

# 一种新型圆柱光导

李金 姜春华

(中国科学院高能物理研究所)

## 摘 要

本文描述了一种用于薄闪烁体的新型圆柱光导。实验表明,这种光导的光传输效率与扭曲光导相近,但新光导结构简单、紧凑,而且便宜。

## 一、引 言

高能物理和核物理实验中,经常需要采用大面积闪烁计数器作为触发系统或宇宙线反符合系统。对于这种大面积闪烁计数器,通常有两种光导,一种是扭曲光导<sup>1)</sup>,另一种是鱼尾光导。前者效率高,但用料多,占的空间大,制作工艺烦琐。后者虽然简单,但光传输效率较差。因此,寻找一种结构简单,制做容易,价格低廉的光导是一个重要课题<sup>2)</sup>。我们研制了一种新型圆柱光导闪烁计数器,对这种光导的性能做了初步研究,特别是与扭曲光导做了比较。实验表明,这种光导的荧光传输效率与扭曲光导相近,但制做简单,使用方便,节省材料,对于薄的闪烁体( $\sim 6\text{mm}$ )尤为适合,很有发展前途。

## 二、结构和原理

新型圆柱光导计数器结构如图1所示。用一根圆柱有机玻璃棒,抛光之后在底部开一小槽,将闪烁体插入槽内,用光学粘合剂粘好就可以了。闪烁体和光导外面用铝箔和黑胶布包好。如果将光电倍增管固定在光导上,整个计数器就是一个以光导为主体的整体。

荧光在闪烁体和光导中的传输如图2所示。图2(b)是荧光在光导横截面上传输的示意图。图2(a)是荧光沿光导方向传输的示意图。不难看出,光导直径不能太大,否则不能与光电倍增管阴极匹配。同时,直径也不能太小,否则闪烁体进入光导的截面比例增大,反射到闪烁体上的部份荧光就会丢失,使效率降低。所以说,闪烁体厚度 $D$ 和光导半径 $R$ 应有一定比例。另一方面,闪烁体与光导的相对位置也很重要。即图中距离 $S$ 和半径 $R$ 的比例也影响荧光传输效率。国外文献<sup>3)</sup>认为 $D/R \approx 0.15$ ,  $S/R \approx 0.05$ 较好。我们采用 $\phi 40\text{mm}$ ,长 $520\text{mm}$ 的光导,NE 102A 闪烁体,尺寸是 $500 \times 400 \times 2\text{mm}^3$ , $S =$

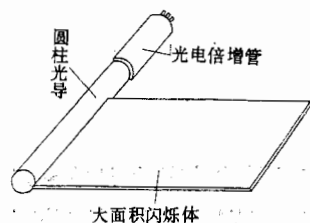


图 1 圆柱型光导计数器示意图

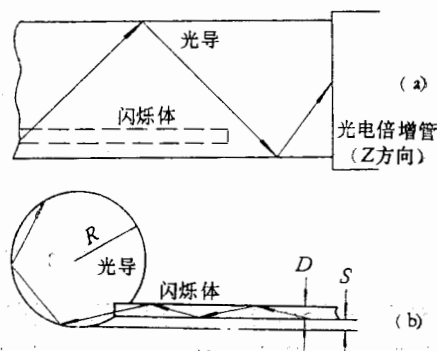


图 2 圆柱型光导计数器中荧光传输示意图

2mm. 槽的尺寸是  $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ . 光电倍增管是 GDB-50L.

为了与扭曲光导性能相比较,我们用同样尺寸的 NE102A 和同样光电倍增管制成一扭曲光导计数器. 而且测量时用同样的电子学系统.

### 三、实验结果

为了比较两种光导的光传输效率,我们测量了  $\alpha$  源 ( $\text{Po}^{209}$ ), 在同样的位置上, 在这两种计数器中所产生的脉冲幅度能谱. 其峰的位置分别在多道分析器的第 16 道和第 17 道上. 这表明传输效率相近, 扭曲光导略好  $\sim 10\%$ .

我们分别用  $\beta$  源 ( $\text{Sr}^{90}$  和  $\text{Ru}^{106}$ ) 沿着计数器闪烁体中心线每隔 5cm 测量其脉冲幅度谱. 减去本底后选取积分计数相同的甄别阈值数为幅度参考值, 并用最小二乘法求出衰减长度. 两种光导计数器衰减长度相近也表明二种光导的荧光传输效率差不太多. 表 1 为测量结果.

表 1

放射源	道数	位置 cm	道数								衰减 长度 cm	
			5	10	15	20	25	30	35	40		45
扭曲光导	$\text{Sr}^{90}$		190	150	131	122	119	117	115	114	112	27
	$\text{Ru}^{106}$		131	107	97	91	87	83	81	79	80	31
圆柱光导	$\text{Sr}^{90}$		80	65	52	47	45	44.5	43.5			23
	$\text{Ru}^{106}$		81	70	60	58	54	53	52.5			26

对最小电离粒子的探测效率是用宇宙线来测量的. 用一对闪烁体 ( $4 \times 4 \times 1\text{cm}^3$ ) 望远镜来选择宇宙线. 求得计数器对宇宙线的效率. 测量框图如图 3 所示. 这样得到的效率  $\epsilon$  为

$$\epsilon = \frac{N_3}{N_2}$$

这里的  $N_3$  是  $T_1$ ,  $T_2$  和计数器三重符合计数率,  $N_2$  是  $T_1$ ,  $T_2$  的二重符合计数率. 扭曲光

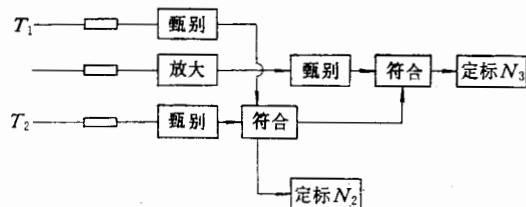


图3 效率测量框图

导的效率为 68%~84% 与所测量的位置有关。而圆柱光导的效率为 61%~85% 平均来讲, 扭曲光导和圆柱光导二种计数器的效率分别为 77% 和 74%。可见相差不大。设光电倍增管上的平均光电子数为  $N_e$ , 根据公式  $\epsilon = 1 - e^{-N_e}$ , 可由效率求得  $N_e$ , 上述二种计数器的平均光电子数分别为 1.47 和 1.35。扭曲光导的荧光收集效率稍好。这和前面用  $\alpha$  谱测量得到的结果一致。

#### 四、结 论

通过对新型圆柱光导计数器性能的测量, 特别是与扭曲光导的比较。我们认为, 圆柱型光导的光传输效率是高的, 与扭曲光导相近, 但它的结构要简单的多, 容易的多。

目前在大面积, 大体积的闪烁计数器方面广泛地应用 BBQ 光波位移的技术。如果效率较高, 结构非常简单的圆柱型光导和 BBQ 技术相结合, 则会产生更好的效果和更广泛的应用。

不过, 这种光导的研究还仅仅是开始, 对于如何选择参数  $S, R, D$  来提高效率还有待进一步研究。

#### 参 考 文 献

- [1] P. Gorenstein and D. Luckey, *Rev. Sci. Instr.* **34** (1963), 196.
- [2] R. L. Garain, *Rev. Sci. Instr.*, **23** (1952), 755.  
G. Keil, *Nucl. Instr. and Meth.*, **83** (1970), 145.
- [3] E. R. Kinney et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, **185** (1981), 189.

### A NEW CYLINDRICAL LIGHT GUIDE

LI JIN JIANG CHUN-HUA

(Institute of High Energy Physics, Academia, Sinica)

#### ABSTRACT

A new cylindrical light guide coupling the photomultiplier to a thin scintillator is described. Its light collection efficiency is similar to that of the 'twisted trip' guide. The new light guide is simpler, cheaper and more compact.