

加速器是提高带电粒子能量的大型科学机器,但带电粒子的能量是靠什么来提高的呢?除了高压型加速器外,大部分的加速器都是依靠高频腔中产生的高频电场来加速粒子的,而高频腔的功率主要是由大功率的电子管来产生的,因此加速器与电子管的关系是十分密切的。

从表面看来,加速器与电子管是两码事,实际上它们的原理是共同的:都是带电粒子与电场的相互作用,不同的仅是一个是加速,一个是减速。

图1是高频加速腔的示意图。在两个电极之间产生着按一定频率变化的高

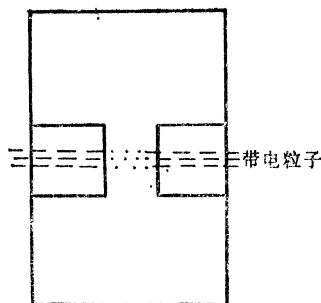


图1 高频腔

频电场。如果带电粒子进入此电极间隙时,电场方向能使粒子得到能量,即加速。如果粒子旋转频率与高频电场频率相等,则每次粒子进入此间隙时就总是加速的,这就是加速器中高频加速的基本原理。反则,如果带

电粒子进入电极间隙时,电场方向是使粒子失去能量,则粒子就减速。减速时将会发生什么情况呢?这失去的能量又到哪里去了呢?原来这时粒子失去的能量“转交”给高频腔了,即粒子把一部分能量转换成高频电磁场的能量。这就是电子管的基本工作原理。在电子管中,带电粒子就是电子,电子的初始能量则是从加在电子管上的直流高压中得到的,因此电子管的作用是把直流能量转换成高频能量。

别看加速器是一个庞然大物,按“年龄”算起来,它在电子管面前却只能是个弟弟。原来电子管诞生在一九〇八年,而加速器直到三十年代初期才先后发展起来的。显然,如果没有电子管的前廿年左右的发展,高频加速的原理就无从产生。因此加速器的发展是有赖于电子管技术发展的。由于他们在原理上有相似之处,因此,在电子管的发展中,加速器专家也起了不小的作用,速调管和回旋管的发明就是一个例子。

速调管的发明人凡立昂恰好是电子直线加速器发明人汉生的同学。凡立昂的弟弟是飞行员,很希望有一种导航的设备,这就是“雷达”的原始想法。他把这种想法告诉了哥哥,引起了哥哥的极大兴趣。正巧,汉生正在研究一种电子加速的方法,即当今的电子直线加速器的原理。凡立昂与汉生都觉得需要一个能产生

## 加速器与电子管

严太玄

强功率的微波功率管。这就促进了这个工作的开展。据说凡立昂当时曾想了22个方案,但都失败了,直到与汉生讨论后,才确定了第23个方案——速度调制原理的方案。这个方案终于得到了成功,速调管就这样诞生了。

什么是速度调制原理呢?图2是速调管的基本结构示意图。它由阳极、阴极及两个谐振腔所组成。当电子从阴极发射出来后,受到阳极直流高压的加速,经过第一谐振腔时,受到外加在第一谐振腔中高频电场的作用,有一部分得到加速,有一部分得到减速,因此速度上有了调制。图3表示了他们速度调制的情况,可以看到有一部分

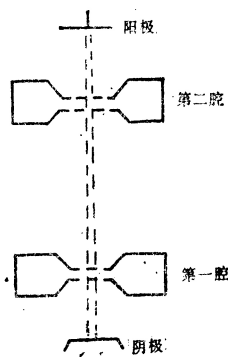


图2 速调管示意图

电子经过一定距离后会相聚在一起,如果在该处正好第二谐振腔,则在这个腔内会激发起高频电场,这电场的方向是使电子减速的,因此在第二谐振腔中得到一定功率的高频振荡,这功率是电子从直流电压中得到又转换成高频功率的。

速调管的优点是可以产生较高的频率(相对于普通的三极管),而且能量转换效率较高,差不多可以有60~70%的直流功率转换成高频功

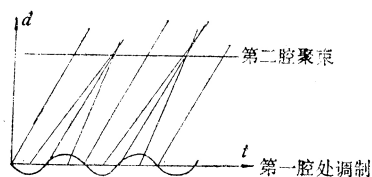


图3 群聚原理示意图

率。它不仅用在电子直线加速器上,而且也广泛应用于雷达、彩色电视转播等方面。

六十年代以来,电子储存环作为一种新型的加速器异军突起,在高能物理中起着十分重要的作用。由于电子储存环中存在着同步辐射的损失,该损失又是正比于电子能量的四次方的。因此每提高一点能量就要有很大的高频功率来补偿。于是连续运行的大功率速调管就不断问世,目前最大功率已达到1兆瓦,如果没有它们,高能量的电子储存环恐怕就造不成了。

近十年来,一种称为回旋管的新型管子则又是一例。回旋管的工作原理如图4所示。电子枪出来的高压电子流经过聚焦线圈进入一高频腔,这高频腔采用相位差90°的高频场在位置上也差90°的两个耦合

环处输入,因而形成一旋转的场,电子经过后就会作回旋的运动。这个情况很象示波器中在水平方向及垂直方向加相位差  $90^\circ$  的电场后,在屏幕上就扫描出一个圆的轨迹。再经过聚焦及偏转线圈的作用,电子进入一截面为矩形的环状谐振腔,在腔内激发起高频场,当然电场方向正好使束流减速,因而使电子流的能量转换成高频能量。目前,这种回旋管的脉冲功率已可达上百兆瓦,能量的转换效率高达  $80\sim 90\%$ ,看来,发展前途无量。

从上可见,加速器发展受电子管的发展得益非浅,反过来说,加速器技术的发展也促进了电子管的发展。它们互相促进、互相渗透。这样的情况在许多科学技术领域中都可以看到。

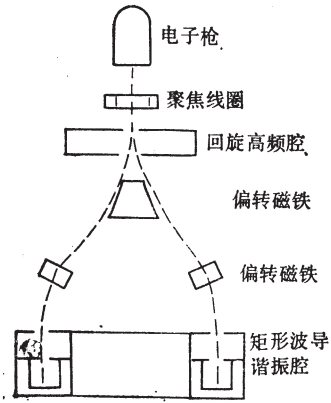


图 4 回旋管示意图