

科学研究动态监测快报

2017年10月15日 第20期（总第266期）

地球科学专辑

- ◇ 美国智库 RFF 提议利用跨境合作推进北美能源市场发展
- ◇ 澳大利亚发布油气路线图
- ◇ WMO 宣布启动全球水文状态监测与预测系统计划
- ◇ 墨西哥地震预警系统在 8 级地震中发挥重要作用
- ◇ Science: 人类无法提前发现大地震
- ◇ 数据库显示人类活动引发的地震正在增长
- ◇ 美国能源部宣布 9 个新项目以推进稀土元素技术开发
- ◇ BRGM 关注计算地球科学不确定性的定量化分析
- ◇ 英国 North Cheshire 成为地下观测新站点
- ◇ 国际研究团队提出类地行星形成的热管模式机制
- ◇ IEA 发布《世界能源统计 2017》

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

战略规划与政策

美国智库 RFF 提议利用跨境合作推进北美能源市场发展	1
澳大利亚发布油气路线图	2
WMO 宣布启动全球水文状态监测与预测系统计划	3

地震与火山学

墨西哥地震预警系统在 8 级地震中发挥重要作用	4
Science: 人类无法提前发现大地震	5
数据库显示人类活动引发的地震正在增长	6

矿产资源

美国能源部宣布 9 个新项目以推进稀土元素技术开发	7
---------------------------------	---

前沿研究动态

BRGM 关注计算地球科学不确定性的定量化分析	8
英国 North Cheshire 成为地下观测新站点	9
国际研究团队提出类地行星形成的热管模式机制	10

数据与图表

IEA 发布《世界能源统计 2017》	11
---------------------------	----

战略规划与政策

美国智库 RFF 提议利用跨境合作推进北美能源市场发展

2017 年 9 月，美国知名智库未来能源研究所（RFF）发布报告《北美能源展望：利用跨境合作》（North American Energy Outlook: Capitalizing on Cross-Border Collaboration），详细分析了加拿大、墨西哥和美国如何最大限度地发挥进一步的合作，并对确保北美能源政策协调一致提出了一些建议。

近年来，美国、加拿大和墨西哥的能源市场和政策发生了巨大改变，目前北美自由贸易协定（NAFTA）正在进行重新谈判，三国存在许多机会加强合作。不过，目前的环境法规和政策受到了更多的关注，包括环境影响评估、许可审批程序、墨西哥湾深水钻井规范以及旨在减少二氧化碳和甲烷排放的法规。

1 基础设施许可过程

新能源基础设施是北美能源市场高效整合的基础。导致选址和施工延误的国家政策应成为惠益成本分析的主要目标。RFF 建议，三国应该检查跨境基础设施许可过程中的相似和差异，包括与环境影响报告相关的过程。每个国家需要对主要的选址和基础设施项目进行评估，然后再做出决定。三个国家在这些相互竞争的利益之间取得平衡，不仅可以在行业和监管机构方面确定环境影响报告所需的长度和宽度，而且还要进行一贯彻底的审查，以确保环境和社会利益得到充分的考虑。RFF 认为，从长远来看，协调环境影响报告政策可以改善合作成果，同时降低石油和天然气行业的监管负担。

2 甲烷排放减排

2016 年，三国宣布了“北美气候、清洁能源与环境伙伴关系行动计划”，承诺到 2025 年将甲烷的排放量减少 40%~45%，并通过合作实施零燃油 2030 计划。甲烷既是能源商品本身，也是气候污染物，会导致全球变暖。因此，RFF 认为这三个国家在单一的北美限额交易体系下，环境和经济情况都可以用来调节甲烷排放率，并采用可比较的方法。RFF 建议，改善这一领域的监管协调和信息共享，包括查找和修复甲烷泄漏，同时终止在能源商品开发期间故意排放（直接排放）和燃烧甲烷的做法，可以使三个国家受益。监管一致可以降低合规成本，终止浪费，改善环境。

3 气候变化政策和展望

虽然目前与美国联邦政府加强合作不太可能，但是，RFF 提出一些美国的城市和州有可能与加拿大、墨西哥政府开展合作。不管美国的国家气候政策如何，各级

北美政府不应该忽视协调应对气候变化政策的长远机遇和好处。美国和墨西哥之间的能源贸易互惠互利以及美国与加拿大之间长期以来的关系得到越来越多的收益，RFF 认为，目前的协议致力于所有国家在能源方面的优势互补。从图 1 可以看出，美国几乎将所有的天然气出口到了墨西哥和加拿大，事实上，墨西哥和加拿大原油也在过去 20 年中越来越多的取代了美国从其他国家的进口。

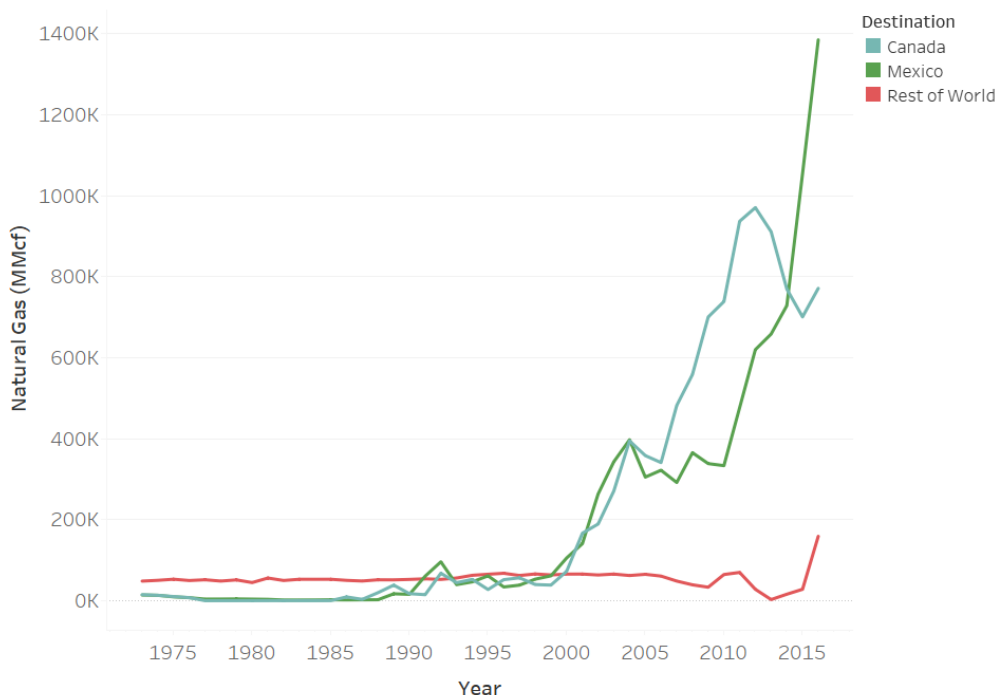


图 1 1973—2016 年美国天然气出口情况

总之，加拿大、墨西哥和美国在加强能源政策协调，以及协调其他基础设施与气候问题、水、交通运输和安全等方面可以进行充分的协调合作，而正在进行的 NAFTA 将为继续扩大这些努力提供更多机会。

(刘文浩 编译)

原文题目：North American Energy Outlook: Capitalizing on Cross-Border Collaboration

资料来源：<http://www.rff.org/research/publications/north-american-energy-outlook-capitalizing-cross-border-collaboration>

澳大利亚发布油气路线图

2017 年 10 月 3 日，澳大利亚联邦科学与工业研究组织（CSIRO）发布报告《揭示澳大利亚未来增长机遇的油气路线图》（*Oil and Gas - A Roadmap for unlocking future growth opportunities for Australia*），该路线图结合了油气运营商、服务商和政府机构的高层管理人员的观点，以及与数十位来自大学和 CSIRO 的技术专家的访谈。报告中阐述了全球油气行业的趋势、澳大利亚油气行业的优势与挑战以及澳大利亚油气行业未来发展的 4 个增长途径，以下就该报告的主要内容作简要介绍。

1 不断变化的全球形势

尽管取得了成功，但澳大利亚石油和天然气部门面临着许多挑战。全球趋势和国内挑战都要求对油气勘探和生产以及能源行业的未来进行新一轮的思考，克服这些需求将需要创新和新的合作战略。

2 石油和天然气行业的愿景

澳大利亚石油和天然气行业有潜力成为具有全球竞争力、可持续的、合作以及创新的行业，该行业可以完全满足国内能源需求，并在能源出口市场保持领先地位。

3 实现途径

“石油和天然气路线图”确定了由科学技术支撑的 4 个高速发展的实现途径。

(1) 更经济有效地勘探和开发：提升勘探成功率；改进钻井和完井；提高油气回收率。

(2) 使用数字和自动化解决方案来改善流动资产的经济性：机器人、自动化和远程操作；优化运营和供应链。

(3) 着眼于先进的环保技术，进一步降低对空气和水的影响：水质和水的循环利用；减少温室气体排放；环保技术的有效性。

(4) 识别多样的商业模式和代表新收入来源的产品，例如更多样化的具有更高价值的产品，如氢。综合的能源服务；小型和微型液化天然气与小型和边缘区域的小型浮式液化天然气；液化天然气的重型车运输；高价值产品。

(刘学 编译)

原文题目：Oil and Gas - A Roadmap for unlocking future growth opportunities for Australia

来源：<http://www.csiro.au/~media/Do-Business/Files/Futures/RoadmapOilGasFull.pdf?la=en&hash=6F94471767284EA52EFABF99BD295E29EE6FF081>

WMO 宣布启动全球水文状态监测与预测系统计划

2017 年 9 月 27 日，世界气象组织宣布启动世界首个全球水文状态监测与预测系统（Hydrological Status and Outlook System, HydroSOS）建设计划，旨在为全球有效应对洪水与干旱灾害提供支持。整个系统建设周期为 4 年。

全球所面临的洪水与干旱灾害风险正日益加剧。据世界资源研究所（WRI）预测，未来 15 年全球面临洪水灾害风险的人口将由现在的 2000 万人增长至 5000 万人；与此同时，据世界经济论坛（WEF）估算，全球每年因干旱所导致的农业及相关经济损失高达 80 亿美元。但迄今为止，由于没有全球性的水文监测、模拟及报告系统，科学家尚无法对即将发生的洪水或干旱灾害进行预警。对此，WHO HydroSOS 计划负责人 Alan Jenkins 教授指出，鉴于气候变化及全球人口激增所带来的诸多挑战，

建立能够获知地表及地下水系统当前状态及其未来数周或数月变化的全球监测与预测系统就显得愈发紧迫。

HydroSOS 系统的建设将依托 WHO 水文监测、数据共享以及季节性气象与水文预报计划，将全面整合局地的地基数据、全球尺度的卫星遥感数据、全球、区域及国家天气与气候预报模型以及全球水文模型，系统建成后将面向全球特别是受洪水和干旱灾害影响的地区提供有效的水文信息，以使政府部门、区域及国际援助机构以及受影响民众及时获知洪水或干旱灾害情况。此外，在系统建设过程中，科学家还将评估 HydroSOS 系统如何推动联合国可持续发展第六目标的实现，该目标强调通过保证水安全、卫生条件以及对淡水生态系统的合理管理而实现人类健康、环境可持续性以及经济繁荣的重要性。

(张树良 编译)

原文题目: Building the first Global Hydrological Status and Outlook System

来源: <https://public.wmo.int/en/media/news/building-first-global-hydrological-status-and-outlook-system>

地震与火山学

墨西哥地震预警系统在 8 级地震中发挥重要作用

2017 年 9 月 7 号晚 11 点 50 分 (墨西哥时间), 墨西哥发生 8.1 级地震 (美国地质调查局测定结果), 震中位置位于墨西哥恰帕斯州西南方向约 137 km 处, 震源深度 19 km。墨西哥民防机构称, 这是 1985 年导致数千人死亡的强震以来, 墨西哥遭遇的最强烈地震。

在地震来袭前, 预警系统向墨西哥城的 2000 万人发出了警报。当收到警报的人们感受到大地震带来的震动时, 很多人已经远离了颤抖和摇晃的建筑物, 跑到了街道上或者公园里。在过去的二十多年里, 墨西哥地震预警系统 CIRES 利用部署在太平洋沿岸 (这一区域地震风险最大) 的一百个传感器持续为这座城市提供着灾难预警服务。

地震波从震中传播到墨西哥城需要 1 分钟的时间, 因此地震预警系统可以提供 1 分钟左右的应急响应时间, 而对于居民而言, 这主要取决于其相对于震中的位置。一旦监测到地震, 预警系统就会发出无线电波, 触发学校、政府部门和办公室的警报, 同时, 自动中断无线电广播。而在 1985 年的那次 8 级地震中, 这样的技术则是不可行的。尽管如此, 墨西哥城还是非常容易遭受破坏, 因为其坐落在古湖床之上, 相对松散的土壤使其相对于强烈的摇晃而言非常脆弱。

CIRES 使用的服务器安装在一个旧的三层房屋中, 对任何会触发警报的地面震动进行持续稳定的记录。在屏幕上, 技术人员可以查看不同传感器的实时状况。自 1993 年系统开始运行以来, CIRES 共发布了 60 多次 6.0 级以上地震的警报。但是,

警报系统并不是安全的绝对保证，特别是其半夜触发的时候，大多数人处于睡眠状态。幸运的是，尽管此次墨西哥 8 级地震发生在晚上，但是人们仍在很大程度上处于清醒状态，能够较快地躲入相对安全的区域。

近年来，基于智能手机的地震预警技术也开始在墨西哥得到应用，用户可以通过 SkyAlert 或 Alerta Sismica DF 等应用程序接收警报。地震发生两秒钟后，SkyAlert 将会发送“地震警报”到手机上。该应用程序最初在 2013 年推出的时候，与 CIRES 系统相连，但其创始人从日本购买了属于自己的传感器后，将其部署在了太平洋海岸。在之后的几年里，该应用很快流行起来，目前其免费版本有 300 多万用户，付费版本则允许用户对警报进行自定义。该应用程序依赖高速网络发出警报，而不是通过电话线路，因此其创始人认为可靠性有保证。但是，对于此次墨西哥遭受的一个世纪以来的最大地震而言，SkyAlert 却没有发出任何声音。

(赵纪东 编译)

原文题目: Mexico's alert system plays its part as quake strikes

来源: <https://finance.yahoo.com/news/mexicos-alert-system-plays-part-quake-strikes-65049654.html>

Science: 人类无法提前发现大地震

所有地震在开始时看起来都一样，使人类无法预测哪些地震会带来早期观测造成的最大破坏。地震预警系统依赖于地震仪在主震开始之前监测到震动，并对附近城市发出警报。即使是几秒钟的警告也可以为个人和医院等组织带来很大的不同。例如，墨西哥地震预警系统在 2017 年 9 月 19 日的 7.1 级地震之前就给了所有人提供了 10~15 秒的响应时间。

但是，加州理工学院的研究者 Men-Andrin Meier 表示，麻烦的是，这种预警系统依赖于早先部署的地震仪的读数来估计地震的大小，因此他希望通过研究过去的地震能够发现大地震和小地震在起始时的不同，进而使得这些系统可以提早发现真正的大地震。但研究结果表明，这样的希望是不现实的。相关研究成果于 2017 年 9 月底在线发表于 *Science*。

当地震突然发生时，他们不会立刻达到最大能量并以此强度开始蔓延。相反，他们起始于一个小区域，然后沿板块边界以每秒几公里的速度传播。这些运动决定了一个地区会受到多大的影响，以及有多么严重。

地震开始之后，持续不断地增强，直至高峰，然后以相对称的方式衰减。大多数模型都认为地震强度的增长在地震开始后加速，但是，当 Meier 和他的同事分析了过去 30 年来最大地震中的 116 次地震后，他们发现，这些地震都以稳定的速度增长，无论其最终的大小如何。同时，在不同大小的地震达到峰值强度之前，统计学上无法区分。

但是，Meier 找到了一种估计地震最终最小规模的方法。他认为，一次不断增强的地震的最终规模将至少是其当前规模的两倍。因此，在生长阶段达到 7.2 级的地震在达到峰值之前，至少会达到 7.4 级。

整体而言，尽管在监测地震事件和评估特定地区的风险方面取得了一些进展，但提前几小时或几天的长期地震预报还有很长的路要走。地震学家大概知道地震可能发生的地点，但是无法预测何时，以何种方式发生，比如，在墨西哥发生 8 级地震之后，没有人知道 7.1 级地震会在一个星期后再次来临。

主要参考文献:

- [1] There is no way to spot big earthquakes ahead of time
<https://www.newscientist.com/article/2148212-there-is-no-way-to-spot-big-earthquakes-ahead-of-time/>
- [2] The hidden simplicity of subduction megathrust earthquakes
<http://science.sciencemag.org/content/357/6357/1277.full>

(赵纪东 编译)

数据库显示人类活动引发的地震正在增长

2017 年 10 月 4 日，英国的研究团队在《地震研究快报》(*Seismological Research Letters*)上发表文章《HiQuake: 人为地震数据库》(HiQuake: The Human - Induced Earthquake Database)，文中指出人类活动引发的地震正在增长，几乎占了人为地震数据库 (HiQuake) 中 730 个地震类别，采矿项目 (37%) 和大坝蓄水 (23%) 是最常见的诱发地震的原因，但使用水力压裂的非常规石油和天然气开采项目，现在是数据库的常客。

研究人员表示，由于岩石断裂，任何成功的水力压裂操作都会诱发微震。近年来，水力压裂钻孔的数量有所增加，因此在成功的水力压裂钻孔数量和相关的微震数量之间有明显的趋势。重要的趋势是，在水力压裂钻孔和异常大地震之间，最有可能与重新激活先前存在的地质断层有关。其他与非常规能源开采有关的人类活动也有助于诱发地震。地震中最明显的诱发地震的趋势是废水处理项目数量的增加。这一增长与美国增加的废物处理活动是一致的。

为了建立数据库，研究团队分析了同行评议的文献、学术报告、媒体文章、工业和政府报告，这些项目的科学证据表明，人类活动是地震序列中的重要原因。数据库中的每个条目对应于一个项目或项目的阶段。这些项目可以追溯到近 150 年前，最大的观测震级分别为 3 级和 4 级。该数据库中最大的诱发地震是 2008 年发生在中国的 7.9 级汶川地震，该地震震中仅距紫坪铺水库几公里。地震研究人员最初很惊讶地发现，这样的大地震是由诱发引起的，但是这些地震中释放的大部分压力都是

自然构造的成因，人类活动只是释放这种累积压力的最后一根稻草。

研究人员指出，因为地热能开发和二氧化碳排放储存的项目越来越普遍，未来人类活动在地壳上的作用很可能增多。此外，采矿项目可能会变得更大、更深、更广泛，地表水蓄水池更常见，而更大范围的建筑则可以用来满足世界日益增长的人口和资源需求。也许有一天，在地震灾害和资源需求之间需要平衡。

(刘学 编译)

原文题目: HiQuake: The Human - Induced Earthquake Database

来源: <http://srl.geoscienceworld.org/content/early/2017/10/02/0220170112.full>

矿产资源

美国能源部宣布 9 个新项目以推进稀土元素技术研发

2017 年 9 月 28 日，美国能源部 (DOE) 公布了 9 个新的稀土元素技术研发项目，投资约 400 万美元，旨在改善从煤炭及煤炭副产品中提取、分离和回收稀土元素 (REEs)，以改善美国的技术、环境和经济绩效和国家安全现状。这些新项目将由美国国家能源技术实验室主管。上述 9 个新项目将集中于 3 大领域 (详见表 1)。

表 1 9 个新的稀土元素技术开发项目的具体信息列表

项目名称	负责机构	DOE/非 DOE 资助额 (美元)	总资助额 (美元)
领域 1: 关于初级稀土元素提取的高新技术研发, 浓度 $\geq 2\%$			
从利用煤燃烧副产品的酸性矿废水中浓缩稀有稀土元素。	美国俄亥俄州立大学与政府机构	399967/145985	545952
从酸性矿废水污泥中低成本回收稀有稀土元素	美国三角研究院	400000/100000	500000
运用高温等离子处理法从煤炭中回收高价值关键性稀有稀土元素	肯塔基大学研究基金会	322352/82617	404969
从煤灰中提取和回收稀有稀土元素和清洁的高附加值产品	北达科他大学	400000/108812	508812
研发一种从含煤的粘土和岩石中回收关键性重稀有稀土元素的高效提取方法	弗吉尼亚理工学院	400000/100000	500000
领域 2: 最优化关于初级稀土元素提取的先进分离技术, 浓度 $\geq 2\% \sim 10\%$			
从煤炭资源中经济提取、回收和改进稀有稀土元素	犹他大学	399200/99800	499000
将从碳灰中提取和回收稀有稀土元素的热液提取技术和有机配体相关介质回收技术相耦合	韦恩州立大学	430922/112857	543779
领域 3: 改进高纯度稀有稀土提取技术, 浓度 $=90.0\% \sim 99.99\%$			

通过电解冶金法从煤灰中回收高纯度稀有稀土元素	巴特尔纪念研究所	674940/200000	874940
从酸性矿废水源头回收稀有稀土元素	西弗吉尼亚大学研究公司	644060/220198	864258

(刘学 编译)

原文题目: DOE Announces Nine New Projects to Advance Technology Development for the Recovery of Rare Earth Elements from Coal and Coal By-products

来源: <https://energy.gov/fe/articles/doe-announces-nine-new-projects-advance-technology-development-recovery-rare-earth>

前沿研究动态

BRGM 关注计算地球科学不确定性的量化分析

2017 年 9 月 26 日, 法国地质研究与矿产局 (BRGM) 发布消息称, 将于 2018 年 1 月 15—17 日在法国奥尔良举办“计算地球科学不确定性量化研讨会”。此次研讨会将是计算地球科学领域针对计算不确定性量化的重要会议。

近年来, 随着与地球科学相关的建模活动的不断增加, 无论从自然资源开发到环境和自然灾害评估等相关领域, 都充满了大量的模型和工具。研究和计算领域的技术进步使得对更复杂问题的更准确的模拟计算成为可能, 它们能够提供地球科学物理过程的精确模拟, 但是不确定性量化 (Uncertainty Quantification, UQ) 的评估和验证却更费成本, 而其已在各类建模 (模型开发, 校准和验证, 决策等) 中得到了广泛的应用。从本质上来讲, 地震、洪水、山体滑坡、火山、地下水资源、矿产开发等领域的计算地球科学的不确定性是固有存在的。尽管计算能力不断增长, 但是, 普遍存在的 UQ 仍然是计算地球科学领域的重大挑战。过去几年里, 为了提高模拟结果的可信度, 研究人员已经提出了多种多样的方法来开发新的工具, 部分模型甚至集成了数学、统计学、地质学、地球物理、地理学、气候学、水文学等多个学科领域的知识。在这种多领域集成研究的背景下, BRGM 决定举行这次研讨会, 旨在汇集和促进科学家、学术、从业人员以及涉及这个复杂跨学科主题利益相关方的多元化团体之间的交流。研讨会将通过专题会议和小组讨论, 为计算地球科学在未来几年的发展搭建交流的平台。会议将举办两天, 主要关注以下 4 个领域的 UQ 方法的适用性和成败分析, 包括

- (1) UQ 在地球过程相关的自然风险中的应用;
- (2) UQ 在水文气象过程中的应用;
- (3) UQ 在自然资源 (水和矿产) 勘探开发中的应用;
- (4) UQ 的方法和理论发展。

会议注册网址: <http://www.brgm.eu/content/symposium-on-uncertainty-quantificati>

on-computational-geosciences-registration-form#overlay-context=news-media/symposium-on-uncertainty-quantification-computational-geosciences

(刘文浩 编译)

原文题目: Symposium on Uncertainty Quantification in Computational Geosciences

来源: <http://www.brgm.eu/news-media/symposium-on-uncertainty-quantification-computational-geosciences>

英国 North Cheshire 成为地下观测新站点

基于 2017 年 8 月 14 日英国地质调查局 (BGS) 发布的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 (Glasgow) 作为地热能研究开发计划新的站点后, 2017 年 9 月 26 日, NERC 宣布了英国北柴郡 (North Chester) 成为地下观测的另一个新站点。BGS 已经证实, 北柴郡的 Ince 沼泽地区是柴郡能源研究站点的首选地点, 这将为地热能资源研究提供重要的证据。

英国地球能源观测项目将从这两个研究地点 (柴郡能源研究站点和格拉斯哥能源研究站点) 收集新的地热能研究信息, 它们将共同支撑能源技术的发展, 并促进对地球深部环境的了解——现代社会广泛应用于水、管道、隧道、建筑材料、垃圾填埋场、排水系统等场所。柴郡能源研究站点将吸引世界一流的地质学家、工程师和其他科学家进行能源相关研究。这项研究将促进我们对碳储存、能源储存、废物储存和页岩气储存所需技术和科学的了解。该站点将加强英国西北部能源的研究能力, 并促进该地区的国家科学基础设施建设。

自 2016 年以来, BGS 一直在模拟 Ince 沼泽地区的地质情况, 以确定其是否适合地质和能源技术研究。通过对当地地质情况的广泛研究, 以及与土地所有者和当地居民的协商, BGS 可以确认 Ince 沼泽地区为首选位置, 因为该地区可以实现以下目标:

(1) Ince 沼泽为研究人员提供了一个复杂的地质环境, 使他们能够研究不同岩石类型在不同深度下的行为方式。

(2) 北柴郡也有陆上油气许可证, 运营商积极勘探该地区, 这将吸引一些世界上最好的科学家和工程师。

(3) 研究人员需要地下环境来开发低碳能源技术, 以满足碳储存、能源储存、地热能开发、氢气生产或低碳能源生产的需求。

(4) 这项投资将为行业、学术界、监管机构、政府和公众提供打破能源科学新领域的工具, 开发更好的低碳解决方案, 以保护环境。

(王立伟 编译)

原文题目: New North Cheshire energy research site to be UK's 'eyes and ears of the underground

来源: <http://www.nerc.ac.uk/press/releases/2017/30-cheshire/>

国际研究团队提出类地行星形成的热管模式机制

2017年9月15日，来自美国汉普顿大学、美国国家航空航天局和香港大学的研究团队在《地球和行星科学通讯》(*Earth and Planetary Science Letters*)发表文章《热管模式的行星》(Heat-pipe planets)，科学家们提出了对类地行星内冷却和传热机制的新见解，以及其对地壳上火山地带演化的影响。

根据木卫一（木星卫星埃欧）因潮汐热所带动的火山活动模式，科学家假设太阳系内类地行星（特别是水星、金星、月球和火星）的地质史和早期星体经历过的热管模式(heat-pipes)相符，继而提出以这热管冷却模式解释各类地星体表面的共同特征。研究人员表示，热管模式能帮助人们理解所有类地星体的演化。如果此推论得以证实，则可与板块构造论、岩浆海(magma oceans)和解释月球形成的大碰撞理论相提并论。

研究团队认为类地行星和地球早期的演化皆涉及热管冷却过程，并显示了星体由岩浆海过渡至不活动刚性盖层或板块运动的过程。星体内的热导管通过地幔熔化和岩浆上升将热量由其内部传递至表面，并引起火山岩浆喷发，重建整个星体的表面，并将较老的岩层覆盖并继续向下推移，形成冷冻而坚固的厚岩石圈。

研究团队重新审视现时有关类地星体表面形成过程的观测及发表过的模型，探讨了一些重点难题并展示了热管模式如何套用于所有类地星体的演化。由于太阳系内各个类地星体外观不尽相同，所以传统观点大多认为这些星体是以不同的过程形成外壳的。如果该团队的分析被认可，则能为太阳系内及系外的类地行星的早期演化过程提供一个通用模型。

水星表面有一些难以辨识的爆发中心岩浆平原，研究团队认为热管模式曾于水星第一个十亿年的演化过程中发挥作用。金星的表面亦被数百公里长的岩浆平原覆盖，虽然其热流量并不足以令活跃的热管冷却过程维持至今，但研究团队相信其厚实的惰性盖层正是于数亿年前停止的热管模式的产物。火星表面最重要的特征是大型的火山、被陨石坑覆盖的古老地域，以及其由地势较高的南半球与地势较低的北半球组成的二分法地形。虽然此二分法地形的形成仍是未知，但研究团队认为由早期热管模式火山活动所造成的坚固地壳有助于保留此古老特征。同样，月球的形状并不符合静压平衡，而早期形成的坚固外壳是造就这些形状保存的先决条件。因此，科学家认为星体拥有坚固的岩石圈是热管模式曾经作用的证据。

团队结合来自类地星体的地质、地球化学和地质年代学证据以证明热管模式是地壳形成和表面重修的首要机制。这个假说为未曾经历板块运动的类地行星表面的共同特征提供了统一解释，因此应被视为星体演化过程中的关键要素。

(刘学 编译)

原文题目: Heat-pipe planets

来源: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012821X17303242?via%3Dihub>

数据与图表

IEA 发布《世界能源统计 2017》

2017年8月,国际能源署(IEA)发布报告《世界能源统计 2017》(World Energy Statistic 2017),系统介绍了全球能源领域(包括煤炭、天然气、石油、电力等)的相关统计数据。数据范围涵盖了150个国家个地区的能源供应和消费,包括所有的经合组织国家(OECD)以及其他100多个能源生产国和消费国,以及世界和区域的各种能源总量。该报告详细列出了2015年各个国家详细数据,以及各部门生产、贸易和消费的具体数据。此外,还提供了OECD国家2016年的临时数据(provisional data),以及2016年初期非OECD国家天然气、原煤和石油生产和贸易的估计值。本文简要整理了介绍报告中重点能源领域的相关数据,以供参考。

表1 原油生产总量及进出口情况

生产	单位/10 ⁶ t	占全球比例 /%	出口	单位/10 ⁶ t	进口	单位/MT
沙特阿拉伯	583	13.5	沙特阿拉伯	369	美国	348
俄罗斯	546	12.6	俄罗斯	243	中国	333
美国	537	12.4	伊拉克	148	印度	203
加拿大	220	5.1	阿拉伯联合 酋长国	125	日本	165
伊朗	200	4.6	加拿大	116	韩国	139
中国	200	4.6	尼日利亚	104	德国	91
伊拉克	191	4.4	科威特	100	意大利	67
阿拉伯联合 酋长国	182	4.2	委内瑞拉	98	西班牙	65
科威特	159	3.7	安哥拉	86	新西兰	59
巴西	135	3.1	伊朗	64	法国	57
世界其他地 区	1368	31.8	其他国家	539	其他国家	514
全球共计	4321	100	全部	1992	全部	2041
2016年临时数据			2015年数据		2015年数据	

表2 全球天然气生产及进出口情况

生产	单位 /10 ⁹ m ³	占全球比例 /%	出口	单位/10 ⁹ m ³	进口	单位/10 ⁹ m ³
美国	749	20.7	俄罗斯	205	日本	116
俄罗斯	644	17.8	卡塔尔	117	德国	79
伊朗	190	5.3	挪威	115	中国	69
加拿大	174	4.8	加拿大	61	意大利语	65
卡塔尔	165	4.6	安哥拉	54	土耳其	46
中国	137	3.8	土库曼斯坦	53	韩国	44

挪威	121	3.3	澳大利亚	41	墨西哥	43
安哥拉	92	2.5	印度尼西亚	34	法国	43
沙特阿拉伯	90	2.5	马来西亚	24	应该	38
澳大利亚	88	2.4	尼日利亚	23	西班牙	28
世界其他国家	1163	32.3	其他国家	142	其他国家	286
全球共计	3613	100	全部	869	全部	857
2016 年临时数据			2016 年临时数据		2016 年临时数据	

表 3 全球煤炭资源生产及进出口情况

生产	单位/MT	占全球比例 /%	出口	单位/MT	进口	单位/MT
中国	3242	44.6	澳大利亚	389	中国	247
印度	708	9.7	印度尼西亚	367	印度	199
美国	672	9.2	俄罗斯	147	日本	189
澳大利亚	503	6.9	哥伦比亚	83	韩国	134
印度尼西亚	460	6.3	南非	76	中国台湾	66
俄罗斯	365	5.0	美国	46	德国	53
南非	257	3.5	蒙古国	26	土耳其	36
德国	176	2.4	哈萨克斯坦	26	马来西亚	29
波兰	131	1.8	加拿大	24	泰国	23
哈萨克斯坦	98	1.3	朝鲜	21	巴西	20
世界其他地区	657	9.3	其他国家	8	其他国家	215
全球共计	7269	100	全部	1213	全部	1211
2016 年临时数据			2016 年临时数据		2016 年临时数据	

资料来源：

http://www.oecd-ilibrary.org/energy/world-energy-statistics-2017_world_energy_stats-2017-en

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf>

(刘文浩 整理)

《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