

我国基础研究原始性创新能力的现状及提高对策

Present State and Problems on China's Original Innovation in Basic Research and Their Solutions

束义明 陈敬良

(上海理工大学管理学院 上海 200093)

基础研究是科学之本、技术之源,是推动科学发展和技术进步的强大动力。当前,原始性创新已成为世界科技竞争的制高点,发达国家和一些发展中国家都在实施各种有利于原始性创新的基础研究发展战略,积极引导基础研究为国家目标服务。我国基础研究的原始创新能力比较薄弱,不能为国民经济和社会发展提供强大的支撑作用。入世之后,我国科技在激烈的国际竞争中将面临更大的挑战。为了适应新形势的要求,加强基础研究的原始性创新能力已刻不容缓。

一、基础研究与原始性创新

1. 基础研究的内涵

基础研究主要是指:以认识自然现象、揭示客观规律为目的的探索性基础研究;以解决国民经济和社会发展及科学自身发展中重大科学问题为目的的定性研究;对基础科学数据、资料及相关信息进行采集、鉴定、积累、分析,探求基本规律为主的基础性研究^[1]。

2. 基础研究的战略地位

基础研究是科技与经济发展和源泉和后盾,是新技术、新发明的先导,也是培养和造就科技人才的摇篮。基础研究的重大突破,将带动新兴产业群的崛起,引起经济和社会的重大变革。

(1) 基础研究在以知识经济为主导的 21 世纪将具有更加重要的战略地位。基础研究的发展水平是一个民族的智慧和国家科技进步的基本标志之一。一个国家只有保持基础研究的较高水平,才能有持续长久的力量去争夺国际经济和科技竞争的制高点。许多国家都在组织国家重大计划,增加对基础研究的投入,强化对基础研究的支持和引导。

(2) 基础研究是实施科教兴国战略的重要措施。我国已不可能再重复西方发达国家发展的老路,也不可能走韩国和新加坡等新兴工业化国家的“技术引进之路”,只有坚定不移地实施科教兴国战

略,走跨越式发展之路。从现在起到 2010 年,是我国经济、社会和科技发展的关键时期,许多科学问题需要通过基础研究从深层次上探索解决办法。我国必须重视基础研究对振兴科学技术和国民经济的基础性作用。

(3) 基础研究是科技创新的源泉,是培养高层次创造性人才的有效途径,是国家创新体系的有机组成部分。大力加强基础研究,培养和造就大批具有创新意识和创新能力的高素质科技人才,对于我国知识创新能力的全面提高和国家创新体系的建设具有重要作用。

3. 原始性创新

原始性创新(originality) 的内涵为: (1) 事物独创性的、原始性的品质或状态; (2) 以个性化的方式独立地思考或表达的能力以及创造的能力; (3) 强调的是科学认识论中的发现因素或唯一性。

原始性创新意味着在研究开发方面,特别是在基础研究和高技术研究领域做出前人所没有的发现或发明、开辟新的研究方向和领域、开创新的学科;在一段时间内导致与之相关的创新簇群或知识生产的“连锁反应”;其效果通常在短时间内难以准确估量。原始性创新孕育着科学技术质的变化和发展,体现了一个民族的智慧及其对人类文明进步的贡献,促进了人类认识和生产力的飞跃。据统计,现代技术革命的成果约有 90% 源于原始性创新^[2]。

三、我国基础研究的原始性创新能力薄弱

改革开放以来,我国培养形成了一支有实力的基础科学研究队伍,在一些重要领域取得了一批有影响的成果,整体科学实力居发展中国家前列,但原始性创新能力仍然较为薄弱。

1. 我国的基础研究缺乏重大原始创新成果

我国许多基础研究还是跟踪性的,有些甚至是低水平重复。我国基础研究最高水平的国家自然科学奖一等奖已经 4 年空缺。国家自然科学奖自 1990

年以来共评奖 6 次, 仅在 1993 年和 1997 年各有 1 项成果获得一等奖, 其他年份一等奖均为空缺。自从 20 世纪 80 年代涌现了人工合成牛胰岛素、杂交水稻等一批重量级科技成果后, 我国基础研究很少产生具有重大科学价值并得到国内外自然科学界公认的重大科学发现。从对国家自然科学奖的获奖成果的分析看: 1993 年《中国蕨类植物科属的系统排列和历史来源》获国家自然科学一等奖, 主要是因为这项工作的艰巨度 (这项研究历经 40 年才完成); 1997 年获奖的《哈密尔顿系统的辛几何算法》因大大提高了计算效率而获奖。就是这两项成果, 其与原始性创新的要求也还有相当差距。

我国基础研究存在着急功近利、心态浮躁的思想, 忽视积累过程, 过于强调“产出”, 研究课题追踪型、修补型多, 独创型少, 这样只能出现阶段性成果, 很难国际领先。另外, 我国科技系统相互封闭、重复立项的问题长期存在, 项目立项时往往倾向于回避风险。这虽然减少了选题失败的危险, 但容易抑制创新, 特别是一些小人物的创新; 同时也容易导致单纯跟踪、模仿, 无法产生原始性创新。这种情况已经成为我国基础研究成果难以达到国际领先水平的一大“拦路虎”, 将会严重影响到我国国际竞争能力的提高。

谈到基础科学研究水平, 我们会想到诺贝尔奖。有位华裔科学家曾经预言, 中国将有望在 10 年内获得诺贝尔奖。杨振宁也认为: 中国本土离诺贝尔奖已不是遥遥无期, 而仅一步之遥, 但是诺贝尔奖是特别强调研究成果对于人类知识的原创性贡献的, 而我国目前基础研究现状决定了很难达到诺贝尔奖的要求。

2. 我国基础研究的国际竞争实力较弱

(1) 我国基础研究的国际竞争力的发展水平

国际竞争力反映了世界各国参与国际竞争的能力和水平, 而科技国际竞争力是国际竞争力的重要组成部分。据世界权威机构瑞士洛桑国际管理开发学院 (IMD) 公布的历年全球国际竞争力排名结果, 中国科技国际竞争力在世界 46 个主要国家中的排名: 1997 年为第 20 位; 1998 年为第 13 位; 1999 年为第 25 位, 比上年下降 12 位; 2000 年为第 28 位, 再次下降 3 位^[3]。

科技国际竞争力的指标体系很多都与基础研究紧密相关, 对基础研究的考察主要是看该国的基础研究是否很好地支持长期经济和技术发展。自 1995 年我国实施科教兴国战略以来, 对 R&D 总经费的投入不断加大, 但基础研究经费在 R&D 经费中所占比重却从 1995 年的 5.18% 降低为 4.99%, 说明我国基础研究的投入相对较低, 而且研究经费分布的结构也不合理。同时, 我国基础研究原创性重大成果偏少, 为解决国民经济和社会发展重大问

题提供的科学支撑不够, 基础研究的实力和水平亟待进一步提高。

(2) 我国基础研究国际论文与发达国家差距明显 国际上普遍以各国科学论文发表状况作为衡量其科研活动的产出状况、科技实力和水平的标志之一。我国在国际上发表的论文与发达国家相比差距十分明显。

第一, 论文数量与先进国家相比相差较大。能否在《Science》和《Nature》发表论文是衡量基础研究成果份量的一个重要尺度。美国哈佛大学每年稳定地在《Science》和《Nature》上发表 100 余篇论文, 其中第一作者论文为五六十篇, 而我国所有大学每年发表在《Science》和《Nature》上的论文仅约为数篇至十几篇。

第二, 论文质量有待提高。据悉, 1999 年, 我国论文的平均被引用次数为 1.99, 国际平均被引用次数为 2.27; 2000 年我国在《科学引文索引》上发表的论文只有 30% 被引用。

第三, 我国科技期刊的影响力较小。截至 2001 年 SCI 收录我国期刊 (不含台湾刊物) 63 种, EI (《工程索引》) 收录我国期刊数也只有 106 种。在这些被收录的期刊中, 真正在国际上具有影响力的刊物数量很少。像英国的《自然》、美国的《科学》以及德、法等国创办的一些得到世界公认的、可作为世界科学成果评价依据的科学刊物, 我国 1 种也没有。反映期刊在科学交流中的学术影响力和受重视程度的“影响因子”在我国科技期刊中普遍偏低。据 1999 年《期刊引证报告》(JCR) 的统计结果, 国际期刊影响因子大于 10.0 的有 61 种, 5~10 的有 138 种, 而我国 2000 年科技期刊影响因子最高的《世界华人消化杂志》亦仅有 2.7^[4]。

四、提高我国基础研究的原始性创新能力的对策

1. 坚持“有所为, 有所不为”, 凝练科技目标

我国是一个发展中国家, 基础研究不可能像美国、日本那样全面铺开, 只能凝练科技目标, 否则就实现不了跨越式发展。基础研究最重要的是要面向国家需求和国际前沿, 加强原始性创新。基础研究要从我国在新世纪初社会经济发展的战略需求出发, 充分考虑世界科技前沿发展动态与趋势, 确立重点领域, 使其更具有基础性、战略性和前瞻性。符合国家战略目标、关系国家安全和长远利益的科学领域, 要坚持有所为; 对经济和社会发展有重大影响、具有广阔应用前景的科学问题和关键技术, 要坚持有所为; 处于国际领先地位、在世界上占有一席之地的重点学科和科学工程, 也要坚持有所为。

2. 大力吸引和培养创新人才

我国基础研究优秀人才缺乏的状态仍然存在,尤其是优秀中青年学术带头人相对短缺,一些重大课题不得不让 65 岁甚至近 70 岁的院士、教授挂帅。所以必须把发现和培养一流的研究人才作为基础研究第一位的任务。

第一,加大顶尖人才的引进力度。对于在国际科学前沿有重大研究成果的顶尖人才,要为他们提供更好的条件,给予充足的研究经费,支持他们开展国际一流的研究。

第二,提高研究生尤其是博士生的培养质量。世界上许多重要的原始性创新成果都源自优秀创新人才的博士论文,如诺贝尔经济学奖获得者纳什就是在自己的博士论文中提出了博弈论思想。提高研究生尤其是博士生的培养质量,是提高我国科研水平的重要方面。近年来,我国研究生招生数量增长较快,但是培养质量却有待提高。原因是多方面的:缺乏吸引最优秀创新人才的环境,致使其流失国外;缺乏高水平的导师,导师不能给予研究生足够的指导,等等。必须针对这种情况采取对应措施,提高研究生的培养质量。

第三,建立“小人物”脱颖而出的机制。纵观科技发展史,很多重大的发现和创新都出自“无名小辈”。20 世纪中后期,美国基础研究中的重大科学成就,75% 来自于不为人们所普遍关注的小项目。诺贝尔科学奖的得主也大都来自名不见经传的“小人物”。当哥白尼提出日心说、达尔文提出进化论的时候都是小人物。在我国基础研究中,存在对权威的迷信以及对“小人物”的忽视,这是难以出现原创性创新成果的重要原因。在一个人未成名时,得到科学基金的资助难度较大;越是原创性的设想,被认可的可能性也就越小。因而,要提高我国基础研究的原始性创新能力,就必须支持能独立思考、有独创精神的“小人物”。

3. 增加基础研究的投入

投入不足是制约我国基础研究原始性创新能力的重要原因之一。从 1997 年以来,我国的 R&D 经费占国民生产总值的比例一直在增长,已从 0.67% 提高到了 2000 年的 1.01%, 增长幅度较大,但与发达国家的 2%~3% 的水平相比仍有较大差距。其中,用于基础科学研究的经费差得就更多。在我国的 R&D 经费中,用于基础科学研究的占 5.2%,与国外(包括发达国家和发展中国家)10%~20%^[5]相比,差距悬殊。投入的不足使得基础研究领域出现千军万马争经费、争课题的现象。因此,国家必须进一步加大对基础研究的投入,坚持政府投入为主体,鼓励部门、地方增加对基础研究的投入,鼓励公司、企业、个人设立各类支持基础研究的基金,积极利用国际资金来发展基础研究。

4. 加强学科建设,鼓励学科交叉

学科是基础研究的载体,基础研究原始性创新能力的发展有赖于学科的长期积累。我国基础研究要真正产生具有国际一流的成果,就必须推进学科建设,发展具有我国特色、符合当代科技发展趋势的学科体系。

(1) 重视基础学科的发展。基础学科是基础研究不可缺少的组成部分,是进行原始性创新的源泉,是发展其它应用学科的学科储备和前提条件。由基础科学研究产生的大量新思想、新理论、新效应等为应用科学提供了理论基础,对现代技术的发展有巨大的推动作用。我国的学科建设中存在忽视基础学科发展的倾向,这对我国学科综合发展和整体水平提高极为不利。因此,要十分重视数学、物理学、化学、生物学、力学等众多基础学科的建设。

(2) 以新兴交叉学科的发展为重点。学科的发展经历了原始的综合到逐步精细分化的过程之后,又日益广泛交叉、渗透,新兴学科、交叉学科、边缘学科、综合学科大量出现。学科的交叉、融合已成为科学发展的时代特征。例如,生命现象已成为物理学、化学、信息科学研究的对象。到 20 世纪 80 年代初,新兴交叉学科已经占学科总量的 46.58%^[6]。学科的创新是科学新发现的源泉,当代社会许多重大科学发现都产生于学科之间。因此,我国要打破学科壁垒,以新兴学科、交叉学科的发展为重点,只有这样,才能始终把握科学发展的最前沿,在国际竞争中抢占科学技术的新领域,产生出更多的原始性创新成果。

5. 建立客观、公正的基础研究评价体系

目前基础研究评价体系存在很多问题。如当年立项,当年就要有“小成”、两三年就要有“大成”以及 1 年不发论文岗位就受到威胁的评价体系,使得科研人员不得不追求短期效益,无暇顾及长远;而基础研究成果的取得却恰恰需要积累。所以必须改革评价体系,逐步形成公开、公正、开放、多元化的科学评价体系。

第一,优化立项评价指标,鼓励原始性创新。当前立项评价指标过分强调既定目标实现的可能性,使得申报者只申报有把握成功的项目甚至申报已经基本做完的项目,而具有原始性创新、风险大的项目却往往难以得到评审专家的认可。所以,要真正把创新性摆到项目立项的突出位置,尤其要鼓励、支持具有原始性创新的研究申请。

第二,加强对非共识项目的支持。所谓非共识项目,是指由于创新性强,超出了一般人的认识水平,甚至与当时某一公认的“规律”矛盾,使得多数人由于不理解而不赞成的项目。这类项目的研究成果往往对国家未来的发展具有十分重要的意义。因此,对创新性强的非共识项目要特别予以重视。

第三,邀请国外专家参与评审。应建立请国际

同行专家参与重大项目从酝酿到立项的全程评估制度,这有利于选准具有国际科学前沿和创新性的课题,提高立项评估的公正性。

6. 重视科学研究基地的建设

科学研究基地是承担重要研究任务、吸引和培养优秀人才、开展国内外学术活动的实体。高水平的科研基地是产生原始性创新成果的温床。英国剑桥大学的卡文迪什实验室曾有 25 人次获得诺贝尔奖、德国的马普学会 17 人次获得诺贝尔奖,他们都是从事科学研究的基地的代表。因此,我国基础研究的原始性创新能力要得到提高,就需重视研究基地的建设。改善基础研究的条件和环境,建设一批具有国际影响和竞争力的基础研究基地,包括研究院所(基础性)、重点大学、科学研究中心、实验室、大科学工程、野外科学观测实验台站等,逐步形成符合我国国情的基地建设体系。

7. 鼓励自由探索与思想创新,营造良好的学术环境

宽松的学术环境是原始性创新发展的条件。在基础研究中,我们尤其要重视自由探索与思想创新。20 世纪,绝大部分诺贝尔奖获得者都是由于自由探索结果而获奖。例如青霉素、半导体和 DNA 双螺旋结构的发现,曾分别获 1945、1956 和 1962 年诺贝尔奖。这些研究成果在人类文明的发展中产生了历史性的巨大影响,而这一切都源于科学家的自由探索。因此,我国基础研究领域要鼓励科学家自由探索,鼓励提出创新性学术思想,为科学家创造一个宽松的学术环境,这将有助于我国基础研究原始性创新能力的提高。

8. 加强国际合作,提高我国基础研究的原始性创新能力

国际化是当代基础研究的显著特征之一。基础

研究在科学前沿全方位的拓展以及在纵向的学科分化与深入的同时,学科及领域之间的交叉、融合和相互渗透不断加强,跨地区和全球性的科学问题(如环境、资源)成为科学研究的热点,出现了许多规模巨大的大科学研究和大科学工程,以往那种单靠科学家个人探索和“小作坊”式的工作方式已不能适应当代基础研究发展的需要,必须由不同学科、不同专业和不同文化背景的科学家的广泛合作与交流,才能保持持久的创新活力和取得科学前沿的突破。

国际合作对于提高我国基础研究的原始性创新能力具有重要意义。通过广泛而深入的国际合作,鼓励科学家加入到国际科学前沿俱乐部,可以使我国充分利用国外先进的技术、信息和设备,使国内研究人员从选题到出成果尽快置身于世界科学技术的发展前沿,分享国际科学界的研究经验和成果,从而推动我国的基础研究在更多的领域进入国际前沿,实现跨越式的发展。多元化、全方位的国际合作必将加快我国基础研究原始创新能力的提高。

参考文献

- [1] 彭以祺. 关于我国基础研究若干问题的思考. 中国基础科学, 2000(8)
- [2] 李斌. 大力推动原始性科技创新. www.xinhuanet.com, 2001-11-01
- [3] 21 世纪展望. 中国科技国际竞争力. 科技日报, 2000-02-25
- [4] 王光荣, 金振蓉. 中国科技期刊亟须打造国际品牌. 光明日报, 2002-02-07
- [5] 刘继安. 沉重的空缺. 中国教育报, 2002-3-1
- [6] 王柯敏. 对“十五”学科建设的几点思考. 中国高等教育, 2001(9)

(责任编辑 王宏章)

(上接第 24 页)

通常不一样)从而设置其开关状态。最后,自旋晶体管是一种线性器件(半导体 p-n 结具有非线性的 FV 特性),输出信号与偏置电流成正比。

全金属自旋晶体管与半导体 Si 器件相比,其速度慢 5~10 倍,但能耗低 10~20 倍、密度高 40~100 倍。事实上,由于金属材料具有丰富的载流子(高掺杂浓度半导体的载流子密度为 $10^{18} \sim 10^{19} \text{cm}^{-3}$, 金属的电子密度为 $10^{22} \sim 10^{23} \text{cm}^{-3}$),反而可以用来制造出 10 纳米尺度的电子器件。除此以外,金属的导电电子不像半导体的载流子那样对温度敏感,且耐辐射,加上磁性材料固有的磁滞,自旋晶体管具有记忆功能,不需能量便能长久保存信息。尽管自旋晶体管有许许多多的优点,但从 Johnson 制作的边长为 0.1mm 原型到真正纳米尺度的器件,人们还有一段很长的路要走。

综上所述,人类利用电子的荷电性在半导体芯

片上创造了今天的信息时代,自旋极化输运将给人类带来的也许又是一片广阔的天地,它给予人类以梦想和希望,同时也给人类带来更多、更大的挑战。事实上,人类对于自旋极化输运的了解目前还处在一个非常肤浅的阶段,对新出现的各种新现象、新效应的理解基本上还是一种半经典唯象理论,但是目前包括美国海军实验室在内的一些国际一流的实验室及 IBM 等跨国大公司都开始了这方面的研究工作。这预示着作为磁学和微电子学的一门新的交叉学科,自旋电子学将无论在基础研究还是在应用开发上都将是凝聚态物理学工作者和电子工程技术人员大显身手的新领域。

参考文献

- [1] 蔡建旺,赵见高,詹文山,沈保根. 物理学进展, 1997, (17) 119
- [2] S. A. Wolf et al., Science 294, 2001, 1488

(责任编辑 肖庆山)