

齐心协力建设北京正负 电子对撞机

叶铭汉

(中国科学院高能物理研究所 100049)

一、高能物理实验和高能加速器

早在两千多年前,我国就有“五行”的假说,认为世界上的万物都是由金、木、水、火、土五种最基本的物质所组成。古代哲学家的“基本物质”的想法在今天已经被科学研究所证实。20世纪物理学的进展告诉我们,世界确实是由一些基本粒子组成的。现在已知的基本粒子有60多种,分为三大类。一类是传递基本粒子之间的作用的,统称媒介子,已知12种。它们是光子(传递电磁作用,质量为零);胶子(传递强作用,质量为零),胶子有8种;中间玻色子(传递弱作用, W^+ 和 W^- 的质量各为 $81 \text{ GeV}/c^2$, Z^0 的质量为 $92 \text{ GeV}/c^2$)。另外两类分别名叫夸克和轻子。夸克有6类,每类又分为三种色,各种又有它的反粒子,这样共有 $6 \times 3 \times 2 = 36$ 种。轻子有6类,每类又有它的反粒子,总共 $6 \times 2 = 12$ 种。2013年3月,欧洲核子中心宣布实验探测到了标准模型预言的最后一个粒子希格斯玻色子。对于组成万物的这些基本粒子,我们如果能够掌握它们的性质,它们之间的相互作用和运动规律,就有可能运用这些知识为人类服务。人类的发展历史非常清楚地告诉了我们这一真理。科学家对于电、磁现象的纯基础研究导致人类进入电气时代。对于原子核的基础研究开创了原子能的应用。这种为了造福人类的信念一直推动着科学家们孜孜不倦地对于物质的基本结构进行探索。

日常生活中所见的万物是由第一代夸克和轻子所组成的。第二代、第三代基本粒子产生于宇宙

开始形成时或星球的剧烈演变中,现在有些还存在于宇宙线中。我们要研究它们,首先必须在地球的环境中实现当初宇宙形成时的条件,把粒子加速到高能,让它们碰撞,从而产生我们希望研究的基本粒子。

不同的基本粒子有不同的质量,产生它们也就需要有足够的能量。通常的办法是用加速器把某种粒子(常用的是质子或电子)加速到高能,轰击一个固定的靶,使它与组成靶的粒子相互作用,以产生新的基本粒子。一种名叫对撞机的加速器,可同时加速两股粒子束团,让它们以相反的方向运动,在一定的位置上发生对撞。在对撞机中,两个对撞粒子的能量可以全部转化为新粒子,而轰击固定靶的高能粒子,它的能量 E 只有一部分可以转化为新粒子,大致为 $\sqrt{E}$ 。因此,希望达到的能量愈高时,加速器必须采用对撞的方式,否则一大部分能量白白浪费掉了。

对撞机有两个重要指标,一是能量,这要针对所研究的对象来选定。二是亮度。亮度与对撞机内运动的两束粒子流的流强的乘积成正比,就是说对撞机所加速的粒子的流强愈强,亮度就愈大。两束粒子对撞时产生某一粒子的事例数与亮度成正比。亮度愈大,在单位时间内产生的粒子愈多。

对撞机有一个特点,它只能在设计的特定能量附近的小范围内工作,超出这一范围,亮度急剧下降,无法工作。因此为了研究不同种类的基本粒子,必须建造不同能量的对撞机,能量高的不能取代能量低的。

二、选择建造正负电子对撞机

1988年10月高能物理所发布了一个振奋全国的好消息,我国研制的北京正负电子对撞机在10月16日首次实现正负电子对撞。我国的科技、工程人员优异地按指标、按计划、按预算完成了计划。这在国内外大科学工程中是罕见的。10月24日,邓小平同志和其他中央领导同志到高能物理研究所视察北京正负电子对撞机,与参加工程的全体人员见面,庆祝这一工程的重大成就。邓小平同志即席发表了重要讲话《中国必须在世界高科技领域占有一席之地》。可以认为,由于我们的高能加速器是正负电子对撞机,今天我们在高能物理领域才能够占有了一席之地,是在激烈的竞争中占有的,而且正在不断地扩大。我们现在有一个十分伟大的梦,要建造一台世界上能量最高的正负电子对撞机,环型正负电子对撞机(CEPC)。

我国研制高能加速器的计划,从1956年开始,到1979年底,经历了六次下马,七次上马。1980年底。我国国民经济调整,中央决定“八七工程”下马。这是我国高能加速器计划的第七次下马。虽然邓小平提出“高能物理不断线”,但大家对下一步的工作仍十分担心,不知怎样办才好。“八七工程”的1.2亿元预制经费,剩下约9000万元,就是可以用来建造加速器的经费的限度。

李政道教授一直热心帮助祖国的发展,他十分担心,如果不能很快提出调整方案,中国的高能物理将无法发展。他决心帮助中国找出一条适合中国国情的发展高能物理的道路。

1981年3月李政道在美国费米国家实验室召开了一个非正式的工作研讨会,邀请高能物理所派人到美国讨论调整方案。我国派出朱洪元和谢家麟作为代表,我那时在美国作为访问学者,也被指定为代表。李政道同时邀请了美国几位参加中美高能物理合作的实验室的专家参加。谢家麟首先在会上介绍了高能物理所内商定的调整方案,首选的方案是建造一台5 GeV质子同步加速器。大家展开讨论,并提出各种建议。美国斯坦福直线加

速器中心所长潘诺夫斯基提出了建造 2×2.2 GeV正负电子对撞机的建议。与会者大多数都觉得,这样一台正负电子对撞机,能量不是很高,规模适中,可以做国际前沿的高能物理研究工作,而且兼有同步辐射应用。在当时经费限于9000万元的条件下,是中国仍能在高能物理方面迎头赶上世界先进水平的极好方案,十分适合中国国情。朱洪元、谢家麟和我都赞同这个方案,大多数与会者都向我国推荐这个方案。

当时在国外的我国派出的访问学者的意见很一致,就是要搞正负电子对撞机,但当时国内有许多专家倾向于建造质子同步加速器,因为打静止靶在技术上比较有把握,而且已经开展了相应的预制研究。朱洪元、谢家麟回国后主要工作是把对撞机方案向领导和科学家汇报,说明它的优点,解释疑问,争取支持。当时各方面提出了很多质问:例如,国外专家估计,不到2000万美元(按当时的汇率,恰好为900万人民币)。但中国的国情不同,造价将是多少?对撞机技术困难,中国在加速器技术方面很落后,能做出来吗?中国对大工程的管理缺少经验,能管理这个尖端工程吗?你们说有物理窗口,几年以后还有吗?

谢家麟、朱洪元回国后,多次广泛组织国内科学家展开论证和调研,反复对比权衡两条路线的优缺点,经过反复深入的论证,最终确定了正负电子对撞机的方案。谢家麟、朱洪元在这一个关键性的选择中,以深入而细致的具体分析说服了持不同意见的同志,高能物理所全体取得了一致的认识,最终确定了北京正负电子对撞机(BEPC)的方案。

现在回头看,我们非常幸运,反思国家建设和高能物理事业的得失,1980年的那个调整、收缩,中央决定“八七工程”下马,对我国高能事业来说,真是“塞翁失马,焉知非福”。假如沿着原来的“大高能”走下去,物理上步人后尘,难出成果,摊子又铺得过大,经费势难维持,结果显然是不上不下,造成极大浪费,后果不堪设想。

我们很感谢当初向我们建议建造正负电子对撞机的李政道教授和潘诺夫斯基教授,感谢他们的

热心帮助,帮助我们走上了建造正负电子对撞机的道路,走上了适合我国国情的发展高能物理研究的正确道路。

三、工作的点点滴滴

1973年初高能物理所成立,张文裕先生担任所长。为了建造高能加速器,引进了一批人才。当时领导班子也随着扩大,一度有12位副所长。后来中国科学院特派张厚英来所担任常务副所长。1984年,领导班子改组,我被任命为所长,张厚英仍任常务副所长,谢家麟、陈东为副所长,后增加方守贤为副所长。领导班子一共5人。分工比较清楚,大家不推诿,互相团结,互相支持。我那一届班子是一个团结的班子,和谐的班子,合作的班子。

为了推动北京正负电子对撞机(BEPC)的建造,党中央在1984年成立了以谷羽同志为首的包括张寿、林宗棠、张百发同志的四人领导小组。这是北京正负电子对撞机得以顺利建成的决定性的一步。

BEPC工程是当时高能所最重要的一项工作,所领导班子把这项任务作为重中之重。在分工上,谢家麟作为第一任工程经理,1986年后由方守贤担任工程经理,全面负责工程的建设,组织所里各相关部门,高质量地圆满完成了BEPC的建设。

在所务方面,每周有一次所务会议,会上讨论、交流一些重大问题。有些牵涉大多数人的利益问题(例如职称、分房等),采取分别成立专项委员会的办法,以求广泛收集意见,做到透明、公正。对于具体的行政工作,我强调各领导层分工明确,有责有权,对于下属部门的工作不胡乱指手画脚。

我们提倡节约,不讲排场。所领导和工程领导的办公室,就用原有的房间,不加任何装修,一般在十几平方米以内。也没有按级别分配多大面积的办公室。所有领导班子的办公室内都是原来的家具。

高能物理所在工程经费以外,每年有一笔比较固定的经费,其中包括一些指定用于某一科研题目的经费,以往是在全所范围内分配给各个项目。北京正负电子对撞机工程有专用的经费,我们就把那

笔科研经费几乎全部集中投在宇宙线、高空气球实验和天体物理上。我还和张厚英一起努力,为宇宙线、高空气球和天体物理争取到一笔经费,建造了一栋专用的实验楼。

对于自由电子激光,我十分支持谢家麟的远见,他指出自由电子激光的重要性,应尽早开始研究。1987年,在自由电子激光项目还没有被上级批准之前,我动用研究所的其他经费,借拨给这一项目,使其提前开始工作,从而争取到了时间,保证高能物理所在亚洲首先建成了自由电子激光装置,抢占了先机。

在北京谱仪工程中,我一向认为,参加这一任务的人员绝大多数都是高水平的相当成熟的科技人员,大部分已有二十多年的工作经验。我在高能所工作多年,对不少同仁都相当了解,同仁对我也了解,大家互相十分信任。我的主要作用是尽最大努力创造一个环境,让全体工作人员发挥他们的创造性和积极性。开始建造北京谱仪,我的工作是跟大家一起讨论谱仪的主要性能指标,然后把谱仪分成若干部件,确定各个部件的性能指标,以及每一个部件的尺寸及其公差,以保证将来组装时不出现问题。由于北京谱仪在4年内建成,所以各组必须在此前提下,分别制定研制自己负责的那部分的详细工作计划,从预制一直到最后投入使用,明确的时间节点,这样才能保证总装时不至于因为互相等待而影响进度。此外,各组提出需要的人力、设备和经费,集中大家提出的计划,按具体需要分配人力、经费和实验室面积等资源,并对各组分别提出的计划加以综合、协调,作出最终的总体计划。

当工作出了问题时,我不一味责怪具体工作人员,而是先自我反省,想自己是否在安排、交待工作时没有讲清楚,没有指出应注意的问题。我跟大家一起分析、讨论所出的问题,讨论如何改进,鼓励大家轻装前进。周一上午,我召开北京谱仪的例行组长会,一般不超过2小时,力求上下通气。先传达一些所里的要求指示,然后各组分别简短汇报工作,以及提出对上级的要求等,接下来大家讨论,这样各小组之间可以互相通气。

有时,有的小组要讨论难于解决的问题,我就在组长会后参加该组的小组会。有的问题责任重大,我来拍板、承担责任,让具体工作人员没有顾虑。

漂移室在组装信号丝等电极丝时,要求在一间超净无尘工作间内进行,以免在漂移室组装完成后,漂移室内有灰尘,因而在电极丝加上高电压时发生火花放电。但是要定购一套无尘的超净工作间要二十多万元,对于当时来说就是一大笔钱。大家都在思考,能否用更便宜的办法来解决吗?我主张,一定要采用最可靠的办法。经过讨论,全小组人员都认为需要一间超净无尘室,随即拍板决定购买,不让具体工作人员有心理负担。如果以后发现这一做法是浪费,就做检讨,不把责任推给具体工作人员。后来,在实际使用中证明,这套无尘清洁工作间起到了非常重要的作用。

北京谱仪工程除了硬件之外,还需要编写大量软件。1984年工程一开始时,李政道、潘诺夫斯基等科学家多次提醒,应该马上着手应对编写软件这个急迫的问题。我就同时抓紧准备软件。但是,这一工程所需配套软件的编写是一个十分严峻的问题。根据国外的经验,编写高能物理实验所需的种种软件需要几十人年。而当时高能物理所在这方面既缺少人才,又缺少经验,而且软件还需经过长期使用,才能找出问题。

当时所里有人满怀信心,主张自力编写。我虽然相信他们有能力,但工作量很大是客观事实。如果由少数人来做,万一到时间没有完成,别人插不上手,怎么办。由于时间紧迫,研究组没有充分的时间来自己编写软件,为了保险,以引进为主,自行开发为辅。通过国际合作,我们引进了需要的软件。后来实际结果显示,北京谱仪的硬件一建成,软件同步跟上,谱仪马上能分析宇宙线事例。

从事计算机技术的人都知道著名的“摩尔定律”,每两年,计算机能力会增强一倍,而价格则会降一半。我抓紧计算中心的建设,亲自主持计算机机型的选择,确定采购的时机。一般大工程的惯例是在一开始就把计算机的全部预算用完。我按照工程各阶段对于计算能力的需要,合理地分阶段使

用计算中心的投资添置计算机。这样适应了计算机的性能价格比不断提高的特点。计算中心的计算能力始终紧密跟着工程和物理研究的需要而不断提高。最终,高能物理研究所计算中心的计算机能力,大大超过了原先的计划,约是计划的三、四倍之多。

那时候国外刚开始出现互联网,中国还没有。我第一次了解到电子邮件,方便、快捷、又省钱,但是,电子邮件由于受到禁运限制,一时无法建立。后来欧洲核子研究中心的朋友想出了一个办法:在高能物理所建立一个欧洲核子研究中心的电子邮件邮箱帐号,可以实现在北京收发电子邮件。他们带着所需软硬件来到北京,安装调试,终于帮助高能物理所建立了电子邮件系统。

1986年8月25日,吴为民同志在北京发出了我国第一封国际电子邮件,这也是我国发出的第一封电子邮件。高能物理所新设立的电子邮件系统大大方便了我国高能物理学家的国际交流,促进了我国高能物理的发展;并且,高能物理所开放了自己的电子邮件系统,提供给我国其他单位的所有科学家使用,为大众服务。

我虽然对北京谱仪工程信心十足,但也一直担忧超出科研人员能力范围的问题。我国当时受到国际禁运,北京谱仪需要的计算机、大量组件被禁止向中国出口。电子学线路必须自行设计专用组件,而这些组件只能在美国制造,如果样样都靠国内自力解决,必然要花费很多时间。这些问题将使研制计划不能按计划时间完成。

幸运的是,北京正负电子对撞机和北京谱仪的研制赶上了改革开放。李政道预见,通过中美合作,美国可以帮助解决中国在建造高能加速器方面的很多困难。因此李政道极力推动中美高能物理合作,双方签订了中美高能物理合作协议。李政道还推动成立“中美高能物理联合委员会”。提出拟请美方派到中国来帮助我们的人员和中方派人到美国学习的人员名单。中方通过中美合作,得到很多帮助,解决了不少难题,使我国的高能物理实验室的建设能按计划大步前进。