

# 闪烁描述仪及其在线实验

王曼 李金 李佩琴 陈贤能 陈乐珺 姜春华  
夏小米 陆伟达 阙友昆 赖元芬 陆国昌 崔向宗

(中国科学院高能物理研究所)

## 摘 要

本文介绍一个多条闪烁描述仪和一个小型描述仪在线系统。

描述仪目前为  $4 \times 4$  的正交闪烁计数器阵列。闪烁计数器由  $50 \times 4 \times 1 \text{cm}^3$  的 NE-104 塑料闪烁条和国产 GDB-50L 光电倍增管组成。

我们编写了一个适用于描述仪性能测量的在线程序。将描述仪读出系统与 PDP-11/03 计算机相连接,进行了在线实验。测得如下实验结果:描述仪各单元探测效率在 96.5%—99.5% 之间;将  $\text{Ru}^{106}$  放射源放在不同位置,可以以直方图的形式迅速而直观地在打印机上显示出相应的计数分布;还测量了宇宙线的流强及天顶角分布。测量结果合理。整个系统工作稳定可靠,可以用于高能物理实验。

## 一、前 言

闪烁描述仪是高能物理实验中常用的探测器之一。它的特点是响应速度快,分辨时间短,可以在强束流,高计数率条件下工作。在实验中它常用来对束流进行定位,提供触发选通信号或定时信号等。闪烁描述仪有各种不同类型,其中多条闪烁描述仪是比较简单和常用的一种<sup>[1-4]</sup>。

由于高能物理实验中,事例复杂,数据量大,所以普遍采用计算机来对实验系统进行控制、监测、数据采集和分析,即所谓“在线系统”。

我们建立了一个多条闪烁描述仪和电子学与计算机构成的在线系统,并且进行了在线实验。我们的目的是通过建立描述仪在线系统和进行在线实验,进一步掌握高能物理实验技术,特别是积累在线实验的经验。

整个系统包括闪烁描述仪,电子学读出系统,计算机与在线程序三部分。

## 二、闪烁描述仪

### 1. 结构简介

多条闪烁描述仪由条状闪烁计数器组成。目前为  $x$  方向 4 条,  $y$  方向 4 条的正交阵

第 3  
列(筒  
扩展)  
GDB-  
(  
膜电  
f  
们在  
f  
部的  
脉冲

2

量了  
中的  
望远  
闪烁  
条自  
数  $N_2$   
计算

$S_1$  和  
和  $S_2$   
了选  
手  
出,在  
录到



列(简称 4×4 阵列)。闪烁条为 50cm × 4cm × 1cm 的 NE104 塑料闪烁体。在需要时可扩展为 12×12 的阵列,灵敏区可达 48×48cm<sup>2</sup>。闪烁计数器由闪烁条,鱼尾形光导和国产 GDB-50L 光电倍增管组成。

GDB-50L 光电倍增管管座选用厂家给的 B 分压比<sup>[5]</sup>。分压电阻全部采用 1W 金属膜电阻,防止长期工作时管座温度过高。

倍增管采用负高压。在这种工作状态下,为了降低噪音,特别是大幅度的噪音<sup>[6]</sup>,我们在倍增管管壳上涂了一层胶体石墨导电层与光阴极保持等电位,取得了明显的效果。

在光电倍增管最后一个打拿极回路中串入一个 30~50Ω 的电阻,消除了输出脉冲尾部的振荡突起,有效地防止了甄别器的误触发,消除了假计数。图 1 是闪烁计数器的输出脉冲波形。

## 2. 闪烁计数器的坪曲线和工作电压的确定

为确定各个闪烁计数器的工作点,我们测量了各个闪烁计数器的坪曲线。测量用宇宙线中的高能粒子进行。具体办法是将作为宇宙线望远镜用的闪烁探头 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 分别放在待测闪烁条的上、下两侧,并将 S<sub>1</sub> 对准 S<sub>2</sub>。用定标器记录宇宙线望远镜 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 的两重符合计数 N<sub>2</sub>,与此同时记录下 S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub> 和待测闪烁计数器的三重符合计数 N<sub>3</sub>。由此测量结果,可计算出待测闪烁计数器的效率为:

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

测量中,首先要保证穿过 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 的粒子都能穿过待测闪烁计数器。其次,还要保证 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 对最小电离粒子有足够高的探测效率。为此,我们选用 3×3cm<sup>2</sup> 的闪烁体作成 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 以保证它们能被 4cm 宽的待测条状闪烁体所覆盖。同时对 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 的工作条件进行了选择。

我们用图 2 的装置,测量了 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 的宇宙线符合谱。由图 3 的宇宙线符合谱可以看出,在选择 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 的工作电压为 1550 伏,甄别阈为 200mV 时,可以保证 S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 既能记录到所有宇宙线粒子又能甄别掉大部分噪音信号,即能满足上面提到的测量要求。

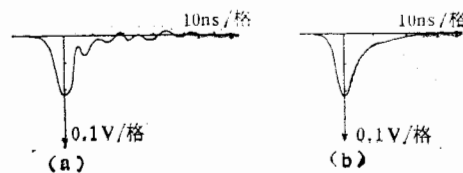


图 1 闪烁计数器输出波形  
(a) 未加阻尼电阻 (b) 加 47Ω 阻尼电阻

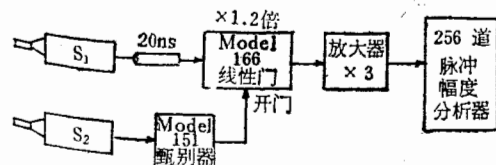


图 2 宇宙线符合谱测量方框图

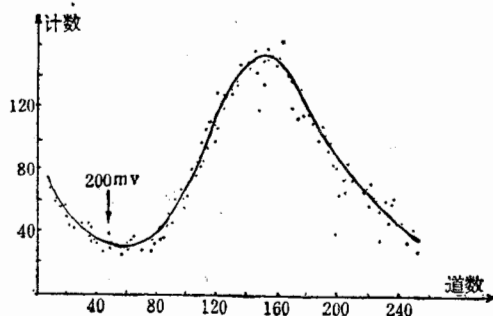


图 3 宇宙线符合谱  
(S<sub>1</sub> 和 S<sub>2</sub> 工作电压均为 1550 伏)

辨时  
供触  
较简  
进行  
行了在  
自物理

王交阵

我们以宇宙线望远镜  $S_1$  和  $S_2$  为标准,测量了各个闪烁计数器的探测效率  $\epsilon$  与工作电压  $V$  的关系曲线,即闪烁计数器的坪曲线。图 4 是典型的坪曲线。可以看出,在工作电压足够高时,闪烁计数器的探测效率可达 100%。我们在坪区开始点的电压上加上 50~100 伏,作为闪烁计数器的工作电压。

我们对所用的全部闪烁计数器进行了测量,它们的探测效率都在 98% 以上。

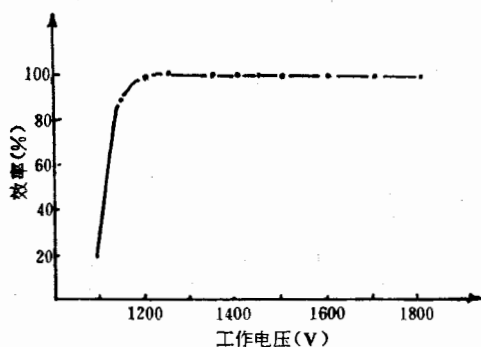


图 4 3\* 闪烁计数器坪曲线

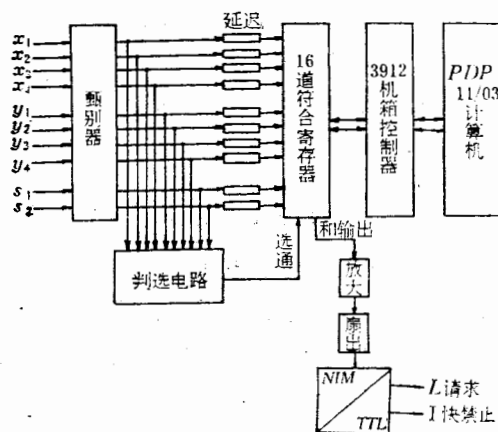


图 5 闪烁描述仪读出系统

### 三、描述仪读出系统

描述仪读出系统如图 5 所示。

描述仪在线系统收集数据的过程如下: 高能粒子穿过闪烁描述仪,在描述仪相应的闪烁计数器中产生信号,此信号经过甄别成形,变换为标准 NIM 电平的信号。这些信号经过逻辑判选,如果是不满足判选条件的“坏事例”,则判选电路无信号输出,16 道符合寄存器被封死,信号不能存入数据寄存器。如果是满足判选条件的“好事例”,则判选电路输出信号将 16 道符合寄存器选通,该事例的信号就进入符合寄存器的数据寄存器暂存,并且经过约 30ns,还将向寄存器输入端发送一个快禁止信号,禁止下一个数据进入寄存器,以免破坏已存入的数据。与此同时,通过 CAMAC 机箱控制器,向计算机发出 LAM 请求,如果计算机已作好接收数据的准备,就会响应 CAMAC 机箱控制器的中断请求,并把该事例的数据读入内存,经软件判选送入数据缓冲区,若缓冲区未被填满就接收下一个事例。缓冲区如已填满,则依次取出事例字,按物理要求作必要的处理。最后,按实验安排的条件(总事例数或收集时间)控制实验数据收集是否应当结束。如不结束,则继续收集事例。事例收集完毕,计算机计算出各个物理量,以列表和直方图形式显示这些物理结果,并把这些结果作成盘文件保存。

这个读出系统大部分采用通用 NIM 插件和 CAMAC 插件。根据物理实验的要求,自制了专用判选电路。判选电路由高速 ECL 集成电路制成,判选时间小于 18ns。本读出系统各路信号传输时间的一致性较好,可以互换。

U<sub>2</sub>  
发  
插  
作  
时  
有  
数  
MA  
的

或并

块  
部  
分

制  
器  
的  
数  
据  
获  
对  
其

示  
方

子  
的  
测  
单

## 四、计算机和在线程序

我们使用 DEC 的 PDP-11/03 作为描述仪实验用的在线计算机。在线系统配备了 U 型 KS3912 CAMAC 机箱控制器。它是计算机和 CAMAC 插件之间的接口。计算机发送给各 CAMAC 功能插件的命令或信息,从 CAMAC 插件读入的数据,以及各 CAMAC 插件的状态信息均经此接口的 6 个寄存器传送。CAMAC 插件和总线统一编址,传送实时信息的 CAMAC 插件就具有和计算机外围设备同样的地位。这样的计算机系统不但具有数据分析处理能力,还具备实时数据获取能力,这正是在线实验所需要的。

我们用的 PDP-11/03 机配的是 RT-11V03B 操作系统,适合实时应用。软件包括 MACRO-11 宏汇编语言, FORTRAN IV 语言, BASIC 语言以及各种支持用户程序发展的系统程序。系统库也支持实时用户。

根据描述仪实验的要求和计算机特点,我们编写了专用型在线程序,其任务是:

- (i) 完成描述仪实验中产生的数据的实时获取与记录。
- (ii) 监控实验进程: 对实验设备作定期诊断; 对事例数据作软件判选; 显示各种错误或报警信息。
- (iii) 实验结果的各种列表与直方图显示及结果记录。

在线程序是用 FORTRAN IV 和 MACRO-11 汇编语言写的。程序设计中运用了模块结构的思想,整个程序简明紧凑。图 6 是在线程序的框图。整个程序可分为下面几个部分:

- (i) 人机对话: 实验人员根据要求确定实验条件。
- (ii) 设备诊断: 定期对 CAMAC 插件数据通道,机箱控制器作检查,确保系统的可靠性。
- (iii) 数据获取: 完成实验中产生的送入 CAMAC 插件的数据获取及其记录。它由两部分组成: 主程序完成设置数据获取条件并控制收集进程; 中断程序完成数据收集任务并对其进行质量进行软件判选。
- (iv) 结果记录: 以各种列表和直方图显示物理结果,显示方式可以选择。

## 五、实验安排及结果

在线实验分下面三个部分进行。

1. 定点测量: 主要用来测量描述仪各单元对最小电离粒子的探测效率,同时也可以计算出宇宙线垂直方向的流强。

图 7 是探测器的安排。用宇宙线望远镜  $S_1$  和  $S_2$  对准待测单元  $x_i, y_j$ , 来选取测量用的宇宙线束流。

此时判选电路的选择条件是  $F = S_1 \cdot S_2$ , 即选取穿过  $S_1$  和  $S_2$  (必然穿过待测单元

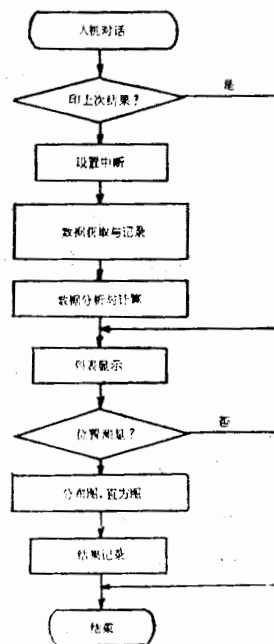


图 6 描述仪在线程序框图

应的  
信号  
合寄  
路输  
; 并  
于器,  
A 请  
并把  
个事  
安排  
收集  
理结

要求,  
本读

$x_i, y_j$ ) 的事例作为“好事例”。这时 16 道符合寄存器选通,  $S_1$ 、 $S_2$  和  $x_i, y_j$  的信号均可存入符合寄存器, 由计算机收集。

在测量中, 每收集到一个好事例, 计算机就通过打印机打印出相应的数据字。当收集到预定事例总数(我们给定为 200) 时, 测量结束。由计算机计算出各物理量(探测效率及其误差, 宇宙线流强及其误差等) 并列表显示。定点测量得到描述仪各单元的探测效率为:

$$\epsilon_{ij} = \frac{S_1 \cdot S_2 \cdot x_i \cdot y_j \text{ 四重符合事例数}}{S_1 \cdot S_2 \text{ 二重符合事例数}}$$

各单元探测效率的分布表 1, 它们都在 96.5% ~ 99.5% 之间。

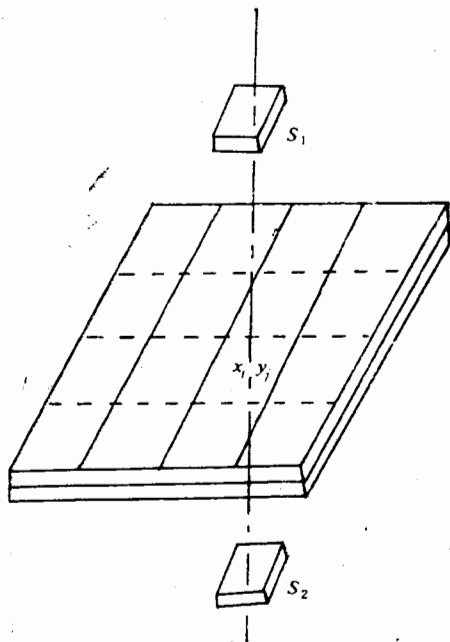


图 7 定点测量

$S_1, S_2$  闪烁体的面积 ( $\text{cm}^2$ )

可得:

$$I_0 \approx \frac{N}{A_1 A_2} L^2$$

我们由 19 次的测量结果计算得  $I_0$  的平均值为:  $I_0 = (1.11 \pm 0.20) \times 10^{-2} \text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1} \text{sterad}^{-1}$  与 CERN 粒子特性手册所给的数据  $I_0 = 1.1 \times 10^{-2} \text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1} \text{sterad}^{-1}$  相一致。可见测量结果是合理的。

2. 定位测量: 实验用放射源进行。如图 7 挪开  $S_1$  和  $S_2$ , 将准直  $\text{Ru}^{106}$  放射源放在描述仪某单元  $x_i, y_j$  的上方, 由计算机读出描述仪各单元的计数分布, 由此定出射线穿过描述仪的位置。此时系统的判选条件为  $F = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) \cdot (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)$ 。即只要射线穿过描述仪任一单元就作为“好事例”记录下来。计算机收集到预定事例(我们给定收集时间为 10 分钟)后, 列表给出各单元的计数分布和统计结果, 并以直方图形式直观而迅速地显示出穿过描述仪的射线的位置分布。

表 1

$y_4$	97.5%	96.5%	98.0%	98.0%
$y_3$	98.0%	97.0%	98.5%	99.5%
$y_2$	97.0%	97.5%	99.0%	97.0%
$y_1$	97.5%	99.0%	99.0%	98.0%
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$

由定点测量还可得到  $S_1$  和  $S_2$  单位时间记录到的宇宙线粒子数  $N$ , 而从关系式

$$N \approx I_0 A_1 A_2 / L^2$$

式中,  $I_0$ ——宇宙线垂直方向流强 ( $\text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1} \text{sterad}^{-1}$ ),

$L$ —— $S_1$  与  $S_2$  之间的距离,  $A_1, A_2$ ——

于  
長  
支  
：

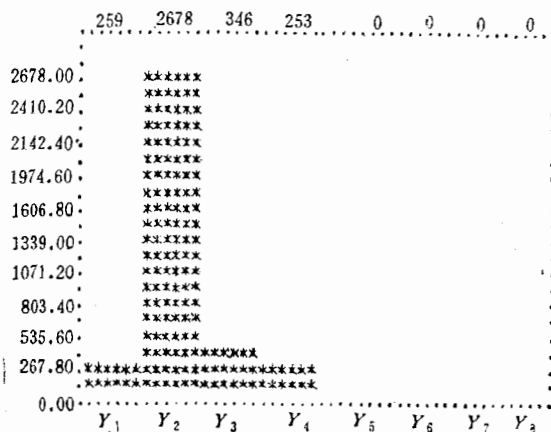


图 8 Ru<sup>106</sup> 放射源在  $x_s, y_s$  上方的直方图

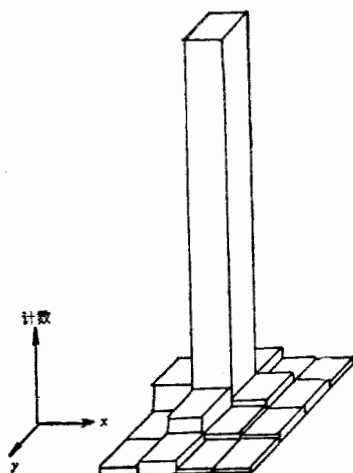


图 9 扣除宇宙线本底后的定位图

图 8 是 Ru<sup>106</sup> 在  $x_s, y_s$  上方时的直方图。图 9 是扣除宇宙线本底后，整个描述仪的计数分布图。可以看出，虽然由于  $\beta$  粒子散射的影响，在描述仪各单元中，计数有一定分布，但并未影响描述仪定位的正确性。计算机打印出的直方图，可以及时直观地给出射线穿过描述仪的计数分布，这一结果令人满意。

3. 宇宙线天顶角分布的测量：探测器安排如图 10。用  $S_1$  作为顶点探测器，测量穿过各个不同  $x_i, y_j$  单元和  $S_2$  的宇宙线(对应于不同天顶角  $\varphi$ ) 的流强。

根据实验要求，这时判选条件应为  $F = S_2 \cdot (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) \cdot (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)$

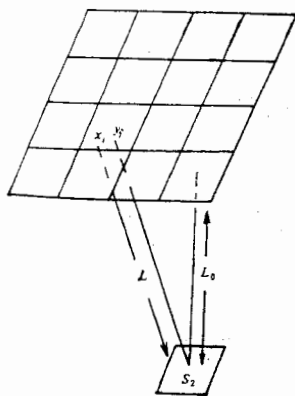


图 10 天顶角测量

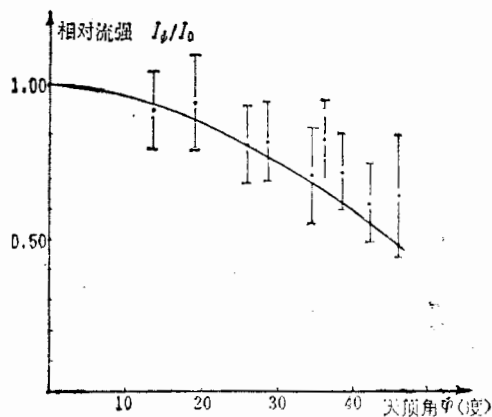


图 11 宇宙线流强随天顶角的分布

计算机收集事例后给出穿过  $x_i, y_j$  单元同时穿过  $S_2$  的宇宙线粒子数和收集时间。由此可计算出宇宙线流强随天顶角的分布。

我们在  $L_0 = 16.5\text{cm}$  的情况下，测量了沿不同天顶角  $\varphi$  的宇宙线流强分布。其结果如图 11。由曲线可以看出宇宙线流强随天顶角的分布与  $I_\varphi = I_0 \cos^2 \varphi$  的关系式相符。但由于数据量太少，统计误差较大，这一测量只作为描述仪应用的一个例子。

记

$c^{-1}$

$ad^{-1}$

测量

主描  
苗迹  
即  
我们  
式直

## 六、结 束 语

在线实验证明: 闪烁描述仪及其读出系统工作稳定可靠; 在线程序是成功的; 实验结果合理. 描述仪、读出系统和在线程序三方面配合得比较好. 此描述仪系统可应用于高能物理实验中.

朱青同志参加了闪烁计数器的制作. 本系统中用的 16 道符合寄存器是本所电子学室胡家伟、汤福坤、顾松华同志研制的. 在线实验中得到张长春、陈沈南、胡家鏊、王锋等同志的支持和帮助, 在此表示感谢.

## 参 考 文 献

- [1] Lap. Yen. Lee et al., N. I. M., 119(1974), 29.
- [2] L. W. Alvarez, R. S. I., 31(1960), 76.
- [3] Wolfgang K. H Schmidt, N. I. M., 123(1975), 333.
- [4] J. H. Hoftiezer et al., N. I. M., 147(1977), 465.
- [5] 国营 261 厂, 光电倍增管简介.
- [6] PHILIPS Data Handbook Electron tubes (1978).

## A SCINTILLATION COUNTER HODOSCOPE AND ON-LINE EXPERIMENTS WITH COMPUTER

WANG MAN LI JIN LI PEI-QIN CHEN XIAN-NENG CHEN LE-JUN  
JIANG CHUEN-HUA XIA XIAO-MI LU WEI-DA QUE YOU-KUEN LAI YUAN-FEN  
LU CHANG-GUO CUI XIANG-ZONG

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica)

### ABSTRACT

In this paper, a multi-strip scintillation counter hodoscope and a small on-line system are described.

The hodoscope is a  $4 \times 4$  array of scintillation strip counter, each of which consists of a plastic scintillation strip of type NE104 with the dimension of  $50 \times 4 \times 1 \text{ cm}^3$  and a Photomultiplier of type GDB-50L. An on-line program for hodoscope property test has been compiled. The hodoscope read-out system is linked with PDP-11/03 computer and with them some on-line experiments have been done.

The experimental results are as follows. The efficiency of each cell of the hodoscope is between 96.5% and 99.5%. The counting distribution caused by a radiative source  $\text{Ru}^{106}$  put at various locations can be displayed as a histogram directly and promptly on a printer. The intensity of cosmic ray fluxes and its distribution versus azimuthal angle has been measured. All these results are reasonable. The performances of this system are well and stable and it can be used in some experiments of high energy physics.

析表  
以及

其中  
分布

为。  
实验  
了个  
个模  
型理

容易  
始