

中国三大加速器工程

谢家麟*

1983年3月我曾以这个题目,在纪念中国物理学会成立五十周年大会上做过报告,介绍我国这三个规模宏大的科研工程的建造、进展的情况。当时与会同志对我国在科教经费总的偏低的情况下对基础研究的支持感到欣慰,对通过这三个工程表现出的技术水平和能力,产生了深刻印象。当然,也不是完全没有不同的看法。现在这三台装置,已经先后建成出束,性能达到国际水平,即将在我国研究与应用领域发挥巨大的作用,为我国许多空白学科创造了发展的条件,这是多么令人精神振奋的事情啊!我做为一个四十多年来一直从事加速器研制的工作者,并且从1981年到1986年曾是北京正负电子对撞机的技术负责人,目睹我国加速器事业从无到有,从小到大,更是多所感受。这里,我用原来的题目,再写一篇文章,一方面表示我的庆慰之情,一方面也提出对一些问题的反思。下面先对这三大加速器工程的缘数和内涵加以简单的介绍,然后谈谈建造这些加速器的意义、作用和效果,最后谈谈我们将会遇到的问题和它们个人对它们的看法。

(一) 三大加速器工程简介

三大加速器工程,按其规模大小排列,是北京正负电子对撞机、兰州重离子加速器和合肥同步辐射装置

(1) 北京正负电子对撞机
我国的高能方案,原来是八七工程的50GeV质子同步加速器。1978年完成初步设计,并开展了预制研究,1981年初在国民经济调整中停建。经多方蕴酿,决定改建一台最高能量为2.8GeV的正负电子对撞机,由中国科学院高能物理所承担研制。这是一个投资较少,物理意义较大,应用范围较广的装置。1981年落实方案,开展了预制研究;1982年完成物理设计;1983年完成扩初设计并被批准为国家重点工程(8312工程);1984年10月基建破土动工;1985年全部样机完成,批量生产开始;1986年完成硬件制造开始安装;1987年开始予调束;1988年实现了对撞。

该机包括四个系统,即做为注入器的直线加速器;做为储存环的环形加速器;做为探测器的北京谱仪;以及同步辐射实验区。为节约造价,注入器为半能量注入,全长约200M。在产生正电子时,由电子在150MeV能量处打靶产生正电子,然后加速到1.1/1.4GeV,经由输线注入到储存环的一端。产生电子时,则将靶提出,让电子枪产生的电子,加速后直接经输线注入到储存环的另外一端。储存环周长240M。正负电子在储存环中沿相反方向做回旋运动,在两个对撞点相互

碰撞,产生高能反应。它由环形真空盒,磁铁系统,高频加速腔等部件组成,它可将存储的正负电子由注入能量,加速到最高为2.8GeV的对撞能量。

该机在一个对撞点安装有一个大型磁谱仪探测器,它由中心漂移室、主漂移室、飞行时间计数器、簇射计数器和 μ 子计数器组成,用以提供触发信号,给出粒子径迹,动量和能量损失,鉴别 π 、 K 、 P 、 e 等。探测器直径、长度均约为5m,总重约为350吨。正负电子在作回旋运动时,还会产生同步辐射光,它具有光谱连续,强度大,亮度高,有时间结构,偏振,方向性强,稳定性好种种特点,因而有着广泛重大的应用。BEPIC工程任务是一机两用,初期兼做高能物理研究和同步辐射应用。有五条光束线,分别供X射线线形貌术EXAFS;小角散射,光电子谱,光刻等方面的研究使用。

(2) 兰州重离子加速装置

为了发展我国重离子物理研究,中国科学院兰州近代物理研究所于1974年提出了建造大型重离子加速器方案,1976年完成设计,进行论证,当年11月国家计委批准,故以7611工程为代号。1977年完成扩初设计,此后在技术设计和施工设计的基础上,开展了建造工作,1989年建成。

这个装置由1.7米扇聚焦回旋加速器(SFC)、前束流线、分离扇回旋加速器(SSC)和后束流线以及实验站组成。SSC是本装置的主要部份。它由四台各为500吨重扇形磁铁,两台高频加速腔(由两台120kw高频机激励)和大体积整体真空室(约100M³)等组成。

由离子源产生的重离子,经SFC予加速后,通过65M长的前束流输运线,注入到SSC,再经SSC加速后,通过约110M长的后束流输运线,将束流分配到8个实验终端的任何一个。

这个加速器系统的基本性能是:加速离子种类从C到Xe,单核能量为100—5MeV/N,束流强度 $>10^{10}$ PPS,能散度 5×10^{-3} ,发射度 10π mmrad。它现已建成出来,C离子束各项性能均达到设计指标。

本装置的主要目的是进行重离子碰撞过程,新核素产生等有关核结构和核反应的基本研究,但同时重离子束对原子、分子物理,固体物理,材料科学,放射治疗,探伤等也有重要的应用。

(3) 合肥同步辐射装置

* 作者系中国加速器学会理事长、中国科学院高能物理所研究员。

如前所述,同步辐射光,具有一系列的优越性能和广泛应用,因此世界各国竞相建造,迄今已有43台,并且性能逐渐提高,已发展到第四代。为满足我国多种科学研究发展的需要,建造一台专用的同步辐射装置,显然是非常必要的。合肥中国科技大学于1977年提出倡议,1978年开始设计予制,1983年正式获得批准,1984年破土动工,1987年建成直线加速器,1988年完成储存环装置,1989年顺利出束。

本装置由35M长的200MeV的电子直线加速器产生电子,经由60M长束流输运线,注入到平均直径为21M的储存环中。当电子储存到300MA左右,储存环开始加速将电子能量提高到800MeV,在此能量,电子辐射同步光提供使用,寿命可达8小时。储存环包括12块偏转磁铁,32块四极磁铁,四个3.36M长的直线节和一个高频加速站,以及其它部件。

这个装置因为能量较低,故主要辐射功率在真空紫外和软X光波段。而BEPV则因能量较高,故主要辐射偏重在X光波段,因此这两台装置的应用范围是互相补充的。本装置可容纳50个以上的实验站,近期计划开放使用;光刻、软X光扫描显微镜、光电子谱、时间分辨谱仪和光化学5个实验站。

(二) 建成三大工程的现实意义

上述三大工程都是学科综合,技术精尖,规模宏大,投资昂贵的科研设施。

我认为,这三大工程已在下列六个方面确是作出了贡献的:

(1) 为开展前沿的基础研究与应用研究,创造了条件。

三大工程的主要目的,是为进行粒子物理、核物理以及广泛的物理、化学、生物、医学、地质、天文等方面的一些基础研究。以及超大规模集成电路和心血管病门诊等等应用研究。没有它们,这些重要的学科领域的实验研究,就无从开展,当然也谈不上将研究成果转化为生产力,促进我国的经济建设了。

(2) 培养了我国加速器使用者和建造者的队伍。

这里谈的是两种队伍,一是使用加速器束流或光束进行各学科实验的实验工作者,另一是加速器的设计建造者。没有加速器的建造,这两个队伍都不会成长,而这些高技术人才一旦通过实践成长之后,他们为国家科技发展的贡献,也不一定限于原来的领域,这个事实,已为国际上的经验所证实。

(3) 提高了我国的工业水平

三大工程所涉及的科技领域,十分综合广阔,通过它们的建造,我们成百上千的工厂,参与了性能指标很高的非标产品的研制,生产出了高性能的产品。这样,一方面因为制造高性能产品得到锻炼而提高了工厂的水平,另一方面也会将掌握的技术,直接用于其它尖端产品,来提高其性能。这里我们可以给出一个实例,

BEPV需要使用大功率速调管,我国虽有生产,但因工艺水平较低,寿命、功率不够理想。美国斯坦福直线加速器中心,对大功率速调管的研制接近四十年,水平居世界之首,我们透过BEPV的合作关系,引进他们的设计和工艺经验,不但解决了该管的寿命和功率问题,而且将同样经验用于电视台发射管上,也取得了产品的性能指标的提高。

(4) 科学管理水平的提高

建造大型加速器是高度综合的科研工程。它既有工程的规模,又有科研的性质。如何实行科学管理,保证技术指标,工程进度和投资预算都能达到设计要求,是一个很复杂的运筹课题。这包括上提三者的动态协调,根据工程进展而实行按任务或按学科组织的形式,正确判断研究所工厂和工业部门承担任务的分工,选用先进的计划方法等等,现在三大工程都已完成,分别积累了丰富的,可以为以后借鉴的现代化管理经验,这对我国的建设是十分宝贵的。

(5) 经济效益与政治影响

加速器和探测器的许多部件的研制,具有既是技术集中、又是劳力集中的特征。我国有相当高水平的科技力量,又实行低工资制度。这就构成了独特的优势。举一个例子: BEPV的直线加速器的加速管以及其他部件,已向美国、巴西等国多个实验室出口,创造了可观的经济效益。显然,这些高技术产品的出口,其意义不限于经济方面。不少的国外专家、学者,对我国能掌握这些要求精尖的部件的生产技术,表示过敬佩之情: 因此,伴随着经济效益,也产生了不容低估的社会和政治影响。

(三) 如何充份发挥三大工程的作用

三大工程现已先后建成运转,已经并将继续对我国科技发展,做出重要的贡献,这是无可置疑的。但是,我国社会主义建设,百废待兴,国家拿出几亿元的资金,支持物理学科的基础和应用研究,这是十分得不来的。我们应该最大限度地发挥设备的作用,使社会和科学界感到投资确是取得效益,用得其所,这样,我们才能不断地得到外界的支持,才能继续地得到发展,这个道理是很容易理解的。如何做到“最大限度”地发挥作用,我觉得以下几点是应该予以注意的。

(1) 要以取得科学成果做为工作的中心环节

加速器投入运行之初,需要用相当的时间来巩固性能指标,提高运行的可靠性;但另一方面,实验工作者也需要尽多的束流时间以校准仪器,获取数据,这就产生了加速器研究与实验使用的在时间分配上的矛盾。国际上的经验是在运行初期,机器研究占时较多,但实验研究占用时间的比例应保持不断地上升。

(2) 加速器工作者要树立为实验服务的观点。

我们都同意建器的最主要的目的是为实验提供手

(下转第4页)

令人信服的。荷兰飞利浦公司的创建人杰拉德·飞利浦原学工程专业,毕业后曾任造船厂工程师,从事安装船用照明系统工作,深感本人物理知识太浅,重新进入英国格拉斯哥大学学习,成为物理学家汤姆逊的助手,后来回国办白炽灯泡工厂。为了提高世界性竞争能力,他决定在公司内建立一个物理实验室,登报招聘:“我们需要一个能干的年轻物理学博士。一个好的实验物理学家更好”。结果是超导发现人昂内斯的助手霍斯特立聘而至。他领导了四千余名科技人员,仅其物理实验室就有上千名科学家,为公司开拓了发展道路,创了利润。他退休后,在第二次大战年代又招聘了物理学家卡什米尔。上述战略使飞利浦公司新产品不断投放市场,能紧跟科学技术潮流,销售网遍及世界。这些不能不说是由于建立了工业的物理实验室带来了好处,而物理人才大展宏图是其成功重要因素。

比这个历史更近些的著名事例,当推硅谷现象了。硅谷事业鼻祖之一是晶体管发明人之一、诺贝尔物理学奖获得者肖克莱,他到硅谷后,有八位物理学博士慕名而至,追随他办工业,成为有名的“博士生产线”。一年后,年青人诺依斯退出,自己另办企业;其后,他人也陆续独创公司另立门户,成为百万富翁,而诺依斯又发明了集成电路,终于为今日的计算机开创了新天地的基础。追思往事,颇多教益,有了物理基础,开发经济亦可进入反手为云、覆手为雨的自由境界中矣!

当然,在涉猎中,志向随时漂移,幻想连翩,这并不奇怪。没有幻想的人,不会有壮志的产生,但大志一旦

树立,就看坚韧不拔了。相信会有少数人要立志钻研物理各分科的。对这些青年,我们将抱着欢迎你走到这个队伍中来的热诚态度。对那些从事其它学科的朋友们,我们还想说几句话。大家知道,青年学生在中学阶段受到德、智、体、美、劳的教育,并在分科目上接受一些专门的基础式训练。这些都为我们全民族的思想、科学、文化素质奠定全社会受益的基础。这些影响着—一个民族自立于世界之林的起点高低,关系非浅,认识不到这些问题,后果是可悲的,君不见,1989年4月16日定为我们国家11亿人口日这一令人深思的事件吗!这一人口、生产、分配的惩罚不正是过去的社会学无知的体现吗?但这一包袱的负重者是现今壮年一代偿付不了的,要青年一代继续奋斗,同样的道理,本代的学子受读书无用论的影响,其恶果则要其子代来付代价了,我们寄托着希望的青年们,你们对自己的一生与子代的一生抱着什么理想呢?

青年一代的主流是向上的,受社会不正之风——读书无用论危害者很少且醒悟是快的。如有觉察,不再为鼻子尖底下的眼前利益所迷惑,看到了眼下不是向“钱”看而是向前看的黄金时刻,那么就要明确第一课堂的目的与任务,端正对第二课堂的态度,站好“学习岗”。接受过普及教育之后,年龄上处于转化时期,个人意识开始成长,志趣爱好开始有倾向性,事业观萌生,选择思想处于摇曳不定状态中,这是一个年龄层的真实写照。这样时期,应该开阔自己的视野,广泛涉猎,与杂志为伍,吸取第一课堂得不到的营养。

(上接第2页)

段。具体地说来就是提供合乎要求的高品质的束流、要做到这一点,工作的性质不同于建器时期。努力的方向将是摸清加速器的“脾气”,累积运行经验,掌握原理、部件的失效征兆等等,其中也是大有学问的。

(3) 实验工作者要立足国内的现有条件

尽管三大加速器工程的性能达到了国际水平,但总的说来,国内实验条件是不如先进国家的,实验工作者应立足国内,献身钻研,取得高质量的科学成果。

(4) 领导要支持加速器建成后的改进 提高工作

科研工程与常规工程不同,后者基建完成,投入使用就行了。前者却是建成之日,也就是开始改进之时。道理是很容易懂的。就加速器的研制而言,理论设计中存在着许多近似;技术设计也不像常规工程有工程手册等现成规范可以依循,世界上没有任何两台高能加速器和探测器是完全相同的。因此,建成之后,首先需要总结自己的实际运行经验,将薄弱环节加以改造,这是一个方面。另一方面,技术的发展日新月异,需要根据新的发展,不断地在运行,使用的同时,对局部部件加以改造,才能使总体具有竞争的能力。

《现代物理知识》

沟通中外科学 了解世界动态

学习最新知识

普及推广应用

欢迎订阅

欢迎投稿

《现代物理知识》是一份中、高级综合性物理科普杂志,它以通俗易懂的文章及生动多样的文体介绍凝聚态物理、等离子体物理、光物理及原子分子物理、高能物理、核物理、宇宙学与高能天体物理、生物物理等科学知识以及新成果、新动态、新技术及其应用,并介

绍科学史、科学家及世界现代物理实验室。

本刊的读者对象:高中和高中以上程度的读者,大、中学物理老师、科研工作者及管理干部。

本刊国内外发行,定价:0.70元,双月刊,全国各邮电局均可订购。国内统一刊号:CN11-2441