

漂移室退化效应的观测

马基茂 王运永 毛泽普 卢新华

谢佩佩 颜洁

(中国科学院高能物理研究所)

摘 要

利用 5MeV 的电子束照射漂移室, 在 Ar/CO₂, Ar/CH₄ 及 Ar/iC₄H₁₀ 等不同气体混合物条件下研究了漂移室的暗电流, 输出脉冲幅度, 能量分辨及计数率坪曲线随单位长度阳极丝上所收集到的总电荷数的变化。

一、引 言

漂移室是高能粒子谱仪的核心部分之一。它机械加工精密, 制作周期长, 造价高。确保其可靠而长期的运转是十分重要的。

任何探测器都有其使用寿命。漂移室也不例外。著名的 MARK-II 谱仪, 其漂移室的寿命为五年左右。而 ARGUS 谱仪的漂移室只工作一年半就报废了。TPC 谱仪的中心漂移室模型, 进行寿命实验时只用了几个星期就明显变坏。因此研究漂移室的寿命问题, 严格地说, 研究漂移室长期运转时, 它的性能的退化现象是一项有实际意义的工作。

气体探测器的寿命研究, 很早就已引起人们的注意。早期的工作是用正比计数管和盖革管^[1]做的。近年来也有人使用多丝正比室和漂移室^[2]。但是, 退化现象及其产生机制并不很清楚, 影响因素也说法不一。它仍然值得做进一步研究。本实验是把漂移室放在强束流下连续照射, 以等效于室长期运转。漂移室性能的退化既与其工作的时间长短有关, 又与工作时气体雪崩的大小有关, 我们以每毫米阳极丝上累计收集的总电荷来表征。

二、实验设备

1. 漂移室: 实验中使用的平面漂移室如图 1 所示。它是一种多丝型漂移室, 有效面积为 $30 \times 30\text{cm}^2$ 。框架是由 G-10 板做成。两阴极面之间的距离为 1.5cm, 最大漂移距离为 1.0cm。阴极平面是由 Be-Cu 丝做成, 丝直径为 $100\mu\text{m}$, 张力为 150g。为了减小边缘处的电场梯度, 每边各用了 5 根粗丝 ($150\mu\text{m}$, 张力 200g), 阴极丝丝距为 1mm。阳极平面内有阳极丝及电位丝。阳极丝是直径 $20\mu\text{m}$ 的镀金钨丝, 张力为 50g。电位丝是直径 $100\mu\text{m}$ 的 Be-Cu 丝, 张力为 150g。室用 $30\mu\text{m}$ 厚的涤纶薄膜作密封窗, 并用真空封蜡涂

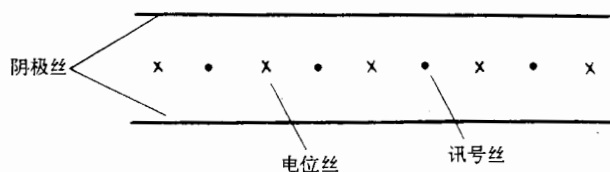


图1 漂移室结构示意图

于四周以防漏气。阳极丝的方向与阴极丝垂直。阴极及电位丝上加有固定的负高压。阳极丝接地。

2. 气体混合物: 漂移室使用流气式供气方式。实验中使用了三种常用的不同气体混合物: $80\% \text{ Ar} + 20\% \text{ CO}_2$; $90.4\% \text{ Ar} + 9.6\% \text{ CH}_4$; $70\% \text{ Ar} + 30\% i\text{C}_4\text{H}_{10}$ 。前两种是预先配好的,第三种是在实验中按比例混合的。作为对比,使用了两瓶 $\text{Ar} + \text{CO}_2$ 气体,通过色谱仪分析表明,第一瓶含有大量杂质。漂移室的气体流量为 $20\text{ml}/\text{分钟}$,平均每隔一小时全室换一次气。

3. 束流: 入射粒子是由北京师范大学低能核物理研究所的电子直线加速器提供的。其能量为 5MeV ,流强最大可调到 $180\mu\text{A}$ 。本实验所用的束流密度为 $0.12\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 。流强的变化控制在 $\pm 10\%$ 以内。束流密度的测量是让束流通过准直器及法拉第圆筒,并测量束流截面之后得到的。

4. 实验步骤:

漂移室加适当的工作电压,使其正常运转,利用电子束进行照射。每隔 20 分钟,停止照射,测量暗电流(三根阳极丝并联)脉冲幅度,能量分辨率及计数率坪曲线。连续照射,测量这些物理量的变化。测量中使用的放射源是 ^{59}Fe ,高压电源为 JGY-2A 型。测量脉冲幅度及能量分辨率时,使用的仪器为 FH423 型电荷灵敏放大器(放大倍数为 $5 \times 50 \times 0.9$,主放大器微积分时间常数均为 $1\mu\text{s}$),FH451 型 1024 道脉冲幅度分析器,测量计数率坪曲线时使用相同的放大器及 FH421 型单道分析器(用作甄别器,阈值为 300mV),FH408 型自动定标器。

整个测量过程中,放大器系统用半导体探测器进行校正。束流密度用测量穿过准直器及法拉第圆筒的束流并通过测量束流截面进行刻度。

三、实验结果

1. 暗电流的变化: 室的暗电流(三根阳极丝)与每毫米阳极丝收集的总电荷之间的关系如图 2 所示。可以看到,对于第一瓶 $80\% \text{ Ar} + 20\% \text{ CO}_2$ 气体,其值上升很快,而对于 $70\% \text{ Ar} + 30\% i\text{C}_4\text{H}_{10}$ 来说,看不到什么变化。暗电流的增加使室的噪声本底加大,是室性能变坏的标志之一。

2. 能量分辨率的变化: 定义室的能量分辨率 $\eta = \Delta E/E$,其中 E 为 ^{59}Fe 5.9KeV X 射线全能峰的道位。 ΔE 为 FWHM。 η 与每 mm 阳极丝收集的总电荷之间的关系如图 3 所示。把室的退化点 Q_c 定义为: 当能量分辨率变化 5% 时,每 1mm 阳极丝上收集到的总电荷数。可以看到: 对于 $70\% \text{ Ar} + 30\% i\text{C}_4\text{H}_{10}$ 来说, Q_c 为 8.4×10^{19} 个电子,对于

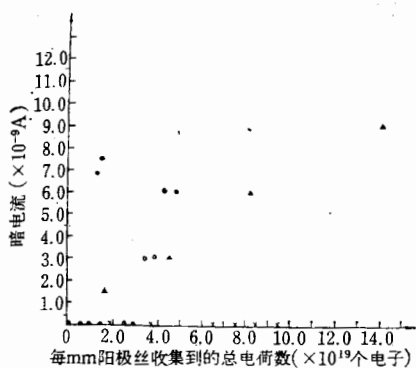


图 2 暗电流与每毫米阳极丝上收集到的总电荷之间的关系

- 80% Ar + 20% CO₂, 第一瓶
- × 70% Ar + 30% *i*C₄H₁₀
- ▲ 90.4% Ar + 9.6% CH₄
- 80% Ar + 20% CO₂, 第二瓶

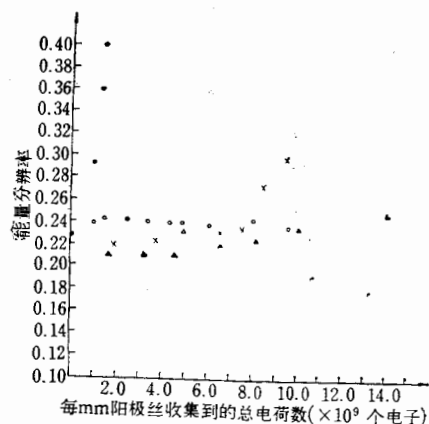


图 3 能量分辨率与每毫米阳极丝上收集的总电荷之间的关系

- 80% Ar + 20% CO₂, 第一瓶
- × 70% Ar + 30% *i*C₄H₁₀
- ▲ 90.4% Ar + 9.6% CH₄
- 80% Ar + 20% CO₂, 第二瓶

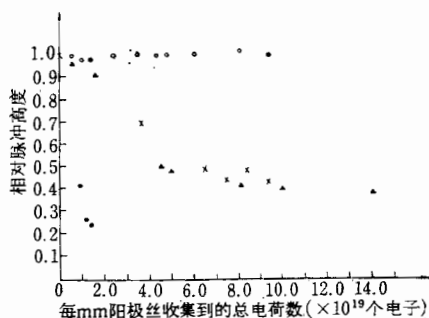


图 4 脉冲幅度的变化

- 80% Ar + 20% CO₂, 第一瓶
- × 70% Ar + 30% *i*C₄H₁₀
- ▲ 90.4% Ar + 9.6% CH₄
- 80% Ar + 20% CO₂, 第二瓶

90.4% Ar + 9.6% CH₄ 来说 Q_c 为 1.4×10^{20} 个电子, 对于第一瓶 80% Ar + 20% CO₂ 来说, Q_c 小于 0.9×10^{19} 个电子. 而对于第二瓶 80% Ar + 20% CO₂, 直到总电荷为 9.4×10^{19} 个电子时, 能量分辨率仍无变化.

3. 脉冲幅度的变化: 脉冲幅度与每 mm 阳极丝上收集的总电荷之间的关系如图 4 所示. 假如把室的退化点 Q_d 定义为: 脉冲幅度变化 5% 时, 每 mm 阳极丝上收集到的总电荷数. 可以看到: 对于 90.4% Ar + 9.6% CH₄ 来说, Q_d 为 1.6×10^{19} 个电子, 对于 70% Ar + 30% *i*C₄H₁₀, Q_d 小于 3.7×10^{19} 个电子, 对于第一瓶 80% Ar + 20% CO₂, Q_d 小于 0.9×10^{19} 个电子. 但是, 对于第二瓶 80% Ar + 20% CO₂ 来说, 直到总电荷为 9.4×10^{19} 个电子时, 脉冲幅度仍无看到明显的改变. 本实验中, 脉冲幅度的变化是室退

化的一个明显的标志。

4. 计数率坪曲线的变化: 在室被照射之前及照射当中, 对其计数率坪曲线进行了测量. 结果如图 5 所示. 除了第二瓶 Ar/CO₂ 之外, 对其他气体混合物, 计数率坪曲线都向高压方向移动。

对每个被照的室都进行了观察, 在阳极丝或阴极丝上都没有看到“长毛”现象。“长毛”现象是用 5 倍的放大镜透过涤纶薄膜窗来观察的。

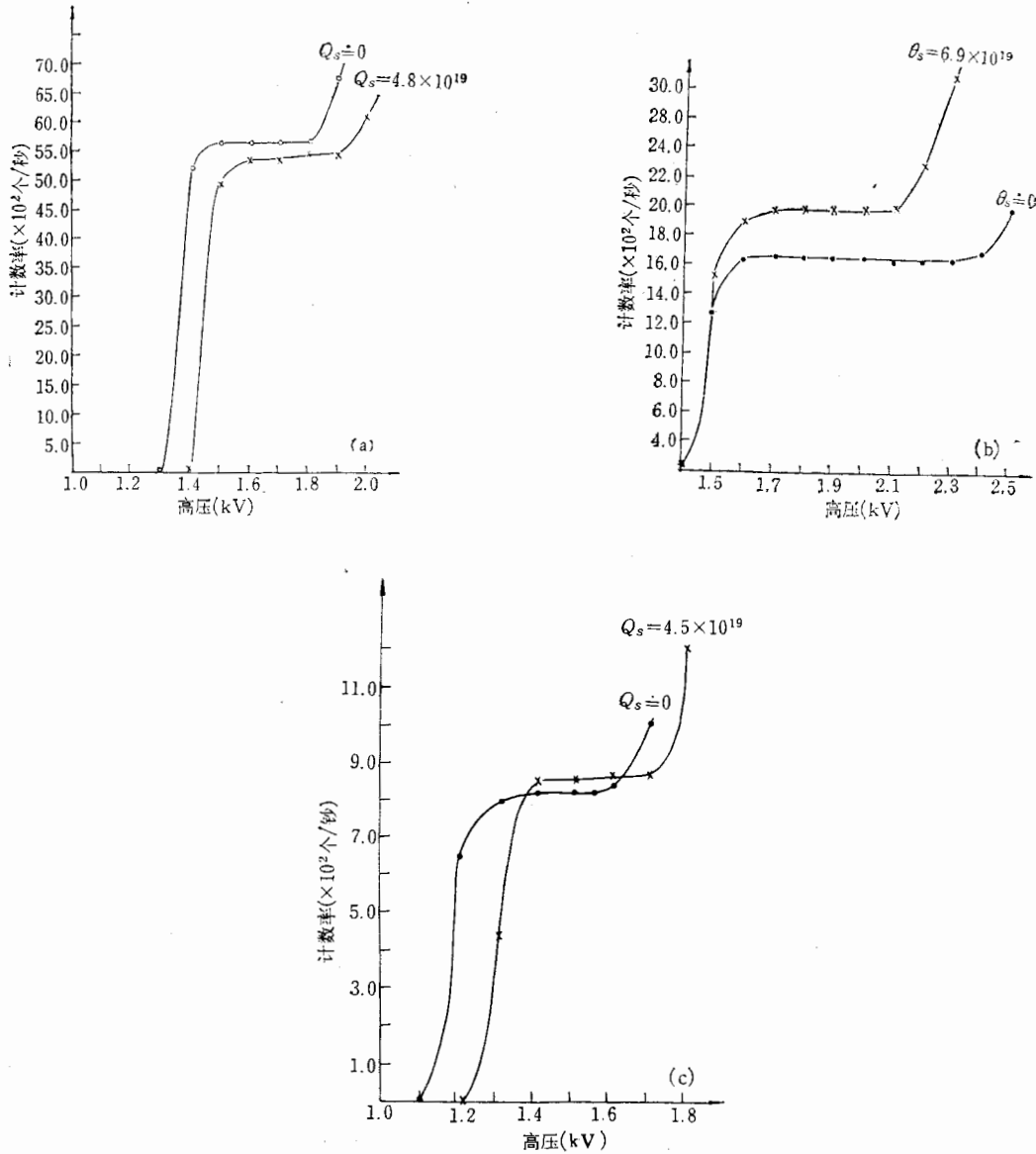


图 5 计数率坪曲线的变化

(a) 第一种 80% Ar + 20% CO₂, (b) 70% Ar + 30% iC₄H₁₀, (c) 90.4% Ar + 9.6% CH₄, 图中的 Q_s 为 单位阳极丝上(每毫米)收集到的电子数。

四、讨 论

1. 对于本实验所用的各种气体混合物，都看到了室的退化效应。但是对于所测的四项指标来说，它们的灵敏程度有明显的区别。

2. 气体中的杂质对漂移室的退化起重要的作用，在运行漂移室时，应严格控制杂质含量。

3. 由于加速器的时间限制，我们被迫使用很强的人射束流。因此空间电荷的影响是很严重的。照射中的气体放大倍数要小于用 ^{59}Fe 源测得的值。我们在计算时用了后者以进行相对比较。空间电荷的影响程度有待进一步研究。

4. 第二瓶 Ar/CO_2 气体混合物表明最好的寿命特性，是我们选中的气体。

在实验中，北京师范大学低能核物理所提供了加速器束流。荣刚和张菊芳同志参加了部份工作，在此深致谢意。

参 考 文 献

- [1] A. J. F. Den Boggende, et al., *J. Phys.*, E2 (1960), 701; W. Spieberg et al., *Rev. Sci. Instr.*, 46 (1975), 1086.
- [2] G. Charpak et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, 99(1972), 279; M. Turala et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, 205(1983), 141; W. Ash et al., «Np Int. Rep., 71-1 CERN».

PRELIMINARY TEST FOR AGEING EFFECT OF DRIFT CHAMBERS

MA JI-MAO WANG YUN-YONG MAO ZE-PU
LU XIN-HUA XIE PEI-PEI YAN JIE
(*Institute of High Energy Physics, Academia Sinica*)

ABSTRACT

The degradation of some performances of the drift chambers irradiated with 5 MeV electron beam has been tested. The gas mixtures filled were Ar/CO_2 , Ar/CH_4 and $\text{Ar}/i\text{C}_4\text{H}_{10}$ in proportion.

The dark current, the pulse height, the energy resolution and the counting rate plateau have been measured during the irradiation.