

# 七十厘米流光室系统

物理二室\*

(中国科学院高能物理研究所)

## 摘 要

本文描述  $70 \times 50 \times (15 \times 2) \text{cm}^3$  双间隙流光室系统的设计、建造和性能。用一个 25 级 Marx 产生器 (600 kV) 与四间隙圆柱形 Blumlein 线相连已成功地得到上升时间 2ns、宽度 10ns 的快脉冲。该系统由三重大面积闪烁计数器望远镜选择宇宙线粒子触发, 通过控制线路按一定的逻辑程序自动控制各组成部分协同动作。在杂质含量小于 0.2% 的情况下, 先后在 Ne 及 Ne-He 混合气体中观察到流光径迹, 并用国产示波器像机和 28 DIN 底片得到了流光径迹照片。

## 一、引 言

流光室是六十年代开始出现的一种大型可见径迹探测器, 主要用于高能物理实验中, 其前身为火花室。由于流光室克服了火花室的多重径迹效率低以及各向异性等缺点, 所以国外主要的高能物理实验室和许多大学都建造了流光室<sup>[1,2]</sup>。为进一步提高流光室的性能, 后来又出现了 He 流光室<sup>[3]</sup>、H<sub>2</sub> 流光室<sup>[4]</sup>以及高分辨率流光室<sup>[5]</sup>等。同时, 流光径迹的无底片记录<sup>[6]</sup>、测量分析<sup>[7]</sup>、像增强器照像机<sup>[8]</sup>以及相关的高压毫微秒脉冲技术<sup>[4]</sup>等也相应发展起来。

关于流光室的优缺点、工作原理以及在高能物理实验中的应用等, 可参阅有关文章<sup>[9]</sup>。

根据高能物理实验的需要及我国实际情况 1975 年 6 月提出了研制 70 厘米流光室, 1976 年完成了全部物理设计和主要技术设计, 1977—1978 年进行加工及部分调试, 1979 年 1 月开始总装联调, 于 1979 年 7 月 26 日首次见到了流光径迹。

## 二、70 厘米流光室系统

整个流光室系统由五部分组成: 高压毫微秒脉冲系统、事例触发选择及自动控制系统、流光室室体、气体循环净化及分析系统和光学系统, 见图 1。

### 1. 高压毫微秒脉冲系统

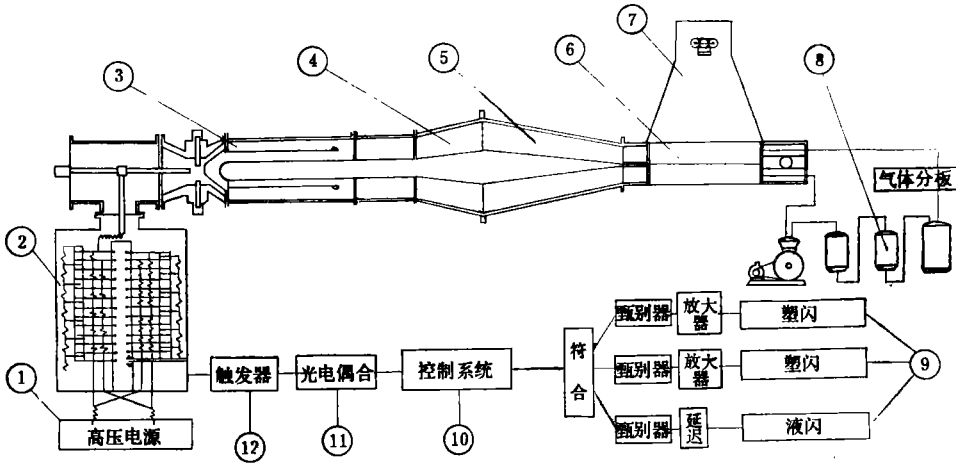
本文 1981 年 4 月 14 日收到。

\* 于小红, 王孝良, 王殿荣, 王继华, 王德武, 卢新华, 李云山, 李成泽, 李志刚, 邵永生, 韩纛, 陈元柏, 杜远才, 尧宗元, 林建锋, 周伟, 姜嫫嫫, 赵海泉, 张家铨, 高文绣, 徐雨林, 徐蓉芬, 崔化传, 童国樑, 谢一冈。

在 Ne-He 流光室中,当气压为 0.1—1 atm 时,由雪崩发展成流光的 Meek 条件可具体化为<sup>[10]</sup>

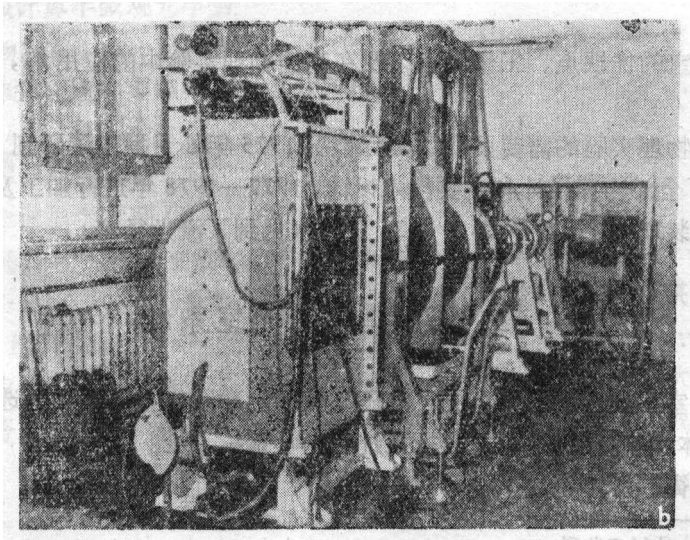
$$E^2\tau/P = 2500 \sim 3500(\text{kV/cm})^2\text{ns/atm}$$

式中  $E$  为外加脉冲电场幅度 (kV/cm),  $\tau$  为脉冲电场宽度 (ns),  $P$  为工作气体压力 (atm). 因此,当  $P = 1 \text{ atm}$  时,对高压毫微秒脉冲系统的基本要求是:产生一个宽度为 5~13 ns, 前沿 ~2 ns, 幅度 12~25 kV/cm 的脉冲高压,并在尽可能短的延迟时间内将其不畸变地馈送到流光室室体上,同时要求重复性好、稳定度高等.为此,我们根据文献<sup>[10]</sup>的介绍研制了一套高压毫微秒脉冲系统,其方框图如图 2 所示.



(a) 70cm 流光室各组成部分示意图

2. Marx 产生器; 3. Blumlein 线; 4. 锥台; 5. 异型运输线; 6. 流光室室体; 7. 照像系统; 8. 气体循环净化系统



(b) 70cm 流光室系统主要组成部分照片

图 1

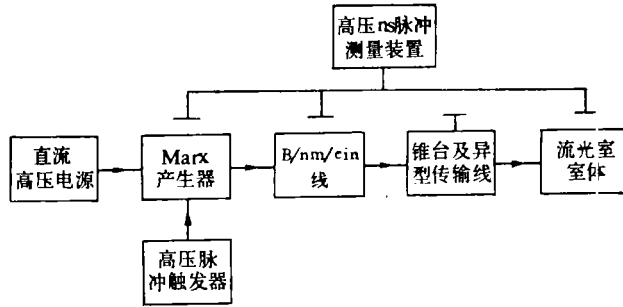


图 2 高压毫微秒脉冲系统示意图

(i) Marx 产生器 它是一个 25 级双极性冲击电压发生器，每级由 4 片高压无感钛酸铈铀陶瓷电容器 (8000pf/25kV) 并联组成，其电原理图如图 3 所示。每级的火花开关 ( $\phi 1\text{mm}$  的不锈钢球) 均置于高气压 ( $\sim 2\text{atm N}_2$ ) 放电腔中，间隙可调。最高输出电压已达到设计指标 600 kV，冲击电容为 1200 pf。由一台直流高压电源 ( $\pm 30\text{ kV}$ ，充电时间  $\sim 120\text{ ns}$ ，重复频率  $\sim 5$  次/秒) 供电。另由一台高压脉冲触发器 (输出脉冲幅度 12 kV，半宽度 800 ns) 触发电火。目前，Marx 产生器和高压脉冲触发器的延迟时间较大 ( $\sim 3\text{ }\mu\text{s}$ )，且有较大的分散性，今后当需进一步改进。

(ii) Blumlein 线 根据 Blumlein 原理并参照国外经验<sup>[11]</sup>，设计了锥形双层同轴线作为脉冲成形网络，将 Marx 产生器的输出脉冲成形为方脉冲。该同轴线的特性阻抗设计为  $30\text{ }\Omega$ ，脉冲宽度为 5、10 和 13 ns 三种 (用三种不同的中筒长度达到，目前用的是 10 ns 的一种)，工作电压为 600 kV，变压器油作为工作介质。为提高同步触发的可靠性，采用 4 个径向火花开关和一个轴向火花开关，均用铜钨合金 (80% 钨、20% 铜) 制造，并置于充以  $\text{N}_2$  或  $\text{SF}_6$  的高气压 ( $> 10\text{ kg/cm}^2$ ) 火花室中 (见图 1(b))。实验表明，该同轴线可获得较好的方波，如图 4 所示。经测量，上升时间 2.04 ns，宽度 10 ns，已达到国外同类设备

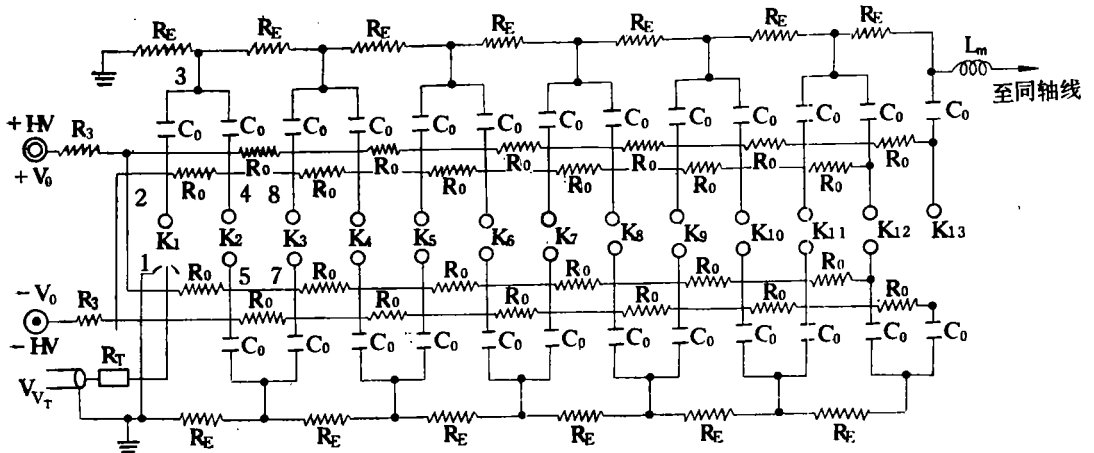


图 3 Marx 产生器电原理图

$C_0$   $4 \times 8000\text{ pf}$   $L_m$   $10\text{ }\mu\text{h}$   $\pm V_0$   $0\text{--}25\text{ kV}$   $V_{VT}$   $-(3\text{--}10)\text{ kV}$   $R_0$   $5\text{ k}\Omega$   
 $R_T$   $75\text{ }\Omega$   $K_1\text{--}K_{13}$   $\phi 10\text{ m/m}$   $1\text{--}3\text{ atm}$   $R_B$   $5\text{ k}\Omega$   $R_3$   $40\text{ k}\Omega$

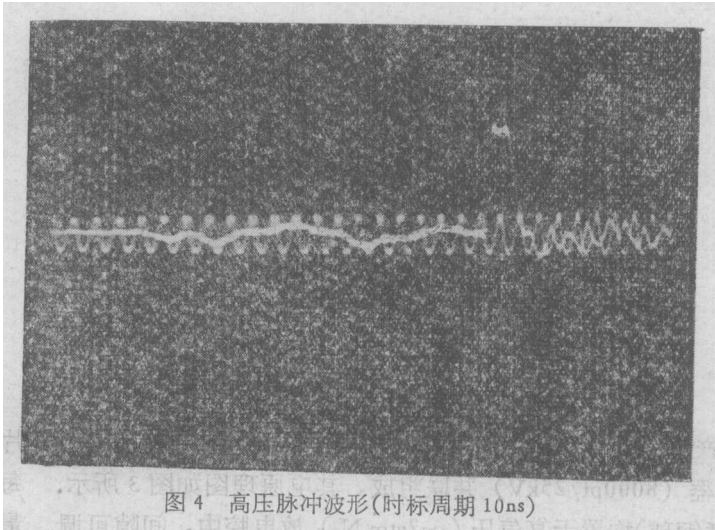


表 1

数值 参数	实验室	美 国 华盛顿大学	CERN 氩流光室	美 国 伊利诺斯大学	中 国 高能所流光室
上升时间 ns		3.3/2.2	1.5	3.4	2.04
工作气体		$SF_6$	$SF_6$	$SF_6$	$SF_6$
气压 ( $kg/cm^2$ )		9.2	10	2.9	7
火花开关数		1/3	1	1	1

表 2

阻抗 ( $\Omega$ ) 联 法	截面号	7	8	9	10	11
等流联法		30.4639	30.2661	28.6037	28.8267	30.0000
等几何联法		38.4108	34.7435	34.6742	32.8730	30.0000

的水平,见表 1 所示。

(iii) 异型传输线和锥台 为使阻抗相同而形状不同的圆筒形 Blumlein 线与长方形流光室室体间传输脉冲时畸变最小,我们设计了异型传输线和锥台,以实现形状过渡。

用等流联法专门研究设计了异型传输线。这种方法的基本思想是:将室体和传输线中间分成若干段(我们是 10 段共 11 个截面),使中间各截面的阻抗尽可能等于室体阻抗。解出首末两个截面的电位、电场和电荷密度分布,在首末两个截面上按相同的电荷数值分成若干份,则各截面上对应点联线的包络面便构成了传输线的形状。这项工作借助于

电子计算机完成的。表 2 给出后五个截面的阻抗计算结果。设计中也曾用过等几何联法计算阻抗。但误差较大。

异形传输线系用玻璃布环氧胶按截面坐标敷成胎具，两端压合金属构件。11 个截面上各坐标点的误差小于 1mm，胎具表面贴敷 100 目细铜丝网，以传输高压脉冲。实验表明，阻抗匹配良好，电压损失较小。图 4 就是在流光室室体上测得的高压脉冲波形。

锥台用铸铝制成。

(iv) 高压毫微秒脉冲的测量 我们采用电容分压器和电阻分压器，配合 OK-19 高压示波器来实现。分压器用低压水银开关产生的输出脉冲电压(100 V)在快示波器 (Tek 7904) 中进行低压校正，用精密电桥 (QS-16) 进行电容测量，这样求得分压比和脉冲响应时间，但精度不高 ( $\sim 10\%$ )，尚有待于进一步探索测量方法和提高测量精度。

## 2. 事例触发选择及自动控制系统

在目前用宇宙线调试流光室装置时，该系统较为简单，其方框图如图 5 所示。

(i) 事例触发选择系统 为减少偶然符合的影响，我们用三重闪烁计数器望远镜选取穿过流光室灵敏体积的宇宙线带电粒子来触发流光室工作。其中两块是 ST401 型塑料闪烁计数器，尺寸为  $310 \times 250 \times 13 \text{ mm}^3$ ，分别放在流光室的上方和下方；另一块是与北京综合仪器厂协作试制的液体闪烁计数器（放在流光室上方），尺寸为  $630 \times 300 \times 50 \text{ mm}^3$ ，使用效果较好，其发光效率比 ST401 高  $\sim 10\%$ ，光衰减时间 3.1 ns，光衰减长度 35 cm，最强发光波长  $4200 \text{ \AA}$ ，因其信号较强而未加放大器。

为尽量缩短信号的传播时间，我们研制了快放大器（增益 10，前沿 2.3ns，最大输出 2V，传播时间 6ns）。使用现有的甄别器和符合线路，其信号传播时间分别为 6 和 7ns。触发系统总传播时间（包括 56AVP 光电倍增管的渡越时间  $\sim 40 \text{ ns}$  和 20 米长电缆的延迟时间  $\sim 100 \text{ ns}$ ）为 150 ns。

三重符合计数率  $\sim 5$  次/分钟，符合分辨时间  $\sim 10 \text{ ns}$ ，真符合/假符合  $\geq 700$ 。

(ii) 自动控制系统 为了按一定的逻辑程序使整个流光室系统协同动作，我们研制了一台具有快、慢输出信号的自动控制线路。快输出信号控制高压脉冲触发器，传播时间为 20 ns；慢输出信号控制自动照像机，片号计数器和电致发光显示器<sup>1)</sup>。

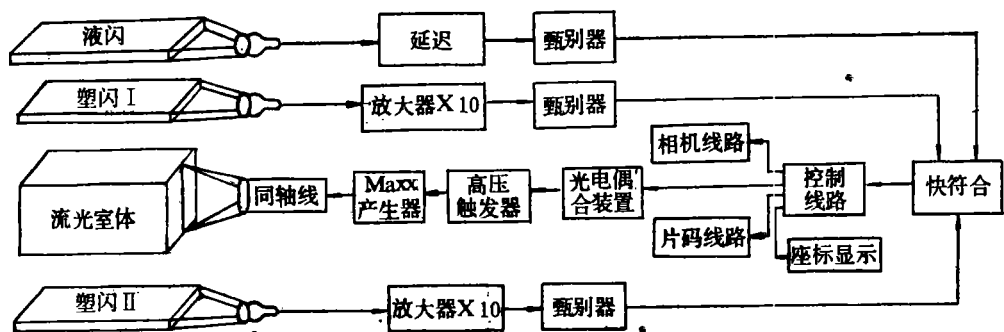


图 5 事例触发选择系统方框图

1) 自动照相机和片号计数器已由西安光机所研制完成；电致发光显示器已由吉林物理所研制完成。

为了隔离来自高压脉冲系统的干扰,除了将触发选择及自动控制部分的线路置于屏蔽室中加以屏蔽外,还研制了一套光、电耦合装置,如图6所示<sup>[12]</sup>。因国内的光电耦合器件较慢,故此装置的传播时间较长( $\sim 175$  ns)。所以,整个控制线路的传播时间为 $\sim 195$  ns。



图6 光电耦合装置

控制线路的电原理方框图如图7所示。

事例触发选择及自动控制系统的总延迟时间(从粒子穿过闪烁体闪光到高压脉冲触发器)

实测 $\sim 360$  ns,可稳定可靠的在强干扰下工作。

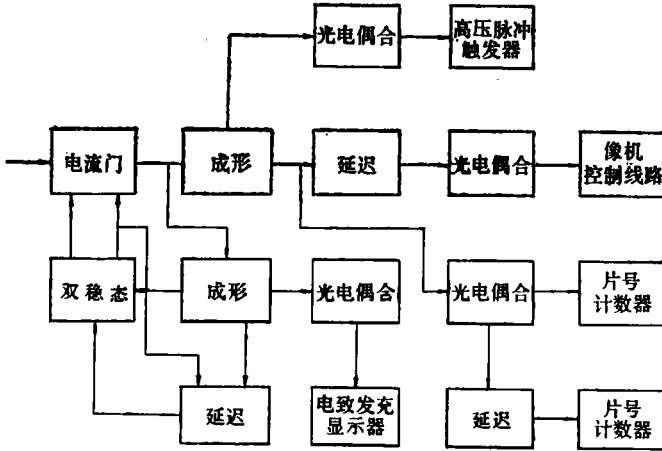


图7 自动控制线路与光电耦合装置原理方框图

### 3. 流光室室体

它是一个用25 mm厚的有机玻璃封接的、外部尺寸为 $70 \times 50 \times (15 \times 2)$  cm<sup>3</sup>的矩形双间隙室,内部可充以1 atm的Ne或Ne-He混合气体。结构示意图及实物照片如图8所示。

为了用照相方法记录流光径迹,中心高压电极和观察面地电极均用直径0.2 mm、间距2 mm的Be-Cu丝焊接到印刷线路板的边框上制成,透明度 $\sim 90\%$ ,前窗暂用3 mm厚的有机玻璃封接,后面地电极为5 mm厚的铝板,上面铣9个宽2 mm、长20 mm的交叉,用作外定标。

考虑到在脉冲电场作用下丝间的静电排斥力,在拉制丝电极时,每根丝承受约500克张力,可根据下式估算

$$T \leq E^2 l^2 / 4\pi^2.$$

式中 $E$ 为场强, $l$ 为丝的长度。

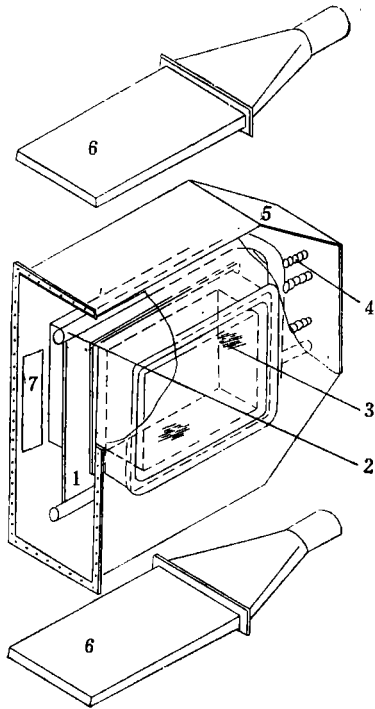
为防止电晕放电,中心高压电极与直径4 cm的铜制电晕环相连,前后地电极均通过印刷线路板与铝制屏蔽外壳相连。整个室体置于可移动的小车上。

室体的特性阻抗设计为30  $\Omega$ ,是按两个平行平面导体传输线的阻抗计算公式<sup>[13]</sup>

$$Z \approx \frac{d}{\sqrt{\epsilon}(d+W)} \Omega$$

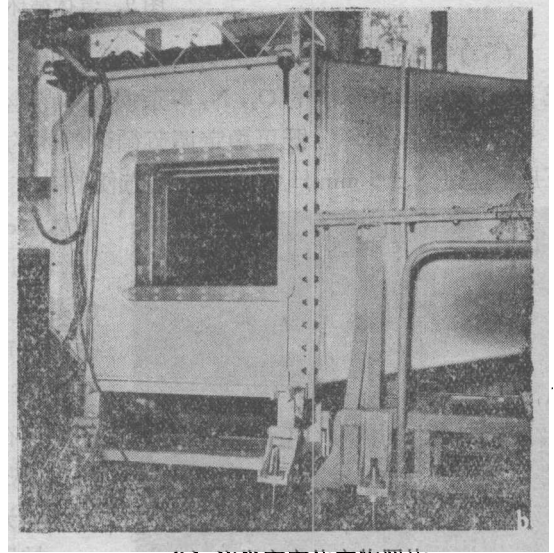
计算的。式中  $d$  为两板间距离,分母中的  $d$  是考虑到对边缘效应的修正而引进的,  $W$  为板的长度,  $\epsilon$  为相对介电系数。同时,用阻抗匹配模拟实验进行验证。结果表明,流光室尺寸的选取是合理的。

为防止高压脉冲的反射及保证室体中电场的均匀分布,在室体终端并联了四个  $120 \Omega$  的  $\text{CuSO}_4$  水电阻。此外,室体上还安装了一个分压比为 500:1 的电容分压器,以监测加到室体上的电压幅值和波形。



(a) 流光室室体结构示意图

1. 中心高压电极; 2. 电晕保护环; 3. 观察面地电极; 4.  $\text{CuSO}_4$  水电阻; 5. 外壳; 6. 闪烁计数器; 7. 电容分压器



(b) 流光室室体实物照片

图 8

为了从室体侧面观察不同高压幅度下的流光发展情况及拍照流光长度,还开了侧窗,用聚酯薄膜封接(图 8 未示出)。

#### 4. 气体循环净化及分析系统

要想获得较好的流光径迹质量,必须保持流光室中工作气体的纯度。一般说来,杂质含量不应超过 0.3%。为此,我们研制了气体循环净化及分析系统。如图 9 所示。基本流程是:气体循环泵将室内的气体不断抽出,经气体吸附或净化系统处理,再经贮气罐进行压力缓冲,最后又回到室体。气路中用转子流量计测定气体流量,在循环泵的排气管路上进行气体的在线取样和色谱分析。图 9 中的气体循环泵采用隔膜式空气压缩机,由一端将气体吸入,另一端将气体排出。干燥器是常温 5 A 分子筛容器,主要除去 Ne 或 Ne-He 工作气体中的  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ; 净化器是液氮温度下的 13 x 分子筛容器,主要除去 Ne 或 Ne-He 工作气体中的  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ; 吸收器是碱石棉容器,亦除  $\text{CO}_2$ 。流量调节及开关均采用填料阀。

该系统达到的指标如下:

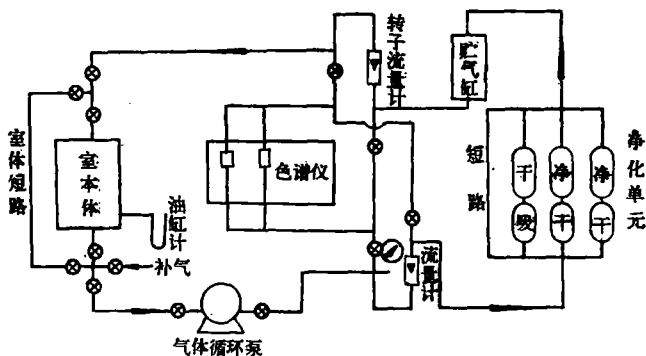


图9 气体循环净化系统

(i) 气体净化 在循环气体的流量  $\sim 500$  升/小时, 用低温吸附方法净化, 可使 Ne 或 Ne-He 工作气体中的  $O_2$ ,  $N_2$  等杂质气体的含量在 2 小时内降低到低于 0.2%。

(ii) 气体循环 既可稳定调节循环气体的流量, 又可控制流光室室体压力保持在微正压状态 ( $\sim \pm 5$  mm  $H_2O$  柱), 还可方便的补充所需气体, 比采用直接置换方法节约稀有气体 Ne 或 Ne-He。

(iii) 气体分析 在一台国产 SR 2305 型气相色谱仪上, 既可分析  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$  等杂质气体的成份, 又可在不作 Ne 或 Ne-He 气体分离的情况下作 Ne-He 比例的测定。而且, 色谱分析的取样进样等均在气体流程管路上在线进行, 方法简单可靠, 反映及时。

### 5. 光学系统及初步观测结果

拍照微弱流光径迹 (光强  $\sim 10^{-8}$   $j/cm^2$ , 波长  $\sim 5800 \text{ \AA}$ )<sup>[6]</sup> 需用大孔径 ( $f/2$ ) 像机和高速底片<sup>1)</sup>。关于这两方面的详细情况待以后报道。

由于使用大孔径像机, 从而导致景深的减小, 这对高能物理实验中使用大型流光室十分不利。散焦的结果, 即使是理想的点光源, 也会变成直径可变的弥散圆, 其折衷办法是使点光源可能散焦的最低上限等于最小弥散圆直径<sup>[10]</sup>, 即

$$d = \frac{\Delta u}{2F(M+1)}$$

式中  $d$  为最小弥散圆直径,  $\Delta u$  为景深,  $M$  为缩小倍数,  $F = f/D$  称为透镜的  $f$ -数 (其中  $f$  为透镜焦距,  $D$  为透镜直径)。

在  $f$ -数和亮度相同的情况下, 底片黑度与底片速度的关系为: 黑度  $\propto ASA$ , 从而不难得出底片可感光的最小黑度为

1) 高速底片由化工部第一胶片厂研制, 现已有初步样片 (光记录灵敏度  $\sim 500$ )。

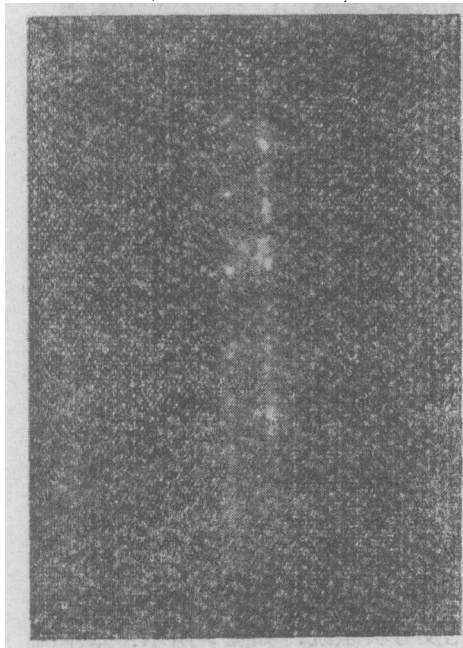


图10 宇宙线粒子径迹照片

平行于电场方向拍摄, 1032 底片; 28  
DIN; 距离 1.4 m; 光圈  $f/2$ , 缩小倍  
数 23



$$\frac{1}{F^2} \geq \frac{250}{ASA}$$

式中 ASA 为底片速度单位(美国)。

当然,要想得到最好的空间分辨率,还要求底片与像机的分辨率相匹配,透镜的像差要小等等。这些就是研制像机和底片的基本出发点。

在 70 cm 流光室系统的联调过程中,暂用一台国产 408 型示波器照像机 ( $f=58$  mm,  $F=2$ ) 时,分辨率为 30 线对/mm (中心), 15 线对/mm (边缘),在距流光室调焦面 1.4 m 处,用现有国产 1032 底片 (35 mm, 28 DIN) 拍照,亦可得到宇宙线中的带电粒子径迹照片,见图 10。

在联调阶段中,为防止中心高压电极的电晕放电现象,在流光室前室中暂时放入一个厚度为 5 mm 的有机玻璃气体盒,尺寸为  $50 \times 40 \times 14$  cm<sup>3</sup>,先后用一个大气压的 Ne, 95% Ne + 5% He 和 90% Ne + 10% He 的工作气体进行了试验,在杂质气体含量小于 0.2%、高压幅度  $\sim 15$  kV/cm 的情况下,均得到近于橙红色的流光径迹,且随 He 含量的增加,流光径迹变暗,颜色变淡。

由图 10 可见,流光径迹的光点整齐,分布均匀,平行于电场方向观察时,流光直径大约 3~4 mm,垂直于电场方向观察时,流光长度大约 10~15 mm。

显然,如果采用感光度较高的底片,同时用较低的高压幅度,则流光直径定会变小,长度变短,从而可大大提高流光室的空间分辨率。

### 三、结 束 语

本探测器为国内第一台。经运行试验,整个系统工作稳定,安全可靠。测试表明,各部分基本上达到了设计指标,个别指标已达国外同类设备的水平。在联调中已得到若干初步结果。当然,仍有许多不足之处,今后应进一步改进和完善。

目前,在进行流光径迹各种性能的定量试验工作,同时在尽量缩短整个系统的延迟时间,特别是缩短高压系统的延迟时间,改进流光室室体上高压电极的电晕放电现象等,争取尽快用于高能宇宙线物理实验中。

在此,我们向北京重型电机厂和上海跃华玻璃钢研究所(协助研制 Blumlein 线、异型传输线和锥台)、北京综合仪器厂(协助研制大面积液体闪烁计数器)、四机部 798 厂(协助研制高压无感电容器)、本所工厂(协助研制流光室室体和 Marx 产生器)、中国科学院西安光机所(协助研制流光室自动摄影机、片号计数器)、中国科学院吉林物理所(协助研制电致发光显示器)、化工部第一胶片厂(协助研制高速底片)等协作单位的有关同志表示感谢。在此也向:秦玖、罗承沐(在设计高压系统中提供有用数据和有益讨论)、马乃祥(参加了一阶段高压和室体方面的工作,提出了有益的意见)、朱德庆(设计室体)、吴琴芳(制作部分控制线路)、谢琦、平世英(绘制部分图纸)、刘伟(设计部分高压器件)、李革涛(冲洗胶片和洗印照片)等同志表示感谢。

## 参 考 文 献

- [1] "Proc. Intern. Conf. on Instrumentation for High Energy Physics, Frascati, Italy (1973)" 中的有关文章.
- [2] "Proc. of the First Intern. Conf. on Streamer Chamber Technology, Argonne 1972" 中的有关文章.
- [3] A. W. Stetz, U. Perez-Mendez, *Nucl. Instr. Meth.*, **73**(1969), 34.
- [4] F. Rohrbach et al., *Nucl. Instr. Meth.*, **111**(1973), 485; *Nucl. Instr. Meth.*, **141**(1977), 229.
- [5] J. Sandneiss, *Physics Today*, October 1978, p. 40.
- [6] F. Villa, L. C. Wang, SLAC-PUB-1980, March, 1977; W. O. Wallick et al., *Nucl. Instr. Meth.*, **146**(1977), 403.
- [7] R. Wurth, DESY-Internal Report R2-77-01 (77, REC. Jan. 73), p. 152; K. Eggert et al. *Computer Phys. Commun.*, **4**(1972), 294.
- [8] H. Gentsch et al., CERN **74-4**, 25 Feb. 1974 or *Nucl. Instr. Meth.*, **120**(1974), 431.
- [9] P. Rice-Evans, Spark, Streamer, Proportional and Drift Chambers, London (1974); O. C. Altkofer, Spark Chambers, Munich (1969); G. E. Chikoyani et al., *Nucl. Instr. Meth.*, **29**(1964), 261; V. Davidenko et al., *Nucl. Instr. Meth.*, **75**(1965), 277; H. J. Schreiber, CERN PHE 79-1 (1979), 359.
- [10] F. Bulos et al., SLAC Report, No. 74(1967).
- [11] F. Rohrbach, V. Cook et al., 见 [1] p. 161—170, p. 171—180.
- [12] 徐雨林、陈元柏, 核电子学与探测技术, 1981年第1卷第1期, 第43页.
- [13] J. H. Crouch, W. S. Risk, *Rev. Sci. Instr.*, **43**(1972) 632.

## A 70cm STREAMER CHAMBER SYSTEM

THE SECOND EXPERIMENTAL GROUP\*

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica)

## ABSTRACT

In this paper, the design, construction and characteristics of a 70 cm streamer chamber system are described.

A very fast pulse with rise time 2 ns and duration 10ns has been successfully obtained by using a four-spark-gap cylindrical Blumlein line with a 25 stage Marx generator (up to 600 kV) connected to it. The output pulse of the Blumlein line is then fed to the chamber, via heteromorphic transmission line with pulse shape minimum distortion.

The system are triggered by three-fold large area scintillation counter telescope to pick up particle of the cosmic ray traversing the sensitive volume of the chamber. The coincidence-counting rate is  $\sim 5$  particles/min., the resolving time is 10 ns, and the ratio of the true-accidental coincidence is more than 700.

The chamber has two 15 cm gaps and is 70 cm long, 50 cm wide, with  $30 \Omega$  of characteristic impedance. In order to photograph through the electrodes, the central

\*Yu Xiao-hong, Wang Xiao-liang, Wang Dian-rong, Wang Ji-hua, Wang De-wu, Lu Xin-hua, Li Yun-shan, Li Cheng-ze, Li Zhi-gang, Tai Yong-sheng, Han Ying, Chen Yuan-bo, Du Yuan-cai, Yao Zong-yuan, Lin Jian-feng, Zhou Wei, Jiang Ying-yuan, Zhao Hai-quan, Zhang Jia-quan, Gao Wen-xiu, Xu Yu-lin, Xu Yong-feu, Cui Hua-chuan, Tong Guo-liang, Xie Yi-gang.

and the ground electrodes towards the cameras are made of 0.2 mm diameter beryllium-copper wire stands spaced 2 mm apart, with transparency  $\sim 90\%$ .

Pure neon and mixtures of neon-helium gas were used to fill the chamber, one atmosphere, and a cycling and purifier system were designed to maintain its purity. The gas is passed through type 5A and 13x molecular sieve operated at room and liquid -nitrogen temperature to remove  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ , respectively. The impurities of the chamber gas can be reduced to 0.2% within 2hr., at the gas flow rate 500 l/hr.

All photographs are taken with one or two oscilloscope cameras on 35 mm film of 28 DIN. A demagnification 30 x and a resolution 30 line pairs/mm at the maximum aperture ( $f/2$ ) are used. The sizes of the visual streamers were estimated about 3 to 4 mm in diameter (view along the  $E$  field), and 10 to 15 mm long (view perpendicular to the  $E$  field).

The delay time between the penetration of charged particle and the supply of the high voltage pulse on the chamber was  $\sim 3.5 \mu\text{s}$ . The system was suggested in June 1975. The whole facility began to mount and adjust in January 1979, and the streamer tracks were seen on July 26, 1979.

We plan to make the performance tests, to reduce the delay time of the system, and to improve the chamber suitable for use in high energy accelerator and cosmic-ray experiments in the near future.