

中国页岩气发展前景及相关问题初探

龙胜祥^{1,2},曹艳^{1,2},朱杰³,朱彤^{1,2},王烽^{1,2}(1. 中国石化页岩油气勘探开发重点实验室,北京 100083; 2. 中国石化石油勘探开发研究院,北京 100083;
3. 国土资源部油气资源战略研究中心,北京 100034)

摘要:中国近期页岩气勘探开发正在快速推进,取得了多领域页岩气勘探突破。对中国页岩气产业发展现状、发展基础、面临机遇与挑战、发展前景进行了宏观分析,认为中国页岩气勘探开发已取得巨大突破和规模商业发展。对比美国页岩气产业发展历程,判断中国页岩气产业目前处于快速发展初期阶段。从资源分布和质量分析看,四川盆地及其周缘海相页岩气应是近中期勘探开发重要领域,具备几百亿方产能建设资源基础。在页岩气勘探开发实践中,埋深小于3 500 m的海相页岩气高效开发技术系列和环境保护技术已较成熟,但对于深层海相页岩气、构造复杂区低压低丰度页岩气和陆相、海-陆过渡相页岩气还缺乏高效、适用的技术。在“十三五”期间,我国应采取积极发展战略,充分利用丰富的资源和当前良好的机遇,发展一批页岩气勘探开发核心技术,使页岩气产量达到 $(200 \sim 300) \times 10^8 \text{ m}^3$ 。为保障这一目标的实现,建议组织开展页岩气资源及目标评价,开展页岩气工程技术攻关,同时采取措施推进环境保护和规模效益开发。

关键词:页岩气;勘探开发;资源潜力;中国

中图分类号:TE132.2 **文献标识码:**A

A preliminary study on prospects for shale gas industry in China and relevant issues

Long Shengxiang^{1,2}, Cao Yan^{1,2}, Zhu Jie³, Zhu Tong^{1,2}, Wang Feng^{1,2}(1. SINOPEC Key Laboratory of Shale Oil/Gas Exploration and Production Technology, Beijing 100083, China;
2. Petroleum Exploration and Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083, China;
3. Strategic Research Centre, Ministry of Land and Resources, Beijing 100034, China)

Abstract: Shale gas exploration and development in China has been pushing forward in a rapid pace with breakthroughs achieved in several domains. A macro analysis of the state quo, basis, opportunities and challenges of shale gas industry in China also confirmed the breakthroughs and indicated a potential development of commercial scale. Compared with the history of shale gas industry in the US, we believe that the industry in China is now in an initial stage of rapid development. The distribution and quality of shale gas resources in the country infers that Sichuan Basin and its periphery areas with their resource potential for a gas productivity of tens of billion cubic meters are the near- and mid-term exploration targets. Shale gas exploration activities in the country show that technologies for an efficient and environmental-friendly development of shale gas buried in depth less than 3 500 meters are maturing. However, for gas buried deeper or in complex structures with low pressure and low abundance or in continental or transitional facies, the country still lacks of suitable technologies. We suggest that China adopt active strategies to develop core technologies during the 13th-Five-Year-Plan period so as to attain the goal of extracting 20 to 30 bcm of shale gas annually. To do this, we think it is necessary to further perform shale gas resources assessment and exploration target evaluation as well as shale gas engineering technology development. Meanwhile, environment issues shall also be addressed base on a scale benefit of the resource.

Key words: shale gas, exploration and development, resource potential, China

页岩气作为一种重要的天然气资源,首先在美国得到重视。美国通过实施东部页岩气项目(1976—

1992)^[1]和20余年科技攻关后,终于在21世纪初实现了页岩气高效、经济和规模开发,页岩气产量快速增

长。美国的成功带动了全球页岩气勘探开发和研究热潮^[2-4],一场“页岩气革命”正在全球迅速展开。

中国学者和勘探开发专家亦在 21 世纪初开始跟踪研究美国页岩气勘探开发^[5],并不断深化中国页岩气资源评价和有利区优选。经过近 5 年的研究工作,2009 年中国石化、中国石油以及延长石油先后开始了老井复试、页岩气参数井和专探井钻探,证实了我国页岩气资源丰富,勘探开发前景广阔。目前全国共设置页岩气探矿权 54 个,面积 $17 \times 10^4 \text{ km}^2$,分别为 20 余家单位持有矿权进行勘探开发,取得了焦页 1 井等多口探井页岩气重大突破^[6-7],建成了涪陵等几个页岩气有效开发区,形成了一批具有自主知识产权的技术,2015 年全国页岩气产量为 $44.71 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

在近几年页岩气产业快速发展形势下,针对中国页岩气发展前景与策略,专家学者从不同的角度进行了分析,提出了自己的见解。荆克尧等(2011)^[8]和潘继平(2012)^[9]对当时中国页岩气发展现状进行了分析,思考了资源落实情况,提出了加强地质研究、做好页岩气资源战略选区评价、深化体制改革、加强关键技术工艺攻关、出台扶持政策等建议;潘鸿等(2014)^[10]从循环经济等理论出发,提出了完善页岩气开发利用产业链、需求链和服务链等建议;刘成均等(2014)^[11]从科研单位、政府机构、企业单位、国际合作等方面做了初步分析,提出了投资主体多元化、有序竞争、完善天然气价格市场机制等建议;王素玲等(2014)^[12]提出科技攻关、市场培育、顶层设计三方面发展路径;鲍玲等(2014)^[13]认为页岩气发展要尽量避免走煤层气的老路。

笔者近两年参加了中国页岩气“十三五”发展规划前期研究,在总结了国内页岩气资源开发现状与成果基础上,研究了中国页岩气资源潜力和有利区分布,分析了中国页岩气资源开发现状与发展趋势,系统梳理了页岩气勘探开发技术发展现状与面临的机遇、挑

战,并提出了中国页岩气“十三五”时期发展前景。

1 中国页岩气产业发展的资源基础

1.1 中国页岩气发育特征

在多旋回构造与沉积过程中,中国发育多套页岩气层系,在各大盆地均有分布(表 1)。总体上看,中国页岩气非常发育,与美国基本相当。但具体发育情况与美国存在较大差异。①中国页岩发育的环境多样,海相、陆相和海-陆过渡相均占有重要地位,而美国基本是以海相占绝对优势。②中国的海相页岩主要发育在中-上扬子地区上震旦统陡山沱组、整个扬子地区和塔里木盆地的寒武系和奥陶系-志留系、南盘江盆地和桂中坳陷泥盆系,与美国主要是泥盆系-白垩系页岩气相比,显然地层老得多。由于经历了更加复杂的构造演化,中国海相页岩分布也要复杂得多。四川盆地和塔里木盆地等大型盆地的海相页岩分布较连续,面积较广,但一般埋深较大,仅盆地边缘和隆起顶部较小区域埋深小于 3 500 m,构造背景可以是背斜、向斜、断鼻和斜坡等。在南方等构造复杂区,页岩主要分布在剥蚀残余向斜区,面积局限,边部埋深浅且断裂、构造裂缝发育,对页岩气保存条件造成较大影响。③陆相页岩气发育是中国一大特点,分布的层系包括准噶尔盆地和鄂尔多斯盆地的二叠系,以及各大盆地的中生界、东部诸多断陷盆地和柴达木盆地的新生界。由于大部分地区陆相层系演化程度不高,故除鄂尔多斯盆地二叠系和四川盆地中生界页岩大面积产干气和凝析气外,其余均在盆地深部较小区域形成页岩气。海-陆过渡相页岩大面积分布在南方、华北和西北地区的石炭系-二叠系,目前勘探揭示和研究程度很低,预计将可能是一个有利的页岩气勘探开发领域。

表 1 中国主要盆地页岩气发育特征

Table 1 Development characteristics of shale gas in the main basins of China

地层		塔里木盆地	准噶尔盆地	柴达木盆地	鄂尔多斯盆地	四川盆地	渤海湾盆地	松辽盆地
界	系							
新生界	新近系			陆相				
	古近系		陆相	陆相			陆相	
中生界	白垩系		陆相					陆相
	侏罗系	陆相	陆相	陆相	陆相	陆相	陆相	
	三叠系	陆相	陆相		陆相	陆相		
古生界	二叠系	海-陆过渡相	陆相		陆相	海-陆过渡相	海-陆过渡相	
	石炭系	海-陆过渡相	海-陆过渡相		海-陆过渡相		海-陆过渡相	
	志留系					海相		
	奥陶系	海相			海相	海相		
	寒武系	海相				海相		
元古界	震旦系					海相		

1.2 中国页岩气资源量及分布特征

关于我国页岩气资源量,美国能源信息署、国土资源部、中国工程院、中国石化石油勘探开发研究院以及中国石油勘探开发研究院等单位近几年分别进行了评价,但由于我国页岩气勘探尚处在早期阶段,资料少,对资源富集规律的认识还很肤浅,故基本上使用体积法、类比法和特尔菲法估算,结果可靠性差,且评价结果相差比较大。

相对而言,国土资源部在2013年组织相关油公司和科研院校,应用体积法、类比法和成因法,对全国233个有利区进行的评价结果可靠性较高。全国有利区页岩气地质资源量为 $123.01 \times 10^{12} \text{ m}^3$,可采资源量为 $21.84 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。

从大区分布看,上扬子及滇黔桂区页岩气可采资源量为 $11.26 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全国总量的51.6%;中—下扬子及东南区可采资源量为 $3.09 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全国总量的14.1%;西北区可采资源量为 $3.21 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全国总量的14.7%;华北及东北区可采资源量为 $3.53 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全国总量的16.2%。在上扬子及滇黔桂区中,又以四川盆地及周缘有利区最好,页岩气可采资源量达 $9.16 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占该区总量的81.38%;华北及东北区中,鄂尔多斯盆地及外围地

区有利区页岩气可采资源量为 $0.574 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占该区总量的16.26%。在四川盆地及周缘有利区,寒武系和奥陶系—志留系页岩气为海相页岩气,其有利区中可采资源量为 $5.26 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全国总量的57.42%;三叠系和侏罗系页岩气为陆相页岩气,其有利区可采资源量为 $3.90 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全国总量的42.58%;二叠系为海—陆过渡相页岩气,因有利区不清楚,故未评价资源量。从埋深分布看,在四川盆地及周缘海相页岩气有利区埋深较大,除盆地边缘及盆地外黔北、鄂西等地区埋深小于3 500 m以外,盆地内部绝大部分地区埋深均大于3 500 m(图1)。

1.3 中国页岩气地表环境的特殊性

与美国页岩气资源多分布在中东部平原区不同,中国页岩气资源分布广,地表环境多样。按照资源评价结果统计,丘陵地区页岩气可采资源量为 $6.39 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全国总量的29.28%;低山地区页岩气可采资源量为 $6.96 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全国总量的31.84%;平原地区(包括黄土塬)页岩气可采资源量为 $4.42 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全国总量的20.21%;戈壁地区页岩气可采资源量为 $2.90 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全国总量的13.26%。复杂的地表环境给技术提出了更高要求。

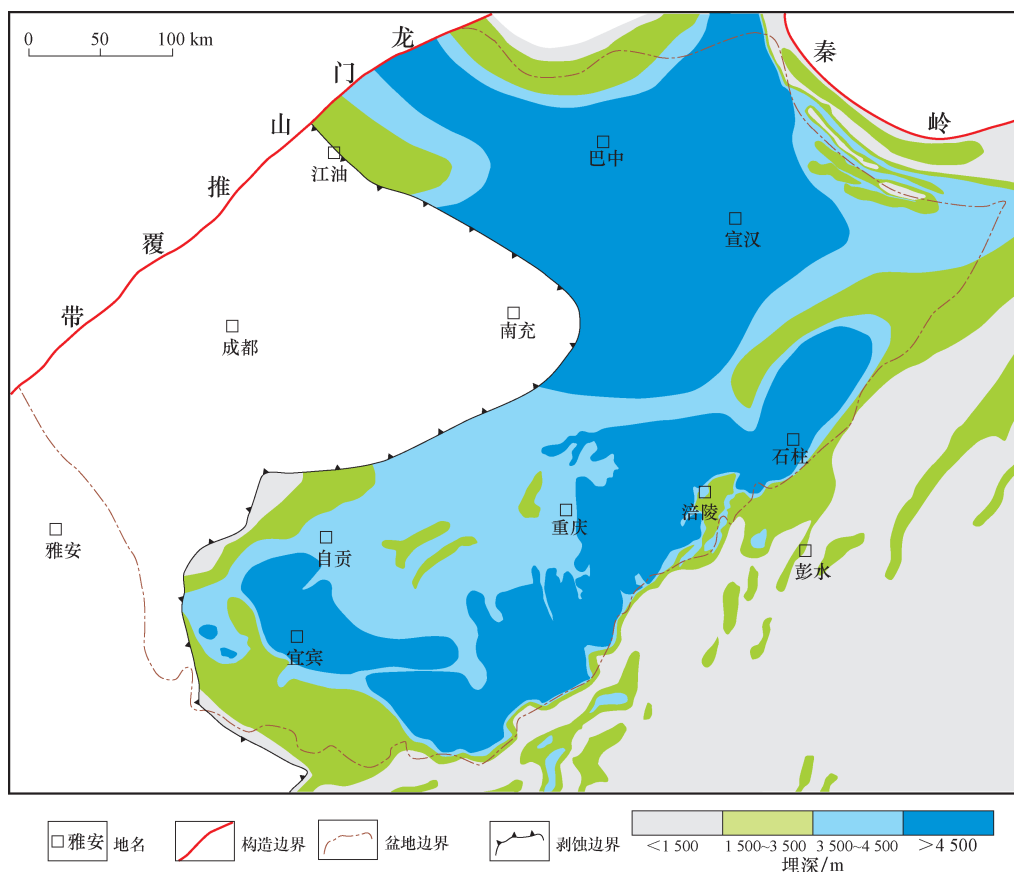


图1 四川盆地及周缘下志留统底界埋深

Fig. 1 Depth map showing the lower boundary of the Lower Silurian in the Sichuan Basin and its periphery areas

丘陵-山地区的页岩气资源分布主要包括四川盆地和南方其它海相页岩气分布地区。在中-下扬子地区,地表地貌条件复杂,不利于大型页岩气“井工厂”的施工模式。在四川盆地南部丘陵的人口密集地区,气田建设成本较高,对环境的影响较大。四川盆地东南缘和黔北地区为山区加喀斯特地貌,水资源储存整体不佳且分布不均,仅部分地区可以开展大规模水平井压裂技术。

黄土塬区的页岩气资源分布主要为鄂尔多斯盆地,地表海拔在 850~2 149 m 起伏不平。温带大陆气候、黄河环绕、水资源具备但不充裕,适合大规模水平井水力压裂技术的页岩气资源区较为局限。

沙漠-戈壁区的页岩气资源分布主要为塔里木盆地。这类资源区虽然地表开阔平缓,人口密度小,但水资源缺乏,不适合大规模水力压裂。

2 中国页岩气发展现状

2.1 中国页岩气勘探开发现状与成果

自 2009 年开始页岩气勘探评价以来,截至 2015 年底,我国 20 余个页岩气产业相关的公司均不同程度地投入了页岩气勘探开发。其中,绝大部分工作量投

入在四川盆地东南部和南部,其次是四川盆地以外的中-上扬子地区和鄂尔多斯盆地延长矿区,取得了大量的成果与积极进展。①在四川盆地东南部和南部建成了 3 个海相页岩气国家级示范区(图 2),实现了我国页岩气商业化规模生产。涪陵海相页岩气示范区在焦页 1 井取得 $20.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的高产工业气流后,经过 2013—2015 年产能建设,累计钻井 259 口,探明页岩气地质储量为 $3805.98 \times 10^8 \text{ m}^3$,建成页岩气产能 $50 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{年}$ 。2015 年产量为 $31.67 \times 10^8 \text{ m}^3$,累计产量为 $43.9 \times 10^8 \text{ m}^3$,实现了除北美外第一个页岩气商业化规模生产。长宁-威远、昭通两个海相页岩气示范区也于 2014 年开始迅速的产能建设^[14]。据董大忠等(2016)统计^[15],截至 2015 年底,两个示范区共完钻井 128 口,探明页岩气地质储量为 $1\,635.3 \times 10^8 \text{ m}^3$,累计产量为 $15.15 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。3 个示范区成功建设,标志着我国页岩气产业进入了快速发展初期阶段。②四川盆地及周缘海相页岩气勘探成果正在迅速扩大(图 2)。富顺-永川区块完钻井 23 口,最高测试产量为 $43 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,共生产井 16 口,累计产气为 $2.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。荣昌-永川区块和威远-荣县各完钻井 1 口,测试均获工业气流,累计产量分别为 $1\,383 \times 10^4 \text{ m}^3$ 和 $1827 \times 10^4 \text{ m}^3$,目前正在开展开发试验井组建设。并

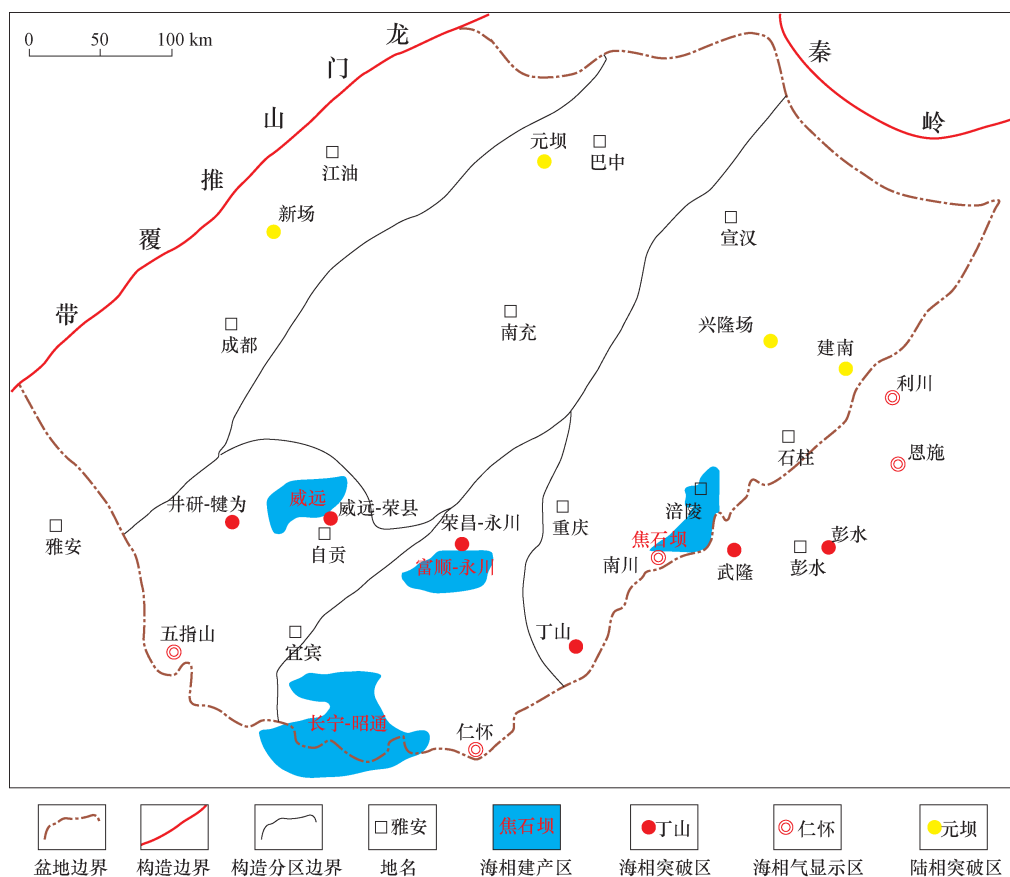


图2 四川盆地页岩气勘探开发示意图

Fig. 2 Sketch map showing exploration and development of shale gas in the Sichuan Basin

研-隄为、丁山、武隆、彭水等地区亦有工业气流井,贵州、湖南、湖北等省也在海相页岩中获得低产气流。所有这些成果均展示南方海相页岩气勘探领域广阔。③四川盆地和鄂尔多斯盆地陆相页岩气勘探取得多点突破。在建南、涪陵、元坝、新场地区三叠系和侏罗系陆相页岩气中部署9口探井,6口获气流(图2)。在鄂尔多斯盆地南部,自2011年柳坪177井在长7段陆相页岩产气 $2\,350\text{ m}^3/\text{d}$ 以来,目前压裂井共40口,直井产气为 $2\,000\text{ m}^3/\text{d}$,水平井产气为 $4\,000\sim 8\,000\text{ m}^3/\text{d}$,累计产能为 $1.18\times 10^8\text{ m}^3$ 。

2.2 中国页岩气勘探开发技术发展现状

通过近几年大力科技攻关和勘探开发实践,我国发展形成了一批页岩气勘探开发技术,主要包括如下几个方面。

1) 海相页岩气长水平井优快钻井技术

研究形成了适合丘陵-山地地区的小型“井工厂”布井方式及钻井施工模式,形成了钻机设备配套及地面布局优化方法以最大限度缩小井场面积,研制应用了步进式和轮轨/滑轨式钻机,实现了井工厂内钻机整体快速移动;初步掌握了井工厂井眼轨道优化技术,研制形成了专用PDC钻头、耐油螺杆和降摩减阻工具等技术设备,实现了立体造斜段、长水平段优快钻进,水平段长度已突破2100m;自主研发了低粘高切特征油基钻井液体系、弹塑性水泥浆体系和高效率冲洗液等,降低了材料成本。

2) 海相页岩气埋深小于3500m的水平井分段大型水力压裂技术

涪陵、长宁-威远、昭通已开发区海相页岩气埋深一般小于3500m。通过实践已形成了相应的水平井分段大型水力压裂技术,包括研发了页岩气网络压裂设计技术。形成了井工厂压裂组织运行模式,实现了同平台一日多段压裂;形成了水平井滑溜水-线性胶-交联液分段压裂技术;初步掌握了同步压裂技术;成功研制了3000型压裂车和裸眼封隔器、桥塞、多种减阻水、支撑剂;压裂微地震监测技术水平得到快速提升。

3) 其他相关技术

在环境保护方面,通过小型“井工厂”模式提高钻井和地面集输的集成度,节约大量土地;依靠油气处理设备自动化,对废渣、废液和废气进行处理或再利用,实现地面工程高效运行和环境保护;通过优化钻井工艺和优化井身结构等技术保护土壤、岩层和地下水。

在勘探开发中,还配套集成创新了页岩气地质、工程“双甜点”地球物理预测技术,发展完善了以微观孔隙结构分析、含气量测定、可压性分析、页岩气流动机理为主要内容的试验技术和设备,建立了低勘探程度

区页岩气资源评价、目标评价技术。

3 发展前景

3.1 中国页岩气发展阶段确定

美国页岩气发展主要依赖于1998年长水平井及其分级大型水力压裂技术的成功研制和推广应用。该技术成功之前,页岩气产量在 $100\times 10^8\text{ m}^3/\text{年}$ 以下缓慢发展。该技术成功应用之后,产量快速增长,2013年达到 $2\,650\times 10^8\text{ m}^3/\text{年}$ 。

我国已在南方埋深小于3500m的海相页岩气勘探开发领域形成了较成熟的配套技术,并已在多个区块成功建成约 $80\times 10^8\text{ m}^3/\text{年}$ 的产能,2015年已生产页岩气 $44.61\times 10^8\text{ m}^3$ 。目前,已开发区正在不断扩大产能,一些新区也在积极评价和准备整体开发。从美国经验推测,我国页岩气发展已进入逐步快速发展早期阶段,产量将以较快速度提升。当然,由于我国页岩气地质条件复杂多样,已技术成熟的埋深小于3500m的高压海相页岩气区规模不是很大,其他领域均需发展针对性技术,故推测产量提升速度可能无法达到美国发展水平。

3.2 中国“十三五”页岩气开发的资源基础分析

我国已开发的涪陵、长宁-威远、昭通区块和近期将建产的富顺-永川区块,合计页岩气地质资源量将超过 $20\,000\times 10^8\text{ m}^3$ 。迄今仅探明地质储量 $5\,441.28\times 10^8\text{ m}^3$,尚有 $15\,000\times 10^8\text{ m}^3$ 以上的剩余地质资源量,可见勘探开发前景广阔。在涪陵区块,一期开发区两翼和涪陵南部背斜、向斜两翼均存在埋深小于3500m的区域可展开建产。同样在另外3个区块也有大量埋深小于3500m的有利区。预计“十三五”期间在上述四个区块,优选 $2\,000\text{ km}^2$ 的“双甜点”区,累计钻井2000口,到2020年产量达到 $200\times 10^8\text{ m}^3/\text{年}$,从资源基础上看是可靠的,从技术上看是可行的。

另外,我国已在四川盆地及周缘多个区块取得海相页岩气勘探突破。在四川盆地元坝等区块和鄂尔多斯盆地直罗-张家湾地区陆相页岩气取得工业气流,但这些地区或因地质条件或因技术因素尚未达到高产稳产,未实现经济有效开发。目前,相关单位正在组织力量,进行深层海相页岩气、陆相页岩气、构造复杂区低丰度低、压力页岩气的工程技术攻关。预计“十三五”期间能取得一些突破,形成一个或多个领域的针对性技术,就有一定的可能在上述勘探突破地区优选 $1\,000\text{ km}^2$ 的“双甜点”区,新建一批产能,到2020年生产页岩气 $100\times 10^8\text{ m}^3/\text{年}$ 左右。

3.3 发展前景分析

通过以上对资源基础和技术发展趋势的分析,对

比国外页岩气产业发展历程和基本做法,可以得出结论:在“十三五”乃至中长期我国页岩气产业可以成为常规油气产业的重要补充。只要充分利用丰富的资源基础和当前良好的发展机遇,采取积极的发展战略,一方面加大资金投入,确保工作量到位,另一方面加强组织协调,把各方力量有机组织起来联合攻关,形成不同对象针对性强而实用的技术,就能大力推进页岩气产业发展,实现页岩气产量快速增长。

预计在“十三五”期间,在技术上可以发展形成具有自主知识产权的页岩气勘探开发核心技术,并进一步提高装备、工具和材料国产化水平。在生产上,2020年页岩气产量可达到 $(200 \sim 300) \times 10^8 \text{ m}^3$,成为我国天然气供应补充气源。

4 发展中面临的问题及建议

4.1 中国勘探开发实践经验

2009—2012年中国石化页岩气勘探经历了一个曲折的过程。首先,按照富有机质页岩的既有页岩气思路,在下扬子地区实施了宣页1井,找到了富有机质页岩,但不含气;其次,在黔东南实施了黄页1井,找到了含气页岩,但仅获低产气流。这时初步认识到保存条件的重要性,便在四川盆地外缘实施了彭页1井和在盆地内实施多口陆相页岩气井,均获工业气流,但未达到商业开发水平;进而,再向四川盆地海相页岩气聚焦,最终取得焦页1井重大突破,但其后实施的丁页2井、南页1井均未达到预期效果,分析可能是埋深太大,压裂效果较差所致。

可见,我国页岩气发展面临的对象是多样的,不能用一种思路、一套技术进行各页岩气领域开发,必须针对各对象具体地质特征研制适当的技术和对策才能实现规模有效开发。

4.2 发展中面临的问题及建议

关于我国页岩气发展中面临的问题,不同专家借鉴美国、加拿大的做法和经验,提出了与战略导向、产业政策和配套措施相关的建议^[16-19]。这些建议对我国页岩气勘探开发具有推进作用。笔者通过参与国家页岩气发展战略研究和中石化涪陵页岩气田、其它区块页岩气评价,总结认为以下4个方面是我国页岩气勘探开发面临的主要问题和挑战,并提出了相关措施建议。

1) 资源及目标落实程度差

我国页岩气发育层系多,沉积环境复杂,加之多期构造运动影响,使得各地区各层系页岩气地质特征不同,资源富集规律各异。除现在开发的几个区块资料多、地质认识深入、资源分布及有利目标较明确外,其

它地区仅用体积法、类比法等进行了简单资源评价,评价结果可信度差。建议国家部委组织各页岩气产业公司和相关院所投入一批钻探与物探工作量,在大量实验分析和图表编制基础上,开展系统的各地区各层系页岩气形成地质条件、页岩气富集规律、页岩可钻性和可压性研究,建立统一思路、方法、流程和标准,从地质条件、资源品质、技术可行性和经济效益等方面,开展页岩气资源及其质量综合评价、有利区优选。

2) 页岩气工程技术尚需大力发展

目前,我国仅针对埋深小于3 500 m的四川盆地内部海相页岩气形成了一套行之有效的钻完井和压裂技术。但这套技术用到同在四川盆地内部的丁山、南川等地区埋深大于3 500 m的同层(龙马溪组)海相页岩气,则表现为测试及试采产量偏低且递减快、压力下降快、水返排率明显高等特点,无法达到经济开发水平。这套技术用于南方复杂构造区低压力、低丰度海相页岩气,尽管埋深小于3 500 m,也未取得预期的高产,与高昂的钻完井和压裂相比,也远未达到经济开发水平。针对四川盆地和鄂尔多斯盆地陆相页岩气,我国也进行了大量的技术攻关和实践,要么初期产量高但急速递减,要么初期产量就在 $1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 以内,也无法规模开发。“十三五”期间国家科技重大专项主要是在已开发示范区进行研究,而对上述未展开评价与开发领域关注不够,建议再设置相应国家级项目(包括重大专项、重点研发计划项目、基金项目等)、国家级实验室与研究开放基金项目以及公司重大项目,利用各种平台形成产学研用协同攻关,尽快形成上述领域特别是四川盆地内部埋深大于3 500 m的以深海相页岩气优快钻井技术和高效低成本压裂技术。与此同时,鉴于我国页岩气规模生产刚起步,建议国家和相关公司强化水平井生产管柱、举升工艺、控水及后期治理技术等攻关。

3) 重视环境保护

从上述分析的页岩气地表环境特殊性可以发现,在页岩气勘探开发中,环境保护是一个特别重要的任务。建议在前期取得技术巨大成功与推广应用经验基础上,继续研究发展低伤害或无伤害的入井材料,研究完善钻井泥浆、压裂反排液的回收处理再利用技术以及钻井岩屑无污染处理。完善环境评价体系,做好分区、全过程环评,制定环境管理、保护标准规范体系,强化生产各环节环保监督检查、风险管理、应急建设、责任追究和教育培训等工作,实现页岩气绿色发展。强化环保措施包括:从江、河、湖取水,保护当地用水;优化井身结构和固井完井方式,保护浅层水;地面设备体积小型化、摆放紧凑化,降低占地面积;所有钻井岩屑、泥浆、压裂反排液实现100%回收处理和再利用;

临时占地全部恢复原貌。

4) 页岩气产业尚需国家加强政策引导、扶持和监管

根据页岩气勘探开发没有严格分割、往往是一体化实施的特点,把探矿权和采矿权合并,并延长矿权期限;推进体制、机制创新,引导竞争出让页岩气区块,放开市场,引入具有一定资金实力的非油气企业、民营资本以及国外企业开展勘探开发;提高页岩气开发贷款额度,降低贷款利息,加大页岩气产业的财税优惠和补贴力度,强化国家对页岩气产业的支持力度;放开页岩气消费市场,让页岩气企业自主定价;鼓励在页岩气勘探开发区建设管道、LNG 和 CNG,在审批和信贷方面给予支持,同时加强国家协调和监管,促进“第三方接入”管网;建立页岩气勘探开发资料数据管理和服务机制,建立技术交流平台和相关信息披露平台,为政府资源管理和企业发展提供技术服务,同时也使企业与社会充分沟通、良性互动,赢得社会对页岩气产业充分理解和支持。

参 考 文 献

- [1] 周庆凡,孙鹏. 美国东部页岩气项目回顾及启示[J]. 石油科技论坛,2014,05:44-48.
Zhou Qingfan, Sun Peng. Review of shale gas project in East US[J]. Oil Forum, 2014, 05: 44-48.
- [2] 孙鹏. 页岩气产业远景展望及风险分析[J]. 中国能源,2014,01:21-24.
Sun Peng. Prospect outlook and risk analysis of shale gas industry[J]. Energy of China, 2014, 01: 21-24.
- [3] 罗佐县. 美国页岩气勘探开发现状及其影响[J]. 中外能源,2012,01:23-28.
Luo Zuoxian. Shale gas exploration and development in USA today and its influence[J]. Sino-Global Energy, 2012, 01: 23-28.
- [4] 管清友,李君臣. 美国页岩气革命与全球政治经济格局[J]. 国际经济评论,2013,02:21-33+4.
Guan Qingyou, Li Junchen. Shale gas revolution and global political and economic landscape[J]. International Economic Review, 2013, 02: 21-33+4.
- [5] 张金川,金之钧,袁明生. 页岩气成藏机理与分布[J]. 天然气工业,2004,24(7):15-18.
Zhang Jinchuan, Jin Zhijun, Yuan Mingsheng. Mechanism and distribution of shale gas accumulation[J]. Natural Gas Industry, 2004, 24(7): 15-18.
- [6] 邹才能,陶士振,杨智,等. 中国非常规油气勘探与研究新进展[J]. 矿物岩石地球化学通报,2012,33(4):312-322.
Zou Caineng, Tao Shizhen, Yang Zhi, et al. New advance in unconventional petroleum exploration and research in China[J]. Bulletin of Mineralogy Petrology and Geochemistry, 2012, 33(4): 312-322.
- [7] 王香增,范柏江,张丽霞,等. 陆相页岩气的储集空间特征及赋存过程[J]. 石油与天然气地质,2015,36(4):651-658.
Wang Xiangzeng, Fan Bojiang, Zhang Lixia, et al. Reservoir space characteristics and charging process of Lacustrine shale gas-a case study of the Chang 7 member in Yanchang Block in Shanbei slope of Erdos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(4): 651-658.
- [8] 荆克尧,邓群丽,刘岩. 对加快中国页岩气产业发展的建议[J]. 国际石油经济,2011,11:65-68+111.
Jing Keyao, Deng Qunli, Liu Yan. Suggestions for speeding up the development of China's shale gas industry[J]. International Petroleum Economics, 2011, 11: 65-68+111.
- [9] 潘继平. 对促进我国页岩气勘探开发若干问题的思考-2011年中国页岩气发展回顾与思考[J]. 国际石油经济,2012,20:101-106.
Pan Jiping. Promoting exploration & development of shale gas in china-China's 2011 experience[J]. International Petroleum Economics, 2012, 20: 101-106.
- [10] 潘鸿,毛健. 关于我国页岩气资源开发利用问题的思考[J]. 工业技术经济,2014,02:3-12.
Pan Hong, Mao Jian. Study on the utilization of China's shale gas[J]. Industrial Technology & Economy, 2014, 02: 3-12.
- [11] 刘成均,郭平,蒙春,等. 页岩气开发利用及其前景分析[J]. 石油科技论坛,2014,02:40-46.
Liu Chengjun, Guo Ping, Meng Chun, et al. Shale gas exploitation and its prospect[J]. Oil Forum, 2014, 02: 40-46.
- [12] 王素玲,李建革,张影. 我国非常规页岩气产业发展现状与路径探析[J]. 科技创新与应用,2014,24:125.
Wang Suling, Li Jiange, Zhang Ying. Current situation and path of unconventional shale gas industry development in China[J]. Technology Innovation and Application, 2014, 24: 125.
- [13] 鲍玲,董秀成,李慧. 发展页岩气如何避免走煤层气的老路[J]. 油气田地面工程,2014,01:7-8.
Bao Ling, Dong Xiucheng, Li Hui. How to avoid the old way of coal gas during developing the shale gas[J]. Oil-Gas field Surface Engineering, 2014, 01: 7-8.
- [14] 国土资源部中国地质调查局. 中国页岩气资源调查报告(2014)[EB]. 国土资源部中国地质调查局网站,2015,6,10:1-23.
China Geological Survey. China shale gas resources survey report (2014)[EB]. <http://www.cgs.gov.cn/xwtzgg/jrgengxin/122749.htm>, 2015, 6, 10: 1-23.
- [15] 董大忠,邹才能,戴金星,等. 中国页岩气发展战略对策建议[J]. 天然气地球科学,2016,03:397-406.
Dong Dazhong, Zou Caineng, Dai Jinxing, et al. Suggestion on development strategy of shale gas in China[J]. Natural Gas Geoscience, 2016, 03: 397-406.
- [16] 杨娜曼,张其仔,吴煜. 促进我国页岩气产业发展的对策[J]. 经济纵横,2014,03:45-47.
Yang Naman, Zhang Qizai, Wu Yu. Measures to promote the development of China's shale gas industry[J]. Economic Review, 2014, 03: 45-47.
- [17] 张雪球,姜鑫民. 美国页岩气产业发展的做法与经验对我国的启示[J]. 中国能源,2013,01:17-19.
Zhang Xueqiu, Jiang Xinmin. The practice and experience of the development of shale gas industry in United States and its enlightenment to china[J]. Energy of China, 2013, 01: 17-19.
- [18] 董书礼,宋振华. 美国页岩气产业发展的经验与启示[J]. 高科技与产业化,2013,05:94-97.
Dong Shuli, Song Zhenghua. Experience and enlightenment of the development of shale gas industry in United states[J]. High-Technology & Industrialization, 2013, 05: 94-97.
- [19] 王南,刘兴元,杜东,等. 美国和加拿大页岩气产业政策借鉴[J]. 国际石油经济,2012,09:69-73+106.
Wang Nan, Liu Xingyuan, Du Dong, et al. Industry policy reference of United States and Canadian shale gas[J]. International Petroleum Economics, 2012, 09: 69-73+106.