

文章编号: 1001-6112(2010)02-0192-04

四川盆地川西坳陷中段上三叠统烃源岩评价

王东燕, 曾华盛, 王津义

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要:地球化学分析结果表明, 川西坳陷中段上三叠统以泥质烃源岩为主, 有机质丰度较高, 多处于成熟—过成熟演化阶段, 具备良好的生烃能力。研究表明排烃强度可以最终体现烃源岩的质量, 文中以排烃强度为基础将研究区分为 3 类: 一类烃源区位于什邡、彭州、温江、大邑和都江堰地区, 面积约为 5 412 km², 烃源岩厚度约为 1 000~1 650 m, 排烃强度约为 (100~270) × 10⁸ m³/km²; 二类烃源区位于绵阳、绵竹、中江和成都地区, 面积约为 6 281 km², 烃源岩厚度约为 700~1 500 m, 排烃强度约为 (50~100) × 10⁸ m³/km²; 三类烃源区位于安县、丰谷和龙泉驿地区, 面积约为 4 895 km², 烃源岩厚度约为 400~700 m, 排烃强度约为 (10~50) × 10⁸ m³/km²。

关键词:排烃强度; 地球化学特征; 烃源岩; 上三叠统; 川西坳陷; 四川盆地

中图分类号: TE122.115

文献标识码: A

EVALUATION ON UPPER TRIASSIC HYDROCARBON SOURCE ROCKS OF WESTERN SICHUAN DEPRESSION, SICHUAN BASIN

Wang Dongyan, Zeng Huashen, Wang Jinyi

(Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: Based on detailed pre-treatment works of hydrocarbon rocks in the Upper Triassic of Western Sichuan Depression of Sichuan Basin, organic geochemistry features are analyzed. Hydrocarbon source rocks have high organic matter abundance in total. Organic matter is mainly humosapropelic, and is during the mature and post mature evolutionary phase. Studies have shown that expulsion intensity can ultimately materialize the quality of source rocks. In this paper, based on expulsion intensity, the study area has been divided into 3 categories. Type I locates in Shifang, Pengzhou, Wenjiang, Dayi and Dujiangyan, covering about 5 412 km². The hydrocarbon source rock thickness is about 1 000—1 650 m, and the expulsion intensity is about (100—270) × 10⁸ m³/km². Type II locates in Mianyang, Mianzhu, Zhongjiang and Chengdu, covering about 6 281 km². The hydrocarbon source rock thickness is about 700—1 500 m, and the expulsion intensity is about (50—100) × 10⁸ m³/km². Type III locates in Anxian, Fenggu and Longquanyi, covering about 4 895 km². The hydrocarbon source rock thickness is about 400—700 m, and the expulsion intensity is about (10—50) × 10⁸ m³/km².

Key words: expulsion intensity; geochemical characteristics; hydrocarbon source rock; Upper Triassic; Western Sichuan Depression; Sichuan Basin

勘探实践及研究表明, 川西坳陷是四川盆地的一个富烃坳陷^[1-9], 但由于该区上三叠统地质条件复杂, 勘探难度极大, 所以, 区域性烃源岩评价是实现该区油气勘探突破的前提。本文在对川西坳陷中段 24 口探井岩心、岩屑的烃源岩样品进行测试分析及地球化学特征分析的基础上, 对上三叠统烃源岩进行了综合评价, 旨在为该区油气资源评价提供基础资料(图 1)。

1 样品测试

1.1 样品采集、筛选

烃源岩样品的前处理是对资源进行客观评价的基础。对岩屑样品而言, 烃源岩样品的高保真度是关键。前人在川西地区上三叠统烃源岩测试分析样品中, 经常出现相同样品不同测试者所获得的实验结果存在较大差异的问题, 其原因就在于烃源

收稿日期: 2009-08-25; 修订日期: 2010-02-25。

作者简介: 王东燕(1982—), 女, 硕士, 助理工程师, 主要从事烃源岩和储层预测及评价。E-mail: wangdy@mail.wuxisuo.com。

基金项目: 中国石化西南油气分公司重点科研项目(GJ-62-0613)。

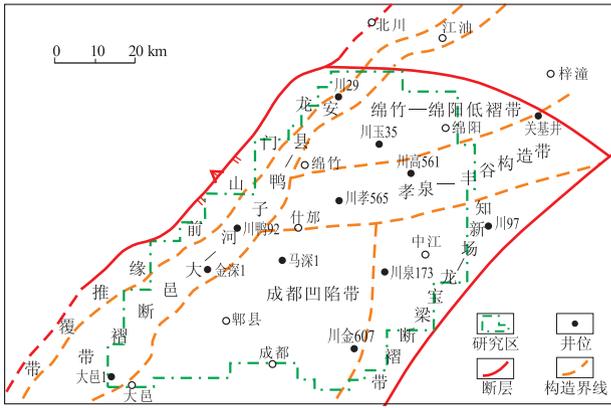


图 1 四川盆地川西坳陷中段部分井位分布及构造区划
Fig. 1 Well-bit distribution and structural units in the Western Sichuan Depression, Sichuan Basin

岩样品的前处理过程。其中包括样品的采集、分理和筛选,尤其是对钻井岩屑样品,非规范的前处理过程对测试结果会产生更大的影响。一般情况下,在井场附近采集的岩屑样品,其岩性都或多或少的混杂并且受到一定程度的污染。为了使烃源岩样品测试结果具有可靠性和客观性,本次对采集的岩屑样品基质进行逐份筛选,然后用清水冲洗,尽可能去除杂质及岩屑颗粒上附着的泥浆残留物等。

1.2 烃源岩样品测试

为了验证样品分析结果的可靠性,部分样品在中国石化无锡石油地质研究所实验研究中心测试的同时,又外送至中国石化江苏油田分公司地质科学研究院和中国石油西南油气田分公司勘探开发研究院进行了有机碳项目平行测试。检测结果表明,实验检测数据基本一致(表 1)。

2 烃源岩地球化学特征

川西坳陷上三叠统烃源岩层从下往上依次为:马鞍塘—小塘子组(T_3mt)、须二段(T_3x^2)、须三段

表 1 四川盆地川西坳陷中段上三叠统泥质烃源岩有机碳平行检测数据
Table 1 Organic carbon shale parallel test data sheet of hydrocarbon source rocks in the Upper Triassic of Western Sichuan Depression, Sichuan Basin

地层	岩性	有机碳/%	
		无锡所	江苏油田和西南分公司
T_3x^5	黑色页岩	2.13	2.19
T_3x^4	灰黑色页岩	1.19	1.19
T_3x^3	黑色泥页岩	2.84	
T_3x^2	黑色泥页岩	2.24	2.28
T_3mt	黑色泥岩	2.52	2.58

(T_3x^3)、须四段(T_3x^4)、须五段(T_3x^5)。

2.1 有机质丰度

2.1.1 有机碳含量

测试结果统计显示(表 2),川西坳陷中段上三叠统整体有机碳含量平均值均大于 1%,小于 0.5%的样品仅占总样品量的 0.66%,反映了有机碳含量总体较高。

2.1.2 氯仿沥青“A”和生烃潜量

马鞍塘—小塘子组泥质岩沥青“A”含量为 $(29.10 \sim 236.40) \times 10^{-6}$,平均为 98.65×10^{-6} ;须二段泥质岩沥青“A”含量为 $(62.15 \sim 366.61) \times 10^{-6}$,平均为 192.48×10^{-6} ;须三段泥质岩沥青“A”含量为 $(38.35 \sim 150.66) \times 10^{-6}$,平均为 78.79×10^{-6} ;须四段泥质岩沥青“A”含量为 $(77.81 \sim 529.59) \times 10^{-6}$,平均为 193.67×10^{-6} ;须五段泥质岩沥青“A”含量为 $(159.67 \sim 146.96) \times 10^{-6}$,平均为 364.32×10^{-6} 。可见,除须五段泥质岩沥青“A”含量均值高于 300×10^{-6} 外,其余层段含量均值都小于 200×10^{-6} 。

在生烃潜量中,马鞍塘—小塘子组泥质岩生烃潜量为 $0.06 \sim 0.18 \text{ mg/g}$,平均为 0.11 mg/g ;须二段泥质岩生烃潜量为 $0.19 \sim 0.89 \text{ mg/g}$,平均为 0.42 mg/g ;须三段泥质岩生烃潜量为 $0.17 \sim 1.05 \text{ mg/g}$,

表 2 四川盆地川西坳陷中段上三叠统泥质烃源岩有机地球化学指标

Table 2 Content of organic geochemistry of shale hydrocarbon source rocks in the Upper Triassic of Western Sichuan Depression, Sichuan Basin

层位	烃源岩厚度/m	岩性	有机碳/%	沥青“A”/ 10^{-6}	$(S_1 + S_2)/(mg \cdot g^{-1})$
T_3x^5	50~325	黑色页岩	$\frac{0.39 \sim 16.33}{2.35/186}$	$\frac{159.67 \sim 146.96}{364.32/48}$	$\frac{0.31 \sim 11.81}{1.56/58}$
T_3x^4	100~250	灰黑色页岩	$\frac{0.46 \sim 5.79}{1.83/96}$	$\frac{77.81 \sim 529.59}{193.67/31}$	$\frac{0.18 \sim 1.14}{0.61/36}$
T_3x^3	125~700	黑色泥页岩	$\frac{0.59 \sim 7.68}{1.77/197}$	$\frac{38.35 \sim 150.66}{78.79/64}$	$\frac{0.17 \sim 1.05}{0.36/69}$
T_3x^2	50~175	黑色泥页岩	$\frac{0.62 \sim 17.62}{3.47/53}$	$\frac{62.15 \sim 366.61}{192.48/13}$	$\frac{0.19 \sim 0.89}{0.42/18}$
T_3mt	50~350	黑色泥岩	$\frac{0.47 \sim 3.10}{1.13/69}$	$\frac{29.10 \sim 236.40}{98.65/22}$	$\frac{0.06 \sim 0.18}{0.11/36}$

注:表中分式意义为 $\frac{\text{最小值} \sim \text{最大值}}{\text{平均值}/\text{样品数}}$ 。

平均为 0.36 mg/g;须四段泥质岩生烃潜量为 0.18~1.14 mg/g,平均为 0.61 mg/g;须五段泥质岩生烃潜量为 0.31~11.81 mg/g,平均为 1.56 mg/g。

从氯仿沥青“A”和生烃潜量的分析数据可以看出,氯仿沥青“A”含量普遍小于 300×10^{-6} ;泥质岩生烃潜量($S_1 + S_2$)普遍小于 2 mg/g,它们所反映的丰度特征是因为本区上三叠统烃源岩的成熟度较高,源岩中有机质已大量生烃,剩余有机质含量很少所致。

2.2 有机质类型

2.2.1 干酪根碳同位素

干酪根碳同位素分析结果表明,马鞍塘一小塘子组泥岩段、须二和须三段烃源岩 $\delta^{13}C$ 均值一般大于 -25% ,显示出腐殖型特征。马鞍塘一小塘子组灰岩段、须四、须五段烃源岩 $\delta^{13}C$ 均值在 -25% ~ -25.5% 之间,显示出腐泥—腐殖型特征。

2.2.2 显微组分

重点探井烃源岩显微组分分析结果表明(表 3),本区上三叠统泥质烃源岩显微组分以镜质组为主,平均含量为 76.26%,惰性组次之,平均含量为 22.01%。

2.3 有机质成熟度

该区上三叠统烃源岩有机质成熟度分析结果表明(表 4),马鞍塘一小塘子组和须二段烃源岩 R_o 值范围在 2.31%~3.04%,均值大于 2.0%,已达到过成熟演化阶段。须三段烃源岩 R_o 值为 1.87%~2.30%,均值大于 2.0%,处于高成熟—过成熟演化阶段。须四段烃源岩 R_o 值为 1.63%~1.83%,均值为 1.69%,处于高成熟演化阶段;须五段烃源岩 R_o 值为 1.22%~1.45%,均值为 1.31%,处于成熟—高成熟演化阶段。总体来看,川西坳陷中段上三叠统烃源岩大多处于成熟—过成熟演化阶段。

3 烃源岩综合评价

烃源岩的质量包括烃源岩厚度、空间展布、有机质丰度、类型、成熟度和排烃效率等多方面因素,但最终体现在烃源岩的排烃强度上。根据卢双舫(2002)

表 4 四川盆地川西坳陷中段上三叠统泥质烃源岩镜质体反射率

Table 4 Vitrinite reflectance of shale hydrocarbon source rocks in the Upper Triassic of Western Sichuan Depression, Sichuan Basin

层位	岩性	$R_o/\%$
T_3x^5	黑色页岩	$\frac{1.22 \sim 1.45}{1.31/25}$
T_3x^4	灰黑色页岩	$\frac{1.63 \sim 1.83}{1.69/22}$
T_3x^3	黑色泥页岩	$\frac{1.87 \sim 2.30}{2.06/32}$
T_3x^2	黑色泥页岩	$\frac{2.31 \sim 2.57}{2.47/17}$
T_3mt	黑色泥岩	$\frac{2.71 \sim 3.04}{2.91/13}$

注:表中分式意义为 $\frac{\text{最小值} \sim \text{最大值}}{\text{平均值} / \text{样品数}}$ 。

的评价标准:排烃强度大于 $30 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,属 I 类烃源岩;排烃强度 $(10 \sim 30) \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,属 II 类烃源岩;排烃强度小于 $10 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,属 III 类烃源岩。川西坳陷中段上三叠统烃源岩排烃强度是其各个层段排烃强度的总和,从图 2 中可以看出,各层段烃源岩排烃强度基本都大于 $30 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,如按照卢双舫的分类标准,就不能够对其进行有效分类。为此,本文采用排烃强度为 $50 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 和 $100 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 作为界限,对川西坳陷中段上三叠统烃源岩进行分类。

一类烃源区位于什邡、彭州、温江、大邑和都江堰地区,面积约为 5 412 km^2 ,烃源岩厚度约为 1 000~1 650 m,排烃强度约为 $(100 \sim 270) \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$;二类烃源区位于绵阳、绵竹、中江和成都地区,面积约为 6 281 km^2 ,烃源岩厚度约为 700~1 500 m,排烃强度约为 $(50 \sim 100) \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$;三类烃源区位于安县、丰谷和龙泉驿地区,面积约为 4 895 km^2 ,烃源岩厚度约为 400~700 m,排烃强度约为 $(10 \sim 50) \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ (图 2)。

4 结论

川西坳陷中段上三叠统烃源岩有机质丰度较

表 3 四川盆地川西坳陷中段上三叠统泥质烃源岩显微组分分析
Table 3 Maceral analysis of shale hydrocarbon source rocks in the Upper Triassic of Western Sichuan Depression, Sichuan Basin

层位	岩性	腐泥组/%	壳质组/%	镜质组/%	惰性组/%	次生组分/%	类型指数	有机质类型
T_3x^5	页岩	1.5	1.0~6.0	51.9~89.8	7.2~47.2	—	-85.6~-70.6	III
T_3x^4	页岩	—	1.3~1.8	66.5~93.5	6.2~33.8	—	-82.6~-76.1	III
T_3x^3	泥页岩	—	1.3~5.8	58.3~90.8	9.2~38.3	—	-85.3~-71.5	III
T_3x^2	泥页岩	0.5	1.0~2.7	62.8~86.5	12.8~37.0	—	-84.1~-75.1	III
T_3mt	泥岩	1.5~15.0	—	57.8~86.3	12.2~40.5	3.0~13.5	-85.1~-64.7	
T_3mt	灰岩	2.0~3.5	—	1.0~10.5	0~12.5	78~95.5	23.7~50.5	II a—II b

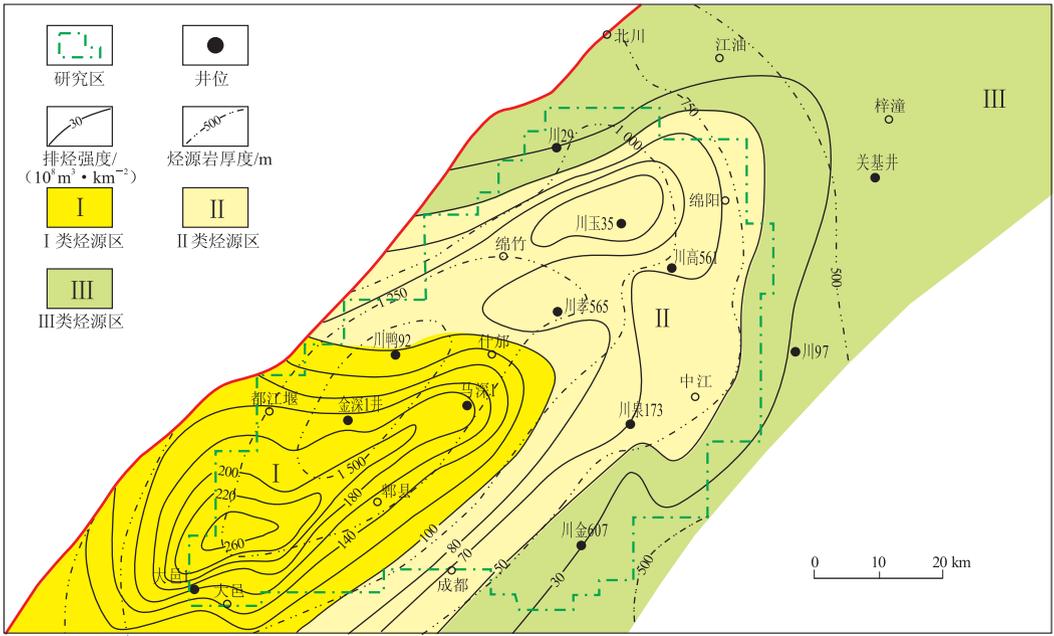


图 2 四川盆地川西坳陷中段上三叠统烃源岩综合评价

Fig. 2 Comprehensive evaluation plan of hydrocarbon source rocks in the Upper Triassic of Western Sichuan Depression, Sichuan Basin

高,大多处于成熟—过成熟演化阶段,显示本区烃源岩具备较好的生烃能力。排烃强度研究结果表明,上三叠统最有利的勘探区带位于西南角的都江堰、什邡及大邑地区;其东北部的绵竹、绵阳、中江及成都一带属于较为有利勘探区带;北川、江油、梓潼区为较不利勘探区带。

参考文献:

[1] 叶军,王克国,岳东明. 从新场沥青地化特征看川西天然气资源前景[J]. 天然气工业,1999,19(3):18-22.
 [2] 叶军. 再议四川盆地西部坳陷深盆气[J]. 石油实验地质,2008,30(2):109-114.
 [3] 王金琪. 川西坳陷须家河组(T_{3x})气藏再认识[J]. 天然气工业,2002,22(2):1-6.
 [4] 秦建中. 中国烃源岩[M]. 北京:科学出版社,2005:20-40.

[5] 腾格尔,秦建中,付小东,等. 川西北地区海相油气成藏物质基础:优质烃源岩[J]. 石油实验地质,2008,30(5):478-483.
 [6] 罗啸泉,陈兰. 川西坳陷形成演化及其与油气的关系[J]. 油气地质与采收率,2004,11(1):16-19.
 [7] 庞雄奇,陈章明. 含油气盆地地史、热史、生留排烃史数值模拟研究与烃源岩定量评价[M]. 北京:地质出版社,1993:135-149.
 [8] 杨克明,叶军,吕正祥. 川西坳陷上三叠统成藏年代学特征[J]. 石油与天然气地质,2005,26(2):208-213.
 [9] 叶军. 川西新场851井深部气藏形成机制研究:X851井高产工业气流的发现及其意义[J]. 天然气工业,2001,21(4):16-20.
 [10] 叶军,曾华盛. 川西须家河组泥页岩气成藏条件与勘探潜力[J]. 天然气工业,2008,28(12):18-25.
 [11] 杨克明. 川西坳陷油气资源现状及勘探潜力[J]. 石油与天然气地质,2003,24(4):322-331.

(编辑 徐文明)

(上接第 191 页)

[26] 王国建,程同锦,王多义. 微量元素在地表油气化探中的试验研究:以川西新场气田为例[J]. 石油实验地质,2005,27(5):544-549.
 [27] 汤玉平,李鼎民,陈银节,等. 微量元素在油气化探中的

应用[J]. 物探与化探,2008,32(4):350-353.
 [28] 许卫平,郭旭升,孙剑,等. 利用地化化探资料研究油气藏的保存条件及埋藏深度[J]. 物探与化探,1996,20(2):99-103.

(编辑 徐文明)