

高能加速器设计思想漫谈(下)

谢家馨

(五) 系统匹配

加速器是由许多系统和分系统组成的,是一个具有严格的指定功能的统一体,因此,在选择系统或分系统的不同方案时,就需要考虑它们之间如何互相匹配,协调地完成总体任务的问题。以下就三个主要方面加以讨论。

(1) 可靠性匹配 像高能加速器这样综合、复杂的装置,运行可靠性如何显然是一个十分严峻的问题。设计工作者首先需要考虑系统或分系统本身的可靠性。以环形加速器的高频系统为例,为了提高系统的可靠性,它通常使用很多个加速站并行工作(热储备),同时还设置冗余的备用加速站(冷储备)。图5曲线给出三种理想情况下可靠度的比较,从中我们可以定性地体会采用并行和冗余措施的作用。当然,这里又产生了在同等可靠度之下,哪种安排——热储备和冷储备的组合——更为经济的新课题。

加速器中任一系统失效整个装置即不能工作。因此,除了系统本身可靠性的考虑外,我们还需要考虑系统之间的可靠性的匹配。在 高能加速器中,一般说来高频系统常是最易发生故障的环节。在设计中

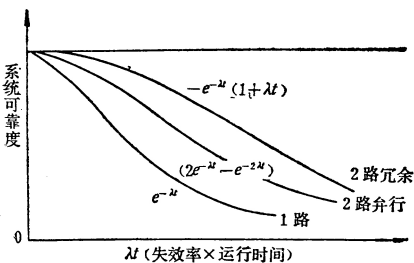


图5 三种情况可靠度的比较

采取措施使环形高频系统可靠度提高之后,直线加速器的高频系统就可能成为整个高能加速器的“瓶颈”。要采取设计措施,扩大这个“瓶颈”,才能使整个系统处于比较匹配的状态。

(2) 备用裕量的匹配 加速器

各系统和部件的设计,一般允许在正常工作值以上的一定限度内工作,这个限度可以称做“备用裕量”。“备用裕量”也有一个匹配的问题。例如:磁铁设计中如果在磁场饱和的限制上留有“备用裕量”,而且磁铁电源、引出元件和它们的电源等系统的设计也都留有同样比例的“备用裕量”,则整个加速器就可能在比设计值为高的能量下工作。这时,整个加速器的“备用裕量”可以说是匹配的。反之,如果各系统的“备用裕量”有大有小,各自为政,那么裕量较大的系统并不能在技术上起到提高整个加速器性能的效果,而只是在经济上造成了不必要的负担。

(3) 技术难度的匹配

加速器的性能指标确定之后,在不同的技术领域之间或一个技术领域之内,常有几种方案可以满足同样的要求。加速器设计者就必须选择方案,使技术要求的难度

与客观工业条件大体上相适应。技术要求比现有的水平高才能带动工业,可是,比现有的工业水平过高则难以实现。在设计工作中如能根据具体条件,调整技术方案,将各方面承担的任务的相对难度适当匹配,无疑将会促进整个工作的进度。

(六) 求简与求全

高能加速器发展至今,已有三十年的历史,经过研制人员的不懈的努力,性能得到很大的改进。但在所有的改进措施中,有些是主要的,本质的;有些是次要的,非本质的。许多装置的性能改进(可称为

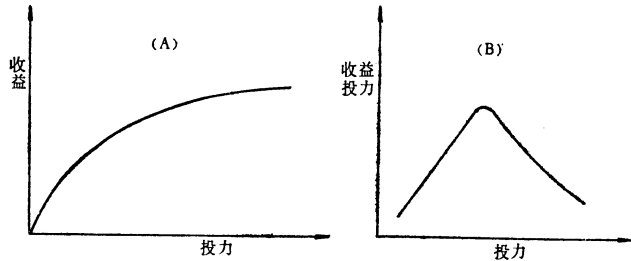


图6 收益递减规律与收益/投力比值的变化

收益)与所投入的人力、物力、财力(可统称投力)的关系,常常服从收益递减的规律,如图6(A)所示。这样,我们就要考虑对设计系统应该如何提出要求:是在规定的投力下要求最大的收益呢?在规定的收益下要求最小的投力呢?还是要求最大的收益和投力的比值呢?如图6(B)所示。

在预注入器中,为补偿束流负载引起的的压降而安装的快稳线路在美国费米实验室已不使用了。在直线加速器的出口处,为改进能谱而安装的散束器在美国布鲁克海汶实验室也不再使用了。这说明这两个装置对他们的加速器性能的改进并没有主要的贡献。在直线加速器入口处的聚束系统,使用一个简单的基波腔就可使俘获效率提高48个百分点,使用两个相连的腔(一个基波,一个谐波)可再提高15个百分点;但使用更为复杂的将两腔分开的系统也只能将效率再提高10个百分点。这个例子很好地说明了装