优化科学基金资助布局, 迎接海洋科学发展新机遇

冷疏影^{1*}, 许学伟²

1. 国家自然科学基金委员会地球科学部, 北京 100085;

2. 自然资源部第二海洋研究所, 杭州 310012

* 联系人, E-mail: lengsy@nsfc.gov.cn

1 海洋科学在地球系统科学、社会发展和国家战略中的重要地位

1.1 海洋科学是地球系统科学的知识源泉

海洋是地球生命的摇篮, 是人类赖以生存与发展的重要空间. 海洋覆盖了地球表面的 71%, 与地球各圈层如大气圈、岩石圈和生物圈紧密关联, 不仅调节着气候系统的变化, 更是地球自然资源的重要储存场所, 蕴藏着丰富的生物、矿产和能源资源, 对人类的健康福祉与全球的经济发展起着举足轻重的作用.

随着人们对海洋探索、开发和利用程度的不断加深, 诸多海洋问题逐渐突显, 引起了广泛的国际关注. 例如: 气候变化所引起的海洋变暖和海洋酸化、海洋环流变异所导致的极端天气频发、人类活动所带来的海洋生态破坏和海洋污染、自然营力所造成的海洋地质灾害等. 这些问题通过资源、环境、气候和灾害等多方面深刻地影响着人类的生存发展和宜居地球的可持续性. 正因为受到上述热点科学问题驱动, 海洋科学得以快速发展.

1.2 海洋科学是可持续发展的重要依托

海洋资源和环境对人类和地球的健康至关重要. 一方面, 全球超过 30 亿人的生计依赖于海洋, 海洋渔业直接或间接雇用 2 亿多人, 海洋和沿海资源及产业的市场价值估计 3 万亿美元/年, 海洋吸收约 30% 人类活动所产生的二氧化碳, 减缓全球变暖的影响^[1,2]. 另一方面, 海洋正面临诸多威胁, 包括海洋污染、过度捕捞、栖息地退化、海洋酸化和气候变化影响等, 全球多达 40% 的海洋被认为受到了人类活动的“严重影响”, 海水酸度较第一次工业革命前已增加 30%^[3].

2015 年 9 月 25 日, 联合国可持续发展目标峰会正式通过了《2030 年可持续发展议程》, 其中目标 14 为保护和可持续利用海洋和海洋资源以促进可持续发展, 包括预防 and 大幅减少各类海洋污染、加强抵御灾害能力、可持续管理和保护海洋和沿海生态系统、减少和应对海洋酸化、有效规范捕捞活动等 10 项具体目标. 2017 年 12 月 6 日, 联

冷疏影 国家自然科学基金委员会研究员、海洋学科与极地学科项目主任. 长期从事地理学科及海洋学科发展战略研究及科学基金管理工作.

合国宣布了“海洋科学促进可持续发展十年计划(2021~2030)”, 鼓励各方加大海洋科学研究投入, 协调研究方案、观测系统、能力建设、海洋空间规划和减少海上风险, 提高青少年海洋素养, 确保海洋科学研究推动联合国《2030 年可持续发展议程》目标 14 的实现, 推动全球海洋的可持续发展.

1.3 海洋科学是国家海洋强国战略的有效保障

我国拥有大陆岸线约 19058 km, 岛屿岸线约 16775.4 km, 管辖海域面积约 300 万 km², 海洋对于维护我国社会繁荣、人民健康和国家安全具有极其重要的作用^[4]. 随着海洋强国战略的实施, 我国社会经济已高度依赖向海经济的发展, 对海洋资源开发和国家权益维护等需求不断增强.

党的十八大作出了“建设海洋强国”的重大部署, 党的十九大提出了“坚持陆海统筹, 加快建设海洋强国”, 建设海洋强国已然成为实现中华民族伟大复兴的重要战略举措. 《国家自然科学基金“十三五”发展规划》明确指出, 国家自然科学基金委员会(NSFC)重点支持以海洋经济为代表的“蓝色学科”, 优先把海洋过程及其资源、环境和气候效应、全球环境变化与地球圈层相互作用、地球环境演化与生命过程等列入到重点发展的倾斜支持学科^[5]. 建设海洋强国, 参与全球海洋竞争, 对海洋科技发展提出了迫切和现实的需求, 为海洋学科发展迎来了前所未有的大好机遇.

2 海洋学科发展态势与面临的主要挑战

2.1 学科发展态势

海洋学科面临着前所未有的历史机遇。海洋是一个四维的动态变化系统,更是一个涉及多界面、跨圈层、多尺度的系统,面临着多重生态压力,又缺乏长期的环境监测。海洋的开发和利用势必依靠高科技推动,而海洋科技发展又迫切依赖海洋学科的建设与发展。随着经济和社会的快速发展对资源和空间需求的急剧增加,加之陆地资源逐渐枯竭和环境保护形势的日益严峻,海洋资源和空间的争夺成为世界大国竞争的焦点。海洋开发利用难度大、投入高,决定了海洋竞争本质上是国力的竞争,核心竞争力是海洋科技能力。各国纷纷出台国家海洋发展战略和海洋科技发展规划,强调海洋科技的先导作用,以期取得海洋竞争的优势和先机,海洋科技已经成为各国争相投入的前沿领域,成为创新的热点。

海洋学科进入跨学科交叉融合的新阶段。海洋是地球系统的重要组成部分,海洋系统的动力过程和演变规律在地球系统演化和全球变化中的关键作用逐渐得到认识,与地球科学其他学科的交叉融合成为海洋学科发展的新趋势,也是海洋学科研究领域快速拓展的新机遇。近年来,海洋科学在不断加深与自然科学交叉融合的同时,也将这种融合的趋势延伸到社会领域,以解决人类共同面临的发展问题——可持续发展、陆海统筹、海洋管理、防灾减灾等。如何依据海洋系统自身演化和健康运行的规律,回答和解决这些复杂的跨系统问题,需要强化基础原创研究、促进智慧海洋发展、增加知识供给,这也是海洋科学甚至地球科学的社会使命和贡献所在。

海洋学科是地球科学中最强劲的增长极。近年来我国海洋科学和技术取得了巨大的进步,推动学科不断细化又不断综合,形成了架构合理、层次分明、细中有综的海洋科技创新体系,为实现原始创新、跨域发展奠定了基础。我国在南海深海过程演变、大洋环流动力机制等方面取得重要研究进展,推动了海洋过程的基础理论研究;以“蛟龙”号、“深海勇士”号和“奋斗者”号等大深度载人潜水器为标志的深海探测能力得以快速发展,以“海洋石油 981”、南海天然气水合物试采和洋中脊热液硫化物探测技术等为标志的海洋资源开发能力进入国际先进行列。近 10 年,我国海洋科技领域的国际期刊论文作者数量、发文总量、高被引论文数量及 PCT(Patent Cooperation Treaty)专利数量年均增速均居世界主要海洋国家首位。2018 年,我国海洋科技领域的国际论文作者人数占全球的 20%,居世界首位,贡献了约 20%的论文、10%的高被引论文以及 10%的 PCT 专利,论文和专利的产出总量分别排名全球第 2 位和第 3 位。我国海洋科技创新能力不断提高,在全球海洋科技发展中的地位稳步提升,成为世界海洋科技发展的重要新兴

力量。

2.2 学科发展所面临的主要挑战

近年来,我国海洋科技发展取得了令人瞩目的进步,然而与海洋先进国家相比,我国在高关注度、高质量的海洋科技前沿领域的研究比例还相对较低,在海洋科学、探测监测和资源开发等领域与世界先进水平仍存在一定差距^[6]。这些不足主要表现在:

(1) 对构建海洋系统认知的理论知识体系的贡献有待提升。目前,关于海洋系统的理论知识体系构架和模式仍以西方发达国家的研究成果为主,随着海洋探索从浅海走向深海,我国有望在提高对海洋系统认知和完善知识体系方面取得新突破。为此,必须建立完善的海洋科学分支学科体系,开展原始性和基础性理论创新。

(2) 海洋科学是一个观测学科,高度依赖对海洋的长期观测和数据积累,而我国海洋核心技术和装备长期严重依赖进口,海洋高技术产业刚刚起步,规模和竞争力与发达国家相比仍具有较大差距,海洋观测实验的航次需求得不到充分满足,这些已成为制约我国海洋领域发展的首要因素^[7]。为此,必须发展壮大观测探测技术分支学科,大力支持海上观测实验,支撑海洋科学理论创新。

(3) 我国海洋经济、社会发展和海洋强国建设对海洋科技提出了巨大需求,亟须对海洋科技的学科布局、资源投入和重点支持方向等进行以需求为导向的全面审视和调整,提升海洋科技对国民经济、社会发展和人类福祉的贡献率。为此,必须建设面向海洋管理和社会发展的新兴分支学科,提供海洋科学治理的坚强理论基础。

3 国际海洋科学基础研究资助体系与特点

当今社会、经济、安全和可持续发展对海洋及其空间和环境资源的需求愈发强烈,学科发展动力强劲,海洋科学研究的重要地位更是上升到前所未有的高度。国际上海洋科学研究领先的国家,如美国、德国、澳大利亚、日本和法国等,均形成了各具特色的资助体系。

美国主要涉海高校达 40 多所,主要海洋科学研究和管理机构包括美国国家海洋与大气管理局(NOAA)、美国国家航空与航天局(NASA)、美国国家科学基金会(NSF)、美国海军研究办公室(ONR)、美国国家大气研究中心(NCAR)和国家实验室等。NSF 直属美国联邦政府,是美国联邦政府中资助和指导基础科学研究的主要部门。目前,美国高校由联邦政府资助的基础研究经费约 25%来自于 NSF。NSF 每年获批的联邦政府拨款金额约 70 亿美元,2019 年海洋科学和极地科学投入经费约占总额的 11.7%。近年来,海洋科学和极地科学项目资助总数虽然呈下降趋势,由 2010 年的 881 项减少至 2019 年的 523 项,但 10 年平均资助率分别高达 29.5%和 32.8%,高于 NSF 平均资助

率(图1)。尤其近5年,海洋科学和极地科学资助率呈现出强劲的增长趋势。目前,海洋酸化、北极研究、海洋可再生能源和海湾生态环境等已成为NSF重点关注的研究方向。

德国国家海洋科学研究组织体系较为统一。德国联邦教育及研究部(BMBF)是德国最重要的资助机构,2020年总经费约为253亿欧元。其中,在海岸带、海洋、极地研究和地球科学(coast, marine, polar research and geosciences)与气候、气候保护和全球变化(climate, climate protection, global change)分支领域分别投入6.16亿和3.27亿欧元(数据来源: <https://www.datenportal.bmbf.de>)。亥姆霍兹联合会(Helmholtz Association of German Research Centres)是德国科研重要组成部分,2019年科研经费总额达47亿欧元,其中63%来自政府科研事业费,由联邦政府和州政府拨付。该联合会职责主要包括:(1)通过前沿研究为重大社会挑战寻找解决方案;(2)从国家和国际科研层面设计并运行大型综合科研设施和技术装备;(3)通过创新和知识转移为社会和企业创造财富。此外,德国科学基金会(German Research Foundation)、马克斯·普朗克学会(Max Planck Society)、莱布尼茨学会(Leibniz Association)也是重要的科研资助机构。

澳大利亚四面环海,对海洋科学研究投入较大,重点研究区域主要为澳大利亚临近海区,如东印度洋、南印度洋、西太平洋和南大洋等。澳大利亚的重大资助与其国家需求紧密结合,例如大堡礁的环境与生态保护、印尼贯穿流等。其研究通过四类机构执行:澳大利亚联邦科学与工业研究组织(CSIRO)、澳大利亚海洋科学研究所(AIMS)、澳大利亚气象局(BoM)及由政府资助的众多高校。资源、能源、气候变化以及南极战略等成为其重点关注的研究方向。

日本为实现其海洋立国基本战略,将海洋资源的开发与利用、自然灾害的防灾减灾作为其开发与利用海洋的重点突破方向。日本海洋科技的主要资助和研究机构为日本

海洋科技中心(JAMSTEC)。近十几年间,其经费保持在每年4亿美元左右。日本在海洋科学的资助格局中注重国际交流与合作。如日本与美国共同承担了TOGA-TAO的大部分任务,其中热带太平洋西侧的浮标系统主要由日本JAMSTEC负责,该项研究对热带海气相互作用和ENSO机制解析起到了极大的推动作用。日本通过对国际重大科学计划的大力投资,在科技发展和国际影响力上获得了丰厚的回报。

法国国家科研署(ANR)是法国科研经费的主要来源,为法国国家科学研究中心(CNRS)、大学以及联合实验室提供基础科学研究资助。CNRS隶属于法国高等教育与研究部,拥有独立的研究中心和实验室,主要从事基础研究工作。法国研究与发展研究院(IRD)侧重于海外开发和国际合作项目,通过设立开发基金为国际合作提供资助。法国海洋开发研究院(IFREMER)在海洋领域开展广泛的基础性研究,并以高端科技产业化为重点,通过设立基金为产业化提供资助。

4 我国海洋科学基金资助格局演替和新体系的构建

4.1 原有学科申请代码体系

学科申请代码体系是国家自然科学基金工作的重要基础,其既体现现代科学发展的交叉性、融合性,又体现代码与评审专家间的对应性^[8]。准确确定学科代码对于自然科学基金申请至关重要,代码调整是国家自然科学基金改革的重要组成部分^[9]。NSFC是我国海洋领域基础研究的主要资助来源,其在海洋科学领域整体投入呈现增长态势。在30多年的发展中,NSFC所建立的海洋学科总体资助架构为我国海洋科学发展提供了巨大的动力。二十世纪八九

图1 2010~2019年美国NSF海洋科学和极地科学历年资助情况。数据来自: Budget Internet Information System, NSF

Figure 1 The funding information for marine sciences and polar sciences of NSF from 2010 to 2019. Data are from Budget Internet Information System, NSF

十年代,海洋学科资助主要包括物理海洋学、海洋物理学、海洋地质学、海洋化学、海洋生物学、工程海洋学、遥感海洋学和海洋观测技术研究 8 个分支学科^[10,11].为更好地适应基金申请与满足资助工作需要,NSFC 已持续完善各学部申请代码,于 2008 年开展了一次较大规模的修订工作^[12,13],体系逐渐形成.至前一版代码,海洋学科已包括 D0601 物理海洋学、D0602 海洋物理学、D0603 海洋地质学、D0604 海洋化学、D0605 河口海岸学、D0606 工程海洋学、D0607 海洋监测、调查技术、D0608 海洋环境科学、D0609 生物海洋学与海洋生物资源、D0610 海洋遥感和 D0611 极地科学共 11 个分支学科.

4.2 学科布局优化原则与进程

近 10 年,海洋科学发展迅速,其与数学、物理、化学、生物等基础科学不断交叉渗透,各种新理论、新技术不断发展和突破.须在学科发展规律基础上进行前瞻性布局,突出国家需求引领下的重大前沿科学问题导向性,关注新兴领域、热点领域及重大交叉领域的梳理,充分体现“科学牵引技术、科学带动发展”的理念,明确科学研究范式变革时期的海洋科学特征、独特性和交叉性,准确把握未来发展趋势和重点方向.

原海洋学科申请代码已无法适应当前海洋科技现状和趋势,表现为:分支学科不完整、技术分支学科老化、需求脱节导致不能充分发挥海洋科技的社会服务功能等.例如:“海洋地球物理学”取得了快速发展,呈现出从海面向海底发展的趋势,但原申请代码的分支学科中地球物理没有体现,故将“海洋地质学”分支学科拓展调整为“海洋地质学与地球物理学”;海洋科学是基于观测的大数据

科学,但长期缺乏数据科学和信息科学的布局,严重影响海洋系统的预报模拟水平,故增加“海洋数据科学与信息体系”.

为更好地体现新时代海洋学科体系的系统性、完整性和前沿性,引领学科发展方向、促进学科交叉和均衡协调发展,海洋学科组在地球科学部的统一部署和指导下,于 2018 年启动了海洋学科申请代码的系统论证和总体设计.通过深入开展国内外调研,坚持目标导向、需求导向、问题导向,坚持发扬民主,形成了深化改革思路,面向国家“建设海洋强国”、“海上丝绸之路”战略和“构建海洋命运共同体”倡议的重大需求,以“自上而下”和“自下而上”相结合的方式,进一步梳理了海洋学科的发展态势,通过系统的学科论证,综合考虑了学科发展实际、未来面临挑战和实现科学-技术-社会 3 个层面的协调发展,提出了由“分支学科”、“支撑技术”和“发展领域”3 大方向(图 2)15 个申请代码组成的新版体系(表 1).

“分支学科”是海洋学科知识体系的基础,也是自然科学其他学科在海洋领域应用的体现,须瞄准学科前沿,在保持相对稳定的同时尽可能吸纳新兴分支学科,全面覆盖海洋学科的各领域.

“支撑技术”是海洋学科及其应用赖以发展的根基,不仅要发展海洋科学提升需要的探测和观测等技术,还应鼓励研发支撑国民经济和社会发展的具有自主知识产权的核心、关键技术.

“发展领域”则应面向国家海洋发展的重大需求,体现学科自然与社会结合的特点,为海洋强国建设提供科技支撑.

在前期广泛征求专家意见基础上,于 2018 年 7 月地

图2 海洋学科申请代码的组成领域和基本内涵

Figure 2 The composition field and basic connotation of application code of marine sciences

表 1 海洋学科申请代码调整对比

Table 1 Adjustment comparison of application code of marine sciences

方向	新二级代码和名称	原二级代码和名称	调整说明
分支学科	D0601 物理海洋学	D0601 物理海洋学	^{a)}
	D0602 海洋化学	D0604 海洋化学	^{a)}
	D0603 海洋地质学与地球物理学	D0603 海洋地质学	内容拓展
	D0604 生物海洋学与海洋生物资源	D0609 生物海洋学与海洋生物资源	^{a)}
	D0605 海洋生态学与环境科学	D0608 海洋环境科学	内容拓展
	D0606 河口海岸学	D0605 河口海岸学	^{a)}
支撑技术	D0607 海洋遥感	D0610 海洋遥感	^{a)}
	D0608 海洋物理与观测探测技术	D0607 海洋监测、调查技术	合并
		D0602 海洋物理学	
	D0609 海洋数据科学与信息系统	^{a)}	新增
发展领域	D0610 海洋系统与全球变化	^{a)}	新增
	D0611 海洋工程与环境效应	D0606 工程海洋学	内容拓展
	D0612 海洋灾害与防灾减灾	^{a)}	新增
	D0613 海洋能源与资源	^{a)}	新增
	D0614 海陆统筹与可持续发展	^{a)}	新增
	D0615 极地科学	D0611 极地科学	^{a)}

a) “/”表示无内容; b) “/”表示名称与内容无变化

球科学部评审组会议期间,海洋学科组深入讨论了 2018 年面上项目指南修订及申请代码调整事项。在汇聚全国 20 余家海洋科学依托单位、10 余位海洋科学“两院”院士、近 40 位海洋科学专家的观点和意见基础上,海洋学科组形成了申请代码调整意见。根据意见,NSFC 对 2019 年申请代码进行了初步调整,之后又面向国内海洋领域专家征集意见,形成本次调整方案。

鉴于海洋科学发展趋向于多科学交叉、渗透和融合,研究重点趋向于资源、环境、气候和可持续发展,研究范围趋向于国际化和全球化,研究手段趋向于自动化、信息化、数据化和智能化^[14-16],在新版体系中,新增了 D0609 海洋数据科学与信息系统、D0610 海洋系统与全球变化、D0612 海洋灾害与防灾减灾、D0613 海洋能源与资源和 D0614 海陆统筹与可持续发展。与前版相比,新申请代码体系更符合海洋科学发展趋势,分类更具逻辑性和自治性,对我国海洋领域基础科学和国家重大需求具有更好的支撑。

4.3 新学科申请代码体系的特点

海洋科学的发展需要以国家战略引领^[17],新学科申请代码体系的设置主要是基于面向国民经济和社会发展对海洋科技的需求,既考虑了海洋科技和国家需求的结合,也注重自然科学和社会科学的融合,同时遵从了科学与技术的发展规律。

(i) 完善海洋分支学科体系。分支学科共设 6 个代码,占 40%,分别是 D0601 物理海洋学、D0602 海洋化学、

D0603 海洋地质学与地球物理学、D0604 生物海洋学与海洋生物资源、D0605 海洋生态学与环境科学和 D0606 河口海岸学。

在分支学科代码设置时充分考虑了自然科学基础学科,如数学、物理学、化学、生物学、地质学等的延伸、衔接和应用,也考虑了新兴学科的快速发展和应用领域的交叉融合。D0601 物理海洋学、D0602 海洋化学和 D0603 海洋地质学与地球物理学是数学、物理、化学和地质学在海洋科学中的延伸和应用。D0604 生物海洋学与海洋生物资源不仅是生物学的延伸,还关注了海洋生物资源开发利用与生物学的交叉与融合。D0605 海洋生态学与环境科学充分考虑了当前海洋生态文明建设重大需求和海洋生态学的快速发展。D0606 河口海岸学考虑了河口海岸带环境的特殊性,为陆海统筹提供科学依据,也是与陆地的河流学与河口水文学等学科的衔接和交叉。

(ii) 强化观测探测与大数据技术。支撑技术设置 3 个代码,占 20%,分别是 D0607 海洋遥感、D0608 海洋物理与观测探测技术和 D0609 海洋数据科学与信息系统。D0607 海洋遥感既是技术方向也是应用发展领域,随着空天技术的快速发展,海洋遥感及其应用取得了快速进步,成为海洋大范围、实时、同步观测的重要手段,也是海洋立体观测网的重要组成部分,其研究队伍不断壮大,因此单列。D0608 海洋物理与观测探测技术充分考虑了分支学科和技术的交叉融合,以及海洋观测探测的技术创新,有助于学科研究人员和海洋观测探测技术开发人员联合

组成研究攻关队伍,推动海洋观测探测技术的发展.D0609 海洋数据科学与信息系统是针对人工智能、云计算、大数据及其在海洋系统模拟、预测、预报领域的应用与服务而设置的,有助于开展数据密集型科研活动,推动海洋认知和公共信息产品的发展.

(iii) 布局新兴交叉发展领域.发展领域共设6个代码,占40%,分别是D0610 海洋系统与全球变化、D0611 海洋工程与环境效应、D0612 海洋灾害与防灾减灾、D0613 海洋能源与资源、D0614 海陆统筹与可持续发展和D0615 极地科学.

随着地球系统研究的深入,海洋作为地球系统的主要组成部分,海洋系统的过程演变及其对全球气候的影响成为海洋研究的热点,为此设置了D0610 海洋系统与全球变化,强调海洋的系统性、整体观和多圈层相互作用的概念.设置D0611 海洋工程与环境效应,面向陆海统筹、海洋开发利用和海洋环境安全,研究海洋工程技术原理及其与海洋环境间的相互关系、认识人类活动导致海洋生态系统变化的效应.设置D0612 海洋灾害与防灾减灾,研究海洋自然环境异常或激烈变化造成的气候、气象、地质、化学、生物学和环境污染等海洋灾害相关理论和技术,提升海洋环境安全保障能力.设置D0613 海洋能源与资源,面向推动海洋新兴能源和战略资源的发展,保障能源和矿产资源安全,研究海洋油气、水合物、海洋能与矿产资源的分布、演化、探测及开发相关理论和技术.设置D0614 海陆统筹与可持续发展,考虑海洋与陆地的整体性、联动性,促进海陆协调发展,开展监测评价、体系范式和综合管理的研究,为可持续发展提供新的空间.极地是世界各国争夺的新焦点,极地科学研究和探测技术是极地竞争的基础,为推动极地科学技术的发展,设置D0615 极地科学,以研究极地特有的各种自然现象、过程和变化规律,及其与极地以外的地球系统单元相互作用.

学科代码调整对项目申请量在二级代码的分布产生了显著影响^[18].根据2019年申报情况的统计结果,D0604 生物海洋学与海洋生物资源申请比例最高,约占21.3%,其次为D0605 海洋生态学与环境科学(15.3%)、D0603 海洋地质学与地球物理学(13.7%)和物理海洋学(12.2%).

4.4 代码体系外的重要补充

(i) 海洋科学考察共享航次.海洋科学是一门观测学科,海洋研究离不开长时间的海洋环境观测和取样.为解决项目出海调查用船需求,NSFC于2009年设立“海洋科学考察船共享航次项目”,成为海洋学科资助体系的重要补充,将共享航次计划纳入海洋学科整体资助架构,统筹科学研究需求和考察船的有效使用,并推动跨部门协作和多学科交叉.

截至2019年,NSFC共出资42770万元人民币资助了

101个共享航次(另资助230万元用于共享航次计划战略研究),调查海域范围涉及渤海、黄海、长江口、东海、台湾海峡、南海、西北太平洋和印度洋等海域,审核批准3700余项次科学研究计划,依托单位115个,参与现场调查人员累计超过6000人次.共享航次项目已取得了丰硕的成果^[19],主要表现在:(1)实现了资助体制的创新,在科学基金制度框架下,共享航次按公平、公正、安全、经济和科学的方针运作,实现了科学基金资助模式上的突破;(2)提高了国内各高校和科研单位开展海洋研究的热情和参与度,提供了无科考船舶单位的科学家现场观测和研究的机会,受惠科学家覆盖面广;(3)通过聚焦任务,重点围绕某个海区科学目标,提高了研究的深度和效率,有助于产出原创性高水平成果并扩大国际影响力;(4)培养了一批具有海上工作经验的年轻科学家.

未来共享航次计划将在以下几个方面进行完善:(1)推进数据共享,对数据安全性、准确性和格式进行把控,建立分级分类共享机制;(2)优化组织管理,随着共享航次计划搭载项目的数量和多样性增加,进一步凝练科学问题及其考察需求,提高航次效率和成果水平;(3)提高资助强度,针对重大科学技术问题,结合海上观测成本大的特点,围绕西太平洋和印度洋等深远海关键海区,进一步加大投入,获得系统性的重大成果.

(ii) 国际合作网络建设.海洋最大的特征是全球贯通性,要以全球眼光来看待区域、局部和实体的问题,解决跨界观测和全球观测能力的不足,而国际合作是推动海洋科技发展的重要途径.NSFC已建立了广泛的国际合作关系,与国外近百个机构签署了合作协议,资助了一批国际(地区)合作与交流项目.例如,琉球岛链关键通道水交换及机制(2019年)、南中国海区域概率性海啸灾害评估方法研究——偶然和认知不确定性的量化(2018年)、南海与西伊比利亚洋陆转换带张裂-破裂过程与岩石圈结构的对比研究(2017年)等,取得了一系列科研成果.

今后应继续围绕国家科技规划和NSFC国际合作发展规划,加强机制创新,进一步拓展国际海洋交流空间,包括:提高共享航次计划战略定位,设立国际共享航次计划,并将其资助预算及相关的国际合作内容等纳入整体发展布局,更好地发挥共享航次计划对海洋科技原始创新的基础支撑作用;组织一批具有重要科学价值、重大国际影响、对国家经济建设和可持续发展有利的重大国际合作项目,提高我国基础科学研究水平,提升国际影响力.

5 结语

当前,海洋科学正处于快速发展阶段,多时空尺度研究和多学科交叉融合不断推进,为不断建设和完善我国的海洋学科体系,需要深入认识海洋科学的发展规律,从战略高度探索符合海洋科学发展规律的学科资助新格局,以

适应科学前沿和时代发展的共同需求。本次学科代码调整既是发现和弥补原海洋学科申请代码存在不足的过程,也是全面梳理新时期海洋学科、系统认识海洋技术新发展、深入思考如何通过基金资助布局助推国家海洋强国战略和海上丝绸之路战略实施的过程。在调整过程中海洋学科

组得到了国内海洋领域专家的大力支持,形成的调整方案凝聚了广大海洋科技工作者的心血,相信新方案将在未来海洋科学领域基金项目申请、基金项目评审、体现国家自然科学基金委员会对海洋科学的导向中发挥重要作用,进而推动海洋科学发展。

致谢 感谢自然资源部第二海洋研究所李家彪院士作为牵头专家多次组织了海洋学科资助布局讨论,并对本文写作提出重要意见。感谢参与海洋学科资助布局讨论的数十位院士和专家。

推荐阅读文献

- Patil P G, Virdin J, Diez S M, et al. Toward a Blue Economy: A Promise for Sustainable Growth in the Caribbean. World Bank, 2016
- Orr J C, Fabry V J, Aumont O, et al. Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*, 2005, 437: 681–686
- Form A U, Riebesell U. Acclimation to ocean acidification during long-term CO₂ exposure in the cold-water coral *Lophelia perusa*. *Glob Change Biol*, 2012, 18: 843–853
- Li J B, Lei B. Fundamental Situation of Natural Environmental and Resources in the Coastal Waters of China (in Chinese). Beijing: China Ocean Press, 2015. 4–21 [李家彪, 雷波. 中国近海自然资源环境与资源基本状况. 北京: 海洋出版社, 2015. 4–21]
- National Natural Science Foundation of China. Briefing of the 13th Five Year Development Plan of the National Natural Science Fund (in Chinese). 2016, http://www.nsf.gov.cn/nsfc/cen/bzgh_135/index.html [国家自然科学基金委员会. 国家自然科学基金“十三五”发展规划. 2016, http://www.nsf.gov.cn/nsfc/cen/bzgh_135/index.html]
- Wang J, Gao M Y, Li Q, et al. Current situation and suggestions of marine discipline development under the strategic background of marine power construction (in Chinese). *Ocean Develop Manag*, 2020, 3: 27–30 [王江, 高曼渝, 李强, 等. 海洋强国战略背景下海洋学科发展现状及建议. *海洋开发与管理*, 2020, 3: 27–30]
- Wu L X, Chen Z H, Lin X P, et al. Building the integrated observational network of “Transparent Ocean” (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2020, 65: 2654–2661 [吴立新, 陈朝晖, 林霄沛, 等. “透明海洋”立体观测网构建. *科学通报*, 2020, 65: 2654–2661]
- Zheng J Z. To accurately determine the application subject code is one of the key factors of the fund application (in Chinese). *Bull Natl Nat Sci Found Chin*, 2013, 27: 36–43 [郑钧正. 准确确定申请学科代码是国家自然科学基金申请的关键要素之一. *中国科学基金*, 2013, 27: 36–43]
- Liu Q, Zhu W T, Chen Z. Characteristics and implications of foreign science foundation application code (in Chinese). *Bull Natl Nat Sci Found Chin*, 2007, 21: 190–192 [刘权, 朱蔚彤, 陈钟. 国外科学基金项目申请代码特点及其启示. *中国科学基金*, 2007, 21: 190–192]
- National Natural Science Foundation of China. National Natural Science Fund Guide to Earth Science Programs 1989 (in Chinese). *Adv Earth Sci*, 1989, (1): 8–17 [国家自然科学基金委员会. 1989年度国家自然科学基金地球科学项目指南. *地球科学进展*, 1989, (1): 8–17]
- National Natural Science Foundation of China. National Natural Science Fund Guide to Earth Science Programs 1991 (in Chinese). *Adv Earth Sci*, 1990, (6): 1–13 [国家自然科学基金委员会. 1991年度国家自然科学基金项目指南(地球科学和专门领域部分). *地球科学进展*, 1990, (6): 1–13]
- Liu Q, Zhu W T, Chen Z, et al. The working of National Natural Science Foundation application code (in Chinese). *Bull Natl Nat Sci Found Chin*, 2008, 22: 55–56 [刘权, 朱蔚彤, 陈钟, 等. 国家自然科学基金申请代码修订工作综述. *中国科学基金*, 2008, 22: 55–56]
- Leng S Y, Zhu S J, Li W, et al. Towards a comprehensive development of the Marine Science: A reflection from the spatial perspective (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2018, 63: 3167–3183 [冷疏影, 朱晟君, 李薇, 等. 从“空间”视角看海洋科学综合发展新趋势. *科学通报*, 2018, 63: 3167–3183]
- Zhou T J, Chen X L, Wu B. Frontier issues on climate change science for supporting Future Earth (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2019, 64: 1967–1974 [周天军, 陈晓龙, 吴波. 支撑“未来地球”计划的气候变化科学前沿问题. *科学通报*, 2019, 64: 1967–1974]
- Zhou L, Chen D K, Lei X T, et al. Progress and perspective on interactions between ocean and typhoon (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2019, 64: 60–72 [周磊, 陈大可, 雷小途, 等. 海洋与台风相互作用研究进展. *科学通报*, 2019, 64: 60–72]
- Wang H, Liu N, Pang R B, et al. Global ocean forecasting and scientific big data (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2015, 60: 479–484 [王辉, 刘娜, 逢仁波, 等. 全球海洋预报与科学大数据. *科学通报*, 2015, 60: 479–484]
- Liu Y, Zheng Z M, Yang X G, et al. Research on the adjustment of NSFC subject application code based on expert wisdom (in Chinese). *Bull Natl Nat Sci Found Chin*, 2020, 34: 339–345 [刘扬, 郑知敏, 杨晓光, 等. 基于专家智慧的国家自然科学基金学科申请代码体系调整研究. *中国科学基金*, 2020, 34: 339–345]
- Leng S Y, Li W, Wang J J, et al. An introduction of the projects managed by division of marine and polar sciences (in Chinese). *Adv Earth Sci*, 2019, 34: 1202–1211 [冷疏影, 李薇, 汪建君, 等. 2019年度海洋科学与极地科学基金项目评审与资助成果分析. *地球科学进展*, 2019, 34: 1202–1211]
- Yang X M, Hou Y J, Feng Y, et al. Reflections on promoting the Science Fund's Shared Voyage Plan (in Chinese). *Bull Natl Nat Sci Found Chin*, 2018, (5): 520–526 [杨雪梅, 侯雨佳, 冯勇, 等. 推动科学基金共享航次计划的思考. *中国科学基金*, 2018, (5): 520–526]

Summary for “优化科学基金资助布局, 迎接海洋科学发展新机遇”

Optimizing research funding allocation for marine sciences in the new era

Shuying Leng^{1*} & Xuewei Xu²

¹ Department of Earth Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China;

² Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Hangzhou 310012, China

* Corresponding author, E-mail: lengsy@nsfc.gov.cn

As an important part of earth sciences, marine sciences are closely related to economic and social development, marine security, and global change. They are a source of knowledge for earth system sciences, an important basis for sustainable development, and underpin strategies of maritime power.

This paper summarizes trends in the development of marine sciences and their main challenges in China. It is important to establish a sound subdiscipline of marine sciences to carry out original work, to obtain basic theoretical data, and to innovate for future development. The paper describes the trends in marine science funding allocation, and details some of the leading national basic marine science research around the world to provide context for the development of marine sciences in China.

The paper reviews the succession process of basic research funding allocation. The discipline application code system of the National Natural Science Foundation of China (NSFC), as the important framework of NSFC funding, determines the development of marine science research. It must be continuously updated and developed in accordance with the rules of development and the requirements of social services. Accurately determining the application codes is essential for the NSFC to allocate funding appropriately. In the 1980s and 1990s, the marine sciences were divided into eight subdisciplines. In 2008, the NSFC carried out a large-scale revision, and the marine sciences were divided into the current 11 subdisciplines.

The paper introduces a new application code system for marine sciences and describes its development process. In the last ten years, marine sciences have developed rapidly, and the previous application codes could not adapt to the current development and trends in marine science and technology. Under the unified deployment and guidance of the Department of Earth Sciences of the NSFC, the Oceanography Group launched a systematic demonstration and overall redesign of the application codes of marine sciences in 2018. The aim was to better reflect the systematization, completeness, and progressiveness of the marine sciences system in the new era, to guide the direction of marine science research, and to promote the interdisciplinary, balanced, and coordinated development of marine sciences. Combining “top-down” and “bottom-up” approaches, the group further analyzed the trends in the development of marine science research and carried out a systematic critical review. Considering the current situation and the challenges in achieving the coordinated development of marine science and technology and its social impacts, the group proposed a new version of the system comprising 15 application codes, covering three directions of “Branch Discipline”, “Supporting Technology”, and “Development Field”. “Branch Discipline” comprises six codes: D0601 Physical oceanography, D0602 marine chemistry, D0603 marine geology and geophysics, D0604 biological oceanography and marine biological resources, D0605 marine ecology and environmental science, and D0606 estuarine and coastal science. “Supporting Technology” comprises three codes: D0607 Marine remote sensing, D0608 marine physics, and observation and detection technology, and D0609 marine data science and information system. “Development Field” comprises six codes: D0610 Marine system and global change, D0611 marine engineering and environmental effects, D0612 marine disasters, and disaster prevention and mitigation, D0613 marine energy and resources, D0614 coordinated sea and land development, and sustainable development, and D0615 polar science. The updated system is forward-looking, coordinated, logical, and consistent, and better supports China’s basic marine science and major national requirements.

Last but not least, the paper describes the Shiptime Sharing Project to support the Open Cruise Program, as well as an international cooperation network established by the NSFC. The trends in the development of these projects and future prospects are also discussed.

The revision of the application codes has comprehensively organized funding for marine sciences in the new era. The new codes specify directions for the development of marine technology, and provide a means for the implementation of the national marine strategy through funding allocation. Basic marine scientific research will be better served by this optimized NSFC marine funding allocation system.

National Natural Science Foundation of China, earth sciences, marine sciences, application code

doi: 10.1360/TB-2020-1315