

·基金纵横·

数理科学的发展机遇与使命

——国家自然科学基金委员会数理科学部20年工作简要回顾与展望

汲培文

(国家自然科学基金委员会数理科学部,北京 100085)

1 数理科学发展面临的形势、任务

1.1 数理科学的学科布局与特点

数理科学是自然科学中的基础学科,是当代科学发展的基础,主要包括数学、力学、天文、物理四大学科。研究领域既涉及人类认识自然世界的基本问题,也涉及国民经济发展和国家安全方面的重大科学问题。数理科学在自身发展的过程中,还为其他学科的发展提供理论、思想、方法和手段。数理科学向自然科学各个学科的广泛渗透和移植,促使一系列交叉学科、边缘学科不断涌现,其研究成果在推动基础学科和应用学科的发展中具有核心作用。数理科学研究的问题不但是重要的前沿科学问题,也涉及面向国家重大战略需求的基础研究科学问题。数理学科具有的这些特性,使其在促进我国科技创新的发展中承担着重要的责任和使命。

另一方面,由于数理科学研究的科学问题更具基础性、探索性、前瞻性和战略性,其与国家社会、经济发展和国家安全领域中所起到的重要作用不易被社会直接认识和理解,使得数理科学在发展过程中、在获得应有的支持方面时常受到影响。

1.2 国家中长期规划赋予数理科学的任务和责任

针对基础研究在国家科技创新中的重要作用,国家中长期科学和技术发展规划纲要,从学科发展、科学前沿问题、面向国家重大战略需求的基础研究、重大科学研究计划4个方面对基础研究进行了部署。

在学科发展中提出要重点关注数学、物理学、化学、天文学、地球科学、生物学6个基础学科,数理领域就有3个。

在科学前沿问题中提出8个研究方向:(1)生命过程的定量研究和系统整合;(2)凝聚态物质与新效应;(3)物质深层次结构和宇宙大尺度物理学

规律;(4)核心数学及其在交叉领域的应用;(5)地球系统过程与资源、环境和灾害效应;(6)新物质创造与转化的化学过程;(7)脑科学与认知科学;(8)科学实验与观测方法、技术和设备的创新。与数理科学直接相关的有4个,交叉相关的有3个。

面向国家重大战略需求的基础研究科学问题10个:(1)人类健康与疾病的生物学基础;(2)农业生物遗传改良和农业可持续发展中的科学问题;(3)人类活动对地球系统的影响机制;(4)全球变化与区域响应;(5)复杂系统、灾变形成及其预测控制;(6)能源可持续发展中的关键科学问题;(7)材料设计与制备的新原理与新方法;(8)极端环境条件下制造的科学基础;(9)航空航天重大力学问题;(10)支撑信息技术发展的科学基础。与数理科学直接相关的1个,交叉相关的7个。

重大科学研究计划4个:(1)蛋白质研究;(2)量子调控研究;(3)纳米研究;(4)发育与生殖研究。与数理科学直接相关的2个,交叉相关的1个。

由此可见,在国家中长期科学和技术发展规划纲要中,对数理科学的发展和作用给予高度重视,也对数理科学为促进我国科学技术发展做出应有的贡献提出了更高的要求 and 希望。

1.3 国家自然科学基金委员会“十一五”发展规划对数理领域的布局

在国家自然科学基金委员会(以下简称自然科学基金委)“十一五”发展规划中,提出要重点发展18个学科,数理领域所属4个学科全部包含在内。在部署的14个综合优先领域中,与数理相关的有8个。这13个综合优先领域是:量子调控,科学与工程计算,生命重要活动的定量与整合研究,纳米科学与技术基础研究,认知过程及信息处理,新材料物理特性、制备技术与器件基础,全球变化与地球系统,

本文于2006年8月28日收到。

环境与生物相互作用,化学与生物医学界面上的重要科学问题,化石能源高效洁净利用和新能源探索,农业生物重要性状的功能基因组,社会系统与重大工程系统的危机/灾害控制,现代制造理论与技术基础。

为推动学科发展,提出了数理科学13个优先领域:数学重要分支领域及其相互渗透与交叉,离散和随机问题的数学理论,超常环境和复杂介质的力学行为与多场耦合效应,微-纳米力学与跨尺度关联,重大工程与装备中的关键力学问题,宇宙结构的形成与演化,恒星的形成、演化与太阳活动,量子受限和电子关联效应的研究,波的时域、频域、空间域相干控制及其应用基础,强子物理和TeV物理,极端条件下的核物理和核天体物理,核技术及其应用的新原理和新方法,极端条件下物质的行为与效应。

2 20年来科学基金对数理科学发展的支持与推动

2.1 以稳定的经费比例投入,支持数理科学的发展

20年来,自然科学基金委基本上以占科学基金资助总经费12%的经费对数理科学给予持续稳定的支持。共投入经费约221 363.65万元,其中资助面上项目10 198项,资助经费121 271.81万元;资助重点项目606项,资助经费37 249.4万元;资助重大项目16项,资助经费8 930万元;资助国家杰出青年科学基金248人,资助经费18 260万元;资助创新研究群体16个,资助经费5 400万元;投入天元基金4 750万元;理论物理专款2 460万元;科学部主任基金23 181.98万元;其他经费14 507.4万元。

2.2 持续开展学科发展情况调研和学科发展战略研讨

科学部分别于1988年、1992年、1998年和2004年对数理领域研究队伍的情况进行调查,分析了解数理研究队伍的分布、人员结构、年龄结构、研究方向、研究条件等情况;科学部于1993年、1998年和2005年组织专家以数学、力学、天文和物理(包括物理I和物理II)开展学科发展战略研究,撰写调研报告并将正式出版。这些工作为及时了解国内外发展状况和动态,统筹推动学科发展起到重要的指导和参考作用。

2.3 不断探索数理科学在当代社会和科学发展中的作用和地位,为国家的长远发展做超前部署

由于数理科学是自然科学的基础的属性比较鲜明,不像其他学科容易与社会的近期需求直接相连,因而在实际中数理科学的重要性容易被忽视。为确

保国家长远发展的利益和需求,我们在努力改进资助工作的同时,有针对性的开展一些研讨工作。

1996年我们适时组织召开数理科学发展研讨会,研讨数理科学如何发展,明确提出学科发展也是国家目标,这个观点最终被国家有关部门所接受,为基础学科的发展解决了生存和发展问题。

1998年开展数理科学资助情况调研评估,对1986—1995年10年来资助项目成果的情况进行了调查。通过这样的调研评估,使得我们对科学基金资助项目的研究情况及其后续效应有了较深的认识。

利用自然科学基金为举办的“九华论坛”和“双清论坛”等方式,就数理科学前沿领域的科学问题进行研讨。譬如2006年初,与我委政策局一起组织了“新奇量子现象和量子调控及其未来信息技术的物理基础”、“物质结构科学前沿理论问题”和“问题驱动的应用数学研究”研讨会,就这些领域中的重要科学问题进行讨论和凝练,撰写出研究报告。

2.4 发挥多种渠道的作用和功能,促进数理科学的发展

统筹发展,采取倾斜政策,对国内相对薄弱但急需发展的领域给予特别支持。自2001年起,科学部在面上项目评审时,单独划出经费和指标,对一些急需给予特别关注的方向和领域给予倾斜资助。主要资助的方向和领域是:原子分子物理、数学在其他学科中的应用、数理学部内四大门类(数学、力学、天文、物理)的交叉、具有创新课题思想的实验方法和技术的发展、国家大科学工程项目科学目标预研、同步辐射技术方法与应用、辐射剂量检测与防护、学科发展类或学科布局需要资助的方向(学科发展类或学科布局需要资助的项目是指研究领域重要、但国内现有基础薄弱或有发展前景但目前研究基础薄弱或从国家长远发展角度看需要维持但目前处于消亡状况的学科或领域。学部评审会期间由评审组单独推荐出此类需支持的项目)。

发挥重大研究计划对前沿科学问题的牵引和推动作用,以“理论物理学及其交叉科学若干前沿问题”、“空天飞行器的若干重大基础问题”为主要方向,启动了重大研究计划,共投入经费1.08亿元,这既带动和促进了理论物理和力学的自身发展,也为促进这些领域与生命、化学、信息、材料和工程等领域的交叉和发展。

1988年8月,由自然科学基金委直接推动并具体参与的“21世纪中国数学展望”学术讨论会在南开大学数学研究所举行,这是对中国数学发展产生

了重大影响的事件,其重大意义在于它第一次公开提出了“中国数学要在21世纪率先赶上世界先进水平”的宏伟目标,李鹏总理亲自批示,决定在自然科学基金以外再拨专款,帮助数学家实现“率先赶上”的宏伟目标,并决定这项专款(后定名为数学天元基金)由国家自然科学基金委员会管理。天元基金于1989年设立,科学部积极配合数学天元基金学术领导小组做好天元基金的使用工作。天元基金学术领导小组主要抓了两件事,一是组织开展数学学科发展战略的研究,确定对数学的优先资助领域,二是全面安排统筹规划,用基金作杠杆对数学各分支的支持进行合理的调整和布局,使得纯粹数学和应用数学的各个重要方面都能得到稳定和持续的支持,以便得到协调和均衡的发展。目前,天元主要资助数学暑期学校、西部青年教师培训;数学天元青年基金;讲习班、研讨班、学术年、专题国际合作和学术交流等。

为促进我国理论物理学研究的发展,培养理论物理优秀人才,充分发挥理论物理对国民经济建设和科学技术在战略决策上应有的指导和咨询作用,国家自然科学基金委员会自1993年起设立“理论物理专款”。10年来“理论物理专款”重视对国民经济、国家安全和科技发展在战略上有重要决策意义的理论物理课题研究;倡导具有原始创新性的理论物理课题研究,鼓励理论物理工作者在现有工作的基础上,提出新的学术思想,开拓新的领域;支持有利于培养具有创新思想的优秀青年人才的课题,特别是一些刚回国的青年理论物理工作者;独立或联合国家教育部、中国科学院举办各种类型的讲习班,聘请国内外优秀的科学家,系统讲授有关主要课程,介绍理论物理各前沿领域的最新进展和理论方法,使广大青年研究工作者和研究生能更快地进入该领域。

3 效果与作用

3.1 科学基金稳定了一支数理科学的基础研究队伍,培养了一批优秀青年人才

以1986—1995年资助情况为例,在这10年间,科学基金共资助数理科学面上项目4293项,资助经费3.3亿元。由于科学基金的稳定支持,使得全国约2万人能安心从事数理科学方面的基础研究工作,其中每年约8000人获得科学基金的资助。在稳定研究队伍的同时,又培养了一批年轻的研究人才。科学基金资助项目平均每个项目培养博士、博士后1.6人,培养硕士3.26人。

3.2 整体研究水平不断提高,资助效果明显

20年来,在基金资助下数理科学的整体研究水

平不断提高,资助效果明显,这里列出几组统计数据作为初步说明。

(1) 获奖、专利及鉴定情况。荣获国际奖17项;获国家级奖共98项,其中一等奖13项,二等奖21项,三等奖59项,四等奖5项;获部委级奖共474项,其中特等奖2项,一等奖137项,二等奖335项;荣获国内外专利79项;鉴定项目183项。

(2) 完成论著和报告情况。国际会议特邀报告872次,分组报告3871次;全国会议特邀报告1583次,分组报告5174次。论文发表总数24 035篇,其中发表在国际刊物上9433篇,国内刊物14 602篇;6407篇被SCI收录;被SCI引用7792次。出版中文专著661部,外文专著288部。

(3) 人才培养情况。培养博士后324人;博士毕业生1329人,在读1324人;硕士毕业生3702人,在读2383人。

3.3 统筹考虑,全面安排,促进数理科学各学科均衡、协调的发展,取得了一批在国际上有显示度的研究成果

20年来通过科学基金对重大、重点和面上三个层次的项目板块及国家杰出青年科学基金和创新研究群体的人才类板块的持续支持,使得数理科学各学科内部的布局更加合理,一些空白的领域被填补,一些新的分支学科建立和发展起来。一些重要的前沿领域获得高强度的支持,发展很快,有的已经跻身于国际先进行列,在国际上占有一席之地,譬如数学机械化定理的“吴方法”、“破坏力学研究”、“太阳磁场和速度场的观测研究”、“碳纳米管阵列的制备和物性研究生长研究”、“ τ 轻子质量测量”等等。

3.4 发挥了先导和前瞻作用,产生的研究成果在国民经济和国家安全发展中起到了超前研究的引领作用,产生了重大的经济效益和社会效益

科学基金资助的“倒向随机微分方程”研究项目,随着数学研究的深入发展,其发展的理论和方法在金融市场领域中有着重要的作用,为国家的金融预测和风险防范提供重要的参考依据。

在科学基金的资助下,为了促进加速器物理的发展,清华大学的研究组于1990年起,在国内首次研究了X波段3cm驻波加速结构。这种加速结构工作波长短,加速结构的有效分流阻抗高,利于开发结构紧凑的小型加速器,是加速结构研究的一个发展方向。在研究工作的基础上,他们还完成了3cm驻波加速结构的理论设计及相关技术的研究工作,与信息产业部电子第十二研究所合作制成一根

15 cm 长的全密封的 3 cm 轴耦合驻波加速管。并与十二所及中国原子能科学研究院合作完成高功率出束测量。所研制的 X 波段 2 MeV 驻波加速管,已被清华同方核技术公司采用,研制成功车载移动式集装箱检查系统。由于 X 波段加速器结构紧凑,整机可方便地安装在检查车上。车载移动式检查系统机动性强,威慑力量大,可以为加强对进出口集装箱货物的监管,加大打击货运集装箱走私的力度,发挥重要的作用。该系统目前业已批量生产,产生的经济效益逾亿元。

中国科学院声场声信息国家重点实验室张仁和领导的研究小组,从 1997 年以来,在国家自然科学基金的持续不断的支持下,对浅海底参数的声学反演进行了包括国际合作实验在内的多次大规模的浅海声学实验,获得了一系列突出的研究成果,他们提出的“海底等效声学模型”、“盒分割算法”以及利用脉冲波形与多途结构、简正波脉冲的幅度衰减与群延迟、混响衰减与垂直相关等多种反演海底声速、衰减系数的方法等,准确地预报浅海声传播与混响规律,这不仅使我国的浅海底参数的声学反演与国际一流水平同步,更重要的是将这些基础研究成果应用于声场匹配定位后,已发展成为走航式实时声遥感海底探测技术,受到了国防领域的高度重视。

总之,通过科学基金的支持,数学、物理、力学和天文各学科整体的研究水平比过去都有了显著的提高。

4 机遇、挑战与发展

数理科学作为基础研究的重要领域和支撑,国家的战略需求的发展对数理科学的发展提出了更高的要求,这就需要我们以高度的责任感和使命感来思考如何落实国家中长期科技发展规划和基金委“十一五”发展规划提出的任务和要求,要从思路上明确对国家已部署的领域我们如何开展工作,对国家尚未布局的方面我们如何推动,做好补充,从而部署和推动数理科学的发展。

(1) 如何从国家长远战略需求出发,采取有效措施,实施国家中长期科学和技术发展规划和基金委“十一五”发展规划对数理科学的部署和要求,推

动数理领域四大学科均衡、协调地发展。

(2) 如何实现数理科学在原始创新(求真探源),集成创新(学科交叉和融合)和吸收、引进消化再创新(培养人才、积累知识、提升国家整体科学技术水平)过程中的责任和使命,进一步明确数理科学的地位和作用。

(3) 要深刻认识“双力驱动”在当今基础研究中的主要作用和内涵,准确把握基础学科(学科发展)与基础研究的关系,发挥自由探索在自主创新中的主导作用。要深刻认识自由探索是实现自主创新的根本途径。

(4) 从科学基金资助领域分布情况看,数理科学项目资助率是否反映了数理科学自身发展的需求,反映了数理科学研究的特点和国内状况;现有的资助率、组织规模是否适应我国科学发展的需要,能够促进中国科技创新能力的提高,促进原始创新思想的产生,促进优秀人才的培养,促进学科交叉,促进基础研究的可持续发展。譬如,数学现有能在各种等级学术刊物上发表文章的研究人员逾 3 万人,参与到科学基金项目申请的约 1 万人,能够得到科学基金资助的人员约 3000 人。这样的资助规模是否适合数学的发展,而其余 2 万人未参与科学基金申请的原因是什么。

(5) 如何看待资助率与研究基础的关系、与资助规模的关系、与竞争的关系、与公正性的关系、与学科发展的关系;与学科状况的关系,与科学发展的关系;从现实出发,什么样的资助率较适宜中国的科学发展、适宜数理科学的发展:既有利于促进竞争、实现项目评审的公平性,又能促进科学的健康发展。

(6) 如何分析、看待、定位中国科学和数理科学发展的水平、阶段,从而明确方向、任务、措施。我国现有的学科结构是否反映了当今科学发展的主体和趋势,基金委的资助体系(主要是学科分类和设置)是否有利于促进科学主体的发展,促进交叉,促进新的领域或方向的发展。

(7) 为了实现国家对数理科学的期望和要求,我们还需采取哪些措施和手段来促进数理科学的发展。

DEVELOPMENT OPPORTUNITY AND MISSION OF MATHEMATICAL AND PHYSICAL SCIENCES

Ji Peiwen

(Department of Mathematical and Physical Sciences, NSFC, Beijing 100085)