

ALEPH 探测器

吴为民 张家铨

西欧中心 LEP 物理委员会已经批准了将在 LEP 对撞机上进行的第一批实验, 总共 4 个。其中之一就是 ALEPH。这项实验由著名的实验物理学家 J. 斯坦伯格教授领导, 将有 8 个国家的 25 个高能物理实验室的约为 300 名物理学家和高级工程师参加。

我们知道, 在 LEP 对撞机的能量下, 有许多有趣的物理现象可研究, 例如中间玻色子 Z^0 和 $W^\pm$ 的产生机制和各种衰变方式的研究, 在大动量传递下量子色动力学理论的检验, 不同的夸克和轻子之间中性流耦合的研究和寻找 t 夸克等。LEP 达到的能量为发现新粒子, 如 Higgs 等展示了美好的前景。ALEPH 实验探测器充分考虑到在 LEP 对撞机能量下可能发生的各种物理过程和现象, 把物理目标和技术上的现实可能性结合起来。因而 ALEPH 探测器的设计就是要对每个事例试图搜集尽可能多的信息。ALEPH 探测器设计的具体物理目标主要是:

(1) 费米子的中性耦合。

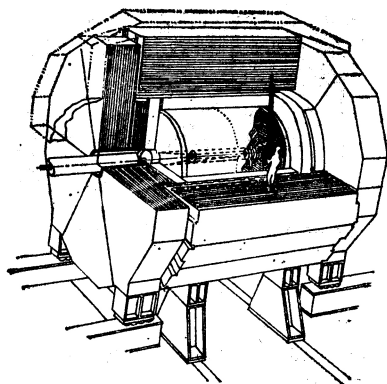
为了检验标准的电弱模型, 精确的测量夸克和轻子的中性弱耦合是很重要的。为了实现这个目标, 要求探测器对轻子(特别是电子)有较好的探测能力, 对 π/e 的排斥比要求达到 10^{-3} 。同时, 对于强子的质量重建(例如 $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$) 要求有好的质量分辨本领和 K/π 的识别能力。

(2) 寻找新的类点粒子。

通过 Z^0 衰变寻找新的费米子或者新种类粒子。特别感兴趣的是寻找 Higgs 玻色子, 这种粒子对于标准的电弱模型是非常重要的。可以通过 Z^0 的衰变 $Z^0 \rightarrow H^0 e^+ e^-$, $H^0 \mu^+ \mu^-$, 寻找 Higgs 玻色子 H^0 。ALEPH 探测器的设计可以完全重建 H^0 的衰变图像和识别它的衰变产物。

(3) 研究 Z^0 和 $W^\pm$ 的产生机制和各种衰变方式。LEP 对撞机的能量为研究 e^+e^- 湮灭产生 Z^0 和 $W^\pm$ 等提供了优越的条件。ALEPH 探测器所具有的良好性能对于研究这些问题是很有用的。

题图是 ALEPH 探测器的示意图。这是一个圆柱状的实验装置, 轴线与对撞束流线相重合。这个实验装置的直径大约为 10 米, 长约为 11.5 米, 总重量约 400 吨。ALEPH 实验装置由顶点探测器, 内径迹室, 中心探测器, 电磁量能器, 超导磁铁, 强子量能器和 μ 探测器等部分组成。最内层是顶点探测器, 是一种固态微条硅探测器, 用来测定短寿命粒子衰变顶点的位置。在顶点探测器的外面是内径迹室。这是一个小的漂移



室, 它的作用是提供第一级触发信息和提高在靠近束流管道区域确定带电粒子轨迹

的能力。再外面是中心探测器, 是一个大的时间投影室, 外半径 1.77 米, 内外径 0.33 米, 长 4.4 米。预期动量分辨可以达到 $\Delta P_T/P_T \approx 0.001 P_T$, 在每条径迹上可以测定 21 个空间点和 320 次电离取样 (dE/dX 测量)。 dE/dX 测量对于辨认粒子是十分重要的。在中心探测器的外面是电磁量能器, 由 2mm 厚的铅板和正比管构成夹心单元, 总厚度为 22 个辐射长度。中心探测器和电磁量能器是 ALEPH 实验装置中最重要的部分, 它们将提供好的动量分辨和角分辨, 事例重建和区别 e 和 π 的能力。再外面是螺线管超导线圈, 磁场方向平行于束流方向。超导线圈的长度为 6.4 米, 直径为 5.3 米, 产生的场强约为 15000 高斯。在线圈外面是强子量能器, 由流光管和 5cm 厚的铁板构成夹心单元, 最外面一层铁板的厚度是 10cm, 铁板的总厚度是 120cm, 总共 23 层铁板。在这里, 铁板既作为强子的吸收体, 又作为 μ 子的过滤器, 同时也是超导线圈的磁回路轭铁和实验装置的支撑结构。强子量能器用来测量强子的能量, 区别强子和 μ 子以及测定 μ 子轨迹的空间位置。实验装置的最外层是 μ 探测器, 由间隔 50cm 的两层流光管构成, 流光管层的空间分辨达到 2mm。 μ 探测器用来识别 μ 子和测量 μ 子的出射角度。概括来讲, ALEPH 实验装置具有下列基本性能:

- (1) 4π 角接受度;
- (2) 在空间上分辨喷注中密集粒子的能力;
- (3) 能测量短寿命粒子的衰变顶点;
- (4) 具有好的动量分辨和角分辨;
- (5) 能够测量中性粒子的能量;
- (6) 能识别电子和 μ 子;
- (7) 能测量强子的能量。

这个实验装置是十分昂贵的, 建造经费大约为六千一百万瑞士法郎。然而, 科学家们相信, LEP 对撞机和 ALEPH 实验装置将为研究新的物理和发现新粒子提供最好的条件。