

电子静电加速器交流会议总结*

钱 云 龙

一、引 言

1961年5月3日到5月14日在上海召开了有关电子静电加速器的技术经验交流及定型设计会议。参加会议的有上海、北京、天津、西安、兰州等地12个单位,共20余人。会议是在国家科学技术委员会的直接领导下进行的。参加这次会议的人数虽然不多,但讨论内容是丰富的。不仅深入地讨论了全国各地在制造和研究电子静电加速器的过程中所获得的宝贵经验,而且探讨了作为辐射源用加速器的今后发展方向,以及电子静电加速器在国民经济中的应用问题。通过讨论进一步明确了方向,大家觉得加速器作为一种辐射源来应用有很多优点,作为辐射源应用的这一类加速器有着极为广阔的发展前途,它是加速器技术发展中的一个新的方向和分支。电子静电加速器由于它的结构简单,运行方便,因而在这一类加速器中占有很重要的地位。不论在当前或今后研究和制造电子静电加速器都具有很重要的意义。

这次会议的主要收获是集中了全国的经验,对电子静电加速器的各部件进行了深入的讨论和分析。从理论上的说明或计算到具体结构,从材料选用,工艺要求到加工方法都进行了全面的讨论。因而到会议临近结束时电子静电加速器的初步设计轮廓已经形成。当然最后完成定型设计还必须在这基础上做很多细致的设计工作。

通过这次讨论也发现,虽则几年来我们在电子静电加速器上作了很多工作。但是仍然有很多工作要我们进一步深入掌握。这些工作如电子管的灯丝寿命,电压稳定等等都是和改进加速器的工作性能密切相关的,只有解决了这一些问题以后,才能使电子静电加速器在质量上再来一次跃进。才能使它成为工作可靠,性能稳定的研究工具。

二、关于主体设计参数的选择

在进行选择主体设计参数以前,对一些指导原则进行了讨论,明确了目的,统一了认识。大家觉得电子静电加速器主要是被用来作为辐射源。将来它可能被用在农业、工业、生物、化学等各个不同领域中作为一种生产或是研究工具。在质量上必须保证它运行可靠。因此应该本着“指标先进,措施落实,确保质量,留有余地”的精神来选定加速器的基本参数和决定其各部分的结构。

根据应用方面的需要,也根据几年来各地试制静电加速器中已经达到的水平,加速器的设计指标选定为2兆电子伏的能量,150微安的电子流。加速电压的自然稳定度希望能够高于10%,采取一定稳压措施以后,希望能将电压稳定度提高到5%。

这样水平的一台加速器在应用上能满足多方面的需要。它既可作为穿透能力很强的X射线源,又可作为产生高能电子束的 β 辐射源。而且在2兆电子伏的能量水平还可以用来产生中子。

作为X射线源应用时,加速器所产生的X射线谱是连续的。它的最大能量相当于电子束的能量,平均能量和 Co^{60} 的 γ 射线能量相当,约为电子束能量的2/3。这样的射线有很强的穿

* 国家科学技术委员会于1961年8月14日收到。

透能力,用来探伤可以透过300毫米厚的钢板。它在金靶上所产生的剂量率,在离靶一米远处约为70伦/分,相当于5000克镭当量的钴源。

如果直接利用电子静电加速器的电子束来进行辐照处理,则比利用X射线具有更高的利用效率。通常在利用 β 射线时,要求电子束能量在1—10兆电子伏之间。能量过低由于电子束的穿透能力较弱,应用时会有很多困难。能量过高,则会在被辐照的物质中产生剩余放射性。2兆电子伏能量的电子束的穿透本领约为950毫克/厘米²,在密度为1的物质中约能穿过1厘米厚度。因而从应用电子束的角度看来,2兆电子伏能量的电子静电加速器已基本满足要求。

2兆电子伏能量的电子静电加速器可以利用 $\text{Be}^9(r, n)\text{Be}^8$ 反应来产生中子,所产生的中子通量可达 10^6 — 10^7 中子/秒。因而可以用来生产小量的短寿命放射性同位素。

从利用电子或是产生中子来看,加速器的能量更高些则更好。对于加速电流则在任何情况下都希望越大越好。但是能量或加速电流的增加,都将引起加速器体积的增大。因此从运用的方便和经济上着眼,选定2兆电子伏能量,150微安的电子流也是较为合适的。否则将会使加速器的体积过于笨重,而增加了运用时的困难。

1. 径向电场

静电加速器中的电场可以近似看作是同心圆球和同轴圆柱体间二部分电场所组成的。同心圆球间的电场强度为:

$$E_1 = \frac{U}{r_1^2 \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)}$$

同轴圆柱体间电场强度为:

$$E_2 = \frac{U}{r_1 \ln \frac{R}{r}}$$

其中: U 为高压电极与钢筒之间的电位差; R 为钢筒的内径, r 为高压电极的半径。

对于同心圆球部分,在一定电压下当 $\frac{R}{r} = 2$ 时高压电极表面的电场强度有极小值;对于同轴圆柱体部分,在一定电压下圆柱体表面电场强度的极小值,发生在 $\frac{R}{r} = e$ 时。在会上考虑了设计要求和已有的设备条件,选定钢筒内径为: $R = 450$ 毫米。又按照接近同心圆球部分最佳条件要求,选定高压电极的半径为: $r = 210$ 毫米。如不考虑电场畸变的影响,高压电极表面的电场强度应为:

$$E_1 = \frac{U}{r^2 \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)} = 178 \text{ 千伏/厘米。}$$

圆柱体表面的电场强度为:

$$E_2 = \frac{U}{r \ln \frac{R}{r}} = 121 \text{ 千伏/厘米。}$$

但是实际上由于分压片等的存在,电场畸变是很严重的,不能不加以考虑。通常分压片的边缘,为了消除电晕,常作成圆形截面的环。圆环之间的电场强度可近似的作为平行圆柱体间

的电场来考虑。一般说来,圆环之间的电场并不会引起击穿。主要的是分压环和钢筒之间,由于畸变的影响,也由于电位差较大,因此常成为径向击穿的直接原因。对圆形截面分压环所引起的电场畸变因数在文献[1]中曾进行了计算。计算结果表示在图 1 的曲线上。

由分压环引起的场畸因数是分压环圆截面半径 ρ_0 和半截距 s 的比值 q 的函数。 q 越大,场畸因数将愈小。在我们的设计中,半截距 $s = 10$ 毫米,为了使场畸因数尽可能减小,应该尽量利用截面较大的分压环。但分压环圆截面增大,将使分压环间气隙减小,因而增加了制造和安装分压片的公差要求。同时气隙过小,会造成工作上的不方便(如调节电晕针距离时)。因此必须从二方面考虑选择合理的 ρ_0 值。

现在设计中选 $\rho_0 = 6$ 毫米,这时 $q_0 = 0.6$,查曲线可知场畸因数 $f = 1.65$ 。

这时圆柱体表面电场强度将增加为:

$$E' = fE_2 = 1.65 \times 128 = 210 \text{ 千伏/厘米。}$$

可见在未考虑场畸因数时,高压电极表面的电场强度大于圆柱部分表面的电场强度。而在考虑场畸因数后,后者将比前者为高。

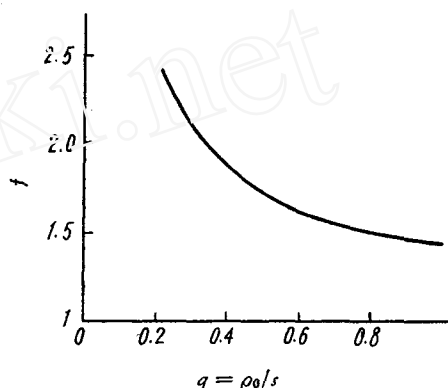


图 1 场畸因数和分压环间几何形状关系

2. 纵向电场

在所有近代静电加速器中,纵向电场强度选得要比径向电场强度低得多,通常要低一数量级。径向电场强度在最近十年来建造的加速器中大都取 100—150 千伏/厘米^[2]。在电子静电加速器内径向电场强度选得可以更高些,约接近 180 千伏/厘米^[3](当然相应地提高了绝缘气体的工作气压)。但纵向平均电场强度在 2 兆电子伏能量范围附近都在 10—20 千伏/厘米之间。电子静电加速器的最高纵向电场水平均为 24 千伏/厘米。

纵向电场强度主要是受加速管和输电带的影响。无论是加速管或是输电带,它们的绝缘情况和电场分布情况,都比径向要复杂得多。对于加速管来说,击穿通常发生在加速管的内表面上,真空间隙的电击穿强度是很高的。但真空间隙和固体介质的交界面上的击穿强度则要低得多。加速管的内部击穿机构又比单个真空间隙的击穿情况复杂得多。加速管的内部电场分布不仅和结构设计有关,并和封接情况也有关,考虑到我们现有的加速管,的确存在着击穿情况,而且对我们来说加速管的封接技术还需要进一步深入掌握。因此在选择纵向电场强度时就必须考虑到这些因素。

对于输电带来说,也存在着同样的情况。沿输电带的电场分布,是由加速器的总电压和输电带表面所带电荷造成之电场迭加起来的。因此沿输电带表面之电场分布要比沿绝缘柱的电场分布复杂得多。而且输电带在运动中有时会和保护棍等发生摩擦。这常常成为击穿的原因。再加上沿输电带表面的电击穿强度比之高气压气体间隙或固体介质要弱得多。特别是在输电带没有经过很好干燥时沿输电带表面的击穿就更容易发生。

考虑了以上一些因素和我们目前已达到的水平,经过大家反复讨论后决定选择纵向电场强度为 18 千伏/厘米。这时相应的加速管高度为 1140 毫米。加速电极数等于分压片数为 56 片。分压片节距为 20 毫米。

3. 绝缘气体和工作电压

近代的静电加速器大都工作在高气压中。由于高气压气体有较高的绝缘性能，因而可以大大地缩小加速器的体积。选择何种气体来作为加速器的绝缘介质，必须全面的考虑很多因素。首先是气体的绝缘性能，空气、氮气和二氧化碳的绝缘性能都很好，而 CCl_2F_2 (Freon) 和 SF_6 等的绝缘性能则更好。其次要求气体价格便宜，容易获得。 CCl_2F_2 和 SF_6 的价格都非常昂贵，获得也较困难，因此使用这种气体来作为绝缘介质是不现实的。最易获得的当然是空气，在有一定工业条件的城市中氮气和二氧化碳的来源也不困难。另外还必须考虑这些气体的化学稳定性和安全问题。 CCl_2F_2 在电晕作用下会分解，分解后形成的碳和氯气会影响固体介质的表面绝缘性能。氯气对其他材料有腐蚀作用，因此不宜用来作绝缘介质。而且 CCl_2F_2 的液化压力较低，也限制了它的应用。 SF_6 比较稳定，氮气和二氧化碳也很稳定。空气中的氧气在电晕作用下会形成臭氧 (O_3) 对绝缘材料也会产生有害影响。而最大的危险是氧气有燃烧的危险，特别是在高气压中燃烧可能会引起钢筒的爆炸。因此决定选用氮加二氧化碳的混合气体来作绝缘介质。参考已有的实验结果，证明氮 + 25% 二氧化碳的混合气体比纯氮或纯二氧化碳的绝缘性能都好。

但是还必须考虑到将来我们的加速器可能用在工业条件较差的城市或农村，对获得氮和二氧化碳也有一定困难。因此应该积极研究用简便方法除去空气中所含的氧气，直接用压缩空气来作为绝缘介质。

在选定绝缘气体以后，我们还必须决定它的工作气压。工作气压的选择主要是考虑在这种气压时，气体的击穿强度应比加速器中最高电场强度大一些，以保证加速器在正常工作时，不致发生气体间隙的击穿。加速器的最高电场强度在前面已经作了计算，虽然这计算是近似的，但可作为参考数据。

根据气体的绝缘强度来选定工作电压，主要应该依据现有的实验数据。但是气体的绝缘强度，随电场的均匀情况、气隙的长短、电极极性而变化，特别是在高气压中这种变化更大。因此可供参考的数据，只是那些大小、结构和我们差不多的静电加速器中所获得的结果，而且还必须加上极性相同、工作气压相近的条件，显然这样的数据非常少，因此我们只能在作定性分析后，再参照类似加速器的工作气压。

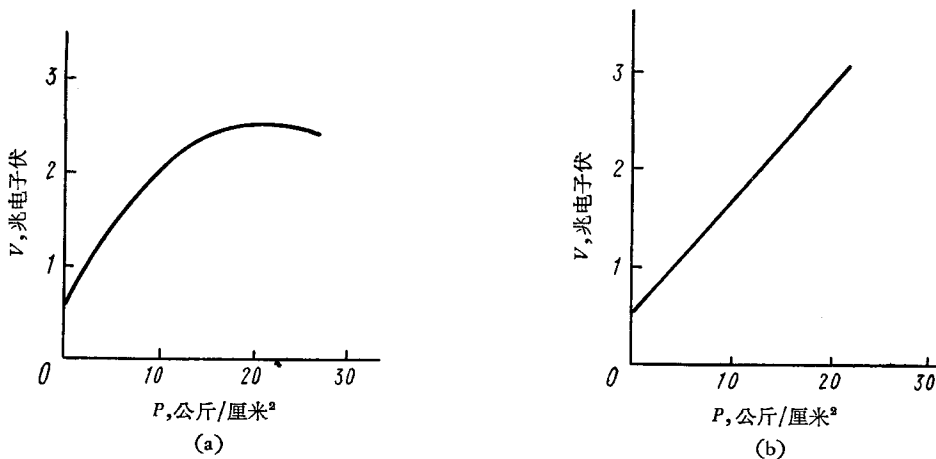


图2 静电加速器中最高电压和气压间关系
(a) 正极性情况; (b) 负极性情况。

静电加速器中电场分布是不均匀的,因此在高压气体中的工作性能和电极的极性有很大关系。一般说来,随着气压的升高,气体的绝缘性能逐渐增强,而加速器的电压就逐渐提高。在正极性情况下,超过一定气压后,上升的速度将愈来愈慢,直到最后,虽继续增加气压,但电压已无法提高(见图 2a)。只有在改善电场的均匀性后(通常加中间电极来达到这一目的),才能使电压再有所提高。但是在负极性的情况下,气压高达 25 大气压时,还没有出现这种临界现象^[4](见图 2b)。

因此在负极性的情况下,亦即在电子静电加速器的情况下,工作气压可选得较高些。同时因为电子静电加速器主要是用来作为辐射源,因此要求它能有较小体积,而提高工作气压就可相应的缩小体积。这实际上也是电子静电加速器的一个发展趋势。因此我们参照类似加速器^[3]后,选择工作气压为 25 千克/厘米²。

4. 输电带宽度和速度

作为辐射源应用的加速器,要求有尽可能高的输出功率,而输出的辐射功率正比于加速电流。因此在设计电子静电加速器时,除了考虑电场分布对击穿电压的影响以外,还必须考虑到电场分布对电流的影响和一切与提高加速电流有关的措施。

加速电流的大小首先是决定于输电带所能输送的最大电流,充电电流 $i = bu\sigma$ 决定于三个因数。 b 为输电带宽度; u 为输电带运动速度; σ 为输电带表面电荷密度, σ 值取决于气体击穿强度。 $\sigma_{\text{最大}} = \frac{E_d}{4\pi}$ 。

在空气中击穿强度的最大值 $E_d = 30$ 千伏/厘米,

这时 $\sigma_{\text{最大}} = 2.65 \times 10^{-9}$ 库伦/厘米²,

而输电带所能输送的最大电流应为:

$$i_{\text{最大}} = 2.65 \times 10^{-9} bu \text{ 安.}$$

实际上在空气中还不能达到这一最大值。通常在空气中所能输送的电流约为这个数值的一半。在高压型静电加速器中,随着气压的提高, $i_{\text{最大}}$ 的值也将有所提高。如果沿输电带的表面电场分布比较均匀,则 $i_{\text{最大}}$ 的值将随气压增高而正比地增长^[5]。因此在提高加速电流方面,所应该注意的首要问题是如何设法使输电带表面的电场分布尽可能的均匀。

和充电电流有关的另外二个量是输电带宽度 b 和输电带的速度 u 。从提高电流的观点看希望 b 和 u 尽可能大些,但实际上它们都受一些其他方面技术因素的限制。在选定高压电极尺寸后,输电带宽已基本确定。我们的高压电极直径 $d = 420$ 毫米,因而带宽可选在 $b = 300$ 毫米左右。

输电带运动速度 u 在加速器的基本尺寸已经决定后,只能依靠提高轴的转速来实现这一目的,而这样会使轴承寿命减低。输电带运动速度过大,也往往会影响输电带本身的寿命。而且会增加其他部件机械性能的不稳定性。因此在静电加速器中,输电带的运动速度很少有超过 20 米/秒的,我们所选的输电带运动速度也在这值左右。

三、主体各部件的用材、结构、加工方法等方面的考虑

1. 高压电极

在上面我们讨论了由分压环所引起的电场畸变,除此之外,电极形状对电极和分压片的交界处的电场畸变有直接影响,显然将交界处的电场强度简单地归结为同心圆球或同心圆柱体

间的电场来考虑是不妥当的,合理的电极形状设计可以大大地降低这一场畸因数。我们曾用电解槽法测定不同形状电极所引起的电场畸变的影响^[6],结果表明,合理选择高压电极形状可使这一场畸因数降低到1.18,而在相反的情况下则可高达1.70。主要特点是高压电极半径应略大于分压环外径;在接近分压环时高压电极半径应逐渐缩小至约略和分压环外径相等。

高压电极的材料选择,首先应该考虑在负极性时电极材料对击穿电压的影响^[7],同时亦应考虑材料来源、加工条件等因素。在比较了铝、铜、不锈钢等材料的优缺点以后,决定采用铜制涂铬的高压电极,高压电极表面光洁度应不低于▽▽▽9。

高压电极的加工方法,在会上提出了很多建议,须在经过试验以后,再作最后决定。建议试用的四种加工方法有拉模法、车床滚压法、水压法和腊模电铸法。

在目前的设计中,大家认为以不用中间电极为宜,因估计收效未必很大,而且在结构上则增加了很多复杂性。

2. 绝缘支柱

作为绝缘支柱的材料在高气压中的绝缘强度和很多因素有关。首先是这些材料本身的绝缘性质,此外如材料表面状况,材料吸湿性,以及材料和金属表面的接触情况等。总的说来,其绝缘强度都低于该气压时气体的绝缘强度^[5],但彼此之间有很大差别。

此外材料的加工性能,以及机械强度也应该作为选择时所应考虑的重要因素。在比较了瓷、有机玻璃、胶木、玻璃、玻璃钢等材料以后,从电气性能、机械性能和加工性能三方面着眼,建议在瓷或有机玻璃两种材料中选择一种。

绝缘支柱的结构形式建议采用分段式而不采用整根式。分段式的优点是有益于分压片的固定,可以保证分压环间气隙有较小的公差,也改善了分压片和绝缘柱的接触情况,有益于绝缘。如果发现个别绝缘子上有机械的或电气的损伤或老化时,也容易更换,加工困难也少。缺点是这种结构的机械强度差,轴间倾斜公差难以保证,加速器只能作直立式应用,不能在倾斜或横卧时应用。

如有有机玻璃作为绝缘子,相互间连接和配合可直接在车床上加工。如采用瓷作为绝缘子,则应在瓷绝缘子内胶接上钢质接头,再在车床上加工,以保证按装公差的要求。

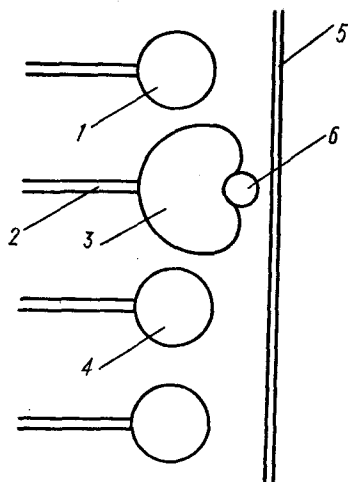


图3 分压棍和保护棍结构

- 1—分压棍; 2—分压片;
3—保护棍底座; 4—分压棍;
5—输送带; 6—保护棍。

的有效高度为 1140 ± 1 毫米。

在七片分压片上安装保护棍。保护棍结构建议作如下改进,如图3所示。这种结构的优

3. 分压片和保护棍

由于绝缘柱结构上的改变,因此分压片的结构也应作相应的改变,分压片可改成半拆装式,以减少分压片的另件数目。分压片的材料用铝,加工方法以上海先锋电机厂的方法为基础,不作大更动,将来可试验采用滚边式方法制造。固定分压棍的弹簧改装在分压棍上,这样使分压棍在振动中不易掉下,同时也增加了分压棍的长度。分压环采用黄铜材料,涂镍以后抛光,其表面光洁度不应低于▽▽▽9。分压环直径为420毫米,圆管截面直径为12毫米,但在高压电极下的几片分压环的圆管截面直径增大为14毫米,以减少场畸因数。分压环直径椭圆度公差应小于 ± 2 毫米,分压片共56片,总

点是 1. 在输电带和保护棍接触处, 高压电极所产生的电场已被屏蔽, 这时只有输电带表面电荷所产生的电场作用。2. 由于距离保护棍底板很近, 二者之间的电位差很小, 因而引起放电的可能性就较小, 这一措施可减少引起输电带表面闪烁的可能性。保护棍用直径 5 毫米的硬玻璃棍胶在直径较大, 形状经过特殊加工的铝底板上。

分压办法暂采用针尖分压, 并积极试制高电阻, 将来可用电阻并联针尖分压。

四、输电系统

1. 输电带的性能

对输电带有电性能和机械性能两方面的要求, 可简单归纳为如下几点:

(1) 输电带本身的介电系数 $\epsilon > 3$, 因为 ϵ 愈大, 输电带内电场强度愈小, 输电带就愈不易被击穿, 应能承受击穿场强 $E_{\text{击}} = 30$ 千伏/厘米。

(2) 应有较大的表面电阻和体积电阻。表面电阻应在 $\rho_s = 10^{14}$ 欧姆·厘米左右, 体积电阻应在 $\rho_v = 10^{14} - 10^{15}$ 欧姆·厘米。

(3) 输电带应有很好的机械强度, 伸长率要较小, 厚度不宜太大, 以 1.5 毫米为宜。

(4) 输电带应平整光滑, 耐摩擦, 不易燃烧。输电带材料最好用丝织品作底材, 天然丝织品强度好, 吸湿性小, 外再涂氯丁胶, 天然胶或丁苯胶, 所涂的胶层要求耐磨和绝缘性能好。棉织品作底材的输电带吸湿性太大。涂聚乙烯的输电带目前在机械性能, 湿度反应方面都还存在一些问题, 需要作进一步试验, 因此, 虽然其绝缘性能甚好, 但目前还不适宜用它来作为输电带涂料。

对输电带的性能应作系统研究, 以提高其输电本领和耐压性能。

2. 喷电方法

喷电方法还是采用电晕梳(针排)。为提高输送电荷效率, 必须采用复激方法, 并在上下都装置丁形板来改善输电带周围的电场分布, 以减少电荷损失。喷电针可用缝衣针, 针排在单排到三排之间, 试验后再作决定。复激方法建议采用绝缘上转轴的方法而不必用附加电极。为了改善电场分布, 上中板应加上分压棍。

喷电高压电源建议用倍压整流方法, 其电压大小应用直接测量次级直流高压, 而不用测量高压变压器的初级电压来代替。喷电电源的初级应经过稳压器。

3. 输电带的调节

输电带拉力和位置的调节用改变下转轴的位置来实现。上转轴用无缝钢管做成空心轴, 不用铝材, 以免影响输电带的绝缘性能。为减少振动起见, 上下转轴都应经过动平衡试验, 同时转轴固定装置应有足够的刚度。

五、关于钢筒、充气系统及气体干燥设备

钢筒强度应该保证安全, 制成后必须经受 1.5 倍正常工作压力的水压试验, 并需设有防爆窗装置, 以保证安全。钢筒底板制成锅式, 这样可以改善底板的受压情况。在锅式底板上按装所有引线、灌气、抽气装置等接头。为了不使底板强度大为减弱, 应尽量避免在底板上打大孔, 同时各孔之间位置分布应力求均匀。钢筒内壁光洁度应达到 $\nabla\nabla\nabla 7$ 以上, 可用电镀工艺上常用的滚筒法(内装小颗粒石子, 使钢筒转动)。抛光后用化学镀铜法处理, 以防止生锈。在加

工钢筒及底板时应注意保证主体的同心度及垂直问题以及钢筒上的气密配合问题。

从经济上考虑,气体不准备予以回收。在灌气以前要抽真空以排除水分,钢筒内应放有足够的干燥剂,并安装温度计及湿度计。正常工作时的相对湿度应在20%以下(25℃),为进一步降低湿度,建议今后将绝缘气体用循环冷凝法去水分。

六、加速系统

1. 加速管结构

加速管绝缘材料在比较了瓷和玻璃的绝缘性能和机械性能以后,建议采用瓷环,为增加表面爬电距离,为了易于加工起见,瓷环截面做成鼓形。加速电极做成平板式,电极由紫铜片表面镀铬做成,内孔直径25毫米,为了加工方便,内孔全部相等,封接时由外部定位,加速电极片数和分压片数相等。为改善加速管的绝缘性能,今后应积极试验将加速电极数目增加一倍,以增加电极对管壁的屏蔽作用,且能更好地利用短真空间隙的优良绝缘性能。

加速电极和分压片之间的连接,建议采用高电阻以防止主体部分的击穿而影响加速管内部。

2. 加速管的封接

加速管的封接用胶建议采用环氧树脂,因为国内有用环氧树脂的丰富经验,而且产品质量较好。也可以试用БФ₄胶,因为已有成熟的工艺条件。此外国内试制的聚乙酸乙烯酯,也具有非常好的工艺性能。

加速管封接时应严格保证清洁,建议采用分段封接的办法,每一封接单元经过真空探漏以后,再封接成整根加速管。

整条加速管应先作强度试验,以其本身重量作拉伸及剪切负荷,然后再受真空试验。真空试验应达到加速管内真空度不受管外气压变化的影响,经过强度及真空试验合格后,加速管应抽真空后密封保存,以备将来使用。每批瓷环样品中的单个元件,须经受真空中耐高压试验。为提高整根加速管的耐压性能,建议在瓷环封接端面上涂以金属层,并用铅填法以短路封接时的残留气隙。

3. 电子枪

电子枪结构建议目前仍采用平板式,以后积极改进以提高电子枪的寿命。

提高电子枪寿命的办法是改变阴极,会上提出了几种改进方案:1.灯丝不用V字形而改用螺旋形或其他形状,以保证灯丝不受正离子轰击,并设法提高灯丝部分真空度。2.不采用钨丝作阴极,而改用L-阴极或其他不怕轰击的氧化物阴极。栅极材料建议改用不锈钢或紫铜,以减少高温时的放气。

电子枪在结构上还需要解决的一个问题是引出接线装置的漏气问题,建议用可伐接头,或是火花塞作为接线引出装置。为减少漏气可能性,再加一外套密封,外套上也可用可伐接头或火花塞作为引出装置,这样分层减压对防止引出线处漏气可能有一定效果。

电子枪供电部分建议采用永磁式交流发电机,经过降压变压器后直接加到灯丝上,灯丝电流用变压器初级的电位器来调节。

4. 真空系统及靶室

原则上保留现有形式,但建议在加速管和扩散泵之间加一高真空阀门,并考虑采用在发生

真空事故时自动关闭的控制。扩散泵前应加一冷阱,以防止油蒸汽进入加速管中。在扩散泵和机械泵之间加一贮气罐,以使机械泵可以短时间的停止工作。

靶室基本上也保留原设计的特点,适当放大铜靶面积,缩小冷却水套外径,以便可缩小铅套体积。

七、控制、防护及总体布置

1. 控制系统

整个控制系统应包含三个部分:(1)控制部分;(2)测量部分;(3)连锁保护部分。

连锁保护部分主要有:真空和主马达连锁、主马达和高压电源连锁、门和主马达连锁、水和扩散泵连锁。它对保证加速器的正常运转,设备和人身安全有很大的作用。

2. 防护及总体布置

从防护的角度着眼,加速器的主屋应该分作两层,辐照室和加速器主体所在的大厅要分开。辐照室最好建在地下室,并应考虑到电子和X射线两用之便,留有一定空间。同时辐照室的设计还应参照辐照处理对象的要求,采取具体措施,以满足特殊需要。

辐照室除对射线应有足够的防护以外,还应有足够的通风量,以保证室内空气每小时能更换五次以上。此外,辐照室内还应有良好的照明条件。

加速器主厅面积应考虑到检修和安装的方便,而具有足够的高度,以便吊起钢筒。吊车建议采用三吨手动式。主厅应该有良好的照明和通风条件,并保持十分清洁。

总体布置除主厅和辐照室以外,还应有控制室,配电室,储藏室,剂量室,工具室以及适合各类应用目的的实验室。此外还应有一定数量的必要的办公室等。作为辐照中心建议它应该建在离居民点有一定距离,但交通又方便之处。

3. 调整试验

在每台静电加速器作为成品出厂以前,都必须进行仔细的调整和测量,一般调整可以分为三步:

(1) **短路试验** 目的是测量输电带的输电性能和校验最佳输电条件,并测出各不同气压中的短路电流曲线。

(2) **空载试验** 拆除加速管后,主体部分的高压试验。用以考验主体部分的绝缘性能,测量加速器主体在空载时能达到的最高电压,观察电晕情况及分压情况并进行调整,通过试验测定空载时的电压-气压曲线。

(3) **运转试验** 主要用来测定加速器在额定负载时的运转情况。通过这一实验,测定电子束聚焦情况及其与聚焦电流的关系,测定电压稳定情况,检验最大输出剂量率等,并测定加速器的负荷曲线。

八、今后的研究方向

通过这次会议的讨论,也发现了在电子静电加速器的某些部件上还需要深入作进一步研究,属于这类问题的计有:输电带质量的改进;电子枪研究;加速管封接技术的研究;加速管结构及其耐压性能的研究;加速电压的稳定方法;电子束扫描设备的试制;绝缘气体的干燥及研究使用压缩空气作为绝缘介质的可能性;高压电极形状对电场的影响;分压高电阻的试制。

参 考 文 献

- [1] J. W. Boag, *Proce. IEE*, **100** Part, C, 63 (1953).
[2] В. Н. Глазнов, *Атомная энергия*, **2**, 174 (1959).
[3] H. Miller, *Brit. Jour. Radiology*, **23**, 731 (1950).
[4] R. L. Fortescue et al., *Proce. IEE*, **96** Part A, 77 (1949).
[5] R. J. Van de Graaff, *Reports on Progress in Physics*, Vol. XI (1948).
[6] А. К. Вальтер и др., *П. Т. З.*, **4**, 3 (1957).
[7] J. G. Trump et al., *Elec. Eng.*, **65**, 961 (1950).

(编辑部收稿日期1965年11月6日)

