

开和关必须在大约 50 纳秒内完成，这样的短时间已可使光飞过 50 英尺的距离。SLC 的工程师们仍在努力使冲击磁场达到这样的指标。目前，机器运行的重复频率是每秒 60 个周期。

第三个挑战是当束团由衰减环引出，送回到直线加速器，沿加速器前进，最后借助偏转磁铁进入圆弧的整个过程中，仍保持压缩状态。实际上，直线加速器的环境会干扰束团。处在束团前部的粒子将在加速管壁感应一个电磁场，称为尾场。这个场将反作用于束团尾部的粒子，使束团渐渐分散。也就是说，束团将扰乱其自身的尾部。如果束团不是精确地处在管道的中心，尾场干扰就很严重。因为实际管道的几何形状不是十分完美的，所以控制尾场的实际方法是在调试中摸索，微量改变束流的导向，使尾场的影响尽可能小。

最后，SLC 的所有部件在运行时必须非常稳定和精确。用计算机控制几千块磁铁和电源，其中一部分要求控制在万分之一的精度内。对所有的部件，都要求这样严的公差，也是一个可怕的挑战。若达不到所要求的性能指标，束流就不能对撞。当束流最后到达对撞点时，要求它的直径小到如同蜘蛛网丝，而且还要求这样细的两股束流对中，这也是相当困难的。

1987 年春，对撞机的所有部件都已就位。在首次试验中，形成好束团和引导它们实现对撞都十分艰巨——尽管又是可望的，因为如此严格地导航粒子束是前所未有的。SLC 在运行中的其他困难有些

出乎意料之外：计算机控制系统的正常工作比我们预期的要困难得多；1988 年夏天的几次热波导致功率下降和设备的热“中暑”，迫使我们停机几个星期。

为使 SLC 投入正常工作所作的努力，持续了两年。SLAC 实验室成干个强有力的工作人员昼夜运行值班。最后，在 1989 年 4 月 11 日太阳刚刚升起的时候，庞大的马克-2 探测器找到了第一个 Z^0 粒子。这个媒质通过衰变，转变成一个夸克和一个反夸克，即几乎立即转换成两簇强子。这个事例表明，物理学家第一次观察到 Z^0 粒子做了它最有可能做的事情，即转换成强子。

当 SLC 开始产生 Z^0 的时候，LEP 对撞机已克服了若干技术上的新挑战，正在加紧完成。SLC 和 LEP 的不同技巧，意味着两个机器有不同的潜力。LEP 可向更高的能量和束流强度发展，使物理学家可在更高能量的王国研究诸如黑格子那样的粒子；而 SLC，可产生具有完全相同自旋的粒子束使实验物理学家从某些实验中得到更有用的信息。此外，虽然 SLC 建成早些，但 LEP 将在长期的运行中，成为能产生更多 Z^0 的源。最后，SLC 最重要的意义将是证实了一种新的加速器技术。许多物理学家认为，如果粒子物理实验进入比正负电子储存环对撞机所能达到的更高能量的王国，这种技术将是最关键的技术。

(桔红译自《科学美国人》1989 年第 10 期)

斯坦福直线对撞机彩色插图说明

图 1 斯坦福直线对撞机：在 2 英里长的直线加速器中加速电子（红色）和正电子（蓝色），它们在总能量约为 1 000 亿电子伏时对撞。电子枪阴极接连发出两个电子团（1）。电子团加速到 10 亿电子伏，且在衰减环中被压缩（2）。经压缩后的电子团注入直线加速器，并在那里伴随一个经压缩的正电子团（3）。领头的电子团和正电子团被加速到末端，经偏转后进入两个大弧环内（4）——电子向左偏，正电子向右偏。磁场控制束流并将束径聚到几个微米（5）。束流在马克-2 探测器内对撞（6）。同时，尾部的电子团从直线加速器中偏出，打靶产生正电子簇射（7）。正电子团返回到直线加速器始端（8）。经压缩后再注入直线加速器作为下一个运行周期所需的正电子团（9）。右下图表示：SLC 见到的第一个 Z^0 粒子直接衰变成一个夸克和一个反夸克，即产生两个强子喷注。

图 2 由 Z^0 媒质参与的六个弱相互作用的费曼图。用一根轴表示距离，另一根轴表示时间。理论预言：若左列图

示的过程发生，则右列图示的过程也能发生。一个轻子和一个反轻子的对撞（右列的上两个过程）产生一个轻子和一个反轻子，或者一个夸克和一个反夸克。经特殊设计的 SLC 对这两类相互作用均可研究。

图 3 在 SLC 上测到的 Z^0 共振表明， Z^0 的质量 91.2 亿电子伏。

图 4 世界上功率最大的 67 兆瓦束调管，提供 SLC 速粒子的功率。由阴极发射电子，聚焦成电子束，并注入口腔。腔壁的交流电场，使一部分电子加速，另一部份减速。快速电子赶上慢速电子，形成了一个密集束团，并撞于输出腔。群聚的电子波产生高频波，送入波导。用一个集器捕获余留电子。将高功率分成两股，进入两个通孔并经铝陶瓷窗进入直线加速器。

图 5 尾场效应，即一个电子团在加速管壁感应的电场，反作用于这个束团尾部的粒子（上图）。如果束团严

(下转第 33 页)

外汇，不要人民币”的问题，即为了取得外汇，不得不牺牲出口效益。当前我国外汇收入来源主要依赖出口，非贸易外汇收入有限，而进口用汇方面，弹性很小，多数经济建设急需的物资和设备难以压缩。明后年又进入偿还外债的高峰期，还本付息不能没有足够的外汇。因此，增加外汇收入是至关重要的。显而易见，调整人民币汇率，是解决这个矛盾见效最快的措施，但在不考虑调整汇率的情况下，由于收购价格猛涨使出口成本急剧上升，这个矛盾变得愈来愈尖锐。

二

我国对外贸易发展前景中有一个值得注意的潜在问题，就是可能出现出口后劲不足。出口后劲从根本上说取决于出口比较优势的保持和发展，根植于生产力的发展和科技进步，具体落实在出口产品结构的优化上。当前我国出口构成中，资源密集型 and 低层次的劳动密集型的产品达 70% 以上，其余 30% 也是技术密集度低、附加价值不高的产品。这表明了我国出口构成的落后性。

我国人口众多，国土资源匮乏，依靠扩大资源型商品出口是没有出路的。同时，资金和技术都处于弱势，只有丰富、低廉的劳动力具有比较优势。当前应不失时机地大力发展劳动密集型产品。但必须清醒地认识到，劳动力低廉的优势不是绝对的。随着科技进步，低工资在国际竞争中已逐渐失去其优势，而劳动生产率变得愈来愈重要。我国劳动生产率的低下已大大削弱或抵消了低工资的优势。值得注意的是，当前出口的劳动密集产品大多是低层次、加工程度浅、需要大量原材料的轻纺产品（如两纱两布），也是国内市场紧缺的商品，扩大这些产品出口势必加剧国内总需求和总供给的矛盾，此其一。其二是这些中低档的劳动密集产品（如纺织品）还受西方发达国家进口配额的限制，同时面临出口国家日益激烈的挑战，特别是泰国、马来西亚等东盟和南亚国家。他们的产品同我国处于同等水

平，是我国主要竞争对手。由于我国供应上困难，竞争力差，质量下降，交货期不准等缺点，不少订单已转移到泰、马等国，进口国厂商正加紧在当地投资设厂生产，我国有被挤出市场的潜在危险，可能再次错过时机。其三是在地方分权、财政大包干的情况下，地方政府鼓励发展税率高、投入少、周转快的劳动密集型的加工工业，忽视发展技术密集型的产业，形成各地产业结构的低级化和雷同化。

为使出口不失去后劲，保持继续稳定增长的势头，有必要采取以下对策：第一，必须优化出口构成，要从低层次的劳动密集型产品向深加工、高档次、附加价值较高的高层次的劳动密集产品发展，要从劳动密集产品向资本密集、技术密集的产品发展。第二，为优化出口构成，必须制定正确的产业政策，调整产业结构，加强能源、交通、原材料等基础工业和基础设施，加紧传统产业的技术改造和发展新兴产业。第三，要协调好出口和内需的关系。出口货源紧缺不是短期的，要在发展生产基础上，增加适销货源，出口和国内消费要统筹兼顾，合理、妥善安排。第四，在深化改革开放中，必须重视出口经济效益，发挥比较优势。不讲效益，出口不可能达到持久、稳定发展。第五，推行技、工、贸结合的经营方式，这是拓展工业制成品、特别是技术密集产品（包括技术出口）出口的好形式，具备条件经营外贸的大中企业，特别是经营高技术产品的企业要直接参加国际市场，在竞争中求发展，增强适应能力和竞争能力。

总之，增强外贸发展的后劲，关键在科学技术。出口产品结构的优化是以产业结构的合理化和高级化为基础的，产业结构的高级化又要立足于科技进步。所以，必须要依靠科学技术和科学管理来实现产业结构和出口结构的优化，提高综合出口能力。

本文作者徐贤权 (Xu Xianquan) 系对外经济贸易部国际贸易研究所研究员。

(上接第 21 页)

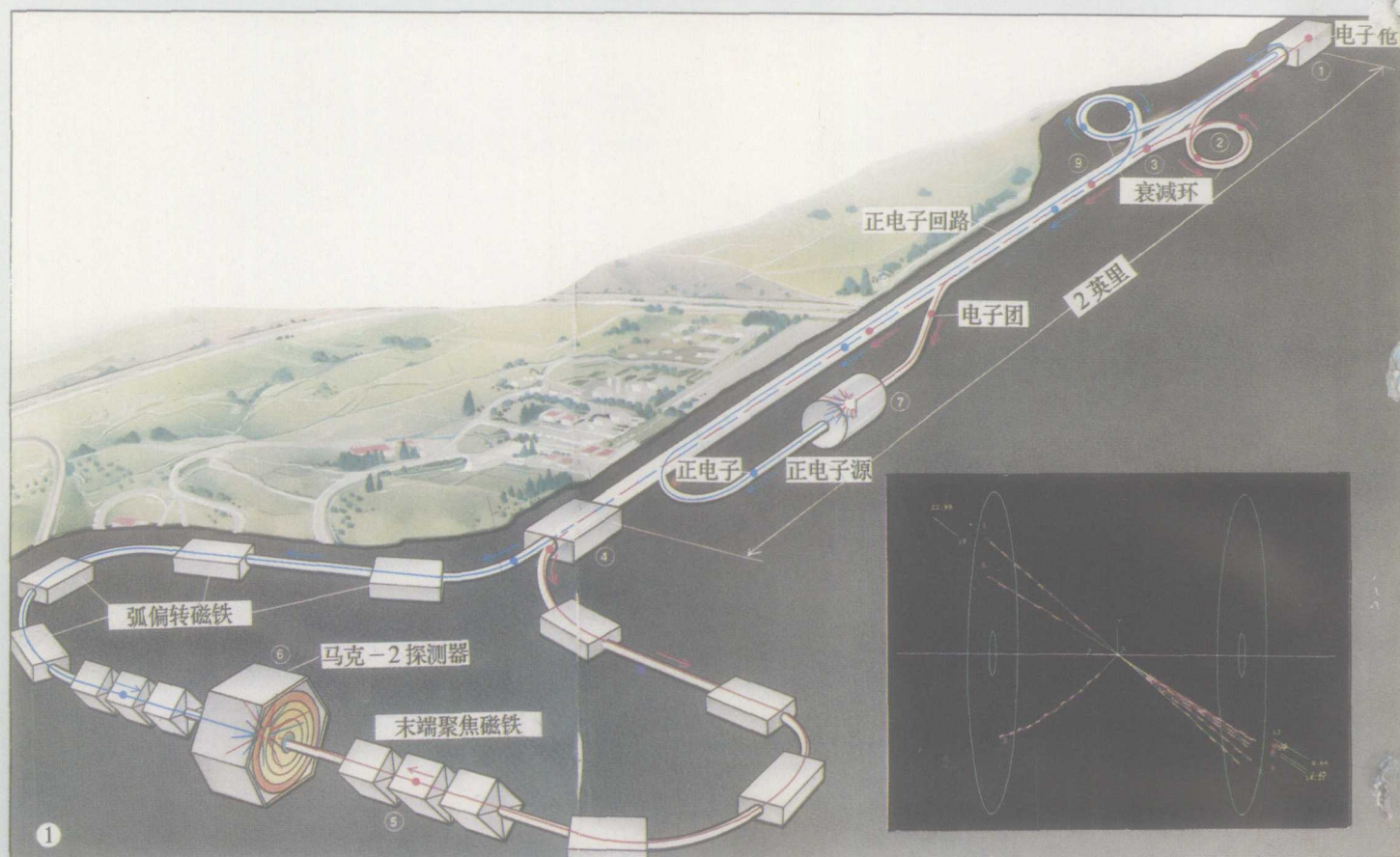
地行进在中心线上，由于管壁的对称性，尾场效应被抑制。但若束团偏离中心线，尾场效应将使束团尾部的粒子偏轴。电视屏幕显示了一个正常聚焦束团的横截面（下左）和一个受尾场干扰的束团的横截面（下右）。束团的中心呈白色，边缘呈彩色。束团直径约为 250 微米。

图 6 在 SLC 圆弧段上的磁铁，其安装精度在 100 微米以内，以保证对撞束流的精确控制。图中一位工程师正用仪

器测量磁铁的位置，另一位同行将数据记入计算机。

图 7 这是斯坦福大探测器的剖面图。这个探测器将在 1990 年安装于 SLC、4 000 吨重的探测器在所有方向上包裹对撞点，以便可探测到每个粒子的轨迹。顶点探测器可高精度地确定每个粒子的原轨迹。另外的探测器象三个环，一层层地包裹着对撞点。

斯坦福直线对撞机

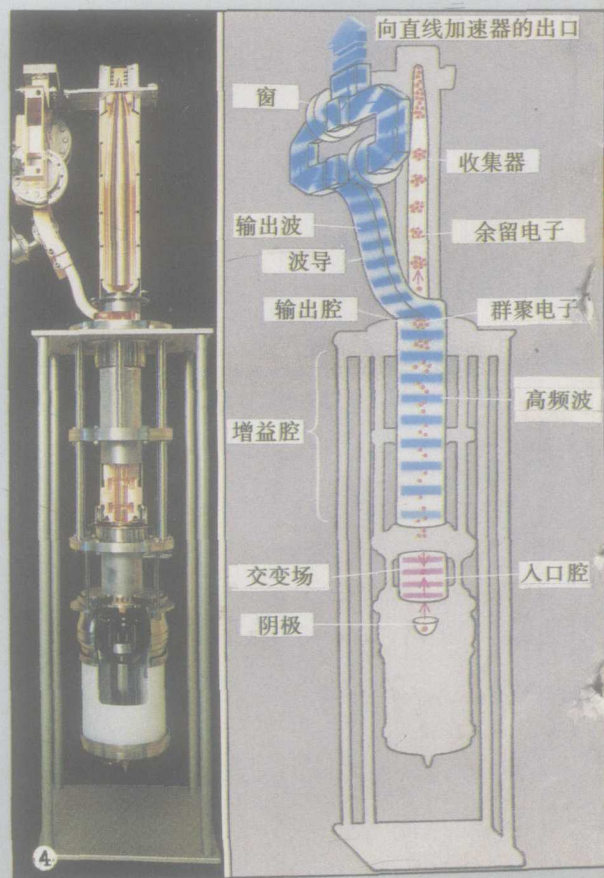
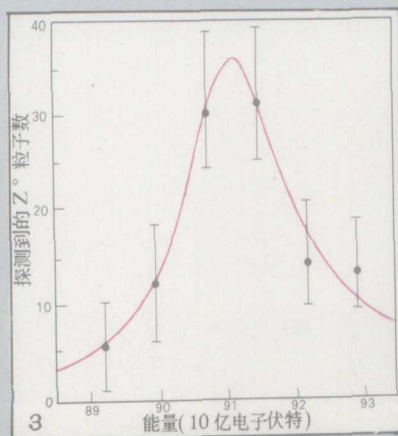


1、斯坦福直线对撞机原理示意图

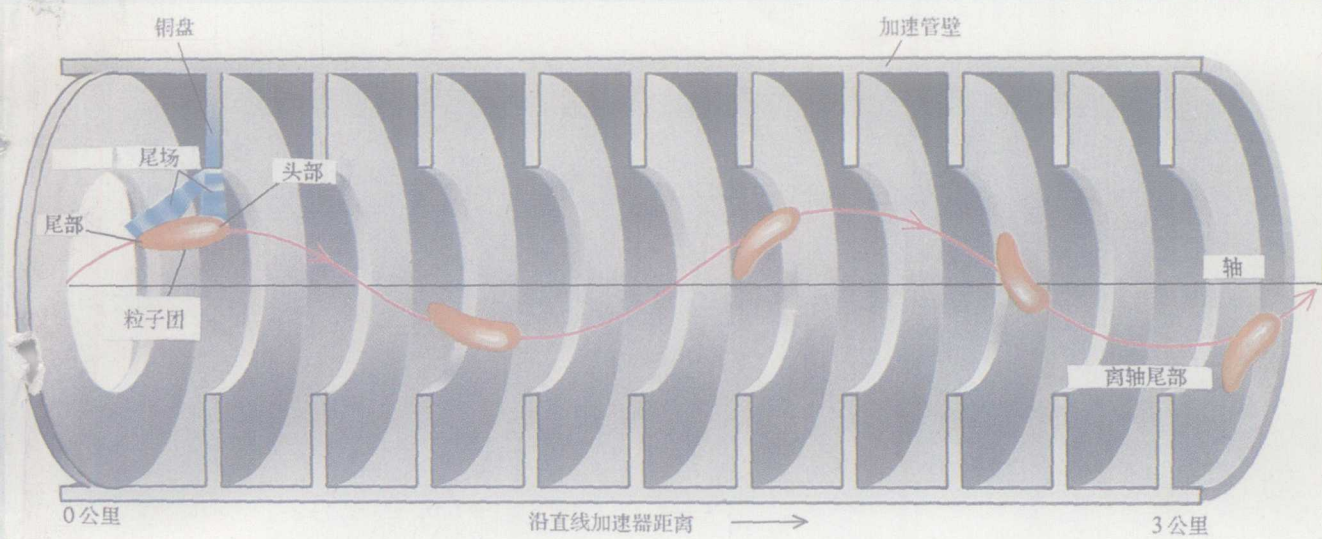
2、由 Z^0 媒质参与的六个弱相互作用的费曼图

3、在斯坦福直线对撞机上测到的 Z^0 共振

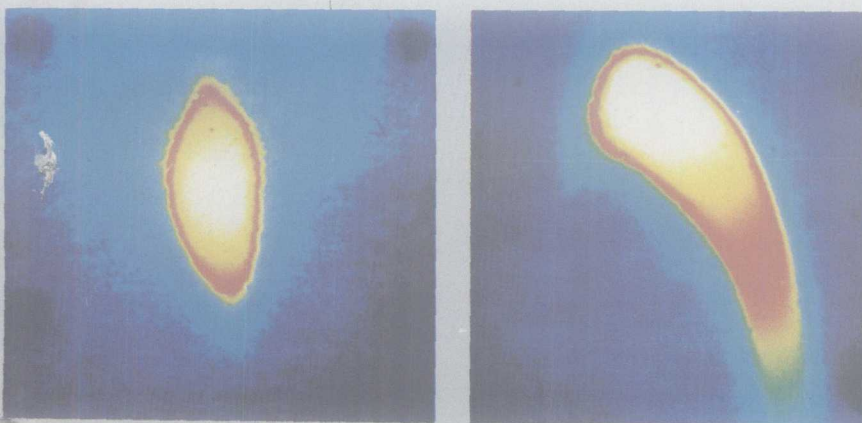
4、目前世界上功率最大的 67 兆瓦束调管



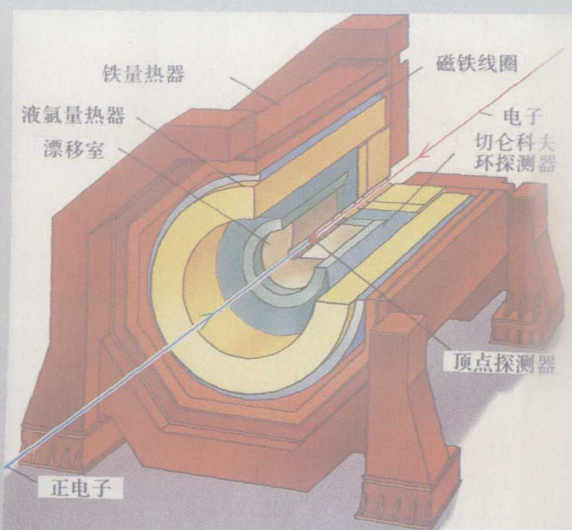
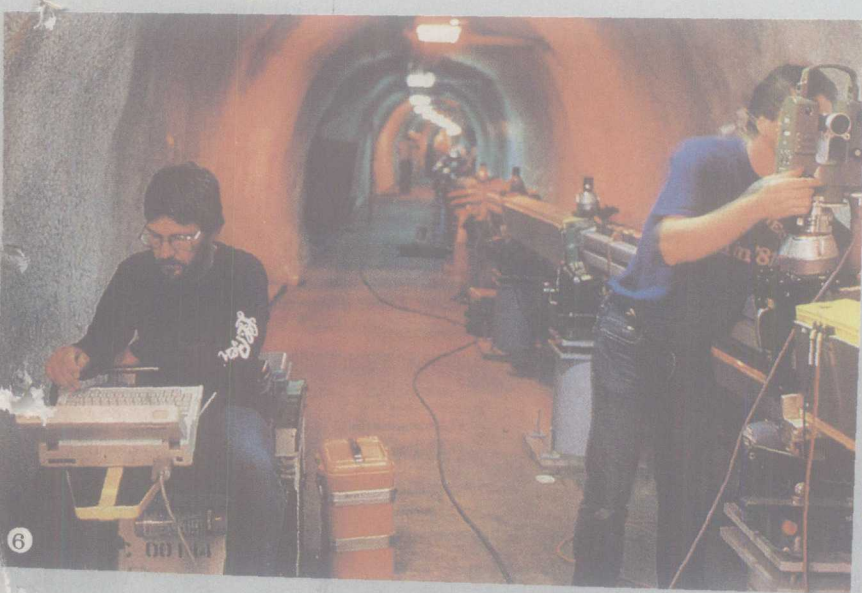
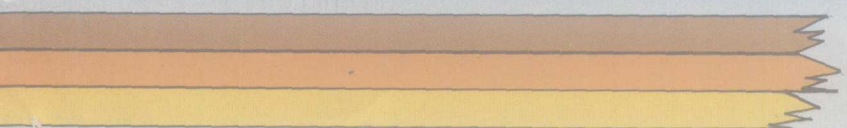
斯坦福直线对撞机



5



- 5、尾场效应
- 6、斯坦福大探测器
- 7、斯坦福直线对撞机圆弧段上的磁铁



7

6