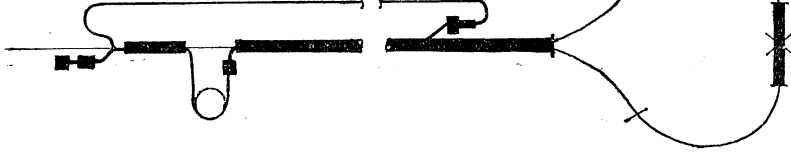


话说SLC



王泰杰

几个月以前，美国联邦政府批准了在 SLAC 建造斯坦福直线对撞机 (SLC) 的计划。SLAC 的所长潘诺夫斯基于九月间在北京作讲演时诙谐地宣称：“十月份，我们将‘正式’掘第一个洞。”

之所以讲“正式”，是因为 SLC 的工程早就开始了。两三年以前，SLAC 以潘诺夫斯基和里克特为代表的领导人就已不惜破釜沉舟，打算从正常预算中挤出钱来建造 SLC。下这么大的决心，原因是 SLC 的——

前景十分诱人

SLC 和西欧中心正在建造的正负电子对撞机 LEP，都是瞄准着发现和详细研究中性的中间玻色子 Z^0 这个物理目标的。当然， Z^0 和荷电的中间玻色子 W^\pm ，不久以前都在西欧中心的质子反质子对撞机上发现了，可是物理学家们毫不怀疑建造正负电子对撞机研究 Z^0 的必要性。质子反质子对撞产生的事例过于复杂，要是说从中发现 W^\pm 和 Z^0 还能勉为其难的话，做详尽的研究就未容乐观了。清清楚楚地揭示 Z^0 性质的“干净”事例还要靠正负电子对撞机来产生。

在 SLC 和 LEP 两者之中，LEP 起步更早一些。LEP 集资十几亿瑞士法郎，以西欧十几国的财力和技术为后盾，打算在 1988 年建成。而 SLC 则企图依仗现有的两英里长的直线加速器后来居上，提出了 1986 年出束的雄心勃勃的日程表，决一雌雄的局面已经明朗化。要指出的是，从中多少可以看出西欧和美国物理学界作风的不同。欧洲物理学家稳扎稳打，步步为营，追求完美的成果；而美国人则更富冒险精神，只要达到目标，不惜在次要环节上粗制粗糙。这场竞赛，某种意义上也是两种不同风格之争。

SLC 之所以诱人，还因为它是“直线对撞机”的第一次尝试。传统的对撞机都是储存环。两个束团的粒子对面相遇，其中的绝大多数粒子都“失之交臂”，并不对撞。如果不再利用，岂不可惜了把粒子加速到高能千辛万苦！于是想到把正负电子加速以后注入环内，储存若干小时，让两个粒子束团有亿万次的机会擦肩而过。这便是储存环型对撞机的基本思想。这种想法看起来虽是入情入理，然而储存电子并非无代价的，

因同步辐射而损失的能量必须得到补充，而补充射频功率是昂贵的。储存环型正负电子对撞机的造价约与束流能量的平方成正比，有人估计，到 LEP 能量（单束 100GeV）以上，建造储存环型的对撞机几乎是不现实的，必须另辟蹊径。这时人们又“返朴归真”，回到原始的想法。既然储存正负电子代价太大，只得让它们在一次相遇中寻求对撞的机会，真是

“金风玉露一相逢，便胜却人间无数”。这是直线对撞机的基本思想。SLC 作为第一个直线对撞机，也许会成为二十一世纪电子对撞机的楷模呢！

可以看出，SLC 想要争两个世界第一，研究 Z^0 的世界第一和直线对撞机的世界第一。纵使前一个世界第一争不到手，也完成了一件在加速器历史上值得大书特书的壮举。

还要指出，在实验物理方面，即令 LEP 抢在 SLC 之前，做出了第一批有关 Z^0 的工作，SLC 依旧有恃无恐。有一些特殊的物理领域，可以说是 SLC 的禁脔，因为 SLC 的——

性能颇为独特

电子束在产生时是可以极化的，在直线加速器内极化得以保存，可是在注入储存环时，极化受到破坏。尽管多年来人们一直在研究如何在储存环型对撞机上做极化束实验，但至今没有报道过什么重要的成果。直线对撞机就不同了，束流的极化一直可以保存到发生对撞的时刻。在 SLC 上就可以用极化束流对撞产生极化的 Z^0 ，进而研究极化 Z^0 衰变产物中的电荷不对称性、重轻子的极化效应甚至夸克喷注的不对称性等等现象。从来的极化实验都是在固定靶上做的，SLC 将开创对撞机做极化实验的时代。

有一个问题读者要问，既然在直线对撞机内，正负电子只有一次相遇的机会，那么直线对撞机怎么会有足够的亮度呢？是的，这是直线对撞机的技术关键之一。要在低流强下获得足够的亮度，只有在对撞点上把束流聚焦到极细极细。储存环型对撞机在对撞点上的束团横向尺寸是几分之一毫米，而直线对撞机要做到 1 微米。据计算，当束团尺寸如此之小的时候，电子密度达到 10^{20} 个/cm³，几乎接近普通物质内的粒子密度！

束团尺寸从毫米量级减小到微米量级，实验物理学家受益匪浅。在对撞机上测量重夸克（如粲夸克或底夸克）寿命一直是很难做的实验，实验工作者必须测量的含重夸克粒子（如 D 介子）的衰变长度为几分之一毫米量级，换句话说，重夸克的衰变几乎都发生在束团

之内。这样的测量好比是“雾里看花”，很难区分初级顶点和重夸克衰变造成的次级顶点。如果束团尺寸缩小到微米量级，就有更多的次级顶点飞出束团之外。物理学家对于直线对撞机做重夸克寿命精确测量抱有期望。

总之，SLC 的优异性能吸引着成百名加速器专家和实验物理学家为之辛勤工作，迄今为止——

进展相当迅速

就在联邦政府批准 SLC 计划的时候，电子束已经注入到 SLC 组成部分之一的阻尼环内，预期在 SLC 工程“正式”开工的前后，实现从阻尼环将电子引出到直线加速器。

实验物理方面的准备工作更加热闹一些。SLC 只有一个对撞点（这是它相对于 LEP 的弱点之一），最多只能接纳两台探测器——一台收集数据，一台准备。多少物理学家的眼睛盯着这两个位置。一共讨论了十几个正式的实验建议，只有三个候选者被认真考虑。它们是目前在 PEP 对撞机上工作的“马克 II”、“迈克”和“时间投影室”。三家各有所长，评选委员会颇费了一番斟酌，最后选择了众望所归的“马克 II”这个被视为 SLAC 骄傲的实验组，而留下一个机会给一台新探测器。在此以前，丁肇中在 LEP 的四个对撞点上也争得了一席之地，成立了 LEP3 合作组。当年作为竞争对手分别独立发现 J/ψ 粒子而分享 1976 年诺贝尔物理奖的丁肇中组和里克特组，又分别活跃在最新的正负电子对撞机物理工作的前沿。

“马克 II”刚完成了一次人事变革，吸收了来自 SLAC 其他实验组以及加州理工学院和夏威夷大学等处的新加盟者。应当承认，“马克 II”是一个相当“老”的探测器了。要想在 SLC 上取得新成果，必须有大的改进。已经决定建造一个新的圆柱形漂移室，更换已经开始老化的飞行时间计数器中的闪烁体，重新制作一个磁铁线圈来替换目前那个因故障而只能产生一半场强的旧线圈。此外，为了充分利用 SLC 束流细，束流管道也相应缩小的优点，要重新设计制造一个最靠近束流管的顶点探测器。目前有三个方案供选择，第一种是在常规的圆柱形漂移室上采取适当措施提高空间分辨率，第二种是电荷耦合器件，第三种是新型的多带硅器件，这是微电子学技术直接应用到探测器制作的产物。

选定“马克 II”作为 SLC 的第一台探测器，还有一个明显的有利之处。上述的所有改进，都可以在 PEP 上检验。一同 SLC 实现对撞，马上可以跨过束流调试阶段而获取数据。这是争夺世界第一的措施之一。

看起来，SLC 的加速器建造和实验准备这方面工作都进展得井井有条。不过 SLC 毕竟是一个巨大的工程，还有许多——

困难不容忽视

为了要达到束束 50GeV 的能量，现有的两英里长直线加速器必须改造，准备用每个 50 兆瓦的速调管束更替旧的束调管，共需 300 个新管子。且不说 50 兆瓦的速调管是一种新产品，还需经过调试检验，即使样机质量合格，300 个速调管也得在 SLAC 的工厂里生产三年。

正负电子束流离开直线加速器以后在对撞之前要分别经过两个半圆形轨道，这两臂磁铁的准直精度为 1—2 微米。用已有的光学测量技术只能准直到 50 微米。精度的不足部分打算用电子学线路作信息反馈再用机械垫整的方法来实现。

最后要说到直线对撞关键之一的聚焦。由于在对撞点上束团细到只有 1 微米，最后的聚焦极其困难。准备在进入对撞区之前的最后一节用三个特殊设计的超导线圈来聚焦。至于两个各自细到 1 微米的束团如何才不至对面错过，则打算用粒子在束团自身的磁场边缘发出的辐射来作信号加以控制。

上面列举的不过是 SLC 会遇到的技术困难中的几个，但不难看出，SLC 的成功实在有赖于某些新技术的发展，而 LEP 则是完全基于成熟技术的工程。在这一点上相比，SLC 的前途要严峻得多。

如果要问 SLC 能否实现它在 1986 年建成，以高性能完成出色的物理工作的目标。最好用潘诺夫斯基一句半开玩笑的话作回答：“这要看你相信的是哪一句谎话。”