

超导扭摆磁体

超导扭摆磁体 (Wiggler) 是同步辐射装置上的一个插入元件。由于超导磁体可以产生比常规弯铁高几倍的磁场强度, 因此, 当装置上插入该元件后, 不仅会提供更强的同步辐射光, 而且扩展了光谱的范围, 这样也就改善了装置的性能。

合肥同步辐射装置的主体是一台 800MeV 电子贮存环, 束流强度为 300 mA, 弯铁磁场强度为 12KG, 临界能量为 511eV, 其特征波长为 24 埃, 最短可用波长为 4.8 埃, 特征波长处的光谱强度为 3.8×10^{13} 光子 / (秒 · mrad ϕ · 1% $\Delta\lambda/\lambda$), 适合于真空紫外光和软 x 射线的应用。如果在贮存环的直线段插入一个峰值场为

50KG 的超导扭摆磁体, 波长便进入硬 x 射线波段, 可以开展 x 射线衍射、小角散射、萤光、扩展的 x 射线吸收边精细结构等实验工作。这样, 大大扩大了装置的应用范围。

超导扭摆磁体是由一组极性交替的平行排列的二极磁体组成。每个磁体的形状为“跑道”形 (如图 1 所示), 它有二个平行的直线边, 装配时直线边横跨在束流管上, 这样的排列可以得到短的磁周期以及在束流管横开口上的好的磁场均匀度。

最简单的扭摆磁体由三个极对组成, 产生一个完整的电子束振荡, 称为单周期扭摆磁体, 如图 2 所示。

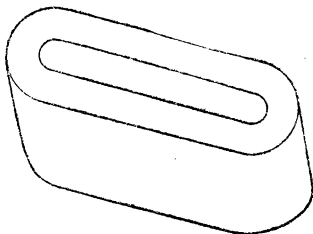


图 1 单个扭摆磁体外形

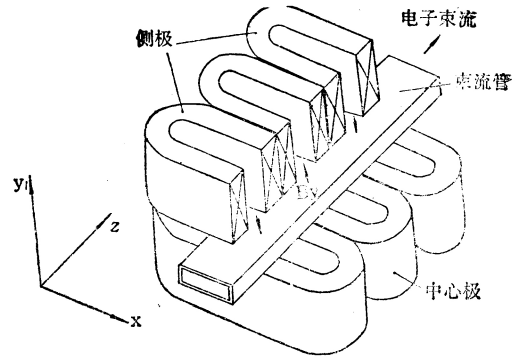


图 2 单周期超导扭摆磁体示意图

产生多个电子束振荡的磁体系统称为多周期扭摆磁体。如三周期磁体, 四周期磁体等等。由于磁体排列时有不同的位置, 所以磁体极对可以有不同的称呼, 我们把位于内部的极对称为中心极, 它产生需要的峰值磁场。有时也称它为整极。位于两边的磁体极对则称为端极或侧极。一般说来, 端极与中心极的结构尺寸相同, 但产生的磁场值为中心极的一半, 所以常称它为半极。这样, 三周期磁体有五个整极和两个半极, 所以我们称它为六极磁体。但是, 对于单周期磁体来说, 虽然它只有一个整极和两个半极组成, 我们仍称它为三极磁体。

当超导扭摆磁体插入贮存环的直线段后, 为了不干扰贮存环的正常运行, 在磁体设计时要考虑满足下面三个要求: 第一, 束流孔的尺寸要足够大, 这样在束流注入时便于调节, 并且束流寿命没有明显减少。第二, 沿束流方向上的磁场积分为零, 这样可以保证束流轨道没有净的位移或改变。第三, 端极有与中心极相同的物理长度, 但场强要减半运行。这样可以减少同步辐射的功率损耗, 并且有最佳的对称性, 以满足束流动力学的要求。

近年来随着超导体技术的不断发展, 人们对超导扭摆磁体越来越感兴趣。目前超导扭摆磁体已经装置并运行的有美国布鲁克海文国家实验室的六极磁体, 场强为 60KG。日本高能物理国家实验室的三极磁体, 场强为 60KG。英国达累斯伯利实验室的三极磁体, 场强为 50KG。苏联新西伯利亚的二十极磁体, 场强为 35KG。等。合肥同步辐射装置拟做三周期扭摆磁体, 场强为 50KG。做为该计划的第一步, 将首先研制单周期扭摆磁体。