

美国页岩油勘探开发历程与启示

■金之钧

(上接第1版)

历程与特征

纵观美国页岩油的发展历程,可将其分为三个阶段,即探索发现、认识与技术突破和快速发展。

1953~1999年是美国页岩油探索发现阶段。此时的页岩油勘探开发活动集中在北部的威利斯顿盆地,以寻找泥岩裂缝油藏为目标,页岩油年产量不到10万吨。1953年发现的Antelope油田是美国第一个页岩油藏,产层是形成于3亿年前左右的海相暗色页岩,即巴肯组上段,获得27吨/日的产量。1992年,针对巴肯组上段的页岩油勘探开发活动明显增加,有20多家公司参与其中。此后,由于油价走低和难以进行可靠的产量预测,该区的页岩油勘探开发活动大幅减少。

2000~2007年是美国页岩油认识与技术突破阶段。此时的页岩油勘探开发活动虽然仍集中在巴肯页岩区,但目的层已转为巴肯组中段的白云岩和粉砂岩层段。随着水平井和水力压裂技术成功应用,产量得以迅速提高,2007年首次突破100万吨/年。2000年和2005年是该阶段两个至关重要的时间点,前者是Elm Coulee油田的发现时间,这是以巴肯中段为勘探目标后发现的第一个油田,在页岩油产业发展中具有里程碑式的意义;后者则是成功将水平井和水力压裂用于巴肯中段页岩油藏开发的时间,揭开了美国页岩油开发的新篇章。

2008年以来是美国页岩油快速发展阶段。一方面,受页岩气革命影响,美国国内气价持续低迷,之前从事页岩气勘探开发的公司纷纷转向页岩油,巴肯页岩区的作业量和产量快速提升;另一方面,巴肯页岩油快速发展带来了“溢出效应”,美国其他地区的页岩油勘探开发陆续获得突破,伊格尔福特、二叠盆地更是后来居上,成为新的页岩油勘探开发热点地区。

随着页岩油勘探活动在多地展开,美国页岩油产量进入快速增长期。2011年,年产量首次突破5000万吨,2012年达到1亿吨,2014年达到2亿吨,2018年突破3亿吨。

■简讯

中科院健康管理联盟培训在兰州召开

本报讯9月10日,中科院健康管理联盟专题培训会在兰州召开。本次培训会由中科院健康管理联盟和兰州分院主办。

会议回顾了中科院健康管理联盟过去1年做的主要工作,包括探索高端人才健康休养模式、探索重点团队健康保障方式、开展健康管理专项调查、组织联盟常务理事工作会议等。同时讨论了《中科院健康管理联盟专家顾问委员会聘任管理暂行办法》,为首批专家顾问颁发了聘书。与会人员还围绕中科院各分院、院所合作医疗机构如何资源共享、加强合作、构建绿色通道,推进科研院所健康管理工作进行了专题交流。(魏刚 陈昊成)

上海大学成立力学与工程科学学院

本报讯9月8日,上海大学力学与工程科学学院揭牌仪式暨力学学科前沿研讨会举行。中国力学学会理事长杨卫、中国学位与研究生教育学会理事会副会长郑晓静等多位力学领域的中国科学院院士出席揭牌仪式。

在当天举行的力学学科前沿研讨会上,7位院士结合学科前沿和国家战略、创新性发展作了精彩的主题报告。(黄辛)

兜兰炭疽病防治方法获专利

本报讯由中科院华南植物园研究员曾宋君等完成的“一种兜兰炭疽病的防治方法”近日获国家发明专利授权。

该发明提出,在兜兰栽培前对栽培基质进行消毒,栽培过程中保持良好的通风并修剪老叶,一旦有植株感染炭疽病要将有病斑的叶片剪除销毁。其间采用农药对炭疽病进行喷施,其防治效率可达90%以上。(朱汉斌 周飞)

专家学者研讨气体同位素技术与地球科学应用

本报讯9月9日至11日,第二届全国气体同位素技术与地球科学应用研讨会在兰州召开。会议以“气体同位素技术与地球科学的发展”为主题,近百位专家就地球科学前沿的重大科学问题展开研讨。

本届研讨会由中国矿物岩石地球化学学会气体地球化学专业委员会等主办、中国科学院西北生态环境资源研究院等承办。会议紧紧围绕气体同位素技术在地质学、生态学、环境科学及同位素分析技术等16个专题中的新进展,以前沿报告、大会学术报告、分会场口头报告和展板报告等形式进行交流。(刘晓倩)

现状与展望

截至2017年底,美国的页岩油证实经济可采储量同美国常规原油和凝析油证实储量相当。2017年,二叠盆地成为美国第一大页岩油资源区;巴肯区带退居第二位;第三大页岩油资源区是墨西哥湾盆地西部的伊格尔福特区带。美国地调局认为,二叠盆地、巴肯和伊格尔福特区带还有超过120亿吨待发现的技术可开采页岩油资源。

据美国能源信息署预测,美国页岩油会在2025年前后达到5亿吨以上的年产量峰值,占美国石油总产量的三分之二以上,并大体保持这一产量水平至2030年,之后会逐年降低,到2050年会降至4.4亿吨,但仍占美国石油总产量的一半以上。

国际能源署认为,2024年之前,全球新增石油供应的70%以上将来自美国,且有望在未来5年内取代沙特,成为全球最大的原油出口国,这一切都得益于页岩油。

BP也认为,美国页岩油年产量完全具备在2030年达到5亿吨的条件,甚至可能突破6亿吨。

成本和油价是确定产业可持续发展的重要依据。从发展历程来看,美国页岩油行业的成本呈总体下降趋势,页岩油公司的盈利能力也在持续改善。以巴肯页岩区为例,2014年油价下跌之前,该区页岩油项目的勘探开发成本在65美元/桶左右,油价下跌之后,页岩油公司凭借技术进步和一系列优化措施实现了降本增效,目前该区的页岩油勘探开发成本已降至50美元/桶左右,基本具备了在当前油价水平上实现盈利的条件。

据有关资料表明,自2000年以来,美国页岩油开发投资已超过12000亿美元,长期负现金流和高负债使美国页岩油发展的可持续性备受质疑,甚至有人提出“庞氏骗局”说,但其实美国页岩油目前已出现向好的苗头。

IHS Markit的数据显示,美国页岩油行业在2018年首次实现了16亿美元的年度净现金流入。预计2019年有约140亿美元的净现金流入;到2023年,页岩油行业的累计净

现金流入将超过1400亿美元,基本可以应对长期债务问题。

经验与启示

美国页岩油革命的成功是资源、科技、市场、体制和基础设施等多因素合力作用的结果。

美国页岩油资源最丰富的国家之一,优质的资源条件为页岩油革命提供了物质基础。持续的科技进步是页岩油革命成功的关键,坚持不懈的基础研究促进了页岩油勘探开发理论的创新,水平井、水力压裂及配套技术的综合利用实现了页岩油气的商业生产,以“井工厂”为代表的生产技术降低了页岩油气开发的成本和管理成本,不断的技术创新提高了页岩油气勘探开发效率。成熟的市场环境是页岩油发展的重要支撑,完善的体制机制则为页岩油革命提供了制度保障,包括明晰的矿权以及矿权交易与管理机制,极富竞争性的市场机制、高效的政府监管机制、多元投资主体与专业化分工服务相结合的体制。良好的基础设施条件使页岩油革命成果得以迅速扩大,美国管道系统总里程居全球之首,且连通了主要产区、消费区、炼厂和交易枢纽,产出的油气能迅速到达市场。

美国页岩油革命带给我们三方面的启示。

一是新产业的快速发展需要国家的战略扶持。美国政府为页岩油气等非常规油气资源发展制定了明确的战略目标,并长期给予扶持。专门设立了非常规油气资源研究基金,从20世纪80年代开始,先后投入60多亿美元,其中用于相关理论和技术研究的费用约为20亿美元。联邦政府和州政府还制定了针对非常规资源的补贴和扶持政策,如《能源意外获利法》中明确规定非常规能源开发享受税收补贴政策;《美国能源法案》规定,政府在10年内,每年投资4500万美元用于非常规油气技术研发。

二是美国目前大规模开发的是高成熟度的页岩油资源。从美国三大页岩油区的情况来看,实现商业开发的富有机质页岩属高成熟页岩油,具有油质较轻、气油比高、地层压力系数

高、流动性较好等特点,通过现有的水平井体积改造技术和“平台式作业模式”能进行规模效益开发。美国还有大量中—低成熟页岩油资源,至今仍未实现商业开发。

三是分级分类动用是实现页岩油效益开发的重要保障。页岩油公司将产区按每1000英尺水平段初始产量分为5级,第一级的平衡油价只有32美元/桶左右,第五级则高达75~84美元/桶,在低油价下开发活动主要集中在最好的第一级区域内。IHS Markit的统计表明,第一级区域内的可钻井位已经有接近一半被钻。

在美国页岩油革命影响下,中国石油和中国石化公司从2010年开始启动了页岩油勘探评价工作。初步研究结果表明,中国陆相盆地发育多套湖相泥页岩层系,其分布范围广、有机质丰度高、厚度大,不仅为常规石油资源提供了丰富油源,而且大量的油滞留于泥页岩层系内,具有巨大的页岩油资源潜力。

据有关机构评价,中国页岩油技术可采资源量仅次于美国和俄罗斯,居全球第三位。中国的陆相页岩油资源量主要分布在东部断陷盆地古近系、松辽盆地白垩系、四川盆地侏罗系、鄂尔多斯盆地三叠系以及准噶尔等盆地的二叠系。

目前,以上地区的页岩油勘探开发均已有所突破,如准噶尔盆地吉木萨尔凹陷、鄂尔多斯盆地、渤海湾盆地、松辽盆地、江汉盆地等都突破了页岩油出油关,但正像美国页岩油开发初期阶段一样,目前多数并无经济效益。

高成熟页岩油油质轻,流动性好,但往往埋藏深、施工困难、开发成本高,通过技术进步、降低成本是关键。埋藏浅的往往是低熟油,原油比重、黏度大、流动性差,研发改制技术是关键。

综上所述,中国陆相页岩油与美国海相页岩油有很大不同,美国经验可以借鉴,但不能全部复制。只有持续加强基础研究和技术创新,研发出适应我国页岩油资源特点的理论和技术,才能大规模且经济有效地开发我国陆相页岩油,为我国能源安全作出贡献。

(作者系中国科学院院士,本文来源于《中国页岩油发展战略研究》项目组部分成果)



9月10日,观众在世界计算机大会产品展上与机器人“小沃”互动。当日,2019世界计算机大会在湖南省长沙市开幕,国内外知名专家学者、企业代表参会。

陈思汗摄(新华社供图)

“天眼”捕捉到快速射电暴多次重复爆发

本报讯(记者丁佳)记者从中国科学院国家天文台获悉,近日,有着“中国天眼”之称的世界最大单口径射电望远镜——500米口径球面射电望远镜(简称FAST)对一个编号为FRB121102的快速射电暴进行了跟踪观测,探测到其多次重复爆发,捕捉到的爆发数量是已知全世界最多的。

本次快速射电暴爆发首先由FAST快速射电暴实时探测终端于8月29日捕捉并预警。该终端实时处理了19束束接收机数据,并自动完成筛选、触发和存储。截至目前,通过对8月29日、30日、31日和9月1日数据多种单脉冲搜索程序的处理,

FAST已经发现数十次集中爆发,累积捕捉了大量高信噪比爆发。目前,针对数据的交叉验证和进一步处理仍在进行中。

科研人员介绍,快速射电暴是目前已知的宇宙射电波段最明亮的爆发现象,但没有关于其起源的合理解释。本次FAST大量并集中地捕捉重复爆发,将对研究快速射电暴的起源和物理机制起到重要推动作用。

FAST自4月起对该快速射电暴进行持续跟踪。此次FAST捕捉到多次爆发的信息已通过天文电报向全世界天文同行发布。鉴于该快速射电暴处于爆发活跃

期,FAST将安排更多跟踪观测。同时,FAST团队还建议其他望远镜设备对其进行跟进观测。

FAST快速射电暴实时探测终端由中国科学院国家天文台主持研制,于2018年11月通过技术评审和结题评审,被评为优秀国家级调控项目。项目合作方包括美国伯克利大学、北京师范大学和中科院新疆天文台。该终端系统具有高效的实时脉冲捕捉能力,可以和大部分观测任务并行观测,将在发现新的快速射电暴、提高快速射电暴定位精度和实时捕捉射电暴催生的高精度吸收线中发挥重要作用。

国产伽马刀即将迎来“中国芯”

本报讯(记者陆琦)9月10日,我国国产首批医用钴-60原料组件在秦山核电公司启运,前往中国同辐中核高通放射源生产线启动调试工作。这标志着中核集团即将向市场投入我国首套医用国产钴-60放射源,国产伽马刀设备的“中国芯”即将诞生。

钴-60是钴元素的一种同位素,钴-60放射源在农业、工业、医学等方面应用广泛。特别是医用钴-60生产具有重

要的社会意义和经济效益,钴-60伽马刀以其定位精确、疗效好、无创伤、副反应轻、经济性好等特点,成为肿瘤综合治疗的重要组成部分。然而,长期以来我国医用钴-60完全依赖进口,而国际上医用钴-60供应严重短缺,存在制源工艺复杂、生产效率低、放射性污染严重等问题,严重制约患者及时就医和国内伽马刀医疗产业的发展。

为了解决“卡脖子”技术、“原材料依赖

进口”等问题,在国家核安全局、国防科工局等大力支持下,中核集团将医用钴-60放射源国产化列入“龙腾2020”计划。2016年,中核集团在龙腾计划中正式批复了“医用钴-60放射源研制”项目,并于2019年4月在秦山核电公司实现第一批国产医用钴-60原料的自主生产,填补国内技术空白,为医用钴-60放射源国产化、批量化生产奠定了基础。

■发现·进展

中国农业大学等提出肺动脉高压治疗新策略

本报讯(记者李晨阳)日前,中国农业大学副教授罗永挺与中科院生物物理所阎锡钰院士团队合作,揭示了肺血管重构的新机制,并以此提出靶向血管重构治疗肺动脉高压的新型治疗策略。相关论文发表在《自然—通讯》上。

肺动脉高压是一种严重威胁患者生命的心血管疾病,其难以治疗的根本原因在于无法有效逆转肺血管重构。因此,鉴定调控肺血管重构的新靶点,并探讨该靶点的有效性,对肺动脉高压治疗新策略的提出具有重要意义。

该研究发现,在肺高压病变部位的平滑肌细胞上,存在着细胞膜受体CD146的特异性高表,而且表量与肺动脉压力呈正相关。进一步探究其分子机制发现,CD146与低氧诱导因子HIF-1 α 的表达相互促进,形成低氧重编程信号轴。这一信号轴的活化能促进平滑肌细胞恶性增殖、迁移和胞外基质分泌等表型转化事件。这表明抗CD146单克隆抗体具有靶向治疗肺动脉高压的潜力。

该研究为肺动脉高压治疗提供了一个潜在的新靶点,有助于发展靶向血管重构治疗肺动脉高压的新型治疗策略。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11500-6>

中科院昆明植物所

揭示云南被子植物区系形成原因

本报讯(见习记者高雅丽)近日,中科院昆明植物所植物分类与植物多样性团队李焯课题组以中国植物多样性最为丰富的云南为例,揭示了云南被子植物区系的形成原因。该团队结合该地区野生被子植物的地理分布及其系统发育关系,探讨了分类群丰富度、系统发育多样性及系统发育多样性残差的空间分布格局,在此基础上,融合了历史生物地理学信息。该结果在线发表于《植物分类学报》。

植物区系是某一特定地区生长着的全部植物种类,植物区系研究在植物种类清查、生物资源开发、环境保护、国民经济建设等方面起着至关重要的作用。

研究表明,在属种水平上,云南被子植物区系的系统发育多样性与分类群丰富度相关性较高,滇西北与滇南地区的植物区系具有较高的分类群丰富度与系统发育多样性。该研究进一步提出为有效保护生物多样性,不同进化过程的植物区系应采取不同保护策略的观点。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1111/jse.12539>

中科院南海海洋所

从南海珊瑚岩芯中“读出”气候变化信息

本报讯(记者徐海、朱汉斌 通讯员李淑)近日,中国科学院南海海洋研究所珊瑚礁及其环境记录学科组博士研究生韩轶等,在南海珊瑚记录的全球季风年代际变化研究方面取得新进展,相关成果发表在《地球物理快报》上。

南海北部位于热带辐合带(ITCZ)的北缘,该区域水文气候与ITCZ的季节摆动密切相关。但由于仪器测量气候要素的覆盖时间相对短,制约了对全球季风的深入探讨。

研究人员对南海北部西沙群岛的珊瑚岩芯进行了高分辨率的取样和高精度的测试分析,发现该珊瑚的氧同位素在年代际尺度上记录了ITCZ摆动所导致的区域水文变化;对比研究发现,在过去150多年的时间里,伴随着ITCZ的摆动,全球季风在年代际尺度上表现为南北半球反相位的模态,研究认为,南北半球季风在过去30年里同时增强的现象在过去150多年的时段里属于异常状态。

该研究提供了长时间序列、高分辨率的气候信息,为揭示季风气候变化的规律性及其驱动机制提供了新的线索。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1029/2019GL01907>

上海交通大学等

揭示浮萍进化和环境适应新机制

本报讯(记者黄辛)上海交通大学王文琴课题组与中科院植物所合作,揭示了浮萍根系功能和水生植物适应环境的新机制。相关成果近日在线发表于美国《国家科学院院刊》。

2014年国际上第一版浮萍基因组为浮萍功能基因组学和分子生物学研究提供了强有力的参考序列,并且开启了工业化应用的大门。但是第一版拼装出了16055个短片段并导致11.8%的序列缺失。

王文琴团队与美国罗格斯大学卫克曼微生物研究所Joachim Messing院士合作,重新利用三代PacBio单分子的测序优势,拼装序列连续性比上一版提升了44倍,填补了上一版95.4%的序列丢失区域,为浮萍生物学研究提供了更优质的参考基因组。

研究人员从根组织细胞学观察、根发育相关基因挖掘和根系营养元素吸收能力研究等方面,证明了浮萍的根系主要是定根且功能发生明显的退化。同时发现,异于陆生植物的不定根系统,编码抗微生物肽等抗病基因串联重复扩增且组成型表达,从而增强了浮萍对病原体和微生物的抗性,增强了其对水生环境的适应性,间接佐证了浮萍全球分布的优良特性。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1073/pnas.1910401116>