

中国科学院国家科学图书馆

科学研究动态监测快报

2014年1月15日 第2期（总第176期）

地球科学专辑

- ◇ 2013年国际地球科学领域发展态势概览
- ◇ 美国海洋甲烷水合物野外研究计划项目成果介绍
- ◇ 法国科学院发布页岩气开发建议
- ◇ SRL: 龙门山断裂带仍存在危险
- ◇ *GSA Today*: Bingham 铜矿山体滑坡触发地震
- ◇ 最新研究揭示地球上层大气辐射带超能粒子形成机理
- ◇ *Nature Geoscience*: 岩浆弧地区铜的富集受上覆板块厚度控制
- ◇ *Nature Geoscience*: 阿特拉斯山的形成有悖于经典模式
- ◇ 爱思唯尔集团推出地球科学领域开放获取期刊——GeoResJ

中国科学院国家科学图书馆兰州分馆

中国科学院资源环境科学信息中心

中国科学院国家科学图书馆兰州分馆
邮编: 730000 电话: 0931-8271552

甘肃省兰州市天水中路8号
<http://www.llas.ac.cn>

目 录

综述与评述

2013 年国际地球科学领域发展态势概览 1

能源地球科学

美国海洋甲烷水合物野外研究计划项目成果介绍 5

法国科学院发布页岩气开发建议 8

地震与火山学

SRL: 龙门山断裂带仍存在危险 10

GSA Today: Bingham 铜矿山体滑坡触发地震 11

前沿研究动态

最新研究揭示地球上层大气辐射带超能粒子形成机理 12

Nature Geoscience: 岩浆弧地区铜的富集受上覆板块厚度控制 13

Nature Geoscience: 阿特拉斯山的形成有悖于经典模式 14

地学期刊

爱思唯尔集团推出地球科学领域开放获取期刊——GeoResJ 14

2013 年国际地球科学领域发展态势概览

编者按：地球科学是与自然环境演化和社会经济发展密切相关的一门历史悠久的自然学科。地球科学自身的发展和完善不但大大提升了人类认识地球、利用地球和管理地球的能力，同时也为生态学、水文学、环境科学以及全球变化研究等提供了支持。本文主要基于《科学研究动态监测快报——地球科学专辑》（简称《地球科学快报》）对国际地球科学研究发展动态的系统监测，遴选并总结了 2013 年地球科学领域的主要科学前沿问题和科技发展态势，以供读者参阅。

1 固体地球科学发展态势

2013 年国际固体地球科学研究更趋于解决与地球演化和人类生存密切相关的重大科学问题，如地球起源、板块运动机理、地震成因、自然资源开发等。与此同时，一些重要的传统基础理论认识受到挑战。《自然——地球科学》杂志在 2013 年第 1 期发表特刊文章对 2007 年以来地球科学领域的研究进展进行回顾，指出当前地球科学研究的热点领域是：气候变化评估、人类世、大气氧之谜、海冰大幅缩减、大型逆冲区地震、海洋酸化、淡水循环、拥挤的太阳系、气候敏感性。2013 年 1 月，英国地质调查局（BGS）、瑞士联邦理工学院（ETH）、德国地球科学研究中心（GFZ）等发布报告《2013—2033 年及以后欧洲固体地球科学路线图展望》，提出未来 20 年欧洲固体地球科学研究将集中在气候变化、自然灾害与风险、资源、地球起源和地球动力学等 5 大主题领域，并指出了各领域的关键科学问题。

1.1 地球系统科学研究得到加强

2013 年美国国家科学基金会（NSF）再次增加了地球系统科学研究方面的投入。继 2010 年发起的地球系统动力学前沿（FESD）计划及 2011 年 10 月前后批准的 7 个项目后，2013 年 9 月 NSF 出资 2800 万美元，继续资助 FESD 计划的 6 个新项目：①地球系统的氧化动力学；②亚马逊/安第斯森林生物多样性形成及山脉、景观和气候分布的动力学；③地球系统动力学及其在非洲人类进化中的作用；④火山、海洋、冰川以及碳实验；⑤大陆-岛弧波动；⑥南半球臭氧层空洞对气候的影响，目的是探索地球过程和系统之间的联系。随后 NSF 又宣布在地球系统动力学的重点发展方向——人与自然耦合研究领域资助 21 个研究项目，总经费 1940 万美元，用于促进更好地理解自然过程和循环、人类行为和决策、以及它们如何互相影响和何时互相影响。

1.2 地球动力学研究取得新发现

2013 年 6 月地质学家的研究发现葡萄牙海岸附近海域有一个新的俯冲带正在形

成，即欧洲大陆和美洲大陆越来越靠近，而大西洋正在闭合。这是“大西洋板块的被动边缘正变得活跃”的首个证据，并预示着在伊比利亚区威尔逊循环是一个新阶段的开始。9月德国科学家对微小地震信号进行直接计算后，获得了浅层地震波速结构的详细的近实时图像，进而在近地表部分识别出了2个小的分支断层，这一直接观测结果为大量发生在帕米尔和天山地区的300 km深度的地震提供了解释。12月9日，《自然》杂志发表题为《地下火山》的文章指出：地震波研究显示夏威夷地幔柱不同于经典模式，呈罕见的膨胀趋势，在地下约110~155 km处存在一个暖池，该暖池并非位于夏威夷主岛的正下方，而是在主岛西侧100 km处。这一发现可能意味着夏威夷地幔柱受某种化学界面的影响，到达地表时地幔柱发生转向，或者地幔柱一开始就沿着倾斜的路径上升。

1.3 “地幔羽”假说受到质疑

板块构造理论从根本上改变了人们对地球内部运动的认识，但是，对板块内部及板块分离边界处的隆起或海山的形成，并没有合理统一的解释。20世纪70年代，J Morgan提出了“地幔羽”假说，认为发起于壳幔边界的温度的局部异常所导致的大规模岩浆涌出地表，形成了代表较厚地壳或洋壳的隆起或海山。2013年，同济大学周怀阳与美国伍兹霍尔海洋研究所（WHOI）的Henry J B Dick在《自然》杂志撰文指出，西南印度洋马里安隆起（Marion Rise）有约3200 km²的区域几乎完全缺失洋壳，地幔直接出露于地表，而原“地幔羽”假说对此无法解释。他们认为，地幔的成分异常很可能才是控制洋中脊深度变化的主因。英国剑桥大学教授 Maclellan在评论文章中认为，如果这一对印度洋洋中脊的地质观测是正确的话，将对人类深入理解地幔具有重要意义。

2 资源科技发展态势

2013年10月31日，国际重要石油与能源新闻专业网站oilprice的资深编辑James Stafford发表《全球油气工业未来趋势分析》文章，指出未来全球油气工业出现5大趋势：①海底油气作业系统将成为研发重点；②三次采油技术（CO₂-EOR技术）将得到广泛应用；③超级计算机系统将成为未来油气勘探所必需的设施；④液化天然气相关基础设施投资规模持续扩大；⑤页岩油气革命将彻底改变全球油气供应格局。

2.1 全球对页岩气认识更趋理性

以页岩气为代表的非常规油气勘探开发依然是2013年全球关注的热点，但与2012年相比各主要机构对这一事件的认识更趋理性。2月，普华永道公司（PWC）发布报告《页岩油——新的能源革命》，该报告指出未来20年全球页岩油产量将强劲增长，预计2035年页岩油产量将占到全球原油供应总量的12%，同时页岩油供应的大幅增加可能导致油价下跌40%。5月14日，国际能源署（IEA）发布2013年度《中期石油市场报告》，指出北美地区以非常规石油为主的原油产量的大幅上升给全

球供应链带来冲击，这将成为未来 5 年市场的变革性力量。8 月，美国研究理事会（NRC）发布《能源技术诱发地震的可能性》报告，认为：水力压裂及目前采用的页岩气开采技术不会诱发高风险的可感知地震；废水注入地下会造成一定风险，但有文献记录的地震只占很少一部分。11 月 7 日美国布鲁金斯学会在其网站发文指出，美国页岩能源革命将可能对中国产生 5 个方面的重大影响：页岩能源革命输出到中国；为中国国有石油公司海外收购创造机遇；制约中国石油公司在伊朗的经营活动；为中国在中俄天然气管道谈判带来了更大优势；有利于中国加大波斯湾石油进口。11 月 15 日法国科学院发布《关于页岩气开发的建议》对欧洲页岩气开发现状和前景进行了评估，并就解决页岩气开发面临的技术和环境等问题提出 9 点建议。

2.2 全球矿产勘探投资持续增加

全球矿产勘探投资持续增加，深部、深海和隐伏矿产资源勘探开发得到重视。2013 年 3 月，金属经济集团（MEG）发布《2013 年全球勘探趋势》深入分析了 2012 年全球非铁矿产的勘探情况，并简要分析了 2013 年的发展形势。2012 年全球勘探总支出达到 215 亿美元，主要投资在开发程度较高的项目上。MEG 预计，2013 年的勘探预算达到与 2012 年相当的水平，但在新区勘探投资可能会低于 2012 年，这将导致全球非铁矿产勘探水平的小幅下滑。5 月，加拿大政府宣布投资 5100 万美元资助新的“足迹项目”（Footprints Project）合作项目用于采矿业的研究和创新。在澳大利亚公布的 2013—2014 年财政预算中为地球科学领域额外提供 3400 万美元的资金支持，以帮助确保澳大利亚未来的能源和矿产资源需求。8 月，挪威贸易与工业部（NMTI）发布了《挪威矿业发展战略》，提出了挪威矿业的几个战略优先领域，包括海底矿产资源等。10 月 21 日，挪威科技大学（NTNU）、挪威国家石油公司 Statoil 和矿业公司 Nordic Mining 正在合作开展研究项目，绘制沿大西洋中脊的海洋矿产资源地图。此外，国际上一些企业深海采矿计划正在或已经付诸行动，深海采矿产业端倪显现。

2.3 淡水资源研究取得突破

2013 年 12 月 4 日，《自然》期刊在线发表了题为《作为一种全球现象——近海岸蕴藏着地下淡水》的文章，澳大利亚等国科学家研究发现在澳大利亚、印度尼西亚雅加达、美国新泽西州和佛罗里达州、中国东海、北美苏里南（Suriname）、南非布雷达斯多普盆地（Bredasdorp Basin）、格陵兰岛等附近大陆架海床下储存着低矿化度的地下水，总量估计达到 50 万 km³。这一发现意味着人类在缓解干旱和陆地水资源短缺影响方面有更多的选项可供考虑。

3 海洋科技发展态势

3.1 海洋酸化研究得到重视

2013 年 6 月，北极委员会发布报告对北极地区的海洋酸化现状进行了概述。11

月，美国伍兹霍尔海洋研究所（WHOI）等机构联合发布了《海洋酸化的 20 个事实》报告，归纳出海洋酸化问题被科学界广泛接收的 20 个事实。同月，IGBP 等发布报告，对海洋酸化相关问题的置信级别进行了分类，将海洋酸化问题的判断分为非常可信、高可信、中度可信和低可信 4 个级别。

3.2 美国开始重点关注北极海冰融化

2013 年 2 月，美国北极研究政策联合委员会（IARPC）确定了 2013—2017 年北极研究 5 年计划。重点资助的 7 个研究领域。8 月，美国国会研究部（CRS）发布了题为《北极的变化：服务于国会的背景与问题》，对北极海冰融化带来的主权、航道、资源、生态等问题进行了分析。9 月 24 日，美国 NOAA 宣布了其新的《五年研究和发展计划 2013—2017》，将工商业对北极的影响和北极生态系统特征研究作为未来研究重点之一。北极海冰融化趋势已渐趋清楚，以美国为首的相关国家正着手应对海冰融化后的新形势，北极资源和航道既是北极地区最重要的战略资源，也是北极地区问题的焦点。

3.2 日本加强海洋资源勘探开发

2013 年 4 月，日本内阁正式通过了《海洋基本计划》（2013—2017）决议。制定了未来 5 年的新举措，其中值得关注的资源开发措施有：2018 年，完善可燃冰商业化开采技术；2023—2028 年逐步扶持私营企业参与海底热液矿床商业化项目中；对锰结核与富钴结壳的资源量与生产技术开展调查研究。3 月 12 日，日本宣布成功从爱知县附近深海可燃冰层中分离出甲烷，成为世界上首个掌握了海底可燃冰采掘技术的国家。

4 研究基础平台设施建设

地学研究平台设施建设得到加强，重点建设海底观测、碳观测、生态系统观测、数值模拟和基础研究设施，逐步实现了观测、探测和模拟相互补充的地球系统与环境科学研究体系。2013 年 1 月，英国多家研究机构发布的《2013—2033 年欧洲固体地球科学路线图展望》咨询建议报告指出欧洲固体地球科学未来 20 年急需的基础设施包括：①多参数观测和研究中心（链接地球物理、地球化学、水文、气象、环境参数等），可以提供永久性综合监控超级站点；②多参数设备工具，以提高特定区域的分辨率；③大型野外实验移动设备；④用于地球科学监测的卫星飞行任务；⑤用于海底、断裂带、冰下的钻井设备；⑥钻孔观测网络；⑦海底电缆网络；⑧已有的冰芯和沉积物数据与海洋和大陆基础设施链接设备等。10 月，荷兰皇家气象研究所（KNMI）基于欧洲板块观测系统（EPOS）、加强美国和欧盟环境基础设施研究领域之间的合作（COOPEUS）、欧洲地震风险评估和减灾基础设施研究网（NERA）和欧洲地震学观测和研究设施（ORFEUS）项目的研讨会，发布了题为《欧洲地球科学路线图：下一代地球物理研究的基础设施》的报告，提出集成核心服务（ICS）

为正在开发的技术发展规划提供多学科服务，将覆盖固体地球科学领域，重点为应用于地球过程的地震学、火山学、地质学、大地测量学和地磁学，科学数据管理（如 EPOS 和 EarthCube 战略）。

大数据研究计划不断推出，支撑地球科学与资源可持续发展的需求。继 2012 年 3 月宣布正式启动“地球立方体”计划之后，2013 年 10 月 NSF 公布了新一轮的研究资助计划，集成地球科学领域的信息和数据。2013 年澳大利亚先后发布了《数据知识发现》、《国家地球科学数据网络》报告，试图利用新的大数据及其相关软件与技术来解决生态学、地球科学和物理学领域的挑战。美国国家研究理事会（NRC）8 月发布《大数据分析的前沿》报告指出，气候研究将继续以迅猛的速度增长，气候模型和卫星观测持续增长，以支持新的发现。仅在 2002—2012 年 10 年间来自行星科学、机器人探索太阳系方面的数据量就达到过去 40 年收集数据量的 100 倍。

（郑军卫 安培浚 赵纪东等 编写）

能源地球科学

美国海洋甲烷水合物野外研究计划项目成果介绍

编者按：2012 年 10 月，由美国国家甲烷水合物研究与开发计划（The National Methane Hydrates R&D Program）资助的为期 1 年的海洋甲烷水合物野外研究计划”（Marine Methane Hydrate Field Program）项目正式启动，目前该项目的主体工作已基本完成，以下就该项目取得的成果予以简要介绍，以期为我国相关研究提供参考。

1 背景资料

作为未来能源的重要组成部分，目前我们对于海洋甲烷水合物的认识还不充分，包括其形成、分布和特征等，需要进一步的研究以更好地量化它们的潜力。对于已知存在或可能存在甲烷水合物的洋盆的探索已超过 30 年，这些勘探还将继续并且会更加频繁，需要运用新技术和新方法最大限度的获得相关数据并尽可能从中提取到有用信息。因此，在该领域，对美国大西洋岸和墨西哥湾甲烷水合物形成和分布模型的改进显得至关重要。

2 甲烷水合物科学研究

2.1 甲烷水合物体系

某些气和水的混合物能在地球内特定的温度和压力条件下形成的固体，称为水合物稳定带。地质作用控制甲烷水合物的发生已成为统称的“甲烷水合物体系”，这已成为众多水合物研究计划的重点。

2.2 甲烷水合物评估

甲烷水合物资源评估表明全球水合物积累存在巨大的甲烷储量。在大多数情况下，这些评估范围包括几个数量级。甲烷水合物在能源资源或作为全球气候变化因

素之一具有很大的不确定性。其中甲烷水合物研究和开发活动的最重要的新兴目标是甲烷水合物聚集存储技术和经济可采天然气量的定性和定量分析。

2.3 甲烷水合物生产

因为传统的生产技术主要适用于以砂岩为主的甲烷水合物开采，因此砂岩储层被认为是甲烷水合物生产中最经济可行的，也将是未来甲烷水合物勘探开采的最首要目标。

2.4 甲烷水合物与气候变化

目前气候变暖对甲烷水合物沉积物似乎还没有引起灾害性的甲烷水合物分解或泄露。大范围的甲烷水合物需要上千年的持续变暖才会引起分解。但是长期的气候变化过程下，一些地方的甲烷水合物正在出现分离的迹象。

2.5 甲烷水合物相关的地质灾害

甲烷水合物相关的地质灾害包括由地质过程造成的“自然发生”的灾害，以及由人为活动造成的“人为”灾害。

3 目标

该项目的首要目标是进行科学规划，以实现未来的科学大洋钻探、取芯、测井、测试和分析活动，评估美国大陆边缘（尤其是大西洋岸和墨西哥湾）的甲烷水合物沉积物的地质过程、区域背景和特征等。

4 取得成果

该项目提出了甲烷水合物研究有关的一系列挑战，以及应对这些挑战所需的不同类型的研究，并指出了在这些研究领域可能产生重大突破的数个科学钻探计划，还列出了关键的规划建议。

4.1 科学挑战

4.1.1 甲烷水合物资源评估与全球碳循环

- (1) 海洋系统中甲烷碳库存与通量的控制因素，以及它们随时间的变化。
- (2) 构建一个全面的甲烷水合物评估体系。
- (3) 自然和人为扰动对甲烷水合物储量的影响。

4.1.2 甲烷水合物生产面临的挑战

- (1) 甲烷水合物离岸生产试验的优选方案。
- (2) 影响离岸甲烷水合物生产率的关键储层参数。
- (3) 满足经济可行性的离岸甲烷水合物开采试验所需的最低可采厚度和生产率。

4.1.3 与甲烷水合物相关的地质灾害

- (1) 甲烷水合物生产带来的地质灾害。
- (2) 甲烷水合物的分解等自然过程引发的地质灾害。

4.2 技术挑战

甲烷水合物建模、实验室和野外研究系统必需装置与集成。

- (1) 开发新有助于对野外研究数据解释和校准的实验室测量方法。
- (2) 发展和推广一些油田描述工具以应对关键的甲烷水合物研究的科学挑战。
- (3) 提升储层模型的精确性和可靠性，以评估甲烷水合物资源潜力，增强甲烷水合物作为地质灾害和气候变化指标的作用。
- (4) 确定服务于拟钻探策略的关键现场评价和描述的必需装置。
- (5) 提升模型、试验和数据的集成。

4.3 科学钻探计划

- (1) 利用全球钻井活动频繁这一有利时机将全球碳循环完全参数化。
- (2) 砂岩储层中的高浓度甲烷水合物：资源评价和全球碳循环。
- (3) 全球碳循环——高通量背景。
- (4) 甲烷水合物系统对稳定带上边界扰动的响应。
- (5) 甲烷水合物过饱和的区域引发滑坡灾害的预防。
- (6) 甲烷水合物引发地质灾害的相关特征。
- (7) 甲烷水合物开采有关的地质灾害。
- (8) 甲烷水合物对自然扰动的响应。

4.4 建议

- (1) 最优先科学钻探活动：①设计科学钻探以加深我们对墨西哥湾甲烷水合物砂岩储层的理解；②开展钻探规划以描述沿美国大西洋岸的甲烷水合物系统。
- (2) 建立一个高层次的国际委员会，以监察和识别合作研究和具体的科学钻探机遇，推进我们对甲烷水合物的认识。
- (3) 审查和更新每次钻探考察的技术和需求。
- (4) 未来进行甲烷水合物科学钻探时增加电缆测井技术和随钻测井技术。
- (5) 进一步开发井下土木工程工具，并将其应用于甲烷水合物的相关研究。
- (6) 开发和部署针对甲烷水合物系统的传感器和装置。
- (7) 继续测试和开发混合压力取芯系统（Hybrid-PCS），并推进其使用。
- (8) 协调钻探现场、实验室和模拟数据的使用与集成。
- (9) 甲烷水合物作为地质灾害和气候变化指标的作用，利用一切可用的通信工具传播经过仔细审查过的数据和信息。
- (10) 通过同行评议过程和对已发表的评论与反驳观点的正确使用，监督甲烷水合物科学界并有效处理错误信息。

参考文献： [1]United States Department of Energy, National Energy Technology Laboratory. Marine Methane Hydrate Field.

Program <http://www.netl.doe.gov/technologies/oil-gas/publications/Hydrates/2013reports/fe0010195-qpr-jul-sep-2013.pdf>

[2]Development of a Scientific Plan for a Hydrate-Focused Marine Drilling, Logging and Coring Program.

<http://www.netl.doe.gov/technologies/oil-gas/FutureSupply/MethaneHydrates/projects/DOEProjects/fe0010195-COL.html>

(刘学 编译)

法国科学院发布页岩气开发建议

编者按：2013年11月15日，法国科学院发布了题为《关于页岩气开发的建议》（Elements to clarify the shale gas debate）的报告指出，尽管欧洲页岩气储量丰富，但法国、波兰等欧洲国家考虑到页岩气开采带来的环境污染等负面效应，目前仍严禁使用水力压裂技术，而英国正领衔欧洲页岩气开发浪潮。该报告就页岩气的开发现状，开发可能带来的风险进行了评估，并针对页岩气开发也面临着严重环境问题和引发的日益激烈的争议提出了9条建议。

1 页岩气开发现状

随着欧洲、俄罗斯、澳大利亚等国掀起新一轮页岩气革命浪潮，中东的世界能源中心地位将得到很大程度的影响，同时全球能源需求的急剧增加导致大气中温室气体的积累和自然资源的枯竭。虽然这个主题并已被广泛讨论，但人们常常会忽略对于页岩气生产、运输和开发不可避免的限制因素，并且通常也会低估或忽视页岩气开发技术需要实现重大的技术突破。报告指出，法国科学院承接了这个复杂研究问题，并要求能源预见委员会（CPE）核查该议题并提出系统的问题和理性的解决方法。法国科学院充分意识到需要降低能源消耗，特别是化石燃料的消耗，并提高能源的使用效率。

关注页岩气的原因如下：①确保化石能源供应的安全性，其目前仍占一次能源的80%；②减少能源依赖和其成本（每年超过600亿欧元）；③提高经济竞争力；④通过提供一种可以弥补能源供应的间歇性和避免煤炭使用的可调度能源资源，为可再生能源提供了更宽松的介入环境。目前欧洲页岩气储量估计为（3~12）万亿立方米，其中法国的储量将达到5.1万亿立方米。图1为欧洲具有勘探潜力的页岩气和煤层气储量分布区。



图1 欧洲页岩气和煤层气储量勘探潜力区

2 主要研究内容

委员会强调了采取相关举措的重要性，并建议在页岩气勘探开发领域实施持续的研究（包括学术实验室和科研院所）。这些研究将有利于页岩气的大规模开发，主要包括：①获取有关资源丰富的知识和评估其存储的可访问性；②更好地评估任何潜在在开采对环境的影响；③改进和规范目前的开采技术和流程来减少对环境的影响；④开发替代水力压裂法的开采技术；⑤证明对环境的影响是否可以控制；⑥在控制良好的情况下开展不同尺度的实验，并设立一个试点研究网站，对所涉及的流程进行独立分析。该委员会认为，如果页岩气勘探开发遵循具体和详细的监测指导方针，不会对环境产生任何显著的影响。

3 页岩气开发风险

页岩气开采的潜在影响是公众和社区关注的主题。担忧主要集中在开采过程中甲烷和化学品使用产生的潜在的水污染，和开采过程中油气泄漏造成的空气污染，以及页岩气开采和生产的相关工作对社区和生态系统产生的负面累积影响。

该报告认为，页岩气开发将对自然与社会环境造成不良影响，主要体现在：①开发过程直接污染地下水；②由于管道的不密封性、压裂液等造成污染；③对水资源消耗过大；④存储与运输过程中甲烷的泄漏将加剧温室效应；⑤开发过程将可能诱发地震；⑥占用土地、产生噪音等将影响居民的日常生活。

4 开发建议

法国科学院基于英国页岩气开采方面的经验和以上风险分析，认为应在有效的监管措施与对话机制的基础上，并提出适合于法国页岩气开采的规范、相应的法规和最佳实践方案的建议。前4条建议重点针对页岩气研究和开发，后条关注的是页岩气开发可能承担的必要条件，特别是降低环境风险。具体建议如下：

- (1) 大型科研机构与大学实验室就涉及页岩气勘探与开采的所有科学问题进行研究。
- (2) 利用地质学、地球物理与地球化学知识准备勘探工作，联合地质学家评估页岩气储量。
- (3) 开展研究与实验以评估并减少页岩气开采带来的不良环境影响。
- (4) 设立独立的管控机构以跟踪并评估页岩气开采方法与行动。
- (5) 合理解决开采过程中水资源消耗过大问题。
- (6) 在开采前、开采期间与开采后进行环境监控。
- (7) 研究改善与替代水力压裂法的方法。
- (8) 研究如何在长期钻探过程中保障密封性并制定相应监管规范。
- (9) 在法国当前法规允许下，对可开采页岩气进行全面测试以更好地评估资源并提高产量。

(王立伟 编译)

原文题目：Elements to clarify the shale gas debate

来源：<http://www.academie-sciences.fr/activite/rapport/avis151113.pdf>

SRL：龙门山断裂带仍存在危险

《地震研究快报》(Seismological Research Letters, SRL) 2014 年 1/2 月期最新发表了 8 篇相关文章, 描述并初步分析了芦山地震, 指出 2008 年汶川地震引发了 2013 年芦山 6.6 级地震, 芦山断裂东北 60km 长的断层带最有可能是下一场大地震发生的位置。

2008 年, 位于四川西部龙门山断裂带的汶川发生 7.9 级地震, 死亡或失踪的人数超过 8.7 万, 是 1950 年以来中国最大的一场地震。2013 年, 距汶川南部约 90km 的芦山发生地震, 导致 203 人死亡, 11 492 人受伤, 受灾人数超过 150 万。此后, 中外研究人员对该地区的关注日益增强。虽然目前在该区域获取的信息较多, 但芦山地震之后下一次毁灭性地震的时间和位置却很难预测。

龙门山断裂带南部, 即芦山地震带, 包含汶川-茂县断裂、北川-映秀断裂、彭县-灌县断裂、大邑断裂以及一系列次级断裂。与汶川地震震中相似, 该区构造十分复杂, 研究难度大。

虽然芦山地震的主震区地表无破裂, 但强烈的震动仍然导致震中区破坏、伤亡严重。研究人员初步分析了芦山主震及 2 次大的余震, 发现此次地震大致起源于上地壳, 终止于地下约 8km 处。所以芦山地震与地表断层无关, 可能是由一条盲断层引发, 与部分控制成都盆地边缘的大邑断裂大致平行。基于对汶川和芦山地震的大规模勘探, 绘制了断层活动图。研究发现芦山地震以“背驮式”向四川盆地扩展, 但相对汶川地震活动性减弱, 发生地震的可能性较小。6.8 级芦山地震垂向和水平的近源强震动研究表明, 垂向震动相对较弱, 可能由于地震能量在地下 12~25km 处减弱, 导致破裂不能直达地表。

为明确芦山地震与汶川地震的关联, 需从确定芦山地震的新震源着手。通过分析近断层强地震动数据(距断层几十公里处的运动)以及长距离(上千公里)远震数据, 来寻找断层最先破裂的地方。据最新计算得到的震源位置, 目前发现最初的芦山破裂是一个非定向的环形破裂事件, 证实了早期观点。但计算得到的芦山地震主要滑移区距离汶川地震断层的西南段约 40~50km, 2 个断层之间的“间距”可能增强了地震危害。

此外, 研究人员统计分析了广大地震区的余震次数及下地壳与上地幔的剪应力变化, 分析表明, 汶川地震在一定程度上改变了全区的背景地震活动性, 对芦山地震产生了直接影响。如果将背景地震活动性的变化计算在内, 那么芦山地震有 62% 的可能是汶川地震的强余震。同时, 研究人员定量计算了汶川地震断裂带的应力载

荷，研究表明应力变化可能会导致芦山地震的破裂时间比预期大约提前 28.4~59.3 年，至少相当于汶川地震后期 85% 的余震，而不只是一次长期构造载荷。

汶川地震后，研究人员开始着手计算破裂带附近主断层的应力变化，确定危险余震可能发生的位置，验证应力变化计算对地震预测的有效性。同时分别将汶川和芦山地震收集到的数据与国际上其他 4 个地震（包括加利福尼亚和土耳其的 7.4 级兰德-伊兹密特地震、7.9 级阿拉斯加州德纳里峰地震和新西兰 7.1 级坎特伯雷地震）的余震和应力变化数据进行对比，结果表明，类似于芦山地震的强烈余震最可能发生在汶川地震的余震活动最强的地段，那里应力变化最大，断层带发育成熟。但照此标准，芦山地震只能通过应力变化来预测，而不是根据汶川地震后的众多余震来预测。

汶川地震为地震学家们提供了大量数据来预测该区下一场大地震发生的时间和地点。数据显示，汶川地震导致龙门山断裂带南部（芦山地震区）地震应力增大，但仅凭这一点很难预测断裂带南部是否会成为汶川地震后的下一个破裂点。地震矩的研究也提供了更多的证据。力矩平衡能够对比同一时间段断裂带内积累与释放的地震应变能。龙门山断裂应变能积累缓慢，1000 多年来无大地震发生，因此无能量释放。汶川地震后，其南段最有可能成为破裂点。目前认为芦山断裂的东北部约 60km 长的断层带是下个大地震最有可能发生的地区。

（王君兰 编译，刘学 校对）

原文题目：Longmanshen fault zone still hazardous, suggest new reports

来源：http://www.eurekalert.org/pub_releases/2014-01/ssoa-lfz122513.php

GSA Today: Bingham 铜矿山体滑坡触发地震

2013 年发生在美国犹他州铜矿的山体滑坡，或许是北美近代历史上最大的一次非火山活动原因滑坡事件。犹他州大学研究人员发现，这次滑坡事件在相隔短短 90 分钟的时间内发生了 2 次岩崩，引发了 16 次小地震。科研人员于 2014 年 1 月在美国地质学会的期刊《今日美国地质学会》（*GSA Today*）的封面上对这项研究成果进行了报道，此次山体滑坡移动的平均速度为 70 m/h，岩体脱离矿床的速度至少达 100 m/h，如此大规模的滑坡所产生的碎石足以将纽约中央公园掩埋 20 m。

地震经常会引发山体滑坡，但发生于 2013 年 4 月 10 日晚间 Bingham 铜矿的巨大山体滑坡却是首例已知的触发地震的滑坡事件。滑坡期间，2 个巨大的岩体先后发生崩塌，每个岩崩持续时间约为 90 s。肯尼科特公司密切监测着这个寿命长达 107 年老矿山的滑坡运动，滑坡发生的前几个月里他们已经认识到岩体不稳定性增加的迹象，关闭并迁移了位于世界最大露天坑南缘的游客中心。

研究人员估算出此次山体滑坡体积达 0.55 亿 m^3 ，由于滑坡时岩体发生破碎和膨

胀，因此估计滑坡堆积物的体积达 0.65 亿 m³。肯尼科特公司估计此次滑坡产生的碎石量达 1.65 亿吨，相当于 21 世纪修建埃及吉萨金字塔所耗费的石材量。

此外，研究人员估算了 3 种不同尺度的地震级别：第一次滑坡产生的面波震级为 5.1 级，里氏震级为 2.5 级，尾波震级为 4.2 级；第二次滑坡产生的面波震级为 4.9 级，里氏震级为 2.4 级，尾波震级为 3.5 级。其中，较大的面波震级更准确地反映了岩石崩塌释放的能量，而较小的里氏震级则更好地反映了人们对地震的感觉。这是由于较大的面波震级记录的是低频能量，而里氏和尾波震级是基于高频地震波，是人们常能感受到的真正地震。

第二次岩崩之后，引发了一次真正的地震，测得其震级为里氏 2.5 级，尾波震级为 3.0 级，随后又在矿坑底部发生了震源深度不足 1/2 英里的 3 次更小的地震。之后，通过分析又揭示了 12 次微震，测得其震级为里氏 0.5~0.8 级（震级为里氏-1 级相当于 1/10 手榴弹的威力）。其中，6 次微震发生在两次山体滑坡之间，另外 5 次发生在滑坡后的两天时间内，还有 1 次发生在滑坡后的第 10 天。然而，2 次山体滑坡发生前 10 天并未监测到任何地震。

此次滑坡属于基岩滑坡，具有快速、长距离跳动的特征。本次滑坡的垂直落差仅为 2 790 英尺，但其滑动距离接近 2 英里。尽管没有人在现场测量过滑坡的移动速度，但估算其速度一般为 70~110 m/h，最高可达 220 m/h。因此，推测宾汉姆峡谷山体滑坡从最陡部位跌落的速度至少达 100 m/h。

地震台站还监测了山体滑坡时的次声波信号，研究人员表示由于该声波穿透性强并且频率很低，以至于人们未听到任何声音。地震波和次声波监测出山体滑坡的 2 次岩崩之间的差异，即第一次岩崩结束时具有较强的峰值能量，而第二次则未发现这种现象。掌握这些数据，将有助于深入的了解巨大山体滑坡的物理机制。两次岩崩的体积相当，尽管 2 次岩崩都是以基岩为主，但是影像显示第一次滑坡含有较多的基岩，而第二次滑坡含开采废石的比例较高。

（周小玲 编译，刘学 校对）

来源：Kristine L. Pankow, Jeffrey R. Moore, J. Mark Hale, et al. Massive landslide at Utah copper mine generates wealth of geophysical data. *GSA Today*, 2014; : 4 DOI: 10.1130/GSATG191A.1

前沿研究动态

最新研究揭示地球上层大气辐射带超能粒子形成机理

日前 *Nature*（2013 年 12 月第 504 期）发表的有关地球上层大气辐射带研究的最新成果揭示了地球邻近空间超能电子形成机理，从而有望终结数十年来关于地球邻近空间超能粒子即“超相对论电子”产生机理的争论，将对地球磁圈对整个宇宙所产生的影响的认识和理解产生重要影响。该研究项目由美国国家航空航天局

(NASA) 资助, 是 NASA “范艾伦辐射带探测” 任务的重要组成部分。

地球上层大气辐射带即“范艾伦辐射带”是距地表 1000~50000km 高度的环地球高能辐射带, 由被地球磁场捕获的多荷电粒子构成。该辐射带所产生的强大辐射会给人造卫星、航天器及宇航员的人身安全造成严重威胁。受太阳活动及太阳风变化的影响, 地球上层大气辐射带中的超相对论电子行为表现出显著的可变性。然而, 长期以来, 关于导致辐射带内电子加速的主导物理机制一直未能被发现和破解。目前认为存在 2 个可能的原因是由极低频等离子波所导致的“内向辐射扩散传输”和“局部随机加速”作用。

此次研究人员利用最新的数据驱动的全球波模型对 2012 年 10 月 9 日地磁风暴发生时的地球外层辐射带内的高能电子进行了高分辨率卫星监测和数字模拟。研究结果显示: 极强的天然极低频无线电波即“哨声波”散射是造成辐射带超相对论电子产生的首要原因。研究在实现对辐射带超能电子加速过程的精细模拟的基础上, 结合了有关电子相空间密度的最新研究成果, 揭示了在地球临近空间自然波加速所产生的显著影响, 并证实径向扩散并非在上述地磁风暴发生过程中电子加速的主要原因。

研究人员指出, 该研究所揭示的地球外层辐射带电子加速机理对于木星、土星等天体以及其他磁化等离子体环境同样具有潜在适用性, 研究成果将对未来其他行星大气磁圈的模拟研究产生重要影响。

(张树良 编译)

原文题目: Rapid Local Acceleration of Relativistic Radiation-belt Electrons by Magnetospheric Chorus.

来源: Nature, 2013, 504: 411–414/ DOI:10.1038/nature12889

Nature Geoscience: 岩浆弧地区铜的富集受上覆板块厚度控制

世界上 75% 的铜矿都是由斑岩型铜矿系统产出。它们形成于板块俯冲带上, 并往往与钙碱性岩浆伴生。这种岩浆在分异作用过程中逐渐亏损铁, 相反拉斑玄武质岩浆则在分异作用中富集原始铁。钙碱性岩浆具有高含水量和高氧逸度的特征, 这些属性和岩浆金属含量通常被认为来自地幔流体。然而这并不能解释为什么斑岩型铜矿系统更易形成于厚的岩浆弧。研究人员统计分析来自世界范围内的 23 个第四纪的火山弧岩浆岩石样品的 40000 多个地球化学数据, 发现厚的岩浆弧更具钙碱性, 同时比薄的岩浆弧更加亏损铜。这意味着之前富集的铜已转移到铜硫化物的内部或在厚的岩浆弧底部。这种铜积累是形成斑岩铜必不可少的步骤。结果表明上覆板块的厚度对岩浆分异的控制作用比对幔源组成更重要, 同时可以解释斑岩型铜矿系统与钙碱性岩浆和厚的岩浆弧的关系。

(陈茹 编译, 刘学校对)

原文题目: Copper enrichment in arc magmas controlled by overriding plate thickness

来源: Nature Geoscience 7,43–46(2014)doi:10.1038/ngeo2028

Nature Geoscience: 阿特拉斯山的形成有悖于经典模式

一般认为，高的山有深的根。但是，最近南加州大学的地球科学家对阿特拉斯山 (Atlas Mountain) 的研究却发现，该山脉的形成突破了这一标准模式。在新的模式中，山脉漂浮在一层热熔岩（这些熔岩在岩石圈之下的区域流动）之上。该研究成果发表在 2014 年 1 月 *Nature Geoscience* 的研究亮点 (Research Highlights) 栏目，其进一步表明，山脉的结构及其形成远比之前的认识要复杂的多。

在经典的岩石圈模型中，地壳的高度必须有相应的深度来支撑，就如同一座高大的冰山并不仅仅是漂浮于水面，而还必须有巨大的水下质量来支撑一样。这一特征被通常称作地壳均衡说 (isostasy)。

为测量阿特拉斯山下方的岩石圈厚度，研究人员利用 15 个地震仪采集到了 67 次地震事件的有关数据。通过对这些数据的分析，研究者发现，尽管阿特拉斯山脉的海拔有 4000 多米，但其地壳以下的部分却只有 35 km，比经典模型的预测少了 15 km。

之所以处于这种非平衡状态，研究者认为很可能归因于岩石圈强度的异常和深部地幔动力学的共同作用。与此同时，该研究也表明，可以通过对整个岩石圈的观测来研究地表形变，这对于研究远离板块边界的造山运动非常有帮助。

参考文献:

[1] Atlas Mountains in Morocco are buoyed up by superhot rock, study finds

http://www.eurekalert.org/pub_releases/2014-01/uosc-am010214.php

[2] Mountains afloat, <http://www.nature.com/ngeo/journal/v7/n1/full/ngeo2055.html>

(赵纪东 编译)

地学期刊

爱思唯尔集团推出地球科学领域开放获取期刊——GeoResJ

GeoResJ 是爱思唯尔 (Elsevier) 新推出的同行评议期刊，也是旗下地球与行星科学领域第一个开放获取期刊，该期刊旨在提供一个涵盖整个地球科学领域的顶层研究的快速出版的平台，有 6 位来自不同的学科领域的执行编辑，包括地球物理学、地球化学、空间科学、火山学、大气科学和古生物学等。将出版以下一些文章：提升我们对地球、大气或行星系统认识的重大研究与进展的原创性文章；综述文章；侧重前沿技术发展的技术类文章等。

(刘学 编译)

原文题目: GeoResJ

来源: <http://www.journals.elsevier.com/georesj>

版权及合理使用声明

中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》（简称《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认真遵守中国版权法的有关规定，严禁将《快报》用于任何商业或其他营利性用途。未经中科院国家科学图书馆同意，用于读者个人学习、研究目的的单篇信息报道稿件的使用，应注明版权信息和信息来源。未经中科院国家科学图书馆允许，院内外各单位不能以任何方式整期转载、链接或发布相关专题《快报》。任何单位要链接、整期发布或转载相关专题《快报》内容，应向国家科学图书馆发送正式的需求函，说明其用途，征得同意，并与国家科学图书馆签订协议。中科院国家科学图书馆总馆网站发布所有专题的《快报》，国家科学图书馆各分馆网站上发布各相关专题的《快报》。其它单位如需链接、整期发布或转载相关专题的《快报》，请与国家科学图书馆联系。

欢迎对中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》提出意见与建议。

中国科学院国家科学图书馆

National Science Library of Chinese Academy of Sciences

《科学研究动态监测快报》

《科学研究动态监测快报》(以下简称系列《快报》)是由中国科学院国家科学图书馆总馆、兰州分馆、成都分馆、武汉分馆以及中国科学院上海生命科学信息中心分别承担编辑的科技信息综合报道类半月系列信息快报,由中国科学院有关业务局和发展规划局等指导和支持,于2004年12月正式启动,每月1日、15日编辑发送。2006年10月,国家科学图书馆按照“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,按照中国科学院的主要科技创新领域,重新规划和部署了系列《快报》。系列《快报》的重点服务对象,一是中国科学院领导、中国科学院业务局和相关职能局的领导和相关管理人员;二是中国科学所属研究所领导及相关科技战略研究专家;三是国家有关科技部委的决策者和管理人员以及有关科技战略研究专家。系列《快报》内容力图兼顾科技决策和管理者、科技战略专家和领域科学家的信息需求,报道各科学领域的国际科技战略与规划、科技计划与预算、科技进展与动态、科技前沿与热点、重大科技研发与应用、重要科技政策与管理等方面的最新进展与发展动态。系列《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。

系列《快报》现分13个专辑,分别为由中国科学院国家科学图书馆总馆承担的《基础科学专辑》、《现代农业科技专辑》、《空间光电科技专辑》、《科技战略与政策专辑》;由兰州分馆承担的《资源环境科学专辑》、《地球科学专辑》、《气候变化科学专辑》;由成都分馆承担的《信息科技专辑》、《先进工业生物科技专辑》;由武汉分馆承担的《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承担的《生命科学专辑》。

编辑出版:中国科学院国家科学图书馆

联系地址:北京市海淀区北四环西路33号(100190)

联系人:冷伏海 王俊

电话:(010) 62538705、62539101

电子邮件:lengfh@mail.las.ac.cn; wangj@mail.las.ac.cn

地球科学专辑:

联系人:郑军卫 安培浚 赵纪东 张树良 刘学 王立伟

电话:(0931) 8271552、8270063

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