

# BES 端盖簇射计数器模型的束流测试

王曼 李金 夏小米 崔象宗 赖元芬 姚小光

(中国科学院高能物理研究所)

## 摘 要

研制并测试了一台铅板和自猝灭流光管夹层式的气体取样簇射计数器。计数管使用了铝方管和阳极丝读出。能量分辨  $\sigma/E$  在  $E_c = 1 \text{ GeV}$  时达 15.5%，能量响应范围是 0—2 GeV。本文描述了束流测试的方法和计数器模型的各种性能。

## 一、引 言

气体取样簇射计数器的结构简单，空间分辨好，是高能物理实验中常用的一种电磁簇射计数器<sup>[1,2]</sup>。近年来，很多实验采用了自猝灭流光工作方式的气体取样簇射计数器，特别是采用细管和阴极感应读出的方法，既能得到比较大的输出脉冲，又实现了多维读出<sup>[3,4]</sup>。

为了获得较大的信号幅度，提高电荷分配定位的精度，北京对撞机谱仪 BES 端盖簇射计数器采用了自猝灭流光气体取样型计数器。在铅辐射体夹层中排列较细的铝计数管，并工作在自猝灭流光区，由阳极读出。

为研究端盖簇射计数器的能量响应、能量分辨率、线性范围等物理特性；检验计数器的机械结构和气体系统；选定工作气体，我们依照端盖计数器的结构，设计、研制了一台端盖簇射计数器模型（以下简称计数器模型），并在日本高能物理研究所（KEK）PS 加速器  $T_1$  实验束上做了测量。本文较详细地描述了计数器模型的结构，束流测试方法和主要物理性能。

## 二、计数器模型的结构

计数器模型结构如图 1 所示。它有 24 个取样层，截面为  $34\text{cm} \times 26\text{cm}$ 。每个取样层由 0.5 r.l. 厚的铅板及排列整齐的 18 根方型铝计数管组成。每根管的截面是  $13.9\text{mm} \times 13.9\text{mm}$ ，长 34cm，壁厚 0.6mm。管壁接地，管子中间拉有直径为  $37\mu\text{m}$  高阻阳极丝，信号由阳极丝输出。正高压通过  $10\text{M}\Omega$  电阻加到阳极丝上，信号经  $0.025\mu\text{f}$  隔直电容输出。实验中选用了三种不同的混合气体：

Ar + CO<sub>2</sub> + 正戊烷(25:50:25)

Ar + CH<sub>4</sub> + 二甲氧基甲烷(45:42:13)

Ar + CH<sub>4</sub> + 二甲氧基甲烷(48:44:8)

为减少气阻,保证流气均匀,气体分八路流经室本体,每一路流过三层计数管,管与管之间由U型聚四氟乙烯管联通。气体的进口与出口处有监测用的计数管。

### 三、束流测试实验安排

束流测试是在日本 KEK 12 GeV 质子加速器的 T<sub>1</sub> 实验束上进行的。束流中主要是  $\pi$  粒子和电子。实验安排如图 2 所示。在计数器模型的前面有一个气体阈式契伦柯夫计数器  $\check{C}$  和四个闪烁计数器 S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub> (每个闪烁体宽 ~1cm, 两两交叉放置) 组成束流望远镜, 用以准直束流和选择粒子。契伦柯夫计数器只对电子有响应, 所以  $\check{C}$  和 S<sub>1</sub>-S<sub>4</sub> 五重符合, 选择了束流中的电子,  $\check{C}$  和 S<sub>1</sub>-S<sub>4</sub> 反符合, 选择  $\pi$  粒子。计数器模型前六排管两两并联, 后十八层管中, 两两并联后再三层并联。432 根计数管输出并联后送到 96 路放大器, 放大器输出经 30 米同轴电缆输入模数转换电路 ADC (Lecroy 2249A), 最后由 BCM-III 微处理机经 CAMAC 接口读出。此外还有一套校正电路。实验中经常对放大器、电缆的衰减及 ADC 的增益和线性做校正, 并将校正参数记入内存, 备数据处理时使用。图 3 是触发和读出电路框图。气体进出口处各设一监测管。监测管输出经放大器由

QVT (Lecroy 3001) 读出, 并在示波器上显示出 Fe<sup>55</sup> 放射源的幅度谱。Fe<sup>55</sup> X 射线谱的峰位变化可反映出高压、气体成份、环境温度对

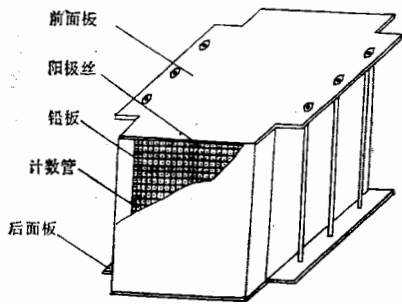


图 1 端盖簇射计数器原型结构示意图

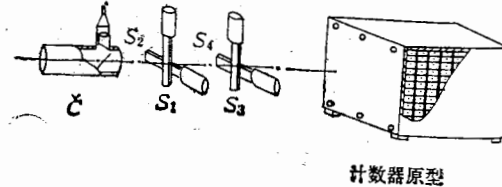


图 2 束流实验安排示意图

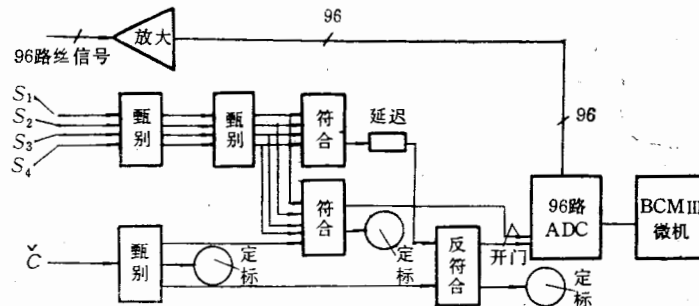


图 3 束流测量用电子学触发和读出电路框图

计数器模型性能的影响,从而很好地监测了计数器模型的工作。

与管之间

流中主要  
是柯夫夫  
且成束流  
S<sub>1</sub>—S<sub>4</sub>五  
六排管两  
|96路放  
最后由  
常对放大  
处理时使  
放大器由  
器上显示  
谱的峰  
温度对



## 四、实验结果

### 1. 电磁簇射的纵向发展

簇射在计数器模型中的发展与计数器所使用的材料、结构有密切关系。了解簇射在计数器模型中的发展,特别是纵向的能量泄漏是十分必要的。因为我们的计数器模型是气体取样型计数器,很容易得到簇射中次级粒子在各层中的能量响应,从而求得簇射纵向发展的轮廓。图 4 给出 0.5 GeV 和 1 GeV 电子及  $\pi$  在计数器模型中的纵向发展。从图中看到,在计数器模型的第六层至第九层之间,簇射发展到最大值,并由图估计出,1 GeV/c 电子从计数器末端大约泄漏 4%, 0.5 GeV/c 的电子大约泄漏 3%。

### 2. 簇射的横向发展

簇射在计数器模型中的横向发展不仅与计数器的结构、材料有关,而且与取样层的厚度有密切关系,取样层厚度越

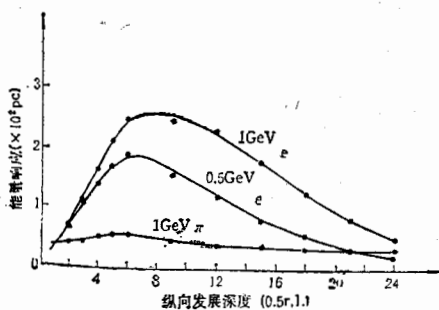


图 4 1 GeV 和 0.5 GeV 电磁簇射纵向发展

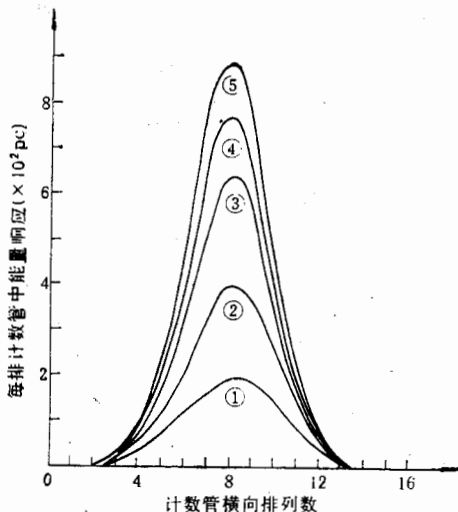


图 5 电子簇射的横向发展

- ① 0.2 GeV ② 0.4 GeV ③ 0.6 GeV
- ④ 0.8 GeV ⑤ 1.0 GeV

大,横向发展越宽。计数器模型的取样层厚度较大 (~1.4 cm),其横向发展几乎 ~18cm。图 5 是各种能量下簇射横向发展实验点所作高斯分布拟合曲线,实验表明,簇射的横向发展与入射电子的能量关系不大。

### 3. 能量响应和能量分辨率

好的能量响应线性与能量分辨率对北京谱仪的物理实验有重要意义。为获得较宽的能量响应线性范围和较高的能量分辨率,我们选取了不同的高压,并对三种工作气体: CO<sub>2</sub> + Ar + 正戊烷(50:25:25), Ar + CH<sub>4</sub> + 二甲氧基甲烷(45:42:13)和 Ar + CH<sub>4</sub> + 二甲氧基甲烷(48:44:8)做了比较测量。实验表明,采用工作气体 CO<sub>2</sub> + Ar + 正戊烷,高压为 3250V 时,性能最好。能量分辨率  $\sigma/E$  为 15.5% (入射电子能量 1 GeV),能量线性范围比较大 (0~2 GeV)。图 6(a) 和 6(b) 分别给出三种工作气体的能量响应曲线和不同能量相应的能量分辨率  $\sigma/\sqrt{E}$ 。

由于自猝灭流光区的死时间、死空间较大,易产生多重流光,所以在计数管截面比较

大的情况下,电压越高,气体增益越大,越容易出现饱和现象。从图中不难看出,Ar+CH<sub>4</sub>+二甲氧基甲烷气体的增益较大,线性范围比较小( $\lesssim 1$  GeV),当二甲氧

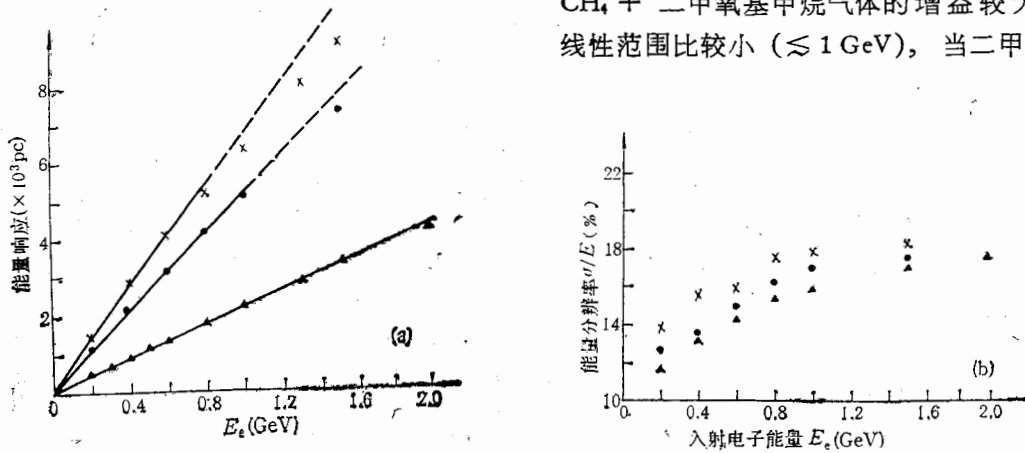


图 6 能量响应和能量分辨率与人射粒子能量的关系

- ▲ CO<sub>2</sub> + Ar + 正戊烷(50:25:25), 3250V
- Ar + CH<sub>4</sub> + 二甲氧基甲烷(45:42:13), 2750V
- × Ar + CH<sub>4</sub> + 二甲氧基甲烷(48:44:8), 2750V

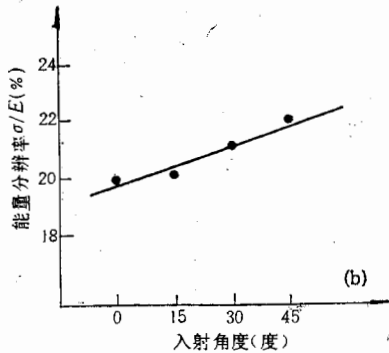
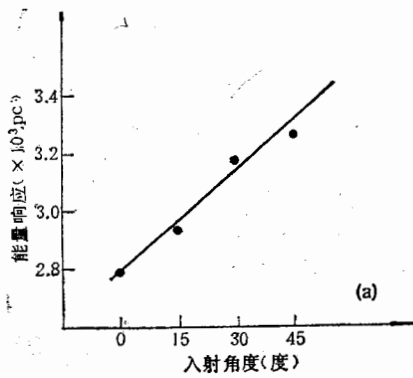


图 7 能量响应和能量分辨与电子入射角度的关系

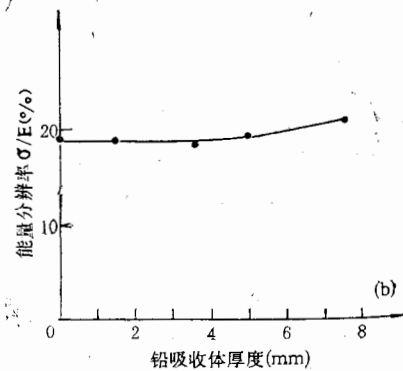
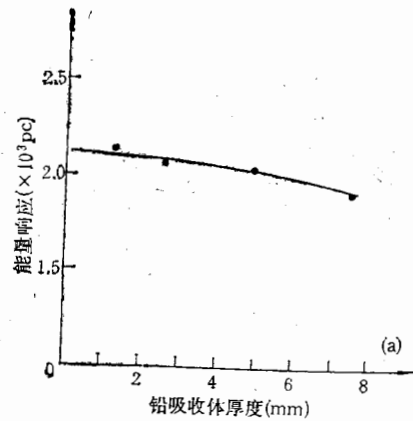


图 8 能量响应、能量分辨与铅吸收体厚度的关系

难看出, Ar+ 的增益较大, 当二甲氧

基甲烷比例减小时, 气体增益随之提高, 饱和问题趋于严重。

#### 4. 束流入射角度对能量响应和分辨率的影响

端盖簇射计数器安装在北京谱仪的两端, 测量由对撞点来的电子或  $\gamma$  射线。入射到计数器的角度范围很大( $0^\circ \sim 45^\circ$ ); 辐射体铅板的有效厚度随角度的增大而加厚。此外, 根据单管的实验测量, 带电粒子入射角度加大时, 多重流光脉冲的比例也会增加。这些都会影响计数器的能量响应和分辨率。为此, 我们测量了不同电子束入射角度与其能量响应和分辨率的关系, 图 7(a), (b) 为测量结果。不难看出, 对于 500 MeV 的电子, 当入射角度从  $0^\circ$  增加到  $45^\circ$  时, 能量响应从 2800pc 上升到 3260pc, 约增加 16%, 能量分辨变差, 从 20% 下降到 22%。

#### 5. 附加吸收体对能量响应和分辨率的影响

端盖簇射计数器安装在北京谱仪的最外端, 里面的漂移室和飞行时间计数器等, 大约有 4cm 厚的铝板, 2cm 厚的闪烁体。为研究这些附加物质对计数器性能的影响, 束流测试时, 将不同厚度的吸收体安放在计数器模型的前部, 得到计数器模型能量响应。能量分辨与吸收体厚度的关系。如图 8 所示。当吸收体厚度  $\leq \frac{1}{2}$  r.l. 时, 吸收体对上述性能的影响不大, 当厚度  $> \frac{1}{2}$  r.l. 时能量响应减小, 分辨率变差。

#### 6. $\pi$ 、e 分辨

能否对  $\pi$  粒子和电子有很好的分辨也是簇射计数器的重要性能之一。图 9 给出各种

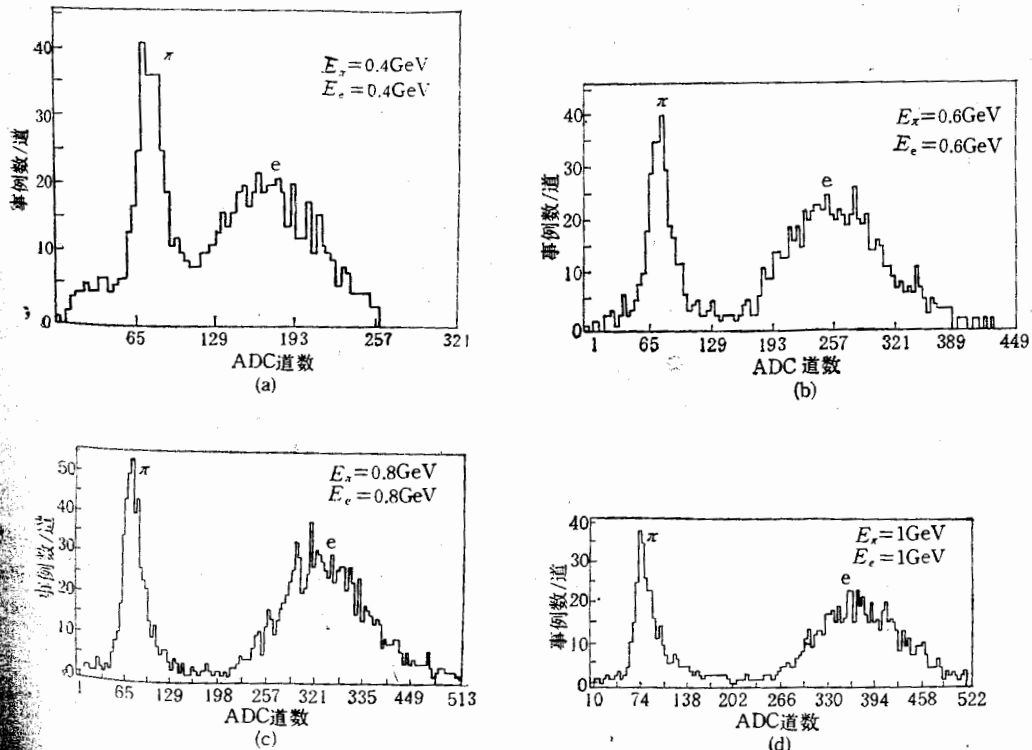


图 9 0.4, 0.6, 0.8 和 1 GeV 时的  $\pi$ 、e 能量响应

与吸收

能量下计数器对  $\pi$ 、 $e$  的不同响应。从图 4 也可以看到,  $\pi$  粒子在各层中的能量响应比较小, 而且变化不大。但电子在各层中的能量响应很大, 并且有一发展过程。实验表明, 不同能量的  $\pi$  粒子在计数器模型中的能量响应几乎一样 (图 9 中各种能量  $\pi$  粒子的峰位不变), 而电子在计数器模型中的能量响应随能量的提高而线性增加。因此, 如果仅由能量响应来分辨  $\pi$  粒子与电子时, 能量越高分辨越好。能量  $\leq 300$  MeV 时, 分辨较差。

## 五、结 论

我们在实验束上对端盖簇射计数器模型的性能做了比较全面的测试。其能量线性范围为 0—2 GeV, 满足北京谱仪的实验要求。能量分辨率  $\sigma/E = 15.5\%$  ( $E_e = 1$  GeV 时), 并且有比较好的  $\pi$ - $e$  分辨。因此将采用这种结构的簇射计数器作为北京谱仪端盖簇射计数器。

本工作是在叶铭汉教授的关心指导下和日本高能物理所 (KEK) 的支持下进行的。在  $T_1$  束流上测试时, 得到吉村喜男和平林洋美教授的极大帮助。周丽同志参加了拉丝工作, 在此表示衷心感谢。

## 参 考 文 献

- [1] J. Engler, NIM, 217(1983), 9.
- [2] U. Amaldi, Phys. Scripta, 23(1981), 409.
- [3] M. Atac et al., IEEE trans, NS-29(1982), 368.
- [4] Y. Hayashide et al., NIM, 204(1983), 361.

## PROTOTYPE OF END CAP SHOWER COUNTER AND ITS BEAM TEST

WANG MAN LI JIN CUI XIANG-ZONG XIA XIAO-MI

LAI YUAN-FEN YIAO XIAO-GUANG

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica)

### ABSTRACT

A gas sampling Em Shower counter of the lead-SQS tube sandwich type was constructed and tested. The Shower counter uses Aluminium tubes and anode readout. Energy resolution  $\sigma/E$  is 15.5% at  $E_e = 1$  GeV. Range of the energy response linearity is 0—2 GeV. This paper describes the beam test and the performance studied under various conditions.

电  
(B  
电  
模  
定  
实  
的  
  
BE  
能  
测  
以