

# 北京谱仪中心漂移室 $45^\circ$ 模型及其 宇宙线在线实验结果

邓亦卫 刘荣光 史焕章 李如柏

陈朝清 吴坚武

(中国科学院高能物理研究所, 北京)

## 摘 要

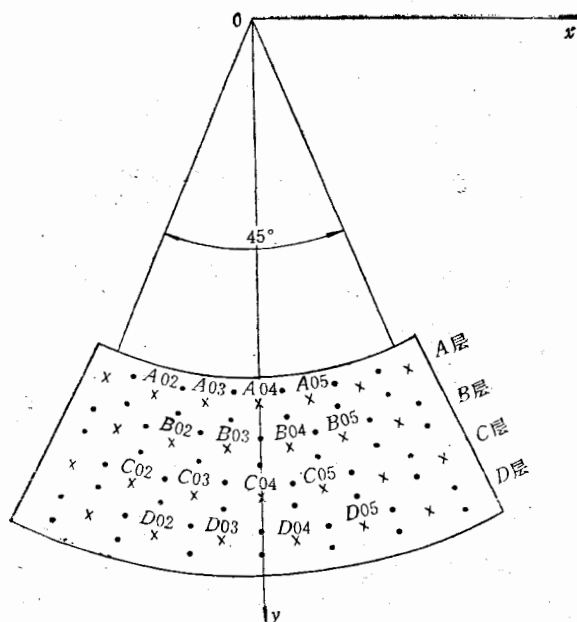
本文描述 BES 中心漂移室  $45^\circ$  模型的作用、结构、幅度特性和宇宙线在线实验结果。发现在电场丝上加适当的负高压, 有助于改善室的幅度特性。利用径迹重建法求出的电子平均漂移速度为  $5.3\text{cm}/\mu\text{s}$ , 空间分辨可达  $134\mu\text{m}$ 。

## 一、引 言

北京谱仪 (BES) 由中心漂移室、主漂移室、飞行时间计数器、簇射计数器、螺线管磁铁线圈和  $\mu$  子计数器等组成。中心室是一个围绕束流管的四层圆柱漂移室, 以前称为中心触发漂移室<sup>[1,2]</sup>。原设计的目的是作为谱仪的主要触发部件之一, 利用延迟线定时技术提供触发信号。1984年6月召开的北京正负电子对撞机物理工作会议之后, 对 BES 的总体设计作了许多改进。中心漂移室作为触发部件的作用不再需要, 但作为径迹室仍然是不可缺少的。它不仅可用来延长径迹和增加动量的测量范围, 还可以用来研究非常重要的本底效应。中心漂移室相对于主漂移室独立, 可以单独装卸, 这为将来更换中心室提供了方便, 也为必要时以顶点探测器代替中心室保留了空间。同时, 随着主漂移室设计的改变, 中心室的设计也必须作相应的改变。为了研究这种新室的性能, 研制了一个  $45^\circ$  模型。本文描述该模型的结构、幅度特性和宇宙线在线实验的结果。

## 二、 $45^\circ$ 模型室的结构

图1表示模型室讯号丝和电场丝的几何安排。该室外直径  $29.6\text{cm}$ , 内直径  $18.8\text{cm}$ , 长  $87.4\text{cm}$ 。两端面板和两侧墙板分别为  $1\text{cm}$  和  $1.5\text{cm}$  厚的硬合金铝板。内外盖板为  $0.5\text{mm}$  厚的硬合金薄铝板。在内外盖板的中间沿轴向每隔  $5\text{cm}$  开一个  $\phi 1\text{mm}$  的窗口, 以便放射源照射。

图 1 中心漂移室  $45^\circ$  模型讯号丝和电场丝的排列

×—讯号丝      ·—电场丝

端面板上的穿丝孔用坐标镗床精密加工而成。孔的加工精度为  $25\mu\text{m}$ ，位置精度为  $50\mu\text{m}$ 。两端面板的平行度为  $0.5\text{mm}$ 。

模型室包含四层讯号丝，处在四个同心圆柱面上。每层有 6 个漂移单元，各单元由中间一根讯号丝和两边各两根电场丝构成。相邻两层讯号丝相互错开半个漂移单元，有助于解决左右分辨不清的问题。讯号丝层间距离  $12\text{mm}$ ，电场丝层间距离  $6\text{mm}$ 。相对圆柱中心，两相邻讯号丝之间的夹角为  $7.5^\circ$ 。由内层到外层，讯号丝层的半径、最大漂移距离列表如下：

讯号丝层	半径(mm)	最大漂移距离(mm)
A	103	6.74
B	115	7.53
C	127	8.31
D	139	9.10

讯号丝是直径  $38\mu\text{m}$  的不锈钢丝，丝长  $86.7\text{cm}$ ，平均电阻  $598\Omega$ ，拉丝张力  $70\text{g}$ 。电场丝是直径  $175\mu\text{m}$  的铍铜丝，拉丝张力  $400\text{g}$ 。讯号丝和电场丝都靠定位子固定在端面板上。

### 三、幅度特性

这种类型的圆柱漂移室，各讯号丝层的半径不同，但漂移单元数目相等，因而各层漂

移单元的最大漂移距离不同. 而且最内层和最外层漂移单元的结构与中间各层也不同. 在中间各层, 讯号丝处在由周围六根电场丝构成的近似六角形的中心位置上, 最内层和最外层的讯号丝则没有六根电场丝包围, 而有一面对着内壁或外壁. 由于各层漂移单元的结构不同, 电场分布就有差异. 在这种情况下, 如果电场丝全部接地, 讯号丝加相同正高压, 则各层讯号丝输出的脉冲幅度很不一致, 内外两层的脉冲幅度要比中间两层的大. 如果在电场丝上加适当的负高压, 则可以大大改善室的幅度特性. 图 2 表示输出脉冲幅度与电场丝负高压的关系. 室的内外壁接地, 讯号丝加相同的正高压 (1550V), 工作气体为 90% Ar + 10% CH<sub>4</sub>. 放射源是 <sup>55</sup>Fe.

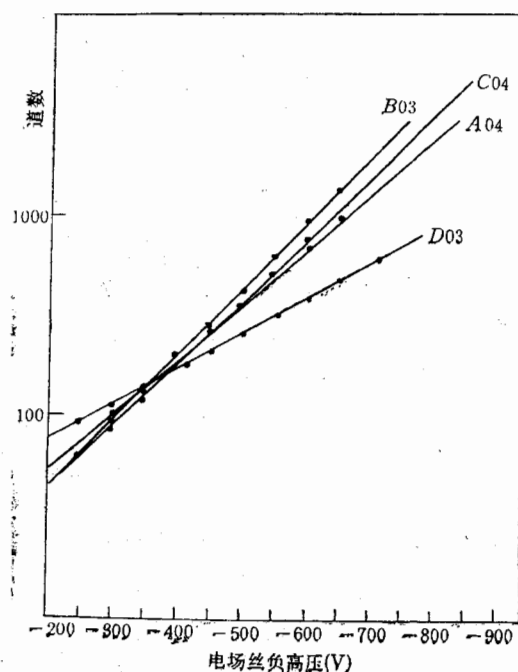


图 2 输出脉冲幅度与电场丝负高压的关系  
阳极丝高压: 1550V 气体: 90% Ar + 10% CH<sub>4</sub>

由图 2 可见, 内外层 (A 层和 D 层) 输出脉冲幅度的对数随电场丝负高压变化的斜率

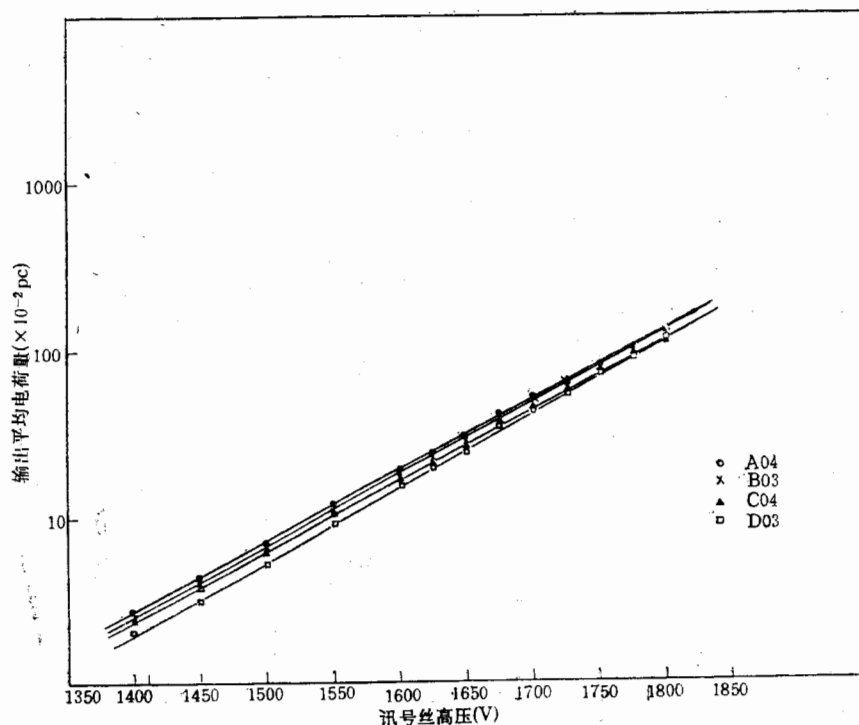


图 3 输出平均电荷量与阳极丝高压的关系  
电场丝高压: -450V 气体: 89% Ar + 10% CO<sub>2</sub> + 1% CH<sub>4</sub>. 测某层时其余各层讯号丝高压: 1700V

要比中间层(B层和C层)小. 因此,如果在电场丝上加较低的负高压,则内外层的讯号比中间层大,反之,如果在电场丝上加比较高的负高压,则内外层的讯号比中间层小. 因此,只要适当地选择电场丝的负高压,并对各层讯号丝上的正高压加以适当的调节,就能够使各层讯号丝输出的脉冲讯号幅度比较一致.

图 3 表示气体为 89%Ar + 10%CO<sub>2</sub> + 1%CH<sub>4</sub>, 电场丝高压为 -450V 时,由 <sup>59</sup>Fe 5.9keV X 射线产生的输出平均电荷量与讯号丝正高压的关系. 在测量时,只改变被测层讯号丝的高压,其余各层讯号丝的高压均保持在 1700V. 由图 3 可知,在正比放大区,讯号丝的平均输出电荷量随高压增加,在 ~0.03pc~2.0pc 的范围内变化,亦即气体放大倍数的范围大致是  $0.9 \times 10^3 - 6 \times 10^4$ .

#### 四、宇宙线在线实验

图 4 表示宇宙线在线实验安排和电子学线路方框图. 在模型室上下各放一个闪烁计数器<sup>[3]</sup>. 闪烁计数器从两端引出讯号,经恒比定时甄别器加到时间平均器上. 时间平均器输出讯号送到符合电路 LRS 622 的两个输入端. 如果有一个宇宙线同时穿过上下闪烁体,则符合电路就有输出. 该输出脉冲使双门产生器(LRS 222) 1 输出一个负电平,加到双门产生器 2 的起始端,从而产生一个宽度为 1ms 的负脉冲,经 LRS 429 扇出并形成

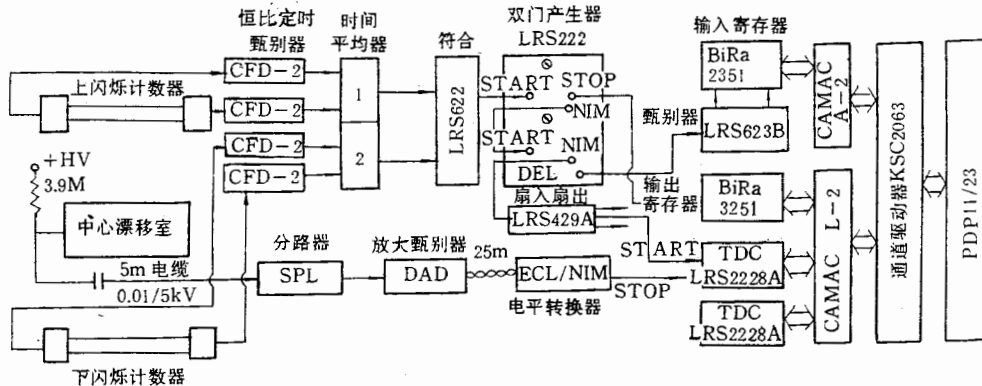


图 4 在线实验安排和电子学线路方框图

后加到各个 TDC 的公共起始端,使 TDC 开始计数. 同时由双门产生器 2 输出一个延迟 1ms 的负脉冲,经长电缆送到甄别器 LRS 623B,再到输入寄存器 Bi Ra 2351,为计算机提供中断请求信号源. 漂移室讯号通过 5m 长电缆加到分路器(SPL),经过放大甄别(DAD),再通过 25m 长电缆送到 ECL/NIM 电平转换器进行电平转换,为 TDC(LRS 2228 A) 提供停止讯号. 一旦门产生器翻转之后,如果再有符合输出讯号到达,对门产生器并不起作用. 直到计算机把 TDC 的数据读出并作必要的处理之后,发出一个命令,通过输出寄存器 Bi Ra 3251 给门产生器一个停止讯号,才能把它重新打开,准备接受新的触发讯号.

本实验既使用 L-2 串联机箱控制器 (KSC 3952), 也使用 A-2 并联机箱控制器(Bi

Ra 1302)。与 U 型机箱控制器相比, 串联机箱控制器的主要优点是可以进行数据的远距离传输, 使读出电子学可以远离在线计算机, 容易保证触发讯号早于丝讯号到达 TDC, 而不必对室讯号进行附加延迟, 从而节省大量电缆。

数据获取由计算机 PDP 11/23 自动进行。实验电子学安排改变时, 只需改写在在线程序中的 CAMAC 表, 不需要改写和重新安装整个在线程序系统。

在本次实验中, 室的工作电压是: A、B 和 D 层均为 1900V, C 层为 1925V, 电场丝为 -500V。工作气体是 89% Ar + 10% CO<sub>2</sub> + 1% CH<sub>4</sub>。

## 五、数据分析结果

由计算机 PDP 11/23 获取的数据记录在磁带上, 然后在计算机 VAX 11/780 上进行分析, 下面给出主要的分析结果。

### 1. 宇宙线分布图

图 5 是宇宙线在 A、B、C、D 各层第四单元产生的电子漂移时间谱。横坐标是 TDC 计数, 每个计数相应的漂移时间是 0.2445 ns。通过显示各根讯号丝的 TDC 分布直方图, 一可检查讯号丝的工作是否正常, 二可求出漂移时间零点所对应的 TDC 计数, 这样才能正确地由 TDC 计数计算出漂移时间, 三可估计各漂移单元的最大漂移时间, 从而给出平均电子漂移速度的近似值。图 5 中四个单元的分布宽度各不相同, 这是因为各单元的最大漂移距离不同, 因而最大漂移时间也就不同。

通常取电子漂移时间谱上升沿相当坪值 50% 处所对应的时间为漂移时间零点。显然, 为了能够用这种方法比较准确地确定零时间, 必须要采集足够多的事例数。

### 2. 漂移速度

本实验采用径迹重建法确定电子漂移速度。当带电粒子穿过室时, 沿入射粒子路程使气体电离, 形成一条径迹, 电离电子沿电力线向讯号丝漂移。这种室的单元结构决定了它的电场分布基本上是轴对称的, 因此电子的最近漂移路程  $S$  与粒子径迹垂直, 其垂足称为径迹点。设漂移时间为  $t_d$ , 平均漂移速度为  $V$ , 则

$$S = (t_d - t_0) \cdot V,$$

式中  $t_0$  为触发讯号与粒子刚好打在讯号丝上所产生的讯号之间的净延迟时间。因此, 假

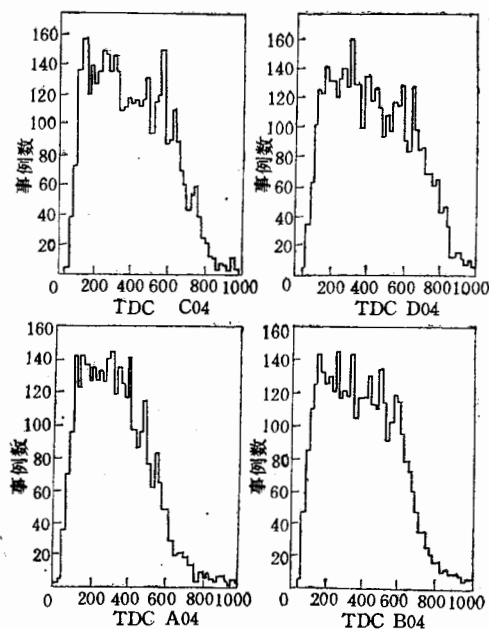


图 5 宇宙线的 TDC 分布直方图

如知道  $V$  和  $t_0$ , 就能由漂移时间  $t_d$  计算出最近漂移距离  $S$ . 中心室有四层讯号丝, 每条径迹应有四个径迹点, 也就有四个最近漂移距离  $S$ . 利用它们和室的几何条件关系, 计算出各径迹点的空间坐标  $x$  和  $y$ , 从而可以利用最小二乘法把这条径迹拟合出来. 在数据分析中, 取圆柱中心为坐标原点,  $x$ 、 $y$  轴定义如图 1 所示. 在径迹拟合中, 对于好径迹, 所加的判选条件是: ①各层讯号丝中有一根并且只有一根有讯号; ②径迹倾斜度不太大, 即只选取编号相同或差一的单元中通过的径迹; ③排除太靠近 ( $\leq 100 \mu\text{m}$ ) 讯号丝或电场丝的那些径迹; ④虽然相邻层讯号丝相互错开有助于解决左右分辨不清的问题, 但对于倾斜径迹左右分辨问题仍然存在, 尤其  $A$  层和  $D$  层径迹点左右难辨, 同样四个讯号, 至少存在组成径迹的四种可能性. 对于每一种可能的径迹都加以拟合, 但只从中选取残差平方和最小的一条作为真径迹.

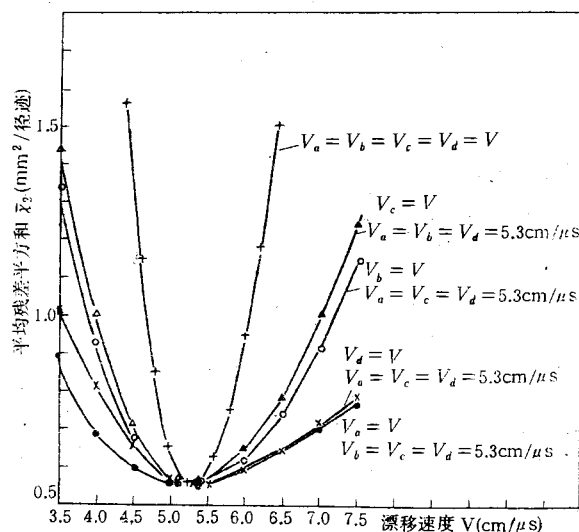


图 6 · 径迹的平均残差平方和( $\bar{X}^2$ )与漂移速度  $V$  的关系

显然每条径迹的平均残差平方和(记为  $\bar{X}^2$ )与漂移速度  $V$  及零时间  $t_0$  等参数有关. 改变这些参数, 使  $\bar{X}^2$  最小, 由此得出这些参数的正确值. 图 6 表示  $\bar{X}^2$  与漂移速度  $V$  的关系 ( $t_0$  为电子漂移时间谱上升沿相当坪值的 50% 处所对应的时间). 图中  $V_a$ 、 $V_b$ 、 $V_c$  和  $V_d$  分别表示  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  各层的电子漂移速度. 由该图可知, 在本实验条件下, 电子漂移速度为  $5.3 \text{ cm}/\mu\text{s}$ , 而且各层的漂移速度在误差范围内一致. 同样, 利用这种方法可以确定  $t_0$  时间. 漂移速度为  $5.3 \text{ cm}/\mu\text{s}$  时, 由  $\bar{X}^2$  与  $t_0$  的关系曲线可知, 当  $t_0 = 15.9 \text{ ns}$  时,  $\bar{X}^2$  最小. 或者当取电子漂移时间谱上升沿相当坪值 50% 处所对应的时间作为  $t_0$  时,  $\bar{X}^2$  也最小.

### 3. 空间分辨率

前面已提到, 在已知电子漂移速度的前提下, 对于每个好事例, 都可以拟合出一条径迹. 粒子径迹坐标的测量值与拟合值之差称为残差. 对于每一个漂移单元, 只要有足够的事例, 都可以做出残差分布直方图. 图 7 是单元 D03 的残差分布直方图及其高斯拟合曲线. 漂移速度为  $5.3 \text{ cm}/\mu\text{s}$ . 这种残差分布的标准偏差  $\sigma_x$  的大小, 表征漂移室空间分辨

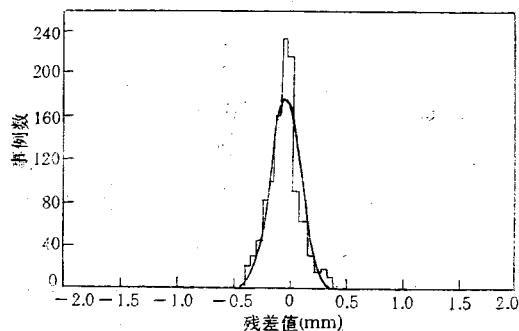


图7 径迹残差分布直方图及其高斯拟合曲线

的好坏。本单元的  $\sigma_x = 134 \mu\text{m}$ 。

本工作使用的分路器和放大甄别器等电子学插件由我所电子学室提供，电平转换器由白景芝同志和金艳同志研制，冯忠、王耀辉、冯莉和张炳云等同志参加部分工作，在此一并表示感谢。

### 参 考 文 献

- [1] Chen Chaoqing, Li Rubai, Liu Rongguang, Shi Huanzhang, Wang Yunyong, A Prototype of Central Triggering Drift Chamber, Proceedings of the Workshop on Colliding Beam Physics, June 12—21, 1984, Beijing, China.
- [2] 李如柏、史焕章、刘荣光、陈朝清、王运永，中心触发漂移室模型结构和幅度特性，第二次全国核电子学与核探测器学术会议文集，1984年10月，昆明。
- [3] 白景芝、王慧顺，一个闪烁计数器构成的触发系统，核电子学与核探测技术，1984年第二期。

## A 45° PROTOTYPE OF THE CENTRAL DRIFT CHAMBER FOR BES AND RESULTS OF COSMIC RAY TEST

CHEN CHAO-QING DENG YI-WEI LI RU-BAI LIU RONG-GUANG

SHI HUAN-ZHANG WU JIAN-WU

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica, Beijing)

### ABSTRACT

It is described that the function, structure, amplitude characteristics and results of cosmic ray test of a prototype of the central drift chamber for Beijing Spectrometer (BES). It was found that if appropriate high voltage is applied on the field wires homogeneous signal amplitude from different Layer of the chamber can be obtained. The drift velocity deduced by track reconstruction is  $5.3 \text{ cm}/\mu\text{s}$ . The spatial resolution is about  $134 \mu\text{m}$ .