本上消除了带电粒子入射在闪烁体的不同位置所造成的时间差异。而且也消除了时间分辨与位置的依赖关系。时间分辨率也大有改进。测得的  $S_1$  和  $S_2$  的时间分辨率皆为  $\sigma_r = 347 \text{ ps} \pm 8.7 \text{ ps}$ 。

我们知道闪烁计数器的时间分辨率是与光子数目的均方成反比，而光在闪烁体表面的反射系数又与闪烁体的厚度成反比。我们研制的闪烁体的厚度只有 1 cm，如果闪烁体厚到 3—5 cm，又能得到时间特性好的 CFD，将可得到更好的时间分辨率。

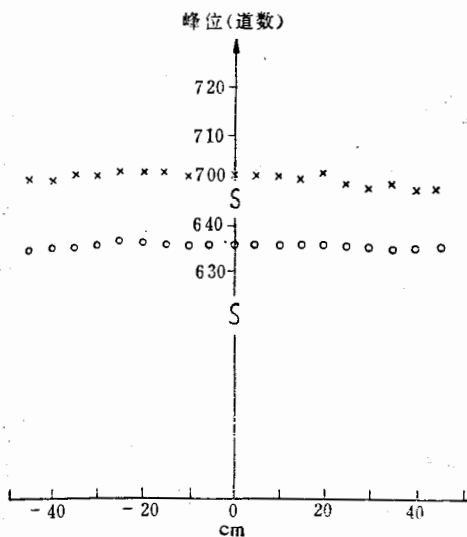


图 5  $S_1, S_2$  闪烁体时间峰位与位置关系  
 $\times$ :  $S_1$  闪烁体  $\circ$ :  $S_2$  闪烁体

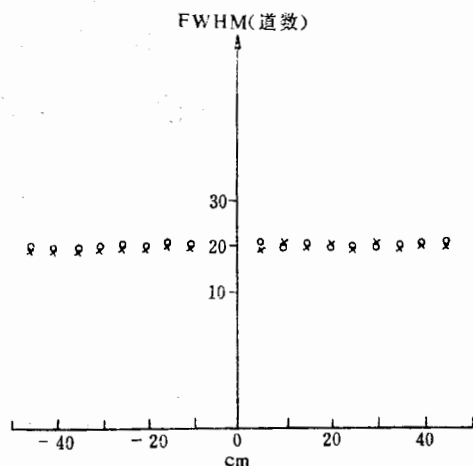


图 6  $S_1, S_2$  闪烁体时间峰 FWHM 与位置关系  
 $\times$ :  $S_1$  闪烁体  $\circ$ :  $S_2$  闪烁体

在实验研究中,得到了郑志鹏、陈元柏、赵海泉、张振刚、张戈、谢琦、孙汉生、吕军光等同志的大力协助,在此表示感谢。

### 参 考 文 献

- [1] William B. Atwood, SLAC-PUB-2620 (1980); 王殿荣等, 高能物理与核物理, 5(1983), 529.  
 [2] 徐雨林, 陈元柏, 时间平均器, 中国科学院高能物理研究所, 第二物理研究室年报(1982).

## THE PERFORMANCE OF A LARGE AREA PLASTIC SCINTILLATION COUNTER FOR TOF MEASUREMENT

WANG CHAO-JUN    WANG DIAN-RONG    LIN JIAN-FENG  
 JIANG YING-YUAN    XU YU-LIN    XI JI-WEI  
 (Institute of High Energy Physics, Academia Sinica)

### ABSTRACT

A large area plastic scintillation counter ( $100 \times 20 \times 1 \text{ cm}^3$ ) for TOF measurement has been made and the performance of this counter has been measured. A self researched new type Mean-Timer was used to much better eliminate the time difference of the fluorescence light transmission in the scintillator generated by the different location of the injecting particles, obtained time resolution of scintillation counter is about 347 ps.