

2015 年地球科学热点回眸

刘志远

《科技导报》编辑部, 北京 100081

摘要 梳理了2015年地球科学领域的研究进展, 遴选、推介了气候学、地球物理学、地质学、古生物学等方面的研究热点和最新发现, 回顾了2015年地球科学领域的重大事件。

关键词 地球科学前沿; 研究热点; 重大事件

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2016.01.007

地球科学是以地球系统(包括大气圈、水圈、岩石圈、生物圈和日地空间)的过程与变化及其相互作用为研究对象的基础学科, 包括大气科学、地质学、地球物理学、地理学及其他衍生学科。

2015年, 地球科学取得了一系列研究进展, 为集中展示其重要进展, 本文遴选气候学(全球气候变暖)、地球物理学、地质学、古生物学等方面的主要研究热点和重要发现, 并盘点2015年“4·25”尼泊尔地震、中国“解读地球计划”启动、中国成立地球深部探测中心、北极海底的所有权争夺、2015年厄尔尼诺现象、巴黎气候变化大会等地球科学领域发生的重大事件。

1 研究热点

1.1 气候学

气候学是研究气候特征、形成、分布和演变规律, 以及气候与其他自然因子和人类活动的关系的学科。几千年前, 人们对气候现象已有记载。气候涉及人类生活和生产的各个方面, 自1979年世界气候大会提出了世界气候计划, 使气候问题成为国际协作的重大课题, 气候学成了日益活跃的学科, 气候学的含义也正在不断发展, 包括大气圈、水圈、冰雪圈、岩石圈和生物圈在内的气候系统的概念也正在形成。

2015年, 各国科学家在气候变暖引发山脉岩石滑落、高山地区升温更快、氟利昂是气候变暖的元凶、微生物对气候变暖的影响等领域取得了一系

列重要研究进展。

1) 气候变暖引发山脉岩石滑落。

针对自2003年起由登山者报告或从勃朗峰卫星图像上观察到的法国阿尔卑斯山脉勃朗峰斜坡上的533起岩石滑落开展的研究, 法国萨瓦大学 Ludovic Ranavel 发现, 每年岩石滑落的次数与阿尔卑斯山脉高处的空气和岩石温度之间存在强烈的关联。2015年4月, 在欧洲地球科学联盟于维也纳举行的全体会议上, Ranavel 将此效应归咎于正在融化的永久冻土, 其分析发现勃朗峰附近95%的岩石滑落发生在最炎热的6—9月。其中, 大多数开始于海拔3100 m以上的地方, 而这正好靠近包含永久冻土的地区底部。随着阿尔卑斯山脉变暖, 该区域正在消退, 并且“释放”出滑落的岩石。

而此前, Ranavel 曾在关于过去150年间勃朗峰及其周围的照片中确认大规模岩石滑落的研究中发现, 它们在异常炎热的夏季发生得更加频繁, 比如1947、1976、1983和2003年。同时, 岩石滑落时间过去20年间有明显的上升趋势^[1]。

2) 微生物对北极气候变化产生不利影响。

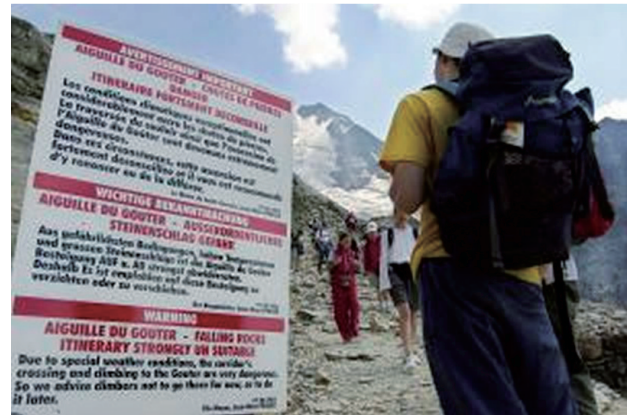


图1 不断上升的夏季气温正引发法国阿尔卑斯山脉勃朗峰斜坡上的岩石滑落(图片来源: 中国科技网)

活的生物通常被视作气候变化的无辜受害者。不过, 一些生命形式正在演变成恶棍, 并且在一定程度上要对北极日益升高的温度负责。微小的微生物和海洋浮游植物通过释放来自最新融化土壤的甲烷或者吸收太阳热量使周围海洋变暖, 在北极环境中留下了明显的印记, 并且可能带来全球性影响(图2)。

挪威特罗姆瑟大学 Mette Svenning 研究发现, 一旦周围的土壤融化, 土壤微生物群落会变成温室气体制造工厂, 较高的温度导致北极土壤中的微生物以更快的速度释放甲烷, 因为它们以存储在地下碳为食。

研究未曾考虑微生物在较低温度下对气候变化会有多大效力, 虽然来自较为温暖气候的微生物在4°C下便陷入实际意义上的生命停滞状态, 但它们



图2 随着周围的土壤融化,微生物群落正变成温室气体制造工厂(图片来源:科学网)

的北极近亲能继续生产甲烷,只不过速度是 27°C 下的 $1/4$ 。

在较长的夏季,会导致更多甲烷排放。由于北极土壤含有的碳是整个大气层的两倍,融化的永久冻土造成的影响与全球森林砍伐后果差不多,相当于到21世纪末全球升温 0.25°C 。

还有研究显示随着海冰融化,海洋浮游植物吸收更多的太阳辐射,而这会使周围的北极水域比目前气候模型预测的温度升高20%。

对于受灾最严重的区域,可能意味着消失的海冰会增加 $1/10$,并且夏季无冰期会比之前想象的多出50%的时间。此外,生活在冰川和雪堆上的植物和细菌正在陆地上做着同样的事情^[2]。

3) 高山地区气候变暖更快。

一个包括中国在内的由欧洲、美洲和亚洲10个国家的科学家组成的国际团队,在系统分析了过去半个多世纪全球范围内山地气温的变化后指出,高海拔地区近期的气候变暖可能比以前更快。高海拔地区快速变暖会加剧山区生态环境、冰冻圈、水文循环和生物多样性的变化,由此可能带来一系列环境问题,包括水资源短缺和一些高山动植物的灭绝等。研究结果于2015年5月15日在线发表在《Nature Climate Change》期刊。

高山地区气候变暖更快的最显著证据来自青藏高原。参与此研究的中国科学院地球环境研究所及青藏高原地球科学卓越创新中心刘晓东介绍,过

去半个世纪,青藏高原地区的气候经历了显著变暖。这主要基于青藏高原及其周边139个气象站地面气温观测数据的分析:1961—2012年2000 m以上的青藏高原地区年平均气温的线性增温率为 $0.316^{\circ}\text{C}/10$ 年,明显高于同期全球平均增温率 $0.2^{\circ}\text{C}/10$ 年。而根据美国

宇航局观测的2001—2012年全球年平均地面气温的升温速率仅为 $0.077^{\circ}\text{C}/10$ 年,显示出进入21世纪全球变暖的步伐趋缓,但是青藏高原地区却经历了持续且更显著的变暖,而且气候变暖表现出明显的海拔依赖性。图3显示的是2013年12月姜古迪如冰川前沿看到的大冰体,进入夏天这块冰体将融化垮塌。

科学家已发现高山区域变暖更快的原因包括:冰雪反照率反馈效应、水汽—云—辐射反馈效应、水汽与辐射通量反馈和气溶胶的作用,其中几个或全部因子联合的复杂作用决定了变暖的海拔依赖性,且在不同区域和一年中不同时段也不相同。

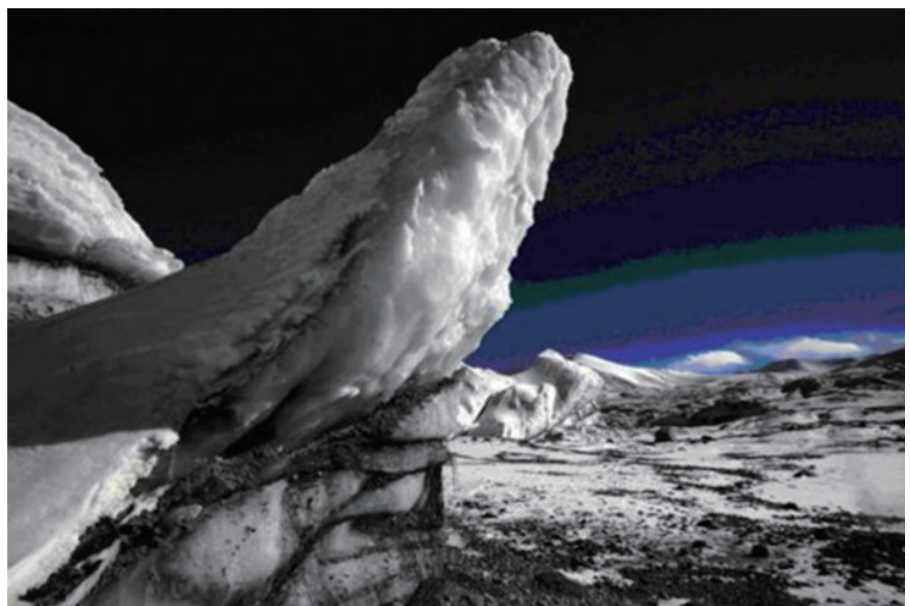


图3 2013年12月在姜古迪如冰川前沿看到的大冰体,进入夏天这块冰体将融化垮塌(图片来源:中国天气网)

目前已收集到的全球山地气候数据多是相对零散的,许多最近的预测均基于不完整和不完美的资料,需要更多更好的数据确认变化,因此需加强对全球高山地区气温的严格监测^[3]。

4) 气候变化的真正元凶是氟利昂。

世界科学出版社2015年7月15日新闻公告,即将出版的加拿大滑铁卢大学卢庆彬的科研新著《臭氧空洞和气候变化的新理论和预测》认为,虽然二氧化碳造成全球变暖是科学界的主流认识,但卢庆彬认为,氯氟烃才是全球气候变化的真正元凶,并建议在全球持续不断地淘汰所有卤代烃的使用,如氯氟碳化物、氢氯氟碳化物、氢氟碳化物等。

大约16年前,卢庆彬与其同事提出,宇宙射线产生的电子在臭氧层损耗中发挥了关键作用,研究发现,吸附于冰层表面的氯氟烃及其他含卤素分子的分解式电子转移反应非常有效,从而提出臭氧洞形成的新机制。此后,在大量观察数据的基础上,卢庆彬进一步提出,氯氟烃才是全球气候变化的主要驱动力。图4为氟利昂分子模型。

对宇宙射线驱动的电子诱导反应(CRE)机制导致臭氧洞的贡献率,以及氯氟烃变暖机制导致全球地表温度变化的贡献率进行了量化。CRE理论预

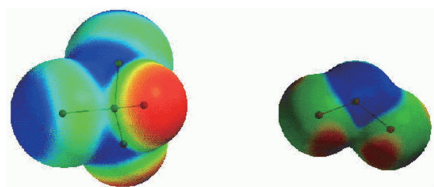


图4 氟利昂分子模型

言,南极上空的臭氧损耗和导致的平流层变冷存在着一个11年的变化周期。过去数十年在南极上空收集到的数据证实了上述预测,大气中的氯氟烃与观测到的全球表面温度之间存在线性相关性,相关系数高达0.98。

尽管只使用了极少的甚至零参数,但卢庆彬的新模型与实际观察到的臭氧和全球表面温度数据间表现出高度一致,准确性达90%^[4]。

5) 沙漠之下隐藏的碳汇。

数十年来,全球碳收支计算存在一个“缺失”或“剩余”的陆地碳汇。例如,人类活动排放的二氧化碳量与观测得到大气和海洋中的二氧化碳变化并不匹配。中国科学院新疆生态与地理研究所荒漠与绿洲生态国家重点实验室李彦研究组与合作者研究发现,灌溉的盐碱地很可能是一个潜在的大的碳汇。

在干旱区,栽培和灌溉可将盐分过滤出进入地下。在该过程中,溶解的无机碳也随之进入巨大沙漠下的咸水含水层,形成一个大的碳汇或池(图5)。该发现揭示了干旱地区介于生物和地球化学碳循环之间的一个直接、快速的碳汇,可能会改变全球碳收支的空间分布模式。相关论文发表在2015年7月28日《Geophysical Research Letters》上^[5]。

6) 全球湖泊变暖快于大气变暖。

科学家对全球数百个湖泊进行的一项调查显示,世界各地的湖泊正在以比海洋和周围空气都要快的速度变暖,这种快速的温度上升将对湖泊生态系统造成普遍的影响,而更高的湖泊温度能够引发储存于湖泊沉积层中的碳转化为甲烷和二氧化碳,进而在一个反馈效应中加速全球变暖。研究人员在2015年12月美国地球物理联合会秋季

大会上报告了该项成果。

该项研究共有64位科学家在全球六大洲采集数据,参与此项研究的美国伊利诺伊州立大学淡水生态学家Catherine O'Reilly表示,海洋升温滞后并不让人感到意外,因为它具有巨大的质量,但是许多湖泊正在以比表面气温更快的速度变暖,后者在1979—2012年之间每10年升高0.25℃。

通常情况下,冰层是一个很好的绝缘体,能够保护湖泊避免被大气加热。然而随着冰融化得越来越早,湖水暴露在温暖的春季空气中的时间也越来越长。这可能解释了为什么通常在冬天结冰的湖泊每10年变暖0.48℃,大约比不结冰湖泊快了两倍。由暖冬形成的更短冰季可能是造成该现象的因素之一。

另一个可以加速湖泊变暖的因素是在一些温带地区云量的下降,这至少一部分是由气候变化引起的。更清晰的空气可以让更多的阳光洒在湖泊表面。随着湖泊从太阳和空气中吸收更多的热量,湖水就会变得更加分层,密度较轻的温水会漂浮在密度较重的冷水之上。这种分层化

阻止了深处的低温湖水与表层湖水的混合,以及在夏季冷却湖水。

湖水快速的夏季变暖对湖中物种可谓凶多吉少。喜欢寒冷的淡水鱼,如鳟鱼,可能会受到影响,而依赖于湖冰的物种同样面临威胁。与此同时,在更温暖的地区,强烈的分层和温暖的表层湖水是有毒和可能有毒的蓝藻水华的发源地。这些因为变暖而造成的在湖泊中发生的巨大变化是无法避免的,而且在有些地方可能已经发生了^[6]。

7) 冰川融化将导致地球旋转减速和白天时间延长。

美国哈佛大学Jerry Mitrovica最新研究显示,全球气温升高和冰川融化,不仅影响地球气候系统,还使白天时间变得更长。

Mitrovica表示:“由于冰川存在于高纬度地区,伴随着冰川融化,将从高纬度至低纬度重新分配水,这就像花样

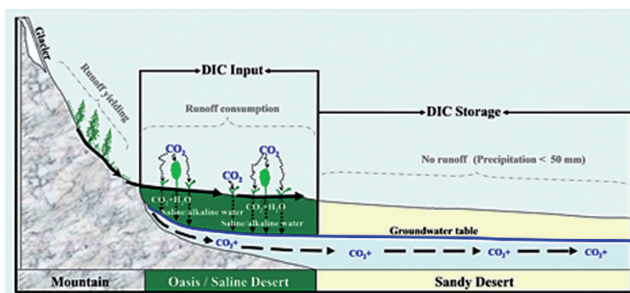


图5 溶解无机碳浸出和运输示意
(图片来源:《Geophysical Research Letters》)



图6 正在变暖的湖泊(图片来源:YAY media AS/Alamy)

滑冰运动员大幅度摆动手臂,而身体躯干动作幅度较小的原理,会缓慢地球的旋转速度。”

冰川融化进入海洋的融水将进一步刺激全球海平面升高,冰川和融水运动将导致地轴(或者北极)出现轻微移动,这种现象叫做极移(polar wander)。从而减缓了地球旋转,使20世纪白天时间长度增加了0.0001 s。虽然这是一种较小的影响,但这是另一个人类活动诱导气候变化的深远影响。伴随着冰川融化,融化海水质量将再次分配,导致地球旋转轴发生变化。地球并非一个完美的球体,由于它处于旋转状态,其结构呈现扁平状,如果极地发生移动,地球将变得更加扁平(图7)。

观测到的地球旋转减速现象并不会对地球构成危害,但是21世纪如果极地冰盖以较快速度融化,这将对地球旋转速度的影响加剧。相关研究成果发表在2015年12月11日出版的《Science Advances》上^[7]。

1.2 地球物理学

地球物理学是通过定量的物理方法(如:地震弹性波、重力、地磁、地电、地热和放射能等方法)研究地球及其的一门综合性学科,研究范围包括地球的地壳、地幔、地核。



图7 全球海平面升高将导致地球旋转速度减缓,并且白天时间逐渐延长,海平面升高主要是由于冰川融水进入海洋所致(图片来源:NASA/Corbis)

地球物理学包括地球动力学,地震学,地核构造学,大地构造物理学等多个研究分支,由于地球内部力学、热学和化学性质决定了地表地质构造的演化过程、矿产分布以及地震、火山的发生等,因而地球物理学与研究人类生存的环境有着密切的关系。为了更好地了解地震、火山等灾害发生机制,及时在灾害来临之前,对其进行有效预测,世界各国科学家纷纷展开了地震学的研究,而随着研究的深入,地球物理学研究逐渐向地球深部进军。

2015年,各国科学家在地球物理学领域取得了一些重要研究进展,包括大气地震学的提出、揭示地心奥秘、证实地心磁性来源等。

1) 南京大学发现地心惊奇奥秘。

地球内核虽然只有不到整个地球半径的1/5,比月球稍小,但其地震波速结构是人们理解液态外核结晶慢慢形成固态内核这一过程及地球磁场演化的重要观测基础。利用大地震激发的穿过地核的波,过去一般认为地球内核有几乎平行于地球自转轴(南北向)的各向异性快轴方向。然而,由于大地震往往只分布在板块边界,通过内核最中心部分很难被地震台站记录到。

南京大学内生金属矿床成矿机制

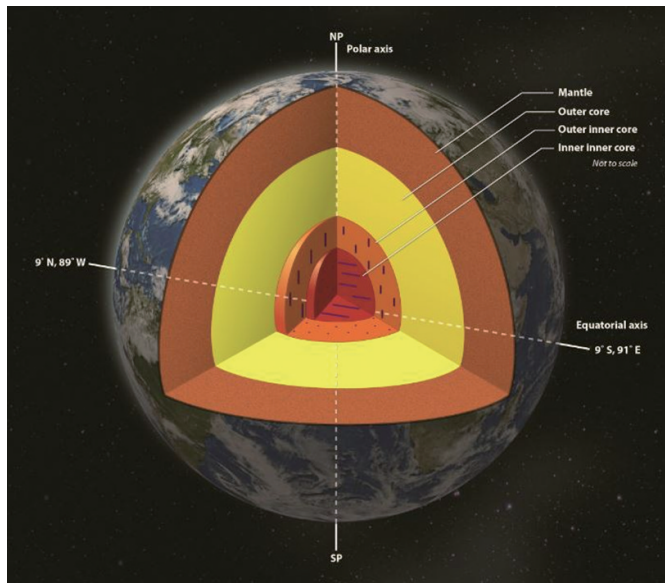
国家重点实验室宋晓东研究组在国际上首次利用大地震尾波自相关技术成功提取出从台站出发穿过内核再从台站对顶处反射回到台站以及在内核下表面反射一次的两个震相。在系统性分析处理全球1992—2012年数据,首次发现地球内核最中心部分(半径约为内核1/2的“内内核”)有着近赤道面的各向异性快轴方向,这与内核外部(“外内核”)南北向快轴有着近乎垂直的差异(图8)。另外内内核所展示的各向异性形式也与外内核有着很大差异。这就意味着内核可能含不同铁相并且固态内核的结晶和演化经历过完全不同的状态或者过程。相关研究成果发表在2015年2月9日出版的《Nature Geoscience》上。

该成果为人类认识地球最中心的组成、结构和演化过程提供崭新的信息。同时,该研究所用的方法利用大地震之后全球存在的尾波“噪声”,无须特定地方的震源,极大克服传统方法中地震在空间分布上的限制,提供前所未有的采样覆盖,为探索地球深部的奥秘提供新的强有力的手段^[8]。

2) 国际上首次提出大气地震学概念。

人类至今仍然无法准确预报和理解地震,目前国际上常用地震仪和地表强震仪估计地震震级和破裂,但这些传统仪器受分辨率和精度等的限制以及缺少近场实时观测,因此无法准确估计地震前兆和孕育的详细过程及其释放传播特征。地震和海啸等引起大气向周边和上空传播,从而引发大气扰动,大气观测或为地震监测的一种新手段。中国科学院上海天文台金双根团队在电离层地震学领域取得了重要的研究进展,在国际上首次提出了全球卫星导航系统大气地震学概念,为监测和预报地震提供了新的可能手段。相关研究成果近日发表于《Earth-Science Reviews》。

课题组采用全球卫星导航系统(GNSS)和甚长基线干涉测量(VLBI)观测等,获得中性大气延迟和电离层电子总含量(TEC),以监测和研究地震大气



地球内核包括最中心的内内核(红色)和外内核(橘色),内内核中晶体排列快轴方向(线条)靠近赤道面,与外内核南北向的快轴有着近乎垂直的差异

图8 地球内部结构示意图(图片来源:南京大学新闻网)

扰动特征。利用 GNSS 观测资料获得了全球大地震的电离层扰动及其传播特征,发现电离层扰动主要由地震破裂后引发大气声波和重力波向上传播引起,国际上首次提出大气地震学概念。

由于真正前震、同震和余震电离层扰动信号很难分离,特别是震前大气异常仍存争议,大气和地震耦合机制还有待进一步研究。为此,金双根提出倡议,国际同行利用大气探测手段,进一步研究和认识地震破裂前后细节和产生机制,发展 GNSS 大气地震学,共同解决地震监测和预测难题^[9]。

3) 早期地心磁性来源引争议:是谁驱动了“地球发电机”。

当高温中诞生的地球逐渐冷却时,如何在数十亿年前维系磁场?这是一个一直困扰地球物理学家的新的地核谜题(图9)。

针对这个谜题,地球物理学家提出了两种不同的解释。两种解释都是以炙热地球外的矿物质晶体化为基础,在晶体化的过程中,会通过“搅动”年轻的地核形成磁场。两种解释的不同之处在于,究竟是哪一种矿物质发生了晶体化。

2015年12月,美国地球物理联合

会秋季大会上,日本东京工业大学 Kei Hirose 报告称,这种关键矿物质就是二氧化硅,实验室中将铁、硅和氧气等不同矿物混合放入一个金刚石压腔中,对其挤压产生超大压力,使其达到超过 4000°C 的高温,以此模仿地球内部的动态。实验发现,只要具备硅和氧,这两种元素就会形成结晶,生成二氧化硅。当早期地球析出二氧化硅,就会使剩余的熔岩继续活跃并向上升起,由此就会形成维持地球磁力所需要的搅拌动力。因此, Hirose 认为这是驱动“地球发电机”的最可行机制。

而加州理工学院 David Stevenson 则表示,解决这一问题的关键并不是二氧化硅,而是氧化镁,因为氧化镁会首先从地球熔融中析出,这种物质可能产生浮力差异,成为驱动古地球的动力^[10]。

2015年,各国科学家在地质学领域取得了一些重要研究进展,包括黄土高原土的黄土来自何方、水下底泥采样勘察机器人研制成功、古元古代 Nuna 超大陆重建新认识、来自 12 个国家的科学家试图打穿地球壳幔边界等。

1.3 地质学

地质学产生源于人类社会对石油、煤炭、金属、非金属等矿产资源的需求,由地质学所指导的地质矿产资源勘探是人类社会生存与发展的根本源泉。地质学是研究地球的物质组成、内部构造、外部特征、各层圈之间的相互作用和演变历史的知识体系。随着社会生产力的发展,人类活动对地球的影响越来越大,地质环境对人类的制约作用也越来越明显。如何合理有效地利用地球资源、维护人类生存的环境,已成为当今世界所共同关注的问题。因此,地质学研究领域进一步拓展到人地相互作用。

1) 兰州大学揭示黄土高原土来自黄河而非中亚沙漠。

黄土高原(图10)的黄土从哪里来?黄土高原如何形成?关于黄土高原上黄土的来源,科学家曾提出多种假设,其中,“风成说”得到广泛支持,即认为其黄土物质是从中亚、蒙古等地的荒漠、戈壁吹过来的。对于黄土与黄河的

对于黄土与黄河的

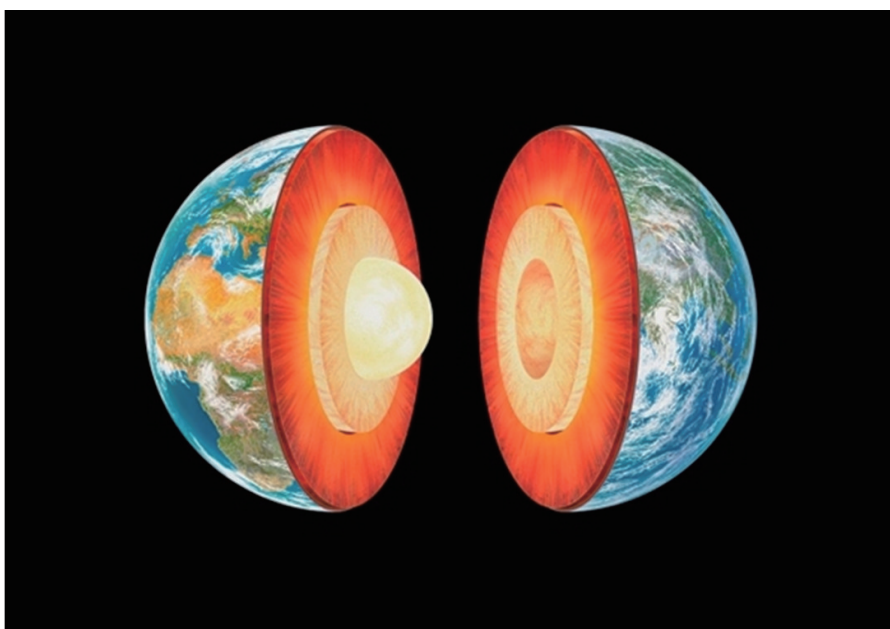


图9 地心示意(图片来源:Yuri_Arcurs)



图10 黄土高原(来源:《北京日报》)

关系,学术界普遍认为黄土高原的侵蚀为中游黄河提供了泥沙,而研究结果完全相反,兰州大学资源环境学院聂军胜课题组研究表明黄土主要来自黄河,而非中亚沙漠。黄土高原储存了黄河从青藏高原东北部搬运来的细颗粒物。相关研究成果于2015年1月16日发表在《Nature Communications》上。

研究组比较了黄河、黄土、中亚沙漠沉积物的地球化学性质,发现黄河上游物质跟黄土高原物质的地球化学特征非常相似,与黄河中游的地球化学特征有显著差异。表明黄河从青藏高原搬运来的物质大部分没有到达中游,反而沉积在银川—河套地区,并被冬季风搬运到了黄土高原和毛乌素沙漠。这一结果表明,青藏高原东北部剥蚀的物质并没有被黄河运输到海洋,而是储存在黄土高原和沙漠地区,从而修正了对黄土高原起源的认识^[1]。

2) 三峡水下勘察机器人首次完成水下底泥采样。

2015年5月,由中国科学院重庆绿色智能技术研究院与北京航空航天大学联合研制的三峡水下勘察机器人系统(图11),在重庆市云阳县澎溪河回水区首次完成了水下底泥采样试验。采样试验累计3天,完成了水下机器人视频信息采集、水下底泥采样等试验,成功采集并保存水下底泥样品。

该系统主要由水下机器人本体、采样器、浮力调节器等几部分组成。水下机器人由4个摆动鳍驱动,可以灵活实现上浮、下潜、翻滚、俯仰、定姿态巡航、

零半径回转等动作,适用于狭窄水域勘察;采样器能够根据采样深度自适应封存底泥;浮力调节器提供采样所需要的净浮力。该系统由操作人员操作遥控将水下机器人潜入水底,通过搭载的水下摄像系统持续发送实时图像信息至监测中心,在线监测航行位置。至水底附近时,通过操作浮力调节器改变水下机器人的净浮力完成采样动作。采样结束后,由操作人员收回水下机器人。

该系统首次采用改变净浮力的方法进行采样,解决了水下机器人在底泥采样中的应用难题,开创了水下机器人应用的新领域,为三峡水库生态环境监测分析提供了重要的实验装备^[2]。

3) 中国科学院提出古元古代 Nuna 超大陆重建新认识。

1915年,魏格纳通过古生物证据、大地测量数据以及横跨大陆分布的冰碛岩推测全球所有大陆可以拼合成为一个超级大陆。现代地球科学研究证实了魏格纳的猜想,并注意到超大陆的聚散与深部地幔物质循环、浅部资源能源分布及表层环境气候变化密切相关,因此超大陆的重建对于准确理解地球的演化规律非常重要。已有资料表明,地球在演化过程中至少存在3次超大陆聚散作用,分别是古元古代晚期(约18亿年前)的 Nuna 超大陆(也称哥伦比亚超大陆)、新元古代(约8亿年前)的罗迪尼亚(Rodinia)超大陆和晚古生代(约3亿年前)的潘基亚(Pangea)超大陆。

而 Nuna 超大陆的重建过程困难重重,不确定性最大。华北古陆块是全球最古老的陆块之一,然而它与哪个古陆块相连,在 Nuna 超大陆处于何种位置目前仍存多种假说。

中国科学院地质与地球物理研究所特提斯研究中心大地构造学科组研究人员采用传统地质学方法,自2012年起连续3年对零星出露于内蒙古腾格里沙漠内的华北古老岩石进行大比例尺地质填图,旨在厘清该套岩石与周围岩石的构造接触关系。他们通过精细岩石学及精确的年代学分析,首次证明该套岩石在19亿~18.2亿年经历了俯冲—折返的地质过程,俯冲深达地下80 km;通过全球对比发现该套岩石与位于西伯利亚克拉通西南缘的一套杂岩体在同一时期经历了近乎相同的演化历史。

如此相似的岩石组合和演化历史使他们推测华北北缘和西伯利亚西南缘在古元古代发生过大碰撞作用,而高压岩石出露的位置则标示了两个古大陆发生碰撞的位置,该高压岩石的折返很可能是由于增生楔的挤出作用所造成,暗示古元古代时期的板块构造和现代地球已经非常类似。

西伯利亚、东欧和北美古陆块共同构成 Nuna 超大陆的核心,已有的超大陆重建方案中由于难以确定华北古陆的位置,因此均将华北置于超大陆的周缘位置。该研究通过地质证据将华北

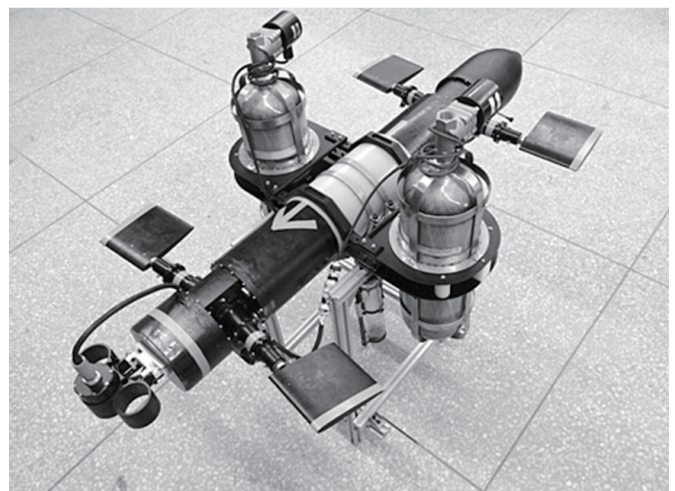


图11 三峡水下勘察机器人(图片来源:科学网)



图12 古元古代晚期Nuna超大陆重建(来源:中国科学院地质与地球物理研究所网站)

和西伯利亚古陆相连,因此在重建的Nuna超大陆中,华北古陆将处于Nuna超大陆的中间位置(图12)。该研究将促使人们思考地球早期的构造演化如何过渡到现今的构造格局,以及华北古陆如何参与到地球早期的重大地质事件中。研究成果于2015年9月21日发表于《Nature Communications》上^[13]。

4) 科学家将首次打穿壳幔边界。

打超深钻井,钻穿地壳,直接“触摸”到地壳与地幔的边界,这是全世界地球科学家的理想。美国、英国、中国等12个国家的30名科学家2015年12月登上美国“决心”号钻探船,准备在西南印度洋开展打穿地球壳幔边界的第一次大洋钻探。

这是国际大洋发现计划的第360航次,名为“SloMo(慢速扩张脊下地壳和莫霍面的性质),计划的第一个航次。该计划致力于在人类历史上首次钻穿壳幔边界,以检验“在慢速、超慢速扩张脊下方的莫霍面代表了地幔的蚀变边界”的假说。

莫霍面是以地震学家莫霍洛维奇命名的地壳与地幔的分界面。在这一界面,地震波的纵波和横波传播速度明显增加。传统的理论认为:大洋下地壳由辉长岩组成,与地幔之间被莫霍面分开。

最新的假说却认为:在慢速或超慢速扩张洋脊下方,地震波很难准确反映出下洋壳内部的岩性变化。海水渗入到地幔后,与橄榄岩发生反应,橄榄岩



图13 “决心”号钻探人员在通过船底与海水相连通的月池上安装返孔锥(图片来源:新华网)

在反应过程中降低了地震波速,变得和下洋壳辉长岩的地震波速相近。因此,莫霍面也可能是蚀变的橄榄岩和未蚀变的橄榄岩之间的界面,而不是壳幔边界。

为检验上述假说,在两个月内,科学家将乘坐“决心”号前往南纬32度、东经57度附近的西南印度洋中脊海域,钻一个1300 m深的钻孔(图13)。在后续计划中,科学家还将乘坐钻探能力比“决心”号更强的日本“地球”号,把这一钻孔加深至3000 m,最终打穿壳幔边界^[14]。

1.4 古生物学

古生物学是生命科学与地球科学的交叉学科,它作为生命科学中唯一具有历史科学性质的时间尺度的一个独特分支,研究生命起源、发展历史、生物宏观进化模型、节奏与作用机制等历史生物学的重要基础和组成部分。而作为地球科学的分支,研究保存在地层中的生物遗体、遗迹、化石,用以确定地层的顺序、时代,了解地壳发展的历史,推断地质史上水陆分布、气候变迁和沉积矿产形成与分布的规律。

古生物学是地质学领域的属于先

行学科,对于建立地质学、开展区域地质调查和指导能源矿产的发现发挥了巨大作用。2015年,生物学研究领域取得了一系列重要研究进展,特别是中国得天独厚的古生物资源,使中国古生物学家在研究古人类起源、活动以及中一晚二叠世生命大灭绝机制等方面取得了丰厚的研究成果。

1) 中国南方发现最早的现代人化石。

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所刘武和吴秀杰研究组联合英国María Martínón-Torres于2015年10月29日在《Nature》发表论文,宣布在湖南省道县发现47枚具有完全现代人特征的人类牙齿化石(图14),表明8万~12万年前,现代人在该地区已经出现,是目前已知的最早的具有完全现代形态的人类。

现代人在东亚地区的起源与演化一直是古人类学研究争议的热点,学术界对于具有完全现代形态的人类在东亚地区的出现时间尚不清楚。2010年以来,联合课题组在道县境内的福岩洞进行连续发掘,先后发现47枚人类牙齿化石以及大量动物化石。

研究显示,道县人类牙齿尺寸较小,明显小于欧洲、非洲和亚洲更新世中、晚期人类,位于现代人变异范围。道县人牙齿齿冠和齿根呈现典型现代智人特征,如简单的咬合面和齿冠侧面



图14 福岩洞外景及发现的47枚人类牙齿化石(图片来源:《中国青年报》)



图15 龙岗寺遗址第四级阶地出土的年代超过100万年的旧石器标本(图片来源:新华网)

形态、短而纤细的齿根等。铀系测年结果表明,这些人类化石的埋藏年代在8万~12万年前,据此可以确定,具有完全现代形态的人类至少8万年前在华南局部地区已经出现,比地中海东部和欧洲地区早3~7万年。这些结果填补了亚洲南部现代人什么时候出现在年代学和地质学上的空白,支持中国南部相对于中部和北部同时期有更多人群居住的假说,是中国学者在现代人起源研究领域取得新的重大突破,对于探讨现代人在欧亚地区的出现和扩散具有非常重要的意义^[15]。

2) 考古确认陕西龙岗寺遗址百万年前就有人类活动。

经中国科学院古脊椎动物与古人类研究所、陕西省考古研究院专家对陕西省汉中市龙岗寺遗址进行持续考古发掘与研究后,确认该遗址早在100万年前就有古人类活动。这是中国目前为止发现的为数不多的超过100万年的旧石器时代遗存,再次证明汉水流域也是中国古代文明的重要发祥地之一(图15)。龙岗寺遗址(又称龙岗寺古人类遗址)位于秦岭南麓汉中市南郑县梁山镇汉江南岸,距汉中市中心城区3.5 km。龙岗寺遗址包括旧石器时代、新石器时代、汉代墓葬群、龙岗寺宗教等文化遗存,具有极高的历史、科学、艺术和社会经济价值。此外,考古专家还在该处旧石器遗址地层堆积以上发现了面积约15万m²、距今6000~7000年前的新石器时代遗迹,包括制陶作坊

区、古人类生活区和墓葬区。从出土的文物分析,这里的文化类型应与关中的半坡遗址一样,同属于仰韶文化的范畴。这种新石器文化和旧石器文化在同一个遗址上共存的现象在全国范围内都是比较罕见的。该遗址对研究中国旧石器文化发展、南北旧石器文化交流及东西方旧石器文化交流具有重要意义^[16]。

3) 中国科技大学提出2.6亿年前生命灭绝新机制。

化石记录表明,距今约2.6亿年的中一晚二叠世之交发生了一次生命大灭绝事件,造成了大量珊瑚、腕足、双壳类动物的消失。在过去20年里,科学家们对世界各地这一灭绝事件的原因和机制展开深入研究,认为其机制主要包括海平面的大幅度下降、长期的寒冷气候、峨眉山火山的大爆发等,但科学界对此一直存在争议。

中国科学技术大学沈延安课题组首先对广西来宾地区蓬莱滩剖面以及铁桥剖面样品中黄铁矿的多硫同位素组成进行测定,发现在生命大灭绝期间多硫同位素的组成与现代海洋沉积物中的黄铁矿有很大的不同(图16)。异常的多硫同位素组成指示了海洋中硫的生物地球化学循环发生了根本性的变化,而间歇性富含有毒气体硫化氢的海水的上涌,是这一生物地球化学体系转变的主导因素,而异常的多硫同位素组成与生命大灭绝事件在时间上是一致的。因

此,富含硫化氢海水的上涌是导致这次生命大灭绝的重要因素。

为检验这一新机制的全球性意义,对美国得克萨斯州特拉华盆地同一时代的样品进行了相同的分析,结果发现硫同位素异常和生命大灭绝同样存在时间上的一致性,因此富含硫化氢海水的上涌在这次生命大灭绝事件中的重要作用可能具有全球意义。相关研究成果2015年11月6日发表在《Geology》上^[17]。

4) 中国发现世界最古老桃核化石,为桃子起源于中国提供了新证据。

2015年11月26日,中国科学院西双版纳热带植物园古生态组周浙昆研究组及合作者在《Scientific Reports》杂志上发表论文,宣布发现迄今世界上最早的桃核化石(图17),化石距今约有260万年,并被命名为昆明桃。昆明桃的发现为桃子起源于中国提供了新的有力证据。

桃隶属蔷薇科李属,是世界上最为重要的果树之一,尽管桃在世界范围内广泛栽培,其起源和演化历史尚不清楚。化石作为生物在地质时期的产物,在研究桃的演化历史中就显得尤为重要,但是目前最早的桃核化石记录都是距今1万年之内。2009年,云南省昆明市在北郊廖家庙修建北部客运站时,苏涛等及其所在团队在施工现场的茨营组地层中,发现了8枚保存完好的桃核化石。周浙昆、苏涛及其所在团队和美

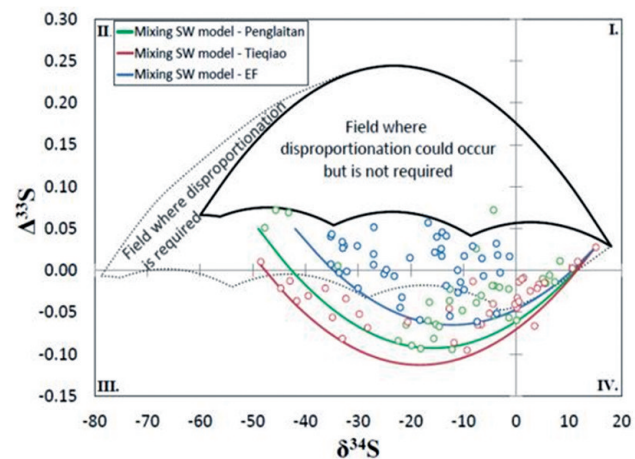


图16 蓬莱滩、铁桥、EF剖面的多硫同位素组成(图片来源:中国科技大学网站)

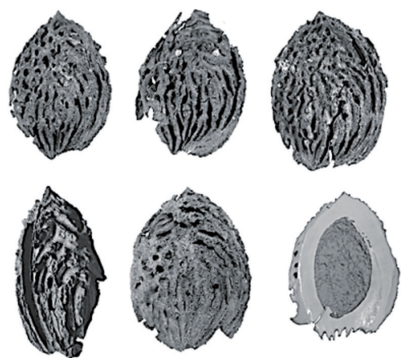


图17 昆明桃的模式标本图片
(图片来源:光明网)

国宾夕法尼亚州立大学、昆明理工大学合作,通过深入的形态学研究表明,桃核化石和现代桃核极为相似,比如内果皮顶部具尖,内果皮外表面同时具有深沟和深孔等。通过科学测定,该桃核化石距今约260万年。这一发现极大地推进了桃的演化历史,也增加了西南地区在探讨桃起源和演化研究中的重要性。另外,现代栽培桃的桃核和昆明桃相比,有着更丰富的形态多样性,也普遍更大一些,这可能是后来种植选择产生的不同品种。

过去曾有西方人认为桃子起源于波斯,但19世纪以来许多国内外的科学家都认为桃子起源于中国,昆明桃的发现为桃子起源于中国的观点提供了新的有力证据。同时,在河北藁城台西村曾经出土过距今约3000多年的栽培桃的桃核,过去曾认为桃在我国的栽培史应当远在距今3000年以前。昆明桃的发现,意味着在更新世直立人和智人到达中国西南部之前,该地区已经有桃子分布,早期人类可能直接采食野生状态下的桃子,通过后期的长时间栽培才逐渐形成种类繁多的现代品种。为此,桃子的栽培史追溯到了距今260万年前。因此论文作者将标题定为:“桃子比人类先达”^[18]。

5) 澳大利亚发现新种恐龙耳朵形似乌龟。

2015年12月9日,《Australian Geographic》杂志报道,澳大利亚发现了一种新恐龙。它被称为Kunbarrasaurus,是一种外表长着“盔甲”的庞大古生物。

这块保存得极其完好的化石实际



图18 Kunbarrasaurus
(图片来源:科学网)

上出土于1989年,但在过去,研究人员将它与其他一些样本归类为另一个不同种群。最新分析表明,该化石有着自己的属和种。当研究人员利用磁共振成像分析这只古生物的头骨内部时,他们发现了一个复杂气道和拥有巨大开放空间的奇特内耳。内耳是如此的奇特,以至于让研究人员更多地联想到这是一只乌龟而非恐龙的头骨^[19]。

2 重大事件

2.1 “4·25”尼泊尔地震

2015年4月25日14:11,尼泊尔(28.2°N, 84.7°E)发生8.1级地震,震源深度20 km,西藏拉萨、日喀则等地震感明显,印度新德里和其他北部城市均有震感。震中位于博克拉,最大烈度为X度,重烈度区从震中向东延伸。震后

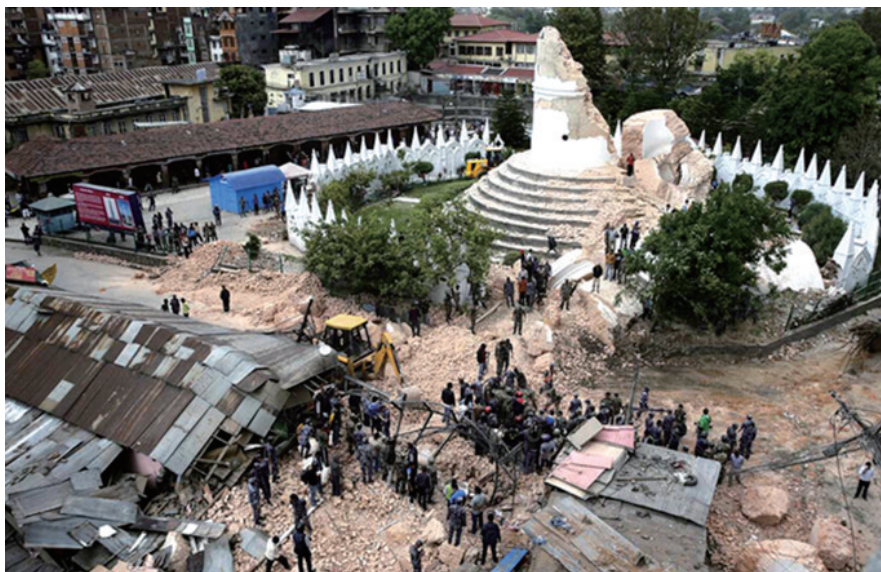


图19 位于加德满都市中心的标志性建筑比姆森塔(Bhimsen Tower)坍塌现场
(图片来源:凤凰网)

一个月内4级以上余震265次。截至2015年6月11日,地震至少造成8786人死亡,22303人受伤,中国西藏、印度、孟加拉国、不丹等地均出现人员伤亡^[20]。

“4·25”尼泊尔地震属浅源地震,所释放的能量是汶川地震的1.4倍。地震最高烈度为IX度及以上,极灾区面积约7400 km²,长轴155 km、短轴58 km,全部位于尼泊尔境内;VIII度区面积约21400 km²,长轴250 km、短轴135 km,涉及尼泊尔和中国;VII度区面积约45000 km²,涉及尼泊尔、中国和印度;VI度区面积约140900 km²,涉及尼泊尔、中国和印度,该烈度区震害相对较轻^[21]。

“4·25”尼泊尔地震的直接动力学成因是印度板块与欧亚板块沿北北东走向以45 mm/a的速度会聚,造成喜马拉雅山脉的隆起。印度板块向北俯冲在欧亚板块之下,导致岩石的强度低于应力的强度,产生逆冲断裂,并在破裂的过程中释放巨大的能量。这种板块汇聚对整个亚洲的地质构造格局都有很大影响,可能造成中国、尼泊尔边境山体的不稳定^[22]。

地震导致尼泊尔全国约15.3万座建筑物沦为废墟(图19),另外17万座受损,政府保守估计,灾后重建费用高达100亿美元。地震导致珠穆朗玛峰



图20 尼泊尔强震引发珠穆朗玛峰雪崩
(图片来源:中新网)

北坡海拔约7000 m处发生雪崩(图20),南坡的雪崩致使两个登山者营地被雪覆盖,多名登山者伤亡。

尼泊尔强震发生后,有媒体报道称,此前一周,约50位地震学家与社会科学家从世界各地前来尼泊尔首都加德满都参加会议。他们早已预料到尼泊尔可能发生灾难性强震,只是没想到地震在会议结束一周后就到来。

中国地震局也预料到此次强震的,相关专家表示此前在印度板块和欧亚板块之间划分的两个危险区,“4·25”尼泊尔地震就在其中一个危险区上。2015年,中国地震局开展了2016—2025年中长期地震危险区划分的工作,确定危险区里可能发生的地震震级大小,以做好应急准备,例如准备充足的应急设备,增强房屋的抗震性能等,但对于具体地震发生的时间,仍非目前地震预报所能及。

目前的地震预报主要是基于前兆现象的经验预报和统计预报,根据地质运动现象、地质断层等基本条件,以地震活动性研究为主,并结合空间大地测量技术,以及地磁、电离层变化观测等来开展预报,而物理数值预报因为缺少地质边界条件和初始条件的翔实资料,尚未得到应用,未来地震预报将逐渐由经验预报向物理预报转变^[23]。

2.2 中国“解读地球计划”启动

2015年6月24日,在首届中科曙光技术创新大会上,“‘地球系统数值模拟装置’预研及原型系统建设”项目(简称地球数值模拟装置项目)正式宣告启动(图21)。这项由中国科学院大气物

理研究所牵头,联合中国科学院计算技术研究所、中国科学院网络信息中心、曙光信息产业(北京)有限公司共同参与,中国科学院重点部署的项目,被形象地称作“解读地球计划”。

气候和生态环境变化已经成为当前全球性重大科学问题。地球数值模拟装置的建设从国家层面在“十二五”期间已经开始规划。2013年3月,国务院印发《国家重大科技基础设施建设中长期规划(2012—2030年)》,提出在地球系统与环境科学领域需要建设“地球系统数值模拟器”。

解读地球计划及地球数值模拟装置项目的发布,对推动国家重大科技基础设施建设——“地球系统数值模拟器”起到积极的推动作用,也使中国科学家利用超级计算机对地球系统的未来演变进行科学预测成为可能。

长期以来,美国、日本等国家在地球模拟科学特别是在全球气候变化学术领域具有主导权,同时也掌握了在全球气候变化特别是全球变暖的减缓、适应措施等方面的话语权,这在很大程度上得益于上述国家早已提出或建设了自己的地球系统模拟计划。“解读地球计划”的启动,力争扭转中国在此领域的被动地位。

“地球数值模拟”就是在超级计算机上进行大规模的科学计算,从而认识和再现地球系统的过去和当前状况,并预测未来。作为对地球自然过程进行数值模拟的超级计算机,“地球数值模拟装置”集高性能计算机、软件工具、支撑技术、

地球数值模拟应用软件等于一体,用于还原或预测地球自然变化过程,将是人类认识地球的重要科研装备。

“地球数值模拟装置”将建立面向地球科学的高性能计算机原型系统和地球系统数值模拟可视化系统两个平台,在基于地球系统数值模拟并行软件支撑框架下,开发出地球系统模式和区域高分辨率大气污染模式,建设新一代中国短期气候预测系统并开展预测试验,同时开展关键区域的灾害性天气预报和空气质量预报试验。另外,还可以借助“地球数值模拟装置”,实现对大气、洋流、地壳、生态等的仿真研究,预测及解析整个地球的大气循环预测、温室化预测、地壳变动、地震发生等。

地球系统模拟技术不仅是一项战略技术,它在很大程度上是一个国家地球科学研究综合水平的重要指标,也是应对全球变化、减灾防灾、环境治理等重大工程必不可少的科学支撑^[24]。

2.3 中国成立地球深部探测中心,拓展能源资源利用空间

2015年6月29日,中国地质调查局、中国地质科学院地球深部探测中心在北京成立(图22),旨在致力发展深部探测技术,创新地球科学理论;开展深部地质调查,拓展能源、资源和国土资源利用空间;搭建深部探测平台,培养人才,促进国际交流。

地球深部探测中心包括五大任务:海陆深部地质调查与深部过程理论创新;深部矿产资源、能源富集区“透明”



图21 项目启动会现场
(图片来源:中国科学院大气物理研究所网站)



图22 准备为地球深部探测中心挂牌
(图片来源:中国地质科学院网站)

探测;实施科学钻探,开展地下科学实验;开展深部过程与地球动力学模拟;搭建中国“入地”计划平台。中心下设探测与能源研究室、金属矿产资源探测研究室、科学深钻与地下实验研究室、深部地质与地壳演化研究室、探测数据中心与综合研究室5个实验室。

近年来,中国在地球深部探测领域取得重要进展,尤其是地壳探测工程培育性启动计划——深部探测技术与实验研究专项,实现了探测技术创新与重大科学发现的并举,形成了针对不同层次、不同尺度、不同精度深部地质问题的探测技术方法体系,在深地前沿研究和深部资源能源探测领域取得重要发现,培养了一批具有全球视野的深地科技人才。地球深部探测中心的成立符合国际地球科学的发展趋势,也是国土资源空间向深部开拓以及地质调查由浅表走向深部的需要^[25]。

2.4 北极海底谁主沉浮,海洋地质学研究成关键

究竟谁拥有北极海底的所有权?2015年8月3日,俄罗斯向联合国递交了一份新的领土要求资料,同时递交的还有新的海底地图和支持该地图的证据样本,要求在北极点附近另外增加120万km²的海底主权,从而激化了和其他北极国家的潜在冲突。之后,丹麦对俄罗斯要求的部分海底领土提出了所有权,而加拿大也极可能对同一地区再次提出主权要求。这一长期存在的争议如今再次潜滋暗长、重新升温。

此次各国相继对相关领土提出竞争性文件,代表着这些国家对于控制北极的“野心之战”,也代表着它们希望拿

到“北极点商标”的归属权,而这势必会引燃技术讨论,因为1994年生效的《联合国海洋法公约》赋予每个沿海国家对其专属经济区的所有权,这些专属经济区可以延伸至距其海岸线370

km的范围,但如果一个国家可以提供地质证据,证明该国的大陆架在海下延伸至经济专属区以外,那么其海域所有权就可以另外扩展278km,从而扩大其对海底资源如石油、天然气及矿产(但不包括水体中的海洋生物)的所有权。这项“扩展大陆架”的规定已经让包括澳大利亚、新西兰在内的国家的海床领土扩展了50%。其他5个北极国家(俄罗斯、加拿大、美国、丹麦和挪威)也在对类似海域领土扩张进行角逐。从而加速了北极国家对北极海底这一鲜少研究区域的科研步伐。

挪威已经利用相关研究数据在2009年成功获得一次大陆架扩张申请。丹麦和俄罗斯的数据也在此后鱼贯而至。2015年,丹麦争论称,将北冰洋一分为二的罗蒙诺索夫海脊是格陵兰岛大陆架的一部分,提出对895000

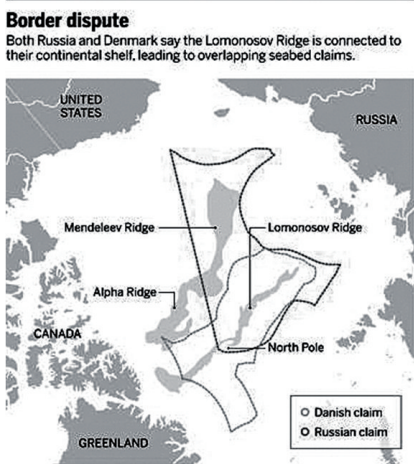


图23 俄罗斯和丹麦均表示,罗蒙诺索夫海脊是该国大陆架的延伸,导致海底主权归属重叠
(图片来源:丹麦和格陵兰地质调查局)

km²海底的所有权。而俄罗斯2015年8月的提案争论称,罗蒙诺索夫海脊和与其大致平行的阿尔法—门捷列夫海脊等均是俄罗斯大陆架的延伸,导致海底主权归属重叠(图23)。

这些主权要求对于研究人员非常具有吸引力,因为其中将包含可以解决长期疑问的新数据,例如阿尔法—门捷列夫海脊体系究竟是大陆的一部分还是海洋的洋壳,但也担心在争夺北极主权的竞争风潮过后,研究北极海底的科研经费会大幅缩水^[26]。

2.5 2015年厄尔尼诺现象

厄尔尼诺(El Niño),又称圣婴现象,是秘鲁、厄瓜多尔一带的渔民用以称呼一种异常气候现象的名词,主要指赤道太平洋东部海域表层水温升高导致全球的气候模式发生变化,造成局部地区气候异常炎热,而另一些地区降水量猛增。太平洋海水温度上升越多,厄尔尼诺现象也就越严重。

2015年3月起,赤道太平洋海域表层就出现异常高温,且水温仍在持续升高,美国国家海洋与大气管理局气候科学家对外宣布,厄尔尼诺事件来了,2015年可能成为有气候记录以来最炎热的一年。之后厄尔尼诺现象愈演愈烈,极端天气在全球各地出现。中国气象局的信息显示,2015年10月,厄尔尼诺海温距平指数(升温幅度)累计达到18.4℃,已达极强厄尔尼诺事件标准。

厄尔尼诺现象使得2015年极端天气频现,2015年11月,中国北方多地频现强降雪,局地气温更逼近历史同期极值,与之鲜明对比的是南方多地还重现“暑热”,局地持续30℃以上高温。此外,江西、湖南等地则出现罕见冬汛,遭遇洪灾威胁(图24)^[27]。

美国东部在2015年圣诞节前后出现了异常的暖冬状况,而美国中西部地区的密苏里州和伊利诺伊州连降暴雨,美国中西部和南部地区还遭受了致命的龙卷风的侵袭,密苏里州、俄克拉何马州和新墨西哥州已宣布进入紧急状态(图25)。2015年12月底,南美洲中部遭遇数十年来最强降雨。巴拉圭、阿根廷、乌拉圭和巴西的许多城镇被洪水

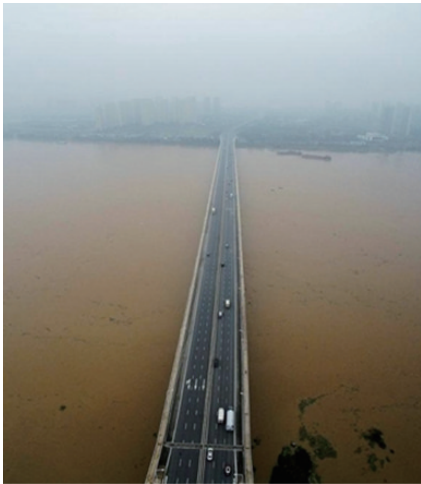


图24 2015年11月18日,湘江长沙段水位持续上涨,部分站点超警戒水位
(图片来源:中新网)

侵袭,沦为泽国。2015年圣诞节期间,英国遭遇暴雨和洪水侵袭。英格兰北部的约克郡、兰开夏郡等地都遭逢暴雨洪灾,灾区居民被迫撤离家园避难,其后暴风雨“弗兰克”登陆英伦,进一步加重了原本已经连绵不绝的雨势,给当地造成了非常严重的损失^[28]。

厄尔尼诺使一些地区受到暴雨侵袭的同时,也造成另一些地区炎热干旱。巴西中北部数月以来降水量远低于

于正常水平,异常天气不仅影响大豆等主要农作物产量,也使亚马孙雨林火灾次数明显增加。巴西国家空间研究所数据显示,2015年全国共发生火灾超过22万起,主要集中在8月以后,而其中约48%发生在亚马孙地区。

2015年11月,厄尔尼诺致使印度尼西亚遭遇严重干旱,令印度尼西亚的农作物产量大受威胁。厄尔尼诺造成的干旱已经威胁到印尼稻米作物,如果厄尔尼诺持续,稻米产量可能减少约210万t,从而使得印度尼西亚这个东南亚最大经济体目前正陷入萎靡不振的状态,其增长率跌至6年新低^[29]。

据美国气象机构分析,这一轮将在今年春末夏初转弱,但与其相反的拉尼娜现象的概率却在增加。而2015年极端天气频现,而相关专家也认为,特别是2015年12月以来集中出现在北美、南美和英国的暴雨和洪灾,恰恰是气候变化的明显标志,凸显了全球应对气候变化的紧迫性。

厄尔尼诺原本是一种反常的自然现象,但是由于温室效应加剧,厄尔尼诺的周期有缩短的趋势,有可能频繁发生,因此遵守巴黎气候协议,减少温室气体排放尤为迫切。



图25 2015年12月30日,美国密苏里州芬顿市遭遇水灾的场景
(图片来源:《中国日报》)

2.6 巴黎气候变化大会通过全球气候新协定

《联合国气候变化框架公约》第21次缔约方会议(以下简称为巴黎气候变化大会)于2015年11月30日—12月11日在巴黎召开,国家主席习近平在内的150位国家元首或政府首脑在大会首日出席会议,参加会议的代表团多达195个,全球近2000个非政府组织赴会。

习近平主席在巴黎出席气候变化大会开幕式发表题为《携手构建合作共赢、公平合理的气候变化治理机制》的重要讲话,强调各方要展现诚意、坚定信心、齐心协力,推动建立公平有效的全球应对气候变化机制,实现更高水平全球可持续发展,构建合作共赢的国际关系^[30]。

2015年12月12日,《联合国气候变化框架公约》(以下简称《公约》)近200个缔约方一致同意通过全球气候变化新协定——《巴黎协定》,为2020年后全球应对气候变化行动作出安排(图26)。协定共29条,包括目标、减缓、适应、损失损害、资金、技术、能力建设、透明度、全球盘点等内容。

《巴黎协定》指出,各方将加强对气候变化威胁的全球应对,把全球平均气温较工业化前水平升高控制在2℃之内,并为把升温控制在1.5℃之内而努力。全球将尽快实现温室气体排放达峰,21世纪下半叶实现温室气体净零排放。

根据协定,各方将以“自主贡献”的方式参与全球应对气候变化行动。发达国家将继续带头减排,并加强对发展中国家的资金、技术和能力建设支持,帮助后者减缓和适应气候变化。从2023年开始,每5年将对全球行动总体进展进行一次盘点,以帮助各国提高力度、加强国际合作,实现全球应对气候变化长期目标。

中国气候变化事务特别代表解振华在大会发言中表示,《巴黎协定》是一个公平合理、全面平衡、富有雄心、持久有效、具有法律约束力的协定,传递出了全球将实现绿色低碳、气候适



图26 2015年12月12日,在巴黎北部市郊的布尔歇展览中心,法国外交部长、巴黎气候变化大会主席法比尤斯(左三)在巴黎气候变化大会上落锤,标志着巴黎气候协议的达成(图片来源:新华网)

应型和可持续发展的强有力积极信号。

解振华呼吁各方积极落实巴黎会议成果,为《巴黎协定》的生效实施做好准备,并强调中方将主动承担与自身国情、发展阶段和实际能力相符的国际义务,继续兑现2020年前应对气候变化行动目标,积极落实自主贡献,努力争取尽早达峰,并与各方一道努力,按照《公约》的各项原则,推动《巴黎协定》的实施,推动建立合作共赢的全球气候治理体系。

参考文献(References)

- [1] 徐徐. 气候变暖引发山脉岩石滑落[N]. 中国科学报, 2015-04-20.
- [2] 宗华. 微生物对北极气候变化产生不利影响[N]. 中国科学报, 2015-04-29.
- [3] 晏利斌, 张行勇. 研究发现高山地区气候变暖更快[EB/OL]. 2015-05-15, <http://news.sciencenet.cn/htmlpaper/20155151058189936294.shtm>.
- [4] 冯卫东. 气候变化的真正元凶是氟利昂[N]. 科技日报, 2015-07-18.
- [5] 吴月辉. 我国科学家确认沙漠下隐藏的是碳汇[N]. 人民日报, 2015-07-30.
- [6] 赵熙熙. 全球湖泊变暖快于大气变暖[N]. 中国科学报, 2015-12-22.
- [7] 悠悠. 冰川融化将导致地球旋转减速和白天时间延长[EB/OL]. 2015-12-30, <http://news.sciencenet.cn/htmlpaper/2015123015123119238206.shtm>.
- [8] 南京大学“千人计划”宋晓东教授团队发现地心的惊奇奥秘[EB/OL]. 2015-02-09, http://news.nju.edu.cn/show_article_5_37879.
- [9] 黄辛. 研究首次提出大气地震学概念[N]. 中国科学报, 2015-07-06.
- [10] 鲁捷. 早期地心磁性来源引争议[N]. 中国科学报, 2015-12-24.
- [11] 刘晓倩. 兰州大学揭示黄土高原土从何来[N]. 中国科学报, 2015-10-25.
- [12] 柯讯. 三峡水下勘察机器人首次完成水下底泥采样[N]. 中国科学报, 2015-05-18.
- [13] Nature Communications: 古元古代Nuna超大陆重建新认识[EB/OL]. 2015-09-21, http://www.igg.cas.cn/xwzx/yjcg/201509/20150921_4428359.html
- [14] 张建松. 分享至手机多国科学家将首次打穿地球壳幔边界[EB/OL]. 2015-12-03, http://news.xinhuanet.com/tech/2015-12/03/c_1117346283.htm.
- [15] 雷嘉. 中科院发现迄今最早现代人类化石[N]. 北京青年报, 2015-10-15, http://news.youth.cn/kj/201510/20151015_7208768.htm.
- [16] 陶明. 考古确认陕西龙岗寺遗址100万年前就有人类活动[EB/OL]. 2015-11-25, http://news.xinhuanet.com/shuhua/2015-11/25/c_128465179_4.htm.
- [17] 杨保国. 中国科大提出中一晚二叠世之交生命灭绝新机制[N]. 中国科学报, 2015-11-30.
- [18] 昆明发现世上最早桃核化石 为中国提供了新证据[N]. 光明日报, 2015-12-03.
- [19] 徐徐. 新种恐龙耳朵形似乌龟[N]. 中国科学报, 2015-12-15, <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2015/12/333932.shtm?id=333932>.
- [20] 符永康. 尼泊尔大地震一月祭:灾难尚未走远[EB/OL]. 2015-05-25, <http://www.chinanews.com/gj/2015/05-25/7298862.shtml>.
- [21] 尼泊尔8.1级强震重要信息汇总[EB/OL]. 2015-04-25, <http://news.sina.com.cn/w/2015-04-25/180531760413.shtml>.
- [22] 专家解读尼泊尔地震[N]. 中国国土资源报, 2015-05-02.
- [23] 倪思洁. 地震专家表示青藏高原或正处强震丛集期[EB/OL]. 2015-04-26, <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2015/4/317667.shtm>.
- [24] 赵广立. 我国“解读地球计划”启动[N]. 中国科学报, 2015-06-30.
- [25] 操秀英. 我地球探测向深部进军[N]. 科技日报, 2015-06-30.
- [26] 冯丽妃. 海洋地质学研究成海底主权归属关键[N]. 中国科学报, 2015-08-27.
- [27] 杨华峰. “厄尔尼诺”来袭! 专家解析近期中国多地极端天气[EB/OL]. 2015-11-26, http://news.xinhuanet.com/city/2015-11/26/c_128471804.htm.
- [28] 厄尔尼诺发威 极端天气频现[EB/OL]. 2016-01-06, http://www.chinadaily.com.cn/micro-reading/interface_toutiao/2016-01-06/14458786.html.
- [29] 厄尔尼诺带来严重干旱 威胁印尼等国农作物产量[EB/OL]. 2015-11-04, <http://news.china.com/international/1000/20151104/20686726.html>.
- [30] 习近平在气候变化巴黎大会开幕式上的讲话[EB/OL]. 2015-12-01, http://news.xinhuanet.com/mrdx/2015-12/01/c_134871895.htm.
- [31] 唐志强, 张晓茹. 巴黎气候变化大会通过全球气候新协定[EB/OL]. 2015-12-12, http://news.xinhuanet.com/world/2015-12/12/c_128524201.htm.

(责任编辑 陈广仁)