

Study on Source Rock Characteristics of Majiagou Formation in Eastern Ordos Basin

Dalin Song¹, Qiang Liang¹, Lei Wang¹, Dongdong Liu², Huizhong Zhu³

¹Energy Institute, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan

²Henan Engineering Hydrogeological Exploration Institute Co., Ltd., Zhengzhou Henan

³Henan Zhonghui Power Engineering Consulting Co., Ltd., Zhengzhou Henan

Email: 1035816809@qq.com

Received: Jun 21st, 2018; accepted: Jul. 4th, 2018; published: Jul. 11th, 2018

Abstract

This paper focuses on the Majiagou Formation in the eastern Ordos Basin as a research object. It integrates data from field outcrops, core observations, drilling, well logging and so on, and combines the principles and methods of organic geochemistry and sedimentology to study on source rock characteristics of the Majiagou Formation in the eastern basin. The results show that the source rock types in the study area are mainly carbonate source rocks. The lithologies are mainly dark gray mudstones and dark gray mudstone dolomites, with a thickness of 50 - 100 m. After analysis, the organic carbon content of the source rock is generally between 0.2% and 0.4%, the organic matter richness is moderate, and the organic matter type is mainly I - II₁, with a small amount of type II₂, and the maturity is generally high-over mature stage. Its hydrocarbon generation intensity is generally around $5.0 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$. On the whole, the hydrocarbon generation capacity of source rock in the study area is low and poor.

Keywords

Majiagou Formation, Source Rock, Carbonate, Organic Matter, Hydrocarbon Generation Capacity

鄂尔多斯盆地东部马家沟组烃源岩特征研究

宋达林¹, 梁强¹, 王雷¹, 刘冬冬², 朱辉忠³

¹成都理工大学, 能源学院, 四川 成都

²河南工程水文地质勘察院有限公司, 河南 郑州

³河南省众慧电力工程咨询有限责任公司, 河南 郑州

Email: 1035816809@qq.com

收稿日期: 2018年6月21日; 录用日期: 2018年7月4日; 发布日期: 2018年7月11日

摘要

本文主要以鄂尔多斯盆地东部马家沟组为研究对象,综合野外露头、岩芯观察、钻井、测井等资料,结合有机地球化学、沉积学等学科的原理及方法,对盆地东部马家沟组烃源岩特征进行研究。结果表明,研究区烃源岩类型主要以碳酸盐岩烃源岩为主,岩性主要为深灰色泥晶灰岩及深灰色泥晶白云岩,厚度一般在50~100 m。经分析得,烃源岩有机碳含量总体在0.2%~0.4%之间,有机质丰富度为中等,有机质类型以I~II₁型为主,含有少量II₂型,成熟度总体处于高-过成熟阶段,生烃强度一般为 5.0×10^8 m³/km²左右。综合来看,研究区烃源岩生烃能力偏差。

关键词

马家沟组, 烃源岩, 碳酸, 盐岩, 有机质生烃能力

Copyright © 2018 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. 前言

鄂尔多斯盆地发育于鄂尔多斯台地之上,为我国中西部台地型构造沉积盆地[1]。盆地中有两套烃源岩的存在,一套为上古生界烃源岩,另一套为马家沟组烃源岩。其中马家沟组主要以碳酸盐岩烃源岩为主,具有良好的勘探前景。前人对马家沟组成藏条件进行的主要研究包括:1) 沉积特征:在纵向上形成了6个明显的岩性段,即马一段-马六段。盆地东部主要发育马一-马五,其中马一段、马三段、马五段为咸化潟湖沉积,马二段、马四段和马六段主要是开阔海台地沉积[2]。2) 烃源岩特征:盆地中东部马一段、马三段及马五段为海退旋回的膏盐洼地,为主要的海相烃源岩层[3] [4] [5]。3) 储层特征:盆地地下古生界沉积平均厚度在1000~2000 m之间,马家沟组碳酸盐岩为主要的含气层位[6]。储层类型主要为孔洞型、裂缝型、裂缝-孔洞型等类型[7]。4) 成藏组合特征:马家沟组成藏组合模式主要分为2种类型:上生下储气藏成藏组合模式和自生自储气藏成藏组合模式。

前人对鄂尔多斯盆地油气勘探已有很多研究,但对马家沟组烃源岩研究还有不足。本文主要针对鄂尔多斯盆地东部马家沟组马三段和马五段烃源岩特征进行研究。主要从烃源岩分布、有机质丰富度、有机质类型和有机质成熟度等方面进行研究,综合对研究区烃源岩生烃能力进行评价,为鄂尔多斯盆地油气勘探提供理论支持。

2. 区域地质概况

鄂尔多斯盆地地处我国中西部地区,北部跨伊盟隆起与河套地堑为邻,南部跨越渭北挠褶带与渭河盆地相望,东部接晋西挠褶带与吕梁隆起呼应,西部经逆掩冲断构造带与六盘山、贺兰山对峙[8]。盆地最初是在地台之上发育起来的,原是华北隆台的一部分,在早古生代时期,由于地幔的上拱,秦岭-祁连海槽被拉开,中国古陆开始解体分裂成三个地台:扬子地台、华北隆台以及塔里木隆台[9] [10]。其中华北隆台白垩纪时期从东部的山西地区开始隆起,使鄂尔多斯地台与华北隆台产生分离,由此形成了独立的盆地。研究区位于鄂尔多斯盆地的中东部地区,处于中央古隆起的东侧,区域构造上主体位于伊陕斜坡。

奥陶纪马家沟期的古构造格局为“三隆两鞍三坳陷”[11]。鄂尔多斯盆地马家沟期主要存在三个古隆起,分别为中央古隆起、三门峡古隆起和伊盟古隆起。其中中央古隆起的存在控制了奥陶系的构造-沉积格局,西侧主要为台缘斜坡沉积,东侧往东发育含膏云坪、膏云坪沉积。盆地东侧马家沟组由于马家沟期发育的3次大的海进-海退,造成马家沟组具有旋回性的沉积特征,主要发育了碳酸盐岩与蒸发岩的互层沉积。

3. 马家沟组烃源岩生烃能力分析

3.1. 马家沟组烃源岩分布

奥陶系马家沟组以局限-开阔台地、膏云洼地和盆缘斜坡沉积环境为主[9][11]。烃源岩岩性主要为碳酸盐岩,其次为泥质烃源岩。碳酸盐岩以深灰色泥质灰岩、泥晶云灰岩、膏质云岩为主。泥质烃源岩主要分布于盆地西缘北部和古隆起东侧南缘。除中央古隆起和伊盟隆起使马家沟组上部地层遭受风化剥蚀影响外[12],总体上看,有效烃源岩主要分布在膏云洼地以及盆缘斜坡相区,开阔台地有机质丰度较低,属于差-非烃源岩。

从烃源岩厚度来看,泥质烃源岩在西缘北部厚度为30~40 m,东侧南缘厚度呈薄层,在1~5 m,部分地区可达15 m。碳酸盐岩烃源岩主要分布于盆地古隆起的东侧及盆地西缘、南缘。烃源岩厚度较大,一般在50~100 m之间,局部可达到100~200 m,其中马三段烃源岩大部分厚度为40~60 m,马五段大部分厚度为30~40 m(图1)。

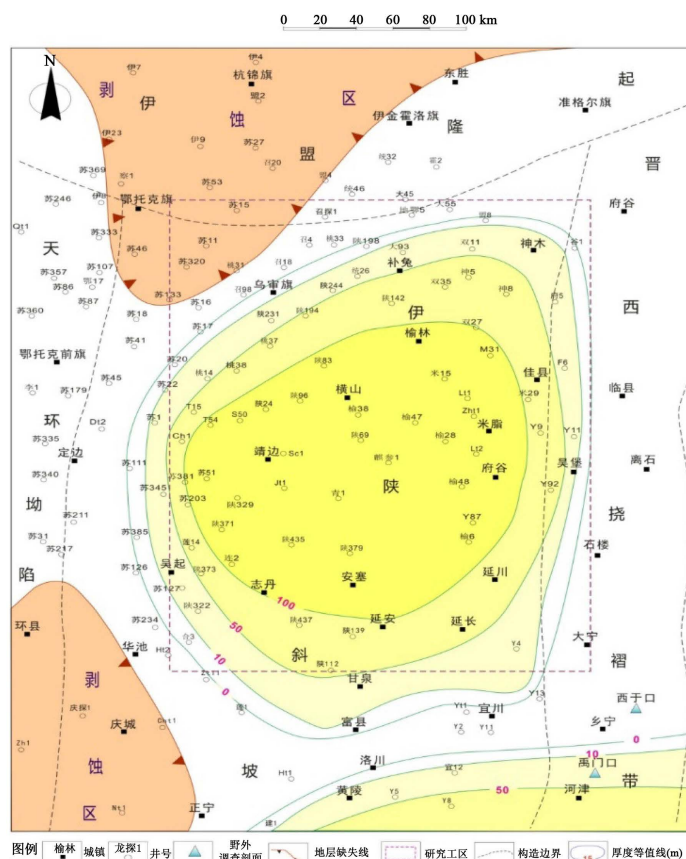


Figure 1. Distribution of source rock thickness of carbonate rocks in Majiagou formation
图1. 马家沟组碳酸盐岩烃源岩厚度分布图

3.2. 马家沟组烃源岩生烃因子有机质分析

3.2.1. 有机质丰度

鄂尔多斯盆地奥陶系烃源岩主要为下奥陶统马家沟组马三段和马五段碳酸盐岩烃源岩。其中马五段烃源岩在盆地东部地区有机碳含量相对较高(图 2)。在靖边-乌审旗地区和榆林-横山-府谷一带达到 0.4%。到米脂、佳县一带有机碳含量达到 0.45%。盆地其余地方有机碳含量基本为 0.3%~0.35%。马三段烃源岩有机碳含量相对马五段有所下降(图 3)，在榆林-横山-靖边-安塞-延长一带有机碳含量约为 0.35%，再往东有机碳含量可达到 0.35%以上，但大部分地区还是在 0.25%~0.3%之间。

总体来看，研究区烃源岩有机质丰富度相对较高地区主要分布在马三段和马五段，有机碳含量在 0.2%~0.45%之间，根据有机质丰富度评价标准，研究区烃源岩为中等烃源岩。

3.2.2. 有机质类型

鄂尔多斯盆地马家沟组烃源岩热演化程度较高，用干酪根显微组分分析较为合理。对马家沟组 130 个灰岩和白云岩样品进行干酪根显微组分分析。其中马三段和马五段以无定形组分为主，分别占 86.9% 和 95.2%。有机质母质属于腐泥型和混合型。从氯仿沥青“A”的组成上看，饱和烃含量较高，在 30%~50% 之间；沥青质相对较低，在 3%~10% 之间。其中 I 型干酪根占 48.8%，II₁ 型干酪根占 34.4%，II₂ 型干酪根占 12.8%，III 型干酪根占 4% (图 4)。

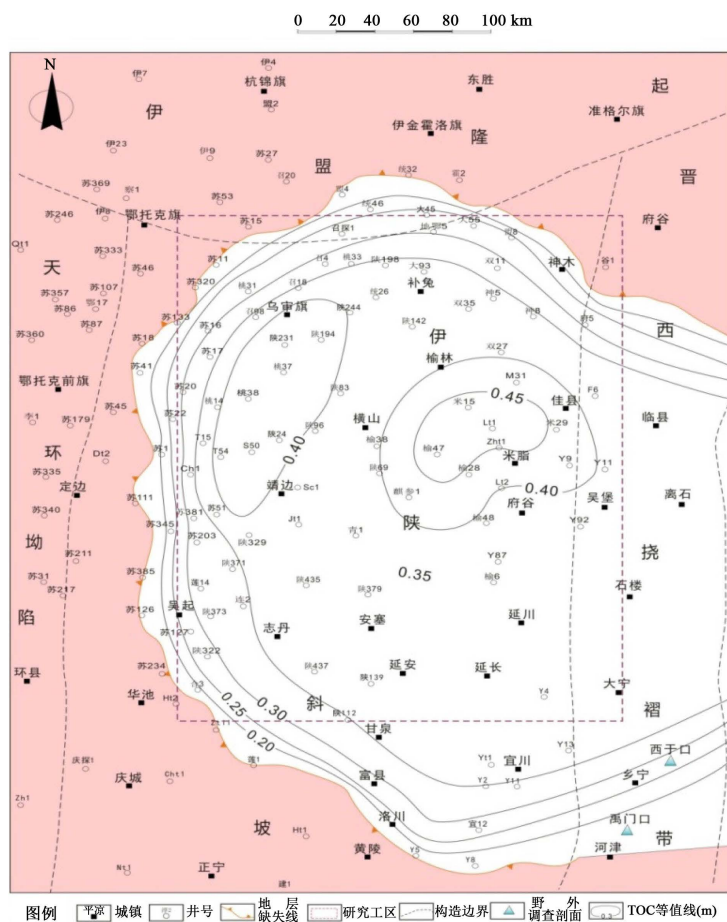


Figure 2. TOC distribution map of source rock of Ma 5 member
图 2. 马五段烃源岩 TOC 分布图

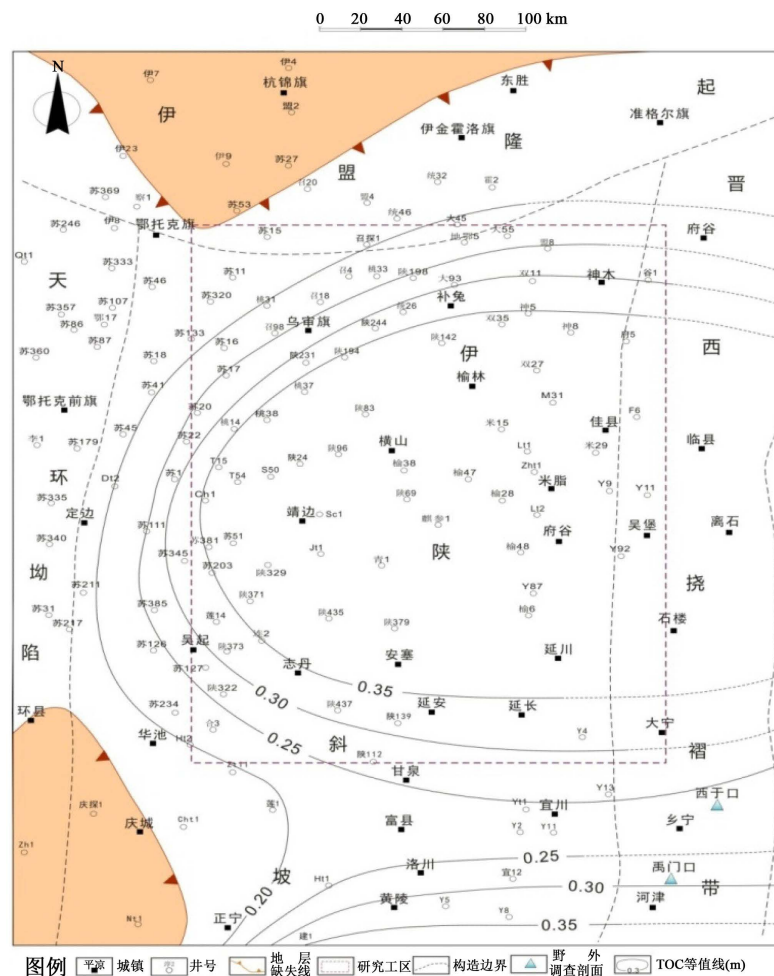


Figure 3. TOC distribution map of source rock in Ma 3 member
图 3. 马三段烃源岩 TOC 分布图

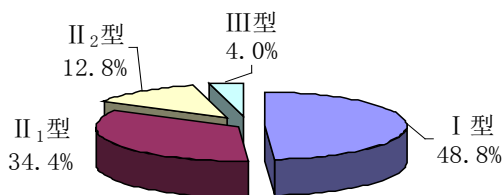


Figure 4. Graph of kerogen examination of Majiagou formation
图 4. 马家沟组干酪根镜检类型统计图

对热演化程度较高的烃源岩来说，碳同位素是划分有机质类型的一个十分有效的方法[13]。对 40 个烃源岩干酪根样品进行稳定碳同位素测试分析，稳定碳同位素平均值为-28.98‰ (PDB)，94%的样品为 I 型和 II₁ 型，II₂ 型占到 4%，III 型仅占 2%。

综合表明，马家沟组烃源岩有机质类型为 I~II₁ 型，含有少量 II₂ 型。

3.2.3. 有机质成熟度

有机质成熟度在烃源岩特征分析中十分重要，也是生烃能力研究、生烃量分析关键指标，最普遍的指标为镜质体反射率[14]。对 51 个干酪根样品镜质体反射率实验进行分析，大部分 Ro 在 2.0%~3.0%之

间。约有 86% 的样品反射率大于 2.0%，属于过成熟阶段，其中过成熟晚期的样品占 45%。盆地东部和南部成熟度较高，在横山、榆林、佳县一带 R_o 一般在 2.5%~3.0% 之间。与东部和南部相比，盆地西部和北部的成熟度相对较低，在神木、乌审旗、定边一带 R_o 多数在 2.0%~2.5% 之间。总体分析，马家沟组烃源岩热演化程度较高，处于高-过成熟阶段。

3.3. 烃源岩生烃能力评价

研究区马家沟组烃源岩主要以碳酸盐岩为主，泥质烃源岩次之。有机质类型主要为 I~II₁ 型，含有少量 II₂ 型，有机质丰度为中等烃源岩，成熟度处于高-过成熟阶段。在烃源岩厚度方面由于鄂尔多斯盆地东部马家沟组上部中央古隆起和伊盟隆起遭受风化剥蚀的影响，没有烃源岩沉积层，有效烃源岩主要分布在东部的膏云洼地以及西缘和南缘盆缘斜坡相区。开阔台地相区的烃源岩有机质丰度较低，属于差-非烃源岩，生烃能力较低。马家沟组碳酸盐岩烃源岩有机质丰度虽然也相对较低，但是厚度相对泥质烃源岩较大，其生烃能力大于泥质烃源岩生烃能力。

对马家沟组烃源岩生烃能力进行统计，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(km²)；

H ——烃源岩厚度(m)；

ρ_r ——烃源岩的岩石密度(t/m³)；

$C_{\text{残}}$ ——烃源岩残余有机碳含量(%)；

D ——有机质的产烃率(m³/t TOC)；

$Q_{\text{生}}$ ——生烃总量(10⁸ m³)。

研究发现马家沟组烃源岩生烃能力强度高的区域主要分布在古隆起东侧的中部，生烃强度一般为 $5.0 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 左右。在靖边-榆林-延川一带达到 $7.5 \sim 10.0 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。盆地东部马五段烃源岩在靖边-乌审旗一带和佳县-米脂-府谷一带生烃强度达到 $3.5 \sim 4.5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ，其余地方一般为 $2.5 \sim 3.5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ，盆地东部马三段烃源岩在榆林-横山-靖边-安塞一带生烃强度较高，达到 $4.5 \sim 5.5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ (图 5)。按照综合评价标准表 1，马家沟组烃源岩生烃能力总体上为低偏差。盆地东部马五段和马三段烃源岩厚度较薄、有机质丰度较低，总体为中等偏差烃源岩为主。

4. 结论

1) 马家沟组烃源岩主要分布在马三段和马五段，以碳酸盐岩烃源岩为主，岩性以深灰色泥质灰岩、泥晶云灰岩、膏质云岩为主，主要分布于古隆起东侧和盆地西缘、南缘，在靖边、榆林、延川一带烃源岩厚度在 50 m 以上。

Table 1. Evaluation criteria for hydrocarbon generation capacity of lower paleozoic source rocks in Ordos
表 1. 鄂尔多斯下古生界烃源岩生烃能力评价标准

指标级别		低	中	高
有机质类型		II ₂	II ₁	I
有机碳含量 (%)	灰岩	0.25~0.50	0.50~1.0	大于 1.0
	泥岩	0.5~1.0	1.0~2.0	大于 2.0
生气强度 (×10 ⁸ m ³ /km ²)	纵向排烃系统	20~50	50~100	大于 50
	横向排烃系统	5~10	10~20	大于 20

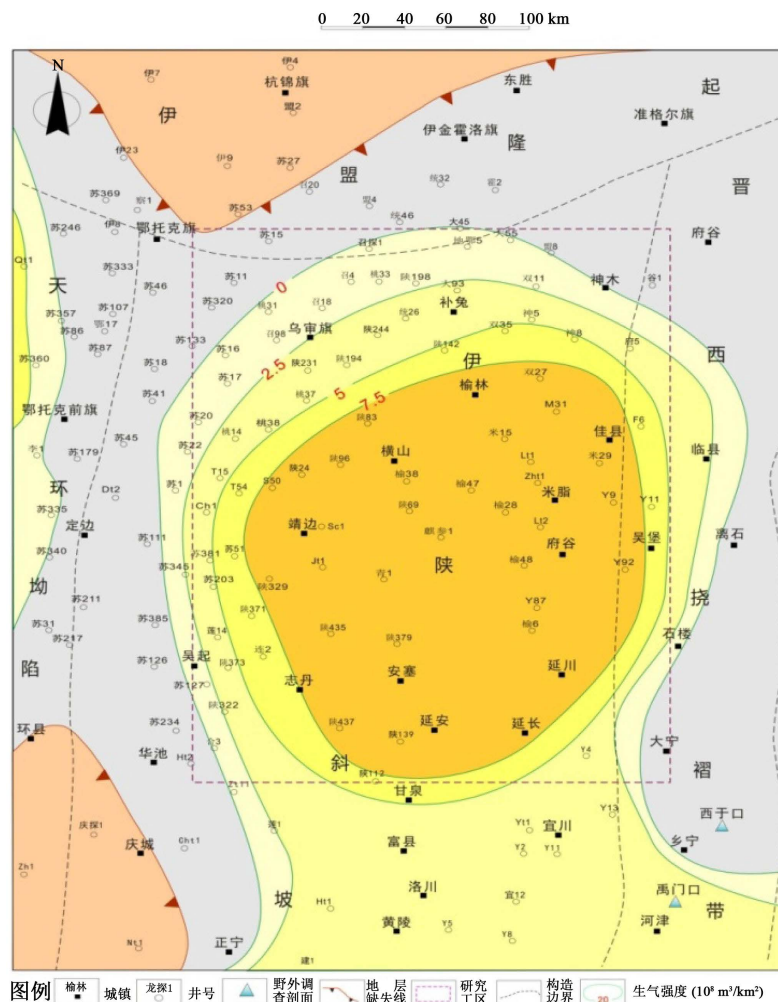


Figure 5. Distribution of hydrocarbon generation intensity of source rocks in Majiagou formation
图 5. 马家沟组烃源岩生烃强度分布图

2) 马家沟组烃源岩有机碳含量较低, 大部分处于 0.2%~0.4% 之间, 为中等烃源岩。组分以无定形为主, 有机质的母质类型为腐泥型和混合型, 有机质类型以 I-II₁ 型为主, II₂ 型为辅。有机质镜质体反射率处于 2.5%~3.0% 之间, 热演化程度较高, 总体处于高-过成熟阶段。

3) 马家沟组烃源岩生烃强度在靖边、榆林一带可达到 $7.5\sim 10.0 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$, 大部分区域生烃强度在 $5.0 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 左右。按综合评价标准, 马家沟组烃源岩生烃强度为低偏差。

参考文献

- [1] 曹跃, 银晓, 赵谦平, 等. 鄂尔多斯盆地南部延长探区上古生界烃源岩特征与勘探方向[J]. 中国石油勘探, 2015, 20(3): 13-21.
- [2] 姚泾利, 包洪平, 任军峰, 等. 鄂尔多斯盆地奥陶系盐下天然气勘探[J]. 中国石油勘探, 2015, 20(3): 1-12.
- [3] 王禹诺, 任军峰, 杨文敬, 等. 鄂尔多斯盆地中东部奥陶系马家沟组天然气成藏特征及勘探潜力[J]. 海相油气地质, 2015, 20(4): 29-37.
- [4] 何海清, 李建忠. 中国石油“十一五”以来油气勘探成果、地质新认识与技术进展[J]. 中国石油勘探, 2014, 95(6): 1-13.
- [5] 朱创业, 张寿庭. 鄂尔多斯盆地马家沟组碳酸盐岩有机质特征及烃源岩研究[J]. 成都理工学院学报, 1999, 26(3):

10-13.

- [6] 吴东旭, 吴兴宁, 曹荣荣, 等. 鄂尔多斯盆地奥陶系古隆起东侧马家沟组中组合储层特征及成藏演化[J]. 海相油气地质, 2014, 19(4): 38-44.
- [7] 付金华, 白海峰, 孙六一, 等. 鄂尔多斯盆地奥陶系碳酸盐岩储集体类型及特征[J]. 石油学报, 2012, 33(S2): 110-117.
- [8] 杨辰雨. 鄂尔多斯盆地城川-周家湾地区三叠系延长组长 6-长 8 沉积演化研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2011.
- [9] 刘池洋, 赵红格, 王锋, 等. 鄂尔多斯盆地西缘(部)中生代构造属性[J]. 地质学报, 2005, 79(6): 737-747.
- [10] 赵重远, 周立发. 成盆期后改造与中国含油气盆地地质特征[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(1): 7-10.
- [11] 侯方浩, 方少仙, 赵敬松, 等. 鄂尔多斯盆地中奥陶统马家沟组沉积环境模式[J]. 海相油气地质, 2002, 7(1): 38-46.
- [12] 李延均, 陈义才, 杨远聪, 等. 鄂尔多斯下古生界碳酸盐岩烃源岩评价与成烃特征[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(4): 349-353.
- [13] 时保宏, 刘亚楠, 武春英, 等. 鄂尔多斯盆地古隆起东侧奥陶系马家沟组中组合成藏地质条件[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(5): 610-618.
- [14] 张水昌, 梁狄刚, 张大江. 关于古生界烃源岩有机质丰度的评价标准[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(2): 8-12.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2330-1724, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>期刊邮箱: ojs@hanspub.org