

# 我国页岩气资源及影响因素

史长营<sup>1</sup>,王峰<sup>2</sup>,秦娜<sup>3</sup>,王辉<sup>4</sup>

(1. 山东科技大学, 山东 青岛 266590; 2. 山东省地质科学研究所, 山东 济南 250013; 3. 山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014; 4. 晋城煤业集团巴愣矿井, 内蒙古 鄂尔多斯 016215)

**摘要:**在世界面临能源短缺的背景下,页岩气作为油气勘探的一个新领域,越来越得到世界各国的重视。我国页岩气资源丰富,许多盆地或地区具有页岩气大规模成藏的地质条件,对页岩气的研究显得尤为重要。该文介绍了我国页岩气资源储量、分布及开采面临的问题,概述了页岩气地质特征。在此基础上探讨了我国页岩气的影响因素,认为我国页岩气主要受有机碳含量、成熟度、裂缝的发育程度、地层压力的控制;页岩气与煤层气同属于非常规天然气,其赋存形态、成因类型、富集规律具有很多相似之处,因此可将页岩气与煤层气进行对比研究。

**关键词:**页岩气;储量;分布;影响因素;构造作用;水文地质

**中图分类号:**TE122.35

**文献标识码:**A

页岩气是指位于暗色泥页岩或高碳泥页岩中,以吸附或游离状态存在于泥岩、高碳泥岩、页岩及粉砂质岩类夹层中且以自生自储为成藏特征的天然气<sup>[1]</sup>。

## 1 我国页岩气资源概况

### 1.1 储量

我国页岩气资源丰富,据美国能源信息署(EIA)最新预测,中国页岩气的技术可采储量为  $36 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ,远远超过美国  $28 \times 10^{12} \text{ m}^3$  的可采储量。但中国页岩气地质条件复杂,不但有海相页岩,还有陆相页岩和海陆过渡相页岩。

### 1.2 分布

中国页岩气主要分布在四川盆地、松辽盆地、吐哈盆地、鄂尔多斯盆地、渤海湾盆地、准格尔盆地等(图1)。这些地区泥页岩厚度大,有机质丰度高,热演化程度高,具备页岩气富集的地质条件。我国页岩气的富集和分布特点具有南北之分。南方主要为海相页岩,而北方以陆相页岩为主;南方以古生界为主,而北方以中生界为主。从震旦纪到中三叠纪,中国南方主要发育震旦纪陡山沱组、下寒武统、奥陶

纪五峰组—志留纪龙马溪组、泥盆纪罗富组、下石炭统、二叠纪栖霞组、龙潭组和大隆组、三叠纪青龙组等8套以黑色页岩为主体特点的烃源岩层。中国北方中生代陆相泥页岩发育,如松辽盆地白垩纪的青山口组黑色泥页岩、鄂尔多斯盆地三叠纪延长组的张家滩、李家畔页岩,渤海湾盆地古近纪沙河街组的泥页岩、准噶尔盆地二叠纪的泥页岩等<sup>[2,3]</sup>。

### 1.3 开发过程中面临的问题

(1)资源量不清,这是首要问题,也是我国页岩气研究的重要问题。虽然我国拥有丰富的页岩气资源,但是我国页岩气研究起步较晚,到目前为止还没有一个投入开发的页岩气藏。况且我国页岩气地质条件复杂,页岩气藏复杂,构造演化程度高,与美国页岩气地质条件相比较有很多不确定因素。

(2)我国页岩气地质情况仍不清楚。目前我国对页岩气的水文地质特征的研究较少,水文地质贯穿页岩气研究的始终,不仅影响页岩气的保存条件,还是溶解气的赋存介质。少量的页岩气可以在水中呈溶解状态,因此水文地质特征,如水的温度、压力、矿化度及气体组分也将影响页岩气的含量。

(3)关键技术不过关。我国尚未完全掌握页岩气勘探开采的水平井技术和压裂技术。

收稿日期:2013-05-14;修订日期:2013-12-10;编辑:王秀元

作者简介:史长营(1986—),男,山东菏泽人,硕士研究生,研究方向为矿产普查与勘探;E-mail:dizhishichangying@163.com。

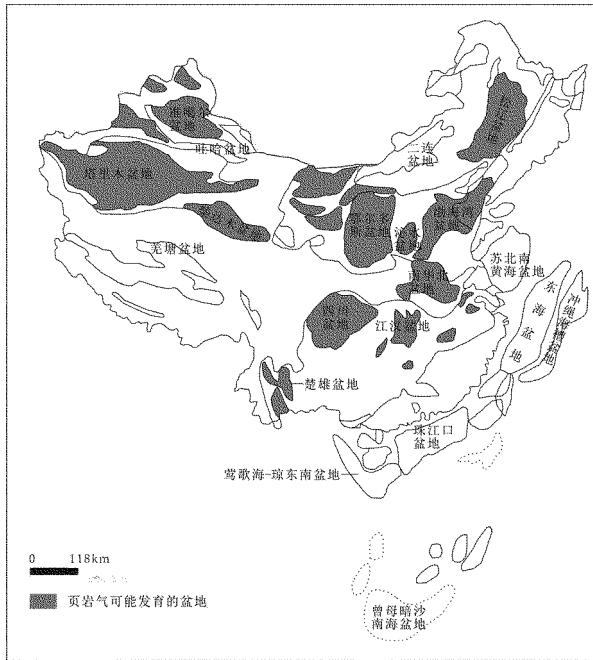


图1 中国页岩气分布预测示意图

## 2 页岩气地质理论

页岩气是从页岩中开采出来的天然气,是一种重要的非常规天然气,主体位于暗色泥页岩、高碳泥页岩中,以吸附和游离状态为主,少量呈溶解状态。往往分布在盆地内厚度较大、分布广的页岩烃源岩地层中,具有开采寿命长和生产周期长的特点。页岩气具有以下地质特征<sup>[2]</sup>:

(1)页岩气包含了天然气存在的几乎所有可能相态,不仅具有煤层气的吸附态和游离态,还可出现部分的溶解态。吸附气吸附在有机质和粘土矿物表面,游离气主要储积在基质空隙和裂缝等空间中。

(2)页岩气中的天然气成因多样性,覆盖了几乎所有可能的有机生气作用机理。

(3)页岩既是烃源岩,也是一种特殊的储集层。页岩气没有或仅有短距离搬运,很少发生二次运移,属“原地成藏”模式。页岩气的赋存方式和赋存空间的特殊性,决定了页岩气藏具有隐蔽性特征和裂缝型圈闭<sup>[3]</sup>。

(4)页岩具有广泛的饱含气性并且页岩储层分布受暗色泥页岩的分布控制,储层面积大、范围广。页岩储层属低孔、低渗储层。

## 3 页岩气富集的影响因素

与常规天然气不同,页岩气具有自生自储的特

点,其富集规律受多种因素的控制。陈更生等认为页岩气的富集主要受页岩厚度、有机碳含量、页岩储层空间(孔隙、裂缝)3大因素的影响。富有机质页岩厚度愈大,有机碳含量愈高,页岩孔隙与裂隙愈发育气藏富集程度愈高<sup>[4]</sup>。聂海宽等认为页岩气的富集程度主要由内部因素控制,主要包括有机质类型和数量、成熟度、裂缝、孔隙度、渗透率<sup>[5]</sup>。范昌育等认为较高的热演化程度,相对较高的孔隙度,较好的保存条件是页岩气藏富集的必要条件<sup>[6]</sup>。科罗拉大学 Curtis 教授认为有机质(TOC)丰度、成熟度( $R_o$ )、厚度、原始含气量、渗透率、孔隙压力、脆度及矿物成分等8个因素控制了页岩气的产能<sup>[7]</sup>。王祥等认为较大的孔隙体积、较高裂缝发育程度、较高的有机质含量、较大的地层压力利于页岩气的富集<sup>[8]</sup>。

综上,我国页岩气的富集程度主要受有机碳含量、成熟度、裂缝的发育程度、地层压力的控制。

### 3.1 有机碳含量

有机碳含量(TOC)是页岩气富集最重要的控制因素之一。它不仅是页岩气的物质基础,为页岩气提供物质来源,含量越高,生烃能力越大,还是页岩吸附气的载体之一。页岩中有机质含量越高,吸附气含量越高。在相同的地质条件下,页岩生烃强度、吸附气含量与有机碳含量呈正相关关系。Ross 等2007年在对加拿大大不列颠东北部侏罗纪 Gordondale 组页岩研究过程中发现,有机碳与甲烷的吸附能力具有一定的关系(图2)<sup>[9]</sup>,我国川南威远地区下古生界两套黑色页岩含气量与有机碳含量也具有良好的正相关性<sup>[10]</sup>(图3)。

### 3.2 成熟度

成熟度之所以是控制页岩气富集的重要因素,是因为:①成熟度控制着气体的流动速度。高成熟度页岩气藏比低成熟度页岩气藏的气体流动速度要高。随着成熟度的增大,气体的产生速度也加快。②较高的成熟度有利于岩石矿物向脆而稳定的矿物转化,如不稳定的长石向正长石、斜长石和石英转化,高岭石向绿泥石转化。高脆性岩石中易于形成自然裂缝和人工诱导缝,有利于形成页岩气的产出通道。

### 3.3 裂缝发育程度

页岩孔隙度和渗透率很低,裂缝的存在有利于

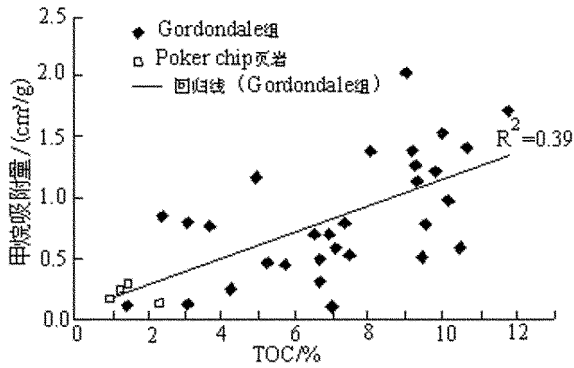


图2 在6MPa压力下的甲烷吸附量与有机碳含量的关系图(Ross等,2007)

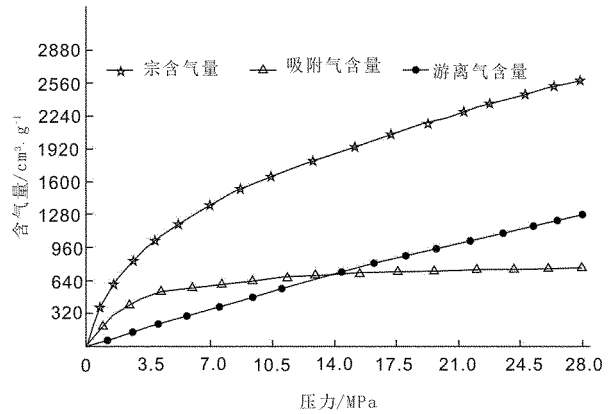


图4 压力与含气量关系

改变泥页岩的渗透能力,有助于页岩气层中游离天

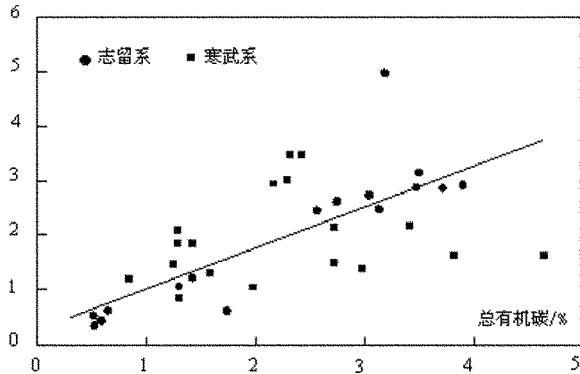


图3 川南威远地区两套页岩 TOC 与含气量关系

然气体积的增加和吸附态天然气的解吸。李新景等认为,页岩气可采储量最终取决于储层内裂缝的组合特征、产状、密度和张开程度<sup>[11]</sup>。阿巴拉契亚盆地产气量高的井都处在裂缝发育带内,而裂缝不发育的井则产量较低或不产气,这说明页岩气的富集程度与裂缝相关。页岩中裂缝的发育程度与有机碳含量和矿物成分有关。有机碳含量愈高,石英含量愈高,页岩脆性愈强,页岩基质中的超微孔隙愈多,页岩气藏丰度愈高。

### 3.4 地层压力

地层压力也是影响页岩气富集的重要因素之一。地层压力与吸附气含量有正相关关系,地层压力越大,页岩的吸附能力就越大,吸附气的含量就越高<sup>[12]</sup>。游离气含量也会随着压力的增加而增加,两者基本上呈线性关系(图4)。

## 4 结论

(1)我国页岩气资源丰富,页岩气的开发对改变我国能源结构意义重大。

(2)我国页岩可分为海相页岩、陆相页岩、海陆过渡相页岩。南方海相黑色页岩较为发育,页岩厚度大、总有机碳含量高、热演化程度高具有与美国相似的地质条件可作为页岩气开采的首选区域。北方由海相逐渐过渡为陆相,由黑色页岩逐渐过渡到黑褐色页岩。尽管北方具有中国特色的页岩气地质条件,页岩厚度、总有机碳含量、热演化程度并不差,故也可作为页岩气勘探的重要区域。

(3)我国页岩气富集程度主要受有机质含量、成熟度、裂缝发育程度、地层压力的控制,有机质含量愈高、成熟度愈高、裂缝愈发育、地层压力愈大,页岩气愈富集。

(4)煤层气和页岩气存在一些共性:都是自生自储、成因类型分为生物成因和热成因并且只发生初次运移及非常有限的二次运移。因此,建议是否可根据煤层气水文地质特征,如水力运移逸散作用和水力封堵控气作用研究页岩气。另外,页岩气的开采需要大量的水,确定页岩气发育区水文地质特征有利于就地取材,选择合适的水作为压裂液节约成本,地下水是否会对页岩产生溶蚀作用使页岩气解吸和扩散从而破坏页岩气藏,也是研究的问题之一。

(5)构造作用对页岩气的形成与开采的影响尚不明确。我国构造运动复杂,构造期次多,作为页岩气的基础研究构造作用显得尤为重要。它不仅可以控制页岩气的形成与聚集,而且研究断层的性质、产状、封闭性也有利于了解裂缝的发育程度,为勘探开采中的压裂技术提供基础资料。

## 参考文献:

[1] 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.
- [2] 张金川,徐波,聂海宽,等. 中国页岩气资源勘探潜力[J]. 天然气工业,2008,28(6):136-140.
- [3] 张增奇,田京祥,张春池,等. 国内外页岩气研究进展及山东页岩气资源潜力[J]. 山东国土资源,2012,28(10):1-6.
- [4] 陈更生,董大忠,王世谦,等. 页岩气藏形成机理与富集规律初探[J]. 天然气工业,2009,29(5):17-21.
- [5] 聂海宽,唐玄,边瑞康. 页岩气成藏控制因素及中国南方页岩气发育有利区预测[J]. 石油学报,2009,30(4):484-491.
- [6] 范昌育,王震亮. 页岩气富集与高产的地质因素和过程[J]. 石油实验地质,2010,32(5):465-469.
- [7] Curtis J B. A Comparison of estimates of ultimately recoverable natural gas in the United States[M]// Colorado School of Mines, Potential Gas Agency. Gas Resource Studies 8. 2001:7-14.
- [8] 王祥,刘玉华,张敏,等. 页岩气形成条件及成藏影响因素研究[J]. 天然气地球科学,2010,21(2):350-356.
- [9] DANIEL J. K. ROSS. Shale gas potential of the Lower Jurassic Gordondale Member, northeastern British Columbia, Canada[J]. Bulletin Of Canadian Petroleum Geology,2007,55(2):51-75.
- [10] 王社教,杨涛,张国生,等. 页岩气主要富集因素与核心区选择及评价[J]. 中国工程科学,2012,14(6):94-100.
- [11] 李新景,胡素云,程克明. 北美裂缝性页岩气勘探开发的启示[J]. 石油勘探与开发,2007,34(4):392-400.
- [12] 聂海宽,包书景,高波,等. 四川盆地及其周缘下古生界页岩气保存条件研究[J]. 地学前缘,2012,19(3):280-294.

## Influence Factors of Shale Gas Resources in Our Country

SHI Changying<sup>1</sup>, WANG Feng<sup>2</sup>, QIN Na<sup>3</sup>, WANG Hui<sup>4</sup>

(1. Shandong University of Science and Technology, Shadnong Qingdao 266590, China; 2. Shandong Institute of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China; 3. Baleng Mine of Jincheng Coal Industry Group, Inner Mongolia Erdos 016215, China; 4. No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** Facing the energy shortage in the world, as a new field, shale gas gets the attention of the countries all over the world. Our country is rich in shale gas resources, many basins and regions has the geological conditions of mass accumulation of shale gas. Thus, the research on shale gas is very important. In this paper, shale gas resource reserves, distribution and facing problems in our country have been introduced, and geological characteristics have been summarized as well. On these basis, influencing factors of shale gas in our country have been studied. It is regarded that the shale gas of our country is mainly affected by the organic carbon content, maturity, degree of development of the crack and formation pressure. Shale gas and coal bed methane natural gas belong to the same unconventional gas. Its chemical speciation, genetic type, enrichment regularity are similar to coal bed methane gas, so a comparative study of shale gas and coal bed methane gas can be carried out.

**Key words:** Shale gas; reserves; distribution; influence factors; tectonism; hydrogeology