

· 科学基金改革三大核心任务 ·

新时代科学基金调整申请代码 促进优化学科布局改革的实践与思考

孙 粒^{1*} 王佳佳¹ 范英杰¹ 姚玉鹏¹ 杜 鹏²

1. 国家自然科学基金委员会 政策局, 北京 100085

2. 中国科学院 科技战略咨询研究院, 北京 100190

[摘 要] 为应对新一轮科技革命和科研范式变革, 进一步提升科学基金资助管理水平和推动科技发展, 科学基金以申请代码调整为切入点于 2018 年实施了优化学科布局改革并取得显著成效。本文在系统回望国家自然科学基金委员会成立 30 多年以来学科布局调整历史脉络和梳理国外科研资助机构学科领域布局情况的基础上, 阐述新时代科学基金如何按照知识体系内在的逻辑和结构, 构建真正实现重大需求与知识体系统一相融、基础理论与应用研究贯通的学科布局, 重点分析科学基金学科布局改革对我国学科发展的促进和引领作用, 并提出学科未来发展布局的设想。

[关键词] 科学基金改革; 学科布局改革; 知识体系; 申请代码; 学科发展

优化学科布局是新时代科学基金深化改革三大任务之一, 是科研与资助体系的“软基础设施”, 将为有效应对科学研究范式变革、鼓励原始创新和促进学科交叉融合发挥至关重要的作用, 也为未来科学健康发展提供基本保障。本文结合国家自然科学基金委员会(简称“自然科学基金委”)学科布局优化以及申请代码调整实施过程中的进展、难点与对策, 总结申请代码调整情况, 并提出未来学科发展布局的设想。

1 科学基金学科布局改革的背景

自 19 世纪以来, 在近现代大学当中建立学科制度开始, 科学知识就以学科形态呈现。根据特定目标对学科分布的筹划与安排即形成特有的学科布局^[1]。如教育部以知识传承和培育人才为目标, 其学科布局表现为学位授予和人才培养学科目录; 而自然科学基金委的学科布局表现为资助布局和学科发展战略等^[2]。

科学基金申请代码与学科布局关系密切。申请代码是学科布局的一种标准化制度体现, 展现出学科布局的大部分内涵, 服务于项目申请、评审和管理



孙粒 博士, 副研究员, 国家自然科学基金委员会政策局学科政策处处长。

各环节等具体资助管理工作。从 1986 年成立开始, 自然科学基金委在每年下半年制定下一年度的项目指南, 明确最新的申请代码。经查阅科学基金项目指南档案, 从 1987—1989、1991、1997、1998、2008—2019 年度项目指南中汇总统计了 18 个年份的各学部申请代码, 总体情况见图 1。其中, 申请代码的总体数量从 1987 年的 1 138 个逐渐增加至 2019 年的 3 542 个, 增加了约两倍; 申请代码的层级不断规范, 如 1987—1988 年生命科学部和 1997 年工程与材料学部设有五级代码, 1989 年、1991 年和 1998 年等设有四级代码, 2002 年后最多设置三级代码。

通过梳理科学基金申请代码体系演化情况, 可以看出, 申请代码的设置通常依据学科分类、优先发展领域、国家经济社会需求(应用属性)、通用的方法/平台等, 也要综合考虑申请人队伍(项目申请量)

和评审专家群体(专家评审组)体量等因素。申请代码根据学科领域前沿的发展而不断拓宽,也因资助管理工作需要而不断调整。例如,自然科学基金委1988年在广泛征求科学界关于《1987年度自然科学基金项目指南》意见后,大幅修改了申请代码的层级和涵盖内容,特别是数学、力学学科增加了层级和研究内容;1991年到1997年间,金属材料学、机械学科、工程热物理与能源利用学科增加了代码层级,拓展了领域内容;2009年医学科学部成立,相关的资助内容从生命科学部中分离出来,设置了新的代码体系;化学科学部2017年增加了化学生物学相关代码;地球科学部2018年增加了环境地球科学代码。经过多年的发展,申请代码成为科学基金资助管理工作中不可或缺的基础支撑。

随着知识的不断延伸和科学的纵深发展,经典的学科建制难以涵盖全部的科学知识。学科集合间的边界还在一定程度上阻隔了各学科的融通,进而阻碍创新。同时,对于越来越多复杂问题的出现,如为应对气候变化、重大疾病、自然灾害和社会经济体系治理等重大挑战,任何学科都面临着一些利用现有知识或传统方法无法解决的科学问题。在此背景

下,知识体系的逻辑和结构逐渐从传统的分科制度向交叉融合的跨学科研究转变^[3,4]。为顺应这些变化和发展需求,科学基金亟待推动学科布局优化,通过调整申请代码设置,避免出现因学科领域局部扩张而导致的申请代码数量过多、层级过细、名称相似或冗余等现象,从而提升资助效率,促进科学融通发展,支撑科研管理工作深入。

2 国外科研资助机构学科布局及申请代码体系调研启示

我们通过调研美国国家科学基金会(National Science Foundation, NSF)^①、瑞士国家科学基金会(Swiss National Science Foundation, SNSF)^②、日本学术振兴会(The Japan Society for the Promotion of Science, JSPS)^③、德国科学基金会(Deutsche Forschungsgemeinschaft, DFG)^④以及澳大利亚研究理事会(Australian Research Council, ARC)^⑤等五家国外典型科学资助机构,梳理和分析了近二十年的学科布局演化情况及申请代码设置。可以看出,由于国家的体量、科学发展程度以及国家创新体系结构等方面各有不同,其科学资助机构的学科布局

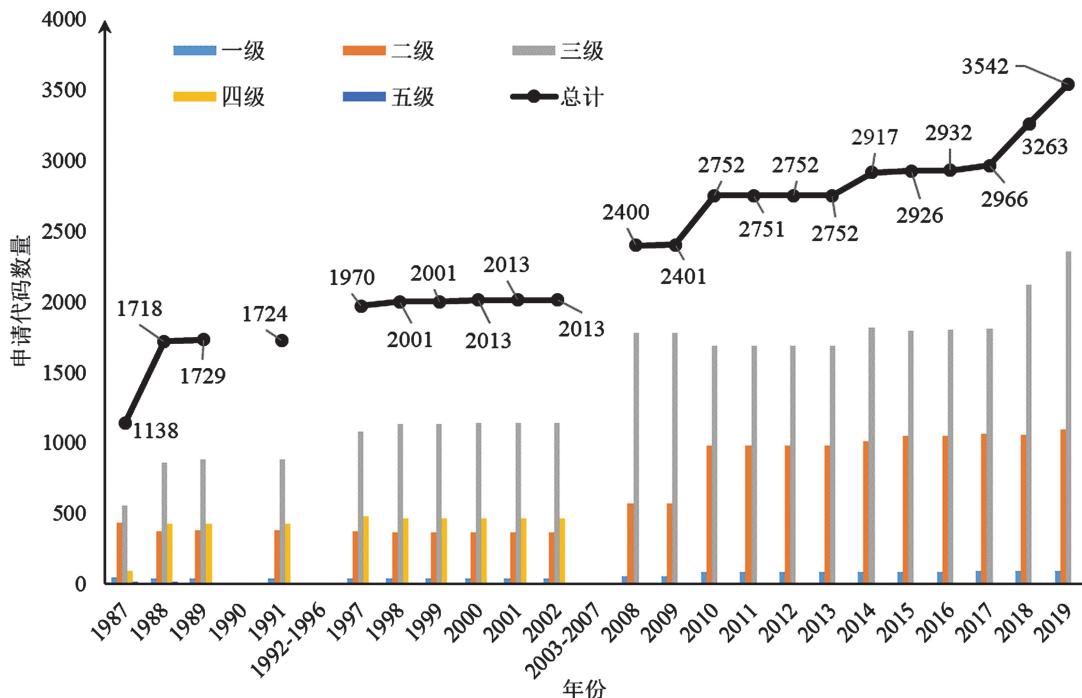


图1 科学基金1987—2019年申请代码总体变化

(注:1990、1992—1996、2003—2007年信息缺失,1999—2002年信息根据2002年科学基金项目指南说明推算得出)

① <https://www.nsf.gov>

② <https://www.snf.ch/de>

③ <https://www.jspso.go.jp/>

④ <https://www.dfg.de/>

⑤ <https://www.arc.gov.au/>

和申请代码结构也存在差异。

首先,资助机构的学科布局模式与其国家科技发展情况密切相关。在学科布局模式上,NSF、SNSF和JSPS均采用的“学科分支+跨学科交叉领域”双维度的学科布局模式,尽管具体维度的划分不同,但体现了美国、瑞士和日本对前沿、优先、交叉等不同重点领域的关注和支持。DFG因在其德国基础研究体系中的重要位置,采用全学科覆盖的学科布局模式,以学科为单元来进行布局。而澳大利亚因其政府研发活动后移到产业创新的职责上,要求公共资助机构弥补企业内研发资源的不足,因此ARC选择优先领域作为布局方式。可以说,资助机构的学科布局模式较好地契合了其国家的体量、科技发展程度以及科研水平等方面的因素。

其次,资助机构的申请代码结构受具体资助工作影响。例如,NSF、SNSF和JSPS的学科布局相似,但申请代码结构各不相同。NSF使用“学科代码(PD代码)+资助计划代码(NSF代码)”的网状申请代码结构,力求全面而完整的开展资助,其中PD代码以学科为基础,相对稳定,NSF代码则根据资助计划任务的变化而变动。SNSF采用三级体系的树状申请代码结构,代码结构清晰明确,重点突出,但对面向国家目标的资助系列——国家研究能力中心进行单独管理,未在申请代码中体现。JSPS的申请代码看似是三级的树状结构,但并非每一个子代码对应唯一的上级代码,而是同一代码会多次出现在相关学科领域中,即为一种的交叉申请代码结构。这是为了在交叉综合程度适中的前提下较好地平衡了科学发展的全面性和资助管理的便捷性。

再次,资助机构学科布局及申请代码的调整频率应基于学科属性和发展特征。如NSF数学和物质科学部在过去二十余年内一直保持稳定的学科布局,未有变动,体现了以科学发展为内在驱动的基础性学科的稳定特征;而以应用需求为牵引或与应用联系紧密的学科,如工程科学、信息科学、生命科学、医学科学等,随着国家经济社会需求的变化和新的研究领域、前沿热点的涌现,学科布局与申请代码需要不断进行优化与调整,以应对新的学科发展热点与趋势。

最后,这些资助机构的申请代码还充分体现了全面性、简洁性和层次性的特点。不论是具有相似学科布局的NSF、SNSF和JSPS的申请代码,还是采用四级树状结构申请代码的DFG,以及使用了澳

大利亚和新西兰标准工业分类(ANZSIC)中的研究领域、课程和学科(RFCD)代码和社会经济目标(SEO)代码作为申请代码的ARC,这些申请代码涉及的学科领域都完全覆盖了资助机构的资助范围,并且代码名称简洁,内涵明确。同时,申请代码层次清晰,数量适中。如2020年时,NSF的学科代码94个,资助计划代码586个;SNSF一级代码3个,二级代码21个,三级代码141个;JSPS的大分区代码共11个,中分区代码65个,小分区332个;DFG一级代码4个,二级代码14个,三级代码48个,四级代码213个。

3 新时代科学基金优化学科布局改革实践

3.1 改革的内在逻辑

通过本次科学基金改革,我们对学科制度进行了深入考察。在学科交叉融合的趋势下,重新剖析科学知识的逻辑与结构,将以生产科学知识、促进科学发展为主要驱动力的基础性学科归为共性原理,为科学技术的发展提供科学原理和普适理论;将以应用需求为牵引或与实际联系紧密的应用性学科归为分科知识,为解决领域内具体问题提供科学的理论依据;将具体的应用问题或卡脖子的关键技术归为应用领域,为实际情景中遇到的复杂困境和现实需求提供行之有效的处理方案和解决办法。由此而形成的由“共性原理—分科知识—应用领域”组成的新的科学知识体系可以将现有学科制度中缺失的环节得以填补,并致力于推动科学技术的整体进步,这将有力地推动各学科的进步和不同层次学科之间的融合^[5,6]。

基于新的知识体系逻辑与结构,科学基金应有效利用知识体系的逻辑和架构,使其能够在符合知识演化逻辑的前提下,科学地指导科学基金学科布局,有效地促进新知识的生产。一方面,作为自然科学发展的基础,科学研究中很多常用的知识工具和理论方法均来自于数学、物理、化学和生物学等基础性学科,普遍以科学发展为内在驱动力,表现在科学基金的申请代码也相对稳定。这些学科的申请代码应当主要对应知识体系中的“共性原理”,少数与工业生产相关的应用性学科和与其他学科交叉融合形成的领域则可对应知识体系中的“分科知识”。另一方面,作为解决现实问题的科学依据,以应用需求为牵引或与应用联系紧密的学科,比如工程和材料科学、信息科学、生命科学、医学等都需要通过“共性原理”的渗透和具体领域内“分科知识”学习,进

而为实际情景中遇到的复杂困境提供行之有效的处理方案。这些学科的申请代码则主要对应知识体系中的“分科知识”，涉及到具体的应用问题或卡脖子的关键技术则对应知识体系中的“应用领域”。

按照知识体系内在的逻辑与结构及其与科学基金资助体系的对应关系来构建科学基金的学科布局,对于真正实现科学基金深化改革目标,切实解决科学研究内容重复、学科领域相互隔离等若干学科布局存在的难点意义重大。

3.2 工作思路

在充分调研和科学分析的基础上,自然科学基金委相继制定了《科学基金学科布局改革任务第一阶段工作实施方案》和《优化科学基金学科布局重大问题调研工作方案》。第一阶段以科学基金申请代码为切入点,按照符合知识体系逻辑结构、促进知识与应用融通的总要求,坚持特征优先、粗细适宜、动态优化、服务管理的基本原则,保持现有科学部架构不变,构建“两级代码—研究方向—关键词”的申请代码体系,整体压缩现有申请代码设置,着力解决过细过窄状况,尽可能涵盖更多的研究方向。

具体来说,申请代码体系要充分考虑学科特征,如基础学科相对稳定,新兴与交叉领域和前沿热点发展较快;同时充分考虑不同学科不同的发展需求,坚持尊重学科差异。申请代码还要兼具包容性、科学性和交叉性。涵盖学科全部研究领域和方向,保证学科领域的全面发展;在分类过程中,要依照学科特点,分类简洁明了,确保科学性;具体的分类宜宽不宜窄,鼓励跨界交叉。申请代码动态调整要全面审视学科发展态势,兼顾国际科学前沿发展趋势和我国学科领域发展态势,以及国家重大需求;同时要面向未来,为学科新增长点预留空间;还要关注重要的冷门学科、薄弱学科和濒危学科,防止热门领域无序、盲目扩张。

新的申请代码体系以现有的科学基金申请代码为基础,各科学部通过梳理整体架构和各级代码的逻辑层次,重点设置一级和二级代码,不再设置三级代码。原三级代码所涵盖的学科领域范围合理归类至相应的一级或二级代码中或体现在其下属研究方向中。一级代码和二级代码的体量根据各科学部学科领域复杂性、申请量以及专家评审组体量综合确定。

申请代码名称突出科学准确、简明规范,结合科

学基金项目指南明确其内涵范畴。确保代码名称具有唯一性,同一名称不被多个申请代码使用。

根据实际需求,各科学部在一级或二级申请代码中设置开放性的代码,为科学部现有代码中无法涵盖的新方向预留空间。根据该类申请代码的申请和资助情况,适时可将其中有关领域设置为一级或二级申请代码。还可根据申请量、学科发展态势等需求,在二级代码中灵活设置“研究方向”及其下设“关键词”。

3.3 成效进展

按照第一阶段改革的总体安排和要求,2019年自然科学基金委工程与材料科学部和信息科学部先行试点,2020年其他科学部一并完成学科布局优化和申请代码调整。在此过程中,各科学部系统梳理相关学科体系发展现状及存在问题,通过广泛发放调查问卷、召开各类研讨会、座谈会等,充分征集学科领域专家意见和建议,并且多次经过科学部咨询委员会咨询审议,提出了各科学部优化学科布局和申请代码调整的初步方案。经组织,各科学部还相互征求了意见和建议,对其中隶属不同科学部但涉及相关学科领域的申请代码组群,科学部之间积极沟通协商,形成共识。最后,经科学基金改革领导小组和自然科学基金委党组批准,《国家自然科学基金申请代码(2020年版)》发布实施。

对比2019年度科学基金指南发布的申请代码,调整后代码层级统一为两级,即只设置一级和二级代码,原三级代码所覆盖的领域方向均归纳至相关的一级或二级代码中,保持了资助领域的传承性。调整后二级代码数量全部大于一级代码数量,比例约为10:1。调整后申请代码总量为1389个,压缩近2/3。其中,一级代码126个,二级代码1263个。通过本次调整工作还进一步规范了科学基金申请代码的调整程序,特别增加了领域局部调整需征求所有学科意见和建议的环节,加强了系统考量和统筹协同。

本次申请代码调整体现出如下特点:(1)顶层设计。例如,地球科学部将“宜居地球”为核心科学问题的“三深(深地、深海、深空)一系统(地球系统)”作为战略框架,将每个一级代码按照基础和分支学科领域、发展和交叉学科领域、支撑技术领域三类,进行相应的二级代码调整。管理科学部则强调面向复杂管理系统,按照宏观、中观、微观三层系统,结合四大分支学科,按原创、前沿、需求和交叉四类研究划分,考虑颠覆性技术影响等,进行系统调整。

(2) 精准调整。例如,医学科学部的调整方式为,一级代码以人体生理系统为主线进行逻辑排序,兼顾国家需求的分支学科、新兴学科和薄弱学科,以及医学诊疗技术等交叉学科、预防医学、中医药学、药物药理;二级代码根据医学各子领域内在逻辑,突出科学问题导向,遵循从基础到临床、从结构到功能、从病理生理过程到疾病状态、从疾病预防到疾病诊治,以及新兴领域、学科交叉和研究新范式。(3) 科学合并。例如,生命科学部进一步突出强调生物学相关学科领域的科学前沿导向,农业科学相关学科领域的前沿和国家重大需求导向,二级代码由221个减少为209个。(4) 培养新方向。例如,数理科学部增设了人工智能、数据科学、极端环境与灾害力学、行星科学、量子调控等重要新兴领域代码;化学科学部新增人工智能与材料、能源、资源、环境、农业、生命医学等应用领域的多个交叉方向代码;工程与材料科学部增设“交通与运载工程”“新概念材料与材料共性科学”等一级代码,突出了亚稳金属材料、光电磁有机高分子、数字矿山、生物制造等新方向;信息科学部面向软件、量子科学、国家安全和大数据领域和交叉研究增设新代码。

3.4 新申请代码实施情况及存在问题

2021年是新代码体系全面运行的第一年,新旧代码实现了平稳过渡,有效支撑了科学基金申请和评审工作。经过一年的运行,各学科部对新申请代码运行情况进行了全面总结和深入分析,总体上认为运行较好。具体情况可归纳为以下几方面:

从各科学部新代码总体使用情况来看,代码裕

度总体合理。申请量在11~1000项的占二级代码总申请量的97.5%(其中,申请量为11~100项的二级代码占35.2%,101~500项的二级代码占55.1%,501~1000项的二级代码占7.2%),未出现申请量为0项的二级代码;申请量很少(1~10项)的二级代码仅15个,仅占二级代码总申请量的1.2%;申请量非常大(>1000项)的二级代码共有17个,涉及6个科学部,占二级代码总申请量的1.3%(图2、图3)。

从申请人层面,便于申请人准确选择代码。各科学部在代码优化过程中广泛征求了科技界意见,在确定新代码方案后,及时通过科学基金网络信息系统、科学部网站首页、评审会或检查会、学术交流会、学术期刊专刊等多种方式向依托单位和科研人员广泛宣传新代码,并给出了代码内涵解释。在代码选择上,大多数申请人能够准确地选择合适的代码及其研究方向。

从评审专家层面,提高了通讯评审专家与申请书的匹配度。2021年度评审组织中,评审专家与项目申请书通过关键词进行匹配,有利于在多个学科甚至多个科学部进行专家的匹配遴选。同行专家选择范围更宽,可以更好地避免利益冲突。总体上,新代码实施后项目评审的准确性、公正性和公平性得到保障。

从科学基金管理人员层面,提高了项目评审公正性与效率。新代码扩大了相近研究领域专家库,有利于科学基金管理人员为该方向申请书在更大范围内找到合适的专家,一定程度上提高了评审的公平性。

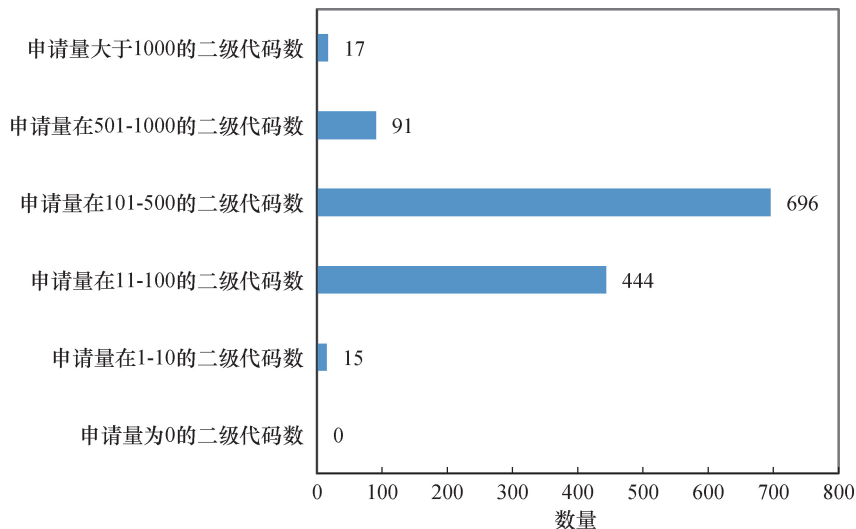


图2 2021年集中接收期不同申请量区间二级代码的分布情况

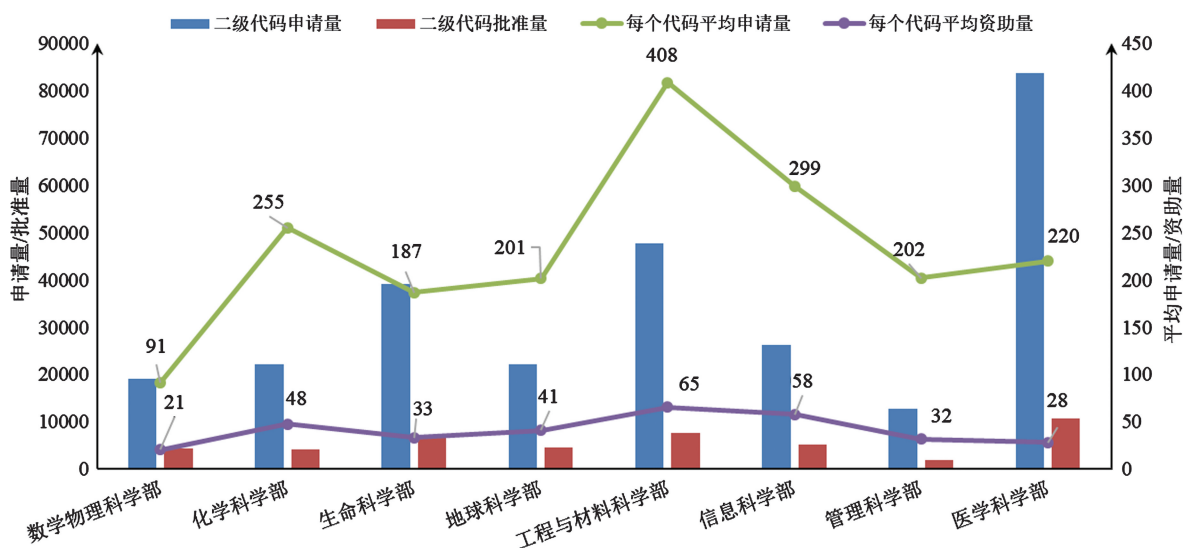


图3 2021年各科学部按二级代码计算的平均项目申请量和资助量情况

从学科发展层面,有利于推动学科交叉融合,有利于新学科成长和新方向培育,有利于形成新的研究梯队。新代码体系更好地体现了学科交叉融合趋势和特性,鼓励在学科交叉融合基础上提出研究课题,不仅在学科分类中具有很好的引导作用,而且也为新学科的成长和新方向的培育起到重要作用。

同时,根据2021年集中评审工作的反馈情况,在实施过程中存在的主要问题包括:个别二级代码、研究方向覆盖范围过大或过小,代码设置及其内涵范畴需要进一步完善;计算机辅助指派精准性有待进一步提高;信息系统中专家库需要进一步更新完善。

4 未来展望

根据学科布局按照符合知识体系逻辑结构、促进知识与应用融通的总要求,科学基金资助布局分为4个板块:

基础科学板块:主要由数理、化学、地球科学等整合而成,重在面向世界科技前沿,强化基础科学发展,扩展人类知识体系,为各领域前沿技术创新培育先发优势。其资助布局主要考虑基础科学相关分科知识的深化与扩展,以及各层次知识的关联,并促进通用知识在所有领域的专门化应用。

技术科学板块:主要由工程、材料、信息科学等整合而成,重在强化工程科学的知识基础,面向国家重大需求和经济主战场,加强前沿技术基础研究,解

决需求背后的核心科学问题,为重要技术提供源头供给。其资助布局主要考虑工程技术层次知识的发展及其在众多领域的应用,特别信息科学各层次知识与各应用领域的广泛融合。

生命与医学板块:主要由生物学、医学、农学等整合而成,重在面向世界科技前沿和人民生命健康,加强临床医学基础研究,在为生命健康提供科技支撑的同时,不断探索生命的奥秘。其资助布局主要考虑生命体各层次知识结构与各子系统及各种疾病的逻辑关系。

交叉融合板块:主要以管理科学部、交叉科学部为主推进,以重大交叉科学问题为导向,探索新的科学研究范式和支持交叉研究的新机制,培育新兴交叉领域的重大原创突破,在解决实际问题的同时,拓展共性知识和原理。

学科布局和申请代码的优化调整都是长期、动态的重要任务,不能一蹴而就。下一阶段,自然科学基金委将在巩固科学基金优化学科布局第一阶段改革成果的基础上,继续深入贯彻习近平总书记关于科技创新的重要论述精神,按照国家十四五发展规划和中长期远景目标的要求,坚持“四个面向”,突出前瞻性、系统性和针对性,加强学科布局统筹设计和系统谋划,突出科学问题引领,大力促进重大原创和交叉融合创新,为推动基础研究高质量发展做出切实贡献,更好地发挥科学基金在国家创新体系中的独特作用。

参 考 文 献

- [1] 王建华. 学科的境况与大学的遭遇. 北京: 教育科学出版社, 2014.
- [2] 王孜丹, 赵超, 张理茜, 等. 优化自然科学基金学科布局的改革逻辑与路径选择. 中国科学基金, 2019, 33(5): 440—445.
- [3] Li JH, Huang WL. Paradigm shift in science with tackling global challenges. *National Science Review*, 2019, 6(6): 1091—1093.
- [4] Li JH. Exploring the logic and landscape of the knowledge system: multilevel structures, each multiscaled with complexity at the mesoscale. *Engineering*, 2016, 2(3): 276—285.
- [5] 李静海. 抓住机遇推进基础研究高质量发展. 中国科学院院刊, 2019, 34(5): 586—596.
- [6] 李静海. 大力提升源头创新能力构建面向新时代的科学基金体系. 求是, 2018(22): 32—34.

Practice and Thinking on Adjusting the Application Code of Science Foundation to Boost the Reform of Optimizing Disciplinary Layout in New Era

Li Sun^{1*} Jiajia Wang¹ Yingjie Fan¹ Yupeng Yao¹ Peng Du²

1. *Bureau of Policy, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085*

2. *Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190*

Abstract In response to the new round of technological revolution and research paradigm change of global science, further improve the level of funding management of The National Natural Science Foundation of China (NSFC) as well as promote scientific and technological development, NSFC implemented the reform of optimizing layout of research areas in 2018 with the adjustment of application code as the entry point and achieved remarkable results. Based on the systematic review of the historical context of discipline layout adjustment since the foundation of NSFC was established for more than 30 years and combing the discipline layout of foreign scientific research funding institutions, this paper expounds how NSFC in the new era constructs a discipline layout that truly realizes the integration of major demands and knowledge system, and the connection between basic theory and applied research according to the internal logic and landscape of knowledge system, focuses on the promotion and leading role of the discipline layout reform of NSFC in the development of disciplines in China, and puts forward the assumption and for the future development layout of disciplines.

Keywords reform of National Science Funding System; discipline layout reform; knowledge system; application code; discipline development

(责任编辑 魏鹏飞 姜钧译)

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