

本工作得到谢家馨先生的指导。感谢清华大学林郁正老师和冯嘉年同志的帮助和有益的讨论。

参 考 文 献

- [1] K. Whitham, *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, NS-18 (3), 542(1971).
- [2] K. Irie et al., *Jap. J. Appl. Phys.*, 12, 277(1973).
- [3] 姚充国等, 原子能科学技术, 3, 212(1978).
- [4] 林郁正等, 高梯度电子直线加速器的设计, 北京医疗研究所、清华大学内部资料, 1979 年.
- [5] 周立农等, 高能物理与核物理, 3, 165(1979)
- [6] D. E. Nagle et al., *Rev. Sci. Instrum.*, 38, 1583(1967).
- [7] 周立农, 原子能科学技术, 4, 440(1981).
- [8] P. D. Coleman, *J. Appl. Phys.*, 28, 927(1957).
- [9] 小野勝弘, 东芝レビュ, 11, 98(1974).
- [10] 周立农, 粒子加速器 (1979 年全国加速器技术交流会论文选集), 1980 年, 158 页.

(编辑部收到日期: 1981 年 9 月 4 日)

串列加速器电晕针稳压系统模拟实验研究

伍玉敏 王大椿 于蕴峰

关键词 线性放大, 对数放大, 束流强度, 稳定度。

一、前 言

串列加速器加速的粒子种类繁多, 束流强度变化很大(可相差五、六个量级), 而能量稳定度可达万分之几。这主要是由于电晕针稳压系统用对数放大代替了静电加速器电晕针稳压系统的线性放大, 克服了误差信号与束流强度有关的缺点, 大大地压缩了动态范围。该系统结构简单、操作方便, 特别在加速各种重粒子、弱束流情况下对能量稳定有很大意义。因而对串列加速器电晕针稳压系统进行研究是必要的。但串列加速器尚未建成, 故在 $\Theta\Gamma$ -2.5 静电加速器上作模拟实验研究, 并为 $\Theta\Gamma$ -2.5 静电加速器在小束流下稳定运行提供条件。

二、工 作 原 理

$\Theta\Gamma$ -2.5 静电加速器电晕针稳压系统采用对数放大器, 其工作原理如图 1 所示。

在正常情况下, 当磁分析器的磁场强度不变时, 被加速的粒子经过加速管、磁分析器和缝隙仪, 一直打到靶上。若由于某种原因, 发生器的高压发生变化时, 则高于所需能量的粒子流打到缝隙仪的下板上; 反之, 则打到上板上。利用打到缝隙上的信号, 经过对数差分放大, 最后控制电晕针电位, 使电晕电流增加或减少, 从而使发生器的高压稳定在初始值。

所谓对数差分放大, 就是利用二极管 PN 结所呈现的指数关系, 用于运算放大器负反馈回路, 构成对数放大器, 其输出电压等于输入电流(电压)的对数:

$$V_{\text{出}} = \ln I_{\lambda}.$$

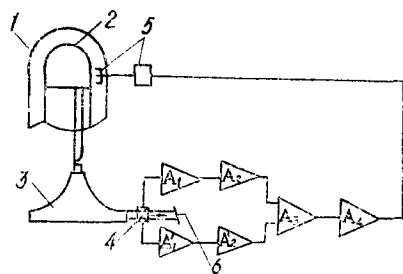


图 1 对数放大器的工作原理图

1—钢筒；2—高压电极；3—磁分析器；4—缝隙仪；
5—电晕针组件和调整管 6 BK 4，6—靶。

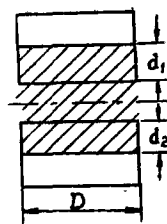


图 2 束流截面图

设束流截面为矩形(参看图 2)，且束流强度分布均匀，则缝隙仪上、下板的信号差为：

$$V = \ln I_1 - \ln I_2 = \ln \frac{I_0 D d_1}{I_0 D d_2} = \ln \frac{d_1}{d_2} \quad (1)$$

式中 d_1, d_2 分别为束流打到上、下板的距离， D 为缝隙板的宽度； I_0 为单位截面的束流强度(常数)。

由此可以看出，误差信号仅与束流偏离缝隙仪中心线的距离有关，而与束流打到缝隙上的强度无关。对于束流强度分布不均匀的其他束流截面形状，只要粒子密度的分布函数为常数，此结论同样适用。

三、线路

线路组成如图 3 所示。第一部分是电流放大器，即电流-电压变换器。它是由 XFC-75 D₁ 所组成的。

$$V_1 = R I_{in} \quad (2)$$

式中 R 为输入可变电阻。第二部分是对数放大器，由 S 3 DG 6，XFC-75 D₂ 组成。将经过放大的电流(电压)取对数。要求 S 3 DG 6 的放大倍数在 100 倍以上，反向漏电流要非常小，温度系数要小。其输出电压为：

$$V_2(V'_2) = \ln V_1(V'_1) \quad (3)$$

第三部分为差分放大，由 XFC-75 D₃ 组成，是一般的线路。输出误差信号电压为：

$$V_3 = V_2 - V'_2 \quad (4)$$

第四部分是线性放大，由 XFC-75 D₄ 组成，将差分后的信号进行放大，比例放大倍数约为 108，输出电压为：

$$V_4 = 108 V_3 \quad (5)$$

将(1)、(2)、(3)、(4)式代入(5)式，变化得

$$V_4 = 108 \ln \frac{d_1}{d_2} \quad (6)$$

式中 d_1, d_2 为上面提到的束流打到上、下板的距离。第五部分为调整管，采用 6 BK 4。通过改变栅压来调节电晕电流，从而达到稳定发生器高压的目的。

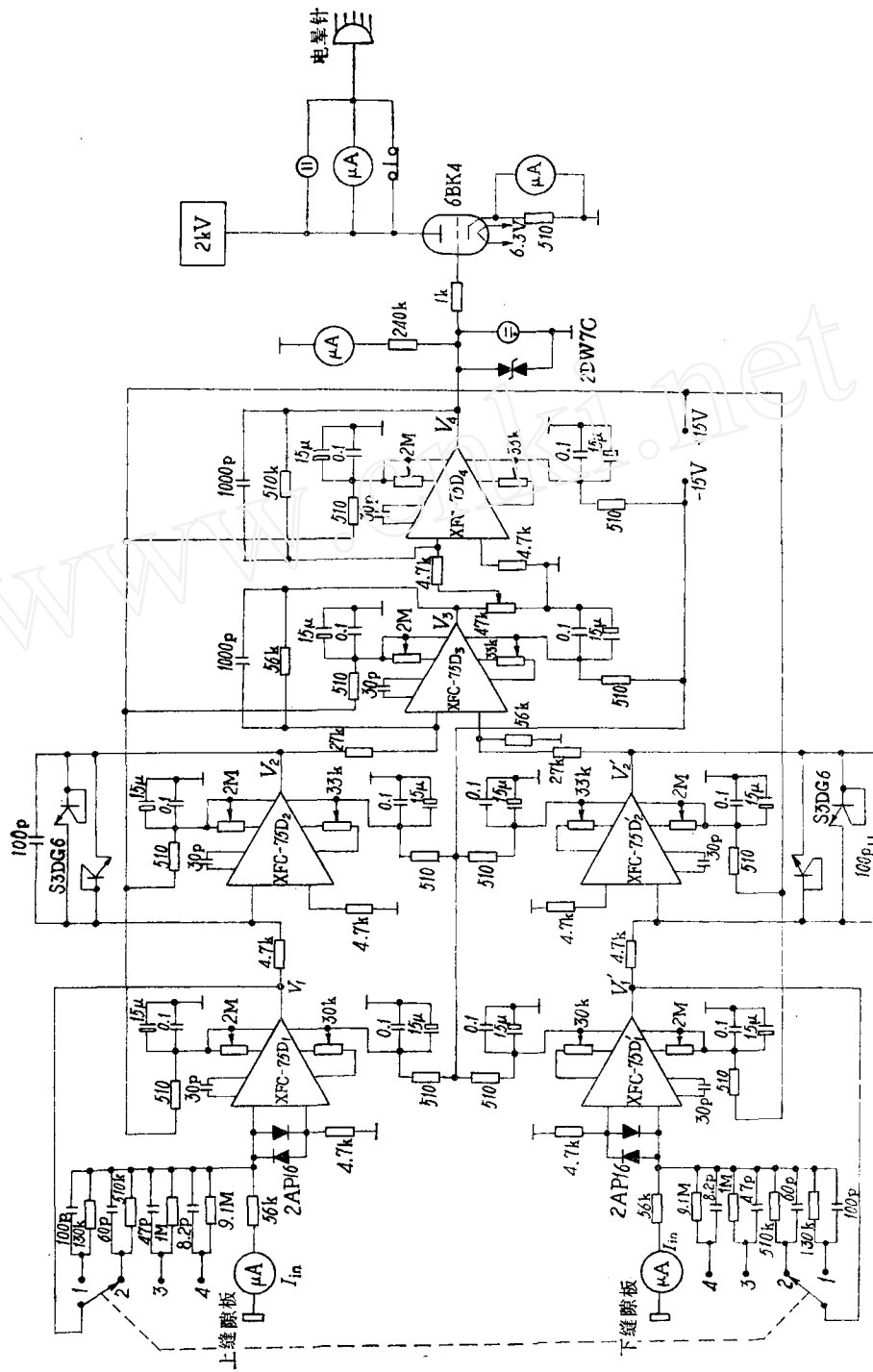


图 3 电晕针稳压系统电路图

四、结 果

1. 系统调试: ① 对数放大器零漂。在无任何措施的情况下, 连续工作 12 h 零漂为 50 mV; ② 放大器的时间常数小于 1 ms; ③ 动态范围为 $(1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-9})$ A; ④ 对数曲线如图 4 所示。

2. 在 $\Theta\Gamma-2.5$ 静电加速器上运行实验结果, 在磁分析器入口缝隙为 0.5 mm, 出口缝隙为 4 mm, 6 BK 4 板压 2 kV, 电晕电流 10—40 μ A 的条件下, 动态范围 $(1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-9})$ A。能量从 0.8—2.5 MeV, 均能稳定工作。1.8 MeV 脉冲质子束也能稳定工作。

五、存 在 问 题

1. 虽然上、下通道元件通过挑选, 但不够严格, 且固体组件无法挑选, 各种因素造成了上、下通道略有不对称性。

2. 线路没有采用任何的零漂措施和屏蔽措施。

该系统在 $\Theta\Gamma-2.5$ 静电加速器上经过长期试运行, 能量从 0.8—2.3 MeV, 磁分析器入口 1—6 mm, 磁分析器出口从 0.5—4 mm, 缝隙接收束流最大 20 μ A 左右, 稳定性能良好。

实验中得到静电加速器组同志们的密切配合和热情帮助, 特此致谢。

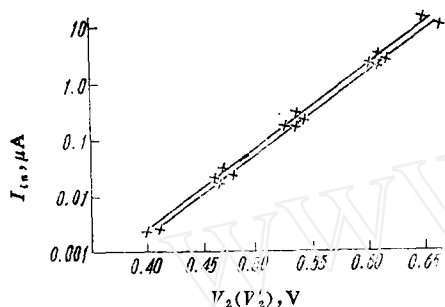


图 4 对数曲线

两条直线分别对应上、下两条通道;
 I_{in} 为缝隙束流; $V_2(V_2)$ 为对数级
输出电压 (见图 3)。

参 考 文 献

- [1] W. K. Bakshin. *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, NS-18(2), 101(1971).
- [2] 安顺秋等, 电测与仪表, 10, 4 (1974).
- [3] 郑子玉, 王玉成, 电测与仪表, 6, 13 (1979).

(编辑部收到日期: 1981 年 11 月 25 日)

新型波导联接件的结构设计

陈祖堃 夏中林 王 萍

(中国科学技术大学)

关键词 波导法兰, 大功率传输, 高真空密封。

一、新型波导联接件的结构及工艺要求

1. 结构 从微波传输理论可知, 工作在 TE_{10} 波的矩形波导管宽壁上的电流沿纵向连续, 而在窄壁上电流是横向分布的, 因此要使 TE_{10} 波正常传输, 必须在宽边联接处有良好的电接触, 而窄边联接处电接触的要求并不严格。根据这一思想, 我们设计了由阳法