

Study on Shale Resources Potential of Xu-jiahe Formation in Central Sichuan Basin

Dongdong Liu^{1,2}, Xiaofei Wang², Dalin Song², Qiang Liang², Dongchao Ren³, Shenyan He²

¹State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan

²Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan

³Shandong Geological Prospecting Institute of China Chemical Geology and Mine Bureau, Jinan Shandong
Email: 591230053@qq.com

Received: May 6th, 2017; accepted: May 24th, 2017; published: May 27th, 2017

Abstract

The upper Triassic Xujiahe Formation in the middle part of the Sichuan basin is characterized by large thickness and wide distribution. It is one of the main source rocks in the three members of the Xujiahe Formation. Combined with the former research results, through the analysis of organic matter abundance, kerogen type and thermal evolution degree of rock geochemical data, the amount of resources of the Xujiahe Formation shale in Sichuan was calculated. The results show that the source rocks of the Xujiahe Formation in Central Sichuan Province are mainly composed of carbonaceous mudstone and black mudstone. The organic matter type is dominated by the mixed material of type II₂ and III, and the evolution stage of organic matter is mainly in the mature to high mature stage. The effective shale thickness of the shale in Xujiahe formation is large and the distribution is relatively stable. the Xujiahe Formation in Central Sichuan, mainly carbon mudstone and black mudstone, mainly organic type II 2-type hybrid matrix of them, in the mature to high mature stage; Xujiahe Formation shale effective thickness, stable distribution. The effective shale gas intensity is $3.0\sim 12.0 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$, and the average resource is about $3.12 \times 10^8\sim 12.48 \times 10^8 \text{ m}^3$.

Keywords

Mudstone, Xujiahe Formation, Hydrocarbon Generating Potential, Resource Quantity

川中地区须家河组泥页岩资源潜力评价

刘冬冬^{1,2}, 王晓飞², 宋达林², 梁强², 任东超³, 何身炎²

¹成都理工大学, “油气藏地质及开发工程”国家重点实验室, 四川 成都

²成都理工大学能源学院, 四川 成都

³中化地质矿山总局山东地质勘查院, 山东 济南

Email: 591230053@qq.com

收稿日期: 2017年5月6日; 录用日期: 2017年5月24日; 发布日期: 2017年5月27日

摘要

四川盆地中部地区上三叠统须家河组泥岩厚度大,分布范围广,是主力烃源层之一。结合前人研究结果,通过有机地球化学的手段对其泥岩的有机质丰度、母质类型、以及热演化程度地球化学数据等进行分析,对川中须家河组泥页岩的资源量进行计算。研究表明,川中地区须家河组,烃源岩岩性以炭质泥岩和黑色泥岩为主,有机质类型以II₂-III型混合母质为主,有机质演化阶段主要处于成熟~高成熟阶段;须家河组泥页岩的有效页岩厚度大,分布相对较稳定。综合各种因素的影响作用,计算出有效页岩生气强度为 $3.0\sim 12.0 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,资源量 $3.12 \times 10^8\sim 12.48 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

关键词

泥岩, 须家河组, 生烃潜力, 资源量

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

川中地区区域上位于四川盆地的中心部位,行政区域上包括绵阳、内江、阆中、南充、遂宁等地。构造上位于川西前陆斜坡和隆起带,主要位于龙泉山和东侧华蓥山两个深断裂之间[1] [2] [3]。湖泊范围较广,以浅湖亚相为主,物源为河流先带入的泥质粉砂为主[4]。须家河组一共分为六段,从上而下为须一~须六,其中须家河组一段、三段、五段是主要的烃源岩,岩性以黑色页岩和泥岩为主,其中二、四、六段主要是以厚层砂岩为主,主要是作为储层。前人研究主要是对储集层中的油气含量进行计算,须家河组一段,三段,五段,泥页岩厚度大,分布广,在川南,川西皆有页岩气显示,那么在川中地区,在油气生成运移过程中必然有剩余,笔者通过对其泥页岩资源量进行计算,以期对于川中油气田的开发利用做出贡献。

2. 泥页岩的展布

本次研究通过对须家河组须一,须三,须五段分层段暗色泥岩,炭质泥岩厚度的统计得知,各个层段的暗色泥岩发育不均匀,其中在金华镇、蓬莱镇构造区带较发育,厚度相对也比较大,厚度最低有35 m,其中须五段最为发育,可达200 m以上。须五段的暗色泥岩最发育,厚度为5.5~300.0 m,平均厚度为94.5 m;须三段暗色泥岩厚度为85.2~115.0 m之间,平均厚度为42.4 m,须一段暗色泥岩发育较差,平均厚度不到25 m。

川中地区须家河组暗色泥岩的总厚度在合川、广安和营山构造的东部相对较薄[5],在130~150 m之间,在遂南、安岳和乐至一带其次,厚度在150~170 m之间,川中其余大部分地区须家河组暗色泥岩的总厚度在190~250 m之间,在金华镇构造以东和简阳一带达到300 m以上。暗色泥岩在须家河组的其它层段发育相对较差,厚度较薄,其中须一段暗色泥岩的厚度均在25 m以下。川中地区须家河组碳质泥主要分布在西充—南充—广安以北,厚度可达30 m左右,其次是蓬莱镇和遂南地区,厚度在20~25 m之间,川中其余大部分地区厚度分布在5~15 m之间。

3. 有机地化特征

3.1. 有机质丰度

泥页岩的有机质丰度通常是指有机质在烃源岩中所占的比例,通过烃源岩中残余的有机碳含量、以

及总烃和有机碳硫等的指标来探讨分析烃源岩及泥页岩的有机质丰度,在实验分析过程中氯仿沥青 A 和总烃在实验过程中遭受的损失可能性较大,须家河组烃源岩岩性为黑色、暗色泥页岩,热演化程度相对较高,已经处于高-过成熟阶段,因此综合考虑到各种因素采用对须家河组样品有机碳含量的测定分析来确定川中地区须家河组暗色泥页岩的有机质丰度,通过对 16 口井的测定分析可知,我们可以得知川中须家河组暗色泥页岩残余有机碳含量总体上都大于 0.4%,大多数处于 0.7%~1.2%之间,而相对于炭质泥岩而言它的残余有机碳含量则相对较高,最高达到 12% (表 1)。

3.2. 有机质类型

有机质的类型可以通过干酪根显微组分以及碳同位素来反映。通过对其干酪根显微组分的分析可知其各个组分,可以计算出类型指数,可以直观的干酪根的类型。碳同位素在有机质演化过程中,发生的变化很小,因此干酪根的碳同位素可以很好的,反应出碳同位素的类型以及性质特征,因此在进行有机质类型判别过程中可以通过碳同位素进行判别。通过镜下对有机质的显微组分进行观察和分析能够有效地确定有机质的类型[6],通过对其须家河组的泥页岩显微组分观察可知无定形组含量较高,占 60%以上,壳质组含量为 1%~8%,而镜质组、惰质组的含量相对来说不稳定差距较大,这些都体现出有机质类型为 II 和 III 型;同时对其泥质烃源岩干酪根碳同位素分析可知,其同位素含量大都大于-27.1‰,进一步表明研究区域烃源岩的干酪根类型以 II₂-III 型混合型为主(图 1)。结合以上可以得出,川中地区上三叠统须家河组须一、三、五段烃源岩的母质来源主要为陆生高等植物,其沉积相是湖泊、沼泽相沉积为主。

3.3. 有机质成熟度

有机质的镜质体反射率可以很好的反应有机质的热演化程度,镜质体是一组富氧的显微组分,它是由同泥炭成因有关的腐殖质组成,具有镜煤的特征,镜质体反射率被认为是目前研究干酪根热演化和成熟度的最佳参数之一[7]。通过对川中地区须家河组干酪根样品的镜质体反射率实验数据统计结果可得,阆中-三合一带,营山-南充一带镜质体反射率均大于 1.2%,综合考虑川中各个地区的镜质体反射率可知干

Table 1. Residual organic carbon in source rocks of Xujiahe Formation in Central Sichuan Basin

表 1. 川中地区须家河组烃源岩残余有机碳含量

井号	层位	井深 (m)	岩性	有机碳 (%)	井号	层位	井深 (m)	岩性	有机碳 (%)
角 41-0 井	T ₃ X ⁴	2721.5	灰黑色页岩	1.00	西 13-1	T ₃ X ³		煤	63.38
角 41-0	T ₃ X ³		炭质泥岩	12.38	西 13-1	T ₃ X ⁵		煤	72.27
磨 8 井	T ₃ X ²	2325.44	泥岩	1.02	遂 52 井	T ₃ X ⁶	1742.04	黑色页岩	0.81
磨 8 井	T ₃ X ²	2228.36	泥岩	1.10	潼 1 井	T ₃ X ²	2209.2	泥岩	0.59
磨 68 井	T ₃ X ⁵	1905.42	黑色页岩	0.66	潼 1 井	T ₃ X ²	2234.22	泥岩	0.98
磨 68 井	T ₃ X ⁵	1907.09	黑色页岩	0.85	潼 1 井	T ₃ X ²	2260.1	碳质泥岩	5.63
磨 68 井	T ₃ X ³	2018.83	黑色页岩	0.51	营 24	T ₃ X ³		炭质泥岩	13.7
蓬 21 井	T ₃ X ³	2405.16	黑色粉砂质页岩	1.65		T ₃ X ⁵	3001.8	煤层	62.68
蓬 21 井	T ₃ X ³	2412.7	黑色粉砂质页岩	0.77		T ₃ X ⁵	3024.52	灰黑色页岩	0.7
蓬 21 井	T ₃ X ³	2416.97	黑色粉砂质页岩	0.54	金 31 井	T ₃ X ⁵	3086.87	灰黑色页岩	0.73
蓬 21 井	T ₃ X ³⁻²	2421.93	黑色炭质页岩	8.09		T ₃ X ³	3190.1	灰黑色页岩	0.61
蓬 21 井	T ₃ X ¹	2644.85	灰黑色页岩	0.35	秋 1 井	T ₃ X ³	3362	黑色页岩	0.62

酪根镜质体反射 R_o 主要处在 0.7%~1.45% 之间, 均值为 1.12%, 表明有机质的热演化程度处于成熟~高成熟阶段。

4. 生烃强度的计算

生烃强度指的是烃源岩在单位面积上的生烃数量。烃源岩的生气量是评价烃源岩生气能力的综合性指标。评价烃源岩的生烃能力需要对烃源岩的生烃强度进行计算。生烃强度的计算方法主要有三种, 及机碳产烃率法、沥青“ A ”法及化学动力学模型法等。川中地区须家河组泥页岩有机质热演化成熟度比较高, 整体上处于高-过成熟阶段, 可溶有机质的丰度由于在实验分析测试过程中和有机质热演化程度收到的影响比较大, 因此沥青“ A ”法和化学动力学模型法不能够真实的反映泥页岩的生烃能力, 相比较而言烃源岩中的有机碳含量受到的影响较小。因此本文采用机碳产烃率法来计算研究区烃源岩的生气强度。有机碳产烃率法综合了烃源岩的一系列参数, 有烃源岩的面积、厚度、岩石密度、烃源岩残余有机碳含量及有机质的产烃率。计算公式如下:

$$Q_{\text{生}} = S \cdot H \cdot \rho_r \cdot C_{\text{残}} \cdot \frac{D}{1000 - D} \cdot 10^{-1}$$

式中: S —烃源岩面积(km^2);

H —烃源岩厚度(m);

ρ_r —烃源岩的岩石密度(t/m^3);

$C_{\text{残}}$ —烃源岩残余有机碳含量(%);

D —有机质的产烃率($\text{m}^3/\text{t TOC}$);

$Q_{\text{生}}$ —生烃总量(10^8 m^3)。

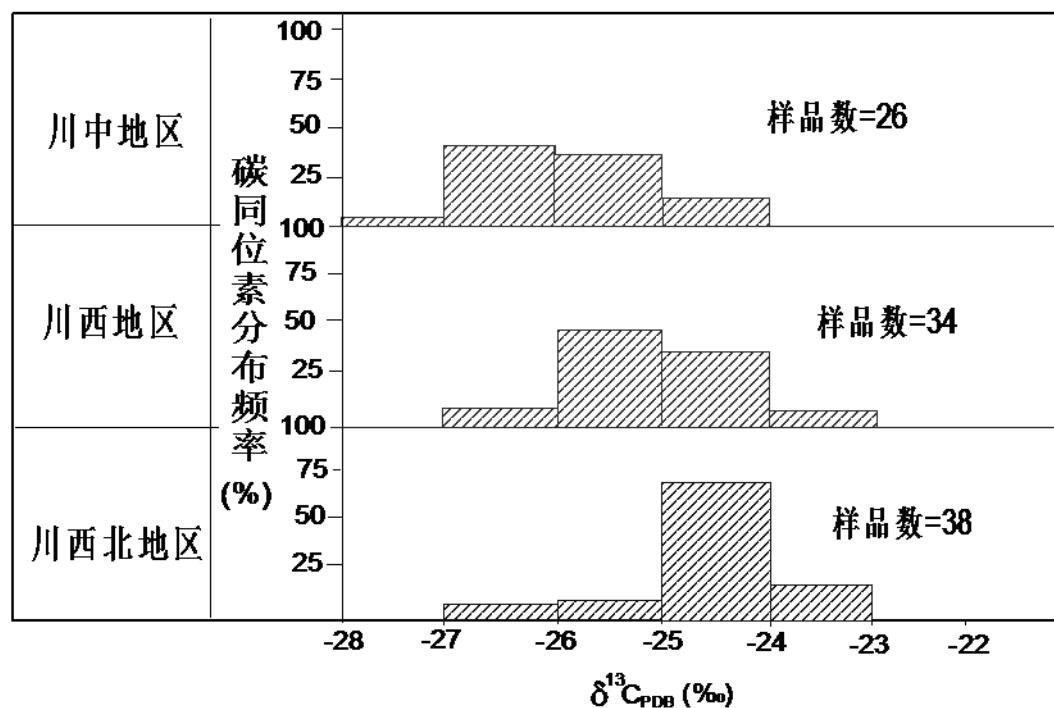


Figure 1. Distribution of carbon isotope of kerogen in Upper Triassic of Sichuan basin (Wang Shiqian, Luo Kai, et al. 1994)

图 1. 四川盆地上三叠统干酪根碳同位素分布图(据王世谦、罗启后等 1994)

在计算有机质生烃强度时指标主要是：烃源岩密度、有机质产烃率、有机碳含量、烃源岩面积。根据相关资料显示，我们所研究的川中地区须家河组泥岩的岩石密度是 $2.5\sim 2.65\text{ t/m}^3$ ，我们取平均值为 2.6 t/m^3 ，碳质泥岩密度取为 2.0 t/m^3 。根据地化分析结果，须家河组碳质泥岩的有机碳含量 $3.8\%\sim 12.38\%$ 之间，我们取平均值 5.5% 。川中地区须家河组暗色泥岩的有机碳含量分析数据相对较多，我们取值 0.85% (图 2)。有机质产烃率是我们进行计算生烃量时的关键性参数，而产烃率的大小主要取决于我们烃源岩的母质类型以及有机质的成熟度，目前我们对于油气产烃率的认识已基本达到统一。结合川中须家河组有机质的类型，我们采用 1988 年杨天宇等人对四川合硐褐煤模拟实验的结果，建立模型。我们在计算的时候通过将镜质体反射率投点到模板上然后得到有机质产烃率，从而进行生烃强度的计算。

通过计算我们可以知道，川中地区须家河组碳质泥岩的累积生烃强度在 $0.5\sim 5.5 \times 10^8\text{ m}^3/\text{km}^2$ 之间，主要分布在南充和潼南一带。川中地区须家河组暗色泥岩的总生烃强度在 $4.0\sim 8.0 \times 10^8\text{ m}^3/\text{km}^2$ 之间，须家河组暗色泥岩总生烃能力相对较高的地区主要分布在南充、阆中-三合一带。通过对川中地区须家河组暗色泥

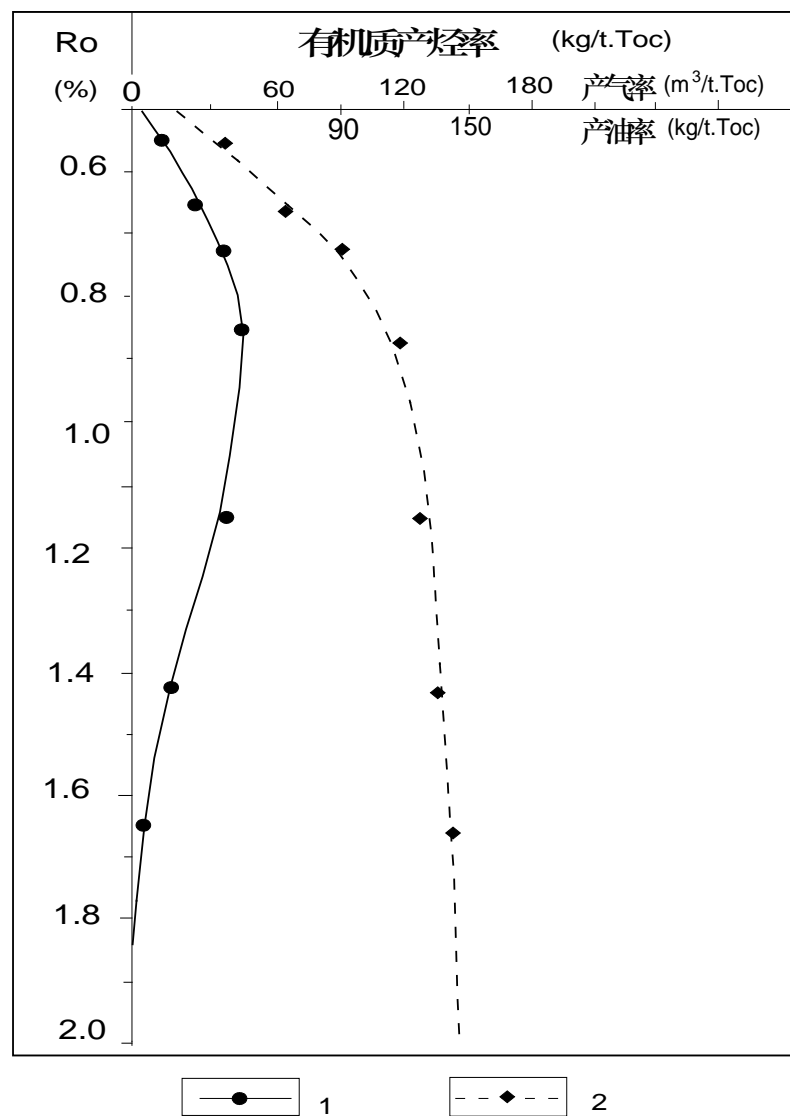


Figure 2. Curve of cumulative hydrocarbon generation rate of organic matter in Xujiahe Formation

图 2. 须家河组有机质的累计产烃率曲线图版

岩、碳质泥岩各自的生烃强度进行计算分析，我们可以知道暗色泥岩的生烃强度相对较大，而碳质泥岩的生烃强度则偏低，总生烃强度为 $3.0\sim 12.0 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ，主要分布在营山-南充一带和阆中-三合一带(图 3)。

5. 资源量的计算

在已知目标层位面积和生气强度的前提下计算生气量时，泥页岩的排烃系数对其资源量的计算相当重要，泥页岩的排烃能力受多种因素的影响，除有机质丰度、类型、热演化程度等内部因素外，生储组合类型，即砂泥比、泥页岩单层厚度等都是影响泥页岩排烃能力的重要外部因素[8] [9]，根据前任研究资料确定须家河组泥页岩排烃率为 60%。页岩资源量计算公式如下：

$$Q = Q_{\text{气}} \times S \times (1 - V)$$

式中：Q—生烃总量(10^8 m^3)；

V—排烃率(%)；

S—面积(km^2)。

通过公式带入相应的参数进行计算，根据前任研究资料确定须家河组泥页岩排烃率为 60% [9]，生烃强度我们采用上面计算得到的结果，进行面积计算时我们采用网格图法将研究区域面积投影到网格图上，然后我们根据其比例尺计算出面积为 $2.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，然后我们根据其各种参数，计算可得资源量为 $3.12 \times 10^8 \sim 12.48 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

6. 结论

- 1) 川中须家河组泥页岩类型 II₂-III 型混合母质为主，处于成熟~高成熟阶段。

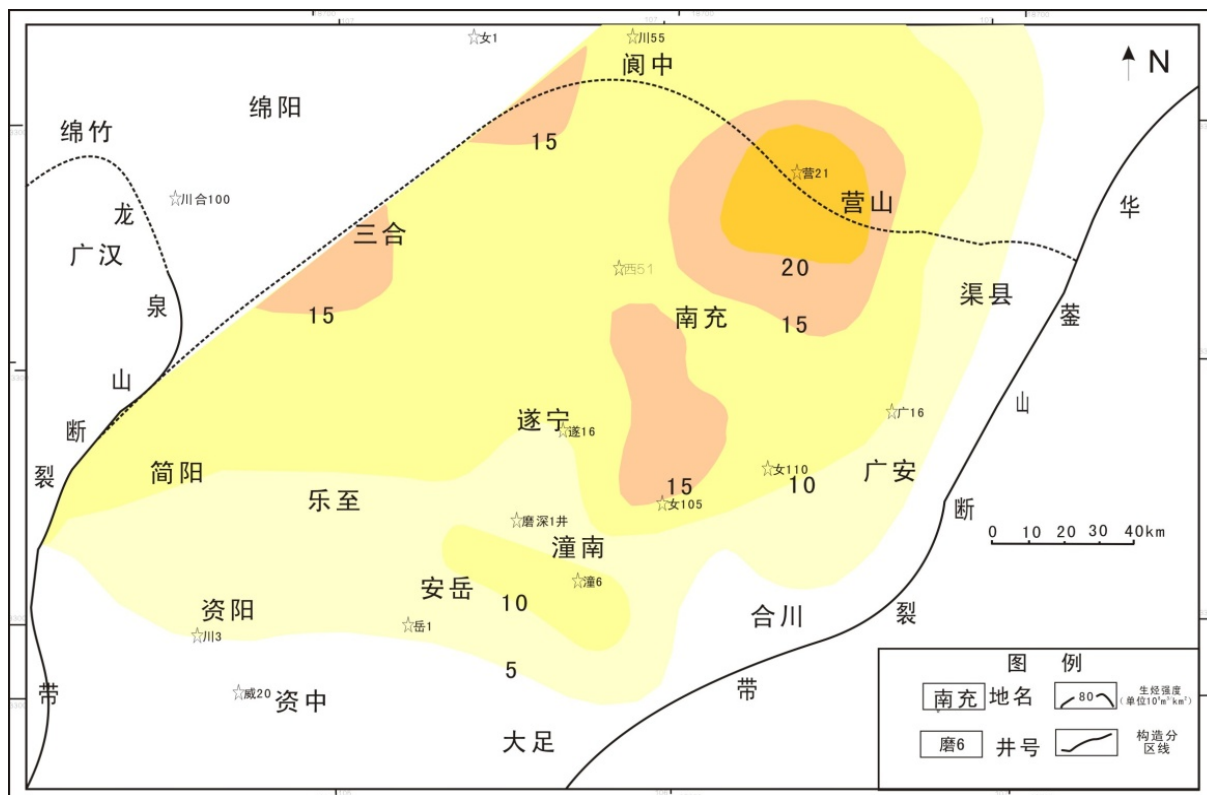


Figure 3. Distribution of hydrocarbon generation intensity of Upper Triassic Xujiache Formation in Sichuan Basin

图 3. 川中地区上三叠统须家河组总生烃强度分布图

2) 川中须家河组的暗色泥岩相对炭质泥岩, 厚度大, 分布范围广, 生烃强度大。

3) 须家河组页岩有效页岩厚度大, 分布稳定, 有效泥页岩生气强度 $3.0\sim 12.0 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 资源量平均约为 $3.12 \times 10^8\sim 12.48 \times 10^8 \text{ m}^3$, 表明川中地区上三叠统须家河组泥页岩中天然气相对较丰富。

基金项目

该论文由渝东区块石炭系成藏条件研究(XNS02JS2016-0091)资助。

参考文献 (References)

- [1] 陈义才, 蒋裕强, 郭贵安, 杨金利. 川中地区上三叠统香溪群烃源岩热演化史模拟[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(2): 57-60.
- [2] 唐跃, 王靓靓, 崔泽宏. 川中地区上三叠统须家河组气源分析[J]. 地质通报, 2011, 30(10): 1608-1613.
- [3] 赵文智, 王红军, 徐春春, 等. 川中地区须家河组天然气藏大范围成藏机理与富集条件[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(2): 146-157.
- [4] 王昱翔. 川中地区须家河组气藏类型、分布及富集规律[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2013.
- [5] 谢继容, 张健, 李国辉, 唐大海, 彭军. 四川盆地须家河组气藏成藏特点及勘探前景[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2008, 30(6): 40-44.
- [6] 王世谦. 四川盆地侏罗系—震旦系天然气的地球化学特征[J]. 天然气工业, 1994, 14(6): 1-5.
- [7] 赵文智, 王红军, 徐春春, 等. 川中地区须家河组天然气藏大范围成藏机理与富集条件[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(2): 146-157.
- [8] 胡润, 陈义才, 郑海桥, 童小俊, 任东超, 孙超亚. 涪陵-重庆地区龙马溪组页岩地化特征及页岩气资源潜力评价[J]. 石油地质与工程, 2015, 29(5): 33-37.
- [9] 周道容, 李延钧, 陈义才, 张本健, 贾学成, 刘林. 川西南部地区须家河组页岩气资源潜力研究[J]. 长江大学学报(自科版), 2013, 10(10): 43-45.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojs@hanspub.org