

· 联合资助方经验交流 ·

NSFC—山东联合基金实施成效分析及思考

唐波*

山东省科学技术厅, 济南 250101

[摘要] 从2012年开始,国家自然科学基金委员会与山东省政府共同设立NSFC—山东联合基金,目前已顺利实施两期。本文总结了两期联合基金实施管理工作,主要介绍两期联合基金的资助情况,系统梳理实施取得的显著成效,深入探讨两期联合基金实施过程带来的思考与体会,并总结有益的经验做法,为进一步推动联合基金更好地发挥科技引领和带动作用提供借鉴。

[关键词] 国家自然科学基金;山东;联合基金;成效分析;思考

联合基金是国家自然科学基金的项目类型之一,其战略定位是“发挥导向作用”,由国家自然科学基金委员会与中央或地方科技管理部门、产业界有关部门,即联合资助方,共同出资设立,旨在运用科学基金机制,针对共同感兴趣的特定领域,联合资助目标导向型的基础研究。NSFC—山东联合基金旨在发挥国家自然科学基金的导向作用,吸引和集聚全国的优势科研力量,围绕山东经济与社会发展的重大需求,聚焦关键科学问题,开展基础与应用基础研究,在培养高层次科技人才、推动山东省自主创新能力提升中发挥重要作用。

1 资助情况

自2012年5月起,国家自然科学基金委员会和山东省人民政府共同设立的NSFC—山东联合基金已经顺利实施两期,具有实施时间早、投入力度大、与时俱进、成果显著等鲜明特点^[1]。其中第一期(2012—2016年)以海洋科学研究中心模式资助5项,第二期(2017—2021年)以重点项目形式资助124项。

1.1 第一期:海洋科学研究中心项目资助情况

山东是海洋大省,在海洋资源、海洋产业、海洋科技等方面优势突出,拥有55所省级以上海洋科研



唐波 山东省科学技术厅党组书记、厅长;山东省自然科学基金委员会主任。博士,教授,博士生导师,973计划首席科学家,国家杰出青年科学基金获得者,国家百千万人才工程“万人计划”领军人才。主要从事分子及纳米荧光探针的合成及其在生物成像中的应用、绿色化工、荧光材料合成及太阳能化学转化与储存等方面研究工作。曾获得国家自然科学奖二等奖1项、国家科技进步奖二等奖2项、山东省自然科学一等奖2项、山东省科技进步奖一等奖2项以及山东省技术发明奖一等奖1项。

教学机构,汇集了全国近一半的海洋科技人才、1/3以上的海洋领域两院院士。由于历史原因,我国海洋科学研究基地、国家级重点实验室和研究中心等科研平台相对薄弱,在我省则尤为突出。为凝聚整合海洋科研力量,提升解决重大海洋科学问题的能力,有效推动海洋国家实验室建设,经过广泛研讨、深入调研,参考国外成功模式,NSFC—山东联合基金确立了“海洋科学研究中心”的资助方式,启动资助了4个中心,2016年经评估确定延续资助4个中心并新启动了1个中心,资助直接经费共计17990万元。经过持续高强度资助和培育,5个海洋科学研究中心聚焦世界科学前沿和国家地方重大需求,在各自领域均取得重要突破,有效支撑了海洋试点国家实验室的建设和发展。

1.2 第二期：重点项目资助情况

为发挥国家自然科学基金的导向作用^[2, 3],吸引和凝聚全国优秀科学家,聚焦推动山东半岛自主创新示范区和黄河三角洲农业高新技术产业示范区建设,围绕山东省及周边地区经济、社会、科技发展的重大科学和关键技术问题开展基础研究,提升区域自主创新能力和国际竞争力,国家自然科学基金委员会与山东省人民政府自2017—2021年共同设立第二期NSFC—山东联合基金。

NSFC—山东联合基金第二期以重点项目形式进行资助,项目指南由山东省组织凝练,国家自然科学基金委员会审核发布,向全国开放申请。2017—2020年NSFC—山东联合基金第二期已资助4批次项目^[4-6],申请及资助情况进行分析如下。

4批次NSFC—山东联合基金共申报项目808项(图1),共资助项目124项,获直接经费支持共33615万元。项目平均资助率15.4%,平均资助经费271万元/项。

从学科分布上看(图2),共在生命科学、地球科学、工程与材料、信息科学4个科学部设立指南、资助项目。其中地球科学部项目申请和资助数量接近50%,工程与材料科学约占34%,生命科学约占

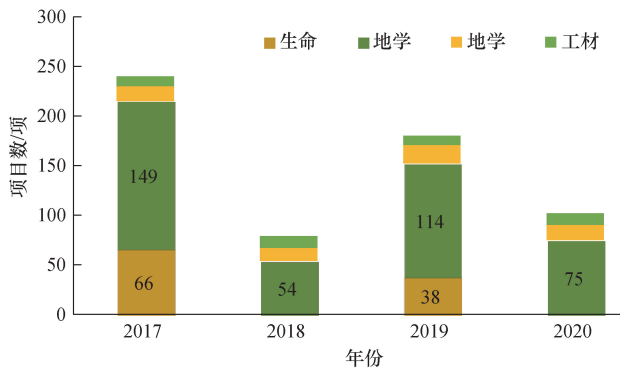


图1 2017—2020年NSFC—山东联合基金申请情况

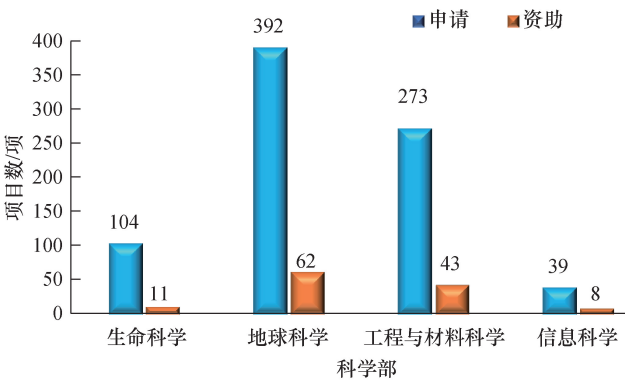


图2 2017—2020年NSFC—山东联合基金各科学部申请及资助量

10%,信息科学约占6%。

从领域分布上看(图3),山东近海环境与生态领域资助25项,海洋材料领域资助18项,海洋装备领域资助14项,海洋生物资源挖掘与利用领域资助12项,体现出我省在上述领域的迫切需求和科研基础。在近海工程技术、海洋可再生能源、信息传感与交换等领域亦有部分项目获得资助。

从地域分布(图4)和依托单位分布(图5)上看,体现了较高的开放度。申请的808项项目中,山东省内单位505项占62.5%,省外单位303项占37.5%。获得资助的124项项目分布在11个省份的47家依托单位,其中山东省内17家单位承担75项占60.4%,30家省外单位承担49项占39.6%。山东省承担较多的单位主要包括中国海洋大学、山东大学、中国科学院海洋研究所、自然资源部第一海洋研究所等;其他承担项目较多的省份为北京17项、辽宁6项、黑龙江5项、天津5项、江苏4项以及天津4项。这些承担项目较多的省份和单位是NSFC—山东联合基金下一步重点挖掘和合作的方向。在第二期联合基金项目的基础上,提炼并逐步聚焦优势联合资助的研究领域,继续开展深层次资助和合作,将极大地促进相关研究领域的提升和发展,有利于充分发挥联合基金的导向作用。

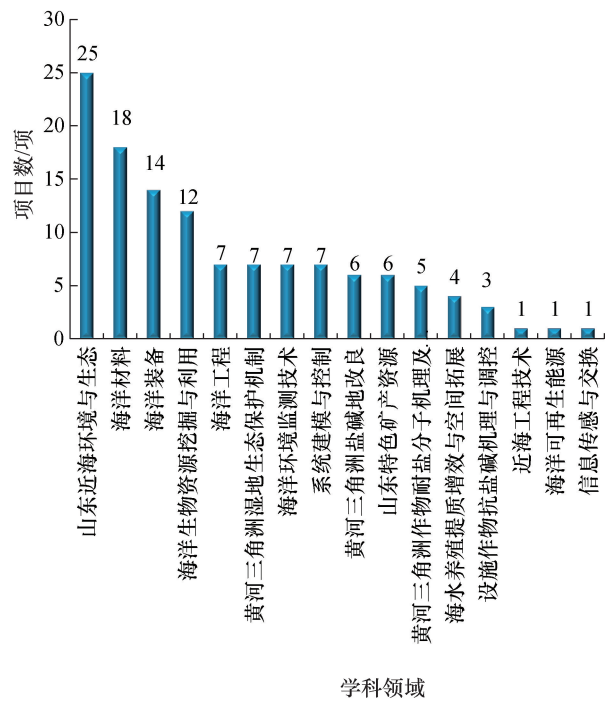


图3 2017—2020年NSFC—山东联合基金资助项目领域分布

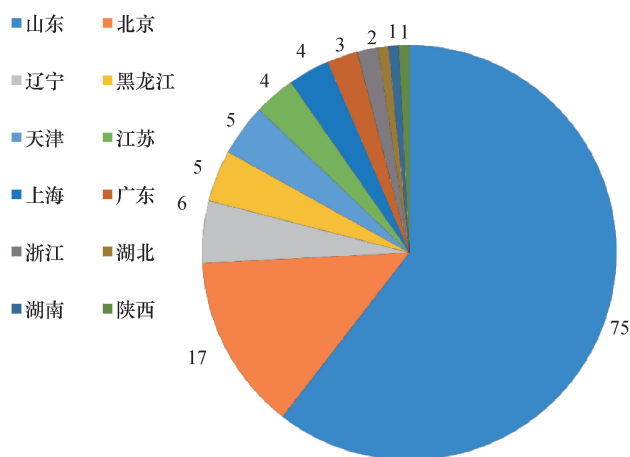


图4 2017—2020年NSFC—山东联合基金资助项目地域分布

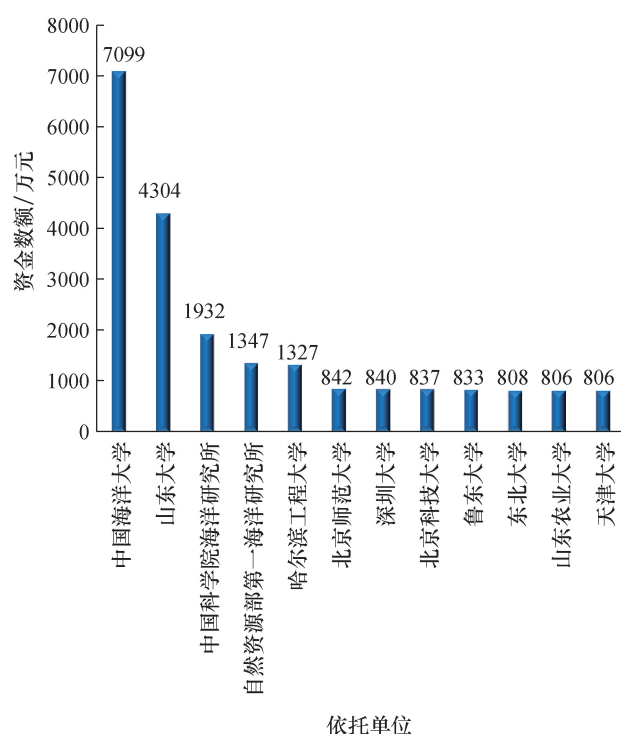


图5 2017—2020年资助项目资金数额依托单位分布 (3项及以上单位)

2 实施成效

据不完全统计,NSFC—山东联合基金实施以来,已累计发表论文1100余篇,获得省部级成果奖励50余项,培养硕士、博士540余人,吸引、集聚了一批高水平科技人才,在山东省在前沿科学问题突破、“卡脖子”关键技术创新、技术成果服务产业提升、解决社会发展问题等方面发挥了重要作用。

2.1 前沿科学问题不断突破

重要领域前沿科学问题取得重要突破,提升了山东省基础研究整体实力,有力支撑了高水平创新型省份建设。

地球科学领域,在“物理海洋与气候”项目资助下,揭示了深海动力过程在近十几年全球变暖减缓中的关键作用机理,阐述了全球变暖对热带极端气候事件的催化效应,解决了未来热带太平洋厄尔尼诺—南方涛动(ENSO)是否增强这一困扰海洋与气候学界长达几十年的全球性难题。

生命科学领域,资助的“深海细菌参与D—氨基酸再利用的生命过程、机制及相关酶资源应用潜力评价项目”项目,揭示了一种海洋革兰氏阴性菌通过分泌一种蛋白酶,降解革兰氏阳性菌细胞壁肽聚糖,杀死和捕食革兰氏阳性菌的相互作用模式(图6),这是首次发现革兰氏阴性菌与革兰氏阳性菌之间的捕食作用,相关研究成果发表在国际著名期刊 *Nature Communications*; 揭示了深海拟杆菌门细菌的一种耐压策略及其机制,首次系统揭示深海耐压细菌耐压的生理、遗传与代谢机制,相关研究成果发表在国际著名期刊 *Science Advances*, *Nature research highlights* 进行了研究亮点报道; 首次从细菌中发现和表征了一个肝素外切酶家族,并利用发现的肝素外切酶初步建立了一种肝素寡糖酶解测序方法,相关研究成果发表在国际著名期刊 *Nature Communications*。

2.2 “卡脖子”关键技术加快创新

吸引和凝聚省内外优质科技创新资源,加强科学基金与经济社会发展需求的有效对接^[7, 8],解决了山东省产业发展中近百项卡脖子关键共性技术难题,为山东省产业创新发展提供了有力支撑。

地球科学领域,“物理海洋与气候”项目突破了深海实时潜标系列关键技术,解决了深海潜标观测

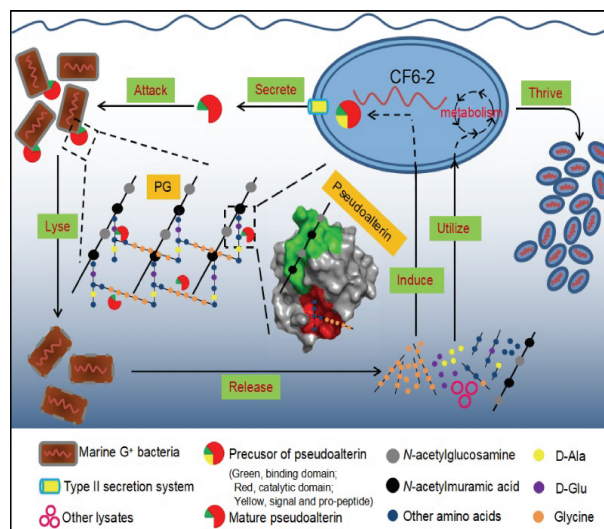


图6 海洋革兰氏阴性菌捕食革兰氏阳性菌的机制模式图

高频采样、数据实时传输瓶颈问题,成功研发面向全球海洋热带及中高纬度海区系列大型浮标观测系统,完成在“两洋一海”关键区域的潜标大规模实时化升级,以深海大浮标和潜标为主体,全球最大的区域海洋定点观测网——“两洋一海”潜浮标观测网进入实时化时代。

海洋工程领域,项目“基于复合氧化还原体系的船舶动力废气多污染物协同处理关键理论及核心技术研究”解决了目前船舶柴油机多污染物协同处理面临的 NO 难吸收、多污染物高效协同吸收困难、硝酸盐残留量较高等技术难题,开发的绿色无毒、低价易得、性能优异的复合吸收剂,实现了船舶多污染物高效协同吸收、硝酸盐低残留的技术突破,填补了船舶尾气多污染物湿法一体化处理技术空白,形成具有自主知识产权的关键技术。相关研究成果发表在环境科学领域国际著名期刊 *Journal of Hazardous Materials* 上(图 7)。

“自升式平台桩靴基础的全工作周期稳定性分析”项目解决了复杂土层中自升式平台插桩风险高、长时间作业后桩靴基础难以拔出等技术难题,初步构建了桩靴“贯入—作业—上拔”全过程分析模型;开发了适用我国近海地层条件的插桩和拔桩预测软件,已百余次应用于中石化、中石油渤海内平台的就位分析。

材料科学领域,“多功能协同作用的防污涂料及其配套防腐涂料研究”项目解决了目前防污涂料存在的防污剂环境污染、防污效期短、国内防污涂料关键基础材料与复配技术落后等问题,实现了基于材料自身特性的高性能防污技术突破,研发的防污涂料防污期效长达 5 年,填补了我国高性能环保型防污涂料的空白。

项目“深潜器固态锂电池能源系统的研究”解决了传统商品化液态锂电池能量密度低、安全性差、无法深水耐压等技术难题,突破了新型固态电解质、固态电极、固固界面一体化、全海深差异化电源管理等

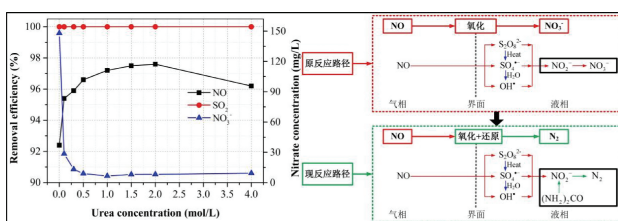


图 7 复合体系高效协同吸收 SO₂ 和 NO 过程气体吸收效率、硝酸盐残留量及协同吸收机理

核心技术,实现了全海深、高能量密度、高安全深海固态电源系统的开发与海试应用,填补了国内全海深高能量密度电源系统的技术空白。

生态环境领域,在“海洋生态与环境科学”项目资助下,开展基于分子生物学、生理生态学等方面研究,进一步完善了改性粘土治理赤潮的机制与理论体系;突破“卡脖子”关键技术,针对国际赤潮治理需求,研发出多种赤潮治理材料与设备,出口美国、智利和秘鲁等国家,为国际赤潮治理提供“中国方案”,成为我国为数不多走出国门的环保技术,2019 年荣获国家科技发明奖二等奖。

2.3 社会发展问题探索科技解决方案

聚焦国家和山东省生态文明、生命健康等重大发展需求,充分发挥国家自然科学基金的引导作用,聚集省内外优势科研团队,在生态环境保护、渔业碳汇、海洋药物研制等方面取得了一系列成果。

海洋储碳、渔业碳汇方面,“人类活动对山东半岛典型海湾生态系统环境的影响及其碳储效应”项目,定量估算了山东半岛典型海湾有机碳来源的贡献,指出人类活动对海湾中河流—河口系统的有机碳贡献高达 77%,建立了碳储(Carbon Storage)与碳储量(Carbon Stock)相结合评估海湾储碳功能的新指标,为制定海湾生态环境政策提供了依据。

“山东近海海带养殖环境碳汇过程效应、演化特征及其调控因素”项目已申请和授权国家发明专利 7 件(含装置设备 1 套),制定并颁布了我国首个有关渔业碳汇计量的行业标准(养殖大型藻类和双壳贝类碳汇计量方法 碳储量变化法),为渔业碳汇评估方法的应用开展提供操作指南,有助于厘清我国养殖藻类碳储量及对我国碳中和的贡献,助力构建 IPCC 认可的“可测量、可报告、可核查”蓝碳认证体系。

海洋药物领域,在“基海洋药物与生物制品”项目资助下,研究团队挖掘、利用了包括深远海、极地的海洋药用生物资源,发现了 1290 个海洋新天然产物(活性化合物 345 个,新骨架 81 个,12 个被 NPR 评为热点化合物),开发了一批具有抗肿瘤、抗病毒等活性的结构新颖的海洋药物先导化合物;发现了 10 余个抗肿瘤、抗感染海洋候选药物,揭示其作用机制;对蛋白质 O-GlcNAc 修饰、SIRT1、GPX4、Esf1 和 IGF-II 等作为抗肿瘤、糖尿病等药物新靶点进行了深入研究,发现了 4 个潜在的新靶标,为创新药物的研发提供了基础。

2.4 技术成果转移转化服务产业提升

加强科技成果转化能力建设,促进优秀成果落

地和转移转化,强劲驱动经济转型升级,储备了一批可为相关产业实现前沿技术突破的转化成果,如:

“海洋生态与环境科学”项目实现了海洋牧场生境从局部修复到系统构建的跨越;提高了牧场资源生物种类数量和资源量,生物资源从生产型修复跨越到生态型修复;突破了牧场生境监测、评价和预警预报技术,资源环境从单一监测评价跨越到综合预警预报。海洋牧场生境显著改善,经济生物种类增加 29%~46%,相关企业发展与渔民收入同步提升。

“海洋药物与生物制品”项目已申请国家发明专利 53 项,获授权国家发明专利 42 项;完成了 5 项专利技术转让;抗肿瘤海洋候选一类新药 BG136 已提交临床研究申请,抗 HPV 医疗器械 TGC161 进入临床研究,创伤急救止血颗粒获国家 II 类医疗器械注册生产证。

“海底隧道施工和运营灾害发生机理、预报预警与安全控制理论及技术”项目获批国家发明专利 19 件,研究成果成功应用于大瑞铁路高黎贡山隧道、世界最大的 TBM 集群—新疆某工程、滇中引水等多个工程。

“海底隧道断层破碎带突水突泥与注浆加固机理及应用”项目已授权国家专利 10 项,研究成果在青岛地铁 8 号线大洋站—青岛北站区间海底隧道施工中进行推广应用,准确评估了海底断层破碎带突水突泥风险,制定了合理的断层注浆加固方案,保障了地铁海底隧道工程安全顺利贯通。

3 思考与体会

山东省委、省政府高度重视科技创新工作,注重发挥国家自然科学基金委员会在品牌、管理、资金、人才等方面的优势,善于借“平台”、引“外力”为山东基础研究提质增效。NSFC—山东联合基金坚持聚焦山东、面向全国,精准定位、前瞻谋划、科学组织、严格管理,项目资助效能显著提高。

3.1 立足重大战略,坚持特色定位

始终贯彻科技自立自强目标,面向国家和省内重大需求,科学定位联合基金的资助模式和重点领域^[9]。第一期主要针对山东海洋科研力量集中,但高水平海洋科研平台匮乏的现状,立足整合山东海洋科研优势力量,打造高水平创新平台,实质性推动海洋科学与技术国家实验室建设,创造性地提出了海洋科学研究中心的资助模式,有效支撑了海洋国家实验室的建设和发展。第二期主要聚焦推动山东

半岛自主创新示范区和黄河三角洲农业高新技术产业示范区建设,围绕山东经济、社会、科技发展的重大科学和关键技术问题设立重点支持项目,吸引全国优势力量,在聚力解决山东发展科学问题的同时,以其资助的开放性和高质量,为联合基金赢得良好口碑。

3.2 聚焦发展需求,系统科学谋划

充分发挥项目申报指南的导向作用,着力提升指南的特色性、包容性、科学性^[10]。在指南征集凝练过程中,坚持联合基金定位,探索出从我省重大发展战略中提炼方向,从我省高校和研究所特色优势领域凝练方向,从产业行业龙头企业需求中征集方向等多种行之有效的方式,凝练形成既体现山东特色又开放包容,既服务山东经济社会发展又提升国家创新能力,兼顾解决卡脖子技术问题又服务冲击科学前沿的高质量指南。同时,坚持与时俱进,每年根据当前实际需求和上年度的资助情况等,适时调整指南领域和重点方向,做到与区域创新发展紧密结合。

3.3 坚持开放合作,集聚优势资源

鼓励省内产学研单位与省外优质科技资源联合申报、组织实施联合基金项目,省外单位参与申报的项目占 60%以上,有利于促进跨部门、跨行业、跨区域的协同创新,借助全社会科技力量帮助我省解决基础科学问题,带动培养我省相关领域科技人才队伍,推动山东省原始创新能力和产业核心竞争力的提升。

3.4 加强后续跟踪,促进成果转化

加强联合基金项目的跟踪服务,通过不定期举办对接交流会等活动,促进企业、院所与高校之间的合作与互动,推动基础研究成果与技术需求的有效匹配对接,加快促进成果转化落地。

4 结语

基础研究是实现科技自立自强的重要根基。山东省将进一步加强与国家自然科学基金委员会的战略合作,积极推进加入区域创新发展联合基金。我们将进一步总结实施 NSFC—山东联合基金的成功做法、有益经验,为服务国家、区域发展战略,提升区域原始创新能力做出新的更大的贡献。

参 考 文 献

[1] 朱蔚彤,孟宪平.国家自然科学基金联合基金设立与资助管理机制探讨.中国科学基金,2012,26(1):34—37.

- [2] 刘开强, 刘彬, 谭乐, 等. “放管服”改革背景下国家自然科学基金管理创新. 中国科学基金, 2021, 35(2): 276—282.
- [3] 马卫华, 薛永业. 国家自然科学基金联合基金项目管理机制优化策略. 科技管理研究, 2017, 37(5): 155—163.
- [4] 李志兰, 刘佳, 刘权, 等. 2020年度国家自然科学基金联合基金项目申请、受理与评审情况. 中国科学基金, 2021, 35(1): 66—72.
- [5] 雷蓉, 刘佳, 刘权, 等. 2019年度国家自然科学基金联合基金项目申请、评审与资助工作综述. 中国科学基金, 2020, 34(5): 609—614.
- [6] 李志兰, 刘佳, 王岩. 2018年度国家自然科学基金联合基金项目评审工作综述. 中国科学基金, 2019, 33(1): 36—39.
- [7] 雷蓉, 王洪波, 王东鹏. 国家自然科学基金联合基金组织实施费科学管理的对策研究. 中国科学基金, 2018, 32(3): 316—319.
- [8] 彭向阳, 刘玲, 关永红. 构建国家自然科学基金委员会—地方政府联合基金项目管理制度的探析. 中国科学基金, 2015, 29(5): 349—354.
- [9] 刘益宏, 高阵雨, 郝艳妮, 等. 新时代国家自然科学基金资助向下项目科学问题属性分布现状梳理及有关思考. 中国科学基金, 2019, 33(5): 508—514.
- [10] 刘玲, 崔洁, 彭向阳. 国家自然科学基金委员会—广东省人民政府自然科学联合基金资助成效及创新模式分析. 中国科学基金, 2014, 28(5): 366—371.

The Effectiveness Analysis and Insights of the NSFC—Shandong Joint Funds Achievements

Tang Bo*

Department of Science and Technology of Shandong Province, Jinan 250101

Abstract In 2012, the NSFC—Shandong Joint Fund was first co-launched by the National Science Foundation of China (NSFC) and Shandong Provincial Government. Since then, two phases have been successfully implemented and remarkable achievements have been obtained. In this paper, we carefully summarized the experiences obtained from the fund management of the past two joint implementations, mainly described the funding situation, synthesized the remarkable achievements obtained in the implementation systematically, and discussed the insights and experiences deeply. We explored experienced practices as a scientific foundation, in order to promote the leading role of Joint Funds to further synergize science and technology.

Keywords the National Science Foundation of China; Shandong; Joint Fund; effectiveness analysis; insights

(责任编辑 李华一)

* Corresponding Author, Email: tangb@sdu.edu.cn