

短文荟萃

电子感应加速器为何不能加速质子

范军

(衡阳县第一中学 湖南 衡阳 421200)

(收稿日期:2017-03-30)

电子感应加速器是利用感生电场使电子加速的仪器,在人教版高中《物理·选修3-2》第四章第5节中介绍了它的原理,如图1所示,上图为侧视图,下图为真空室的俯视图.侧视图的上下为电磁铁的两个磁极,磁极之间有一个环形真空室.电磁铁线圈电流的方向按图示方向逐渐增加,根据楞次定律,产生顺时针方向的感生电场,使电子沿逆时针方向加速运动.

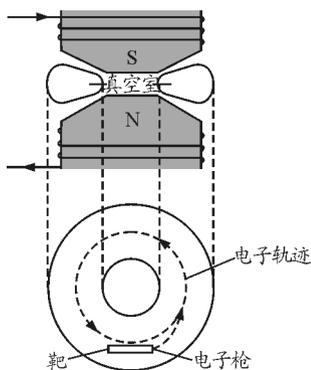


图1 电子感应加速器原理图

按照以上原理,如果让此加速器加速质子,只要让质子沿顺时针方向运动即可.而事实上,电子感应加速器只能加速电子,不能加速质子、 α 粒子等粒子,这是为什么呢?

设环形真空室中的感生电场电动势为 $E_{\text{感}}$,粒子质量为 m ,电荷量为 e ,则每一圈粒子获得的动能为

$$E_k = eE_{\text{感}} = \frac{1}{2}mv^2$$

得

$$v = \sqrt{\frac{2eE_{\text{感}}}{m}}$$

质子的质量约为电子质量的2000倍,因此同等情况下质子加速一圈获得的速度要小得多.

另外,加速过程中要保持轨迹半径不变.

由

$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$

得

$$r = \frac{mv}{qB}$$

若质子加速后的速度与电子速度相等,由于质子质量大得多,同等情况下轨迹半径也应该大得多,那么加速器的半径应该增大约为原来的2000倍,显然是不切实际的.

事实上,电子在感生电场的作用下被加速,并在洛伦兹力的作用下,沿圆形轨道运动.由于磁场和感生电场都是交变的,所以在交变电流的一个周期内,只有当感生电场的方向与电子绕行的方向相反时,电子才能得到加速.因而,要求每次注入电子束并使它加速后,在电场尚未改变方向前就将已加速的电子束从加速器中引出.由于用电子枪注入真空室的电子束已经具有一定的速度,由于电子质量小,在电场方向改变前的短短时间内,电子束已经在环内绕行几十万圈,并且一直受到电场加速,所以,可以获得能量相当高的电子.例如一个100 MeV的电子感应加速器,能使电子速度加速到光速的0.999 986倍,即0.999 986 c .

电子感应加速器只能加速电子不能加速质子、 α 粒子等,不是因为质子、 α 粒子带了正电而不能加速.在原理上它们同样可以加速,只是因为这些粒子比电子的质量大得多而使得实际的加速效果很差.对于质子、 α 粒子通常用直线加速器、回旋加速器进行加速.

更正

2017年第9期第114页作者应为程结旺,邵典典,王学,特此更正.