

北黄海盆地 LV 井侏罗系烃源岩特征及油源对比

赵青芳^{1,2} 李双林^{1,2} 温珍河^{1,2} 龚建明^{1,2} 肖国林^{1,2} 吴亮亮³

(1.国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室 山东青岛 266071;

2.青岛海洋地质研究所 山东青岛 266071;3.中国科学院广州地球化学研究所 广州 510640)

摘要 对北黄海盆地 LV 井中、上侏罗统烃源岩及上侏罗统原油(油砂抽提物)进行常规有机地球化学分析和碳同位素测试,分析研究烃源岩和原油的地球化学特征并探讨原油的来源问题。测试结果显示,侏罗系烃源岩达成熟—高熟阶段,有机质类型以Ⅲ型为主。中侏罗统烃源岩有机碳含量较高,但生烃潜能、氯仿沥青“A”及总烃含量低值,属于差的烃源岩。干酪根碳同位素总体偏重(-24.4‰~-23.5‰),与原油碳同位素特征(-29‰左右)差异显著,排除与原油的母岩关系。上侏罗统烃源岩有机碳含量较中侏罗统低,但生烃潜能、氯仿沥青“A”及总烃含量高值。上侏罗统烃源岩抽提氯仿沥青“A”碳同位素(-26‰~-21.5‰)特征、单体烃碳同位素分布模式及甾萜烷生物标志物特征都与原油相似,综合分析认为原油应该来源于上侏罗统中干酪根类型较好、母质为混源的成熟烃源岩。

关键词 烃源岩 油砂抽提物 有机质丰度 碳同位素 油源对比

第一作者简介 赵青芳 女 1980年出生 硕士 高级工程师 油气地质地球化学 E-mail:qingfangzhao@163.com

中图分类号 P618.13 **文献标识码** A

北黄海盆地是我国目前唯一未发现工业性油气流的近海含油气盆地,到目前为止在北黄海盆地已完钻23口井,其中在朝方海域(西朝鲜湾盆地)的钻井中获得工业性油流^[1-2],由此表明北黄海盆地具有一定的油气勘探前景。北黄海盆地属东北亚晚中生代断陷盆地体系^[3],据我国以及朝鲜^[4-5]对该区进行的五十余年的油气勘探发现,其成藏条件有许多独特之处,其中最主要特点是:侏罗系是本区主要的烃源岩,这与陆上中生代盆地迥然不同。如松辽盆地的主要烃源岩为白垩系青山口组一段和嫩江组一段^[6],而开鲁盆地陆家堡凹陷和阜新盆地的主要烃源岩为下白垩统九佛堂组^[7-8]。因此,深入研究北黄海盆地侏罗系烃源岩和原油的地球化学特征就具有十分重要的理论意义和勘探意义。本文通过对该盆地新近钻探的LV井中、上侏罗统烃源岩和两个油砂样品进行有机地球化学分析及碳同位素测试,研究烃源岩地球化学特征及油源对比问题,旨在该区进一步的油气勘探开发决策中提供依据。

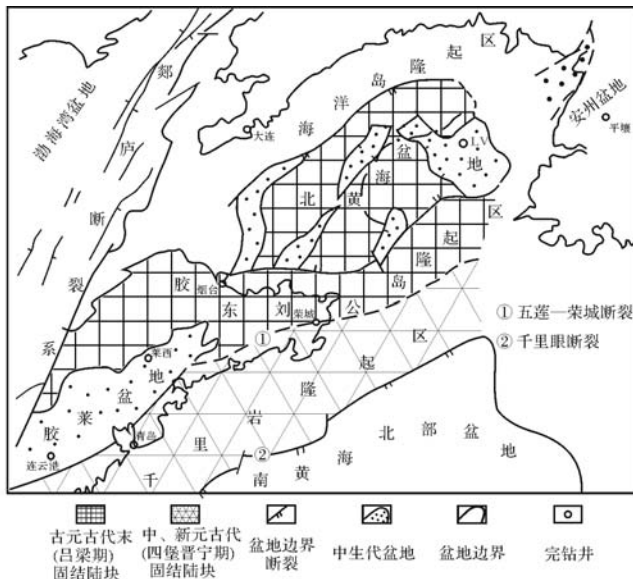
1 地质背景

北黄海盆地是一个发育在中朝板块之上的中、新生代沉积盆地,与陆上的胶莱盆地和朝鲜的安州盆地

组成北东向的断陷盆地群(图1),具有构造期次多,地质构造复杂的特点,本文分析的LV井如图1所示。根据区域周边地区的地质资料和野外露头^[9-11],以及本井的钻井揭示,该区中生界发育了侏罗系、白垩系(主要下白垩统,缺失中、上白垩统)和新生界古近系(主要为始新统一渐新统,缺失古新统)、新近系及第四系。根据已有的钻井资料结合地质解释成果,中—新生代最大沉积厚度达7 200 m,盆地主要裂陷期的河流—湖泊相沉积形成了一套中生代湖相烃源岩和含油气系统。该盆地发现的原油主要产自侏罗系,储层为下白垩统砂岩层^[12]。本文所分析的LV井中、上侏罗统烃源岩和油砂样品均为岩芯和井壁取芯样品,对其进行地球化学特征研究具有更真实性,数据更可靠的特点。

2 样品与分析

本文采集了LV单井岩芯样品24件,其中上侏罗统样品17件:包含2件含油砂岩和15件灰黑色泥岩,其余7件均采自于中侏罗统灰黑色泥岩段。井壁取芯样品7件,进行有机质成熟度测试。上侏罗统烃源岩以深灰色泥岩和灰色粉砂质泥岩为主;下侏罗统烃源岩岩性较为均一、质纯,以深灰色、灰黑色泥岩

图1 北黄海盆地构造区划^[3]Fig 1 Tectonic division of the North Yellow Sea Basin^[3]

为主。

对于烃源岩和含油砂岩样品,首先将其粉碎至80目进行72小时索氏抽提,沉淀沥青质后,采用硅胶/氧化铝柱色层分离法进行族组分分离,分别用正己烷、二氯甲烷/正己烷(体积比3:1)及二氯甲烷/甲醇(体积比2:1)洗脱,得到饱和烃、芳烃和非烃组分。对饱和烃进行尿素络合法获取正构烷烃单体烃组分,然后对其进行色谱(GC)和色谱—质谱联用仪(GC-MS)分析。氯仿抽提物和干酪根进行碳同位素质谱仪分析,正构烷烃单体烃进行气相色谱—燃烧—同位素质谱仪(GC-C-IRMS)分析。

3 侏罗系烃源岩地球化学特征

3.1 有机质丰度

有机质丰度是评价烃源岩生烃潜力的重要参数之一,主要包含总有机碳(TOC)、热解生烃潜力(S_1+S_2)、氯仿沥青“A”和总烃(HC)。其中总有机碳最为常用、受热演化程度影响相对较小的参数(尤其是泥岩),热解生烃潜力和氯仿沥青“A”等受热演化的影响比较大,适用于不同的演化阶段。

LV井上侏罗统烃源岩总有机碳含量分布区间为0.34%~1.68%(图2),岩性顶部以灰色泥质粉砂岩及细砂岩为主,夹含灰色泥岩;中下部以大段深灰色泥岩、灰黑色泥岩为主。从岩性来看上侏罗统中下段烃源岩要好于上段烃源岩,上段夹含部分的碳质泥岩,这也是上段部分烃源岩有机碳含量较高的原因。按

照中国陆相生油层有机碳评价标准^[13],上侏罗统烃源岩有机碳含量为差到一般的烃源岩。而中侏罗统岩性较为均匀,以深灰色泥岩为主,总有机碳含量分布在0.84%~2.22%之间,为一般到好的烃源岩。

上侏罗统烃源岩生烃潜力(S_1+S_2)变化范围为0.01~0.95 mg/g,均值0.37 mg/g;氯仿沥青“A”变化范围为0.07‰~1.07‰,均值0.45‰;总烃变化范围为17~872 $\mu\text{g/g}$,均值297 $\mu\text{g/g}$ (图2)。综合分析认为上侏罗统烃源岩有机碳含量和生烃潜能低值,而氯仿沥青“A”和总烃含量达到中等标准。

测试分析中侏罗统烃源岩生烃潜力、氯仿沥青“A”和总烃含量变化范围分别为0.51~1.10 mg/g、0.04‰~0.34‰、28~311 $\mu\text{g/g}$,均值分别为0.8 mg/g、0.26‰、172 $\mu\text{g/g}$ (图2)。各指标与中国陆相生油层评价标准对比^[13],综合评价认为中侏罗统烃源岩属于差烃源岩,总有机碳含量高可能与部分碳为无效碳(即“死碳”)有关。对比研究发现,上侏罗统烃源岩品质较差,但是烃源岩抽提有机质中总烃和氯仿沥青“A”含量高,是烃源岩已经达到成熟的生烃阶段,有机质可能已经生成了较多的烃类物质。

3.2 有机质类型、成熟度

在干酪根元素组成范氏图解中(图3a),中、上侏罗统烃源岩都是以偏腐殖型的干酪根为主,二者相对集中于右侧类型Ⅲ的演化曲线附近,一方面指示了有机质类型一般;另一方面指示了有机质热演化程度较高,且比较接近。另外干酪根的碳同位素组成参数对其有机质类型得到了很好印证。通常认为,有机质在热演化生烃过程中碳同位素的分馏很小, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比值是受物源控制的,因而干酪根碳同位素组成是衡量有机质类型的有效指标之一。如图3b所示:上侏罗统烃源岩干酪根的碳同位素组成较为分散,分布范围较宽,在-21.76‰~-27.04‰之间都有分布;而氯仿沥青“A”的碳同位素组成较为集中, $\delta^{13}\text{C}$ 值在-26.1‰~-28.6‰之间,属于Ⅱ~Ⅲ型有机质,以Ⅲ型有机质类型为主。中侏罗统烃源岩干酪根与氯仿沥青“A”的碳同位素组成较为集中,碳同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值分别为-23.75‰~-24.39‰和-26.1‰~-27.1‰,属于Ⅲ型有机质。由上表明上侏罗统烃源岩有机质类型较好于中侏罗统烃源岩。

有机质成熟度是烃源岩评价中最重要、最基本的参数之一,图4是实测LV井侏罗系烃源岩有机质镜质体反射率随深度变化趋势图。从图可以看出,随着深度的增加,实测反射率值增大的趋势不明显,侏罗

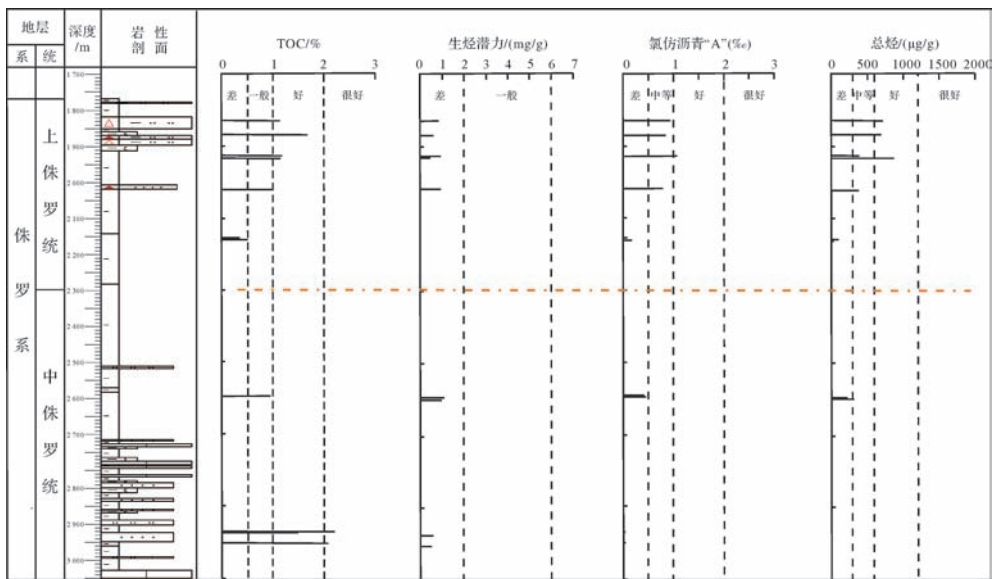


图2 LV井侏罗系烃源岩有机质丰度剖面

Fig.2 Profile showing organic matter abundance of the Jurassic source rocks in the Well LV

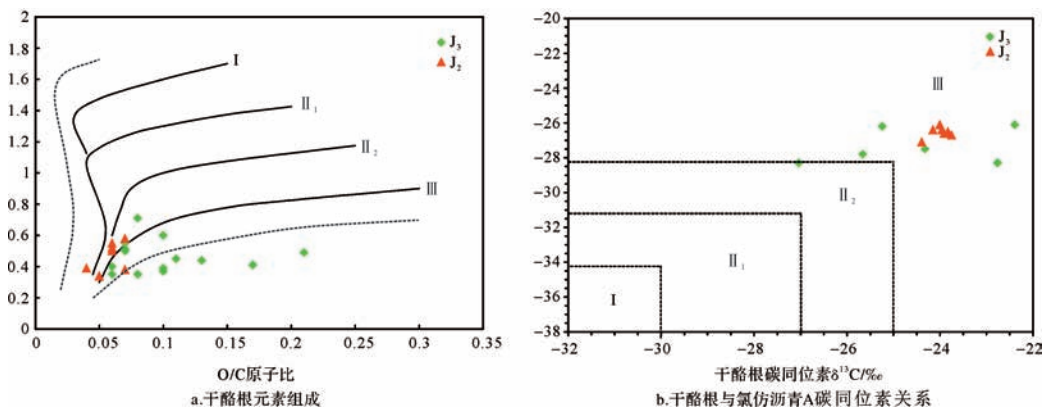


图3 LV井侏罗系烃源岩有机质类型

Fig.3 Organic matter types of Jurassic source rock in the Well LV

系烃源岩成熟度较高,为成熟到过成熟。其中,1 800~2 200 m 烃源岩成熟度(R_0)在 2.0%左右。由于地震剖面上见有火山岩反射特征,而且薄片鉴定发现了闪锌矿、自生石英和黄铁矿脉等热液矿物,由此,推测这一层段的烃源岩成熟度异常值可能与火山活动、热液及地层整体抬升有关。但是火山活动及热液的影响范围有多大目前尚不清楚。

3.3 烃源岩生物标志化合物特征

生物标志物是沉积物、烃源岩和原油中的复杂有机化合物,是有机质母质的“生物构型”向“地质构型”转化的产物,基本继承了生物有机体的有机分子特征,可追溯有机质的母源、母质类型、成熟度及其后生变化,其中正构烷烃、类异戊二烯烷烃、甾烷和萜烷

是最常用的生物标志物参数。

LV井中、上侏罗统烃源岩中类异戊二烯烷烃的相对丰度比较相似,支链烷烃姥鲛烷(Pr)和植烷(Ph)的丰度均低于相邻的正构烷烃,中侏罗统个别样品在 Pr/ nC_{17} 和 Ph/ nC_{18} 交汇图上落于海相/盐湖相区域内,其余所有 $J_{2,3}$ 烃源岩均落于海陆过渡相的混合区域,并且都已达到成熟阶段(图5)。另外,姥鲛烷和植烷分别与其相邻的正构烷烃之比是判别有机质中正构烷烃是否有降解因素的有意义的地化参数^[14]。一般认为,未遭受降解影响的有机质中 Pr/ nC_{17} 和 Ph/ nC_{18} 很低(0.1~0.5),当有机质遭到较强的细菌微生物的降解作用时,由于类异戊二烯烷烃比正构烷烃稳定,因而正构烷烃先受到降解,而类异

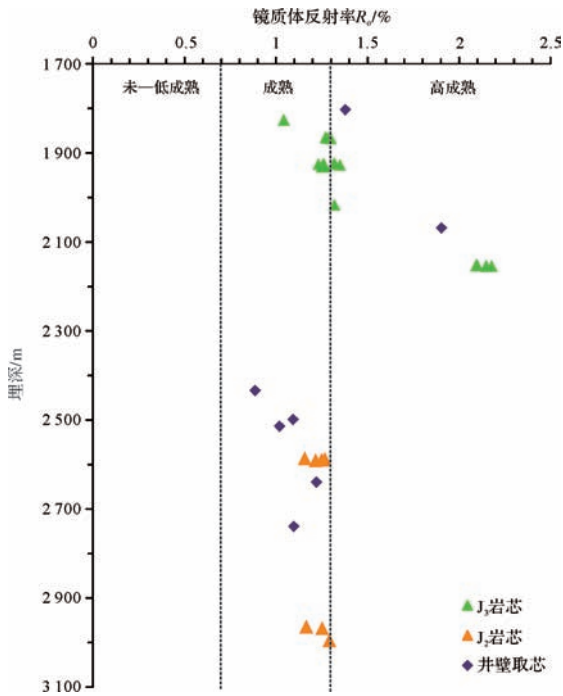


图4 LV井侏罗系烃源岩镜质体反射率随埋深变化剖面
Fig.4 Depth plot of vitrinite reflectance of Jurassic source rock in the Well LV

戊二烯烷烃能较好地保留下来,表现出高的 Pr/nC_{17} 和 Ph/nC_{18} 值。上侏罗统烃源岩 Pr/nC_{17} 和 Ph/nC_{18} 比值分别为 0.06~0.63 和 0.04~0.42,基本小于 0.5,均值分别为 0.23 和 0.15。中侏罗统烃源岩 Pr/nC_{17} 和 Ph/nC_{18} 大于 0.5 的样品落于盐湖/海相,遭受了生物降解作用,在饱和烃 TIC 色谱图中也得到了印证,基线被不溶复杂化合物抬升,出现 UCM 鼓包,如图 6 所示。

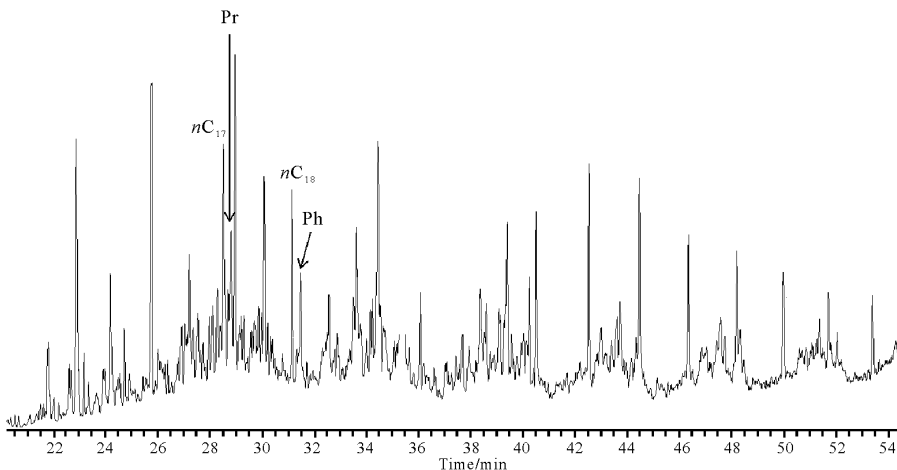


图6 中侏罗统烃源岩饱和烃色谱图
Fig.6 Saturated hydrocarbon spectra of the J₂ source rock

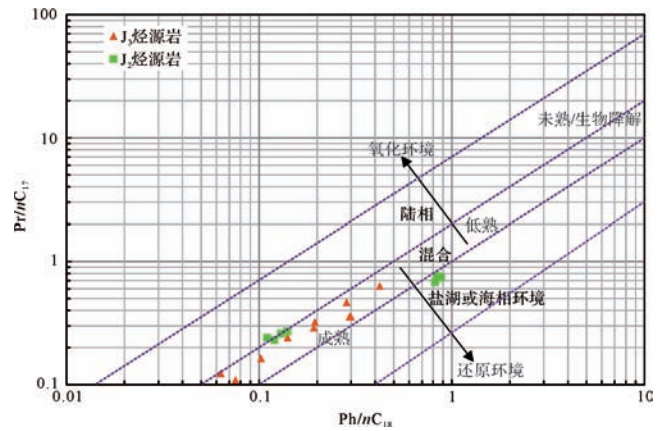


图5 LV井烃源岩 Pr/nC_{17} 和 Ph/nC_{18} 交汇图
Fig.5 Cross plot of Pr/nC_{17} and Ph/nC_{18} of the source rock in Well LV

中、上侏罗统烃源岩萜烷组成中以五环萜烷为主,三环萜烷的含量较低(图7)。在五环萜烷中主要以 C_{30} 藿烷为主,其次为 C_{29} 藿烷,其他藿烷,如 C_{27} 、 C_{31} 以上藿烷系列,含量也相对较低,而且 C_{31} 以上藿烷的含量依次降低;伽马蜡烷/ C_{31} 藿烷的比值 < 0.3,表现出正常淡水—微咸水的湖相沉积。两套烃源岩成熟度的生标参数 Ts/Tm 比值 > 0.85,表现出中、上侏罗统烃源岩的热成熟度普遍较高的特征,与上述侏罗系烃源岩镜质体反射率测试结果相一致。

上侏罗统烃源岩甾烷的组成中(图7), $\alpha\alpha\alpha$ -20R 构型甾烷不占优势, C_{29} 20R 甾烷所占比例变化范围比较大,分布区间从 24% 至 60% 左右。在 $\alpha\alpha\alpha$ -20R 构型甾烷中既有呈现“L型”的 C_{27} 20R 甾烷优势,也有呈“V”型的 C_{27} 20R 甾烷和 C_{29} 20R 甾烷对等的特点。由此表明上侏罗统烃源岩有机质的来源受双源

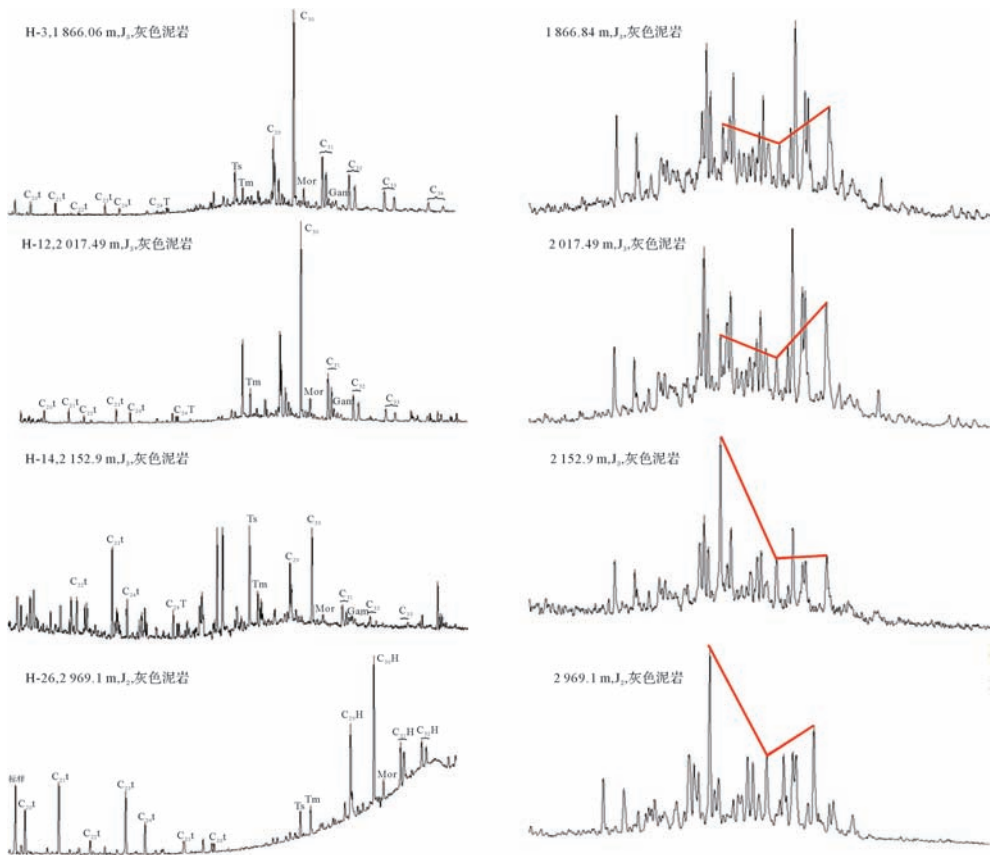


图7 LV井侏罗系烃源岩甾萜烷质量色谱图

Fig.7 Source rock sterane terpane mass chromatogram of Jurassic in the Well LV

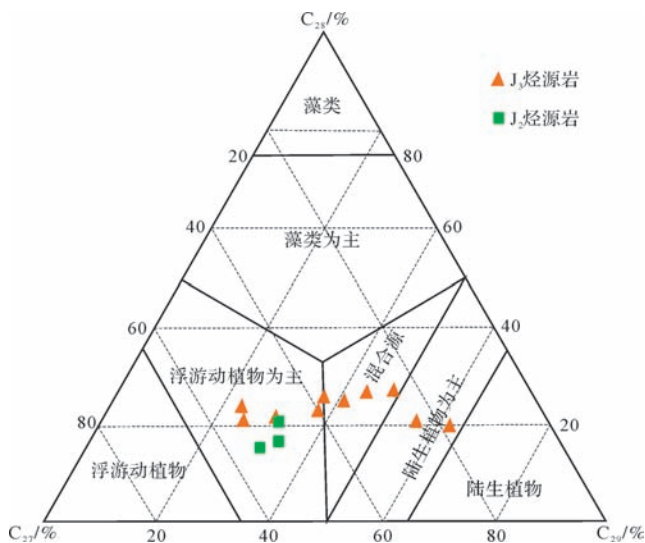


图8 LV井烃源岩规则甾烷组成三角图

Fig.8 Triangular diagram of relative ingredient of regular sterane in the Well LV

$\alpha\alpha\alpha$ -20R 甾烷构型为主,且在峰高上以 C_{27} 20R 甾烷为最高, C_{29} 低于 C_{27} 但高于 C_{28} , 呈现出“L型”分布特征,表明沉积有机质主要以低等水生藻类为主。从该井中、上侏罗统烃源岩 $\alpha\alpha\alpha$ -20R 构型 C_{27} 、 C_{28} 、 C_{29} 甾烷组成图(图8)可以看出,中、上侏罗统两套烃源岩沉积环境的差异性。

4 油砂抽提物地球化学特征

4.1 油砂抽提物特征

对LV井上侏罗统油砂氯仿抽提物进行了有机地球化学分析,原油(油砂氯仿抽提物)的地球化学特征如表1和图9所示。埋藏较浅H-5原油及族组成碳同位素分布范围广 $-24.7\text{‰} \sim -32.3\text{‰}$,显示出既含有较重的碳同位素组成,又含有较轻的碳同位素组成。原油的族组成中饱和烃含量低,达31%左右;在色谱图中具有明显的UCM鼓峰。而埋藏较深H-11原油属于正常原油,饱和烃以正构烷烃为主,色谱图显示前峰形正态分布,结合成熟度相关的生物标志物参数显示,原油已进入高成熟阶段。

控制:既有低等水生生物的贡献,也有陆源高等植物的贡献。而中侏罗统烃源岩甾烷的组成中,主要以

于-25‰^[15-16]。因此,各类不同干酪根形成的原油,其碳同位素也就不同。原油继承了其母源有机质的碳同位素组成特征,但在生烃、运移过程中发生分馏,与原始母质的组成又有差异。在此过程中干酪根的碳同位素发生分馏,其形成产物的碳同位素通常要比其干酪根的碳同位素轻1‰~4‰,但多数在2‰~3‰之间^[17]。一般来说,相同母质不同成熟度的原油由成熟度导致的差异可达2‰~3‰,但是如果原油的成熟度相近,若碳同位素比值相差2‰~3‰,那么一般认为它们不是不同源的。

正如前面所述,两个原油(油砂氯仿抽提物)的碳同位素组成特征不同(表1)。H-5原油及族组成的碳同位素在-24.7‰~32.3‰之间,沥青组分碳同位素明显重于其他三个组分,这也印证了H-5抽提的烃类物质遭受了生物降解作用,因为通常遭受微生物降解的原油总碳及各组分碳同位素值会变重。而该样品同时还存在同位素较轻的饱和烃、芳烃及非烃组分,这部分碳同位素值较轻的烃类组分很可能来源于后期充注进来的未遭受生物降解的原油。因此H-5氯仿抽提的烃类物质很有可能存在两期充注。H-11原油及族组成碳同位素很轻,分馏作用小,基本上在-29‰左右,按照干酪根生烃过程中碳同位素分馏原理和碳同位素值的变化范围看,生成此类原油的干酪根也应该具有较轻的碳同位素组成。

由图11可见,LV井中侏罗统烃源岩干酪根的碳同位素 $\delta^{13}C$ 值在-24.4‰~-23.5‰之间,介于III型干酪根大于-25‰的范围内,母质类型属于腐殖型有机质。其生成产物氯仿沥青“A”的碳同位素 $\delta^{13}C$ 值在-27.2‰~-26‰之间,显然与H-11原油的碳同位素值(-29.3‰)存在明显差异,而H-5原油的碳同位素值偏重,这与该油样受到生物的降解作用有关。

本井的另外一套上侏罗统烃源岩干酪根的碳同位素 $\delta^{13}C$ 值在-27.1‰~-21.5‰之间,其生成产物氯仿沥青“A”的碳同位素 $\delta^{13}C$ 值在-28.7‰~-26‰之间。碳同位素特征介于II~III型之间,母质类型属于腐殖-腐泥型有机质。根据上述研究表明:本井发现的原油(油砂氯仿抽提物)与中侏罗统烃源岩的亲源性很小,而与上侏罗统烃源岩特征相似度更大。

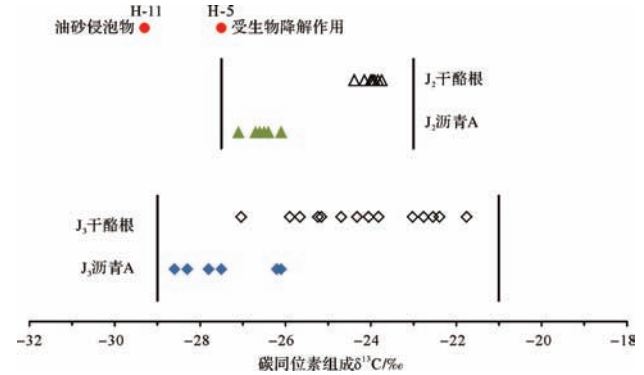


图11 中、上侏罗统烃源岩与油砂抽提物碳同位素组成
Fig.11 Stable carbon isotope composition of J_{2,3} source rock and organic solvent extractions of oil sands

(3) 单体烃碳同位素对比

众所周知,一般原油中最主要的成分正是正构烷烃,因此正构烷烃的分子碳同位素地球化学特征最能反映原油的来源。本次研究的原油(油砂氯仿抽提物)及中、上侏罗统烃源岩抽提物的单体烃碳同位素特征如图12可见,中侏罗统烃源岩单体烃碳同位素特征可分为两类:一类是碳同位素 $\delta^{13}C$ 值基本介于-27‰~-28‰之间,曲线较为平直;另一类是 $\delta^{13}C$ 值分布范围广(-28.5‰~-32‰),曲线分布特征跳跃比较大,随着正构烷烃碳数的增加, $\delta^{13}C$ 值由重变轻,C₂₀正构烷烃为拐点。

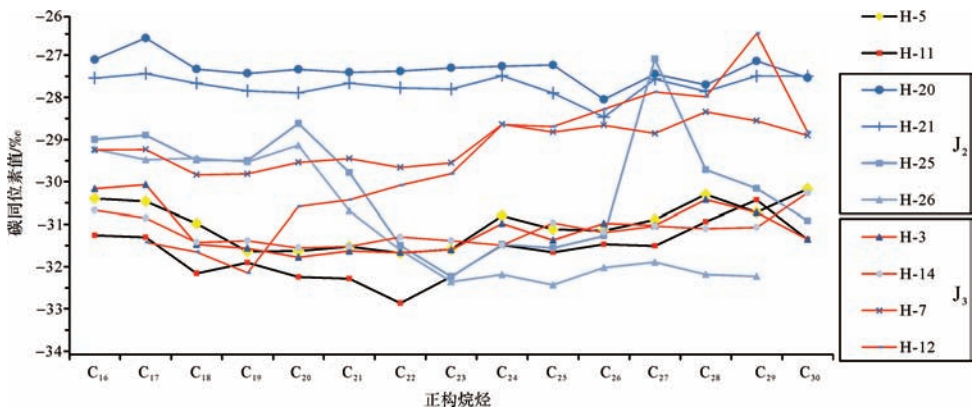


图12 油砂抽提物及J_{2,3}烃源岩抽提物正构烷烃单体烃碳同位素组成分布

Fig.12 Carbon isotopic distributions of individual n-alkanes of organic solvent extractions of oil sands and J_{2,3} source rock

两个原油的饱和烃正构烷烃单体碳同位素值比较接近,分布曲线特征相似,表明 H-5 充注的烃类可能至少有一期油源与 H-11 油样一致。这两个油样和上侏罗统烃源岩抽提物的不同碳数正构烷烃碳同位素分布吻合的很好,各单体烃碳同位素值比较轻,符合一般湖湘原油的分布趋势^[18],由此说明这两个油样来源于邻近的上侏罗统烃源岩的可能性更大。上侏罗统烃源岩达成熟—高成熟阶段,已大量生烃,进而证实了上侏罗统烃源岩有机碳含量低于中侏罗统烃源岩,而抽提物的氯仿沥青“A”和总烃含量都高于中侏罗统烃源岩抽提物的对应值(图2所示)。

由上看出,两个油砂样品无论从甾萜烷生物标志物特征来看,还是从全油及单体烃碳同位素特征来看,都与邻近的上侏罗统烃源岩特征相似,而与中侏罗统烃源岩特征差异显著,且上侏罗统烃源岩的累计厚度大,具有一定的生烃潜能。由此表明北黄海盆地在中生界找油具有一定的勘探前景。

5 结论

(1) 侏罗系两套烃源岩主要以Ⅲ型干酪根为主,有机质达成熟—高成熟阶段,有机质丰度表现为:中侏罗统烃源岩有机碳含量高于上侏罗统烃源岩,而生烃潜能、氯仿沥青“A”和总烃含量表现出上侏罗统烃源岩优于中侏罗统烃源岩的特征。

(2) 上侏罗统的两个原油(油砂氯仿抽提物)样品中,浅层的 H-5 原油遭受了强烈的生物降解作用,该样品存在两期充注现象;而深层 H-11 原油属于正常的原油,族组成中以饱和烃含量为主,全油和族组成的碳同位素显示出轻的碳同位素特征。

(3) 正常原油(H-11 油砂氯仿抽提物)碳同位素($-29.2‰$)特征与中侏罗统烃源岩氯仿沥青“A”碳同位素($-27.2‰ \sim -26‰$)特征差异显著,而更接近于上侏罗统烃源岩抽提氯仿沥青“A”的特征($-28.7‰ \sim -26‰$)。

(4) 两个原油(油砂抽提物)与邻层的上侏罗统烃源岩抽提物的单体烃碳同位素分布模式相同,且甾萜烷生物标志物特征也相似,认为原油的母质来源于上侏罗统烃源岩的可能性更大。

参考文献(References)

1 Massound M S, Killops S D, Scott A C, et al. Oil source rock potential of the lacustrine Jurassic Sim Uuju Formation, West Korea Bay Basin. Part I: oil source rock correlation and environment of deposition[J].

Journal of Petroleum Geology, 1991, 14(3): 365-386.

2 Yi S, Yi S, Batten D J, et al. Cretaceous and Cenozoic non-marine deposits of the Northern South Yellow Sea Basin, offshore western Korea: palynostratigraphy and palaeoenvironments [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2003, 191(1): 15-44.

3 戴春山. 中国海域含油气盆地群和早期评价技术[M]. 北京:海洋出版社,2011:85-86,143. [Dai Chunshan. Oil Gas Basin Group of China Seas and Early Resource Assessment Techniques[M]. Beijing: China Ocean Press, 2011: 85-86, 143.]

4 Massound M S, Scott A C, Killops S D, et al. Oil source rock potential of the lacustrine Jurassic Sim Uuju Formation, West Korea Bay Basin. Part II: nature of the organic matter and hydrocarbon-generation history[J]. Journal of Petroleum Geology, 1993, 16(3): 265-284.

5 蔡乾忠. 中国海域油气地质学[M]. 北京:海洋出版社,2005:7-25. [Cai Qianzhong. Oil & Gas Geology in China Seas[M]. Beijing: China Ocean Press, 2005: 7-25.]

6 冯子辉,方伟,李振广,等. 松辽盆地陆相大规模优质烃源岩沉积环境的地球化学标志[J]. 中国科学(D辑):地球科学,2011,41(9): 1253-1267. [Feng Zihui, Fang Wei, Li Zhenguang, et al. Depositional environment of terrestrial petroleum source rocks and geochemical indicators in the Songliao Basin[J]. Science China (Seri. D): Earth Sciences, 2011, 41(9): 1253-1267.]

7 雷安贵,王贵迎,方炳钟. 陆家堡凹陷油藏分布规律探讨[J]. 特种油气藏,2007,14(2):32-35,44. [Lei Angui, Wang Guiying, Fang Bingzhong. Study of reservoir distribution in Lujiapu depression [J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2007, 14(2): 32-35, 44.]

8 刘建英,王世云,尹继宏. 阜新盆地石油地质特征[J]. 石油与天然气地质,1992,13(4):450-457. [Liu Jianying, Wang Shiyun, Yin Jihong. Petroleum geological character of Fuxin Basin[J]. Oil & Gas Geology, 1992, 13(4): 450-457.]

9 李金良,张岳桥,柳宗泉,等. 胶莱盆地沉积—沉降史分析与构造演化[J]. 中国地质,2007,34(2):240-250. [Li Jinliang, Zhang Yueqiao, Liu Zongquan, et al. Sedimentary-subsidence history and tectonic evolution of the Jiaolai Basin, eastern China[J]. Geology in China, 2007, 34(2): 240-250.]

10 彭世福,郑光膺. 从朝鲜安州盆地的生油地质特征展望北黄海的成油远景[J]. 海洋地质研究,1982,2(1):24-34. [Peng Shifu, Zheng Guangying. Prospective evaluation of the North Yellow Sea as viewed from the genesis of Anzhou petroliferous basin, Korea[J]. Marine Geological Research, 1982, 2(1): 24-34.]

11 吴琳,许红,何将启,等. 北黄海盆地与朝鲜安州盆地和中国胶莱盆地的对比[J]. 海洋地质动态,2004,20(8):22-26. [Wu Lin, Xu Hong, He Jiangqi, et al. Comparison of the North Yellow Sea Basin with Anju Basin of Korea and Jiaolai Basin of China[J]. Marine Geology Letters, 2004, 20(8): 22-26.]

12 刘振湖,高红芳,胡小强,等. 北黄海盆地东部坳陷中生界含油气系统研究[J]. 中国海上油气,2007,19(4):229-233. [Liu Zhenhu, Gao Hongfang, Hu Xiaoqiang, et al. A study on the Mesozoic petroleum system in East depression, North Yellow Sea Basin[J]. China Offshore Oil and Gas, 2007, 19(4): 229-233.]

13 杨小萍,陈丽华. 陕北斜坡延长统低渗储集层成岩相研究[J]. 石

- 油勘探与开发, 2001, 28(4): 38-40. [Yang Xiaoping, Chen Lihua. Diagenesis and diagenetic facies studies for Yanchang Formation of the Triassic in Ordos Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2001, 28(4): 38-40.]
- 14 孟仟祥, 房嫒, 徐永昌, 等. 柴达木盆地石炭系烃源岩和煤岩生物标志物特征及其地球化学意义[J]. 沉积学报, 2004, 22(4): 729-736. [Meng Qianxiang, Fang Xuan, XU Yongchang, et al. Biomarkers and geochemical significance of carboniferous source rocks and coals from Qaidam Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(4): 729-736.]
- 15 黄第藩, 李晋超, 张大江. 干酪根的类型及其分类参数的有效性、局限性和相关性[J]. 沉积学报, 1984, 2(3): 18-33. [Huang Difan, Li Jinchao, Zhang Dajiang. Kerogen types and study on effectiveness, limitation and interrelation of their identification parameters[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1984, 2(3): 18-33.]
- 16 吉利明, 吴涛, 李林涛. 鄂尔多斯盆地西峰地区延长组烃源岩干酪根地球化学特征[J]. 石油勘探与开发, 2007, 34(4): 424-428. [Ji Liming, Wu Tao, Li Lintao. Geochemical characteristics of kerogen in Yanchang Formation source rocks, Xifeng area, Ordos Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2007, 34(4): 424-428.]
- 17 梁狄刚, 陈建平. 中国南方高、过成熟区海相油源对比问题[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(2): 8-14. [Liang Digang, Chen Jianping. Oil-source correlations for high and over matured marine source rocks in South China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 32(2): 8-14.]
- 18 段毅, 张辉, 吴保祥, 等. 柴达木盆地原油单体正构烷烃碳同位素研究[J]. 矿物岩石, 2003, 23(4): 91-94. [Duan Yi, Zhang Hui, Wu Baoxiang, et al. Carbon isotopic studies of individual N-Alkanes in crude oils from Qaidam Basin[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2003, 23(4): 91-94.]

Geochemical Characteristics of Jurassic Source Rocks from Well LV and Oil-source Correlation in North Yellow Basin

ZHAO QingFang^{1,2} LI ShuangLin^{1,2} WEN ZhenHe^{1,2} GONG JianMing^{1,2}
XIAO GuoLin^{1,2} WU LiangLiang³

(1. Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao, Shandong 266071, China;

2. Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao, Shandong 266071, China;

3. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Jurassic source rocks and oil sands from Well LV has been analyzed by usual organic geochemical methods and stable carbon isotopic detection in the North Yellow basin, in order to study the geochemical characteristics of the source rocks and the crude oils and oil-to-source correlation. The results show that the maturity of Jurassic source rock is higher, its kerogen type is mainly III. Middle Jurassic source rocks are higher in organic carbon and lower in hydrocarbon yields, chloroform bitumen "A" and HC, which means they are relatively poor source rocks. The kerogen carbon isotope of the middle Jurassic source rocks is heavy. There is a remarkable difference of carbon isotopic values of middle Jurassic source rocks (-24.4‰~-23.5‰) and crude oils (about -29‰). Therefore, there is no relationship among them. However, TOC content of the upper Jurassic source rocks is lower than that of the middle Jurassic source rocks, but hydrocarbon yields, chloroform bitumen "A" and HC of the upper Jurassic source rocks are higher. The character of chloroform bitumen "A" carbon isotope, distribution pattern of carbon isohopic distributions of individual n-alkanes and biomarkers of upper Jurassic source rocks are similar to crude oils. Comprehensive analysis could draw a conclusion that there is closely relationship between crude oil and the upper Jurassic hydrocarbon source rock, which has good kerogen type and mature parent materials from both higher plants and lower aquatic organisms.

Key words: source rocks; oil sandstone extract; organic richness; carbon isotope; oil-source correlation