

PEP-4 的外圆柱漂移室及其宇宙线测试

陈朝清

(中国科学院高能物理研究所)

W. Gorn, K. K. Kwong, J. G. Layter, C. S. Lindsey, S. O. Melnikoff,
B. C. Shen, G. J. Van Dalen

(Department of Physics, University of California, Riverside, CA. 92521, U. S. A.)

摘 要

本文描述了在美国 SLAC 的 PEP-4 实验中使用的较大外圆柱漂移室的作用、结构、宇宙线测试方法及其结果。

一、引 言

图1表示 PEP-4 实验设备中的外圆柱漂移室 (ODC)、时间投影室 (TPC)、内圆柱漂移室 (IDC) 和其它探测器。 TPC 是 PEP-4 探测器系统的核心部分,用于带电粒子径迹的重建、动量测量和粒子鉴别,并提供 $R-Z$ 平面触发。簇射计数器用来提供电磁次级粒子的鉴别、径迹重建和能量测量,并提供总能量触发。 μ 子计数器则用来测量穿透粒子的径迹。在图1中没有把两边端盖上的簇射计数器和 μ 子计数器表示出来。

ODC 和 IDC^[1] 在这个探测器系统中主要起三个作用: ① 为整个探测器系统提供 $R-\phi$ 平面的快预触发。 IDC 对径迹候选者施加空间和时间的限制,以减少宇宙线和同步

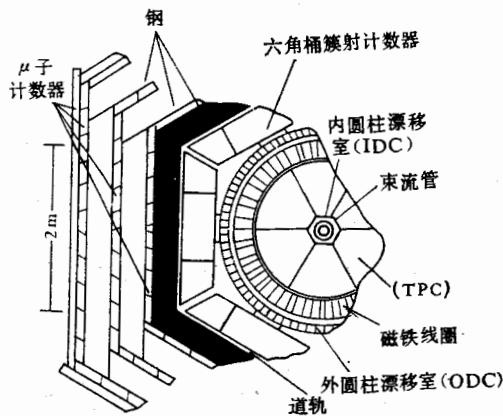


图1 PEP-4 探测器系统示意图

本文 1984 年 1 月 8 日收到。

第
一
卷
辐
射
和
助
助
OE
铁
的
的
一
14
12
丝
厚
cm
(
层
相
Le
管

辐射本底。ODC 讯号表明存在大角度或高横动量的径迹,这个要求可以减少双光子过程和束流-气体相互作用产生的本底。② IDC 和 ODC 都能测量带电粒子径迹,因而能够帮助 TPC 改善径迹寻找和提高动量分辨率^[2],尤其是改善高动量径迹的分辨率。③此外,ODC 还有一个独特的作用,那就是可以用它来标记那些在进入簇射计数器之前就已在磁铁线圈中产生簇射的光子。这对于簇射计数器的数据分析是很有帮助的。

下面先介绍 ODC 的结构,然后着重描述利用宇宙线进行性能测量的方法和数据分析的结果。

二、室的结构

ODC 的外径为 2.5m,长约 3m,只有三层,厚 5.5cm,是由六个完全相同的模块组成的环形室。图 2(a) 是 ODC 的局部横截面图,(b) 是纵向剖面示意图。每个模块都是在一个特制的弧形工作台上胶接而成的。

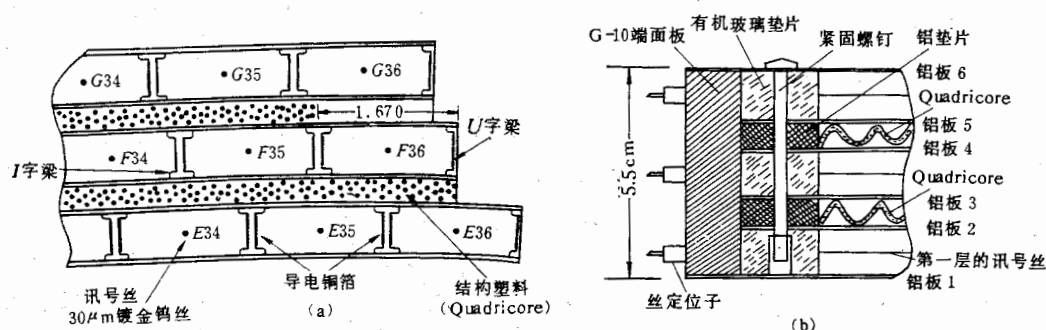


图 2 外圆柱漂移室的结构示意图 (a) 横截面 (b) 纵截面

每层 216 根讯号丝,三层共 648 根。讯号丝层的半径分别是 119.70 cm, 121.73 cm 和 123.76 cm,丝长都是 304.8 cm。讯号丝是 30 μm 的镀金钨丝,张力 110 克。讯号丝与讯号丝之间由塑料制的工字梁隔开。工字梁高度为 1.27 cm,梁腹厚度 2 mm,两面贴有 0.1 mm 厚的铜箔,起电场丝的作用。最大漂移距离由内层到外层分别为 1.64 cm, 1.67 cm 和 1.70 cm。上下阴极都是 0.635 mm 厚的铝板。为了增强机械强度,在层与层之间夹了一层塑料(美国 Quadricore 公司产品),它的峰-峰厚度为 6.35 mm,实际材料厚度约为 2 mm。

在同一层内,两根讯号丝之间的相对于圆柱轴心的夹角 $\Delta\phi = 360^\circ/216 \approx 1.7^\circ$ 。三层讯号丝的位置相互错开,如图 2(a) 所示,中层相对于内层转过的角度为 $\frac{1}{2} \Delta\phi$,外层相对于内层转过的角度则为 $\frac{1}{4} \Delta\phi$ 。这样便于消除左右分辨不清的问题。

穿丝孔是在 1.27 cm 厚的 G-10 端面板上用数控机床加工的。穿丝用的定位子是用 Lexan 塑料模压而成的。定位子的外径为 4 mm,铜管直径 1 mm。丝的定位不是靠毛细铜管,而是靠定位子上的 V 型槽^[2]。这样可以保证丝的位置比较精确。

工作气体为 80% 氩气 + 20% 甲烷,采用流气式,气压为 1 个大气压。

圆柱
径
次级
粒子

提供
同步

三、宇宙线测试的实验安排

如前所述, ODC 是由六个完全相同的弧形漂移室模块构成的. 实际上共做了八个, 其中二个备用. 对每一个 ODC 模块都进行了宇宙线测试. 图 3 表示实验安排. ODC 模块放在一个测试平台上, 此平台可在二条水平轨道上移动.

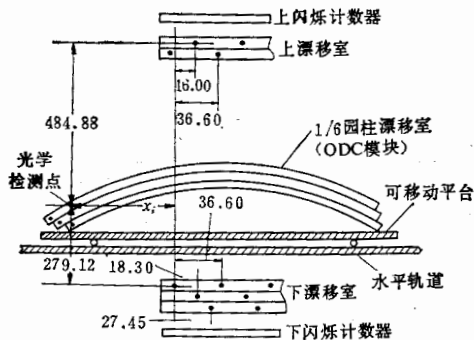


图 3 宇宙线实验安排

每个室(包括 ODC 模块)的左边都装有一个光亮的金属球, 作为光学检测点. 在一个室中各层的第一根讯号丝相对于这个检测点的坐标是在加工时已精确地确定了. 在实验前, 利用光学方法对各室的坐标进行仔细的测量和调整. 要使上下平面漂移室和中间的 ODC 模块的各讯号丝方向一致, 并都处于水平位置. 放置 ODC 模块的测试平台可以固定在水平轨道的 14 个不同位置上. 在第 i 个位置, ODC 的光学检测点的水平坐标标记为 x_i , 对它们的值也要仔细测量. 知道 x_i , 就能计算出 ODC 模块的曲率中心及各根讯号丝相对于坐标原点的空间坐标. 反过来, 也可用软件对这些坐标数据进行校正.

在上漂移室的上面和下漂移室的下面各有三个宽约 30cm, 长约 1m 的闪烁计数器, 分别放在室的东部、中部和西部, 故称上边的三个闪烁计数器为 TE , TM 和 TW , 下边的三个为 BE , BM 和 BW . 这些闪烁计数器为漂移室提供触发讯号, 即公共起始讯号. 由于闪烁计数器的宽度只有 30cm, 而 ODC 模块的宽度约为 130cm, 故要分 7 次进行测量. 每次测量时, 闪烁计数器和上下漂移室都固定不变, 只移动测试平台, 即改变 x_i .

四、电子学线路

图 4 是测试用漂移室触发系统及读出电子学线路框图. 顶部三个闪烁计数器 TE , TM 和 TW “或”起来的讯号与底部三个闪烁计数器 BE , BM 和 BW “或”起来的讯号的快符合输出作为 TDC 的起始讯号. 同时将 6 个闪烁计数器的输出讯号经过甄别后存入寄存器, 这样便于知道触发讯号来自哪些闪烁计数器, 从而可以非常粗略地推算出宇宙线穿过 ODC 时的 x 坐标的范围. 符合电路的另一个输出加到门脉冲产生器. 该产生器产生的门脉冲反过来禁止符合电路, 使它在计算机对这次事例处理完毕之前不再送出起始讯号. 一旦处理完毕, 由计算机送出一讯号将门脉冲产生器关闭, 从而解除对符合电路

在 ODC 模块的上方和下方各放一个平面漂移室. 上室二层, 下室三层, 各层均有 6 根讯号丝, 最大漂移距离为 1.83cm. 这二个室组成漂移室望远镜, 用来作为宇宙线的监视器. 它们的主要作用是: ①作为系统的固定参考坐标系. 坐标原点选在下室上层左边第一根讯号丝上. ②确定宇宙线径迹的空间坐标, 便于研究待测室(即 ODC 模块)的时空关系等. ③作为测量待测室探测效率的一种参考.

的

器作
出脉
别阈

根讯
所对
果. 纵
的距离
用作
mm/ns

的禁止,于是又能产生新的起始讯号。

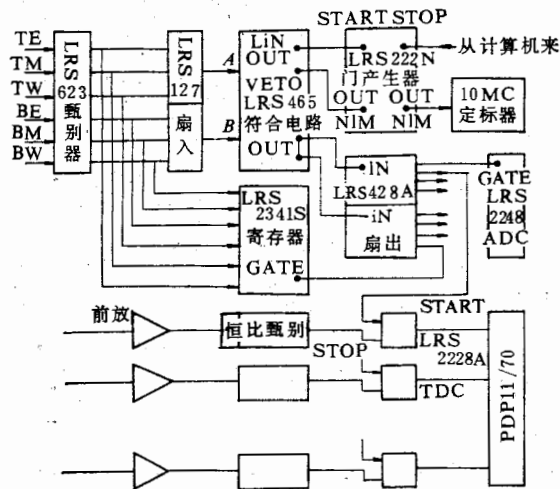


图 4 漂移室触发系统及读出电子学线路方框图

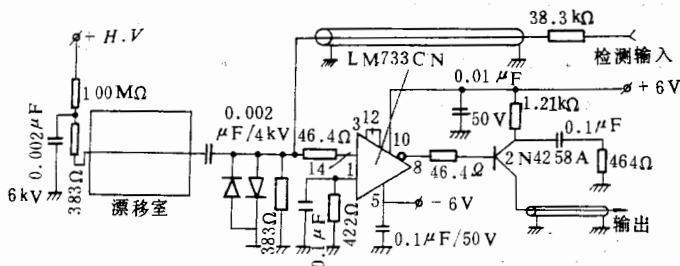


图 5 前置放大器线路图

图 5 是前置放大器线路图,它是用 LM733 CN 视频放大器做成的,并带有射极跟随器作为线驱动器。放大倍数约为 40 倍。前置放大器直接插在室的端面板上。前放的输出脉冲经过 30m 长的扁带电缆传输之后,其上升时间为 30ns。经过恒比定时甄别器(甄别阈为一 30mV)甄别后的输出脉冲作为“停止”讯号加到 LRS 2228 A 型 TDC 上。

五、数据分析

图 6 表示宇宙线分布的直方图。纵坐标是事例数,横坐标是 TDC 计数。通过显示各根讯号丝的 TDC 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(T_0)所对应的 TDC 计数,这样才能正确地由 TDC 计数求出漂移时间。

图 7 表示漂移时间和漂移距离的关系。(a) 是散射图,(b)是最小二乘法拟合的结果。纵坐标是 TDC 计数,每个计数所对应的时间是 0.250ns。横坐标是相对于坐标原点的距离,单位为 mm。如何知道某个宇宙线事例在漂移单元中所通过的位置呢?这是利用作为监视器的上下两个漂移室来确定的。事先测出在上下漂移室中的漂移速度为 0.053 mm/ns。设每个 TDC 计数所对应的漂移距离为 W ,则

个,
ODC

个平
有 6
二个
的监
的固
左边
空间
匀时-
的一

在一
。在
和中
平台
平坐
各根

纹器,
下边
R号。
行测

TE,
讯号
后存
宇宙
生器
出起
电路

$$W = 0.250 \text{ ns/count} \times 0.053 \text{ mm/ns} = 0.013 \text{ mm/count}.$$

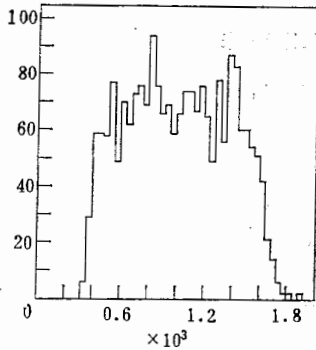


图6 在一个漂移单元中的宇宙线分布的直方图

因此,当一个宇宙线事例穿过上下漂移室时,由命中的讯号丝的 TDC 计数,就可以求出命中点的坐标,从而可以利用最小二乘法拟合出这条宇宙线径迹.该径迹与待测漂移室(ODC)的交点坐标表征了它在该室中预期的命中位置.

图7(b)中V型的二条直线表示利用双参数直线最小二乘法对图7(a)的数据进行拟合的结果.由此可以得到在讯号丝(编号为E18)的左右两个单元中的有关参数,列于表1.对于各根讯号丝的所有这些参数都要记录备用.

为了更仔细地分析时-空关系,也进行了多项式拟合.图8表示对图7的同一数据的空-时关系的多项式拟合,结果为

$$X = 0.190957 + 0.889703 \times 10^{-2}T + 0.784314 \times 10^{-5}T^2 - 0.392649 \times 10^{-8}T^3 + 0.329358 \times 10^{-11}T^4 - 0.254866 \times 10^{-14}T^5.$$

图9表示残差(粒子径迹坐标的测量值与拟合值之差)分布.纵坐标是事例数,横坐标是残差值(单位为mm).这是单根丝(E18)的情况.也可以给出在一个漂移室中的所有讯号丝上的残差分布,它可以表示漂移室的空间分辨率.在最好的情况下,该漂移室的空间分辨率 $\sigma_x \approx 150 \mu\text{m}$.

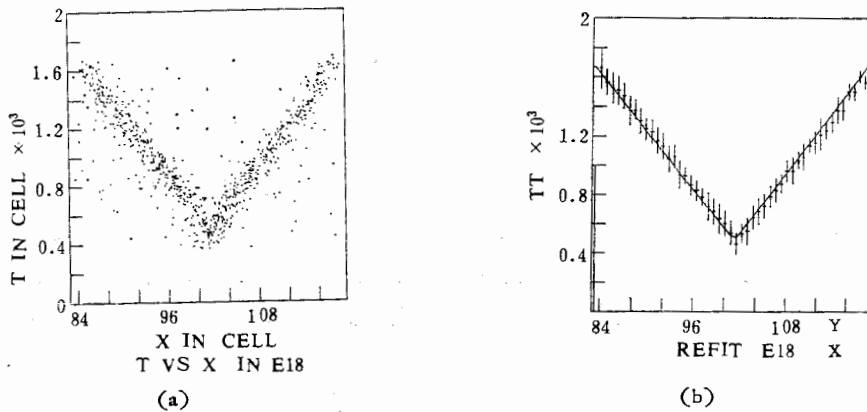


图7 漂移时间和漂移距离的关系
(a) 散射图 (b) 最小二乘法拟合

表1 漂移单元E18的拟合参数

参数名称	左单元	右单元
时-空方程	$T_l = 6569.19 - 59.3360X$	$T_r = -6157.45 + 65.5626X$
漂移速度 $V(\text{mm/count})$	-0.0168532	0.0152526
残差平方 $\chi^2(\text{mm}^2)$	2.48350	1.01379
两直线的交点坐标	$X_0 = 101.896 \text{ mm}, Y_0 = 523 \text{ count}$	

彩
元
右

R

[
]

f

命中
迹。
了它

数直
由
个单
的所

项式

横坐
的所
室的

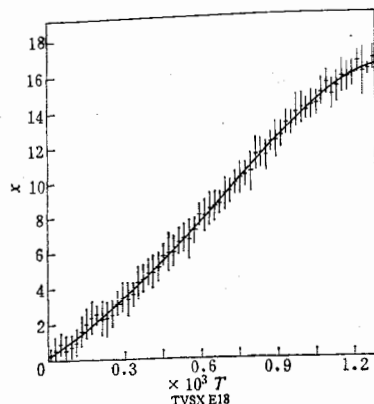


图 8 漂移距离和漂移时间关系的多项式拟合

图 10 表示 ADC 记录的脉冲高度和漂移距离的关系。由此可见, 在一个漂移单元内的平均脉冲高度基本上是一致的, 只在靠近工字梁附近处才有所下降。

本工作是在 LBL 做的。作者感谢 D. R. Nygren 博士的支持和帮助。

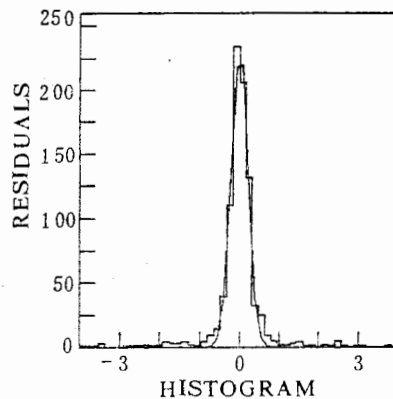


图 9 单根丝的残差分布直方图及其高斯拟合

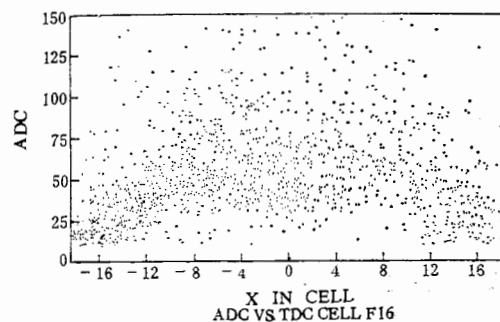


图 10 表示脉冲高度和漂移距离关系的散射图

参 考 文 献

- [1] W. Gorn et al., IEEE NS-26, 1(1979), 68.
[2] C. S. Lindsey et al., IEEE NS-30, 1(1983), 153.

OUTER DRIFT CHAMBER FOR PEP-4 EXPERIMENT AND COSMIC RAY TEST

CHEN CHAO-QING (C. Q. CHEN)

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica)

W. GORN K. K. KWONG J. G. LAYTER C. S. LINDSEY S. O. MELNIKOFF

B. C. SHEN G. J. VAN DALEN

(Department of Physics, University of California, Riverside, CA. 92521, U. S. A)

5X

ABSTRACT

The function, the structure and the cosmic ray test of the outer drift chamber for PEP-4 Experiment at SLAC are described.