

# 国家自然科学基金视角下地理科学 融合发展路径探索

熊巨华<sup>1</sup>, 高 阳<sup>1,2</sup>, 吴 浩<sup>1,3</sup>, 孙维君<sup>1,4</sup>, 刘小茜<sup>1,5</sup>,  
刘建宝<sup>1,6</sup>, 杨 刚<sup>1,7</sup>, 张中浩<sup>1,8</sup>, 毛德华<sup>1,9</sup>

(1. 国家自然科学基金委员会地球科学部, 北京 100085; 2. 中国农业大学土地科学与技术学院, 北京 100193; 3. 华中师范大学城市与环境科学学院, 武汉 430079; 4. 山东师范大学地理与环境学院, 济南 250014; 5. 北京联合大学应用文理学院, 北京 100191; 6. 中国科学院青藏高原研究所, 北京 100101; 7. 宁波大学地理与空间信息系, 宁波 315211; 8. 上海师范大学环境与地理科学学院, 上海 200234; 9. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130102)

**摘要:** 随着整体科学的进步和国家社会的发展, 地理科学已迈入跨学科交叉融合发展的新阶段。通过学科间和领域间的深度融合寻求新发展路径, 完善知识体系, 充分发挥服务国家社会之功能, 是当前地理科学发展的当务之急。本文基于自然科学基金视角, 分析了中国地理科学融合发展的现状与问题, 认为其与国际前沿未充分接轨, 研究的全球政治、经济、文化影响力有待加强, 认为地理科学融合国家重大需求进行理论与技术创新的能力有待提升, 认为学科内部体系要根据知识融合需求进一步优化。在此基础上, 提出了资助政策引导下地理科学面向世界科技前沿的学科交叉融合、面向国家重大战略的多领域交叉融合和面向申请代码优化布局的分支学科交叉三大融合发展路径与相应政策工具。未来国家自然科学基金委员会将立足于保持学科发展的持续性和稳定性, 通过政策创新来激励地理科学与其它学科、领域的交叉融合, 以建设更具有活力与创新性的学术生态系统。

**关键词:** 地理科学; 融合发展; 自然科学基金; 学科发展

DOI: 10.11821/dlxb202208001

## 1 引言

随着新一轮科技革命和产业变革的突飞猛进, 科学研究范式正在发生深刻变革, 学科交叉融合不断深化, 科学技术和经济社会发展的关系日趋紧密<sup>[1]</sup>。传统的学科布局 and 科研组织模式已不能适应现代科学技术发展的需要<sup>[2]</sup>, 学科交叉融合已经成为学术创新的强劲动力<sup>[3]</sup>。从单一学科向综合性学科演进, 在学科交叉融合中寻找新的学术增长点, 是中国基础研究在激烈的国际竞争中抢占先机、实现科技领跑的重要突破口。但如何从基金资助角度促进学科交叉融合, 催生原创科技, 一直以来都是世界各国科学资助机构面临的共性难题和巨大挑战。

2018年以来, 国家自然科学基金委员会(简称基金委)明确将“完善学科交叉融合机制”作为系统性改革的重要举措之一。2020年11月, 基金委成立交叉科学部, 以促进复杂科学技术问题的多学科协同攻关, 推动形成新的学科增长点和科技突破口。地理科学作为研究自然因素、人文要素和地理信息与地理综合体的空间分布规律、时间演化过程和区域特征的学科<sup>[4]</sup>, 与信息技术、管理学、生物学等基础科学广泛交叉渗透, 是地球

收稿日期: 2021-12-08; 修订日期: 2022-05-25

作者简介: 熊巨华(1966-), 男, 湖北天门人, 博士, 研究员, 主要从事自然科学基金管理工作。E-mail: xiongjh@nsfc.gov.cn  
1839-1850 页

科学中最具交叉属性特征的分支学科之一。随着大数据、区块链、人工智能、深度学习等新技术方法的不断发展与突破,地理科学以其综合性知识与方法优势,在新型城镇化、乡村振兴、“一带一路”、碳中和等国家重大需求中的关键作用凸显,其与管理学、经济学、政治学、历史学等人文社会科学的交融愈加显著<sup>[5]</sup>。在整体科学发展、国家重大战略与社会创新需求促动之下,地理科学的发展已迈入了跨学科交叉融合的新阶段,亟待通过全方位、多层次的交叉融合塑造新学科发展动力,以更好地完善知识体系,发挥社会服务功能。

关于地理科学学科属性与边界、研究对象与范式的探索一直未停止,中国现代地理学开拓者之一黄秉维先生就认为综合性是地理学存在之根本,且地理科学天生就蕴含自然与人文要素的交叉性。但随着分支学科发展,其逐步独立于地理科学而自成体系,地理科学出现空心化现象<sup>[6]</sup>,哈佛大学的“地理系事件”一定程度上说明地理科学需进一步提炼其学科特性,加强沟通以取得社会认可<sup>[7]</sup>,因此加强地理科学学科特性与发展动力的研究要久久为功、与时俱进。当前高等教育进入交叉融合发展新时代,交叉融合通过知识方法的多层次全方位融合,成为催生新学科前沿、新科技领域和新创新形态重要方式,成为学科发展新内在动力。可见,科学交叉融合大趋势背景与地理科学自身交叉属性相结合,为地理科学发展提供了千载难逢机遇,有利于地理科学重塑发展内在动力。相比于已有研究,本文创新点主要表现在:一是从交叉融合视角论述了地理科学的学科特性与内在发展动力;二是从自然科学基金视角提出了地理科学交叉融合发展路径。

2 新时期地理科学交叉融合的内在逻辑

新时期地理科学交叉融合的内在逻辑由3个层面构成,“大科学”背景下多学科交叉融合催生新的学科前沿与创新规律是其基础层面,地理科学研究对象的综合性是其交叉融合的中坚层面,地理科学服务于经济社会发展的系统性则是其交叉融合的需求层面,3个层面相互作用共同构成了地理科学交叉融合的内在逻辑(图1)。

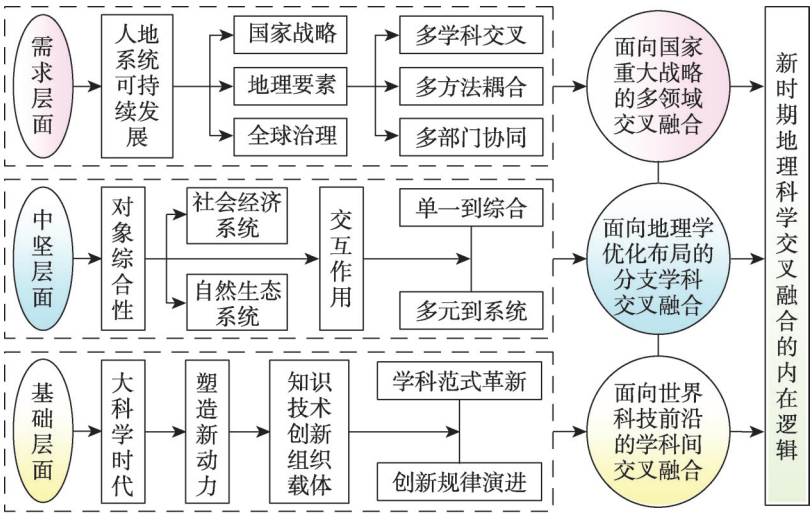


图1 新时期地理科学交叉融合发展的内在逻辑框架

Fig. 1 Framework for the integrated development of geographical sciences in the new era

## 2.1 交叉融合是新时代科学发展创新规律的必然要求

科学发展始终存在细化和融合两种趋势。学科细化是科学发展演进的必然趋势，是人类在探究未知过程中不断发现科学规律、深化认知的产物。但发展到一定阶段，学科范式革新与知识融合会是科学发展的直接内生动力<sup>[8-10]</sup>。海森伯认为：“在人类思想史上，重大成果的发现常常发生在两条不同思维路线的交叉点上”<sup>[11]</sup>。当学科发展到一定程度，学科理论范式与技术手段相对成熟，拘泥于知识固有边界已不能满足创新需求，与其他学科之间的融合交叉就成为汇聚多领域理论和思想、更新固化的方法体系、突破学科发展壁垒的重要途径。当前科学发展已进入“大学科”时代，交叉学科已成为知识、技术与创新的新型组织载体。

地理科学面临的诸多科学技术难题，如地表过程的演化与循环机理、海陆关联的多尺度耦合与分异等，亟需地理科学与大气科学、海洋科学、地球物理学、地球化学等学科进行交叉融合，开展深入和综合的探究。以地貌学为例，早期地貌学研究多聚焦于单一地表形态的描述和演化规律总结，随着研究深入，河流地貌学、风沙地貌学、黄土地貌学等部门地貌学逐渐细化，研究方向和对象愈来愈专。但过于细化的学科分类，往往会带来学科间沟通不畅、认识缺失、研究手段匮乏等问题。地貌学发展出现分支方向进展快于整体发展，对整体理论和基础理论研究极少，方法技术停滞难以突破等问题。就基金委地球科学部地理科学学科2018年地貌学面上项目申请书而言，来自全国48个依托单位的71份申请书中，风成地貌研究方向的申请书达到21份，占整个申请量的29.6%，湖泊地貌与湖泊演化方向和黄土地貌方向的申请书都仅有2份，冰川冰缘地貌方向、构造与岩石地貌方向的申请书仅有1份。由此可见，过于细化的研究方向使得研究的系统性下降，对地表地貌整体演化过程的探究或造成一定阻碍。近年来，传统地貌学拥抱大科学时代<sup>[12]</sup>，加强地貌学与其他学科的结合，强化遥感、地理信息系统等地理信息技术在地貌学中的应用，完善学科范式等呼声不断增强，逐渐发展出现行星地貌、人类世地貌、地貌定量与模拟等新前沿方向<sup>[13]</sup>。因此，在学科分支领域不断细化又综合之当下，通过交叉融合形成地理科学领域内部架构合理、层次分明、共性引领的发展格局，已是大势所趋。

## 2.2 交叉融合是地理科学研究对象综合性的根本要求

地理科学的研究对象是由岩石圈、水圈、大气圈、生物圈、冰冻圈与人类圈构成的相互作用、相互渗透的地球表层系统。地理科学既研究复杂自然环境要素的形成变化机制与效应，又要探究人类社会经济活动对地球表面的改造影响，研究对象具有高度复杂的综合性。这种综合性体现在不同要素、不同圈层、不同尺度之间地球表层可持续运行的系统观，如陆地表层变化对气候变化的影响，水土资源可持续利用耦合、人类社会发展与资源环境利用耦合等。地表系统驱动着圈层间物质和能量的不断交换，某一要素变化会引起其他要素发生变化，而要素变化往往又是其他要素变化之结果，“要素—要素”“要素—子系统”之间时刻存在的互馈作用共同决定地表可持续运行状态。尤其当前人类活动持续增加，深刻改变着地表过程，因此需整体了解在自然和人类活动双层压力下地表系统的结构功能演变机理。正如傅伯杰院士指出，地理科学研究主题正从“多元”走向系统，强调以地球陆地表层为重点，运用地理学知识与方法，解决人类社会当前面临的重大问题<sup>[6]</sup>。

地球表层系统的综合性决定地理科学研究要从单一向综合、从部门到系统转变，这种综合性是地理科学存在之基石，同时决定地理科学天生要走交叉融合发展之路。只有对不同分支学科知识进行交叉融合才能应对地球表层不同界面不断交互的现实，才能形



成系统化知识方法体系以指导调控地表系统可持续运行。实际上当前地理科学研究热点与科学资助对这种综合性已进行了充分关注,强调气候、土地利用、生态系统、水资源与人类活动的综合研究,比如“水—能源—食物”“气—土—水—能—粮”的系统关联研究,地表要素的综合大尺度研究已是美国科学基金会的资助重点。交叉融合是地理科学发展学科范式的根本内在要求,当前“大学科”时代到来,要求多学科交叉会聚与多技术跨界融合,无疑为新时期地理科学的发展提供了新契机与动力。

### 2.3 交叉融合是地理科学服务于社会经济的现实要求

全球可持续发展问题日益凸显,人地关系是可持续发展调控之关键。不同学科都积极响应资源环境与社会经济发展的现实问题,打破固有学科边界,从事跨学科研究,以寻求可持续发展解决之道<sup>[14]</sup>。地理科学作为与国家重大需求紧密相连的基础学科,肩负着生态文明建设,实现美丽中国和可持续发展目标的历史使命,其成果亟需进行知识贯通和应用转化。恩格斯曾说:“社会一旦有技术上的需要,这种需求就会比十所大学更能把科学推向前进”<sup>[15]</sup>。与其他学科相比,地理科学更迫切需要遵循国家重大需求引领下的前沿科学问题导向,在学科发展规律基础上进行前瞻性布局,注重新兴领域、热点领域及重大交叉领域的梳理与凝练,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地理科学的综合性和交叉性,准确把握未来趋势和重点发展方向。

国家重大发展战略具有综合性与系统性,关系到社会发展要素的各方面,讲求协同整体推进,其对应的知识与技术需求远非一个学科可以提供。虽然乡村振兴、新型城镇化等国家战略是以地理要素与知识为主体,但地理科学必须融合经济学、社会学、管理学等知识方法后才能为这些重大战略需求提供支持,需要多学科力量协同解决,否则知识服务可能只见树木,不见森林。尤其当前重大现实问题,已到了必须打破学科边界,靠知识融合产生创新知识才能解决的阶段。重大需求驱动的学科融合往往能产生一系列科技创新,比如阿波罗登月计划带来的多项科技和工程领域的技术突破,为提高土地资源与森林调查效率则直接催生了第一代GIS,引领了现代地理科学的复兴。因此,新时代地理科学应主动服务国家重大战略需求,倒逼学科交叉融合创新。

## 3 中国地理科学融合发展的现状与问题

### 3.1 与地理科学融合发展的国际趋势接轨

一个学科的发展受整体科学发展的内在逻辑、国家战略和社会需求以及国际环境等因素的影响。从国际科学发展的趋势看,强调人、生态系统和环境之间的复杂相互作用,从过程模式仿真到模式预测,提高人地系统演化认知是地理科学发展的前沿方向<sup>[16]</sup>。鼓励学科交叉和多领域融合也是世界主要科学资助机构的资助导向,如德国研究基金会鼓励计算机科学、人工智能、遥感观测等处于迅猛发展阶段的技术手段应用于地球科学研究,解决跨系统问题<sup>[17]</sup>。美国国家科学基金会地球科学2020—2030愿景规划提出,地球科学需要超越传统边界进行连接和整合,以研究共同体的形式,对地球关键带进行全方位和有深度的探究<sup>[18]</sup>;2021年美国国家科学基金会新成立技术、创新和伙伴关系部,旨在倡导学科间融合和技术与科学间的贯通<sup>[19]</sup>。在全世界范围内,通过学科融合推动地理科学发展已经成为一种趋势。

中国积极参与国际大科学项目和国际组织的科学评估项目,在未来地球计划、联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)气候变化评估中都发挥了重大作用。基金委资助

的国际（地区）合作研究项目持续增长，中国地理科学也积极与国际前沿接轨。其中，人文地理学是中国文化、中国之治走向世界的排头兵，对中国占据全球政治、文化与经济高地有举足轻重之作用，虽然其在主体功能区规划、城市群规划、城乡规划等实践中发挥了极大作用，形成了典型的基于人文地理学的中国空间发展实践经验，但亟需把这种成功经验以理论化方式，以“一带一路”倡议与全球命运共同体为契机推向世界，人文地理学发展在这方面表现出巨大潜力，这既是地理科学应关注、持扶之重点，也体现出基金委在交叉中实现学科平衡发展的重要导向。其中学科之间、国际国内研究之间尤其需要注重这种平衡性。另外，地球科学部资助的国际项目相对较少，资助力度不够，缺乏国际性、前瞻性的资助政策，这应是未来基金资助需要重视的。

### 3.2 与国家重大需求结合有待加强

服务国家重大战略需求是学科实现新突破的首要选择。中国地理科学的发展历程表明，国家发展需求带动了学科的整体发展<sup>[20]</sup>。以人文地理学的历史沿革为例，基本遵循了在现实需求中凝练关键科学问题、在解决问题中实现理论创新、在国家决策应用领域取得突出成果的发展脉络，以新型城镇化、乡村振兴、国土空间治理为代表的实践应用充分发挥了人文地理学的学科优势，服务了京津冀协同发展、长三角一体化、粤港澳大湾区发展和黄河流域高质量发展等区域重大战略，支撑了国家宏观战略和区域发展政策<sup>[21-23]</sup>。需求牵引下的中国地理科学发展，一方面直接作用于本土的社会经济发展，另一方面也丰富了国际地理科学研究的经典案例。未来，基金委将积极鼓励和支持自然地理、GIS与人文地理的耦合研究，以国家重大战略问题为导向，大力倡导地理学各分支学科之间、地理学与其他学科之间的密切交叉与深度融合。

新的国际和国内形势为地理科学发展带来了新机遇，国家社会经济发展和生态文明建设对地理科学提出了更高要求。人类活动对气候变化的综合影响、区域及全球环境污染的健康效应、城乡融合和可持续城镇化、多要素综合可持续发展等领域涌现出许多新议题。交叉融合多学科、多尺度、多要素的集成研究是解决这些复杂议题的必然要求。比如作为全球与地方重大现实问题的城乡治理，是跨学科研究的焦点，就需要地理科学、社会—生态可持续科学、经济学、管理学的综合研究<sup>[24]</sup>。可见，在科学技术转化为生产力的过程中，亟须进一步明晰地理科学的发展方向、资源投入和重点支持领域，将学科发展与国家需求有机结合，全面审视、调整与优化学科布局，充分发挥地理学的社会服务功能。

### 3.3 学科体系有待完善

中国地理科学的内容、方法、范畴已经发生了深刻的变化，逐步从静态走向动态，从局部现象解构走向系统综合探究，从知识区块走向知识体系，从传统理论走向复杂性科学，这是地理科学综合性的集中体现。然而，地理科学不同分支学科存在着共性问题，自然地理学和人文地理学两大学科分支已不能完全涵盖地理科学的最新进展<sup>[25]</sup>。以陆域水文生态过程研究为例，作为联系地球系统各圈层相互作用的纽带，陆域水文生态过程涉及大气圈、生物圈、土壤圈、水圈、岩石圈、冰冻圈等不同圈层，与地理科学辖下的水文学和气候学、生物地理与土壤地理、冰冻圈科学、地理观测与模拟技术、区域可持续发展等不同分支学科高度关联。现有研究在黄土高原、青藏高原等典型区域以及森林、草地、湖泊、湿地等单一生态系统层面已有较好研究基础，但在多尺度、全陆域系统综合方面，尤其在尺度迁移融合、系统协同提升等方面，有较大提升空间，特别是多尺度的交叉融合，已经成为认识水文、生态、资源和环境科学问题的瓶颈。

地理科学学科交叉融合一方面体现在传统人文地理学、自然地理学与信息地理学的融合不足：比如人文地理要素在资源环境研究往往被忽视，或不被重视，实际上人类活动是地表系统可持续运行的起点，落脚于社会政策与制度建设，随着人类活动对地表扰动的加强，可持续运行调控离不开人文与自然要素耦合研究。以现代技术方法见长的信息地理学对人的精细观测也存在瓶颈，而这与其对人文要素的特征理解不足、信息化模拟重视不够有关。人文要素呈现多样性、流动性、复杂性等特点，受数据来源、时效、精度限制，比如缺乏对人文要素本体特征的深入理解，单纯使用信息地理手段识别、探测和评判人文要素的难度巨大。各分支学科的方法交叉融合不充分，局限在地理学科内部，实际上随着大数据、人工智能为代表的各种新理论、新技术不断发展和突破，地理科学应用的技术手段与信息技术、生物等基础科学不断交叉渗透，与其他学科技术和方法的融合是地理科学研究从定性分析走向定量观测，从单纯的模拟计算走向系统仿真的重要支撑。地理科学学科交叉融合现状的不足另一方面还体现在学科资助代码设置：科学发展始终存在细化和融合两种趋势，2018年以来地理科学资助代码进行了3次调整，表明以资助代码设置权衡学科细化与融合的难度，学科代码过于细化容易导致研究内卷，被某一研究方向占据，不利于专业化分工，而学科代码过于宽泛则导致研究主题泛化，不利于专业化发展。对此，国家自然科学基金委进行了多层次体制改革，宏观上设立交叉学部，促进地理科学与其他科学的大交叉融合，中观上优化学科代码布局促进分支学科融合，微观上明确科学问题属性，促进多学科领域交叉的共性难题研究。地理科学的资助代码要根据学科发展规律不断权衡细化与融合两方面，协调各方面观点，具有相当挑战。可见，地理科学分支学科体系的完善需要在凝练共性科学问题同时，依靠学科体系的布局引导，形成统领性的学科发展顶层设计，以作为学科交叉融合发展的基础与框架。

## 4 以资助政策为引导的地理科学融合发展路径

任何一个科学资助机构都肩负着贡献人类知识、服务国家需求和应对全球发展挑战的责任和使命<sup>[2]</sup>。自1986年创建伊始，国家自然科学基金遵循学科发展规律，不断深化改革，优化资助政策与体系，引领和支撑了地理科学走向融合发展。在国家自然科学基金的资助政策引导下，地理科学在分支学科重构、学科间交叉、多领域融合等方面表现出极强可塑性，积极服务科学知识探索和国家社会经济发展需要。下面提出地理科学交叉融合发展的3条路径，并以相关政策保障路径实现，塑造新时代地理科学发展的内在动力。

### 4.1 面向世界科技前沿的学科间交叉融合

资助管理中如何构建实现交叉融合、捕获前沿的资助机制是基金管理改革重点。以美国为例，美国国家科学基金会的各学部自2000年后，都建立了“前沿问题”或“多学科办公室”，这些部门有效地保障了前沿研究及时获得资助，极大地促进了学科间交叉机制的形成。除此之外，代码设置也是一个重要抓手，其中地理科学内的代码体系相对详尽，这有利于项目的评审与管理，而地球科学领域的整体宏观布局则更为强调宏观引导。在地球科学“三深一系统”“四梁八柱”规划指引下<sup>[26]</sup>，地理科学在以重大项目、重点项目等为代表重点资助领域立项中，面向地球系统过程与格局，在全球变化大背景下，侧重地表多圈层间的交互作用，以解决地球科学不同领域间共性的科学问题，以交叉融合的理念完善科技创新体系。例如“地球系统过程与全球变化”重点资助领域，



2021年共有来自16个依托单位的16个基金项目获得资助,涉及地理科学、地质学、地球化学、大气科学、环境地球科学等领域,研究方向涉及全球变化过程中人—地系统的耦合与调控、碳氮循环和水循环关键过程与环境变化等多个地球系统关键科学问题,为未来地球表层过程、生物多样性、资源环境及环境变化趋势提供关键科学证据和理论支撑,特别依靠遥感技术、地理信息大数据等学科特有方法技术,体现地理科学“综合性”的优势。

未来地理科学将进一步以地球系统科学发展为主要驱动力,积极参与大科学前沿议题研究,凝聚学科共性,围绕治理议题,形成新的地理学综合研究领域。在项目抓手设计上,主要依靠跨国合作项目资助,落实从追赶到合作再到引领的学科发展规划,彰显地理科学这一传统学科在学科间交叉融通中的体现度和贡献度,积极开展国内国际前沿的交叉融合研究,提升中国地理科学研究的全球经济、人文与社会效应;其次依靠外国学者研究基金项目,把国外先进地理学思想与方法与中国研究实践相融合,把国际前沿的地理科学综合议题引入进来。在体制改革上,设置了交叉学部,基于自然科学与人文、社会、管理等领域的交叉科学研究,围绕宏观复杂系统以及经济发展过程中的资源开发利用、生态文明建设、人居环境提升等问题,探究人类文明演化的自然规律和历史嬗变的科学成因、自然与社会的互馈机制、人地系统的动态结构等,解决人类可持续发展中的重大科学问题。

#### 4.2 面向国家重大战略的多领域交叉融合

基础研究一方面具有深化人类知识的科学属性,另一方面也具有将知识应用于国家目标的社会属性。面向国家重大战略需求是基础研究社会属性的重要体现。在国内外发展形势快速变化的背景下,多领域协同攻关,在基础研究中寻找交叉前沿,谋求颠覆性创新发展是中国科技发展战略布局的重点。这就需要打破领域间壁垒阻隔,通过跨学科、领域与部门的通力合作促进大跨度交叉融合。

随着碳中和、乡村振兴等国家重大战略的深入推进,地理科学在其中发挥了重要作用。自2020年开始,基金委地球科学部和管理学部面向国家黄河流域生态保护和高质量发展、实施碳中和战略等重大需求,充分发挥国家自然科学基金的基础性、科学性和前瞻性优势,联合启动国家自然科学基金专项项目“黄河流域生态保护与可持续发展作用机制”和“面向国家碳中和的重大基础科学问题与对策”,以解决人类共同面临的可持续发展、人地耦合关系、国土空间治理与生态修复等重大问题,极大地促进地球科学与管理科学的融合创新。其中,地理科学兼容并包,是地球系统科学中直接指导应用实践的重要学科。例如,在碳中和相关项目中,地理科学发挥综合性和区域性优势,在陆地生态系统碳库现存量和不确定性、固碳速率的稳定性和持续性、不同碳中和路径下自然生态系统固碳增汇的可行性和经济性评估等方面开展研究,从自然机理过程和社会响应两方面,充分发挥地理学的融合作用。在区域方面,地理科学将不同生态系统关联,如把“河流—河口—近海连续体”作为涉水生态系统整体,探讨其中碳传输与转化过程,及其调控策略与手段;在上中下游和不同的水流关键带上,用系统和综合的视角理解碳过程的传输、流动与周转。

在项目抓手设计上,应更多依靠重大研究计划项目与重点项目,围绕国家重大战略需求,凝练科学目标,集聚优势力量,形成项目集群,促进学科交叉融合,为国民经济与社会发展提供知识技术支撑。此外,在不同学部间的交叉融通中,地理科学可发挥自然和社会学科的桥梁优势,地理学者应加强跨学科团队建设,积极申请交叉学部课题,针对社会需求中的科学“真问题”开展研究,在可持续发展、气候变化、资源能源转型

等领域,主动服务国家重大现实需求,以需求为牵引发现新问题,产生新思想,构建新理论,完善新体系。

### 4.3 面向地理科学优化布局的分支学科交叉融合

申请代码设置是基金委体现学科发展方向、优化学科布局的重要抓手。申请代码体现了学科内部的知识逻辑体系和发展布局导向。2020年在基金委深化改革工作部署下,地理科学通过学科申请代码的更新优化,以自然地理学、人文地理学和信息地理学三大分支学科为基础,综合考虑学科的相对独立性和学科间的交融性,梳理形成了包括17个二级代码的代码体系<sup>[25]</sup>,新的代码体系增强了原有点状分布的学科之间的聚集性和竞争性,将各个分散点串成线,有利于通讯评审和会评专家的横向对比和催生新的学科谱系形成。此外,新代码还特别强调典型交叉性分支学科对地理科学融合发展的引导作用。具有典型交叉融合性学科代码有以下几个:

“D0113 遥感科学”是其中的典型代表。遥感科学本身是空间科学、测绘科学、电子科学、地球科学与计算机科学等相互交叉融合渗透基础上发展起来的一门新兴交叉学科,其核心研究方向包括电磁波与地物相互作用机理、遥感器—大气—地表辐射传输过程建模、遥感数据定量化处理、地表参数遥感定量反演、遥感与陆地表层过程模型同化、遥感地学分析与知识发现等<sup>[27]</sup>。遥感科学可以充分发挥大范围对地观测的优势,获取岩石圈、水圈、大气圈、生物圈、冰冻圈和人类圈等长时序数据,支撑从多维度时空尺度和动态变化视角来研究地球表层系统人—地关系及其相互作用机理,逐渐形成了植被遥感、土壤遥感、水文遥感、环境遥感、冰冻圈遥感和社会经济遥感等多个交叉融合特征鲜明的应用分支<sup>[25]</sup>。遥感技术的兴起和快速发展,已经成为当前地理学研究的最为重要的大数据来源,同人工智能进行交叉融合引发了地理科学研究范式的改变,在地理科学领域中开创了数据驱动的地理知识与规律的自动提取,有力推动了地理事件与现象的可解释性因果分析,提升人类对地理问题的认识和预测能力,支撑了构建时空大数据分析科学范式和技术体系。在2021年申请中,该二级代码下共收到来自于337个依托单位(占地理科学学科申请依托单位的46.94%)的面上、青年和地区项目申请书共979项(占地理科学学科面青地项目的19.81%)。该代码下的申请项目以遥感技术为支撑,在地理科学的遥感应用方面表现出较大融合性,包涵大气环境监测、地物识别、灾害监测、水文监测、土壤监测、城市环境监测、农业监测估算等,具有地理要素与观测尺度的全覆盖性。此外,约有110项申请项目是对遥感专业机理与方法的研究,仅占比11.24%,其余则是针对某一重点地理要素监测方法的创新。可见该代码下研究内容交叉融合动力来自于遥感技术支持。

以“D0117 地理观测与模拟技术”这一新设立的二级代码为例,其设立的目的在于解决地理科学有关科学问题所需的研究手段和工具,既包括地面、水下、航空、航天传感器以及野外调查的观测仪器的研发、测试及应用研究,也包括对地理及生态环境数据、信息获取、分析和模拟的软硬件系统,还包括处理地理观测系统数据所需的硬件(如系统架构)和软件工具(如分析/模拟模型),是地理信息技术与自然资源观测、人文地理要素模拟横向衔接互通的基础支撑。在2021年的申请中,该二级代码下共收到来自于45个依托单位的面上、青年和地区项目申请书共62项,研究内容涉及水热通量、径流下渗等地理关键过程的观测与模拟,便携式矿山灾害监测仪器、海底地貌3D打印设备等小型装备的研制等,是从软硬件两方面入手,实现了从地理数据的采集、地理机理的认知,到地理决策的模拟。其所涉及的各分支学科的主线独立而清晰,同时也推动了地理科学从仪器到观测,进而到科学机理探究的全链条式贯通交叉。这种分支学科网络之间



的关联融合发展潜力巨大，提升了对地理问题的认识和预测能力，也形成以时空大数据为核心的地理科学研究新的增长点。

同样，“D0106 冰冻圈科学”代码也是一个开放形式的二级代码，是由上一版学科代码中的“冰冻圈地理学”拓展而成。冰冻圈科学是研究自然背景条件下，冰冻圈各要素形成和变化的过程与内在机理，冰冻圈与气候系统其他圈层相互作用，以及冰冻圈变化的影响和适应的新兴交叉学科。研究目的是认识自然规律，服务人类社会，促进可持续发展。在气候变化科学与人类经济社会可持续发展需求的带动下，研究冰冻圈和其他圈层（包括人类经济社会系统）相互作用中冰冻圈扮演的角色和作用，是冰冻圈科学研究的核心。如何在气候变暖背景下发掘冰冻圈的致利效应，开展自然科学和社会科学综合交叉，已经成为该学科的重点发展方向之一。将冰冻圈视为一个整体，应用学科交叉、多重手段集成和新技术，开展冰冻圈多要素综合研究，是现阶段冰冻圈科学发展的主要任务。在2021年的基金申请中，该二级代码下共收到来自104个依托单位的面上、青年和地区项目申请书共242项，申请书的研究内容不仅体现出冰冻圈科学与地貌学、气候学、水文学、遥感科学、海洋科学、环境科学等学科的交叉，而且还与社会经济可持续发展乃至地缘政治相关。冰冻圈科学正在向不同学科领域交叉渗透，同时也推动着地理科学由传统的定性描述不断向量化的数值模拟深化发展，并形成了以冰冻圈科学为特色的地理科学研究新的增长点。

“D0111 土地科学和自然资源管理”同样是新设立的体现学科知识交叉融合的二级代码。土地是资源环境的基底与载体，既是资源又是资产，土地利用是自然环境与社会经济活动综合作用之结果，而自然资源资源又包括土地资源、水资源、生物资源、矿产资源与能源等，这决定了该代码交叉融合属性明显，有效弥补了学科代码间“缝隙”，为催生科学创新发现提供了新的融合空间。在2021年项目申请中，该二级代码下共收到来自于203个依托单位（占地理科学学科申请依托单位的28.27%）的面上、青年和地区项目申请书共405项（占地理科学学科面青地项目的8.19%）。该代码下的申请项目在研究内容与研究方法上表现出明显的交叉融合性。研究内容体现出典型的人与自然耦合特色，主要包括人地关系地域系统变化规律，土地要素—结构—功能之间的作用机理，社会经济对土地利用影响与治理调控，风能、电力等其他资源管理，还涉及自然生态偏向的国土空间生态修复，土壤污染与改良，社会经济偏向的制度政策创新等。研究方法上融合了各类自然与社会经济方法，主要包括自然调查、地理信息、系统模拟与经济计量等。该代码设立主要是为从土地科学高度引导和鼓励地理科学的综合研究，体现地理科学交叉融合特色，构建科学创新交叉融合的综合支撑。

相对稳定的学科代码体系体现了地理学科的内在结构和层次特征，也鼓励了学科内部和学科间的交叉融合。通过学科代码优化组合，将分散在不同学科的主线构织成更大的学科网络，将极大地促进学术新高地的形成。

## 5 结语

每门学科都在学科生态系统中，并受整体科学和社会演进的态势影响而发展。学科发展应具有专业性和内在的统一性。但专业性和统一性最终要针对和瞄准自然和社会现实问题，就是以自然世界的统一性为基础。在人类对于客观世界的渐进式理解中，学科从来就没有恒久不变的界限，各门学科和领域的知识也是处于不断流动和塑造过程之中，在相互交叉与融合过程中实现螺旋式上升与发展。地理科学作为典型的交叉学科，

其统一性不应被人为的学科分类而割裂。相反,在吸收其它学科的思想、理论和方法的基础上,根据自身学科特色和优势,通过纵向贯通、横向链接,形成“大地理科学”的新格局,不但符合地理科学和整体科学的历史演进规律,也是国家与社会发展的迫切需求。

地理科学的发展也存在整合与分化两种趋势。分与合之间有一定的张力,也是必然的,通过不断的分化和重构,知识更新和学术创新才得以彰显。但相对而言,学科分化、细化比较频繁,而学科整合和综合的难度更大、挑战更多,致使跨学科研究面临团队建设难、研究周期长、成果深度不足等风险<sup>[28-29]</sup>。因此,基金委将审时度势,深刻把握知识创新规律,通过多种举措,大力推动跨学科交叉研究,做学科交叉融合发展的引导者、管理者和推动者。未来,基金委将在鼓励和支持以地理科学为主的跨学科交叉研究,在加强顶层设计的同时,发动科学界同仁、社会力量等广泛参与学科融合发展与共建,积极探索和建构一种多主体、全过程、自组织、有活力的科技治理范式<sup>[30-32]</sup>。只有在制度设计上有力地保障、激励和落实学科交叉融合发展的大战略,才能有效推动地理科学健康发展,促进学术创新良性循环,更好地服务于全球可持续发展。

### 参考文献(References)

- [1] Xi Jinping. Speech at a meeting conflating the general assemblies of the members of the Chinese Academy of Sciences and the Chinese Academy of Engineering, and the National Congress of the China Association for Science and Technology. The People's Daily, 2021-05-29(2). [习近平. 在中国科学院第二十次院士大会、中国工程院第十五次院士大会、中国科协第十次全国代表大会上的讲话. 人民日报, 2021-05-29(2).]
- [2] Li Jinghai. Issues should be focused in development of Chinese science and technology. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(10): 1119-1120. [李静海. 中国科学技术发展应重视的几个问题. 中国科学院院刊, 2019, 34(10): 1119-1120.]
- [3] Han Qide. What determines the success or failure of interdisciplinary research. China Awards for Science and Technology, 2020(5): 6-7. [韩启德. 是什么决定学科交叉研究成败. 中国科技奖励, 2020(5): 6-7.]
- [4] National Natural Science Foundation of China. Project Guide of National Natural Science Foundation of China in 2021. Beijing: Science Press, 2021. [国家自然科学基金委员会. 2021年度国家自然科学基金项目指南. 北京: 科学出版社, 2021.]
- [5] Zhou Xinyu, Chen Qin. Review on the geography discipline and cross disciplinary research. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science), 2015, 32(4): 136-145. [周欣雨, 陈琴. 地理学学科融合与学科交叉研究综述. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2015, 32(4): 136-145.]
- [6] Fu Bojie. Geography: From knowledge, science to decision making support. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(11): 1923-1932. [傅伯杰. 地理学: 从知识、科学到决策. 地理学报, 2017, 72(11): 1923-1932.]
- [7] Ye Chao, Yin Liangming, Yin Qingmei, et al. Is geography a vulnerable discipline? Reflections on the elimination of geography at Harvard University. Progress in Geography, 2019, 38(3): 312-319. [叶超, 尹梁明, 殷清眉, 等. 地理学是一门脆弱的学科吗? 哈佛大学撤销地理系事件及其反思. 地理科学进展, 2019, 38(3): 312-319.]
- [8] Metzger N, Zare R N. Interdisciplinary research: From belief to reality. Science, 1999, 283(5402): 642-643.
- [9] Hernandez-Aguilera J N, Anderson W, Bridges A L, et al. Supporting interdisciplinary careers for sustainability. Nature Sustainability, 2021, 4(5): 374-375.
- [10] Nature. Why interdisciplinary research matters. Nature, 2015, 525(7569): 305. DOI: 10.1038/525305a.
- [11] Heisenberg W. Physics and Philosophy. Fan Dainian, trans. Beijing: The Commercial Press, 1999. [维尔纳·海森伯. 物理学和哲学. 范岱年, 译. 北京: 商务印书馆, 1999.]
- [12] Lu Huayu. Progress in geomorphology and future study: A brief review. Progress in Geography, 2018, 37(1): 8-15. [鹿化煜. 试论地貌学的新进展和趋势. 地理科学进展, 2018, 37(1): 8-15.]
- [13] Fu Xudong, Zhang Guibin, Pan Shaoqi. Trends in geomorphology and its construction on new textbook contents. Science of Surveying and Mapping, 2015, 40(10): 171-174. [付旭东, 张桂宾, 潘少奇. 地貌学研究趋向与教材内容构建. 测绘科学, 2015, 40(10): 171-174.]
- [14] Baumann F. The next frontier-Human development and the Anthropocene: UNDP Human Development Report 2020.

- Environment: Science and Policy for Sustainable Development, 2021, 63(3): 34-40.
- [15] Engels F. Complete Works of Marx and Engels: Volume 39. Beijing: People's Publishing House, 1974. [恩格斯. 马克思恩格斯全集: 第39卷. 北京: 人民出版社, 1974.]
- [16] Fu Bojie. Geography for global sustainable development. Science & Technology Review, 2018, 36(2): 1. [傅伯杰. 面向全球可持续发展的地理学. 科技导报, 2018, 36(2): 1.]
- [17] Jiang Wei. Funding pattern of the deutsche forschungsgemeinschaft in the area of geosciences and its inspirations. World Sci-Tech R&D, 2022, 44(1): 128-134. [姜维. 德国研究基金会在地球科学领域的资助布局及其启示. 世界科技研究与发展, 2022, 44(1): 128-134.]
- [18] National Science Foundation. A Vision for NSF Earth Sciences 2020- 2030: Earth in Time. Washington, DC: The National Academies Press, 2020.
- [19] National Science Foundation. Meet TIP-technology, innovation and partnerships: A new directorate at the U.S. National Science Foundation. 2021. <https://beta.nsf.gov/tip/latest>.
- [20] Chen Fahu, Li Xin, Wu Shaohong, et al. Disciplinary structure of geographic science in China. Acta Geographica Sinica, 2021, 76(9): 2069-2073. [陈发虎, 李新, 吴绍洪, 等. 中国地理科学学科体系浅析. 地理学报, 2021, 76(9): 2069-2073.]
- [21] Fan Jie, Zhao Pengjun, Zhou Shangyi, et al. Disciplinary structure and development strategy of human geography in China. Acta Geographica Sinica, 2021, 76(9): 2083-2093. [樊杰, 赵鹏军, 周尚意, 等. 人文地理学学科体系与发展战略要点. 地理学报, 2021, 76(9): 2083-2093.]
- [22] Lu Dadao. The changing humanistic and economic geography in China. Scientia Geographica Sinica, 2017, 37(5): 641-650. [陆大道. 变化发展中的中国人文与经济地理学. 地理科学, 2017, 37(5): 641-650.]
- [23] Fan Jie. The progress and characteristics of Chinese human geography over the past 70 years. Scientia Sinica Terrae, 2019, 49(11): 1697-1719. [樊杰. 中国人文地理学70年创新发展与学术特色. 中国科学: 地球科学, 2019, 49(11): 1697-1719.]
- [24] Ye Chao, Yu Jie, Zhang Qingyuan, et al. From governance to rural-urban co-governance: Research frontiers, trends, and the Chinese paths. Progress in Geography, 2021, 40(1): 15-27. [叶超, 于洁, 张清源, 等. 从治理到城乡治理: 国际前沿、发展态势与中国路径. 地理科学进展, 2021, 40(1): 15-27.]
- [25] Xiong Juhua, Wang Jia, Shi Yunfei, et al. Adjustment and optimization of geographical sciences application code of NSFC. Acta Geographica Sinica, 2020, 75(11): 2283-2297. [熊巨华, 王佳, 史云飞, 等. 国家自然科学基金地理科学申请代码的调整优化. 地理学报, 2020, 75(11): 2283-2297.]
- [26] White Paper Research Group on Earth Science Development Strategy. Earth Science Development Strategy 2021-2030: Past, Present and Future of Livable Earth. Beijing: Science Press, 2021. [地球科学发展战略白皮书研究组. 2021—2030地球科学发展战略: 宜居地球的过去、现在与未来. 北京: 科学出版社, 2021.]
- [27] Chen Fahu, Wu Shaohong, Liu Hongyan, et al. Disciplinary structure and development strategy of physical geography in China. Acta Geographica Sinica, 2021, 76(9): 2074-2082. [陈发虎, 吴绍洪, 刘鸿雁, 等. 自然地理学学科体系与发展战略要点. 地理学报, 2021, 76(9): 2074-2082.]
- [28] Nature Editorial Board. Meet the challenge of interdisciplinary science. Nature, 2016, 534(7609): 589-590.
- [29] Blainey P C. Funding: Interdisciplinary challenges. Nature Microbiology, 2016, 1: 16118. DOI: 10.1038/nmicrobiol.2016.118.
- [30] Zhao Yin. From science and technology management to science and technology governance. People's Tribune, 2019(7): 86-87. [赵胤. 从科技管理走向科技治理. 人民论坛, 2019(7): 86-87.]
- [31] Li Guang. Time waits for no man to speed up the modernization process of China's scientific and technological governance capacity. Studies in Science of Science, 2020, 38(3): 387-388. [李光. 加快我国科技治理能力现代化进程时不我待. 科学学研究, 2020, 38(3): 387-388.]
- [32] Wu Jinxi, Sun Rui, Ma Lei. Modernization of science and technology governance system: Concept, characteristics and challenges. Science of Science and Management of S.&T., 2015, 36(8): 3-9. [吴金希, 孙蕊, 马蕾. 科技治理体系现代化: 概念、特征与挑战. 科学学与科学技术管理, 2015, 36(8): 3-9.]



## Exploring the integrative development paths of geographic sciences from the perspective of National Natural Science Foundation of China

XIONG Juhua<sup>1</sup>, GAO Yang<sup>1,2</sup>, WU Hao<sup>1,3</sup>, SUN Weijun<sup>1,4</sup>, LIU Xiaoqian<sup>1,5</sup>,  
LIU Jianbao<sup>1,6</sup>, YANG Gang<sup>1,7</sup>, ZHANG Zhonghao<sup>1,8</sup>, MAO Dehua<sup>1,9</sup>

- (1. Department of Earth Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China;  
2. College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;  
3. College of Urban and Environmental Sciences, Central China Normal University, Wuhan 430079, China;  
4. College of Geography and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014, China;  
5. College of Applied Arts and Science, Beijing Union University, Beijing 100191, China;  
6. Institute of Tibetan Plateau Research, CAS, Beijing 100101, China; 7. Department of Geography  
and Spatial Information Techniques, Ningbo University, Ningbo 315211, Zhejiang, China;  
8. School of Environmental and Geographical Sciences, Shanghai Normal University,  
Shanghai 200234, China; 9. Northeast Institute of Geography and Agroecology,  
CAS, Changchun 130102, China)

**Abstract:** With the progress of holistic science and human society, development of geographical sciences has entered a new stage of interdisciplinary integration. Under this context, geographical sciences urgently needs to seek new paths through the deep integration of disciplines to better improve the knowledge system and contribute to the country and society development effectively. Based on the perspective of the National Natural Science Foundation of China (NSFC), this paper firstly deeply analyzes the current status and problems of the integration and development of geographical sciences in China, and points out that it is not fully integrated with the frontier of international geographical sciences, and the global political, economic and cultural influence of geographical research in China needs to be strengthened; considers that the ability of Geographic Sciences integrating national major practical needs for theoretical and technological innovation should be improved; suggests that the internal discipline system of geographical sciences in China should be further optimized according to the needs of knowledge integration. Then, this paper proposes three paths for the integrated development of geographical sciences under the guidance of funding policies, that is, the interdisciplinary integration facing the frontiers of science and technology in the world, the multiple fields integration facing the major national development strategies, and inner-discipline integration facing the optimized application codes of NSFC. In future, based on maintaining the continuity and stability of the development of disciplines, the NSFC will encourage the integration of geographical sciences with other disciplines and fields through the improvement and innovation, so as to promote and build a healthier and more innovative system.

**Keywords:** geographical sciences; integrated development; National Natural Science Foundation of China; discipline development