

• 管理纵横 •

DOI: 10.3724/BNSFC-2025.06.30.0001

数理领域原创探索计划项目执行情况与思考

熊 霄 刘 强* 倪培根

国家自然科学基金委员会 数学物理科学部, 北京 100085

[摘 要] 原创探索计划项目由国家自然科学基金委员会于2020年设立,旨在引导和激励科研人员积极投身原创性基础研究工作,持续推进原始创新和颠覆性创新。该类项目包含专家推荐和指南引导两种类型,鉴于原创研究自身具有的不确定性特征,项目的立项方式尚处在探索试点阶段,及时总结该类项目资助过程中的经验对今后更好地遴选原创项目具有重要意义。本文系统梳理了过去五年数学物理科学部原创探索计划项目的资助情况,总结管理工作中的经验和存在的不足,并对如何更好地实施数理领域原创探索计划项目工作提出一些思考。期待通过持续优化管理流程,改进完善资助管理机制,营造一流的创新生态和科研环境,助力我国持续产出重大原创性、颠覆性科技成果,加快实现高水平科技自立自强。

[关键词] 国家自然科学基金;数理领域;原创探索计划项目;非共识项目;遴选

1 原创项目的设立和定位

国家自然科学基金委员会自2020年起对原创性强、难以通过常规评审机制获得资助的项目设立专门渠道,遴选具有非共识、颠覆性、高风险等特征的原创探索计划项目(以下简称“原创项目”)[1-3]。原创项目资助科研人员开展探索性与风险性强的原创性基础研究工作,如提出新理论、新方法或揭示新规律等,旨在培育或产出从无到有的引领性原创成果,解决科学难题、引领研究方向或开拓研究领域,深入推动我国基础研究的高质量发展。

原创项目目前分为两种类型,其中专家推荐类原创项目用于资助科研人员进行自由探索类基础研究,不限研究领域或方向,但需要两位领域内专家进行推荐。另一方面,为了强化顶层设计、推动学科发展,设置指南引导类原创项目。该类项目一般是面向国家科技发展的重大需求中的重大科学问题,通过分析我国基础研究现状和挑战,组织领域内优秀专家集中研讨,进行自上而下的部署,科研人员需围绕项目指南提出研究内容。

按照原创项目工作方案要求,数学物理科学部于2020年制定了《数学物理科学部原创探索计划项目评

审流程》,遵循“宁缺勿泛”的原则严格把关,坚持原创思想具有科学性、申请人具有优秀科研能力的标准,同时还强调与常规资助项目类型的差异。数学物理科学部为切实做好原创项目的遴选工作,对项目评审机制进行大胆探索,试行双盲通讯评审制度,同时将通讯评审意见反馈给申请人,再将申请人的答复意见提供给会议评审专家作参考,建立了申请人与专家之间的沟通桥梁;同时初步尝试跳过通讯评审环节,直接进行会评的评审模式,为该类项目评审探索不同评审模式。

2 数学物理科学部原创项目的立项情况

2.1 指南引导类原创项目立项情况

2020年以来,为引导科研人员深入探索学科边界,充分发挥基础学科的独特优势和学科交叉融合的协同效应,数学物理科学部紧密围绕学科前沿,共发布了6个原创项目指南,如表1所示。其中,“太阳系边际探测基础理论与关键机理研究”和“基于‘澳科一号’卫星若干科学问题研究”与地球科学部联合发布,“复杂体系多维表征技术与调控方法”与化学科学部联合发布。

经过预审申请审查,数学物理科学部共受理6个原创

收稿日期:2025-06-30; 修回日期:2025-07-28

* 通信作者, Email: liuqiang@nsfc.gov.cn

引用格式: 熊霄, 刘强, 倪培根. 数理领域原创探索计划项目执行情况与思考. 中国科学基金, 2025, 39(5): 829-834.

Xiong X, Liu Q, Ni PG. Statistics and strategic thoughts of the original exploration projects in the fields of mathematical and physical sciences. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2025, 39(5): 829-834. (in Chinese)

表1 近五年指南引导类原创项目正式申请与资助情况
Table 1 Formal Applications and Funding Status of Guide Based Original Projects in the Past Five Years

申请年度	申请指南	申请 总数/项	资助 总数/项	资助 总额/万元
2021	太阳系边际探测基础理论与关键机理研究	5	3	1 200
	低能区的新相互作用研究	11	6	1 710
2022	复杂体系多维表征技术与调控方法	5	3	894
	基于“澳科一号”卫星若干科学问题研究	5	3	899
2023	拓扑量子输运理论与器件前沿探索	9	4	1 200
2024	阿秒电子动力学	18	7	1 670
合计		53	26	7 573

项目指南的正式申请合计53项,经过通讯评审和会议评审两轮差额遴选,学部共资助指南引导类原创项目合计26项,项目直接费用合计7 573万元,平均资助直接费用291.27万元/项,平均资助率为49.06%。目前,指南“低能区的新相互作用研究”的项目已全部结题。

2.2 专家推荐类原创项目立项情况

自原创项目设置以来,数学物理科学部共接收专家推荐类原创项目预申请213项,如表2所示,通过预申请审查的正式申请合计68项。经过两轮差额遴选,学部共资助专家推荐类原创项目合计32项。项目直接费用合计8 276万元,平均资助直接费用258.63万元/项,平均资助率为47.06%。目前,2020年度、2021年度资助的项目已全部结题。

2.3 原创项目申请人的年龄情况

原创项目设置以来,数学物理科学部的原创项目申请人年龄情况如图1所示。45岁以下的指南引导类原创

项目申请人合计40人,占申请总人数(54人)的74.07%;45岁以下的专家推荐类项目申请人合计52人,占申请总人数(68人)的76.47%。综合来看,36~40岁区间的项目申请人(38人)占比最高,为31.15%,其次是41~45岁区间(31人),占比为25.41%,再次是31~35岁区间(21人),占比为17.21%。

数学物理科学部资助的原创项目负责人年龄情况如图2所示。指南引导类的项目负责人平均年龄42.58岁,其中45岁以下的项目负责人合计20人,占资助总人数(26人)的76.92%,高于项目申请人占比;专家推荐类的项目负责人平均年龄41.47岁,其中45岁以下的项目负责人合计26人,占资助总人数(32人)的81.25%,同样高于项目申请人占比。综合来看,36~40岁区间的项目负责人(21人)同样占比最高,为36.21%,其次是41~45岁区间(16人),占比为27.59%,再次是31~35岁区间(7人),占比为12.07%。

数据表明,青年科研人员是创新的主要力量,获资助比例也很高,充分体现了数理科学领域青年科研人员的原始创新活力,他们不仅是产生原创思想的主力军,也是破解科技难题的排头兵。数学物理科学部将继续围绕深化科学基金改革、提升资助效能这一主线,强化基础研究系统布局,培育良好的创新生态,把宝贵的科

表2 近五年专家推荐类原创项目申请与资助情况
Table 2 Application and Funding Status of Expert Recommended Original Projects in the Past Five Years

申请年度	预申 请数/项	正式 申请数/项	资助 总数/项	资助 总额/万元
2020	61	21	5	1 180
2021	22	6	6	1 617
2022	52	12	8	2 009
2023	31	14	7	1 970
2024	47	15	6	1 500
合计	213	68	32	8 276

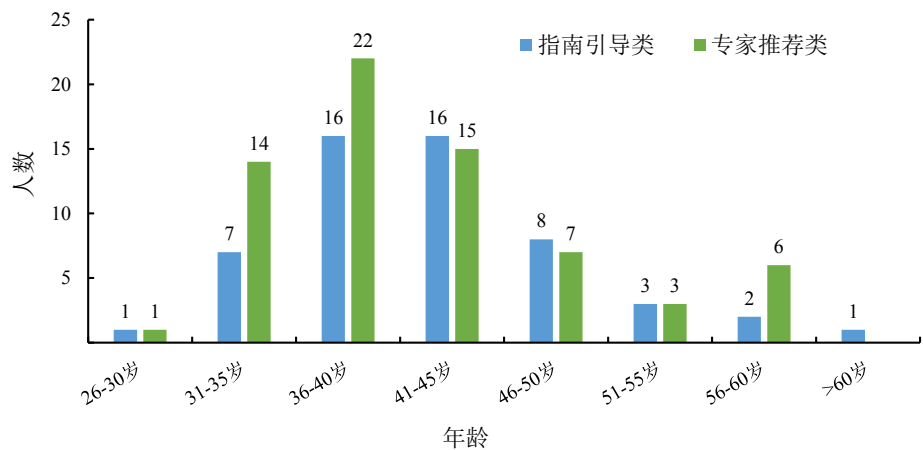


图1 数学物理科学部原创项目申请人年龄分布情况
Fig.1 Age Distribution of Applicants for Original Projects in the Department of Mathematical and Physical Sciences

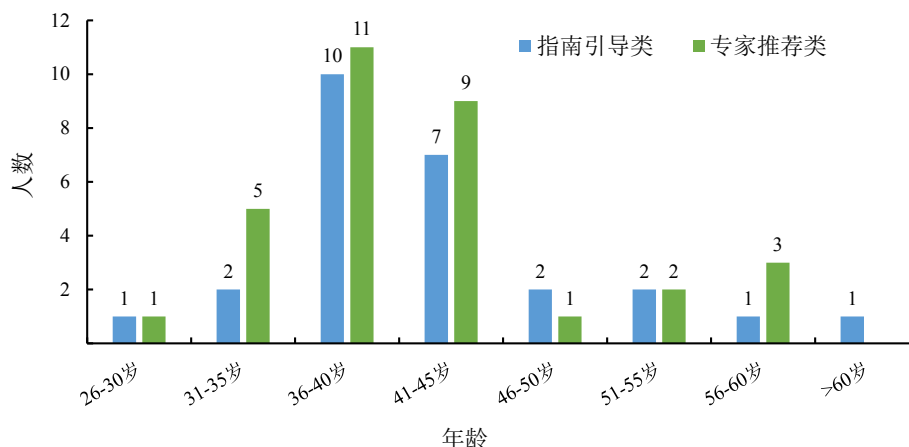


图2 数学物理科学部原创项目负责人年龄分布情况

Fig.2 Age Distribution of Original Project Leaders in the Department of Mathematical and Physical Sciences

技资源投向最具创新活力的一线科研人员,让他们能够心无旁骛地放手探索^[4]。

3 执行以来的立项方式探索

3.1 发现研究亮点,“自上而下”部署

阿秒光脉冲技术获得2023年度诺贝尔物理学奖,但利用阿秒激光开展的科学研究基本空白,加之国家重大科技基础设施“先进阿秒激光设施”开建,如何更好地开展阿秒科学研究亟待部署。2024年,数学物理科学部组织专家就“如何充分利用阿秒激光技术开展原创探索研究”进行了两次专题研讨,研讨领域包括凝聚态物理、原子分子物理、光学等多个领域。最终,数学物理科学部发布了“阿秒电子动力学”原创项目指南,旨在发展适用于阿秒时间尺度描述物质中电子行为的基础理论框架和先进实验技术。

3.2 挖掘优秀的非共识项目

2024年度国家自然科学基金项目集中受理期间,数学物理科学部受理的一项常规类型项目因科学价值极高但研究难度较大未能获得资助。申请人进一步凝练思想,使研究内容更聚焦,经由专家推荐提交了原创项目申请,致力于利用局域光场挖掘光与物质相互作用新机理。原创项目申请期间,申请人关于极端光场局域的研究成果正式发表,为原创项目的顺利实施奠定了坚实基础。经过通讯评审和会议评审两轮差额遴选,原创项目最终获得资助。

3.3 探索延续资助的模式

2021年度数学物理科学部部署了“低能区的新相互作用研究”指南引导类原创项目群,其中一个项目利用超导谐振腔发展新探测方法,实现了暗光子暗物质的扫描探测,并初步验证了超导腔跃迁探测的可行性。在该成果基础上,项目负责人产生了结合超导谐振腔技术与

超导量子比特的精密测量技术,获得突破标准量子极限的探测灵敏度,同时进行轴子等极轻玻色子扫描探测的原创想法。经过专家推荐和两轮差额遴选,该想法最终获得资助。

4 执行以来的亮点成果

4.1 准晶成核的机理研究

准晶的成核问题是凝聚态物理学中长久以来尚未解决的问题,困难主要来自于准晶和晶体结构是非公度的,相互之间没有明显的外延关系。北京大学张磊教授团队通过系统地研究准晶和晶体之间的成核与相变过程,将发展的鞍点动力学数值算法应用于Lifshitz-Petrich模型,克服了问题退化(Degeneration)带来的数值困难,首次精确计算出晶体和准晶之间相变的临界核和转移路径,揭示了准晶的成核过程。该方法具有普适性,适用于其他一级相变的物理系统。相关成果发表在*Proceedings of the National Academy of the Sciences*期刊上。

4.2 细微尺度三维曲面的定制化组装

仿生多孔设计在新型材料和器件系统的研制中应用广泛,而利用仿生多孔微结构实现三维几何形状定制化的研究仍是空白。清华大学张一慧教授团队基于曲梁变形理论和机器学习算法的微点阵设计方法,实现了目标三维细微曲面的逆向设计。进一步结合力学引导的三维屈曲组装机方法,实现了三维复杂细微曲面的定制化设计与制备,包括透气共形的三维心脏电子器件、具有双振动模式的仿生驱动器件和视网膜膜三维电子细胞支架,充分展示了该方法在生物电子学、微机电系统、微型机器人等领域的应用前景。相关成果发表在*Science*期刊上。

4.3 变形折纸架构下的应力与变形感知

视觉和听觉再现技术日趋成熟,而当前触觉再现的研究严重滞后。受曲面折纸启发,西湖大学姜汉卿教授

团队提出了一种用于沉浸式虚拟现实体验的第一人称视角的触觉设备,模拟从柔软到坚硬,甚至是负刚度(如破碎或坠落感)的各种变形触觉感知,允许用户在虚拟环境中主动与物体互动。通过曲线变形折纸结构的力学分析,设计并实现了可以和生物电子技术更紧密结合的交互界面,该系统尤其适合生物医学应用,能够为视力或本体感受障碍的用户提供感官代偿。相关成果发表在*Nature*期刊上。

4.4 星冕物质抛射研究

类似日冕物质抛射(Coronal Mass Ejection, CME),恒星CME对系外行星空间环境的扰动可显著影响行星的宜居性。通过原创项目的支持,北京大学田晖教授团队系统地研究了通过极紫外光谱探测恒星CME的可行性;利用国家重大科技基础设施LAMOST、FAST等发现了一例恒星CME候选体,提出了利用射电暗化探测恒星暗条爆发及CME的新方案;并发展了基于射电频谱观测诊断恒星CME源头—恒星活动区磁场结构的新方法。相关成果发表在*Science Advances*、*Astrophysical Journal*上。系列研究开拓了恒星CME研究的新方向,并培养了我国首位从事恒星CME研究的博士。

4.5 新型铬基笼目超导体

笼目晶格中蕴含许多新颖的量子态和物理效应,对非常规超导研究至关重要。浙江大学曹光早教授团队与中国科学院物理研究所程金光、周睿研究员联合攻关,通过大幅改变助溶剂配比,成功生长出铬基笼目结构CsCr₃Sb₅单晶,测试表明该新材料是一种强关联“坏金属”,具有自旋密度波转变,与钒基笼目体系显著不同。通过压力调控,在磁有序消失的临界点附近观察到该材料的超导电性。这项研究为进一步探寻笼目晶格中的新颖量子态、理解非常规超导机理提供了崭新的研究平台。相关成果发表在*Nature*期刊上。

4.6 基于特殊堆垛多层石墨烯的量子反常霍尔效应

量子反常霍尔效应是凝聚态物理中重要的物理现象,是低能耗高速电子器件和拓扑量子计算的候选物理基础之一,最早在石墨烯单晶体系中得到理论预言,但实验实现的难度极大。2024年,上海交通大学陈国瑞教授团队在特殊堆垛多层石墨烯中的新物态研究方面取得进展,首次制备出高质量菱方ABCA堆垛四层石墨烯/WSe₂异质结,将自旋—轨道耦合引入ABCA堆垛四层石墨烯中,并在石墨烯电中性点处,观测到陈数为4的量子反常霍尔效应,是首个石墨烯原子晶格中的陈绝缘体。相关成果发表在*Science*期刊上。

4.7 人才培养情况

原创项目已资助了一批具有原创学术思想的优秀

科研人员,开展探索性和风险性强的基础研究工作。前面已经提到,年轻人是原创的主体,年龄在40岁以下的原创项目负责人占比高达51.72%。他们在获得原创项目资助之后,大多依然活跃在科研一线,积极申请各类人才类项目,包括国家自然科学基金青年科学基金项目(B类)、青年科学基金项目(A类)、创新研究群体项目等。在26位指南引导类项目负责人中,有6位后续获得了人才类项目资助,另有10位正在参与申请人才类项目;在32位专家推荐类项目负责人中,有4位后续获得了人才类项目资助,另有17位正在参与申请人才类项目。希望原创项目的资助能够帮助他们快速成长为世界科技前沿的学术带头人。

5 存在的不足与未来工作思考

回顾近五年的实施效果,数学物理科学部在原创项目管理过程中积累了一些经验,也取得了一些重要成果,但仍有很大的改进空间。总体来看,原创项目的申请质量还有待提高,尤其是专家推荐类原创项目。有些申请人在集中受理期未能获批常规类型项目,便将申请书修改后申请原创项目,研究内容缺乏真正的原始创新。原创项目的设置是为了引导和激励科研人员奇思妙想,是遴选非共识、颠覆性项目的重要政策和举措,而不是为集中受理期落选的项目增加一次项目申请机会。另外,原创项目的过程管理也应受到项目负责人的高度重视。原创项目的核心研究内容与现有项目原则上不能重复,然而在研究成果标注时,却常常发生原创项目与现有项目含糊不清的情形。建议项目负责人充分考虑原创项目探索性与风险性强的特征,全身心投入原创项目的研究,避免贪多求全。

原创项目的管理尚未定型,同时需要与国家自然科学基金委员会目前大力推进的重大非共识项目相协调,探索如何在科学基金资助架构下使原创项目与重大非共识项目形成合力,更好地提高资助效能。“十五五”期间,数学物理科学部将积极探索更好的原创项目管理模式,主要从以下4个方面入手。

5.1 强化原创性导向

鼓励打破传统学科界限,强化基础研究领域前瞻性、系统性、战略性布局,促进不同学科之间的深度交叉与合作。科研人员可围绕数学、力学、天文学和物理学中的重大科学问题,组建高效的跨学科研究团队协同创新,提出新理论、新方法和新规律,开拓新的研究方向和领域,深入推动基础研究高质量发展。

5.2 优化评审机制

原创项目的评审资助模式需要不断地改革,通过优

化申请流程和遴选机制,引导科研人员敢想、敢做、敢失败,推动原创项目的长期发展。比如,引入“风险容忍度”指标,对高回报但高风险的申请给予重点关注。实行分阶段资助,根据阶段性成果灵活调整支持力度和资助年限。针对进展良好的项目,数学物理科学部也将积极探索延续资助的模式。若项目研究成果有望推动某个方向/领域的发展,则可以考虑以指南引导项目群的方式进行资助。

5.3 加强过程管理

针对指南引导类原创项目群,探索组织交流研讨会的模式,为同领域的项目负责人和专家提供经验分享、思想碰撞的平台,有效促进学术交流和合作创新,推动原创项目的健康发展。针对专家推荐类原创项目,建立推荐专家深度参与机制,鼓励项目负责人主动作为,邀请推荐专家对技术路线、成果转化等项目过程管理提供持续指导,提升原创项目的执行质量和创新价值,形成原创项目的品牌影响力。

原创项目应建立差异化考核机制。比如,不强制要求短期的论文产出,而是注重关键科学问题的突破,包括新理论、新方法的建立。鼓励项目负责人建立“进展日志”,记录研究中的意外发现或失败经验,在后续考核时可评估其意外发现的启发性或失败数据的价值性。

原创项目应明确成果归属与标注。由于原创项目的核心研究内容与现有项目不能重复,因此,原创项目的核心成果不得与其他项目重复标注,项目负责人需要充分考虑各项目的关联性,避免模糊标注。

5.4 建立容错机制

考虑到原创想法达成共识以及取得突破成果的难度,原创项目从基础科学长期发展的角度,遵循宽容失败的原则,鼓励“十年磨一剑”。实行弹性退出机制或分

阶段动态评估,对于未达预期但研究方向仍有潜力的项目,可保留其资助资格,待后续出现突破性证据再重启支持。承诺原创项目失败不影响常规项目申请,从根本上解放科学家的创新勇气。

总之,数学物理科学部将在“十五五”期间密切关注既具有原创性又存在一定风险的项目,不断优化评审流程,加强过程管理,通过原创探索计划项目的支持机制,孕育原创思想和关键技术;同时充分发挥专家咨询委员会的顶层设计作用,对孕育出的原创思想和关键技术进行项目布局,力争建成若干研究领域的科学高地,为2035年建成科技强国的宏伟目标贡献数理智慧。

参 考 文 献

- [1] 胡明晖. 美国科学基金会变革性研究资助政策及对我国的启示. 中国科学基金, 2016, 30(2): 159—162.
Hu MH. Funding policy of transformative research at NSF and its enlightenments. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2016, 30(2): 159—162. (in Chinese)
- [2] 吴琼琼, 胡光晶, 安丽真. 对我国原创探索项目的思考——基于美国国家科学基金会原创探索类项目的实践分析. 中国科学基金, 2021, 35(4): 573—580.
Wu QQ, Hu GJ, An LZ. Insights on the original exploration project at NSFC: Based on the practical analysis of early-concept grants for exploratory research at NSF. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2021, 35(4): 573—580. (in Chinese)
- [3] 2025年度国家自然科学基金原创探索计划项目申请指南. (2025-02-12)/[2025-05-28]. <https://www.nsfc.gov.cn/publish/portal0/tab442/info94433.htm>.
- [4] 窦贤康. 以基础研究高质量发展支撑世界科技强国建设. 中国科学基金, 2024, 38(5): 727—731.
Dou XK. High-quality basic research bolsters the building of a world-leading science and technology nation. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2024, 38(5): 727—731. (in Chinese)

Statistics and Strategic Thoughts of the Original Exploration Projects in the Fields of Mathematical and Physical Sciences

Xiao Xiong Qiang Liu* Peigen Ni

Department of Mathematical and Physical Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China

Abstract The Original Exploration Project was established by the National Natural Science Foundation of China in 2020. It aims to guide and encourage researchers to actively engage in original basic research and to continuously promote original and disruptive innovations. Currently the proposals are either nominated by domain experts or driven by the funding guidelines. Considering that the project initiation is still in the exploratory pilot phase due to the inherent uncertainty characteristic of original research, it is of great importance to summarize the management experiences in a timely manner for the future implementation of the Project. Through systematically reviewing the funding statistics of the Project in the fields of mathematical and physical sciences over the past five years, this article distills the management experiences and identifies the areas for improvement. Additionally, it puts forward some considerations on how to better implement the Project in the fields of mathematical and physical sciences moving forward. We hope to improve the management mechanisms of scientific funding, foster a world-class innovation ecosystem and research environment, and thereby facilitate the production of major original and disruptive scientific and technological achievements in China, accelerating the realization of greater self-reliance and strength in science and technology.

Keywords National Natural Science Funding; mathematical and physical sciences; original exploration project; non-consensus projects; selection

刘 强 博士, 研究员, 现任国家自然科学基金委员会数学物理科学部综合与战略规划处处长。

熊 霄 博士, 助理研究员, 现任国家自然科学基金委员会数学物理科学部综合与战略规划处项目主任。

(责任编辑 王磊 张强)

* Corresponding Author, Email: liuqiang@nsfc.gov.cn