

# 火花室在低于大气压下的工作特性

鲁祖惠 张希芝 林华兴 徐振业 李友明  
(郑州大学)

## 摘 要

本文研究了充Ne的平行板火花室在气压200—700毫米汞柱范围内探测效率与气压、间隙宽度和工作电压的关系;也研究了在此气压范围内火花室阈值电压与气压和间隙宽度的关系。实验表明:火花室的效率随气压 $P$ 与间隙 $d$ 乘积的增加和工作电压的增大而增加,火花室的阈值电压服从Paschen规律。

## 一、引 言

火花室作为径迹探测器已广泛地应用于宇宙线和加速器实验中。过去,火花室工作气体的压强,一般在一个大气压。近来一些作者从不同角度研究了火花室在减小气压情况下的工作特性<sup>[1-3]</sup>。例如,低气压火花室适于作高能物理实验中高分辨率的谱仪<sup>[4]</sup>,也适于作低能物理中慢粒子的探测<sup>[5]</sup>。研究低气压火花室的另一个目的,是为了确定探测效率和入射粒子所产生的原电离之间的关系,以便使火花室能够鉴别粒子的电荷<sup>[2,6]</sup>。在这方面国外的研究仅仅是初步的。我们在研究火花室的基础上,一方面为摸清火花室工作特性和各个参量之间的关系,以便改进和提高火花室的性能;另一方面为研究低气压火花室提供一些参数。我们利用平行板火花室研究了气压在200—700毫米汞柱范围内,充Ne的火花室的阈值电压,探测效率与工作气体压强、放电间隙大小的关系,效率与脉冲电压的关系等。

## 二、实 验

我们研制的是真空盒式的平行板火花室。我们既把它作为探测器,又把它作为研究气体放电的放电室。室本体如图1所示。真空盒为圆筒形,内径43厘米,高43厘米。用法兰盘密封。极板厚为0.5厘米,面积为 $30 \times 35$  [厘米]<sup>2</sup>的钢板。火花室使用1.9厘米的放电间隙时,室的极间电容约60微微法。工作气体为工业纯的Ne和Ar。由G-M管组望远镜选择事例触发火花室。脉冲高压发生器是氢闸流管型。为了获得20—30千伏的脉冲电压,用两个ZQM 1-325/16 闸流管串联工作,高压脉冲发生器输出的脉冲高压其前沿小于50毫微秒,宽度为0.7微秒,如图2所示。触发电路由6J1、EFP-60和ZQ1-d/

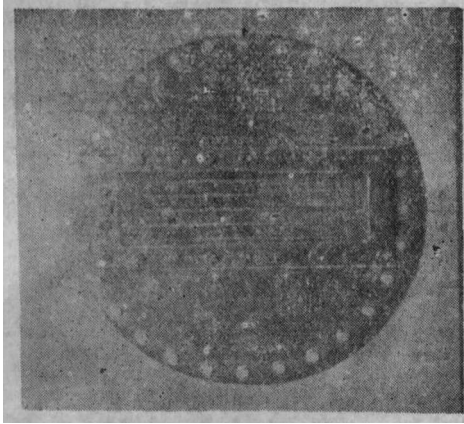


图 1 火花室室本体

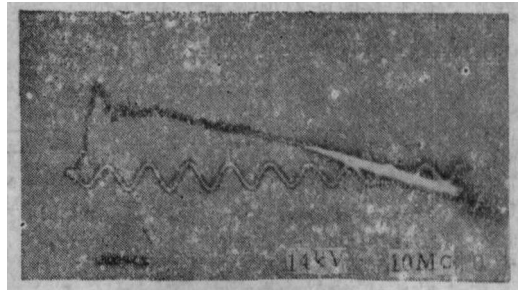


图 2 高压脉冲电源输出波形图

1.3 等电子管组成。触发电路输出的脉冲，其幅度约为 300 伏，前沿为几个毫微秒，脉冲持续时间约 1 微秒。整个火花室系统的延迟时间（即荷电粒子通过室灵敏体积到高压脉冲加至极板上的时间间隔）小于 1 微秒。事例径迹用 SB-408 型示波器照相机自动拍照。用宇宙线粒子触发的径迹照片如图 3 所示。

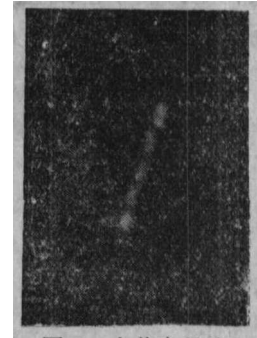
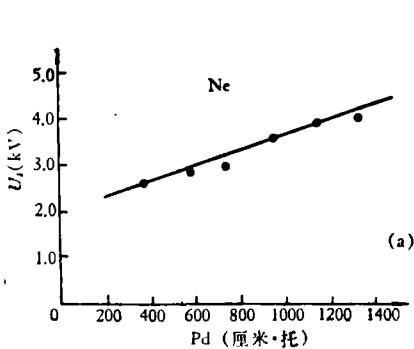


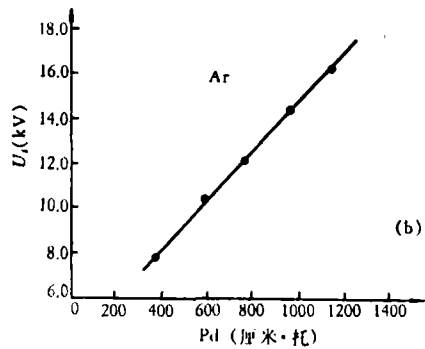
图 3 火花室径迹  
间隙  $d = 1.6$  厘米

### 三、实验结果和讨论

1. 阈值电压  $U_t$ ：火花室的阈值电压  $U_t$  是效率  $\eta \rightarrow 0$  时的工作电压。我们测量了充 Ne 和 Ar 的火花室气压在 200—700 毫米汞柱范围内的阈值电压。在测量中为维持  $\eta \rightarrow 0$  的条件，而保持  $\eta \leq 5\%$ ，每个实验点相应于 60 个数据。实验结果表明，火花室的阈值电压  $U_t$  与工作气体压强  $P$ ，火花室间隙  $d$  以及气体性质有关， $U_t$  随  $Pd$  的增加线性地增大；图 4(a) 为充 Ne，4(b) 为充 Ar。图中纵轴为火花室阈值电压，横轴为气体压强  $P$  与间隙  $d$  的乘积。比较图 4(a) 和 (b) 看到：在相同的  $Pd$  下由于气体性质不同，阈值电压有较大的差别，这是由于 Ne 和 Ar 的 Towensend 系



(a) 充 Ne 极板间隙  $d = 1.9$  厘米



(b) 充 Ar 极板间隙  $d = 1.9$  厘米

图 4 阈值电压  $U_t$  与  $Pd$  关系

数不同所致。

**2. 效率  $\eta$  的特性** 探测效率是火花室的主要特性之一。当荷电粒子通过火花室的所有间隙时,若效率为 100%, 则所有间隙都会产生火花放电。但是实际上由于工作条件的差别,往往不是所有间隙都放电,而有一定的涨落。对于一个有  $J$  个间隙的火花室,测量的是平均单间隙效率。效率为

$$\eta = \frac{\sum_{j=0}^J jN_j}{J \sum_{j=0}^J N_j}$$

$j = 0$  时的  $N_0$  为火花室不放电的次数;  $j = 1 \cdots J$  时的  $N_j$  为  $j$  个间隙的放电次数。

我们测量了气压在 200—700 毫米汞柱范围内,两个间隙的充 Ne 的火花室效率  $\eta$  与  $Pd$  的关系,如图 5 所示。图中纵轴为效率  $\eta$  (%),横轴为气压  $P$  与间隙  $d$  的乘积。测量此曲线时,工作电压比阈值电压  $U_t$  高 30%,  $\eta$  的标准误差小于 5%。我们利用宇宙线触发火花室,而宇宙线强度有一定的起伏,为了避免因相机卷片速度跟不上而造成漏记现象,我们加了自锁电路以控制触发。由图 5 知,  $\eta$  随  $Pd$  的增加而线性地增大。

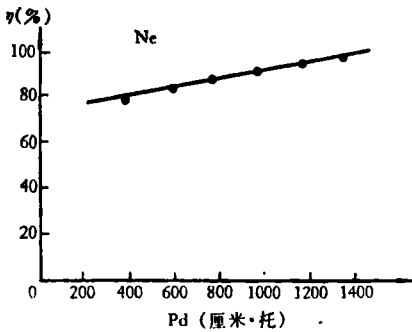


图 5 探测效率  $\eta$  与  $Pd$  关系 间隙  $d = 1.9$  厘米,效率标准误差  $\sigma_{\eta} \leq 5\%$

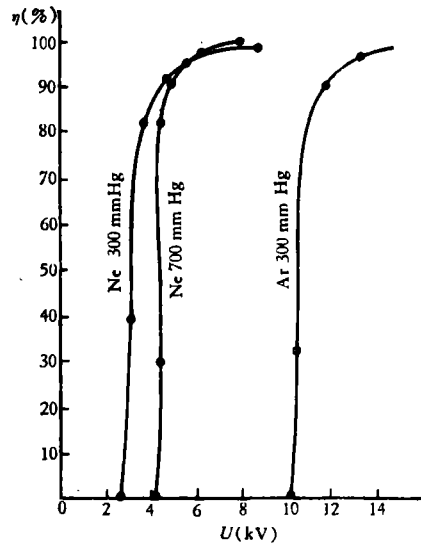


图 6 探测效率  $\eta$  与工作电压  $U$  的关系 充 Ne 的 300mmHg, 700mmHg, 充 Ar 的 300mmHg,  $\eta$  的标准误差  $\sigma_{\eta} \leq 5\%$

我们还测量了效率  $\eta$  与工作电压  $U$  的关系,如图 6 所示。Ne 的相应于气压  $P = 300$  和 700 毫米汞柱,而 Ar 的  $P = 300$  毫米汞柱。实验表明,  $\eta-U$  曲线有一个坪,只要工作电压适当,在低于大气压下,也能获得大于 95% 的探测效率。比较 Ne 的两条曲线,二者的差别仅仅是在气压较高时,  $\eta$  随  $U$  的增加上升较陡,低气压时稍缓慢,二者的  $\eta-U$  曲线的斜率有一些差别。当气体的性质不同时,由于阈值电压不同,为了得到大于 95% 的  $\eta$ ,而相应于不同的工作电压。例如:  $P = 300$  毫米汞柱时,要得到  $\eta \geq 95\%$ , Ne 的  $U \geq 4100$  伏,而 Ar 的  $U \geq 11000$  伏。比较 Ne 和 Ar 气压相同 (300 毫米汞柱) 的两条曲线,

Ar 的效率  $\eta$  随  $U$  的增大上升的比 Ne 的更快一些。

我们还研究了  $\eta$  与火花室放电回路(参看图 7) 的  $R$  和  $C$  值的关系。火花室未被触发时, 电容  $C$  被充电, 当有事例时间闸流管 (ZQM1-325/16) 被触发, 电容  $C$  迅速放电, 而将脉冲高压加至极板上。当我们固定充电电压(如 8000 伏) 时, 分别改变  $R$  和  $C$ , 测量效率  $\eta$ - $C$  (或  $R$ ) 的关系。  $R$  和  $C$  的大小不仅影响高压脉冲的前沿和宽度, 也影响加在火花室极板上的脉冲高压的幅度。实验发现  $\eta$  和  $C$  的关系中, 电容有一个临界值  $C_p$ , 当  $C \geq C_p$  时(维持其它条件不变),  $\eta$  在 95% 以上, 且有一个坪区。我们的火花室极间电容  $C_s = 60$  微微法,  $C_p = 6000$  微微法。

同样  $\eta$ - $R$  的关系中与  $\eta$ - $C$  类似, 临界电阻  $R \geq 70$  欧姆。

此项工作得到霍秉权先生的关怀, 在工作过程中曾和我们多次讨论; 张英平同志对本工作提出过不少宝贵意见, 对此我们衷心感谢。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] J. P. Mundra et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, **98**(1972), 589.
- [ 2 ] Y. Ohashi, *Nucl. Instr. and Meth.*, **113**(1973), 217.
- [ 3 ] D. Majumdar, *Nucl. Instr. and Meth.*, **148**(1978), 497.
- [ 4 ] R. J. Sutter et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, **54**(1967), 71; S. Dahlgren et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, **89**(1970), 29.
- [ 5 ] T. Bunaciu et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, **54**(1968), 173.
- [ 6 ] D. Majumdar. *Nucl. Instr. and Meth.*, **138**(1976), 151.

## PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF SPARK CHAMBER AT PRESSURES LOWER THAN 1 ATM

LU ZU-HUI ZHANG XI-ZHI LIN HUA-XING  
XU ZHEN-YE LI YOU-MING  
(Zhengzhou University)

### ABSTRACT

The dependence of parallel plate spark chamber efficiency on pressure, gap widths and applied voltage has been studied in the pressure range 200—700 mm Hg of neon. The dependence of the threshold voltage on pressure, gap widths has also been studied in the same range. It is shown that the efficiency increases when the product of pressure  $P$  and gap width  $d$  and voltage increase, and the threshold voltage of the spark chamber follows Paschen's Law.

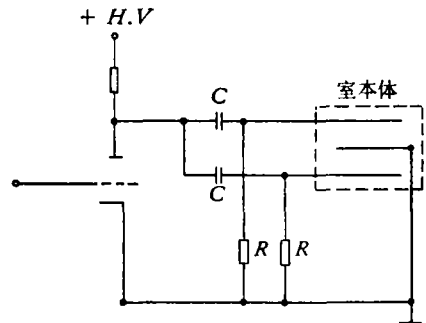


图 7 火花室放电回路示意图  
 $R, C$  为充放电电阻、电容