

我国高能物理三十五年的 回顾(节选)

张文裕

(中国科学院高能物理研究所 100049)

编者按:本文原文发表于1984年第3期的《高能物理》杂志,文章有五个部分,我们摘选了其中与基于粒子加速器的高能物理实验相关的部分,来回顾北京正负电子对撞机(BEPC)建造前我国高能物理研究状况。

高能物理学是探索微观粒子内部结构和性质以及它们之间相互作用,相互转化的规律性的一门学科,三十五年来,国际上高能物理学的进展非常迅速。1949年,高能物理学还处在萌芽阶段,当时物理学家们只知道光子、电子、质子、中子、 μ 子、正电子等数种粒子,而发现强作用粒子 π 介子和奇异粒子才不过一两年时间。能够产生 π 介子的加速器(约500 MeV)还刚刚在研制,一些先进的高能物理探测器,如气泡室、火花室、流光室、契伦科夫计数器,多丝正比室、漂移室等都还未出现。人们对粒子物理的认识很少,也是很肤浅的。三十五年来,随着高能加速器和粒子探测技术、实验方法的不断发明、改进和发展,高能物理已经取得了很大进展。人们对高能物理的了解大大加深了。出现了一些辉煌的成就,如弱作用中宇称不守恒的提出和证实;反质子、反中子和反超子的发现;大量共振态粒子的发现;二类中微子 ν_μ 和 ν_e 的提出和证实; K^0 衰变中CP不守恒的发现; Ω 粒子的发现以及SU(3)对称性理论的证实; J/ψ 粒子的发现;重轻子 τ 的发现; γ 粒子的发现;弱电统一的W-S理论的初步试验证实;中间矢量玻色子 W^\pm 和 Z^0 的发现等。作为高能实验物理工具的加速器也发展到了有周长为6千米、加速能量高达800 GeV的质子加速器、 2×31.5 GeV的质子-质子对撞机、 2×270 GeV的质子-反质子对撞、 2×23 GeV的正负电子对撞机等,大型探测

器已发展到做一实验的整个装置重达千吨以上,而且种类很多。一些先进的高能实验室都配备有最先进的大型、快速、高贮存量的电子计算机。目前人们已经认识到:强子可能是由6种更小的粒子——夸克组成,且由胶子来传递它们之间的强作用;轻子也可能是由6种组成一个粒子族;弱作用和电磁作用可以由统一的规范场来描述等。由于和实验密切结合,粒子理论进展很快,高能物理学正处在青壮年阶段。

在高能物理领域,我国与技术先进国家有很大差距。然而在解放后的三十五年来,我国高能物理界作了巨大努力。无论在实验,理论和加速器研制等方面都取得了好的成果。从获得国家自然科学奖来看,获得一等奖(是三十五年来物理学奖中唯一的一个国家自然科学一等奖)、二等奖、三等奖、四等奖各一项。与此同时,高能队伍还为国家重点工程及各个领域输送了不少骨干人才。虽高能领域取得较大成绩,但它在我国的发展确是经历了艰难的历程。在庆祝国庆三十五周年时,回顾我国高能物理发展中所取得的成绩,经历的经验与教训以及存在的问题,也许会对今后的工作有所帮助。

1. 高能加速器工作

五十年代初,苏、美、欧等少数工业发达的国家

已开始大力筹建高能加速器。世界上第一个能量大于1 GeV的加速器是1953年出现的(美国BNL的Cosmotron, 能量为3 GeV)。1955年, 美国又建成6.2 GeV的质子加速器Bevatron。我国在当时则是毫无条件可言, 但鉴于它的技术及应用可能与核工业有关, 也确认了要开展高能物理的研究, 故在第一个科学发展规划(1956年批准)中规定, 建立一台2 GeV电子同步加速器作为在我国发展高能物理的第一步。同时, 立即组织人员进行调研, 并于1957年初派遣了一个七人小组去苏联学习, 经过一年多的努力, 该组完成了2 GeV的电子同步加速器的物理设计。1958年大跃进, 建设指标纷纷提高, 一些同志感到2 GeV电子同步加速器能量太低, 并认为用电子作物理实验, 范围太窄, 于是建议改为能量约15 GeV强聚焦质子同步加速器。并责成该实习组的同志在苏联完成该加速器的设计。由于种种原因, 最后完成的方案其能量为12 GeV, 它是在苏联当时正在制造中的第一台7 GeV强聚焦质子同步加速器的基础上修改而成的, 未能将欧美的一些新的设计思想吸收进去。1959年经领导多次研究, 认为上述方案规模太大, 加以设计性能较差, 决定暂停。

当时, 苏联杜布纳联合核子研究所的科学家在中能强流的等时性回旋加速器方面取得了重大的进展, 与苏联谈判后, 决定改为建造一台能量为420 MeV的等时性回旋加速器, 为此派出了一个工作组, 在联合核子研究所进行了半年多的设计工作, 完成了物理设计, 并回国着手进行预研工作。可惜的是1960年国家困难时期此项工作又被迫“下马”。1965年我国退出联合所, 确定建立一个3 GeV(后提高到6 GeV)的质子同步加速器, 并开始了选址等具体工作。1966年文化大革命开始, 项目再次下马。

1972年, 周总理指示仍要把高能物理研究作为重点来抓。并于1973年在北京香山召开方案讨论会, 请全国有关单位和专家们参加。会上提出了很多方案, 但最后初步提出了1 GeV强流快脉冲同步加速器方案。1973年, 我国派代表团去美国考察。回国后, 提出40 GeV质子同步加速器方案。该加速器设

计用增强器作为注入器, 增强器则用质子直线作为注入器, 接着开始了质子直线加速器的预制研究。此方案代号为753工程并经周总理批准, 但工程困难很大, 工作又时时受到干扰, 进展很慢。1976年又改为先完成一台增强器, 然后再开展主加速器的建造。

粉碎“四人帮”以后, 又重新论证高能加速器方案。先提出30 GeV的强流方案, 之后, 考虑到西欧中心和美国BNL的加速器为28 GeV及33 GeV, 于是又把方案改为50 GeV, 流强为 10^{14} /脉冲。经广泛讨论研究, 普遍认为如此强流当前技术上无法达到, 于是改为 10^{13} /脉冲, 1978年完成了初步设计, 该设计的特点是回避了增强器的困难, 而用一台200 MeV直线加速器直接向主加速器注入。经过一年左右的研究, 发现不用增强器也存在着很多缺点, 故决定修改方案, 即加建一台2 GeV的快脉冲增强器, 用90 MeV直线注入。此工程命名为“87工程”, 计划在1987年建成。

1980年, 由于国民经济调整, 决定“87工程”缓建。之后又重新论证方案, 决定采取一条比较符合我国当前经济能力的发展路线, 即从“质子”改为“电子”: 1982年正式批准建造一台2.2 GeV正负电子对撞机, 要求1988年建成此对撞机以及相应的探测器设备和应用同步辐射的设备。

总之, 从1956年规划起, 一直到1982年的27年中, 高能加速器始终处于方案的争论上, 一直是纸上谈兵。只是在“87工程”的预研制阶段才开始对直线加速器、环形加速器的磁铁、高频、注入、真空、自动控制、电源等进行预先研究, 创造了一些实验条件。与此同时, 还筹建了规模较大的工厂, 建筑了六个预制大厅等等, 为建立高能基地打下了基础。从建国到六十年代, 我国先后建成了高压加速器、静电加速器、感应加速器、电子直线加速器、回旋加速器等。这些加速器都是低能加速器, 但通过这些加速器的建造, 为高能加速器的建造, 培养和储备了人材, 同时在技术方面也奠定了必要的基础, 譬如六十年代为电子直线加速器研制成功的大功率速调管, 即可直接用于2.2 GeV对撞机工程上, 等等。

2. 高能实验工作

高能实验包括实验物理,探测器及必要的附属设备如快电子学、电子计算机等几个部分,它们既相互有联系,又相互独立,进展的情况也很不一样。

(1) 高能实验物理 由于我国没有高能加速器,所以进行高能实验物理工作和培养高能实验人才都是利用了国外的加速器。大致可分为二个阶段。

第一阶段是从 1956 年到 1965 年,这期间大约有六七十人先后赴苏联联合原子核研究所,利用杜布纳 10 GeV 的质子同步稳相加速器开展实验物理工作,如气泡的物理工作,核乳胶的分析工作,火花室的建造等,到六十年代末,我国还自己设计在联合所照射乳胶透,然后在国内独立做物理工作,如研究高能 π 与核子的非弹性作用,取得了发现在 1.58 GeV 处有共振峰的成果。在联合所这段期间,完成了不少具体的研究课题和工作项目。比较突出的是王淦昌小组发现反西格马负超子的工作,荣获 1982 年国家自然科学一等奖。这期间的另一收获是培养了一些高能实验物理骨干。

第二阶段是从 1978 年到 1983 年,我国派了一批骨干去美国各实验室、西德 DESY 和西欧中心、日本 KEK 等实习或工作。粉碎四人帮以后,在高能物理方面我国与美国、西欧等加强了联系,先后派出了二个小组分别与丁肇中教授及莫玮教授合作,取得了一定的成绩,分别为三喷注现象的发现和为实验证实弱电统一的 W-S 理论作出了贡献。1979 年,由李政道先生发起,又派遣了几十位同志去美国向较有名望的实验学家学习 1~2 年。主要是培干性质。虽然这种方式在实验物理上只能取得有限的成绩,但对于培养我国高能实验队伍确是起了很大的作用。目前从事高能工程的骨干,不少是在国外进修学习过的。

(2) 高能探测器的研制 从 1956 年到 1965 年我国加入苏联联合原子核研究所期间,由于把高能经费投到了联合所,国内除了在 1963 年中国科技大学建造了一个长 30 厘米的试验氟利昂泡室外,对于高能探测器的研制,基本上没有开展。十年动乱这类

工作也就完全停顿。1969 年 8 月,由于计划建造高能强流质子加速器,决定筹建探测设备的研制工作,成立了气泡室,流光室,计数器等小组。一直到 1975 年 753 工程的上马,才真正开始了对各种类型探测器的研究。目前对于一些先进的高能探测器的技术,基本上已能掌握,并取得一定的成绩。

(3) 快电子学 快电子学是高能实验中的四大支柱(加速器、探测器、快电子学、计算机)之一。它在我国的发展是与原先的基础——核电子学的发展分不开的。

解放初,在中国科学院近代物理所筹建了一个核电子学小组,当时才五六个人,从研制稳压、稳流电源,线性放大器,计数器,率表、积分和微分甄别器开始,到五十年代末期,核电子仪器工作取得了全面进展,有些成果逐步推广成为产品。从六十年代后期,随着半导体探测器的发展和晶体管、集成电路逐步进入核电子仪器,使核电子学面貌发生了新的变化。三十年的历史雄辩地证明核电子学处于非常重要的地位。

在高能实验中,对作用事例的信息获取和处理,要求具有高的空间分辨率、时间分辨率和幅度分辨能力。由于多丝室等电子学计数器的大量使用,电子学电路的通道数将以万计。为了获得足够的有效事例数,庞大的电子学系统还必须在长达 1000 小时的情况下连续稳定地工作。这就决定了整个电子学系统的规模必然十分庞大、复杂,还要求十分可靠。从技术角度看,高能物理实验将应用核电子学中的最佳成就,同时把核电子学推向前进。

(4) 电子计算机 电子计算机是开展高能物理工作必不可少的工具。没有电子计算机,就不可能尽快处理大量的数据,因而就谈不上现代物理实验。1974 年高能所建立了计算机与数据处理研究室。1979 年以后,随着与国外交往的日益增加,由国外引入的小型计算机与微计算机数量逐年增加,应用日益普遍。与此相应,支持探测器性能检测的软件与软件系统也发展起来了。在高能所中心计算机能力不足的情况下,还利用水利科学院的 M-160 机,建立了相应的程序库,并即将完成终端设备

的建立,为开展物理数据分析作好了准备。

我国高能物理学今天所取得的成绩,浸透着敬爱的周总理、邓小平同志的关怀,方毅同志受党中央委托对高能事业所作的具体指导;体现着党的坚强领导;凝结着我国许多老一辈著名科学家——钱三强、王淦昌、彭桓武、胡宁、张宗燧、赵忠尧、张文裕、何泽慧、朱洪元、谢家麟、肖健、力一、郑林生、冯锡璋等的精心培育以及已经和正在成长的一代中、青年科学家和工程技术人员的辛勤劳动;国家各工业部门的大力协作;杨振宁、李政道、吴健雄、丁肇中、邓昌黎、袁家骝以及许多国外华裔科学家的关怀和支持。在我国高能物理学家的发展中,他们的贡献是起了重大作用的。

通过以上三十五年我国高能发展的回顾,至少有以下几点经验值得重视。

(1) 任何事情,如只“谈”不“动”,就不会有进展。三十五年来,高能加速器和实验的进展主要是在后十年。前二十五年基本上进展不大,原因就在于光“纸上谈兵”,由于种种原因而没能开展实际工作。事实上,只要动手干,就会有成绩,队伍也会不断成长和壮大。

(2) 我国现有的高能队伍已是一支具有一定经

验的物理和技术力量,他们是能够胜任目前 e^+e^- 对撞机和北京探测器的研制建造任务的。问题在于必须很好地用改革精神加强组织管理工作,充分调动他们的积极性,发挥他们的潜力。

(3) 高能物理是门综合性的基础学科。表面上看,似乎与国民经济发展关系不大。但长远来看,可能会在重大的应用方面有所突破,即使是目前已有的技术,如加速器、探测器、电子学等技术和工艺已有很多方面可实际应用于为国民经济服务中。因此,发展高能物理所采用的先进技术,一定会对我国实现四个现代化起到应有的作用。

(4) 现代高能物理实验大多采用高、精、尖的技术和工艺,是一项庞大的精密工程。这就需要有一定的时间来打基础,不能急于求成。在经费考虑上,应千方百计用少花钱的办法来办高能。

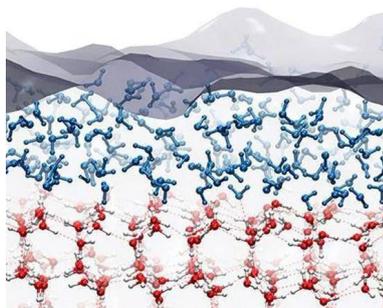
现在看来,目前的高能计划(在国内建造和使用质子直线加速器和 e^+e^- 对撞机及同步辐射设备)是比较符合实际的。它把高能物理与实际应用密切联系起来了。此外,再在国外参加一些力所能及的合作,使不脱离国际前沿的发展。这样,干部逐步培养出来,物质基础也逐步建立起来,等到以后国家经济力量雄厚时,步伐就可以再大些。



科苑快讯

冰面为什么这么滑

在常规思维中,由于冰表面的溶解或冰刀的压力产生的液态水薄膜造成冰是光滑的。利用水-空气界面的分子动力学模拟,荷兰阿姆斯特丹大学(University of Amsterdam)的韦伯和同事发现冰冻下面是有些微妙的。看起来,相当限制的零下温度,微弱氢键连接的表面分子以滚动运动的方式扩散开来,他们的数量和移动性随着温度的升高而增加。这一事实表明,冰的光滑程度随着表面分子的高度移动性而提高,而不是冰面的融化。



(高凌云编译自2018年7月9日《欧洲核子中心快报》)