国家自然科学基金环境地球科学学科布局优化战略研究

刘羽

国家自然科学基金委员会地球科学部, 北京 100085

E-mail: liuyu@nsfc.gov.cn

学科是人类知识体系的基本单元, 在知识的生产、交流和传播等过程中发挥着重要作用^[1]. 学科发展是从初期、成熟、交叉、分化直至产生新学科的过程, 其发展动力既是科学自身发展的需求, 又是国家和世界经济与社会发展的需求. 为适应新一轮科技革命和产业变革的形势, 打破学科固化形成的壁垒, 国家自然科学基金委员会以科学基金申请代码调整为契入点, 进行优化学科布局改革^[2]. 环境地球科学学科积极落实科学基金的改革部署, 对接地球科学部“宜居地球-地球系统科学”的顶层战略设计^[3], 以学科申请代码调整为契机, 开展了学科优化布局的战略研究. 本文在战略研究的基础上, 回顾环境地球科学学科成立的背景, 分析新学科面临的挑战, 明确学科优化布局的总体构想, 梳理学科申请代码存在的问题, 初步提出学科申请代码调整的建议, 以供相关科研工作者共同探讨, 推进环境地球科学学科的高质量发展.

1 环境地球科学学科成立的背景

环境问题关乎国家和世界安全, 一直是国际社会和科学界普遍关注的热点^[4]. 2015年, 联合国在可持续发展峰会上正式通过了成果性文件——《改变我们的世界: 2030年可持续发展议程》. 该文件聚焦全球可持续发展中的社会、经济和环境问题, 其中环境问题是核心议题, 17个重要议题中有10个与环境地球科学相关.

随着工业化和城市化的不断推进和经济社会的快速发展, 我国面临着水土资源短缺、环境污染加剧、生态系统退化、自然灾害频发等资源环境问题的巨大压力^[5,6]. 这些问题严重威胁着经济社会可持续发展^[7]和人类健康安全^[8], 引起了社会和科技界的高度关注. 国家层面, 为应对日益凸显的生态环境问题, 生态文明建设已纳入国家“五位一体”的总体布局; 科技层面, 如何科学地解决当前和今后发展面临的重大环境、健康、生态和灾害问题, 这向地球科学研究提出了挑战^[9]. 在应对挑战的过程中, 地球科学的一些分支学科发生了蜕变, 与环境相关的交叉学科逐渐形成了显著的学科高地.

重大环境问题的解决, 要求从跨越领域和学科的视角, 整合不同过程、不同时空尺度、不同学科领域, 提出解决方案^[10], 这超出了单个和传统学科的能力范围. 为顺应新

刘羽 博士, 国家自然科学基金委员会研究员. 长期从事国家自然科学基金项目管理和资助战略研究工作, 现负责环境地球科学领域项目管理和学科发展研究等. 担任联合国教科文组织(UNESCO)的国际地球科学计划(IGCP)中国全国委员会副主任委员, 国际大洋发现计划(IODP)中国专家咨询委员会专家.

时代生态文明建设的国家需求, 同时填补学科布局的空缺, 国家自然科学基金委员会于2018年1月成立了地球科学部环境地球科学学科. 环境地球科学是从地球系统科学的角度, 研究环境、健康、生态和灾害问题产生的原因及解决方案, 体现了地球科学解决社会需求方面的优势和特色. 从此次新型冠状病毒肺炎(COVID-19)对科学研究的需求来看, 学科交叉融合必将成为未来科研范式和学科发展的新常态. 环境地球科学正是地球科学众多分支学科针对重大环境问题深度交叉融合的典型范例, 不仅促进了几乎所有地球科学分支学科的交叉, 而且开放了与数学、物理、化学、生命、工程、材料、信息、管理和医学等学科交叉的诸多接口. 作为一门蓬勃发展的新兴学科, 环境地球科学将走进经济社会发展和政府决策的主战场, 为国家环境治理体系和治理能力建设提供前瞻性和系统性的科技支撑.

2 新学科面临的挑战

任何新学科的诞生都会面临一系列的矛盾和挑战. 正如矛盾是事物发展的源泉和动力, 挑战同样是学科发展的动力和机遇. 新学科正是在挑战中不断发展、成熟和升华, 进而达到最终的完善. 本文主要分析以下四方面的挑战.

(1) 来自研究对象的挑战. 一门学科区别于其他学科的重要条件之一是研究对象或研究领域的差异性和特殊性. 环境地球科学研究对象或研究领域具有很强的交叉性, 如何界定研究对象或研究领域的内涵与外延, 是我们首先要面临的挑战.

(2) 来自学科理论体系的挑战。每门学科都有区别于其他学科的特有理论体系,它是该学科学者交流的基础和平台。环境地球科学学科成立之初,如何秉承传承与创新、继承与发展的理念,形成构建学科理论体系的分支学科,进而进化成学科特有的理论体系,是我们面临的主要挑战。

(3) 来自技术和方法的挑战。各个学科必然具备本学科或领域特有的技术和方法,但对于以需求导向而形成的学科,往往伴随着不同学科领域技术和方法的被动移植或主动融合^[11]。针对环境地球科学大跨度学科交叉特点及其需要解决的重大科学问题,现有的技术和方法难以满足相关重大科学问题的突破,打破不同领域技术和方法的界限,融合并创新,建立环境地球科学的新技术与新方法,是支撑学科发展的必然要求。

(4) 来自研究范式的挑战。交叉科学面临的最紧迫问题是交叉科学观的变革,这是一场艰苦的范式革命^[12]。环境地球科学学科是需求牵引、问题导向型的学科。环境问题具有多学科交叉性和复杂性的特点,需要交叉融合不同学科研究力量来协同解决^[13]。针对交叉性和复杂性特征明显的学科,如何将不同学科的概念、原理和方法在交叉融合的基础上,建立其内在知识体系,进而构建新的学科体系?这要求跨越领域和学科的视角,以更高的层次和更大的视野来突破传统的研究范式。

3 学科布局存在的问题与优化构想

3.1 学科布局存在的主要问题

(1) 学科布局顶层设计不足。学科布局的总体思路、学科架构和学科内涵均要进一步深入研究和明晰。

(2) 学科布局体系欠完整。根据科学基金改革要求,建立起符合学科知识体系的学科布局,实现知识与应用的融通。现有学科布局体系不完整,缺失部分重要的研究领域和前沿方向。如,缺少支撑环境地球科学学科发展的技术和方法体系,而这是促进环境科学知识与国家需求融通的关键渠道。在前沿方向方面,缺少环境与健康的相关研究,大健康体系建设是《健康中国 2030 规划纲要》的重要内容,环境改善是大健康体系建设的根本,只有环境得到有效治理,才能在其基础上构建美好的人类社会。

3.2 优化学科布局的总体构想

依据科学基金优化学科布局指导思想,结合地球科学部发展战略,以及学科知识体系和学科发展态势,从总体思路、学科架构、学科内涵和代码体系 4 个维度的交汇出发,讨论学科新布局的构建。

(i) 总体思路。根据科学基金构建“源于知识体系逻辑结构、促进知识与应用融通”的优化学科布局的指导思想,结合地球科学部“宜居地球-地球系统科学”的发展战略^[3],环境地球科学学科从地球系统科学的视角,综合环境地球

科学国际发展态势,梳理了学科知识体系之间的逻辑关系,确定了优化学科布局的总体思路:“基础夯实、交叉驱动、前沿引领、技术支撑、国家需求”。

(ii) 学科架构。基于学科布局的总体思路,建立了环境地球科学“四梁八柱”的学科架构(图 1)。4 个基础学科:土壤学、环境水科学、环境大气科学和环境生物学,它们构成了学科的“四梁”;4 个交叉学科:工程地质环境与灾害、环境地质、环境地球化学和生态毒理学,以及 4 个前沿领域:污染物行为与环境效应、环境与健康风险、第四纪环境、环境信息与环境预测,共同构成学科的“八柱”。“环境地球科学新技术与新方法”是整个学科的支撑。“区域环境质量与安全”和“环境保护与可持续发展”是学科服务于国家需求的重大目标。

(iii) 学科内涵。结合环境地球科学学科服务于国家需求的特色和优势,其学科内涵界定为“污染环境、生态环境、灾害环境和健康环境”(图 1)。具体阐述如下:(1) 污染环境。以“解决经济社会发展带来的环境问题”为战略主题,主要研究污染物的排放、迁移、转化过程、毒理效应、环境暴露、生态危害以及风险评估、污染控制等环境问题,模拟和预测污染物的环境过程和未来变化趋势等,为人类健康、生态安全及经济社会可持续发展提供环境保障。(2) 灾害环境。以“研究地球动力过程和人类工程活动影响下的环境灾害孕育、形成、演化和风险减缓”为战略主题,主要研究地质环境对人类生存和可持续发展的影响,揭示人类工程活动对地质环境的灾害效应,探索人类工程活动和地质环境的相互作用,寻找人类工程活动与地质环境的有效协调模式和地质灾害有效防控理论及技术,实现人类工程活动的社会效益、经济效益和环境效益的和谐统一。(3) 生态环境。以“生态环境安全与可持续发展”为战略主题,揭示人类在利用和改造自然的过程中,对水、土、生物以及气候等生态环境破坏所产生的各种正负反馈效应,评估区域环境质量与安全,预测未来生态环境变化,为我国生态文明建设、实现人与自然的协调发展做出基础性和前瞻性研究。(4) 健康环境。以“环境与健康风险”为战略主题,识别影响人体健康的关键环境风险因素,揭示环境暴露及环境和遗传的交互作用影响人体健康的机制,以及地球多个圈层中物理、化学、生物环境要素对人体的暴露及其健康影响;采取相应的风险预防及干预措施,建立环境健康风险评价和管理体系,积极参与构建“一体化健康”新格局^[14]。环境与健康作为一个新兴交叉领域,是现代社会保护人群健康的重大需求,也是实现联合国可持续发展目标的重大挑战。

4 学科申请代码存在的问题与调整建议

4.1 学科申请代码的重要作用

学科申请代码贯穿科学基金项目受理、评审和后期管理等全生命周期,其重要作用体现在以下三方面。

图1 环境地球科学学科总体布局图

Figure 1 The overall layout diagram of environmental geosciences

(i) 引导学科发展. 申请代码是学科布局的具体体现. 通过申请代码的设置, 构建符合知识体系内在逻辑结构的学科布局, 从整体视角推动学科发展. 此外, 学科在发展过程中, 通常会根据国际科学前沿的发展趋势、国内学科领域发展态势和国家需求, 动态调整申请代码. 如何发展新的学科生长点, 同时兼顾冷门学科、薄弱学科和濒危学科, 这些都需要通过申请代码的设置来完成学科布局, 引导学科发展.

(ii) 明确资助导向. 申请代码具有资助导向的功能. 以国家自然科学基金委员会代码调整为例, 希望通过代码调整, “明确资助导向, 优化学科布局, 深化科技改革”. 在历史的长河中, 科学的发展大体经历了综合、分化、再综合 3 个阶段. 从全球科学技术发展态势看, 新一轮科技革命正在兴起, 科学研究范式正在发生深刻变革, 学科交叉融合大势所趋, 化解全球重大挑战需要广泛的合作^[15]. 美国学者库恩曾提出科学发展从“旧范式”到“新范式”的转换, 是科学领域的一场革命; 目前面临的从“单学科范式”到“交叉学科范式”转换, 也是科研和管理领域的一场革命. 传统的“从一而终”的单学科发展观有着巨大的惯力影响, 使人很难从“学科如春蚕, 作茧自缚”的观念中解放出来^[12]. 观念转换的艰巨性挑战, 正需要基金管理机制的变

革. 取消三级申请代码, 正是为了打破学科条块划分越来越细的壁垒, 引导科学研究范式变革, 推动学科交叉融合.

(iii) 构建专家之间的“桥梁”. 申请代码是申请专家和评审专家之间的“桥梁”. 申请代码设置的初衷是为了方便项目申请受理和遴选评审专家. 在学科分类的基础上, 设置了科学基金资助领域分类代码, 依此建立一个多层次和综合性的代码体系. 代码体系的建立既展示了现代科学发展的交叉性和融合性特点, 又体现了代码与评审专家之间的对应关系, 是申请者 and 评审专家之间的“桥梁”^[16].

4.2 现有申请代码存在的问题

(i) 代码体系欠完整. 目前的代码体系欠完整. 如, 尚不能体现学科最新前沿. 联合国环境规划署最新的《全球环境展望》报告主题是“地球健康, 人类健康”^[17], 现有学科代码对于这一重要的新兴前沿领域未能很好体现. 现有学科代码体系还忽视了技术对学科的支撑作用, 缺乏环境技术相关代码. 各个学科必然具备本学科特有的技术和方法, 发展环境地球科学新技术与新方法, 对促进环境科学知识与国家需求的融通具有重要的作用. 此外, 现有学科代码未能体现“环境保护与可持续性发展”是学科服务于生态文明建设的重要目标.

(ii) 代码间逻辑关系仍待梳理。部分二级代码与三级代码之间存在内涵偏差的问题。如,环境地球化学下设三级代码“环境生物地球化学”与“环境有机地球化学”,但占环境地球化学申请量三分之一的重金属等“环境无机地球化学”缺失,这对学科的发展和学科对国家需求的支撑将产生不利影响。部分三级代码之间存在重复设置的问题。如,环境生物学下设三级代码生态毒理学;污染物行为过程及其环境效应下设三级代码污染物生物有效性与生态毒理。

(iii) 代码层次结构和体量不够均衡。目前的代码层次结构参差不齐,三级代码的设置不尽相同^[18]。如,土壤学、环境地球化学等设有三级代码,而环境大气科学、工程地质环境与灾害等未设置三级代码。三级代码数量也不均衡,如土壤学下设8个三级代码,而环境地球化学下设2个三级代码。

4.3 申请代码调整的建议

基于学科布局“夯实基础、交叉融合、前沿引领、技术支撑、国家需求”的总体思路,在广泛调研基础上,初步提出环境地球科学学科申请代码优化调整的设想(表1)。具体阐述如下。

4.3.1 夯实基础

(i) 优化调整建议。环境地球科学的研究对象是人类赖以生存的表层地球系统。表层地球系统与人类活动关系密切的主要为水圈、土壤圈、大气圈和生物圈。人类活动排放的各种污染物和人类开发利用自然资源导致的生态环境质量恶化和地质灾害,对表层地球系统的自然环境造成了严重的破坏。环境地球科学重点研究水、土、气、生等环境要素的演化规律,这是学科的基础。土壤学是否分解成多个二级代码以及如何分解,目前学术界观点不一致,我们正在开展进一步学科调研,本文暂以土壤学进行讨论。环境生物学下的三级代码生态毒理学调整为二级代码。该板块由4个基础学科代码构成:土壤学(D0701)、环境水科学(D0702)、环境大气科学(D0703)和环境生物学(D0704)。

(ii) 学科申请代码内涵。(1) 土壤学(D0701)。研究自然过程和人为利用下土壤组成、性质、过程及功能,揭示土壤自身发生演替、空间分布和动态变化及其与地表圈层系统的相互作用规律,并为土壤资源利用、保护和可持续管理提供科学依据。土壤学与地球科学、农业科学、环境科学、生态科学具有密切的联系并深度交叉,主要包括土壤圈形成与演化、土壤物理学、土壤化学、土壤生物、土壤侵蚀与水土保持、土壤肥力与土壤养分循环、土壤污染与修复、土壤质量与食品安全等主要研究方向。(2) 环境水科学(D0702)。研究与陆地水循环紧密耦合的生态环境过程,运用表层地球系统科学的理论与方法探索自然条件和人类活动影响下地球水圈物理、化学、生物特性的变化规

律、驱动机制和调节策略,为水资源保护和可持续利用提供科学基础。环境水科学的发展可为解决当前和今后人类发展所面临的重大水环境、水生态和水灾害问题提供理论依据和科技支撑。陆地水循环是科学主线,多过程耦合与集成是主要方法论,“人-水”关系是重要研究内容。(3) 环境大气科学(D0703)。研究与环境大气变迁紧密耦合的各类人为和自然过程,运用地球系统科学的理论与方法,探索自然环境和人类活动影响下地球大气圈物理、化学、生物过程及其传输演变规律、污染大气形成机理和调控、环境大气圈与其他圈层的耦合反馈等,为跨尺度大气污染治理调控和环境大气质量持续改善提供科学基础。环境大气要素循环和演变规律是科学主线,多过程多界面耦合探测与建模是主要方法论,污染大气的成因溯源和优化调控是核心研究内容。(4) 环境生物学(D0704)。以环境科学和生物学为基础发展起来的新兴交叉学科,主要研究生命体与特定环境相互作用规律及其机理,评估环境质量及解决环境问题,为生态环境的可持续发展提供路径和对策。以污染环境、生态退化或破坏环境、极端环境等胁迫条件下生物与环境相互作用关系为研究重点,其研究内容可细分为环境生态学、环境微生物学与环境毒理学。

4.3.2 交叉驱动

(i) 优化调整建议。环境地球科学是以问题和需求为导向而形成的学科,其特点与以对象为导向的学科不同。以问题和需求为导向的学科,往往是与该问题和需求为目标的相关学科蓬勃发展时,在国家需求的牵引下聚成合力,诞生新的学科。在新学科的发展过程中,原有的相关学科,如环境地球化学、环境地质学、工程地质环境与灾害等发展历史长,有其自身的理论、技术和方法。这些理论、技术和方法对新学科的发展起到重要的推动作用,成为新学科具有交叉属性的重要分支学科。交叉学科的理论、技术和方法在新学科不断创新融合,形成新学科特有的理论、技术和方法体系,在传承中创新。根据环境地球科学学科内涵和知识体系,生态毒理学是重要的基础学科。将原三级代码生态毒理学(D070402)和三级代码污染物生物有效性与生态毒理(D070802)进行整合,提升为二级代码生态毒理学。该板块由驱动环境地球科学发展的4个交叉学科属性的代码构成:工程地质环境与灾害(D0705)、环境地质学(D0706)、环境地球化学(D0707)、生态毒理学(D0708)。

(ii) 学科申请代码内涵。(1) 工程地质环境与灾害(D0705)。这是一门工程地质学、环境学、灾害学与土木工程等相互渗透的新兴交叉学科,是研究与人类工程活动相关的工程地质环境和地质灾害问题的科学。它以人类工程活动的浅表地质环境系统为对象,研究人类工程活动与地质环境的相互作用机理及环境效应,分析二者互馈作用下地质灾害的孕育及演化机理;评价工程地质环境问题与地质灾害的形成风险,开展地质灾害发育时空预测;提出人-地有效协调模式和地质灾害防控理论、技术与方法,实现

表1 环境地球科学学科申请代码的初步调整方案

Table 1 Preliminary adjustment plan for application codes of environmental geosciences

	现有申请代码	调整后新的申请代码	调整说明	代码布局
D0701 土壤学	D070101 土壤圈形成与演化	D0701 土壤学	二级代码暂保持不变, 取消三级代码, 三级代码涵盖的学科领域范围归类至二级代码	基础学科
	D070102 土壤物理学			
	D070103 土壤化学			
	D070104 土壤生物学			
	D070105 土壤侵蚀与水土保持			
	D070106 土壤肥力与土壤养分循环			
	D070107 土壤污染与修复			
	D070108 土壤质量与食品安全			
D0702 环境水科学	D070201 地表水环境	D0702 环境水科学	二级代码保持不变, 取消三级代码	
	D070202 地下水环境			
	D070203 环境水循环			
D0703 环境大气科学		D0703 环境大气科学	保持不变	
D0704 环境生物学	D070401 环境生态学	D0704 环境生物学	三级代码生态毒理学调整为二级代码, 调至交叉学科板块, 取消其他三级代码	
	D070402 环境微生物学			
	D070403 生态毒理学			
D0705 工程地质环境与灾害		D0705 工程地质环境与灾害	保持不变	
D0706 环境地质学		D0706 环境地质学	保持不变	
D0707 环境地球化学	D070701 环境生物地球化学	D0707 环境地球化学	二级代码保持不变, 取消三级代码	交叉学科
	D070702 环境有机地球化学			
		D0708 生态毒理学	新增. 环境生物学下设的三级代码生态毒理学和污染物行为过程及其环境效应下设的三级代码污染物生物有效性与生态毒理合并, 新增为二级代码	
D0708 污染物行为过程与环境效应	D070801 污染物迁移、转化、归趋动力学	D0709 污染物行为与环境效应	(1) 代码名称调整为污染物行为与环境效应, 表述更简洁 (2) 原三级代码污染物健康与环境风险, 提升为新的二级代码环境与健康风险 (3) 原三级代码污染物生物有效性与生态毒理中的生态毒理, 整合到二级代码生态毒理学	前沿领域
	D070802 污染物生物有效性与生态毒理			
	D070803 污染物区域空间过程与生态风险			
	D070804 污染物环境与健康风险			
		D0710 环境与健康风险	新增. 将原三级代码污染物环境与健康风险归至该二级代码内, 充实内涵	
D0709 第四纪环境		D0711 第四纪环境	代码编码调整为 D0711, 代码名称保持不变	
D0710 环境变化与环境预测		D0712 环境信息与环境预测	代码编码调整为 D0712, 代码名称调整为环境信息与环境预测, 内涵有所调整	
		D0713 环境地球科学新技术与新方法	新增	技术支撑
D0711 区域环境质量与安全	D071101 区域环境质量综合评估	D0714 区域环境质量与安全	二级代码编码调整为 D0714. 二级代码名称保持不变, 取消三级代码	国家需求
	D071102 自然灾害风险评估与公共安全			
	D071103 重大工程活动的影响			
	D071104 生态恢复及其环境效应			
		D0715 环境保护与可持续发展	新增	

人类工程活动的社会效益、经济效益和环境效益的和谐统一,促进人类社会经济的可持续发展。(2) 环境地质学(D0706).它是环境科学与地质学的交叉学科,旨在揭示地质环境系统的成因、演化规律与可宜居性,研究地质环境对人类相互作用的机制与生态环境效应,应用地质学科和相关学科的理论与方法体系探索地球环境问题及解决方案,为协调人-地关系、环境宜居、人类健康和生态安全提供科技支撑。(3) 环境地球化学(D0707).它是环境科学与地球化学的交叉学科,主要是将地球化学的原理和方法应用于环境问题的研究,具体是研究化学元素和微量元素在人类赖以生存的周围环境中的含量、分布与迁移转化和循环规律的科学,并研究它们对人类健康和生态系统造成的影响。此外,还研究人类生产和消费活动对自然环境的地球化学规律造成的影响。其主要内涵是研究人类赖以生存的地球环境的化学组成、化学作用、化学演化与人类活动相互关系,进而揭示人类生存空间与环境之间的内在联系。可以细分为元素环境地球化学、环境有机地球化学、环境生物地球化学 3 个研究方向。(4) 生态毒理学(D0708).它是生态学与毒理学的交叉学科,是系统研究有毒化学物质对生物有机体在种群、群落、生态系统和整个生物圈层次上产生的效应及其影响的多学科交叉的系统科学。研究环境污染物(或有毒物质)相关的生态系统健康问题成为生态毒理学最鲜明的学科特色。生态毒理学的目标是研究污染物对生物体不同层次的暴露,在分子、细胞、个体、种群以及群落和生态系统等各级水平上产生的响应,基于不同层次的暴露途径产生的毒性危害和生态健康风险进行系统评估,揭示环境污染的构成与生态健康结局的因果关系,最终实现生态健康的系统保护。

4.3.3 前沿引领

(i) 优化调整建议。学科前沿对学科发展具有重要的引领作用。传染病、改变生态过程的病原体、区域和全球污染物的扩散等是 21 世纪重要的环境问题,探索环境与健康之间的关系至关重要^[19]。2019 年 11 月, *Nature* 杂志发文呼吁:应对 21 世纪的大规模流行病,各个学科必须联合起来;地球环境的变化会以多种复杂的方式影响病原体、病毒媒介和宿主之间的相互作用,导致地方病、流行病和人畜共患病的发生难以预测,必须拥有“一体化健康”的视角和理念评估风险^[14]。当前,正在威胁全球的新型冠状病毒再一次将环境与流行病和人畜共患病深度融合研究推到了热点和前沿^[20]。目前,学科只是在污染物环境行为与效应代码下设置了污染物环境与健康风险,这与目前环境与健康风险的重要性严重不符,建议提升为二级代码。同时,随着信息技术的发展,新一代环境预测模型有必要在地球系统的统一框架下,基于系统论思想综合分析地球各要素之间的相互作用关系,研究大数据环境下关联模式挖掘的理论与方法,厘清自然与人类活动的影响方式与贡献程度。构建时空大数据分析 with 人工智能支持下的全要素

环境预测模型,精准把握环境系统演化的时空特征。为更好地体现学科前沿,将环境变化与预测调整为环境信息与环境预测。此板块布局由 4 个前沿领域代码构成:污染物行为与环境效应(D0709)、环境与健康风险(D0710)、第四纪环境(D0711)和环境信息与环境预测(D0712)。

(ii) 学科申请代码内涵。(1) 污染物行为与环境效应(D0709).它以地球科学、环境科学、生态学和毒理学等学科为基础,研究环境污染物及其代谢产物在环境中的分配、迁移、转化、降解过程和区域环境过程;研究其生态毒理学、健康效应及其对生态环境和人类健康的风险评估与环境基准等,实现污染溯源、风险诊断和早期预警,并为污染的阻控防治提供科学依据与方法。(2) 环境与健康风险(D0710).旨在从环境地球科学的视角,揭示地球多个圈层中物理、化学、生物环境要素对人体的暴露及其健康影响;基于地球科学等学科发展多学科交叉技术与方法,定量分析与预测环境暴露的健康风险,识别易感人群,确定区域和全球污染物和病原体在气、水、土、生物等圈层中迁移和转化模式,研究环境健康风险的基础科学理论和干预与防范措施。其研究方向包括环境暴露、环境流行病、环境毒理、环境健康风险及管理以及区域及全球环境健康。(3) 第四纪环境(D0711).它是研究近 300 万年地球环境特征、演变过程和动力机制以及环境演变与人类活动关系的学科。在时间上侧重第四纪,在空间上将区域与全球相连,研究内容涵盖表层地球系统多尺度演变的历史和规律,以及环境演变与人类演化和文明演进的关联。“过去是未来的钥匙”,第四纪环境研究为预估未来地球环境趋势提供真实的历史相似型,为改进地球系统模式提供必不可少的检验基准。(4) 环境信息与环境预测(D0712).环境信息是指自然环境要素与人文社会现象在特定空间位置上的定量表达。环境预测是指在充分了解环境变化的自然变率基础上,预测人文社会条件下“人类系统与环境系统的耦合和协调”。环境信息与环境预测是发展对环境变化全链条过程的观测、模拟、预测和影响评估能力,揭示环境变化的现象、机制和规律,阐明驱动环境变化的主导因素和风险控制策略,研究环境系统恢复和稳定的途径与措施,评估环境变化的安全阈值,预测环境变化的趋势和影响,为人类的环境安全和决策提供量化依据^[21]。

4.3.4 技术支撑

(i) 优化调整建议。针对环境地球科学的学科特点及其在重大环境、生态、健康和灾害研究方面需要解决的科学问题,大跨度的学科交叉是这一学科研究的显著特点。因此,作为研究的工具和手段,技术和方法的创新是推动环境地球科学学科发展的必然要求,唯有创新的技术和方法,才能发现新现象、认识新机理和解决新问题^[22]。该板块新增申请代码环境地球科学新技术与新方法(D0713)。

(ii) 申请代码内涵。环境地球科学的研究对象具有区域性、开放性、隐蔽性、复杂性、动态性以及多场耦合

作用等特点,对学科的技术与方法的创新带来巨大挑战,体现在物质组分测试技术的精准性、地下结构和构造探测技术的透明性、表层地球系统演变过程监测技术的长期稳定性等方面还不能满足环境地球科学学科发展的要求,制约了科学问题的突破。拟重点开展以下新技术与新方法的探索:环境地球科学土、水、气和生物多圈层物质循环探测和多参量分析新技术与新方法;表层地球系统中污染物等物质的物理、化学和力学性质的测试新技术与新方法;表层地球系统垂直结构探测和遥测新技术与新方法;表层地球系统灾害感知预警技术和预测集成模式等。

4.3.5 国家需求

(i) 优化调整建议。生态文明坚持人与自然和谐共生,倡导尊重自然、顺应自然和保护自然。环境地球科学源于如何处理人与地球环境关系研究,涉及生态保护、污染治理、防灾减灾、环境变化应对、土地管理和环境健康等,是生态文明建设和可持续发展的核心基础。为了更好地适应国家需求,建议新增环境保护与可持续发展二级代码。该板块由两个代码构成:区域环境质量与安全(D0714)、环境保护与可持续发展(D0715)。

(ii) 学科申请代码内涵。(1) 区域环境质量与安全(D0714)。以环境科学理论和人地关系地域系统理论为指导,面向国家经济社会可持续发展需求,推进环境科学、地球科学、工程科学等多学科交叉集成,开展区域环境质量与安全综合研究,揭示区域环境系统基本结构与主导功能、演化过程与调控机理,建立区域环境质量与安全评估

理论和技术体系,阐明人类活动、重大工程及自然灾害对区域环境质量和安全的作用机制,探明社会经济和区域环境质量与安全协同发展模式和途径,为区域可持续发展、人居环境治理及美丽中国建设提供科技支撑。(2) 环境保护与可持续发展(D0715)。它涉及宜居地球、全球变化、土地利用、低碳节能减排、防灾减灾、生态安全、环境健康和区域质量安全等各学科交叉,也是地球科学、管理科学、生命科学、社会经济政治文化等科学延伸和领域交叉,直接融入国家生态文明建设和社会经济建设的决策与制度建立。环境保护是可持续发展的基础和手段,可持续发展是环境保护的目的,两者相辅相成。

5 结语

学科布局和应用代码调整涉及学科未来的发展。环境地球科学学科自成立以来,一直围绕学科架构、学科内涵和学科代码等学科总体布局和学科未来发展开展战略研究。设置了“环境地球科学学科战略研究”项目,并在学科组评审会、战略研讨会、学术研讨会和高层论坛等各种会议上,广泛听取科学家的意见和建议。这些意见和建议为学科优化布局和应用代码调整提供了坚实的基础。

环境地球科学作为一门新的学科,在发展过程中总会面临一些新的问题和挑战,这需要科学基金管理者和广大科研工作者在实践中不断探索和逐步完善。希望通过本文的探讨,更广泛地听取科学家的意见和建议,共同推进环境地球科学学科的高质量发展。

致谢

感谢吴丰昌、崔鹏、彭建兵、陶澍、王焰新、夏军、朱永官等院士,安太成、程海、李芳柏、李向东、刘彦随、骆永明、罗义、沈仁芳、施斌、孙红文、唐辉明、王震宇、王自发、王子健、肖举乐、闫俊华、岳天祥、张甘霖、赵晓丽、郑春苗、朱东强、祝凌燕、朱彤(按姓氏拼音排序)等专家在学科布局优化和应用代码调整过程中贡献的智慧。感谢各分支学科战略研究组的辛勤工作,本文二级应用代码的内涵,主要来自分支学科战略研究组的研究成果。感谢环境地球科学领域广大科技工作者,在各类学术会议和论坛给我们提出的建设性意见和建议,为学科优化布局和应用代码调整奠定了坚实的基础。

推荐阅读文献

- 1 The Department of Earth Sciences of National Natural Science Foundation of China. 2010's Proposal Guidelines to Earth Sciences supported by National Natural Science Foundation of China (in Chinese). Adv Earth Sci, 2009, 24: 1285–1300 [国家自然科学基金委员会地球科学部. 2010年度国家自然科学基金项目指南(地球科学部分). 地球科学进展, 2009, 24: 1285–1300]
- 2 National Natural Science Foundation of China. Notice of the Issuance of Implementation Plan for the First Phase of the Task of Reforming the Discipline Layout of NSFC (in Chinese). 2019, No. 73 [国家自然科学基金委员会. 关于印发《科学基金学科布局改革任务第一阶段工作实施方案》的通知(国科金政函 2019[73号])]
- 3 Hou Z Q. Based on Earth System Science, Supporting the Unified Management and System Restoration of Natural Resources (in Chinese). China Natural Resources News, 2018-06-12 [侯增谦. 立足地球系统科学, 支撑自然资源统一管理和系统修复. 中国自然资源报, 2018-06-12]
- 4 Chinese Academy of Sciences. China's Discipline Development Strategy—Environmental Sciences (in Chinese). Beijing: Science Press, 2016 [中国科学院. 中国学科发展战略——环境科学. 北京: 科学出版社, 2016]
- 5 Wu Q, Tu K. Analysis on the dual constraints of energy and environment to the development of China and countermeasures (in Chinese). Chin Sci Bull, 2019, 64: 1535–1544 [武强, 涂坤. 我国发展面临能源与环境的双重约束分析及对策思考. 科学通报, 2019, 64: 1535–1544]

- 6 Zhu L Y. Explore the environmental processes of pollutants for accurate ecological risk assessment (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2019, 64: 3399–3400 [祝凌燕. 探究环境污染过程, 精准评估生态风险. 科学通报, 2019, 64: 3399–3400]
- 7 Xu G H, Ge Q S, Gong P, et al. Societal response to challenges of global change and human sustainable development (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2013, 58: 2100–2106 [徐冠华, 葛全胜, 宫鹏, 等. 全球变化和人类可持续发展: 挑战与对策. 科学通报, 2013, 58: 2100–2106]
- 8 National Natural Science Foundation of China, Chinese Academy of Sciences. China's Discipline Development Strategy in the Next 10 Years—Resource and Environmental Science (in Chinese). Beijing: Science Press, 2014 [国家自然科学基金委员会, 中国科学院. 未来10年中国学科发展战略——资源与环境科学. 北京: 科学出版社, 2014]
- 9 National Science Foundation Advisory Committee for Geosciences. GEO Vision Report. NSF 95-24, National Science Foundation, Arlington, Virginia, 2009
- 10 Natural Environment Research Council. Report on Next Generation Science for Planet Earth: NERC Draft Strategy for 2007–2012. 2007
- 11 Zhao X C. Interdisciplinary research and the ability construction of scientific research and creation (in Chinese). Doctoral Dissertation. Hefei: University of Science and Technology of China, 2007 [赵晓春. 跨学科研究与科研创新能力建设. 博士学位论文. 合肥: 中国科学技术大学, 2007]
- 12 Liu Z L. The classifying mode and management meditation about interdisciplinary subjects (in Chinese). *Stu Sci Sci*, 2003, 21: 2–7 [刘仲林. 交叉学科分类模式与管理沉思. 科学学研究, 2003, 21: 2–7]
- 13 National Science Board. Report on Environmental Science and Engineering for the 21st Century: The Role of the National Science Foundation. NSB 00-22, National Science Foundation, Arlington, Virginia, 2000
- 14 Juliet B, Jeremy F, Chikwe I, et al. A new twenty-first century science for effective epidemic response. *Nature*, 2019, 575: 130–136
- 15 Li J H. Seize opportunity to promote high quality development of basic research (in Chinese). *Bull Chin Acad Sci*, 2019, 34: 586–596 [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: 586–596]
- 16 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. 国外科学基金组织项目申报代码特点及其启示. 中国科学基金, 2007, 21: 190–192]
- 17 United Nations Environment Programme. Global Environment Outlook – GEO-6 (in Chinese). 2019 [联合国环境规划署. 第六期《全球环境展望》报告. 2019]
- 18 Liu Y, Wang J, Li H, et al. An introduction of the projects administrated by Division of Environmental Geosciences, Department of Earth Sciences, National Natural Science Foundation of China in 2019 (in Chinese). *Adv Earth Sci*, 2019, 34: 1189–1201 [刘羽, 王军, 李慧, 等. 2019年度环境地球科学学科项目评审与成果分析. 地球科学进展, 2019, 34: 1189–1201]
- 19 Pfirman S. Complex Environmental Systems: Synthesis for Earth, Life, and Society in the 21st Century, a Report Summarizing a 10-Year Outlook in Environmental Research and Education for the National Science Foundation, AC-ERE, 2003
- 20 Filippelli G. Geohealth: Science's first responders, *Eos*, 2020, 101, <https://doi.org/10.1029/2020EO142663>
- 21 National Science Foundation Advisory Committee for Environmental Research and Education. Complex Environmental Systems: Pathways to the Future. National Science Foundation 95-24, Arlington, Virginia, 2006
- 22 Filippelli G, Anenberg S, Taylor M, et al. New approaches to identifying and reducing the global burden of disease from pollution. *Geo-Health*, 2020, 4: e2018GH000167

Summary for “国家自然科学基金环境地球科学学科布局优化战略研究”

Research on the strategy of optimizing the discipline layout of environmental geosciences under the National Natural Science Foundation of China

Yu Liu

Department of Earth Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China
E-mail: liuyu@nsfc.gov.cn

Optimizing the discipline layout is an important task for deepening the reform of National Natural Science Foundation of China. The discipline of environmental geosciences (DEG) has a short history and is not perfect in the discipline layout and system framework. The DEG takes the opportunity of optimizing the discipline layout and proactively responds to the top-level strategy of “Habitable Earth-Earth System Science”, initiated by the Department of Earth Sciences. Based on a wide range of strategic research, the establishment background of DEG was reviewed, and the challenges of DEG in terms of research objects, theoretical systems, technical methods, and research paradigms were analyzed. The overall concept of optimizing the discipline layout of DEG was clarified, namely basic disciplines, interdisciplinary disciplines, cutting-edge fields, new technologies and methods, and national needs.

Based on the overall concept of the discipline layout, the discipline framework of “four beams and eight pillars” was established. Four basic disciplines constitute the “four beams”: Soil science (D0701), environmental water science (D0702), environmental atmospheric science (D0703) and environmental biology (D0704). Four interdisciplinary disciplines and four cutting-edge fields together constitute the “eight pillars”. The four interdisciplinary disciplines include engineering geological environment and disaster (D0705), environmental geology (D0706), environmental geochemistry (D0707) and ecotoxicology (D0708). The four cutting-edge fields are environmental pollutant behavior and environmental effects (D0709), environment and health risks (D0710), quaternary environment (D0711), environmental information and environment forecast (D0712). New technologies and methods of DEG (D0713) are the support of the discipline. Regional environmental quality and safety (D0714) and environmental protection and sustainable development (D0715) are the major objectives of DEG to serve national needs. Combining the characteristics and advantages of DEG to serve national needs, the connotation of DEG is defined as pollution environment, ecological environment, disaster environment and healthy environment.

The existing problems of the discipline application codes were identified, including incomplete code system, unsmooth logical relationship between codes, and unbalanced code level and size. The preliminary adjustment proposals for the application codes were put forward. This study is for related researchers to discuss and promote the high-quality development of DEG.

National Natural Science Foundation of China, environmental geosciences, discipline layout, application codes, strategic research

doi: 10.1360/TB-2020-0424