

美国高能物理项目正处于重大变迁的阵痛之中。随着超导超级对撞机实验室(SSCL)的建造获得批准,一连串事务接踵而至,我国的高能物理领域将受到它的巨大冲击。这一重大的创举,将为延伸能量范围提供史无前例的崭新机会,使我们得以探索这一新的能量范围并希望对当今高能物理的一些关键问题提供回答。然而,就象任何一项重大变革一样,总伴随着一些新的重大的挑战和要求。这些挑战和要求便是本文的焦点。我谨告诉读者,本文所述仅代表我个人的观点,未必反映高能物理顾问团(HEPAP)的审议结果或美国基金机构的政策。

1990年9月HEPAP的会议上,我就我们面临的三个主要问题谈了一些想法和打算,现详述如下。

一、按时建成SSC

超导超级对撞机(SSC),是美国所承担的最大的独一无二的纯粹基础研究建设项目。它的规模之大,使得我们必须建设程序上做重大改变,才有可能保证它的圆满成功。因此,将SSCL与以前最大的建设项目,如曾是新“绿洲”实验室的费米实验室,对规模和特征上的本质区别做个比较,可能是有益的。

当初建设费米实验室耗资2.5亿美元——那个年代的钱。把增添的和改进的设施的费用都算在一起,大约是那个总投资的两倍。公认能源部(DOE)批准SSCL的费用是82亿美元。显然此数不是直

的培养下,现在已建成一支作风好、能力强的科研梯队。

冯端教授是能人又是忙人,除教学、科研、指导研究生外,他在学术界身兼多职,为发展我国的科学事业奔走、操劳,有时一年中外出参加各种会议和学术活动的时间甚至超过半年。68岁的冯端教授,他不慕名利,不计个人得失,仍不辞劳苦地在广阔的科学园地里辛勤地耕耘着。

接类比得来的。因为SSC对撞机是在费米实验室400 GeV加速器建成后约30年才将完工,届时“科学”美元的购买力将贬值多少,是个值得适当议论的话题。按日用品价格估算,价格指数在此期间的增长率肯定不少于4倍,大概不至于超过8倍。此外,现在的这种计算方法与过去的相比略有不同。现在估计的SSCL的总投资包括这样一些费用,例如探测器的费用和一些研究与发展方面的费用,而当年费米实验室公布的费用里,并不包括这些。因此我猜想,SSCL的费用比当初费米实验室的投资的实值(即计贬值率),可能会超过 4 ± 1 倍。

在规模和技术方面,现有的能力有哪些需要提高?费米实验室的400 GeV这一令人满意的能量,超过布鲁克海文国家实验室(BNL)的AGS加速器或西欧中心(CERN)的PS对撞机的13倍。而SSC将超过实际能量为1 TeV的Tevatron加速器的20倍。SSC虽比当初费米实验室的加速器复杂得多,但应该用发展的眼光来看待这种提高。因为在过去的20年中,在束流动力学、仪器的有效使用以及应用高能加速器和对撞机的一般经验方面,都取得了巨大的进展。因此,我认为,从规模、复杂性,乃至费用(在介入期间美国国民生产总值毕竟也显著增长)的角度看,SSCL不会出现根本背离我们以往的经验的现象。然而,有些因素的存在,今非昔比,可能会影响SSCL的发展和美国高能物理的进步。

最重要的因素可能是SSC探测器组的庞大规模及其复杂性。按通常的设想,SSC探测器组实际上将成为一个实验室中的实验室群。对它们及其领导者的选择,有关它们的设计、建设和管理的旧程序,以及探测器的旧式样,都不再适用,必须另找新路。我觉得建设和管理问题尤其难,因为对SSCL来说,即使

S. Wojcicki (著)



·江向东(译)
·黄涛(校)

在管理上的事也非同小可,至少有个时期会缺乏这方面的专长。

另一个重大改变是SSCL对工业的紧密依赖关系。费米实验室的磁体(主环和Tevatron加速器两部分)是在实验室内部自行建造的,SLAC调速管的大部也是该实验室自建的。然而,SSCL的磁体,将完全靠外界提供,其结果可能导致费用超额和完工日期的后移。而且,这种新做法使得该实验室需要一个较为庞大的管理机构。

政府机构增加的监督是另一个重大的新发展。我们已从过去的三十年看到,要求的报告的总数、评审的次数和有关实验室计划的批准系统的复杂性,都稳固增长。这种增长,若任其继续下去,必将使实验室

* 作者系美国能源部高能物理顾问团主席

资源应起的作用变为穷于应付政府部门的那些繁文缛节。

在我们的历史上,这是首次将一种新设备放到只有单一目的而为尖端能量机构的高能物理实验室。费米实验室的400 GeV机器取代过BNL(是有着多重目的的实验室)的曾为最高能量设备的AGS加速器;AGS又在更早的十年前取代过洛仑兹-伯克莱实验室(LBL——另一个多重目的机构)的高能质子同步稳相加速器(Bevatron)。我相信,由于社会政治的原因,这种差别显得很重要,因为它引出了费米实验室的未来会出现更多需要解决的困难这样的论题。

我们正为及时建成一个因袭美国其它高能物理机构的真正传统的第一流实验室这一目标而奋斗。借此机会,我想谈谈未来十年美国高能物理项目的生气,即时机和人力问题。

SSCL曾在1983年由HEPAP重新评审,1988年得到第一批建设基金,预定1999年完工。因此,这个新实验室的“建设时间”可以说是在11到16年之间,这个期限,与以前的高能物理项目相比算长的,与许多其它科学工作相比则算很长,与人在高能物理中的“自然”寿命相比,也算得上很长。因为,一个研究生的研究生涯不过三、四年;博士后职位大约三年,或是在获得固定职位之前作为助教服务更长一段时间;固定职位一般也不过六年。可见,每一种尽职都必须保证坚持执行上述进度表。一个需要警惕的恶性循环是,将来可能出现的财政危机,使得完工日期向后拖延,这种拖延又使整个费用显著升高,又导致延期,于是这种遥遥无期会使任何一个人都因之而沮丧。

在我考虑的SSCL的整个图象中,最严酷的一个问题乃是人力或新成员的补充问题。目前SSCL正通过严酷的设计阶段,必须在数月内最后定出增强器综合体的一些特征。因此,让加速器方面的一些与

之相关的且迄今仍是空缺的高职位都满员,乃当务之急。这就要求美国高能物理界,要在比目前更广泛的范围里参与SSCL的工作。也就是说,所有来自其它实验室的人,无论是直接参加SSCL的工作,还是从事他们自家的实验室研究,都应该以一部分SSCL的设计和/或建造为己任,都必须给SSCL以有效的帮助。当然,这无疑对现有实验室的项目,至少是部分项目,会有一些冲击。

二、保持美国高能物理的生气

我们面临的另一项挑战,是让美国高能物理项目在变革的十年中仍保持生气。显然,这些项目原则上是以现有的美国加速器实验室为基础,兼带在非美国设备上或注重在不用加速器的设备上进行较小的但有效的工作。为何使这些项目保持兴旺,我已就SSCL的长期阐述了些道理。我们,美国高能物理界,只有通过不断研究的生机和激励,才有可能吸引和培养下一代粒子物理学家的实践者。倘若我们立志于在未来数十年美国高能物理项目一直兴旺这样的目标,那么,我们就必须保证,在SSCL建成前的变革时期,这里依然不乏重大的研究机遇。

为什么我们必须保证我们现有项目的兴旺,还有很多另外的理由。第一,我们目前的设备,对研究这一领域的一些最重要问题,在今天是理想地保持着均衡。第二,这个领域的历史一再证实,在可用的设备中保持着足够的多样性是重要的。不同的问题往往要求不同的进攻路线,有必要掌握一套以不同种类的加速器或对撞机为基础的完整的研究方法。由此可见,目前运行的设备,到了SSCL年代,仍将是合适的和必要的。对目前运行的实验室,我们必须认识到,有关试验束流、运行经验、实际实验环境等问题,对设计、建造和检验SSCL的设备都是必不可少的。

由于现有的项目和SSCL都有

财政和工作人员来源上的需求而不可避免地会有冲突,我们怎样对待?这是我论及的第二个主要问题。这种冲突很快变得明显,在保障SSCL及时成功方面,这是最紧迫的论题。对这种冲突,没有简单的解决办法,我们必须使我们物理界更深刻地意识到,对此必须取互让互助的明智态度。一个可能的一般准则是这样,如果某个重大的新项目(在实验或加速器方面),直到SSCL开工后还没有得到科研基金,而且大大影响了SSCL可能的人力资源,象这样的新项目,我们就不能上马。

三、现有实验室的前景

最后我们讨论第三个严峻的挑战,即表明四个现有的加速器实验室在SSCL年代的可能的前景。就象以前常发生的事情一样,每当一台新的较高能量的机器开始运行时,原有实验室的角色必然随之改变。我们要求,须使这种调整尽可能完善同时保持目前运行的这些实验室的独一无二的力量。

尽管SSCL和它的高能质子-质子对撞机将成为美国高能项目的柱石,然而,项目的多样性的必要性,仍要求其它实验室具有强大的互补能动性。历史记载充分表明,无论是用固定靶,还是对撞机实验,这两种实验方式都有着各自独特的贡献。电子和强子机器的非常有效的互补性,更有着惹人注目的记载。长期以来,成功之摆总是从一种机器摆向另一种。五十年代末和六十年代初,可能先是强子机器获得成功,而后是电子机器率先进入成功的十年,而在八十年代,它在强子对撞机面前又再度相形见绌。

对强子对撞机的强调,至少有补于我们目前对建设一台能达到



SSC 能标的电子直线加速器的技术力量之不足的问题。目前在电子机器技术上的优势,能为电子型机器提供重要的新设备,也就是能让高亮度 e^+e^- 对撞机在 10 GeV 能区(B 介子工厂)尽善尽美。这些机器的物理目标,已得到当今美国 HEPAP 的分团的热衷赞同。例如,Sciulli 分团的九十年代高能物理研究项目,就把研究 CP 破坏问题——当今粒子物理最基本问题之一,视作一条极好的探索之路。可见,倘若发现建设这样一台机器的资源,粒子物理项目则将更为丰富。

现在回过来更具体地讨论我们现有的四个加速器实验室的前景。我们比较乐观的是布鲁克海文和康奈尔(Cornell)。布鲁克海文国家实验室,未来的方向比较明确,它面临着巨大的变迁。目前,它原则上的实验项目的重点是在 AGS 加速器的高电流容量上,将改变为以新的相对论重离子碰撞(RHIC)为基点,即变成一台介于传统的粒子领域与核物理界面之间的机器。

康奈尔的 B 介子物理项目,依赖 CESR 探测器目前的性能和改进的 CLEO 探测器。根据机器的改进程度,可推测将来的强度,极可能在这个十年的结尾阶段提供令人兴奋的尖端物理。即使后几年在世界某地建起一个新的 B 介子工厂,但这个 10 GeV e^+e^- 区,丰富得仍能给康奈尔产生令人兴奋的物理的足够多的机遇。对 B 介子工厂来说,对目前的机器作实际改进的最明显的目的,是为进入下世纪时仍保持尖端能力。无论这一目标达到与否,康奈尔职工的机敏性和创造性,以及他们那种相对说来规模较小的实验运转,都会在美国高能物理项目中保持一个重要的合适位置。

费米实验室和 SLAC,由于它们的单一目标特性及其大规模运转的因素,将会遇到更多的困难。如果主注入器建在费米实验室,而完成日期约在 1995 年,那么,我们对费米实验室的未来十多年可以做这

样的展望,该实验室将以逐步提高 Tevatron 加速器的亮度,以 1-TeV 质子的专门固定靶工作以及在主注入器上的高强度、中能固定靶工作为基础,在此基础上进行前沿物理的研究。看来,即使到了 SSC 年代,尽管费米实验室在示波器方面有些降级,但基于它的多重面固定靶项目和对撞机实验的特点,使它仍将有着独特的位置。而且,它可能显示出这样的优势:灵活性比 SSCL 大,外界压力比 SSCL 小。毋庸置疑,费米实验室显著的贡献必将与 SSCL 的实验沿着一贯的首创路线并驾齐驱。

不用怀疑,SLAC 过去在高能物理领域的贡献是巨大的。不仅在关键的实验上,它的突破使我们对物质的基本成分以及支配它们的作用力具有当前的这种了解,而且,它在加速器技术方面也起着非常重要的作用。直到今天,这个实验室才发现它自己正处在困难状态中。造成这种状态的主要原因至少有三个:这个团体对 SSC 所承担的义务,导致了原实验室资源上的压力,可能妨碍任何一个重大的新开项目;在 SLAC 直线加速器改造翻新的基础上建造高亮度直线对撞机,会带来超过寻常的困难;LEP 对撞机及其有关探测器的成功,使得西欧中心成了 Z^0 物理实验的主要承担者。要想进行足够多的前沿科学活动,SLAC 正经受着挑战。如何达到这点,是 SLAC 内部热衷的课题,目前选择的解决办法是依赖斯坦福直线对撞机(SLC)和一个 B 介子工厂。日后的严峻挑战将是,怎样保持这个实验室的科学生气和它独具的专长,怎样保证它向着真实的直线对撞机有条不紊地进展。哪里 SLAC 取得重大贡献,哪里就是它担当主角之地。我们要想保持强子和电子机器两方面实验的二重能力,那么,上述机器都是必不可少的。

对 SLAC 未来十年的进程,我想谈些本人的观点。我之所以用十

年作期限,是因为我觉得一台巨大的直线对撞机的创生不会比这个期限提前很多。果真出现奇迹的话,我不会怀疑 SLAC 在这一伟业中的主要作用。据我看,到那个时候,SLAC 的主要活动中心将在这样三个一般领域:以最后集中测试束流设备为基础的加速器研究,局部设备的开发以及在其它实验室的工作。后两点必须作些注解。局部设备包括:SLC, 50 GeV 电子束流管,可能重新运行的正负电子对撞机 PEP,以及 B 介子工厂(假使它在 SLAC 建成的话)。象上面讨论过的,即使 B 介子工厂能阐明当今高能物理中的几个关键问题,也不可能在这个十年对物理学有重大冲击,因为这样一个设备要出重大成果的话,最早也要到本世纪末。在 1992 年初,SLC 主宰 SLAC 部分项目的程度,可能与一些回顾性课题有关系。关于外界的活动,SLAC 适合做这样一些事:在提供独特的专长或设备方面,应比各大学研究小组这样的竞争对手贡献更多;毫不迟疑地帮助长期运行的两个实验室,也是 SLAC 对 SSCL 所负的一项主要社会职责。此外,SLAC 在加速器技术上的很多专长,若用到 SSC 加速器的建设中,也将对这一新设备的创造起重大作用。进而,SLAC 的超出粒子物理领域的多样性项目,可谓它山攻玉,对实验室的长期发展和兴旺大有裨益。

作为结束语,让我对美国高能界在我们项目的进展中所起的作用以及国际合作问题作一简述。正是高能物理界,使得我们的政治决策者注意到我们的主张并经常沿着我们所期望的路线走,这被外界视为莫大的成功。SSCL 的创始,就是这种模式的一个典范。在外界人眼中,HEPAP 是这次成功的主要贡献者。HEPAP 成功的主要奥秘,在于它允许我们用自己的语言与外界人士直接交心。我觉得,倘若我们想在将来成功的话,在活跃的内部讨论统一之后,我们的这一能力则显得非

杨振宁谈中国现代科学史研究

张奠宙

1990年我在美国纽约市立大学作访问研究(香港王宽诚基金会支持),课题是20世纪数学史。举世闻名的物理学家杨振宁教授在数学上亦有许多贡献。别的不说,他和米尔斯(Mills)提出的非交换规范场论和他1967年发现的杨-巴克斯特(Yang-Baxter)方程都已成为当今数学界的热门课题。可以说杨教授是20世纪数学和物理学发展的一位前驱者。于是我去信求访,承蒙杨先生首肯,遂有1990年10月19日下午的这次访谈。

金秋十月的长岛,碧空如洗。我驱车前往石溪的纽约州立大学的理论物理研究所。所长室位于数学大楼的顶层。放眼窗外,树木葱茏,红叶初现,美丽如画。室内一块大黑板,靠墙一排大书架,就中一张堆满文稿的书桌,我们隔桌对谈。话题是现代中国科学史研究。

张:十分荣幸能和您谈话。我过去研究线性算子理论,现在对现代数学史感兴趣。最近听说您对中国现代物理学史的研究十分关注,可否请您谈谈这方面的情况?

杨:我觉得自己有责任做一点中国现代的物理学史研究,介绍和评论一些当代中国物理学者的贡献。说起来,这还是受日本学者的启发。日本人对本国学者的科学贡献研究得很透彻,而且“寸土必争”,著文论述。比如有一位日本物理学者长冈(Nagaoka)曾在1903年提出过一个原子模型,后来看来是错的,但还是有文章探讨,竭力从中发掘一些积极的东西。相比

常重要故而必须继续保持。

我还看到一些在我们国家作为经验存在的一些因果关系,也同样出现在世界舞台上。这种朝着更高能量发展的趋势,给每台设备,给越来越大的集中地和越来越少的几个前沿实验室,无情地带来了高昂的费用。我想讨论更紧密的合作和更大的合作经营。然而,保护现有实验室的投资这一愿望,无疑是对抗合作计划的离心力之一。诚然,我们自己的这种一年年拨款而缺乏长远稳固承诺的系统,也是那个方向上的一个明显的反作用力。此外,重大的合作项目所要求的资源

之下,我们在这方面做得不够。苏步青先生对日本人了解很深。他说,日本人的一个特点是认真,认真得连安装一颗螺丝钉,包装一件小商品,都精益求精,不遗余力。说起来,对本国学者取得的科研成就确实应该认真对待。中国前辈科学家在艰苦条件下取得的成果更应该珍视。正是在这种刺激下,我开始做一些工作。

张:我看过您和李炳安教授合写的《王淦昌与中微子》的文章,这篇文章不是新闻报道式的介绍,而是依据大量历史文献和科学论据写成的科学论文。这只有内行的专家才能写得出。请您谈谈这篇文章。

杨:王淦昌先生对验证中微子存在的理论构想,确实极富创造性。大家知道,自从泡利(Pauli)于1930年前后提出中微子的假说后,关于中微子存在的实验久久未能取得成功。这是因为中微子不带电荷,不易用探测器发现,而且它几乎不与物质碰撞(比如可以自由穿过地球),很难找到踪迹。到了1941年,正是中国抗战艰苦的年代,王淦昌从贵州湄潭(浙江大学避难地)向美国《物理评论》寄去一篇论文。这篇文章建议用 K 电子俘获的办法寻找中微子。文中指出:“当一个 β^+ 类的放射元素不放射一个正电子,而是俘获一个 K 层电子时,反应后的元素的反冲能量和动量仅仅依赖于放射的中微子,……,只要测量反应后元素的反冲能量和动量,就很容易找到放射出的中微子的质量和能量。”

王淦昌先生真是一语中的,给“山穷水尽疑无路”的中微子存在验证,带来了“柳暗花明又一村”的境界。文章发表后几个月,艾伦(J. S. Allen)就按王淦昌的建议做实验,可惜因实验精度不够,未能测得单能反

规模,势必直接涉及最高级的政府要员。我期望将来能有一个显然高级的国际实验室,但上述诸条,都是趋于阻抑任何一种乐观主义的因素。

让我再次强调,上述有关将来的观点,所表达的仅是我自己的水晶球占卜术,并不代表高能物理顾问团、能源部、国家科学基金会或任何实验室的正式主张。但这些话很可能由高能物理顾问团讨论。这次经过该团的认真考虑,应是非常有益的。我们领域的未来,需要我们提出更完善、更周密的创见。(译自《Beam Line》1991 4月号)