

文章编号:1009-3850(2018)01-0096-07

柴西油砂山地区油砂有机地球化学特征研究

宋红莎^{1,2}, 韩梅梅^{3,4}, 曹占元², 张晓宝², 陈文磊²

(1. 甘肃矿业开发研究院, 甘肃 兰州 730000; 2. 甘肃省油气资源研究重点实验室/中国科学院油气资源研究重点实验室, 甘肃 兰州 730000; 3. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 4. 中国地质大学, 北京 100083)

摘要:为深入研究油砂山地区油砂的古沉积环境、成熟度及母质来源,促进柴西地区非常规资源勘探开发,本文以油砂山干柴沟组油砂为研究对象,通过气相色谱-质谱分析,发现该区油砂正构烷烃受到轻度损失,降解程度为1级;该区油砂具有低的 $m(Ts)/m(Tm)$ 值,相对低的 $m(C_{29}\beta\beta)/m[(\beta\beta + \alpha\alpha)]$ 和 $m(C_{29}\alpha\alpha\alpha-20S)/m[20(S+R)]$ 的值,表明油砂油属低成熟油砂油; $m(Pr)/m(Ph)$ 较低,表明其源岩沉积强还原环境;油砂油样品具较高的 $m(r\text{-蜡烷})/m(0.5C_{31})$ 值,显示为高盐度咸水环境沉积;甾烷 C_{27} 、 C_{28} 和 C_{29} 参数成“L”型或“V”型分布,表明油砂油母质来源水生生物相对较多。

关键词:油砂;地球化学;母质类型;沉积环境;成熟度

中图分类号:TE122

文献标识码:A

随着我国经济的快速增长,我国原油对外依存度逐年递增。近年来,非常规油气资源开发得到了高度重视,并已带来全球能源行业资源供需格局、开采方式、技术创新等方面全方位的重大转变^[1]。油砂资源作为重要的非常规油气资源,逐渐进入人们的视线。我国油砂资源丰富,地质储量 59.7×10^8 t,可开采资源量为 59.7×10^8 t^[2],开发利用初具规模,作为一种重要的非常规油气资源,其开发利用日益备受高度重视。截止目前,在准噶尔、柴达木、松辽、鄂尔多斯、塔里木等大盆地已开展油砂资源开发^[3-4]。柴达木盆地作为典型的油砂资源盆地,目前已于油砂山、鱼卡、干柴沟等地发现20余处油砂矿。对该区内的油砂矿成矿规律的研究,不仅

将有助于该区的油砂资源的勘探开发,也将有助于我国油砂资源成矿规律的研究。本文拟通过油砂山地区上干柴沟组(N_1)8个油砂样品进行色谱-质谱分析,对油砂生油母质的沉积环境、成熟度及母质来源进行分析,以期为该区的油砂勘探提供有益借鉴。

1 基础地质背景及油砂特征

柴达木盆地是中国西北地区重要的含油气盆地之一,隶属于青藏高原北部,三面环山,北方与祁连山相连,西方与阿尔金山相接,南方与昆仑山相邻^[5]。柴达木盆地总体具有南北向对冲、中央拗陷的三分地质构造,与此同时,东西部存在较大差异。

收稿日期:2016-09-07; 改回日期:2016-11-08

作者简介:宋红莎(1991-),女,硕士研究生,地质工程专业。E-mail:303069820@qq.com

资助项目:中国科学院2012年度“西部之光”人才计划支持项目“马海地区深层构造特征及油气藏成因类型研究”(1308RJZA310)和甘肃省重点实验室专项(1309RTSA041)联合资助

油砂山油田位于柴达木盆地西部南区,油砂山地表背斜构造顶部平缓,北翼缓($3^{\circ} \sim 25^{\circ}$),南翼陡($30^{\circ} \sim 75^{\circ}$),为北西~南东向不对称半箱状背斜构造,轴线走向 $N105^{\circ} \sim N113^{\circ}$,构造西高东低,长轴约 8.15km,短轴约 1.6km。研究区含油地层主要由下油

砂山组(N_2^1)和上干柴沟组(N_1)两套地层,研究区含油层主要为上干柴沟组(N_1),油砂山油砂出露在油砂沟口往里 0.8km 处(图 1),并向东延伸至沥青沟,露头南北宽约 0.75km,东西长约 1.2km,面积约 1.5km^2 ,出露的油砂厚度 $74.14\text{m}^{[6]}$ 。

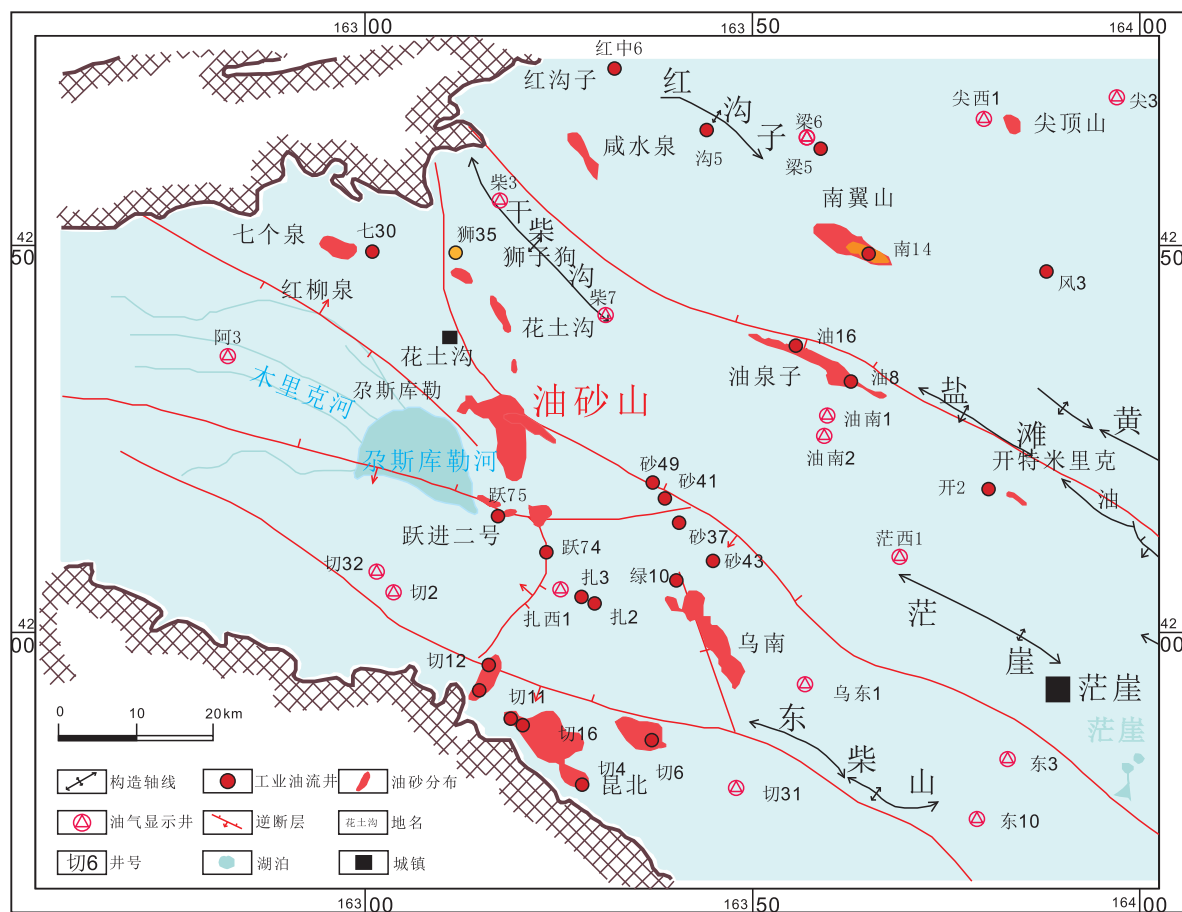


图 1 油砂山地区油砂分布图

Fig. 1 Oil sands distribution in the Youshashan area, western Qaidam Basin

油砂山油砂矿位于断层发育的油砂沟高点,出露的油砂以夹层状产于地层中,油砂层产状较为平缓,多以凸透镜状和脉状产出,不具明显的成层性,其单层厚度多分布在 $0.2 \sim 9.85\text{m}$ 之间,在平面上呈现出单层厚度由西向东逐渐增厚的特征。油砂层四周均出露于地表,不均圈闭条件。钻探资料显示,区内油砂矿含油率较高,其中以位于 II 断块上的 YZK12 孔、YZK13 孔、YZK14 孔、YZK15 孔、YZK17 孔油砂含油率最高,以饱含油、富含油以及油浸为主,其含油率主要在 $2\% \sim 5\%$ 之间。研究区内油砂矿内原油以重质油为主,其次为中质油,挥发组分含量低,密度最大值 0.935 g/cm^3 ,最小值 0.

897 g/cm^3 ,平均值 0.920 g/cm^3 。前人研究认为,油砂山原油的烃源岩为盆地内部半深湖相的下干柴沟组上段和上干柴沟组^[7-8],其中下干柴沟组上段烃源岩主要为砂岩,厚度多在 $1.1 \sim 15\text{m}$ 之间,TOC 含量在 $0.07\% \sim 2.43\%$ 之间,平均值为 0.85% , R_o 在 $0.7\% \sim 1.0\%$ 之间,其内干酪根以腐泥型为主。上干柴沟组烃源岩主要为砂岩,厚度多在 $0.2 \sim 11\text{m}$ 之间,TOC 含量在 $0.02\% \sim 1.89\%$ 之间,平均值为 0.59% , R_o 在 $0.62\% \sim 0.91\%$ 之间,其内干酪根也以腐泥型为主。

2 样品及分析方法

研究区 8 块实验分析样品采自钻孔岩心,样品采集后采用低温保存,防止烃类的挥发^[9]。选取岩样并称取一定重量粉碎至 100 目,将粉碎后的样品在索氏抽提器中抽提 72 小时,抽提出不溶有机质以及可溶有机质氯仿沥青 A,不溶有机物氯仿沥青用正己烷脱除沥青质,可溶有机物再经层析柱(氧化铝和硅胶)进行族组分分离,之后用正己烷、二氯甲烷和甲醇淋洗填充柱,可得到饱和烃、芳烃及非烃组分,最后进行饱和烃色谱-质谱分析^[6]。

实验仪器选取 6890NGC/5973NMS 型色谱-质谱(GC-MS)仪。色谱条件:进样口温度 280°C,高纯氮载气,HP-5 弹性石英毛细管柱(30m × 0.25mm ×

0.25μm),以 80°C 为起始温度,1min 后以 4°C/min 升温至 290°C,恒温 30min。质谱条件:采用 EI 质谱离子源,230°C 的离子源温度,150°C 的四极杆温度,70eV 的离子源电离能。色谱仪与质谱仪的接口温度为 280°C^[10]。

3 分析结果与分析方法

在油砂的研究过程中,生物标志化合物提供的信息能够反映其古沉积环境、成熟度及母质来源等多方面信息。本文实验采用色谱-质谱技术对 8 个油砂样进行研究,深入解读其生标的分布特征,其地球化学特征分述如下。

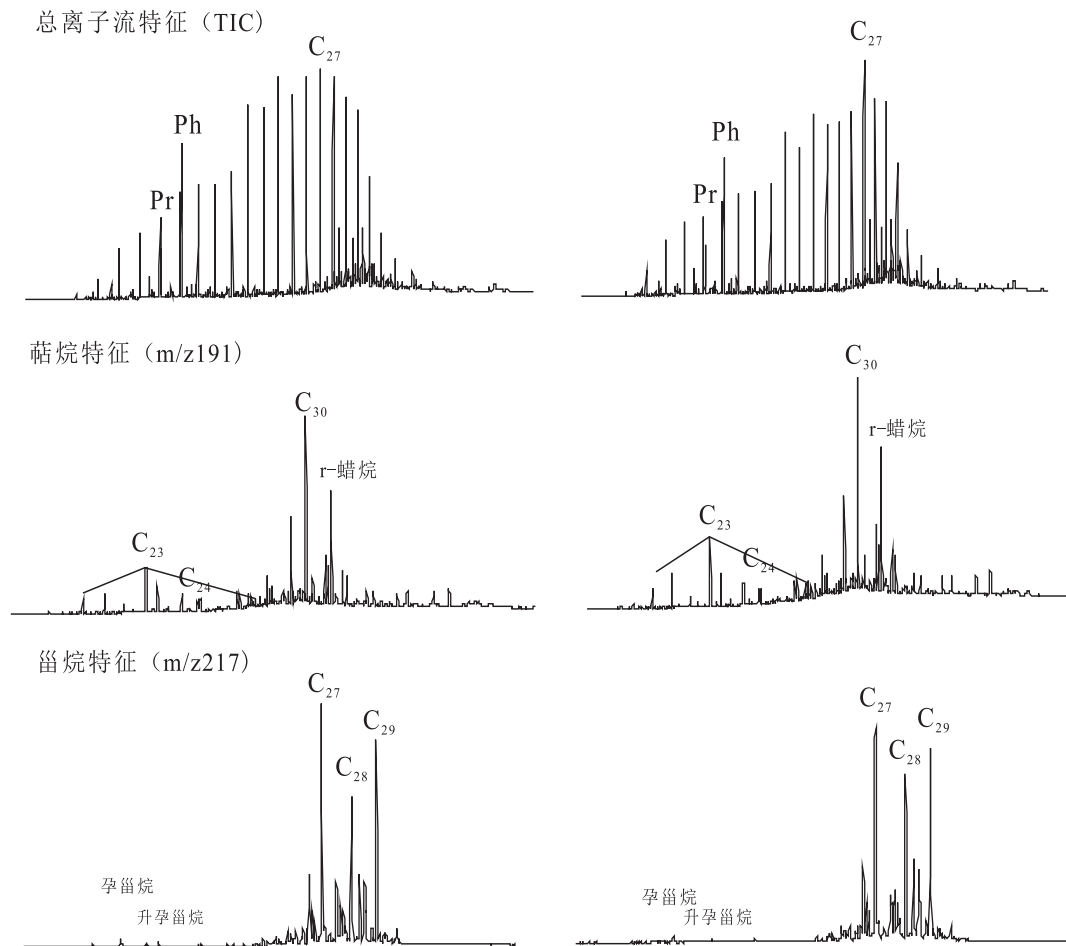


图 2 油砂山地区饱和烃色谱-质谱图

Fig. 2 Chromatograms and mass spectrograms of the saturated hydrocarbons in the oil sands samples from the Youshashan area, western Qaidam Basin

3.1 生物降解程度与成熟度分析

对油砂样品进行 GC-MS 分析,8 件样品中有 7 件样品饱和烃 TIC 扫描时间 50min 以后均检测出明

显的藿烷系列,且扫描时间 45 ~ 55min 均出现 UCM 鼓包(图 2),表明样品受到微生物降解作用^[11]。样品虽有鼓包出现,但正构烷烃遭受到轻微损失,峰

型较完整,综合离子图和分析数据可知,样品其他组分完整,未见明显缺失,表明生物降解等级均不高。依据 Peter 和 Moldowan 的生物降解分级,油砂山油砂样品的正构烷烃受到轻度损失,降解程度为 1 级^[12]。

研究区 8 个油砂样品测试结果表明(表 1),样品饱和烃分布介于 0.53~0.81 之间,平均含量为 0.645,其饱和烃含量较高;芳烃分布范围为 0.06~0.11,平均含量为 0.084,较正常油的值偏低;非烃

含量为 0.05~0.34,平均含量为 0.221;沥青质分布介于 0.01~0.15,平均含量为 0.054,饱和烃与芳香烃比值介于 6~14,研究区饱芳比值大,表明生油母质类型好,对应的原油物质好^[6]。油砂山地区油砂油饱和烃含量普遍较高,一般认为,原油族组分组成主要受烃源岩有机质类型和成熟度等因素影响,通常烃源岩有机质类型越好、成熟度越高,饱和烃含量越高。

表 1 油砂山地区油砂抽提物分析

Table 1 Measurements of the oil sands samples from the Youshashan area, western Qaidam Basin

样品编号	层位	深度(m)	氯仿“A”(%)	族组分				m(饱)/m(芳)	非+沥
				饱和烃	芳烃	非烃	沥青质		
YZK-4-N	N ₁	97.45	1.86	0.64	0.08	0.2	0.09	8.3	0.29
YZK-6-N	N ₁	116.06	0.85	0.77	0.06	0.17	0.01	14	0.18
YZK-8-N	N ₁	127.63	4.68	0.59	0.08	0.29	0.04	7	0.33
YZK-10-N	N ₁	144.08	1.41	0.53	0.08	0.34	0.06	6.9	0.4
YZK-13-N	N ₁	158.12	0.91	0.69	0.08	0.2	0.03	8.5	0.23
YZK-16-N	N ₁	175.32	2.87	0.57	0.09	0.19	0.15	6.4	0.34
YZK-19-N	N ₁	187.9	1.84	0.81	0.11	0.05	0.04	7.6	0.09
YZK-20-N	N ₁	194.3	2.03	0.56	0.09	0.33	0.01	6	0.35

注:中科院兰州地质所测定

正构烷烃是反映有机质成熟度的重要参数^[13],OEP 值是用正构烷烃奇偶数碳优势来判识有机质成熟的重要参数,该值越接近 1,表明成熟度越高,但若 OEP 值小于 1 则表明样品发生微生物降解,6

件样品的 OEP 值(表 2)小于 1,则 OEP 值不能作为表征原油演化程度的参数;m(Ts)/m(Tm)值分布在 0.297~0.39,显示油砂油为低成熟油的特征(表 3)。

表 2 油砂山地区油砂提取物中正构烷烃及类异戊二烯烃参数

Table 2 Parameters for the n-alkanes and isoprenoid hydrocarbons in the oil sands samples from the Youshashan area, western Qaidam Basin

样号	深度(m)	正 构 烷 烃					类 异 戊 二 烯 烷 烃		
		碳数分布	峰型	主峰	$m(\sum C_{21-})/m(\sum C_{22+})$	OEP	$m(Pr)/m(Ph)$	$m(Pr)/m(C_{17})$	$m(Ph)/m(C_{18})$
YZK-4-N	97.45	C ₁₂ -C ₃₈	单驼峰	nC ₂₇	0.18	1.19	0.26	0.35	1.14
YZK-6-N	116.06	C ₁₂ -C ₃₉	单驼峰	nC ₂₀	1.13	0.91	0.38	0.56	1.66
YZK-8-N	127.63	C ₁₂ -C ₃₈	单驼峰	nC ₂₈	0.38	0.97	0.32	0.49	1.27
YZK-10-N	144.08	C ₁₂ -C ₃₈	单驼峰	nC ₂₇	0.36	0.93	0.26	0.45	1.32
YZK-13-N	158.12	C ₁₂ -C ₃₈	单驼峰	nC ₂₂	1.09	0.99	0.43	0.84	2.46
YZK-16-N	175.32	C ₁₂ -C ₃₉	单驼峰	nC ₃₀	0.15	0.86	0.27	0.38	1.29
YZK-19-N	187.9	C ₁₂ -C ₃₇	单驼峰	nC ₂₅	0.27	1.01	0.29	0.37	1.32
YZK-20-N	194.3	C ₁₂ -C ₃₈	单驼峰	nC ₂₄	0.91	0.91	0.32	0.43	1.49

注:中科院兰州地质所测定

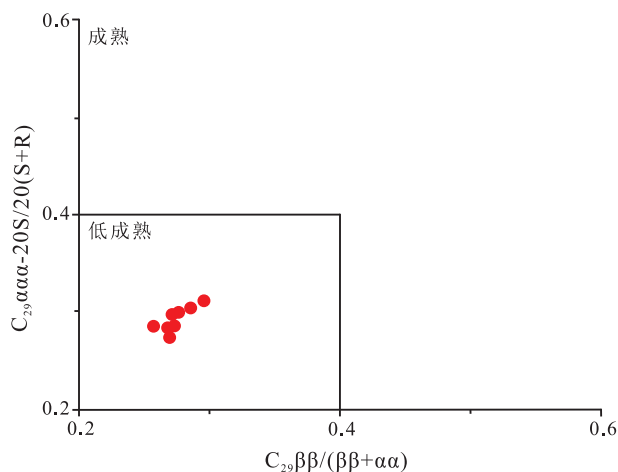


图3 成熟度参数关系图

Fig. 3 Diagram showing the relationship between individual parameters for the oil sands samples from the Youshashan area, western Qaidam Basin

油砂山油砂 $m(\Sigma \text{孕甾烷})/m(\Sigma \text{常规})$ 非常低,最大值 0.023,最小值 0.016,平均值 0.020(8); $m(\Sigma \text{重排})/m(\Sigma \text{常规})$ 较高,最大 4.471,最小 2.

703,平均值 3.837(8);据成熟度划分标准, $m(C_{29}\beta\beta)/m[(\beta\beta + \alpha\alpha)]$ 最大 0.295,最小 0.257,平均 0.274(8),位于 0.2 和 0.4 之间,属低成熟油砂油; $m(C_{29}\alpha\alpha\alpha-20S)/m[20(S + R)]$ 最大 0.313,最小 0.274,平均 0.294(8),位于 0.2 和 0.4 之间,属于低成熟油砂油(图 3); $C_{27}\alpha\alpha\alpha-20R\%$ 最大值 40.764,最小值 35.685,平均值 38.708(8),属 II₁型干酪根。

3.2 氧化还原条件分析

从研究区 8 个油砂样品 GC-MS 总离子流图 TIC(图 2)和正构烷烃及类异戊二烯参数(表 2)可得,油砂山油砂碳数分布范围较大,从 C_{12} , C_{13} 至 C_{37} 和 C_{38} 均有分布,多呈单峰型,主峰碳位于 C_{22} 至 C_{30} 之间, $m(\Sigma C_{21-})/m(\Sigma C_{22+})$ 分布于 1.13 ~ 0.15 之间,平均 0.56(8); $m(\text{Pr})/m(\text{Ph})$ 较低,介于 0.43 ~ 0.26 之间,平均值 0.32(8),表明其源岩沉积在强还原环境,且水体较深; $m(\text{Pr})/m(C_{17})$ 较高,最大值 0.84,最小值 0.35,平均值 0.49(8);尤其是 $m(\text{Ph})/m(C_{18})$ 较大,最大值 2.46,最小值 1.14,平均值 1.49(8),源岩沉积在还原海相环境中(图 4)。

表3 油砂山地区油砂提取物中萜烷参数

Table 3 Parameters for the terpanes in the oil sands samples from the Youshashan area, western Qaidam Basin

样号	三环、四环萜烷				五环三萜烷			
	碳数分布	主峰	$m(C_{24} \text{ 四环})/m(C_{26} \text{ 三环})$	$m(\Sigma \text{ 三环})/m(\Sigma \text{ 五环})$	$m(\text{Ts})/m(\text{Tm})$	$m(C_{31}\alpha\beta 22S)/22(S + R)$	$m(C_{32}\alpha\beta 22S)/m[22(S + R)]$	$m(r-)/m(0.5C_{31})$
YZK-4-N	$C_{19}-C_{29}$	C_{23}	0.484	0.33	0.351	0.573	0.538	1.321
YZK-6-N	$C_{19}-C_{29}$	C_{23}	0.429	0.353	0.328	0.559	0.544	1.248
YZK-8-N	$C_{19}-C_{29}$	C_{23}	0.415	0.282	0.389	0.559	0.55	1.288
YZK-10-N	$C_{19}-C_{29}$	C_{23}	0.392	0.299	0.34	0.582	0.536	1.276
YZK-13-N	$C_{19}-C_{29}$	C_{23}	0.458	0.296	0.297	0.594	0.538	1.22
YZK-16-N	$C_{19}-C_{29}$	C_{23}	0.361	0.271	0.334	0.54	0.522	1.359
YZK-19-N	$C_{19}-C_{29}$	C_{23}	0.43	0.276	0.39	0.575	0.529	1.313
YZK-20-N	$C_{19}-C_{29}$	C_{23}	0.403	0.38	0.339	0.561	0.537	1.29

注:中科院兰州地质所测定

3.3 水体盐度分析

由表 3 可得 $m(C_{24} \text{ 四环})/m(C_{26} \text{ 三环})$ 值分布于 0.484 ~ 0.361 之间,平均 0.421(8),反映了一定的高等植物注入; $m(\Sigma \text{ 三环})/m(\Sigma \text{ 五环})$ 值较高,分布于 0.271 ~ 0.380 之间,平均 0.311(8),表明水体较咸; $m(r\text{-蜡烷})$ 具有较强的抗生物降解能力, $m(r\text{-蜡烷})/m(0.5C_{31})$ 可指示咸水环境,油砂油样品 $m(r\text{-蜡烷})/m(0.5C_{31})$ 藿烷值最大 1.359,最小 1.220,平均 1.290(8),均显示为高盐度咸水环境沉积^[12]。

甾烷 C_{27} 、 C_{28} 和 C_{29} 参数,可反映母质类型,由表 4 可知,三参数表现为 $C_{27} > C_{28} < C_{29}$,成“L”型或“V”型分布,表明油砂油母质来源水生生物相对较多,从图 5 中可知低等水生生物为重要母质类型,有高等植物混入^[14]。

表 1 油砂山地区油砂提取物中甾烷参数

Table 1 Parameters for the steranes in the oil sands samples from the Youshashan area, westernQaidam Basin

样号	$m(\Sigma \text{孕甾烷})/$ $m(\Sigma \text{常规})$	$m(\Sigma \text{重排})/$ $m(\Sigma \text{常规})$	$m(\text{C}_{29}\beta\beta)/$ $m[(\beta\beta + \alpha\alpha)]$	$m(\text{C}_{29}\alpha\alpha\alpha\text{-20S})/$ $m[20(\text{S} + \text{R})]$	$\text{C}_{27}\alpha\alpha\alpha$ -20R(%)	$\text{C}_{28}\alpha\alpha\alpha$ -20R(%)	$\text{C}_{29}\alpha\alpha\alpha$ -20R(%)
YZK-4-N	0.022	2.703	0.257	0.286	40.764	24.998	34.238
YZK-6-N	0.021	3.682	0.269	0.274	38.202	25.132	36.665
YZK-8-N	0.018	4.158	0.267	0.284	39.087	26.457	34.456
YZK-10-N	0.019	4.049	0.271	0.299	39.77	25.666	34.563
YZK-13-N	0.021	3.942	0.295	0.313	35.685	29.325	34.99
YZK-16-N	0.017	4.471	0.272	0.286	38.595	25.894	35.511
YZK-19-N	0.016	4.43	0.275	0.301	38.218	27.732	34.05
YZK-20-N	0.023	3.264	0.285	0.306	39.344	27.011	33.645

注:中科院兰州地质所测定

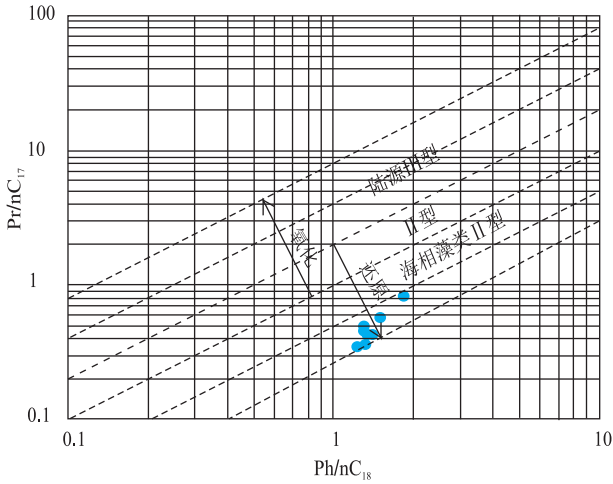


图 4 油砂中 $m(\text{Pr})/m(\text{C}_{17})$ 与 $m(\text{Ph})/m(\text{C}_{18})$ 比值关系
Fig. 4 $m(\text{Pr})/m(\text{C}_{17})$ vs $m(\text{Ph})/m(\text{C}_{18})$ for the oil sands samples from the Youshashan area, western Qaidam Basin

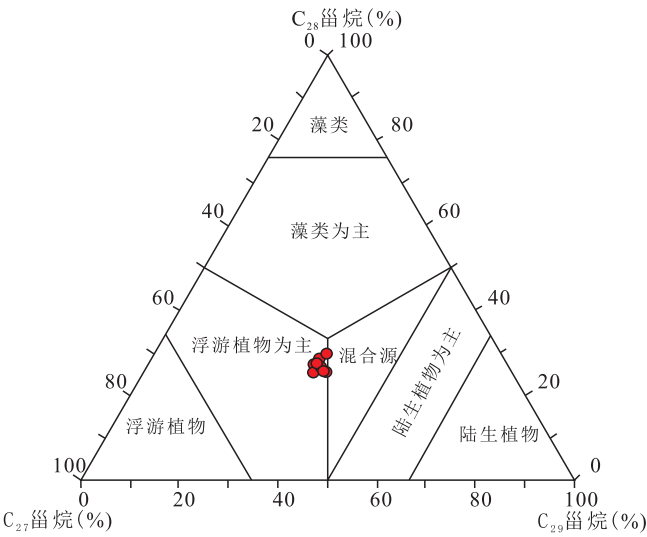


图 5 油砂甾烷关系三角图

Fig. 5 Triangular diagram of the parameters for the steranes C_{27} , C_{28} and C_{29}

4 结果与讨论

油砂山地区油砂受到微生物降解,降解程度为 1 级,低等水生生物为该研究样品重要母质类型,有高等植物混入;油砂的源岩沉积于高盐度还原海相环境,热演化达低成熟阶段,样品均为低成熟油砂油品。

油砂山油砂矿古近纪就形成了生长背斜, N_2^1 时期,上干柴沟组烃源岩开始生烃,油砂山构造第一次成藏,形成了原生油气藏; N_2^3 —Q 时期,油砂山地层形成了浅层的断展褶皱,为浅层滑脱构造,油气进行重新调整,形成浅层次生油气藏。本文实验所采样品抽提的烃类被运移至储集层时尚未达到完全成熟阶段,此后次生油气藏被抬升剥蚀,致使油藏被破坏,原油在地表受到风化作用、生物降解等次生蚀变作用^[15],形成油砂山油砂。

参考文献:

[1] 贾承造. 论非常规油气对经典石油天然气地质学理论的突破及意义[J]. 石油勘探与开发, 2017, 44(1): 1-11.
[2] 李术元,王剑秋,钱家麟. 世界油砂资源的研究及开发利用[J]. 中外能源,2011,(5):10-23.
[3] 薛成,冯乔,田华. 中国油砂资源分布及勘探开发前景[J]. 新疆石油地质,2011,32(4):348-350.
[4] 单玄龙,车长波,李剑,等. 国内外油砂资源研究现状[J]. 世界地质,2007,26(4): 459-464.

- [5] 刘琪, 潘晓东, 李凤杰, 等. 柴北缘西段新近系上干柴沟组沉积相特征分析[J]. 沉积与特提斯地质, 2011, 31(2): 67-74.
- [6] 曹占元, 梁晓飞, 张晓宝, 等. 柴北缘鱼卡地区油砂有机地球化学特征研究[J]. 科学技术与工程, 2015, (24): 132-137.
- [7] 杨柳, 郑希民, 易定红, 等. 柴达木盆地西南部重力流沉积特征及其沉积模式研究[J]. 重庆科技学院学报: 自然科学版, 2016, 18(5): 14-19.
- [8] 易定红, 王斌婷, 曹正林, 等. 柴西乌南-绿草滩地区古近系下干柴沟组下段储盖组合与勘探潜力[J]. 沉积与特提斯地质, 2010, 30(1): 67-72.
- [9] 梁晓飞, 曹占元, 吴远东, 等. 冷湖地区油砂有机地球化学特征[J]. 特种油气藏, 2016, 23(1): 33-37.
- [10] 何江林, 王剑, 付修根, 等. 羌塘盆地胜利河油页岩有机地球化学特征及意义[J]. 沉积学报, 2010, 28(3): 626-634.
- [11] 国朋飞, 何生, 朱书奎, 等. 泌阳凹陷生物降解油“基线鼓包”成因及化合物组成[J]. 石油与天然气地质, 2014, 35(3): 317-325.
- [12] Peters K E, Moldowan J M, 姜乃煌, 张水昌. 生物标记化合物指南——古代沉积物和石油中分子化石的解释[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995.
- [13] 侯读杰, 冯子辉. 油气地球化学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2011.
- [14] Larter S, Wilhelms A, Head I, et al. The controls on the composition of biodegraded oils in the deep subsurface—part 1: biodegradation rates in petroleum reservoirs [J]. Organic Geochemistry, 2003, 34(4): 601-613.
- [15] 李萌瑶, 赵欣, 周科, 等. 柴西地区古近系油砂有机地球化学特征[J]. 新疆石油地质, 2014, 35(2): 177-181.

Organic geochemical signatures of the oil sands from the Youshashan area, western Qaidam Basin, Qinghai

SONG Hong-sha^{1, 2}, HAN Mei-mei^{3, 4}, CAO Zhan-yuan², ZHANG Xiao-bao², CHEN Wen-lei²

(1. Key Laboratory of Petroleum Resources, Gansu Province/Key Laboratory of Petroleum Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, Gansu, China; 2. University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100081, China; 3. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China; 4. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The oil sands resources are interpreted as the significant unconventional oil and gas resources in China. The emphasis of the present paper is placed on the chromatographic analysis and mass spectrographic analysis of eight pieces of oil sands samples from the Upper Ganchaigou Formation (N_1) in the Youshashan area in order to examine ancient sedimentary environments, maturity and origin of parent matter types. The results in this study show that the saturated hydrocarbons range between 0.53 and 0.81, indicating higher oil contents. The $m(\text{Pr})/m(\text{Ph})$ ratios vary from 0.43 to 0.26, with an average of 0.32 (8), indicating a relatively deep-water and highly reducing environment of the source rocks. The parameters for oil sands evolution $m[C_{31}\alpha\beta 22S/22(S+R)]$ and $m[C_{32}\alpha\beta 22S/22(S+R)]$ are more than 0.5 or 0.6, indicating that all the eight oil sands samples are matured oil sands samples and subjected to biodegradation. The triangular diagram of the parameters of steranes C_{27} , C_{28} and C_{29} indicate that the parent matter types of the oil sands belong to the lower aquatic organisms mixed with higher plants. The oil sands in the study area have higher contents of saturated hydrocarbons, wider outcropped area and greater thickness, and thus may be considered highly prospective for the unconventional oil and gas resources.

Key words: oil sands; geochemistry; parent type; sedimentary environment; maturity