

我国高能物理三十五年的回顾

张文裕

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、二年时间.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_τ 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; Υ 粒子的发现;弱电统一的W-S理论的初步实验证实;中间矢量玻色子 $W^\pm$ 和 Z^0 的发现等等.作为高能实验物理工具的加速器也发展到了有周长为6公里、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-反质子对撞机、 2×23 GeV的正负电子对撞机等.大型探测器已发展到做一个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.为了叙述方便,分以下五个方面来谈.

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.苏联也正在建造10 GeV的质子同步稳相加速器.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,未能将当时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迴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的等时性迴旋加速器,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,决定建造自己的高能物理研究基地.根据经费情况,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是无法达到,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 的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 and 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,又相对独立,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

气泡室的物理工作,核乳胶的分析工作,火花室的建造等等。到六十年代初,我国还自己设计在联合所照射乳胶选,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 年国家自然科学壹等奖。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 等地实习或工作。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 厘米的试验氙利昂泡室外,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。

④ 多丝正比室和漂移室 多丝正比室是 Charpak 在 1968 年首先建成的,它具有高空间分辨和高时间分辨等优点。漂移室则是 1970 年由 Walenta 研制成功,它具有比多丝正比室更多的优点。在高能实验中,这是二种重要的探测器。

我国的多丝正比室工作由原子能所于 1974 年开始。1975 年,高能所和中国科技大学同时开展了多丝室方面的工作,实现了多丝室的计算机在线实验,使这方面工作推进了一大步。之后,高能所又首先把 CAMAC 标准用于多丝室在线读出,接着研制成功 1 米 $\times$ 1 米的中型多丝室。科大也研制成 0.5 $\times$ 1.5 米²多丝室,采用非标准的逻辑系统实现在线读出。1977 年,高能所首次在国内研制成小型多丝漂移室(10 $\times$ 10 厘米²),研究了它的各种特性。1979 年研制成 20 $\times$ 20 厘米²可调场漂移室,1981 年又研制成 1 米 $\times$ 1 米中型平面漂移室。1983 年,利用宇宙线及微处理机实现了

大漂移室性能的测试。

1982年,高能所开始了北京探测器的预制研究,完成了该探测器中的漂移室系统的初步设计及部分性能测试,研究了多种工作气体的漂移性质。与此同时,也开展了利用新工作原理的漂移室的研究,如多步雪崩室,时间扩展室等。可以说,在这十年中,这二方面的研究工作进展是比较大的,目前已经形成一支多丝室和漂移室的专业队伍。

② 火花室和流光室 火花室是由福井和官本在1959年发明的一种记录高能粒子的径迹探测器。在60年代初,我国在联合所工作的同志曾参与火花室的研制。在国内则是从1972年才开始研制。1973年,高能所制成了一个可供使用的火花室,尺寸为 $470 \times 450 \times 190$ 毫米³。

流光室是一种在火花室基础上发展起来的径迹探测器。

我国于1975年开始研制,于1979年完成。到1980年底,流光室的各项主要性能指标已基本接近或达到国外同类设备的水平。该流光室灵敏体积为 $70 \times 50 \times 30$ 厘米³,为双间隙流光室系统。

③ 闪烁计数器及描述仪 在我国,闪烁计数器的研制开始得比较早,已成为较成熟的技术。在高中能实验中,常要用到快速、大型闪烁计数器,且要做成描述仪形式。十年来也已取得较好的成绩。如高能所研制了:(i) $63 \times 30 \times 5$ 厘米³的液体闪烁计数器光衰减时间 3.1 ns,光衰减长度为35厘米,相对发光率比国产塑料闪烁体ST 401高9%。(ii)塑料闪烁计数器,对尺寸为 $31 \times 25 \times 1.3$ 厘米³的闪烁体,光衰减时间约 $1-5$ ns。(iii)闪烁描述仪。建立了 4×4 正交闪烁计数器阵列和 8×8 正交描述仪。

④ 契伦柯夫计数器 契伦柯夫计数器早已广泛地应用于高能物理实验中,有很显著的效果。我国是从1975年由高能所开始研制的。经过几年努力,完成了二种契伦柯夫计数器:(i)1.2米气体闸式契伦柯夫计数器。可用于鉴定 $5-10$ GeV的 K, π, p 。速度分辨率为 3.5×10^{-3} 。对粒子的探测效率几乎达100%。(ii)全吸收铅玻璃契伦柯夫计数器。用国产ZF1型铅玻璃,体积为 $15 \times 15 \times 30$ 厘米³,配XP2041型光电倍增管。

⑤ 飞行时间计数器 飞行时间计数器在高中能实验中已是一种常用的探测器。它是由两个闪烁计数器构成的。国际上时间分辨率的指标已达几十ps(小面积)及170 ps(大面积)。1978年高能所也开始预制研究飞行时间计数器,大小为 $100 \times 20 \times 1$ 厘米³,获得了350 ps时间分辨率。1982年,进行了北京探测器飞行时间计数器部件的研制,时间分辨已达200 ps。

⑥ 簇射计数器 探测高能电子及高能光子的簇射计数器是一种重要的高能粒子探测器。我国只是从

1982年才开展这方面的研制工作,主要用于北京探测器中。准备采用自猝灭流光型气体取样簇射计数器。已制作了一个模型,正在安装调试中。

⑦ 新型探测器的研制 为了适应高能实验发展的需要,除了以上一些常用的高能探测器以外,还对新型探测器进行了探讨和研制。大致有以下几个方面:(i)自猝灭流光(SQS)探测器。这是1978年国外提出的一种新型的气体计数器。1981年我国也开始了研制,同年就研制成了首批合格的SQS探测器。在这以后,又进行了多项研究,如SQS放射性测量仪,液化石油气粒子探测器,Ag-SQS脉冲中子探测器等。(ii)阻性阴极流光管。是用塑料管代替金属管的流光管。其结构简单,造价低廉,工作安全,容易实现二维座标读出。可用于作量子量能器和 μ 子探测器。(iii)正比计数管阵。可用于作 μ 子探测器。每个单元包括15个正比计数器,由铝型材控制而成,分为二层,每层分别为7个或8个管。(iv)锗酸铋(BGO)晶体探测器。80年代初,国际上出现了一种新的无机闪烁晶体——锗酸铋单晶。由于它作为光子探测器的许多突出优点而受到高能实验工作者的重视。1981年,高能所对国内BGO单晶生产现状及前景进行了调研。82年就同上海硅酸盐所协作完成了国产BGO晶体光子探测性能及其他物理性能的系统测试工作。1983年,上海硅酸盐所又成功地制出了优质大尺寸BGO单晶,具有良好的闪烁性能。目前正在着手建造一台BGO晶体阵列装置。(v)超导结粒子探测器的探讨。利用超导结的约瑟夫逊效应来实现对单个粒子的探测,可能会使探测器有更高的能量分辨和时间分辨。我国高能所从1983年开始做这方面的工作,以探测 β 粒子为对象,观察到了利用 β 粒子辐射超导结产生的电压脉冲讯号,得到了初步结果。

(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1958年开始,在原子能所全面开展了毫微秒脉冲技术,多道脉冲分析器技术,谱仪用核电子仪器的研制工作。不少成果,如快中子临界装置脉冲保护系统、单次快脉冲照相示波器, α 电离室谱仪,256道脉冲分析器等都受到了嘉奖。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。有四个重要的标志:(i)发展了高能量分辨的 γ, x 谱仪技术,包括低噪声前放,高精度主放以

及基线恢复、堆积拒绝等电路。(ii) 引进小型计算机, 开始研究在线计算机技术, 构成多用户能谱数据获取和处理系统。(iii) 七十年代中期开始用国际核电子仪器 NIM 标准, 为随后引入 CAMAC 标准创造了条件。(iv) 核电子技术在国民经济上的应用有了发展。三十年的历史雄辩地证明核电子学处于非常重要地位。

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。

1972 年高能所成立以来, 在 753 工程推动下, 快电子学主要进行以下两个方面工作: (i) 在通用快电子学方面采用国际 NIM 标准, 成功地研制了放大器, 甄别器, 符合电路, 时间幅度变换等快电子学电路。(ii) 引入 CAMAC 标准, 研制了机箱控制器, 配 130 型、320 型计算机的分支驱动器以及一些功能插件。1979 年, 由于 87 工程上马, 高能所成立了电子学研究室。几年来, 完成了通用 NIM 快电子学插件系列。进行了漂移时间读出电路和多丝室读出电路的研制。开始了智能 CAMAC 插件的研究。完成了微型机 TRS-80 的接口及支持系统。尤其是 1982 年以来, 工作取得更大进展。在漂移室信息读出系统, 飞行时间计数器读出电子学, 簇射计数器信息读出系统, μ 子计数器读出电子学, 多路开关式模数变换, CAMAC 机箱接口, 触发判选逻辑电路, 条件参量监测系统, 探测器用电源, 多用测试设备等方面开展了大量研制工作。有的已经得到满意结果, 有的已经开始试用, 还有相当一部分插件已投入小量复制。

(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。购入了一台国产 DJS-8 型计算机。1975 年 DJS-8 机正式向全所提供使用。接着在该机原有基础上进行了扩充和改进, 增加了软件检查程序, 使该机的功能不断完善。这台计算机为高能的发展起了一定作用。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型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。与大量小型机和微型机广泛得到应用相对照, 中心数据处理系统的设备就显得不足, 为此, 从 1982 年开始向国外联系订购新型计算机 VAX-11/780, 今年七月可望安装投入使用。到 1984 年中, 已有八台

PDP 11/23 和 PDP 11/34 投入使用。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。

3. 粒子理论与核理论工作

解放前, 我国除了几位著名理论学家在国外进行一定范围的理论工作以外, 国内几乎没有开展粒子物理理论研究工作。从 1952 年到 1956 年, 由几个重点大学培养了一批较优秀的毕业生。在老科学家们的带领下开始了“基本”粒子物理理论研究工作。当时主要以近代物理所和北京大学为基本阵地。1956 年我国参加联合所, 搞粒子理论的一些主要成员也到联合所去开展工作。同时, 国内也开始了粒子理论的研究。我国理论学家在联合所期间完成了比较出色的工作, 如周光召同志关于 helicity 体系研究以及 PCAC 等工作, 都已达到当时的国际水平。国内搞粒子理论的同志也取得了一定成绩。在此基础上, 于 1958 年在青岛举办了全国第一次量子场论讲习班, 向全国各高校和研究所普及量子场论。接着理论研究工作在全国蓬勃地开展了起来。当时比较重要的工作是对弱作用过程——原子核俘获 μ 介子的研究。1956—1964 年, 主要开展了色散关系和 Regge 极点理论的研究。成绩尤其突出的是 1965 年北京基本粒子组开展了层子模型的联合会战。参加单位包括原子能所, 北京大学, 数学所, 科技大学等。此工作于 1982 年获得国家自然科学二等奖。

层子模型是建筑在 Gell-mann 和 Zweig 提出的夸克模型基础上的, 夸克模型主要从对称性的角度研究了强子的内部结构, 取得了重大的进展。我国理论学家们在强子结构对称性模型 ($SU(3)$ 模型) 基础上进一步分析了弱作用和电磁作用的大量实验资料, 提出了相对论性的强子结构的层子模型, 引进了强子内部结构波函数的观念, 将强子质心运动相对论化(层子在强子内部的运动仍是非相对论处理)。对电磁和弱作用过程进行了计算, 结果与实验符合很好, 最重要的特点是把从对称性看作无关的一些过程, 通过内部结构波函数联系起来了。在 1966 年亚、非、拉、大洋洲四大洲北京暑期讨论会上受到与会各国科学家的赞扬。

在文化大革命中, 研究工作处于停顿状态。1974 年重新开始了理论研究工作。当时主要从事新粒子 (J/ψ) 的研究, 与国外差不多同时对新粒子的性质进行了较全面的分析。1976—1980 年, 主要成果有规范场理论经典解的研究。此项工作是在杨振宁先生倡导下开展的, 做了一系列微分几何广泛应用在规范场理论中的工作。1982 年获得国家自然科学三等奖。1978—1983 年, 国内研究领域迅速扩大。如微扰 QCD, 大统一理论, 夸克和轻子结构, 胶子球和多夸克态, 超

对称,李超群,李超代数性质及其表示研究,引力理论,量子场论的大范围性质等方面的研究都取得了重要的成绩。李政道教授多次来华讲学,对理论研究与实验的结合上起了重要的推动作用。在这段时期内,队伍也迅速扩大,较成熟的理论学家几乎遍及全国各主要大学。国内理论工作已走到了国际第一线。

随着高能物理的发展,核物理的研究与粒子物理的研究关系越来越密切。近十几年来,中高能核物理已经成为核物理研究的一个重要的前沿。在国内,从1973年开始,高能所的原子核理论组首先开展了中高能原子核理论的研究。经过十年来的努力,目前国内原子能所、上海核子所以及北京大学等高等学校的原子核理论组也都陆续开展了这方面的工作。在超核物理、介子核物理,核力的夸克模型理论,高能强子与核的碰撞,高能重离子反应以及不平常核态等方面做出了一批可喜的成果。为我国的中高能核理论的研究尽快地达到世界先进水平,打下了基础。还应该指出的是,1980年广州粒子物理国际讨论会、1981年合肥粒子物理暑期讲习班、1981年北京核物理冬季讲习班、1983年长春国际核力和核内多体理论暑期讲习班等几次大型国际学术会议,对我国粒子理论和原子核理论研究工作均起了推动作用。

4. 宇宙线物理研究的进展

人们发现和研究宇宙线已有七十年历史,现已发展成为一门学科——宇宙线物理学。我国许多著名物理学家曾经在宇宙线研究中有过重要贡献。例如对穿透簇射的研究,给出了高能强子与原子核作用可以形成核级联;由核作用产生的 π^0 介子衰变的2个 γ 光子能引起电磁级联;用云室研究 μ 子吸收现象,发现 μ 子没有强作用,并首先指出 μ 子被俘获时能形成 μ 介子原子,同时辐射出光子;我国宇宙线学家同外国学者合作,第一次给出了 V^0 粒子(K_S^0 介子和 Λ^0 超子)的质量、寿命和主要衰变方式等重要结果。在宇宙线物理研究方面¹⁾,由于有较强的学术带头人,所以解放后不久就立即开展了工作。1951年,在近代物理所建立了宇宙线研究组。在云南海拔3180米的落雪山建立了宇宙线实验站。从1954年开始,先后在这个站上安装了 $50 \times 50 \times 25$ 厘米³的多板云室, $30 \times 30 \times 10$ 厘米³的磁云室,1957年建立了观察宇宙线强度变化的 μ 子望远镜和中子强度记录器。六十年代中期,在落雪山附近海拔3220米山峰上,建成了一个新的高山站。主要设备为一大云室组,包括 $150 \times 150 \times 30$ 厘米³的磁云室, $150 \times 200 \times 50$ 厘米³的多板云室和在云室内放置作用靶的 $70 \times 120 \times 30$ 厘米³的上云室。利用上述设备,进行了大量研究工作,如研究高能核作用和奇异粒子的产生及其性质;系统地研究了 Λ^0 和 K_S^0 的质量、寿命、质心系内动量分布和角分布;测量了 Λ^0 衰

变时产物角分布的不对称性;测量了在不同能区产生的 Λ^0 超子和 K_S^0 介子数目比随能量的变化。十年动乱期间,利用小多板云室继续开展宇宙线粒子的反常电磁簇射的研究。1972年用大磁云室研究高能现象时,获得“一个可能的重质量荷电粒子事例”。这个粒子的质量大于12倍质子的质量,它的电荷可以是1,也可以是 $2/3$ 、 $1/3$ 等分数电荷,寿命大于 10^{-8} 秒。

为了开展超高能宇宙线的研究,1977年在西藏5500米甘巴拉山上正式建立了高山乳胶室。目前乳胶室的规模为300吨铁组成的厚室,面积50平方米和80多吨铅板组成的薄室。此设备可研究 10^{14} — 10^{16} eV的超高能现象。其规模已可与国外著名组相比,是世界上最高的高山乳胶室。从1980年开始与日本合作,国内有高能所、山东大学、郑州大学、重庆建工学院和云南大学等五个单位参加。

另一方面,为了发展宇宙线天体物理,高能所还进行了高空科学气球的研制。1979年由大气所、高能所,空间中心、上海天文台和广州电子所共同组成气球工作机构,1981年成功地发放了3万立方米的气球,载重190多公斤,升空35—36公里,平飞时间为11小时。同年9月将一台 γ 射线脉冲星望远镜带至34公里的高空。得到了北京地区上空的 γ 射线的本底。1982年5月又发放了3万立方米气球,载有研究原初宇宙线电荷成分和高能原初宇宙线与物质铝核作用的探测器。1984年5月23日,利用放置在5万米³气球上的硬X射线望远镜,测量到蟹状星云的硬X射线,在我国首次成功地进行了对高能天体硬X射线的观测。

此外,还建成了由十个闪烁体组成的小型广延大气簇射阵列。重庆建工学院也初步建设了小规模的地面 μ 子观测设备。山东大学建立了较完整的测量乳胶室的实验设备。近几年来,利用上述设备,取得了可喜的成果。如在3220米高度测量了 μ 子的垂直流强和水平方向流强;测量了海平面 μ 子的垂直流强;研究了在3220米高度小面积非伴随强子的质子和 π 介子的流强比值;测量了动量为10至25GeV/c的高山宇宙线反质子流强与质子流强之比;测量了5500米高度、能量大于2TeV的电子和 γ 光子以及由强子引起的簇射。利用乳胶室还发现了大横动量的超高能作用事例,用现有的物理知识是难以解释的。另外,利用小型广延大气簇射阵列,初步测量了广延大气簇射的电子密度谱。还研究了电子束和激光束在水中引起声效应的模拟实验。观察到在超声频区有双极或多极脉冲现象……目前可以说,宇宙线物理正在稳步向前发展。

5. 高能技术和核技术的应用

1978年高能所在中关村成立了核技术应用室。目

1) 在这里我们深切悼念肖健同志生前在宇宙线研究方面作了大量科研工作和培养人才的工作。

前 2.3 MeV 质子静电加速器, 30 MeV 电子直线加速器和 10 MeV 质子直线加速器已经开展以下几方面工作, 成果是很显著的。

(1) 离子束分析工作, 包括质子 α 荧光分析, 背散射, 堵塞效应, 电子沟道效应等, 研究范围涉及到矿学、冶金、考古、半导体材料、固体物理、金属材料、磁学、生物医学等领域。

(2) 辐照应用研究。如 γ 损伤效应; 上天用材料的辐射改性和 γ 损伤实验; 导弹引爆装置在强 γ 场下自动引爆实验; 对核仪器刻度和定标; 药物消毒; 食物保鲜; 金属辐射改性; 珍珠、宝石改性; 短寿命同位素 ^{14}C , ^{18}F 的制备研究; γ 光子活化分析铀元素含量; 辐射育种; 辐射产生用于色心晶体激光器的晶体色心; 外科医用羊肠线的 γ 灭菌实验; 辐射化学 (电缆辐射, 高分子重新交联); 辐射生物学等。

(3) 其他物理效应的应用。如 α 荧光分析, 穆斯堡尔效应等, 应用范围涉及固体物理、表面研究、磁学、冶金、地质、天体、化学、化工、生物、医学、考古等方面。开展的具体工作包括: 磁性材料, 非晶态材料, 石油地质, 海底沉积物, 钢的腐蚀, 考古和催化剂。

(4) 中子活化分析。应用极为广泛, 所涉及的领域包括工业, 环境科学, 地学, 生物医学, 宇宙学, 矿学, 考古及法学等。在我国, 这种方法是原子能所首先建立的, 目前已在全国各地推广。

(5) 正电子湮没技术。1973 年, 高能所首先开展了正电子湮没技术这个课题。1978 年组装了时间分辨率达 250 ps 的正电子湮没寿命谱仪, 并建立了多普勒展宽方法。目前正在研究金属形变、断裂和辐射损伤、晶体材料的缺陷、氯化物的化学键特性和磁性材料的时效过程等。

(6) 固体径迹探测器。1973 年建立固体径迹探测器组, 首先测定了人造地球卫星舱内的质子通量, 并研究了醋酸纤维素和硝酸纤维素探测质子的灵敏度、效率、温度等因素, 在此基础上, 提出了提高醋酸纤维素探测灵敏度的方法。正在进行核孔滤膜的制备和应用研究以及用固体径迹探测器鉴别重离子和水中铀含量的测定。

(7) 断层照相术(成象技术) 在核医学的放射性诊断中, 各种断层照相机(医学成象技术)占有相当重要地位, 国际上已取得很大成功。1983 年, 高能所接受国家三项研制断层照相术的任务, 即正电子多丝正比室照相机, 正电子锗酸铋照相机及核磁共振照相机。正积极开展用高能实验技术为国民经济服务的工作。

(8) 10 MeV 质子直线加速器的应用, 如开展快中子治癌的研究, 生产缺中子短寿命同位素等。最近已利用它制备出了 ^{14}C 同位素, 可应用于医学诊断中。

高能技术和核技术应用于为国民经济服务有广泛的前景。在可能的条件下, 应充分调动技术力量参加

这方面工作。

另外, 分别于 1976 年、1977 年创刊的科普杂志《高能物理》与学术期刊《高能物理与核物理》在宣传、普及高能物理科学知识、交流科研成果方面起了不可缺少的重要作用。

我国高能物理学今天所取得的成绩, 浸注着敬爱的周总理、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。

这篇回忆录是由有关方面的同志提供材料, 由王祝翔同志执笔整理的, 特向这些同志表示衷心的感谢。