

科学研究动态监测快报

2015年7月15日 第14期(总第212期)

地球科学专辑

- ◇ IEA 发布《氢能和燃料电池技术路线图》报告
- ◇ 布鲁金斯学会认为沙特将面临石油危机
- ◇ CCA 对可降低加拿大油砂环境影响的技术进行评估
- ◇ 美国各地水力压裂用水量存在差异
- ◇ DOE 发起首个项目研究页岩气生产过程及环境影响
- ◇ 美出资 2000 万美元推进从煤炭中回收稀土的技术研发
- ◇ PNAS 文章称断层处摩擦熔体兼具固液两种性态
- ◇ 利用地基原子钟可更好地监测火山
- ◇ 火山闪电与哨声波的相关性发现将有助于保护近地空间安全
- ◇ 新释光技术为地热能研究提供机遇
- ◇ *The Anthropocene Review*: 人类世生物圈到来
- ◇ 新模型预测 2030 年太阳活动降低 60%, 地球进入小冰期
- ◇ EIA 称 1990 年以来化石燃料占美国燃料市场份额远超 80%

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

目 录

战略规划与政策

- IEA 发布《氢能和燃料电池技术路线图》报告..... 1
布鲁金斯学会认为沙特将面临石油危机 3

能源地球科学

- CCA 对可降低加拿大油砂环境影响的技术进行评估 4
美国各地水力压裂用水量存在差异 7
DOE 发起首个项目研究页岩气生产过程及环境影响 8

矿产资源

- 美出资 2000 万美元推进从煤炭中回收稀土的技术研发 9

地震与火山学

- PNAS 文章称断层处摩擦熔体兼具固液两种性态 9
利用地基原子钟可更好地监测火山 10

大气科学

- 火山闪电与哨声波的相关性发现将有助于保护近地空间安全 10

前沿研究动态

- 新释光技术为地热能研究提供机遇 11
The Anthropocene Review: 人类世生物圈到来 12
新模型预测 2030 年太阳活动降低 60%, 地球进入小冰期 12

数据与图表

- EIA 称 1990 年以来化石燃料占美国燃料市场份额远超 80% 13

IEA 发布《氢能和燃料电池技术路线图》报告

编者按：2015年6月，国际能源署（IEA）发布题为《氢能和燃料电池技术路线图》（Technology Roadmap: Hydrogen and Fuel Cells）的报告。报告指出，氢能将成为从化石能源向非化石能源转换、从低碳排放向零排放过渡的桥梁。氢能和燃料电池技术可高效清洁地把化学能直接转化为电能，有望解决交通运输、工业和建筑，以及电力系统在碳减排方面面临的一些关键挑战。本文对该报告的主要内容进行简要梳理，以期能对我国的相关工作提供参考。

1 氢能和燃料电池技术发展的重要认识

氢能和燃料电池技术的发展提供了许多跨领域的机遇，主要包括：①氢能是一个灵活的能源载体，它可以有效地转换成任何形式的终端用途的能源形式，尤其适合用于氢燃料电池；②氢能具有的低碳足迹潜力可以促进相关能源二氧化碳排放量的显著减少，为限制全球气温上升 2°C 做出贡献，同时，IEA 也在能源技术展望 2°C 情景（ETP2DS）中提出了高氢情景（2DS high H₂）。相对于化石燃料，氢能利用可以降低空气污染物和噪音排放，在 2DS 背景下，氢能生产与碳捕获与封存（CCS）相结合可以提高能源安全效益，并有助于保持一个多元化的混合燃料体系；③通过集中或分散的方式，氢能可提高整体能源系统的灵活性，并可以连接不同的能源传输和配送（T&D）网络，包括交通、工业和建筑等。

氢能和燃料电池在交通运输、工业和建筑行业的能源存储和利用方面取得重大进展：①氢能作为有用的能源载体，并可以作为低碳能源进行存储。少量的低碳足迹氢能可以存储在受限的空间，可供燃料电池电动汽车（FCEVs）使用，大量的氢能可以存储很长一段时间，促进可变再生能源（VRE）系统的电能和热能生产；②燃料电池电动汽车可以提供当今传统汽车的移动服务，并可能具有非常低的碳排放；③尽管氢能和燃料电池终端应用的潜在环境和能源安全效益是巨大的，但氢能开发、T&D 和基础设施正在面临挑战，与 FCEVs 市场相关的风险一直是基础设施投资的重大障碍。

2 未来 10 年氢能和燃料电池技术发展的关键举措

（1）通过市场驱动、技术和中立政策在所有能源部门鼓励燃料利用效率和较低的温室气体排放。稳定的政策和监管框架，包括碳定价、电网回购、燃油经济标准、可再生燃料标准或零排放车辆要求。

(2) 通过有效的政策支持降低氢能和燃料电池基础设施成本，以刺激对氢能和燃料电池技术的投资和早期市场部署。

(3) 对于氢能终端应用必须有安全可靠的处理和监测，并继续加强和协调国际规范与标准。

(4) 通过启用公共和私人资金持续支持氢能的研发和关键技术的创新，如燃料电池和电解槽。加强对交叉研究领域的关注，如在提高性能方面能够起到变革作用的材料。

(5) 通过综合建模方法量化能源系统的整体效益，以提高对不同能源部门在特定区域之间相互作用的理解。

(6) 在相关区域，加速化石衍生制氢进入成熟商业化的二氧化碳的捕获和封存。

(7) 对从事相关行业的国际利益相关者以及区域、国家和地方当局制定风险减缓策略，包括燃料电池电动汽车市场推广所需的金融工具和创新型商业模型的开发。

(8) 增加适合集成 VRE 的氢能存储系统的数量，收集和分析在真实生活条件下的性能数据。

(9) 建立监管框架，为电网接入包括电能和天然气燃料在内的应用消除障碍，特别是建立相关区域性的氢能混合燃料进入天然气管网的监管框架。

(10) 增加国家和地区层面的氢能资源的可用性和成本数据。例如，分析未来电制氢的潜在可行性。

(11) 解决存在于低碳行业氢能使用机遇的潜在市场壁垒（例如在炼油厂），扩大宣传和计划，以提高对氢能和燃料电池技术的认识。

3 氢能和燃料电池技术发展的 2050 年远景部署

到 2050 年，全球能源碳排放总量比当前水平要减少一半以上。所有能源部门需要为实现这一目标而做出贡献。能源供应，包括发电和燃料转化（称为“其他转型”）需要贡献几乎近一半的减排量。低碳能源系统很大程度上依赖于电力行业的深度脱碳。因此，需要部署更多的可再生能源，如风能、太阳能、生物质能和水电，这些是低碳电力供应的关键因素——到 2050 年，在 2DS 情景下，可再生能源在电力行业的全球份额将高达 63%。2°C 轨迹减排目标的实现在很大程度成取决于需交通、建筑和工业部门，这主要取决于高效的终端使用技术的部署，转向低碳燃料，如氢或先进生物燃料等，减少或避免使用化石能源（如交通部门）。

（王立伟 编译）

原文题目：Technology Roadmap: Hydrogen and Fuel Cells

来源：<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-hydrogen-and-fuel-cells.html>

布鲁金斯学会认为沙特将面临石油危机

2015年7月2日，布鲁金斯学会发表专家分析报告指出沙特阿拉伯正面临前所未有的石油危机。报告认为，沙特作为全球最大石油输出国的地位正遭遇挑战，其国内石油消费量的过快增长不仅使其成为中东地区最大的能源消费国，而且预计到2030年或2038年，沙特将由石油输出国变为石油净输入国。分析认为，沙特能源需求快速增长（最近5年，其能源需求以年均7.5%的增速快速上涨）除经济发展及人口扩充因素外，主要原因是其能源利用效率过低。目前沙特的能耗强度是英国、德国等高效国家的4倍，并且其人均能耗水平也较高。

为改变这种状况，沙特于2010年设立了沙特能效中心（SEEC）。鉴于其最大能源消费来自居民、服务行业和交通部门，为控制其能源消耗，SEEC建立了相应的制冷和照明用电“最低能耗标准”（MEPS）、交通运输燃油经济指标以及建筑节能规范。同时，沙特政府也开始借助智能计量手段控制工业及服务部门的峰值耗能并正在制定能效相关法律以强化政策落实机制。与此同时，为缓解其电力需求压力（预计到2032年，沙特的电力需求将由2013年的50GW猛增至120GW）沙特政府已经完成了可再生能源采购计划，其设定的可再生能源电力供应目标分别为：2020年达到20GW、2025年40GW、2032年54GW。此外，沙特政府将在年内通过电力法决定是否推行上网电价补贴政策。

报告认为，尽管沙特政府正在采取积极措施来应对国内石油消耗增长过快的的问题，但其目标的实现存在诸多障碍。一方面，沙特所推行的过高的政府燃油补贴，在维持低电价和低汽油价格的同时，削弱了能效提升激励政策的效果；另一方面，尽管沙特政府针对新产品生产出台了更高的能效标准，但是这些标准并不用于现有产品清单，从而导致节能产品成本过高。这不仅抑制了消费者选择节能产品的热情，同时也使得企业不愿意执行政府制定的新能效标准，最终导致政府的石油价格改革难以落实。

不仅如此，即使沙特推行上网电价政策，政府也不可能将可再生能源成本完全转嫁给用户。推广可再生能源利用所产生的额外费用将无法支撑沙特实现到2032年可再生能源投入规模达到1090亿美元的预期目标。同时，2014年，沙特自2011年以来首次出现政府财政赤字，使其更加依赖大幅削减主权财富基金储备来应对财政危机。而目前过低的油价，也使得沙特政府难以通过进一步扩大政府投入实现其可再生能源发展目标。财政紧缩加之近期中东局势动荡，使得沙特政府必须将社会福利、教育和军事目标置于更为优先的地位（而非可再生能源发展）。

报告认为，尽管沙特政府能源政策改革困难重重，但可再生能源政策将为其经济发展和政治稳定起到积极的支撑作用。当前，对于沙特和其他中东国家而言，应对石油危机的首要任务是遏制国内能源需求的过快增长。

对于沙特石油危机的影响，报告认为，沙特未来转为石油净输入国将给全球能源市场及原油进口国家带来巨大冲击。这种影响对于完全依赖海湾国家石油供给的菲律宾、韩国、日本和中国台湾等亚洲国家和地区尤为明显。预计亚洲国家未来对美国的石油依赖将在 2010 年至 2020 年降低 20% 以上，因此，亚洲相关国家必须着手应对因沙特及其他主要石油输出国国内石油消费激增而导致国际石油供应短缺的严峻局面。

(张树良 编译)

原文题目：Saudi Arabia field report: Another potential oil crisis in the Middle East.

来源：<http://www.brookings.edu/blogs/markaz/posts/2015/07/02-saudi-energy-subsidies-hino>

能源地球科学

CCA 对可降低加拿大油砂环境影响的技术进行评估

加拿大的油砂是其经济发展的重要驱动力，同时，在满足全球石油供应方面的作用也越来越重要。这些油砂含有约 1 690 亿桶沥青，有预测表明，在未来 10 年其将产生非常显著的环境足迹。为了获得相关问题的最新资料，在加拿大环境部的支持下 (Environment Canada)，加拿大自然资源部 (Natural Resources Canada) 要求加拿大科学院理事会 (Council of Canadian Academies, CCA) 调查现有技术和新技术是否足以降低油砂开发的环境足迹。

2015 年 6 月 19 日，加拿大科学院理事会发布研究报告《降低加拿大油砂环境足迹的技术展望》(Technological Prospects for Reducing the Environmental Footprint of Canadian Oil Sands)。该报告评估了 3 种主要沥青加工活动 (露天开采、就地开采、沥青升级) 的环境足迹，以及最有潜力降低其对空气、水和土地等的影响的技术，同时，还分析了这些技术在 2030 年前减少环境足迹的潜力，以及影响这些技术实施的可能因素。总体而言，降低油砂的环境影响是一项长期工作。在短期到中期内，采用现有的相关技术可以降低每桶沥青的环境足迹。但是，没有一项技术可以绝对降低环境足迹。未来，最大的潜力来自新兴技术，但这需要更长的时间。

1 定义并确定油砂的环境影响

研究小组主要根据油砂作业及相关资源利用时的排放状况来确定其对环境的影响。这影响包括：①温室气体的排放；②空气污染物，包括硫氧化物 (SO_x) 和氮氧化物 (NO_x) 的排放，有机化学品的无组织排放和微粒的排放等；③取水和排水过程中的影响 (有意和无意)；④尾矿的处理，露天开采时水基沥青提取中的残余副产品；⑤土地的物理扰动，包括栖息地破碎化和固体副产物 (如硫和焦炭) 的堆存。

研究小组对环境影响的评定没有考虑特定的阈值。相反，所持有的观点极具概

括性，看到的是油砂活动对环境造成的累积变化，探索的技术和策略是用来减少递增和累积影响。有关油砂对环境的影响的主要研究结果如下：

1.1 油砂作业对环境的影响（包括空气、水和土地）是广泛的、显著的和累积的，将随着目前所使用的增产方法而扩大

假设在油砂开发中使用目前的技术，由于油砂生产扩大，排放和资源的利用将在几个领域显著增加。这些影响并不总是线性的，也不一定局限于油砂区域。例如，温室气体的排放，包括二氧化碳（CO₂）和甲烷，其不同于油砂生产对环境其他方面的影响，其影响是全球性的，而不是局部或区域性的。

1.2 按照目前的趋势，温室气体排放、尾矿处理和相关的土地扰动对环境的影响最显著
就目前的技术及相对应的生产水平来说，在未来的 10 年，来自油砂生产的温室气体排放可能会增加一倍。

2 以减少环境影响为目的，评估各种技术的潜力

2.1 降低温室气体排放的机遇主要集中于就地开采

就地开采占油砂生产新增产量的大部分比重，是温室气体排放的主要来源。这主要是由于其使用天然气制造蒸汽，然后将蒸汽注入地下来抽取沥青。根据 2014 年的预测，到 2030 年，来自就地开采的温室气体排放量将上升 300%，而相比之下，来自露天开采的温室气体排放量将上升 85%。这使得就地开采的一个重要焦点就是努力减少温室气体排放，因为它们是能量密集型的，运营商已经尝试用新技术来减少用于提取沥青时必须被蒸发成蒸汽的水量。这些技术包括溶剂的使用、热能（如电力）的替代能源、以及井的改造（例如，真空绝缘管道和流动控制装置）。

然而，环保状况的改进可能是渐进的，而非短期到中期的革命性改变。现在正在试行的溶剂辅助技术可使每桶沥青的生产减少 10%~30% 的能源使用量，另外，加上其他提高能源效率的措施，可以减少 15%~35% 的温室气体排放。最近，几个运营商正在尝试使用以溶剂为基础的技术，这种技术不需要蒸汽，可能潜在地减少与温室气体相关的 90% 的能源使用量，而且每桶的排放量（CO₂ 当量）远低于美国原油和国际其他原料的平均水平。但是，它们的商业化将受到异质储层质量和成本不确定性、溶剂回收、以及地下水污染的潜在风险的影响，影响的程度取决于所使用的溶剂的类型。

有一些技术可以显著减少露天开采的温室气体。使用移动式开采技术（移动破碎设备及油砂矿的表面浆化技术等）是最有前途的。对于沥青升级（bitumen upgrading），行业正在探索多种方案，以提高工艺收益率，但其中的大部分技术减少温室气体排放的可能性很小。运营商也商业化了多种局部升级技术，大大减少或消除了沥青运输中对稀释剂的需求。

2.2 如果现有的新技术被广泛应用，来自油砂作业的主要空气污染物将会减少

由于运营商对现有船队进行了改造，美国环境保护局（EPA）对 Tier2 运输卡车实施了升级，因此来自露天开采的排放将会减少，符合降低 NO_x 排放的标准。Tier2 运输卡车预计将减少 30%~50% 的 NO_x 的排放量。此外，在采矿作业中，将现有的除尘技术用于运输道路和尾矿堆，可保存矿场及其附近的大量污染物）。

2.2 虽然没有单独一种技术可以解决尾矿流体的回收问题，但是一套技术可提供全面解决方案

没有单独一种技术既可以显著减少尾矿的数量，又可以显著增加尾矿流体的固结，使它们可回收。但是，运营商们正在控制一系列技术，并逐渐使这些技术商业化。在特定地质和技术条件下，如果综合运用这些技术，那么其可以成为尾矿管理解决方案中的一组技术，使矿区复垦很快成为可能。

2.4 淡水的使用主要随着露天采矿产量的增长而增加，可以通过更高的效率和水循环来减少淡水使用量，溶剂技术对降低淡水的使用具有最大潜力

露天开采是淡水的主要用户，基于溶剂的提取技术可以代替水除去砂中的沥青，潜在地消除了尾矿流体。但是，这些技术正处于发展的初期阶段，关于规模化经营、成本、或溶剂释放的环境影响方面的信息甚少。就地开采的运营商正在通过溶剂辅助技术减少用水强度，而长期使用基于溶剂的技术将进一步减少淡水的使用量。

2.5 对于一些底土层和一些重要的土地利用，复垦技术的有效性并未被证实，未来需要以管理为基础的方法来完善技术

省级法规要求被油砂作业干扰的土地被开垦为扰动之前的同等土地。虽然矿山复垦为山地用途（upland use）采用的是一种成熟的技术，但湖泊、湿地和河岸开垦技术仍在发展之中。最终，土地足迹最大程度的减少将需要以管理为基础的方法来配合当前最有前途的技术。对于露天开采，可以通过对受影响排水的处理和使用新的尾矿处理技术（它们的综合使用可以减少尾矿池的大小，增加尾矿的固结，）来减少对土地的扰动，最终加速复垦。

2.6 许多技术会在每桶（沥青）的基础上减少油砂作业对环境的影响，为了以预期速率绝对减少环境影响，需要广泛采用长期转变方法

研究小组发现，在短期到中期没有成套技术可绝对减少环境足迹。这涉及各种原因：①预测表明沥青生产将快速增长；②需要时间证明相关技术的有效性；③与尾矿有关的重要技术面临挑战；④新增储量的质量不高；⑤技术的经济可行性。为了绝对减少环境足迹，需要变革性方法和技术来补充目前使用越来越多的以降低影响强度为目的的技术。这些技术包括以溶剂为基础的技术替代水溶剂用于就地开采，这可使生产时温室气体的排放（CO₂ 当量）低于其他原油。

3 油砂技术的快速发展和应用

为了加速相关技术的开发及其实践来，研究小组最终取得以下 3 点认识：

(1) 最有前途的技术的快速应用所遇到的障碍与资源利用、商业决策和政府政策相关。

(2) 重新协同创新，专注于环保性能可以加快新技术的开发和应用。

(3) 当开发步伐和部署对准了油砂开发时，技术可以减少其对环境的最大影响。

(赵纪东 杨景宁 编译)

原文题目: Technological Prospects for Reducing the Environmental Footprint of Canadian Oil Sands

来源: <http://www.scienceadvice.ca/en/assessments/completed/oil-sands.aspx>

美国各地水力压裂用水量存在差异

近日，美国地质调查局 (USGS) 完成了对美国水力压裂井用水情况的调查，相关成果于 2015 年 6 月发表在美国地球物理联合会 (American Geophysical Union) 的期刊《水资源研究》(Water Resources Research) 上。

研究结果表明，美国各流域的水力压裂用水量各不相同，最少 2 600 加仑/井，最多 970 万加仑/井。此外，研究还发现，从 2010 年到 2014 年，所估测的水平井水力压裂年用水中值从每口井 17.7 万加仑 (不论油井或气井都一样) 上升到了每口油井 400 万加仑和每口气井 510 万加仑。同时，直井和定向井水力压裂的年用水中值始终在 67.1 万加仑/井以下。相比之下，一个奥林匹克规格的游泳池的水量就可达 66 万加仑。

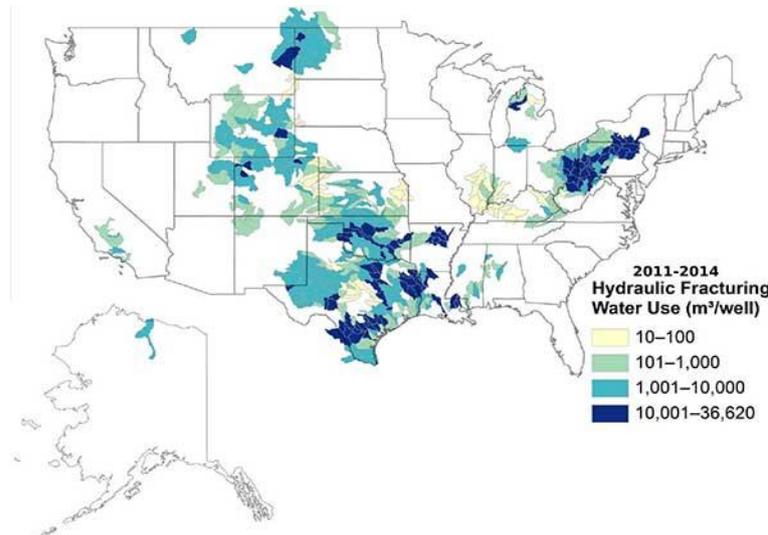


图 1 美国各流域每口水力压裂油气井的平均用水量

除此之外，研究人员还有一项重大发现：即使在一个单独的含油气盆地，每口井的水力压裂用水量也并不完全相同。这对于土地和资源管理者而言非常重要，因为更好地了解水力压裂过程中的注水量可以更好地认识一些潜在的环境影响。

相比于单独的直井而言，水平井能在很大程度上增加油气产量，但同时，水平井也会消耗更多的水。在 USGS 所调查的 57 个流域中，52 个流域将大量的水用于

水力压裂，其中 90% 的井为水平井。此外，尽管从 2008 年以来，水平井的数量大幅增加，但是，在 2014 年新钻的水力压裂井中，有 42% 的为直井或定向井。这在一定程度上解释了每口水力压裂井的用水量存在差异的问题。

(赵纪东 编译)

原文题目：Water Used for Hydraulic Fracturing Varies Widely Across United States

来源：http://www.usgs.gov/newsroom/article.asp?ID=4262&from=rss&utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+USGSNewsroomPartial+%28Newsroom+-+Partial+Descriptions%29#.VZnuCh37Sxx

DOE 发起首个项目研究页岩气生产过程及环境影响

美国能源部国家能源技术实验室 (NETL) 及西弗吉尼亚大学 (West Virginia University, WVU)、东北自然能源公司 (Northeast Natural Energy, NNE) 和俄亥俄州立大学 (Ohio State University) 目前正在西弗吉尼亚州 Morgantown 附近的马塞勒斯 (Marcellus) 页岩区推动一个监测非常规天然气生产过程和进展的项目。

马塞勒斯页岩能源与环境实验室 (Marcellus Shale Energy and Environmental Laboratory, MSEEL) 项目是类似项目中的第一个，其将对采出水和空气质量进行连续监测。该项目还将为研究人员提供一个专门的科学井以便进行地下地球物理观测，同时 NNE 还部署了一系列下一代完井技术，以提高运营效率并减少对环境影响。MSEEL 还将提供场地以培训和教育下一代科学家和工程师。

2015 年 6 月 27 日，NNE 开始在 Morgantown 工业园区钻科学观测井和 2 个生产井。研究人员将使用垂直科学井 (位于 2 个水平生产井之间) 收集有价值的信息，这些信息将有助于优化井位和马塞勒斯页岩水力压裂设计。他们还将监测生产井的压裂过程中的活动。在钻井过程中，整个岩心大约为 100 英尺，50 个 1 英寸的井壁岩心将从科学井钻取，并用于进行地球物理、地球化学和微生物学调查。与此同时，西弗吉尼亚大学将继续监测和评估空气、噪音、光和水的基准值。

2015 年秋天，在 2 个生产井最后的钻井和完井作业期间，NNE 将部署尚未广泛应用于该行业的技术，以评估它们提高运营效率和降低非常规油气作业对环境整体影响的潜力。其中的一些技术包括双燃料 (例如天然气和柴油) 钻井和完井单元、可溶性裂缝塞 (dissolvable fracture plug)、以及基于随钻测井的工程压裂动态设计技术等。

(赵纪东 杨景宁 编译)

原文题目：DOE-Sponsored Project to Study Shale Gas Production

来源：<http://energy.gov/fe/articles/doe-sponsored-project-study-shale-gas-production>

矿产资源

美出资 2000 万美元推进从煤炭中回收稀土的技术研发

2015 年 6 月 26 日，美国能源部（DOE）宣布拨款 2000 万美元以开展从煤炭和煤炭副产品流中回收稀土元素的实验室研究和中试生产。实际上，早在 2014 年国家能源技术实验室（NETL）就已开展“从煤和煤的副产品流中经济回收稀土元素”的可行性评估和分析，并着手规划相关研发计划。研究发现，在原煤、精煤、煤矿顶板、尾矿等与煤有关材料中，富含混合稀土元素总量为 1 000 ppm（1ppm=0.001‰）不等。在煤的副产品中，包括粉煤灰、煤矸石和废水等中也发现有稀土元素。某些煤矿中的重金属元素和稀土元素的品位甚至比其他来源还高。

由于原料中稀土元素品位低，随后在分离过程中很可能只能获得少量的稀土元素，所以最大限度降低成本就是一个关键的挑战。从煤和煤的副产品中回收稀土元素过程中，物理和化学分离应该比较有用。

作为继续研究的一部分，NETL 将对以下两方面进行资助：经济可行的从煤和煤的副产品中分离、提取和集中混合稀土元素的实验室规模技术；经济可行的从煤和煤的副产品中分离、提取和集中混合稀土元素的中试生产技术。

（刘学 编译）

原文题目：Opportunities to Develop High Performance, Economically Viable, and Environmentally Benign Technologies to Recover Rare Earth Elements (REEs) from Domestic Coal and Coal Byproducts

来源：<http://www.grants.gov/web/grants/view-opportunity.html?oppId=277513>

地震与火山学

PNAS 文章称断层处摩擦熔体兼具固液两种性态

2015 年 6 月 30 日，《美国国家科学学院院刊》（PNAS）发表文章称，研究人员采用摩擦实验研究了断层的滑动过程。

在许多情况下都会出现断层滑动，如地震期间，2 个滑动的构造板块相互摩擦，聚集的应力被迅速释放，这些能量可以转化为热能，导致岩石摩擦熔融。摩擦熔体冷却后，会以假玄武玻璃的形式保存在岩石中。此外，研究人员已经证实，摩擦熔体的流动特征将有助于控制断层滑动。

研究人员认为，简单的牛顿粘性定律不适用于解释断层附近的熔岩，粘弹性理论更为实用。熔体可被认为是流体，通过改变温度或应变速率，流体可以转变为玻璃。依据断层滑动条件，这种突变可以引发熔体流动或断裂。甚至一旦发生摩擦熔融，断层便可以继续滑动，如果滑动速率足够快，熔体类似于固体。

通过使用滑动分析模型，研究人员确定了粘性熔体再活化或熔体破裂的发生条件，对于理解熔融滑动带的断层滑动十分重要。断层滑动不仅对于理解地震断层流

变学十分重要，而且对于火山喷发时岩浆的运移、滑坡和山体崩塌的不稳定性、材料科学（玻璃和陶瓷业）也具有深远的意义。

（赵纪东 王艳茹 编译）

来源：Yan Lavallée, Takehiro Hirose, Jackie E. Kendrick, *et al.* Fault rheology beyond frictional melting. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2015; 201413608 DOI: 10.1073/pnas.1413608112

利用地基原子钟可更好地监测火山

2015年6月30日，《国际地球物理学杂志》（*Geophysical Journal International*）发表了题为《利用原子钟监测垂向地表运动》（*Atomic Clocks as a Tool to Monitor Vertical Surface Motion*）的文章，指出高精度的原子钟可以用于监测火山，潜在地提高了对未来火山喷发的预测。此外，地基原子钟还可以监测地壳对固体潮的响应。

原子钟测量时间的精度极高，最好的原子钟的精度误差小于1秒/100亿年。然而，目前原子钟尚未得到充分重视和利用。分析研究表明，广义相对论预测的时间放缓可以采用本地时钟进行测量，并用于火山监测。广义相对论认为，类似于地球的巨大物体的不同位置上的时钟具有不同的节拍率。离物体越近，时钟的节拍越慢。同样，地下物体也会影响地表上方本地时钟的节拍率。新的熔岩填充火山下方的岩浆房，会使位于上方的时钟节拍率慢于距离较远的时钟。目前采用GPS接收器监测火山，在预测新的岩浆体积时，必须将若干年内的研究数据加以整合。本地高精度原子钟网可以在数小时内提供相同的信息，更加密切地监测火山内部过程，更好地预测未来火山喷发。

原子钟也可用于监测固体潮。由于地球在日月引力场中运动，会产生形变，在海洋中表现为潮汐，在陆地表现为大陆的周期性升降（地面最高可以抬升50 cm）。全球原子钟网采用互联网的光纤电缆进行连接，提供连续的固体潮测量，检测现有的理论模型，还可以检测地壳对固体潮响应的地区差异。

研究人员希望，在未来几年，可以在火山地区部署高精度原子钟。然而，企业却缺乏足够的兴趣和投入。研究人员认为，原子钟可以用来监测火山下部的岩浆运动，例如黄石超级火山，其爆发将会影响整个地球上的生命。

（赵纪东 王艳茹 编译）

来源：Ruxandra Bondarescu, Andreas Schärer, Andrew P. Lundgren, *et al.* Atomic Clocks as a Tool to Monitor Vertical Surface Motion. *Geophysical Journal International*, arXiv:1506.02457

大气科学

火山闪电与哨声波的相关性发现将有助于保护近地空间安全

2015年7月2日，《*Physics World*》在线发表题为《火山闪电有助于揭示地球等离

子层结构》(How Volcanic Lightning is Helping to Demystify the Earth's Plasmasphere) 的文章, 研究表明火山闪电引发哨声波的机制有助于阐释地球等离子层结构, 可对空间天气事件带来的影响未雨绸缪。

研究发现, 火山烟流产生电荷后, 对流作用使其中较轻粒子上升, 带相反电荷的较重粒子下沉, 从而使电荷分离并累积, 当电荷积累到一定程度发生中和即产生闪电。当闪电产生的甚低频电磁波爆发(即大气干扰)穿透地球电离层进入等离子层, 通过等离子通道在两个半球的磁共轭点之间传播时就是哨声波。研究人员通过分析新西兰南岛记录站的哨声数据与其位于阿留申群岛的磁共轭点地区的火山爆发时的闪电数据, 首次证明火山爆发产生的闪电与地球内磁层哨声波之间的相关变化关系。

对哨声波通道频率等参数的确定有助于提高等离子模式的准确性, 从而阐明地球等离子层结构。该研究结果增进了对近地空间区域的了解, 对保障航天安全、地面与轨道电子系统正常运行等具有重要意义, 并且可节省发射空间探测器的昂贵费用。另外, 该研究也为用火星尘暴闪电探测火星上层大气等离子密度的研究提供了支持。

(刘燕飞 编译)

原文题目: How Volcanic Lightning is Helping to Demystify the Earth's Plasmasphere

来源: http://www.iop.org/news/15/jul/page_65886.html

前沿研究动态

新释光技术为地热能研究提供机遇

地壳岩石能够敏感地记录其经历的温度变化过程。虽然目前诸多办法能够测量时间尺度在数百万年的地球深部岩石的温度信息, 但是并没有一套完整的方法可以直接获得浅层地表内的低温演化信息。2015年6月30日, 荷兰瓦赫宁根大学发布消息称, 《地球与行星科学通讯》(*Earth and Planetary Science Letters*) 将于8月刊出该校与其国际伙伴的合作文章《德国 KTB 钻孔的长石光释光—热年代学》(OSL-thermochronometry of feldspar from the KTB borehole, Germany)。

该研究首次利用光释光(OSL)方法, 获得了德国西南部 KTB 钻孔 2 km 深度内的岩石中存储的千年尺度的温度信息。研究人员基于长石矿物的红外激发光(IRSL)信号, 利用人工辐射和加热来模拟样品在自然情况下经历的环境状况。结果显示, 深度分布在 0.1~2.3 km 之间, 相当于正常地温梯度下 10~70°C 范围内的 12 个样品的温度存在两个显著特征: 首先, 与当前地热梯度预测结果不一致; 其次, 存在着古温度梯度为 29 ± 2 °C/km 的倒转, 这完整展示了过去约 6 万年前后钻孔经历的自然热能状况。

此外, 这种方法还把深部光释光数据向具有古温度梯度特征的地热能进行了良

好转换，从而开拓了重建年代小于 0.3 个百万年，温度介于 40~70℃之间的浅层地壳环境温度研究的新天地。同时，也为研究活跃造山带在类似时代，且在大于 200℃/百万年的温度序列下发生的岩层快速冷却过程提供了新的研究思路。

研究人员表示，尽管释光矿物钠长石的释光信号在寒冷且漫长的环境变化中容易饱和，但其仍可用于钻孔和隧道研究中，提供这些地区 0.3 个百万年以来热构造活动的准确信息。同时，该方法也可为区域热液活动历史分析、核废料存储、油气储存勘探等诸多领域提供有效的技术支持。

（刘文浩 编译，赵纪东 校对）

来源: Benny Guralnik, Mayank Jain, Frédéric Herman, *et al.* OSL-thermochronometry of feldspar from the KTB borehole, Germany. *Earth and Planetary Science Letters*, 2015; 423: 232 DOI: 10.1016/j.epsl.2015.04.032

The Anthropocene Review: 人类世生物圈到来

2015 年 6 月, *The Anthropocene Review* 刊登了来自英国、美国和德国的研究团队的综述文章《人类世生物圈》(The Anthropocene biosphere), 文章指出当前全球生物圈已进入全新阶段——人类世生物圈, 并阐述了人类世生物圈不同于地球历史上任何阶段的 4 大关键变化。

研究人员表示地球生物圈演化经历了 2 个主要阶段, 第一个是 35 亿~6.5 亿年间的微生物阶段, 第二个是 6.5 亿年以来的多细胞生物阶段。而现代生物圈已不同于上述 2 个阶段, 开启了生物圈演变的第三个阶段, 主要基于以下 4 大关键变化:

①当前全球范围内出现的物种同质化、均匀化以及人类活动引发的物种入侵的程度在地球历史上前所未有; ②人类已成为陆地和海洋食物链的顶端, 并且占用全球每年将近 1/4 的生物量; ③现代人类还在不断演变进化; ④当前, 生物圈和技术圈

(technosphere) 之间正在不断地相互影响, 技术圈是指人类制造的机器和物品以及可以控制它们的体系的总和。

（刘学 编译）

来源: .M. Williams, J. Zalasiewicz, P. Haff, C. Schwagerl, A. D. Barnosky, E. C. Ellis. *The Anthropocene biosphere*. *The Anthropocene Review*, 2015; DOI: 10.1177/2053019615591020

新模型预测 2030 年太阳活动降低 60%，地球进入小冰期

2015 年 7 月 9 日, 在威尔士兰迪德诺召开的英国国家天文会议上, 英国诺森比亚大学研究人员 Valentina Zharkova 介绍了该研究团队研发的太阳活动周期新模型, 并利用新模型预测出至 2030 年太阳活动性降低 60%, 地球将进入小冰期。

科学界已公认太阳具有 10~12 年的活动周期, 但实际上每个周期又有细微差

别，而目前还没有一个模型可以完全解释这种波动的原因。许多的太阳物理学家将太阳活动周期归因于太阳黑子从深部向表面流动的发电机效应。

现在 Zharkova 的研究团队在模型中还关注接近太阳表面的发电机效应，并且发现这样则可以呈现出太阳活动周期的精确匹配。研究发现，在太阳活动的第 25 周期，即太阳活动在 2022 年达到峰值，被列为观测对象的太阳两个层面的电磁波开始相互抵消；进入第 26 周期（2030 年至 2040 年）后，这两个层面的电磁波变得完全不同步，导致太阳活动降低 60%，届时很可能再次出现 1645—1715 年的蒙德极小期（Maunder minimum）。

（刘学 编译）

原文题目：Irregular heartbeat of the Sun driven by double dynamo

来源：<http://www.ras.org.uk/news-and-press/2680-irregular-heartbeat-of-the-sun-driven-by-double-dynamo>

数据与图表

EIA 称 1990 年以来化石燃料占美国燃料市场份额远超 80%

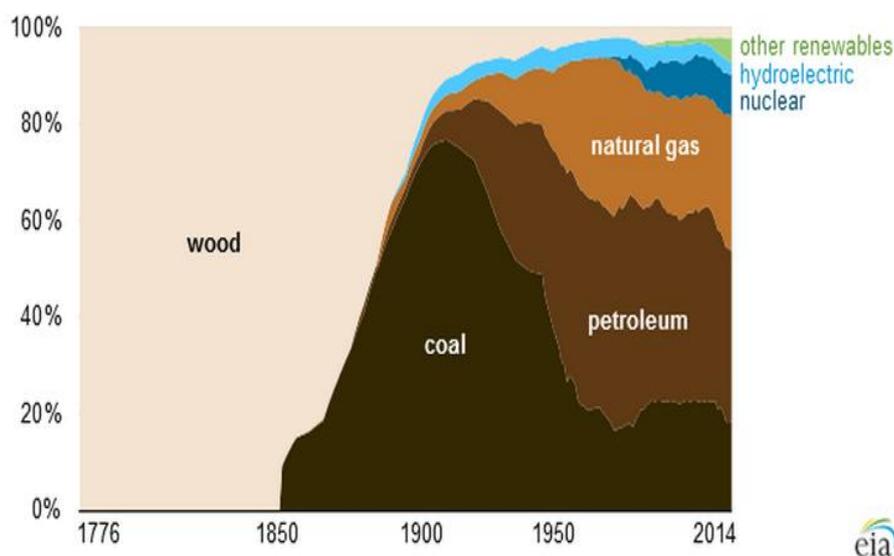


图 1 1776—2014 年美国能源构成比例

虽然美国能源历史正发生着重大变革，但是，三大化石燃料（石油、天然气和煤）却在超过百年的历史中占据了美国能源消费市场的 80% 以上份额（图 1）。尽管最近美国国内石油和天然气的生产量不断增长，导致化石燃料的使用（主要是燃煤、燃气发电）发生了一定的变化，但是，从目前现状来看，这 3 种能源的优势极有可能持续到未来更长时间。

美国早期的数十年中，家用木材（一种可再生资源）是最主要的能源。随后的 19 世纪，煤炭成为主要能源。到 20 世纪中叶，石油产品又将其取代，成为主要能

源，同期，天然气的使用量也与日俱增。从 20 世纪中期以来，煤炭的使用量再次增加（主要用于发电），此外，一种新形式的能源——核电也开始崭露头角。在 1970 年的短暂停止之后，石油和天然气的使用量再次增加。

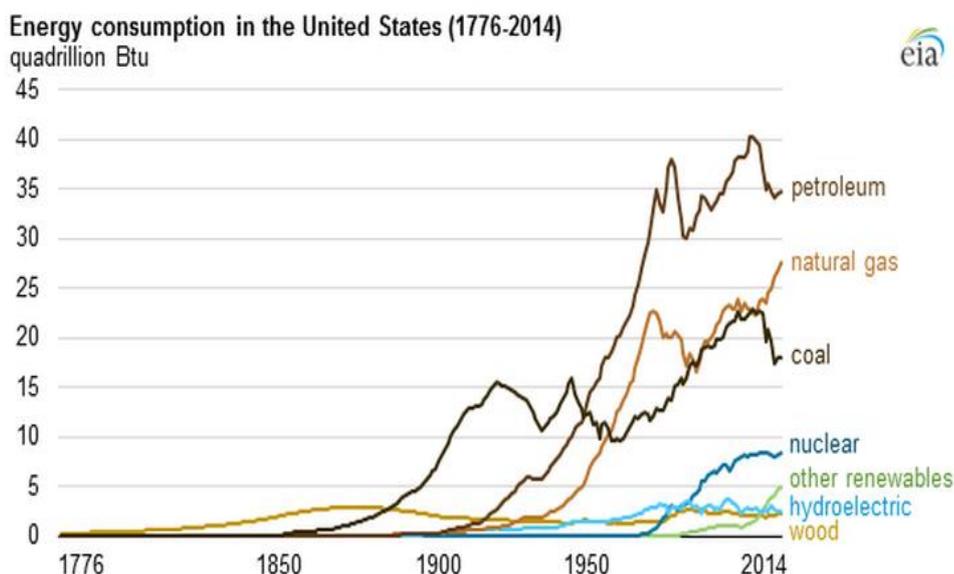


图 2 1776—2014 美国不同类型能源消耗总量

近年来，石油的消耗量开始减少，但是天然气依旧占据美国能源市场的很大份额。在 1980 年之后，新一轮的可再生能源（除了木材和水电）利用开始出现，在 2005 年左右增加最为显著。2014 年，随着木材在能源构成中的比例增加，可再生能源占美国能源市场的份额达到 1930 年以来最高值（约 10%）。总的来讲，虽然可再生能源占美国能源组成的比例相对较小，但其份额仍在不断增长。目前增长最快的可再生能源有太阳能、风能、地热能以及生物能源，同时，其他形式的可再生能源增长也不容小觑（图 2）。

（刘文浩 编译，赵纪东 校对）

原文题目：Fossil fuels have made up at least 80% of U.S. fuel mix since 1900

来源：<http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=21912>

《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权益，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：郑军卫 赵纪东 张树良 刘学 王立伟

电话：（0931）8271552、8270063

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