

特里斯坦与维纳斯

王 临 洲

特里斯坦 (TRISTAN) 是中世纪传说中的英雄, 维纳斯 (VENUS) 是罗马神话中爱和美的女神. 他们都带着幻梦般的故事, 然而这里既不谈及特里斯坦与伊莎公主感人的爱情悲剧; 也不叙说维纳斯塑像断臂的来龙去脉. 要讲的, 只是日本的高能加速器和探测器.

TRISTAN 这里是“日本可变环交叉存贮加速器” (Transposable Ring Intersecting Storage Accelerators in Nippon) 的英文缩写, VENUS 是“高能物理国家实验室与大学通用谱仪” (Versatile NLHEP and Universities Spectrometer) 的英文缩写.

1986年11月19日, 正好是 TRISTAN 工程破土奠基仪式五周年的日子, 在黎明到来之前, 世界上首次最高碰撞能量的大角度巴巴散射在富士实验厅内的 VENUS 探测器上观察到了. KEK 顿时沸腾起来, 人

们浸沉在欢乐中, 等待着 TRISTAN 成功运转的消息发布, 广播里播送着动人的音乐, 它搀和着日本科学家们欢快的笑声, 荡漾在实验室的每个角落. 那乐曲是经过悉心选择的: 由著名音乐家 R. 瓦格纳作曲, 柏林管弦乐队演奏的“特里斯坦与伊莎”.

TRISTAN 由四个相连的加速器系统组成(图 1). 一个长 400 米的电子直线加速器将电子和正电子加速至 2.5 GeV. 它作为“光子工厂”的注入器早在 1982 年已开始运转. 以后, 为了提供 ~ 2 ns 的短脉冲, 对它作了修改, 以便在一个射频相位稳定区内能够注入电子和正电子. 在 400 米电子直线加速器的上游端有一台新的直线加速器, 它能产生流强很大 (~ 10 A) 的 200 MeV 的电子束, 用此电子束轰击钽靶而产生正电子, 正电子被收集并被加速至 250 MeV, 然后注入到

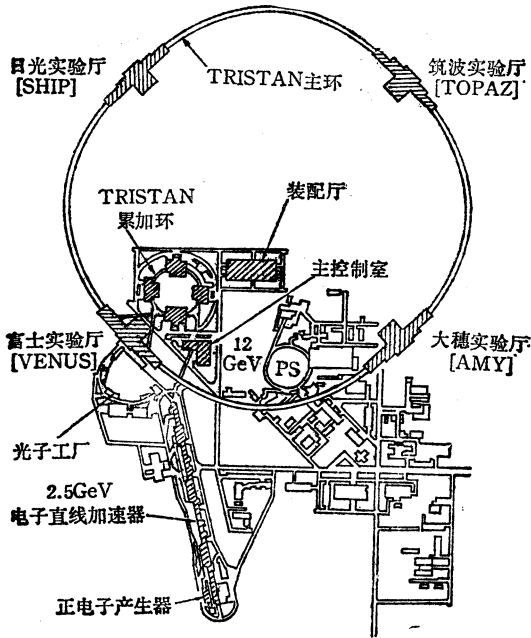


图1 TRISTAN 的总布局图

400 米电子直线加速器中。2.5 GeV 的电子和正电子被馈送至周长为 377 米的累加环中,在大约累积到 10 mA 后,电子与正电子被加速至 6.0—8.0 GeV,然后注入到主环中。累加环在两年内建成,1983 年 11 月加速电子成功,1985 年 11 月实现正电子的加速。主环周长 3018 米,建在地下 11 米的环形隧道中,它由四个直线段(每段 ~200 米)和四个弧形段(每段 ~550 米)组成。电子被分成几个厘米长的两个束段,在主环内顺时针环形运动;正电子也被分成两个束段,在主环内逆时针环形运动。这些束段将在主环的四个对撞点上相遇,并发生碰撞。为了提高碰撞的几率,束段的直径在对撞点上被压缩得很细。主环的直线段很长,这是由于需要使用一个很长的射频加速段(总长 377

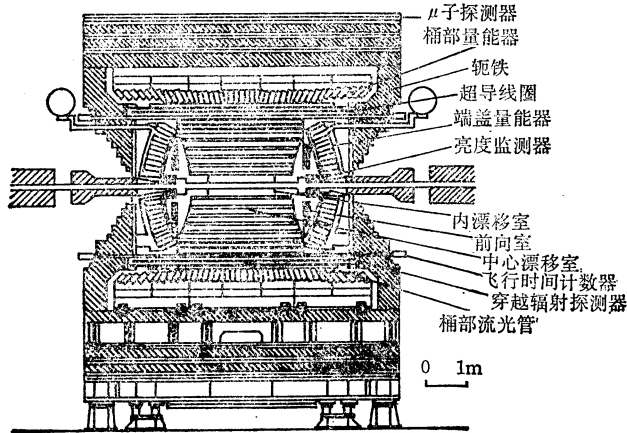


图2 VENUS 的剖面图

米),用来补偿高能电子发射同步辐射而引起的能量损失,总的射频功率为 25 MW。主环能够加速和存储能量为 30 GeV 的正负电子,总的碰撞能量为 60 GeV,设计亮度为 2×10^{31} /厘米²·秒,1986 年 11 月中旬实现碰撞时的最大亮度为 2.6×10^{29} /厘米²·秒,到年底,平均亮度提高至 $\sim 1 \times 10^{31}$ /厘米²·秒。为了将 TRISTAN 的单束能量提高至 35 GeV,小岛结合日本发达的工业研制出一种具有特制表面的超导钨共振腔,预计 1989 年以前可以安装。

KEK 的科学家们认为,TRISTAN 全部电子计算机化的控制系统和高速光学纤维控制总线对主环的早日启动起着重要作用。高能物理学家尾崎敏教授说,在开始试验阶段,电子、正电子被加速至 25.5 GeV 而在主环上未使用任何校正磁铁是一个显著的成就。尾崎敏教授在布鲁克海文工作多年,回国后于 1981 年 11 月开始领导 TRISTAN 的建造。

对应于四个对撞点建有四个实验厅,按顺时针方向,依次为富士[VENUS]、日光[SHIP]、筑波[TOPAZ]和大穗[AMY]。

下面仅以 VENUS 为例,使大家对探测器有一个了解。

VENUS 为一大型通用谱仪(图 2),是一功勋探测器,它最先证实了主环中正负电子的碰撞,1986 年 12 月 13 日它又首次探测到了第一个夸克-反夸克产生事例。VENUS 就重量和体积而言是最大的;就设计思想而言是最保守的,在满足物理要求的条件下,采用了公认的最成熟的探测技术。

作为径迹探测器,建造了常规的内漂移室和中心漂移室。中心漂移室的直径为 2.5 米,长为 3 米,具有 29 个读出层,有很好的动量分辨,

$$\Delta P/P = \sqrt{1 + (0.5 \text{ PGeV}/c)^2} \%,$$

典型的位置分辨为 150 μm。有 9 层倾斜丝用于 Z 向定位,其分辨率为 $\Delta Z \sim 3 \text{ mm}$,总丝数为 28416 根,其中 7104 根阳极丝为 30 μm 的镀金钨丝,21312 根电位丝为 140 μm 的镀金铝丝。VENUS 具有一个很大的薄壁超导磁铁和一个很薄的超导线圈(0.55X_c, X_c 为辐射长度)。为了尽可能地减小谱仪内部的物质厚度,磁铁的外壳和内漂移室、中心漂移的圆桶均采用碳纤维塑料。尽管磁铁的壁很薄,却能产生很大的磁场体积,其直径为 3.4 米,长为 5.3 米,额定场强为 7.5 KG。为了进一步鉴别粒子,在中心漂移室与超导磁铁之间安装了穿越辐射探测器。

VENUS 另一颇具特色的探测器为一庞大的铅玻璃桶部切仑科夫量能器,共使用 5160 块铅玻璃,每一块的尺寸为 11 cm × 12 cm × 30 cm,为了便于安装,划分为 14 个半圆形积木式

组件。相对于对撞点的角度覆盖为 37° — 143° ，能量分辨为 $[0.6 + 5.2/\sqrt{E}(\text{GeV})]\%$ ，位置分辨为 2—10 mm。每一块铅玻璃的纵轴近似地指向对撞点，以减少对簇射的重叠，从而使输出脉冲在较大的立体角范围内具有良好的均匀性，良好的均匀性和极好的分辨率对于 e^+e^- 的鉴别和新粒子的寻找是必不可缺少的。端盖采用具有铅转换体的液氙量能器，每一单元的尺寸为 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 32.2\text{ cm}$ ，铅层厚 1.5 mm，读出道数为 3840，角度覆盖为 8° — 37° ，能量分辨为 $[2 + 8/\sqrt{E}(\text{GeV})]\%$ ，位置分辨为 5—10 mm。

VENUS 的最外层是 μ 子径迹探测器，它由多层漂移管组成，桶部 3118 根，端盖 2304 根，最长的铝管为 8 米。

TRISTAN，包括探测器在内，总耗资为 880 亿日

元，折合 5.4 亿美元。

日本的科学家们寄很大的希望于 TRISTAN，力图在 SLC 和 LEP 运转之前囊括此一能区的全部物理成果。TRISTAN 的能量低于产生 Z^0 的阈能，因此，他们将寻找可能的第四代夸克和轻子，寻找超对称粒子，验证标准模型和寻找七夸克。KEK 的领导人西川哲治教授意味深长地写道：“不消说，我们的物理计划刚刚开始，只不过是 R. 瓦格纳歌剧中的第一幕，特里斯坦和伊莎正要离开码头到马克王那里去，现在还无法预料那激动人心的下一幕该如何发展。我们将持续不懈地尽最大的努力去尝受那真诚的爱的喜悦，并愿与上帝同享！”

世界高能物理界正拭目以待。