

中国页岩气开发的机遇、风险与挑战

□ 王立伟 郑军卫

以美国为中心的页岩气革命正波及全球，从欧洲到南美、亚洲，从发达国家到新兴市场。页岩气革命使美国从一个天然气净进口国转变为一个天然气出口国。2009年，美国超过俄罗斯成为世界第一大天然气生产国。页岩气发展为美国带来能源安全的同时，带来了美国制造业复兴，刺激了美国国内经济的发展，使美国率先走出金融危机。我国作为页岩气储量最大的国家，则更深刻感受到其中的机遇与挑战，美国的页岩气革命在我国能否复制一致是我国政府和能源界关注和讨论的焦点。国际多个机构也连续发布报告，对我国的页岩气开发前景与风险进行分析。本文将主要基于近期美国能源信息署(EIA)、美国布鲁金斯学会(Brookings)、意大利埃尼克·玛蒂埃基金会(Fondazione Eni Enrico Mattei)以及毕马威能源和自然资源部(Kpmg Global Energy Institute)等发布的涉及我国页岩气开发报告，对我国的页岩气开发机遇、风险与挑战进行分析，以期对我国的页岩气开发决策提供参考。

我国页岩气开发机遇

随着中国经济持续快速发展，能源需求不断攀升，中国已成为世界上天然气消费量增长速度最快的国家之一，国内天然气供需缺口日益扩大。2012年，中国天然气产量1077亿立方米，消费量约1500亿立方米，同时消费量增速远快于产量的增速，这意味着中国天然气的对外依赖度会与年俱增。据中石油预测，到2020年，年消费量可能达到3500亿立方米。

中国页岩气资源非常丰富，据美国能源信息署(EIA)资料估计，中国页岩气技术可采资源量居世界首位，达到36万亿立方米，是美国的1.5倍多，而且中国的四川盆地、鄂尔多斯盆地和塔里木盆地等都可能均含有更易于压裂的海相页岩。对中国来说，北美页岩气革命引发的全球页岩气开发热潮是一种开发国内页岩气资源的难得机遇。页岩气开发对于保障中国能源安全及经济长期稳定发展，具有重要的意义，并顺应了中国未来能源结构调整的方向。此外，美国布鲁金斯学会(Brookings)在其网站发文还指出美国页岩气革命将为中国国有石油公司收购海外上游(勘探和开发)资产创造更多机遇，为中国在中俄天然气管道谈判带来了更大优势，将导致美国逐渐减少甚至可能终止波斯湾石油的进口并促成中美围绕绕区石油安全的对话。

为促进页岩气发展，中国政府分别从矿权资源管理、科技攻关、产业

发展以及财政支持等方面出台了一系列鼓励性政策措施。2012年3月，我国第一个页岩气发展五年规划——《页岩气发展五年规划(2011-2015年)》出台，规划提出：到2015年基本完成全国页岩气资源潜力调查与评价，探明页岩气地质储量6000亿立方米，可采储量达2000亿立方米，年产量65亿立方米。通过两轮页岩气探矿权招标和页岩气开发补贴政策等一系列举措，降低勘探开发准入门槛，拓宽投融资渠道推动页岩气开发步伐。

我国页岩气开发存在的风险

随着国家出台的一系列举措，我国页岩气开发步入了快车道，但页岩气开发过程中存在的一系列风险必须引起高度重视。

经济风险

页岩气开发具有单井产量低、采收率低、投入高、钻完井周期长、产量递减快、资金回收慢、技术要求高等特点。一般企业承担不了如此巨大的投入风险。不同于常规油气开发，页岩气在开发初期需要巨大的资金投入，而且需要密集打井以保证产量平稳，仅靠现有的财政补贴无法保证足够的投资回报。页岩气开发初期投入较大，在投入产出效益不确定的情况下，投资规模不足将影响页岩气的快速发展。我国页岩气需要由具有技术和资金优势现有石油企业主导开发，但目前国有石油企业业务重心是常规油气，对页岩气投入有限，实质性的开发进程很难加快。我国页岩气勘探开发尚处于初期，产业发展具有风险大、成本高的特点。

环境风险

水环境污染已经成为页岩气开发中最大的环境风险。首先，页岩气的开发需要消耗大量的水资源，这主要是由其开采的技术特点所决定的。页岩气的开采需要的井数极多，据估计平均每口页岩气井耗水量为1.5万立方米，这样一个页岩气田的开采将耗用大量的水资源。对于我国水资源分布极度不均的现状而言，页岩气的开发将加剧缺水地区水资源的紧张局面。其次，开发页岩气将会造成水污染，引用水安全问题。这种污染主要包括压裂液对地下水源以及返排液对地表水源的污染。

除了对水环境存在威胁之外，页岩气开采过程中引发的空气污染也不容忽视。在页岩气开发过程中，会排放许多挥发性有机化合物和有害气体，会对人体健康带来影响。页岩气的开发甚至可能影响气候的变化。虽然页岩气相比煤炭石油而言，燃烧时排放更少的二氧化碳，但是在开发、运输及存储过程中还有其他

温室气体逸出。

此外，页岩气的开发还会引发其他一系列的环境问题。如：页岩气的勘探、开发和井场建设等将会对地表和植被造成破坏；页岩气井压裂液可能诱发局部地震；页岩气井水力压裂液储蓄池的挖掘等使其土地占用面积远大于常规油气藏的钻井井场；页岩气钻井、水力压裂、井场建设等方面还存在噪音污染。

技术风险

页岩气勘探开发需要水平井技术、压裂技术等专门的核心技术作支撑，目前我国对相关技术的研究尚在起步阶段。我国页岩气开发尚缺乏核心技术。从勘探开发技术装备条件来讲，我国页岩气开发的技术装备已具有一定基础，水平井和压裂技术在我国传统油气工业中都有一定应用，钻机压裂车组井下工具等装备制造方面已有较强的技术和生产能力，而应用于页岩气领域经验不足。但关键技术水平钻井技术和水力压裂技术还不成熟，技术装备也缺乏针对性实践。此外我国页岩气的地质条件与美国比起来有很大的差异，而且页岩气储层埋藏深，页岩气层深度的增加也增加了开采难度，这就对开发技术提出了更高要求。

我国页岩气开发面临的挑战

中国尽管在页岩气资源勘探开发上已展露良好机遇，然而与美国相比，中国大规模开采页岩气却面临一系列重大挑战。这些重大挑战涉及页岩气勘探开发的关键技术、环境保护、水资源利用与政府管理工作等方面。

关键技术挑战

除了雄厚的资源基础外，页岩气成功规模化发展的关键还包括实现勘探开发关键技术的突破。相比之，中国页岩气与国外页岩气储层品质的差异，中国在资源评价和水平井压裂增产等方面尚未形成核心技术体系，系统集成技术和单相配套技术设备均需引进，而即便直接引进国外成熟技术，短时间内也难以对这些进行技术消化、实现本土化。另外，中国页岩气的地质条件更为复杂，页岩系时代久远，热演化度高，气藏普遍埋藏较深，多分布于地下3000米以下，因而对开采技术的要求更高，而我国有技术水平和经验难以满足其勘探开发需求。目前中国已钻的页岩气水平井在钻井过程中无一例外地遇到了井壁垮塌、卡钻等频发事故问题。因此，技术突破是中国页岩气规模化发展的重

要前提。

环境保护挑战

当前环保部门对页岩气勘探开发潜在的环境风险和环境影响认识不足，尚未制定页岩气开发的环境监管标准、规范和政策。页岩气本身是洁净能源，毋庸置疑，但页岩气在勘探开发中会引发严重的环境污染问题也不应回避。页岩气勘探开发可能造成的环境污染包括勘探开发中大量占有土地对地表的破坏、大量钻井液与压裂液的用水与排放对水资源的过度使用与污染、烃类气体逸散及其他有害物质的排放对大气及土地等的污染。页岩气在钻井、储层改造中面临严峻的噪音消除、钻井液与压裂液处理及交通设施协调的压力。大量占有土地、钻井液与压裂液的用水在中国将是更为严峻的环保挑战。

水资源利用挑战

与美国相比，中国开采页岩气最令人担忧的问题可能是我们面临水资源严重不足。水资源紧张限制中国的页岩气开发不能照搬美国的模式。美国目前采用的水平井压裂技术，对水资源的依赖过大。中国的页岩气资源分布区多分布于水资源匮乏的西北部地区，大规模开发页岩气可能会让当地的水资源紧张状况雪上加霜。这就加剧了当地水资源短缺的矛盾和环境污染的风险。中国水资源短缺严重，有美国研究机构把中国水资源和能源生产之间的矛盾称为中国瓶颈。

政府管理挑战

实际上，页岩气被我国设立为新矿种起，政府管理工作的挑战就产生了。为了推动我国页岩气绿色发展，政府首先需要制定一个切合中国实际的战略规划，页岩气开发的巨大经济利益使得我们需要在其发展的初始阶段，就必须思考其发展的相关问题，避免我们以往在其他资源性产品发展中所犯的失误。其次，政府还需要完善页岩气的勘探开发管理制度，完善环境影响评价机制。第三，政府要加强环境法律法规的建设，促进环境监测与信息透明。第四，政府要加强天然气运输管道、道路等基础设施建设，对投资者在技术、经济等层面的管理，避免招商潮后投资人的失望。

(本文由地质矿产调查评价专项项目“地质调查情报跟踪与科技战略研究”提供)

新型高效液动锤的研究与应用成果取得创新突破

本报讯 据悉，2014年度河北省科学技术奖获奖项目日前公布，共有282项荣获2014年度河北省科学技术奖各等奖。中国地调局勘探所的“新型高效液动锤的研究与应用”荣获省技术发明奖二等奖。

勘探所在液动锤技术的研究与应用方面在国内基本处于独家持有，其他仅有极少数单位目前处于起步研究阶段。“新型高效液动锤的研究与应用”成果在理论创新方面取得了以下突破：

一是突破了传统理论，创新了液动潜孔锤的结构及工作原理；二是通过结构和工作原理的再次创新，成功解决了制约液动潜孔锤发展的工作稳定性问题；三是通过探索表面处理技术和结构参数的优选，大幅度提高了液动潜孔锤的工作寿命；四是深入分析背压影响机理，实践验证了液动潜孔锤的深孔应用能力；五是改进零件材料、优化结构，解决了高冲击工况

下零件的强度问题；六是深入研究参数匹配，拓宽了YZX系列液动潜孔锤的应用领域；七是简化结构，实现了与绳索取心技术的高度整合。

据统计，近3年来液动锤累计销售超过1600台套，销售收入1328.97万元，利润超过506.29万元。累计进尺超过368万米，使用单位获得直接经济效益超过3.1亿元。该项成果对提高我国钻探施工效率和施工质量、降低钻探成本、节能减排、加强资源勘探速度有极其重要的意义，形成了我国独具特色的钻探技术体系，推动了我国钻探技术的进步。

(王建华)



测试中心开展野外调研

本报讯 为贯彻落实中国地调局关于进一步加强安全生产工作的部署要求，近日，中国地调局地科院测试中心检查组前往贵州省都匀市荔波县甲良镇的“现场测试技术在一线地质填图中的应用示范”项目组开展野外安全检查。

检查组深入野外第一线，到达野外现场后，立即查看现场的整体情况、安全责任落实情况及居住生活环境情况，询问野外工作同志的工作和生活情况，检查野外车辆的安全使用情况，查阅野外工作及安全生产记录和北斗GPS使用情况。经检查，项目组非常重视安全生产工作，能按照中国

地调局和测试中心的各项安全规定和要求开展工作，采取了有效的安全保障措施。检查组对项目组进一步做好野外安全工作提出了具体意见。

测试中心科技处和项目组成员还到贵州省地调院开展了调研。双方就加强测试工作与地质工作的融合、科技体制与事业单位改革进行了深入、坦诚研讨，对各自单位存在的问题进行了开诚布公的咨询与解答。同时，测试中心人员到贵州省地调院测试中心实验室就共同提高实验测试能力建设进行了调研。

(文、图/樊兴涛)



野外现场采样

油气中心首次在下扬子海陆过渡相二叠系发现页岩气

本报讯 近日，中国地调局油气中心在下扬子地区部署的涇页1井传回好消息，该井在钻遇目的层二叠系龙潭一大龙组时，全烃值最高可达10%以上，解吸气成点火。根据初步估算，不含损失气及残余气，煤层气解吸气最高值可达9.33立方米/吨，页岩气共3件样品解吸气含量大于1.0立方米/吨。

涇页1井作为在下扬子地区矿权空白区首次获得海陆过渡相页岩气重要发现的钻井，位于安徽省宣城市泾县涇川镇大美村茅山村石场，构造位置为孤峰向斜西翼，开孔层位为三叠系扁担山组，目的任务为完整获取二叠系大隆组、龙潭组和孤峰组泥页岩岩心的第一手实物资料，开展下扬子地区页岩气钻探调查研究。

涇页1井于2014年11月30日正式开钻，今年3月11日，已钻至井深1247.3米，岩心平均采取率97%以上，当前岩性为黑色碳质泥岩夹煤层。前期钻进速度较快，后期随孔深增加钻进速度逐渐减慢。现采用的是直径95毫米钻头绳索取心钻具钻进。由地质技术人员现场进行地质岩心编



解吸气点火实验 陈科/摄

录、现场含气量解吸实验及岩心荧光录井。3月7日~8日，现场技术人员对龙潭组1232米、1233.5米两处煤层和1236.35米、1241.20米两处黑色泥页岩全烃解吸气点火成功，证明龙潭组地层中甲烷气体成分占比较高。

现场综合录井显示，目的层全烃值0.0238%~13.7639%，C1值0.0043%~10.7201%，C2~C5值变化不明显。至3月11日，共完成解吸实验13次，最高值可达9.33立方米/吨，共3件样品解吸气含量大于1.0立方米/吨，占样品总数的23%，4件样品解吸气含量介于0.5~1.0立方米/吨之间，占样品总数的31%，6件样品解吸气含量小于0.5立方米/吨，占样品总数的46%。

(陈科 吴燕萍)



刘健 陈虹 刘晓春

北查尔斯王子山二叠—三叠纪含煤盆地地质调查是本次南极考察的另一项重要任务。1月6日~9日，在变质基底考察组开展工作的同时，由中国地调局地科院地质所刘健和青岛海洋一所崔迎春博士组成的沉积岩考察组对北部营地的沉积岩也进行了详细考察。

北查尔斯王子山二叠—三叠纪沉积岩围绕比弗湖分布，称埃默里群，出露范围南北长50千米，东西宽30千米。该套沉积物充填了比弗湖北走向的裂谷盆地中，从底到顶划分为二叠纪的拉多克(Radok)砾岩组、贝恩梅达特(Bainmedart)组和三叠纪的弗拉格斯通岩组(Flagstone Bench)组三个陆相地层单元。由于贝恩梅达特(Bainmedart)组是含煤地层，而且地层倾向很缓，一般不超过10°，地表又多被冰碛物和冰雪所覆盖，所以我们只有抵达一些沟谷或陡坎处，才能观察到较好的露头。

贝恩梅达特组的沉积具有韵律性分布特征，韵律为“粗砂岩、砂岩、砂质泥岩、煤层”，而多数韵律是不对称的。总体来说，韵律的最下层厚度最大(1~46米)，粒度最粗，通常由长石英质粗砂岩组成，局部含有铁质结核，区域上从南向北，地层上自

南极北查尔斯王子山考察系列报道(七)——完成二叠—三叠纪含煤地层考察转战南部营地

下而上铁质结核有增多的趋势；中间层(0.5~10米)，常由中细砂岩和粉砂质泥岩等组成；最上层是煤层、含煤粉砂岩和泥岩(厚度从0.1至11米不等)，通常南部煤层较薄多为1~2米，北部煤层较厚多以3~4米为主。

三叠纪弗拉格斯通岩组煤层缺失，主要由块状粗砂岩、含砾粗砂岩夹中—薄层状中细砂岩为主，尽管仍然保留有沉积旋回，但是沉积旋回厚度明显薄于下伏的含煤地层。这种沉积环境明显不同于二叠纪贝恩梅达特组，可能代表了该地区二叠纪演化至三叠纪时气候发生了剧变——变得更干燥。针对三叠纪弗拉格斯通岩组韵律性特征，我们进行了系统测量和取样。

1月10日~11日，按照工作安排，在完成北部营地的全部考察任务后，我们将搬迁至南部营地开展下一阶段的工作。南部营地距离北部营地的直线距离约为23千米，然而10日一整天的狂风暴雨让能见度

还不到200米，除了简单煮点方便面之外，剩余时间我们都只能在帐篷中等待。11日清晨，暴风雪终于停下来了，早饭后，我们就只带上最重要的个人物资开始准备撤离南部营地。

由于前一天下了一整天的雪，前两天还能够看见的巨大的冰碛砾石不见了，或者只露出了一小部分。保护

三叠纪弗拉格斯通岩组沉积地层观察 James/摄



狂风暴雨中简单用餐 陈虹/摄

我们安全的詹姆斯看到这个情景也开始担心，他要求我们必须跟着他走，以确保每个人都能安全抵达目的地。20多千米的路程对于一般地质队员来说并不太远，但是我们还需要穿过10多千米宽的深雪覆盖区，每迈出一步都感到异常的艰难，有时候腿在雪里，想试图拔出来，都需要尝试好几次才能够实现。当天温度虽低，但每个人都是大汗淋漓，但没有人敢停下来歇歇，因为一旦停止脚步，马上就会觉得从头到脚的冰凉，还有可能冻伤自己的脚。

行进途中，水很早就喝完了，我们便随手抓一把雪塞到嘴里，但雪却并不解渴，而且还似有苦味，等我们后来碰到了冰雪融水，便迫不及待地喝了个痛快。经过10多个小时的漫长跋涉，我们终于来到了南营地苹果房，那是5个红色半球状的小房间，不同的苹果房的功能不同，其中有厨房、宿舍、杂物间和卫生间等，相比于北侧的帐篷营地，这里的条件要优越得多。抵达南营地后，队员们开始慢慢感觉到脚部的疼痛，这才发现脚都磨出了新的水泡，有的直径甚至达到了3厘米，但是没有一个人抱怨，大家默默地用针刺破水泡，进行了简单包扎，准备迎接第二天的考察任务。

(中国地调局地科院力学所)