

# 世界最大的粒子物理研究基地 欧洲原子核研究中心

许同舟 杜东生

在风景秀丽的世界名城日内瓦的近郊，座落着世界上最大的粒子物理研究基地——欧洲原子核研究中心。一年四季，她都伸开双臂，欢迎世界各国优秀的粒子物理学家的到来。她提供了世界上最新的实验设备，最完善的组织管理，更不用说欧洲的美味佳肴和令人陶醉的景色了。科学家们在这里从事着探索物质微观结构的奥秘的极其重要的研究工作。今天，经过三十年的努力奋斗，她已经走在世界的最前列了，把一直领先的美国抛在了后面。在欧洲原子核研究中心成立三十一周年之际，我们简要地将她的情况介绍如下：

## （一）成立及宗旨

在联合国科教文组织的倡导下，欧洲十一个国家经过三年的筹划，于1954年9月29日正式建立了欧洲原子核研究中心（CERN）。地址设在日内瓦。成立时有十一个成员国：比利时、丹麦、联邦德国、法国、希腊、意大利、荷兰、挪威、瑞典、瑞士、南斯拉夫。1955年2月，英国也加入了该中心，成员国发展到12个。目前欧洲原子核研究中心（以下简称：西欧中心）共有成员国13个，其中奥地利，西班牙加入成员国，而南斯拉夫变为观察员，波兰、土耳其也为观察员。

西欧中心初创时，只在瑞士境内，后几经扩大，占地伸展到法国。现在由于新的大型电子——正电子对撞机（LEP）的动工，占地面积还在扩大。西欧中心是一个真正的跨国研究机构。

西欧中心成立的宗旨是以国际合作的方式从事纯粹基础科学的研究。在她的成立公约中有非常清楚的阐述：“本组织将为欧洲国家在纯粹基础科学原子核及有关研究领域的合作提供方便。本组织与以军事需要为目标的研究不发生任何关系。本组织所做的理论工作和实验结果将公之于众或允许自由索取”。

## （二）人员、经费及组织管理系统

近年来在西欧中心工作的总人数虽然每年有少量变动，但基本维持在六千人左右，以1982年底的统计数字为例，总数为6,389人，其中：研究中心雇员3,556人（包括科学家、工程技术人员和行政人员及工人）；兼职人员134人；资助或非资助的研究助理2577名。学生和徒工122人。该中心的工作人员主要来自成员国，少数来自欧洲以外的国家。雇员实行招聘制。

经费由13个成员国支付。办法是按联合国统计的各国前三年的国民净收入按百分比平均摊派。但单独一国的支付数不超过西欧中心年度预算的25%。

西欧中心有完善和干练的组织管理系统。

设有管理委员会，研究委员会和实验委员会。

西欧中心理事会是该中心的最高权力机构。它由各国委派两名代表组成，它的职能是：（1）制定该中心的全面的和长远的研究政策；（2）审批中心的年度预算并监督其实施；（3）审批部，处级以上的人员任命；（4）审批中心的重要规章制度，如职工守则、财务制度，退休制度等。一般事项表决只要简单多数即可通过，重大事项如年度预算，总所长的任命，与其它组织的合作，各成员国经费比例的表决等，则要求三分之二以上的多数才能通过。

理事会下设的财政委员会由各成员国的代表组成。它的主要职责是审核中心的年度预算并向理事会提出报告。科学政策委员会由著名科学家组成。主要职责是向理事会提供西欧中心科学发展方向和政策等的建议。理事会委员会由各成员国派一名代表和科学政策委员会主席、财政委员会主席、欧洲未来加速器委员会主席组成。其职责是比理事会更频繁地召开会议讨论西欧中心的各项重大问题。但它无做任何决定的权力，只是为召开理事会全体会议做准备。

总所长由理事会任命，历任总所长都是由著名科学家担任。任期五年。现任总所长是西德实验物理学家朔佩尔（H. Schopper）。

总所长领导下的管理委员会负责掌管西欧中心的日常事务。而研究委员会负责该中心的日常研究活动并根据实验委员会的建议制定研究和实验计划。实验委员会的职责是根据科学家们的建议制定在各自的机器上进行中短期实验的计划并向研究委员会报告。

## （三）研究方向和设施

本世纪内人类对物质微观结构及其规律的研究经历了三个阶段：第一阶段，人类探索了物质的原子结构及其规律——原子物理；第二阶段，人类探索了原子核的结构及其规律——原子核物理；第三阶段，人类探索了基本粒子（质子、中子、介子、超子等）的结构及其规律——粒子物理（或称高能物理）。人类目前正处在第三阶段的探索之中。西欧中心的主要研究课题正是

上面提到的第三阶段的任务。

随着对物质微观结构研究的深入，我们需要探索的空间尺度越来越小，现在已达到  $10^{-13}$  厘米。探索的尺度越小，我们所需要的探针（或称炮弹，实际上是高能粒子流）的能量就越高。这些高能粒子流是由大型粒子加速器提供的。当然，光有加速器是不够的，还需要大型复杂的探测器和数据处理系统。西欧中心在加速器、探测器、计算机数据处理系统三方面都为科学家提供了世界上最优越的条件。其主要设施和研究方向分述如下：

#### (1) 质子同步迴旋加速器

这台机器是 1957 年建成的，能量为 600 兆电子伏。现已改造成重离子（ $^3\text{He}$   $^{12}\text{C}$  等）加速器，可把  $^3\text{He}$   $^{12}\text{C}$  分别加速到 910 和 1030 兆电子伏，主要从事核物理研究， $\mu$  子反常磁矩 ( $g-2$ ) 因子的精密测量，短寿命同位素生产和其它应用研究。

#### (2) 质子同步加速器

这台机器是 1959 年建成的，能量为 28 千兆电子伏。它是世界上第一台强聚焦质子同步加速器。早年曾做过不少粒子物理研究。现在主要做超质子同步加速器 (SPS) 和交叉储存环 (ISR) 的注入器。此外还为反质子积累环输送质子流。

#### (3) 交叉储存环 (ISR)

该机器 1971 年建成。环的直径为 300 米。质子同步加速器把 26 千兆电子伏的质子流分两束反向注入环内使其对撞。过去做过不少重要的工作。[见第(四)部分]。最近由于建造大正负电子对撞机经费紧张，和由于 ISR 的工作已经陈旧，于 1984 年 1 月被关闭。

#### (4) 超质子同步加速器 (SPS)

1976 年建成。能量为 400 千兆电子伏，需要时可短时间达到 450 千兆电子伏。1978 年曾达到过 500 千兆电子伏。1980 年流强达到  $2.7 \times 10^{13}$  个质子/每脉冲。1983 年开始 SPS 可同时加速反质子和质子，并开始作质子—反质子对撞实验。目前 SPS 30% 的时间作  $P-\bar{P}$  碰撞实验，70% 的时间似做常规的固定靶实验， $P-\bar{P}$  实验中发现了  $W^\pm$  和  $Z^0$  这三种弱作用的媒介子。这是 1983 年世界粒子物理的重大发现。

#### (5) 大型正负电子对撞机 (LEP)

正负电子对撞实验的突出优点是背景干净，适于作精确的测量，同时能量利用率高，数据的理论分析方便，这台大型正负电子对撞机设计能量为 130 千兆电子伏（单束能为 65 千兆电子伏）环直径 8.6 公里。预计 1987 年完成第一阶段建造，总能量达到 50 千兆电子伏，第一期工程耗资 9 亿 5 千万瑞士法郎。LEP 的主要目标是详细研究  $W^\pm, Z^0$  的性质，寻找顶夸克 (top quark) 寻找新粒子、新的重轻子，Higgs 粒子和研究超高能下电磁作用，弱作用和强作用的性质等。

#### (6) 探测器

西欧中心百分之七十以上的物理实验是用电子学探测器装备的。电子探测器包括闪烁计数器、契伦科夫计数器、多丝正比室和漂移室等。西欧中心还有一台大型多用途谱仪。除电子学探测器外，西欧中心还拥有世界上最大的氢气泡室 (BEBC)，其直径达 3.7 米。此外还有一个直径两米的氢气泡室和直径为 4 米的重液泡室。电子学探测器的优点是测量记录的速度快，价钱便宜，而泡室的优点是能记录反应过程中全部带电粒子的径迹，适于作精密测量，但记录速度慢。

#### (7) 数据处理和计算机系统

高能物理实验需要采集数以百万计的数据和照片，处理这些数据靠手工是绝对不行的，必须有先进的快速计算机和数据自动处理系统。

西欧中心有两台每秒运行三千万次的大型计算机 CDC-7600 和 IBM 3081，这两台机器是计算中心的主力。它有 300 多个计算终端分布在各实验室。还有 250 多台各种小型计算机用于在线分析和控制、仪器监测等。这些小型计算机系统也与计算中心的大计算机相连，使西欧中心的计算机形成一个网络，大大提高了数据分析和处理的效率。

### (四) 西欧中心的主要成就

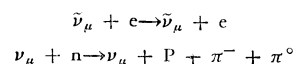
西欧中心成立卅年来在粒子物理研究中作出了重要的贡献。主要成就有以下几个方面。

(1) 实验上证实了质子-质子碰撞总截面是随能量增高而上升的。

1971 年前粒子物理界有一种流行的看法，认为  $P-P$  散射总截面随能量增高而趋于常数，当时宇宙线实验中已观察到  $P-P$  总截面上升的现象，但由于事例少，不能成为定论。后来苏联 Серпхов 实验室在 75 千兆电子伏加速器上发现了  $P-P$  截面上升的现象，但也由于上升的太少，不能肯定。1971 年西欧中心交叉储存环运转，把  $P-P$  碰撞的打静止靶入射能量提高到 2000 千兆电子伏，发现  $P-P$  总截面比低能时上了近 5 个毫巴，肯定地证实了  $P-P$  碰撞总截面上升的事实，大大推动了对质子碰撞的研究。

#### (2) 中性流的发现

1973 年西欧中心的科学家们在气泡室中首先发现了



两类事例。这两类事例都是由中性流传递的，证明了传递弱相互作用的除了带电流之外，还有中性流。这对弱电统一理论的建立有重大意义，使人类对弱作用本质的认识前进了一大步。

#### (3) $W^\pm$ 和 $Z^0$ 的发现

1983 年西欧中心  $P-\bar{P}$  对撞机上发现了传递弱相

相互作用的媒介物  $W^+W^-$  和  $Z^0$  三种中间矢量玻色子。这是 1983 年的世界科学重大科学成果。这个重大发现使人类对弱电统一理论的正确性深信不疑了，对推动统一场论的进一步发展会起重大作用。为此鲁比亚和范德梅尔获 1984 年诺贝尔奖。

(4) 除上述三项重大成就外，西欧中心还有一系列的重要成果。如由 SPS 加速器上的实验组纠正了美国中微子散射实验中所谓“高  $\gamma$  反常”的错误。又如，ISR 上发现了 P-P 弹性散射角分布存在“谷”结构，以及 P-P 碰撞中的喷注现象。喷注现象说明质子内有点电荷状的组分结构，这种结构首先由美国 SLAC 电子散射实验所发现，后为 ISR 上的 P-P 散射实验所证实。此外，在 QCD 检验，强子物理等领域也做了一系列重要工作。

今天西欧中心在粒子物理研究中已走在世界的最前列。LEP 大型正负电子对撞机的问世，必将带来更重要的发现。估计近十年，西欧中心将会一直处于世界领先地位。

#### (五) 西欧中心与我国在粒子物理方面的交流和合作正在健康发展

1973 年以前，中国物理学家和工程师与西欧中心已有过一些接触。1973 年以张文裕教授为团长的中国高能物理代表团正式访问了西欧中心。代表团受到热情接待。双方讨论了合作的可能性。

1975 年，以 W. Jentschke 为团长的西欧中心代表团访问了中国，代表团受到乌兰夫副委员长的接见，双方详细讨论了合作的可能性。同年 11 月，我驻日内瓦代表处与西欧中心正式签订了交流协议。

1976 年中国高能加速器考察组访问了西欧中心。考察组对加速器、实验、理论各部门进行了详细考察，为我国建设自己的高能基地作了部分准备。

1977 年以 J. Adams 总所长为团长的西欧中心代表团再次访问了中国并受到邓副主席的接见。中国科学院和西欧中心的合作达到了高潮。此后 1978 年至今，双方不断有人员交流，我国高能物理学家从西欧中心学到了不少东西，对中国高能物理所的建设起了良好的推动作用。目前，高能物理所每年保持 8 名科学家在西欧中心工作。西欧中心每年也有部分科学家访问中国，互相交流，取长补短。西欧中心和我国高能物理界的合作已进入了稳步发展时期。

### 结 语

西欧中心自 1954 年创立已走过了卅年的艰苦战斗历程。她从小到大，从落后到先进，今天已在世界粒子物理研究中取得了领先地位。在庆祝西欧中心成立卅年之际，让我们祝愿她取得更大的成绩，为世界基础科学的发展作出更大的贡献！