

· 管理纵横 ·

# 大科学装置科学研究联合基金 十年资助管理工作综述

李会红<sup>1\*</sup> 卢宇<sup>2</sup> 曾钢<sup>3</sup>

(1. 国家自然科学基金委员会 数学物理科学部, 北京 100085;  
2. 中国科学院 前沿科学与教育局, 北京 100864; 3. 中国科学院 条件保障与财务局, 北京 100864)

**[摘要]** 2009年由国家自然科学基金委员会与中国科学院共同设立大科学装置科学研究联合基金。本文从自然科学基金资助与管理的角度,对该联合基金10年(2009—2018年)的资助管理工作进行回顾,系统梳理了联合基金资助10年来取得的成效,并对未来进行了展望。

**[关键词]** 国家自然科学基金;大科学装置;联合基金;管理;回顾;展望

大科学装置是国家科技创新体系的重要组成部分。随着中国经济的快速发展,中国政府大幅度增加了对大科学装置建设和运行的支持力度。这些大型设施为在科学技术前沿取得重大突破,解决经济、社会发展和国家安全中的战略性、基础性和前瞻性科技问题提供了强有力的支撑条件<sup>[1]</sup>。

中国科学院主要承建和运行了一批大科学装置,为了充分发挥大科学装置的科学效益,吸引全国的科学研究人员特别是高等院校的研究人员来高效利用装置开展前沿与交叉科学研究,2009年由国家自然科学基金委员会与中国科学院共同设立大科学装置科学研究联合基金(简称大科学装置联合基金)。本文从科学基金资助与管理的角度,对该联合基金10年(2009—2018年)的资助管理工作进行回顾和展望。

## 1 设立背景、目的和意义

大科学装置是指通过较大规模投入和工程建设来完成,建成后通过长期的稳定运行和持续的科学技术活动,实现重要科学技术目标的大型设施<sup>[1]</sup>。中国科学院是主要承建和运行这些大科学装置的依托单位。改革开放以来,一批大科学装置陆续建成,通过国家验收投入运行。为了充分发挥装置的科学效益,吸引全国的科学研究人员利用装置开展科学

研究,早在2006—2008年期间,国家自然科学基金委员会就和中国科学院有关负责同志就共同设立大科学装置联合基金进行了沟通和调研。2008年初,双方决定正式启动设立大科学装置联合基金的准备工作,并于2009年2月17日在北京签署了第一期协议。

设立大科学装置联合基金主要是为了利用国家自然科学基金评审、资助和管理系统的优势,更好地吸引和调动全国高等院校、科研机构的力量,充分利用中国科学院承建的国家大科学装置,开展学科前沿研究、多学科领域、综合交叉领域研究,培养大科学装置科学研究人才,开拓新的研究方向,发挥这些大科学装置的综合平台效能,促进开放和交流,加强我国基础科学自主创新能力和我国在前沿科学领域、多学科交叉研究领域的源头创新能力,提升我国基础科学研究的创新能力和在国际上的学术地位,并使我国基础科学研究更好地服务于国家战略需求。

2009—2018年期间,国家自然科学基金委员会和中国科学院共签署四期协议,每期协议双方各出资50%,每期时间期限是三年,双方投入总经费6.6亿元。第一期(2009—2011年)年度经费4000万元;第二期(2012—2014年)年度经费6000万元;第三期(2015—2017年)年度经费8000万元;第四期

收稿日期:2019-03-11;修回日期:2019-04-18

\* 通信作者,Email:lih@nsfc.gov.cn

(2018—2020年)年度经费1.2亿元。

## 2 依托的大科学装置

大科学装置的一个显著特点是开放共享,因此该联合基金选择所依托大科学装置的基本指导思想是:突出共用性、弱化专用性、促进开放性、提升创新性。一期协议所依托的四个大科学装置为:北京正负电子对撞机及北京同步辐射装置(一机两用)、上海光源装置、兰州重离子研究装置、合肥同步辐射装置;根据装置建设进展和投入运行的实际进展情况,二、三、四期协议分别增加了稳态强磁场实验装置、蛋白质科学研究(上海)设施依托于上海光源建设的五线六站、中国散裂中子源装置。

1. 北京正负电子对撞机及北京同步辐射装置是一台聚物理能区国际领先的对撞机和高性能的兼用同步辐射装置,既开展聚物理研究,又可作为同步辐射光源提供真空紫外至硬X光,实现“一机两用”。

2. 兰州重离子研究装置是我国规模最大、加速离子种类最多、能量最高的重离子研究装置,主要技术指标达到国际同类装置先进水平,可提供多种类、宽能量范围、高品质的稳定核束和放射性束,用以开展重离子核物理及交叉学科研究。

3. 上海光源是第三代中能同步辐射光源,自运行开放后,上海光源高效、稳定运行,各项性能指标逐年提升,达到国际同类装置运行的先进水平(联合基金资助包括依托蛋白质科学研究(上海)设施在上海光源建设的五线六站的相关研究)。

4. 合肥同步辐射装置是我国第一台以真空紫外和软X射线为主的专用同步辐射光源。

5. 稳态强磁场实验装置包括40T级稳态混合磁体实验装置、系列不同用途的高功率水冷磁体和系列不同用途的超导磁体实验装置,搭配有输运、磁性、磁光、极低温、高压和组合显微实验测试系统,为前沿交叉研究提供了高水平的稳态强磁场平台。

6. 中国散裂中子源装置是我国首台、世界第四台脉冲型中子源,利用其产生的强脉冲中子,通过测量中子束流在样品的散射反应过程,探测样品原子核的位置和运动状况,为多个学科领域的研究和工业应用提供了先进的研究平台。

联合基金资助基于上述大科学装置开展三方面的研究工作:基于平台装置的科学研究工作,重点支

持物理科学、化学科学、信息科学、生命科学、材料科学、能源科学、环境科学等领域和学科交叉前沿问题的研究;基于亚原子装置的研究工作,重点支持北京正负电子对撞机上北京谱仪Ⅲ的高能物理研究和兰州重离子研究装置的核物理研究;提升大科学装置研究能力的实验技术、手段、方法及小型专用仪器发展研究。

## 3 申请和资助情况

### 3.1 总体情况

2009—2018十年期间,申请项目数2412项,资助项目数669项,资助总经费6.024亿元(从2015年度开始基金分直接和间接费用,这里统计2015年以后的是直接费用,如图1)。2009年和2018年申请量明显较高,这两年的项目受理都是在基金项目集中受理期之后,撰写申请书的时间充足也许是促成更高申请量的原因。资助经费的分布体现了每期协议投入经费的增长趋势。

联合基金的资助类型包括重点支持项目(4年期)和培育项目(3年期)。重点支持项目的申请项目数是388项,资助项目数117项,资助经费3.023亿元,平均资助率是30.2%,平均资助强度是258.4万元/项。培育项目的申请项目数是2024项,资助项目数552项,资助经费3.001亿元,平均资助率是27.3%,平均资助强度是54.4万元/项(如图2—图4)。2018年重点支持项目的申请量、资助项目数和资助经费增长显著。2009年和2018年整体申请量的增量主要贡献来自于培育项目。重点支持项目资助率比培育项目资助率稳定些,重点支持项目资助率范围是23.3%—37.1%,培育项目资助率范围是19.4%—40.4%。培育项目在2010—2012三年的资助率较高,约40%,与这三年的申请量较低相关。

### 3.2 装置分布

资助项目在六大科学装置上开展研究的项目数分布情况如下:依托“上海光源装置”194项,依托“北京正负电子对撞机及北京同步辐射装置”136项,依托“兰州重离子研究装置”126项,依托“合肥同步辐射装置”108项,依托“合肥稳态强磁场装置”91项,依托“中国散裂中子源装置”14项。依托“上海光源装置”的项目数最多,“中国散裂中子源装置”因2018年才被纳入指南,所以项目较少。

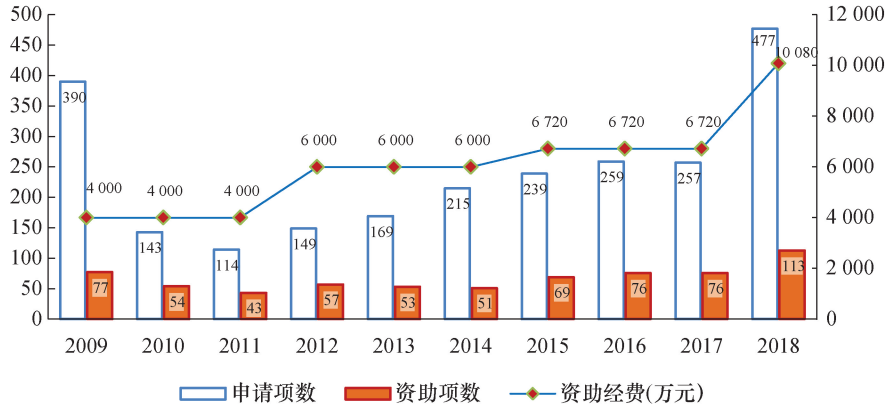


图 1 申请和资助总体情况

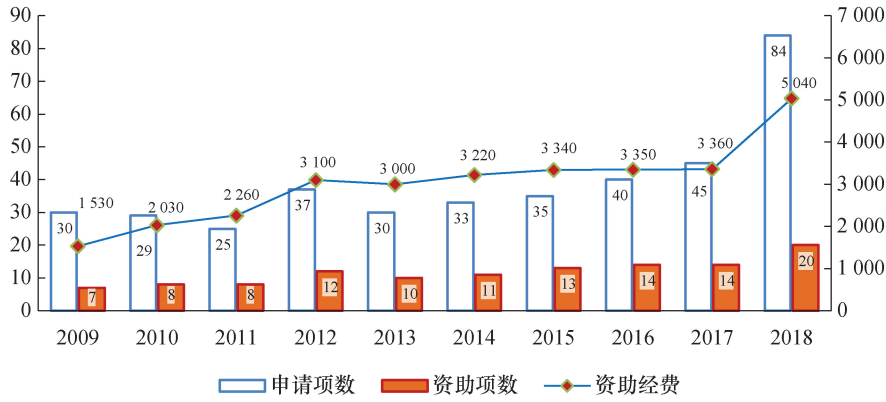


图 2 重点支持项目申请和资助总体情况

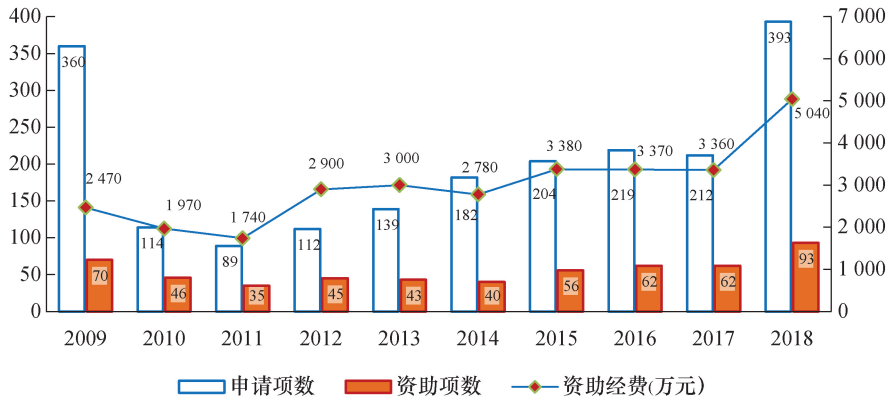


图 3 培育项目申请和资助总体情况

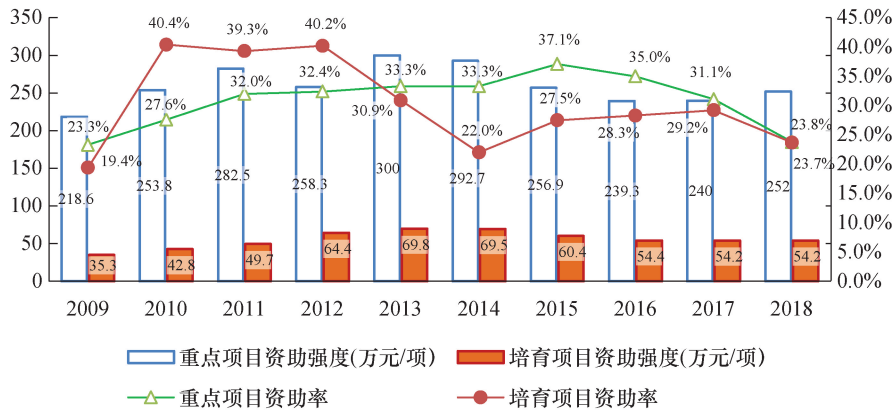


图 4 重点支持项目和培育项目资助率和资助强度

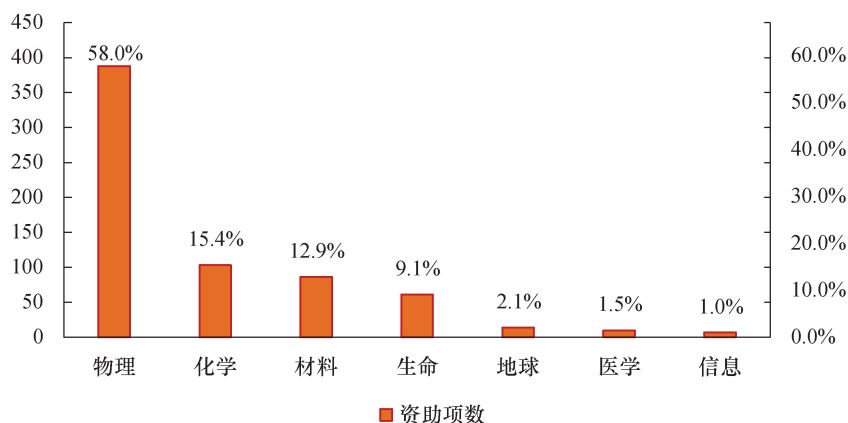


图5 研究领域分布情况

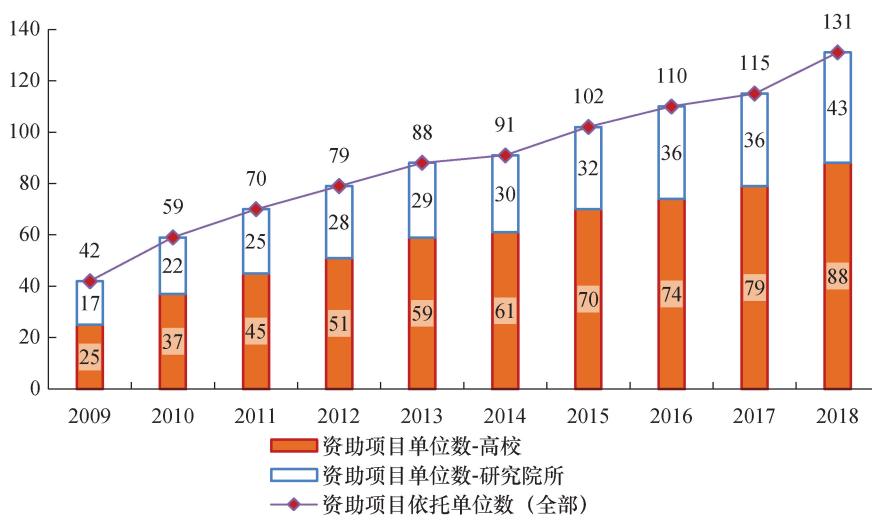


图6 联合基金资助项目依托单位情况

### 3.3 研究领域分布

大科学装置是促进多学科交叉的研究平台,资助项目的研究领域主要来自于物理科学,化学科学,材料科学,生命科学,地球科学,医学科学和信息科学。各领域资助项目数如下:物理科学领域 388 项(58.0%),化学科学领域 103 项(15.4%)、材料科学领域 86 项(12.9%)、生命科学领域 61 项(9.1%)、地球科学领域 14 项(2.1%)、医学科学领域 10 项(1.5%)、信息科学领域 7 项(1.0%)(如图 5)。

### 3.4 依托单位分布

从资助项目的依托单位来看,2009—2018 年联合基金共资助 131 个依托单位,包括 87 个高等院校,占比 66.4%,44 个科研院所,占比 33.6%。获资助的项目依托单位数量逐年上涨,其中高校的数量从 2009 年的 25 个增加到 2018 年的 88 个,平均每年增加 6.3 个;科研院所的数量从 2009 年的 17 个增加到 2018 年的 43 个,平均每年增加 2.6 个(如

图 6)。反映出大科学装置联合基金对于科教融合的大力支持,依托大科学装置的科学研究队伍在不断扩大,相关大科学装置与该联合基金的影响力都在不断提升。

### 3.5 项目负责人情况

在申请指南中明确要求项目负责人应当具有高级专业技术职务。统计重点支持项目负责人获资助时的年龄分布,峰值是在 41—45 岁年龄段(28.21%),其次是 46—50 岁年龄段(26.50%)和 36—40 岁年龄段(24.79%),36—50 岁的负责人占 79.49%。作为对比,统计了相同时期(2009—2018 年)数理科学部重点项目负责人获资助时的年龄分布,其峰值是在 46—50 岁年龄段(32.30%),36—50 岁的负责人占了 53.17%(如图 7)。因此,大科学装置联合基金让更多的年轻人获得重点支持项目的资助,研究队伍更加年轻化。

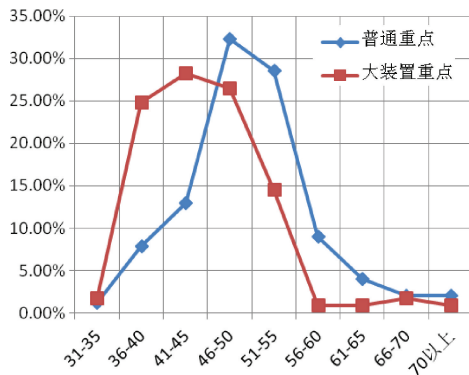


图 7 重点项目负责人获资助年龄的分布情况

## 4 资助成果

大科学装置联合基金资助全国的优秀科研人员利用大科学装置研究平台,开展高水平的前沿与综合交叉研究,产出了一批具有世界领先水平的原创成果,突破了一批关键核心技术,解决了一批关系国计民生和国家安全的重大科技问题,促进了相关产业技术水平的提升和发展,催生出了一批高新技术和高端产业,在经济社会发展中发挥了重要作用。

### 4.1 助力实现科学前沿突破

在联合基金资助下,2013年,北京谱仪Ⅲ合作组宣布发现了至少含有四个夸克的新型强子态  $Z_c(3900)$ ,该发现为寻找和研究新型强子态开启了一扇大门。在随后的几年中,合作组测量了  $Z_c(3900)$  的自旋、宇称;发现了与  $Z_c(3900)$  性质类似的  $Z_c(4020)/Z_c(4025)$ ,并深入研究了相关粒子的性质,引领并推动了国际多夸克粒子的研究。在粲重子物理研究领域,北京谱仪Ⅲ实验首次对粲重子的衰变进行了系统和绝对的测量,为精确检验标准模型理论提供了实验数据。

复旦大学封东来团队利用同步辐射装置开展非常规超导及相关材料的同步辐射角分辨光电子能谱研究。对基于  $FeSe$  层的超导体系进行系统研究,得到铁基超导、界面超导和重费米子超导决定非常规超导电性的关键电子结构特征;测量了  $Mn$  基,  $Cr$  基超导母体的价态,发现了  $MnP$  中的电荷/轨道序,研究了  $Ba_{1-x}K_xBiO_3$ ,  $YFe_2Ge_2$  等超导体系的机理,为发展统一的非常规超导理论模型提供判据性的结果。

中国科学技术大学谢毅团队在国际上率先通过同步辐射 X 射线吸收谱精细结构等技术确定

了二维材料的原子结构,解决了由于二维材料在第三个方向上长程有序缺失造成传统 X 射线衍射在结构表征中的不足;揭示了这类材料的精细结构、电子结构与热电、光/电—催化性能的调控规律等。

中国科学院大连化物所潘秀莲团队依托上海光源,利用原位动态 XAFS 结合其他表征技术和理论计算,从原子水平上认识了催化剂单铁中心活性位的结构、自由基表面引发和气相偶联生成产物的反应机制,阐明了具有独特空间和电子结构的碳纳米管所形成的限域环境对催化反应性能的影响,完善和深化了“碳纳米管的催化协同限域效应”概念,为新催化剂的设计和制备提供了原创性构思和科学基础。

### 4.2 助力解决国家重大战略需求的重要技术问题

随着我国航天事业的发展,将有越来越多的航天器和航天员进入太空。兰州重离子加速器装置具备加速从氢离子到铀离子的加速能力,且能量可调,可以模拟空间环境下的粒子辐照,是相关研究工作难得的平台。在联合基金资助下,中国科学院近代物理研究所刘杰团队发展、制定了航天电子元器件抗辐射加固评价检测方法,申请了相关的国家技术专利,为宇航元器件的筛选检测、航天产品设计制造等提供了有力的科学技术支撑。

北京理工大学邓玉林团队利用兰州重离子研究装置开展重离子作用下神经免疫系统辐射损伤及相互作用分子机制研究工作,基于 HIRFL 模拟空间重离子辐射,研制具有在线微束重离子辐射和细胞共培养功能的微流控芯片细胞培养装置,并成功实现天舟 1 号飞行搭载。

中国科学院高能物理研究所张智勇团队研究了汞在土壤—植物生态系统中的迁移和转化行为,发展了基于同步辐射技术的汞污染稻米微区元素成像技术及定量分析技术,发现通过施用特定形态的硫或硒,可以改变土壤汞的生物可利用性,进而降低水稻的汞蓄积,这些基础性研究工作为将来的汞污染治理提供了科学支撑。

### 4.3 推动大科学装置开放共享

在联合基金的资助下,各大科学装置的用户群体数量和规模不断提升,使得各大科学装置科技效益得到充分发挥。从装置共享角度来看,对于每个装置的使用包括装置单位的 In-house 团队和外部单位用户,6 个大科学装置的依托单位(中国科学院高

能物理研究所、中国科学院上海应用物理研究所、中国科学院近代物理研究所、中国科学技术大学、中国科学院合肥物质科学研究院和东莞中子科学中心) In-house 团队获资助项目 211 项,项目数占比 31.5%,经费数占比 33.7%;外部单位用户获资助项目 458 个,项目数占比 68.5%,经费数占比 66.3%(如图 8),反映了装置较高的共享和开放程度。

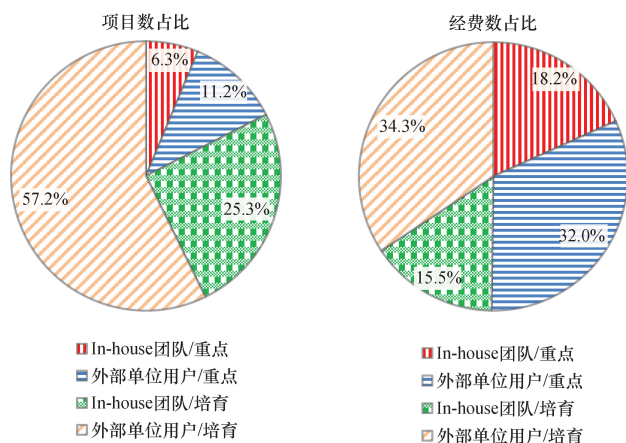


图 8 In-house 团队项目和外部单位用户项目情况

表 1 外部单位项目的依托单位分布情况

外部单位项目依托单位	项目数
* 中国科学技术大学	58
上海交通大学	17
* 中国科学院合肥物质科学研究院	15
复旦大学	14
南京大学	13
浙江大学	13
北京大学	12
山东大学	11
苏州大学	11
清华大学	9
中国科学院上海生命科学研究院	9
中国科学院大连化学物理研究所	8
中国科学院大学	8
兰州大学	7
北京航空航天大学	6
合肥工业大学	6
上海大学	6
上海科技大学	6
* 中国科学院上海应用物理研究所	6
中国原子能科学研究院	6
合计	241

\* 说明:以合肥同步辐射光源依托单位中国科学技术大学为例,依托合肥同步辐射光源的项目为 In-house 项目,依托其他装置的项目算作外部单位项目。

对于 458 个外部单位项目,项目数排名在前 20 的外部单位项目依托单位分布情况(见表 1),按行政区划在全国的分布范围情况(见表 2)。从这些数据中可以看出,外部单位项目广泛分布在全国 27 省市自治区的 129 个高校和科研院所。其中,中国科学技术大学对于依托大科学装置开展研究的积极性非常高,它是唯一使用了全部 6 个大科学装置的依托单位。从行政区划来看,安徽省、上海市、北京市的依托单位获联合基金资助的项目数位列前三。

表 2 外部单位项目的依托单位在全国的分布情况

行政区划	外部单位项目数合计
安徽省	86
上海市	80
北京市	79
江苏省	41
浙江省	27
山东省	18
辽宁省	17
广东省	17
湖北省	12
四川省	8
陕西省	8
甘肃省	8
福建省	8
天津市	7
吉林省	7
黑龙江省	7
河南省	6
河北省	5
贵州省	4
湖南省	3
山西省	2
江西省	2
广西壮族自治区	2
重庆市	1
云南省	1
新疆维吾尔自治区	1
青海省	1
合计	458

## 5 论文产出概况

从基于 Web of Science 数据库的文献分析情况来看,截至 2018 年 1 月,大科学装置联合基金资助的项目共计发表论文 5 528 篇,总引用次数达 70 316 次,篇均引用 12.7 次;ESI 高被引论文 112 篇,热点论文 6 篇。谭龙等人曾对大科学装置联合基金等 4 个联合基金在 2010—2014 年资助项目所发表的 SCI 论文(论文发表时间为 2010—2017 年)的数量、质量以及效率等三个方面进行了分析,大科学装置联合基金资助的论文在 SCI 论文总数、发表期刊层次、高被引论文数和论文产出经费效率都有很好的成效,从一个侧面反映了该联合基金的资助效果<sup>[2]</sup>。

论文署名单位数超过 1 100 个,其中半数为国内高校和研究机构,包括中国科学院、教育部、工信部、中核集团、计量院以及各省市地方的科研机构 and 高等院校。

从国际合作情况来看,316 个项目的 1 373 篇论文包含国外研究机构。国外研究机构总数多达 500 多个。例如美国有 150 多个单位,包括多个能源部国家实验室、哈佛大学、耶鲁大学等多所知名高校。德国、意大利、英国、法国等欧洲国家的合作单位合计超过 200 个。这些情况说明联合基金资助的、依托大科学装置的科学研究吸引了一批国际科研人员,反映了联合基金资助项目较高的国际化程度。

## 6 实施经验和展望

自 2009 年设立至今,大科学装置联合基金充分发挥各大科学装置的平台研究特点,吸引和凝聚全国的优秀科研人员利用大科学装置研究平台,开展高水平的前沿与综合交叉研究,扩大了依托大科学装置开展科研工作的科研队伍,促进了科研院所和高等院校的协同创新和实质性合作,取得了一批优秀研究成果。在自然科学基金管理上有如下的实施经验和展望:

(一)更加侧重于对年轻研究人员的支持。重点支持项目中有更多的年轻科研人员承担项目,超过一半的负责人年龄在 45 岁以下,为青年人才的成长提供了好的平台和条件。联合基金将坚持对青年人才的支持,希望吸引更多青年优秀人才来使用装置、用好装置。

(二)培育了一批既懂装置又懂科学研究的交叉领域专家队伍,促进了交叉领域的学术交流。大科学装置联合基金项目的评审工作有其特殊性,申请的项目既需要评审专家具有学科领域的评判,也需要评判在各装置上开展研究的可行性,所以在专家安排上要统筹兼顾。每年度召开的重点支持项目中期检查和结题审查的评审会是个非常好的交流平台,各领域各装置的专家和项目负责人齐聚一堂,互相切磋,共同为联合基金的发展出谋献策。

(三)管理创新,支持新装置“边建设边运行”,不断吸纳新建成装置。大科学装置联合基金所依托装置是开放的,基金管理上也是开放发展的。国家自然科学基金委员会与中国科学院在全程的管理中互相沟通,互相协商,所依托的装置从第一期协议的 4 个发展壮大到目前的 6 个。2017 年稳态强磁场实验装置通过国家验收,早在 2012 年联合基金提前部署,将稳态强磁场实验装置纳入进来,支持该装置边建设边运行,极大地促进了该装置优秀成果的产出。2018 年中国散裂中子源装置通过国家验收,当年即被纳入联合基金框架,面向全国开放共享,希望后续吸引越来越多的中子源用户申请项目,促进依托中子源装置的高水平成果产出。

(四)进一步加大大科学装置的开放共享。2014 年,国务院印发《国务院关于国家重大科研基础设施和大型科研仪器向社会开放的意见》(国发〔2014〕70 号),要求加快推进科研设施与仪器向社会开放,实现资源共享。为进一步加大开放共享,建议一是利用多种渠道加大宣传力度,让全国科技界了解各个大科学装置的科学目标和能解决的科学问题,进一步拓展用户群体。二是将装置的开放共享状况作为装置运行考核评估的重要指标,以及装置后续升级改造的重要参考。

(五)进一步改善在经费拨付和部分装置提供束流不足的问题。国家自然科学基金的联合基金基本上是联合方将经费拨给国家自然科学基金委员会统一管理,分批次拨付给依托单位,但是大科学装置联合基金由于中国科学院和国家自然科学基金委员会同属中央财政部财政拨款,不能将联合经费拨给国家自然科学基金委员会,形成了两家分别拨款的特殊情况,时间上不能保证和普通基金项目同步,给项目负责人和依托单位带来一定的麻烦。联合基金办公室需要加强沟通,及时反馈相关信息给项目负

责人和依托单位。用户日益增多,部分项目负责人反映提供用于科学研究束流不足,如何优先满足获资助项目的束流需求,联合基金办公室需要加强与各大科学装置的沟通,切实了解各大科学装置的状况,缓解供需矛盾。

(六) 进一步加强布局和战略调研,更好地提升资助成效。十年来投入的经费快速增长,由每年4 000 万元增长到每年1.2 亿元,项目类型一直是培育项目和重点支持项目,经费分配基本是各占一半。未来计划加强调研,进一步深入了解依托装置开展

研究工作的科学需求,加大对围绕重大的科学问题和前沿方向以及装置相关的关键核心技术相关研究的支持,以进一步促进创新成果的产出。

### 参 考 文 献

- [1] 中国科学院综合计划局,基础科学局. 我国大科学装置发展战略研究和政策建议. 中国科学基金, 2004, 18(3): 166—171.
- [2] 谭龙,陈风云,谢昌明,等. 数量、质量与效率:联合基金文献产出比较分析. 中国科学基金, 2018, 32(2): 170—173.

## A review of the fund support and management of Joint Research Fund of large-scale scientific facility for ten years

Li Huihong<sup>1</sup>    Lu Yu<sup>2</sup>    Zeng Gang<sup>3</sup>

(1. *Department of Mathematical and Physical Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085;*

*2. Bureau of Frontier Sciences and Education, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864;*

*3. Bureau of Facility Support and Budget, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864)*

**Abstract** Joint Research Fund of large-scale scientific facility was established by National Natural Science Foundation of China and Chinese Academy of Sciences in 2009. We review the fund support and management of the Joint Research Fund of large-scale scientific facility in the past ten years (2009—2018), sort out the achievements supported by the Joint Research Fund, and prospect the future of the fund.

**Key words** National Natural Science Foundation; large-scale scientific facility; Joint Fund; management; review; prospect