

# 小型多丝正比室性能研究

彭华寿 李忠珍 于宸 罗开元 田德源 張鑒 胡家偉

本文着重叙述小型多丝正比室的性能测量结果,包括气体放大、电晕放电、位置分辨率、输出脉冲波形、输出最大幅度、 $^{56}\text{Fe}$ 幅度谱、效率坪曲线以及延迟时间分布等。

## 一、前 言

自1968年G. Charpak<sup>[1]</sup>开始研究多丝正比室以来,由于它具有位置分辨好、时间分辨好、计数率容量大、探测面积大,并能与计算机相联进行在线实时实验等一系列优点,1970年以后多丝正比室已在高能物理领域内广泛使用,成为当代最有力的高能探测器之一。与此同时,在低能核物理<sup>[2]</sup>,X射线衍射<sup>[3]</sup>和中子衍射<sup>[4]</sup>晶体结构分析、中子照相<sup>[5]</sup>以及核医学<sup>[6]</sup>等方面,多丝正比室也越来越广泛得到应用。

小型多丝室能获得关于多丝正比室的大部分工艺和性能研究信息,同时所要求的条件相对简单,对低能方面的应用也多系小型室。因此,我们认为选择小型室作为多丝正比室研究工作的第一步是适宜的。

多年来,国外在多丝正比室工作中,尚未引入一经过实验验证的气体放大定量关系式。通过我们对所使用的五种混合气的测量验证,证实了Diethorn关系式也适用于多丝正比室,并测出了相应的气体特性常数。此外,虽然D. Blum等<sup>[7]</sup>指出过多丝正比室有电晕放电现象存在,但没有将电晕放电与 $A-V_0$ 曲线联系起来,同时其判断电晕放电的方法也难于判断正常电晕放电与提前电晕放电的区别。为此我们进一步做了些工作。多丝正比室在什么放电区段失去定位能力,我们也作了比过去工作更明确的测定。此外,还对多丝室的其他性能作了较全面的测量。现分别介绍如下。

## 二、室 结 构

室的灵敏面积是 $100 \times 100 \text{ mm}$ ,结构示意图见图1。它由三个电极丝平面构成,阳极丝平面在两个阴极丝平面的中央。阳极丝用 $25 \mu\text{m}$ 或 $50 \mu\text{m}$ 直径的镀金钨丝;阴极丝平面由直径约 $100 \mu\text{m}$ 的铜钨丝或不锈钢丝构成,丝距为 $1 \text{ mm}$ 。窗用 $15 \mu\text{m}$ 或 $27 \mu\text{m}$ 厚的聚脂薄膜。工作气体是流动式的,实验中采用下列五种:Ar+5%  $\text{CO}_2$ , Ar+15%  $\text{CO}_2$ , Ar+30%  $\text{CO}_2$ , Ar+10%  $\text{GH}_4$ 以及Ar+Methylal ( $0^\circ\text{C}$ )五种。气体流量约 $50 \text{ ml/min}$ 。

有关制作细节请参阅资料<sup>[8]</sup>,实验中使用的多丝正比室结构参数列于表1。

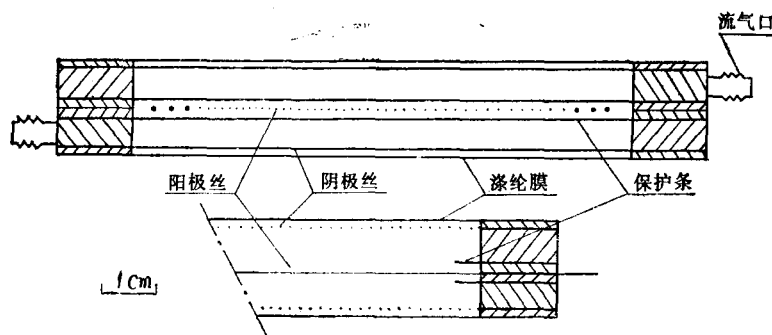


图 1 多丝正比室结构示意图

表 1 实验用正比室的几何参数

室号	阳极直径 $a$ , $\mu\text{m}$	丝距 $S$ , $\text{mm}$	极间距离 $L$ , $\text{mm}$	阴极直径 $b$ , $\mu\text{m}$	单位厘米电容 $C$ , $\times 10^{-2}\text{cm}$
2 T	25.4	3	7.5	100	4.35
3 T	25.4	2	6.8	100	
4 T	25.4	4	6.76	100	5.5
6 T	25.4	3	6.6	100	4.75
8 T	25.4	2	6.5	100	3.72
1 T	25.4	2	7.0	100	
8	25.4	3	10.4	100	3.44
9	25.4	3	10.6	100	3.39
10	25.4	3	10.32	100	3.42
11	50.7	3	9.9	100	3.76
12	25.4	3	8.57	100	3.97
13	25.4	2	8.62	100	2.98
15	25.4	2	8.6	100	2.98
11 <sub>sb</sub>	50.7	6	9.9	100	5.68
4	40.0	3	10.0	100	

### 三、气体放大

对普通同轴形正比管适用的 Diethorn 关系式引用于上述多丝正比室,并进行了实验验证。

1. 测量方法及结果 测量所用的电子仪器安排如图 2。前级放大器均方噪声小于  $10 \mu\text{V}$ 。放大器总增益  $9.2 \times 10^4$ 。微分时间为  $2.3 \mu\text{s}$ ,积分时间为  $0.38 \mu\text{s}$ 。校正电容器电容值为  $0.92 \text{ pf}$ 。脉冲产生器除了用来随时监视仪器的漂移以外,它还与校正电容一道用来校正多丝正比室的脉冲电荷  $q$ 。根据电离功  $W^{[9]}$ 值,可得到  $^{55}\text{Fe}$  在室中产生的原电离电荷值  $q_0$ ,  $q/q_0$  的比值即为测量的气体放大  $A$  值。

所有测量都是用  $^{55}\text{Fe}$  源进行的。测得的  $A$  与工作电压  $V_0$  关系的典型曲线示于图 3。值得指出的是,在几种混合气 (Ar + Methylal 除外) 中,  $A-V_0$  曲线在有限正比区后,继续增加电压,出现一个“平台”区。从下面第五节的测量中可以知道,“平台”出现的区域也就是电晕放电区。

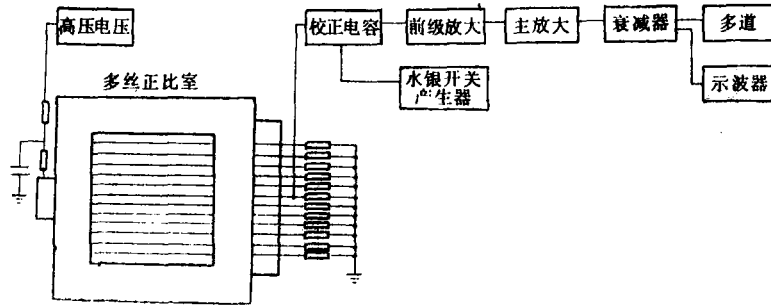


图 2 测量气体放大电子线路方框图

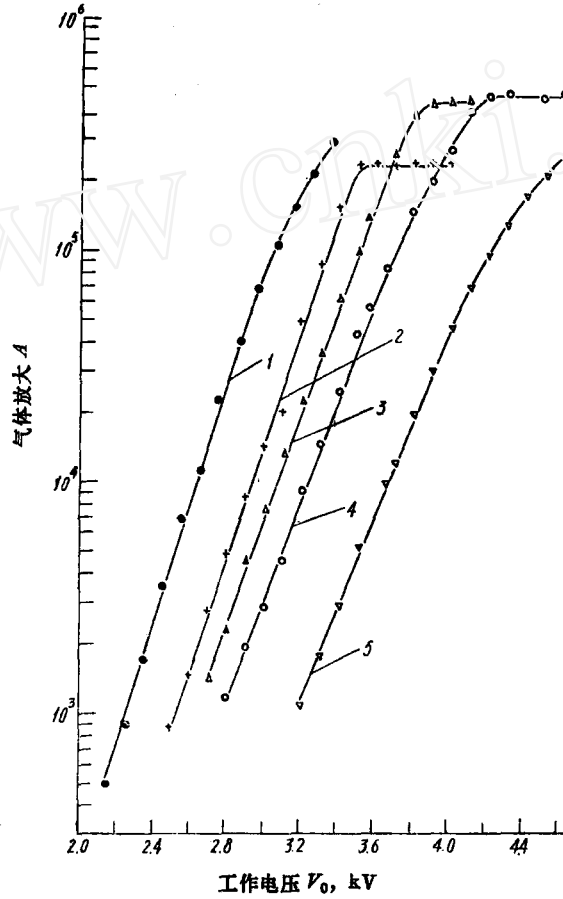


图 3 气体放大-工作电压关系

1A — r + Methylal (0°C); 2 — Ar + 5% CO<sub>2</sub>; 3 — Ar + 10% CH<sub>4</sub>; 4 — Ar + 15% CO<sub>2</sub>; 5 — Ar + 30% CO<sub>2</sub>

2. Diethorn 关系式的验证及  $\Delta V, K$  的测定 同轴型正比管的 Diethorn 关系式为:

$$\frac{\ln A \ln \frac{b}{a}}{V_0} = \frac{\ln 2}{\Delta V} \left[ \ln \left( \frac{V_0}{P a \ln \frac{b}{a}} \right) - \ln K \right]. \quad (1)$$

式中  $a, b$  分别为正比管阳极和阴极半径;  $P$  为气压;  $\Delta V$  和  $K$  为气体特性常数。

同轴型正比管单位长度上的电容:

$$C = \frac{1}{2 \ln \frac{b}{a}} \quad (2)$$

将(2)式代入(1)式得:

$$\frac{\ln A}{2 CV_0} = \frac{\ln 2}{\Delta V} \left[ \ln \left( \frac{2 CV_0}{Pa} \right) - \ln K \right] \quad (3)$$

在某一  $V_0$  值, 我们假设在同轴型正比管与多丝室的等效电场  $(E = \frac{2 CV_0}{r})$  相等情况下, 只要两者的  $C$  相同, 则得到的  $A$  一样。因此, 只要式(3)中的  $C$  替换成多丝正比室情况下的单位长度电容值  $C$ :

$$C = \frac{1}{2 \pi \frac{L}{S} - 2 \ln \left( \frac{2 \pi a}{s} \right)} \quad (4)$$

则式(3)就成为引入多丝室情况的 Diethorn 关系式。式(4)中  $L$  为多丝阳、阴极间距,  $S$  为阳极丝距。

我们对五种混合气测量了  $A$  值, 并用  $\frac{\ln A}{2 CV_0}$  对  $\ln \left( \frac{2 CV_0}{Pa} \right)$  作图, 示于图 4 和图 5,

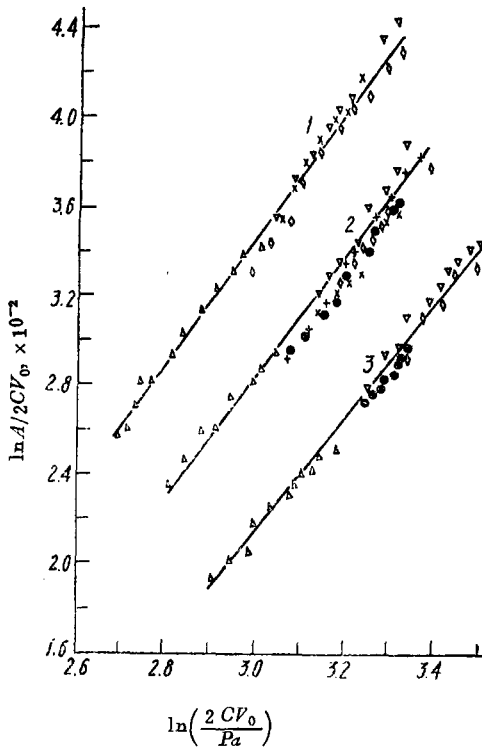


图 4 将  $\frac{\ln A}{2 CV_0}$  对  $\ln \left( \frac{2 CV_0}{Pa} \right)$  作图

1—Ar + 5% CO<sub>2</sub>; 2—Ar + 15% CO<sub>2</sub>;  
3—Ar + 30% CO<sub>2</sub>; •——正比室 15°;  
△——11s<sub>6</sub>°; ×——8°; ▽——12°;  
◇——4 T°; +——6 T°。

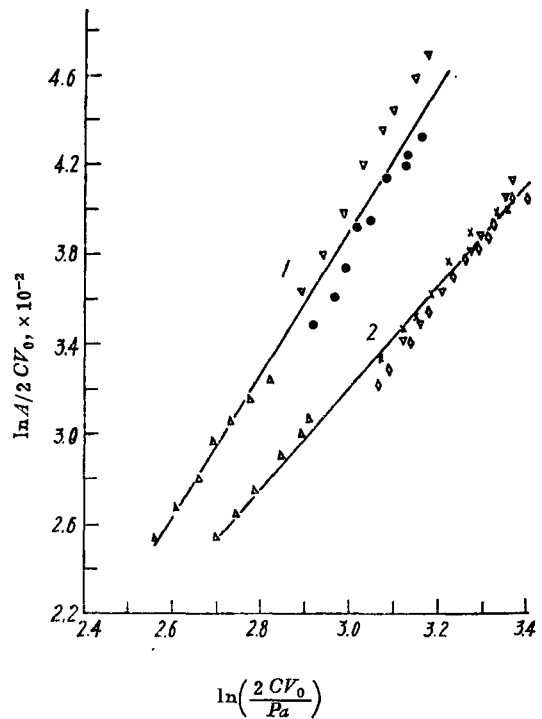


图 5 将  $\frac{\ln A}{2 CV_0}$  对  $\ln \left( \frac{2 CV_0}{Pa} \right)$  作图

1—Ar + Methylal (0°C); 2—Ar + 10%  
CH<sub>4</sub>; •——正比室 15°; ×——8°; △——  
11s<sub>6</sub>°; ◇——4 T°; ▽——12°。

对每种混合气，所有实验点都落在一条直线上。

利用最小二乘法处理，得出了气体特性常数  $\Delta V$  和  $K$  值，结果列于表 2。

表 2 测得的气体特性常数  $\Delta V, K$  值

混 合 气	$W, eV$	$\Delta V, V$	$K, V/mm \cdot mmHg$
Ar+30%CO <sub>2</sub>	29.0	28.2±0.1	8.58±0.58
Ar+15%CO <sub>2</sub>	27.7	27.8±0.1	6.57±0.46
Ar+5%CO <sub>2</sub>	26.6	25.4±0.1	5.76±0.26
Ar+10%CH <sub>4</sub>	26.7	30.3±0.1	4.86±0.28
Ar+Methylal(0°C)	26.2	21.0±0.2	6.07±0.51

#### 四、最大输出脉冲幅度

在一系列  $A-V_0$  测量曲线中，取直线部分的最大输出脉冲幅度为  $h_{max}$ （相应的气体放大为  $A_{max}$ ）。表 3 列出了 12 号正比室的  $h_{max}$  值，可以看出，Ar+10% CH<sub>4</sub> 和 Ar+Methylal (0°C) 混合气的  $h_{max}$  值比 Ar+CO<sub>2</sub> 混合气的  $h_{max}$  值小。这种差别的原因，可能是由于 CO<sub>2</sub> 具有一定程度的负电性，对空间电荷能起中和抵销作用。因此，对多丝正比室取出最大线性输出脉冲而言，选用 CO<sub>2</sub> 与 Ar 混合气比有机蒸汽与 Ar 混合气为好。

#### 五、电 晕 放 电

为了寻找  $A-V_0$  曲线中的“平台”区是什么放电，我们测量了多丝正比室的电晕电流和工作电压的关系，典型的测量结果示于图 6 中（虚线）。所有测量表明，在  $A-V_0$  曲线的“平台”区附近开始产生电晕电流。在开始出现电晕电流以后，继续增加电压就出现电晕放电所具有的微弱啞啞声，工作电压越高，啞啞声越大。与此同时，进入电晕区后也能在较暗环境下用肉眼观察到阳极丝上的电晕发光层。这些测量和观察均说明，从“平台”区附近开始，正比室已进入电晕放电区。

#### 六、脉 冲 波 形

多丝正比室之所以能定位，主要是由于射线在某一阳极丝上产生雪崩而形成负脉冲，而同时在与它相邻近的丝上得到感应的正脉冲。我们观察了在不同阳极丝上得到的脉冲极性和大小，用一经准直的 <sup>59</sup>Fe 平行对准 10 号室第 16 根阳极丝，在该阳极丝及其邻近阳

表 3 12# 正比室的  $E \times A_{max}$  和  $h_{max}$  值

	Ar+30%CO <sub>2</sub>	Ar+15%CO <sub>2</sub>	Ar+5%CO <sub>2</sub>	Ar+10%CH <sub>4</sub>	Ar+Methylal(0°C)
$E \times A_{max}, \times 10^8 eV$	7.72	8.85	9.02	5.78	2.39
$h_{max}, mV$	91.2	109	115	73.5	31

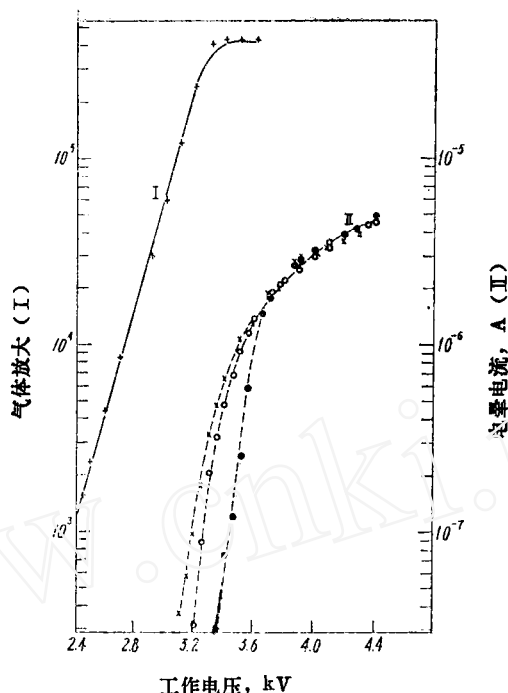


图 6 气体放大平台与电晕区的对照  
 $11\text{Sb}^{\oplus}$ ; Ar+5%CO<sub>2</sub>; ·——无源; ○—— $^{56}\text{Fe}$ (50 mCi); ×—— $^{90}\text{Sr}$ 。

极丝上测得的脉冲极性与大小列于表 4 内。此外，用 100 MG 示波器观察了多丝室的输出波形与工作电压  $V_0$  的关系。输出脉冲是经一快放大器（上升时间为 7 ns，输入阻抗为 50  $\Omega$ ，电流增益为 300）后用示波器观察。不同工作电压下的波形示于图 7。

表 4  $^{56}\text{Fe}$  源打在 16 号丝上，从邻近丝引出信号的极性及相关幅度

引出信号丝数	16	15或17	14或18	13或19
幅度, mV	70	13	5	2
相对幅度	1.0	$0.186\left(\frac{1}{5.4}\right)$	$0.071\left(\frac{1}{14}\right)$	$0.0286\left(\frac{1}{35}\right)$
极性	-	+	+	+

## 七、空间分辨

在阳极丝单独引出信号的情况下，多丝正比室的空间分辨率由丝距  $S$  所限制（即  $\pm \frac{1}{2}S$ ）。

我们采用一简便方法来测量多丝室的空间分辨率。用一长约 25 mm，宽约 2 mm 的长条形  $^{56}\text{Fe}$  源（强度约 50 mG），经一宽 0.3 mm、长 25 mm、深 20 mm 的准直器，垂直入射到多丝室。多丝室放置在一微动台的上方固定不动，准直  $^{56}\text{Fe}$  源固定在微动台上可

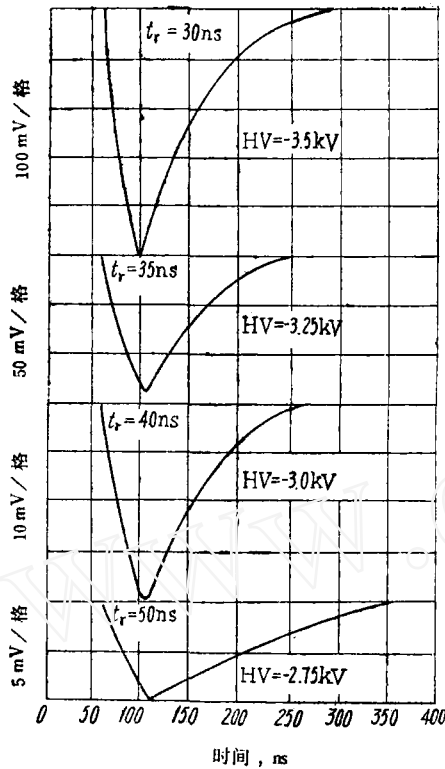


图 7 不同工作电压下的波形  
12<sup>#</sup>, 第16根丝; <sup>55</sup>Fe;  $R_L=110\text{ k}\Omega$ ; Ar + 10%CH<sub>4</sub>;  $t_r$  为上升时间。

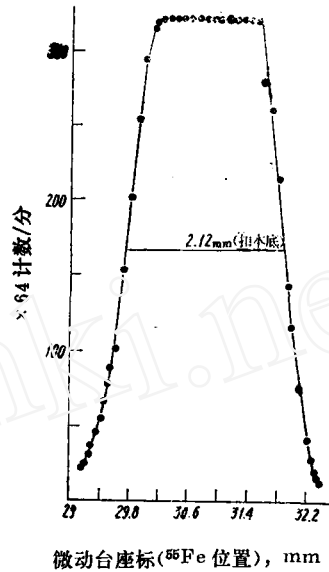


图 8 多丝正比室的位置分辨曲线  
15<sup>#</sup>; 第27根丝; Ar + 15%CO<sub>2</sub>; HV = -4.5 kV;  $K=9.25 \times 10^8$ ;  $S=2\text{ mm}$ ; 鉴别阈为20伏。

相对多丝正比室移动, 微动台的位置精度为 0.01 mm。测量结果如下:

1. 典型的多丝正比室位置分辨曲线示于图 8。15<sup>#</sup>室  $S=2\text{ mm}$ , 而图 8 得到的位置分辨半宽度为  $\pm 1.06\text{ mm}$ 。这 60  $\mu\text{m}$  的贡献, 一个原因是  $S$  精度约 30  $\mu\text{m}$ ; 另外, <sup>55</sup>Fe 源可能不太纯, 其中的 <sup>59</sup>Fe 也可能略微拉宽位置线谱。此外, 准直源也不是理想地垂直入射, 也会略微拉宽位置线谱。

2. 为判明正比室在什么工作电压范围失去定位能力, 测量了正比室的位置分辨曲线随  $V_0$  的变化, 典型结果示于图 9。对照 11<sub>s6</sub><sup>#</sup> 室的气体放大曲线和电晕电流曲线, 可以得出下面几点: (a) 在正比区内, 正比室具有正常的位置分辨本领; (b) 在有限正比区, 正比室的位置分辨本领略微变差一点; (c) 当进入电晕区, 正比室就失去位置分辨能力。

## 八、延迟时间分布

我们测量了正比室延迟时间分布, 并注意了分布谱主峰和尾巴与室参数、气体、工作电压的关系。其实验安排如图 10。S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> 均为塑料闪烁体, S<sub>1</sub> 厚约 4.5 mm。光电倍增管为 56 DVP。T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> 为 HBDS-1 型甄别器, 是专为快光电倍增管配备的恒比定时器; 快符合是一个用晶体管作的电流门, 类似一个与非门; 放大器的电流增益为 300, 上升时间 7 ns; 甄别器具有 30 mV 的触发阈, 用于放大后脉冲的成形和定时; TAG 为 JSHF-1 型通用时

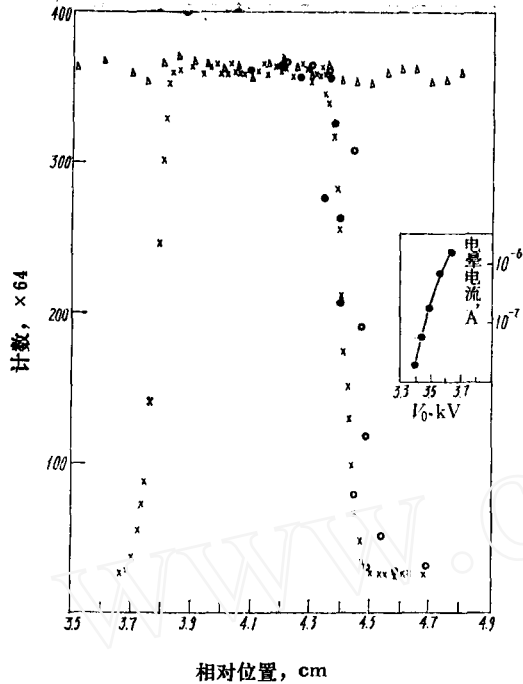


图 9 不同工作电压  $V_0$  下位置分辨曲线  
 $^{118}\text{Sb}$ ; Ar+100%CH<sub>4</sub>;  $^{56}\text{Fe}$ ; ×——2.95 kV;  
 ●——3.0 kV; ○——3.1 kV; ◇——3.4 kV.

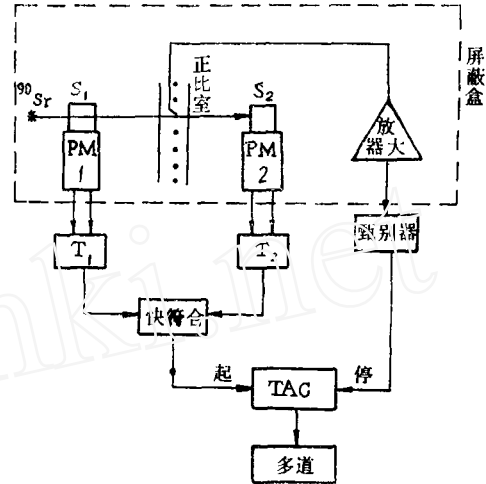


图 10 测延迟时间分布线路方框图

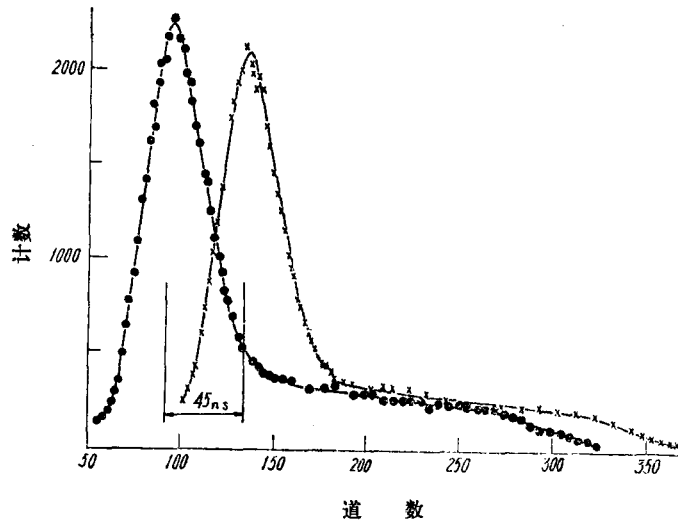


图 11 9#室延迟时间分布曲线  
 Ar+5%CO<sub>2</sub>;  $V_0=3.9\text{ kV}$ ;  $\Delta t=46\text{ ns}$ ;  $1.18\text{ ns/道}$ .

幅变换器。在  $^{90}\text{Sr}$  源照射下，两路闪烁计数器自身晃动为 2 ns。

对多丝室某一单根阳极丝，测得的典型延迟时间分布曲线如图 11。在主峰的后面拖着一个长尾巴。用  $\Delta t$  表示主峰的半宽度，以  $\Delta T$  表示峰位到尾巴终止处的时间。将测得的四个不同参数正比室的  $\Delta t$  及  $\Delta T$  分别示于图 12 及表 5。

对流 Ar+5%CO<sub>2</sub> 气的 6T 室，测得的  $\Delta t$  为 36 ns，而用 B. B. Rossi 和 H. H. Staub<sup>[10]</sup>



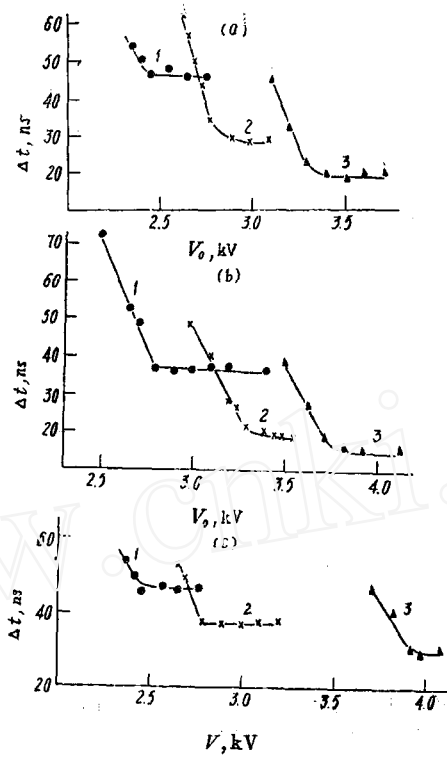


图 12  $\Delta t$  与  $V_0$  关系曲线

(a) 4 T 室; 1—Ar+5%CO<sub>2</sub>; 2—Ar+15%CO<sub>2</sub>; 3—Ar+30%CO<sub>2</sub>; (b) 6 T 室; 1—Ar+5%CO<sub>2</sub>; 2—Ar+15%CO<sub>2</sub>; 3—Ar+30%CO<sub>2</sub>; (c) Ar+5%CO<sub>2</sub>; 1—4 T 室,  $S=4$  mm; 2—6 T 室, 3 mm; 3—3 T 室, 2 mm。

的  $V$  恒定值  $4.4 \text{ cm}/\mu\text{s}$ , 算得在  $\frac{S}{2}$  程差内电子漂移时差为  $34.5 \text{ ns}$ 。二者十分相近。从图 12 也可看出, 比较 4 T, 6 T, 3 T 三个室,  $S$  越小,  $\Delta t$  的恒定值也越小。这就说明分布曲线的主峰是由阳极丝附近  $S/2$  区域内早到电子脉冲所贡献。从表 5 还可看到, 9\*, 2 T, 6 T 室的  $L$  不同,  $\Delta T$  值也相应变化; 而 4 T、6 T 室的  $S$  值不同,  $L$  值同,  $\Delta T$  值几乎相等。这表明, 分布谱的尾巴在一定工作气体下主要由  $L$  值所决定。从图 12 还看出, 对同一个室, Ar+30%CO<sub>2</sub> 的  $\Delta t$  值比 Ar+15%CO<sub>2</sub> 的  $\Delta t$  小, 而 Ar+15%CO<sub>2</sub> 的  $\Delta t$  恒定值比 Ar+5%CO<sub>2</sub> 的  $\Delta t$  又小。这种差异主要是由于漂移速度  $V$  的不同<sup>[11]</sup>而造成的。

## 九、效 率 坪

效率  $\eta$  定义为正比室和  $S_1, S_2$  闪烁计数器的符合计数  $N$  与  $S_1, S_2$  闪烁计数器的符合计数  $N_0$  的比

$$\eta = N / N_0.$$

我们是采用图 13 的实验安排测量正比室的效率坪。为了限束,  $S_2$  晶体改为  $4 \text{ mm}$  宽度的, 由于只用了一路放大线路, 把多丝室几条阳极丝并联在一起, 以保证不丢失有用的计数。主放大器用 JBF-1 型; 符合线路为 JSF-1 型, 分辨时间为  $0.1\text{--}5 \mu\text{s}$ ; 成形 1 和成

表 5 不同参数正比室的  $\Delta T$

室 号	参 数	工作电压, V	$\Delta T$ , ns	气 体, 1 atm
4 T	$S = 4 \text{ mm}$	2630	110	Ar + 15%CO <sub>2</sub>
	$L = 6.8 \text{ mm}$	2735	119	
	$d = 25 \mu\text{m}$	2785	124	
6 T	$S = 3 \text{ mm}$	3000	110	
	$L = 6.6 \text{ mm}$	3100	110	
	$d = 25 \mu\text{m}$	3200	115	
6 T		2500	160	Ar + 5%CO <sub>2</sub>
		2650	167	
		2700	185	
2 T	$S = 3 \text{ mm}$	2900	200	
	$L = 7.5 \text{ mm}$	2950	210	
	$d = 25 \mu\text{m}$			
9*	$S = 3 \text{ mm}$	3900	275	
	$L = 10.6 \text{ mm}$	3800	270	
	$d = 25 \mu\text{m}$	3700	280	

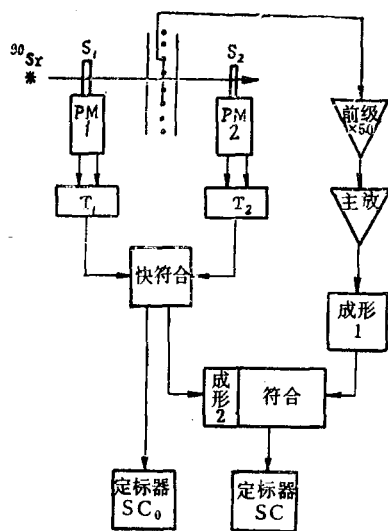


图 13 测效率坪线路方框图

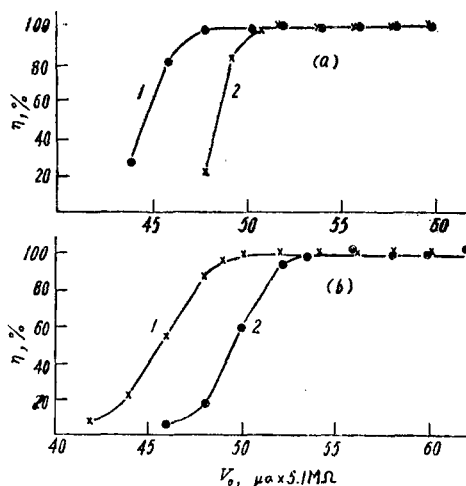


图 14 效率坪曲线  
 6 T室; 门宽 500 ns; (a) Ar + 10% CH<sub>4</sub>; (b) Ar + 15% CO<sub>2</sub>; 1——主放 128 档; 2——主放 64 档。

形 2 是为了给出符合线路所要求的脉冲。定标器 SC<sub>0</sub> 记录  $N_0$ , 定标器 SC 记录  $N$ 。

将 6 T 室的效率坪示于图 14。对 Ar + 10% CH<sub>4</sub> 及 Ar + 15% CO<sub>2</sub> 混合气, 效率高于 98% 的坪长达 600 V。

## 十、 $^{56}\text{Fe}$ 脉冲幅度谱

多丝室对  $^{56}\text{Fe}$  的最好能量分辨率为 16%，见图 15。3 keV 处的峰是 Ar 逃逸峰。

还测量了不同工作电压  $V_0$  下  $^{56}\text{Fe}$  脉冲幅度谱的演变特征。 $V_0$  在正比区时，明显能分开光电峰和 Ar 逃逸峰；进入有限正比区时，光电峰分布拉宽，Ar 逃逸峰消失；再增加  $V_0$  到电晕区，附近一段范围，在幅度谱上除原有的光电峰外，又出现了一窄的电晕脉冲峰，随着  $V_0$  的进一步增加，电晕峰的面积越来越大，正比脉冲峰面积越来越小（见图 16）。这表明，多丝室进入“平台”区起始点附近后，并不是立即全部进入电晕放电，而是有一段两种放电共存的区域。可能的原因是，在这段区域内，除有饱和的有限正比放电外，已开始局部的非稳定电晕放电，而这局部的电晕放电随  $V_0$  的升高而逐步扩大。

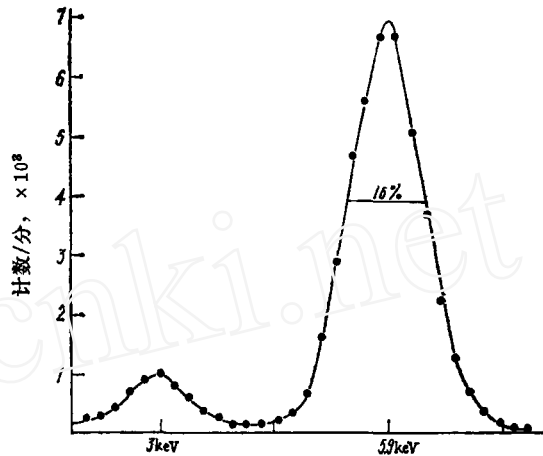


图 15 多丝正比室对  $^{56}\text{Fe}$  的脉冲分布谱  
 $12^\circ$ ; Ar+15%CO<sub>2</sub>;  $^{56}\text{Fe}$ ;  $V_0 = -2.9\text{ kV}$ ;  $K = 4.55 \times 10^4$ 。

此外，我们还观察了  $^{56}\text{Fe}$  与某一阳极丝相对位置对光电峰能量分辨率的影响。将室放置微动台上方固定，把源对准某根丝后，改变相对它的不同位置，测量不同相对位置下的脉冲幅度谱。其典型曲线示于图 17。对  $S=2\text{ mm}$  的 15 号室，源与某一阳极丝移动在  $\pm 0.6\text{ mm}$  以内时，对能量分辨率影响不明显。这可能是由于  $^{56}\text{Fe}$  光电子在 1 atm Ar 中

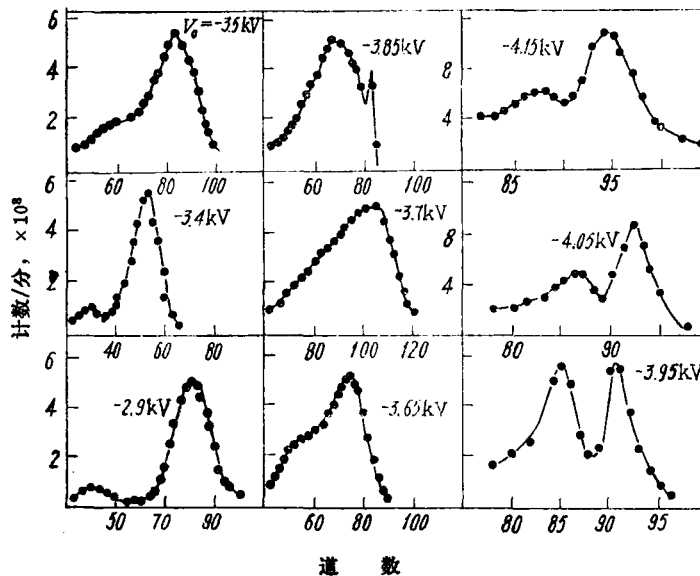


图 16 脉冲幅度谱与工作电压的关系  
 $11\text{cm}$ ;  $^{56}\text{Fe}$  源; Ar+15%CO<sub>2</sub>。

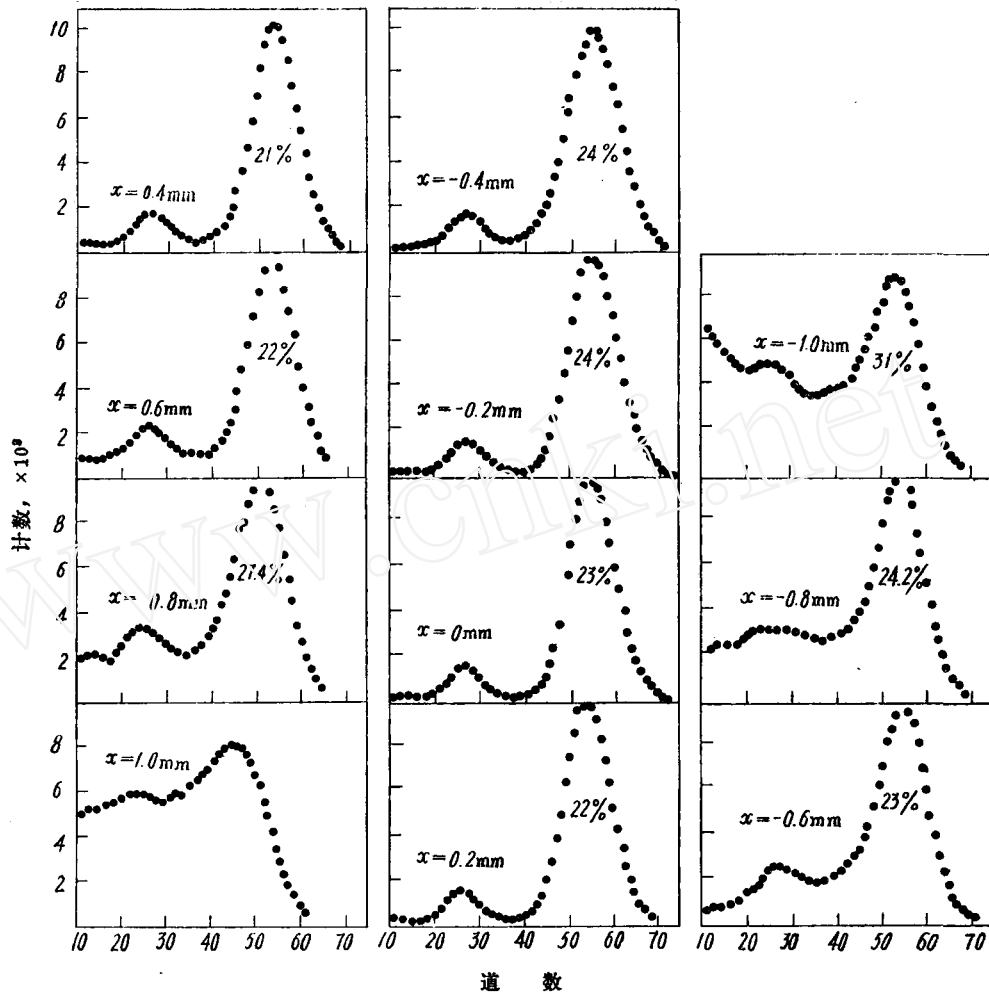


图 17 源与丝相对位移( $x$ )与 $^{56}\text{Fe}$ 的脉冲幅度谱的变化  
 15°; 第 27 根丝; Ar+30%CO<sub>2</sub>; HV=-4.4 kV;  $K=4.55 \times 10^4$ .

的射程为 0.3 mm, 对在高阳丝 0.6 mm 处入射的 $^{56}\text{Fe}$ , 绝大部分光电子是在 $\pm \frac{1}{2}S$ 以内。大于 0.6 mm 入射时, 就有一部分射线的相当一部分能量损耗在 $\pm \frac{1}{2}S$ 以外, 而使能量分辨率变坏。

### 参 考 文 献

- [1] G. Charpak et al, *Nucl. Instrum. Methods*, **62**, 262 (1968).
- [2] F. Bearsworth et al, *Nucl. Instrum. Methods*, **127**, 29 (1975);  
M. Kohier et al, *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, **NS-22**, 1, 272 (1975).
- [3] G. Cork et al, *J. Appl. Crystallogr.*, **7**, 319 (1973);  
J. Alberi et al, *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, **NS-22**, 1, 255 (1975).
- [4] R. Allemant et al, *Nucl. Instrum. Methods*, **126**, 29 (1975).
- [5] K. Valentine et al, *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, **NS-21**, 1, 178 (1974).
- [6] S. N. Kaplar et al, *Nucl. Instrum. Methods*, **106**, 397 (1973);

(下转第 610 页)

平方律、灵敏度高及能量响应较好等优点,作为核辐射防护中的快中子通量监测器是比较理想的。此外,该监测器还可以用来比对能谱相同(或相似)的中子源的强度。

如果监测器被用来估计快中子剂量,则需要知道中子场的能谱。因监测器的读数和快中子剂量当量率都是与快中子通量成正比,故剂量当量率 $\dot{H}$ (毫雷姆/小时)与监测器的读数 $C$ (计数/秒)的关系可表述如下:

$$\dot{H} = \frac{C}{\varepsilon} \bar{F}$$

式中 $\varepsilon$ 为监测器的灵敏度(计数/中子/厘米<sup>2</sup>), $\bar{F}$ 为平均剂量换算系数(毫雷姆/小时/中子/厘米<sup>2</sup>·秒)。例如,对于<sup>226</sup>Sb-Be,<sup>241</sup>Am-Be,<sup>252</sup>Cf源,平均剂量换算系数为0.124<sup>[13]</sup>,0.142<sup>[13]</sup>和0.120<sup>[14]</sup>毫雷姆/小时/中子/厘米<sup>2</sup>·秒,采用灵敏度 $\varepsilon=2.03$ 计数/中子/厘米<sup>2</sup>,推算出 $\varepsilon/\bar{F}$ 值如下:

<sup>226</sup> Ra-Be	16.3 计数/秒/毫雷姆/小时,
<sup>241</sup> Am-Be	14.3 计数/秒/毫雷姆/小时,
<sup>252</sup> Cf	17.0 计数/秒/毫雷姆/小时。

通过这个例子可以看出,监测器的剂量灵敏度是很高的,几乎比现有中子雷姆仪的灵敏度高5倍之多,但能量响应较差。

在未知中子谱的情况下,可以选择一个适当的 $\varepsilon/F$ 值(例如14),对快中子剂量当量率作出粗略估计,但这将给出过于安全的数值。

### 参 考 文 献

- [1] A. O. Anson and J. L. Mckibben, *Phys. Rev.*, **73**, 673 (1947).
- [2] J. De Pangher, BNWL-260 (1966).
- [3] J. De Pangher, *Nucl. Instrum. Methods*, **5**, 61 (1959).
- [4] R. Wallace et al., *Selected Topics in Radiation Dosimetry*, p. 579, IAEA, Vienna (1961).
- [5] M. Ladu et al., *Nucl. Instrum. Methods*, **23**, 173 (1963).
- [6] M. Ladu et al., *Energia Nucleare*, **11**, 148 (1964).
- [7] M. Ladu et al., *Nucl. Instrum. Methods*, **32**, 173 (1965).
- [8] B. J. Mijinheer and A. H. W. Aten Jr., EUR 4896, p. 975 (1973).
- [9] E. F. Bennett and T. J. Yule, *Nucl. Instrum. Methods*, **98**, 393 (1972).
- [10] 陈英等, *原子能科学技术*, **2**, 191 (1975).
- [11] ICRP, *Dada for Protection Against Ionizing Radiation From External Sources: Supplement to ICRP Publication 15*, ICRP Pub. 21 (1973).
- [12] И. Б. Кеирим-Маркус И Л. Н. Успенский, *ПТЭ*, **6**, 96 (1966).
- [13] 冷瑞平等, *原子能科学技术*, **1**, 93 (1978).
- [14] 陈常茂, *原子能科学技术*, **5**, 632(1980).

(上接第 587 页)

- C. B. Lim, *IEEE Trans. Nuc.. Sci.*, **NS-22**, **1**, 388 (1975).
- [7] D. Blum et al., *Nucl. Instrum. Methods*, **104**, 285 (1972).
- [8] 于宸、田德源等,小型多丝正比室的制作,内部资料。
- [9] C. E. Klots, *J. Chem. Phys.*, **46**, 3468 (1967).
- [10] B. B. Rossi & H. H. Staub, *Ionization Chambers and Counters*. 1949, p. 14.
- [11] J. Sharpe, *Nuclear Radiation Detectors*, 1964, p. 67.