

科学研究动态监测快报

2015年4月15日 第8期（总第206期）

地球科学专辑

- ◇ CRS 分析美国关键矿物进口对中国的依赖及应对政策
- ◇ PNAS 载文首次系统评估金属及半金属的供应风险
- ◇ 美国联邦水力压裂法最终细则及其反响
- ◇ 布鲁金斯学会发布《页岩气福祉与分布评估》报告
- ◇ 英国政府投资 6000 万英镑资助能源关键领域研究
- ◇ 布鲁金斯学会评阿尔及利亚页岩气开采
- ◇ 布鲁金斯学会评估全球煤炭资源需求走向
- ◇ UNEP: 全球天然气水合物展望
- ◇ *Nature Geoscience*: 地球陆壳并非全部形成于太古宙
- ◇ *Nature Geoscience* 文章称科学家在地幔中发现新的刚性层

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

矿产资源

CRS 分析美国关键矿物进口对中国的依赖及应对政策.....	1
PNAS 载文首次系统评估金属及半金属的供应风险.....	3

能源地球科学

美国联邦水力压裂法最终细则及其反响	4
布鲁金斯学会发布《页岩气福祉与分布评估》报告.....	6
英国政府投资 6000 万英镑资助能源关键领域研究.....	9
布鲁金斯学会评阿尔及利亚页岩气开采	9
布鲁金斯学会评估全球煤炭资源需求走向	11
UNEP: 全球天然气水合物展望.....	13

前沿研究动态

<i>Nature Geoscience</i> : 地球陆壳并非全部形成于太古宙	15
<i>Nature Geoscience</i> 文章称科学家在地幔中发现新的刚性层.....	16

CRS 分析美国关键矿物进口对中国的依赖及应对政策

编者按：中国是世界上许多矿物和金属的主要生产国和消费大国，而这些矿物和金属也是美国所急需的并且高度依赖进口。在不久的将来，中国将出现快速城市化、中产阶级壮大、高价值高品质的制造业产品增多以及消费增长。按照这一发展路径，中国是否还会向美国提供充足的关键和战略原材料和金属？是否有材料短缺的情况发生？如果中国将其更多的原材料和金属用于发展自身的下游制造业而非出口，那么争夺来自中国以外地区的原材料和金属将成为关注的焦点。对此，2015年3月20日，美国国会研究服务部（Congressional Research Service, CRS）发布报告《中国矿业与美国战略和关键矿物的获取：国会的议题》（*China's Mineral Industry and U.S. Access to Strategic and Critical Minerals: Issues for Congress*），探讨了中国在全球矿产和金属市场中的地位、矿产储量、供应、需求和进口的增长情况，分析了美国矿产进口依存度、美国矿产进口对中国的依赖以及对应的政策选择。

1 中国矿产品的储量、产量、需求和进口都显著增长

1993年至2012年的20年间，中国的铜、锂、锰、钨、钒、铀、锌等金属的储量增长显著，占全球总储量的比例也大幅提升。根据美国地质调查局（USGS）2012年数据，2003年中国已主导了石墨、铟、镁化合物、金属镁、稀土元素、硅、钨、钒和铋等金属的生产；2012年中国生产的这些矿物的产量已超过世界总产量的50%，更加巩固了这些矿物第一生产大国的地位，并已垄断了稀土（90%）和铋（99%）的生产。由于经济快速增长，2005年至2010年，中国金属和金属制品需求增长比例超过全球的80%。中国对自然资源的需求已达历史高位，但是由于中国不断壮大的中产阶级，许多人认为中国还没有接近消费品的市场饱和点，因此从长期来看该需求还将继续增长。中国同时也是铁矿石、铜、铬、锰、钴、钽、铌、钼族和锂等金属的主要进口国。1993年至2012年间，中国对铜精矿和铁矿石的进口分别增加了3倍和5倍。

2 美国的关键矿物存在供应风险

2008年，美国国家研究理事会（NRC）发布《矿物、关键矿物与美国经济》（*Minerals, Critical Minerals, and the U.S. Economy*）报告，利用矿物风险度矩阵方法对11种矿物或矿物族进行风险评估，指出美国处于最大供应风险的矿物有铟、锰、铌、钼族金属和稀土元素，其中由于不可替代性，重稀土元素的风险更高。

2011年，美国能源部（DOE）发布了2011版《关键材料战略》（*Critical Materials Strategy*）报告，指出在风力发电、电动汽车和高效照明系统等新技术领域中使用的

5 种稀土元素正面临严重供应短缺，这 5 种稀土元素包括镨、铽、铈、钕和钇；其他元素，诸如铈、铟、镧和碲，则被认定为次级关键材料。

2015 年，USGS 发布《矿产品概要 2015》(Mineral Commodity Summaries 2015) 报告，指出 2014 年对经济和国防安全至关重要的矿产品中，美国有 19 种完全依赖进口，包括砷、石棉、铯、萤石、石墨、铟等，另有 75% 以上依赖进口，包括钴、钛精矿、锗、锌和铂族金属等。

3 美国关键矿物进口高度依赖中国

尽管自 1993 年起美国就开始分散一些矿产品的进口来源，但是中国作为原材料和数种金属的供应大国，至 2014 年美国仍然从中国进口大量矿物，并且更加依赖中国（表 1）。美国还有一些矿产品进口是来自中国以外的地方，并且这些矿产品美国和中国都高度依赖进口，这些进口源包括非洲南部、澳大利亚、南美洲和加拿大等。具体而言，非洲南部主要生产钴、铂、铬铁矿、钽和锰，澳大利亚和非洲南部出产金红石，而巴西和加拿大则出产铌。过去 20 年，中国成为美国某些矿物和金属进口的主要来源或首要来源，但是将来如果发生由于中国引发的供应问题时，上述这些国家则可以成为一些矿产品的替代来源国。根据美国国家能源部（DOE）和 NRC 的研究，虽然就短期和中长期而言这些矿产品的供应都充足，但是更重要的问题是誰控制着这些供应。在全球经济复苏过程中，各国关于矿产品供应的争夺将加剧，以下这些矿产品应受到高度关注（表 2）。

表 1 2014 年美国来自中国的部分矿产品进口

矿种	进口依存度 (%)	来自中国进口占进口总量的比例 (%)	矿种	进口依存度 (%)	来自中国进口占进口总量的比例 (%)
铟	100	21	锗	95	65
石墨	100	45	钴	76	21
钽	100	28	稀土	59	75
五氧化二钒	100	15	镁化合物	43	54
钨	100	接近 100	钛	51	12
镓	99	23	钨	43	45
钇	>95	62	碲	>80	17

表 2 2014 年美国来自中国以外地区的部分矿产品进口

矿种	进口依存度 (%)	主要来源地
锰	100	南非
钒	100	中国、南非、俄罗斯
钽	100	南非、巴西
铌	100	巴西、加拿大
金红石	91	南非、巴西
铂族金属	85	南非
钴	76	非洲南部
铬	72	非洲南部、俄罗斯

4 政策建议

(1) 加大关键矿物研发投入：许多专家认为研发的投入将对新技术的使用和推广起到关键作用，这些新技术主要应用于 3 大领域：材料的高效利用、关键矿物的替代选择以及循环利用。当前 DOE 正在进行小规模投资，更大规模的研发投资正在被讨论。

(2) 支持 USGS 全球矿产评估：国会应批准并适当资助 USGS 进行全球性综合评估，以确认经济可采的以关键矿物为主的矿床以及可以将关键矿物当作副产品进行开发的位置。

(3) 建立矿产信息管理系统：USGS 应建立矿产信息管理系统，以分析全球矿产或金属的供应图。企业在公共土地上的矿业生产应向联邦机构报告生产数据。

(4) 扩大关键矿物的勘探关键矿产品：美国、澳大利亚、非洲和加拿大等地支持和鼓励关键矿物更大规模勘探是广泛国际战略的一部分。当前全球仅有少数公司掌握了关键矿物的勘探开发技术。这些少数公司大部分位于上述 4 个地区以及中国，为全球关键矿物矿床的勘探开发，将来有可能会出现合资公司或其他形式的联盟，当然包括在美国的一些公司。在美国是否应该限制这种合作是一个问题，国会应该最终做出选择。

(5) 密切关注与关键矿物供应有关的自由贸易：国会应频繁监督与关键矿物供应有关的自由贸易问题。2011 年和 2012 年两起有关中国限制出口原材料的上诉中，世界贸易组织（WTO）裁定中国并没有显示出资源和环境保护与原材料出口限制之间的必要性。美国应支持更多的贸易代表团出访，支持美国商业代表团到中国和其他矿业生产国，帮助一些较小和欠发达国家改进他们的治理能力。

（刘学 编译）

原文题目：China's Mineral Industry and U.S. Access to Strategic and Critical Minerals: Issues for Congress

来源：<http://fas.org/sgp/crs/row/R43864.pdf>

PNAS 载文首次系统评估金属及半金属的供应风险

2015 年 4 月 7 日，美国科学院院刊(PNAS)发表美国耶鲁大学研究小组题为“金属及半金属的重要性”(Criticality of metals and metalloids)的最新研究成果，研究首次对元素周期表中 62 种金属及半金属未来的供应风险性进行了系统评估。

在近 10 年中，时有发生金属短缺现象引发了人们对金属重要性评估的关注，金属重要性是指金属元素在用途及其全球的可获得性方面的相对重要性。目前，传统制造业常用金属，如锌、铜、铝等，尚未显现出供应风险，但对于新兴高科技产品所必需的关键金属而言，未来将面临很高的供应风险。某种元素的重要性并不仅仅取决于其地质丰度，其他关键因素还包括：在生产加工过程中发现其替代品的潜

力、其矿床在地缘政治方面的受关注程度、开采技术发展状况、监管制度、地区不稳定性以及经济政策等。

研究人员从供应风险、环境影响和人为供应限制的脆弱性 3 个维度对 62 种金属及半金属的重要性进行了系统评估。研究结果表明：由于产量有限，镓、硒等新兴电子产业关键金属均将面临供应风险；因开采及加工过程的环境影响，未来铂族金属、金以及汞的供应形势将十分严峻；而对于钢合金和高温合金制造而言，铬、铌以及钨、钼等关键金属的供应风险将主要来自人为供应限制。

同时，研究显示，决定金属重要性的最关键因素包括初级生产受地缘政治的关注程度（如稀土）、缺乏替代品（如钨）以及政治的不稳定性（如全球钽的供应显著受其主要供应国刚果金政局的影响）。

此外，研究人员还分析了未来不同产业的金属循环利用趋势。对于铅等用量较大的金属，其未来供应将主要依赖高度的循环利用；而对于在某些现代电子产品所必需的稀有金属而言，其很难被循环利用，因为其在单件产品中的用量极少且其难以被回收。

该研究成果不仅将对未来材料制造提供重要依据，而且将引发产品开发设计者对产品，特别是高科技产品最终去向的思考。

参考资料：

[1] Criticality of metals and metalloids. PNAS, 2015, DOI: 10.1073/pnas.1500415112.

[2] Yale University. Study: Metals Used in High-Tech Products Face Future Supply Risks.

<http://environment.yale.edu/news/article/metals-used-in-hightech-products-face-future-supply-risks/>

（张树良 编译）

能源地球科学

美国联邦水力压裂法最终细则及其反响

编者按：水力压裂技术带来了美国油气工业的繁荣，特别是在美国页岩革命成功后，其更是受到了全球范围的关注。根据美内政部数据，美国陆上超过 90% 的油井都采用水力压裂技术。但是，由于该技术带来了水污染、空气污染及地震活动增加等可能风险，其一直饱受争议。为此，从 2012 年开始，美国联邦水力压裂规则开始酝酿。历经约 4 年时间后，2015 年 3 月 20 日，美国内政部土地管理局（BLM）公布了美国首个针对水力压裂法的最终细则，其将在 90 天后，也就是大约在 2015 年 6 月 20 日生效。在此，我们对其相关内容及发布后美国各方的反应及可能影响做一简要介绍和分析。

1 主要内容

1.1 核心组成

该规则主要有以下 4 项核心内容：

(1) 确保井筒的完整性和水泥屏障的坚固性，以保证地下水的安全供应。

(2) 在压裂作业完成 30 天后，向 BLM 公布水力压裂过程中使用的化学材料，以增加相关信息的透明度（长期以来石油公司都以商业秘密为由拒绝公开数据）。

(3) 以高标准对水力压裂过程中的回收废液进行临时性存储，以减少其给空气、水和野生生物带来的危险。

(4) 为降低压裂作业中的化学材料和流体造成交叉污染的风险，向 BLM 提供现有油井的地质、深度、位置等更加详细的信息，以便其更好地评估和管理独特的现场条件。

1.2 适用范围

从适用范围来看，该管理条令只适用于在联邦土地上进行的开采。由于联邦土地上的压裂活动仅占小部分，其产量分别占天然气消费总量的 11% 和石油消费总量的 5%，因此，可能起不了太大作用。对于大量发生压裂活动的私有或州土地，经营者或者公司一般按照地方水力压裂规定进行作业，因此，美国政府希望该规则能够成为各州完善地方法规的导向与标准。

2 美国各方反应

2.1 油气行业

联邦法规发布后，美国石油和天然气行业迅速做出反应。两个代表油气公司的组织，一个是已有 80 多年历史美国独立石油协会（Independent Petroleum Association of America, IPAA），另一个是已有 40 多年历史的西部能源联盟（Western Energy Alliance, WEA），在怀俄明州联邦法院提出诉讼，控告这项法规根据（主要是环境影响方面）不足。

同时，根据 WEA 的评估，联邦法规将使每口油井的成本增加 9.7 万美元。在国际油价低迷的今天，如果增加的成本无法转移的话，这无疑将增加油气生产者的负担，这可能也是引发诉讼的重要原因之一。

另外，尽管商业机密受美国联邦法律保护，但是联邦法规的要求会泄露公司的装置设计细则等商业机密，这也是他们担心的一个原因。

2.2 政府

美国内政部部长 Sally Jewell 表示，公众非常担忧压裂技术的影响，特别是对地下水的潜在威胁，因此压裂技术的标准规范特别重要，同时，现行的联邦钻探法规使用已经超过 30 年，与现今的开采技术完全脱节，而该规则兼顾了可持续发展与保

护公共土地资源，将为各州以及油气公司提供一个安全监督框架以及防泄漏草案，以更负责任的态度开发联邦油气资源。白宫高级顾问 Brian Deese 认为，为了页岩产业长期稳定发展，需要新法规来平衡保护公众健康、安全与负责任开采的双重利益。

2.3 环保组织

该规则的出台，已经说明环保组织在促使油气公司以对环境负责任的态度钻探方面取得了一定进步。但是，环保主义者仍认为太保守。美国环保组织山脉俱乐部 (Sierra Club) 土地保护主管 Athan Manuel 称，“奥巴马政府为地面以上的气候政策做出了历史性贡献，但在保护地下化石能源问题上却态度不明。”

3 影响分析

(1) 由于联邦法规导致生产成本增加，可能使油气产量下降。生产者若能将成本负担转嫁给消费者，将可能影响美国经济发展。

(2) 美国联邦和印地安部落土地可能加速变更为私人产权，因为后者由更简单且易于预测的州政府法规所管辖。

主要参考文献：

[1] Interior Department Releases Final Rule to Support Safe, Responsible Hydraulic Fracturing Activities on Public and Tribal Lands

http://www.blm.gov/wo/st/en/info/newsroom/2015/march/nr_03_20_2015.html

[2] BLM's Hydraulic Fracturing

<http://americanenergyalliance.org/threats/fracturing-rule/>

[3] 美国水力压裂法细则出炉

<http://wap.cnpc.com.cn/system/2015/04/02/001535471.shtml>

(赵纪东 撰写)

布鲁金斯学会发布《页岩气福祉与分布评估》报告

编者按：2015年3月19日，美布鲁金斯学会发布《页岩气福祉与分布评估》(Welfare and distributional implications of shale gas) 报告。该报告从页岩气开发对全球经济带来的好处和环境带来的危害进行了论述。水平钻井和水力压裂技术创新使得从地下页岩地层提取大量的天然气，长久以来都被认为是不经济的，并对环境造成很大的威胁。科学家已经确定了一些来自水力压裂对环境的潜在影响，并阐明了监管机构的未来选择方案。基于此，本文针对页岩气开发对全球环境和当地环境的影响、当地的损害评估，以及环境监管面临的挑战等进行了简要介绍，以期对我国的相关工作给予借鉴。

1 全球环境的影响

非常规天然气开采业可以通过多种机制影响气候变化，整体的影响可能是减少或增加温室气体排放量。首先，甲烷是一种强大的温室气体，甲烷泄漏可以发生在

整个天然气生产链。目前，甲烷从供应链泄漏速率备受争议，这种不确定性对最优的监管办法造成影响。第二，水力压裂通过燃烧燃料可能影响气候变化。其中两方面的影响包括：较低的天然气价格鼓励能源消耗总量上升（规模效应），并鼓励替代远离其他燃料，即低碳密集（可再生能源和核能）和高碳密集型（煤和石油）。煤炭替代效应在规模和可再生能源和核能的使用效果上占主导地位，使国内煤炭燃烧排放已经减少。然而，结合甲烷泄漏的影响，研究结果显示整体国内温室气体排放量仍是不确定的。此外，对全球环境的总影响取决于煤炭出口的增加量。

为了说明潜在的气候影响差异很大，该报告提出了 2 种情景模式。首先，假设所有被替代的煤炭出口，以及国际煤炭产量没有减少情景下，不会出现替代效益，二氧化碳的排放量规模效应也将增加。在这种情况下，2013 年，由于水力压裂法，二氧化碳排放量增加了 3.4 亿吨；此外，通过最近的文献以最高的甲烷泄漏率（7.9%）计算，甲烷的排放量会从 2007 年到 2013 年将增长 1100 万吨。其次，在通过使用替代煤炭增加燃气发电，为抵消出口增加的情景下，2013 年由于水力压裂法，电力生产的二氧化碳排放量将减少 160 万吨。总体而言，在这种情况下，压裂会导致在减少二氧化碳排放量方面每年节省 12 亿美元。对于甲烷泄漏，0.42% 的泄漏率将意味着增加了 50 万吨的甲烷排放量。

总体而言，这两种情景模式表明，2013 年水力压裂法对气候变化的影响可以使每年 280 亿美元环境成本在成本增加的基础上减少了 7 亿。目前也存在对燃烧煤炭温室气体排放量的不确定性，还有一些是来自甲烷泄漏的不确定性。另外，低天然气价格对过渡到较低的碳密集程度能源行业的长期影响，关键取决于价格如何影响投资决策以及未来的研发支出（R&D）。现有的模式，结合投资决策，在研发上的影响在很大程度上是未知。值得强调的是，虽然可再生能源，如太阳能、风能，石油和天然气开采技术已经取得重大进步，但由于没有气候政策，为了取代化石燃料，可再生能源开发技术必须比化石燃料推进速度更快。

2 地方环境影响

迄今为止，对环境的影响最引人注目是对水污染的可能性。污染可能发生在页岩气开发过程的任何阶段，包括对地表水和地下水的影响。危害可能来自天然气本身，压裂过程中使用的有毒液体，或天然水力压裂过程中释放出的其他化学物质。同时也提出了关于用于压裂的用水量，也可能造成地表或地下水枯竭的可能性。

第二个备受关注的领域涉为当地的空气质量。页岩气开采过程中来自井本身、压缩站、或运输设备引起的标准和有毒污染物排放量的增加。非常规天然气开采还涉及到了大量的运输设备。除了道路扬尘污染，货运增加可导致交通事故和死亡人数增加。

此外，科学家们指出，水力压裂废水注入也能引发地震。目前对于这种地震活

动的综合分析仍然缺乏。非常规石油和天然气开采活动也会导致生物栖息地被破坏，而对新开发的非常规天然气对特定领域的影响研究仍然有限。随着“新兴城市”快速增长，对当地外部影响也包括噪音和犯罪。

总体而言，一些地方对环境的影响已经确定，并且特定地点的研究正在积累。最近的一项研究发现，在宾夕法尼亚州页岩气开采对婴幼儿健康产生影响，但确切机制不清楚。对于所有的影响，更多需要在规模、地域范围、以及经济损失评估等方面进一步分析。

3 当地损害评估

通过对消费者和生产者将环境损害的价值补偿计算剩余盈利，不幸的是，这是在不可能考虑到水和空气质量数据的情况下。研究人员总结了在文献中迄今为止有限的评估。环境经济学文献对这个问题都集中在房价上涨。从理论上讲，房产价值可以利用当地的环境对周围居民造成影响。然而，房价上涨结果解释困难的原因包括：首先，房价的变化不仅反映了当地环境不适，而且与繁荣的经济活动和页岩气开采所需资源租金相关。其次，当家庭有不同的偏好，房价变化一般不解释周围环境价值或福利的变化。最后，如果当对环境影响的信息是不完全时，房价变化对环境不适反映只是感知水平。报告提出的最后问题是在水力压裂技术的背景下，损害的程度和空间异质性仍然是未知的。

4 监管办法存在挑战

对跨区域的水力压裂环境监管存在着很大的差别，但总的来说，全面和具有成本效益的环境监管落后于迅速崛起的非常规天然气行业。虽然一些国家和地区已完全禁止使用水力压裂法，但其他领域都让整个行业迅速向前推进。从效率的角度来看，这种政策措施的变化可能不是最佳的。目前对环境统一和成本有效监管的发展存在以下障碍。

(1) 压裂对环境的影响存在不确定性和缺乏监管数据。尤其是，监测贫乏和困难的责任归属。由于监测个体成本是昂贵的，区域油井套管数据完整性面临不完整性挑战。

(2) 甲烷排放的全面监测和归属也是困难的。甲烷可以在整个提取过程任何阶段被排放，大多数个体来源的直接监测是可能的，但这样的监测至今仅限于在小样本网站快照。另一种方法是测量整个地幔柱顺风位置，然而，合适的顺风位置在所有站点不是有效的。

(3) 由于不完整的数据设置和不完整的归因，具有成本效益的监管极具挑战性。经济学家提出以市场为基础的激励机制的标准，该标准包括，如排放税或限额与交易计划，只能使用高质量的监测。

(4) 目前地方两大类型的监管方式缺乏市场化的激励机制。第一种，首先是通过司法系统承担生产事故责任，这仅适用于讨论的数据质量和归属问题。第二个管理方法是指挥-控制-监管为主要的技术标准。对于这个行业，很多从事开采非常规天然气公司的技术能力是不同的，依靠技术标准实现整个行业改变是十分困难的。

总之，科学家们仍然担心水力压裂对环境造成的破坏。然而，在页岩气开采的热潮中，压裂污染仍存在数据收集缓慢和大量的不确定性。这限制了监管部门针对最受关注的水力压裂对环境影响领域的监管能力，也限制了他们以具有成本效益方式的调节能力。

(王立伟 编译)

原文题目: Welfare and distributional implications of shale gas

来源: http://www.brookings.edu/~media/projects/bpea/spring-2015/2015a_hausman.pdf

英国政府投资 6000 万英镑资助能源关键领域研究

2015 年 3 月 18 日，英国地质调查局 (BGS) 指出，英国政府将投资 6000 万资助英国能源研究领域的重大项目，以确定该领域的进一步关键变化，如热能和能量储存。该计划以英国大学为主导，联合英国地质调查局、伯明翰大学、诺丁汉大学、华威大学、拉夫堡大学，阿斯顿大学和莱斯特大学共同合作研究，同时，也将吸引来自行业合作伙伴的重大投资。该计划将提供广泛的能源研究与产业合作，并对能源领域新兴技术创新和转化为实际的解决方案提供了强大的全球性效益和价值。

该计划重点资助中部地区新能源项目，并建立一个能源研究加速器 (ERA) 研究中心，该中心基于先进制造业跨领域研究基础之上，这将加速中部地区制造业的增长。能源研究加速器将开发新的方法来降低制造业能源成本，增加英国在全球市场的竞争优势，将促进新的能源研究，以确保英国在该地区新能源技术、开发和部署技术的国际领先地位，形成竞争优势和经济影响的阶跃变化。

(王立伟 编译)

原文题目: GOVERNMENT COMMITS £60 MILLION OF FUNDING TO MIDLANDS UNIVERSITIES

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

布鲁金斯学会评阿尔及利亚页岩气开采

由于一年多来乌克兰与俄罗斯关系紧张，因此欧洲决策者呼吁从俄罗斯以外的其他国家进口天然气。近期的多数讨论都针对欧洲现在的主要天然气供应商之一——阿尔及利亚，它是继俄罗斯和挪威之后的欧洲第 3 大天然气进口国。美国能源信息署 (EIA) 称，阿尔及利亚的页岩气储量居世界第 3。因此，当务之急是评估阿尔及利亚页岩气何时以及能否进军欧洲天然气市场。2015 年 3 月，布鲁金斯学会研究人员就阿尔及利亚能否成为主要的页岩气生产商的问题采访了利益相关者。

阿尔及利亚很久以前就已经成为了重要的天然气生产国。随着传统天然气供应的下降，2009年阿尔及利亚国家石油和天然气公司（Sonatrach）开始寻找新的储备。在国际公司的帮助下，该公司还对阿尔及利亚的潜在页岩气进行了初步勘探。虽然 Sonatrach 公司的官员不指望在 2020 以前实现商业化开采，但他们坚信商业开发只是时间的问题，因为地质条件初看非常有利。

地质之外，许多地面因素都支持这一观点。首先也是最重要的，阿尔及利亚已经建立了天然气产业。Sonatrach 公司已掌握天然气开采技术以及长期的业务关系，适合进军新资源。许多潜在的合作伙伴也都熟悉阿尔及利亚的经营模式，无论是撒哈拉的地球物理条件还是政治气候。大部分必备的管道基础设施和服务行业已经就位。此外，阿尔及利亚拥有足够的液化能力，以满足国际市场。而且，页岩气预采区的人口并不密集，可以最大限度地减少社会阻力。最后，在 2013 年阿尔及利亚当局大幅修改现行的立法体制，提供相对较低的服务税和诱人的特许权使用费计划，来进一步激励页岩气开采。

尽管如此，一些不确定因素仍需进一步研究。首先，当地居民对页岩气开采的抗议活动已经引起了媒体的广泛关注。由于缺乏对水力压裂的了解、对环境问题和水质污染的担忧，或是国内民众的普遍不满所引起的骚乱已经发展到了何种程度目前尚不清楚。虽然这些抗议活动比较有限，但却反映了阿尔及利亚的政治风险问题，加剧了南北分歧。暴力也是一个问题，尤其是在 2013 年 Tigantourine 的燃气设施遭遇恐怖袭击之后。阿尔及利亚巨大的沙漠边缘很难封锁，而利比亚和马里等邻国又处于混乱之中。

至于市场，未来需求很难预测。西班牙、意大利和葡萄牙的可再生能源的成功应用，对南欧的传统需求形成了下行压力，这一趋势很可能会继续。如果欧洲没有相应需求，那么阿尔及利亚页岩气所下的赌注就是未来几年全球对液化天然气（LNG）需求，特别是亚洲和拉丁美洲。即便在这些地区，虽然长期趋势是积极的，但需求很难预测，因为 LNG 需要与亚洲其他能源进行竞争，例如渐增的源自俄罗斯和中亚的管道进口、煤炭、可再生能源、核电、从世界上其他国家进口 LNG（如澳大利亚、莫桑比克、美国、俄罗斯）或是国内生产的非常规天然气（如中国）。

总之，虽然仍然处于起步阶段，但初步调查结果和当地情况使阿尔及利亚的页岩气开采公司还比较乐观。虽然油价下跌，目前还没有迹象表明，国内的能源补贴会被取消。可以说，虽然它阻碍了其他机遇的发展，但却有助于天然气开采。

（刘学，王艳茹 编译）

原文题目：Algeria field report: Developing shale gas in North Africa

来源：<http://www.brookings.edu/blogs/markaz/posts/2015/03/24-algeria-field-report-shale-gas-boersma>

布鲁金斯学会评估全球煤炭资源需求走向

2015 年，美国智库布鲁金斯学会发起了一项新的研究计划——“21 世纪的煤”（Coal in the 21st Century），以帮助决策者了解全球煤炭使用相关的复杂性，并提供一个未来如何应对煤炭资源的客观评估。2015 年 3 月，该计划发布了第一份研究成果——《变动的煤炭市场》（Coal Markets in Motion），该报告揭示了全球和美国的煤炭市场，讨论了煤炭出口、消费和价格的主要趋势。

1 全球煤炭市场产能过剩和价格低迷局面近期难以改变

在全球范围内，自 2011 年来由于各种因素煤炭价格已在持续降低。虽然美国页岩气革命促使该国的煤炭资源进入国际市场，使国际煤炭价格受到下行压力，但美国的煤炭出口仅占全球供应的 1%，而中国的经济增速放缓影响了全球市场才是全球煤炭价格下降的主要因素。此外，美元升值也是全球煤炭价格下降的一个原因，以当地货币进行支付的生产商由于成本降低从而刺激更多的生产。

2 全球燃煤效率短期内不会得到显著提高

许多人认为碳捕获与封存技术（CCS）是实现全球平均气温上升幅度控制在 2 摄氏度以下这一气候目标的必然选择，但是国际能源署却将其曾经呼吁到 2020 年实现 100 个大型 CCS 项目的目标缩减至了 30 个。2015 年 2 月奥巴马政府决定停止对“未来发电项目”（FutureGen project）的资助这一行为也正饱受非议。其实真正问题还是成本。国际能源署指出为实现 90% 的碳捕获与封存将造成成本增加 45%~75%，电厂整体效率降低 20%~25%。如果没有政策支持，天然气同样维持低价，那么 CCS 技术依旧毫无竞争力。但全球范围内的燃煤效率仍将有一些改善：许多即将投入运行的新工厂都是超临界燃煤发电厂，并且 2020 年越来越多的整体煤气化联合循环发电系统（Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC）和超超临界技术将得到应用。然而，至少在短期内，上述举措取得的一些燃煤效益会被大量的亚临界燃煤电厂所抵消，而这些正在修建的亚临界燃煤电厂大多数位于东南亚。

3 2040 年全球煤炭需求量将增加 15%

根据国际能源署《世界能源展望 2014》，2012 年煤炭在全球一次能源消费中所占比重约为 29%，但预计至 2040 年全球煤炭需求量将增加 15%。不同地区对煤炭的态度则存在巨大差别：在经济合作与发展组织成员国地区，特别是在美国，煤炭的需求是下降的；而在一些发展中国家，2040 年煤炭的需求将增加 1/3，主要来自东南亚地区、印度、非洲和巴西等国家和地区的显著增长。未来 25 年，煤炭的生产 and 价格趋势都将受控于亚洲。国际能源署预测，2040 年中国、印度、印度尼西亚和澳大利亚的煤炭产量将占全球煤炭总产量的 70%。

4 全球煤炭需求增长来自新兴市场

全球几乎所有的煤炭需求增长都来自新兴市场，“90-90-70”这组数字可以形象地代表这一驱动因素。据估计，至 2030 年全球人口增长总量的 90%、能源消费总量的 90%、GDP 增量的 70%将来自于发展中国家。持续的能源补贴、快速的城市化和越来越多的中产阶级是现代能源需求增长的主要驱动力。例如，2007 年，美国有 87% 的家庭都使用空调，而这一数值巴西只有 11%，印度只有 2%。全球还有 12 亿人缺乏电力供应，因此煤炭资源还存在巨大的使用空间。

5 美国煤炭出口稳步增长但消费预期显著降低

在美国，受 2008 年金融危机余波导致的经济萧条、低廉的天然气价格和美国环保局更严格的监管等的影响，燃煤发电所占的份额持续降低。自 2005 年来美国的蒸汽煤和冶金煤出口稳步增长，其中接近一半出口至欧洲。但由于可再生能源的有力竞争和更严格的空气标准，未来煤炭对于欧洲地区的吸引力将有所下降。能源和气候政策将直接影响美国的煤炭市场。而毫无疑问的是，碳排放定价必将对煤炭产生深远影响。根据美国能源信息署的政策情景推测，若自 2015 年开始收取 15 美元/吨或 25 美元/吨的碳排放价格，则到 2040 年将会分别比参考情景减排二氧化碳 35%和 80%。在这两种情景下，核能都将是混合发电的主力，而煤炭的使用量将大幅消减。

6 至 2031—2032 年印度的电力用煤量达 20 亿吨

对印度的能源基础设施和经济发展而言，煤炭一直并且仍将持续处于重要地位。印度是世界第三大煤炭生产国，燃煤发电量占该国总发电量的 68%。印度国家计划委员会预测为满足该国不断增长的电力需求，至 2031—2032 年燃煤发电的煤炭使用量将不得不增至 20 亿吨。尽管煤炭对于印度非常重要，但是该行业面临着严峻的挑战。印度的煤炭主要是劣质褐煤，而且具有高污染性。煤炭行业还饱受如下一些困扰：印度煤炭储量的不确定性、陈旧的铁路运输系统、大多数煤矿位于远离主要的电力需求中心等。如果印度依照计划增加煤炭产量及其使用量，那么要解决上述这些问题以及对全球气候变化而言将是一项艰巨的任务。

7 2030 年中国的煤炭使用量将达到峰值

中国应对本国空气污染的举措并不会促使电力部门用天然气取代煤炭。因为中国电力用煤量很大（据中国统计年鉴数，2012 年电力用煤量达 18.55 亿吨），难以以天然气完全取代。同时，中国提出煤炭使用量将在 2030 年达到峰值，届时年用煤量将达 45 亿吨，这为煤炭的持续大量使用留足了时间。中国政府为发电结构多元化做出的不懈努力将会导致大量新的核能和可再生能源发电厂投入运行。然而，中国还需要比这更多的能源。在工业部门，将会由煤炭改为天然气，随着中国逐渐向服务

型经济转型，工业对煤炭的需求将不会像过去 20 年那样的速度增长。

(刘学 编译)

原文题目: Coal markets in motion

来源: <http://www.brookings.edu/~media/research/files/papers/2015/03/coal-markets-in-motion/coal-markets-in-motion.pdf>

UNEP: 全球天然气水合物展望

编者按: 2015 年 3 月, 联合国环境规划署 (UNEP) 发布报告《冻土热: 全球天然气水合物展望》(*Frozen Heat: A Global Outlook on Methane Hydrate*), 概述了天然气水合物的性质、开发历史和研究现状, 探讨了天然气水合物开发的机遇与挑战, 并提出了对应的政策建议。本文对该报告的重点内容予以简要介绍。

1 天然气水合物开发的驱动力

当前社会, 不可持续的经济增长、资源稀缺和由化石燃料造成的气候变化等问题日益严重。在此背景下, 许多政策制定者已经认识到需要改变全球能源结构以满足长期的社会和生态可持续发展目标, 即绿色经济的一部分。UNEP 对“绿色经济”的定义是可促成提高人类福祉和社会公平, 同时显著降低环境风险与生态稀缺的经济。即绿色经济可视为是一种低碳、资源高效型和社会包容型经济。在所有传统化石燃料中, 天然气的每单位能量释放二氧化碳最少, 增加天然气而减少其他化石燃料的使用, 可视为迈向绿色经济的一步。而天然气水合物为天然气提供了一个巨大的非传统来源。

2 天然气水合物储量巨大

天然气水合物广泛分布在海洋和冻土环境。2000 年, 联合国发展计划发布的《世界能源评估》(*World Energy Assessment*) 指出, 全球天然气水合物就地资源潜力达 9400 万亿立方米 (Tcm)。2012 年, 国际应用系统分析研究所 (International Institute for Applied System Analysis, IIASA) 发布《全球能源评估》(*Global Energy Assessment*) 报告中, 将煤层气、致密气和天然气水合物都归类为非常规天然气, 按照该分类全球非常规天然气储量为 1600~5040 Tcm。

3 开发天然气水合物带来的好处

(1) 提升生产力以驱动经济可持续增长: 天然气水合物开发带来的直接市场效应就是天然气销售得到根本转变。天然气水合物资源的附加价值不仅包括新的经济活动、就业和税收, 还包括增加了能源供应、降低了能源价格以及减缓了能源价格波动。

(2) 增强能源安全: 作为额外的能源供应, 天然气水合物开发可以为世界上许多地区扩大能源供应来源、提升国内一次能源供应和降低进口依赖。当天然气水合

物资源出现在世界上一些最大且经济增速最快的国家时，例如中国、印度、日本和美国，这就为他们减少能源进口增强能源安全提供了便利。全球范围来看，这种自给自足的做法可以缓解将来可能由争夺外来能源供应而造成的负面影响。

(3) 降低空气污染，减少温室气体排放：与其他碳氢化合物一样，天然气水合物释放的甲烷燃烧时也会产生二氧化碳。但是它燃烧时每单位能量释放的二氧化碳却比煤燃烧时释放的二氧化碳低 40%，比石油低 20%。天然气燃烧时排放较少的污染物，包括较少的颗粒物、二氧化硫和氮氧化物。此外，它不会产生一些例如煤灰或核废料等需要管理的废料。相比较传统天然气，天然气水合物里的甲烷的杂质（如硫化氢）更少。

4 天然气水合物开发面临的挑战

(1) 技术挑战：当前最具经济可行性的选择就是减压开采，即通过降低压力促使天然气水合物分解。虽然近年来一些探索和生产性研究项目已获得成功，但是要想实现大规模生产还需要更多的研究。还有一种方法是二氧化碳置换开采，即在特定的压力范围内，将二氧化碳注入天然气水合物以置换出甲烷而留下稳定的二氧化碳水合物。最近一项关于该技术的现场试验正在被评估。

(2) 环境挑战：天然气水合物中的甲烷作为清洁能源的同时，本身也是一种温室气体。未来，天然气水合物分解释放出的甲烷可能会加剧全球变暖、加速海洋酸化以及加剧氧气消耗。海洋天然气水合物开采的一个独特的环境挑战就是水合物分解之后水的处理，这些水缺氧、盐度相对低并且低温，对海底的生物群落会产生不良影响。另外在开采活动中还可能引发海底滑坡等地质灾害。

(3) 政策挑战：天然气水合物开发支持者认为天然气水合物可以为许多国家提供一个稳定且安全的能源供应。但是天然气水合物开发依然需要面临许多政策挑战。天然气水合物的开发与验证需要数十年的时间。此外，为实现全球范围内天然气水合物大规模生产需要投资大量的基础设施。

5 政策建议

(1) 传统经济模式下的持续监管：围绕天然气水合物开发的一些政策问题就是监管。尤其是 2010 年墨西哥湾发生深水地平线漏油事件后，全球对于油气勘探开采有关的监管变得更严格。但是，目前还没有具体针对天然气水合物开发的监管。也许天然气水合物生产的监管可参照其他非常规天然气资源，例如煤层气或页岩气。按照目前的惯例，行业应该确定气藏的品位和地理范围、确定生产工艺以及在整个生产周期中的预期产能。在短期和长期来看考虑到地表和地下的问题，还应该进行环境评估。

如果是海底的天然气水合物开发，则还涉及到管辖权问题，这就需要类似联合

国海洋法公约的国际公约来解决跨界问题，从监管和环境管理到全球生态系统的整体保护和资源合理利用。

(2) 国家政策与应对气候变化的国际行动：在决定是否开采天然气水合物的问题上，政治力量和间接的经济利益可能发挥重要作用，例如国际援助、外交问题或其他社会政治因素等。事实上，天然气水合物开采与否是一个国家层面应考虑的事。气候变化的原因和影响也是全球性质的，需要采取广泛的国际行动。联合国气候变化框架公约（UNFCCC）就是全世界一起为应对人为干扰气候系统带来不利影响的工具。任何与碳有关的新能源开发应在 UNFCCC 下达成国际一致。

（刘学 编译）

原文题目：Frozen Heat: A Global Outlook on Methane Hydrate

来源：<http://www.netl.doe.gov/research/oil-and-gas/methane-hydrates/gas-hydrate-global-assessment>

前沿研究动态

Nature Geoscience：地球陆壳并非全部形成于太古宙

2015年3月31日，《自然地球科学》（*Nature Geoscience*）杂志在线发表了题为《大陆地壳起源于大洋岛弧》（Continental crust generated in oceanic arcs）的文章，研究人员通过研究巴拿马和哥斯达黎加地区1000万年前的火山活动，揭示了25亿年前地球上的各个大陆的形成过程，以及在过去7000万年里，该过程对地球生命和气候的显著影响。

距今25亿年前的太古宙时期，地球温度是现在的3倍，火山活动相当频繁，生命极其有限。许多科学家认为，地球上的全部大陆地壳都是在此期间形成，并通过地球最外层的构造板块的碰撞，实现了物质的不间断循环。

但最新的研究表明，“原始”大陆地壳的形成过程贯穿整个地球发展史。研究人员利用中美洲陆壳的形成作为自然实验室来了解其形成。结果发现，虽然大部分陆壳形成于太古宙，但也存在个例。研究人员利用地球化学和地球物理数据重建了现今哥斯达黎加和巴拿马陆壳的演化历史。该两大陆壳是在7000万年前由两个大洋板块发生碰撞，引起富含铁、镁的洋壳发生部分熔融形成。最初发生熔融的洋壳形成了现今的加拉帕戈斯群岛。

研究人员发现，大约1000万年前，喷出的火山岩浆的地球化学特征接近于陆壳的成分。测试发现，穿透此类地壳的地震波的波速与现代陆壳的观测值近似。此外，研究人员还对处于两个大洋板块边界的大洋岛弧上的火山进行了全球性调查。研究发现，阿留申群岛西部、伊豆-小笠原群岛的硫磺岛是最新形成原始陆壳的典型实例。

该研究认为，由某些现代岛弧的俯冲板片的熔融作用产生的安山岩体与大陆地壳的平均组分一致，从而引发了有关新形成的陆壳对全球的影响，以及在大陆或生

命本身演化中所起作用的质疑。例如，中美洲陆壳的形成将会导致航道关闭、海洋循环改变、海洋物种分隔以及对地球气候产生深远影响。

(刘学, 王艳茹 编译)

来源: Esteban Gazel, Jorden L. Hayes, Kaj Hoernle, et al. Continental crust generated in oceanic arcs. *Nature Geoscience*, 2015; 8 (4): 321 DOI: 10.1038/ngeo2392

Nature Geoscience 文章称科学家在地幔中发现新的刚性层

2015年3月23日, *Nature Geoscience* 发表了题为《下地幔浅部的滞留俯冲板片可能与地幔粘度的增加有关》(Slab stagnation in the shallow lower mantle linked to an increase in mantle viscosity) 的文章, 研究人员使用金刚石砧挤压铁方镁石矿物晶体, 发现在下地幔中存在超粘滞层。该发现可以解释地球的俯冲板块在 930 英里深处滞留的原因和深源地震的成因, 其暗示地球内部可能比想象中的更炽热。

由于布氏岩 (Bridgmanite) 和铁方镁石是下地幔的主要矿物, 研究人员使用宝石级的金刚石砧对含有 10% 和 20% 铁的铁方镁石矿物进行加压, 实验压力最高可达 96 万个大气压。研究发现, 下地幔中可能存在超粘滞层, 且当压力相当于 410 英里深的上-下地幔边界时, 铁方镁石的强度开始增加, 当极限压力等同于 930 英里深度时, 铁方镁石的强度增加了 3 倍。为了观察和测量铁方镁石晶体的原子间距, 地球物理学家采用劳伦斯伯克利国家实验室的 X 射线加速器轰击晶体, 来获取不同压力下矿物的强度。结果发现, 930 英里的地幔岩石的粘度或强度约为 410 英里的上-下地幔边界的岩石的 300 倍。粘度的增加可能会导致俯冲板片被卡住, 至少暂时停留在约 930 英里深处。实际上, 先前的地震图像显示, 许多板片似乎掉入了约 930 英里深的“池”中, 现在超粘滞层或刚性层的发现对这一现象做出了很好的解释。模拟还表明, 在 930 英里的最高粘度区的下部, 由于下地幔强度降低, 板块会更容易俯冲。观察发现, 下沉的板块可以到达 1800 英里的核-幔边界。

在板块俯冲过程中, 任何阻碍都会引发地震或火山活动。由于地幔中存在刚性层, 所以下沉板片会发生滞留或弯曲, 这就可以解释某些深源地震的形成。此外, 其还可用来解释海底火山的 2 种不同岩浆 (如冰岛与夏威夷火山岛) 的成因, 因为下地幔的粘性层可将 2 种不同的岩浆源分开。刚性层的另一个含义是, 如果岩石在地幔中的混合量减少, 便很难再将其加热并喷出地表, 这意味着地球内部比我们想象中的更热。科学家认为, 410 英里深的上-下地幔边界的平均温度为华氏 2800 度, 平均压力是地表大气压力的 23.5 万倍。计算发现, 930 英里的固态粘性层的平均温度是华氏 3900 度, 平均压力相当于 640 万个大气压。

(赵纪东 王艳茹 编译)

原文题目: Slab stagnation in the shallow lower mantle linked to an increase in mantle viscosity

来源: <http://www.nature.com/ngeo/journal/v8/n4/full/ngeo2393.html>

《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》、《先进工业生物科技专辑》;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：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