

一个无电场成形电极平面漂移室的研究

陆伟达 陆昌国 周月华 张羽 顾维新

(中国科学院高能物理研究所)

摘 要

本文叙述了一个平面无电场成形电极漂移室的一些基本特性,测量了探测效率、漂移时间与漂移距离的关系及不同位置的电荷谱。

一、引 言

我们在研制北京谱仪簇射计数器时,簇射计数器的取样单元和电子学道数高达一万道以上,致使簇射计数器的造价在整个谱仪中占有相当大的比例,寻求一个结构简单、造价低廉的新探测器来改进传统的取样单元是必不可少的。不久前,Manchester组^[1]在研究Jade探测器的 μ 子计数器时提出了无电场成形电极漂移室的新想法,并研制了平面室,得到了一些令人鼓舞的结果。继而Siegen组^[2,3]也报道了弯管室与圆盘形室的研究结果。说明无成形电极漂移室可以在各种复杂几何形状下工作。他们还指出,这种漂移室用来作为对撞机实验的 μ 子计数器和簇射计数器端盖的可能性。这些实验结果引起了我们的注意。为了研究这种漂移室在簇射计数器上实际应用的可能性,我们首先研制了一个平面室,以探明漂移室的工作条件和基本性能,测量了我们所关心的某些参数,如探测效率、漂移速度和电荷谱等。

二、室的工作原理

在很多高能物理实验中,常要用到大面积漂移室。为了获得大的漂移距离,往往使用许多电场成形电极,以获得均匀的漂移电场。均匀电场是由一串电阻将高电压分压,产生一系列渐变的电压分别加在相应的成形电极上产生的。由于成形电极的数目总是有限的,电场的均匀性事实上是不很完善的,有时还要采用一些补偿办法。

无电场成形电极漂移室要简单多了,均匀电电场是靠沉积在绝缘体表面的正电荷自动产生的,可以很方便的做成大漂移距离、大面积的漂移室。

室的均匀电场形成过程可用图1^[4]来说明:在阳极丝上加正高压,阴极与绝缘板的外表面接地电位。刚刚加电压时,电场分布如图1a,若有粒子(宇宙线)在丝附近穿过时,由

于在此范围内电场很强($\sim \frac{1}{r}$), 此时将有雪崩产生, 正离子随着电场向丝附近的绝缘体运

动, 当它到达绝缘体后就附着在它的表面上, 随着这个过程的发展, 越来越多的正离子沉积在绝缘体表面上, 使丝附近原来指向绝缘体表面的场线改变方向而指向阴极. 假定绝缘体本身不会漏电, 也就没有场线指向绝缘体了, 如此一个理想的均匀漂移电场也就形成了(图 1(b)).

实际上, 理想的均匀电场是不存在的. 主要是绝缘体总还有漏电流, 空间电荷和扩散的影响. 实际的电场分布如图 1(c) 所示.

三、室体结构和工作条件

漂移室的结构如图 2. 框架是由二根槽型铝型材及二块截面为矩形的有机玻璃构成的. 长 60 厘米高 2.5 厘米的铝型材作为阴极, 两头的有机玻璃尺寸是 1 厘米 \times 2.5 厘米 \times 30 厘米. 它的中心有一个 $\phi 4.5$ 毫米圆孔, 孔内安装尼龙绝缘子, 绝缘子中间插入圆珠笔芯. 笔芯里插入一根 $\phi 0.6$ 毫米的不锈钢管. 作为阳极的不锈钢丝($\phi 47 \mu\text{m}$) 穿过不锈钢管后而被夹紧, 丝的张力为 100 克.

上下两块盖板用 3 毫米厚的单面披铜印刷电路板(宽 30 厘米长 60 厘米), 绝缘的一面朝里, 上下板的铜皮与阴极连在一起, 接地电位, 正 10 kV 高压通过 10 M Ω 电阻加在阳极丝上(图 2), 丝上信号经过一个 1000 Pf 的聚乙烯电容引出.

室内充以 90% Ar + 10% CH₄ 混合气体. 测量都是利用宇宙线进行的.

四、实验结果

1. 漂移速度的测量

测量的实验安排如下: 用二个长 50 厘米宽 5 厘米厚 1 厘米的闪烁体组成的闪烁计数器的符合信号作为时幅转换器的起始信号, 漂移室阳极丝信号作为停止信号. 测量前首先对电子学系统进行刻度, 改变延迟时间, 测出多道分析器的道数与延迟时间的关系. 在测量漂移时间与相对于阳极丝的位置关系时, 是改变闪烁体的位置, 测量相应位置的时间谱, 从测得的时间谱的峰值道数, 用最小二乘法

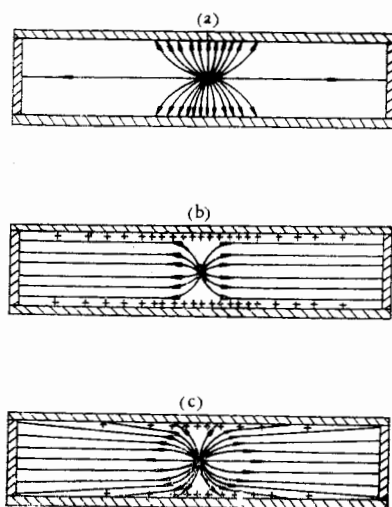


图 1 无电场成形电极漂移室的电场分布

- (a) 最初电场;
- (b) 正电荷全部集聚在绝缘体表面时的电场;
- (c) 实际的电场分布

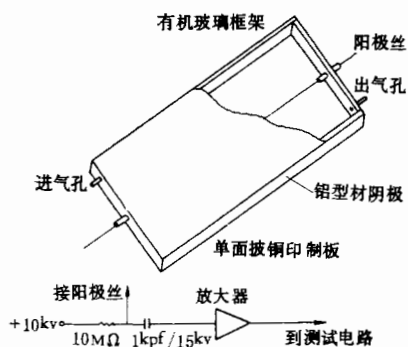


图 2 无电场成形电极漂移室的结构及信号引出

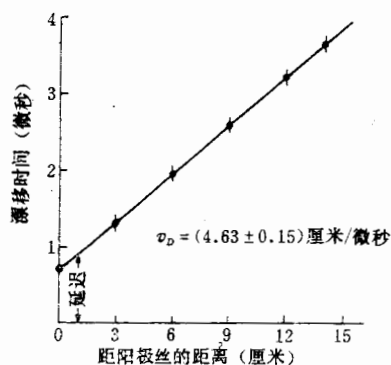


图3 漂移时间与漂移距离的关系

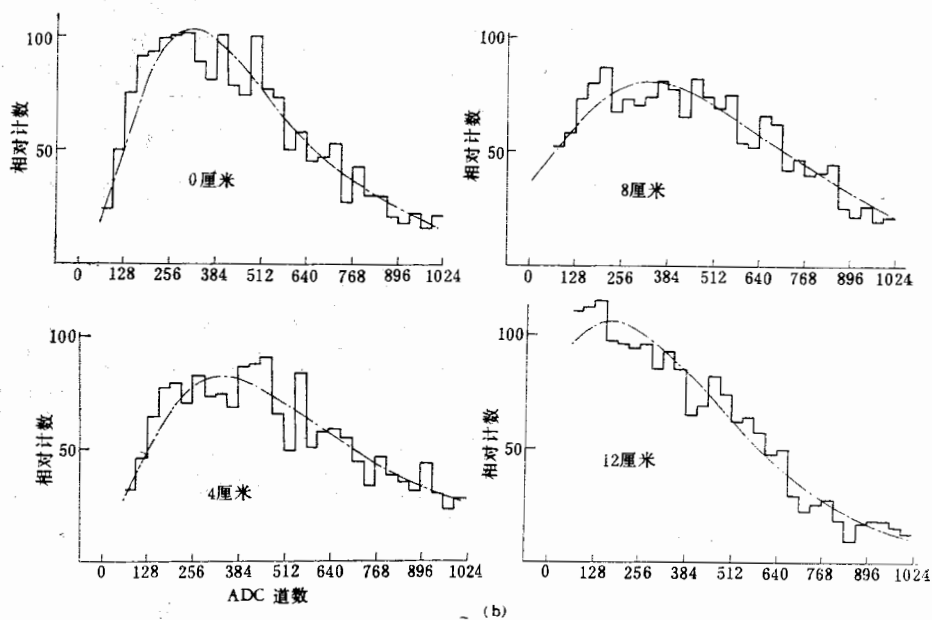
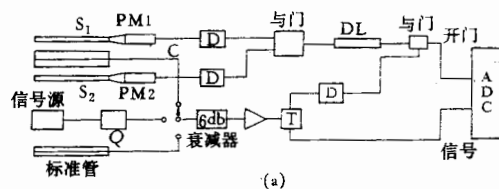


图4 (a) 电荷谱测量框图

(b) 对阳极丝距离为 0, 4, 8, 12 厘米处的电荷谱

对实验点数据进行拟合, 则漂移时间 t 与相对于阳极丝位置 x 的关系为一条直线 (图3)

$$t = (0.64 + 0.216x) \mu\text{s}$$

漂移速度 $v_D = (4.63 \pm 0.15)$ 厘米/微秒。

由图可知, 不同位置的实验点都很好地落在直线上。这表明在最大漂移距离 15 厘米以内, 漂移速度是不变的, 即时空关系的线性是满意的。这与 [2] 的实验结果符合得很好。

2. 探测效率的测量

实验的安排及电子学装置是这样的, S_1 、 S_2 闪烁计数器分别置于漂移室的上下方并与阳极丝平行放置。从 S_1 、 S_2 的输出信号经过甄别, 成形为 70ns 宽的方波, 经延迟后送到多功能逻辑单元进行符合。其输出信号分为两路: 一路送定标器 1; 另一路成形为 1.3 μ s 宽方波送到 LGU-2 与无电极室阳极丝信号进行三重符合, 三重符合的输出信号用定标器 2 记录。则探测效率

$$\eta = \text{三重符合计数} / \text{二重符合计数}$$

改变闪烁体中心到阳极丝之间的距离和相应的延迟时间, 测出的各点效率如下:

位置 x (厘米)	0	4	8	12
效率 η (%)	98 \pm 0.5	97 \pm 0.7	96 \pm 0.8	95 \pm 0.9

不难看出, 无电场成形电极漂移室的探测效率在整个漂移空间内都是比较高的。由于扩散和空间电荷的影响, 随着漂移距离的增加探测效率有些下降。

当无电场成形电极漂移室稳定工作以后, 曾经连续运行 70 天, 在 12 厘米处的探测效率一直保持在 95% 以上, 没有观察到任何恶化的迹象, 说明它是可以长期稳定地工作的。

3. 电荷谱的测量

电荷谱测量装置由三个部分组成的。(图4(a))(1) 用 NE764 水银开关产生器对电子学系统进行刻度; (2) 用一个 $2 \times 3 \times 30\text{cm}^3$ 的计数管作为监测气体放大系数的标准管。标准管直接接在漂移室的气体回路中, 测量 Fe^{55} 的 X 射线电荷谱, 用 5.9keV X 线的峰道数来作为气体放大系数变化的标志; (3) 无成形电极漂移室的测量是用闪烁计数器 S_1 、 S_2 的符合信号经延迟后去开 ADC 的门, 在开门时间内, 来自漂移室信号进入 ADC, 然后把数字信息送到微处理机进行分析。

在测量每一个位置的电荷谱之前及测量以后, 都要进行电子学系统的刻度和标准管的测量, 以监视测量条件的变化情况。

图 4(b) 是在 0, 4, 8, 12 厘米处的电荷谱。实线为测出的直方图, 虚线为用郎道分布拟合出来的曲线。在 12 厘米处谱的峰值显然向左移动, 表明电荷脉冲的幅度在漂移距离长时有所降低。

在闪烁计数器位于 0 厘米时, 用 50 倍于宇宙线计数率的 Sr^{90} 源照射漂移室, 当源取走以后测量电荷谱, 发现电荷量降低到原有电荷量一半。

4. 充电和恢复时间

漂移电场是由正电荷附着在绝缘体表面而形成的, 当加上高压以后, 均匀电场的形成有一定过程, 即需要经过一定时间以后, 电荷才能达到平衡。当室处于稳定工作状态时, 我们用 Sr^{90} 源照射室, 以观察效率的变化情况及恢复时间。闪烁计数器 S_1 、 S_2 位于离阳极丝 12 厘米处。照射前对宇宙线的探测效率为 95%, 用 50 倍于宇宙线计数率的 Sr^{90} 源照射, 在几分钟内效率下降到 72% (图 5)。照射 4 小时后取走 Sr^{90} , 效率随时间慢慢地恢复, 经 2 小时左右, 探测效率完全恢复到原来的数值。

用强源照射以后, 效率和电荷谱的峰值道数都有所下降, 这是由于照射后漂移电场发

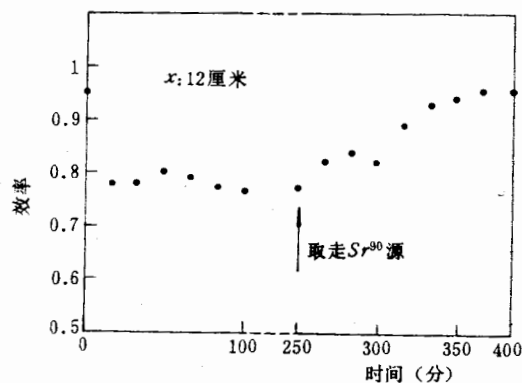


图5 用 Sr^{90} 源照射,效率与时间的变化

生变化,气体倍增系数减小,而在测量时恒比定时的甄别阈又较高($\sim 100\text{mV}$)使一些小幅度的信号因甄别阈的关系而损失掉。

五、结 语

综合上述实验结果,平面的成形电极漂移室具有结构简单、造价低廉的特点,它不需要电场成形电极就可以作成大漂移距离的漂移室,而且在整个漂移距离内探测效率高、漂移速度和电荷脉冲高度均匀,并可长期稳定工作。在宇宙线研究和某些高能物理实验中提供了一种经济而简单的探测器。

感谢叶铭汉先生对本工作的关心和支持;在测量电荷谱时得到了崔象宗李佩琴同志的大力协助,对此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] J. Allison et al., NIM 201(1982), 341.
- [2] A. Franz et al., NIM 200 (1982), 331.
- [3] Ch. Becker et al., NIM 200(1982), 335.

STUDIES OF A PLANAR ELECTRODELESS DRIFT CHAMBER

LU WEI-DA LU CHANG-GUO CHOU YUE-HUA ZHANG YU GU WEI-XIN

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

In this paper we describe some properties of a planar drift chamber without field shaping electrodes. The detection efficiency, the relation between drift time and drift distance and charge spectra at different positions have been measured.