

大科学装置成果转化模式探析

——以北京正负电子对撞机为例

尚智丛, 赵 凯

(中国科学院研究生院 人文学院, 北京 100049)

摘要:作为世界八大高能加速器之一,在 30 余年的时间里,北京正负电子对撞机(BEPC)在高能物理及其它交叉学科领域发展了一系列高新技术及专利。首先分析了 BEPC 的科学技术成果,如论文与专利、获奖情况、成果转化等,然后探究其科技成果转化模式,并对其高新技术及产品进行盈利分析和产业化分析。在此基础上,对其现有科技成果转化模式存在的问题进行归纳、总结,并提出解决问题的对策建议。

关键词:大科学装置;北京正负电子对撞机;科技成果转化

DOI:10.3969/j.issn.1001-7348.2011.19.002

中图分类号:G301

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2011)19-0006-04

北京正负电子对撞机(BEPC)是世界八大高能加速器之一。它是我国第一台高能加速器,是高能物理研究的重要大科学装置,是世界上唯一在 τ 轻子和粲粒子产生阈附近研究 τ -粲物理的大型正负电子对撞实验装置,也是该能区迄今为止亮度最高的对撞机,北京谱仪(BES)则是该能区内性能最好的谱仪。多年来,北京正负电子对撞机已取得良好的科技及经济社会效益,科技成果转化也实现了一定的突破。本文拟对正负电子对撞机科技成果转化模式及面临的问题进行分析,试图得出大科学装置科技成果转化的一般模式与途径,为加速高技术产业化进程,破解科技与经济“两张皮”的现实困局提供参考。

1 基于高能物理发展趋势的 BEPC 科研产出分析

1.1 国际高能物理最新发展趋势

当今,“高能物理处在科学发现的新时代”^[1]。物理学的新突破,在很大程度上依赖高能物理的新突破:高能物理研究在带动其它基本物理研究和推动高科技发展等方面起了重要作用。2004年,美国国家研究理事会下设的物理学调查综合委员会对近10年来世界范围内的物理学发展状况进行了历时两年的广泛调查,认为物理学的发展已进入新时代,其对科学技术和国

家经济的发展有着日益重要的影响,并确定了6个具有挑战性的重点研究领域:发展量子技术、创造新材料、了解复杂系统、统一自然力、探索宇宙,以及物理学在生物学中的应用。

国际未来加速器委员会在2003年1月的一份报告中指出,粒子物理的发展目标是探索物质、能量、空间和时间的最前沿,在今后二十几年,粒子物理将向4个目标发展^[2]:研究大统一理论(Ultimate Unification);寻找隐藏维,即在已知的4维时空之外探寻是否存在超维(extra dimensions),实施大型直线对撞机计划有可能寻找到这样的新维度;研究宇宙间的联系;了解基本粒子物理与决定宇宙结构的天体物理之间的深层联系。

高能物理的发展,诱发了一系列高新技术,如加速器技术、射线技术、同步辐射技术、核能技术、核探测技术、对撞机技术、新能源技术等等,其中有些技术已经转化成产品投入市场,并取得了良好的经济效益。

1.2 BEPC 论文与专利产出分析

BEPC运行以来,进行了多方面的科学研究,在核探测技术、粒子物理和核物理理论、高亮度正负电子对撞机和相关加速器技术、同步辐射及其应用等方面开展了大量工作,在国际一流期刊上发表了大量论文,仅2008年就在国际一流期刊发表 BESII 物理文章 17 篇,其中 Phys, Rev, Lett 文章 3 篇。表 1 反映了 1988—2007 年的科研论文发表情况。

收稿日期:2011-02-11

基金项目:国家社会科学基金项目(07BZX029)

作者简介:尚智丛(1967—),男,内蒙古锡林浩特人,博士,中国科学院研究生院教授,研究方向为科学社会学、科技政策与科学哲学;赵凯(1987—),男,安徽合肥人,中国科学院研究生院人文学院硕士研究生,研究方向为科技政策与管理。

表 1 科技论文发表情况^[3]

年度	SCI 收录论文				SCI 收录论文	
	发表论文		引用情况		排序	论文
	排序	论文	排序	论文		
1988	4	99	/	/	10	103
1989	6	69	4	55	8	112
1990	6	65	7	55	18	99
1991	9	57	10	30	23	103
1992	6	66	8	48	10	123
1993	8	57	11	51	20	105
1994	7	62	10	53	17	111
1995	7	64	9	66	21	108
1996	6	70	11	62	19	130
1997	7	85	9	89	21	118
1998	5	108	8	109	16	143
1999	8	143	9	168	30	123
2000	10	133	9	122	36	123
2001	10	167	10	149	29	146
2002	11	172	8	185	27	151
2003	10	203	12	197	24	162
2004	13	213	19	138	23	194
2005	11	272	9	370	30	176
2006	8	292	15	295	36	165
2007	15	215	15	345	/	176

数据来源: 中国科学院. 中国科学院重大科学装置 2008 年年报 [EB/OL]. <http://www.lssf.cas.cn/nianbao/201002/P020100204562878873987.pdf>

依托 BEPC 还产生了众多技术成果, 仅高能物理研究所 1985—2005 年就申请专利 52 项, 其中发明专利 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^[4]。共获得授权专利 21 项。

1.3 BEPC 科研获奖情况

1990 年至今, 依托 BEPC 开展的科学研究获得国家和中科院奖项 17 个。其中, “北京正负电子对撞机” 获 1989 年中国科学院科技进步特等奖、1990 年国家科技进步特等奖; “北京正负电子对撞机上实验束的研制” 获 1991 年中国科学院科技进步二等奖; “北京谱仪 τ 轻子质量的精确测量” 获 1993 年中国科学院自然科学一等奖、1995 年国家自然科学二等奖; “同步辐射软 X 射线多层膜反射率计装置及其应用” 获 1998 年中国科学院科技进步二等奖、2000 年国家技术发明二等奖^[5]。

1987—2005 年, 高能所共获奖 200 余项, 其中国家自然科学二等奖和科技进步二等奖以上共 13 项, 具体如表 2 所示。这 13 项重大奖项中有 10 项与北京正负电子对撞机直接相关。

1.4 BEPC 科研成果转化及新技术与产品开发

BEPC 主要用于粲夸克和 τ 轻子物理的研究, 同时又可作为同步辐射光源提供真空紫外至硬 X 光, 为凝聚态物理、材料科学、生物和医学、化学化工、环境科学、高压物理、地球科学、计量学、地质资源和考古、软 X 光学、微电技术等交叉学科领域的应用研究提供了先进的实验平台, 实现了“一机两用”。表 3 反映了 2008

年用户课题的学科领域分布。从中可以看出, BEPC 在各学科领域已得到广泛应用。

表 2 1978—2005 年高能所获奖情况统计

	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		1			2				3
一等奖	1	1		5	8			4	19
二等奖	4	5	1	7	26	5		8	55
三等奖	3	2		5	23	29		1	63
四等奖	1					15			16
五等奖		21				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>, 2009-03-30/2009-07-20

表 3 2008 年 BEPC 用户课题学科领域分布^[3]

用户课题 学科分布	半导 体	表面 科学	材 料	地球 科学	广谱 计量	光 学	光学 元件	化 学
课题数量	3	7	101	3	9	10	2	31
用户课题 学科分布	环境 科学	基础 研究	能 源	凝聚态 物理	生命 科学	微电 子	物 理	原子与 子物理
课题数量	14	7	6	22	15	7	12	12

数据来源: 中国科学院. 中国科学院重大科学装置 2008 年年报 [EB/OL]. <http://www.lssf.cas.cn/nianbao/201002/P020100204562878873987.pdf>

大型探测器——北京谱仪在 τ 轻子物理的实验研究领域获得了一系列重要的研究成果。如: τ 轻子质量的精确测量、20-50 亿电子伏特能区正负电子对撞强子反应截面(R 值)的精确测量、发现“质子-反质子”质量阈值处新共振态、发现 X(1835) 新粒子等, 引起了国内外高能物理界的广泛关注。高能所已成为世界八大高能物理实验研究中心之一。

北京同步辐射装置拥有 4 个插入件、14 条光束线和 14 个实验站, 每年有百余个研究单位和大学的 300~400 个课题利用北京同步辐射装置开展实验研究, 用户数高达 3 000 人次, 不断获得重要应用成果。图 1 显示了 1999—2008 年依托 BSRF 开展研究课题的数量变化。在这些研究中, 有些取得了丰硕成果。例如, 在我国的第一条生物大分子光束线站上, 中科院生物物理研究所的研究人员完成了“菠菜主要捕光复合物 (LHC-II) 2.72 Å 分辨率的晶体结构”的测定、清华大学研究人员完成了有关 SARS3CL 蛋白晶体结构测定等在国际上具有重要影响的工作; 成功完成了多波长异常衍射实验, 实验结果达到国际先进水平; 高温高压试验平台的指标达到国际先进水平, 成为国际上第三个向用户开放的同步辐射激光加温高压实验系统。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量级

级的纳米镍(Ni)金属棒,并对其结构进行了分析。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。

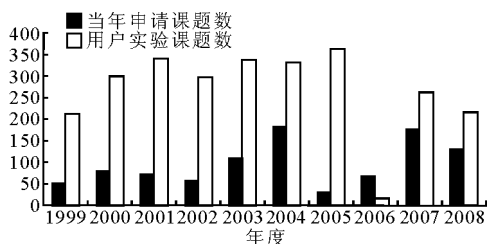


图1 用户实验课题数^[3]

数据来源:中国科学院.中国科学院重大科学装置2008年年报[EB/OL].<http://www.lssf.cas.cn/nianbao/201002/P020100204562878873987.pdf>

BEPC的建造,推动、促进了有关工业和技术的提高与发展,向国际先进水平迈进了一大步。加速器技术是促进、提高、发展工业部门各项高技术的主要推动力之一,因为它是核技术(包括电物理技术、核电子技术等)、电子技术、雷达技术、广播技术、超高真空技术、大型精密电机技术、快速高精度电磁测量技术、精密加工和特种加工技术、计算机技术、毫微秒级束流测量技术、计算机自动控制技术和精密工程测量技术等转移、发展和综合。对撞机的建设,带动并促进了我国相关工业与研制技术的提高和发展,使我国在某些技术领域达到和接近国际先进水平,在另一些领域则大大缩短了差距,或填补了空白。

高能所生产的加速器及各种加速器部件已开辟国内市场,并远销欧、亚、美等10多个国家和地区,一些前沿高技术已成功转移到生产企业。已研发的高技术产品有:地那米电子辐照加速器、10MeV/4-15KW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、医用加速管、各类加速器部件、环境中子监测器、环境 γ 监测器、“网威”杀毒软件等。

2 BEPC科技成果转化的基本模式

作为BEPC的管理机构,中国科学院高能物理研究所坚持面向国家战略需求,以市场为导向,以推动我国高新技术及产业化发展为宗旨,以全面社会合作为模式,努力把BEPC运行中发展的高新技术成果迅速转移到我国经济建设的第一线。通过对高能所的资料研究,作者将其模式总结为以下3种:

2.1 开展社会化合作

高能物理研究所围绕优势技术,主打成熟项目,重点突破,先后推出了10MeV/4-15KW电子辐照加速器、人体PET、射线安检、网络安全等技术项目,并与多家公司签订技术合作协议。为对一些专利项目进行深层次的跟踪开发,与山东蓝孚公司共建电子辐照技术

联合研发中心,与苏州林华公司共建核应用技术和网络安全技术研究中心。积极参与北京市的高新技术创新体系建设,作为中科院牵头单位,完成了与北京市科学技术研究院共建中心的筹建以及理事会、学术委员会的成立,组织了项目讨论和申报。建立了由中关村科技园区筹划和资助、针对企业的高新技术开放实验室,为园区10多个合作项目提供服务,取得了良好的经济效益,并取得了较大的产业化成就。与北京科技大学建立了长期合作关系,并联合国家纳米科学中心与天津医科大学附属肿瘤医院,成立了肿瘤纳米科学技术研究中心,构建了以肿瘤诊断、肿瘤治疗以及肿瘤基础研究为核心的多个科研平台。

2.2 承接研制任务,参与国际合作

拥有世界一流水平的BEPC不仅在国内对社会开放,同时也积极参与国际合作,承接相关领域的科研项目。这样既与国际同行交流了技术,同时也能获得较高的经济收益。

以与美国的合作为例,2002年4月,历时两年半、提前一个月完成了美国SLAC Spear3磁铁研制项目。该项目是中美高能会谈商定的项目,由高能所为美国斯坦福直线加速器中心(SLAC)研制用于其SPEAR3储存环的二级、四级、六级和校正磁铁共4种磁铁样机,然后批量制造这4种磁铁全部9种长度、20种规格,共计292块磁铁,并完成全部机械、电性能和磁性测量。296块磁铁全部一次通过了美方验收,SLAC的SPEAR3项目副经理Dr. Robert Hettel向美国能源部汇报时表示:“高能所的磁铁产品的物理性能达到或超出了我们的期望。”该项目在2003年度召开的中美高能合作委员会第22次会议上得到了双方代表的一致赞扬,被誉为“中美科技合作的成功例子”。项目全部收入3200余万元人民币。

2001—2003年,高能所分别为美国阿贡国家实验室(ANL)的APS加速器的能量升级(3GeV)制造了两根3m长度的S波段加速管和两台能量倍增器,并为其实验项目研制了一根1.6m长加速管。2006年与美国SLAC达成磁铁研制合作协议^[6]。

此外,BEPC与日本、意大利、韩国等多个国家都有项目合作,包括日本KEK的J-PARC项目50GeV质子加速器研制校正磁铁项目、意大利INFN研究所SPARC项目、韩国PAL60MeV直线加速器设备研制项目等。

2.3 参股高新技术企业

目前,高能所参股的主要高新技术企业有9个,这9家公司都集中在高能所的主流技术和与高能所科研工作紧密相关的技术领域,如北京高能大恒加速器技术公司、深圳万维公司、北京中科网威公司。这些企业由于有高能所强大的技术支持,使其在各自的产业内都有着比较重要的地位。以北京中科网威公司为例,它

是一家主要从事计算机信息网络安全技术及相关领域产品生产、销售和服务的专业厂商。早在 1996 年, 中科网威的前身中科院高能物理研究所“网威安全工作室”就开始进行网络安全技术的研究和开发, 目前拥有国内一流的网络安全产品线体系, 主要网络安全产品包括“网威”防火墙、“网威”网络安全评估分析系统、“网威”入侵侦测系统、“网威”风险管理平台、“网威”安全管理平台等。尤其值得强调的是, 中科网威在 2007—2008 年负责起草国家标准《信息系统安全管理平台产品技术要求和测试评价方法》。可以说, 没有突出的行业地位, 是不可能获得这份殊荣的。

3 当前 BEPC 科技成果转化面临的主要问题

加速科技成果推广应用是推动科技与经济结合的关键环节。我国高校、科研院所在科技成果转化过程中存在一些问题, 面临很多困难, 使得科技成果转化率非常低。BEPC 也不例外, 其科技成果转化模式也存在一些问题, 总结如下:

(1) 成果立项缺少市场引导, 产品开发目标不明确, 研发过程与产业及市场脱节^[7]。BEPC 成果的立项很多是基于技术概念或产品创意的, 立项之前很少进行充分的市场调研, 导致其科研成果大多数还处于产品概念阶段, 仅有少量能够形成样机或产品。成果的共同问题是研发过程与产业实际脱节, 缺少对市场的了解, 很少与实际用户进行有效沟通, 最终导致成果与市场所需要的产品之间存在较大差距。在产品结构、功能、元器件选用、工作可靠性、安装使用及成本控制上还存在大量需要改进的问题。

(2) 由于制度及观念等因素, 研究人员对成果转化工作不够重视, 对成果转化及产业化工作不够积极。教学与科研压力使管理者无暇顾及成果转化与产业化工作, 更有人担心研究人员过多参与成果转化工作会对正常的教学科研工作产生冲击。高能所现在还没有把成果转化工作纳入对研究人员的考核体系, 导致大家对成果转化工作不重视^[8]。

(3) 复合型人才紧缺形成对成果转化的制约^[9]。大多数科研人员擅长科学实验和理论分析, 缺乏科技成果宣传、推销及经营的经验和能力, 且不重视科技成果的推广。而科研管理部门对科技成果中的核心技术了解甚少, 在工作中侧重于对项目的日常管理。这些都无法满足企业对技术深入了解的需求。缺乏既懂专业又擅长经营和管理的复合型人才, 导致成果推不出去, 资金引不进来, 使具有市场前景的科技成果多数停留在理论和实验阶段, 难以成熟和投入应用^[10], 成熟的技术又难以直接转化为生产力, 迅速抢占国内、国际市场。

(4) 科技投入缺乏社会化的投资主体和渠道, 尤其是缺乏企业的有效介入, 科技投入主要依靠政府^[11]。科技成果转化是一项高风险、高投入、高收益且周期长

的活动, 这就决定了难以从常规的商业渠道获得足够的资金支持。政府大力扶持的基础研究领域可能并不是商业看重的转化机遇, 这就造成了科技成果转化的脱节, 导致耗费巨资产生的研究成果不能很好地转化成产品, 进而进入市场, 参与竞争。

4 BEPC 科技成果转化的对策建议

提高 BEPC 科技成果转化率, 不仅能够带动相关产业的发展, 更能达到服务国家目标的目的, 使基础科学研究在国家经济发展中的作用得到具体体现。因此, 解决 BEPC 科技成果转化中存在的问题显得更加重要与紧迫。针对以上问题, BEPC 应该从以下几个方面加大科技成果转化的力度:

(1) 加强渠道建设。加大与企业合作研发的力度, 改变“闭门造车”的科研现状。建设开放式的成果转化通路, 加强 BEPC 科研与相关产业的关联。加强渠道建设一方面是通过与企业的合作, 加强对市场脉搏的把握, 提升科技成果转化成功率, 使转化形成的产品能更好地被市场认同; 另一方面, 也有助于解决科技投融资问题, 可以借助企业等平台进行融资, 使得科技投入资金多元化, 这样对提高科技成果转化率也大有裨益。

(2) 提高认识, 完善机制。BEPC 应从根本上认识到其科技成果转化对经济社会发展的重要意义, 及对教学科研的积极促进作用。同时, 应加强成果转化与产业化制度建设, 完善激励机制, 将成果转化工作作为 BEPC 工作的重要内容之一, 将工作成果与相关管理人员、研究人员的考核联系起来。

(3) 设立科技成果转化推广基金。设立科技成果转化推广基金, 弥补推广经费和推广人员素质、能力的不足。BEPC 可以每年从科技活动经费或其它经费中提取一定比例的资金作为推广基金, 用于重点项目的成果推广。如果内部人员的素质、能力不能满足成果推广的要求, 可以利用此基金从外部挑选优秀的专业人员实施科技成果转化。

参考文献:

- [1] NEIL CALDER. Physics leaders contemplate “new era of discovery” at SLAC meetings[R]. Stanford Report, March, 2002, 20.
- [2] The linear collider report of the worldwide physics and detector study group[Z]. Understanding matter, energy, space and time[J]. The Case for the e+e-Linear Collider February, 2003.
- [3] 中国科学院. 中国科学院重大科学装置 2008 年年报[EB/OL]. <http://www.lssf.cas.cn/nianbao/201002/P020100204562878873987.pdf>.
- [4] 尚智丛, 张伟娜. 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[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2009(3): 19-24.