

国家目标引导下的大科学工程

——以北京正负电子对撞机为例

尚智丛, 张伟娜

(中国科学院研究生院人文学院, 北京 100049)

摘要: 大科学工程是实现国家重要科学技术目标的大型科研设施, 在推进国家科学技术发展与实现国家目标过程中具有不可替代的作用。北京正负电子对撞机是我国大科学工程的代表。自20世纪80年代以来, 其建设、运行和改造都紧密结合国家目标, 在推进科学研究、发展高新技术、实现成果产业化等方面, 做出了突出贡献。本文以此为案例讨论大科学工程与国家目标之间的关系。

关键词: 国家目标; 大科学工程; 北京正负电子对撞机

中图分类号: N1

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2009)02-0143-09

大科学工程是实现国家重要科技目标的大型设施。它面向国际科学技术前沿, 能够为国家经济建设、国防建设和社会发展做出战略性、基础性和前瞻性贡献。改革开放以来, 以北京正负电子对撞机(BEPC)为代表, 我国大科学工程蓬勃发展, 极大地推动了我国基础研究和战略高技术的发展, 促进了我国经济、国防和社会事业的发展, 为实现国家目标, 做出了重大贡献。本文以北京正负电子对撞机为例, 分析我国大科学工程与国家目标的关系。

1 大科学工程是科学技术与国家目标相结合的平台

科学指认识自然现象, 揭示自然规律, 获取新知识、新原理、新方法的研究活动。科学研究主要包括科学家的自由探索和针对国家战略任务的定向性研究以及对基础科学数据、资料和相关信息进行的采集、鉴定、分析、综合等工作^[1]。技

术则是关于产品制造、工艺流程实施的系统知识。现代技术往往依赖科学知识发展出来。所谓国家目标, 一般理解为事关国家利益的宏观战略指向^[2]。20世纪50年代以来, 发达国家和主要发展中国家均以科学技术为国际竞争的制高点, 以科学技术为实现国家总体目标的重要途径, 并据此在国家总体目标之下设置科学技术规划目标和基础研究目标。

例如, 美国科学、工程和公共政策委员会在1993年发布科技政策报告《科学技术和联邦政府: 新时代的国家目标》, 其中明确提出, “科学技术和国家宏观目标之间在工业运行、卫生保健、环境保护和军事安全等领域的关系越来越密切。为了从这种密切的关系中充分获得利益, 国家应该采纳明确的关于科学和技术的国家目标^[3]。”1994年8月, 美国克林顿政府发布名为《科学与国家利益》的科学政策白皮书, 明确提出, “要增进基础研究与国家目标之间的联系”, “我们承认在基

收稿日期: 2009-05-06; 修回日期: 2009-06-09

基金项目: 国家社会科学基金项目“基础研究与国家目标的关系——以北京正负电子对撞机为例的分析”(07BZX029)

作者简介: 尚智丛(1967-), 男, 内蒙古锡林浩特人, 博士, 教授, 研究方向为科学的社会研究、科技政策与科学哲学。

E-mail: shangzc@gucas.ac.cn

张伟娜(1980-), 女, 河南新乡人, 硕士研究生, 研究方向为科技政策与管理。

基础研究、应用研究和技术之间的密切关联以及它们的相互依赖性, ……所有的活动都对我们的国家战略目标做出了实质性贡献。”^[4]

国家目标的确立为科学技术研究提供了方向,同时,国家目标的每一核心要素也都要求对科学研究和技术发展给予强有力的保证。新的发展目标更像一个导向图,它指导科学服务于拓展了的国家目标体系,把科学与国家目标以及国家未来的安康联系起来。从另外一个角度看,新的科学发展目标也是保证科学共同体获得诸多成就的基本价值准则。它既与追求社会繁荣、人民安康的国家目标相匹配,又保证了对基础研究领域的支持和投资。正因为基础研究的重要性,像美国这类发达国家坚持长期的、多样化的投资战略,并且相信,对科学的投资将继续产生出非常高的回报率。因为“从过去的经验中知道,基础研究不断地导致惊人的对于人类有价值的成果”^[4,13]。有学者认为:“基础研究必然渗透着国家目标的价值取向,在国家层面上,世界各国愈加关注基础研究和应用目标的关联,渗透国家目标的基础研究在政府政策中的位置越来越突出。”^[5]周光召先生则明确提出:“基础研究与国家目标相结合就会催生国家重点基础研究发展规划的制定;科学前沿研究瞄准经济、社会发展的重大需求,就会导致重点基础研究提出满足这一类重大需求的解决方案,导致一系列新的重要科学理论的形成和关键技术的获取,最后实现社会的可持续发展。”^[6]

可见,基础研究对于实现国家目标、国家利益的重要性,已成为共识。然而,当如何实现基础研究与国家目标的对接呢?换言之,寻求何种途径使基础科学技术研究契合国家目标与国家利益呢?

应当说,在不同的历史时期,不同的国情之下,科技规划目标与基础研究目标有所变化,相应地,科学技术实现国家目标的方式亦有所不同。在 20 世纪七八十年代,我国开始探索具有自己特色的实现国家目标与基础研究相结合的方式——大科学工程。1980 年以后,随着大科学工程建设的出现,

大科学工程成为科学技术与国家目标紧密结合的平台,尤其是基础研究,借此平台找到了与国家目标紧密结合的有效途径。北京正负电子对撞机(BEPC)的建设就是一个例证。由此,大科学工程开始成为我国国家目标与科学技术相结合的重要平台。

2 20 世纪 80 年代我国国家目标与 BEPC 的建设

新中国建立以来,中央政府非常关注现代科学技术的发展。根据国家科学技术需要,1973 年成立了中国科学院高能物理研究所,并由张文裕同志担任所长。从国际比较来看,我国的现代科学技术起步较晚,至 1980 年初,仍相当落后。国民经济建设中不少关键性的科学技术问题长期得不到解决,新兴科学技术没有得到应有的发展和广泛的应用,自然科学的理论研究停滞不前。因此,国家对作为全国自然科学研究综合中心的中国科学院提出了主要任务,要求其研究和发展自然科学的新理论新技术,配合有关部门解决国民经济建设中综合性的重大的科学技术问题。侧重基础研究的任务落在了中国科学院的肩膀上。

《1978—1985 年全国科学技术发展规划纲要(草案)》就提出:要在五年内建成能量为三百亿至五百亿电子伏的质子加速器,十年内建成四千亿电子伏左右的质子加速器^[7]。1977 年 11 月,中央批准代号为“八七工程”的高能加速器的建造任务,成立了指挥部,张文裕为加速器总设计师。建造一台能量为 50GeV 的质子同步加速器是“八七工程”的主要任务。这一建设任务的提出,建立在经费充裕的前提之上,并未经过严谨的、科学的可行性论证。当时,李政道教授提出了“八七工程”不符合中国实际国情的看法,再加上 1980 年年底国民经济调整,基础建设收缩,中央遂决定“八七工程”下马。

改革开放迎来了我国经济社会快速发展的历史新时期。其时,百废待兴,首要的社会目标是经济发展。1981 年,我国开始执行《中华人民共和国国民经济和社会发展第六个五年计划》(简

称“六五”计划),其总体目标与基本任务是:继续贯彻执行调整、改革、整顿、提高的方针,进一步解决过去遗留下来的阻碍经济发展的各种问题,争取财政经济状况根本好转,实现财政收支基本平衡,并为“七五”计划期间国民经济和社会发展奠定更好的基础,创造更好的条件。在这一总要求下,确定科技发展目标为:统一组织全国的科技力量,进行科技攻关和科技成果的推广应用^[8]。正是在这一背景下,高能物理研究与大科学工程 BEPC 建设被选为科技攻关突破口。

1981年,在关于中国高能加速器调整方案的讨论会上,美国斯坦福直线加速器中心(简称 SLAC)所长潘诺夫斯基教授提出了建造 2.2GeV 正负电子对撞机的建议。国内外专家充分考虑当时世界高能物理研究的主要目标和世界上已有高能加速器的状况,认为:在 $2 \times 2.2\text{GeV}$ 正负电子对撞的能区,有许多很有意义的物理实验工作可做,而且,高速运转的电子和正电子在轨道转弯时发出同步辐射光,在物理、化学、生物、天文、医学、半导体等许多方面有广泛的应用。正负电子对撞机可以达到“一机两用”,相比其他能区的加速器,更具优势。综合考虑当时中国在财力、科技和工业制造方面的实力,经过专家反复的研究和论证,1983年初,中国科学院慎重选择了建造 $2 \times 2.2\text{GeV}$ 的正负电子对撞机的方案。邓小平在听取了关于这个方案的汇报后,给予了肯定。1983年4月,国务院批准了这个计划。同年12月,党中央、国务院将北京正负电子对撞机列入国家重点工程,要求在5年内建成,总投资2.4亿元,并成立了以中国科学院顾问谷羽为组长的工程领导小组,直接对中央负责,组织领导整个工程的建造实施。北京正负电子对撞机的建设由此正式开始。

国家和领导人对北京正负电子对撞机的高度重视使得工程的建设得到了财力和人力上的极大支持。国务院决定将北京正负电子对撞机主要设备的研制和生产,列入国务院重大技术装备领导小组的工作范围,以确保其协调和质量。1984年

8月15日,邓小平在北京正负电子对撞机工程简报上批示:“我们的加速器必须保证如期甚至提前完成。”^[9]1984年10月7日,中国第一台高能加速器——北京正负电子对撞机的建设工程在北京西郊八宝山东麓破土动工。

1986年《中华人民共和国国民经济和社会发展第七个五年计划》提出发展目标:基本上奠定有中国特色的新型社会主义经济体制的基础;保持经济的持续稳定增长,大力加强重点建设、技术改造和智力开发;在发展生产和提高经济效益的基础上,继续改善城乡人民生活。科技发展目标具体确定为:一头是大力开发和普遍推广效益好、见效快的科技成果,积极帮助广大企业包括乡镇企业加速实现技术进步。另一头是围绕经济建设和社会发展中提出的关键性技术课题,认真开展科技攻关,同时,争取在新技术和高技术领域的研究和开发中取得较大的成果,大力采用新技术改造传统产业,并继续加强应用研究和基础研究,特别强调,努力掌握当代的新技术和高技术^[10]。在此背景下,在“六五”计划期间的酝酿和建造的基础上,BEPC在“七五”计划期间得以建成并投入运行。

1988年10月,北京正负电子对撞机工程按期建成。建成的北京正负电子对撞机由注入器、输运线、储存环、北京谱仪和同步辐射装置等几部分组成,主要科学目标是开展 τ 轻子与粲物理和同步辐射研究。为此,北京正负电子对撞机有两种运行模式:兼用模式优化于高能物理对撞实验,同时也提供同步辐射光;专用模式专用于同步辐射研究。北京正负电子对撞机在投入运行后迅速达到设计指标,完成了小平同志提出的“我们的加速器必须保证如期甚至提前完成”的目标。BEPC的运行在深入推进高能物理研究的同时,结合国家需求,也参与发展高技术与新技术。正是北京正负电子对撞机的建成和运行,使我国的高能物理研究取得了举世瞩目的成就,并在 τ -粲物理的实验研究领域处于国际领先地位,在高能物理领域做出了突出的成绩。时至今日,BEPC在实现我国科学技术发展目标、

推进国家目标实现方面,做出了重要贡献。

北京正负电子对撞机的建设,时值改革开放的初期,由于国情所限,遇到了较多的问题。例如在选择技术路线时,必须考虑器件能够得到供应,这就要求除了考虑纯技术因素之外,还要考虑国内工业的水平与产品的质量,或考虑从国外进口的可能性。为了推动北京正负电子对撞机的建造,中央批准成立了工程领导小组。这一决策使得北京正负电子对撞机的一些关键部件(八大件)的制造可以通过国务院重大装备办公室直接安排工业生产。如此,无论是产品质量还是经费调拨等都得到了充分的保障。这是北京正负电子对撞机得以顺利建成的关键性举措。

3 BEPC 的科学研究成就

自 1988 年 BEPC 建成运行以来,无论是在揭示物质微观结构的高能物理研究方面,还是利用辐射光进行多学科研究方面,BEPC 都取得了突出的科学成就。这首先体现在它引发了高能物理的新的热门研究领域。

BEPC 是国际上唯一工作在 τ -粲能区的高亮度正负电子对撞机和先进探测器,运行后陆续得到一批在国际高能物理界有影响的研究成果。例如:“ τ 轻子质量的精确测量”、“ J/ψ 粒子共振参数的精确测

量”、“DS 粒子衰变常数首次与模型无关的直接测量”、“2-5 GeV 能区 R 值精确测量”、“发现可能的共振态”等重要成果。这些成果对国际高能物理的发展影响巨大,开拓了 τ -粲物理研究新领域。受此影响,美国康乃尔大学于 2001 年初计划将对撞机 CESR 的能量降到 τ -粲能区,研究 τ -粲物理。它的设计亮度与北京正负电子对撞机改造工程的单环设计方案大体相当。俄罗斯新西伯利亚的 VEPP-4M 也计划将能量降至 τ -粲能区。北京正负电子对撞机和北京谱仪的成功建造以及所取得的物理成果,使中国成为世界上重要的高能物理实验基地之一。

依托 BEPC,中国科学院高能物理研究所在加速器物理、射频技术、电源技术、电磁场技术、真空技术、计算机及控制技术等技术方向^[11],以及相对论重离子碰撞和 QGP、顶夸克物理、北京谱仪新物理和粒子宇宙学等重大问题研究等方面^[12],取得重大突破;在微波、真空、磁铁、电源、超导、束测、控制、核探测器、快电子学、大规模数据获取与处理等学科上,形成了优势。自 1988 年以来,依托 BEPC 产生了众多科学研究成果,高能物理研究所发表的索引论文数量与被引篇次快速攀升。从表 1 可见,1993-2007 年间,高能物理所每年 SCI 论文发表量均居于全球同领域机构排名前 15 名、被引篇次居于前 19 名。

表 1 中科院高能物理研究所科技论文统计(1993-2007)

年度	SCI(篇)	位次	SCI 被引(篇)	位次	EI(篇)	位次	国际会议(篇)	位次	国内(篇)	位次
1993	57	8	51	11	-	-	28	6	105	20
1994	62	7	53	10	-	-	23	4	111	17
1995	64	7	66	9	-	-	36	7	108	21
1996	70	6	62	11	-	-	28	1	130	19
1997	85	7	89	9	-	-	11	23	118	21
1998	108	5	109	8	-	-	34	4	143	16
1999	143	8	168	9	-	-	46	3	123	30
2000	133	10	122	9	-	-	24	10	123	36
2001	167	10	149	10	-	-	27	12	146	29
2002	172	11	185	8	45	16	30	16	151	27
2003	203	10	197	12	22	47	24	23	162	24
2004	213	13	138	19	20	57	22	22	194	23
2005	272	11	370	9	41	51	50	15	176	30
2006	292	8	295	15	70	35	56	12	165	36
2007	215	15	345	15	55	-	55	-	176	-

数据来源:中国科学院高能物理研究所.高能物理研究所 2007 年发表科技论文统计结果[EB/OL]. <http://www.ihep.ac.cn/news/news2008/081216..htm>, 2009-3-30/2009-7-20.

BEPC 的建造以及众多依托 BEPC 所完成的科学成果获得了科学技术奖励。仅高能物理研究所自 1978 年以来就获得国家和中国科学院科技进步奖、自然科学奖 200 余项，见表 2。其中包括北京正负电子对撞机工程(1990 年国家科技进步特等奖)、北京 35MeV 质子直线加速器工程(1991 年国家科技进步一等奖)、 τ 轻子质量的精确测量(1995 年国家自然科学二等奖)、北京自由电子激光装置(1995 年国家科技进步二等奖)，“ADS 研究”(2008 年国家科技进步二等奖)等。

在高能物理领域取得重大突破的同时，依托 BEPC 建成北京同步辐射装置(BSRF)，为其他科学领域的研究提供实验平台。目前，已开展的研究工作涉及物理、化学和化工、生命科学、医学、材料、地矿、考古、环境科学、微电子和微机械、国防等多个领域。其中许多课题来自国家重大科研项目和国防科研项目。在 2003 年正式投入使用的我国第一条生物大分子晶体学光束线实验站上，首次获得了 SARS 病毒蛋白酶大分子结构、菠菜捕光膜蛋白晶体结构等。此外，还完成多波长异常衍射实验(MAD)，实验结果达到国际先进水平。目前，生物大分子实验站已成为我国蛋白质结构研究的重要实验平台。

4 1990 年代我国国家目标的提升与依托 BEPC 的高新技术发展

1991 年底七届全国人大批准的《国民经济和社会发展规划和“八五”计划纲要》，提出今后十年的国家目标：在大力提高经济效益和优化经

济结构的基础上，国民生产总值按不变价格计算，到本世纪末比 1980 年翻两番；全国人民生活从温饱达到小康水平；发展教育事业，推动科技进步，改善经济管理，调整经济结构，加强重点建设，为下世纪初叶我国经济和社会的持续发展奠定物质技术基础；初步建立适应以公有制为基础的社会主义有计划商品经济发展的、计划经济与市场调节相结合的经济体制和运行机制；社会主义精神文明建设达到新的水平，社会主义民主和法制进一步健全。为此，提出科学技术的发展目标是：今后十年，我国的科学技术工作要以经济、社会发展的目标和部署为依据，并根据科技发展自身的规律，重点面向国民经济建设主战场，为国民经济再翻一番服务；大力发展高技术及其产业；持续稳定发展基础性研究，统一规划，合理配置力量，形成纵深格局，推动我国科学技术事业的全面发展^[13]。这一科学规划目标对正在运行中的北京正负电子对撞机大科学工程产生了直接的导向作用。在深入推进高能物理等科学领域研究的同时，BEPC 服务于国家战略高技术与新技术发展^[14]。

自 1991 年起，在同步辐射装置上重点开展了凝聚态物理和材料科学、生物和医学、环境科学等交叉学科领域的应用研究。还充分发挥同步辐射实验方法的优势，重点支持那些使用常规实验方法难以开展的、属于国际研究前沿、在国内已具有相当研究基础并具有独到设想的研究课题。从 1991 年到 2001 年上半年，同步辐射装置共向用户提供了 9775 小时的同步辐射专用运行机时，

表 2 中科院高能物理研究所获奖情况统计(1978-2005)

	国家奖			中国科学院奖				其他	总计
	自然科学奖	科技进步奖	技术发明奖	自然科学奖	科技进步奖	重大成果奖	科技成就奖		
特等奖	0	1	0	0	2	0	0	0	3
一等奖	1	1	0	5	8	0	0	4	19
二等奖	4	5	1	7	26	5	0	8	55
三等奖	3	2	0	5	23	29	0	1	63
四等奖	1	0	0	0	0	15	0	0	16
无等级	0	21	0	0	0	23	1	2	47
总计	9	30	1	17	59	72	1	15	204

数据来源：中科院高能物理研究所。高能所科学技术获奖项目汇编[EB/OL]. <http://www.ihep.ac.cn/xuemi/jiang/index.htm>, 2009-3-30/2009-7-20

为 130 多个用户的 1085 个课题提供了实验用光。这些课题大多是国家自然科学基金项目、国家“九五”攻关项目、国家高技术“863”项目,部分是中国科学院以及各部委的重点项目。研究领域涉及众多学科。

在材料科学领域,南京大学“新型人工晶体畴结构与相变的同步辐射研究”在晶体畴结构、畴的动力学行为、铁性相变机制及畴结构与物理性能的关系等方面进行了系统的研究,取得了一系列在国际上具有创新意义的结果,为研制新型功能晶体材料提供了丰富的实验依据和理论指导。

在纳米材料方面,光电子能谱站和 XAFS 站对三氧化二铁、二氧化铈、金红石结构和瑞钛矿结构的二氧化钛等化合物的体相和纳米相、镍(Ni)金属纳米棒和新近发现的高温超导化合物二硼化物系列等进行了近边吸收精细结构的研究。同时,还在温和条件下制备出毫米量级的纳米镍(Ni)金属棒并对其结构进行分析。这在国际上属于首创。

在医学研究方面,广西医科大学、中国科学院广西分析测试研究中心在同步辐射装置荧光分析实验站上,完成了围产期微量元素与围产儿发育关系的动态观察研究。

据不完全统计,在同步辐射装置上开展的研究项目中,有 11 个项目获得国家及省部委的各种奖项。其中,国家科技进步二等奖 1 项;省部委科技进步一等奖 3 项、二等奖 4 项、三等奖 3 项。截止 2000 年,以同步辐射装置为主发表论文 172 篇,其中,国外刊物上发表 59 篇,国内核心刊物上发表 90 篇。

“高能物理实验装置涉及最先进的科学技术,必然对其他学科的发展产生影响,并向国民经济技术领域转移,产生巨大的经济和社会效益。”^[15] BEPC 在推动我国相关工业与研制技术的提高和发展方面起到了积极的推动作用。BEPC 工程的建设不仅发展了高能物理电子学技术,推动了我国微波和高频技术的发展,使我国真空技术提高到了新的水平,而且,还将我国高精度电磁铁和大功率稳定度电源制造技术提高到了国际水平,为

同步辐射光学工程技术的发展奠定了基础,对低能加速器的发展产生了积极影响。依托 BEPC 产生了众多技术成果,仅高能物理研究所从 1985 年至 2005 年就申请专利 52 项,其中发明专利申请 32 项,占专利申请总数的 62%,实用新型专利 19 项,外观设计专利 1 项。共获得授权专利 21 项。2007 年申请专利 6 项,授权发明 2 项。

截至目前,依托 BEPC 已形成粒子加速器设计及研制、粒子探测器研制、辐射防护及监测、计算机应用软件开发等高新技术,生产出地纳米电子辐照加速器、10 MeV/4-15 kW 电子辐照加速器、工业 CT、电子帘、正电子断层扫描机 PET、医用加速器等高技术产品。加速器及各种加速器部件已开辟国内市场并远销欧、亚、美洲的十多个国家和地区,取得了可观的经济效益。同时,正电子断层扫描机 PET、医用加速器、透皮缓释新药、“网威”杀毒软件等技术已成功转移到生产企业,纳入产业化轨道。自 20 世纪 90 年代以来,BEPC 面向国民经济建设和国家需求,在深入推进基础研究的同时,极大地提升了我国高技术开发能力,促进了高新技术产品的产业化发展。

5 我国创新型国家建设与 BEPC 工程

2001 年《关于国民经济和社会发展第十个五年规划纲要》提出“十五”计划目标:国民经济保持较快发展速度,社会主义市场经济体制逐步完善,人民物质文化生活有较大改善,科技、教育加快发展。在这一总目标下,科技发展目标确定为:深化科技体制改革,初步建立适应社会主义市场经济体制和科技自身发展规律的国家创新体系;加速提高我国产业的国际竞争力,促进国民经济可持续发展,提高生活质量,增强综合国力和保障国家安全;大幅度提高我国科技的总体水平和自主创新能力;全面提高全民族的科技素质^[16]。创新型国家建设的目标就此确立下来。根据这一目标,《国民经济和社会发展第十个五年计划科技教育发展专项规划》提出:基础研究和

战略高技术研究有所突破。集中力量在我国经济、社会发展和国家安全具有关键作用以及我国具有优势的重要领域取得重大突破,到 2005 年,力争在若干重要科学领域和战略高技术领域接近或达到世界前沿,取得一批有重大国际影响的开创性科研成果,为我国经济社会的长期发展奠定坚实的科技基础^[17]。2006 年《国家“十一五”基础研究发展规划》中针对我国物理学领域的研究,明确提出要注重粒子物理、核物理、凝聚态物理、纳米科学等各学科的均衡发展。加强物理学和其他学科的交叉与结合,促进新兴学科发展^[18]。

在这一背景下,BEPC 面临提升国家科技创新能力的重任。在稳定、高效地运行了 15 年后,BEPC 于 2003 年圆满完成了预定的科学使命。一方面,针对国家科技规划目标中提出的基础研究要面向国家需求和国际科学前沿的要求;另一方面,为了适应世界高能物理的发展,继续保持北京正负电子对撞机在科学上的竞争力,经国家有关部门批准,中国科学院高能物理研究所决定对北京正负电子对撞机的加速器和探测器进行重大改造,即实施 BEPC II 工程。

工程的立项基于两个前提条件。首先,是国家对物理领域原始性创新的重视,提出 BEPC 性能改进以及 τ -粲物理研究优先发展的任务;其次,是来自国际竞争的压力。国际上的大型高能物理加速器在完成它的主要科学目标后,一般会根据世界高能物理研究的最新发展的要求,以较小的投入,对加速器和探测器进行重大改造,保持其在科学上的竞争力,继续在国际高能物理研究的最前沿发挥重大作用。例如,美国斯坦福大学直线加速器中心(SLAC)、日本高能加速器研究机构 KEK 和意大利 FRASCATI 国家实验室先后将它们的正负电子对撞机改造成了双环正负电子对撞机,大幅度提高其性能,在国际高能物理的精确测量前沿进行相应能区的物理研究,并且取得了许多重大的成果。在 BEPC 取得 τ -粲物理研究重大成果之后, τ -粲物理成为国际高能物理实验研

究的热点之一。为保持我国在 τ -粲物理研究领域的领先地位,使我国在国际高能物理前沿占有一席之地,采用新技术对现有的北京正负电子对撞机进行重大改造是非常必要和紧迫的。

经过多次论证和严格的国家重大科学工程立项程序,2004 年 4 月 30 日,总投资 6.4 亿元、建设期 5 年的 BEPC 工程进入全面实施阶段。

BEPC 工程分三个阶段进行:直线加速器改造;储存环改造;探测器改造。2008 年 7 月 19 日 BEPC

加速器与北京谱仪联合调试对撞成功,圆满完成建设任务。2009 年 7 月 17 日,BEPC 顺利通过国家验收。经过半年多的试运行,目前,BEPC

已成为粲物理能区国际领先的对撞机和高性能的兼用同步辐射装置,成为国际同类装置建设中的一个成功范例。

在改造过程中,BEPC 工程采用了大量国际上的顶尖技术。面向国家需求,其中多项技术已经转化为高技术产品。尽管工程建设和调束的时间十分紧张,高能物理研究所仍然坚持以国家需求为导向,为了保证国内广大同步辐射用户研究工作的需要,在工程建设的每个阶段都插入同步辐射运行。BEPC 创造性地采用“内外桥”连接两个正负电子外半环形成同步辐射环和大交叉角正负电子双环的“三环方案”,实现了“一机两用”,并保持原有光束线出口基本不变,在改造过程中最大限度地利用了 BEPC 原有的设施。

无论在科学研究与高级人才培养方面,还是实现国家目标方面,BEPC 的建成都具有重大意义。在科学研究方面,预期每年能获取 80 亿 J/ψ 事例或 20 亿 $\psi(2S)$ 事例,为 τ -粲物理实验研究提供高统计量的数据和小系统误差的精确测量,探索新的物理现象。预计投入运行后 3—5 年内,将在 τ -粲物理前沿领域取得多项具有世界领先水平的创新性研究成果。同时,在 BEPC 工程建造和运行取数的过程中将会培育出新一代的具有国际水平的高能物理学家、高能加速器专家、科技拔尖人才和战略科学家,形成有经验的技术专家

队伍和重大工程的管理队伍。在实现国家目标方面, BEPC 的建成及其在 τ -粲物理研究中取得的重大成果, 将保证中国高能物理研究在世界上占据一席之地, 为我国在今后相当长时期内继续保持 τ -粲物理研究的国际领先地位, 建设创新型国家, 奠定了基础。

BEPC 工程产生于国家“十五”计划实施期间, 成长于“十一五”计划实施期间。BEPC 大科学工程的成功建设和运行表明, 对 BEPC 的改造和升级是充分发挥原有大科学装置优势, 适应物理学进展, 占领学科发展全球前沿, 积极实现国家科技目标的正确决策。

6 结论与建议

大科学工程是适应现代科学技术发展的要求而出现的, 已成为现代科学技术研究的必要条件。大科学工程的建设不是一个局部的科学技术问题, 而是一个全面影响国家科技创新能力、影响国家发展的战略性问题。国家目标在大科学工程的建设过程中发挥着引导作用。改革开放三十年来, 我国的科技规划目标随着国家经济发展的需要而调整。以 BEPC 为代表的大科学工程建设紧紧围绕国家目标而展开, 并为之服务。国家通过立项与投资控制, 使得国家目标渗透在大科学工程之中, 通过大科学工程引导科学技术重点学科领域的发展, 激励科学技术原始创新与高新技术产业化, 为实现国家目标服务。

在不同的历史时期, 国家目标有所改变, 国家科技发展的思路相应调整。BEPC 的立项、建设、运行以及改造, 见证了我国改革开放三十年大科学工程的大发展。每十年上一个台阶, 国家目标对科技发展的引导作用日益增强。随着我国经济和科技实力的提升以及国际竞争的加剧, 国家对科技发展的政策引导日益成熟。国家科技目标从提高国家科技实力的单一目标转变到实现科技成果转化和应用、提高原始性创新能力、建设创新型国家的多层次目标。

同时, BEPC 的历史发展也充分说明, 大科学工程对实现国家目标具有重要意义。这主要体现在如下几个方面: 其一, 大科学工程是现代科学技术研究的必要条件, 可以为现代科学研究提供必要的实验和分析平台, 同时, 也可以为国家战略高技术提供开发设施。其二, 大科学工程是加强国际合作、建设具有强大科学研究能力的大型综合科研基地的依托平台。这些综合科研基地集中了来自世界各地的优秀科学家, 具有科研任务集中、投资集中、科研成果丰硕、学科多样、学科交叉的特点, 拥有发展新型科学和交叉科学以及突破重大新技术的强大能力, 是国家科技发展的核心力量。其三, 大科学工程是提供社会发展所需科学技术保障的基础设施。现代国家的社会生活越来越表现出关联复杂且规模庞大的特征。对大规模社会生活的有效而积极的控制与调节, 依赖于大规模的基础数据和基础信息, 大科学工程则是提供大规模基础数据与基础信息的最为有效的科学技术手段。

在未来我国大科学工程的发展过程中, 进一步加强国家目标引导是非常必要而有益的。对此, 我们基于 BEPC 的建设经验提出如下建议:

一是要合理布局、重点发展、加强合作。我国是一个发展中大国, 科技投入相对偏低。这就要求大科学工程建设必须合理布局, 既要整体提高我国科学技术基础设施的水平, 又能保持并提高原有的学科与领域优势, 同时, 在推进我国技术发展与经济社会进步方面发挥积极作用。

二是要长远规划, 集中建设, 为多用户服务。大科学工程投资巨大, 是服务于国家科技发展与经济社会进步的综合设施, 因此, 必须以国家发展目标为指导, 长远规划, 集中建设。大科学工程需要众多专业技术人员操作、运行, 且服务于众多科技项目与社会公益项目, 因此, 建立严格规范的管理制度非常重要。此外, 管理中必须贯彻“为多用户服务”的宗旨, 大科学工程要以开放的态度为多学科、多领域的人员服务, 提高其使

用效益。在这些方面，BEPC 的运行实践可提供有益的借鉴。

参考文献

- [1] 中华人民共和国科技部. 国家“十一五”科学技术发展规划[EB/OL]. (2009-03-30)[2009-04-17]. http://www.most.gov.cn/kjgh/kjfgzh/200708/t20070824_52690.htm.
- [2] 马佰莲, 欧阳志远. 责任自由:国家目标和研究自由的统一[J]. 自然辩证法研究, 2006(11): 81.
- [3] 科学、工程与公共政策委员会. 科学技术和联邦政府:新时代的国家目标[R]. 张京京译. 北京: 科学技术文献出版社, 1999: 7.
- [4] 克林顿, 戈尔. 科学与国家利益[M]. 曾国屏, 王蒲生译. 北京: 科学技术文献出版社, 1999: 26-27.
- [5] 谭文华, 曾国屏. 关于基础研究及其与国家目标关系的再思考[J]. 科学学与科学技术管理, 2004(4): 21-22.
- [6] 周光召. 基础研究与国家目标[J]. 中国基础科学, 2005(3): 4.
- [7] 中华人民共和国科技部. 1978-1985年全国科学技术发展规划纲要(草案)[EB/OL]. (2007-03-14) [2009-04-31]. http://www.most.gov.cn/ztzl/gjzqgy/zcgyylshg/t20050831_24438.htm.
- [8] 新华网. 第六个五年计划(1980-1985)[EB/OL]. (2005-10-07) [2009-04-25]. http://news.xinhuanet.com/misc/2005-10/07/content_3590244.htm.
- [9] 柳怀祖. 北京正负电子对撞机[M]. 北京: 科学出版社, 1994: 70.
- [10] 赵紫阳. 关于第七个五年计划的报告[R]. 北京: 人民日报, 1986-04-14(1).
- [11] 中科院高能物理研究所加速器中心. 课题设置[EB/OL]. (2009-03-30)[2009-04-20]. <http://www.ihep.ac.cn/ac/index.htm>.
- [12] 中科院高能物理研究所理论物理研究室. 课题设置[EB/OL]. (2009-03-30)[2009-04-20]. <http://www.ihep.ac.cn/div4/keji/ketishezhi.htm>.
- [13] 中华人民共和国科技部. 中华人民共和国科学技术发展十年规划和“八五”计划纲要(1991-2000)[EB/OL]. (2009-03-30)[2009-03-30]. http://www.most.gov.cn/ztzl/gjzqgy/zcgyylshg/t20050831_24436.htm.
- [14] 中国科学院. BEPC 一机两用交叉学科前沿研究取得丰硕成果[EB/OL]. (2009-03-30) [2009-04-16]. <http://www.cas.ac.cn/html/Dir/2001/10/10/0999.htm>.
- [15] 北京正负电子对撞机国家实验室. 北京正负电子对撞机工程社会与经济效益调研报告[R]. 北京: 中国科学院高能物理研究所, 1996.
- [16] 中华人民共和国国务院. 关于国民经济和社会发展第十个五年计划纲要[EB/OL]. (2001-03-18) [2009-03-30]. <http://www.people.com.cn/GB/shizheng/20010318/419582.html>.
- [17] 中华人民共和国科技部. 国民经济和社会发展第十个五年计划科技教育发展专项规划(科技发展规划)[EB/OL]. (2009-03-30)[2009-03-30]. http://www.most.gov.cn/ztzl/gjzqgy/zcgyylshg/t20050831_24434.htm.
- [18] 中华人民共和国科技部. 国家“十一五”基础研究发展规划[EB/OL]. (2007-03-14) [2009-04-28]. <http://www.973.gov.cn/mana/contfile/web/352/20073141059247a.doc>.

The Large-scale Scientific Facility and the National Goal: A Case Study on BEPC

Shang Zhicong, Zhang Weina

(Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

Abstract: The large-scale scientific facility is the large equipment for scientific research, which plays an unique and in very important role in improving the national science and technology, and in realizing the national goal. As a typical case, Beijing Electron-Positron Collider (BEPC) was constructed in 1980s, and reconstructed in 2004-2009, according to the national goal of China. Since 1980s, BEPC have worked well and contributed much to the development of science, technology and economy of China. This paper discusses the relationship between the large-scale scientific facility and the national goal.

Key words: national goal; the large-scale scientific facility; BEPC

□责任编辑：王佩琼