

国内页岩气有效开采值得关注的几个问题

薛承瑾

(中国石化石油工程技术研究院,北京 100101)

摘要:中国页岩气勘探开发已列入国家议事日程,但如何实现经济有效开采还有许多问题需要加以关注并得到妥善解决。作为独立矿种的页岩气同样是天然气,在遵循天然气田开采固有的以市场用户为目标的基本规律的同时,还要以工程技术为中心、以集成集约为模式。在天然气管网不发达、大山沙漠、缺水少电、基础建设薄弱的中国广大页岩气赋存地区,如何实现以销定产长期稳定、集成集约有效开采,尚有系列难题有待破解。以系统工程方法为手段,以经济开采为主线,以工程技术为重点,探讨了页岩气开采中可能遇到的技术、经济问题,以期引起大家的关注。

关键词:页岩气 有效开采 工程技术

中图分类号:TE132.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0890(2012)04-00-0001-06

Noteworthy Issues on Effective Production of Shale Gas Resource in China

Xue Chengjin

(Sinopec Research Institute of Petroleum Engineering, Beijing, 100101, China)

Abstract: China's shale gas exploration and production has been included in the national agenda. However, many issues that regarding to cost-effective exploration and production still need to be noted and solved properly. As an unconventional natural gas resource, shale gas has its uniqueness, such as aimed at the market and users, depended on engineering and technology, featured in integration and intensive model. In many undeveloped regions in China where gas pipeline network is not readily available, in shortage of water and electricity, poor infrastructure, a lot of difficulties must be solved, including that how to determine the production according to sales and keep it stable in the future, with integration and intensive model to keep cost-effective exploration and production. This paper attempts to approach the main technical and economic problems that encountered in shale gas exploration and production, by means of systematic engineering method, pay great attention to cost-effective production, and take the engineering and technology as the most important aspect, so as to analyze technical and economic problems, draw attention from energy source industry.

Key words: shale gas; effective production; engineering technology

经过近几年的准备,以国家发展和改革委员会发布的《页岩气发展规划(2011—2015)》为标志,作为独立矿种的页岩气,已经正式列入国家议事日程。该“五年发展规划”为中国页岩气产业发展制定了宏伟的发展目标:完成资源评价,掌握资源分布,优选有利目标,取得技术突破,实现装备国产,形成系列标准,完善政策体系,实现规模生产。在今后不到4a的时间里,在约 $25 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 可采页岩气资源的广大地区,优选19个勘探开发区的50~80个有利目标,探明地质储量 $6\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、可采储量 $2\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$,2015年产量达 $65 \times 10^8 \text{ m}^3$,2020年产量力

争达到 $(600 \sim 1\,000) \times 10^8 \text{ m}^3$ 。相对于整个中国天然气工业发展来说,这算不上多么宏伟的目标,但对于页岩气这一特殊矿种和已有的工作基础来说,

收稿日期:2012-06-26。

作者简介:薛承瑾(1963—),男,江苏涟水人,1984年毕业于华东石油学院采油工程专业,2005年获中国石油大学(北京)油气田开发工程专业博士学位,教授级高级工程师,副总工程师,SPE终身会员,长期从事油气田开发生产、科研与管理工作。

联系方式:(010)84988089, xuecj.sripe@sinopec.com。

基金项目:国家科技重大专项“3000型成套压裂装备研制及应用示范工程”(编号:2011ZX05048)资助。

也无疑是一项极具挑战性的任务。因此,有必要对目前页岩气勘探开发中值得关注的问题进行分析探讨,以实现页岩气经济有效开采,从而推动中国页岩气勘探开发进程及发展目标的实现。

1 以市场用户为目标的页岩气开采

页岩气也是天然气,这一最基本的属性往往会被人们忽视。因此,页岩气无论作为商品还是作为勘探开发对象,都遵循天然气和天然气藏最基本的开采规律和技术经济取向。以市场用户为中心、产供销用一体化是天然气工业最基本的特点。在长期稳定供给的前提下,页岩气开采必须以用定销、以销定供、以供定产、以产定速、以速定制。因此,页岩气市场、用户的选择和确定是首先需要考虑的。在中国天然气管网不够发达、市场不够发育的今天,发现页岩气、有能力开采页岩气是一回事,能不能卖出去、能不能盈利是另一回事。能否经济有效开采页岩气,首先需要与天然气用户、天然气管网、页岩气价格、页岩气开采相关的国家及地方政策、页岩气资源所在地区的自然人文环境及基础设施建设等因素进行认真研究、综合评价。

1.1 用户

一切为了用户,用户的需求就是页岩气开发商的行为指南。气卖给谁?谁是近期用户,谁又是潜在用户?能否实现就地发电、区域供气、分布式供气?能否就地发展天然气化工?是否可解决地方特别是山区能源供应?是管输卖普通天然气还是拉运卖压缩天然气(CNG)或液化天然气(LNG)?是自己建设独立的管网还是全部(或部分)搭用他人管网?是自己建设还是合资建设CNG或LNG装置,或是直接卖给有相应装置的用户?用户是需要常年稳定供气还是季节性周期性供气?是独立用户还是多用户?在不稳定的供气需求下如何满足用户要求尤其是峰值要求?是独立气源供给还是多方供给,是主气源还是辅气源?如何在不稳定供气条件下尽可能实现气田正常稳定生产?等等。了解用户的性质、规模、远近、输送方式、用气特点等是页岩气开发商最终确定用户的基础,同时也是页岩气产能建设、开发技术经济政策制定的依据。

1.2 管网

管网是页岩气开发商与天然气用户之间的桥

梁,是实现页岩气价值的动脉。有没有可用管网?如有,能不能入网,入网合不合算?如没有,谁来建设管网?是自己建设、合资建设还是国家建设?是国家与地方建设主干管道、企业建设气田管道,还是全部由企业来建?建设什么样规模的管网?管网建设与页岩气田开发建设能否同步配套?在没有就近可用天然气管网的情况下,页岩气开采很难规模化开采,不规模化开采很难使项目经济可行。如何在没有天然气管网的地区实现页岩气的规模化开采?答案也许只有一个:建设管网!只有先有管网,页岩气才能规模化开发和经济有效开采。国家对待天然气管网建设应像航空、铁路、公路、电力和互联网建设一样重视。据美国能源署网站EIA资料^[1],截至2008年底,美国本土48个州天然气管道长度达 49.0×10^4 km,州际管道长度 34.9×10^4 km,州内管道长度 14.1×10^4 km。从1998—2011年实际建设管道长度看,年增幅度在2%以上。俄罗斯天然气管网总长度也达到 16.0×10^4 km,年输送能力达 $7\,000 \times 10^8$ m³,使之成为天然气工业大国^[2]。以“西气东输”、“川气东送”、“崖港”等20余条主干线为标志的我国天然气管网建设,经过近几年快速发展,主干、支线天然气管道长度在2011年底突破了 5.0×10^4 km,年输送能力超过 $1\,400 \times 10^8$ m³;同时,沿海地区LNG接收站建设也取得重大突破。但我国天然气管网建设的速度和广度与我国天然气、页岩气发展的需求相差还很大,任重而道远。

1.3 气价

气价是产供销用以及地方与国家各方利益的平衡点。为推动页岩气发展,中国政府计划将对页岩气实行市场定价。页岩气上、中、下游各方利益如何平衡?盈亏平衡点是多少?国内气价与国际气价是什么关系?市场定价、区域性定价又以什么做基准?会不会出现价格过高无人问津,反而制约页岩气产业的发展?会不会产生联动效应,引起一定范围内的物价上涨?美国于1989年和1992年分别颁布了《天然气井口价格解除管制法》和636号法令。从此,美国本土天然气井口价格完全放开由市场决定。同时,美国强制要求管道公司对所有天然气开采商提供平等的运输服务,根据运营成本统一收取天然气接入费用。目前,中国的天然气管道建设、运营基本上都是由各大石油公司承担,能否可以将这些管道公司从这些大石油公司中独立出来?如果不独立经营,如何保证对所有管道用户平等对待?因此,尽

快研究并采取一系列改革方案和切实可行的措施,实现真正意义上的页岩气市场化价格,是促进我国页岩气乃至整个天然气工业发展的极为重要的步骤。

1.4 政策

政策导向往往决定一个行业的兴衰。国家和地方政府在土地、信贷、税收等方面对页岩气产业有什么扶持与优惠政策?国家和地方政府在大气、水(包括地面与地下)、土地、地质等环境保护方面有什么要求与限制?由于页岩气区和常规气区在地质上往往重叠,在实际操作过程中如何区别页岩气和常规气产区和产量?如果美国政府不在 20 世纪 80 年代初开始实施政府鼓励政策,美国的页岩气等非常规资源的开采就没有今天的大好局面。美国对 1980—1992 年开采的非常规天然气给予油当量 3.0 美元/桶的税收津贴^[3];2006—2010 年,非常规能源的油气井可享受 22.05 美元/t 的补贴^[4];州政府(如德克萨斯州)自 20 世纪 90 年代初就对页岩气的开发免征生产税,并实施 0.035 美元/m³ 的政府补贴^[5]。中国也制定了页岩气产业鼓励政策:允许开发商申请减免页岩气探矿权和采矿权使用费,减免页岩气项目国内不能生产的自用设备(包括随设备进口的技术)的进口关税,页岩气出厂价格实行市场定价,用地优先审批。这些政策什么时候能够到位?这些政策是否足以刺激页岩气产业的发展?开发商所关心的也许是:每生产 1 m³ 页岩气政府到底能补多少钱?而政府关心的也许是:到底补多少钱页岩气开发商才不会亏损,才能真正把开发商引进来?另一方面,政策也许是统一的,但页岩气开采所面对的对象却是千差万别的。

1.5 基础设施

基础设施建设程度和水平是一个地方综合实力的反映,同时也是页岩气项目能否成功的先决条件。页岩气产区的水、电、气、路、通讯等基础设施建设情况如何,能否满足开采要求?如果不能满足要求,是新建还是改建?谁来建设和改造,是企业还是地方政府,还是划定层阶分别建设?如何处理新旧设施之间、近期远期之间的关系?如何处理好工农之间、企地之间的关系?企业与地方能否达成共识可持续发展?等等。就目前所掌握的资料来看,中国的页岩气资源以海相为主,主要分布在四川、滇黔桂和渝东—湘鄂;陆相为辅,主要在上扬子地区和准噶

尔盆地,上扬子地区具有海、陆相页岩气共生富集优势,可同步勘探开发。但上述地区多数又是严重缺水、道路难行、基础设施不够完善的地区。因此,欲吸引开发商将资金投入到当地页岩气开发,地方基础设施的配套与优化至关重要。

上述诸多因素对特定的页岩气区块开采项目能否上马、能否经济有效开采有重要影响,任何一个问题如果没有明确的结论,没有妥善处理,都可能成为制约页岩气开采项目能否上马的决定因素,同时也可能成为影响该项目经济效益的最重要的因素。与油田开采的本质区别正是“市场用户、输送方式”等因素,往往正是这些因素给有效开采带来致命的打击,使“优秀开发方案”变成低效开发甚至无效开发方案。

1.6 对策探讨

政府和能源界近几年采取的一系列重要举措表明:中国期望发挥“后发优势”,用 5~10 a 的时间完成页岩气工业化,实现中国页岩气产业甚至天然气工业跨越式发展。跨越式发展需要更加坚实的发展基础。“正视困难,迎难而上,总体规划,分步实施,地企同力,各司其职,先易后难,先肥后瘦”和“节奏可以加快,程序不可逾越”等原则,也许同样是实现页岩气产业跨越式发展的“金钥匙”。

1.6.1 总体规划,分步实施

国家已经发布了《页岩气发展规划(2011—2015)》,各能源企业和有志在页岩气领域一展身手的各类开发商,都应结合国家“五年发展规划”制定自己的页岩气发展计划和近期实施方案,分析自己的实力和优势,找准自己的位置,发挥自己的特长,有计划、有步骤地实施自己的计划。既要放眼未来、积极参与、有所作为,又要谨防人云亦云、盲目跟进。

1.6.2 地企同力,各司其职

中国页岩气赋存地区自然状况较差、基础设施不够完善的现状和页岩气开采高投入、慢产出、长期稳定的特点,需要国家、地方和企业从维护国家能源安全的高度,同心协力、各司其职。国家和地方政府应在主干管网建设、水电讯路基础建设和政策法规、价格机制等方面尽快有所作为,企业应在技术开发、先导试验和工业化试验等方面有所创新、多做贡献。

1.6.3 先易后难,先肥后瘦

2015年全国 $65 \times 10^8 \text{ m}^3$ 页岩气经济产量从何而来?首先是就近有天然气管网的地区,其次是水、电、路、通讯等基础设施配套完善的地区,再次是富含气、埋藏浅、规模大的区块。如果上述条件基本具备,就是较好的目标。目前,中外公司在四川盆地及周缘地区陆续开辟试验区绝对不是因为巧合。

如果把页岩气经济有效开采作为事物发展变化的一个整体加以考量的话,那么用户、市场、管网、政策、基础设施等就是外因,而页岩气富集区预测、水平井钻完井技术、大型压裂改造技术、气田地面工程建设等则是它发展的内因。内因是变化的根据,外因是变化的条件,外因通过内因而起作用。集成集约式的石油工程技术是页岩气发展的主因。

2 以石油工程技术集成集约为核心的页岩气开采

2.1 石油工程技术铸就页岩气工业化

没有石油工程技术就没有页岩气。这不是否定页岩气的客观存在,而是强调石油工程技术在页岩气产业发展中的重要性。从1821年第一口裂缝性页岩气井商业化生产,到2011年页岩气年产量达 $1800 \times 10^8 \text{ m}^3$,美国页岩气经历了长达190a的发展历程。如果从有页岩气产量记录的1974年算起,也有36a历史。1980年前160a属于探索期,一些小公司注意到页岩气的价值并进行试探性的开采。1980年之后,由于美国政府对页岩的关注,在众多优惠政策的刺激下,一大批中小公司开始专注于页岩气勘探开发技术的研究与“先导性试验”,并依托常规大型油气田基础设施进行商业化开采,页岩气产量才得到稳步增长。其中,1998—2006年,直井分段压裂、重复压裂以及水平井大型压裂的试验成功与推广应用,使页岩气年产量由 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 上升到 $200 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。2006年后,由于水平井分段压裂技术试验成功并得到大面积推广应用,页岩气开采才取得革命性成功,2011年,年产量上升到 $1800 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。从此,美国成为全球最大的天然气生产国,并一举扭转了美国的天然气净进口国地位,同时导致了全球天然气市场价格的巨大变化。在这辉煌成绩的背后,可以看到纵横数万里的天然气管网和配套完善的基础设施,可以体会到众多中小公

司“数十年磨一剑”的艰难创业历程,可以发现“小试—中试—工业化”循序渐进科学发展的力量,更可以了解到以水平井分段压裂技术为代表的石油工程技术进步发挥的重大作用。

2.2 以水平井分段压裂为中心的页岩气工程技术

美国页岩气开发的成功经验表明,页岩气资源的经济有效开采是以水平井的推广和应用和网络压裂技术突破为标志的,同时也是众多不同专业领域技术集成应用的成功案例。如以地球物理为主的“甜点”预测技术,以丛式井为主的水平井钻完井技术与多井连续多段水力压裂联作作为特点的“井工厂”模式等。而在整个技术链中,水平井分段压裂技术处于中心地位。

2.2.1 “甜点”预测技术

页岩气“甜点”具有裂缝发育、脆性高、水平闭合压力小等特征,在储层评价方面要加深对储层物性及其工程特性的认识,尽最大可能降低不确定性。通过石油地质和地球物理、地球化学和分析化学、岩石力学等学科方法,研究评价页岩层埋深、厚度、温度、压力、有机碳含量、热演化程度、孔隙度、吸附气含量、总含气量、含水饱和度、渗透率、润湿性、弹性模量、泊松比、硅质含量、黏土含量、裂缝发育程度等参数,建立适合地质实际的页岩气选层评价标准。同时,建立目的层位构造模型、地质模型,评价裂缝发育带,预测有利区,确定水平井井位,进而确定水平井开发目的层位和方位。高精度储层识别技术(如FMI成像测井、核磁测井、ECS特殊测井等)在页岩气储层评价过程中也得到了大规模的应用,对于定性、定量地识别分析页岩气层、页岩层裂缝发育特征、岩心特征、储层纵向上地应力剖面等方面起到了至关重要的作用。可以看出,页岩气“甜点”预测技术更关注岩石可压性和地应力大小方向的研究,以便为水平井设计和后期分段压裂改造提供依据。

2.2.2 “井工厂”式水平井钻完井及分段压裂技术

成熟的丛式水平井钻完井及相关配套技术是页岩气成功开发的基础。丛式井的布井方式、井眼轨道优化、井眼轨迹控制、优快钻井、井壁稳定、随钻测量、完井等技术的集成,提高了丛式水平井组的钻完井效率,缩短了建井周期,提高了井眼轨迹控制精度和井壁稳定程度,降低了钻井成本。美国页岩气主产区的丛式水平井平均钻井周期仅为27d,成本

300~600 万美元(垂深 2 500 m 左右,水平段长 1 300 m 左右)。同时,水平井分段压裂与段内分簇体积压裂、同步及交替压裂、无级可钻式桥塞压裂、无水压裂、清水压裂、整体压裂以及裂缝实时监测等新技术不断涌现^[6],为提高页岩气井产量和采收率做出了贡献。“井工厂”式钻井采用底部滑动井架钻丛式井组,每井组 3~8 口水平井,水平井段间距 300~400 m,利用最小的丛式井井场可使开发井网覆盖区域最大化。“井工厂”式压裂能够在一个丛式井平台上压裂 22 口井,降低作业成本,提高作业效率。目前,井组设计每平台 16~20 口井,井组压裂级数最大 440 段,水平段长度 1 600~3 000 m,每口井最大压裂级数 28 段。“井工厂”式钻井、压裂等标准流程作业,最大限度地减少了设备动迁、提高了作业效率、缩短了钻井和储层改造时间,有效控制了建井成本,保证了页岩气的有效开采。目前,我国某页岩气区试验井,平均完井周期 150 d(平均完钻井深 3 400 m 左右,水平段长 940 m 左右,平均分 9 段压裂),可见,通过石油工程技术缩短完井周期、降低作业成本的潜力巨大。

2.3 集成集约式页岩气开采

创新技术的集成与生产经营的集约是页岩气有效开采的成功之道。无论是技术集成还是集约式生产经营都以效益为目标,以健康、安全、环保为前提,以传统的与现代的技术方法相结合为手段,以生产经营中各要素的质量提高、含量增加、要素投入的集中以及要素组合方式的优化为方法,实现投入的最大回报。页岩气普遍具有低速低产的特点,决定了页岩气勘探、生产、经营、管理过程中更需要注重集成集约。美国目前在天然气价格低于 0.7 元/m³ 的情况下,页岩气主产区平均单井日产量 1.0×10⁴ m³ 左右仍有利可图,就是集成集约开采模式的成功案例。集成创新与创新技术集成是减少开发投资、降低操作成本、提高产量和采收率的根本,是集约化生产经营的前提,是页岩气经济开采生命周期中永恒的主题。

2.3.1 减少产能建设投资

减少一次性产能建设投资是开发商追求的目标。如何识别页岩气富集区并在富集的“甜点”上布井?每口井控制可采储量多少为合适?是直井还是水平井亦或是直井与水平井的结合?是单一水平井还是丛式水平井?如果是丛式井是几井制的丛式

井?在山区等地面条件限制地区,是建丛式井组还是打多分支水平井?水平井水平段多长、分段压裂级数多少、规模多大为合适,与产量和效益是什么关系?钻井液、压裂液使用什么体系既经济又适用?如何提高钻井、完井、储层改造和投产速度?如何在保证建井质量和使用寿命的前提下降低材料、工具、工艺等工程成本?如何确定天然气集输系统各级压力、管材、管径?管网对外输气质量有什么要求,用什么样的指标最经济合理?如何在实现集输、处理功能前提下尽可能降低地面工程造价?数字气田及自动化系统达到什么程度最合适?如何经济高效地解决 HSE 对页岩气开采的要求?等等。降低产能建设投资需要规模做基础,单井造价和单井产能做依据。对于一个特定的地区来说,最低产能规模和最高建井(井组)造价是评价项目经济性的重要指标,而提高钻井速度和降低压裂费用是提高项目经济性最重要的途径。

中国近 2 a 数十口非常规油气井工程建设费用统计发现,钻井和试油压裂费用占总建井费用的 90% 以上,同一地区的非常规油气井造价比常规油气井还要高出 40% 以上。这也许是探索“非常规”需要付出的“非常规学费”,同时也说明,依靠科技进步和管理进步完全可以使非常规油气井建设成本大幅度降下来。

2.3.2 降低运营操作成本

降低运营操作成本是生产商永恒的主题。如何降低气井的自然递减和综合递减?如何提高气井利用率 and 生产时率?如何提高单井、井组及气田的产量?如何根据用户要求及时调整产量?如何提高页岩气的经济采收率?钻调整井还是在老井上做文章?调整井如何布置?如何进行井组及气藏整体改造和重复改造设计及作业?需要开展诸如超临界二氧化碳解析、驱替等科研及新技术先导性试验?高含水井、井筒故障井是设法排水、牺牲部分产层产段、修井还是弃井?气井废弃压力多大合适?等等。根据气井、井组、气藏的生产动态,把握生产趋势及时调整,是页岩气生产过程中日常技术管理工作的主要内容。影响操作成本控制的最直接因素是产量,而影响页岩气产量最直接的因素是工程技术水平。

2.4 技术的先进性与长效性

2.4.1 短期与长期效益统筹兼顾

如何用经济、快捷的方式方法建成页岩气田与

如何实现气田生产过程产量、成本最优化,有时是一对矛盾。如何解决一次性投入与长期技术经济效果的关系,往往是决策者最难以决断的问题。例如,水平井完井方式问题。裸眼完井虽然简单快捷经济,但页岩气长期(有时长达 30 a 以上)稳定低产的生产特点,需要长期稳定的井筒质量,如果采用裸眼或筛管完井方式完井,如何处理长期生产过程中井筒中出现的大小问题,如何平衡处理这些问题所带来的操作成本上升?所以,短期和中长期的技术经济优化平衡问题更应引起关注。

2.4.2 最经济适用的技术才是最先进的技术

此页岩非彼页岩,页岩储层之间的特异性非常显著。美国页岩气开发过程中总结出的成功经验可以借鉴,但是不能完全复制,需要结合中国页岩气储层特征及环境进行引进消化吸收再创新。目前页岩气开发的核心技术基本都掌握在国外大的石油服务公司手里,国内页岩气勘探开发刚刚起步,各项关键技术尚处于研发阶段,必然存在引进高新技术成本过高的问题。因此,必须集中力量组织技术攻关,尽快形成拥有自主知识产权的主体技术和配套技术,如页岩储层快速经济评价技术、小井眼水平井钻完井及分段压裂技术、缺水地区的钻井液重复利用及无水压裂配套技术及装备、井场狭窄地区多分支水平井钻完井及分段压裂配套技术、工厂化连续作业技术及工具装备等,以实现中国页岩气的经济有效开发。

3 结论与建议

1) 页岩气的天然气本质需要格外关注。页岩气产业是一个庞大而复杂的、牵涉到多学科、多门类的现代工业产业。页岩气有效开采是产供销用一体化的系统工程,尤其是页岩气开采初期,任何一个环节一时的失误都会导致整个产业的低效、失效或失败。因此,不仅需要开发商系统考虑经济开采所面临的产能建设投入问题,还要关注页岩气用户、管网、气价、基础设施以及政策等方面的因素。开发商是页岩气产业发展的主导因素,应结合国家规划做好自己的发展计划,找准位置,循序渐进地开发页岩气。

2) 外部环境是页岩气有效开采的必要条件。页岩气高投入慢回报长期稳定的特点,需要各级政府页岩气开发之初给予政策上的扶持。页岩气市场价格体系的建立牵涉各方面的利益,需要在政府

组织指导下有序推进。资源所在地的基础建设是吸引开发商的重要因素,需要地方政府统筹规划、上中下游一体化加以考量。天然气管网如何建设、利用、经营关系到页岩气乃至整个天然气工业的健康发展,政府应调动全社会的力量加快建设。

3) 经济适用的工程技术是页岩气有效开采的核心。加快自主知识产权技术的研发与试验,注重传统技术与高新技术的集成应用,实现技术经济的最优化,形成经济适用的页岩气开采技术,是降低页岩气建设和操作成本的关键所在。优选先导试验区,暴露开采中技术经济问题,探索页岩气开采技术经济政策,配套完善页岩气开采技术,努力形成页岩气开采模式,为页岩气大规模工业化开采做准备,是近期中国页岩气产业发展的中心任务。

参 考 文 献

References

- [1] 郭宏,李凌,杨震,等.有效开发中国页岩气[J].天然气工业,2010,30(12):110-113.
Guo Hong, Li Ling, Yang Zhen, et al. Efficient development of shale gas in China[J]. Natural Gas Industry, 2010, 30(12): 110-113.
- [2] 罗伟中,涂惠丽,张智勇,等.对我国建立天然气衍生品市场的思考[J].国际石油经济,2012,20(3):19-24.
Luo Weizhong, Tu Huili, Zhang Zhiyong, et al. Prospects for natural gas derivatives in China[J]. International Petroleum Economics Monthly, 2012, 20(3): 19-24.
- [3] 贺众营.中国页岩气产业发展面临的困难与瓶颈[R].北京:天晓宏观经济与产业研究所,2010.
He Zhongying. The difficulty & the bottleneck for China's shale gas industry development[R]. Beijing: Tianxiao Macroeconomic Economy and Industry Research Institute, 2010.
- [4] 林伯强.美国如何扶持页岩油气产业[EB/OL]. [2012-06-05]. <http://roll.sohu.com/20110801/n315068721.shtml>.
Lin Boqiang. The United States how to support the shale oil and gas industry[EB/OL]. [2012-06-05]. <http://roll.sohu.com/20110801/n315068721.shtml>.
- [5] 林伯强.美国经验给中国页岩气开发的启示[EB/OL]. [2012-06-05]. http://www.qdcaijing.com/node/licai_4/2011-8-7/1187102118219119770_2.html.
Lin Boqiang. The enlightenment of American experience for China's shale gas development[EB/OL]. [2012-06-05]. http://www.qdcaijing.com/node/licai_4/2011-8-7/1187102118219119770_2.html.
- [6] 薛承瑾.页岩气压裂技术现状及发展建议[J].石油钻探技术,2011,39(3):24-29.
Xue Chengjin. Technical advance and development proposals of shale gas fracturing[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2011, 39(3): 24-29.