

科学研究动态监测快报

2019年6月15日 第12期（总第306期）

地球科学专辑

- ◇ IEA 发布《清洁能源系统中的核能》报告
- ◇ 美国正在主导全球能源领域
- ◇ 埃塞俄比亚启动 44 亿美元的地热能源计划
- ◇ 美国发布《确保关键矿产安全可靠供应的联邦战略》
- ◇ 研究建议 85% 的太阳系区域应禁止人类开发
- ◇ 加拿大宣布投资采矿业的气候变化适应项目
- ◇ 英国利用 GungHo 和 LFRic 开发下一代天气与气候模式
- ◇ WMO 启动区域干旱与洪水灾害风险管理项目
- ◇ 美科学家借助超算模拟多断层地震破裂
- ◇ Science: 水力压裂可能诱发数十公里以外的地震活动
- ◇ 科学家们开始构建三维地球模型
- ◇ 地幔化学成分比先前认识的更加多样

中国科学院兰州文献情报中心
中国科学院资源环境科学信息中心

中国科学院兰州文献情报中心
邮编：730000 电话：0931-8271552

地址：甘肃兰州市天水中路 8 号
网址：<http://www.llas.ac.cn>

目 录

能源地球科学

IEA 发布《清洁能源系统中的核能》报告	1
美国正在主导全球能源领域	3
埃塞俄比亚启动 44 亿美元的地热能源计划	4

矿产资源

美国发布《确保关键矿产安全可靠供应的联邦战略》	5
研究建议 85% 的太阳系区域应禁止人类开发	6
加拿大宣布投资采矿业的气候变化适应项目	7

大气科学

英国利用 GungHo 和 LFRic 开发下一代天气与气候模式	7
WMO 启动区域干旱与洪水灾害风险管理项目	8

地震与火山学

美科学家借助超算模拟多断层地震破裂	9
Science: 水力压裂可能诱发数十公里以外的地震活动	10

前沿研究动态

科学家们开始构建三维地球模型	11
地幔化学成分比先前认识的更加多样	12

IEA 发布《清洁能源系统中的核能》报告

2019年5月28日，国际能源署（IEA）发布了题为《清洁能源系统中的核能》（*Nuclear power in a clean energy system*）报告，介绍了核能作为清洁能源对经济发展的作用，特别是在发达经济体中，以及未来核能面临衰退的风险等，并建议各国在核能发展领域采取积极有效的措施。截至2019年5月，全球总计有分布在31个国家的452座核反应堆投入运行，另外有54座正在建设中。核电发展越来越集中在发展中国家，正在建设的核反应堆中共有40座位于中国、印度、俄罗斯等国。本文对报告的主要内容进行了整理，以期对我国的相关工作给予借鉴。

1 清洁能源转型中核电扮演重要角色

（1）目前核能为电力生产做出了重大的贡献，2018年全球10%的电力供应来自核能。在发达经济体，核能在发电量中的占比达到18%，是最大的低碳电力来源。然而，近年来，核能在全世界电力供应中的占比持续下降。原因是在发达经济体中，核能机组正在老化，新增的装机已逐渐减少，20世纪70年代和80年代建造的一批电厂已经退役，这减缓了向清洁电力系统转型的速度。尽管太阳能和风能增长令人印象深刻，但由于核能的减少，2018年清洁能源在总电力供应中的占比仅为36%。

（2）全世界清洁能源转型将需要包括核能在内的一系列技术。全球能源越来越多地以电力为基础。这意味着，实现能源系统清洁的关键是将电力部门从最大的二氧化碳排放生产者转变为低碳来源，从而减少运输、供暖和工业等领域的化石燃料排放。在全球巨大的能源需求和二氧化碳排放量的情况下，各国应设想核能在未来能源中的角色。到2040年，全球85%的电力将需要来自清洁能源，而目前这一比例仅为36%。除了对能源效率和可再生能源的大规模投资外，到2040年，全球核能发电量还需要增加80%。

（3）核电站以多种方式为电力安全做出了贡献。核电站有助于保持电网稳定。在一定程度上，它们可以根据需求和供给的变化调整运营。随着风能和太阳能光伏（PV）等间歇性可再生能源的占比上升，对此类服务的需求也将增加。核电站可以通过减少对进口燃料的依赖，减少可再生能源发电引起的季节性波动影响，并加强能源安全。

2 延长核电站的寿命是使能源转型回到正轨的关键

（1）在发达经济体，政策和监管的决定对老化反应堆的命运仍然至关重要。核电站的平均服役时间为35年。欧盟和美国拥有最大的现役核电站（超过100GW），

这些核电站也是最老的：欧盟的反应堆平均服役时间达到 35 年，而美国则达到 39 年。在大多数情况下，最初设计的服役年限为 40 年。到 2025 年，发达经济体目前约 1/4 的核电装机将被关闭。剩余装机的命运取决于未来几年有关延长运营时间的决定。例如，在美国，约有 90 座反应堆拥有 60 年的运营许可证，但有其中的几个反应堆已经提前退役，更多的反应堆面临退役风险。在欧洲、日本和其他发达经济体，核电站寿命的延长也面临着不确定的前景。

(2) 经济因素也在发挥作用。对于核电站，寿命延长相较新建要便宜得多，通常与其他发电技术（包括新的风能和太阳能项目）相比具有成本竞争力。然而，它们仍然需要大量投资来更换和翻新使电厂能够继续安全运行的关键部件。低电力批发价格和碳价，加上关于冷却反应堆用水的新规定，使得美国的一些核电站经济上无法“存活”。此外，市场和监管制度往往惩罚核电，因为它没有为核电作为清洁能源的价值定价，也没有为核电安全做出贡献。因此，发达经济体的大多数核电站都有可能过早关闭。

3 投资发达经济体新核项目的障碍是巨大的

(1) 建造新核电站的计划将极大地影响实现清洁能源转型的机会。防止核电站过早退役并使其取得更长的延期减少了增加可再生能源的需要。但如果没有新的建设，核电只能为向更清洁的能源系统转型提供暂时的支持。

(2) 新核电站建设的最大障碍是调动投资。建造新核电站的计划或将面临着与其他发电技术相竞争，以及大型核项目需要数十亿美元前期投资的担忧。在引入有竞争力的批发市场的国家，这些疑虑尤其强烈。

(4) 核能技术本性所产生的一些特有的挑战可能会阻碍投资的进行。主要的阻碍包括投资规模大、筹备时间长；施工问题、延误和成本超支的风险；以及未来政策或电力系统本身发生变化的可能性。在芬兰、法国和美国的在建先进反应堆的工程中存在长期拖延。事实证明，它们的成本远远高于最初的预期，降低了投资者对新项目的兴趣。相反，尽管韩国计划减少对核电的依赖，但是该国在按时和按预算完成新项目建设方面的记录要好得多。

4 需要强有力的政策支持，以确保对现有和新核电站的投资

(1) 一直保留使用核能选择的国家需要改革其政策，以确保公平竞争。许多国家还需要解决延长寿命和新能力方面的投资障碍。重点应放在以重视包括核电在内的低碳技术的清洁能源和能源安全属性的方式设计电力市场上。

(2) 鉴于项目的高成本，以及一些国家的经验不足，确保对新核电站的投资将需要更具侵入性的政策干预。投资政策需要通过长期合同、价格保障和国家直接投资相结合的方式克服融资障碍。

(3) 人们对适合私人投资的先进核技术（如小型模块化反应堆）的兴趣越来越大。这项小型模块化反应堆技术仍处于开发阶段。各国政府有理由通过为研究和发
展提供资金、为风险投资建立公私合作关系，以促进这一目标。反应堆设计标准化
对于小型模块化反应堆规模经济至关重要。

(4) 需要在核技术的运作和发展方面继续开展活动，以保持技能和专门知识。
最近发达经济体的核部署速度相对缓慢，这意味着目前存在失去人力资本和技术决
窍的风险。培养专业技能和行业专门知识应成为旨在继续依赖核电的国家的优先事项。

（王立伟 编译）

原文题目：Nuclear power in a clean energy system

来源：<https://webstore.iea.org/nuclear-power-in-a-clean-energy-system>

美国正在主导全球能源领域

2019年5月14日，美国总统唐纳德·特朗普（Donald J. Trump）宣布美国能源
的黄金时代正在到来，其从开启美国新能源时代、释放能源优势、扩大能源出口三
个方面展示了美国在全球能源领域的主导地位。

(1) 开启美国能源新时代：特朗普制定了开发美国丰富能源资源的政策。①特
朗普撤销了上届政府实施的阻碍实现能源主导地位的政策。首先，特朗普退出了巴
黎气候协议；其次，特朗普废除了奥巴马时代成本高昂的《河流保护条例》（Stream
Protection Rule）和《清洁能源计划》（Clean Power Plan）等法规，从而结束了对煤
炭的战争。②特朗普已经采取行动开发本国丰富的自然资源。特朗普签署法案，开
放阿拉斯加国家野生动物保护区进行能源勘探。并且2018年，美国内政部进行了
28次陆上石油和天然气租赁销售，创造了创纪录的11亿美元收入。③特朗普已经
为更多的能源基础设施建设铺平了道路，确保美国能源能够进入市场。特朗普政府
批准了达科他输油管道、Keystone XL输油管道和新的布尔戈斯输油管道的建设。并
且签署了两项行政命令，以减少阻碍管道等新能源基础设施建设的繁文缛节，以及
简化了液化天然气接收站的审批流程。

(2) 释放能源优势：得益于特朗普的政策，美国能源产量正飙升至新的高度。
①特朗普的能源议程帮助推动了经济的蓬勃发展，矿业、石油和天然气开采为49个
州的经济增长做出了贡献。②2018年，各类能源总产量达到历史最高水平。③2018
年美国原油产量创历史新高，超过了1970年创下的纪录，原油产量增长17%，达到
每天1096万桶。美国已经成为世界上最大的原油生产国。④2018年，美国天然气
产量跃升至新高，连续第二年创历史新高。

(3) 扩大能源出口：特朗普努力为美国能源生产商开辟新的出口机会。①随着
产量飙升，出口的能源越来越多，特朗普为生产商争取了更好的市场准入。②2018
年，原油出口几乎翻了一番，达到创纪录的日均200万桶。③2018年，煤炭出口达

到 5 年来最高水平。④在特朗普的领导下，美国自 1957 年以来首次成为天然气净出口国。⑤得益于特朗普的谈判，欧盟同意从美国进口更多的液化天然气。自该协议签署以来，美国对欧盟的液化天然气出口增长了 272%，并在 2019 年 3 月达到历史最高水平。

(王立伟 编译)

原文题目: President Donald J. Trump Is Unleashing American Energy Dominance

来源: <https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/president-donald-j-trump-unleashing-american-energy-dominance/>

埃塞俄比亚启动 44 亿美元的地热能源计划

2019 年 5 月 28 日，新能源世界 (Renewable energy world) 官网发布消息称，埃塞俄比亚宣布启动 44 亿美元的地热能源计划，旨在将地热技术引入该国。该计划由对冲基金 (hedge fund) 亿万富翁保罗·都铎·琼斯二世 (Paul Tudor Jones II) 投资支持。雷克雅未克地热公司 (Reykjavik Geothermal, RG) 将作为该项目的电力开发商。

RG 的首席运营官表示，将利用冰岛长期以来在地热发电方面积累的经验，在 2019 年 9 月开始勘探和钻探，并将在首都亚的斯亚贝巴以南的科贝提 (Corbetti) 和图鲁莫耶 (Tulu Moye) 建造两座 500 兆瓦的发电厂。按规模计算，每个项目都将成为非洲最大的独立电力生产商。这些项目将作为促使埃塞俄比亚到 2025 年成为中等收入国家的重要组成部分。目前，埃塞俄比亚 4200 兆瓦的装机容量仅为 1.05 亿人口中的 40% 提供电力。邻国肯尼亚已经安装了 685 兆瓦的地热发电能力，提供了该国近 1/3 的能源。所有地表勘探工作的结果都表明，此次项目钻探位于一个巨大的活火山口附近，可以提供至少 1000 兆瓦或更多的能量。项目第一阶段将开发 50~60 兆瓦，每个阶段需要 1.75 亿美元的股权投资。此次资助使得 RG 得到了充分的资金，使其在每个项目中都持有相当大的股份。预计全部项目上线将耗资约 22 亿美元，其中 75% 预计将通过债务融资。这些项目的其他业主包括非洲可再生能源基金 (Africa Renewable Energy Fund)、冰岛钻井公司 (Iceland Drilling Co.) 和 Meridiam SAS。

RG 官员表示，随着规模的扩大，RG 还在继续寻找更多的投资者。预计这些项目将带来强劲的新兴市场回报，随着项目规模的扩大，这些回报将继续改善。一切就绪后，公司将与政府谈判钻探合同。本届政府也非常支持。特别是在过去一年里，政府已经扫清了通往勘探钻井的道路。

(刘文浩 编译)

原文题目: The \$4.4B geothermal energy plan for Ethiopia

来源: <https://www.renewableenergyworld.com/articles/2019/05/the-44b-geothermal-energy-plan-for-ethiopia.html>

美国发布《确保关键矿产安全可靠供应的联邦战略》

2019年6月4日，美国商务部发布《确保关键矿产安全可靠供应的联邦战略》（*A Federal Strategy to Ensure a Reliable Supply of Critical Minerals*）报告，报告中提出6项行动呼吁、24项目标和61项建议，欲减少稀土等关键矿产“对外依赖”。

1 背景

2017年12月20日，美国总统特朗普签署《关于确保关键矿产安全可靠供应的联邦战略》（13817号）的总统行政命令，强调关键矿产是对美国经济和国家安全至关重要的非燃料矿产或矿物原材料，这项行政命令要求联邦政府各机构制定一项战略，以降低美国对关键矿产供应中断的脆弱性。

2018年5月，美国内政部发布《关键矿产清单》，列出了美国对外依存度高、且对美经济发展和国家安全至关重要的35种矿产。其中，有31种依赖进口（进口占年消费的50%以上），更有14种完全要靠进口。该清单构成全面战略的基础。

2 6项行动呼吁

6项行动呼吁包括：①推进关键矿产供应链的转型研究、开发和部署；②加强美国关键的矿产供应链和国防工业基地；③加强与关键矿产相关的国际贸易与合作；④提高对国内关键矿产资源的了解；⑤改善在联邦土地上获取本土关键矿产资源的机

3 24项目标

- (1) 制定研发战略，提高关键矿产供应链的科学和技术能力。
- (2) 增加美国私营企业在创新方面的投资，改善由联邦政府资助的科学和技术的技术转让。
- (3) 了解并支持关键矿产行业及相关供应链。
- (4) 利用联邦政府以外的利益相关者的关键矿产专业知识。
- (5) 发展、扩大、现代化和维持美国关键矿产下游材料的生产能力和供应链弹性。
- (6) 稳定和加强国防战略项目在美国战时和其他国家紧急情况下对紧急和不可预见的军事和基本民用需求做出快速反应的能力。
- (7) 加强与伙伴国家的国际交流，分享最佳实践，并确定贸易和合作的机会。
- (8) 通过与国际伙伴的贸易和投资，确保关键矿产的获取，同时确保对外贸易行为不损害美国工业和更广泛的国家利益。

(9) 使用关键矿物的供应和消费数据来制定指标，以实现针对战略脆弱性的特定商品减缓战略。

(10) 开展重要的矿产资源评估，并确定鼓励使用次要和非常规关键矿物来源的方法。

(11) 改进美国及其沿海和海洋领土的地球物理、地质、地形和水深测绘。

(12) 提高地球物理、地质、地形和水深数据的可发现性、可访问性和可用性。

(13) 修订美国土地管理局和美国林业局的土地利用规划程序，以确定和保护矿产资源的可获得性。

(14) 彻底审查从适用的采矿法和联邦矿业地产上限制矿物勘探和开发的地区撤出的情况。

(15) 审查联邦土地上的旅行管理计划和现有的基础设施能力，以便对矿产勘探和开发产生影响。

(16) 采用矿产资源开发模式，以跟踪许可要求和时间表。

(17) 评估《国家环境政策法》和其他法规，以便及时处理矿产项目的许可证申请。

(18) 评估《清洁水法》和《河流和港口法》，以改进审批程序。

(19) 审查规章制度，并考虑提出立法以促进近海关键矿物的开发。

(20) 评估将高优先级矿产项目纳入审查的可行性，作为《修复美国地面运输法案》第 41 条和联邦决策框架的一部分。

(21) 加强采矿工程、地质学和其他与关键矿产开采和制造相关领域的教育。

(22) 促进材料科学、计算机科学和相关学科之间的跨学科合作，实现矿产供应行业的现代化，使该领域对新人才更具吸引力。

(23) 实施人事和管理改革，确保有适当的人力资本支持联邦土地上关键矿物的勘探和开发。

(24) 促进与关键矿产利益攸关方和公众的持续互动。

(刘学 编译)

原文题目：A Federal Strategy to Ensure a Reliable Supply of Critical Minerals

来源：<https://www.commerce.gov/sites/default/files/2019-06/Critical%20minerals%20strategy%20final.docx>

研究建议 85%的太阳系区域应禁止人类开发

来自剑桥史密森天体物理天文台和伦敦国王学院的研究人员合作完成了一项研究，该研究得出的结论是，人类应该只允许开采符合条件的行星、卫星和小行星，其占据太阳系的 1/8，而剩余的 85% 太阳系区域则不应被开采。

研究人员表示，采用 1/8 原则的理由是，在早期实施限制可能比在后期容易得多。研究人员预测，考虑到人类对更多资源永无止境的需求，如果太阳系的采矿速度以每年 3.5% 的速度增长，那么可开采的太阳系的 1/8 将持续 400 年。作为这一假

设的基础的是地球以外存在的贵金属、矿物和其他物质的估计数量。在研究人员看来，400 年的时间应该足够让地球人找到其他矿产资源或解决技术需求的方法。

(刘学 编译)

原文题目: Only one-eighth of the solar system should be mined – study

来源: <http://www.mining.com/one-eighth-space-mined-study/>

加拿大宣布投资采矿业的气候变化适应项目

2019 年 5 月 17 日，加拿大政府宣布向加拿大矿业协会 (MAC) 投资超过 32.5 万美元，用于采矿业的气候变化适应项目。该项投资是作为国家矿业周 (2019 年 5 月 13—19 日) 的一部分宣布的，重申了矿业部门对加拿大未来清洁增长的重要性。

该项目——采矿业的气候变化风险和适应性最佳实践，由加拿大自然资源部的气候变化适应计划资助，将使 MAC 与行业和其他专家合作，为采矿部门制定气候变化风险和适应措施的最佳实践和指南，将为矿山经营者提供在矿山生命各个阶段更好地制定气候变化决策所需的工具和知识。因此，采矿作业将更能适应气候变化和极端天气事件。该项目总价值 65 万美元，得到 MAC、高达集团 (Golder Associates) 和 Lorax 环境服务公司的额外支持。

(刘学 编译)

原文题目: Canada Invests in Climate Change Adaptation for the Mining Sector

来源: <https://www.canada.ca/en/natural-resources-canada/news/2019/05/canada-invests-in-climate-change-adaptation-for-the-mining-sector.html>

大气科学

英国利用 GungHo 和 LFRic 开发下一代天气与气候模式

2019 年 5 月 29 日，英国气象局 (Met Office) 和科学技术设施理事会 (STFC) 的研究人员在《并行与分布运算学报》(*Journal of Parallel and Distributed Computing*) 上发表题为《LFRic: 应对天气和气候模式中可扩展性和性能可移植性的挑战》(LFRic: Meeting the Challenges of Scalability and Performance Portability in Weather and Climate Models) 的文章，介绍了英国气象局正在开发的下一代天气和气候模拟系统，以取代英国气象局现有的气象模式，为 21 世纪 20 年代的百亿亿次计算做准备。

统一模式 (Unified Model, UM) 是由英国气象局在 20 世纪 80 年代开发并在 1990 年投入使用的大气模式，是英国天气和气候研究与业务预报工作的基础。在不断提升统一模式能力的过程中，面临着 3 个挑战：①通过具有更快处理器的高性能计算机更新，可以使统一模式的计算性能大幅提升。但是，目前新一代标准 CPU 的运行速度通常比以前的慢，这挑战了实现更高分辨率和更复杂数值模式的能力。②包括统一模式在内的许多大气模式，都面临着经纬度网格 (lat-lon) 的特殊挑战。极

点上经线收敛所导致的数值问题，使得难以将大气模式的计算核心数量扩展到更高。③预计未来高性能计算的架构将发生根本变化，架构多样性将会增加。模式在不同机器上的移植存在大量成本。

为了提高统一模式动力核心的可扩展性，英国气象局、自然环境研究理事会（NERC）和科学技术设施理事会（STFC）于 2011 年联合启动了为期 5 年的 GungHo 项目。新的 GungHo 动力核心在非结构化网格上运行，以避免极点的奇点问题。由于统一模式的基础结构不支持非结构化网格，需要新的软件基础结构，因此英国气象局和科学技术设施理事会共同启动了 LFRic 项目（以英国气象学家 Lewis Fry Richardson 命名），将设计、开发和实施新的模式基础设施，开发一个全新的软件基础架构来取代统一模式，为百亿亿次计算做准备。

LFRic 使用 GungHo 动力核心并在半结构化的立方球体网格上运行，支持基础设施的设计遵循面向对象的原则，以便促进模块化和外部库的使用。LFRic 路线图包括三个阶段：①开发第一版软件基础设施以支持 GungHo 动力核心；②扩展软件基础设施，以支持包括物理代码在内的完整大气模式的实施；③在运行试验中部署模式，直至取代统一模式。

（刘燕飞 编译）

原文题目：An update on the Met Office's next generation atmospheric model development

来源：<https://www.metoffice.gov.uk/research/news/2019/gungho-and-lfric>

WMO 启动区域干旱与洪水灾害风险管理项目

2019 年 5 月 2 日，世界气象组织（WMO）正式宣布启动名为 EUROCLIMA+ 的安第斯地区干旱与洪涝灾害风险管理项目。该区域灾害风险管理项目的全称为：在气候变化及安第斯国家沙漠化日益严重的背景下，强化国家及地区干旱与洪涝灾害监测系统建设及风险管理。该项目由欧盟资助，WMO 负责项目的具体实施。该项目的首要目标是：通过能力提升降低干旱与洪涝灾害的社会及经济影响，同时联合地区、国家及地方机构共同参与南美西部国家干旱与洪涝灾害风险管理。

2019 年 4 月 22—26 日，哥伦比亚水文、气象与环境研究院（IDEAM）主持召开了 EUROCLIMA+ 项目地区研讨会，与会成员包括玻利维亚、智利、哥伦比亚、厄瓜多尔、秘鲁和委内瑞拉国家气象与水文服务中心以及来自南美西部的其他 19 个机构。会议着重介绍了目前 WMO 有关干旱灾害管理行动的进展。相关行动在 WMO 综合性干旱管理项目（IDMP）框架下展开，该项目由 WMO 和“全球水资源合作伙伴计划”（GWP）共同支持，参与组织/机构达 35 个。目前 IDMP 已经面向国家干旱政策制定成功开发了 3 个干旱管理支持系统。

（张树良 编译）

原文题目：EUROCLIMA+ boosts risk management of droughts and floods in the Andes

来源：<https://public.wmo.int/en/media/news/euroclima-boosts-risk-management-of-droughts-and-floods-andes>

美科学家借助超算模拟多断层地震破裂

一些最强地震涉及多个断层，这些多断层地震跨越数十至数百公里的断层系统，同时，破裂会从一个区段传到另一个区段。在过去的十年中，科学家们观察到了几次这种复杂地震，如2010年新西兰 Darfield 7.2 级地震及墨西哥 El Mayor-Cucapah 7.2 级地震，2012 年印度洋 8.6 级地震，2015 年新西兰 Kaikoura 7.8 级地震。

2019 年 4 月，加州大学河滨分校的研究人员在《地球物理学研究：固体地球》（*Journal of Geophysical Research, Solid Earth*）上发表文章，介绍了他们的主要发现——涉及南加州布劳利（Brawley）地震带假定断层网络的动态相互作用。该研究的主要作者、加州大学河滨分校的地球物理学家 Christodoulos Kyriakopoulos 表示，基于物理的动态破裂模型，使其能够使用超级计算机模拟复杂的地震破裂。在具体研究过程中，研究者运行了数十个数值模拟，并记录了其使用高级可视化软件分析的大量交互。

动态破裂模型可以让科学家研究地震中发生的基本物理过程。通过这种类型的模型，超级计算机可以模拟不同地震断层之间的相互作用。例如，这些模型可以研究地震波如何从一个断层传播到另一个断层，以及另一个断层的稳定性。Kyriakopoulos 表示，一般情况下，这一类型的模型对于分析过去的大地震非常有用，但可能更重要的是，其可以帮助预测未来的地震情景。

Kyriakopoulos 开发的数值模型由两个主要部分组成。首先是有限元网格，再现了布劳利地震带中的复杂断层网络。第二个组成部分是一个有限元动态破裂代码，称为 FaultMod，其允许研究者模拟地震破裂、地震波和地面运动随时间的演变。Kyriakopoulos 称，他们所做的是在计算机中创建地震——通过改变模拟地震的参数来研究它们的属性。基本上，研究者创造了一个虚拟世界，在那里他们创造了不同类型的地震，帮助人类了解现实世界中正在发生的地震。

为了克服模拟过程中的相关挑战，研究者使用了 XSEDE——美国国家科学基金会（NSF）资助的极限科学与工程发现环境（Extreme Science and Engineering Discovery Environment）。他们在德克萨斯高级计算中心使用了超级计算机 Stampede，在圣地亚哥超级计算机中心（SDSC）使用了超级计算机 Comet。同时，相关研究还涉及 XSEDE 的 Stampede2 系统。

Kyriakopoulos 称，这项研究有助于更好地了解多断层破裂，从而更好地评估地震灾害。该研究的一些结果表明，南加州可能发生多断层地震，而这可能产生可怕后果。其次，研究发现，在其中一个交叉断层上正在成核的中等地震可能引发圣安德烈斯断层上的重大地震事件。

主要参考资料:

[1] Supercomputing Dynamic Earthquake Rupture Models

<https://www.tacc.utexas.edu/-/supercomputing-dynamic-earthquake-rupture-models>

[2] Kyriakopoulos C, Oglesby D D, Rockwell T K, et al. Dynamic rupture scenarios in the Brawley Seismic Zone, Salton Trough, southern California[J]. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 2019.

(赵纪东 编译)

Science: 水力压裂可能诱发数十公里以外的地震活动

2019年5月3日,《科学》(*Science*)发表文章《流体诱发的抗震断层滑移速度超过了孔隙流体运移速度》(Fluid-induced aseismic fault slip outpaces pore-fluid migration)称,水力压裂诱发的地震可能远远超出流体注入的范围,而在数十公里以外的地方诱发地震。

长期以后,水力压裂过程产生的地震活动备受生产区域附近社区的诟病。例如,荷兰,欧洲最大的天然气田将在2030年后关闭,原因是生产中的诱发地震使得房屋受损严重。然而,来自美国塔夫茨大学的这项新的研究发现,这种由水力压裂带来的风险可能在更大范围存在,甚至会诱发50 km范围内的地震。研究人员在浅层地质断层中进行了实验,发现向这些地区注水会导致沿断层线的岩石缓慢滑动。这些“无声的”运动在滑脱的初始点没有产生地震,而是逐渐增加了断层较远部分的压力,导致地震远离钻孔,远超过注入流体所能到达的距离。研究表明,通过这种机制,水力压裂可以诱发几十公里外的地震。研究人员解释称,地下流体注入引起的地震群通常假定发生在因孔隙流体压力增加而失稳的断层上。然而,流体注入也可以激活抗震滑移,这可能会超过孔隙流体的运移速度,并将地震触发应力的变化传递到流体压力区域之外。研究中将这一理论预测与流体注入实验数据进行了对比,这些实验激活并测量了预先存在的浅断层上的缓慢、抗震滑移。结果发现,孔隙压力和滑动历史表明,断层的强度是减滑摩擦系数和局部有效正应力的乘积。利用剪切-断裂耦合模型,研究人员推导了主动变形断层流体力学参数的约束条件,并认为所推断的抗震破裂前沿传播速度快,传播距离大于承压孔隙流体的扩散。

研究人员表示,后期将尽快准确计算脆弱区域的范围,以及可能发生地震的时间尺度,将能够向居民和当局提供可靠的信息,并允许所有参与者就是否应该允许水力压裂做出明智的决定。此外,研究人员提醒,要注意诱发地震的问题不仅仅是保留水力压裂。清洁能源和二氧化碳清除技术的几种潜在来源也容易引发地震,因此,了解如何管理此类风险对于开发此类技术至关重要。

(刘文浩 编译)

原文题目: Fluid-induced aseismic fault slip outpaces pore-fluid migration

来源: <https://science.sciencemag.org/content/364/6439/464.full>

科学家们开始构建三维地球模型

彻底了解“固体地球”系统对于破译地球深处所发生过程与地表附近所发生过程之间的联系至关重要，这些过程会导致地震和火山爆发，以及山脉的崛起和地下自然资源的赋存。由于来自卫星的重力和磁力数据以及地震学的进步，科学家们正在以三维方式对地球内部进行建模。

固体地球是指地壳、地幔和地核。因为地球的这些部分完全隐藏在视野之外，所以只有通过间接测量才能理解人类脚下深处发生的事情。根据最近在《国际地球物理杂志》(*Geophysical Journal International*)上发表并在2019年5月中旬的生命星球研讨会(Living Planet Symposium)上交流的一篇文章，科学家们开始利用一系列不同的测量方法，包括卫星数据和地震模型，来制作全球三维地球参考模型。

该模型将在分析地球岩石圈(即刚性外壳)以及其下部地幔方面做出进一步的改变，以更好地分析地球结构与其内部动态过程之间的联系。澳大利亚麦格理大学和挪威地球演化与动力学中心的Juan Carlos Afonso表示，结合重力异常、大地水准面高度、重力梯度(地震、岩石信息等已对其进行了补充)，他们将实现地球岩石圈和上地幔的全球新模型。

来自德国基尔大学的Wolfgang Szwillus称，来自欧洲航天局(ESA)GOCE卫星任务的数据将作为反演的输入数据，这是第一次在这样一个整合框架中在全球尺度上进行重力梯度反演。虽然这只是第一步，但三维地球为人类世界的深层结构提供了诱人的见解，比如，地壳厚度和岩石圈的新模型对于未开发大陆(如南极洲)非常重要。

三维地球模型预计将在2020年发布，相关研究由来自欧洲6个国家的9个研究所的科学家组成，由欧洲航天局的科学社会计划(Science for Society programme)资助，GOCE重力任务和Swarm磁场任务是这项研究的关键。

主要参考资料：

[1] 3-D Earth In The Making

<https://scienceofcycles.com/3-d-earth-in-the-making/>

[2] A global reference model of the lithosphere and upper mantle from joint inversion and analysis of multiple data sets

<https://academic.oup.com/gji/article/217/3/1602/5370085>

(赵纪东 编译)

地幔化学成分比先前认识的更加多样

一项由英国卡迪夫大学（Cardiff University）领衔完成的研究显示，地幔的化学成分比以前认为的更加多变且多样化。对穿过洋壳的岩心的分析显示，地幔由不同的岩石部分组成，每个部分都有不同的化学组成。这一研究成果于 2019 年 5 月 20 日在线发表于 *Nature Geoscience*。

众所周知，地幔的化学成分很难确定，因为它在很大程度上无法进入。大多数情况下，科学家依靠海底爆发的熔岩获得对地幔构成的认识。到目前为止的研究表明，地幔的化学组成大致相同。

由卡迪夫大学的科学家领导的研究小组研究了熔岩首次与洋中脊的地壳接触时形成的第一批矿物，并分析了钕和锆同位素的变化——这可以指示来自不同类型岩石的地幔物质的不同化学成分。分析结果表明，这些矿物中同位素的变异量是洋中脊熔岩的 7 倍。

研究人员认为，这种变化可能与古洋壳远离洋中脊的扩张过程有关，直到其被推到大陆之下并沉入地幔。该研究的首席研究员、卡迪夫大学地球与海洋科学学院的 Johan Lissenberg 博士表示，他们的分析表明，再循环的洋壳成分在地幔中的含量比先前想象的要大得多。

这种再生地壳与周围的地幔一起再次熔化，但化学上不同的熔体在向地壳运输期间仍然是“孤独”的（不发生混合）。只有其到达地壳中的岩浆室后，它们才会混合产生人类在海底观察到的均质熔岩。

因此，人们经常看到的黄色和橙色的渐变表现为教科书中的地幔，而真实的画面可能完全不同。这项研究某种程度上在帮助科学家了解人类脚下正在发生的过程，并试图解释人们今天看到的岩石的化学成分。

主要参考资料：

[1] More detailed picture of Earth's mantle

https://www.eurekalert.org/pub_releases/2019-05/cu-mdp052019.php

[2] Highly heterogeneous depleted mantle recorded in the lower oceanic crust

<https://www.nature.com/articles/s41561-019-0368-9>

（赵纪东 编译）

《科学研究动态监测快报》

《科学研究动态监测快报》(以下简称《监测快报》)是由中国科学院文献情报中心、中国科学院兰州文献情报中心、中国科学院成都文献情报中心、中国科学院武汉文献情报中心以及中国科学院上海生命科学信息中心分别编辑的主要科学创新研究领域的科学前沿研究进展动态监测报道类信息快报。按照“统筹规划、系统布局、分工负责、整体集成、长期积累、深度分析、协同服务、支撑决策”的发展思路,《监测快报》的不同专门学科领域专辑,分别聚焦特定的专门科学创新研究领域,介绍特定专门科学创新研究领域的前沿研究进展动态。《监测快报》的内容主要聚焦于报道各相应专门科学研究领域的科学前沿研究进展、科学研究热点方向、科学研究重大发现与突破等,以及相应专门科学领域的国际科技战略与规划、科技计划与预算、重大研发布局、重要科技政策与管理等方面的最新进展与发展动态。《监测快报》的重点服务对象,一是相应专门科学创新研究领域的科学家;二是相应专门科学创新研究领域的主要学科战略研究专家;三是关注相关科学创新研究领域前沿进展动态的科研管理与决策者。

《监测快报》主要有以下专门性科学领域专辑,分别为由中国科学院文献情报中心编辑的《空间光电科技专辑》等;由中国科学院兰州文献情报中心编辑的《资源环境科学专辑》、《地球科学专辑》、《气候变化科学专辑》;由中国科学院成都文献情报中心编辑的《信息技术专辑》、《生物科技专辑》;由中科院武汉文献情报中心编辑的《先进能源科技专辑》、《先进制造与新材料科技专辑》、《生物安全专辑》;由中国科学院上海生命科学信息中心编辑的《BioInsight》等。

《监测快报》是内部资料,不公开出版发行;除了其所报道的专题分析报告代表相应署名作者的观点外,其所刊载报道的中文翻译信息并不代表译者及其所在单位的观点。

版权及合理使用声明

《科学研究动态监测快报》（以下简称《监测快报》）是由中国科学院文献情报中心、中国科学院兰州文献情报中心、中国科学院成都文献情报中心、中国科学院武汉文献情报中心以及中国科学院上海生命科学信息中心按照主要科学研究领域分工编辑的科学研究进展动态监测报道类信息快报。

《监测快报》遵守国家知识产权法的规定，保护知识产权，保障著作权人的合法利益，并要求参阅人员及研究人员遵守中国版权法的有关规定，严禁将《监测快报》用于任何商业或其他营利性用途。读者在个人学习、研究目的中使用信息报道稿件，应注明版权信息和信息来源。未经编辑单位允许，有关单位和用户不能以任何方式全辑转载、链接或发布相关科学领域专辑《监测快报》内容。有关用户单位要链接、整期发布或转载相关学科领域专辑《监测快报》内容，应向具体编辑单位发送正式的需求函，说明其用途，征得同意，并与具体编辑单位签订服务协议。

欢迎对《科学研究动态监测快报》提出意见与建议。

地球科学专辑：

编辑出版：中国科学院兰州文献情报中心（中国科学院资源环境科学信息中心）

联系地址：兰州市天水中路8号（730000）

联系人：赵纪东 张树良 刘学 王立伟 刘文浩

电话：（0931）8271552、8276781

电子邮件：zhaojd@llas.ac.cn; zhangsl@llas.ac.cn; liuxue@llas.ac.cn; wanglw@llas.ac.cn; liuw@llas.ac.cn