

中国页岩气实现产业化发展需重视的几个问题

翟光明 何文渊 王世洪

中国石油天然气集团公司咨询中心

翟光明等.中国页岩气实现产业化发展需重视的几个问题.天然气工业,2012,32(2):1-4.

摘 要 中国大陆发育的暗色泥页岩层系多,页岩气资源比较丰富,分布广泛,将来可成为中国能源消费结构中天然气供给的重要来源之一。基于国内外页岩气发展现状和趋势,指出了中国当前加快页岩气发展,实现产业化、跨越式发展需要重视的几个问题:①加强对页岩气资源的认识和基础研究,重视对不同页岩气资源的分类评价;②借鉴煤层气发展经验,加强页岩气开发技术储备和攻关;③创建以页岩气为主的多种资源综合开发机制,搞好先导试验区,采用集约化的地面“井工厂”模式,合理建立“地下立体井网”,实现“少井高产和高采收率”;④注重页岩气发展规划,科学有序、安全环保地开发和利用。

关键词 中国 页岩气 资源分类 产业化 井工厂 综合开发 安全 环保

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2012.02.001

近年来,页岩气资源的研究、勘探和开发成为热点,它的成功开发利用,大大拓宽了勘探视野,将世界油气资源潜力提升到一个新台阶。中国目前非常重视页岩气的发展,国土资源部和各大石油公司等单位纷纷进行资源选区、勘探评价和现场试验工作,取得了一定的进展。但是,要把中国页岩气资源的开发利用形成产业化、规模化、高效发展,需要重视几个关键问题。

1 加强对页岩气资源的认识,重视不同页岩气资源的分类研究

1.1 页岩气快速发展之前必然要经历较长时间的认识过程

美国是世界上最早发现和研究页岩气的国家,从 1821 年 Mitchell 能源公司在阿巴拉契亚盆地 Chattanooga 泥盆系 Dundirk 页岩中钻探的第一口天然气井算起,至 2005 年开始大规模商业开采,到近年来快速发展,2010 年页岩气产量达到 $1\,380 \times 10^8 \text{ m}^3$,占美国天然气总产量的 22%,期间经历了漫长的认识积累和技术攻关过程。其中最重要的举措是 20 世纪 70 年代第一次石油危机促使美国能源部加快了天然气勘探

研究的步伐,加强了对非常规油气资源的研究,包括页岩气在内的非常规资源的地质、地球化学、开发工程等方面的研究,如 1978—1992 年期间,实施了页岩气资源评价、成藏机理、压裂增产技术、水管理等很多个研究项目。1981—1999 年期间,美国页岩气钻井总数超过 2.8 万口,直到 20 世纪 90 年代末,美国页岩气产量仍徘徊在 $(30 \sim 50) \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}^{[1-2]}$ 。但正是这一时期大量“地毯式钻井”,才加深了对页岩气资源成藏的认识,获得页岩气藏特征、储集物性、开采特点等基本地质规律和特征,为页岩气开发技术攻关和突破提供了大量的基础数据。

1.2 对中国页岩气资源的认识仍需要加深

中国的页岩气资源潜力较大,但是认识程度较低^[3]。1966 年在四川盆地威远构造钻探的威 5 井,在下寒武统筇竹寺组黑色页岩中曾获得 $2.46 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的天然气产量,限于当时的油气勘探条件和部署目的,没有引起足够的重视并及时开展进一步深入研究。直到 2000 年前后,我国越来越多的学者才开始关注中国页岩气的发展,对比分析国内外页岩气的成藏特征、地质条件,探索页岩气勘探开发技术^[4-7]。2008 年在四

作者简介:翟光明,1926 年生,中国工程院院士,石油地质勘探专家,1950 年毕业于北京大学地质系,曾任原石油工业部地质勘探司总地质师、司长,原中国石油天然气总公司石油勘探开发研究院院长,第十五届世界石油大会秘书长,全国油气资源评价首席科学家等职;担任本刊第七届编委会顾问。地址:(100724)北京市西城区六铺炕 6 号。E-mail:zgmg@cnpc.com.cn

川长宁地区开钻中国第一口页岩气地质井——长芯 1 井,2010 年才建立起中国第一条页岩气标准剖面。迄今为止,全国还没有系统地评价页岩气资源,页岩气探井总数还不到 50 口,目前也没有探明页岩气储量。

可见,中国对页岩气资源的认识和勘探程度都还很低,要实现页岩气资源的规模化开采、工业化突破,尤其是在中国复杂的地质构造背景条件下,不可忽视加深对页岩气资源的认识,还需要做大量的物探、钻井和分析研究工作。

1.3 重视对不同页岩气资源的分类研究

中国大陆在显生宙漫长的地质历史演化过程中,发育了多套暗色泥页岩。根据沉积环境的差异可分为海相页岩、海陆过渡相页岩及陆相页岩 3 种,其中富有机质的页岩层段有十余个。古生代,在中国南方、华北及塔里木地区形成了广泛的海相和海陆过渡相沉积,发育多套海相富有机质页岩和海陆过渡相煤系碳质页岩。中、新生代以来,形成了中国独特的陆相湖盆沉积,在盆地稳定沉降阶段形成了分布广泛的湖相富有机质页岩^[8]。

另一方面,中国石油地质条件复杂,经历了多块体多期的聚合—离散,不同性质、不同类型的页岩在各地区、各块体发育特征很不一样。因此,开展页岩气资源调查和评价等基础工作不可逾越,解放思想,开拓思路,尤其要注意分类研究、分类评价,深入研究不同地区、不同类型页岩气地质特征、关键参数、资源潜力、成藏特征和富集规律,为页岩气开发技术的工业化突破奠定坚实的基础。

2 借鉴煤层气发展经验,加强页岩气开发技术储备和攻关

2.1 煤层气勘探开发历程与经验

页岩气和煤层气资源的赋存,在某些方面具有相似的特点(都是在“烃源层”)。开采页岩气和煤层气资源的技术既有大的不同,也可以相互借鉴。中国煤层气发展经历了 25 年,直到近两年才开始商业化生产,2010 年地面抽采年产煤层气约 $15 \times 10^8 \text{ m}^3$,但依然面临诸多挑战。煤层气发展最初也是跟美国学,走了一段弯路之后,才明白不能盲目照搬美国的经验和技术。同样是从煤层中开采煤层气,美国和中国的煤层地质特点有很多不同的地方,美国多为低煤阶煤,而中国则以中高阶煤为主,虽然摸索了很长一段时间,学习引进美国的水力压裂技术,但直到现在还没有很好地解决

钻井、压裂增产等方面的问题。

以钻井为例,很长时间我国都停留在钻直井的水平上,直到近几年才逐步转变到利用水平井技术进行开发的思路上来,截至 2011 年 10 月全国煤层气钻井总数为 7 230 余口,其中水平井仅占 170 口左右,且多数是 2009 年以后钻的。中国石油华北油田公司近两年在山西沁水盆地樊庄、郑庄区块煤层气开发工作做得比较成功,一个重要的因素就是充分发挥了其在水平井技术上攻关的优势,大量实施水平井和分段压裂技术。因此,必须在页岩气资源开发技术的探索过程中汲取煤层气的经验和教训,少走弯路。

2.2 不能照搬美国的页岩气开发技术

从近几年中国页岩气研究的一些进展看,中国的页岩气藏储层与美国有较大的差异(表 1),美国以海相页岩层系为主,而中国页岩层系的时代和沉积环境比较复杂,从海相到陆相层系差异很大。因此,中国可以借鉴美国页岩气发展的一些认识和经验,剖析其开发技术在中国的有效性和适用性,但不可盲目或完全照搬。

表 1 中、美页岩气资源条件与特点简要对比表^[5,9]

对比条件	中 国	美 国
时代与沉积环境	震旦纪—二叠纪,海相、过渡相 三叠纪—古近纪,陆相	泥盆纪—石炭纪,海相 三叠纪—白垩纪,海相
页岩厚度	20~300 m 单层厚度小	49~610 m (单层厚度大)
有机碳含量	0.3%~10%	0.5%~25%
渗透率	较低	较低
热演化程度	古生界:2.0%~5.0% 中新生界:小于 1.5%	成熟度适中 0.4%~2.1%
脆性矿物含量	含量偏低	硅含量大于 35%
保存条件	复杂,多次改造	简单,一次抬升
埋深状况	埋深较大或出露	埋深适中(800~2 000 m)
地面情况	复杂、困难	简单、有利
基础设施	不完善	管网发达、交通方便

中国的页岩气总体上有机质热演化程度高,埋藏深度较大,经历了多次构造运动强烈改造,因此,必须研发适合于中国页岩气地质特点的开发技术。

2.3 自主创新页岩气开发关键技术

鉴于对国内页岩气资源的认识有限,适合中国页岩气地质特点的开发技术特别是一些重大关键技术仍处于探索阶段,在与有页岩气开发技术和经验的国外

公司合作的同时,更应强调“以我为主”,充分吸取煤层气开发技术、经验和教训,大力攻关水平井、分段压裂技术,实现页岩气资源勘探开发的跨越式发展。

目前国内正在初步研究优选的有利探区实施国家级先导试验区,这是一个非常适合当前阶段发展的重大举措。在难以见效的初期,加大投入,加强综合研究,多钻一些探井、评价井,为关键技术的突破提供更多的参数和现场实践,最终为形成中国独立自主的页岩气勘探开发技术系列奠定坚实的基础。

3 创新开发模式和机制,多种资源综合开发推动有效发展

中国的页岩气资源要实现工业化高效发展,还有一段艰苦的路要走。过了出气关之后,最重要的问题是如何实现经济规模有效开发。因此,在技术攻关的同时,结合中国页岩气资源的特点,探索创新开发模式和管理机制,方能推动页岩气产业有效发展。

3.1 探索适合中国页岩气资源开发的新模式

成本和新技术应用之间的矛盾是任何一种新资源开发初期面临的挑战。页岩气特殊的储层特性、低产量和长生产周期的特点,决定了页岩气开发工程需要遵循两个原则:低成本与高质量。

1) 低成本意味着必须用大工作量无缝衔接摊低高新技术的应用平均成本。建议在先导试验区采用“并行作业”的方式开展工作,该方式主要包括 3 个方面的内容:①采用“小间距大丛式井组”钻井,采用工厂化流程平行作业;②使用集约化的工具组合来开发多井作业程序;③实施集约化生产控制来确保安全、按时执行。

2) 高质量意味着生产井的寿命必须长,同时为后期开展重复压裂等作业打下基础。美国已经有页岩气井生产证明,其寿命最高可以超过 30 年。井眼规则、固井质量好、井筒完整性好、水平段长且位置准确,才能满足 30~50 年的生产要求。

根据以上两点要求,为形成中国页岩气的经济有效开发模式,必须采用集约化的地面“井工厂”模式,合理建立“地下立体井网”,做到“少井高产和高采收率”。

3.2 创建以页岩气为主的多种资源综合开发机制

目前,国内单纯以页岩气为唯一矿种难以实现经济有效高效开发。因此,可考虑在一个地区以页岩气为主的多种资源综合开发的模式,以此来促进页岩气的有效开发。笔者在 2010 年全国第三届煤层气地质

年会专题报告中谈到煤层气如何高效开发时曾强调,开发煤层气的过程中,不要放过煤系地层附近形成的页岩气藏、伴生的游离气天然气藏,自上而下综合勘探、综合开发。

页岩气资源的开发也应如此。中国很多盆地纵向上不止一套烃源岩层系,往往既有海相泥页岩,也有陆相煤系泥页岩等,因此页岩气不是孤立的、简单地以一种资源形式存在于一个地区,既可能有赋存在源岩中的页岩气、页岩油藏、煤层气藏,也可能发育从源岩中产生排出运移富集在适合的圈闭中的常规油气藏。

所以,为了提高页岩气的研究和认识水平,推动页岩气的有效开发,尤其是在初期阶段,可以因地制宜考虑常规油气与非常规气相结合,页岩气与致密气、煤层气、页岩油相结合进行综合开发,可以实现效益互补,逐步推动页岩气的有效开发。

3.3 规范页岩气资源矿业开发管理体制

由于中国的页岩气资源存在丰度低、埋藏深度偏大等特点,在勘探开发的初期更应该依托大型国有石油公司进行开发攻关。大型国有石油公司有常规油气开发区研究认识页岩气的雄厚基础,有可利用的庞大的人才队伍,也有资金支持和一定的技术基础优势。

依托大型国有石油公司进行开发,可避免“一哄而上、一哄而散”,影响页岩气资源勘探的可持续发展。页岩气开发管理机制不能照搬美国的经验,美国长期以来已经形成了油气勘探开发的市场化机制,技术服务队伍多,甲乙双方关系明晰。而长期以来中国油气勘探开发的关键技术掌握在大型国有公司手上,民营企业技术薄弱,难以形成有效投入。此外,目前页岩气开发成本高、风险大,如果不加以引导,允许地方企业、民营资本或其他机构参与页岩气的勘探开发,一旦投入不见效益、甚至失利,一方面将造成人力物力浪费,另一方面也可能影响我国页岩气产业的长远健康发展。

4 注重页岩气发展规划,科学有序、安全环保地开发和利用

4.1 制定页岩气发展规划是实现产业化发展的前提

回顾美国页岩气产业化的快速发展,主要有 3 个原因,即发展初期有国家系列政策的大力支持、长时期研发积累的先进技术体系和完善的基础设施系统。中国近两年来,政府有关部门支持,各油田企业高度重视,已经掀起了页岩气研究、开发试验的高潮,力图加快发展,尽早见到开发效益。但是,中国页岩气的发展

要把困难和挑战估计得充分一些,不可能一帆风顺,甚至可能出现比煤层气发展更棘手的难题。

页岩气成藏的特殊性决定了页岩气资源开发的特殊性。在规模化开采利用之前制定好发展规划,就是要科学有序、安全环保地进行页岩气资源开发利用^[10]。因此,需要冷静地看待发展中可能出现的问题,政府有关部门需首先加快搞好发展规划,制定好发展思路、战略框架、阶段策略、管道和道路等基础设施建设以及配套支持的政策措施。

4.2 科学有序开采的关键是矿权管理

页岩气是天然气资源的一种,尤其是结合中国的实际情况,在初期阶段,不宜作为单独矿种进行管理。如前所述,在单独开发难以见效的情景下,纳入现行常规油气开采矿权管理范围,依托大型国企综合勘探开发,可以降低成本(减少开发钻井平台、节约土地等),还可以避免矿权叠置混乱、无序开发和资源浪费。

4.3 安全环保是页岩气开采的硬要求

众所周知,页岩气的开发如果技术不过关首先破坏的是环境,对环境保护的要求很高。因此,实现页岩气安全环保地开采是科学发展的硬要求,也是产业化发展的必然要求。页岩压裂需要大量的水资源,而水力压裂回收水的处理等环节都必须科学地解决,否则将会造成水资源的浪费和破坏,影响施工区的环境和水资源安全。例如,正在四川盆地南部开展的页岩气先导试验工程项目,所在地区地形地貌复杂,交通条件比较差,人口比较稠密,耕地和水资源十分宝贵,发展页岩气产业,不但要尽可能少占用耕地,而且还要最大限度地节约用水,更要把环境保护工作放在首位。

5 结束语

中国页岩气资源比较丰富,是可以实现规模化有效开采利用、走产业化发展道路的。它可以成为弥补中国常规天然气消费缺口的重要组成部分,将来在天然气生产中必将占有重要地位。但是,根据近几年发展的情况看,页岩气资源的开采利用面临的困难和挑战很大,快速发展并非易事,还有一段较长的探索之路

要走,应当有一个量的积累过程,尤其要重视基础研究,尤其要加强对中国页岩气资源的地质认识,做好分类评价,基于不同地区、不同类型的页岩气资源,通过先导试验区工程实施,强化开采关键技术攻关。

发展页岩气需要政府有关部门牵头加强做好整体规划,制定好发展思路、战略框架、阶段策略、基础设施建设以及配套支持的政策措施,促进页岩气科学有序地发展。根据页岩气开发具有投资大、见效慢、周期长等特点,在初期阶段,勘探效益问题不应制约页岩气的开拓发展,要因地制宜,依托大型石油公司,将常规油气与非常规油气,页岩气与页岩油、致密气、煤层气等资源综合勘探开发,效益互补,从而带动对页岩气资源的开发和认识,避免矿权混乱和资源浪费,最终实现页岩气的产业化、规模化有效发展。

参 考 文 献

- [1] 李世臻,曲英杰.美国煤层气和页岩气勘探开发现状及对我国的启示[J].中国矿业,2010,19(12):17-21.
- [2] 李欣,段胜楷,孙扬,等.美国页岩气勘探开发最新进展[J].天然气工业,2011,31(8):124-126.
- [3] 胡文瑞,翟光明,李景明.中国非常规油气的潜力和发展[J].中国工程科学,2010,12(5):25-29.
- [4] 陈尚斌,朱炎铭,王红岩,等.中国页岩气研究现状与发展趋势[J].石油学报,2010,31(4):689-694.
- [5] 杜金虎,杨华,徐春春,等.关于中国页岩气勘探开发工作的思考[J].天然气工业,2011,31(5):6-8.
- [6] 张金川,金之钧,袁明生.页岩气成藏机理和分布[J].天然气工业,2004,24(7):15-18.
- [7] 潘继平,胡建武,安海忠.促进中国非常规天然气资源开发的政策思考[J].天然气工业,2011,31(9):1-6.
- [8] 张金川,姜生玲,唐玄,等.我国页岩气富集类型及资源特点[J].天然气工业,2009,29(12):109-114.
- [9] 张大伟.加快中国页岩气勘探开发和利用的主要路径[J].天然气工业,2011,31(5):1-5.
- [10] 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.

(收稿日期 2012-01-30 编辑 赵 勤)