

环境地球科学学科发展与展望

刘羽*, 王军, 李慧, 徐奴文

国家自然科学基金委员会地球科学部, 北京 100085

* 联系人, E-mail: liuyu@nsfc.gov.cn

2015年,联合国在可持续发展峰会上正式通过成果性文件——《改变我们的世界:2030年可持续发展议程》,其中17个重要议题中有10个与环境地球科学相关(www.un.org/sustainabledevelopment),使得环境成为2030年可持续发展议程的核心支柱。党的十九大报告明确指出:坚持人与自然和谐共生,建设生态文明是中华民族永续发展的千年大计(<http://theory.people.com.cn/n1/2018/0129/c40531-29792386.html>)。如何科学地实现绿色发展、打造宜居地球,是环境地球科学学科发展面临的新机遇和新挑战。

环境地球科学学科是从地球系统科学的角度,研究污染、生态、灾害和健康等环境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^[1]。环境地球科学学科以实现人类社会的可持续发展、建设宜居地球为目标,以人与自然和谐共处为理念,以地球科学的理论与方法为手段,以地球表层系统,包括大气圈、水圈、表层岩石圈、土壤圈、生物圈为研究对象^[2],理解当今环境过程及机制,探究未来环境发展变化,拓展前沿研究方向及研究对象,促进学科的发展,从而实现人类社会可持续发展与环境保护的平衡(图1)。环境地球科学为解决环境问题而生,本性也是要解决地球的环境问题,即地球的“健康”问题:污染环境、灾害环境、生态环境、健康环境,具有问题需求牵引、多学科交叉融合、研究体系复杂又相互联系等特点。

1 需求分析

1.1 国家重大科技需求

生态文明建设已经纳入国家“五位一体”的总体布局,即:经济建设、政治建设、文化建设、社会建设和生态文明建设。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,顺应新时代生态文明建设的国家重大科技需求,是环境地球科学学科发展面临的新挑战。

1.1.1 实现我国可持续发展需要环境地球科学提供科技保障

生态文明坚持人与自然和谐共生,倡导尊重自然、顺



(IODP)中国专家咨询委员会专家。

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

应自然、爱护自然价值^[3]。环境地球科学源于如何处理人与自然关系的研究,肩负探索 and 解决全球环境变化尤其是人类可持续发展面临的生态、健康、环境和灾害问题的学科使命,涉及生态保护、污染治理、防灾减灾、环境变化应对、土壤资源与环境、环境健康等重大环境问题,是生态文明建设和可持续发展的核心基础学科,也是我国实现可持续发展的重要保障。新形势下,环境地球科学迫切需要与时俱进,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,为国家实现可持续发展提供有力保障。

1.1.2 完善国家生态环境保护政策、法律法规需要环境地球科学提供科学依据

在地球表层系统大气、水体和土壤等环境要素的动态变化过程中,污染物排放、迁移、转化过程中的毒理效应、环境暴露、生态危害、风险评估及污染控制等环境问题深刻地影响着人体健康、生态安全及经济可持续发展。对这些环境问题的科学研究不仅与机理、过程等基础研究有关,也与环境保护和管理的理论与实践密切相关。环境地球科学的发展应立足我国生态环境保护的实际需求,系统开展与大气、水和土壤等相关的科学与技术研究,为我国环境监管政策和污染防治法律法规的制定奠定理论、方法和技术基础。

1.1.3 提高我国在环境领域的国际影响力需要环境地球科学的蓬勃发展

目前,环境问题已经不是某一个国家、某一个地区的局部问题,而是关乎全球的国际问题^[4]。十九大报告提出,



图1 环境地球科学的定义与使命. 研究对象: 地球表层系统; 研究主题: 地球“健康”问题产生的原因及解决方案; 研究目的: 可持续发展与宜居地球

Figure 1 Definition and mission of environmental geoscience. Research object: Earth surface system; topic: Causes and solutions for the “health” of the Earth; purpose: Sustainable development and livable earth

我们要为世界问题的解决贡献中国方案(<http://theory.people.com.cn/n1/2017/12/14/c40531-29706473.html>). 我国在环境地球科学领域也在加大投入力度, 关注和解决全球共同关注的环境问题. 环境地球科学学科的发展有助于促进创新型环境专业人才的培养, 使我国在全球环境研究与治理、履行国际公约等方面更具国际竞争力; 在环境公约制定中, 使我国能够大力参与国际环境谈判和环保合作, 建设多层次国际环境保护网络, 支撑国际范围内的可持续发展; 在环境治理法律体系建设中, 明确我国的国际环境责任, 维护国家环境安全; 在环境公约评估和修订中, 使我国能够参与国际公约履约评估, 促进国际环境责任落实, 推动国际环境公约发展^[5].

1.2 国际科学前沿发展需求

“可持续发展”和“宜居地球”是当今全球的发展趋势, 也是人类社会面临的重要问题^[6]. 环境地球科学学科以地球系统科学的理论、方法和技术, 研究自然条件和人类活动影响下大气圈、水圈、土壤圈、生物圈相互作用的物理、化学和生物过程, 探索 and 解决全球环境变化, 是实现人类可持续发展和打造宜居地球的重要路径^[1]. 全球发展对环境地球科学的科技需求主要体现在以下几个方面:

(1) 揭示人类在利用和改造自然的过程中, 对水、土、生物及气候等生态环境破坏所产生的各种正负反馈效应, 是全球经济社会发展中面临的重大难题和瓶颈性制约因素.

(2) 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, 是人类健康、生态安全及经济社会可持续发展的重要环境保障.

(3) 大健康体系(one health)建设是构建宜居地球的重

要内容, 而环境改善是大健康体系建设的根本, 环境与健康是现代社会保护人群健康的重大需求, 也是实现可持续发展目标的重大挑战.

(4) 由于人类活动及自然活动驱动力产生的环境灾害问题直接关乎人类健康及绿色经济的发展, 理解灾害发生机制、进行预警并提出应对策略是未来可持续发展中需要关注的重要科学问题.

(5) 着眼于多圈层、多尺度、定量化、跨学科、集成化的研究手段, 大力发展地球系统科学, 揭示全球资源生态环境社会多要素协同过程与机理, 为全球可持续发展、生态文明建设及全球生态环境保护提供科技支撑.

(6) 开展人地系统耦合动力学研究, 多圈层相互作用, 理解宜居地球的时空演变, 模拟和预测地球未来变化, 是实现人类社会可持续发展的重要途径.

(7) 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, 技术和方法的创新是推动环境地球科学发展的必然要求.

(8) 环境地球科学的战略规划、科学部署, 从微观机理到宏观现象系统性地研究地球环境将为解决经济发展所带来的环境问题提供重要的科学依据.

2 发展趋势

近年来, 环境地球科学的基础研究无论在深度上、广度上均获得了快速的发展, 知识体系不断丰富和完善. 不同的学科领域在不断发展完善自身学科体系的同时, 学科之间也通过不断创新、交叉和综合, 促进了环境地球科学学科的整体推进. 同时, 学科的发展在不断创新环境地球科学理论与技术的同时, 极大程度上与社会科学、人文科学、经济学、管理和信息科学等大跨度的交叉和融合, 为

人类实现可持续发展提供科学、全面的解释和对策。

2.1 解决人类生存与发展面临的污染、生态、灾害和健康等环境问题

随着工业化与城市化的不断推进和经济社会的高速发展,出现了一系列重大环境、生态、灾害和健康问题,直接威胁着生态环境、人类生存与可持续发展,催生出以现代地球系统科学为基础的环境地球科学学科。环境问题具有全球性、整体相关性、高危害性等特点^[7],是环境地球科学发展的根本驱动力。现阶段,人类面临的环境问题主要有4个来源,即经济社会发展带来的环境污染、地球动力过程和人类工程活动引发的环境灾害、生态环境破坏产生的各种正负反馈效应,以及地球各圈层物理、化学和生物环境要素对人体暴露和健康的影响。因此,环境地球科学当前和未来的使命和发展趋势就是要解决人类生存与发展面临的污染、生态、灾害和健康等环境问题。

2.2 以现代地球科学相关学科为基础,通过多学科交叉和融通驱动学科发展

当前,全球性、复杂性和大尺度下环境问题的不确定性成为世界科学难题。环境地球科学是以问题和需求为导向的学科,以表层地球系统为研究背景和空间范畴,揭示与人类活动关系密切的水圈、土壤圈、大气圈和生物圈的环境要素演化规律^[8]。土壤科学、水科学、大气科学、生物学是环境地球科学的学科基础,与现代地球科学相关的交叉属性学科,如地球化学、地质学、工程地质环境与灾害、生态毒理学等,也将自身形成的较为系统和完善的理论、方法和技术体系被动移植或者主动融合到新学科理论体系中,成为具有交叉属性的重要分支学科。学科交叉融合促进了理论和方法的框架进一步整合和提升,必将成为未来科研范式和科学发展的新常态^[9],多学科的交叉融合是解决复杂环境问题的关键,也是未来环境地球科学发展的必由之路。

2.3 新技术、新方法、新视角推动学科精细化发展

作为研究的工具和手段,技术和方法的创新不仅是推动环境地球科学学科发展的必然条件,也是发现新现象、认识新机理和解决新问题的驱动力量^[10]。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,对学科技术与方法的创新带来了巨大挑战。在未来的研究中,以下方面可能成为新技术与新方法精细化发展的趋势: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;环境地球科学土、水、气和生物多层圈物质循环探测和多参量分析新技术与新方法;环境地球系统灾害感知预警技术和预测集成模式;地球表层系统垂直结构探测和遥测新技术与新方法等^[1]。

2.4 系统化、信息化、量化化的大数据挖掘与分析推动新规律认知

“未来地球计划”的提出标志着环境地球科学已经迈入全球化、系统化、定量化和信息化的大数据时代^[11]。海量数据的处理、计算以及复杂系统模拟是大数据时代促进学科知识创新的重要手段。如地理信息系统和遥感技术、高性能计算、空间知识、专业模型嵌入成为未来地理信息系统的特色^[12];在天基、空基等传感网以及大数据的背景下,针对多源、异质、海量的空间遥感探测数据,发展高分辨率遥感数据的智能化处理与综合运用,是大数据时代遥感学科交叉综合研究发展的主要方向之一^[13]。在生态学领域,生态数据集成和综合分析、综合模型库,以及基于互联网的数据和模型共享已经成为生态信息学未来发展的关键领域^[14]。

2.5 社会与公众需求成为学科发展的推动力

随着经济的飞速发展和人民生活水平的不断提升,良好的生态环境已成为社会和公众的迫切需求。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严重威胁着经济社会可持续发展和人类健康安全^[15],亟需相关法律、政策和科学技术的保驾护航。全球社会对可持续发展科学的需求,促使环境地球科学得到进一步的发展。

3 环境地球科学的发展现状及问题

随着全球人类活动强度和范围的日益拓展,以及人类对地球表层系统改造和影响的不断强化,人类面临的可持续发展的挑战持续增加,国际环境地球科学学科研究的内容不断拓展,研究的学术产出快速增加。我国作为发展中国家,面临的资源环境问题较为严峻。我国的环境地球科学学科在应对环境挑战的过程中不断蜕变,在国际环境地球科学的舞台上取得了快速发展,展示了较强的实力和旺盛的生命力。

3.1 环境地球科学总体发展现状

以科学文献产出定量分析国际上主要国家环境地球科学学科的发展特点,可以定量观察我国环境地球科学的国际地位和影响力。文献计量学采用数据与统计学方法,借助科学文献的各种特征数量,描述、评价和预测科技的发展现状与发展趋势,对分析科技领域的整体发展具有重要价值^[16]。对2010~2019年间环境地球科学领域主要发文国家的论文数量、影响力等进行定量分析,以获取对学科整体发展动态的认识。在Web of Science核心数据库(SCIE),以环境地球科学学科领域内的367个相关研究方向为检索主题词,检索article、proceedings paper、review和letter类型的文献,共得到文献1363542篇。

在 2010~2019 年的文献中,发文量位于前 10 位的国家/地区分别为美国、中国、德国、英国、法国、印度、加拿大、日本、澳大利亚和西班牙.其中,美国和中国在该领域占据主导地位,美国发文量居全球之首.美国学者参与的环境地球科学研究论文总计 332134 篇,约占全部论文的 24.36%;中国发文量仅次于美国,总计 300074 篇环境地球科学研究论文有中国学者参与,约为发文量排名第 3 位的德国的 3 倍(表 1).在发文量位于前 10 位的国家中,美国和中国的论文总被引频次较高,均超过 400 万次,远高于发文量位于前 10 位国家的平均水平(230 万次).但在论文篇均被引频次和高被引论文比例方面,美国、英国、德国等发达国家的论文篇均被引频次和高被引论文比例均高于平均水平(分别为 17.17 次和 2.11%).即其高影响力成果产出方面实力较强,而中国篇均被引频次和高被引论文比例为 14.92 次和 1.83%,在发文量前 10 位的国家中分

别居第 7 位和第 8 位,表明其产出成果在影响力方面还有较大的提升空间.澳大利亚、中国、德国和英国的热点论文比例较高,说明其近 10 年来产出了相当数量的高水准成果,得到了全球科学家的关注(表 1).

用气泡图综合考察发文量位于前 10 位的国家/地区在本学科领域的发文数量、被引情况和国际影响力.可以将气泡图分为 4 个象限(图 2),X 轴代表国家的发文总被引频次、Y 轴代表国家的发文学科规范化影响力指数,气泡大小代表国家发文数量.其中,学科规范化影响力作为论文实际总被引频次与期望被引频次的比值,用以分析某个国家/地区的科研成果与全球平均水平的差距.若该国家的学科规范化影响力指数>1,则说明其引文影响力已经超过全球平均水平,否则反之.由图 2 可知,美国主要位于第 1 象限,说明其研究体量和研究成果的影响力都较大;德国、英国、法国、加拿大、澳大利亚和西班牙主要位于第 2 象

表 1 环境地球科学研究发文量前 10 位的国家及其影响力

Table 1 The top 10 countries in environmental geoscience research publications and their influences

排名	国家	WoS 发文量	被引论文比例 (%)	被引频次	篇均被引频次	高被引论文比例 (%)	热点论文比例 (%)	学科规范化影响力
1	美国	332134	76.09	9131623	27.49	2.38	0.04	1.23
2	中国	300074	72.49	4476335	14.92	1.83	0.08	1.04
3	德国	101632	81.72	2265857	22.29	2.26	0.07	1.27
4	英国	81815	82.11	1902161	23.25	2.92	0.07	1.37
5	法国	74713	82.94	1346192	18.02	2.03	0.05	1.15
6	印度	72235	77.97	475394	6.58	1.05	0.04	0.83
7	加拿大	63729	80.88	1006026	15.79	2.27	0.06	1.18
8	日本	63489	78.35	780275	12.29	1.38	0.04	0.89
9	澳大利亚	54783	85.14	928276	16.94	3.03	0.14	1.40
10	西班牙	54588	84.86	772143	14.14	1.90	0.05	1.13
平均		119919	80.26	2308428	17.17	2.11	0.06	1.15

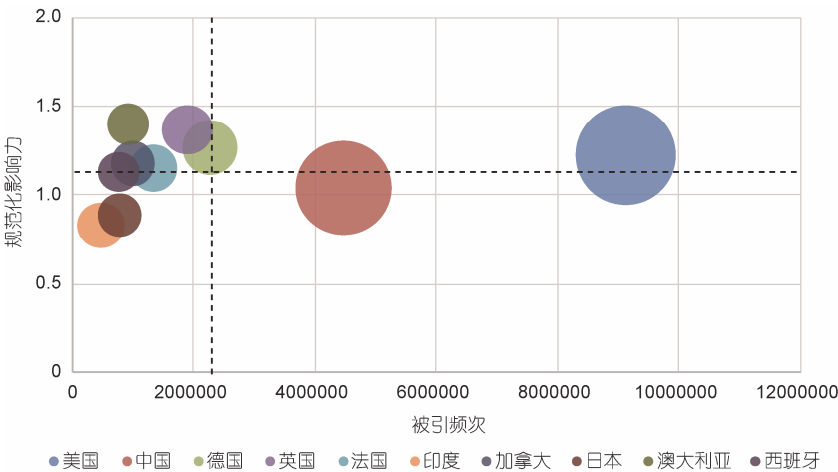


图 2 环境地球科学研究发文量位于前 10 位的国家及其影响力

Figure 2 The top 10 countries in environmental geoscience research publications and their influences

限,虽然其研究体量较小,但是成果的影响力较大;日本和印度位于第3象限,表明其研究体量和影响力均较低;中国位于第1象限和第4象限之间,表明其虽然研究体量较大,成果较为丰富,但研究成果的影响力略低于平均水平,有待进一步提高。

3.2 环境地球科学学科各领域发展现状

环境地球科学学科包含多个学科领域,且相互之间具有交叉融合的复杂联系。结合环境地球科学学科服务于国家需求的特色和优势,环境地球科学的学科构架可分为4个版块:“污染环境、生态环境、灾害环境和健康环境”,其学科内涵界定已在文献[1]中进行了具体的阐述。对4个版块进行文献计量分析,并观察其在2010~2019年间的发展趋势,以更加全面地了解我国在环境地球科学领域的国际地位。

统计结果表明,2010~2019年这10年间,各个版块中发表的SCIE文献数量均呈稳步上升趋势,且中国发文量增速远超国际平均水平。随着对人类健康的重视,“健康环境”版块中的文献数量增长最为迅猛,平均每年的增长速度达到12.5%。“污染环境”、“灾害环境”、“生态环境”版块中的文献数量以平均每年8%~9%的速度增长。我国在“污染环境”和“灾害环境”版块的发文量居全球之首,在“生态环境”与“健康环境”版块的发文量仅次于美国,表明近10年来我国在环境地球科学的各分支领域蓬勃发展。中国、美国、英国和德国的论文总被引频次较高,且我国在“健康环境”和“灾害环境”领域论文的总被引频次占全球比例的增长速率显著高于“生态环境”和“污染环境”,表明我国在“健康环境”和“灾害环境”领域发展迅速,在国际上的影响力迅速提高(图3)。在篇均被引频次和被引频次≥50的论文所占比例方面,发达国家,如美国、德国、英国、法国和加拿大的篇均被引频次较高,被引频次≥50的论文在总论文中所占比例较大(图4),表明其论文综合影响力较高。而

我国在“污染环境”、“灾害环境”、“生态环境”和“健康环境”各个版块的篇均被引频次和被引频次≥50的论文所占比例均低于平均水平,表明虽然近年来我国在发文量、总被引频次等指标上具有较为明显的优势,发文量和总被引频次在国际上所占比重大体呈稳步上升趋势(图3),但在篇均被引频次和高被引论文比例的指标上与发达国家相比仍存在一定的差距(图4)。

在发文机构方面,中国科学院、美国加利福尼亚大学、美国哈佛大学、美国环保署、英国伦敦大学、法国国家科学研究中心、德国亥姆霍兹联合会、美国约翰霍普金斯大学和美国北卡罗来纳大学、西班牙国家研究委员会、美国能源部、美国农业部、法国国家农业食品与环境研究院、俄罗斯科学院、美国地质调查局是全球发文量较多的机构。其中,中国科学院是发文量最多的机构,且论文总被引频次较高,但篇均被引频次、被引频次≥20的论文所占比例、被引频次≥50的论文所占比例却低于美国加利福尼亚大学、美国哈佛大学、美国环保署、英国伦敦大学、法国国家科学研究中心、德国亥姆霍兹联合会、美国约翰霍普金斯大学和美国北卡罗来纳大学等机构,表明我国论文质量有待提升。除中国科学院之外,清华大学、北京大学、浙江大学、南京大学、北京师范大学、同济大学、南开大学、天津大学、中国农业科研研究院、中国矿业大学等也是我国发文量较多的机构。

3.3 环境地球科学学科发展中存在的问题分析

3.3.1 论文数量可观,质量亟须提升

科技论文的发表情况是对学科发展现状最直接的体现。近10年来,环境地球科学的国际SCIE论文总数迅速增加,我国发文量增速远超国际平均水平,表明我国在环境地球科学领域快速发展。目前,我国在文章质量上还存在一些问题:论文影响力与美国、英国、德国等发达国家相比仍存在差距;在热点研究方向,高被引论文数目明显较低。

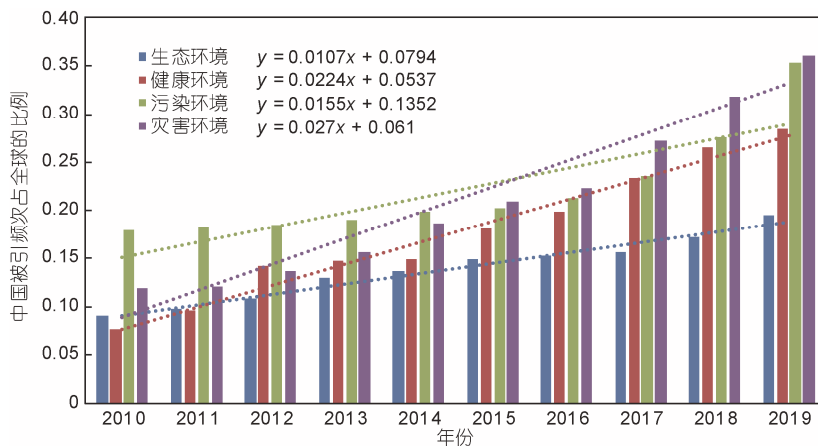


图3 2010~2019年间中国被引频次占全球总被引频次的比例

Figure 3 China's citation accounts for the proportion of the global total citation from 2010 to 2019

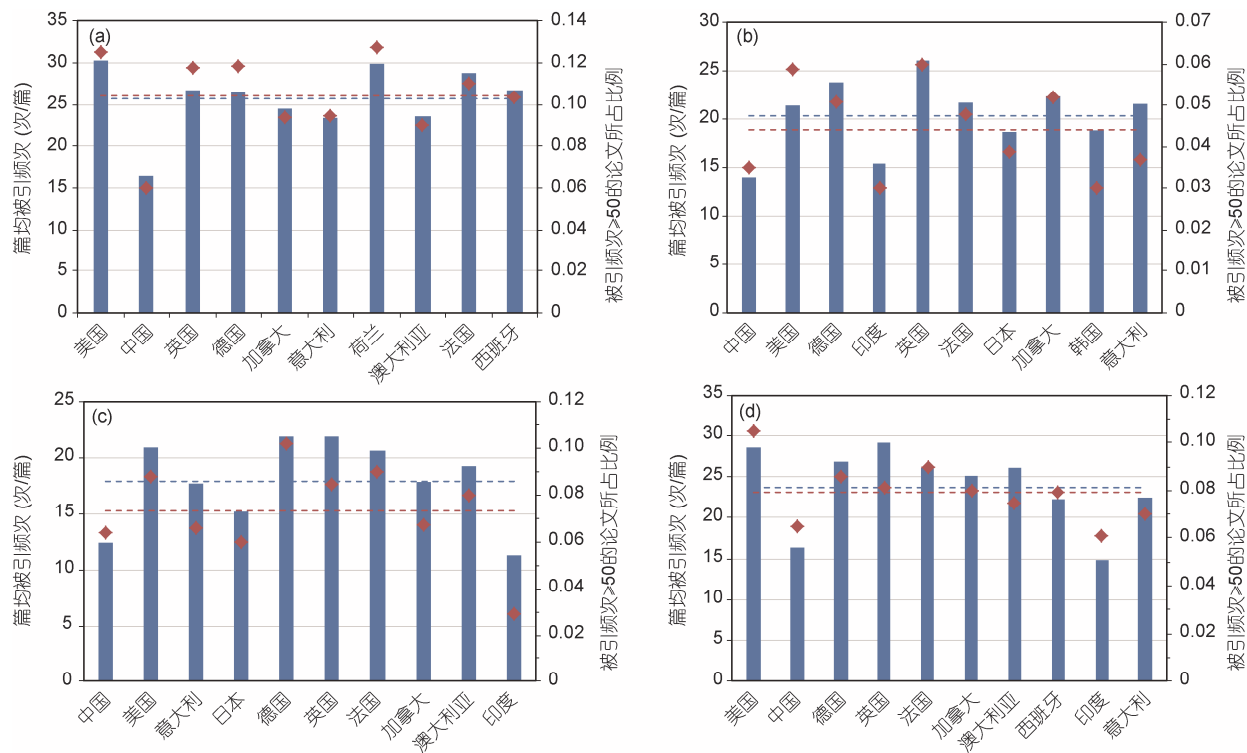


图 4 四大版块发文量前 10 位国家的篇均被引和高被引论文比例情况. (a) 健康环境; (b) 污染环境; (c) 灾害环境; (d) 生态环境

Figure 4 The proportion of cited papers and highly cited papers in the top 10 countries with the publication volume of the four major sections. (a) Healthy environment; (b) pollution environment; (c) disaster environment; (d) ecological environment

表明我国已具备一定达到国际一流水准的研究成果,但整体研究质量仍有上升空间.因此,在保持高论文产出率的同时,提高论文质量将是今后我国环境地球科学学科的科学工作者的重要发力点.

3.3.2 各分支学科发展不平衡

环境地球科学学科现有学科架构包括污染环境、灾害环境、生态环境和健康环境 4 个板块(图 1).污染环境主要研究经济社会发展带来的环境污染问题,历史最为悠久,研究最为成熟.生态环境研究生态环境破坏产生的各种正负反馈效应,为我国生态文明建设、实现人与自然的协调发展作出基础性和前瞻性的研究,研究体量仅次于污染环境.随着对灾害预防和人体健康越来越重视,健康环境和灾害环境近 10 年的增长速率高于污染环境和生态环境.随着人工神经网络、计算机模拟等技术的快速发展,灾害环境快速发展,并产生了较高的国际影响力^[17];健康环境的年发文量增长速度最快,表明我国健康环境版块正在蓬勃发展.总体而言,我国在灾害环境和健康环境的研究体量仅为污染环境的 1/6 和 1/20,远不能满足我国对健康中国建设和可持续发展的国家需求.

3.3.3 引领学科发展的国际一流科研机构不足

近年来,科研经费投入的快速增长极大地推动了我国

环境地球科学研究的发展.但我国在发文量和影响力方面能够与发达国家优秀科研机构相媲美的科研机构仍较少.具有国际一流水平的科研机构对带领我国环境地球科学研究走向世界、提高我国的国际影响力具有重要的辐射作用.因此,应进一步加强新机构建设和已有机构的合理整合、加快国际和国内合作的力度,以增强各机构在学科、领域和行业产业中的影响力.

3.3.4 重大问题联合攻关,大数据、观测平台等研发能力有待提高

认识环境地球科学规律,依赖于野外观测数据和室内分析测试数据.科学数据也是检验理论和模式的基础,观测与实验手段的进步极大地推动了环境地球科学学科的发展.重大环境问题的解决,要求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.围绕引领国际环境地球科学研究的战略方向,亟须强化我国对大型和综合实验模拟装备的自主研制,大力加强观测和实验网络、数据共享等支撑技术、平台和基地建设(引自国家野外科学观测研究站建设发展方案(2019—2025))^[18],加强各学科领域联合攻关,加强重大研究计划的设立,加大学科整体资助强度,为解决国家环境污染等重大问题提供技术方案,为制定和实施国家环境保护发展战略提供关键支撑.

4 环境地球科学学科布局优化

新时期,为打破学科固化形成的壁垒,适应新一轮科技革命和产业变革形势,国家自然科学基金委员会以自然科学基金申请代码调整为切入点,进行优化学科布局改革。环境地球科学学科根据科学基金改革优化学科布局的指导思想,针对学科面临的理论、技术、方法和学科范式等方面的挑战,提出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”。在此基础上,提出学科申请代码优化调整方案,并建立了环境地球科学“四梁八柱”的学科架构:4个基础学科包括土壤学、环境水科学、环境大气科学和环境生物学,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:污染物环境行为与效应、环境与健康风险、第四纪环境与环境考古、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^[1]。将优化学科布局调研成果公开征求科技界的意见和建议。通过科学家的积极参与获得了一系列建设性的意见和建议。由于“土壤学”申请量较大,为更好地推进土壤学的发展,根据其属性,划分为3个二级申请代码:基础土壤学、土壤肥力与土壤侵蚀、环境土壤学。2021年度拟开始使用优化调整后的新学科申请代码(表2)。

5 优先发展领域

2019年,国家自然科学基金委员会启动了应急管理项

表2 2021年度拟启用的环境地球科学学科新申请代码

Table 2 New application code of environmental geoscience discipline to be launched in 2021

新申请代码	名称
D0701	环境土壤学
D0702	环境水科学
D0703	环境大气科学
D0704	环境生物学
D0705	工程地质环境与灾害
D0706	环境地质学
D0707	环境地球化学
D0708	生态毒理学
D0709	基础土壤学
D0710	土壤肥力与土壤侵蚀
D0711	污染物环境行为与效应
D0712	环境与健康风险
D0713	第四纪环境与环境考古
D0714	环境信息与环境预测
D0715	环境地球科学新技术新方法
D0716	区域环境质量与安全
D0717	环境保护与可持续发展

目“环境地球科学学科战略研究”,国内200多位领域专家参与了战略研究工作,基于各分支学科战略组的研究成果,本文初步描述了未来5~10年环境地球科学学科的优先发展领域,分为内部学科交叉的优先领域和与其他学部交叉的优先发展领域。由于环境地球科学具有综合、交叉和新兴特点,所列优先发展领域必然存在不完善和不够全面的问题,希望能与领域内科研工作者共同探讨,为学科未来发展提供参考。

环境地球科学内部学科交叉的优先发展领域包括:流域地表水-地下水交互机理、过程耦合与生态环境效应;全球变化下的水质和水生态系统安全;农田土壤健康与质量提升理论与方法;区域土壤复合污染过程与生态修复技术;土壤生物体的分布、过程与功能;环境大气大数据建模与智能预测;重大工程活动与地质环境演变互馈机制;多圈层相互作用下地表动力学过程及其区域灾害效应;气候系统古增温与气候系统突变;环境健康与质量提升理论与方法;生态毒理与生态环境效应;环境变化与生物响应/适应;环境污染物的多介质界面过程、效应与调控;新兴污染物的环境行为、生态健康风险及控制;纳米颗粒/微塑料环境地球化学过程与毒性效应研究;全球变化下污染物生物有效性与人体暴露评估;污染物生态与健康效应与危害评估;环境生态与健康基准研究;物质循环格局演变及环境效应;环境与可持续发展。

环境地球科学与其他学部交叉的优先发展领域包括:地球关键带过程与土壤功能演变;高强度人类活动对区域环境的影响、互馈及调控;区域环境质量与安全评估;自然贡献的未来情景模型;过去2000年环境系统与人类系统的耦合过程与调控机理;天地空智能化监测预警;区域环境质量诊断评价与管控;重大事件环境影响评估及修复;有毒有害污染物环境风险评估与防控;污染物环境地球化学过程及人体健康效应;大数据分析 with 智能计算的全要素环境预测模型。

6 结语

国家自然科学基金委员会地球科学部2017年设立环境地球科学学科。自成立以来,在评审会、战略研讨会、学术研讨会和高层论坛等各类会议上,领域内科学家对学科的战略发展提出了很多宝贵的意见。特别是2019年“环境地球科学学科战略研究”启动,各分支学科战略研究组多位专家在学科内涵和外延、需求和现状分析、优先领域和发展趋势等方面开展了广泛的研讨,形成了高质量的研究成果。

环境地球科学为解决环境问题而生,核心目标也是要解决地球的环境问题,具有鲜明的服务国家需求的特色和优势。目前,学科处于高速发展时期,热点多、新的增长点多、生命力旺盛,学科内涵和外延不断变化,综合、交叉

和新兴特点明显. 学科的发展是一个动态变化、不断发展和完善的过程, 希望本文能够起到“抛砖引玉”的作用, 吸引更多科学工作者关注和推动学科的建设与发展, 更好地

发挥环境地球科学在解决当前和今后发展中面临的重大环境、生态和灾害问题方面, 起到提供基础理论和科技支撑作用.

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)等专家在学科发展战略研究中作出的杰出贡献. 本文包含了各分支学科战略研究组多位专家的研究成果, 篇幅所限不能列出全部参与工作的专家姓名, 在此一并致谢. 同时, 感谢广大科技工作者在各类学术会议和论坛中为环境地球科学的学科建设提出宝贵意见和建议, 为学科的蓬勃发展作出重要贡献.

推荐阅读文献

- 1 Liu Y. Research on the strategy of optimizing the discipline layout of environmental geosciences under the National Natural Science Foundation of China (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2020, 65: 2076–2084 [刘羽. 国家自然科学基金环境地球科学学科布局优化战略研究. *科学通报*, 2020, 65: 2076–2084]
- 2 Hou Z Q. Based on Earth system science, supporting the unified management and system restoration of natural resources (in Chinese). *China Nat Res News*, 2018-06-12, the Fifth Page [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, 第五版]
- 3 Zhang J. Upholding the harmonious symbiosis between man and nature, and promoting the construction of ecological civilization (in Chinese). *Environ Prot*, 2018, 14: 7–10 [张军. 坚持人与自然和谐共生, 积极推进生态文明建设. *环境保护*, 2018, 14: 7–10]
- 4 Sun K. Global environmental problems and their governance in the era of “Anthropocene” (in Chinese). *Frontiers*, 2020, 11: 43–49 [孙凯. “人类世”时代的全球环境问题及其治理. *人民论坛·学术前沿*, 2020, 11: 43–49]
- 5 Chen L. The implementation of international environmental conventions needs scientific and technological support (in Chinese). *Green Liv*, 2017, (6): 73–74 [陈亮. 环境国际公约履约需科技支撑. *环境与生活*, 2017, (6): 73–74]
- 6 Dong L, Zhang H B. Environmental objectives in the 2030 agenda for sustainable development and its implications on the world and China in environmental governance (in Chinese). *China Popul Res Environ*, 2016, 10: 8–15 [董亮, 张海滨. 2030年可持续发展议程对全球及中国环境治理的影响. *中国人口·资源与环境*, 2016, 10: 8–15]
- 7 Li Z Y. Research on environmental threat security under global governance (in Chinese). *Publ Manag*, 2019, 33: 49–51 [李政阳. 全球治理下的环境威胁安全研究. *管理观察*, 2019, 33: 49–51]
- 8 Liu Y, Zhang Q R, Wang J, et al. An introduction of the projects administrated by the environmental geosciences, Department of Earth Sciences, National Natural Science Foundation of China in 2018 (in Chinese). *Adv Earth Sci*, 2018, 33: 1297–1304 [刘羽, 张倩茹, 王军, 等. 2018年度环境地球科学领域项目评审与资助成果. *地球科学进展*, 2018, 33: 1297–1304]
- 9 Pu L J, Huang X J. The interdisciplinary study and integration of disciplines for geography and resources science (in Chinese). *J Nat Res*, 2020, (8): 1830–1838 [濮励杰, 黄贤金. 地理学与资源科学研究的交叉与融合. *自然资源学报*, 2020, (8): 1830–1838]
- 10 Qi Y, Han K G, Shi J G, et al. Research on key technologies and innovation paths in graphene field (in Chinese). *Mod Chem Ind*, 2020, (4): 12–16 [戚筠, 韩奎国, 石俊国, 等. 石墨烯领域关键技术与创新路径研究. *现代化工*, 2020, (4): 12–16]
- 11 Zhou T J. Progresses of the implementation of future Earth project in China (in Chinese). *Clim Chang Res*, 2016, (5): 355–356 [周天军. 未来地球科学计划及其在中国的组织实施. *气候变化研究进展*, 2016, (5): 355–356]
- 12 Zhang Y, Ji Y, Wang K, et al. Progress of ecological hydrological model based on geographic information system (in Chinese). *Jiangxi Hydraul Sci Technol*, 2020, (4): 265–270 [张翼, 计勇, 王凯, 等. 基于地理信息系统的生态水文模型研究进展. *江西水利科技*, 2020, (4): 265–270]
- 13 Gong J Y, Zhong Y F. Survey of intelligent optical remote sensing image processing (in Chinese). *J Remote Sens*, 20: 733–747 [龚健雅, 钟燕飞. 光学遥感影像智能化处理研究进展. *遥感学报*, 2016, 20: 733–747]
- 14 Zhao H, Fan W, Wang Q R. Research progress in ecological informatics (in Chinese). *J Henan Forest Sci Technol*, 2013, (4): 21–22 [赵辉, 樊巍, 王齐瑞. 生态信息学研究进展. *河南林业科技*, 2013, (4): 21–22]
- 15 Shen R F, Yan X Y, Zhang G L, et al. Status quo of and strategic thinking for the development of soil science in China in new era (in Chinese). *Acta Pedol Sin*, 2020, 57: 1051–1059 [沈仁芳, 颜晓元, 张甘霖, 等. 新时期中国土壤科学发展现状与战略思考. *土壤学报*, 2020, 57: 1051–1059]
- 16 Qiu J P. The theory, method and application of bibliometrics (in Chinese). *Knowl Lib Inform Sci*, 1984, (4): 43–46 [邱均平. 文献计量学的理论、方法和应用. *图书情报知识*, 1984, (4): 43–46]
- 17 Hu C. The regional forest fire research based on BP neural network (in Chinese). Master Thesis. Zhoushan: Zhejiang Ocean University, 2015 [胡超. 基于BP神经网络的区域森林火灾预测研究. 硕士学位论文. 舟山: 浙江海洋学院, 2015]
- 18 Liu B Y, Liu X F, Wang W. Construction and design of intelligent decision-making platform for environmental protection of the Yangtze River (in Chinese). *Res Environ Sci*, 2020, (5): 1276–1283 [刘柏音, 刘孝富, 王维. 长江生态环境保护修复智慧决策平台构建与初步设计. *环境科学研究*, 2020, (5): 1276–1283]

Summary for “环境地球科学学科发展与展望”

Development and prospects of environmental geoscience

Yu Liu^{*}, Jun Wang, Hui Li & Nuwen Xu

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

^{*} Corresponding author, E-mail: liuyu@nsfc.gov.cn

Outbreaks of infectious viruses, ecosystem degradation, and environmental pollution are more serious than ever before. “Sustainable development” and “livable earth” have become global development trends. However, these concepts are difficult to achieve scientifically, creating new opportunities and challenges for the development of environmental geoscience.

Environmental geoscience takes the Earth’s surface system as its object of research, and includes the atmosphere, hydrosphere, surface lithosphere, pedosphere, and biosphere. This discipline studies the causes and formation mechanisms of, and solutions to, environmental, health, ecological, and disaster problems based on major environmental issues from the perspective of earth system science. The goals of environmental geoscience are to serve the needs of major national science and technology, respond to increasingly prominent ecological and environmental problems, and achieve balance between sustainable societal development and environmental protection. Based on discipline strategy research, this paper connects the top-level strategic design of “Livable Earth-Earth System Science” of the Department of Earth Sciences, National Natural Science Foundation of China, explores and summarizes the concepts and extension of environmental geoscience, and analyzes the demands for discipline development from the perspectives of national environmental issues and international scientific frontiers. The paper pays specific attention to the development of environmental geoscience as a means to the realization of sustainable development of China, the scientific basis for the improvement of national policies, laws, and regulations concerning the protection of ecosystems and the environment, and the scientific support for the improvement of China’s international influence in the field of environmental care and management.

In addition, the paper presents a bibliometric analysis of the development trends, development status, and current problems facing environmental geoscience. Chinese scholars in the field of environmental geosciences have produced 3074 research papers, which is fewer than the number published by scholars in the United States but three times that of German scholars, who are the third most published scholars in the world. This bibliometric analysis finds that Chinese research is slightly less influential than the world average. This suggests a number of problems that need to be addressed: (1) A satisfactory quantity of research papers is not matched by satisfactory quality; (2) the development of each subdiscipline within the field is unbalanced; (3) compared to developed countries, China has few research institutions of excellence; and (4) substantial improvements are needed in the development of comprehensive problem-solving capabilities using knowledge from a variety of disciplines and through the development of large databases and observation platforms. Therefore, environmental geoscience needs to be developed further to resolve environmental, ecological, disaster, and health problems relating to human survival and development, to integrate different disciplinary approaches to solve comprehensive problems, to promote disciplinary advancement with the use of new technologies, methods, and perspectives, and to explore new laws through systematic, information-based and quantitative big data mining. Based on the current situation, the paper also proposes suggestions for the optimization of the subject layout and the adjustment of subject codes that can be used in 2021.

Finally, based on the strategic research results, environmental geoscience development priorities for the next 5–10 years are described, including interdisciplinarity within environmental geoscience sub-disciplines and between environmental geosciences and other disciplines. The proposed development priorities are conducive to engaging with related scientific researchers.

environmental geoscience, connotation and extension, demand analysis, development status, subject layout, development priorities

doi: 10.1360/TB-2020-1332