

文章编号: 0253-9985(2005)04-0467-06

柴达木盆地西部第三系烃源灶及其对油气聚集的控制作用

王 力, 金 强

(中国石油大学, 山东东营 257061)

摘要: 经实测数据与测井信息相关分析, 建立了柴西地区烃源岩有机碳含量与电阻率和声波时差的相关关系。利用这一关系对柴西地区 125 口井进行了计算, 获得了上、下干柴沟组 4 套烃源层的大量评价数据和用此数据编制的烃源灶平面分布图。综合考虑烃源岩分布面积、厚度和成熟度, 柴西地区主力烃源灶为下干柴沟组, 次要烃源灶为上干柴沟组。烃源灶的分布控制了柴西地区的油气聚集, 已发现的油气藏大都紧邻或围绕主力烃源灶分布。根据这一规律, 南乌斯东西两侧、油泉子西侧、红沟子构造带、大风山等地区可作为下步勘探的目标。

关键词: 烃源灶; 测井评价; 油气聚集; 第三系; 柴达木盆地

中图分类号: TE112.2 **文献标识码:** A

Tertiary hydrocarbon kitchen in western Qaidam basin and its control on hydrocarbon accumulation

Wang Li Jin Qiang

(China University of Petroleum, Dongying, Shandong)

Abstract Relational expression between TOC and resistivity and interval transit time for the source rocks in western Qaidam basin is established by the correlation analysis of measured data and logging data. Using this relational expression, calculations are performed in 125 wells in western Qaidam basin and large amount of appraisal data are achieved in the four sets of source rocks in the Upper and Lower Ganchaigou Fms. These data are used to compile the areal distribution map of source rocks. The comprehensive study of the distribution area, thickness and maturity of source rocks indicates that the Lower Ganchaigou Fm is the major hydrocarbon kitchen and the Upper Ganchaigou Fm is the less important hydrocarbon kitchen. The accumulation of hydrocarbons in western Qaidam basin is controlled by distribution of hydrocarbon kitchen, and most of oil and gas accumulations so far discovered are distributed near or around the major hydrocarbon kitchens. Based on this pattern, the western and eastern sides of Nanwus, the western side of Youquanzi, the Honggouzi structural zone and Dafengshan region can be considered to be the future exploration targets.

Key words hydrocarbon kitchen; logging appraisal; oil and gas accumulation; Tertiary; Qaidam basin

柴达木盆地西部第三系是典型的盐湖相沉积, 主要烃源岩包括下干柴沟组下段 (E_3^1)、下干柴沟组上段 (E_3^2)、上干柴沟组下段 (N_1^1) 和上干柴沟组上段 (N_1^2) 4 个层位。在这些层位中发现数量可观的油气储量, 并且建成了尕斯库勒等 10 多个油田^[1~4]。由于盐湖相沉积受气候和淡水补给的控

制明显, 纵向上岩性变化快、平面上相变也快, 造成主要烃源岩层段岩性复杂, 钙质泥岩、泥灰岩、含膏盐泥岩、石膏、芒硝和岩盐等成互层或相变接触关系。总体讲, 这套烃源岩具有碳酸盐含量高 (一般在 15% 以上)、有机碳含量低 (多数在 0.6% 以下)^[5,6] 的特点。

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司“十·五”项目 (KTY-2003-035)

第一作者简介: 王力, 男, 23 岁, 硕士生, 石油地质

收稿日期: 2005-06-28

许多学者利用岩心和岩屑等资料探讨了柴西地区烃源岩的地球化学特征、发育和分布模式^[7-12]。但是否存在高丰度的优质烃源岩以及它们分布在哪里、它们对油气聚集有什么控制作用,一直是研究区油气勘探地质家希望解决的问题。作者在前人的研究基础上,综合烃源岩地球化学和测井信息,建立了盐湖相烃源岩测井评价方法,给出了研究区主要探井各评价层段每米 8 个点的 TOC (有机碳含量,下同) 和 HI (氢指数,下同) 等参数剖面,阐明了烃源岩有机质赋存状况和油气生成情况,提出了研究区烃源灶的特征和分布规律,明确了烃源灶与油气聚集的关系,并且对未勘探地区进行了油气预测。

1 烃源灶的特征与分布

1.1 烃源岩的测井评价

近年来,利用测井信息评价烃源岩得到了令人满意的效果^[13-16],但是对于盐湖相岩性变化大、有机质丰度低的烃源岩还未见报道。作者通过柴西第三系潜在烃源岩的地质、地球化学分析发现,不同有机质含量的盐湖相泥页岩以及非烃源岩在声波时差、电阻率等测井响应上具有一定的差别。如果建立了测井信息与烃源岩实测 TOC 和 HI 等参数的某种关系,就可根据测井响应值计算出烃源岩评价的有关参数,从而大大增加了烃源岩评价的数据量,有利于揭示岩性变化大、有机质分布复杂的盐湖相烃源岩的真实面貌,并且可能找出优质烃源岩的分布规律。

研究区暗色泥页岩碳酸盐含量常常高达 20% 以上,导致电阻率呈现出高值,对常规 $\Delta \lg R_t$ 法预测烃源岩 TOC 值产生了不良效果^[17]。通过实测 TOC 与碳酸盐含量的相关分析,分段回归出 TOC 与电阻率和声波时差的相关关系。

$$TOC = 0.83(\lg R_t + 0.0061\Delta t) - 1.33 \quad (1)$$

当 $(\lg R_t + 0.0061\Delta t) < 3.4$ 时, $r^2 = 0.89$

$$TOC = 1.67(\lg R_t + 0.0061\Delta t) - 4.18 \quad (2)$$

当 $(\lg R_t + 0.0061\Delta t) \geq 3.4$ 时, $r^2 = 0.85$

式中 R_t 为电阻率, $\Omega \cdot m$; Δt 为声波时差, $\mu s/m$; TOC 为有机碳含量, %。

将研究区烃源岩的热解分析数据与 TOC 进行分析发现,烃源岩生烃潜力 S_2 与 TOC 呈正相关关系,相关系数 r^2 为 0.96。

$$S_2 = 1.1044TOC^2 + 3.7894TOC - 0.866 \quad (3)$$

式中 S_2 为生烃潜力, mg/g 。

这样,利用测井信息计算得到 TOC 之后,就容易得到 HI

$$HI = 100(1.1044TOC^2 + 3.7894TOC - 0.866) / TOC \quad (4)$$

式中 HI 为氢指数, mg/g 。

有机质演化程度与其埋藏深度有关。利用研究区镜质体反射率 (R_o) 与深度的对应关系,可以计算任一评价层段烃源岩的成熟度 (其相关系数 r^2 为 0.95)。

$$R_o = e^{(Z-4450.5)/2263.7} \quad (5)$$

式中 Z 为埋藏深度, m 。

为了检验上述测井信息与烃源岩有机质含量等参数关系的准确性和适用性,选取了烃源岩发育的狮 28 井进行了有机碳实测值与计算值的对比工作。在该井下干柴沟组 3 990~4 020 m 处密集采样 24 块,进行了有机碳和热解分析,将计算值与其对比 (图 1),发现二者吻合较好,说明本文建立的盐湖

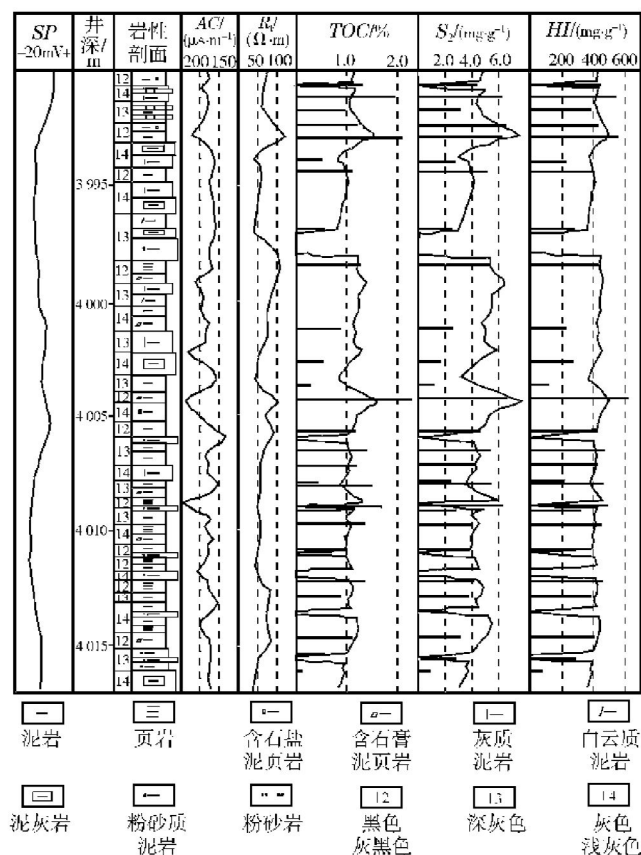


图 1 狮 28 井地化参数实测值与计算值对比

Fig. 1 Comparison between the measured and computed values of geochemical parameters in Shi 28 well
横线为计算值;曲线为实测值

相烃源岩测井评价方法是可信的。

在测井数据标准化的基础上,利用该方法对研究区 125 口井上、下干柴沟组暗色泥岩段的 TOC 、 $H I$ 和 R_o (镜质体反射率,下同)等进行了计算,获取了巨量的烃源岩评价数据。通过 4 个评价层段的数据统计,作出了 TOC 大于 0.4% 和 TOC 大于 1% 烃源岩的有机质丰度等值线图 (图 2) 和等厚图,并且绘出了相应的生烃潜力等值线图和热演化成熟度等值线图。其中,作者认为 TOC 大于 1% 是柴西第三系盐湖相优质烃源岩。

1.2 烃源灶的分布

烃源灶是指某个评价层段中集中分布的、已经达到生油门限的、并且证实为某些油气聚集提供了油气源的烃源岩体。一般来说,烃源灶即是研究区有机质丰度高、类型好、生烃潜力大、成熟的烃源岩。

前人认为柴西盐湖相有机质丰度在 0.4% 之上为有效烃源岩^[5]。据此对研究层段进行了统计,作出此类烃源岩的 TOC 等值线图和等厚图,并以 R_o 大于或等于 0.6% 的等值线图求得 4 个评价层位烃源灶的平面分布。由深到浅它们的特征如下。

1) E_3^1 烃源灶主要发育在七个泉-南翼山-乌南-切克里克所围的区域内,面积约 4 100 km² (图 3a)。其中狮子沟和乌南以西等地区发育优质烃源岩, TOC 达到了 1.0% 以上。尽管该烃源灶厚度除狮子沟外都在 300m 以下,但是大部分地区的 R_o 均超过了 0.8%, 茫崖凹陷和切克里克凹陷的深洼地区已达到生油高峰,成为研究区的重要油源。

2) E_3^2 烃源灶西起大风山、东至阿拉尔地区,面积超过了 4 800 km² (图 3b)。这是因为 E_3^2 沉积时咸化湖盆达到鼎盛期,狮子沟-茫崖、乌南以西和南翼山西北等都成为了膏盐层沉积中心,有利于有机质

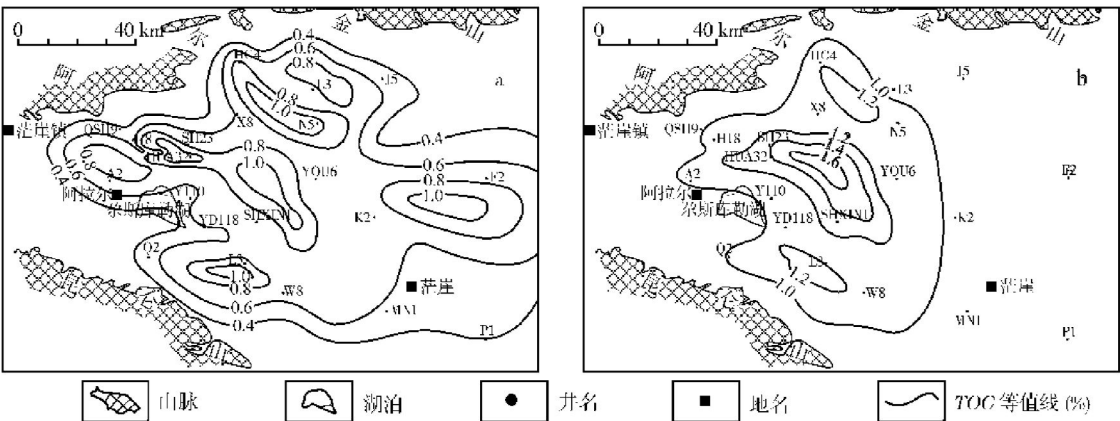


图 2 柴西 E_3^2 烃源岩有机碳含量等值线图

Fig. 2 The TOC contour map of E_3^2 source rocks in western Qaidam basin
a $TOC > 0.4\%$; b $TOC > 1.0\%$

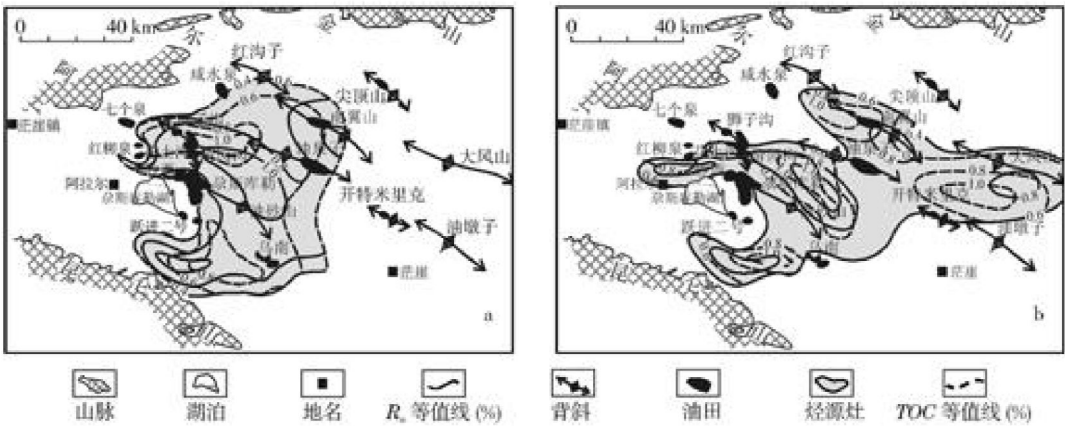


图 3 柴西下干柴沟组烃源灶与油气聚集的关系

Fig. 3 Relationship between hydrocarbon kitchen in the Lower Ganchaigou Fm and hydrocarbon accumulation in western Qaidam basin
a E_3^1 烃源灶; b E_3^2 烃源灶

堆积的分层水体和缺氧环境发育^[18],形成了 4 个优质烃源岩分布区。由于目前埋藏深度多数在 3 000 m 以下, R_o 已在 0.6% 以上, 该烃源灶成为柴西分布范围最大的烃源灶, 且优质烃源岩发育, 所以生油气潜力最大。

3) N_1^1 烃源灶分布在 4 个分割的区域内 (图 4a), 即茫崖凹陷、乌南以西、小梁山凹陷和大风山以南开特以北等地区, 面积约为 1 900 km²。其中茫崖凹陷烃源灶的厚度可达 400 m, 其他地区厚度在 200 m 以下, 有机碳丰度和生烃潜力不及下伏层位的烃源灶。

4) N_1^2 烃源岩大部分处于未成熟状态, 仅在茫崖凹陷深处和南翼山以东-大风山以西等地区形成了烃源灶 (图 4b), 而且 TOC 基本小于 0.8%, 烃源岩厚度在 200 m 以下, 油气生成量有限。

总之, E_3^2 烃源灶包括大量优质烃源岩, 分布面积广、厚度大、热演化程度高, 是柴西最佳烃源灶; E_3^1 烃源灶虽然成熟度较 E_3^2 烃源灶稍高一些, 但是厚度和面积明显小于后者, 供油能力也小于后者; N_1^1 和 N_1^2 烃源灶分布局限, 是研究区次要的油气源。

2 烃源灶对油气聚集的控制作用

将 4 个层位的烃源灶与研究区已发现油气田分布图进行叠加, 并且结合油源对比成果, 发现第三系烃源灶对研究区的油气聚集具有明显的控制作用 (图 3 图 4)。

2.1 下干柴沟组

E_3^1 和 E_3^2 烃源灶分布范围恰好覆盖了尕斯库勒、乌南、花土沟、狮子沟、七个泉、南翼山和油泉子等主

要油田, 说明原油是经短距离运移而成藏的。其中茫崖凹陷的 E_3^1 烃源灶与尕斯库勒、油砂山、狮子沟和油泉子等油田距离更近一些, 红狮凹陷的烃源灶则临近砂西、七个泉、红柳泉、游园沟和狮子沟等油田 (图 3a); 茫崖凹陷和红狮凹陷的 E_3^2 烃源灶平面上包围了尕斯库勒、油砂山、油泉子、狮子沟和游园沟等油田, 咸水泉、南翼山和乌南、跃进二号则分别围绕着南翼山西北和乌南以西的烃源灶呈环带状分布 (图 3b)。烃源岩和原油生物标志化合物对比资料说明了它们的亲缘关系 (表 1)。

2.2 上干柴沟组

油源对比结果表明, N_1^1 和 N_1^2 烃源灶仅与尕斯库勒中浅层、油泉子、南翼山等油藏有一定的亲缘关系 (表 2), 这些油藏的储量规模明显小于上述油藏^[19], 说明上干柴沟组烃源灶不是柴西第三系主力油源 (图 4)。值得注意的是, 有上干柴沟组烃源灶提供原油而形成的油藏其原油具有与下干柴沟组原油混源的特征。例如尕斯库勒中浅层原油样品的伽马蜡烷 / C_{30} 藿烷值和 C_{35} 藿烷 / C_{34} 藿烷值分别分布在 0.66~0.85 和 1.22~1.48, 主要源自临近的茫崖凹陷, 而其中的 E_3 和 N_1 烃源岩伽马蜡烷 / C_{30} 藿烷值和 C_{35} 藿烷 / C_{34} 藿烷值存在差异*: 前者主要位于 0.8 和 1.5 以上, 后者基本在 0.5 和 1.0 以下。显然, 尕斯库勒中浅层原油的这两个比值是分布在两者之间的, 表明其很可能是 E_3 和 N_1 油源混合成因的。

3 潜在油气聚集区的预测

烃源灶与已发现油气聚集的关系, 激励我们

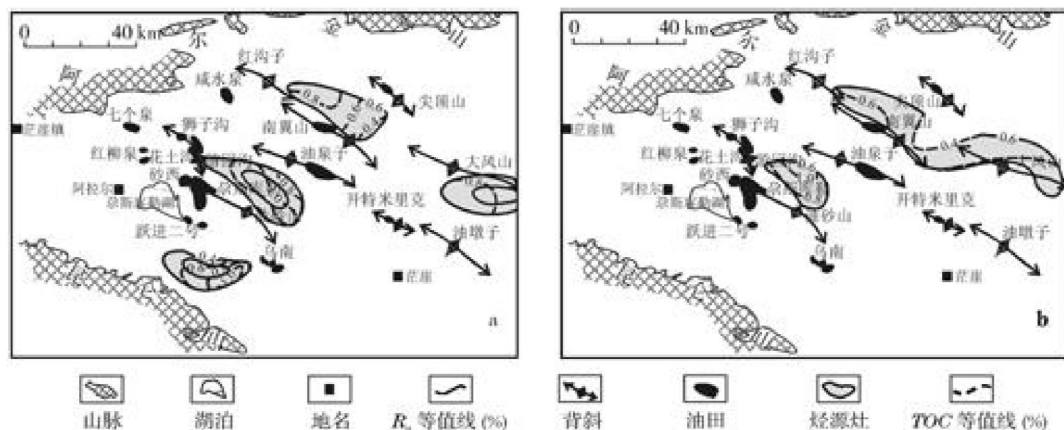


图 4 柴西上干柴沟组烃源灶与油气聚集的关系

Fig. 4 Relationship between hydrocarbon kitchen in the Upper Ganchaigou Fm and hydrocarbon accumulation in western Qaidam basin
a N_1^1 烃源灶; b N_1^2 烃源灶

表 1 下干柴沟组烃源灶与原油的亲缘关系参数表

Table 1 Genetic relationship parameters between hydrocarbon kitchen and crude oils in the Lower Ganchaigou Fm

样 品	尕斯库勒深层			狮子沟			七个泉			乌南		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	4
原油	0.41~	0.82~	1.33~	0.36~	0.88~	1.64~	0.32~	1.01~	1.61~	0.46~	0.58~	0.09~
	0.46	1.01	1.90	0.42	1.02	1.77	0.40	1.57	2.1	0.52	0.76	0.15
邻区 E ₃ 烃源岩*	0.27	1.13	1.79	0.36	0.89	1.58	0.39	1.03	1.99	0.61	0.62	0.13

注: 1—Pr/Pl; 2—伽马蜡烷 /C₃₀藿烷; 3—C₃₅藿烷 /C₃₄藿烷; 4—C₁₉三环萜烷 /C₂₃三环萜烷

表 2 上干柴沟组烃源灶与原油的亲缘关系参数表

Table 2 Genetic relationship parameters between hydrocarbon kitchen and crude oils in the Upper Ganchaigou Fm

样品	尕斯库勒中浅层			油泉子			南翼山深层			
	1	2	3	1	2	4	1	2	4	5
原油	0.66~	1.22~	0.11~	0.46~	0.62~	0.49~	0.49~	0.36~	0.65~	0.14~
	0.85	1.48	0.14	0.59	0.95	0.56	0.52	0.43	0.66	0.16
邻区 N ₁ 烃源岩*	0.44	0.91	0.19	0.44	0.53	0.48	0.39	0.58	0.57	0.21

注: 1—伽马蜡烷 /C₃₀藿烷; 2—C₃₅藿烷 /C₃₄藿烷; 3—C₁₉三环萜烷 /C₂₃三环萜烷; 4—Pr/Pl; 5—奥利烷 /C₃₀藿烷

对未勘探区域的油气分布进行预测。根据 E₃¹烃源灶的分布状况可以预见,南乌斯以西、油泉子西侧和红沟子构造带处于 E₃¹的供油范围内,如果与其他成藏条件匹配,可能形成油气聚集。南乌斯东西两侧、油泉子北西西方向和大风山地区可能是有利的 E₃¹烃源灶供油气区,如果储层和圈闭发育的话,可以找到相应的油气藏。

南乌斯以西可能还存在 N₁¹烃源灶提供的油源,这里紧靠昆仑山前构造带,圈闭条件好,应当加强勘探工作。南翼山北侧的圈闭有可能来自 N₁¹烃源灶的油气资源。此外,大风山、游园沟和油砂山东侧可能存在 N₁¹烃源灶来源的油气。

参 考 文 献

1 黄杏珍,邵宏舜,顾树松,等.柴达木盆地的油气形成与寻找油气田方向[M].兰州:甘肃科学技术出版社,1993 304~ 341

Huang X ingzhen, Shao Hongshun, Gu Shusong et al Petroleum formation and perspectives in the Qaidam basin[M]. Lanzhou Gansu Science& Technology Press 1993 304- 341

2 邱中建,龚再升.中国油气勘探(第二卷:西部油气区)[M].北京:石油工业出版社,地质出版社,1999 439~ 447

Qiu Zhongjian, Gong Zaisheng Petroleum exploration in China (Volume II western petroleum province)[M]. Beijing Petroleum Industry Press Geological Publishing House 1999 439- 447

3 金之钧,张明利,汤良杰,等.柴达木中新世盆地演化及其控油气作用[J].石油与天然气地质,2004 25(6): 603~ 608

Jin Zhijun, Zhang Mingli, Tang Liangjie, et al Evolution of Mesozoic Qaidam basin and its control on oil and gas[J]. Oil& Gas Geology, 2004 25(6): 603- 608

4 孙国强,郑建京,胡慧芳,等.关于压陷型沉降拗陷盆地的讨论——以柴达木盆地为例[J].天然气地球科学,2004 15

(4): 395~ 400

Sun Guoqiang, Zheng Jianjing, Hu Hui Fang et al Discussion of the downwarped setting basin taking Qaidam basin as an example [J]. Natural Gas Geoscience 2004 15(4): 395- 400

5 金强,查明,赵磊.柴达木盆地西部第三系盐湖相有效生油岩的识别[J].沉积学报,2001,19(1): 125~ 129

Jin Qiang, Zha Ming, Zhao Lei Identification of effective source rocks in the Tertiary evaporite facies in the western Qaidam Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica 2001, 19(1): 125- 129

6 妥进才,邵宏舜,黄杏珍.湖相碳酸盐岩生油岩及其有机地球化学特征——以柴达木盆地第三系为例[J].石油实验地质,1995 17(3): 272~ 276

Tuo Jincai, Shao Hongshun, Huang X ingzhen Lacustrine carbonate source rocks and their organic geochemical characteristics taking the Tertiary system of Qaidam basin for example[J]. Experimental Petroleum Geology 1995 17(3): 272- 276

7 黄第藩,张大江,李晋超,等.盐湖环境中二环倍半萜类的分布和树脂酸衍生物的生烃特征[J].石油与天然气地质,1989,10(4): 337~ 345

Huang D ifan, Zhang Dajiang, Li Jinchao et al Distribution of bicyclic sesquiterpanes and sedimentary and hydrocarbon-generating characteristics of resin acid derivatives in saline-lake environment [J]. Oil& Gas Geology 1989, 10(4): 337- 345

8 朱扬明,苏爱国,梁狄刚,等.柴达木盆地咸化湖生油正构烷烃分布特征及其成因[J].地球化学,2003 32(2): 117~ 123

Zhu Yangming, Su A iguo, Liang D igang et al Distribution characterization and origin of n-alkanes in saline lacustrine source rocks of Qaidam basin[J]. Geochimica 2003 32(2): 117- 123

9 党玉琪,熊继辉,刘震,等.柴达木盆地油气成藏的主控因素[J].石油与天然气地质,2004 25(6): 614~ 619

Dang Yuqi, Xiong Jihui, Liu Zhen, et al Main factors controlling hydrocarbon accumulation in Qaidam basin[J]. Oil& Gas Geology 2004 25(6): 614- 619

* 梁狄刚,苏爱国,朱扬明,等.柴达木盆地北缘与西部油气源对比及油气运移研究. 2001

- 10 金强, 查明. 柴达木盆地西部第三系蒸发岩与生油岩共生沉积作用研究 [J]. 地质科学, 2000, 35(4): 465~473
Jin Q iang Zha M ing Co-sedimentation of Tertiary evaporates and oil source rocks in the western Qaidam basin [J]. Scientia Geologica Sinica, 2000, 35(4): 465~473
- 11 张枝焕, 杨藩, 李东明, 等. 中国新生界咸化湖相有机地球化学研究进展 [J]. 地球科学进展, 2000, 15(1): 65~70
Zhang Zh huan Yang Fan Li Dongming et al The organic geochemistry research progress in Cenozoic salified lake in China [J]. Advance in Earth Sciences, 2000, 15(1): 65~70
- 12 林腊梅, 金强. 柴达木盆地北缘和西部主力烃源岩的生烃史 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(6): 677~681
Lin Lan mei Jin Q iang Hydrocarbon generation history of major source rocks in the northern edge and western part of Qaidam basin [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(6): 677~681
- 13 Passey Q R, Creaney S, Kulla J B, et al A practical model for organic richness from porosity and resistivity logs [J]. AAPG Bulletin, 1990, 74(12): 1777~1794
- 14 许晓宏, 黄海平, 卢松年. 测井资料与烃源岩有机碳含量的定量关系研究 [J]. 江汉石油学院学报, 1998, 20(3): 8~12
Xu Xiaohong Huang Haiping Lu Songnian A quantitative relationship between well logging information and organic carbon content [J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 1998, 20(3): 8~12
- 15 宋宁, 侯建国, 王文军. 利用测井技术评价苏北盆地生油岩 [J]. 海洋石油, 2001, 21(1): 8~13
Song Ning Hou Jianguo Wang Wenjun Well logging application on source rock evaluation in Subei basin [J]. Marine Petroleum, 2001, 21(1): 8~13
- 16 朱光有, 金强, 张林晔. 用测井信息获取烃源岩的地球化学参数研究 [J]. 测井技术, 2003, 27(2): 104~109
Zhu Guangyou Jin Q iang Zhang Lin ye Using log information to analyze the geochemical characteristics of source rocks in Jiyang depression [J]. Well Logging Technology, 2003, 27(2): 104~109
- 17 朱振宇, 刘洪, 李幼铭. $\Delta \lg R$ 技术在烃源岩识别中的应用与分析 [J]. 地球物理学进展, 2003, 18(4): 647~649
Zhu Zhenyu Liu Hong Li Youming The analysis and application of $\Delta \lg R$ method in the source rock's identification [J]. Progress in Geophysics, 2003, 18(4): 647~649
- 18 Jin Q iang Zha M ing Liu Zhen, et al Geology and geochemistry of source rocks in the Qaidam Basin, NW China [J]. Journal of petroleum geology, 2002, 25(2): 219~238
- 19 翟光明. 中国石油地质志 (卷十四: 青藏油气区) [M]. 北京: 石油工业出版社, 1987. 259~279
Zhai Guangming Petroleum geology of China (Volume 14 Qinghai Tibet) [M]. Beijing Petroleum Industry Press, 1987. 259~279

(编辑 李 军)

(上接第 466 页)

- Chang Junhe, Li Xinjun, Li Hongyu, et al A study on geochemical characteristics and sources of oil produced from Wengu 2 well in W enliu buried hill in Dongpu depression [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(1): 44~48, 69
- 9 Peters K E, Moldovan J M. The Biomarker Guide: interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments [M]. England: Prentice Hall Inc Press, 1993. 106, 116, 123, 126
- 10 张枝焕, 关强, 阳安成. 三塘湖盆地煤层与原油地球化学特征对比 [J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(3): 207~211
Zhang Zh huan Guan Q iang Yang Ancheng Correlation of geochemical characteristics between coals and crude oils in Santanghu basin [J]. Oil & Gas Geology, 1999, 20(3): 207~211
- 11 Fu Jianq, Sheng Guoying. Application of biological markers in the assessment of paleoenvironments of Chinese nonmarine sediments [J]. Organic Geochemistry, 1990, 16: 769~779
- 12 Wang F Y, He P, Hao S S. Origin of Chinese lacustrine high wax oils and organic petrology of its source rocks [J]. AAPG Bulletin, 1997, 81: 1567
- 13 黄海平, 李虹, 马刊创, 等. 大民屯凹陷高蜡油的形成条件 [J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 64~67, 71
Huang Haiping Li Hong Ma Kan chuang et al Formation condition of high wax oils in Damintun sag [J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(1): 64~67, 71
- 14 陈建平, 梁狄刚, 王绪龙, 等. 彩南油田多源混合原油的油源 (二) ——原油地球化学特征、分类与典型原油油源 [J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(5): 34~38
Chen Jianping Liang Di gang Wang Xu long et al Oil source correlation of mixed oils derived from multiple source rocks in the Cainan oilfield, Junggar basin, Northwest China. Part ② geochemical characteristics, typing and oil sources of typical crude oils [J]. Petroleum Exploration & Development, 2003, 30(5): 34~38
- 15 陈建平, 梁狄刚, 王绪龙, 等. 彩南油田多源混合原油的油源 (一) ——烃源岩基本地球化学特征与生物标志物特征 [J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(4): 20~24
Chen Jianping Liang Di gang Wang Xu long et al Oil source identification for the mixed oils derived from multiple source rocks in the Cainan oilfield, Junggar basin, Northwest China. Part I: fundamental geochemical features of source rocks [J]. Petroleum Exploration & Development, 2003, 30(4): 20~24
- 16 李素梅, 李雪, 张庆红, 等. 牛庄洼陷第三系古沉积环境及其控油作用 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 269~273
Li Sum ei Li Xue Zhang Qing hong et al Paleosedimentary environment in Tertiary and its effect on petroleum distribution in Nizhuang subsag, Dongying sag [J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(3): 269~273

(编辑 高 岩)