

柴西地区上干柴沟组上段
咸水湖相烃源岩生烃条件研究^①何金先^{1,2,3}, 段毅^{1,2}, 张晓丽^{1,2,3}, 吴保祥^{1,2}, 徐丽^{1,2,3}

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所兰州油气资源研究中心, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国科学院油气资源研究重点实验室, 甘肃 兰州 730000; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘 要:柴西地区上干柴沟组上段(N_1^2)烃源岩的沉积水体环境为咸水湖相。其烃源岩的有机质总体丰度不高;有机质类型主要有腐殖腐泥型和腐殖型,具体分布受烃源岩所处位置及沉积环境控制;有机质成熟度多为未成熟—低成熟;有机质的烃转化率较高,反映其大部分有机质已经进入生烃门限,少量已经进入生烃高峰期。其烃源岩具有咸化湖泊相未熟—低熟有机质生烃的特点,而其生烃机理很可能是藻类生物类脂物和细菌的早期成烃。柴西地区上干柴沟组上段(N_1^2)烃源岩作为该区未熟—低熟石油主要源岩之一,具有非常大的勘探潜力。

关键词:有机质特征;生烃条件;咸水湖相;勘探潜力;柴达木盆地西部地区

中图分类号:P618.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-5663(2011)03-0242-06

柴达木盆地是在前侏罗纪柴达木地块基础上发育起来的中新生代陆内复合型沉积盆地,柴达木盆地西部地区(下文简称“柴西地区”)是柴达木盆地最主要的石油勘探地区(图1),烃源岩主要为第三系 $E_{31}-N_{21}$ 咸

化湖泊相烃源岩。根据第三次资源评价的结果,柴西地区总资源量为 21.9×10^8 t,其中石油资源量为 15.35×10^8 t,目前石油仅探明 18.4%,剩余资源量大,仍然具有较大的勘探潜力^[1]。

柴达木盆地在第三纪时期位于北纬干燥气候带上,仅有短暂性洪水型河流补给水源,形成了常年性内陆封闭咸水湖盆。柴达木盆地第三系盐湖相沉积主要发育在西部地区,面积约 2.7×10^4 km²^[3]。在第三系渐新统上干柴沟组下段沉积时期,湖泊扩大到了最大面积,紧接着进入上干柴沟组上段沉积时期,由于印度板块向欧亚板块的不断挤压和青藏高原的不断抬升(造成昆仑山抬升),柴达木湖盆沉积中心开始由南向北、由西向东迁移^[2],湖泊面积逐渐缩小,柴达木湖盆逐渐与海洋潮湿气候隔绝,湖泊水体进入明显咸化的阶段^[3]。柴西地区上干柴沟组上段沉积期的烃源岩主要发育在茫崖凹陷区及周边地区,岩性为灰色、深灰色、棕灰色泥岩夹粉砂岩条带及钙质泥岩、泥灰岩。

柴西地区上干柴沟组上段(N_1^2)的烃源岩的分布范围广,发育于湖盆水体开始显著咸化的特殊阶

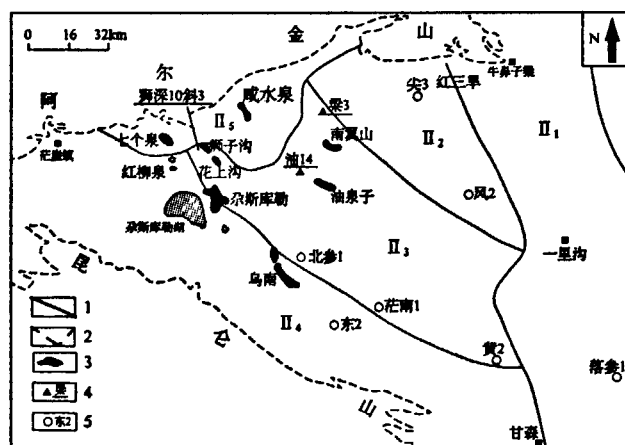


图1 柴西地区构造单元划分图(据曹国强^[2])

Fig. 1 Tectonic unit division of Western Qaidam Basin

II₁—一里坪凹陷 II₂—大风山鼻隆 II₃—茫崖凹陷 II₄—柴西
南断陷 II₅—阿尔金斜坡 1—断层 2—山脉 3—油气田 4—
一采样井 5—钻井编号

① 收稿日期:2011-02-23 作者简介:何金先(1983-),男,广西南宁人,在读博士研究生,主要从事石油地质学与油气地球化学方面的研究工作。
基金项目:国家自然科学基金(编号:10772069,40872092)资助。

段。而咸水湖相沉积环境具有与一般淡水湖相不同的水介质条件和古生态特征,因此盐湖相沉积的有机质生源在类型、数量以及成烃演化过程上都有其独特性^[3]。因此对柴西地区第三系上干柴沟组上段的烃源岩进行生烃条件研究,有利于了解湖泊在湖盆扩大到最大面积后开始缩小且水体开始进入显著咸化阶段沉积的烃源岩的有机质的丰度、类型、成熟度以及烃转化率等特征,分析其生烃潜力,进而探明其勘探潜力,具有重要的意义。

1 研究样品情况

本文选择了柴西地区 N_1^2 的三个典型烃源岩样品(表 1),这三个样品发育位置位于柴西地区北区西段(图 1),其中油 14 井烃源岩样品的沉积环境为半深湖相—深湖相,梁 3 井烃源岩样品的沉积环境为浅湖相,狮深 10 斜 3 井烃源岩样品的沉积相为扇三角洲相^[4]。

表 1 研究烃源岩样品基本数据表

Table 1 basic data for the studied hydrocarbon source rock samples

| 样品及井号 | 岩性 | 层位 | 碳酸盐含量(%) | Cl ⁻ 含量(‰) | 盐度(‰) | TOC(%) | R _o (%) |
|-----------|------|---------|----------|-----------------------|-------|--------|--------------------|
| 油 14 | 含灰泥岩 | N_1^2 | 22.57 | 2.43 | 4.40 | 0.92 | 0.41 |
| 梁 3 | 含灰泥岩 | N_1^2 | 23.66 | 1.54 | 2.79 | 0.56 | 0.33 |
| 狮深 10 斜 3 | 含灰泥岩 | N_1^2 | 24.88 | 4.35 | 8.18 | 0.87 | 0.41 |

(注:盐度计算公式为: $S‰=1.80655Cl‰$;S 为盐度,Cl 为氯离子含量(‰))

由表 1 可知,油 14 井、梁 3 井和狮深 10 斜 3 井三个 N_1^2 烃源岩样品碳酸盐含量在 22.57%~24.88%之间,因此岩性均可划分为含灰泥岩;氯离子含量在 1.54‰~4.35‰之间,盐度在 2.79‰~8.18‰之间。柳大纲等^[5]认为柴达木盆地湖泊类型根据盐度含量可以划分为淡水湖(<1‰)、咸水湖(1‰~35‰)、盐湖(>35‰)三种类型。由表 1 数据可知,油 14 井烃源岩样品的盐度为 4.40‰,梁 3 井烃源岩样品的盐度为 2.79‰,狮深 10 斜 3 井烃源岩样品的盐度为 8.18‰,按照柳大纲等^[5]的分类这三个烃源岩样品的沉积水体环境均属于咸水湖相。

2 烃源岩的有机质特征

2.1 有机质丰度

通常采用有机质丰度来反映岩石中有机质的相对含量,衡量和评价岩石的生烃潜力。目前常用的有机质丰度指标主要包括总有机碳(TOC)含量、生烃潜量(S_1+S_2)、氯仿沥青“A”含量(EOM)和总烃含量(H_c)等。周凤英等^[6]认为柴达木盆地第三系咸化湖相源岩总体上具有有机质丰度低、烃转化率较高的特点。

2.1.1 总有机碳(TOC)含量

由表 1 可知,油 14 井烃源岩样品的 TOC 含量为

0.92%,梁 3 井烃源岩样品为 0.56%,狮深 10 斜 3 井烃源岩样品为 0.87%,均小于 1.0%,有机碳含量并不高。据表 2 的划分方案,结合这三个烃源岩样品沉积水体环境为咸化湖相环境的情况,可知狮深 10 斜 3 井、油 14 井烃源岩样品为好的生油岩,梁 3 井烃源岩样品为中等生油岩。

2.1.2 氯仿沥青“A”

由表 3 数据,并结合表 2 划分标准,可知油 14 井烃源岩样品的氯仿沥青“A”含量为 0.098%,属于中等生油岩;梁 3 井烃源岩样品的氯仿沥青“A”含量为 0.145%,属于好生油岩;狮深 10 斜 3 井烃源岩样品的氯仿沥青“A”含量为 0.009%,属于非生油岩;

2.1.3 总烃含量(H_c)

由表 3 数据,并结合表 2 划分标准,可知油 14 井烃源岩样品的总烃含量为 640×10^{-6} ,属于好生油岩;梁 3 井烃源岩样品的总烃含量为 970×10^{-6} ,属于好生油岩;狮深 10 斜 3 井烃源岩样品的总烃含量为 40×10^{-6} ,属于非生油岩;

2.1.4 生烃潜量(S_1+S_2)

由表 3 数据,并结合表 2 划分标准,可知油 14 井烃源岩样品的生烃潜量为 4.58×10^{-3} ,属于中等生油岩;梁 3 井烃源岩样品的生烃潜量为 1.69×10^{-3} ,狮深 10 斜 3 井烃源岩样品的生烃潜量为 1.58×10^{-3} ,均属于差生油岩。

表2 陆相烃源岩地球化学评价标准(据文献^[7])

Table 2 Geochemical evaluation standards for continental hydrocarbon source rocks

| 指标 | 湖盆水体类型 | 非生油岩 | 生油岩类型 | | | |
|--|--------|--------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | | | 差 | 中等 | 好 | 最好 |
| TOC/% | 淡水—半咸水 | <0.4 | 0.4~0.6 | 0.6~1.0 | 1.0~2.0 | >2.0 |
| | 咸水—超咸水 | <0.2 | 0.2~0.4 | 0.4~0.6 | 0.6~0.8 | >0.8 |
| “A”/% | — | <0.015 | 0.015~0.050 | 0.050~0.100 | 0.100~0.200 | >0.200 |
| Hc/ $\times 10^{-6}$ | — | <100 | 100~200 | 200~500 | 500~1000 | >1000 |
| (S ₁ +S ₂)/($\times 10^{-6}$) | — | — | <2 | 2~6 | 6~200 | >20 |

表3 研究的样品岩石热解参数及抽提物数据

Table 3 Pyrogeneration parameter and extraction data of the studied samples

| 样号及井号 | 岩石热解参数 | | | | | | 抽提物数据 | | |
|-----------|------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|------------------------|-------------|
| | T _{MAX} | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₁ +S ₂ | S ₂ /S ₃ | 沥青“A”/% | 总烃含量/ $\times 10^{-6}$ | 烃转化率/(%) |
| 油 14 | 440 | 0.43 | 4.15 | 0.70 | 4.58 | 5.92 | 0.098 | 640 | 10.65 6.96 |
| 梁 3 | 425 | 0.49 | 1.20 | 1.61 | 1.69 | 0.74 | 0.145 | 970 | 25.89 17.32 |
| 狮深 10 斜 3 | 434 | 0.09 | 1.49 | 1.85 | 1.58 | 0.80 | 0.009 | 40 | 1.03 0.46 |

注: T_{MAX}的单位为℃; S₁、S₂、S₃、S₁+S₂的单位均为 mg/g; 烃转化率(%)左列数据为氯仿沥青“A”/TOC(%), 右列数据为总烃含量/TOC(%)

通过以上4个有机质丰度评价参数对三个烃源岩样品的有机质丰度进行评价的结果可以看出, 由于咸水湖相烃源岩含有一定数量的碳酸盐类物质, 和一般的泥质类烃源岩相比具有一定的特殊性, 因此通过总有机碳含量(TOC)、生烃潜量(S₁+S₂)、氯仿沥青“A”含量(EOM)和总烃含量(Hc)这4个参数进行评价时, 结论略有一些差别, 但是总体上反映了本研究的三个咸水湖相样品的有机质丰度总体不是很高, 但是达到了烃源岩的水平, 属于中等—好生油岩的水平。

2.2 有机质类型

根据烃源岩热解参数可以快速、有效地评价有机质类型^[8]。评价有机质类型可以根据岩石热解参数中的类型指数(S₂/S₃)或者根据最高热解温度 T_{max}和类型指数(S₂/S₃)的相关图进行评价。

2.2.1 类型指数(S₂/S₃)

表4 我国生油岩的 S₂/S₃类型划分(据邬立言等^[8])Table 4 S₂/S₃ type division for oil formation in China

| 类别 | I | II ₁ | II ₂ | III |
|-------------------------------------|-----|-----------------|-----------------|------|
| 有机质类型 | 腐泥 | 腐殖腐泥 | 腐泥腐殖 | 腐殖 |
| 类型指数 S ₂ /S ₃ | >20 | 5~20 | 2.5~5 | <2.5 |

由表3数据, 以及表4划分标准, 可知油14井烃源岩样品的 S₂/S₃ 值为 5.92, 有机质类型属于 II₁ 型(腐殖腐泥型), 梁3井烃源岩样品的 S₂/S₃ 值为 0.74, 狮深10斜3井烃源岩样品的 S₂/S₃ 值为 0.80, 均小于 2.5, 有机质类型为 III 型(腐殖型)。

2.2.2 T_{max}和类型指数(S₂/S₃)相关图

邬立言等^[8]认为以最高热解温度 T_{max} 值为横坐标, 类型指数(S₂/S₃) 值纵坐标, 做二者相关图来划分有机质类型, 充分考虑了烃源岩样品的成熟度情况, 因此划分有机质类型更加科学可靠。根据表3数据, 对本研究的三个烃源岩样品数据投点而成图2所示, 可知油14井的有机质类型属于 II₁ 型(腐殖腐泥型), 梁3井和狮深10斜3井样品的有机质类型属于 III 型(腐殖型)。

由上述两种有机质类型评价方法所得的结果一致。油14井 N₁² 烃源岩的有机质类型属于 II₁ 型(腐泥型), 梁3井和狮深10斜3井 N₁² 烃源岩的有机质类型属于 III 型(腐殖型)。这是因为狮深10斜3井和梁3井的位置相对于油14井更加靠近处于抬升期的阿尔金山(图1), 且此二者的沉积环境分别属于扇三角洲相、浅湖相, 陆源物质输入较多, 因此梁3井和狮深10斜3井 N₁₂ 烃源岩的有机质类型便呈现了反映陆源物质来源为主的腐殖型(III型)。这与黄杏

珍等^[9]认为柴达木盆地西部渐新统烃源岩的干酪根在邻近阿尔金山的干柴沟、咸水泉附近主要为腐殖型(Ⅲ型)的结论相一致。油14井位置相对梁3井和狮深10斜3井离阿尔金山前较远(图1),沉积环境属于半深湖相—深湖相,陆源输入少,有机质的主要来源是水生菌藻类生物,因而有机质类型为Ⅱ₁型(腐泥型)。

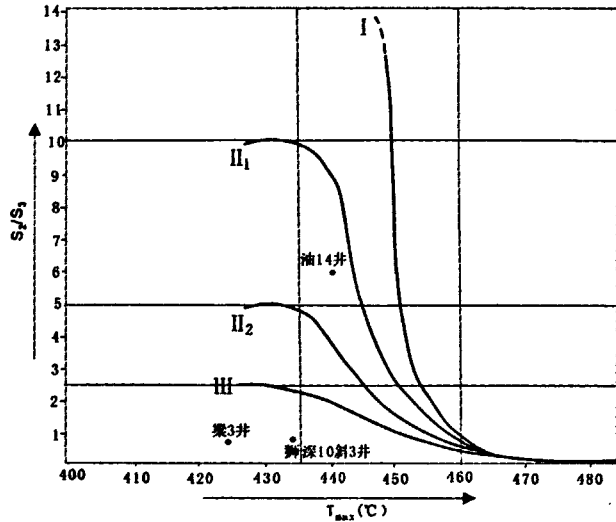


图2 类型指数(S_2/S_3)与 T_{max} 值划分生油岩有机质类型图(据邬立言等^[8])

Fig. 2 Map showing organic matter type classification by type index (S_2/S_3) and T_{max} value

2.3 有机质成熟度

有机质的成熟度可以通过镜质体反射率(R_o)、以及岩石热解参数 T_{max} 进行评价。

2.3.1 镜质体反射率(R_o)

由表1数据可知,油14井烃源岩样品的镜质体反射率(R_o)为0.41%,梁3井烃源岩样品为0.33%,狮深10斜3井烃源岩样品为0.41%,均小于0.5%,依据表5划分标准,均属于未成熟演化阶段。

表5 陆相烃源岩成熟度评价标准(据文献^[7])

Table5 Evaluation standard for continental hydrocarbon source rock maturity

| 演化阶段 | R_o (%) | T_{max} (°C) |
|------|-----------|----------------|
| 未成熟 | <0.5 | <435 |
| 低成熟 | 0.5—0.7 | 435—440 |
| 成熟 | 0.7—1.3 | 440—450 |

2.3.2 岩石热解参数

T_{max} 随着生油岩的埋藏深度的增大和地层时代的变老而增高,是一个重要的成熟度参数^[8]。由表3数据,以及依据表5的划分标准,可知油14井 N_1^2 烃源岩样品的 T_{max} 为440℃,属于低成熟演化阶段;梁3井 N_1^2 烃源岩样品的 T_{max} 为425℃,狮深10斜3井 N_1^2 烃源岩样品的 T_{max} 为434℃,均属于未成熟演化阶段。

由上述2个成熟度参数的评价可知,本研究的三个咸水湖相 N_1^2 烃源岩样品的有机质成熟度均处于未成熟、低成熟的低演化阶段。

2.4 有机质的烃转化率

烃转化率是指氯仿沥青“ A ”含量/有机碳含量或总烃含量/有机碳含量,能反映样品有机质转化为烃类的效率。陈建平等^[10]认为,烃转化率的大小还能判断有机质是否已经进入成熟生油门限。吉利明等^[11]对鄂尔多斯盆地延长组烃源岩研究时发现,氯仿沥青“ A ”/有机碳烃转化率达到5%,总烃/有机碳达到3%时,烃源岩进入了成熟生油门限,而氯仿沥青“ A ”/有机碳转化率达到26%,总烃/有机碳达到14%时,有机质已进入成烃高峰。而柴西地区第三系盐湖相烃源岩一般具有烃转化率高的特点^[3,6]。由表3数据,可知梁3井 N_1^2 烃源岩样品的烃转化率最高(氯仿沥青“ A ”/有机碳值达到25.89%,总烃/有机碳值达到17.32%),反映其有机质已经进入生烃高峰期;油14井 N_1^2 烃源岩样品的烃转化率中等(氯仿沥青“ A ”/有机碳值为10.65%,总烃/有机碳值为6.96%),反映了其有机质已经进入了生油门限;而狮深10斜3井 N_1^2 烃源岩样品的烃转化率则很低(氯仿沥青“ A ”/有机碳值为1.03%,总烃/有机碳值为0.46%),反映了其有机质尚未进入生油门限。

3 未熟—低熟有机质生烃条件

柴达木盆地目前已探明的石油资源中近80%为未熟—低熟石油^[6]。柴西地区渐新统和中新统地层是该区古近系—新近系的未熟—低熟石油主要来源^[6,9]。

本研究的三个咸水湖相 N_1^2 烃源岩样品演化程度较低,属于未成熟阶段,但是其烃转化率反映其有机质已经进入生烃门限,甚至某些样品已经进入了生烃高峰期,这反映了柴西地区上干柴沟组上段 N_1^2 咸

化湖相未成熟烃源岩已经进入了生烃阶段,这与柴达木盆地已探明油气资源中主要为未熟—低熟油气的事实相符合。而有机质未成熟—低成熟生烃是盐湖相烃源岩的一个生烃特点,其生烃机理值得深入研究。

目前已经有不少学者对未熟—低熟石油的生烃机理进行研究,研究所得结论尚未取得共识。江继纲等^[12]对国内外的多个盐湖相盆地做了大量的研究,认为盐湖沉积环境未成熟—低成熟石油的形成可能存在3种成烃机理:一种是藻类生物类脂物和细菌早期成烃;另一种是高硫有机质和高硫干酪根早期降解成烃;还有一种是特殊富氢显微组分早期成烃。

柴达木盆地中以第三系烃源岩的为源岩的原油中有机质的硫化物含量很低^[13],而柴达木盆地第三系烃源岩有机质具有特殊富氢显微组分这一特征至今尚未见有报道。周凤英等^[6]通过油源对比发现草本植物很发育的生油岩与未熟石油的相关性相对较差,认为草本植物作为未熟石油的生烃母质的可能性很小。而盐湖相环境中富含古细菌,因此细菌微生物活动十分频繁,它不仅在有机质的早期降解、改造和转化中扮演着重要角色,同时细菌本身也是生油母质,是早期生烃的重要贡献者。如澳大利亚科学院的模拟实验已经证实,以藻类为原料,微生物可在25℃~80℃下生成石油^[14]。因此柴达木盆地西部第三系烃源岩的未熟—低熟有机质生烃机理很可能是由于烃源岩中藻类生物类脂物和细菌早期成烃而形成未熟—低熟油。

柴西地区的生烃母质主要有三大类:①腐殖腐泥型;②腐泥腐殖型;③腐殖型。周凤英等^[6]认为腐殖腐泥型烃源岩是柴达木盆地未熟—低熟石油的主要油源岩,而腐泥腐殖型烃源岩主要为成熟油的油源岩。虽然本研究的三个烃源岩样品中,有两个样品有机质类型为腐殖型,一个样品为腐殖腐泥型,但是所研究样品数量较少,不足以整体反映出整个柴西地区上干柴沟组上段烃源岩的有机质类型整体面貌。

金强等^[15]认为盐湖中的湖水在重力作用下易形成盐度分层,表层水为盐度小水体,适于广盐和嗜盐性浮游藻类生物的生存,深水部位为盐度大的水体,缺乏游离氧,适于有机质的保存,但是由气候变化引起的突发性洪水会破坏湖盆分层水体,从而在纵向剖面上形成优质烃源岩与普通烃源岩互层的现象。柴西地区的阿尔金山附近湖泊相地区中,会有较多由气

候变化引起的突发性洪水,从而造成该区上干柴沟组上段(N_1^2)烃源岩出现优质烃源岩与普通烃源岩互层的现象。

因此柴西地区上干柴沟组上段(N_1^2)烃源岩的有机质类型并不是稳定不变的,而很可能在纵向剖面上具有多种有机质类型互层的现象,由此可以推断 N_1^2 地层中腐殖腐泥型烃源岩的数量非常可观。由此可知,柴西地区干柴沟组上段(N_1^2)有机质类型为腐殖腐泥型的烃源岩,作为柴西地区未熟—低熟石油的主要油源岩之一,具有非常大的勘探潜力,应加强对该层位的勘探工作。

4 结论

(1)柴西地区上干柴沟组上段(N_1^2)烃源岩的沉积水体环境中水体咸度较高,根据盐度含量其沉积水体环境可以划分为咸水湖泊相。

(2)柴西地区上干柴沟组上段(N_1^2)烃源岩具有以下特征:有机质总体丰度不高,属于中等—好生油岩的水平;有机质类型受烃源岩所处位置及沉积环境控制,靠近阿尔金山地区的有机质类型多为腐殖型,远离阿尔金山有机质类型多为腐殖腐泥型,半深湖相—深湖相有机质类型一般为腐殖腐泥型,扇三角洲相、浅湖相有机质类型一般为腐殖型,另外由气候变化引起的突发性洪水会破坏湖盆分层水体,可能造成在纵向剖面上具有多种有机质类型互层的现象;有机质成熟度多为未成熟,少量为低成熟;有机质的烃转化率较高,反映其大部分有机质已经进入生烃门限,少量已经进入生烃高峰期。

(3)柴西地区上干柴沟组上段(N_1^2)的烃源岩具有咸化湖泊相未熟—低熟有机质生烃的特点,其生烃机理很可能是因为有机质中藻类生物类脂物和细菌的早期成烃而形成未熟—低熟石油。柴西地区上干柴沟组上段(N_1^2)烃源岩总体是该区未熟—低熟石油的主要源岩之一,具有非常大的勘探潜力,应加强对该层位的勘探工作。

参考文献:

- [1] 曹海防. 柴达木盆地西部第三系油气成藏条件与富集规律研究[D]. 广州:中国科学院研究生院(广州地球化学研究所),2007.
- [2] 曹国强. 柴达木盆地西部地区第三系沉积相研究[D]. 广州:中国科学院研究生院(广州地球化学研究所),2005.
- [3] 彭德华, 苏爱国, 朱扬明, 等. 柴达木盆地西部第三系盐湖相烃源

- 岩特征与成烃演化[J]. 石油学报, 2005, 26(增刊): 92-96.
- [4] 郭峰, 陈世悦, 袁文芳, 等. 柴达木盆地西部干柴沟组沉积相及储层分布[J]. 新疆地质, 2006, 24(1): 45-51.
- [5] 柳大纲, 陈敬清, 张长美. 柴达木盆地盐湖类型和水化学特征[J]. 盐湖研究, 1996, 4(3-4): 9-19.
- [6] 周凤英, 彭德华, 边立增, 等. 柴达木盆地未熟-低熟石油的生烃母质研究新进展[J]. 地质学报, 2002, 76(1): 107-113.
- [7] SY/T 5735—1995, 陆相烃源岩地球化学评价方法[S].
- [8] 鄢立育, 顾信章, 盛志伟, 等. 生油岩热解快速定量评价[M]. 北京: 科学出版社, 1986.
- [9] 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: 甘肃科技出版社, 1993.
- [10] 陈建平, 黄第藩, 陈建军, 等. 酒东盆地油气生成和运移[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996.
- [11] 吉利明, 李林涛, 吴涛. 陇东西峰地区延长组烃源岩热演化程度研究[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(3): 28-31.
- [12] 江继纲, 等. 盐湖油气的形成、演化和运移聚集[M]. 广州: 广东科技出版社, 2004.
- [13] 朱扬明, 苏爱国, 梁狄刚, 等. 柴达木盆地西部第三系咸水湖相原油地球化学特征[J]. 地质科学, 2004, 39(4): 475-485.
- [14] 张义纲, 陈焕疆. 论生物气的生成和聚集[J]. 石油与天然气地质. 1983, 4(2): 160-170.
- [15] 金强, 朱光有, 王娟. 威化湖盆优质烃源岩的形成与分布[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2008, 32(4): 19-23.

Study on Hydrocarbon Generation Conditions of Saline Lacustrine Source Rocks of the Upper Unit of the Upper Ganchaigou Formation in Western Qaidam Basin

HE Jin-xian^{1,2,3}, DUAN Yi^{1,2}, ZHANG Xiao-li^{1,2,3}, WU Bao-xiang^{1,2}, XU Li^{1,2,3}

(1. Lanzhou Research Center of Oil & Gas Resources, Institute of Geology and Geophysics, CAS, Lanzhou 730000, China;

2. Key Laboratory of Petroleum Resources Research, Chinese Academy of Sciences,

Lanzhou 730000, china; 3. Graduate University of Chinese Academy of sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The sedimentary environment of source rocks of the upper unit of the Upper Ganchaigou Formation in Western Qaidam Basin was saline lacustrine facies. The overall organic matter abundances in source rocks of the Upper Ganchaigou Formation was low; the organic matter types were mainly humic-sapropelic type and humic type, and the types were controlled by the location and the sedimentary environment; the organic matter maturity was immature-low mature; the hydrocarbon conversion rate was high, and reflected that most of organic matter had entered the hydrocarbon generating threshold, and a little of organic matter had entered hydrocarbon generation peak. The source rocks of Upper Ganchaigou Formation in Western Qaidam Basin had characteristics of hydrocarbon generation in immature-low mature organic matter, and the hydrocarbon generation mechanism of immature-low mature source rocks might be that early-stage hydrocarbon generation was occurred in lipids of algae and bacterium. The source rock of the upper unit of the Upper Ganchaigou Formation in Western Qaidam Basin was one of the main source rocks of immature-low mature oil in this region and showed their great exploration potentiality.

Key Words: Western Qaidam Basin; upper unit of the Upper Ganchaigou Formation; saline lacustrine facies; Characteristics of organic matter; hydrocarbon generation conditions; exploration potential