

世界高能实验中心介绍



美国费米加速器研究所，不久前我们曾在那里进修、学习过。现在把我们对该所的一些了解，介绍给关怀我国高能事业的同志们。

简 要 的 回 顾

美国费米加速器研究所于 1968 年 12 月 1 日破土兴建，1971 年 6 月 20 日第一次有质子束流通过了高能加速器的主环形加速器，标志着这台高能加速器进入了一个新的阶段。又经过了半年多调试，1972 年 2 月 11 日，束流能量达到了 100 京电子伏($100 \times 10^6 \text{eV}$)，超过了当时世界上能量最高的加速器——苏联的 76 京电子伏的质子加速器，而跃居于首位。第二天物理学家们就开始用这台加速器引出的束流做实验、取数据。使物理实验与加速器调试齐头并进，经过不断努力，1976 年 5 月 14 日这台加速器终于引出了能量为 500 京电子伏的质子束。

加速器与实验区简介

费米加速器研究所座落在美国伊利诺州的巴塔维亚，离芝加哥城约 48 公里的地方，整个研究所占地面积约 2752 公顷。整个加速系统包括两台能量为 750 仟电子伏的预注入器、一台能量为 200 兆电子伏的直线加速器和 8 京电子伏的增强器(环形加速器)及主环形加速器。其中占地面积最大的是主环形加速器，它由 1014 块磁铁组成，全部安装在地下隧道中，布置成一个半径约 1 公里的圆环。

这台高能加速器的束流是怎样产生的呢？它是利

用了气体放电原理，剥离氢的外层电子，作为束流的来源，这是一种廉价的质子源。

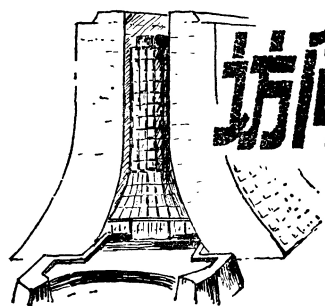
从离子源出来的质子流，通过电位差 750 仟伏的加速管，以 750 仟电子伏的能量注入到 150 米长的直线加速器去，在这台加速器里有几百对铜电极，用 200 兆赫的高功率源，在各对电极间建立起高频电场，产生等效的电波，质子就像骑在电波上前进，当它离开 150 米长的直线加速器时，能量已达到了 200 兆电子伏。下一步就注入到被称为增强器的圆形轨道快周期同步加速器中去，这台加速器直径约 150 米，加速周期每秒 15 次。随着质子束在增强器中能量的逐步提高，也要相应提高磁场强度，一直达到设计最大值，质子束被加速到 8 京电子伏的能量后送到主环形加速器中去，主环形加速器直径约 2 公里，一千多块特殊磁铁就安排在圆周上，磁铁中间有一个截面约 5 公分 $\times$ 12.7 公分的真空室，质子束就被聚在真空室中间，每秒钟沿着这圆形轨道转 50000 圈，每转一圈可提高能量三百万电子伏。质子束往往要沿着轨道走过几百万公里。才达到所需能量，最后，被引出加速器去打靶。

从主楼顶层往北望去，在主环形加速器侧旁引出了三个叉道，每个叉道的尽头都有实验区。

从主环形加速器引出的束流，首先通过一段“开关区”就像给火车扳道叉一样，它控制高能质子束流进入不同的轨道以后，再打靶产生不同的次级粒子，送到各自的实验区进行实验工作，人们通过种种仪器记录浩繁的数据，电子计算机来分析处理所得的结果。通过这些结果可以弄清楚高能粒子相互作用的图象，用以研究粒子间作用的特点或发现新粒子。在费米研究所中共有四个实验区：介子、中微子、质子实验区和内靶实验区。它们既是独立的区，又可与其它区组合起来进行实验。

介子实验区：质子束流从主环形加速器引出后，经过西边的一条长约 1.2 公里的输运管道达到靶室，质子束打靶后产生介子，分成六个次级束流线送到实验大厅中各种探测设备上去，物理学家们安排了各种实验进行研究。

中微子实验区：中间的一条输运管道是到中微子



访问归来话 费米

加速器研究所

实验区去的,从靶点到实验区长约 1.6 公里。在这里可进行中微子实验,或 μ 介子实验,这个实验区中所用的一台 4.5 米氢气泡室,是目前世界上最大的气泡室之一。

质子实验区:在东边的一条输运管道是送到质子实验区的,这里又分出了三股叉道,提供质子实验。在地下有专门的实验室安放靶子和实验设备,实验都在地下进行,以便于对放射性的防护。在地面上有一座塔形建筑,作为质子实验区的标志,质子实验区的控制中心设在塔的顶层。

内靶实验区:有些实验可在加速器内部进行。这就不需要把束流从加速器中引出,因此这个实验区就在主环形加速器的隧道里,实验用靶就放在束流的轨道上这样可随着加速过程用不同能量的质子束打靶进行实验。有时也用只有几微米粗的细丝靶伸入加速器中进行某些物理实验。

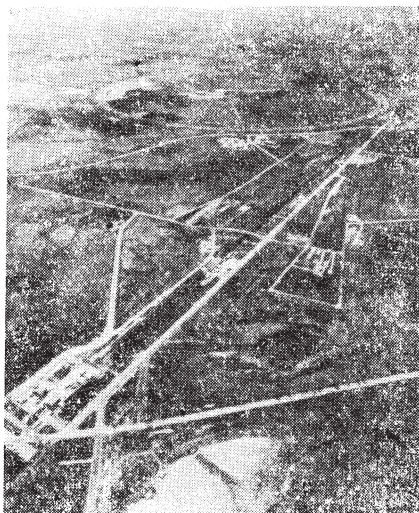


图 1 全所建筑鸟瞰图

当质子束还在漫长的环形加速器的旅途中,前面的两台加速器——预注入器及直线加速器已在悄悄地从事着一种“副业”,即把其中一部份束流达到约 66 兆电子伏能量时,小心地引出去轰击铍靶,成了一个很好的中子源,这是一种治疗肿瘤的很好的手段,在直线加速器旁边有几间配有各种诊断设备的实验室,它也是一个规模适中的放射治疗门诊部,是这个研究所的一个组成部份。自 1976 年起,每年有几百个病人自愿来费米加速器研究所接受治疗,医学科学家们在这里进行研究工作。他们也利用了所里的大型计算机非常方便地作出肿瘤治疗方案。

浅谈建所目的

整个研究所共有固定工作人员 1363 人,到 1978 年止,已接待了 1216 位美国及世界其他国家的来访

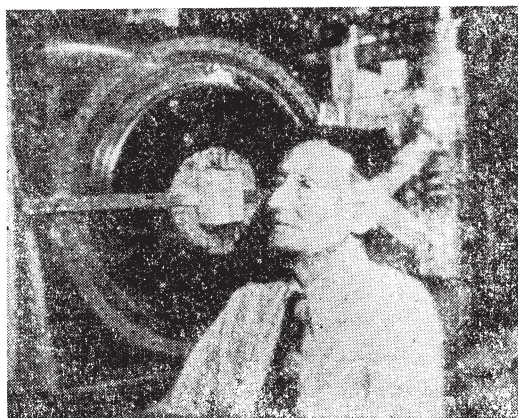


图 2 肿瘤病人正在接受质子直线加速器产生的中子治疗

者,在所里完成了他们的研究工作。

费米实验所这台加速器诞生十几年来,顾问委员会曾收到实验建议书近六百份,经过论证、审查,只接受了二百七十多份,现在已经完成的实验近两百项,其余还在继续进行。科学家们以顽强的意志,辛勤地进行着各项实验,在关键时刻往往几个昼夜坚持在实验室工作。实验并不是会很容易获得惊人的成果的,实际上也有些是一无所获的。这些年来,在这台加速器上获得了一些重大成果,吸引着人们不断往前探索。在 1973 年,发现了一个新型的中微子作用事例,观察到了“中性流”,对弱电统一理论是很大的支持。接着在 1974 年完成了“总截面上升”的实验,证明粒子通过强相互作用的作用几率随着粒子能量的增加而上升,这现象先后在苏联、西欧中心的加速器上观察到,但费米加速器的能量更高,实验做得更充分,继 1974 年丁肇中教授发现 J 粒子后,立即在费米加速器研究所也做了类似实验,产生和观察了这个新粒子,分析了它的特性,找到了“粲重子”的个别事例。1977 年夏在费米实验室中发现了另一种特别的重粒子,名为“Upsilon”(Y)和 J 粒子相似,可能是基本粒子系统中,另一个新的“家族”的代表。

展 望

要建造更高能量的加速器,就要耗费更巨大的资金和电力,这并不是容易实现的,科学家们在探索着别的途径。

一个有效的节省能源办法,就是用超导线圈产生磁场取代常规磁铁。费米加速器研究所计划在 1982 年建成用超导磁铁组成的主环形加速器。预计如果用这种超导磁铁加速器得到粒子能量 530 京电子伏,与用常规磁铁得到 200 京电子伏的粒子束所消耗的电力相当。为了节省投资,他们巧妙地在原来主环形加速器磁铁底下安排数量相等的超导磁铁,再安排一些特

种磁铁,使粒子在上一层常规磁铁中加速后,转到下一层超导磁铁中去。下一步的目标是把能量范围提高到1000京电子伏。另外还准备使用两种粒子对撞办法,有些科学家设想能量为1000京电子伏的质子与反质子对撞,能发现自然界中四种基本作用——强相互作用、弱相互作用、电磁相互作用和引力相互作用之间的联系。在费米加速器研究所正在酝酿着粒子对撞计划,他们设想用现在的主环形加速器得到150—200京电子伏的质子,与将来超导环加速的800—1000京电子伏的质子碰撞,束流强度都大于 2×10^{13} 粒子/脉冲这样亮度可大于 2×10^{30} /厘米²秒。质子与反质子对撞是设想质子与反质子同时在相反方向加速,能量达到800—1000京电子伏,储存三个小时以上,这两个束团对撞,质心能量可达到2000京电子伏,其作用相当于用两百万京电子伏束团去轰击固定靶。设想用现有技术去建造一台这种能量打固定靶的加速器,它的大小将可与北美大陆相比。

费米研究所的从事加速器工作的科学家们,除维持现在的加速器运行外,把主要力量都集中到新计划上来了,他们已建成了几十块超导磁铁,并有一部分已安在主环形加速器的隧道里,成功地使束流从主环形加速器中引出,通过了这批超导磁铁。一些重要的理论设计和实验研究正在迅速展开,为聚束反质子的电子冷却环,已在1978年完成了引入质子束后进行整圈运行计划。用电子束流“冷却”粒子束的实验正在进行,建造反质子源,研究质子与反质子对撞的工作也正在展开。

“费米”的加速器与其他的高能加速器一样,不断地在向前发展,它是一项规模巨大的科研工程,不断地有新思想,新技术出现来改变它的面貌,科学家们正在探索着物质世界的奥秘,美妙的远景吸引着他们,他们也往往会在历尽艰险攀上一个高峰之后享受一下征服自然的乐趣。(朱孚泉 刘德康 汤成 周纪康)

(题头: 汤成)