

# LHC 实验计划纵横谈

童 国 梁

中国科学院高能物理研究所 北京 100039

## 一、LHC 和 SSC

谈到 LHC(大型强子对撞机),就不能不回忆起 SSC(超导超级对撞机)。80 年代以来,美国的 SSC 和欧洲核子中心(CERN)的 LHC 一直被视为 21 世纪初高能物理实验的两个前沿阵地。而在这两个并列的雄心勃勃的计划中,SSC 能量更高,规模更大,它的质子-质子对撞的质心能量为 20TeV( $1\text{TeV} = 10^{12}\text{eV}$ ,即 1 万亿电子伏特),轨道周长 87 千米;LHC 的质心能量为 14TeV,轨道周长 27 千米,LHC 质子轨道将被设计在 CERN 的原正负电子对撞机 LEP 的隧道中。1993 年 10 月美国参众两院联席会议表决停建 SSC,这个消息当时在国际高能物理界造成的巨大冲击是可以想见的。大家知道,SSC 是美国的一个预算达 82 亿美元、已在研发和工程建设中耗资 20 亿美元并计划于 1999 年 3 月建成超大型加速器的高能物理实验计划。当 SSC 下马时,曾有不少人担心:当今世界上头号强国放弃了这类耗巨资的基础研究项目,欧洲人会坚持吗?但事情的发展证明,这些人的担心是多余的,欧洲人用坚定的行动表明了对基础研究的决心,他们赶在 1994 年圣诞节前的 12 月 16 日让 CERN 理事会通过了建造 LHC 计划。这是 CERN 成立 40 周年时收到的最好的生日礼物。有了 LHC,CERN 将成为世界基础物理研究中心,同时这项工程也能确保 CERN 有一个辉煌的未来。欧洲人从 SSC 的失败中吸取了教训,他们扩大合作、精心设计、精心管理、精心施工,使 LHC 的投资总额压缩到 18 亿美元;他们把合作扩大到全世界,当然,也就把实验的负担分摊到了全世界。今天谁也不会怀疑,LHC 计划必将成功。长期以来,美国人一直在高能物理实验研究中处于领先地位。但当 CERN 的 LEP 建成运行时,欧洲人赶了上来;今天,LHC 的建造,又使欧洲这个近代人类文明摇篮站到了实验高能物理的前列。

## 二、LHC 计划的物理目标

LHC 把目标瞄准在最前沿的物理问题上。20 多年来,粒子物理学家一直把注意力放在以下几个尚未解决的问题上:

1. 温伯格和萨拉姆分别在 1967 年和 1968 年引入了希格斯(Higgs)机制实现了弱电统一理论的真空中自发破缺,并赋予中间玻色子以静止质量。尽管他们的理论取得了很大成功,但这个理论所要求的希格斯粒子至今没有找到。今年,CERN 的 LEP 不断提高正负电子对撞的质心能量以提高希格斯粒子产生的阈值范围,最高达到 208GeV,但仍不能确认希格斯粒子的存在。人们正在把寻找希格斯粒子的希望寄托在 LHC 上。

2. 理解 3 代夸克和轻子。LEP 实验测量了  $Z^0$  的一系列衰变过程的部分宽度,并由此推断中微子只有 3 代。今天,虽然 3 代夸克和 3 代轻子都已经发现,但对 b 夸克、t 夸克仍所知甚少。此外,弱作用的不对称性,特别是 CP 破坏,也需要在 CKM(Cabbibo-Kobayashi-Maskawa)矩阵结构下弄清楚。CKM 矩阵涉及到 3 个转动角度和 1 个复数相移,目前的实验对其中的 1 个角度的测量精度较好,其余的两个角度和相因子的测量精度就很差。标准模型认为某些弱作用过程中的 CP 不守恒正是归因于这个相因子。CP 破坏也被认为是宇宙中物理-反物质不对称的根源。

3. 在高温、高压核物质中寻找被量子色动力学(QCD)预言的新物质相,即夸克-胶子等离子体。由核物质到夸克-胶子等离子体的相变于 1975 年就由卡比玻和帕里西提出,此后理论物理学家做了许多工作来研究这种相变。他们估计相变温度为 200MeV 左右,并得出了初步相图。李政道教授高度评价这个领域的研究,他认为利用相对论性重离子碰撞来研究夸克-胶子等离子体这种新物质形态及其有关的相关特性是未来物理学的一个新的重要方向。

4. 发现宇宙中的暗物质。有愈来愈多的证据表明宇宙中存在大量“不可见”的暗物质。最直接的证据来自对银河系中可见物质的天文观察。观察到在螺旋形银河中的转动速度独立于它们离开银河中心的距离。如果不存在暗物质,这个速度应随着距离的增加而减小。中微子、轴子和超对称性(SUSY)粒子都是暗物质的候选者。无论对粒子物理还是对天体物理,暗物质的寻找与研究都是一项意义重大的工作。

LHC上的实验可以深入地研究这里所提到的除了暗物质的寻找以外的所有问题。目前已被CERN当局接受的LHC实验包括: ATLAS, CMS, ALICE和LHCb, 其中, ATLAS和CMS两大实验的物理目标主要是探索期待已久的希格斯机制, 该机制能驱动弱电标准模型中的自发对称性破缺。希格斯粒子的寻找是LHC建造的最重要动力。此外, 这两个实验还可以在更高的能量下寻找某些理论预言的超对称性粒子, 并开展对所知尚少的t夸克、b夸克的系统研究。这两个实验虽然物理目标相同, 但探测器设计上却各有千秋, 互相补充。这两个实验的初步设计均始于1992年, 两年前这两个合作实验参与单位的基金组织都已与CERN签订了合作谅解备忘录, 明确承诺了各参加单位的任务以及财政贡献。ALICE是CERN专为LHC上的重离子物理设计的实验, 它是始于1986年在CERN SPS重离子研究计划的自然延伸。ALICE实验已于1997年初被CERN获准进入最后的设计和建造, 现已进入签约、预制阶段。当LHC运行在重离子对撞模式时, 它可提供世界上最高的对撞能量。例如, 在LHC上Pb-Pb(铅-铅)对撞的碰撞能量可超过1250TeV, 这要比美国布鲁克海文国家实验室的RHIC重离子对撞机上达到的能量高30倍。这里可重现宇宙大爆炸 $10^{-12}$ s(温度达 $10^{16}$ 度)的最初情景。这4个实验中最晚被接纳的实验计划是LHCb。与ATLAS, CMS, ALICE等几个大实验相比, LHCb的规模要小得多。LHC质子-质子对撞将是一个丰富的B粒子源。此项实验的一个重要目的是研究中性B粒子系统中的CP破坏。CP破坏的起源还是一个谜, 但据信是造成宇宙中物质-反物质不对称的原因。大爆炸之初产生的物质和反物质的数量本是相等的, 但CP破坏机制促使这一平衡向物质倾斜, 就像我们现在看到的世界。

图1展示了LHC上4个探测器在LEP圈(即未

13卷2期(总74期)

来的LHC质子轨道)上的布局示意。LEP隧道上有8个各长528米的直线段, 常称为8个点(point)。这些点是用来建造实验区和安置实验设备的。LEP上的4个实验L3、ALEPH、OPAL和DELPHI就分别建在第2、4、6和8点上。LHC计划中, 两个高亮度对撞点, 即第1和第5点上分别安置了ATLAS和CMS探测器。LHC的另外两个实验ALICE和LHCb将建在第2和第8点上, 也即在LEP的L3和DELPHI实验的原址上建造。LHC的两束质子流将在这4个实验区相交。

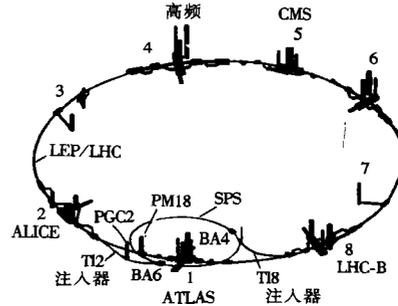


图1 LHC质子对撞机上的4个实验布局

除了上述4个实验外, 还有人提出MOEDAL和FELIX专门实验: 前者的目的在于寻找磁单极子以及具有高电离能力的奇特粒子, MOEDAL将建在LHCb的实验区内; 后者是一个研究前向区质子-质子碰撞的弹性和非弹性实验, 测量质子-质子碰撞截面。FELIX计划继承处于汝拉(Jura)山下的LEP/LHC对撞机的第4点(ALEPH探测器)的位置, 在ALEPH旧磁铁的两边加上量能器。

表1给出了LHC机器的主要参数。质子-质子与Pb-Pb对撞模式下LHC的参数都列在表上。

表1 LHC的主要设计参数

物理运行开始时间	2005年	
	P-P	Pb-Pb
粒子对撞模式	P-P	Pb-Pb
最大束流能量(TeV)	7.0	2.76TeV/u
亮度( $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	$1.0 \times 10^{34}$	$2 \times 10^{27}$
能散( $10^{-3}$ )	0.1	0.1
束流长度(cm)	7.5	7.5
束流半径(mm)	$16 \times 10^{-3}$	$15 \times 10^{-3}$
亮度寿命(hr)	10	6.7
加速周期(s)	1200	
注入能量(GeV)	450.0	177.4/u
每个束团粒子数	$10.5 \times 10^{10}$	$9.4 \times 10^7$
周长(km)	26.659	

### 三、LHC和互联网

目前, 网上应用最多、发展最快的就是全球网WWW(即World Wide Web的英文缩写)了。但

是,您知道 WWW 是谁发明的吗? 说来也很有意思, WWW 并不是电信部门发明的,而是在搞高能物理研究的 CERN 发明和发展起来的。1990 年下半年,一位 CERN 的计算机科学家 逊姆·贝尔摩斯-李 (Tim Berners-Lee) 发明了 WWW。CERN 的一些高能物理实验合作组需要在全世界范围的不同大学和研究所之间进行频繁的信息交流。现在已有几百万的学术研究和商业用户。历史告诉人们,基础研究使世界发生了深刻的变化。高能物理研究给世界带来了 WWW,带来了信息革命。在中国也是这样,早在 WWW 诞生之前的 1986 年,时已参加 LEP 的 L3 和 ALPH 国际合作实验的中国科学院高能物理研究所 (IHEP) 的科学家就已用上电子邮件 (email),并经常与 CERN 的合作组交换数据。到了 1988 年,他们与 CERN 建立了全面的因特网联系。从此以后,因特网在中国得到了持续、快速的发展。通信和网络技术开始了深刻变化。

LHC 实验对互联网提出了更高的要求。随着加速器能量的不断提高,高能物理研究涉及的信息量愈来愈大。图 2 展示了当代一些大型高能物理实验的数据量以及所需要的记录速率。图中横坐标表示每个事例的平均大小(即所占据的数据量),纵坐标表示经过一级触发判选后的事例率。由图上可见,LHC 实验计划中的 4 个实验各有特点:LHCb 的一级触发后的事例率最高(1MHz);ALICE 每个事例所占的数据量最大,它具有高数据记录( $10^{12}$ Byte)的特点;ATLAS 和 CMS 实验具有高信号道和高带宽(500Gbit/s)特点。我们还可以从图上看到 LHC 上的 4 个实验处于该表的最前沿,比图上所示的其他大型实验涉及的数据量大得多。

事例的长度接近兆字节 (Mbyte),约是 LEP 上实验的 10 倍;1 级触发的事例率为  $10^5$ Hz,更比 LEP 上的实验高出上千倍。此外,在软件规模、参加合作研究的单位(和人数)以及参加单位的地域分布上 LHC 实验也都比 LEP 上的实验大得多和广泛得多。这种形势促使 CERN 改变其一贯的做法:以往的实验,例如 LEP 上实验,当探测器建成后,各实验大组的参与单位派人(或研究小组)常驻 CERN 参加物理分析工作,LEP 实验的数据分析工作主要是集中在 CERN 进行。CERN 基本上把计算设备和相应的数据分析的环境建设和维护的任务包了下来。现在情况不同了,质子对撞机 LHC 每年将收集  $7 \times 10^{15}$  字节的数据。LHC 上一台探测器上的原始数据就相当于地球上的每一个人同时向 20 部电话机讲话。除了数据量大大增加外,困难还在于要将这高于 CERN 目前处理能力 1000 倍的数据变成可用的格式,再分送到 40 多个国家的成千上万的用户。这是一件不可想象的事情。针对这样的情况,CERN 推出了 MONARC (Models of Networked Analysis at Regional Center) 计划,根据这一计划,LHC 数据首先在 CERN 经过适当压缩(例如 1/10),然后通过一个高速网络输送到 10 个国家和区域数据中心,然后再分到几百个本地中心和大学。区域数据中心将建立与 CERN 的计算中心几乎完全相同的计算环境。图 3 展示了 MORNAC 计划的分级布局。

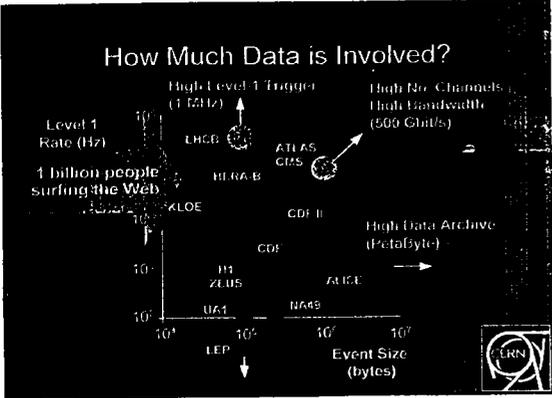


图2 大型高能物理实验的触发率和数据量

LHC 上的实验,在数据量和计算量都要比 LEP 上的实验大得多,ATLAS (或 CMS) 实验的平均每个

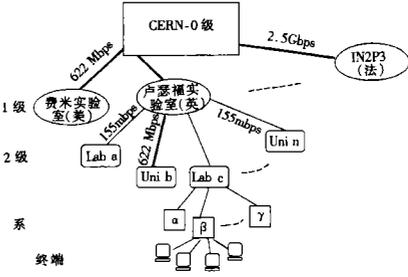


图3 MORNAC计划区域计算中心分级布局示意图

四、LHC 和国际合作

大家知道,位于瑞士和法国边界上的 CERN 是世界上最大的粒子物理研究中心,建于 1954 年。它与世界上其他大型高能物理实验室不同,其他地方的实验室基本上都是由实验室所在国支持建造的,例如美国的费米国家实验室和 SLAC,日本的 KEK、德国的 DESY 等等,而 CERN 却是由那些欧洲科学先贤倡导下在二战废墟上建立的,CERN 从筹建开始就是一项国际合作行动,现已成为国际合作的光

辉榜样,从最早的12个签字国发展至今已包括20个成员国:奥地利、比利时、捷克、丹麦、芬兰、法国、德国、希腊、匈牙利、意大利、荷兰、挪威、波兰、葡萄牙、斯洛伐克、西班牙、瑞典、瑞士和英国。为了联合更多的国家,CERN还陆续把以色列、日本、俄国、土耳其、美国吸收为观察员。

LHC是一个超大型的基础研究项目,需要投入大量的财力、物力和人力,必须充分发展国际合作。否则,即使是美国这样的超级强国也搞不成这类项目。SSC的下马,现在看来,不能充分调动更多国家的财力物力一块搞,不能不说是一个重要的原因。CERN在上LHC项目时,一开始就十分重视国际合作。如果研究一下CERN成员国和观察员数量的发展历史,可以明显看出,LHC计划使这一过程加快了。1995年6月,日本文部省代表日本作为正式观察员首次出席了CERN理事会,在会上答应,日本政府将大大提高原先答应负担的50亿日元(当时折合6800万美元)的LHC建造费用,并表示日本已原则上同意随着LHC的工程进展,逐步向LHC提供相当于原先答应数额3—4倍的款项。美国是CERN的非欧洲的另一个重要大国,它同时参加了ATLAS和CMS合作实验。美国投入LHC计划的总款额为5.31亿美元,其中投入ATLAS和CMS实验各1.65亿美元,其余的2.0亿美元支援LHC的机器建造。由于美国所作出的贡献,它也当然被CERN请进了观察员的行列。加拿大将通过TRIUMF实验室在5年内提供3000万加元,主要是帮助改进CERN的增强器和PS同步加速器,二者都将是LHC注入器的一部分。其实,扩大合作的政策也决不限于像美、日这样的强国、富国,对其他国家也没有放松。俄国是ATLAS和CMS实验的重要参加国,在这两个实验中都承担了非常重要的任务。LHC与俄国的协议涉及的净金额为6600万瑞士法郎,项目包括输运线磁铁等许多专用设备。此外,杜布纳联合核子所将向LHC提供价值几百万瑞郎的横向减振系统。俄国还向LHC实验提供高素质的研究人员,他们在探测器研发、建造以及在物理研究中取得的成绩和反映出来的能力足以让人刮目相看。俄国也当上了CERN的观察员。印度是个发展中国家,它在LHC实验计划中参加了CMS合作。CERN与印度一直保持了良好关系。在LHC建造中,印度也贡献了1250万美元,用于液氮罐、校正磁铁和其他项目,包括向在LHC对撞机及其实验中工作的印度科学家提供支

持。除欧美发达国家外,CERN近年来明显加强了与中国、日本、韩国、俄国、印度、巴基斯坦、东欧和中亚等国家的合作、交流和联系。

LHC上的4个实验的国际合作也取得了很大进展。ATLAS和CMS自写出第一个技术建议以来已5年多了,这两个有史以来最大型的高能物理实验的国际合作发展良好,研发和建造工作进展顺利。以ATLAS合作组为例,到目前为止,ATLAS合作组已发展成为包括33个国家、150个研究所、1850位物理学家参加的超大型国际合作高能物理实验。在有效的组织管理下,ATLAS实验在探测器建造、物理和离线分析研发、在线工作准备、实验区基础设施建设,都在按计划顺利进行。

CERN的LHC实验计划非常重视与中国的合作,对中国一直表示热情欢迎的态度。1999年4月和11月,以国家自然科学基金委员会王乃彦副主任为首的中方代表分别与CERN主管对撞机实验的所长卡士摩(R. Cashmore)为首的CERN科学家签订了参加CMS和ATLAS合作实验的谅解备忘录,宣布我国正式参加LHC实验计划。中国科学院高能物理研究所、北京大学、南京大学、山东大学和中国科学技术大学等单位参加了LHC上的这两个实验。中国科技人员承担了精密径迹室、触发室、量能器和部分电子学等方面的探测器建造任务。探测器开始运行后,他们将参加LHC物理和数据分析工作。

### 五、LHC实验的管理

我们先看一下CERN的管理。CERN理事会是CERN的决策机构,它是根据CERN成员国之间的协议建立的。理事会成员由各成员国指派。CERN理事会的主要职权是决定CERN在科学、技术和行政事务方面的政策;审批工作计划;通过预算和评价经费执行情况。根据该协议,理事会下设科学政策和财政委员会。CERN设了一位所长专门负责对撞机上的实验事务,目前的主管所长是卡士摩教授。

与CERN一样,LHC上的所有实验也都是国际合作的产物。民主化的管理是使这些合作实验顺利运行的必要条件。90年代初,LHC对撞机进入了一个新阶段。1992年春天,CERN适时地成立了LHC的实验委员会LHCC。当时法国马赛粒子物理研究中心主任奥伯尔托(J. Aubert)担任LHCC主任,委员会中10名来自CERN,17名来自欧美和日本。吸收较多外单位的专家参加评议有利于评议的客观和公正。LHCC的任务就是要对一些实验意向书作出

评估。由于 LHC 上的探测器的结构非常复杂,实验环境苛刻,人力财力方面的限制也很严。这就要求 LHCC 和合作者之间开展广泛的讨论,逐步取得一致性的意见,形成探测器最终的设计方案。

实验方案经 CERN 当局批准后,接下来最重要的事情就是正式成立合作组。这时 CERN 就要与合作组各个参与国的经费支持部门(例如各国的科学基金委员会、政府的有关部门等)签订谅解备忘录,明确规定各国的各研究单位(例如研究所和大学)在探测器建造过程中所承担的任务以及经费贡献。当然,LHC 上各实验组谅解备忘录的具体内容可以不完全一样。虽然 LHC 上的探测器处于探测器发展的至高点,但是,整个探测装置中仍有许多没什么技术含量的部件,例如,建造支撑结构,购买电缆、制冷设备,在实验中也有一些物理意义不太强的工作,例如编写共用软件等,而这些部件和工作又是整个大实验不可缺少的。问题就出来了,因为人们往往只愿意承担技术含量比较高的工作,例如探测器、触发、物理和离线分析工作的准备等等,其余的事情,谁来做呢?实际的做法是把这些人兴趣不大的工作抽出来,作为公共项目(common project)通过协商分摊到各个参与单位。当然,要使每次的任务分配都是最佳的,让人人都满意,也不是总能办到的。在意向书、实验建议基础上组织和发展合作组,是合作组发言人在合作组初创期的主要工作之一。

LHC 上的实验参加者来自许多不同的国家,平时又天各一方,这样的合作组如何管理才能使其正常运转呢?这确实是一个很有意思的问题。前面已经谈到,ATLAS 是目前世界上最大的国际合作实

验。从 ATLAS 的管理方法和运行机制的介绍可以对 LHC 上各合作组在这方面情况会有所了解。图 4 展示了 ATLAS 合作组的组织机构。ATLAS 全体会议、合作委员会和资源评议委员会是决定 ATLAS 政策的机构。由这些机构作出的决定通过合作组发言人执行。发言人下设技术协调人和资源协调人分别协调技术和资源方面的事情,并通过执行委员会把决定贯彻到各下属部门,这些部门包括各个子探测器:内探测器,瓦式量能器,液氩量能器, $\mu$ 子探测系统,磁体系统,触发和数据获取,计算和离线分析,物理课题研究,电子学等等。

关于 ATLAS 合作组是如何运行的这个问题,CERN 快报(CERN Courier)记者曾专门访问过该合作组发言人 P.杰尼,并刊登在该杂志 1999 年的第一期上,这里选摘一部分介绍给读者。

**重大决定是如何作出的?各个成员何以得知?**许多重要决定只与一、二个分部有关,这些决定先在分部的全会上讨论,每个成员都可以参加并表达自己的意见。接下来,ATLAS 执行委员会将讨论这些建议,并提交全会讨论,全会对须作出的决定有权形成共识。领导班子只能“领导”该合作组都认可的决定,或至少是大多数认可的决定。实际问题,如经费、时间表及人力调配等,也须如此讨论。很明显,运行程序是从分部到总部,重大决定由合作组委员会最后作出。

**这样大型而兵力分散的合作组是如何管理的?**每个分部都有自己的管理机构。同时,执行委员会和发言人进行总体监督。技术协调组(人)有责任确保所有分部协同工作。同时,由各国代表监督所在

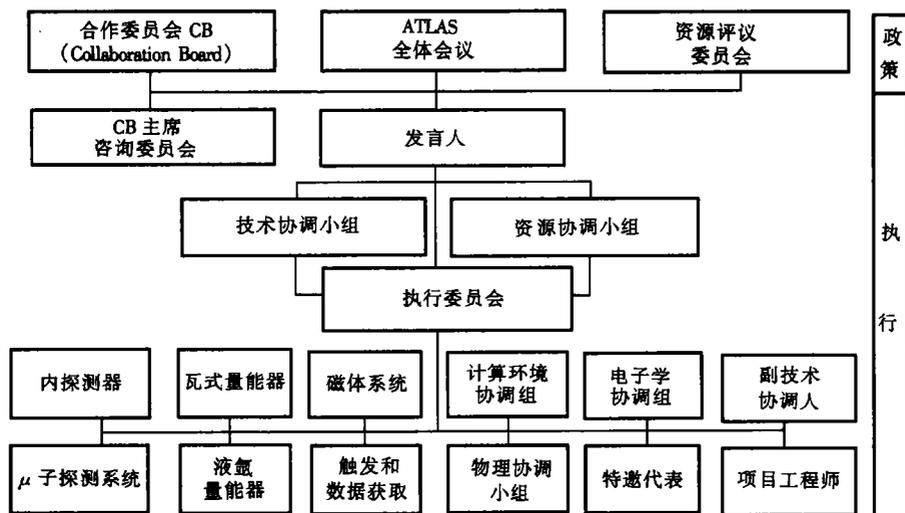


图4 ATLAS组织机构

国的资源的使用,并保证使用得当。合作委员会宣布政策问题,但不管执行情况,因为那是管理方面的责任。但是,发言人和合作委员会领导之间的频繁接触可确保政策能得到妥善处理,并能找到解决问题的途径。最后,个人、参与研究单位和合作管理部门的直接接触也起着重要作用。

**1800人是如何互相联系的?** 电子通讯(包括电子邮件、全球网、电话、可视会议等)是非常重要的。但定期的人员直接接触也是很关键的。会议发挥了重大作用。

ATLAS 每年要举行 3 次工作周,讨论整个合作组的各种重大问题并交流合作组各部分的进展,解决出现的各种问题。大组会前后,平行地召集各分部会议,讨论各自的进展情况,例如各子探测器建造、实验厅建设、物理和软件发展以及实验准备的进展情况等等。这时也经常召集合作委员会会议、执行委员会会议,并穿插一些大组或各子系统领导班子的选举事务。此外,CERN 每年还举行两次资源评议委员会会议,评价和检查 LHC 各合作组的各方面的情况,包括经费的落实和使用以及各探测器的工作进展,对它们进行指导、监督和管理。

**任务如何分配?** 合作组努力使各参与小组的兴趣和资源与任务相协调。但确如本文前面提到的,一些公共项目还需协商向各组分摊。

**经费是如何分担的?** 没有一定的格式,希望从富裕国家来的大组比发展中国家来的小组分担更大份额的经费。事实上,协调各小组和国家对整个项目的经费贡献是组成合作组的中心问题。

**钱从何处来?** 大多数从各参与国的基金组织得到。也有很大部分来自 CERN 和各大学。

**人们如何参加进来?** 对 ATLAS 有兴趣的小组可以与发言人联系。他们的兴趣会引起合作委员会的关注。委员会将对他们的资源、可能分担的工作以及与现有各组之间的关系进行考查,然后投票决定接纳与否。

**如何确保各探测器零件互相匹配?** 由技术协调组支持的技术协调员与各分部组一起工作,以确保各部分能够很好组合。

**1800人如何分担数据分析的工作?** 数据将为许多独立的研究课题提供实验输入。ATLAS 科学家将主要在自己的研究所内以小组形式开展这些研究。所有合作者都将是分析组成员,都将受邀参加数据分析。

13卷2期(总74期)

根据 CERN 推行的 MORNAC 计划,ATLAS 各参与小组都将与 ATLAS 的区域中心或本地中心联网,并在自己的研究所内按照自己选定的课题进行数据分析。

**合作者如何得到回报?** 这当然是一个重要问题。合作组内的内部文章通常只有一个或几个作者,将表明个人的贡献。这可以在整个科学界知名。领先的工作通过受邀参加国际会议而被承认。但是,大型合作组还必须学习处理这类问题的方法。重大结果是集体获得的,因为大家都愿意分担任务。不仅最后分析的人有功,而且所有为保证数据收集得以进行、为最后分析进行标定和准备工作的人员都有功劳。

LHC 实验计划的一步成功,不仅是欧洲科学家的远见卓识和坚定决心的胜利,也是全球高能物理学家精诚合作的结晶。科学事业的发展离不开竞争,但更需要合作。请设想一下,面对像 ATLAS 这样的大型实验,没有合作精神,还能干什么呢?最后,这里还想提一下自我牺牲精神。CERN 当局为了坚持在 2005 年建成 LHC 的协议,提出压缩开支。1996 年 CERN 的雇员减薪 2.5%,并在以后两年的工资调整系数也将取消。这一点对地处富裕的瑞士并常要与联合国雇员待遇看齐的 CERN 雇员来说,是一件很不简单的事情。当然,自我牺牲精神不仅来自 CERN 内部,更来自远离家乡的广大科学工作者。许多欧洲以外的科学家必须长途跋涉来参加讨论和会议,参加探测器组装和测试,最后还要参加实验运行。他们可能不得不离开他们的国家和研究所很长时间。但是,所有参加 LHC 实验的科学家都有一个共同目标,即做 LHC 前沿物理,为此目标,他们愿意忍受不便,作出牺牲。

## 卞德培先生逝世

本刊资深顾问和著名作家卞德培先生,2001 年 1 月 15 日 10 时 55 分于北京逝世,享年 75 岁。

卞德培先生多年来始终如一地关注本刊的发展和进步。他的逝世,是本刊的重大损失。本刊将继承和发扬卞德培先生的治学精神和科学精神,争取在新世纪里把刊物办得更好,以告慰卞德培先生在天之灵。

《现代物理知识》编辑部

2001 年 1 月 15 日

• 23 •