

在 1.4 GeV 电子直线加速器上 开展物理实验的展望

王朝俊

王殿荣

中高能物理是介于高能物理和低能物理的一门科学,它既包括核物理的前沿——中高能核物理,又包括对粒子物理中的一些基本问题的研究。同时,它的研究又为新的应用如 π^- 介子治癌、 μ 子自旋转动和在固体物理、化学、生物等的应用提供了基础。

利用我国北京正负电子对撞机的预注入器——1.4 GeV 电子直线加速器开展中高能物理实验工作将是很有意义的。这台电子直线加速器用于正负电子对撞机注入的时间比较短,大部分时间束流是“空闲”的。利用这空闲时间做中高能物理实验工作,不仅提高了电子直线加速器的利用率,而且对科学研究、干部的培养、技术训练等方面起到了一举多得的作用。

1.4 GeV 电子直线加速器可引出 e^- , e^+ , 并加上适当的靶后可产生 π^\pm , μ 及 γ 光子等束,可供中能物理方面使用。国际上在这方面工作很活跃的,简略的可归纳如下:

(1) π 和 μ 轻子物理: 研究范围包括 π 介子与质子和核的相互作用; μ^- 原子和 μX 射线, μ 轻子衰变, μ 轻子磁矩和 μ 与核的相互作用。

π 介子和 μ 轻子用于固体物理和化学: 包括 μX 射线用于化学分析, μ^- 的俘获几率和释放的X射线能谱用于研究物质的化学结构; $\pi^- p \rightarrow \pi^0 + n$ 并 $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ 用于含氢材料的研究; μ 子素用于化学反应动力学和分子结构的研究; μ^+ 自旋转动或 μ^+ 自旋共振(μ^+SR)用于研究固体的结构、磁性和缺陷等。

π^- 介子治癌: π^- 与质子相仿,有确定射程,由于多数 π^- 最终被核吸收释放能量,它的治癌效果要比质子好,它的生物相对效应和氧增比可能与中子相仿。但由于高能电子打靶产生 π^- 的产额只及高能质子打靶产生 π^- 的产额的1/100,所以常都用高能质子加速器的强流质子束轰击碳靶产生 π^- 介子。因此要能在临床上应用,首先要解决的问题是产生较强的 π^- 介子流。

如果直线段经返航满能量注入(能量为2.8 GeV),或许在 π , μ 物理以及相应的应用方面将打开更实际的价值。

(2) 电子散射实验: 研究原子核的电磁分布,原子核的集体和单粒子激发等。用电子作探针研究原子核有一些优点。首先,电磁相互作用是已知的;其次,电磁相互作用比较弱,不致改变原来原子核内部的状态。由于理论解释实验较好、精确,系统的实验容易得出肯

定的物理结论。

国外在电子直线加速器上做电子散射的主要有二家,一是美国的 Bates 400 MeV 电子直线加速器,另一是法国的 Saclay 600 MeV 电子直线加速器。他们做了不少工作。其他的如 SLAC, DESY 等实验室也做了些工作。

我们加速器能量还比较高,便于开展高 q ($q = |\mathbf{k} - \mathbf{k}'|$) 和高 ν ($\nu = E - E'$) 的实验。其中 E , E' 分别是入射和出射电子的能量。 \mathbf{k} , \mathbf{k}' 分别表示入射和出射电子的动量。关于高 q 实验,因为它深入到原子核内部因而比较重要,国外这方面的数据还比较少,开展这方面工作是比较有意义的。至于高 ν 实验,这里主要指产生粒子共振态的实验。这是一个新的领域,国外工作也处于开始阶段,我们可以迎头赶上,作出自己的贡献。

由于我们的加速器的占空因子太小,一些截面比较小的符合实验只好放弃,将来如能加个拉长器,则可能有些有意义的工作可做。另外由于加速器的能量还不足以达到深度非弹区,这样我们可先在核共振区、准弹性散射和弹性散射区开展实验研究。

(3) 光物理: 研究重子共振区的电磁激发和强子结构等。国外在重子共振区(光子束能量为200 MeV—2 GeV)作工作的主要有法国 Saclay (600 MeV, 已发展为1.25 GeV)的电子直线加速器,苏联哈尔科夫(1.8 GeV)电子直线加速器。利用电子同步加速器目前做工作较多的有日本 INS (500 MeV 和 1.3 GeV) 和德国 Bonn 大学核研究所 (2.3 GeV) 的电子同步加速器。这些加速器上都有3—5条光子束流,除利用韧致辐射外,还利用晶体相干韧致辐射产生极化光子束。Saclay 利用正电子湮灭产生的单能光子束,在三年前已投入运行,并在核光致蜕变方面进行了很有意义的工作。我们的加速器 e^+ 是现成的,束流 $I_e \sim 3.8 \mu A$,因此利用湮灭产生 $\sim 10^8$ /秒光子束估计是不难的。

日本东京大学核研究所 1.3 GeV 电子同步加速器,该机的60%运转时间致力于单 π 光生研究,在1.3 GeV处有一大堆核共振态,利用赝标介子之光生来研究这些共振态的电磁结构有很大意义。我们的电子直线段的能区为1.1—1.4 GeV 和 INS 的情况相似,在这能区还有许多有意义的工作可做。

(4) 试验束：对撞点上的实验装置，有许多需事先在直线段的 e, γ, π 等束流上调试。如簇射探测机要利用 γ, e 束做模型实验，用 π 束做剔除 π 试验。强子能量器，飞行时间探测器要用 π, e 束做校准等，许多高能实验室都备有一条或二条试验束以供探测器校准和实验。