

# 中国页岩气资源前景与战略地位<sup>\*</sup>

李建忠<sup>1</sup> 董大忠<sup>1</sup> 陈更生<sup>2</sup> 王世谦<sup>2</sup> 程克明<sup>1</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院 2. 中国石油西南油气田公司

李建忠等. 中国页岩气资源前景与战略地位. 天然气工业, 2009, 29(5): 11-16.

**摘 要** 随着页岩气开采技术进步和勘探投入条件的改善,页岩气的开采活动将进一步繁荣和快速扩展。在介绍国内外页岩气资源量的基础上,分析了中国页岩气资源勘探开发前景以及页岩气资源的战略地位。研究表明:从我国油气总体发展的战略角度,积极寻找天然气后备资源已是当务之急;我国地质历史时期广泛发育的富含有机质的页岩地层具有优越的页岩气形成与富集条件,资源潜力巨大,勘探开发前景广阔,必将成为新的天然气勘探开发重要领域。建议加大页岩气资源的研究力度和勘探投入,形成我国的页岩气资源储备和勘探开发特色技术;我国南方的古生界下组合泥页岩、北方中生界泥页岩等层系具有较好的页岩气勘探前景,建议通过老井复查优选有利井段进行试气和试采,以点带面,开创页岩气勘探开发新局面。

**关键词** 中国 页岩气 资源 前景 战略地位

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.05.003

页岩气是典型的非常规天然气,根据美国页岩气资源勘探开发经验,其资源潜力巨大<sup>[1]</sup>。

## 1 页岩气资源潜力

### 1.1 世界页岩气资源潜力

据预测(表 1)<sup>[2]</sup>,世界范围内页岩气资源量为  $456 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ,相当于煤层气与致密砂岩气资源量的总和,占 3 种非常规天然气(煤层气、致密砂岩气、页岩气)总资源量的 50 %左右。

表 1 世界各地页岩气资源量预测表  $10^{12} \text{ m}^3$

地 区	页岩气	煤层气	致密砂岩气	合计
北美	108.7	85.4	38.8	232.9
拉丁美洲	59.9	1.1	36.6	97.6
中欧+西欧	15.5	7.7	12.2	35.4
前苏联	17.7	112.0	25.5	155.2
中东+非洲	79.9	1.1	45.5	126.5
中亚+中国	99.8	34.4	10.0	144.2
太平洋地区(经济合作组织)	65.5	13.3	20.0	98.8
其他亚太地区	8.9	1.1	21.0	31.0
全世界	456.0	256.1	209.6	921.7

### 1.2 美国的页岩气资源

据 ARI (Advanced Resources International, 2006) 估算<sup>[3]</sup>,美国页岩气技术可采资源达到  $3.6 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ,占美国非常规天然气技术可采资源量的 22 % (表 2)。实际上,页岩气可采资源数据不是固定不变的,新的含气区带的不断发现、更密集的开发井钻探以及开采理论与技术的进步都会使页岩气资源潜力的估算结果发生重大变化。如表 2 显示的只是该机构 2006 年估算的结果,这一估算结果只是随时变化的一个中间临时结果。该机构 1996 年、2002 年和 2006 年分别对美国页岩气资源量做了估算,分别是  $1.47 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、 $2.21 \times 10^{12} \text{ m}^3$  和  $3.62 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。

表 2 美国页岩气资源量预测表  $10^{12} \text{ m}^3$

地 区	页岩气	煤层气	致密砂岩气	合计
落基山盆地	0.08	1.61	6.31	8.00
得克萨斯中部—东部	1.39	0	0.91	2.30
阿帕拉其亚盆地	0.42	0.14	1.90	2.46
其他	1.73	0.31	1.61	3.65
全美国	3.62	2.07	10.73	16.42

<sup>\*</sup> 本文受到中国石油天然气股份公司对外合作非常规天然气技术攻关项目(编号: 06-03-01)的资助。

**作者简介:** 李建忠, 1968 年生, 高级工程师, 博士; 1999 年毕业于中国石油勘探开发研究院研究生部, 获博士学位; 主要从事石油构造地质、油气勘探规划与部署研究工作, 现为中国石油勘探开发研究院油气资源规划研究所所长。地址: (100083) 北京市学院路 20 号 910 信箱。电话: (010) 62097289, 13901321085。E-mail: lijizh@petrochina.com.cn

### 1.3 加拿大页岩气资源量

美国天然气技术协会<sup>[4]</sup>估算的加拿大西部沉积盆地页岩气原资源量约  $24.4 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。其中下白垩统  $4.4 \times 10^{12} \text{ m}^3$ , 占该盆地页岩气资源的 18%; 中、下三叠统  $9.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ , 占该盆地页岩气资源的 38%; 上泥盆统和下石炭统  $10.7 \times 10^{12} \text{ m}^3$ , 占西部沉积盆地页岩气资源的 44%。加拿大不列颠哥伦比亚(British Columbia)东北部泥盆系、白垩系、侏罗系、三叠系页岩气资源量超过  $28.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ , 保守估计也有  $7.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$ , 占该地区未发现天然气资源(包括常规和非常规)的 34%。若按照可采系数 5% 计算, 约有  $1\,415 \times 10^8 \text{ m}^3$  的可采资源量。2008 年 Trangle 石油公司在加拿大 Windsor 盆地上泥盆—下密西西比统的两口页岩气评价井的资源丰度为  $(9.8 \sim 12) \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , 由此估算该盆地的页岩气资源量约为  $11.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。

### 1.4 中国页岩气资源量

目前, 我国对页岩气的研究与勘探开发正处于探索阶段。20 世纪 60~90 年代, 在常规油气勘探中, 个别盆地在页岩中曾发现过泥页岩裂缝油气藏, 针对这些发现, 个别学者对泥页岩油气藏做过一些研究<sup>[5-6]</sup>。除此以外, 我国目前尚未对页岩气资源进行过全面估算。2005 年以来, 随着能源需求的急剧增加和国外页岩气资源的成功开发利用, 中国石油勘探开发研究院积极借鉴国外页岩气成功勘探开发的经验, 加强了我国页岩气资源的调查与成藏地质条件评价与研究。查阅、收集了大量国外页岩气勘探开发与研究的资料和文献, 详细剖析了国外页岩气成藏地质条件, 系统总结了国外页岩气勘探开发技术。在此基础上, 通过大量的老井复查与老井测录井资料、地球化学分析资料和区域沉积研究, 对我国南方海相地层发育的四川盆地川西南地区的寒武系页岩地层页岩气成藏地质条件进行了研究, 对四川盆地南部下寒武统筇竹寺组页岩气资源量做了初步估算。估算结果认为四川盆地南部下寒武统筇竹寺组页岩气资源量为  $7.14 \times 10^{12} \sim 14.6 \times 10^{12} \text{ m}^3$ , 而整个四川盆地现有常规天然气资源量为  $7.2 \times 10^{12} \text{ m}^3$ , 说明我国页岩气资源量巨大。

## 2 中国页岩气资源勘探开发前景

中国各地质历史时期页岩地层均十分发育, 既有有机质丰度达很好—极好标准的南方海相页岩地层, 也有得天独厚的北方湖相页岩地层。因此, 中国

的页岩地层具有页岩气藏形成的基本地质条件。

### 2.1 中国南方海相页岩地层页岩气勘探开发前景

尽管我国南方地区的油气勘探开发已有 100 多年历史, 但从未进行过以页岩地层为目的层的页岩气勘探开发工作, 常规油气勘探除四川盆地外, 其余广大南方地区并未取得实质性突破或发现。通过与国外页岩气对比, 我国南方海相地层发育区具有优越的页岩气成藏地质条件和丰富的页岩气资源, 有望成为我国油气资源的重要战略接替新领域。我国南方古生界发育震旦系、寒武系、志留系等多套海相黑色硅质页岩建造<sup>[7]</sup>, 分布稳定, 埋藏深度浅, 有机质丰度高, 在盆地内部、向斜区以及隆起的低部位等有利于页岩气藏的形成与富集。在早期的常规油气勘探过程中, 在上述海相页岩地层中许多地方发现气藏或见到良好气显示, 预示了南方海相页岩地层页岩气藏的勘探开发领域广、资源丰富。

1) 上震旦统陡山沱组页岩地层: 晚震旦纪, 扬子台地边缘为浅海—次深海大陆架浅海陆棚相区, 沉积了一套黑色碳质页岩、硅质页岩、硅质—碳质页岩和硅质岩, 呈狭长带状展布, 是目前落实的可作为烃源岩的地层之一。在上扬子浅海陆棚相区的东南部和中扬子浅海陆棚的南部, 相当于黔东—湘西和鄂东南至湘中地区, 为次深海和深海相区, 该相区是上震旦统陡山沱组富烃源岩沉积带, 在金沙岩孔、遵义松林、桐梓—綦江、秀山—涪陵、万县一带厚度为 30~90 m, 有机碳含量 0.8%~1.6%; 在铜仁、镇远、都匀、三都、独山一带厚度为 10~30 m, 局部可高达 80 m, 有机碳含量 0.8%~2.0%; 在兴山大峡口—鹤峰白果—永顺王村一带厚度 26.1~114.6 m, 有机碳含量 0.41%~2.06%, 平均 0.95%。

2) 下寒武统页岩地层: 分布面积大、范围广, 可及整个扬子地台区, 现今残留面积约  $90 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。烃源岩厚度 50~500 m, 其中厚度大于 50 m 以上烃源岩面积约  $58 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。发育的层位相当稳定, 以下寒武统筇竹寺组为主, 与之相当的还有川黔鄂地区的牛蹄塘组或水井沱组、苏浙皖地区的荷塘组、冷泉王组等。岩性主要为暗色页岩、黑色碳质页岩、碳硅质页岩、黑色粉砂质页岩。上扬子地区的滇东、黔东北地区的页岩地层普遍含磷, 下扬子地区夹石煤层。有机碳含量多在 2.0% 以上, 最高可达 13.64%, 平均为 2.77%。四川盆地寒武统筇竹寺组井下样品测试, 有机碳含量平均为 0.36%~5.03%, 露头样品分析, 有机碳含量平均为 1.92%~2.35% (表 3)。母质类型以腐泥型干酪根为主, 少量为腐殖型。干

表 3 四川盆地寒武统筇竹寺组各类页岩有机碳含量表

井号/剖面	深度 (m)	岩 性	有机碳含量(%)		备注
			区间值	平均值 <sup>1)</sup>	
威 3	2 640~2 869	黑色砂质页岩	0.21~2.12	0.79/13	岩屑
威 13	2 547~2 855	灰色砂质页岩	0.14~1.08	0.44/12	岩屑
威 15	2 855~3 205	深灰色砂质页岩	0.10~2.32	0.36/19	岩屑
威 106	2 677~2 781	黑色页岩	1.01~2.95	1.98/6	岩心
威基井	/	黑色页岩	/	1.68/3	岩心
威 11	3 075~3 076	黑色和碳质页岩	3.45~7.99	5.02/3	岩心
威 28	2 974.71~2 977.34	碳质页岩	2.66/1	2.66/1	岩心
峨眉山麦地坪蜂蜜崖		黑色泥岩	1.92	1.92	露头
乐山范店乡		黑色页岩	1.05~2.17	2.35/2	露头
南江县杨坝乡		黑色页岩	0.22~4.33	2.12/10	露头

注:1) 有机碳含量/样品数。

酪根 <sup>13</sup>C 为 - 29.82 ‰~ - 32.92 ‰(PDB),平均为 - 30.88 ‰,成烃潜力大。上扬子与下扬子地区页岩演化程度较高, R<sub>o</sub> 一般大于 3 %,最高可至 5 %及以上;中扬子地区页岩的演化程度略低, R<sub>o</sub> 为 2.0 %~3.0 %,部分还小于 2.0 %。目前在扬子区已发现的古油藏,如贵州瓮安古油藏、麻江古油藏、铜仁古油藏、浙江泰山古油藏、湘西南山坪古油藏、绍兴坡塘古油藏等,油源均来自于下寒武统烃源岩。下寒武统烃源岩的分布范围、厚度及有机碳含量在区域上基本稳定,差异不大。上扬子地区的四川盆地南部地区烃源岩厚度为 200~400 m,有机碳含量 0.5 %~5.0 %;至黔北、五陵、湘鄂西地区烃源岩厚度为 50~500 m,有机碳含量为 0.5 %~3.0 %;江南隆起北缘生油区烃源岩厚度为 200~400 m,有机碳含量为 0.5 %~2 %,至下扬子地区西北部生油区烃源岩厚度是 50~120 m,有机碳含量为 0.5 %~5 %;皖南、苏南生油区烃源岩相对不发育,厚度在 50 m 左右,有机碳含量为 0.5 %~4 %。下寒武统烃源岩生烃强度较高,部分地区为 (100~200) ×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>。四川盆地寒武统筇竹寺组黑色页岩厚 74~400 m,有机碳含量 0.5 %~4.1 %, R<sub>o</sub> 为 1.83 %~3.26 %。乐山—龙女寺地区下寒武统筇竹寺组发育最好(图 1),为一套浅水陆棚环境下沉积的黑色、深灰色页岩,厚度一般为 100~400 m,资阳—威远地区较厚,达 250~350 m,由古隆起顶部向南部坳陷区厚度大幅度增加。

3) 上奥陶统(五峰组)页岩:上奥陶统五峰组烃源岩分布几乎遍及整个扬子地区,岩性为灰黑—黑色硅质页岩、含砂质页岩、碳质页岩及含碳泥质页岩。厚度一般数米至 30 m,在下扬子地区厚度可达 400 m 以上。有机碳含量在中、上扬子地区一般为 1.0 %~2.0 %,最高可达 6.47 %,平均为 1.68 %;在



图 1 乐山—龙女寺地区下寒武统筇竹寺组厚度分布图

下扬子地区一般多小于 1.0 %。母质类型以腐泥型干酪根为主,干酪根的 <sup>13</sup>C 为 - 27.93 ‰~ - 32.54 ‰(PDB),平均为 - 29.52 ‰;泥页岩演化程度较高,上扬子与下扬子地区 R<sub>o</sub> 一般为 2.0 %~3.0 %,下扬子苏州一带 R<sub>o</sub> > 4.0 %,中扬子地区演化程度稍低,一般小于 2.0 %。

4) 下志留统(龙马溪组)页岩:龙马溪组(或高家边组)底部多为黑色碳泥质页岩,厚度分布变化较大。上扬子地区泥页岩厚度较大,最厚可达 500 m 以上,中、下扬子地区厚度一般小于 200 m。龙马溪组页岩有机碳含量高,分布稳定,是一套高效烃源岩。中上扬子生烃凹陷在泸州—梁平一带有机碳含量为 0.5 %~2.34 %,至湘鄂西区有机碳含量为 0.53 %~3 %,平均 1.74 %;下扬子有机碳含量大多大于 1 %。母质类型以腐泥型干酪根为主,少量的腐殖型干酪根,泥质烃源岩干酪根的 <sup>13</sup>C 相对下伏层位的烃源岩有所偏正,为 - 28.17 ‰~ - 29.05 ‰,平均值为 - 28.85 ‰。泥页岩演化程度与上奥陶统基本一致,上扬子与下扬子地区 R<sub>o</sub> 值一般为 2.0 %~

3.0%,下扬子苏皖地区  $R_o$  值大于 4.0%,中扬子地区演化程度稍低,一般小于 2.0%。四川盆地南部下志留统龙马溪组黑色页岩厚 100~700 m,有机碳含量为 0.4%~1.6%, $R_o$  为 1.83%~3.26%。

5) 钻井天然气显示:不完全统计,早期在常规油气勘探过程中,在 100 口余钻井中见到天然气显示或露头发现古油藏及页岩气显示(表 4)。据四川盆地威远地区 36 口钻井统计,筇竹寺组页岩有 30 口井发现气显示,志留系龙马溪组 13 口井中有 10 口见气显示。威远地区的威 5、威 9、威 18、威 22 和威 28 等井下寒武统泥页岩均见气侵井涌和井喷,其中威 5 井下寒武统筇竹寺组 2 795~2 798 m 页岩井段发现气侵与井喷,中途测试日产气  $2.46 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,酸化后日产气  $1.35 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。川东南地区阳高寺构造带的阳深 2、宫深 1、付深 1、阳 63、阳 9、太 15 和隆 32

等井在下志留统龙马溪组多处发现气显示,其中阳 63 井下志留统龙马溪组 3 505~3 518.5 m 黑色页岩段,酸化后获日产气 3 500  $\text{m}^3$ ,隆 32 井下志留统龙马溪组 3 164.2~3 175.2 m 黑色碳质页岩段获日产气 1 948  $\text{m}^3$ 。另外,20 世纪 70 年代中期在贵州大方地区钻探的方深 1 井,在下寒武统牛蹄塘组也发现良好气显示。该井下寒武统牛蹄塘组钻遇井深 1 686~1 785 m,厚 99 m,岩性上部为一套深灰色含碳质粉、细砂岩与碳质页岩互层,中—下部为黑色碳质页岩。有机碳含量 2.97%~8.02%;氯仿沥青“A”含量 0.087%~0.11%,成熟度为高一过成熟。钻井中,在 1 723.4~1 726.7 m 井段见气测异常,泥浆见雨状气泡,含气 38%,点燃呈蓝色火焰,下伏震旦系全井段气测异常,电测解释 6 个含气层、3 个可能含气层。

表 4 南方海相地层部分钻井油气显示与古油藏统计表

地区	名 称	圈闭类型	储层时代	储层岩性	储集空间类型	储层厚度(m)
四川	威远	背斜—岩性	$C_1$	页岩	裂缝	47~70
	阳高寺	背斜—岩性	S	页岩	裂缝	30~50
	虎庄残留 油气藏	背斜	$S_{1-2}$ $O_1$	石英砂岩(气) 石灰岩(油)	残余粒间孔 溶孔	50
贵州	麻江	背斜—岩性	$S_{1-2}$	石英砂岩	原生粒间孔	2~26
	铜仁	背斜—岩性	$C_2$	角砾白云岩	溶蚀孔、层间缝、构造缝	22~85
	丹寨	背斜—岩性	$C_3$	角砾白云岩	溶蚀孔、脉石英晶洞、构造缝	
	瓮安	背斜—岩性	$C_1$	石英砂岩	粒间溶孔	5~24
浙江	余杭泰山	藻礁	$Z_2$	藻礁白云岩	溶蚀、缝、晶间孔	34.7
	余杭泰山	背斜—岩性	$Z_2$	石英砂岩	粒间残余、次生孔	9.5
	绍兴坡塘	藻礁	$Z_2$	礁白云岩	溶蚀孔	

2.2 中国北方湖相页岩地层页岩气勘探开发前景

在中国北方地区,中新世代发育众多陆相湖盆,泥页岩地层广泛发育,并已被勘探实践证实绝大部分为大型盆地中的优质烃源岩,如松辽盆地下白统的青山口组黑色泥岩、渤海湾盆地古近系沙河街组沙三段底部泥页岩、鄂尔多斯盆地上三叠统延长组张家滩( $T_3 y_{C3}$ )、李家畔( $T_3 y_{C2}$ )页岩等。

1) 准噶尔盆地二叠系:准噶尔盆地为一个大型多旋回叠合复合盆地,发育了中上石炭世—第四纪沉积,最大沉积岩厚度 15 000 m。盆地多阶段演化,具有全层系含油、满盆含油和既富油也富气的特点。据研究,准噶尔盆地发育下石炭统、上二叠统、中下侏罗统和古近系等多套有效烃源岩。其中二叠系为盆地最重要烃源岩层系,也是具备形成页岩气的主要层系,主要发育在南缘东部博格达山前和东北缘

克拉美丽山前。

南缘博格达山前发育二叠系芦草沟组、红雁池组页岩地层。其中芦草沟组分布在乌鲁木齐—阜康地区,面积 3 525  $\text{km}^2$ ,厚度 700~1 100 m。岩性分为 3 段,下段为砂质泥岩、砂岩夹页岩;中段为黑色、灰黑色泥岩、砂泥岩夹页岩油,多处含沥青和稠油;上段以灰黑色页岩、页岩油为主夹沥青质页岩。芦草沟组有机质极为丰富,有机碳含量为 4.85%~10.02%,氯仿沥青“A”含量为 0.394 9%~0.484 5%,总烃为 649~1 433  $\text{mg/kg}$ ,生烃潜能( $S_1 + S_2$ )为 28~46.26  $\text{mg/g}$ ,有机质类型为偏腐泥混合型, $R_o$  值为 0.54%~0.91%。

红雁池组以乌鲁木齐妖魔山地区最发育,面积与芦草沟组相当,厚度 147~735 m。底部岩性为灰绿、灰黑色砂岩、泥页岩为主;中部为黑色泥岩、页

岩;上部以灰绿色泥岩、砂砾岩为主。红雁池组为湖相沉积,有机碳含量为1.96%,氯仿沥青“A”含量为0.1369%,总烃为537 mg/kg,生烃潜量( $S_1 + S_2$ )为2.6 mg/g,有机质类型为偏腐泥混合型, $R_o$ 值为低成熟—成熟阶段。

东北部克拉美丽山前二叠系平地泉组面积3 243 km<sup>2</sup>,烃源岩厚度约300 m。下部岩性为灰绿色泥岩和砂岩互层;中部为灰黑色泥岩、页岩、砂质泥岩和薄层泥灰岩。平地泉组有机质丰富较高,有机碳含量为1.42%~4.1%,氯仿沥青“A”含量为0.0484%~0.0599%,总烃为233~501 mg/kg,生烃潜量( $S_1 + S_2$ )为0.58~16.28 mg/g,有机质类型为混合型,低成熟—成熟阶段, $R_o$ 值为0.8%~1.0%。

目前,克拉美丽山前滴南3、滴南4、火3、火北1、大3、大8等井钻遇二叠系页岩地层,见到良好的油气显示,气测值1 200~80 000  $\mu\text{g/g}$ ;博格达山前小1、2、3、4等井在二叠系页岩中见到良好显示,页岩地层裂缝发育,个别井针对页岩地层试气获得少量气。

## 2) 鄂尔多斯上三叠统延长组页岩

鄂尔多斯盆地中生界三叠系延长组为优质的湖相暗色泥页岩烃源岩,主要分布于盆地的南部,有效烃源岩面积在 $8 \times 10^4$  km<sup>2</sup>以上,厚度为300~600 m,烃源岩体积为 $3 \times 10^4 \sim 4 \times 10^4$  km<sup>3</sup>。从延长组10亚段(简称长10,下同)到长1有多套烃源岩,从有机质丰度、有机质类型、有机质成熟度和生油能力上,长9-长4+5,尤其是长7、长9是中生界石油形成的重要烃源岩。其中长7段处于湖盆发展的全盛期,为盆地中生界主要的烃源岩建造,长7段有机质丰度相对较高,有机碳含量平均2.08%,氯仿沥青“A”含量平均0.7505%,总烃含量平均5 754.45  $\mu\text{g/g}$ 。靖边南部地区长7段有机碳含量平均1.08%,生烃潜量( $S_1 + S_2$ )平均3.16 mg/g。靖边北部暗色泥岩有机碳含量平均1.45%,烃含量平均252.83  $\mu\text{g/g}$ 。天环地区三叠系延长组暗色泥岩以长7段有机质丰度相对较高,天环北、环县、环县以南长7段暗色泥岩有机碳含量平均值分别为4.4%、0.98%、5.06%。干酪根类型为偏腐泥型为主的混合型干酪根,大部分地区处于成熟阶段,局部地区向高成熟阶段过渡,吴旗—庆阳—富县一带已进入成熟阶段晚期, $R_o > 1.0\%$ 。延长组泥页岩在钻井过程

中气测异常活跃,初步展示了良好的页岩气资源勘探前景。中富18井在长7、长8段的油页岩发育段(910~960 m)出现明显的气测异常,而深感应曲线也出现高阻;庄167井在长7段下部泥页岩段(1 840~1 870 m)出现了明显的气测异常;庄171井在长7段下部和长8段上部泥页岩段(1 835~1 865 m)出现了明显的气测异常。

## 3 中国页岩气资源的战略地位

### 3.1 我国高速发展的社会、经济对天然气资源的迫切需求

据专家预测,我国天然气需求增长速度将超过煤炭和石油,2020年我国天然气消费将达到 $2\,000 \times 10^8$  m<sup>3</sup>以上,在一次能源消费结构中比例增至10%以上,而预期天然气产量为 $1\,200 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,供需差距在 $800 \times 10^8$  m<sup>3</sup>以上。显然,其供求矛盾已成为制约我国国民经济和社会可持续发展的一个十分严峻的问题。

从目前资料分析,页岩气资源极有可能成为一种未来大行其道的非常规天然气资源。20世纪90年代以来,人们不仅重视煤层气与致密砂岩气的勘探开发,随着北美页岩气的成功开发利用,人们更是将目光转向了资源更丰富、开采周期长、产量高的页岩气资源上。虽然页岩气产量目前尚不及煤层气,但其发展速度之快,大有后来居上的势头。2007年美国页岩气年产量已超过 $430 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,约占美国天然气总产量的8%。我国页岩气资源非常丰富,具有巨大的资源潜力和勘探开发远景,是非常现实的重要勘探开发目标。

### 3.2 南方海相地层页岩气资源的勘探开发对南方地区经济发展具有重要意义

我国广大南方地区,人口众多,经济社会发达,对能源的需求极其旺盛。而目前的能源主产区集中在北方地区,南方大部分地区的能源供给全部靠外区运入,运线长、成本高、影响因素多,近年来南方地区不断出现煤荒、电荒及油荒等能源供给问题,尤其是2008年年初的冰雪灾害,对南方的能源供给提出了严峻的挑战。因此积极勘探开发南方地区的页岩气资源,对缓解南方地区能源短缺、繁荣南方地区的经济、保持南方地区经济社会持续快速发展具有十分重要的战略意义。

我国南方地区是我国最大的海相沉积岩分布

区,地层时代较老,经历的构造活动期次多,热演化程度高,古油藏分布众多,寻找常规油气的地质条件破坏非常严重,虽然该区常规油气的勘探活动历经百年,但除四川盆地外,其余地区成效非常差。但是,南方海相地层中,发育多套厚度大、分布稳定、有机质丰富的海相硅质页岩地层,其研究与勘探结果均已证实,这些页岩地层不仅是优质的烃源岩,而且已经大量生成了油气,目前演化阶段均处在成气阶段,具有优越的页岩气藏形成的基本地质条件。根据国外页岩气勘探开发经验,南方地区海相地层构造油气藏勘探、常规油气藏勘探不能取得成果的情况下,在相对稳定的向斜区、隆起的低部位等处的页岩烃源岩中开展页岩气勘探开发具有很好的现实性。同时,南方海相地层页岩气的成功勘探开发也将进一步丰富我国海相地层天然气地质理论,并将进一步指导我国北方地区湖相页岩气的勘探开发。此外,也是为今后更多非常规油气资源充分开发利用积累有益借鉴,实现我国能源安全供给多元化发展的重要战略选择。

## 4 结论与建议

我国沉积盆地中广泛分布着富含有机质的泥页岩,这些泥页岩厚度大、成熟度高、生烃能力大,油气显示活跃,具有较大的勘探开发前景。鉴于我国油气资源供需日趋严峻的形势,建议加强页岩气资源的选区评价工作,促进油气勘探领域的拓展和页岩气资源的勘探开发;页岩气资源的勘探开发是一个全新的课题,国内页岩气方面的研究力量和勘探开发技术比较薄弱,针对页岩气藏的勘探工作投入很少、研究程度较低,建议加大页岩气资源的研究力度和勘探投入,形成我国的页岩气资源储备和勘探开发特色技术;根据目前初步评价结果我国南方的下组合泥页岩、北方中生界泥页岩等层系具有较好的页岩气勘探前景,建议通过老井复查优选有利井段进行试气和试采,力争突破一点,以点带面,开创页岩气勘探新局面。同时,根据国外页岩气的勘探经验,分布在盆地内部生烃强度较高并且裂缝比较发

育的泥页岩,是页岩气有利的发育区,在勘探中应给予足够重视。

非常规天然气资源已经在全球能源结构中扮演着重要的角色,产业化前景广阔。目前全球非常规天然气产量超过  $1\ 800 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。在非常规天然气中,页岩气的发展成为具有明显的现实性。目前,页岩气的开发所面临的挑战主要有:基本认识不到位,有利勘探开发领域不明确,需要尽快提高对页岩气资源潜力的正确认识,加强资源评价工作,评价优选有利勘探开发目标;有效的勘探开发技术水平有待发展和引进,国外页岩气成功开发的关键就在于水平井技术和多段压裂、水力压裂技术的成功应用;页岩气为典型的非常规天然气资源,勘探开发成本高、投资回收周期长,经济效益短期内难以体现,需要国家有相关的政策鼓励油气生产商大力开发页岩气资源,引导和推动尽快产业化发展。

## 参 考 文 献

- [1] DAVID GHILI, TRACY E LOMBARDI, JOHN P MARTIN. Fractured shale gas potential in New York [J]. Northeastern Geology and Environmental Sciences, 2004, 26(1/2): 57-78.
- [2] KUUSKRAA V A. Unconventional natural gas industry: Savior or bridge [C]. EIA Energy Outlook and Modeling Conference, 2006.
- [3] 谢力. 非常规气资源潜力估计可能会有很大变化 [J]. 国外石油动态, 2008(3): 1-8.
- [4] GATENS M. Unconventional gas in Canada: An important new resource [C]. 2005 Energy & Environment Workshop. Calgary: CERI, 2005.
- [5] 王德新, 江裕彬, 吕从容. 在泥页岩中寻找裂缝性油、气藏的一些看法 [J]. 西部探矿工程, 1996, 8(2): 12-14.
- [6] 赖生华, 刘文碧, 李德发, 等. 泥质岩裂缝油藏特征及控制裂缝发育的因素 [J]. 矿物岩石, 1998, 18(2): 47-51.
- [7] 梁狄刚, 郭彤楼, 陈建平, 等. 中国南方海相生烃成藏研究的若干进展(一): 南方四套区域性海相烃源岩的分布 [J]. 海相油气地质, 2008, 13(3): 1-16.

(修改回稿日期 2009-03-15 编辑 罗冬梅)



DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.05.002

**HUANG Yur-zhen** (senior engineer), born in 1962. He graduated from the former Jiangnan Petroleum Institute, and is mainly engaged in petroleum exploration and development and external cooperation.

**Add**: No. 9, North Dongzhimen Street, Dongcheng District, Beijing 100007, P. R. China

**Tel**: +86-10-5998 6775      **E-mail**: yzhuang@petrochina.com.cn

### Prospects and strategic position of shale gas resources in China

LI Jian-zhong<sup>1</sup>, DONG Da-zhong<sup>1</sup>, CHEN Geng-sheng<sup>2</sup>, WANG Shi-qian<sup>2</sup>, CHENG Ke-ming<sup>1</sup>

(1. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing 100083, China; 2. PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company, Chengdu 610051, China)

**NATUR. GAS IND. VOLUME 29, ISSUE 5, pp. 11-16, 5/25/2009. (ISSN 1000-0976; In Chinese)**

**ABSTRACT**: Production of shale gas will get more prosperous and will expand rapidly along with technical progress and improvement of economic conditions. The prospects of shale gas exploration and production and the strategic position of shale gas resources in China are analyzed after introducing the domestic and foreign shale gas resource volumes. As required by the overall development strategy of petroleum industry in China, prospecting for natural gas reserves is a task of top priority. The organic-rich shale formations were extensively deposited in different geologic periods in China and had favorable conditions for the generation and accumulation of shale gas. They have huge potentials of gas resources and bright prospects of exploration and production, and will surely become a major new field of gas exploration and production. It is proposed to strengthen research and increase exploration investment in shale gas. The shale and mudstone in the lower sequences in South China and those in the Mesozoic in North China have relatively large potential for shale gas exploration. It is proposed to perform gas testing or production test in the favorable intervals selected through reviewing old wells, so as to open a new stage of shale gas exploration through fanning out from point to area.

**KEY WORDS**: China, shale gas, resources, prospects, strategic position

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.05.003

**LI Jian-zhong** (senior engineer), holds a Ph.D degree and is mainly engaged in research of petroleum geology and exploration planning.

**Add**: Mail Box 910, No. 20, Xueyuan Rd., Haidian District, Beijing 100083, P. R. China

**Tel**: +86-10-6209 7289      **Mobile**: +86-13901321085      **E-mail**: lijizh@petrochina.com.cn

### A preliminary study on accumulation mechanism and enrichment pattern of shale gas

CHEN Geng-sheng<sup>1</sup>, DONG Da-zhong<sup>2</sup>, WANG Shi-qian<sup>3</sup>, WANG Lan-sheng<sup>3</sup>

(1. PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company, Chengdu 610051, China; 2. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing 100083, China; 3. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company, Chengdu 610051, China)

**NATUR. GAS IND. VOLUME 29, ISSUE 5, pp. 17-21, 5/25/2009. (ISSN 1000-0976; In Chinese)**

**ABSTRACT**: The organic-rich shale formations are abundant in China, thus the prospects of shale gas exploration and production are bright. Analyses of the features of gas shale reservoirs and study on the accumulation mechanism and enrichment patterns of shale gas can provide a theoretical basis for assessment and recovery of shale gas resources in China. Gas shale reservoirs are regional continuous unconventional gas accumulations. The major conditions for the formation of gas shale reservoirs include relatively thick shale layers, high organic content, evolutionary stage over gas window, well-developed natural fractures, and occurring at the structural low or center of the basin. The main characteristics of shale gas pooling are indigenous generation and accumulation, continuous charging and accumulation, without migration or very short migration. Net thickness, organic content, matrix porosity and natural fractures are the key factors for shale gas enrichment.

**KEY WORDS**: shale gas, pooling mechanism, enrichment pattern, continuous accumulation, key factor, organic content, frac-