

中国超导研究的回顾与今后对策

招冀*

【摘要】 本文对中国超导研究的发展作了历史的回顾,记述了在30年的发展中曾发生过的三次高潮和我国的一些科研管理部门对超导研究的长期一贯支持。分析了当今中国发展超导研究的有利和不利条件,并根据国内外发展动向,提出今后中国超导研究的三个突破口。

一、中国超导研究的历史回顾

1. 中国超导研究的三次高潮

中国著名的固体物理学家程开甲及其老师玻恩教授(M. Born)早在1948年就提出了超导微观理论,可以解释周期表中超导元素的分布和一些超导体的相变和热力学性质,这在当时被称为“玻程理论”。这种理论虽未被广泛接受,但成为超导微观理论的一个学派。

我国超导研究的第一次高潮是60年代左右。当时由于国防、经济发展的需要,抵制一些国家在超导技术上对我国的封锁和垄断,追踪世界科技发展前沿,中国科学院物理所的洪朝生、管惟炎等物理学家们从1958年率先研制液氮器,开展超导材料研究,随之带动了中国科学院上海冶金所、有色金属研究院、宝鸡有色金属加工厂、中南矿冶研究院等,展开了超导材料实用化研究。仅用两三年时间,上述各单位就能小批量地提供低温超导线材。1966年中国科学院物理所用北京有色金属研究院当年研制的直径0.37—0.4毫米、长度为700—1500米的铌钛线材,绕成我国第一个铌钛超导磁体,其中心磁场为3.55 T,磁体内径为6毫米。在第一次高潮中,初步形成了研究队伍,购置了设备、仪器,打下了低温超导研究的基础。

第二次高潮是70年代后期。当时为了酝酿高能加速器是否采用超导磁体方案,激励了不少科技工作者为方案的实施进行了预研工作。上海成套设备研究所等单位试制了上千瓦的超导发电机;上海电机厂(上海发电设备研究所)、上海工业大学、浙江大学等联合研制了旋转超导励磁的交流同步发电机,容量为428KW,这是原理性试验机。在这一时期还有一些单位对超导研究相继做出成果,如长春地质学院研制出超导磁强计,他们还同中国科学院物理所合作,研制出了量子干涉器(DC SQUID);南京大学研制了9种不同材料、不同规格和类型的超导体,应用于混频、参放、脉冲发生器等各种单元电路,并在理论上对超导体的性能、模型等进行了探讨;北京大学自编能带计算机KKR程序,并用世界权威的标准数据表作了自我鉴定,用上述程序对稀土元素——镧的固体电子结构进行了超导电性的研究,其水平仅比美国的能带计算权威W.E. Plekelt, A.J. Freeman等人的工作落后1—2年;吉林大学对45种稀土氧化物进行了系统研究。截至1980年中国从事低温超导研究队伍已达1000人。

* 科学基金制战略研究小组。

然而,进入80年代后,国内外超导研究出现了不景气,美国IBM公司宣布它的超导计算机下马。我国的超导电机研制任务也停了下来。有一些学者还认为超导技术不是适用技术,中国不适宜搞超导的意见。在此形势下,一些有远见的组织者,坚持把超导研究列入“六五”期间的科技攻关任务,想方设法为超导科研筹措经费。还有中国物理学会自1976年以来,一直坚持每两年召开一次高临界温度超导体的全国性学术会议,前后共举办了6次。这些都有效的稳定了超导研究队伍,保留了研究阵地。

第三次高潮是1986年末、1987年初兴起的世界高温超导热。中国物理学家们以极快的速度和卓有成效地超导研究成果,卷入了这一热潮。继1986年9月柏诺兹、缪勒的30K左右氧化物超导电性的论文发表后,中国科学院物理所赵忠贤等人于同年12月公布了他们的研究成果:即超导体为铋镧铜氧化物,其超导起始转变温度是48.6K,转变宽度10K;另一种超导体为钡镧铜氧化物,其起始转变温度46.3K,转变宽度7K,并观察到少数样品在70K发生超导迹象。这一成果不仅证实了柏诺兹和缪勒的发现,并打破了过去认为超导材料转变温度不会超过40K的禁区。

1987年超导研究继续推向高潮,这个高潮的带头人,大都是炎黄子孙。2月15日美籍华裔科学家朱经武和吴茂昆获得了转变温度为98K的液氮温区超导材料;2月24日中国科学院物理所赵忠贤、陈立泉等13名科技人员获得的转变温度为100K的液氮温区超导材料,并公布了材料成分为钡钇铜氧;1988年2月11日,北京大学物理系研制出铋-镧-钙-铜新超导体。该材料在114K时出现明显的完全抗磁性,在84.1K时电阻降为零。这一温度明显高于国外同时已达到的70K—75K水平。3月2日中国科学院物理所又推出新成果:铌钡钙铜氧的超导材料的零电阻温度为114K,在117K时出现明显的抗磁效应,这也是当时国外高温超导研究的最新记录。此外如中南矿冶研究总院、有色金属研究总院等单位,在转为研究高温超导时,也显示出雄厚实力。因此,瑞典皇家科学院在给柏诺兹、缪勒颁发诺贝尔物理奖的公告中和获奖者在受奖演说时,都一致提到中国物理学家们取得的成就。

中国的超导研究,经历了30年的曲折发展,经几代科学家和组织者们不懈地努力,终于成为世界超导研究队伍中一支不可忽视的力量。

2. 科研组织者们的前见和卓有成效的支持

我国超导研究能够坚持30年,并获得了国际水平的成果,它不仅是科学工作者的辛勤劳动结果,同时还体现了国家和地区的某些管理部门的卓有成效的工作,这是和他们冲破各种困难长期支持分不开的。就以经费保证而论,国家科委新技术局的一些领导在科研经费十分拮据的情况下,自1980年以来通过各种渠道为超导研究筹措经费约千万元。近年又与国家计委联合拨款数千万元,有力地支持了超导研究。国家科委还组织了中国科学院、冶金部、地质部、中国船舶工业公司等单位,在各自单位落实了经费支持了本系统的超导研究项目。上海市科委在60年代和70年代,对低温超导技术研究先后两次制定发展规划,把它列为上海市12项重点攻关项目之一,前后总共投资约有1000余万元,建立了超导电机、实用超导材料和低温超导三个研究基地。江苏省科委早期就拨给南京大学超导电子学研究8万元课题费。

在国家教委系统,仅高等院校中14个院校不完全统计,截至1988年1月止,进行了63项课题研究,自筹经费183万元。

国家自然科学基金会和它的前身——中国科学院基金局,对超导研究一直给予很大重视

和资助。从 1982 年到 1989 年,共资助超导研究 100 余万元。

国家自然科学基金对超导研究的支持,大致有以下几点:

第一个特点是资助带有探索性的项目。如 1982 年超导研究处于不景气时,给南京大学《约瑟夫逊效应在亚毫米远红外应用》课题,资助基金 17 万元。使得他们得以在困境中坚持下来。现在,南京大学已成为全国主要的超导电子学研究和数学的基地,并与美、英、日、瑞典、丹麦等 10 余个国家建立了合作关系。

第二个特点是坚持学术发展的连续性。基金委所资助的项目,一般基于学术发展的需要,不大受非学术因素的影响。如中国科学院物理所是我国超导研究的发起单位之一,坚持了廿多年的研究。但在“七五”期间,适逢削减科研事业费,该所每人平均仅有一、二千元,超导方面的课题竟没有一个列入“七五”项目,加上当时国内外超导研究下马呼声很高,使得物理所从事超导研究的科技工作者陷入十分困难的境地。这时基金委拨出 6 万元支持了该所的“薄膜超导材料的成相规律和表面界面问题的研究”课题,款额虽不大,却起到了雪中送炭的效果。

第三个特点是具有一定预见性(或超前性)。在柏诺兹和缪勒发现高温超导体之前,中国超导学者就以探索高转变温度的超导体为目的,得到了国家自然科学基金委的资助。

综上所述,我国超导研究走过的道路,正是反映了基础性研究工作的特点和规律,它经历了一个长期的探索、创造、积累、储备过程。因此,要求科研组织者对基础研究工作不能急功近利,甚至要敢冒一定的风险。由于从中央到地方有一批具有远见的科研组织者的支持,使我国超导研究具有了 30 年的理论、技术条件和人才的储备,方得在现今跻于世界超导的先进行列。

二、试论我国超导研究的突破口

1. 当前国内外超导研究形势

自 1987 年高临界温度超导材料研究取得突破性进展以来,引发了世界范围的超导热,在国际上展开了激烈的竞争形势,各国争相进一步投入大量的资金。美国总统里根亲自过问本国的超导研究,于 1987 年宣布了“十一点超导计划”,要在今后三年内拨款 1.5 亿美元用以研究超导材料在船舶和武器等方面的应用。据透露,美国政府已在 1987 年度重新制订计划,为大学和工业界的实验室提供约 3000 万美金的基金,估计美国企业提供的基金至少与这个数字相当,预计 1988 年度基金可达 1 亿到 2 亿美元。美国国会还提供了促进超导研究的 4 条法案,其中一条要求把超导研究重点放在制造、开发和加工技术上,并有具体的预算措施。美国人提出两个 3—5 年的设想。即从现在起用 3—5 年时间从事新超导材料的基础研究,深入了解材料的性质;再用 3—5 年时间进行应用研究及技术开发,如研制高性能的线材、薄膜,同时开始大规模的工程设计及开发工作,最终进入大规模商业应用。

在日本现已形成人人关心超导的局面。日本对超导研究的作法可归结为“政府为主导、产学结合、共同攻关”。政府在三年内将拨款 200 亿日元购置测试设备,以保证材料的基础工作顺利开展。他们新成立的超导工业研究所,仅设备投资就达 20 亿日元,还有营运费 10 亿日元。至于投资 1 亿日元以上的民间企业数量更多。日本超导材料研究开发推进协会建议日本今后超导研究重点应放在从理论上解释超导现象和材料的开发等基础理论领域。这一建议在

1988年度开始的超导材料研究多头计划中已体现出来,并着手具体整顿研究体系。

其他如英国、西德、苏联等国家也都争先恐后投入竞争,甚至连印度、其总理拉·甘地也亲自担任超导委员会主席,可见其重视的程度。

我国对超导竞赛反应是较快的,从1987年4月国家计委、国家科委即对我国超导研究作出部署,对超导材料研究及其产品开发统一领导、联合攻关。组织了全国超导领导小组,成立了超导技术专家委员会,建立超导技术联合研究开发中心等,这对加强领导和统一步调无疑是十分重要的。但在强手如林、竞争如此激烈的形势下,中国在以后若干年是否仍能保持较先进水平呢?这里且对我们的有利和不利条件做一粗析。

我国主要的不利条件是对超导研究和技术开发工作的投资强度过低,集各方投资之总额也要比美、日等国的经费小几个数量级,更何况由于经费来源不同,加之部门之间通气不够,研究力量分散,主攻目标可能难以集中,难免出现低水平重复研究的现象。我国主要的有利条件有二:一是我们有一套成熟的科研组织的经验。如60年代,我国冲破了当时严重的技术封锁,卓有成效地组织了“两弹”科研任务,又如80年代初期,国家科委的一些组织者对中国的超导研究发展所作的大量组织协调工作的经验。这些经进一步总结提高,将有利于组织领导今后的超导研究及其技术开发;二是拥有一支有实践经验和高学术水平的研究队伍和比较先进的仪器设备。如中国科学院物理所、北京大学和南京大学等都具有世界一流水平的实验室和一批造诣深厚具有廿多年超导研究经验的学者。

在工业系统中的中南矿冶研究总院、有色金属研究总院等单位,在低温超导体的实用化上也有坚实的基础。

从以上分析,我国与其他发达国家相比,在投入资金力量相差悬殊的情况下,如何扬长避短,找对方向,继续保持世界先进水平,便成为科研工作者和领导决策部门的一个新课题。

2. 试议超导研究的突破口

目前,中、美、日三国在超导研究方面全都到了关键阶段。美、日等国把现在的实验室之争看作是明日市场上企业之间竞争的前哨战,谁能在关键技术上取得重大突破,谁就能在未来的工业革命中占据主动地位。然而,中国选定哪个关键技术呢?突破口应该是什么?

第一个突破口,根据专家的意见,中国应从自己国情出发,重点放在解决能源短缺上,那就是要重视超导在强电方面的应用,而大功率应用的关键必须是制备携带大电流而保持超导的材料。为此,研制高电流密度的线材、带材,将成为我国一个关键,这是高温超导体材料实用的一个重要指标。因此,无论是搞机理的,还是搞材料的,都要围绕临界电流密度(J_c)的提高多做贡献。现在,北京有色金属研究总院所研制的超导带材,临界电流密度每平方厘米超过1000安培,个别样品每平方厘米超过1200安培。但相距商业磁体的合理的技术指标,中国超导界还有一段艰苦路程。

第二个突破口是走从搞超导机理入手,带动应用研究与开发的路子。三十多年来中国的超导队伍中已培养出数量不少的、国内外有知名度的理论工作者。

我们应将这批理论工作者很好的组织起来,给他们创造有利的研究条件,围绕中国的理论目标攻关。走这条路子,既可发挥超导理论学者们的优势和积极性,又可绕开我国资金匮乏的劣势。理论探讨的课题对投资的需求比工艺、技术等方面的课题小得多,但其重要性却是毋庸置疑的。

专家们指出, T_c 在 400K 以上的材料将会对现有的技术造成真正革命性的冲击, 如能达到这个温度区域即可考虑大规模的商业应用。目前, 我国所公布的成果, 距离这一指标还有很大距离。

因此, 第三个突破口应是组成一支精干队伍, 继续探索高转变温度的超导体。前一段全国搞高温超导的单位很多, 但互相间交流不充分, 常常出现重复研究, 如果发展下去, 各自的资金都有限, 就很难在国际竞争中取胜。如今有全国超导技术专家委员会领导重点单位的研究, 这就相对集中了研究目标。今后应该打破部门所有制, 更加集中人力、物力, 以便促进高 T_c 超导体的研究尽快取得高水平的科研成果。

三、几项具体建议

1. 希望中央和有关部门领导对超导研究发展给予更多的关注。由于超导技术可能在电子学、能源、信息、医疗、交通系统等广泛工业领域中得到应用, 因而在世界范围内引起政界、军界、经济界包括金融界的密切注意。这场竞争即是科学技术之争, 又是经济实力之争。例如日本, 如果说, 决定日本 60 年代命运的是半导体, 而决定日本 21 世纪命运的将是超导体。因此, 对待超导研究不能只作为一项重大科研项目对待, 而是应看作是一场争夺技术、争夺经济效益之战, 是缩短与国外先进水平差距的关键之举。

2. 对超导研究的领导, 在全国应建立一套有效的管理体系, 人员要少而精。并健全以下一系列制度: (1) 人材管理; (2) 成果管理; (3) 资金管理; (4) 情报资料管理; (5) 国际学术交流管理; (6) 政策与制度制定与调节; (7) 建立全国计算机管理网络; (8) 对各地区、各单位超导研究的咨询, 并把高、低温超导均纳入工作范围之内。

3. 学习日本的“政府主导、产学结合、共同攻关”的作法。日本的技术基础雄厚, 并且一向重视技术开发和商品化生产, 有很强的技术开发能力。对大型技术攻关课题, 具有多层次配合技术的同步开发意识。在筹集研究开发资金方面, 除国家在资金上支持外, 民间公司、厂家也拥有很强的投资能力。我国应把产业界动员起来, 如冶金部、中国有色金属总公司、地矿部、能源部等所属企业, 要对一部分与各企业有关的超导应用课题给予资金资助。如果每个大型企业出资 5—10 万元, 就能养活一大片课题。只要有一定经费, 中国学者就能在简陋条件下作出一流的工作。

另外, 基础理论的研究也可吸收一些国外的企业、公司投资, 作为一种经费来源。

4. 加强情报信息交流。情报对科技的重要性是不言而喻的。中国现行的情报交流虽然是有些渠道, 但距离日益发达的信息需要相差甚远。要建立全国计算机管理网络, 作到情报迅速传递和收集。如果条件允许, 应创建一家全国性的超导刊物, 可设多个栏目, 如汇集国内外最新成果, 介绍理论研究中的新思想、新概念, 也可反映动态, 设普及栏。定期向有关部门提供战略研究报告, 预测未来, 调整研究方向等。

最后, 援引包括朱经武教授在内的美国专家提出的“高温超导电性研究简报”中的一段文字作为本文的结束语。

“高温超导体的短期困难和长期的潜力二者容易被低估……政府、科研机关和工业界采取长期的, 多学科合作的观点则是很重要的。由于科学技术在这个领域中是互相紧密交错的, 必

须同时在基础科学、工程应用和制造加工科学中同时发展。同时,保持开放和合作的国际姿态也是重要的。”

REVIEW OF CHINA'S SEMICONDUCTOR RESEARCH AND ITS FUTURE GROWTH

Zhao Ji

(Strategic Study Group of Foundation System)

Abstract

The article reviews the historical progress of China's semiconductor research, describes its three climaxes in the past 30 years and the prolonged consistent support it has received from science management departments. It also analyses the favourable and unfavourable conditions for this research and puts forward three breakthroughs for China's semiconductor research in the light of the development at home and abroad.

· 信息 ·

“21世纪中国数学展望”学术讨论会 在南开大学召开

由世界著名数学大师陈省身教授倡导,由国家自然科学基金委员会支持,程民德、吴文俊等10位知名数学家共同发起的“21世纪中国数学展望”学术讨论会于1988年8月23日在南开大学召开,会议由国家自然科学基金委副主任胡国定教授主持。来自海内外近200位中国数学家参加了讨论会,其中100余位是青年数学家,有近40位博士后,博士生专程从国外赶来参加了会议。

国务委员、国家教委主任李铁映同志到会祝贺。他在讲话中高度评价了南开大学数学研究所所长陈省身教授对发展中国现代数学所作出的贡献。他把21世纪中国数学率先赶上世界先进水平风趣地命题为“陈省身猜想”。李铁映提议为了促进我国数学科学的发展,提出了具体意见,他还请数学家们就21世纪中国数学率先赶上世界先进水平所需的条件提出方案,以便付诸实施。

陈省身教授偕夫人专程从美国赶来参加会议,他在大会上满怀信心地表示,中国数学科学的前途是光明的,完全有可能与国际著名学者进行平等的交流。为了发展中国的现代数学,盼望国家制订更灵活的政策,提供必须的科研条件,吸引留学生回国工作。

全国政协副主席著名物理学家周培源教授在大会上称赞这次老中青三代数学家共商赶上世界先进水平之计是一个创新。他指出,数学界提出数学率先赶上国际先进水平也是对物理学界、化学界等的挑战。

青年数学家李克正同志在发言中指出,到21世纪初,我国数学事业的重任将历史地落在我们这一代青年数学家身上,我们有能力,有条件担当起这个重任。 (辛文 供稿)