

我国页岩气资源现状及勘探前景

米华英 胡明 冯振东 刘瑜

(西南石油大学 四川 成都 610500)

摘要: 非常规天然气资源—页岩气是可接替能源。因此,其资源勘探开发备受世界瞩目。目前,美国和加拿大率先进入到页岩气的勘探开发阶段,而中国页岩气的勘探还处于起步阶段。在调研了国内外页岩气研究成果的基础上,分析了页岩气储层的特征以及储层空间类型。页岩本身既是烃源岩又是储层,页岩气主要以吸附和游离状态存在于页岩之中,因此与常规的天然气有很大的区别。中国页岩气广泛分布于海相、陆相盆地,资源丰富,预计资源量约为 $(15 \sim 30) \times 10^{12} \text{ m}^3$,勘探潜力大。但由于我国起步晚,还需要加速对页岩气的勘探开发以缓解中国对油气能源的需求压力。

关键词: 页岩气;非常规天然气;储集类型;储层特征;勘探潜力

中图分类号: TE122.35

文献标识码: A

Present conditions and exploration prospects of shale gas resource in China

Mi Huaying, Hu Ming, Feng Zhendong, Liu Yu

(Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan 610500)

Abstract: Shale gas is an alternative energy as an unconventional gas resource, so its exploration and development are attracting worldwide attention. At present, the United States and Canada are first to enter the exploration and development of shale gas, but the shale gas exploration is still in its infancy in China. On the basis of reviewing the existed literatures on shale gas at home and abroad, the characters of the shale reservoir and the types of reservoir space were analyzed. Shale is taken as either source rock or reservoir, and shale gas mainly exists in shale by the way of adsorption and free gas, so it has a big difference from the conventional gas. The shale gas resources are rich in China and widely distributed in marine basins and terrestrial basins. The predictive resources is about $(15 \sim 30) \times 10^{12} \text{ m}^3$, so exploration potential is big. Because of China's late start, China still needs to speed up the exploration and development of shale gas to alleviate the pressures of oil and gas energy's demand.

Key words: shale gas; unconventional gas; reservoir type; reservoir characteristics; exploration potential

页岩气是指主体位于暗色泥页岩或高碳泥页岩中,生成、储集和封盖都发生在页岩体系中,表现为典型的“原地”成藏模式,以吸附和/或游离状态赋存于页岩基质孔隙或裂隙中的天然气非常规聚集,且具商业价值^[1-2]。

1 全球页岩气研究现状

1.1 国外现状

目前除美国和加拿大外全球对页岩气的勘探与开发并不普遍。1821年,北美地区页岩气的开发标志着美国页岩气工业的开始,加拿大西部在上世纪末也开始了批量钻井和商业性生产^[3]。其中美国

是地质勘探程度和开发技术水平相对较高的国家。

1976年,为了加强对页岩气的地质、开发工程、地球化学等方面研究,美国实施了针对页岩气研究与开发的东部页岩气工程(EGSP),使页岩气产量大幅度增加并产出一批科研成果。

1980年,为了摸清页岩气的分布规律并进行资源潜力评价,天然气研究所(GRI)开始对东部页岩

收稿日期: 2010-05-07; 改回日期: 2010-09-30

作者简介: 米华英(1986—),女,西南石油大学在读硕士研究生,主要从事构造地质与开发地质综合研究工作。电话: 028-83035156, 13980807059 E-mail: mihuaying@sina.cn。

气进行系统研究。此后不断产生新的发现,页岩气产、储量逐步提高。页岩气勘探、开发研究全面展开^[4-6]。

二十世纪末至二十一世纪初,美国的页岩气年产量增加约10倍,最重要的发展是在认识到页岩气的吸附作用机理后,其产、储量大幅度提高。页岩气是其中已投入工业性勘探开发的四大非常规天然气类型之一。

1.2 国内现状

2005年以来,我国开始关注页岩气,并开展了一些研究工作,但页岩气商业化开发还没有起步,总体处于前期探索和准备阶段。2006年,中国石油与美国新田石油公司联合开展了四川盆地威远气田页岩气资源评价,第二年组织开展了“中国页岩气资源评价与有利勘探领域优选”。2008年,国土资源部设立了页岩气项目“中国重点地区页岩气资源潜力及有利区带优选”,重点研究中下扬子中、古生界海相和四川、松辽等盆地页岩区。2009年11月下旬,国土资源部油气资源战略研究中心、中国地质大学在重庆市彭水县连湖镇启动了国内第一口页岩气勘探井,如果这口井开采成功,它将为日益紧张的天然气资源找到较好的替代能源^[7]。中国石油与康菲、壳牌、埃克森美孚及挪威石油等跨国石油公司开展联合研究,探索页岩气开发的国际合作方式,并计划建立页岩气开发先导实验区。

2 页岩气的储层特征

作为一种特殊的储集岩,页岩的储层特征与常规储集层(碎屑岩、碳酸盐岩)有很大的不同,而这些特殊性也是建立与完善页岩气勘探、开发相关地质理论与关键技术的基础。这些特殊性表现在:

(1) 页岩的生烃能力较强,具有自生自储特点。暗色页岩不仅是烃源岩,还有可能是常规油气藏的封闭盖层。而且页岩还是一种特殊的储集岩,即页岩气没有或仅有极短距离的运移,通常就近聚集藏,不受构造影响,无圈闭、无清晰的气水界面。

(2) 页岩以小粒径物质为主,一般以泥质(粒径为 $5 \sim 63 \mu\text{m}$)和粘土(粒径 $< 5 \mu\text{m}$)为主要组分,砂($> 63 \mu\text{m}$)所占的组分相对较少。由于小粒径的特点,所以页岩气储层的渗透率极低,一般在 $(0.0001 \sim 0.000001) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,其渗透率要比常规储层的渗透率 $(0.01 \sim 0.001) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 低2~3个数量级^[8];页岩总孔隙度一般小于10%,而含气的有效孔隙度一般只有1%~5%^[9],基质渗透率一般

低于 $0.0000001 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,因此一般形成低孔低渗裂缝性储层,而且随着埋深加大,物性变差。如果处于裂缝发育带或断裂带,页岩渗透率和孔隙度将会增加。由于页岩孔隙半径小,相对于常规储层的高含油饱和度,页岩储集层的含油饱和度就比较低。

(3) 常规储存由于孔渗性好,有利于压力传导,故压力梯度为1,而页岩孔渗性比较差其压力梯度为0.13,为一低压异常。

(4) 页岩具有广泛的饱气性^[10]。相对于常规储层油气在孔隙内储存基本上是以空间占有的物理方式,页岩气的赋存状态则有许多形式:既可吸附在干酪根或粘土颗粒的表面,也可以以游离气的形式赋存于页岩裂缝和基质(粒间)孔隙中,吸附态天然气的含量变化于20%~85%之间^[11],少量页岩气是以溶解的状态存在,但一般不超过10%。

(5) 页岩富含有机质或多为沥青质,储层中天然气主要是热成因气、生物成因气或者生物成因气与热成因气的混合物。作为热成因气,通过在埋藏比较深或温度较高时干酪根的热降解或者是低熟生物气再次裂解形成,以及油和沥青达到高成熟时二次裂解生成^[12-13];作为生物成因气,通过在埋藏阶段的早期成岩作用或近代富含细菌的大气降水的侵入作用中厌氧微生物的活动生成。

(6) 页岩储层分布受暗色页岩的分布控制,储层面积大、范围广,而且常呈区域性、连续性分布^[14]。

3 页岩的储集空间类型

3.1 裂缝型

主要发育在硅质含量高、石英含量一般在40%~50%的富钙脆性泥页岩中,以各种成因的网状裂缝系统为特征。在页理不发育的块状泥岩地层中以构造缝为主,而在页理发育的页岩中,除构造缝外,还有溶蚀页理缝,次要的还包括钙质条带中的溶孔、晶间孔、生物体腔孔和粒间孔等。暗色页岩中的裂缝尽管规模差别较大,但仍是游离状页岩气储集的主要场所,裂缝起到储渗双重功能,而且渗透率远远大于基质孔的渗透率。钻遇到暗色页岩裂缝时,还能有较好的气显示,而这正是导流能力较强的体现。暗色页岩裂缝类型多样,有高压异常气膨胀时形成的破裂缝,有成岩作用形成的层理缝,有剪切应力作用形成的剪切缝,也有张应力作用形成的张性裂缝。这与褶皱、构造和断层的出现密切相关。裂缝有产生和发展的过程,尤其是多种类型天然裂缝彼此大

范围连通,可形成一个独立的压力系统,也就是一个独立的页岩气藏。暗色页岩中的部分充填缝和未充填缝,对于页岩游离气的储集也非常有效^[15]。

3.2 孔隙型

孔隙是页岩气赋存的重要储集空间。由于构造运动造成的裂缝使某些页岩的孔隙率可达 20% 以上。且具有较大的比表面积,可为页岩气的储集提供充足的空间。孔隙主要有粉细颗粒的粒间孔和晶间孔。孔隙的喉道很小,基质渗透率很低,这恰是页岩气被吸附的重要场所,而且孔隙还是页岩气初次运移的重要通道。

3.3 孔—缝复合型

孔—缝复合型主要存在于钙质泥页岩互层为主夹薄砂层的地层中,具泥页岩裂缝、层理缝和薄层砂岩孔隙等储集空间^[8]。

3.4 不整合型

地层中的不整合面和沉积间断面也可以成为储集页岩气的良好场所,同时还能提高页岩层的孔隙连通性和渗透性^[16-17]。

一般情况下,单层泥页岩中裂缝系统和孔隙性薄砂体多呈“透镜体”,延展范围有限,横向变化大。总体来讲,页岩气储集空间以裂缝型为主,而且微裂缝是页岩气富集高产的关键因素。

4 中国页岩气储层潜力分析

根据沉积环境的条件和特点,可将含气页岩分为陆相和海相两大类型:①陆相暗色泥页岩主要形成于湖泊沉积环境中,主要表现为与海相页岩相似的水进体系域沉积背景,以松辽白垩系湖相页岩、渤海湾古近系页岩、鄂尔多斯上三叠统湖相页岩和准噶尔南缘上二叠统、中一下侏罗统湖相页岩及吐哈中一下侏罗统湖相炭质页岩为主,其分布面积约为 $28 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。②海相黑色页岩主要形成于沉积速率较快、地质条件较为封闭、有机质供给丰富的台地或陆棚环境中^[18],以南方地区下寒武统、志留系海相页岩和华北地区下古生界海相页岩及塔里木寒武—奥陶系海相页岩为主,其分布面积约为 $156 \times 10^4 \text{ km}^2$ (见图 1)^[19-20]。



图 1 中国大陆页岩气富集分区图

由于陆相、海相沉积都比较发育,且油气资源丰富,因此这样良好的地质因素为页岩气的富集创造了非常有利的条件。据初步计算中国页岩气资源量约为 $(15 \sim 30) \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。许多研究者认为,我国存在页岩气发育的广泛空间。戴金星、关德师等在对泥页岩气论述基础上,分析了中国的页岩气勘探前

景。张爱云等对海相暗色页岩建造的地球化学特点进行了研究,指出中国南方早古生代发育着一套分布广泛的黑色页岩,由于其中的有机碳含量一般达到了 5% ~ 20%,因此具有很高的页岩气成藏意义。除此之外,松辽、准噶尔、鄂尔多斯、吐哈等陆相沉积盆地的页岩地层也有页岩气富集的基础和条件。因

此页岩气在中国资源量相当丰富、勘探潜力大。但由于我国对页岩气还处在探索阶段,还需要一系列地质理论与关键技术的配套和政策的引导与扶植以及企业的努力实践来加速我国页岩气勘探开发的步伐。

5 结论

(1) 页岩气是指生成、储集和封盖(有时)均发生于页岩体系中,以吸附和/或游离状态赋存于页岩基质孔隙或裂隙中,具有商业价值的天然气。分布范围与有效源岩面积相当。

(2) 页岩储层为暗色泥页岩或高炭泥页岩,具有致密性。页岩既是烃源岩,又是储集岩,也可能是盖层。储层为低孔低渗裂缝性页岩,储层中天然气为生物成因气或者热成因气或者生物成因气与热成因气的混合物。页岩具有广泛的饱含气性,天然气的赋存状态多变。

(3) 页岩气储集空间主要有裂缝型、孔隙型、孔—缝复合型和不整合型,且以裂缝型为主。

(4) 中国大陆存在页岩气大量发育的区域地质条件,初算页岩气资源量约为 $(15 \sim 30) \times 10^{12} \text{ m}^3$,勘探潜力大。

参考文献:

- [1] 张金川. 中国应大力开发页岩气[N]. 中国能源报, 2009-11-16(A07)
- [2] 冯连勇, 赵林, 赵庆飞. 石油峰值理论及世界石油峰值预测[J]. 石油学报, 2006, 27(5): 139-142
- [3] 潘仁芳, 黄晓松. 页岩气及国内勘探前景展望[J]. 中国石油勘探, 2009, 3: 1-2
- [4] 江怀友, 宋新民, 安晓璇, 等. 世界页岩气资源勘探发现与展望[J]. 大庆石油地质与开发, 2008, 27(6): 10-12
- [5] ExxonMobil. ExxonMobil Annual Report[R]. 2007
- [6] Shell. Shell Annual Report[R]. 2007
- [7] 冉文. 国内第一口页岩气勘探井重庆开钻[N]. 西部时报, 2009-12-11(2)
- [8] 关德师, 牛嘉玉, 郭丽娜, 等. 中国非常规油气地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995, 6: 116-120
- [9] 赵群, 王红岩, 刘人和, 等. 世界页岩气发展现状及我国勘探前景[J]. 天然气技术, 2008, 2(3): 12
- [10] Schmoker J W. Determination of organic matter content of Appalachian Devonian shales from gamma-ray logs[J]. AAPG Bulletin, 1981, 62: 1285-1298
- [11] Scott L Montgomery, Daniel M. Jarvie, Kent A. Bowker et al. Mississippian Barnett Shale, Fort Worth basin, north-central Texas: Gas-shale play with multi-trillion cubic foot potential[J]. AAPG Bulletin, 2005, 89(2): 155-175
- [12] Robert C Milici. Assessment of undiscovered natural Gas resources in Devonian Black Shales, Appalachian Basin, Eastern U. S. A. [R]. U. S. Geological Survey Open-File Report 2005
- [13] Curtis J B, Montgomery S L. Recoverable natural gas resource of the United States: Summary of recent estimates[J]. AAPG, 2002, 86(10): 1671-1678
- [14] 潘继平. 页岩气开发现状及发展前景[J]. 国际石油经济, 2009: 12-15
- [15] 唐嘉贵, 吴月先, 赵金洲, 等. 四川盆地页岩气藏勘探开发与技术探讨[J]. 钻采工艺, 2008, 31(3): 39
- [16] 蒲泊伶. 四川盆地页岩气成藏条件分析[D]. 东营: 中国石油大学, 2008: 49-53
- [17] David G H, Tracy E L, John P M. Fractured shale gas potential in New York[J]. Northeastern Geology and Environmental Sciences, 2004, 26(1/2): 57-78
- [18] 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): 109-112
- [19] 马力, 陈焕疆, 甘克文, 等. 中国南方大地构造和海相油气地质[M]. 北京: 地质出版社, 2004
- [20] 文玲, 胡书毅, 田海芹. 扬子地区寒武系烃源岩研究[J]. 西北地质, 2001, 34(2): 67-73

(编辑 曹征远)

江苏油田水平井产油量突破 $100 \times 10^4 \text{ t}$

2010年10月中旬,江苏油田水平井开发再传喜讯:一是水平井累计产油量突破 $100 \times 10^4 \text{ t}$,达到 $100.8 \times 10^4 \text{ t}$;二是水平井日产水平再创新高,水平井日产油突破 700t,为全油田日产量的 15%;三是水平井日产量加上侧钻井日产量再上新水平,特殊结构井日产油突破 1000t,达到 1031t,为全油田日产量的 22%。“十一五”以来,江苏油田不断加大水平井应用力度,积极拓展水平井应用领域,5年间共实施水平井 70口,目前全油田水平井数达到 87口。

(金 勇)