

中国科学院基础科学研究六十年^{*}

詹文龙

(中国科学院 北京 100864)

摘要 文章简要回顾了中科院基础科学研究 60 年的发展历程,从制定科学技术发展规划、建立大科学装置、培养优秀人才、创新科研项目资助模式、开展国内外交流合作等方面阐述了我院基础科学研究对我国科学事业发展的引领作用,列举了我院基础科学研究在若干研究领域做出的重大贡献,并对基础科学研究的发展进行了思考和展望。

关键词 中国科学院,基础科学研究,60 年



中国科学院



中国科学院副院长
詹文龙院士

1 中科院基础科学研究 60 年简要回顾

自 1949 年建院以来,基础科学研究始终是中科院的主要任务之一。中科院基础科学研究工作以面向国家战略需求和面向世界科学前沿为目标,

以加强原始科学创新和攀登世界科技高峰为中心,超前部署,长期支持,建设了一批研究所及研究基地、大科学装置和大型科学研究平台,取得了一系列举世瞩目的高水平研究成果。60 年基础研究发展历程表明,基础科学研究是中科院做出基础性、战略性、前瞻性重大贡献的源泉,是中科院的“立院

之本”。

1.1 1949—1955:中国基础科学研究的奠基者

1949 年 11 月,中科院伴随着中华人民共和国的成立而诞生。从此,新中国的基础科学研究开始走向有计划、有组织的发展和服务于国家建设的道路。建院初期,中科院就把“重点放在提高方面”和“密切关注与国家建设有关问题”列为两大任务,强调要“注意基础科学或理论研究”。首任院长郭沫若早在 1954 年政务院 204 次会议的报告中指出“相应地发展基础科学,使之成为不断支援国家建设和不断提高科学水平的有力保证”。^①这一论述表明了中科院发展基础科学的战略构想。

为完成“提高方面”的任务,中科院在 50 年代初开展了许多奠基性工作,做好了解决国家建设和国防所需的重大科学理论准备。中科院有计划地把物理、数学、化学、

① 《中国科学院》编辑委员会. 中国科学院,当代中国丛书. 北京:当代中国出版社,1994:61

^{*} 收稿日期 2009 年 5 月 11 日

生物和地质等基础学科力量逐步集中到北京、上海等城市,成立了相应的研究机构。许多在西方国家学习的留学生回国后,被优先安排在中科院工作^①并成长为我国很多基础学科的开拓者和奠基人。

各研究所根据国家需要,积极开展基础研究或开拓新的研究领域。数学研究所的计算机理论研究、近代物理研究所的核物理实验研究、化学研究所的高分子化学研究等,虽然当时只处于起步阶段,但为后来全面开展相关研究和开拓国家迫切需要的新领域储备了极其宝贵的人力资源、设备条件和相关知识。

1.2 1956—1966:中国科技事业的推动者

1956—1966 年是中国科技事业得到大发展的时期,这一时期中科院基础研究充分展示了作为科技进步先导和自主创新源泉的重要作用。

这一时期中科院对基础研究重要性的认识不断加深。1961 年中科院党组和国家科委党组共同制定的《关于自然科学研究机构当前工作的十四条意见(草稿)》指出:“不把理论研究放在重要的地位,就不能自力更生地实现中国的科学技术现代化”。

这一时期中科院有力推动了有利于我国基础研究长期发展的学科、人才和机构格局的形成。《1956—1967 年科学技术发展远景规划》专门设立“重大理论问题”作为一项重点任务,规划开展“短期内还不能在生产上广泛应用,但是它具有重大的科学价值”的项目研究。根据这一超前部署,中科院培养了一批中青年业务骨干,成立了多个按学科领域设置的研究机构,许多世界新兴学科在中科院得到重点布局并逐步形成了研究力量。

这一时期中科院的基础研究为“两弹一

星”等国防科研和众多经济建设领域提供了大量的人力、实验设备和理论支持,起到了战略性的关键作用。在原子弹和氢弹研制中,中科院理论物理学家进行了原子弹设计中的机理研究和热核材料性能及热核反应机理的探索性研究。在我国第一颗人造卫星研制中,解决了“初轨测定及轨道精化方法”和“卫星轨道倾角”两大难题,为人造卫星上天做出了重要贡献。

1.3 1966—1980:中国基础科学研究薪火传递者

1966 年 5 月,“文化大革命”开始。中科院是 10 年“文革”的“重灾区”,科学研究工作尤其是基础研究遭受了严重干扰和浩劫。尽管如此,中科院科学家仍以强烈的责任心和追求科学真理的热忱,在艰苦环境中开展基础研究工作,为“文革”结束后我国基础研究恢复重建发挥了一定作用,使我国基础研究得以薪火相传。

中科院集中高能物理研究力量,成立专门研究所,开展了高能加速器预制研究。为配合我国航天事业发展的需要,兴建或扩建了中科院陕西天文台、北京天文台兴隆观测站和云南天文台,这些机构的建立也为天文学研究提供了更精确的观测手段。

1978 年全国科学大会后,基础研究领域率先得到全面恢复和发展。中科院组织了 1 200 多位科学家,迅速制定出《1977—1985 年全国基础科学发展规划》。中科院主持开展的高能加速器、重离子加速器和大型受控热核反应堆等国家重大科学工程相继启动。以基础研究为主的国际合作迅速开展。中科院率先选拔优秀人才出国进修和留学,并花费了相当力量培养硕士、博士研究生。这些新生力量后来成为了我国基础研究承前启后、继往开来的中坚力量。

① 《中国科学院》编辑委员会. 中国科学院,当代中国丛书. 北京:当代中国出版社,1994,63

1.4 1981—1997:中国基础研究事业的改革先行者

1981年初,中科院提出了“侧重基础,侧重提高,为国民经济和国防建设服务”的办院方针。“侧重基础”进一步明确了中科院加强基础研究和应用基础研究的基本任务。在此方针指导下,中科院进行了基础研究运行机制和管理体制的一系列改革探索。

1984年,率先建立了面向全国“中国科学院科学基金”,为国家自然科学基金的启动进行了有益的探索。1985年,率先实施开放研究所和开放实验室制度,积极探索建立新型基础研究运行机制,并于1986年建成了我国第一个国家重点实验室。

青年科学家是基础科学研究的骨干和希望。为促进他们成长,中科院在国内率先实施了一系列改革措施。率先试行博士后制度、首次设立中科院青年科学基金、首次实施优秀青年科技人才晋升职称“特批”制度、首次设立中科院青年科学家奖、首次建立青年实验室制度。

1987年,中科院确立了“把全院主要力量动员和组织到为国民经济和社会发展服务的主战场,同时保持一支精干力量从事基础研究和高新技术创新”的办院方针。在科技布局上,中科院仍有相当力量从事基础研究和高新技术创新,不断夯实和充分发挥基础研究对我国科技事业发展的基础和引领作用。

1.5 1998年至今:中国基础科学研究创新领跑者

中科院作为国家战略科技力量,拥有一支高水平的基础研究队伍,具有长期的学术积累。自1998年实施知识创新工程以来,在凝练和提升科技创新目标的基础上,对基础研究进行了较大幅度的结构调整,整合组建了数学与系统科学研究院、国家天文台、合肥物质科学研究院等研究机构。

基础研究的论文数量持续快速增长、质量显著提升,解决经济社会发展中关键科学技术问题的能力得到极大增强。

知识创新工程期间,中科院坚持面向世界科学前沿,瞄准重大科学问题,开展长期探索性研究,在重要基础研究领域取得了一批原始科学创新成果,受到世界科学界的广泛关注。通过部署重大项目 and 方向性项目,中科院在纳米科学、量子信息学、金融数学等新兴学科领域,取得了从无到有、由弱到强,迅速发展。

这一期间,中科院基础研究运行环境和支撑条件建设得到了大力加强和不断完善。通过承担上海光源、大天区多目标光纤光谱望远镜、北京正负电子对撞机重大改造工程、兰州重离子加速器冷却储存环、合肥超导托卡马克装置、合肥同步辐射二期改造工程等建设项目,构建了依托大科学装置的综合研究平台,极大地推动了与我国中长期发展目标紧密相关的、具有战略意义的学科领域研究。

中科院在基础研究创新文化方面发挥了中坚作用。中科院历来倡导宽松民主、求真探源的科学研究作风,积极营造有利于原始性创新的文化环境。中科院采取了一系列措施,支持交叉科学项目研究和建立交叉科学研究基地,大力推动不同学科、不同学术思想、不同学派间的交流。

2 中科院基础科学研究对我国科学事业的引领作用

2.1 积极参与制定我国科学技术发展规划

制定科学技术长远发展规划对我国配置科技资源、组织科技活动发挥着重要的作用,对于总体指导基础科学研究、学科调整和重大研究设施等需要长期稳定支持的工作尤其具有重大意义。我国先后制定了8次科技发展规划,中科院组织大批优秀科学家

参与了历次规划的制定工作,为我国基础研究的可持续发展做出了重大贡献。

1956年制定的《1956—1967年科学技术发展远景规划》是新中国的第一个科学技术长远发展规划。中科院集中了400多名科学家参与此次规划制定工作。他们基于二战后国际基础研究的最新进展和我国社会主义建设的战略需求,前瞻性地提出了一系列急需填补空白或急需大力加强的基础研究领域,这些建议得到国家采纳后为我国基础研究事业的后续发展产生了深远影响。

1963年制定的《1963—1972年科学技术规划纲要》确定了“自力更生,迎头赶上”的科学技术发展方针。中科院组织科学家分别参加国家科委和国防科委两大系统的规划工作。中科院还会同教育部组织900多位科学家编制完成《全国基础科学和技术发展规划》,进一步凝练了基础研究的优先发展领域,并采取项目、人才和基地相结合的措施予以落实。

1978—2005年,我国先后制定了5个科技规划,全面贯彻党中央、国务院关于“科学技术必须面向经济建设,经济建设必须依靠科学技术”的科技体制改革基本方针。广大科学家以高度的热情和责任感,积极参与规划制定工作,探讨基础研究学科领域、研究机构与重点项目的统筹部署,致力于不断优化学科布局和持续提高基础研究水平。

2006年颁布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》对全面建设小康社会背景下的科学和技术发展做出了总体设计。中科院作为国家知识创新体系的核心和国家科学思想库,为这一规划的研究制定与实施做出了重要贡献。在基础研究方面,中科院组织优秀科学家,积极参与量子调控、纳米、蛋白质和发育与生殖研究等国家重大科学研究计划的论证与实施工作。在

基础研究的前沿领域、大科学装置、学科交叉、国际合作、人才培养和成果评价等方面提出了一系列政策建议,为我国基础研究可持续发展建言献策。

2.2 建成了一批代表我国综合科技实力的大科学装置

20世纪科学发展的一个重要特征是大科学装置的出现。大科学装置是科技发展的重要基础条件,是国家科学技术水平和综合实力的重要体现,也是提高国家竞争力的重要保证。为了在国际竞争中保持优势,抢占世界科技的制高点,发达国家高度重视大科学装置的建设及依托于它的科学研究。

我国大科学装置的发展,经历了从无到有、从小到大,从学习跟踪到自主创新的过程,对我国科技进步和社会发展的作用越来越明显。20世纪七八十年代,大科学装置仅应用于粒子物理与核物理、天文学等领域。90年代以来,大科学装置逐步发展为服务于多学科的平台型公共研究装置和公益型科技设施。

中科院一直是我国大科学装置建设和运行的主要力量,已经建成并投入运行、正在建设和即将建设的大科学装置共20余项,占全国总量的80%以上。中科院已有8个大科学装置在运行之中,包括用于高能物理、重离子物理、等离子体物理、天文望远镜等专用研究装置,也为多学科领域的基础研究、应用基础研究和应用研究服务的同步辐射公共实验平台,以及遥感卫星地面站、长短波授时台、遥感飞机等公益基础设施。

中科院大科学装置的成功运行极大地提高了我国在相关基础研究前沿领域的国际地位和战略高技术的研发能力。北京正负电子对撞机使高能所成为世界8大高能加速器中心之一,完成重大升级改造后,将在世界同类型装置中继续保持先进地位。兰州

重离子加速器使我国跻身于国际重离子物理研究先进行列,扩建的重离子冷却储存环将进一步保持和提升我国在该领域的国际先进地位。EAST 全超导托卡马克装置是国际上第一个全超导装置,使我国在核聚变能的研究领域处于国际前沿,得以在国际热核聚变实验堆(ITER)合作计划中占据重要地位。上海光源是一台各项指标位居国际前列的第三代中能同步辐射装置,它为多学科交叉的前沿研究和高新技术发展带来了前所未有的新机遇,将为提升我国的综合科技实力做出不可替代的重要贡献。

中科院大科学装置为众多的前沿科学研究提供了先进的、不可替代的实验平台。同步辐射装置能够提供从 X 射线到真空紫外宽波段的强辐射光,为生命科学、材料科学、资源与环境科学、纳米科技、医学与药学、化学化工、微细加工等众多领域提供实验研究手段。自行设计研制的 LAMOST 天文望远镜等大型天文设施,将为我国乃至世界天文学研究提供高水平的观测手段和研究平台。

中科院大科学装置带动了我国高新技术的自主创新和高技术产业的发展,如高精度加工、精密测量、自动控制、磁铁、超导、电源、高频、微波、超高真空等,直接促进了相关企业的技术进步和新产品开发以及开拓国际市场的能力。

中科院大科学装置为国家科技人才培养做出了重要贡献。通过大科学装置的建设、运行利用和发展,中科院为国家培养和造就了一支颇具实力的工程技术、科研和管理队伍,其中不乏专业领域的拔尖人才和国际上有影响的科学技术专家。

当前,国际上许多拥有大科学装置的研究机构从最初的单一学科研究逐渐发展成为多学科研究;从单一从事基础研究发展为

同时从事应用高技术研究,并随着大科学装置的建设和聚集,进一步发展成为依托设施或设施群的国家大型综合研究中心。中科院现有及拟建的大科学装置大多集中在合肥、上海、北京、兰州、广东等地,并具有了覆盖全国的天文观测与研究网络,为形成依托大科学装置的大型综合研究基地奠定了良好的基础。

2.3 造就了一大批拔尖的基础科学研究人才

建国初期,中科院吸引了一批留学海外的顶级科学大师加盟,如核物理学家赵忠尧、钱三强,数学家华罗庚,物理学家严济慈、葛庭燧,力学家钱学森等,他们也负责组建了中科院的相关研究所,如华罗庚任数学所所长;钱学森任力学所所长;严济慈和钱三强任近代物理所(后改名原子能所)所长和副所长;赵忠尧先后任物理所、原子能所、高能物理所副所长等,他们作为我国各学科领域的奠基人,为国家经济建设、社会进步和国家安全做出了重大贡献,并培育了支撑我国科技事业发展的拔尖人才队伍。

“两弹一星”的研制成功,是中华民族为之自豪的伟大成就。党中央、国务院、中央军委对当年为研制“两弹一星”做出突出贡献的 23 位科技专家予以表彰,其中,在中科院工作过的就有 16 位:他们是王大珩、于敏、王淦昌、邓稼先、朱光亚、吴自良、陈芳允、陈能宽、杨嘉墀、周光召、赵九章、钱骥、钱三强、钱学森、郭永怀、彭桓武。他们是老一辈科技工作者的杰出代表。

从建院初期到知识创新工程,中科院始终把培养和吸引拔尖人才作为推动基础科学研究发展的一项战略性工作,拔尖人才脱颖而出,培养和造就了一大批活跃在世界科学前沿的优秀学科带头人,成为科技创新的中坚力量。例如目前,中科院数学与系统科

学研究院有两院院士 17 人, 国家杰出青年基金获得者 54 人, 国家基金委创新研究群体 5 个; 中科院物理所有两院院士 13 人, 中科院“百人计划”入选者 46 人, 国家杰出青年基金获得者 40 人, 国家基金委创新研究群体 7 个; 中科院化学所有两院院士 8 人, 中科院“百人计划”入选者 45 人, 国家杰出青年基金获得者为 36 人。

近年来, 中科院基础口向国家各部门输送了不少的“帅才”和“将才”。如原中科院基础局局长张杰院士现任上海交通大学校长, 中科院物理所张泽院士现任北京工业大学副校长等。中科院化学所的优秀人才先后出任了国家各级领导, 如原北京市副市长白介夫, 原科技部部长朱丽兰, 原科协党组书记鲍亦山等。

截至 2007 年底, 中科院共有中科院院士 267 人, 占院士总数的 38%; 国家“973”项目首席 150 人, 占总数的 39%; 基金委杰出青年 624 人, 占总数的 34%, 其中数学学部 120 人, 占总数的 40%; 化学学部 101 人, 占总数的 41%; 中科院共有国家基金委创新群体 80 个, 占总数的 48%。

2.4 不断创新科研项目资助模式

2.4.1 推动了国家自然科学基金会的诞生

1981 年 89 位中科院学部委员致函党中央、国务院, 建议设立面向全国的自然科学基金, 以资助全国的基础研究。党和政府高度重视, 很快批准了这一建议。中科院成立了科学基金委员会, 这标志着以宏观引导、自主申请、平等竞争、同行评审、择优支持为特点的科学基金制开始在我国试行。

中科院科学基金自 1982 年开始受理项目申请, 经各学部组织同行评议, 至 1986 年共资助项目 4 424 项, 资助总金额 1.72 亿元, 其中中科院仅占资助金额的 14.6%, 高

等院校占 74.8%, 有力地支持了我国的基础研究, 为我国基础研究管理体制的改革进行了积极探索, 为推行国家的基金制提供了直接经验, 奠定了良好的基础。

1986 年, 根据中共中央、国务院的决定, 国家自然科学基金委成立, 全部经费和已批准的资助项目全部转入国家自然科学基金的渠道。

2.4.2 创新项目资助模式

依据基础研究的特点, 积极探索项目部署的新途径和新方式。

(1) 院级项目。在实施创新工程过程中, 中科院基础研究形成了领域前沿项目、重要方向项目、重大项目 (或项目 CLUSTER) 三个层次项目相互衔接的院科技项目体系。领域前沿项目侧重新增长点培育, 重要方向项目侧重提升竞争优势, 重大项目侧重解决重大科技问题。

根据基础研究具有突出的前瞻性、探索性和较高风险性的特点, 对一些孕育重大突破的前沿方向, 按项目 CLUSTER 的形式进行组织, 在重大前沿领域凝练科学目标, 系统部署重要方向项目, 形成基础研究的重大计划项目群, 解决重大科学问题。

(2) 科技部、基金委、中科院共同支持重大国际合作项目的新模式。建立了科技部、基金委与中科院经过协商取得共识的重大国际合作项目共同资助机制, 实现了 3 部委资源有效集成支持重大国际合作项目的支持模式。

(3) 基金会、中科院设立大科学装置联合基金、天文联合基金。设立联合基金的目的是通过国家自然科学基金评审、资助和管理系统, 面向全国高校和科研机构, 利用中科院已建成的国家大科学装置研究平台, 促进院内外的科研人员有效地利用这些设施开展研究, 充分发挥大科学装置的效能。

2.5 国内外开放合作

中科院始终重视开放、交流与合作在推动基础科学研究发展和提升科研水平中的作用。在国内,建立了香山科学会议平台,积极促进高水平的学术交流。

香山科学会议是由科技部(原国家科委)发起,在科技部和中科院的共同支持下于1993年正式创办的。香山科学会议的宗旨是为创造宽松学术交流环境,弘扬学术民主,面向科学前沿,面向未来,促进学科交叉与融合,推进整体综合性研究,启迪创新思维,促进知识创新。16年来,香山科学会议在科技部、中科院及中科院学部、中国工程院、国家基金委、教育部、解放军总装备部和国防科工委等理事单位的资助和领导下,已成功组织了345次学术讨论会和10次特殊序列会议。形成了以学术平等,自由思考和自由讨论为特色,激励和保护学者自由地、不受干扰地发表自己的学术观点的场所。香山科学会议在为国家科技计划的组织实施及创新思想的催生等方面起到了积极的推动作用。

中科院建院后把国际合作交流放到了重要位置。1951年,中科院就派出了第一批10名留学生到苏联学习。1978年1月,中科院派出了高能物理所和中国科技大学的10名中年科技人员到德国汉堡电子同步加速器中心工作,这是我国“文革”后派出的第一批从事科技进修的研究人员,开启了中科院基础研究国际合作的新局面。80—90年代中期,中科院主要以学习国外先进科技为主,表现为“走出去”,“请进来”;到了90年代以后,发展为依靠我国某些优势领域开展的国际合作;实施知识创新工程以后,中科院科研实力迅速提高,基础研究的国际合作进入了新的阶段:以我为主或共同探索国际科学最前沿的国际合作成为主流。

近年来,中科院开展了一系列基础研究重大国际合作项目,如中日、中意合作羊八井宇宙线观测项目;大亚湾反应堆中微子实验项目;RHIC-STAR核物理实验项目;国际反质子与离子加速器(FAIR)项目;大型强子对撞机LHC和国际热核聚变实验反应堆(ITER)计划等。

这些国际合作项目的实施体现了我国基础科研水平并提升了我国在相关领域的国际地位。

今后,中科院仍将坚持开放、交流与合作,有选择地支持、参与乃至引领一批重大国际合作项目,为不断提升我国的基础研究水平,为世界的科技发展做出我院应有的贡献。

3 中科院基础科学研究的重大贡献

60年来,中科院科学家多次获得国家各种重要奖项。建国至今,我国共评选出国家自然科学奖一等奖31项,其中中科院获得18项,占总数的58%。

据教育部学位中心“2008年全国学科评估结果”,中科院数学、物理、化学3个一级学科均排名全国第一,充分体现了中科院基础科学研究在全国的引领作用。

在论文发表方面,2001—2008年,中科院在国际知名学术期刊*Nature*和*Science*上共发表论文262篇,占中国大陆(不含香港)总数的56%。

2008年中国大陆科研机构在*PRL*发表论文的第一名是中国科技大学(66篇),第二名是物理所(39篇)。

2008年中国大陆科研机构在德国化学学会*ACIE*和美国化学学会*JACS*上发表文章最多的单位是化学所(共33篇)。

3.1 数学

自1952年中科院数学所成立以来,中科院的数学家在数学与系统科学的理论研

研究和实际应用方面不断创新,为我国的数学发展做出了卓越贡献。50多年来仅获得各种科技奖励就有500余项(含国际奖励和荣誉20余项),其中包括国家最高科技奖1项,国家自然科学奖一等奖4项;20余位科研人员在约40个国际重要学术组织任职。

吴文俊开创了崭新的数学机械化领域,提出了用计算机证明几何定理的“吴方法”与方程求解的“吴消元法”,被认为是自动推理领域的先驱性工作,并因此获2001年度国家最高科技奖。

获得的4项国家自然科学奖一等奖包括:典型域上的多元复变数函数论(华罗庚,1956,开辟了典型群的调和分析的研究。该项工作处于当时国际领先水平,载入数学史册);示性类与示嵌类的研究(吴文俊,1956,引进的示性类和示嵌类被称为“吴示性类”和“吴示嵌类”,这些示性类之间的关系式——“吴公式”是50年代前后拓扑学的重大突破之一);哥德巴赫猜想研究(陈景润等,1982,对数学中该猜想做出重大贡献,至今保持着领先地位。陈景润科学探索的精神影响了中国一代年轻人);哈密尔顿系统的辛几何算法(冯康等,1997,继独立于西方创始有限元方法之后,又首次在国际上提出并系统发展了哈密尔顿系统的辛几何算法)。

四年一度的国际数学家大会,是全球最高水平的数学学术会议。能受到国际数学家大会邀请做学术报告,是一个数学家的研究工作享有国际声誉的标志。迄今中科院的数学家已有8人受邀在国际数学家大会上做邀请报告。

中科院数学工作者始终密切关注数学发展的国际趋势,勇于开拓前沿领域,在国内率先发展并引领了一些新兴学科的研究,如现代控制理论、运筹学、数学机械化等。

中科院数学工作者对国民经济与国家

安全等也做出了全方位的贡献。华罗庚在我国组织推广和应用“统筹法”与“优选法”,取得了丰硕成果,获得了显著的经济效益。王元、方开泰等首创的均匀试验设计理论与方法,已形成一个新的研究方向及中国学派,并在诸多领域得到广泛应用。关肇直等圆满完成了轨道测量和选择两大任务,为我国卫星的定轨工作奠定了良好基础。陈锡康等创立的以投入占用产出为核心的预测方法,连续多年预测全国粮食产量取得巨大成功,平均预测误差为1.9%,预测效果远好于欧美。冯康独立于西方创始有限元方法,提出并系统发展了哈密尔顿系统的辛几何算法,为解决刘家峡大坝设计中的计算问题提供了理论根据。

3.2 物理

近年来,随着科技的快速发展和交叉学科的不断出现,物理学极大促进了纳米科学、信息科学、生命科学、量子信息等新兴学科的发展,这些新兴学科也为物理学注入了新的活力。

60年来,中科院的物理学研究突飞猛进,取得了大批的成果,有的已列居世界前列。

以超导材料、量子通信为代表的前沿学科领域取得原创性成果,显著提升了我国基础研究水平和国际影响。超导现象被称为20世纪最伟大的发现之一,中科院在超导研究领域进行了多年的积累,在80年代末的铜氧超导竞赛中,物理所以科研会战的模式取得了世界领先成果,成功合成了起始温度高于100K,中点温度为92.8K的钇钡铜氧超导材料,在超导学研究中留下了光辉的一页。该成果于1989年获国家自然科学奖一等奖。2008年,一种具有全新机理的铁基超导材料的发现,被列为美国*Science*杂志2008年度十大科学进展。中科院物理所的3

个研究组和中国科技大学在短时间内分别制备出铁基超导材料,并很快将材料的临界温度提升至 55K 以上的国际记录,在机理研究方面也取得了一系列开创性进展,引起了全世界的高度关注。美国 *Science*、*Physics Today* 等杂志相继报道,并给予高度评价。在这场铁基超导竞赛中,中科院跻身于世界前列。

量子信息科学已经成为物理学和信息科学领域最活跃的研究前沿之一,势必会推动整个信息产业的技术革命,对国家信息安全具有重大的战略意义。中国科学技术大学在量子信息技术、量子通信、量子计算、量子模拟、冷原子量子存储等方面取得了一系列国际领先的原创性成果。至今,已经在 *Nature*、*Nature Physics*、*PRL* 等 3 个重要学术刊物上发表论文 40 余篇,研究成果曾多次被欧洲物理学会和美国物理学会评选为年度物理学重大进展,5 次被两院院士评选为“中国十大科技进展新闻”,成为该领域的主要领跑者。

以钕铁硼永磁材料产业化为代表的物理学成果直接促进了国民经济的发展。1984 年,中科院科学家成功研制开发出了稀土钕铁硼永磁体,性能指标超过美国,处于世界领先水平,引起了国际磁学界的轰动,并在 1988 年获得国家科技进步奖一等奖。中科院高度关注这一成果对产业界的辐射,1985 年,在中科院及物理所的直接支持下成立了三环公司。今天已成为全球第二大钕铁硼磁性材料制造商。稀土钕铁硼材料已经渗透到国民经济的各个领域,小到音响、手机、影碟机,大到汽车、机电设备、磁悬浮列车等,钕铁硼永磁材料发挥了重要的作用。

3.3 化学

中科院的化学研究在我国基础科学研究中占有举足轻重的地位。经过几代人的努

力,由建院之初的有机化学和物理化学两个二级学科、四个研究机构,发展成为目前学科齐全,综合性强,在基础与应用有着深厚积累的 15 个化学研究机构。据 *ESI* 的统计,1997—2006 年中科院发表化学方面的论文 27 198 篇,发文量和总被引频次现已分别居国际前 1% 科研机构的第一位和第二位,表明中科院化学基础研究的产出率呈现良好的发展态势,在国际上的学术影响不断提升。目前,很多国际著名的化学期刊均有中国编委。

知识创新工程的实施,有效地促进了中科院化学科学的自主创新和跨越式发展,基础研究成果受到国内外学术界的广泛关注,产生了重要影响。2000 年至今,中科院化学学科获得国家自然科学奖一等奖 1 项,二等奖 23 项,占整个化学奖项的 53% 以上。其中“物理有机化学前沿领域两个重要方面——有机分子簇集和自由基化学的研究”是 1997 年后在化学领域的唯一的国家自然科学奖一等奖;在化学反应量子过渡态及共振态动力学研究领域,解决了一些国际公认的科学难题,相关成果数次发表于 *Science*、*Nature*,于 2006 年和 2007 年两次被评为中国十大科技进展新闻;在分子科学前沿,功能材料领域取得了一批重要成果,2008 年国际著名期刊 *Advanced Materials* 为中科院化学所的前沿工作出版了专集,这是该学术期刊首次为一个独立科研机构出版学术专刊。

同时,中科院化学研究面向国家战略需求,为国民经济和国防建设做出了不可或缺的重要贡献。如化学所成功开发的丙纶细旦丝,使我国丙纶制造技术跻身世界先进水平,1989 年获国家科技进步奖一等奖;福建物构所相继推出的新型非线性光学晶体 BBO、LBO,被国际上誉为“中国牌”晶体;催

化作用是现代化学工业的基础,化学所新型醋酸催化剂相关专利获中国专利局与世界知识产权组织联合颁发的中国专利金奖;纳米科技的发展为在原子、分子水平上认识和调变催化过程提供了一条可行的途径,福建物构所在系统研究纳米化的异相催化剂的基础上,进一步与工业界联手,成功实现了世界首创万吨级“煤制乙二醇”工业化示范,将对我国的能源和化工产业产生重要影响。

3.4 天文

60年来,中科院天文事业在3大方面取得了历史性的进步。

天文学观测研究方面,中科院天文口在宇宙物质分布、暗物质粒子性质、星系形成与演化的数值模拟、银河系磁场的测量、银河系化学演化以及太阳活动机理研究等前沿领域做出了一系列具有国际影响的工作,特别在暗物质和宇宙大尺度结构领域的一系列工作,如:2008年发现宇宙电子谱在高能段超过理论预计,可能成为人类第一次发现暗物质粒子湮灭的证据;利用数值模拟和观测统计方法揭示星系和宇宙大尺度结构的形成和演化特性以及描述暗物质质量的物质分布和演化规律的研究工作获得很高的科学论文引用率;利用引力透镜效应并结合高能X射线等观测资料研究暗物质在宇宙中的分布,揭示了宇宙中最大的引力束缚体星系团内部的物质层次和结构等等。这些大多产生在近10年的工作使我国现代天文学研究的国际影响达到了前所未有的高度。

在天文重大观测装置建设和技术发展方面,以太阳磁场望远镜、2.16m望远镜、LAMOST以及即将开工建设的FAST为代表的天文望远镜,彻底改变了我国无能力研制大中型现代天文望远镜的历史,尤以集多项技术创新为大成的LAMOST最为突出,它的建成,使我国成为少数几个掌握了现代

大型天文望远镜建造技术的国家之一。

中科院在天文学服务国家重大科技工程和国家空天安全方面成果卓著;通讯卫星导航系统概念创新和工程的阶段性实施以及应用领域的开拓奠定了其在国家导航重大专项中的地位;探月工程地面应用系统的建设以及运行任务的顺利完成、实时VLBI技术研发并成功应用于探月卫星测定轨系统和空间目标与碎片观测研究以及系统建设等成就,体现了中科院天文口在国家重大工程和应用领域不可替代的作用。

展望未来,开辟空间天文、南极天文以及参与地面30米光学/红外望远镜国际合作,将为我国天文学开辟更为广阔的发展前景。

3.5 力学

以钱学森、郭永怀为代表的中科院老一代力学工作者,曾经为我国的火箭、导弹、人造地球卫星的关键技术研究做出了重要的、开创性的工作。知识创新工程以来,中科院力学科研人员继续发扬“两弹一星”精神,坚持两个面向,不断拓展力学研究的新领域,科研工作取得新进展。

聚焦固体的强化及灾变等核心力学科学问题,开展微尺度力学和跨尺度关联研究,建立了热塑剪切带理论和微损伤演化致灾变的统计细观力学方法,建立了可压缩塑性应变梯度理论和适合该理论的有限元方法等,取得了具有重要国际影响的成果;在国内率先开展高超声速的基础理论与技术研究,建成了世界上第一座激波反射型正向爆轰驱动风洞和我国第一座用于超燃冲压发动机模型实验的高超声速推进实验装置,为我国开展高超声速飞行研究奠定了重要基础;建成了在国际上有重要影响的国家微重力实验室,开展微重力科学研究;建成了国际一流水平的110米高的微重力落塔;在

“神舟 4 号”飞船上成功地进行了“微重力环境下液滴的热毛细迁移”实验。

3.6 大科学工程

中科院大科学工程基础研究始终坚持两个面向,显著提升了我国自主创新能力,为经济建设、社会可持续发展提供了科学支撑。

大科学工程在众多前沿学科领域取得大批原创性成果,在国际上占据了重要的一席之地。例如,北京正负电子对撞机取得了以 τ 轻子质量精确测量、R 值精确测量为代表的、具有重要国际影响力的成果;北京谱仪在实验中观测到一个新粒子 X (1835),对相关理论的发展具有重要的意义。近 10 多年来,近代物理所在 5 个核区首次合成和研究了 25 种新核素特别是两种超重新核素,使我国跨入该领域国际前列。等离子体所利用 HT-7 和 EAST 装置,开展了对受控核聚变前沿物理问题的探索性实验研究,将为未来稳态、高效的商业聚变堆提供物理和工程技术基础,同时在将等离子体技术应用于生物、环境等方面,取得了重要进展。

大科学装置面向国内外开放共享,为多学科的交叉研究提供了强大的支撑。例如,北京同步辐射装置和合肥同步辐射装置每年支持国内外上百家科研机构的课题研究,近年来在 *Nature*、*Science* 等杂志上发表了一批具有重大国际影响力的成果:菠菜捕光膜蛋白结构测定确定了第三种具有光合作用功能的膜蛋白结构;SARS 病毒主蛋白酶结构测定有助于揭开 SARS 病毒的秘密;燃烧实验中首次发现一系列不完全氧化过程的重要中间体——烯醇,对燃烧化学研究带来深远影响;贵州瓮安前寒武纪具极叶结构的磷酸盐岩胚胎化石的研究结果,填补了达尔文生物演化链条中缺失的一环;获得了第一个细菌效应蛋白 AvrPto 和植物中对应的

抗性蛋白 Pto 的复合物晶体结构;进行的化学反应动力学研究,证明了波恩-奥本海默近似在 F+D₂ 重要化学反应中失效。

大科学工程基础研究与国家战略需求结合,对与国家经济、社会发展相关的关键技术起了引领、带动和辐射作用。例如,为满足高能物理国际合作的要求,高能所于 1986 年建成了我国第一条国际计算机通讯线路,率先进入国际互联网,为我国信息高速公路的发展做出积极贡献。20 世纪 90 年代初,又率先应用和推广了 WWW 网页。通过粒子物理的国际前沿实验研究和大科学装置建设,开发了大量高技术(如超导、低温、真空、微波、精密磁铁制造等),并将许多高新技术应用和拓展到核医学仪器、无损检测、环境保护、食品辐照加工等领域。高能所基于加速器技术的工业 CT,无损地展示被检测物内部结构及缺陷状况,广泛应用于材料、航天航空、军工、国防等产业领域。近代物理所在重离子束治癌临床试验方面取得重大进展,目前已治疗 100 多例手术、化疗、常规放疗无效或复发的浅层肿瘤患者,疗效显著,最近又成功地实现了深层肿瘤重离子治疗。上海应用物理所研制成功了烟气净化用超大功率电子加速器示范应用的系列样机,建立了碱性氧化物超细粉末节能脱硝技术新工艺。

国家授时中心的长波授时台和短波授时台,守时授时体系取得新进展,开辟了卫星导航新领域。

3.7 纳米科技

纳米科技是未来新技术发展的重要源泉之一,是提升国家未来核心竞争力的重要手段之一,也是支撑形成新经济增长点的技术之一。我国是世界上最先开展纳米科技研究的国家之一。1985—1995 年期间,中科院就开始纳米科技研究的前瞻布局,逐步形成

综合优势,使中科院在纳米科技研究中一直处于非常重要的地位。2003年,中科院与北大、清华共建的“国家纳米科学中心”正式成立,使中科院及相关研究单位初步具备了向纳米科技高峰攀登的基础。

现在中科院纳米科技领域的研究力量已占全国的1/3以上,在国际上已产生了较大的影响。近年来,在纳米科技研究领域取得了一批原创性的成果。如物理所发明的定向生长碳纳米管阵列的方法(*Science*, 1996),被国际列为生长碳纳米管的4种主要方法之一;金属所首次观察到纳米铜在室温下具有超塑延展特性(*Science*, 2000),成果入选2000年“中国十大科技进展新闻”;中国科技大学实现了对单分子磁性的控制(*Science*, 2005),化学所系统发展了扫描隧道显微镜(STM)技术,实现了对单分子及纳米结构的调控(*Acc.Chem. Res.*封面论文)。

创新工程三期以来,中科院进一步加强了中科院纳米科技的研究与开发,组建了纳米创新基地。充分发挥基地作用,突破局、所限制,积极部署重大、重点项目,重点瞄准纳米材料在能源、环境以及人口健康领域的应用,取得了一批有影响的成果。如纳米科学中心开发的纳米复合材料在电力防污闪上显示了良好的应用潜力,得到国家电网的高度评价;化学所提出了微/纳结构导致亲/疏水性可控转换、制备出“开关”材料(*Nature*, 2004),在此基础上,实现了纳米材料的直接打印制版。该技术彻底省去了目前制版技术中必不可少的感光环节,简化了制版工艺,大幅度减少了污染并降低了成本。这一自主创新的绿色制版技术的成功研发,有望使印刷业“告别污染,走向光明”。

此外,中科院推动中国作为ISO/TC 229的发起国,2005年在国际上率先公布了《纳米材料术语》等7项国家标准,确立了我国

在国际纳米标准方面的优势地位。

4 对发展基础科学研究的体会与思考

中科院基础研究60年充满了坎坷,自改革开放,特别是“知识创新工程”以来,基础研究取得了跨越式发展,初步实现了从跟踪向原始性创新、从量的扩张向质的提高的转变,取得了一批重要的成果,若干领域已进入国际前列,显著地提高了中科院基础研究整体水平,牢牢地确立了中科院在我国基础研究领域的“火车头”和“科技国家队”的地位。从中我们深刻体会到:

4.1 必须从建设创新性国家的战略高度认识基础研究的重要性

加强基础研究是提高我国原始性创新能力、积累智力资本的重要途径,是跻身世界科技强国的必要条件,是建设创新型国家的根本动力和源泉,从这个意义上来说,加强基础研究本身就是国家重大需求。一个没有原始创新能力的民族必然沦为落后的民族,“基础研究是科学的资本”,一个没有基础研究做坚强后盾的国家必然是科学上的弱国。党和国家历来高度重视并大力推动基础研究工作,逐年加大对基础研究的投入。遵照党中央、国务院的指示,中科院始终十分重视基础研究,深化对基础研究是经济社会发展先导,是国家发展和安全的重要基础的认识。采取了一系列有力措施支持基础研究,组织制定和实施各类基础研究计划,加强学科合理布局,改善研究环境,培育一支稳定的、富有创新精神的基础研究队伍,使中科院成为我国基础研究的主力军。

4.2 必须大力加强创新型人才的培养

人才是科学技术创新之源,基础研究是人才培育的摇篮。中科院始终把创新型人才培养作为推动基础研究发展的一项战略性工作,把发现、培养、使用、凝聚优秀人才作为一项重要任务。坚持以创新价值为准绳稳

定支持高水平的研究队伍,以创新实践为载体培育创新人才。采取一系列有效措施,稳定国内人才和吸引海外人才相结合、促进个体成长和培育创新团队相结合,大力培育学风正派、摒弃功利、勇于探索的“拓荒者”,为面向世界科学前沿和面向国家重大需求的重要领域提供源源不断的智力支持和人才保障。

4.3 必须坚持两个“面向”的指导思想

目前,我国正处于工业化、信息化、城镇化、市场化、国际化这“五化”的关键时期,历史的重任要求我们要将发展方式向科学发展的方向转变。在这个阶段,基础研究对科技、经济和社会发展的作用将更为显著,基础研究的每一个重大突破,都会促进今天的科学前沿发展,孕育明天的新型产业技术,支撑未来的国家整体科技实力。因此我们必须面向世界科技前沿,坚持战略性、前瞻性的部署,争取在若干领域的国际竞争中有所突破;同时也要面向国民经济和国家安全的重要领域,解决发展中的关键和瓶颈问题。我们必须加快自主创新,必须从基础研究抓起,向科学前沿突破,不断形成新思想、新理论、新工艺,为应用研究和技术开发提供源泉,促进基础研究科技创新、科技成果转化、高技术产业化三者相互依托、相互支撑,从而增强我国科学技术和经济持续发展的能力。

4.4 必须遵循基础研究的科学规律、营造良好的创新环境

基础研究的研究对象、方法及形式与应用研究和技术开发都有所不同,只有认识其科学规律才能正确引导其发展。

我们深刻认识到基础研究具有“双力驱动”的特征,即受其科学自身发展不断拓展、深化的内部需求推力和经济社会发展需求的拉力。要正确处理自由选题和发挥导向作用之间的关系;深刻认识基础研究难以预测、风险性强等特点,大力营造鼓励探索、宽容失败的创新环境。弘扬坚持真理、勇于创新的科学精神,营造摒弃浮躁、安心研究、努力探索的科研环境。维护科学道德、遏制不端行为,培育和呵护中科院基础研究健康、持续发展。在实践中不断完善基础研究的评价标准,用科学发展观指导科技活动,促使科研人员有更多的时间投入到创新研究中。

展望未来,人类对于自然的认识和好奇心是没有止境的,人类对于创造更加美好生活的希望是没有穷尽的,而人类面临的资源是有限的,地球环境的承受力也是有限的,面对这些有限与无限的矛盾,对科学技术的需求显得比以往任何时候都迫切。我们只有不断激发人类的极大的创造力才能解决制约社会进步和繁荣中出现的问题,来迎接和挑战新的科技革命。加强基础研究是迎接挑战的必然选择,也是实现国家创新战略的重要步骤。

我们必须进一步加深对基础研究战略重要性和其新时代特征的认识,采取更加有效的措施,进一步优化基础研究布局,制定和实施基础研究的战略性计划,完善和建设中科院基础研究基地,进一步推进科学与技术的互动发展,促进原始创新能力和科技综合实力的持续提升,推动多学科、多领域的协调发展,进而实现中科院基础科学研究的全面协调可持续发展。