

北京谱仪大型精密圆柱漂移室的设计和建造

马基茂 毛慧顺 白景芝 谢佩佩 颜洁 王运永
王耀辉 毛泽普 刘荣光 沈本蔚 宋晓非 周杰
武振东 范群 金艳 荣刚

(中国科学院高能物理所, 北京)

摘 要

简要描述了北京谱仪(BES)主漂移室的物理设计、机械设计与建造、工作气体选择、模型实验等方面。给出主室各项指标的实验值或估算值: 立体角覆盖、增益和效率、 $R-\phi$ 平面的空间分辨率、轴向空间分辨率 dE/dx 能量分辨率与粒子鉴别能力等。

一、引 言

大型通用磁探测器北京谱仪(BES)工作在北京正负电子对撞机(BEPC)上,其物理目标要求重建高能 e^+e^- 反应的遍举终态。一个大型的精密圆柱漂移室——主漂移室位于谱仪中心,承担测量所有带电粒子的径迹、动量和能量损失 dE/dx 的任务。主漂移室具有大立体角、高探测效率、好的空间分辨与动量分辨、好的 dE/dx 分辨提供粒子种类鉴别、易于图形识别以及长工作寿命等特点。本文简要描述了主漂移室的物理设计、机械设计与建造、工作气体选择、模型实验、性能指标以及对撞束实验初步结果等方面^[1]。

二、主漂移室的物理设计

主漂移室内径 31cm, 外径 2.3m, 全长 3.38m, 轴向丝长 2.12m。它由 10 个同心单元丝层组成, 包括 5 个轴向丝层和 5 个斜丝层, 分别测量粒子径迹在 $R-\phi$ 和 $R-\theta$ 平面上的坐标。各层单元数从 48—108 不等, 总计 702 个单元。每个单元包括 4 根引出信号的灵敏丝, 总计 2808 根。加上各种辅助丝, 总计丝数 19380 根。图 1 给出主漂移室结构的示意图。

1. 单元结构

主漂移室的设计基于多灵敏丝型单元[图 2(a)]。4 根灵敏丝在单元内沿径向排列,

间距1cm. 它们的信号不仅用来测量漂移时间(径迹位置), 还测量电荷量(dE/dx). 为在单元内解决径迹的左右分辨, 灵敏丝相对中心丝平面依次向两边位移 $350\mu\text{m}$. 灵敏丝间加电位丝减小了信号间的串扰和灵敏丝的静电偏离, 并有效地控制增益. 为改善单元边缘区域电场的均匀性, 在中心丝平面的两端分别加保护丝. 电场丝平面构成单元的边界, 丝距5mm. 电场丝平面到中心丝平面称为单元的半宽, 为电子的最大漂移距离. 实际单元为楔形, 其标称半宽指径向中心处的半宽, 第I层为1.4cm, 第II、III层为1.9cm, 第IV—X层均为3.1cm. 内层单元小, 是为了减小多次击中的几率; 外层单元的最大半宽由所要求的空间分辨率所限制, 主要决定于电子的扩散效应. 各种丝的参数在图2(a)中给出.

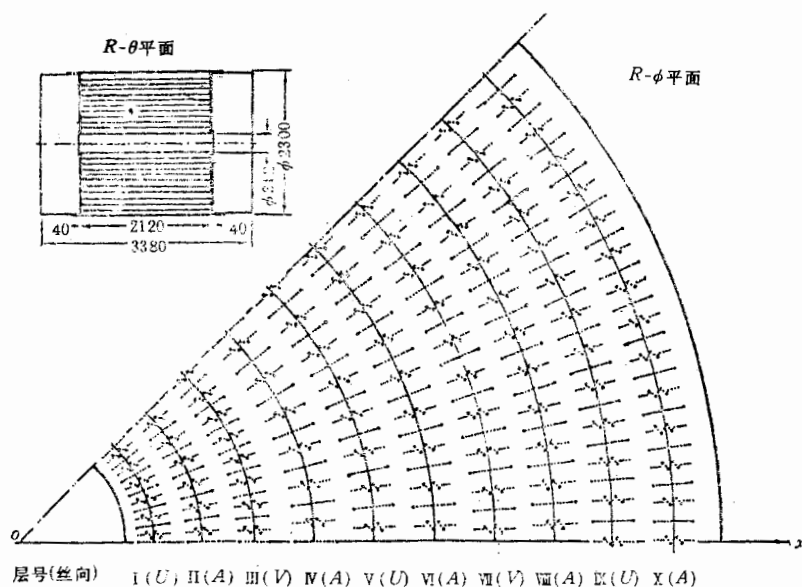


图1 主漂移室结构示意图与部分参数

层号(丝向)	I(U)	II(A)	III(V)	IV(A)	V(U)	VI(A)	VII(V)	VIII(A)	IX(U)	X(A)
中心半径(mm)	215	295	375	475	575	675	775	875	975	1075
单元数/层	48	48	60	48	58	68	78	88	98	108
单元半宽(mm)	14.1	19.3	19.6	31.1	31.1	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2
相对x轴起点	0°	0°	0°	0°	2°	2°	5°	5°	0°	0°
	(第一电 场丝排)	(同I)	(同I)	(同I)	(第一灵 敏丝排)	(同V)	(第二灵 敏丝排)	(同VII)	(第一灵 敏丝排)	(同IX)

上述单元结构具有如下特点: 电场分布均匀; 可以相当准确地使用线性漂移距离 S 和漂移时间 T 的关系; 提供好的空间分辨和均匀的 dE/dx 取样; 并加速图形识别. 利用灵敏丝位移可在寻迹以前决定单元内径迹的左右性, 加快了寻迹过程. 左右分辨要求单元灵敏丝数最少为3, 为允许一定的失效, 取4更合适. 单元内各灵敏丝的信号具有时间相关性, 可有效地排除某些本底和干扰, 它们一般给出单丝触发而很少3丝或4丝触发. 多灵敏丝单元的一个缺点是, 雪崩过程在邻丝上感应反向脉冲, 相当某种相关噪声使室的

分辨变坏。通过在灵敏丝间加电阻耦合网络,把一部分原信号引到邻丝上补偿感应信号,可将相干减小到 1% 以下而不影响测量结果。

2. 层次结构

主漂移室的 10 个单元丝层中有 5 个斜丝层,它们同轴向丝层的排列参看图 1。A 代表轴向丝层, U、V 分别代表负、正两个方向的斜丝层。在 BES 反应终态粒子多重数不大的情况下 ($\bar{n}_c \approx 4$), 采用斜丝法测量径迹的 z 向坐标。比之电荷分配法,斜丝法不需线性读出电子学,对气体增益的要求同 dE/dx 测量兼容,并能给出更好的定位精度。从图形识别和径迹拟合两方面考虑,轴向与斜丝层各占一半最好。由位于主漂移室内的中心漂移室(一个小型圆柱室)4 层轴向灵敏丝测量配合,主室第 1 层定为斜丝层,测量具有小出射极角的粒子。以后按轴、斜层交替排列,其中斜丝层又依次反向。斜丝层在空间形成回旋双曲面。斜丝倾角大时 z 向分辨高,但丝面中心的下凹也大,这会干扰邻层的静电结构。折衷考虑,选择倾角范围为 $2.3^\circ - 5.0^\circ$ 。

各层层间距离为 3—4cm。各层单元沿方位角 ϕ 的相对位置安排兼顾触发电路和径迹分辨的要求。前 4 层参与触发,它们的第一电场丝排在 x 轴取齐,由匹配的各层单元数控制在 $R-\phi$ 平面形成 30° 循环的单元排列图样。这种对称性简化了触发电路的设计和制作。后 6 层不参与触发,在 x 轴处各层起点给予一定的错开,再由不同单元数自然形成层间单元无序交错的图样。这种无序性避免大动量径迹从中心向外总是通过靠近丝的地方,在那里空间分辨变坏。

3. 静电学计算

静电学计算是漂移室设计的主要依据之一。主漂移室结构设计的标准是:所有灵敏丝上的增益 $M = 5 \times 10^4 \pm (10\%)$,对于 $\text{Ar}/\text{CO}_2/\text{CH}_4$ 工作气体相当丝电荷密度 $q = 0.28 \pm (0.5\%) \text{ kV}$; 在单元的大部分区域内(丝附近除外),电场强度 $E = 0.85 \pm (2\%) \text{ kV/cm}$; 灵敏丝 dE/dx 测量的收集宽度 Δy 因丝位移、边缘效应、层间干扰、磁场效应等因素产生的差别在 10% 左右;边缘电场丝的表面电场值 E_s 小于引起击穿的临界电场值。

利用美国 SLAC 发展的矩阵电容法程序完成了主漂移室结构的静电学计算^[2]。计算采用简化模型 3 层 9 单元(3 单元/层)组合,结果取中心位置的一个单元为准。内外壁按紧密排列的丝考虑。为简化电压分配,对楔形单元的电场丝组合供电[图 2(b)],由低向高呈等差级数。各层单元在 ϕ 向错开和斜丝面下凹的影响均在考虑之中。静电学计算给出一套工作电压参数和予期结果。图 2(c)表明单元内的电场分布,图 2(d)表明加磁场后的电子漂移轨道。综合结论如下: a) 在第 I—III 层中,每个单元只需两根保护丝(中心丝平面两端各 1 根)就可达到对丝电荷密度 q 和电场强度 E 的要求; b) 在第 IV—X 层中,每个单元需要 4 根保护丝才可达到要求; c) 层间 ϕ 向错开和斜丝面径向移动效果不影响上述结论; d) dE/dx 收集宽度 Δy 随层间单元相对位置错开而变化,大部分区域在 10% 以内,局部需作校正; e) 当边缘电场丝直径取 $220 \mu\text{m}$ 时,其表面电场强度不会引起击穿。由于静电学计算引入近似,计算结果需同模型实验相互印证。

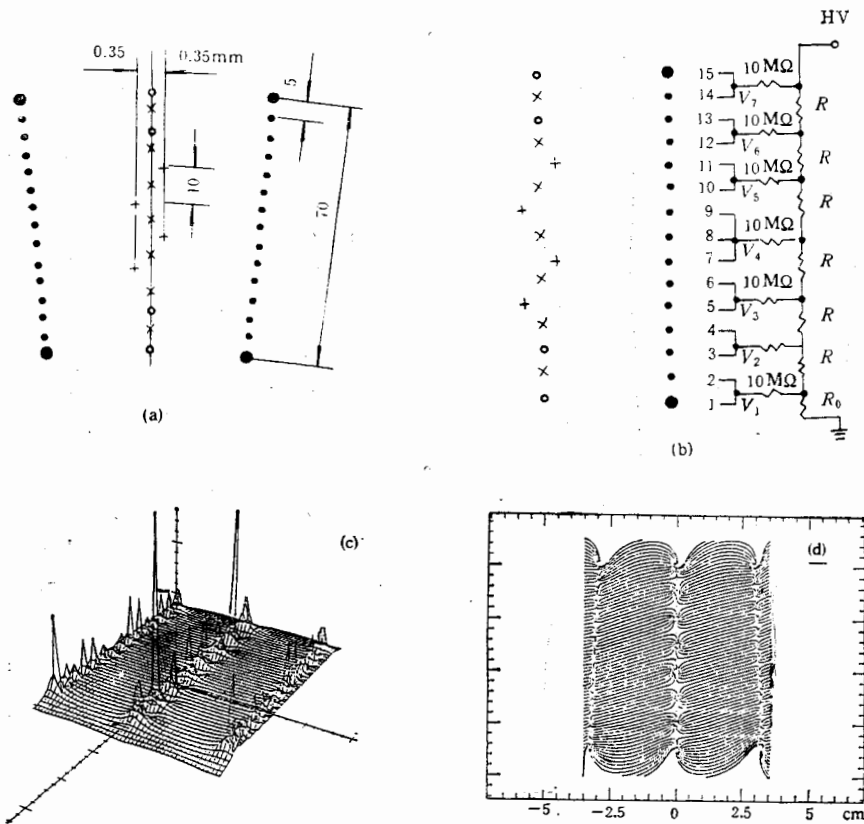


图2 主漂移室单元结构

- (a) 单元结构与参数: +灵敏丝 $\phi 30\mu\text{m}$ 镀金钨丝 张力 100g
 ×电位丝 $\phi 100\mu\text{m}$ 镀金 Fe-Ni-Cr 丝 张力 500g
 ○保护丝 $\phi 100\mu\text{m}$ 镀金 Fe-Ni-Cr 丝 张力 500g
 ●电场丝 $\phi 178\mu\text{m}$ 镀金 Be-Cu 丝 张力 500g
 ●粗场丝 $\phi 220\mu\text{m}$ 镀金 Be-Cu 丝 张力 600g;

- (b) 电场丝组合供电示意;
 (c) 单元内的电场分布;
 (d) 加磁场后的电子漂移轨道

三、工作气体选择

选择主漂移室工作气体要满足多方面的要求,包括较高的气体放大系数,较高的电子漂移速度与达到饱和漂移速度的较低电场值,较小的磁偏转角,较小的电子扩散系数,较大的粒子能量损失 dE/dx , 以及长的室运行寿命。在我国,气体来源给大室系统选择工作气体带来很大的限制。幸运的是,通过我们与国外实验室的大量测量^[3-5],证明三元混合气体 $\text{Ar}/\text{CO}_2/\text{CH}_4 = 89\%/10\%/1\%$ 在各项指标,特别是长寿命这一最重要指标上满足要求。Ar, CO_2 和 CH_4 在国内易于得到,价格相对低廉。

Ar/CO₂/CH₄ 工作气体的有关数据如下: 气体放大系数 M 较高; 饱和漂移速度 $V_{dr} \approx 5 \text{ cm}/\mu\text{s}$; 达到饱和漂移速度的电场值 $E_c \approx 700 \text{ V}/\text{cm}$; 磁偏转角 $\alpha_{dr} = 17^\circ$ ($B = 4.1 \text{ kG}$) 和 18.9° ($B = 4.5 \text{ kG}$); 有效扩散系数 $D \approx 100 \mu\text{m}/\sqrt{\text{cm}}$; 最小电离粒子最可几能量损失 $dE/dx \approx 1.37 \text{ keV}/\text{cm}$; 室寿命 τ 极长, 当单位灵敏丝积分电荷量 $Q_s \approx 10^{20}$ 电子时, 室的主要指标未出现明显改变。

四、主漂移室的机械设计和建造

主漂移室为大型精密薄壁圆柱结构, 机械设计参考了国外同类漂移室的经验, 并作了改进。主室的主要部件是内、外筒和两端板。1cm 厚的铝外筒上开 12 个大窗口, 用来解决拉丝操作的需要, 完成拉丝后用等厚铝窗盖封闭。在保证强度、刚度条件下, 内筒采用 2mm 厚的碳纤维筒以减小多次库仑散射, 筒壁质量厚度为 $9 \times 10^{-3} \text{ r.l.}$ 。两块铝端板厚 4cm, 每块上加工 19380 个高位置精度 ($\sim 50 \mu\text{m}$) 的 $\phi 4 \text{ mm}$ 定位孔, 孔内插精密聚甲醛 (Delrin) 绝缘定位子 (图 3), 丝固定在定位子中心的细铜管中。全部丝的总张力为 8.7 吨。两端板紧贴外筒内的“止口”环固定。端板同内筒的连接采用一端固定、另一端滑动的方法, 通过调节端板的相对位置控制内筒上所受的压力。按照主室空间分辨率 $200 \mu\text{m}$ 的要求, 其部件加工和装配的精度要求很高。两端板上近 40000 个定位孔使用大型精密数控机床加工。室的装配在精密光学系统的引导下完成。丝的总定位精度约为 $80 \mu\text{m}$ 。为确保主漂移室室体结构的可靠性, 采用有限元方法通过美国通用程序 SAP5 进行了系统的计算^[6]。内筒、外筒、端板采用板元, “止口”环、加强梁环采用梁元, 支撑杆采用桁架元, 模拟端板与内、外筒的连接采用伪单元, 模拟室的支承形式采用边界元。此外, 还采用大量的边界元监视计算结果是否正确。利用主室的对称条件将其 1/4 结构分成 743 个节点, 共 5 批单元包括 528 个板元、66 个梁元、12 个桁架元、51 个边界元和 20 个伪单元, 并充分利用节点自动生成系统和单元自动生成系统。在总体计算的基础上, 对内、外筒与端板以及一些重要的局部强度做了进一步的计算。结果表明, 主室的强度与稳定性均满足设计要求, 刚度也好。

在具有温度与湿度调节的专用超净间中, 主室采用常规的吊重焊接法拉丝。所有丝都经过多次张力与高压漏电检测。为避免拉丝过程中端板受力变形的影响, 成功地应用预应力法保证了丝张力的均匀性。在主室运行一年多的时间内, 近 20000 根丝除早期有一根辅助丝抽出外, 未发现新的断丝。主室的密封性良好。在流气式工作情况下, 10 倍工作过压的相对漏气率为 $0.3\%/\text{小时}$, 从而保证主室运行的用气量为 ~ 1 室体积/天。

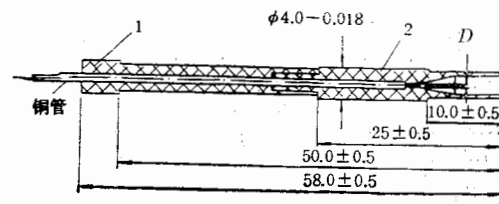


图 3 定位子结构

$D = 190 \mu\text{m}$ (对信号丝) $D = 250 \mu\text{m}$ (对其他丝)

五、模型实验

模型实验的目的是检验漂移室物理设计和机械设计计算的可靠性,对设计进行必要的修正。模型实验的内容还包括研究和解决室制作中的关键技术问题,例如室体精密加工与装配方法、拉丝换丝技术、绝缘定位子制作、高压分配系统与信号电缆安排等等。

实验研究的主漂移室模型有^[7]: 22.5° MARK III 改进型模型、2.3m 全长单元模型、多层多单元模型及其它多个试验装置。利用它们对各种问题进行分别的或综合的测量分析,为主室最佳设计与建造方案的确定提供了可靠的依据。一些实验结果和室的制作经验还具有普遍意义,可供同类工作借鉴。

六、主漂移室的性能

在谱仪安装以前,利用宇宙线观测了主漂移室全部 2808 根灵敏丝上的输出信号。在此基础上,配备部分系统的读出电子学测量了室的各种性能^[8]。对未能直接测量的性能,这里也予以估算。

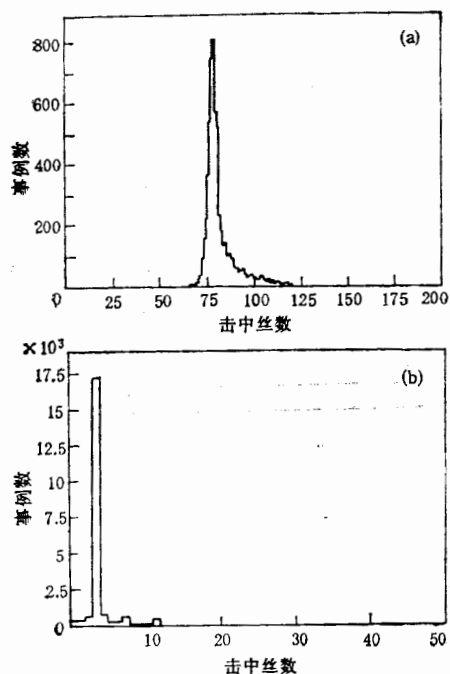


图4 主漂移室效率

- (a) 一条径迹击中丝数分布;
 (b) 相应一层丝击中丝数分布,
 表明一层丝击中数分布,全效率为4

为 $300\mu\text{V}$ 。图 4(a) 中横坐标代表每条径迹的击中丝数,一条全效率径迹的击中丝数应

1. 立体角覆盖

圆柱漂移室接收来自对撞点粒子的立体角 Ω 为:

$$\Omega = 4\pi L / \sqrt{R^2 + L^2} = 4\pi \cos \theta, \quad (1)$$

式中 L 为室的半长度, R 为粒子的出射半径, θ 为 R 对应的极角。显然, Ω 的大小同测量点数相关。对于主漂移室,粒子穿过第 II 层对应的立体角为 $95\% \cdot 4\pi$, 测量点数为 8; 穿过第 IV 层的立体角为 $90\% \cdot 4\pi$, 测量点数为 16; 穿过全部 10 层的立体角约为 $70\% \cdot 4\pi$, 粒子得到 40 次测量。

2. 增益和效率

通过静电学计算和模型实验,选择气体增益 $M \approx 5 \times 10^4$, 此时信号有 $\sim 25\%$ 的局部饱和,需要对 dE/dx 测量进行校正。

通过适当的工作电压和甄别阈设置,可以得到高的室探测效率并排除噪声干扰。图 4 给出宇宙线测试得到的平均单丝效率 $\eta = 97\%$, 相应阈值(折合到前置放大器输入端)

为 80, 计算效率时因噪声等因素造成击中大于 80 的径迹均按 80 处理。

3. 室在 $R-\phi$ 平面的空间分辨率

主漂移室在径向 R 的定位精度直接由丝的定位精度决定, 约为 $80 \mu\text{m}$ 。图 5(a) 给出宇宙线实验在方位角 ϕ 方向得到的单丝空间分辨率 σ_x 分布, 每根丝的数值是对丝全长和单元半宽漂移距离内的平均结果。由于各层单元在半宽、轴、斜丝向等方面的差别, σ_x 有一些差别, 但均在 $180-244 \mu\text{m}$ 之间。图 5(b) 表明利用三丝法得到单元内径迹左右分辨和单丝分辨率的例子。横坐标 $\Delta t = [(t_1 + t_3)/2 - t_2]$, 其中 t_1, t_2, t_3 为单元内相邻三丝记录的漂移时间, 纵坐标为径迹计数。正负双峰表示径迹相对中心丝平面的左右性。由峰宽 $\sigma_{\Delta t}$ 可以推出单丝空间分辨率 σ_x :

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{2}{3}} \sigma_{\Delta t} \cdot v_{dr}, \quad (2)$$

式中 v_{dr} 为电子漂移速度。

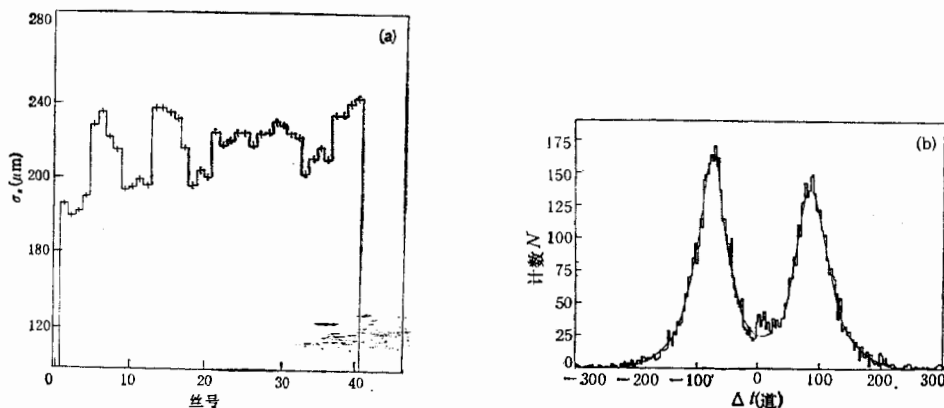


图 5 主漂移室空间分辨

(a) 单丝空间分辨 σ_x 分布(从 I 层开始按层排列, 每层 4 根灵敏丝);

(b) 三丝法得到的单丝分辨率实例

4. 轴 (z) 向空间分辨率

在小倾角近似条件下, 推出斜丝法读出径迹 z 坐标的误差为:

$$\sigma_z \simeq (2L/D)\sigma_x, \quad (3)$$

式中 D 为斜丝一端在圆周上的位移。取 $\sigma_x = 200 \mu\text{m}$, 由此计算 5 个斜丝层的 σ_z 在 $2.3-5.0 \text{mm}$ 之间, 比电荷分配法的分辨 ($1-2 \text{cm}$) 要好。

5. 动量分辨率

主漂移室的横动量分辨率 ($\theta = 90^\circ$) σ_{p_T}/p_T 由室的空间分辨率与室内物质的多次库仑散射两部分贡献合成:

$$\left(\frac{\sigma_{p_T}}{p_T}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_{p_T}}{p_T}\right)_{SP}^2 + \left(\frac{\sigma_{p_T}}{p_T}\right)_{MS}^2 \quad (4)$$

来自空间分辨率 σ_x 的贡献为:

$$\left(\frac{\sigma_{p_T}}{p_T}\right)_{SP} \simeq 3.3 \times 10^3 \frac{\sigma_x(\text{cm}) p_T(\text{GeV}/c)}{B(\text{kG}) l^2(\text{cm}^2)} \sqrt{\frac{720}{N+5}} \quad (5)$$

式中 p_T 为粒子横动量; B 为轴向磁场强度; l 为粒子穿过室的径向长度; N 为击中丝数, l 和 N 同粒子的出射极角 θ 相关. 当 $B = 4.5 \text{ kG}$, 动量 $p_T = 1 \text{ GeV}/c$ 的粒子穿过主室全部 10 层丝时 ($l = 100 \text{ cm}$, $N = 20$), 则 $(\sigma_{p_T}/p_T)_{SP} \simeq 0.8\%$. 由多次库仑散射部分贡

献的计算值为 $(\sigma_{p_T}/p_T)_{MS} \simeq 1.4\%$. 因此, 两项合成的一般表示为:

$$\left(\frac{\sigma_{p_T}}{p_T}\right)^2 \simeq (0.8\% p_T)^2 + (1.4\%)^2 \quad (6)$$

图 6(a) 给出 $(\sigma_{p_T}/p_T)_{SP}$ 作为粒子出射极角余弦 $\cos\theta$ 函数的分布, 内含 l 与 N 的变化. 图 6(b) 表明 σ_{p_T}/p_T 及其两个组成部分 $(\sigma_{p_T}/p_T)_{SP}$ 与 $(\sigma_{p_T}/p_T)_{MS}$ 作为粒子动量函数的关系, 可以看到当粒子的动量低时, 多次散射的贡献为主.

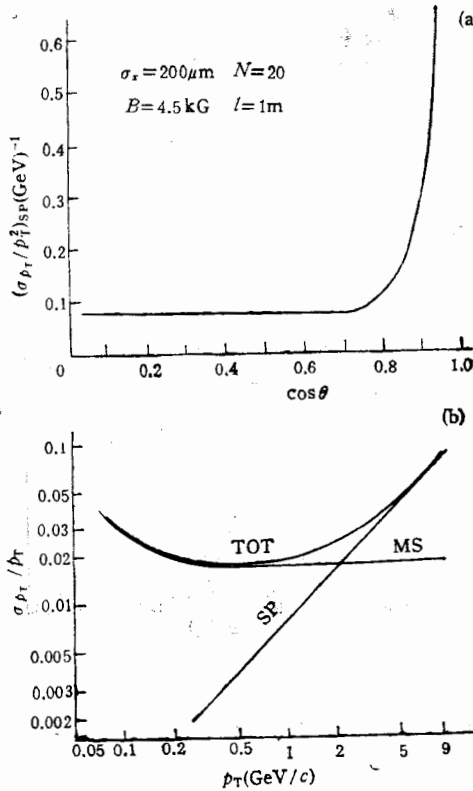


图 6 主漂移室动量分辨率

- (a) $(\sigma_{p_T}/p_T)_{SP} - \cos\theta$ 分布;
 (b) σ_{p_T}/p_T , $(\sigma_{p_T}/p_T)_{SP}$, $(\sigma_{p_T}/p_T)_{MS} - p_T$

$$\frac{\sigma_N}{E_{mp}} = \frac{1}{2.35} \cdot \frac{\text{FWHM}(1)}{E_{mp}} N^{-0.43} \quad (7)$$

主漂移室 $N = 40$, 因此有 $\sigma_{40}/E_{mp} \simeq 8.7\%$, 图 7(b) 示意地表明这一结果.

主漂移室对粒子的鉴别能力通过如下定义的一个 S 量表示:

$$S = \frac{E_i - E_\pi}{\sigma_x}, \quad i = e, k, p \quad (8)$$

6. dE/dx 测量和粒子鉴别

通过测量粒子在气体中能量损失 dE/dx 的差别, 提供一种独立的粒子鉴别技术. 图 7(a) 给出主漂移室宇宙线测试的典型单丝 dE/dx 电荷谱, 表示其分辨能力的峰半高宽与最可几能损之比 $\text{FWHM}(1)/E_{mp}$ 约为 100%, 同简单模型对最小电离粒子的估算基本一致^[9]. 如在室中对径迹测量 N 次, 并采用截断平均法处理数据, 则多次测量的结果通过 $N^{-0.43}$ 的因子改进室的能量分辨率:

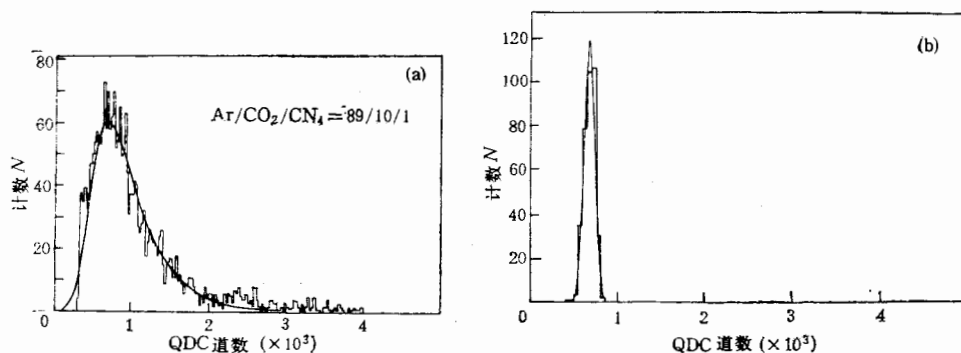


图 7 主漂移室的能量分辨率

(a) 单丝 dE/dx 电荷谱; (b) 40 次取样截断平均处理结果示意(相应 $\sigma_E/E_{mp} \approx 8.7\%$)

式中 E_π 和 E_i 分别表示 π 和 i 粒子的最可几能量损失; σ_π 为对 π 粒子多次测量得到的能量分辨本领(均方偏差); S 表示两种粒子在同一动量上的能损差包含多少个 σ_π 值. 图 8 给出计算得到的粒子鉴别能力 S 和动量 p 的关系. 对不同粒子 2σ 分离相应的动量限为:

$$\pi/K: p \leq 720 \text{ MeV}/c,$$

$$\pi/p: p \leq 1.23 \text{ GeV}/c,$$

$$\pi/e: p = 0.15 - 10 \text{ GeV}/c.$$

dE/dx 方法给予好的低动量下的 π/K 分辨, 和完全独立于簇射计数器的 π/e 分辨, 同飞行时间方法相互补充, 满足了 BES 工作能区的要求.

7. 数据信息质量

主漂移室单元设计的均匀电场分布、线性 $S-T$ 关系以及单元内的左右分辨简化了数据处理, 加速了图形识别过程. 每层单元都在 $R-\phi$ 平面提供一段靠近 4 丝组成的径迹矢量元, 可以直接计算径迹参数, 即径迹的曲率半径 ρ 和在坐标原点的方位角 ϕ_0 :

$$\rho = \frac{1}{2} \sqrt{R^2 + \left(\frac{dR}{d\phi}\right)^2}, \quad (9)$$

$$\phi_0 = \phi - \sin^{-1}\left(\frac{R}{2\rho}\right). \quad (10)$$

式中 R, ϕ 为矢量元的位置, $dR/d\phi$ 为矢量元的定域正切, 由测量得到. 寻迹过程将通过联系轴向丝层的多个矢量元进行, 比惯常的多点寻迹效率高, 然后再对斜丝层击中寻求可能的匹配^[10].

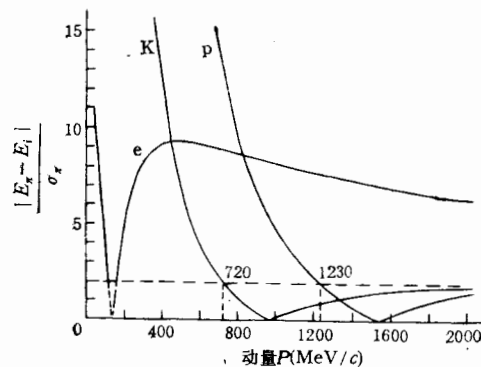


图 8 粒子辨认能力和动量 p 的关系

七、结 语

北京谱仪在北京正负电子对撞机第一个对撞点上已经运行约一年的时间,主漂移室的工作是稳定的。图9给出几个比较典型的事例图:宇宙线事例和 J/ψ 峰上的 e^+e^- 、 $\mu^+\mu^-$ 与强子事例。图中主漂移室只标绘了击中丝,未作漂移路程的校正。在 $R-\phi$ 平面,只有轴向丝击中代表粒子的径迹。为了检查效率,这里也把斜丝击中标出,相应地在径迹上出现左右位移的点。北京谱仪目前仍在积累 J/ψ 事例,将通过上百万 $\mu^+\mu^-$ 事例的处理确定主室的全面性能。

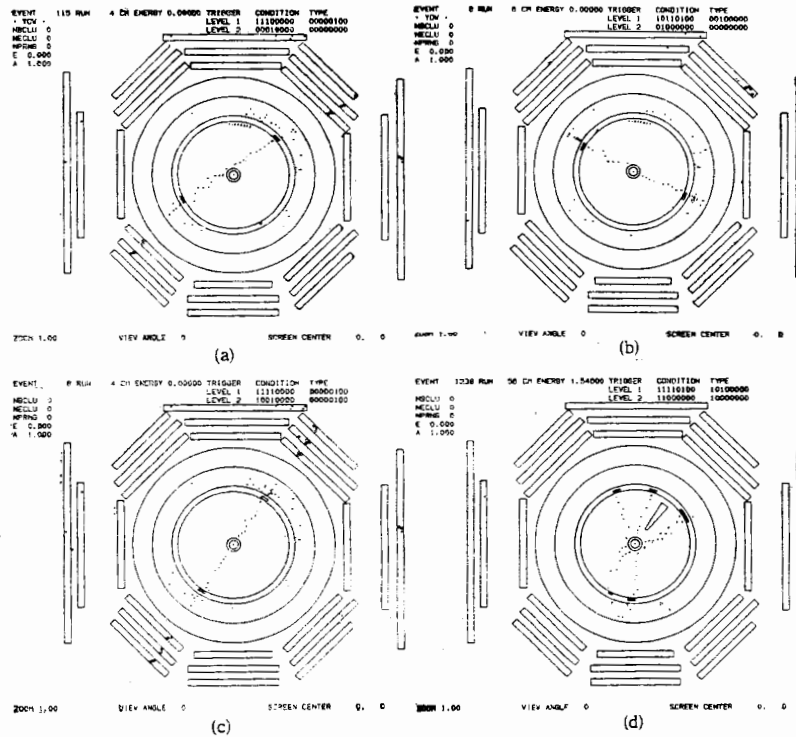


图9 北京谱仪主漂移室运行的几个典型事例

(a) 宇宙线; (b) $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$; (c) $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$; (d) $e^+e^- \rightarrow$ 强子

主漂移室的研制是一项规模较大的工程,在设计、制作和测试过程中得到各级领导,许多工厂、单位和个人帮助,我们表示感谢。我们特别感谢叶铭汉教授、A. Seiden 教授、H. F. W. Sadrozinski 教授、许榕生博士、G. Hanson 博士、史焕章、邓树森、李佳、徐芷清以及电子学室漂移室组的同志。

参 考 文 献

- [1] 马基茂等, 北京谱仪主漂移室(两册), 1985年初稿, 1988~89年修改.
- [2] H. F. W. Sadrozinski, A. Sciden, Xu Rong-sheng, 私人通信, 1985.
许榕生, 高能物理与核物理, 10(1986), 629.
- [3] 马基茂, 毛泽普, 周杰, 颜洁, 高能物理与核物理, 9(1985), 1.
马基茂, U. Becker, 马大安, A. H. Walenta, MIT-LNS Technical Report No. 129, 1982.
- [4] 马基茂, 王运永, 毛泽普, 谢佩佩, 颜洁, 高能物理与核物理, 9(1985), 273.
- [5] G. Hanson et al., SLAC-PUB-3317, 3475(1984).
- [6] 雷优远, 李曾利, 北京谱仪主漂移室结构强度刚度计算, 四部资料, 1986. 8.
- [7] 马基茂, 毛慧顺, 白景芝, 谢佩佩, 颜洁等: 第二届全国核电子学与核探测器会议文集, 1984. 10; 第三届全国计算机在核科学技术中应用会议文集, 1985. 10; 核电子学与探测技术, 7(1987), 247; 第三届全国核电子学与核探测器会议文集, 1986. 10; 高能物理与核物理, 11(1987), 441.
- [8] 马基茂, 毛慧顺, 白景芝, 谢佩佩, 颜洁等, 高能物理与核物理, 13(1989), 781.
- [9] 毛慧顺, 高能物理与核物理, 10(1986), 752.
- [10] J. Roehrig et al., SLAC-PUB-3199(1983).

THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE BES MAIN
DRIFT CHAMBER

MA JIMAO MAO HUIHUN BAI JINGZHI XIE PEIPEI YAN JIE WANG YUNYONG
WANG YAOHUI MAO ZEPU LIU RONGGUANG SHEN BENWEI SONG XIAOFEI

ZHOU JIE WU ZHENDONG FAN QUN JIN YAN RONG GANG

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

ABSTRACT

The main drift chamber of the Beijing Spectrometer (BES) has been described briefly, including its physical design, mechanical design and construction, choice of the working gas as well as prototyping. The performance of the chamber, experimental or expected, has been given: solid angle coverage, gain and efficiency, spatial resolution on the $R-\phi$ plane, axial spatial resolution, dE/dx energy resolution and particle identification power, etc.