

布鲁克海汶国立实验室

杜远才

布鲁克海汶国立实验室(图1)(英文缩写为BNL)位于美国东海岸纽约附近的长岛,长岛风景秀丽,气候宜人,交通便利,是进行科学研究的好地方。五十年代初期(1952年),布鲁克海汶实验室建成了第一个能量达京电子伏级的高能加速器,当时定名为(Cosmotron)意思是束能已相当于宇宙线那么大的加速器。这个加速器的最大能量达到了京电子伏;这样,以前只能利用宇宙射线才能进行的高能物理研究,可以利用高能加速器来进行了。不久,这个实验室果然利用这台加速器第一次人工产生了奇异粒子 Λ 和 K^0 。这样,布鲁克

海汶实验室就成了高能加速器高能物理的先行者。

1961年,布鲁克海汶实验室建成了比第一个高能加速器的能量大

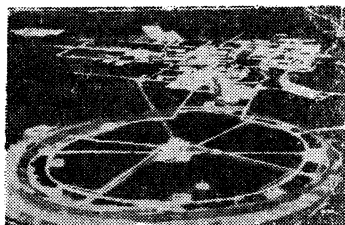


图 1

十倍(能量为33 GeV)的交变梯度加速器(简称为AGS)。当时,这个加速器在能量、初级束流和次级束流种类以及性能等方面都在世界上居领先地位。布鲁克海汶实验室的科学家们充分利用各方面的有利条件,为高能物理做出了很大的贡献,发表了许多重要的科研成果,其中包括轰动高能物理学界的四大发现在内。这四大发现是:

(1) 1962年发现了中微子有两种,即 μ 子型中微子(ν_μ)和电子型中微子(ν_e)。

自从发现 μ 子以来,人们认为 μ 子和电子除了质

量不同之外,在其他方面都很相像。1962年布鲁克海汶实验室发现,有一种中微子只能变成 μ 子而不能变成电子。这说明了 μ 子和电子各有与其相应的中微子。这一重大发现对弱相互作用产生了深远的影响。此后人们就把电子及电子型中微子看成一对伴侣,把 μ 子及 μ 子型中微子看作另一对伴侣;并把他们写成如下形式的轻子对,

$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ e \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu \end{pmatrix}$$

与此类似,按照宇宙是对称的设想,可以把强子中原来只有三种层子的假定扩大成为可能有四种层子的设想。这可写成:

$$\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix}$$

这种推论已为后来的实验所证实。因此,两种中微子的发现,对强相互作用也产生了深远的影响。

(2) 1964年,发现了奇异数为-3的 Ω^- 粒子。这一重大发现,导致了基本粒子的对称性理论SU(3)的确信,并在这个基础上提出了强作用粒子由层子组成的理论。

(3) 1964年,发现在 K^0 介子衰变中复合宇称(CP)不守恒。

(4) 1974年,丁肇中教授所领导的实验组发现了J粒子。这一发现使丁肇中教授获得了诺贝尔奖金。

布鲁克海汶实验室的科学家和工程技术人员对技术精益求精。由于AGS加速器的改进,高能物理实验工作的范围扩大了。AGS加速器的主要改进有:用先进的200MeV的质子直线加速器代替原来的50MeV质子直线加速器作为注入器;开辟了新的实验区;提高了转圈的质子的流强,达到了极大值为 10^{13} 个质子/脉冲;装上了新的磁场电源使得在2.4秒的周期中有一秒的有用时间,即有用时间所占的比例达到了40%。

1976年,AGS加速器平均流强已达到(8—9) × 10^{12} 个质子/脉冲,每星期能加速的质子数已超过 1.3×10^{18} 个,其中大约70%可用于打实验靶。慢引出(1秒钟)的效率约为90%。慢引出质子束(简称为SEB)供给东区的计数器实验。快引出质子束(简称为FEB)供给北区的中微子实验,其引出效率约为

世界高能实验中心介绍



98%。因为中微子实验不要求束流有一个长的对时间的散开,所以运转周期可以缩短到 1.2 秒(慢引出的周期为 2.4 秒)。为了从头到尾保持同样的电能,快引出和慢引出是分开运转的,一般是三个星期换一次。

布鲁克海汶实验室的学术气氛是浓厚的,学术思想十分活跃,实验设备利用率很高,这是它实验成果累

的关键。例如,到 1976 年时,已将近有 700 个美国及其他国家的实验建议提交到 AGS 加速器上做,其中有 370 个实验已经完成。图 2 表示 AGS 加速器通常的束流和实验区的配置以及两个大的实验设备,即 7 英尺的液气泡室及多粒子谱仪(简称 MPS)的情况。表 1 列举一些可利用的粒子束流。

布鲁克海汶实验室在加速器建设方面曾经两次在世界上领先。在高能物理实验方面获得了包括上述四大发现在内的丰硕成果。现在,这个实验室又正在建造更大的加速器。这个新加速器叫做伊莎贝尔 (ISABELLE),是一种质子-质子交叉存储环加速器,在能量方面它等价于打静止质子靶的 320,000 京电子伏的质子加速器。这一工程已经于 1978 年 1 月 23 日批准,将于 1985 年建成。伊莎贝尔 AGS 加速器获得 30 京电子伏的质子,存储在两个环中,并逐步加速到 400 京电子伏。这样,质心系的能量就从 60 京电子伏(相当于西欧中心的质子交叉存储环加速器 ISR 的最大质心系能量)到 800 京电子伏的全部能量范围都可以用于高能物理实验。加速器伊莎贝尔的流强很大,在最高能量时,其亮度可达 10^{33} 个质子 $\text{cm}^{-2} \text{秒}^{-1}$ 。

新的加速器伊莎贝尔的筹建工作已经进行了七年多。这些工作包括 1972 年和 1975 年两次主要的暑期工作研究会议。美国原子能委员会和能源研究、开发局曾先后组成委员会对建造方案进行审批。现已批准建造伊莎贝尔的总经费为 2.75 亿美元,1979 财政年度拨款二千三百万美元。

伊莎贝尔的研究和预制工作,主要与超导磁体(4 万高斯)及高真空技术有关。主要的部件已经造好并进行了检验。目前总体的建造工作正在进行。

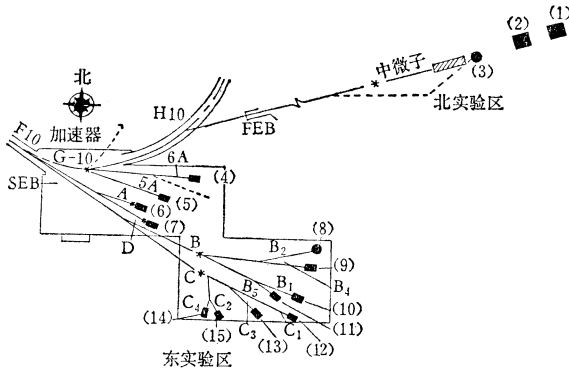


图 2 布鲁克海汶国立实验室交变梯度同步加速器的实验区布置

- FEB——快引出束 SEB——慢引出束
 实验装置 ●——公用实验装置
 ——束流线——检验束流 *——初级靶站
 (1) 哈佛、宾夕法尼亚、威斯康辛的中微子实验装置
 (2) 哥伦比亚、依里内斯、罗切斯特的中微子实验装置
 (3) 7 英尺泡室 (4) 布鲁克海汶/罗切斯特
 (5) 布鲁克海汶等 (6) 麻省理工学院/布鲁克海汶
 (7) 斯坦福等 (8) 多粒子谱仪 (9) 加里顿等
 (10) 普林斯顿/布鲁克海汶 (11) 布鲁克海汶等
 (12) 罗切斯特、布鲁克海汶等 (13) 布鲁克海汶等
 (14) 耶鲁/布鲁克海汶 (15) 罗伦茨实验室

表 1 AGS 束流

束流	粒子类型	动量 (GeV/c)	产生角	备注
中性束 B_3	K_S^0, K_L^0, A^0	3—10	4°	
不分离的带电粒子束 B_1 A_1 A_3	$\pi-K-P$ $\pi-K-P$	6—24 6—24	0° 0°	高能束
分离的带电粒子束 C_2, C_4 B_2, B_4	π, K, P π, K, P	0.5—1.1 1.5—9.3	10.5° 6°	低能分离束 (LESB) (两个替换的分支) 中能分离束 (MESB) (两个替换的分支)
特殊束 D C_1 C_3 V W	P $\begin{cases} \mu \\ \pi-K-P \end{cases}$ γ^- ν π^-	28.5 12.0—16 17—26 0.5—12 3—10	— 0° 0° 0° 10°	直接用引出的质子 μ 子束 能用作 $\pi-K-P$ 束 负超子束 宽带或窄带中微子束 7 英尺泡室检验束