

# 可调电场漂移室的结构和主要性能

王运永 李如柏 陈朝清

侯宝尊 谢佩佩 董雪生

(中国科学院高能物理研究所)

## 摘 要

本文介绍一种灵敏面积为  $20 \times 20 \text{cm}^2$  的可调电场漂移室的基本结构和主要性能。获得空间分辨率  $120 \mu\text{m}$ ，时间分辨率 (FWHM)  $5.3 \text{ns}$ ，效率 99% 以上，漂移单元内幅度均匀，空间-时间呈线性关系，对于  $^{55}\text{Fe}$  X 射线能量分辨率 22.5%。

## 一、引 言

可调电场漂移室是由 G. harpak 等人在欧洲原子核研究中心发展起来的<sup>[1-3]</sup>。这种室有一个粗略的均匀电场，其强度很高，阳极丝的距离可以做得很大（几厘米到几十厘米）；室可以做得很薄，适于做谱仪的顶点探测器，如果使电场的等位面加以倾斜，这种室可以在很高的均匀磁场当中工作，与多丝漂移室和均匀电场漂移室相比，它的性能是有不少优越之处。

我们在研究多丝漂移室的基础上，设计制造了  $20 \times 20 \text{cm}^2$  的可调电场漂移室，见图 1。通过研究它的结构和主要性能的测量：输出脉冲幅度的分布、效率、时间分辨、空间分辨、空间-时间关系、能量分辨率等性能的测量，并与多丝漂移室的特性进行了比较<sup>[4]</sup>。可调电场漂移室的输出脉冲幅度、时间分辨、空间分辨、空间-时间关系等特性都比多丝漂移室特性好，但是其中能量分辨率比多丝漂移室要差。对于  $^{55}\text{Fe}$  的 X 射线的全吸收峰多丝漂移室的能量分辨率为 15.8%，而可调电场漂移室对全吸收峰的能量分辨率为 22.5%。

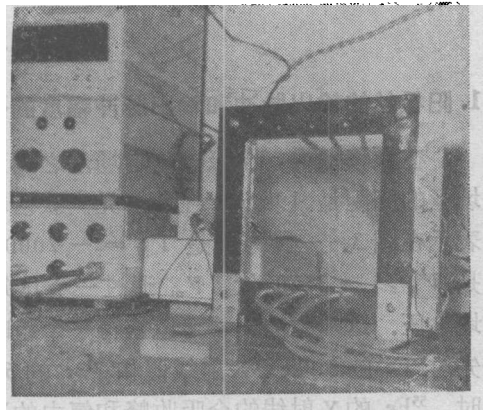


图 1  $20 \times 20 \text{cm}^2$  可调电场漂移室

## 二、基本结构

可调电场漂移室的基本结构与多丝漂移室类似，但其机械公差要求更严格以保证定

位精度,其原理如下:

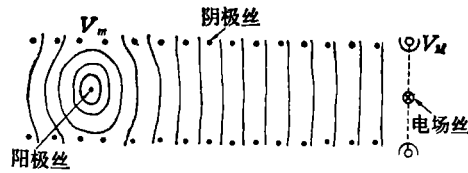


图2 可调电场漂移室单元电场结构示意图

阴极平面由平行等距的丝组成,且与阳极丝相平行,上面加有逐渐增加的负高压,以产生一个被控制的粗糙的均匀电场,其最大值  $V_M$  和最小值  $V_m$  独立可调,以方便地使电场等位面倾斜。我们采用的阴极丝是直径为  $100\mu\text{m}$  的铍铜丝,丝距  $2\text{mm}$ ,两个阴极平面之间的距离为  $6\text{mm}$  和  $9\text{mm}$  两种,阴极丝张力为  $100\text{g}$ 。阳极丝由直径为  $15\text{--}20\mu\text{m}$  的镀金钨丝做成,张力  $20\text{g}$ ,阳极丝与阳极丝之间距离为  $38\text{mm}$ ,可以加正高压,也可以是零电压,这取决于  $V_M$  和  $V_m$  的值。阳极丝之间加有电场丝,它处于阴极最高电压  $V_M$ ,电场丝的直径也为  $100\mu\text{m}$  的铍铜丝,张力为  $100\text{g}$ 。

供气方式为流气式,流量约为  $20\text{ml}/\text{min}\text{--}40\text{ml}/\text{min}$ ,使用的气体都是预先按比例混合好的。窗是由  $25\mu\text{m}$  厚的涤纶薄膜封闭的,为了防漏气,框架的四周涂上一层真空蜂蜡。

粒子穿过漂移室的零时间一般是由闪烁计数器提供的。这些闪烁计数器安装在漂移室的前面或后面。

### 三、主要性能

#### 1. 阳极丝的输出脉冲和输出脉冲幅度的分布

在漂移室内,阳极丝与电场丝之间形成一个漂移单元,我们这个漂移室阳极丝与电场丝的间距是  $19\text{mm}$ ,在此单元内获得粗略的均匀电场,我们采用了二种加电压的方案,表示在图3。一种方案是  $V_M = -2000$  伏,  $V_s = +1500$  伏,  $V_m$  接地。另一种方案是  $V_M \geq -3500$  伏,  $V_m$  通过一个几兆欧电阻接地,使  $V_m \geq -1500$  伏,这样  $V_s$  是地电压。这两种方案都可以获得一个粗略的均匀电场,看来后一种方案更理想一点。首先对  $^{55}\text{Fe}$  的  $5.9\text{keV}$  X射线谱和  $^{90}\text{Sr}$  的  $\beta$ 射线谱进行了测量。当漂移室工作于“正比区”时,  $^{55}\text{Fe}$  的X射线的全吸收峰和氡中的逃逸峰的幅度分布形式见图4。对全吸收峰的能

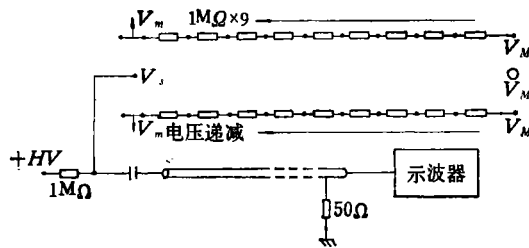


图3 可调电场漂移室单元加电压方案图

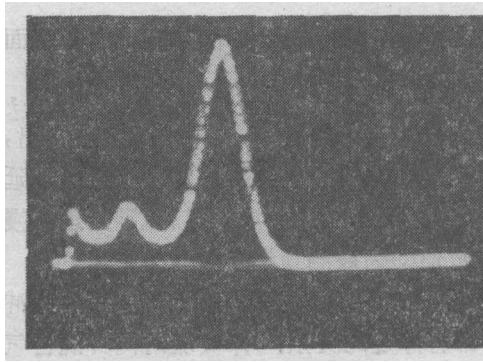


图 4 <sup>55</sup>Fe X 射线幅度谱

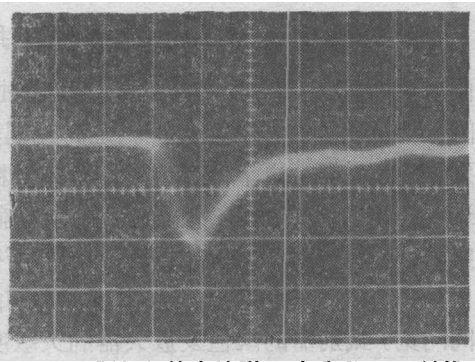


图 5 阳极丝输出波形。对于 <sup>55</sup>Fe X 射线  
输出阻抗 50Ω  
纵轴每格 5mV，横轴每格 5ns

量分辨率为 22.5%。

实验中我们观察了阳极丝上输出脉冲在 50Ω 阻抗上的波形：上升时间为 3ns，脉冲底宽为 15ns 左右，幅度有几个毫伏到十几毫伏，表示在图 5。

漂移室一般都工作于“正比区”，我们测量了每条阳极丝输出脉冲幅度和在一个漂移单元内入射粒子位置与输出脉冲幅度之间的关系。我们对两种混合气体：10.3% CH<sub>4</sub> + 89.7% Ar 和 19.3% CO<sub>2</sub> + 80.7% Ar 进行了测量，结果见图 6。可以看出，在漂移距离为 19mm 时，对两种气体输出脉冲幅度基本不太有变化，说明这种漂移室的电场基本是均匀的。而且还获得以下结果：不同阳极丝的输出脉冲幅度大部分都相同，但有个别丝输出脉冲幅度与平均值相差较多，主要是丝直径的不均匀和形变造成。

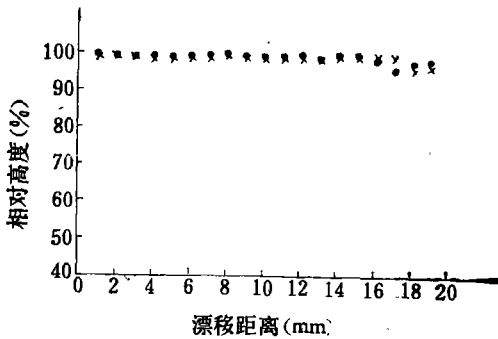


图 6 输出脉冲幅度与漂移距离的关系

- 10.3%CH<sub>4</sub> + 89.7%Ar, 阳极电压 +1200V, 电位丝电压 -2400V
- × 19.3%CO<sub>2</sub> + 80.7%Ar, 阳极电压 +1300V, 电位丝电压 -2600V

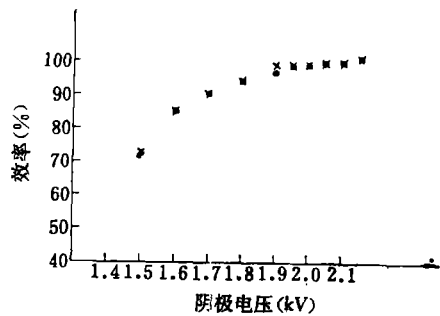


图 7 效率-阴极高压关系曲线

- 10.3%CH<sub>4</sub> + 89.7%Ar 阳极高压 +1.68kV
- × 19.3%CO<sub>2</sub> + 80.7%Ar 阳极高压 +1.68kV

## 2. 效率

漂移室的探测效率 ε 表征粒子穿越室时能被探测到的几率。一般定义为入射粒子数

$N_0$  与被测到粒子数  $N$  之比:  $\varepsilon = \frac{N}{N_0}$ 。我们用了快慢符合方法: 漂移室上面和下面放有两个快的闪烁计数器,  $^{90}\text{Sr}$  的  $\beta$  射线通过准直器放置在漂移室上面的闪烁计数器上, 两个闪烁计数器的输出讯号经恒比定时甄别器进入快符合电路, 快符合电路分两路输出, 一路到定标器计数, 这个计数值就作为入射粒子数  $N_0$ , 快符合电路另一路输出经可调延迟线进入慢符合电路, 漂移室对应的阳极丝输出讯号经两个二级快放大器、甄别器进入慢符合电路, 慢符合电路输出由定标器计数, 所得计数值即为被测到粒子数  $N$ 。

效率与阴极和阳极丝所加高压有密切的关系, 也和气体、室的几何形状、接受脉冲的时间门宽, 甄别器的阈值及放大器的灵敏度等都有一定的关系。本实验对两种混合气体 (10.3%  $\text{CH}_4$  + 89.7%  $\text{Ar}$ ) (19.3%  $\text{CO}_2$  + 80.7%  $\text{Ar}$ ) 进行效率-高压关系曲线的测量, 结果见图 7。可以看出对于 10.3%  $\text{CH}_4$  + 89.7%  $\text{Ar}$  阴极电压在 -1950 伏左右效率达到坪值, 效率大于 99% 的坪长大于 150 伏。对于 19.3%  $\text{CO}_2$  + 80.7%  $\text{Ar}$  阴极高压在 -1900 伏左右达到坪值, 效率大于 99% 的坪长约为 200 伏左右, 测量中阳极丝电压均为  $+HV = 1.68\text{kV}$ , 源对准阳极丝。效率与阳极丝的电压关系极为密切。

### 3. 空间-时间相互关系

漂移室的空间定位是通过漂移时间  $t$  的测量, 利用简单的关系  $x = vt$  来实现的。定位精度既取决于漂移时间  $t$  的测量精度, 也与漂移速度  $v$  的测量精度及稳定性有关。如果漂移室电场分布是均匀的, 那么漂移速度在整个漂移单元内是一个常数。也就是说, 漂移距离和漂移时间之间有一个严格线性关系。

我们用精密机械扫描进行测量, 把准直器放于测量台架上, 测量台是由显微镜底座改

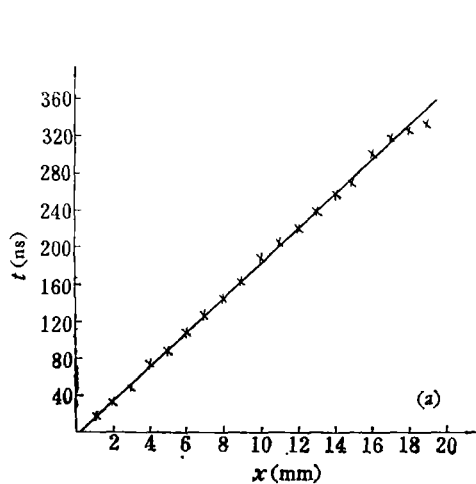


图 8(a) 空间-时间相互关系

× 气体: 19.3%  $\text{CO}_2$  + 80.7%  $\text{Ar}$   
 阳极电压 +1.5kV  
 阴极电压 -2.4kV

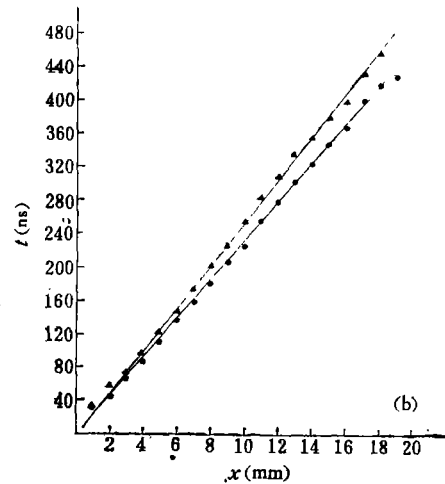


图 8(b) 空间-时间相互关系

气体: 19.3%  $\text{CO}_2$  + 80.7%  $\text{Ar}$   
 ● 阳极电压 +1.4kV,  
 阴极电压 -2.6kV  
 △ 阳极电压 零,  
 阴极电压 -3.5kV

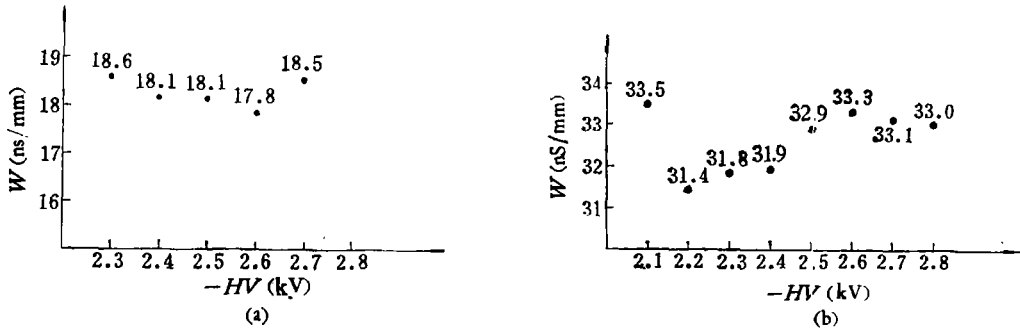


图 9 漂移速度-电场关系  
W 为漂移速度

- (a) 19.3%CO<sub>2</sub> + 80.7%Ar +HV = 1.5kV
- (b) 10.3%CH<sub>4</sub> + 89.7%Ar +HV = 1.5kV

装成的,将漂移室固定不动,放射源放在测量台架的准直器上,移动测量台架相当于改变放射源的位置,记下相应的漂移时间,每移动 1mm 测量一点。

在可调电场漂移室中,由于有一个粗略的均匀电场,因此在整个漂移单元内电场强度比较均匀,所以空间和时间呈线性关系。即使在阳极丝附近或远离阳极丝的电场丝附近都无畸变现象,而多丝漂移室在这两端有显著的非线性关系,在接近阳极丝处更为显著。

我们对 10.3% CH<sub>4</sub>+89.7% Ar 和 19.3% CO<sub>2</sub>+80.7% Ar 在不同的阴极电压下进行了测量,测量结果见图 8(a)(b)和图 9。图 8 表示漂移距离和漂移时间的关系,由图可知,除个别电场丝附近的实验点之外,实验点偏离直线小于百分之三。图 9 表示一个漂移单元内电场与漂移速度的关系曲线,由图可以看出,对于 10.3% CH<sub>4</sub> + 89.7% Ar 混合气体,阴极电压从 -2.2kV 到 -2.4kV 漂移速度基本饱和,饱和漂移速度为  $W \approx 31.7\text{ns/mm}$ , 对于

19.3% CO<sub>2</sub> + 80.7% Ar

混合气体,阴极电压从 -2.4kV 到 -2.6kV 漂移速度基本饱和,饱和漂移速度为  $W \approx 18.3\text{ns/mm}$ 。

#### 4. 空间分辨率和时间分辨率

漂移室的空间分辨,表征了漂移室对入射粒子坐标定位的精确度。它说明了漂移室区分两根相邻径迹的能力。空间分辨与漂移时间测量的精确度(它与气体放大的涨落,电子学系统渡越时间的涨落有关)、原电离径迹的宽度、电子在漂移过程中的扩散(它与气体的性质及电场有关)及实

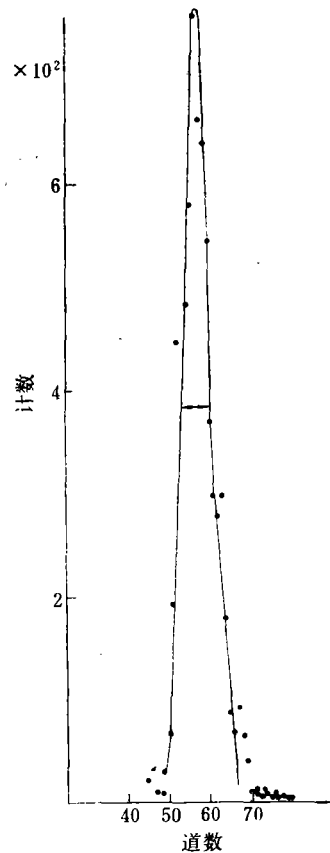


图 10  $t_1-t_2$  分布曲线  
阳极高压 +1.35kV  
阴极高压 -1.7kV  
时间刻度每道为 1ns

验方法有关。测量漂移室空间分辨的方法很多,我们采用双漂移室法<sup>[4]</sup>,它是通过测量时间分辨  $\Delta t$  来得到空间分辨  $\Delta \xi$ 。

在实验中,我们取了一个较窄的人射粒子束,为了减小本底,我们使第一个漂移室  $DC_1$  和闪烁计数器来的讯号进行快符合,快符合电路分辨时间  $\tau = 0.85\text{ns}$ ,为了减小多次散射本底,在闪烁体上还放一个准直器。快符合输出作  $TAC$  的起始讯号,从第二个漂移室  $DC_2$  而来的讯号作  $TAC$  的停止讯号,我们测得  $t_1-t_2$  的分布如图 10 所示,取其 FWHM 为  $\Delta t = 5.3\text{ns}$  (扣除了测量系统本身的时间分辨为  $1.7\text{ns}$ ),利用公式

$$\Delta \xi = \frac{\Delta t}{\sqrt{2}} \cdot \frac{D}{T},$$

用已测得的对于  $89.7\% \text{Ar} + 10.3\% \text{CH}_4$  平均饱和漂移速度  $T/D = 31.7\text{ns/mm}$  近似地得到  $\Delta \xi \leq 0.120\text{mm}$ 。

本工作是在叶铬汉同志指导下进行,还有赵平德、孟祥承、刘荣光、万五一等同志参加过部分工作,作者在此表示感谢。

### 参 考 文 献

- [1] G. Chanpak, International Conference on Instrumentation for High Energy Physics (1973), Frascati, 247.
- [2] A. Breskin, G. Chanpak, F. Saul et al., *Nucl. Instr. Methods.*, **119**(1974), 9.
- [3] F. SAULL, *Nucl. Instr. Methods.*, **156**(1978), 147.
- [4] 王运永、李如柏等,核技术, **4**(1979), 21.

## CONSTRUCTION AND PRIMARY PERFORMANCE OF AN ADJUSTABLE FIELD DRIFT CHAMBER

WANG YUN-YONG LI RU-BAI CHEN CHAO-QING HOU BAO-ZUN  
XIE PEI-PEI DONG XUE-SENG

(*Institute of High Energy Physics Academia Sinica*)

### ABSTRACT

The elementary construction and primary performance of an adjustable field drift chamber with sensitive area  $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$  are discussed. We have obtained spatial resolution of  $120\text{ }\mu\text{m}$ , time resolution (FWHM) of  $5.3\text{ ns}$  and efficiency of above 99%. The amplitude is uniform in drift cell. The time-space correlation is linear and its energy resolution arrives 22.5% for X-ray of  $^{55}\text{Fe}$ .