

科学研究动态监测快报

2018年9月15日 第18期（总第288期）

地球科学专辑

- ◇ 美国国家地球物理观测站 NGEO 建立的科学驱动力
- ◇ 地震分析的里程碑：物理模型再现统计模型结果
- ◇ 2017 年全球地震灾害概要
- ◇ 英国投资 9200 万英镑开发独立卫星系统
- ◇ BGS 宣布建立世界一流地热能研究观测站
- ◇ 科学家首次发现月球表面存在水冰的直接证据
- ◇ *Science* 发文指出单个注入井可诱发 10 公里外的地震
- ◇ EIA：全球 30% 原油贸易需要经过南中国海

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

地质科学

美国国家地球物理观测站 N GEO 建立的科学驱动力 1

地震与火山学

地震分析的里程碑：物理模型再现统计模型结果 4

2017 年全球地震灾害概要 5

地学仪器设备与技术

英国投资 9200 万英镑开发独立卫星系统 7

地学研究机构

BGS 宣布建立世界一流地热能研究观测站 8

前沿研究动态

科学家首次发现月球表面存在水冰的直接证据 9

Science 发文指出单个注入井可诱发 10 公里外的地震 10

数据与图表

EIA：全球 30% 原油贸易需要经过南中国海 11

地质科学

美国国家地球物理观测站 N GEO 建立的科学驱动力

地球系统过程发生在很大的时空尺度上，从微观晶体边界到涉及数千公里范围的地幔对流和板块边界，时间上更是从几秒一直到几十亿年。地壳和岩石圈动力学、地幔对流、断层和火山系统的演化、冰川动力学、地球系统对土地利用和气候变化的响应、对流层的水动力学、地球和太阳活动对电离层的激发等都是地球系统过程的重要研究内容。

地震、大地测量和其他相关地球物理观测是研究不同地球系统过程在其所发生时空范围内的有力工具。提供这些观测所需的设施是促进人类理解这些过程的关键，同时，这对理解和减轻地质灾害风险、为环境规划和管理提供支撑、开发新的能源勘探方法等也具有重要意义。

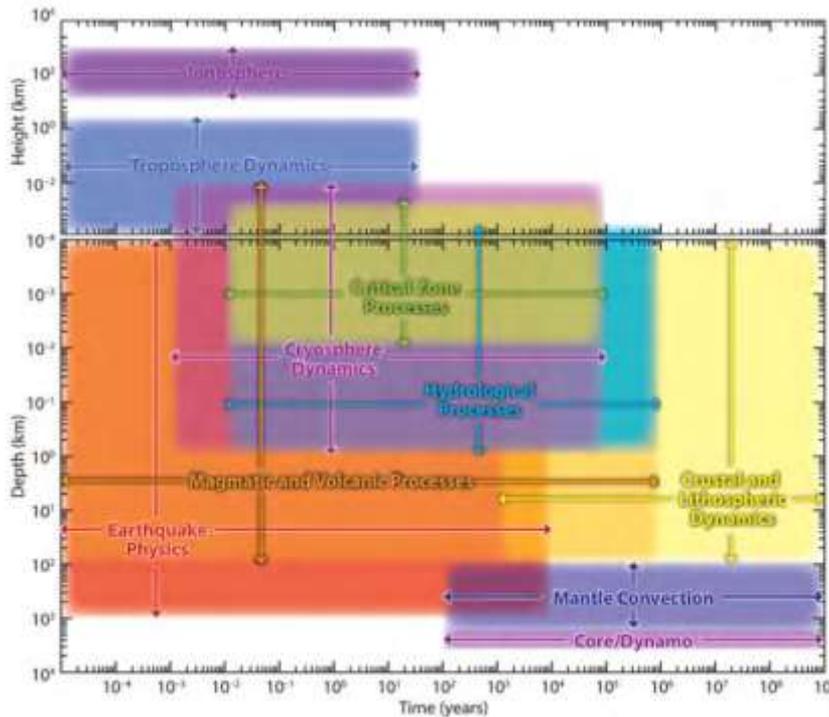


图 1 地球系统过程的时空尺度

因此，为回应美国国家科学基金会（NSF）16-546 号计划征集令——《面向地球科学的国家地球物理观测站的管理和运营》（Management and Operation of National Geophysical Observatory for Geoscience(NGEO)），2018 年 6 月，美国地震学研究联合会¹（IRIS）及其在新墨西哥州矿业和技术研究所（NMT）、加州大学圣地亚哥分校（UCSD）和怀俄明大学（UWyo）的合作伙伴向 NSF 提交了名为《推

¹ IRIS 是由 125 个美国学术机构、22 个教育机构和 127 个外国机构组成的联盟

动多尺度地球动力学的发现：面向 NEGO 的地球学及其相关能力 2018-2028》（Enabling Discoveries in Multiscale Earth System Dynamics: Seismological and Related Capabilities for The National Geophysical Observatory for Geoscience 2018-2028）的提案。

在该提案中，IRIS 及其伙伴将未来的 NGE0 设施分为两类，一类是基础设施，如全球地震台网（GSN）、大陆岩石圈地震台阵研究（PASSCAL），另一类是前沿设施，如近地表地球物理设施（NSGF）、地震-测地海底设施（Seismo-Geodetic Seafloor Instrumentation）。在此基础上，其对未来的设施管理和运营进行了详细规划。与此同时，在美国国家科学基金会和美国国家研究理事会（NRC）之前众多成果的基础上，IRIS 及其伙伴阐明了其科学驱动力，即不断推动在四大科学领域的探索。通过地球物理设施所获取的数据都是为了支持地球科学的研究和教育，因此，其所要面对的科学问题才是根本。所以，我们在此对其四大科学优先领域，以及科学设施的建设对相关研究的推动和未来研究策略的可能变化做一介绍。

1 全球地球结构与动力学

地球内部三维结构分辨率的提高，加上地表运动和变形的增强测量，是提高人类理解驱动板块构造和导致自然灾害的动态过程的关键。因为地球深处的内部无法进入，所以一些基本的问题依然存在——控制地核和地幔对流的力量是什么，如何反馈？对流体与岩石圈板块如何耦合，这又如何影响地表过程。

未来十年的研究将会越来越多地使用多参数地球三维参考模型，这些模型将跨越大地测量学、地震学和地球动力学模型之间的正式学科界限，研究人员将试图量化地球内密度、温度和流变特征的横向变化，并探索在大地测量、地震和相关观测中如何反映地表和内部的动态驱动力。

所有现代全球地球物理研究的基础是国际地球参考框架（International Terrestrial Reference Frame, ITRF）的定义。国际地球参考框架是当今使用的首要参考框架，它定义了地球的地球心及其随时间的运动。ITRF14 提供了在全球范围内比较和组合大地测量结果的背景，其提供了分析当前板块运动、板块边界动力、断裂带和地震周期以及相关问题的根据。在未来十年中，地球物理研究将越来越多地把地表和深部的运动学和动力学的大地测量与地震测量联系起来（如对流、下沉板片）。

2 断裂带与地震周期

地震震动及其引发的次生灾害（如滑坡、海啸、液化），以及他们对建筑环境的影响，使其成为地球上最具破坏性的自然灾害。长期的板块运动促使地表发生重组和变形，这一重要论断为认识地震特征和地震周期提供了突破。地震涉及岩石圈中

浅脆性和更深的韧性断层滑动对构造运动的调节，而重复性地震事件必须与长期板块运动同步，地震周期的特点则是长期的地震间弹性应变累积。

过去十年发生了许多大型俯冲地震，这提供了前所未有的地球物理观测机遇。现在，人类首次拥有了 9 级以上地震地面运动的数字记录，这些数据主要来自分布于全球的永久大地测量站和地震台站。对于全球范围内的大地震，其地震前和地震后变形的详细数据来自连续 GPS、卫星干涉合成孔径雷达（InSAR）和卫星光学成像，以及海底的压力传感器和海洋大地测量。这些地球物理数据的综合利用为震前、震中和震后的断层滑动行为时空分辨率的最大化提供了巨大便利。

与此同时，现在已经认识到的断层滑动行为比十年前还要丰富，通过对断裂带的进一步多学科研究将为表征断层摩擦行为提供潜在可能。阐明滑动的复杂时变行为将依赖地震学、大地测量学、地质学和灾害研究者的共同努力。地震周期研究的进步将取决于永久密集地球物理网络的建设，以及可在广泛时空尺度上捕获变形和地震波的遥感技术的进步。地震行为研究的另一个主要挑战是大地震可能存在的固有的不可预测性，目前的一种策略是进行地震的时空聚类，并关注那些近期地震活动有重大变化的区域。

3 壳幔中的岩浆与挥发物

地球物理仪器对于研究地幔熔体生成及其通过地壳向地表火山的运移，以及岩浆与挥发物的浅层管道系统（控制喷发动力学和持续时间）至关重要。通过提高仪器质量和密度来更好地了解火山系统对于最大限度地降低与火山灾害相关的风险并制定应急策略甚为关键。

与其他一些灾害不同，火山喷发前的数小时至数年时间里往往会观察到一些异常，比如地震活动增加、变形或气体排放增强。大多数火山活动调查的最终目的是了解幕式异常（有时在喷发中聚集出现）的根源，尽管存在争论，但时变微重力通过对源密度提供约束为解释该问题提供了线索。与此同时，即使在没有经历过幕式异常的火山系统中，地球物理成像技术也一再被证明可用于测绘中到浅层地壳的岩浆储层。

如今，各种地球物理方法正为火山动力学研究提供独特约束。提高对火山系统认识的关键是将现场测量（如喷发熔岩的岩石学研究）与来自运动和连续网络以及远程传感系统的高质量、多参数地球物理数据（如大地测量、地震、大地电磁）相结合，以跟踪喷发前、喷发中和喷发后的变化。

4 水圈、冰冻圈和大气圈

水圈、冰冻圈和大气圈在固体地球上覆盖着保护性的包裹体，这可以缓和气候并维持生命。水（液态和气态）在固体地球、风化层和大气之间移动，部分地调节

着能量的转移。

被称为“关键带”的地表和近地表环境是地球呼吸的皮肤，这是一个跨越树冠到基岩的多孔“膜”，维持生命的化学和物质通量发生在其上，同时基岩在这里转化为土壤。目前，NSF 已经建立了 10 个关键带观测站，使科学家得以在各种环境中密集研究关键带的生物地球化学、水文和物理过程。未来提升对关键带过程的理解将需要专门的地球物理仪器、技术专业知识和近地表高分辨率地球物理研究的培训，但这些目前在任何国家，任何多用户地球物理设施中都不具备。

极地冰盖和山地冰川中的冰层对气候和天气、海平面、冰川和河流地貌以及生态和关键带产生了强烈的区域和全球影响，同时还季节性地调节着淡水。准确评估冰川均衡调整对于确定极地地区的冰川作用历史以及校准基于空间的(例如 GRACE)和现今冰质量平衡的其他测量至关重要。近地表地球物理技术，特别是地面穿透雷达，可更好的研究冰川的内部结构，以及控制流体动力的冰盖底部。大地测量、重力测量和地震测量为固体地球的长期粘弹性行为提供了关键支持，这对理解过去的冰动力学和预测气候变化中的未来冰动力学至关重要。

在过去十年中，大地测量和地震测量在对流层和电离层特征研究中的应用迅速增强，正在以前工作的基础上解释日益增长的 GPS/GNSS 星座和地面观测网络中的卫星站路径延迟。在未来十年，全球和区域卫星导航系统的多个星座将使太空中发射微波信号的卫星系统数量增加一倍以上。随着地地基和空基 GNSS 网络的增加，GNSS 信号的增加将大大提高电离层穿孔点的密度，从而使电离层观测的空间分辨率倍增。同时，还需利用高性能、多星座 GNSS 接收机和天线系统进行地面网络的现代化，以发掘 GNSS 星座数十亿美元国际投资的优势。

(赵纪东 编译)

原文题目: Enabling Discoveries in Multiscale Earth System Dynamics

来源: https://www.iris.edu/hq/files/publications/iris_proposals/doc/IRIS_NGEO_Submission_Vol._1-lores.pdf

地震与火山学

地震分析的里程碑：物理模型再现统计模型结果

地震给全世界的人员和城市带来了重大威胁，但是，通过一系列正确的减灾措施——从严格的建筑要求到精心的规划，可以在一定程度上有效控制地震造成的道路和建筑物的灾难性损坏和人员伤亡。然而，所有这些措施都依赖于高质量的地震灾害模拟分析。目前的模型依赖于一系列不确定的假设，由于大地震之间的时间间隔很长，很难在现实世界中预测进行测试。

近日，哥伦比亚大学拉蒙特-多尔蒂地球观测站、南加州大学、加州大学河滨分校和美国地质调查局的研究人员共同提出了一个物理模型，再现了加州地震统计模

型的预测结果。研究人员表示，这标志着地震预报的转折点已经到来。相关研究成果于 2018 年 8 月 22 日发表在 *Science Advances* 上。

研究人员在超级计算机上模拟了近 50 万年来的加州地震，并将其与当前最完美的地震统计模型（基于 100 年的仪器测量数据）得到的评估结果相比较。结果发现，两者相互匹配。这一相互验证的结果增加了对加州当前地震风险预测的支持，有助于整个加州设定保险费率和建筑标准。同时，结果还表明，这一基于物理的模型在预测地震灾害和评估加州及其他地震多发区的风险模型的作用会越来越大。

研究中使用的地震模拟器 RSQSim 通过消除许多假设——评估特定区域发生特定地震的可能性，进而简化了加州的地震统计模型。该模拟器基于相对基础的物理学知识编程实现，再现几十年来稳定改进的统计模型的分析结果后，现在地震学家可以使用其来测试统计模型针对特定区域的预测。

准确的灾害评估对于洛杉矶和旧金山等高风险城市的政府监管机构尤其重要，因为他们将根据最新科学进展编写和修订建筑规范。在住房严重短缺的州，监管机构面临着巨大压力——要求建筑物足够坚固，能够承受剧烈震动，同时还要降低建筑成本。现在，确认灾害评估的第二个工具使数字增加了可信度。

RSQSim 的一个特征是它使用速率和状态相关的摩擦来近似模拟真实断层如何破裂，并将应力转移到其他断层，有时这会引发更大地震。RSQSim 由加州大学河滨分校十多年前开发出，并在当前研究中得到进一步完善，同时也是第一个再现加州最新破裂预测 UCERF3（第三版加州地震断裂预测模型）的物理模型。当这两个模型的结果被输入到加州的地面震动统计模型中时，他们得出了类似的灾害情况。

随着计算能力的增长以及软件中更多物理特性的添加，模型将不断得到改善。研究人员计划利用该模型更多地了解余震，以及它们如何破坏加州的断层，同时还要将该模拟器整合到基于物理的地面运动模型（CyberShake）中，以查看其是否可以从当前统计模型中重现震动评估结果。未来，随着科学家在模拟中不断改进物理学要素，计算机将变得更加强大，人类将有机会更好地了解真正具有破坏性的地震可能发生的地点和时间。

（赵纪东 编译）

原文题目：A physics-based earthquake simulator replicates seismic hazard statistics across California

来源：<http://advances.sciencemag.org/content/4/8/eaau0688>

2017 年全球地震灾害概要

1 2017 全球地震活动性及灾情简介

据中国地震台网中心（CENC）和美国地质调查局国家信息中心（USGS/NEIC）的地震观测数据，2017 年 1 月 1 日至 2017 年 12 月 31 日，全球发生 $M \geq 6.0$ 级的地

震 110 次； $M \geq 7.0$ 级的地震 8 次； $M \geq 8.0$ 级的地震 1 次。20 世纪后半叶的全球地震年平均水平为： $M \geq 6.0$ 级的地震 165 (± 5) 次/年； $M \geq 7.0$ 级的地震 17 (± 2) 次/年； $M \geq 8.0$ 级的地震 0.7~0.9 次/年，2017 年全球地震活动水平较低。估算 2017 年释放地震波总能量约 $3.8 \times 10^{17} \text{J}$ ，为 20 世纪百年间约 $2.9 \times 10^{17} \sim 4.2 \times 10^{17} \text{J}$ 的平均值。

据统计 2017 年全世界造成人员伤亡的地震共有 28 次。地震总死亡人数约为 1230 人，受伤人数约为 17000 人。与往年相比，2017 年的地震死亡人数低于过去 110 余年间的平均死亡人数（1900—2014 地震年平均死亡人数约为 21700 人）；也远低于最近 20 年的平均数（1995—2014 地震年平均死亡人数约为 50050 人）。造成人员伤亡人数较多的地震为：8 月 8 日中国九寨沟 $M7.0$ 级地震，死亡人数为 25 人，失踪 6 人，525 人受伤；9 月 19 日墨西哥 $M7.1$ 级地震，死亡人数为 370 人，受伤人数约为 6000 人；11 月 13 日伊拉克 $M7.3$ 级地震，死亡人数至少 630 人（伊拉克死亡 10 人、伊朗死亡 620 人），受伤人数约为 8400 人。

2 主要地震事件

（1）2017 年 8 月 8 日四川省阿坝州九寨沟县 7.0 级地震

2017 年 08 月 08 日四川省阿坝州九寨沟县发生 7.0 级地震，引发大量滑坡等次生灾害，灾区涉及 5 个县（九寨沟县、平武县、松潘县、若尔盖县、红原县），造成直接经济损失 80.43 亿元。本次震区的活动断裂主要包括东昆仑断裂东段塔藏断裂与虎牙断裂。震区的大部分房屋均严格按照设防烈度要求建设，因此灾区房屋受损程度较小，人员伤亡数量远小于同等震级造成的平均死亡人数。

（2）2017 年 9 月 8 日、19 日、23 日，墨西哥分别发生 $M8.2$ 级、 $M7.1$ 级、 $M6.1$ 级三次地震

2017 年 9 月 8 日、19 日、23 日，墨西哥分别发生了 $M8.2$ 级、 $M7.1$ 级、 $M6.1$ 级三次地震。据墨西哥民防机构消息称， $M8.2$ 级地震是 1985 年以来墨西哥遭遇的最强烈地震，即便是在离震中遥远的墨西哥城，居民也感到了强烈的震感。这三次地震共造成 474 人死亡，约 6300 余人受伤，大量房屋损毁。地震发生同时，墨西哥城附近的波波卡特佩特火山也发生了小规模喷发。墨西哥位于环太平洋地震带东部以及北美洲板块、科科斯板块和太平洋板块交汇处。北美洲板块和科科斯板块在墨西哥南部相交，形成了一条与海岸线平行的深海沟。由于板块相交相互挤压，俯冲带地区一直是地震多发区。

（3）2017 年 11 月 12 日两伊边境发生 7.3 级地震

2017 年 11 月 12 日，两伊边境发生 7.3 级地震，伊拉克全国以及伊朗西部边境省份均有强烈震感。伊朗地处三个地震带的汇合点，全境基本处于欧亚地震带上，是一个地震多发的国家。同时，伊朗大部分建筑物抗震能力较差，房屋易倒塌。伊朗及其邻近地区（土耳其和阿富汗）位于活动的阿尔卑斯—喜马拉雅带上，其现代

构造活动是由于阿拉伯板块（包括沙特阿拉伯、波斯湾和伊朗的扎格罗斯山脉）和欧亚板块西部（欧洲、中东和伊朗内部）会聚运动驱使，伊朗扎格罗斯逆断层构成这两个碰撞板块的边界。扎格罗斯接纳了两个板块碰撞的力学变形，导致岩体褶皱断裂、在断层运动接合处的山脉抬升，以及频繁的地震活动。本年度的 7.3 级地震是伊朗近十年来造成人员伤亡财产损失最大的一次地震。

3 2017 年全球灾害地震主要特点

(1) 本年度强震活动频次较低，仅发生 8 次 7.0 级以上地震，地震灾害造成的人员伤亡也低于往年平均水平。

(2) 地震灾害相对集中，主要是位于地中海-喜马拉雅地震带的伊朗伊拉克交界地震、位于环太平洋地震带的墨西哥地震造成了较多人员伤亡。

(3) 灾区房屋抗震性能差是人员伤亡的主要因素。本年度震级相当的几次地震（九寨沟 7.0 级地震、墨西哥 7.1 级地震、伊朗伊拉克交界 7.3 级地震）由于地质条件、经济条件、房屋抗震性等因素的不同导致两次地震造成的人员伤亡数量有较大差异。墨西哥、伊朗房屋抗震性能较差，导致了非常严重的地震灾害，而中国九寨沟推行高标准的房屋建筑规范和抗震标准，且政府具有健全的应急响应机制及丰富的地震应急处置经验，加上民众防灾避灾意识较高，因此地震造成的人员伤亡较少。

主要参考文献

甄盟, 冯蔚, 王琳. 2017 年全球地震灾害概要. 国际地震动态, 2018, (7): 23-28.

(中国地震局地震预测研究所 冯蔚)

地学仪器设备与技术

英国投资 9200 万英镑开发独立卫星系统

2018 年 8 月 29 日，英国 Gov.uk 网站发布消息称，英国将投资 9200 万英镑，用于脱欧后开发独立的卫星系统，该系统将替代欧盟伽利略系统，为英国提供全面的导航服务。该笔资金将从英国 2017 年 30 亿英镑脱欧准备基金中拨出，将由英国航天局在国防部的支持下领导开展相关工作，项目时长将达 18 个月。

卫星导航系统对国家的重要性不言而喻，英国政府研究估计，持续破坏卫星导航将使英国经济每天损失 10 亿英镑。虽然英国政府已明确表示，希望继续参与“伽利略计划”，并正与欧盟委员会就这一目标进行谈判。但是，如果没有保证英国工业能够在现在和将来在平等的基础上进行合作，并且不能依赖于伽利略的军事功能获得必要的安全相关信息，英国将不得不终止参与该项目。为此，英国决定投资 9200 万英镑，开始部署完全满足英国的安全要求，并支持英国的主权空间和密码安全的卫星系统。这一重大的新投资将与英国国防部一起制定具体的技术建议，并在支持

军事功能方面充分发挥作用。为期 18 个月的工程、设计和开发项目将提供一个详细的技术评估结果以及一个英国全球定位系统的时间表，能够提供民用和加密信号，并与美国 GPS 系统兼容。英国工业部门在开发伽利略技术和加密技术方面发挥了重要作用，这一经验将用于开发此次替代卫星系统方案。

英国的航天工业正在不断壮大。在 7 月的法恩伯勒国际航展上，英国政府承诺提供 3150 万英镑支持苏格兰萨瑟兰的太空港开发及其商业运营，这可能将是欧洲第一次看到火箭从英国的土地上起飞。8 月 22 日，英国制造的风测量航天器“Aeolus”发射升空。此外，水平发射场在未来的英国航天市场也具有巨大的潜力，可以吸引来自世界各地的公司到英国投资。作为政府产业战略的一部分，低成本的太空进入对于英国蓬勃发展的太空部门来说非常重要。英国航天局正在推动航天部门的发展，作为政府工业战略的一部分，其主要措施包括在哈威尔的 9900 万英镑的国家卫星测试设施，而英国将会继续是独立于欧盟的欧洲航天局的最主要成员。

(刘文浩 编译)

原文题目: Space sector to benefit from multi-million pound work on UK alternative to Galileo

来源: <https://www.gov.uk/government/news/space-sector-to-benefit-from-multi-million-pound-work-on-uk-alternative-to-galileo>

地学研究机构

BGS 宣布建立世界一流地热能研究观测站

2018 年 8 月，英国格拉斯哥市议会和南拉纳克郡议会批准了在该市东部开发建设世界级地热研究观测站的计划。工作将于今年秋季（2018 年）开始。该观测站的研究旨在了解格拉斯哥大片废弃煤矿温热水域的地热能潜力。该观测站是由英国自然环境研究理事会（NERC）和英国地质调查局（BGS）领导的英国地球能源观测项目（3100 万英镑）中提出的两个观测站项目之一。

格拉斯哥地热能研究基地将使英国科学界能够研究地球表面下方的地热环境。这项投资将进一步加深对如何利用以前的工业遗产来帮助支持苏格兰对未来热量需求的了解。英国格拉斯哥地热能观测站的研究将为潜在的解决方案提供重要的证据，以及如何安全地实施这些解决方案并对环境产生最小的影响。在观测站点将进行各种深度的钻孔，为该地区地质和地下水系统的研究提供机会。同时，对钻孔的温度、水运移和水化学等参数进行测量，以及近地表化学、气体和水等的环境基线监测。这些研究将在 15 年左右的时间内进行。观测站将对整个英国科学界开放，来自最先进传感器的连续数据将从钻孔传输到在线门户网站，门户网站将公开、免费，并可以向公众、政府、监管机构、学术界和工业界开放，其产生的知识将有助于英国和国际新能源技术负责任的发展。

该观测站将允许对地下过程进行独立、严格和可复制的观测。该项目将提高观测和监测地下活动的能力，最大限度地提高能源效率并减少对环境的影响。它将有助于开发和研究新能源并将其推向市场。BGS 的这一创新项目是一个突破性的机会，可以从该地区的采矿遗产中探索地热能源的潜力，并为可再生热能源做出贡献。同时，可以促进合作伙伴和当地社区合作，促进经济可持续发展，低碳经济转变。

(王立伟 编译)

原文题目: Glasgow gives warm welcome to geothermal heat research

来源: <http://www.bgs.ac.uk/news/docs/GlasgowGeothermalEnergyResearchFieldSite.pdf>

前沿研究动态

科学家首次发现月球表面存在水冰的直接证据

2018 年 8 月 20 日,《美国科学院院刊》(PNAS) 刊发文章《月球极地地区表面暴露的水冰的直接证据》(Direct evidence of surface exposed water ice in the lunar polar regions) 称, 由美国夏威夷大学海洋、地球科学与技术学院 (SOEST) 的研究人员领导的一项研究发现了首个直接证据, 证明月球表面永久阴影区域 (PSRs) 的地表存在暴露出的水冰。该发现将有助于人类将月球作为太空宜居基地, 展开太空探索任务。

早在 20 世纪 60 年代, 科学家们曾提出水冰可能存在于月球、水星和谷神星的永久阴影区域。在过去十年里, 美国宇航局“月球勘测轨道器 (LRO)”和印度“月船一号”在月球两极发现了富含氢的区域。为了确定这些氢元素的来源, 研究人员分析了在 2008 年发射的印度“月船一号”任务中月球矿物制图仪 (M3) 所获得的数据。在这项研究之前, 没有直接证据表明月球表面有水冰。通常, M3 的测量方法反映了月球上被照亮的区域的光。在 PSRs 中, 没有直接的阳光反射, 所以 M3 只能测量这些区域的散射光。在没有大气层的情况下, 月球表面的光反射非常微弱, 为研究团队提供了一个微弱的信号。他们在 M3 数据中发现了吸收特性, 这些数据与实验室测量的纯水冰相似。研究人员进一步验证了其他数据集, 比如月球轨道激光测高仪 (LOLA)、莱曼-阿尔法地图项目 (LAMP) 和美国月球勘测轨道飞行器 (LRO) 的探测仪器的数据。研究人员表示, 与其他行星相比, 月球上的冰的分布不均和数量较少表明月球上水冰的传递、形成和保留过程是非常独特的。此次发现冰的分布在月球表面是非常不完整的, 探测到的冰的光谱特征表明, 它们是由蒸汽阶段的缓慢凝结形成的, 要么是由于撞击, 要么是来自太空的水迁移。

研究人员称, 考虑到月球是人类最近的行星邻居, 这为了解月球上水冰的形成过程提供了一些线索, 可帮助了解地球和整个太阳系的水的起源。未来的月球探索的主要任务是检查整个月球的 PSRs, 绘制出所有的水冰, 并了解月球上产生水的过

程。这项工作为未来的月球探索提供了一个路线图，特别是水冰作为一种资源的潜力。如果月球表面确实有水，那么未来太空飞船就不必携带大量水，从而大幅降低了发射成本。这使得月球在人类移民生活方面更加可行，或者未来可将月球作为完成在太阳系勘测其他星球的任务基地。

（刘文浩 整理）

原文题目：Direct evidence of surface exposed water ice in the lunar polar regions

来源：<http://www.pnas.org/content/115/36/8907>

Science 发文指出单个注入井可诱发 10 公里外的地震

2018 年 8 月 31 日，美国加州大学圣克鲁斯分校的研究人员在 *Science* 上发表文章《全球范围内注入井诱发地震活动的空间足迹》（The spatial footprint of injection wells in a global compilation of induced earthquake sequences），文中指出该研究得出与传统观点相悖的结果，即向沉积岩注入流体引发的地震强度更大，影响距离更远。

研究人员整理并分析了世界各地与注入井明显相关的地震活动数据，发现单个注入井可能会导致距井 6 英里（10 公里）外的地震。并且，相较于地下基岩，向沉积岩中注入流体引发的地震强度更大，影响距离更远。研究人员表示，该发现使得当前针对水力压裂、废水处理和地热井等的施工建议很可能都需要进一步改进，即目前的建议都是优先向沉积岩中注液，而这是有问题的。然而，并不是说基底岩石就是安全的，因为在基底岩石中仍有可能存在可诱发大地震的断层。但在基底岩石中，由于空间印迹较小，这种可能性更低。问题的关键就在于注入井附近诱发地震活动的空间印迹。

研究人员描述了两种作用于基底岩石和沉积岩的不同物理机制诱发地震活动的不同模式。第一种模式，流体注入到于基底岩石，地震往往发生在注入井周围的密集区域，离注入井较远的地方，地震急剧减少。另一种模式，流体注入到沉积岩，诱发的地震活动随着离井的距离增大而降低，但是地震发生的距离却远得多。

注入井诱发地震的物理机制被认为是岩石孔隙中流体压力增加的直接结果，这会使断层更容易出现滑移。研究人员认为，这种机制可以解释向基底岩石注入流体时所观察到的地震活动的空间模式，但沉积岩的情况则不同（孔隙弹性耦合）。

当工程人员将水注入地层时，它会对周围的岩石产生挤压作用，进而在岩石中产生弹性应力，这可以使水在不进入断层的情况下，就能在一定距离对断层施加压力。因此，如果孔隙弹性占主导地位，地震活动产生的空间印迹更广。而结晶性基底岩石比沉积岩更坚硬，孔隙率更低。因此，孔隙压力的增加仅限于油井周围孤立的点位，这些点位与整个应力场的耦合程度很低。

研究人员表示，该发现有助于解释俄克拉何马州等地区诱发地震的情况。俄州等地区的油气田中有许多注入点。自 2010 年以来，俄州发生地震的次数急剧增加一

一目前该地区每年发生的地震比加州还多。然而，由于俄克拉何马州的注入井太多，无法分隔单个井的影响，因此该研究中并没有将俄州的注入点包括在内。研究人员进一步指出，在俄克拉荷马州，当地的工程人员选择在基底上方的高孔隙率沉积单元处注液，由此产生的弹性应力可以在很长距离内传递——甚至 10 公里外的大型基底断层都可能被其激活。

(刘学 编译)

原文题目: The spatial footprint of injection wells in a global compilation of induced earthquake sequences

来源: <http://science.sciencemag.org/content/361/6405/899>

数据与图表

EIA：全球 30% 原油贸易需要经过南中国海

2018 年 8 月 27 日，美国能源信息署（EIA）研究指出，2016 年通过南中国海的原油总量中，超过 90% 是通过马六甲海峡的，这是非洲和波斯湾供应国最短的海上航线，也是亚洲市场的主要海上航线之一。这使它成为世界上主要的石油运输咽喉要道之一。此外，大量原油（约 140 万桶/天）在前往新加坡和马来西亚半岛西海岸的途中经过此海峡，在那里经过提炼，然后以石油产品的形式在南中国海中转（图 1）。



图 1 通过南中国海运输的原油的主要流向（2016 年）

南中国海是原油的主要贸易通道，2016 年，全球海上原油贸易的 30% 以上，即每天约 1500 万桶，通过这里运输。南中国海是中东地区的主要贸易通道，2016 年中国南海原油总出货量中占比超过 70%（图 2）。沙特阿拉伯是最大的原油来源，占穿越南中国海的原油的近 1/4。2016 年，沙特阿拉伯的全球原油出口中，有超过一半是通过南中国海进行的。

在 2016 年 1 月联合国解除对伊朗原油出口制裁之前，伊朗的大部分出口都严重依赖亚洲市场。制裁解除后，伊朗可能再次向欧洲出口原油。然而，在那一年，南中国海仍占伊朗原油出口的 52%。

与南中国海接壤的一些地区国家也对整个地区的原油出口做出了贡献。印度尼西亚和马来西亚加在一起，占了 2016 年通过南中国海的原油装载量的 5%，以及原油收入的 2%。这些国家通过南中国海的大部分原油出口到其他国家。然而，随着货物在每个国家的东部和西部港口之间移动，一些国内贸易也跨越了南中国海的南部。2016 年，新加坡在南中国海的原油装载量占到两成，占原油收入的 1%。虽然新加坡不生产原油，但它是提炼原油、储存和转运原油和石油产品的主要枢纽。2016 年，95%的新加坡原油出口通过了南中国海。这些原油大部分来自中东，大约一半运去了中国。中国、日本和韩国这三个原油进口量最大的国家，占 2016 年南中国海总原油进口量的 80%。中国 2016 年海上原油运输中，约有九成是通过南中国海运输的。

过去几年，由于中国强劲的能源需求增长和原油生产停滞，中国的原油进口大幅增加，中国最近超过美国，成为全球最大的原油进口国。这些增量中有很很大一部分是从俄罗斯东部通过管道输送到中国北方。2016 年，日本和韩国进口的原油中，约有九成是通过南中国海运输的。日本和韩国的大部分进口都来自中东的供应商，它们通过马六甲海峡和南中国海运输。

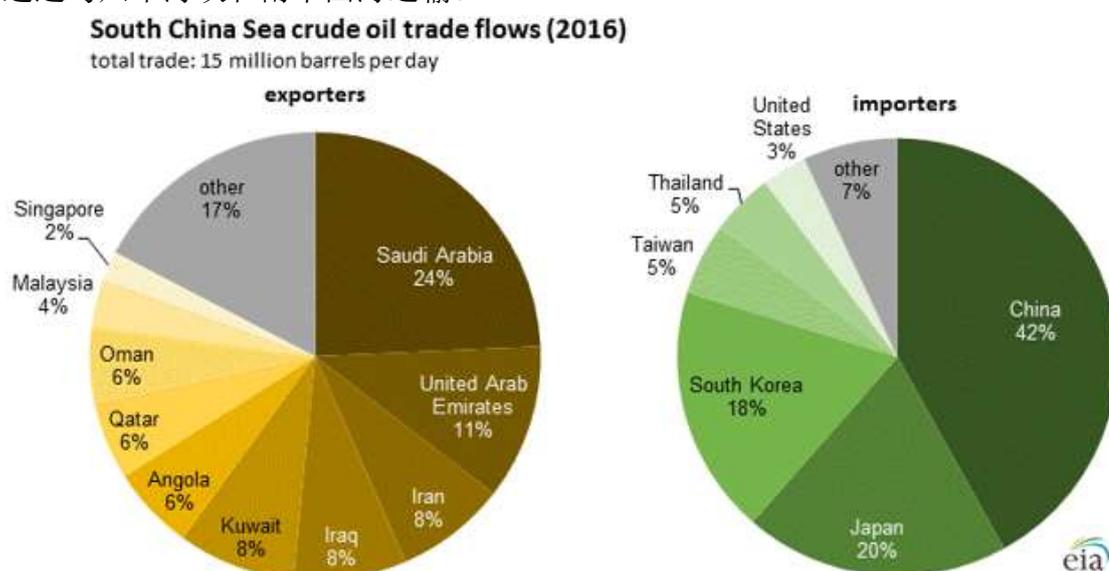


图 2 2016 年南中国海原油贸易流向

(王立伟 编译)

原文题目: More than 30% of global maritime crude oil trade moves through the South China Sea

来源: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=36952>

《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、8270063

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