

## 国际地球科学研究的前沿及发展态势

郑军卫 赵纪东 张树良

### 编者按

本文主要基于对 2018 年国际地球科学领域的重要科学战略规划、重要科技进展和重要科技文献等反映的科学研究发展动态的系统监测和整理,从固体地球科学、资源科技、大气与海洋科技、基础平台设施四个方面遴选并总结了 2018 年国际地球科学领域的主要科学前沿问题及发展态势,以供读者参阅。

### 固体地球科学发展态势

——地球深部物质组成与结构研究获得新认识。为了更全面地了解和认识地球内部的复杂性,人类不断向地球深部进军。英国牛津大学与德国拜罗伊特大学等研究发现地表下 550 千米的地方存在高度氧化的铁,这一发现令科学家们震惊,他们怀疑是熔融的碳酸盐导致铁的氧化,进而推测碳循环可以深入到地幔。美国华盛顿卡内基研究所等基于夏威夷的火山热点的钨和氩同位素地球化学研究表明,地球的地核与地幔的分离是一个无序的过程。

——地球板块构造理论得到完善。板块构造理论一经提出就直视地球科学研究的重要内容和热点领域。传统观点认为,克拉通作为地球表面的最古老陆块具有极强的稳定性,但 2018 年 2 月由美国伊利诺伊大学和意大利帕多瓦大学等公布的一项研究发现,在南美洲和非洲大陆的克拉通会由于底部冷地幔的原因使岩石圈的浮力发生变化,从而影响克拉通的稳定性。2018 年 3 月,澳大利亚国立大学和英国伦敦大学学院合作研究首次证实地壳板块运移的关键在于构造板块基底发生部分熔融而非地幔水的存在,为揭示地壳板块真正运移机理提供了重要线索,颠覆了已有的认识。

——地球系统研究取得新进展。盖亚理论作为一种地球系统的认知框架,对地球系统科学建立和发展具有重要意义。英国埃克塞特大学和法国政治大学研究认为,进入“人类世”后,人类及其技术的进化可以为地球的自调节系统(盖亚理论的核心)增加“自我意识”,使其升级为(人类)自我意识下自我调控的盖亚 2.0,这将有助于地球系统科学的发展和完善。瑞典斯德哥尔摩大学和澳大利亚国立大学等以古气候动力学、现代观测和复杂性科学为基础,分析了“人类世”地球系统的可能演变轨迹。

——行星地球科学受到重视和发展。美国汉普顿大学和中国香港大学等基于木卫一火山活动与潮汐热的关系,提出了类地行星形成的热管冷却模式机制。挪威极地研究所在火星上首次发现了一个巨大的地下湖,解决了关于火星上是否存在液态水的争论,增加了火星上存在生命的可能。美国国家航空航天局(NASA)和法国国家科学研究中心(CNRS)等基于“好奇号”火星探测器在盖尔陨坑的沉积岩中发现的有机分子,推测火星可能曾存在远古生命。

### 资源科技发展态势

——关键矿产资源勘查开采和储备备受重视。随着高新技术产业的不断发展,越来越多的国家意识到关键矿产对高新技术的支撑和保障作用日趋重要,纷纷制定相关举措促进本国关键矿产资源的勘查、开采和储备。2018 年 5 月,美国内政部公布了对美国经济和国家安全至关重要的 35 种矿产品清单,并以总统令形式使之列为战略重点,以期能使美国摆脱对外国矿产的依赖。美国 USGS 研究人员在 PNAS 发表文章比较分析了中美两国对新兴技术至关重要的 42 种非燃料矿产的净进口依存度、竞争格局和国外供应风险,认为未来中美将对锂、锆石、铂等 11 种矿产展

开争夺。作为世界上钴资源最为丰富的国家，刚果共和国通过新的矿业法，将钴及钶钽铁矿纳入国家战略矿产名录。

——矿产资源绿色开采技术获得突破。目前，大多数的金矿开采还依赖于毒性大的氰化物法，2018年新的研究进展可能彻底改变这一劣势。美国诺特丹大学研究出了一种新型大环分子（四内酰胺受体），其可以把含金矿石转化为氯金酸并用一种工业溶剂来萃取出金，从而可减小金矿开采中的环境影响。该工艺也适用于铂和钯等其他贵金属。此外，澳大利亚联邦科学与工业研究组织（CSIRO）也宣布成功使用硫代硫酸盐替代传统的氰化物生产金的技术，并用此技术生产出了首批“绿色”黄金。

#### 美国地球透镜计划

英国布里斯托大学等的研究也表明美国俄克拉荷马州的人为地震与油气工业的废水注入深度密切相关。

#### 大气与海洋科学发展态势

——气象预报系统和功能得到关键提升。2018年1月，NOAA宣布将全面升级其天气和气候超级计算机系统。升级后，该计算机系统处理能力将达到每秒8000万亿次，将成为全球前30位运算速度最快的计算机之一，升级后的系统还将增加60%的存储空间，从而全面提升美国天气模型的准确性和效率。

2018年7月，美国国家海洋与大气管理局（NOAA）的两个主要短期天气模式——高分辨快速更新模式（HRRR）和快速更新模式（RAP）得到升级，并在国家预测中心和地方预测部门投入业务运行。HRRR模式分辨率为3千米，更新之后预测期限从18小时增加至36小时，能够提前一天提供更准确的雷暴和降水预测，预测范围也扩大到阿拉斯加地区。

——深度学习在气象预报与研究中得到创新性应用。2018年12月，美国能源部西北太平洋国家实验室（PNNL）实验室研究人员领衔的团队宣布利用机器深度学习开展对云的研究，该研究将为推动云乃至大气研究进步提供新的契机。同月，由日本海洋科学技术中心（JAMSTEC）的Daisuke Matsuoka博士和九州大学的Seiichi Uchida教授领导的研究小组成功地发现了一种利用深度学习识别热带气旋及其前兆信息的方法。

——海洋科学的可持续发展受到重视。在2017年12月联合国教科文组织先后发布《海洋科学促进可持续发展十年（2021年-2030年）计划》和《联合国海洋科学十年可持续发展路线图》报告来推动全球海洋科学的可持续发展后，一些国家也开始进行相关布局。2018年3月，英国环境部宣布出资15万英镑，正式启动“自然资本”项目，推动海洋环境研究。2018年6月，美国国家科学基金会（NSF）基于“美国国家海洋月”活动，提出加速支持全球海洋领域的科学研究，不仅支持在海床上嵌入仪器和海洋酸化的影响研究，还支持了解洋流和海平面上升的变化研究。同月，澳大利亚海洋科学研究所发布《北部地区海洋科学》战略报告，期望确保澳大利亚北部地区的海洋科学研究成果能够推广应用，并专注于回答有关海洋生态系统管理和使用的重要问题，从而造福于子孙后代。2018年11月，美国国家科学技术委员会（NSTC）发布《美国国家海洋科技发展：未来十年愿景》报告，确定了2018年-2028年间海洋科技发展的迫切研究需求与发展机遇，以及未来十年推进美国国家海洋科技发展的目标与优先事项。

——北极依然是各方研究的热点。全球变暖和北极海冰的融化促进了全球对北极的关注。2018年2月，美国国际战略研究中心（CSIS）发布《中国的北极梦》报告，分别评价了中国新兴的北极政策组织原则、中国对“开放”北极的诉求、中国参与下的北极地区公平治理现状及未来中美在北极合作的前景等。

2018年7月，英国自然环境研究理事会（NERC）与德国联邦教育与研究部（BMBF）宣布共同投资近800万英镑用于12个新的北极研究项目，旨在更好地了解 and 预测北极海洋环境和生态系统的变化。

2018年10月，美国得克萨斯大学圣安东尼奥分校（UTSA）宣布已建成基于网络的北极开放

数据库，可提供不同年份获取的数千张北冰洋影像资料，以帮助科学家和全球了解北极地区包括海冰消失在内的物理变化。

#### 研究基础平台设施建设

——完善全方位地球观测监测体系建设。美国国家科学院、工程院和医学院发布《让我们变化的星球繁荣发展：空间对地观测未来 10 年战略》报告，提出关于地球科学领域的 5 个优先观测项目，以期为美国未来 10 年（2018 年-2027 年）的空间对地观测资助布局提供重要决策支撑。2018 年 5 月，NASA 发射了由其和德国地球科学研究中心合作开发的新一代对地观测卫星，以实现地球表面和地下水供应分布变化的观测。2018 年 8 月，欧洲航天局发射了“风神”卫星，其可以提供全球风、气压、温度和湿度之间相互关系的信息。同月，英国计划投资 9200 万英镑用于脱欧后开发独立的卫星系统，旨在替代欧盟伽利略系统，为英国提供全面的导航服务。

——进一步推进数字地球技术研发。美国洛斯阿拉莫斯国家实验室开发出了一套新的地球模拟器 E3SM，可以使用先进的计算机来模拟地球变率的各个方面特征。美国普林斯顿大学等机构合作开发出了一种新的地球外核弹性参数（EPOC）模型，可以更好地研究地球深部的物理属性。2018 年 6 月，澳大利亚国家科学院宣布建设一个新的空间研究中心，将重点收集和分析来自太空的地球观测数据。

2018 年 7 月，澳大利亚数字地球项目再获 3690 万澳元的资助，将用于帮助当地企业和行业利用地球观测有关数据。