

文章编号: 0253-2697(2017)04-0414-11 DOI:10.7623/syxb201704005

## 准噶尔盆地莫索湾凸起古油藏的流体证据

麻伟娇<sup>1</sup> 卫延召<sup>1</sup> 曾德龙<sup>2</sup> 吴 涛<sup>2</sup> 蔡郁文<sup>1</sup> 李秀丽<sup>1,3</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院 北京 100083; 2. 中国石油新疆油田公司勘探开发研究院 新疆克拉玛依 834000;  
3. 中国石油集团公司盆地构造与油气成藏重点实验室 北京 100083)

**摘要:**对准噶尔盆地腹部地区古油藏分布及次生油气藏调整规律认识的局限性制约了该地区的勘探与开发。莫索湾凸起侏罗系三工河组在白垩纪位于古背斜的高部位,是油气的集散地,研究该区古油藏形成及演化过程对指导次生油气藏的发现至关重要。对莫索湾凸起三工河组进行流体包裹体分析和系列定量荧光分析,并结合构造演化史、生烃史和区域埋藏史-热史为古油藏的存在提供了流体证据,分析了其油气充注历史,并预测了次生油气藏的调整方向。研究结果显示:①莫索湾凸起三工河组在早白垩世早期开始接受油气充注形成古油藏,表现在储集层 QGF 指数大于 4,GOI 指数大于 5%,古油藏充注时,油气被矿物捕获形成烃类包裹体,被捕获的两类包裹体荧光颜色和傅里叶红外光谱参数值说明随着烃源岩成熟度逐渐变大,油质也逐渐变轻。②新近纪地层掀斜时,古油藏被破坏,油气发生调整,表现在部分层段 QGF 指数较高,但是 QGF-E 强度较低。③莫索湾凸起三工河组经历了不只一期油气充注,推断其混入了侏罗系烃源岩生成的成熟度较低的油气,因为部分层段显示较低的 QGF 指数和较高的 QGF-E 强度,且 TSF 的  $R_1$  分布范围很大。④构造显示莫索湾古油藏平面范围达 700 km<sup>2</sup>,古油藏被破坏后沿着各低凸带向北线状运移。

**关键词:**准噶尔盆地;莫索湾凸起;三工河组;古油藏;调整演化

**中图分类号:**TE122.2 **文献标识码:**A

## Fluid evidence of paleo-reservoir in the Mosuowan uplift, Junggar Basin

Ma Weijiao<sup>1</sup> Wei Yanzhao<sup>1</sup> Zeng Delong<sup>2</sup> Wu Tao<sup>2</sup> Cai Yuwen<sup>1</sup> Li Xiuli<sup>1,3</sup>

(1. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing 100083, China; 2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina Xinjiang Oilfield Company, Xinjiang Karamay 834000, China;  
3. CNPC Key Laboratory of Basin Structure and Hydrocarbon Accumulation, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The limited recognition of paleo-reservoir distribution in the hinterland of Junggar Basin and adjustment rule for secondary reservoir restrict the petroleum exploration and development in this area. In the Cretaceous, the Jurassic Sangonghe Formations was located at the high position in the Mosuowan Uplift which is a hydrocarbon accumulation and distribution center. A study on the formation and evolution process of paleo-reservoir in the area is vital for guiding the discovery of secondary reservoir. Based on fluid inclusion analysis and a series of quantitative fluorescence analyses on the Sangonghe Formation of Mosuowan Uplift in combination with tectonic evolution history, hydrocarbon generation history, regional burial history and thermal history, this study provided certain fluid evidences for the existence of paleo-reservoir, analyzed the history of oil and gas charging, and made a prediction on the adjustment direction of secondary reservoir. The results show that: (1) paleo-reservoir was formed in the Sangonghe Formation of the Mosuowan uplift through oil and gas charging in the early Early Cretaceous, manifested as the QGF index of greater than 4 and GOI index of greater than 5% for oil reservoirs. Hydrocarbon inclusions are formed when hydrocarbons are trapped by minerals during the petroleum charging into reservoir. The fluorescent color of the trapped two types of inclusions and parameter values of Fourier infrared spectrum indicate that oil gradually becomes lighter with the increasing maturity of source rock. (2) When the strata was tilted in the Neogene, paleo-reservoir was destroyed and the oil and gas was adjusted. This is explained by the fact that QGF index is relatively high in partial intervals, while QGF-E intensity is relatively low. (3) The Sangonghe Formation in the Mosuowan uplift experienced more than one stages of oil and gas filling. It is deduced that the low-maturity hydrocarbon generated by the Jurassic source rock was injected, because QGF index is relatively low in partial intervals, and QGF-E intensity is relatively high; the distribution range of TSF  $R_1$  is large. (4) The structure shows that the planar range of Mosuowan paleo-reservoir is up to 700 km<sup>2</sup>, and the paleo-reservoir migrated linearly northward along each low uplift belt after being destroyed.

**Key words:** Junggar Basin; Mosuowan uplift; Sangonghe Formation; paleo-reservoir; adjustment and evolution

**基金项目:**国家重大科技专项(2016ZX05046-001)及中国石油天然气股份有限公司油气勘探重大科技项目(2016B-0301)资助。

**第一作者:**麻伟娇,女,1991年2月生,2014年获中国地质大学(武汉)资源勘查工程专业学士学位,现为中国石油勘探开发研究院硕士研究生,主要从事油气成藏方向的研究。Email:maweijiao\_cug@126.com

**通信作者:**卫延召,男,1972年2月生,1995年获兰州大学地质学专业学士学位,2001年获中国石油勘探开发研究院博士学位,现为中国石油勘探开发研究院高级工程师,主要从事石油、天然气地质综合研究。Email:weiyanzhao@petrochina.com.cn

引用:麻伟娇,卫延召,曾德龙,吴涛,蔡郁文,李秀丽.准噶尔盆地莫索湾凸起古油藏的流体证据[J].石油学报,2017,38(4):414-424.  
Cite:MA Weijiao,WEI Yanzhao,ZENG Delong,WU Tao,CAI Yuwen,LI Xiuli.Fluid evidence of paleo-reservoir in the Mosuowan uplift,Junggar Basin[J].Acta Petrolei Sinica,2017,38(4):414-424.

准噶尔盆地位于新疆西北部,是中国四大含油气盆地之一。盆地腹部地区勘探面积大,剩余资源量丰富,目前发现的油气主要集中在中浅层,即侏罗系—白垩系。不同于中国东部断陷盆地油气的短距离运移聚集和“满凹含油”<sup>[1-2]</sup>,准噶尔盆地腹部中浅层油气以跨层位垂向运移和远距离侧向运移为特征;纵向上,二叠系的油气聚集在侏罗系—白垩系成藏;横向上,油气田分布在生烃凹陷以外的各个凸起上。此外,该区成藏过程复杂,早期形成的古油气藏多经历后期改造,次生油气藏普遍发育。“远源、次生、多源、多期”的成藏过程导致油气分布规律复杂,近10年来腹部地区无大发现,勘探陷入困境。因此,识别古油藏,恢复古油藏后期破坏、调整过程,对准噶尔盆地腹部中浅层后续油气勘探至关重要。而莫索湾凸起紧邻四大生烃凹陷,烃源岩条件充足;侏罗系三工河组砂体发育,且侏罗纪晚期发育古隆起,是古油藏发育的有利指向区<sup>[3-4]</sup>,研究该区油气充注历史可以为指导次生油气藏提供依据。

流体在运聚期间会留下大量痕迹,随储层成岩过程的演化会以包裹体的形式被捕获,通过对流体包裹体岩相学、荧光光谱、显微测温、傅里叶红外光谱等分析,可以恢复油气运移或充注时的温度、压力、成分等

信息,结合其他地质参数还可以进一步模拟油气成藏时间和期次<sup>[5-8]</sup>。另外,储层定量荧光技术(QFT)也逐步应用于油气演化过程的研究中,可克服岩心数量有限的困难,利用岩屑进行单井垂向上的精细对比,通过检测岩石颗粒内部包裹烃及储层表面吸附烃特征来识别储集层含油气性、判断古油层或残留油层、识别油气运移通道、判断油气成熟度、进行油气源对比等<sup>[9-16]</sup>。

针对准噶尔盆地腹部莫索湾凸起复杂的油气演化,笔者综合运用流体包裹体技术、傅里叶红外光谱技术、储层定量荧光技术,结合烃源岩生排烃史、成藏期构造、油藏剖面等地质资料,恢复了莫索湾凸起油气成藏过程,确定古油藏并预测其后期调整规律,从而为次生油气藏勘探提供理论支持。

## 1 地质背景

莫索湾凸起位于准噶尔盆地中央隆起,是在石炭纪“基底”隆起的背景上,经二叠纪构造运动发育起来的隆起构造,形态上为典型的“凹中凸”背斜,勘探面积3800 km<sup>2</sup>(图1)。莫索湾凸起经历了多期构造运动,三叠纪—中侏罗世为盆地的稳定沉降发育期,莫索湾凸起处于长期稳定埋藏阶段;侏罗纪末期莫索湾凸起大

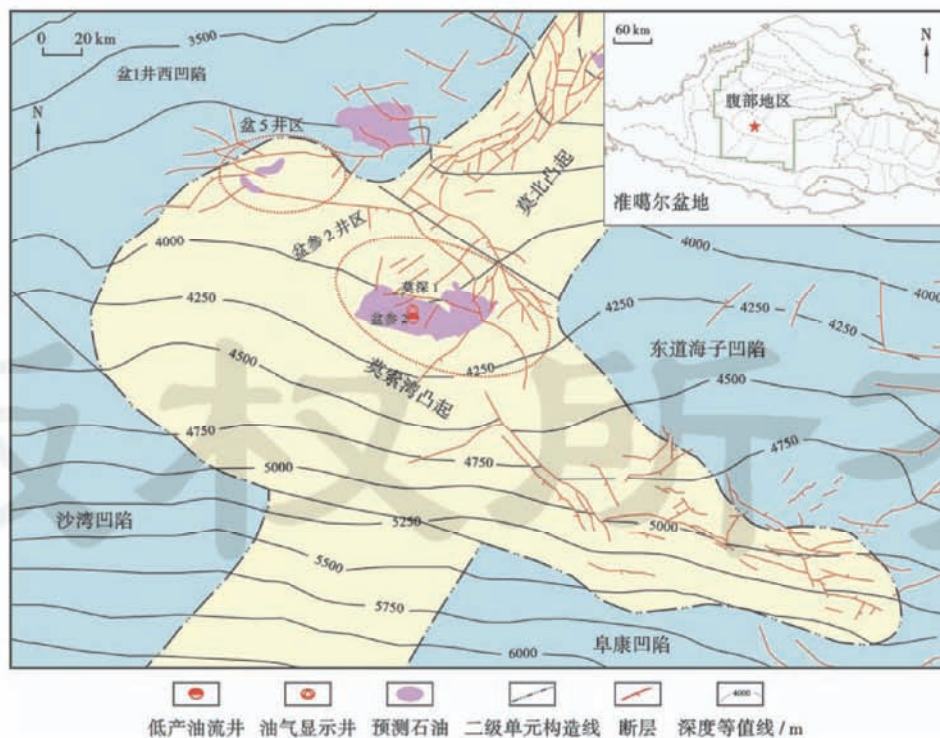


图1 莫索湾凸起构造位置

Fig. 1 Structure location of Mosuowan uplift

规模抬升,对沉积具有明显的控制作用;早白垩世—古近纪再次持续埋藏,是油气运移与聚集的重要场所;新近纪以来,受北天山的逆冲作用,准噶尔盆地腹部整体向南掀斜,莫索湾凸起的侏罗系及上层构造变成北高南低的单斜,控制后期油气的调整和再分配<sup>[17-18]</sup>。

莫索湾凸起主要发育3期断裂:①海西期逆断裂,主要断开石炭系和二叠系,这些断裂与深部古隆起伴生并直接伸入生烃凹陷,沟通烃源岩和各凸起区浅部地层;②燕山期断裂,由于侏罗纪盆地基底隆升,在海西期逆断裂上发育继承性的正断层,主要断开侏罗系,深浅两期断裂相交呈“Y”字型组合,构成烃源岩向各凸起提供油气的“高速电梯”;③喜马拉雅期断裂,与地层掀斜相对应,断开侏罗系和白垩系,对原生古油藏起破坏作用的同时还控制着次生油气藏调整<sup>[18-19]</sup>。

凸起北邻盆1井西凹陷二叠系风城组、乌尔禾组烃源岩,南邻沙湾、阜康凹陷侏罗系烃源岩<sup>[4,20-21]</sup>,具有独特的成藏条件。储集层主要为三工河组三角洲砂体,盖层为三工河组三段泥岩。莫索湾凸起进一步分为盆5井区和盆参2井区,笔者重点研究位于古隆起构造高点盆参2井区三工河组储层。

## 2 储层颗粒定量荧光分析

受紫外光的激发,油气中的芳香烃和极性化合物会自发产生荧光,光谱特征可以反映原油的化学组成、物理性质及含油饱和度等信息<sup>[22]</sup>。储层定量荧光技术(QFT)通过检测岩石颗粒表面及内部烃类的荧光强度和光谱特征来定量识别油层和古油层,该技术主要包括储层颗粒定量荧光(QGF),代表颗粒内部油包裹体及部分残留吸附烃,可用于识别古油层;储层萃取液定量荧光(QGF-E),代表颗粒表面吸附烃,可用于识别现今油层或残留油层;全息扫描三维荧光(TSF);检测原油、储层游离烃和吸附烃,用于原油成分分析及油气源对比;油包裹体定量荧光(QGF+),检测储层颗粒内部油包裹体的荧光特征,可判断古油藏性质<sup>[10,13]</sup>。

由于盆参2井剩余岩心、岩屑分布层段及数量有限,因此在研究区内选取邻近的莫深1井为典型井,2口井处于同一构造部位,地层发育、烃源岩条件相同。对莫深1井侏罗系三工河组进行了岩屑密集取样,顶深4370 m,底深4686 m,取样间隔为4 m,厚度小于4 m的砂层取其中部岩屑,共计33个,岩性均为泥质粉砂岩和粉细砂岩。对所有样品进行QGF、QGF-E、TSF测试。

### 2.1 储层颗粒定量荧光(QGF)特征

储集层颗粒定量荧光分析参数主要是QGF指数

和荧光光谱特征。QGF指数越大,油包裹体丰度越高,含油饱和度越大。油层的QGF指数一般大于4,水层的小于4且曲线较为平坦。现今油层、古油层样品的荧光峰主要分布在375~475 nm,与原油荧光光谱特征相似<sup>[10]</sup>。莫深1井的储集层颗粒定量荧光响应结果见表1,QGF指数为2.8~4.9,最大值在4420 m,最小值在深度4553 m,且上部指数整体高于下部指数。深度段4374~4456 m、4576~4601 m处的QGF指数大于4,且自深度4456 m、4601 m向下,指数逐渐减小并小于4。从2个区间的荧光光谱可以看出,375~475 nm光谱特征较为明显(图2),具有向短波长移动的不对称分布特征,为典型的原油波谱特征,反映出曾经有油气通过或者聚集。

### 2.2 萃取液定量荧光(QGF-E)

储集层萃取液定量荧光分析(QGF-E)主要是QGF-E强度和光谱最大波长 $\lambda_{\max}$ 。QGF-E强度反映储集层表面吸附烃含量,油层的QGF-E强度一般大于40,水层的小于20;现今油层或残余油层光谱具有较高荧光强度,且在370 nm处有明显的波峰,而水层荧光光谱强度低且平缓<sup>[10]</sup>。莫深1井(表1)的QGF-E强度为71.9~1596.0,最小值位于深度4370 m,最大值位于深度4396 m(4528 m处为高伽马值,波谱异常)。可以看出除深度段4352~4378 m、4412~4456 m、4498~4553 m处QGF-E强度较低外,其他深度QGF-E强度几乎均大于100,且所有样品的光谱特征明显, $\lambda_{\max}$ 位于360~380 nm,说明三工河组普遍含油,QGF-E指数大的地方,含油饱和度较高(图3)。

### 2.3 全息扫描三维荧光(TSF)特征

全息扫描三维荧光TSF分析参数为最大发射波长 $\text{MaxEm}$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $\text{MaxEm}$ 的含义与储集层萃取液定量荧光QGF-E的 $\lambda_{\max}$ 基本一致; $R_1$ 反映了原油中三环芳烃与单环芳烃的比值,与原油的 $T_s/(T_s+T_m)$ 具有负相关关系, $R_1 < 2.0$ 代表凝析油—极轻质油, $2.0 < R_1 < 3.0$ 代表轻质油—中质油, $R_1 > 3.0$ 代表中质油—重质油; $R_2$ 的意义与 $R_1$ 一样,可以用两者之间的关系判断原油成熟度和密度<sup>[13]</sup>。从三维荧光光谱图可以看出,发射波波长位于为360~385 nm(图4), $R_1$ 介于1.3~5.6(图5),说明现今油层或残留油层的成熟度变化范围较大,既有成熟度非常高的轻质油,也有成熟度较低的重质油,具有混源特征。此外,整个层段 $R_1$ 值与深度没有明显的相关变化趋势,分布比较散,说明三工河组油藏整体都经历了不只一期的油气充注。

表 1 莫深 1 井定量荧光检测结果  
Table 1 Quantitative fluorescence detection results of Well Moshen 1

样品 编号	深度/m	层位	岩性	QGF 指数	QGF-E		TSF		
					QGF E 强度	$\lambda_{max}/nm$	Max Em/nm	$R_1$	$R_2$
MS1_1	4370	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>1</sup>	粉-细砂岩	4.3	71.9	375.0			
MS1_2	4374	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>1</sup>	粉-细砂岩	4.0	86.4	370.0	375.9	1.7	2.4
MS1_3	4378	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>1</sup>	粉-细砂岩	4.2	128.1	372.0	370.9	2.4	3.3
MS1_4	4382	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>1</sup>	粉-细砂岩	4.3	182.8	374.0	380.9	3.2	4.1
MS1_5	4396	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>1</sup>	粉-细砂岩	4.5	1596.0	378.0	378.0	4.5	6.0
MS1_6	4404	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>1</sup>	粉-细砂岩	4.5	687.3	378.0	373.0	4.6	6.0
MS1_7	4408	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>1</sup>	粉-细砂岩	3.8	367.9	378.0	378.0	4.3	5.6
MS1_8	4412	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>1</sup>	粉-细砂岩	4.9	118.9	374.0			
MS1_9	4420	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>2</sup>	粉-细砂岩	4.9	85.3	379.0			
MS1_10	4424	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>2</sup>	粉-细砂岩	4.2	127.1	377.0	378.0	3.4	4.5
MS1_11	4432	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>2</sup>	粉-细砂岩	4.4	164.2	374.0	373.0	3.4	4.5
MS1_12	4434	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>2</sup>	粉-细砂岩	3.4	156.0	372.0	375.0	2.3	3.1
MS1_13	4438	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>2</sup>	粉-细砂岩	4.2	127.4	377.0	375.0	2.8	4.1
MS1_14	4440	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>2</sup>	粉-细砂岩	4.0	254.8	379.0	378.0	4.6	6.1
MS1_15	4442	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>2</sup>	粉-细砂岩	4.1	112.2	378.0			
MS1_16	4446	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>2</sup>	粉-细砂岩	4.2	542.4	378.0	380.0	5.6	7.1
MS1_17	4448	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>2</sup>	粉-细砂岩	3.8	236.4	380.0	380.9	4.4	5.7
MS1_18	4456	J <sub>1</sub> s <sub>2</sub> <sup>2</sup>	粉-细砂岩	4.1	218.3	378.0	373.0	4.3	5.5
MS1_19	4476	J <sub>1</sub> s <sub>1</sub>	泥质粉砂岩	3.5	665.6	374.0	373.0	3.9	5.5
MS1_20	4494	J <sub>1</sub> s <sub>1</sub>	粉-细砂岩	3.5	305.3	372.0	373.0	3.8	5.3
MS1_21	4498	J <sub>1</sub> s <sub>1</sub>	粉-细砂岩	3.7	72.5	375.0			
MS1_22	4528	J <sub>1</sub> s <sub>1</sub>	泥质粉砂岩	3.3	61.4	470.0			
MS1_23	4551	J <sub>1</sub> s <sub>1</sub>	泥质粉砂岩	3.7	291.3	368.0	365.0	2.8	3.9
MS1_24	4553	J <sub>1</sub> s <sub>1</sub>	泥质粉砂岩	2.8	102.8	374.0			
MS1_25	4576	J <sub>1</sub> s <sub>1</sub>	泥质粉砂岩	4.1	560.7	372.0	375.9	3.6	4.9
MS1_26	4594	J <sub>1</sub> s <sub>1</sub>	泥质粉砂岩	4.3	91.0	380.0	377.0	2.7	3.3
MS1_27	4601	J <sub>1</sub> s <sub>1</sub>	粉-细砂岩	4.7	305.5	375.0	383.0	4.8	5.7
MS1_28	4608	J <sub>1</sub> s <sub>1</sub>	粉-细砂岩	4.0	248.7	374.0	373.0	4.1	5.0
MS1_29	4617	J <sub>1</sub> s <sub>1</sub>	泥质粉砂岩	3.6	338.0	378.0	383.0	2.9	3.6
MS1_30	4623	J <sub>1</sub> s <sub>1</sub>	泥质粉砂岩	3.1	1239.2	376.0	378.0	5.1	6.4
MS1_31	4638	J <sub>1</sub> s <sub>1</sub>	泥质粉砂岩	4.2	1141.3	382.0	375.0	4.7	5.8
MS1_32	4676	J <sub>1</sub> s <sub>1</sub>	泥质粉砂岩	4.0	286.6	376.0	373.0	3.4	4.4
MS1_33	4686	J <sub>1</sub> s <sub>1</sub>	泥质粉砂岩	3.2	412.7	367.0	370.9	3.3	4.3

注: J<sub>1</sub>s<sub>2</sub><sup>1</sup> 为三工河组二段第一砂层组; J<sub>1</sub>s<sub>2</sub><sup>2</sup> 为三工河组二段第二砂层组; J<sub>1</sub>s<sub>1</sub> 为三工河组一段; 主要含油层段为三工河组二段;  $\lambda_{max}$  为 QGF 荧光光谱最大荧光强度所对应的波长, nm; Max Em 为 TSF 最大强度处所对应的发射波长, nm;  $R_1$ 、 $R_2$  分别为在 270 nm 和 260 nm 激发光下, 360 nm 处发射波长的荧光强度与 320 nm 处发射波长的荧光强度的比值。

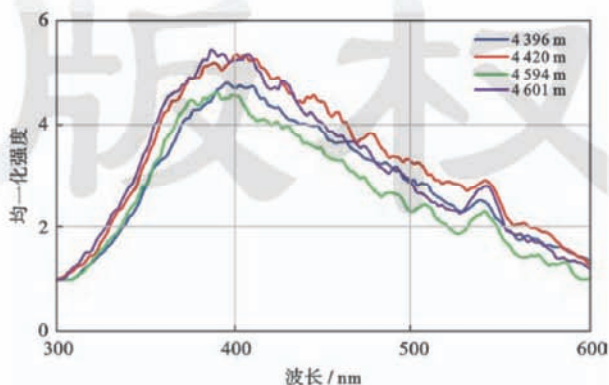


图 2 莫深 1 井三工河组古油层 QGF 光谱

Fig. 2 QGF spectra of paleo-oil layers in the Sangonghe Formation of Well Moshen 1

### 3 包裹体特征与古油气充注时间

包裹体分析样品采自莫索湾凸起盆参 2 井三工河组, 岩性为深灰色细砂岩和灰白色中砂岩, 取样深度为 4410~4613.1 m。依据流体包裹体分析流程, 开展岩相学分析, 首先统计含油包裹体的矿物颗粒数目占总矿物颗粒数目的比例, 即 GOI 指数 (表 2), 然后划分烃类包裹体类型, 并通过冷热台测定与烃类包裹体伴生盐水包裹体均一温度, 之后利用傅里叶红外技术测定包裹体成分, 综合盆地埋藏史—热史确定油气充注时间, 为恢复油气成藏过程提供依据。

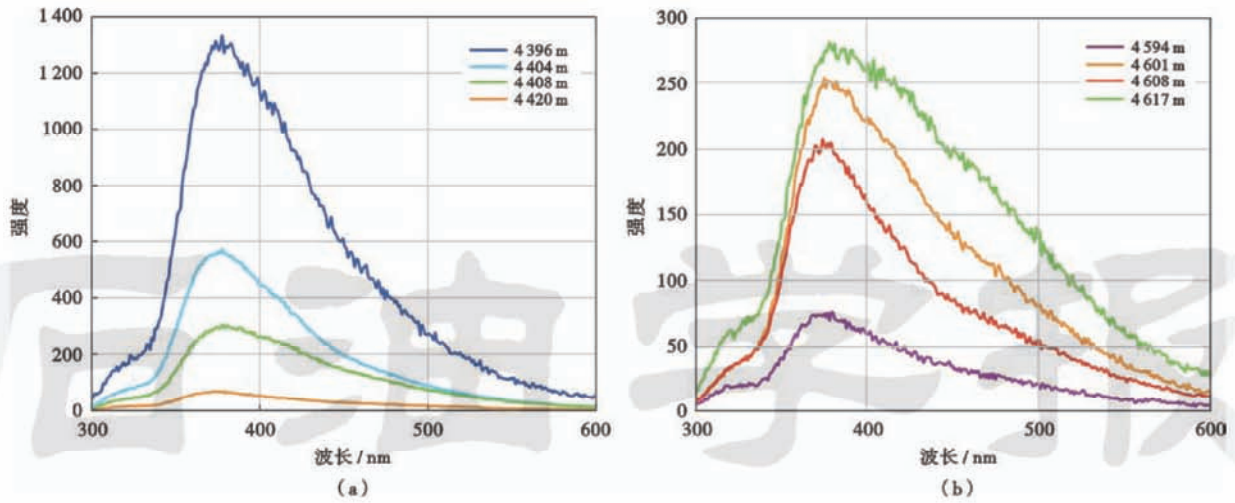


图3 莫深1井三工河组 QGF-E 光谱

Fig. 3 QGF-E spectra of the Sangonghe Formation of Well Moshen 1

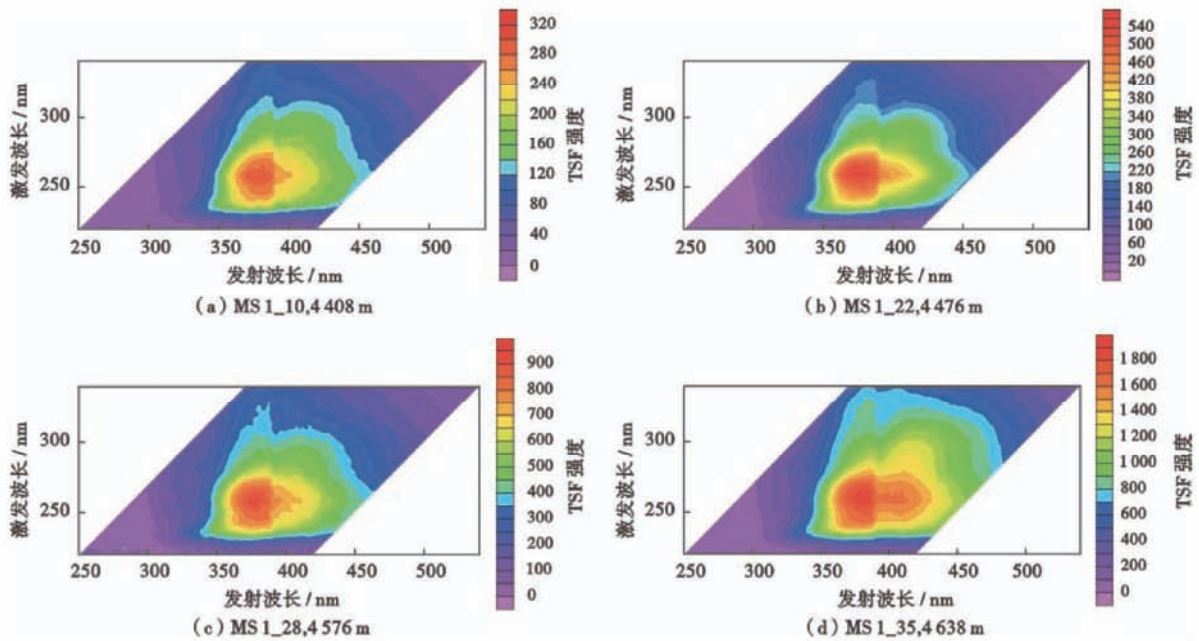


图4 莫深1井三工河组 TSF 荧光光谱

Fig. 4 TSF fluorescence spectra of the Sangonghe Formation of Well Moshen 1

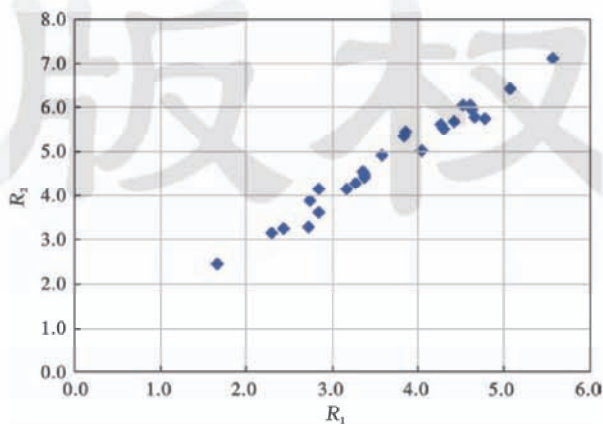


图5  $R_1$  与  $R_2$  关系

Fig. 5 Relationship between  $R_1$  and  $R_2$

表2 准噶尔盆地莫索湾地区盆参2井 GOI 值统计结果

Table 2 GOI statistical results of Well Pencan 2 in the Mosuowan area, Junggar Basin

井号	岩性	深度/m	层位	GOI/%
盆参2井	深灰色细砂岩	4410.0	$J_1S_2^1$	10
	灰白色中砂岩	4490.0	$J_1S_2^1$	3
	深灰色细砂岩	4608.3	$J_1S_2^1$	5
	深灰色细砂岩	4609.5	$J_1S_2^2$	4
	深灰色细砂岩	4613.1	$J_1S_2^2$	4

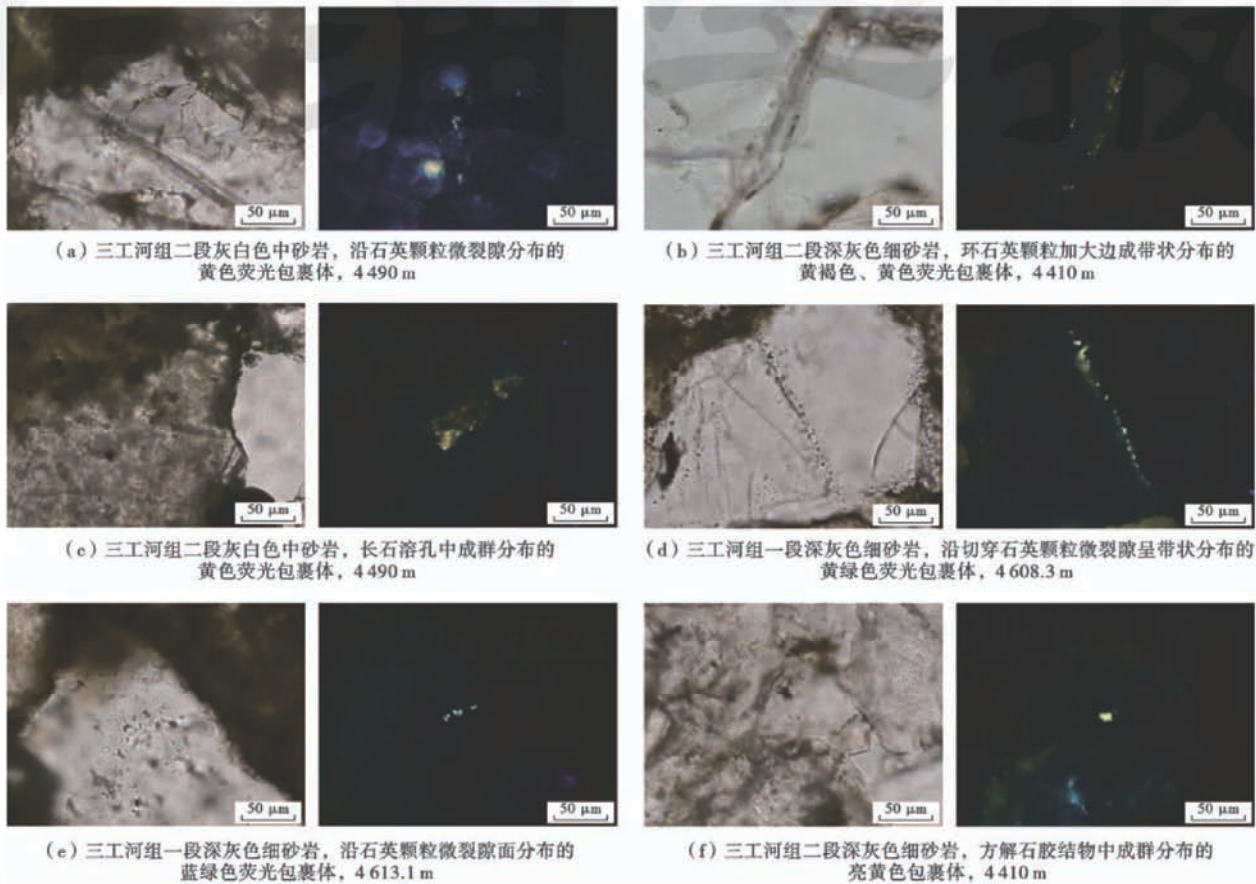
### 3.1 包裹体岩相学特征

显微镜下观察,莫索湾凸起三工河组砂岩储层包裹体发育中等,油气包裹体主要为液烃和液液烃包裹体,其中液烃占60%,气液烃占40%。包裹体主要赋

存在石英颗粒微裂隙、次生加大边中,一些赋存于长石溶孔中,少数存在于方解石胶结物中。根据油气包裹体颜色、气液比等特征划分出两类包裹体类型(图6)。

第1类油气包裹体主要沿石英颗粒内部微裂隙呈带状分布[图6(a)],环石英加大边呈带状分布[图6(b)],在长石溶孔中成群分布[图6(c)],气液比较小,形状不规则,单偏光下呈黄褐色,发黄色、黄褐色荧光。第2类油

气包裹体主要发育于石英成岩次生加大后期,沿石英微裂隙面[图6(d)]或切穿石英颗粒的微裂隙[图6(e)]或成串珠状或带状分布,或在石英颗粒加大边微裂隙成带状分布,仅个别视域可见包裹体在方解石胶结物中成群分布[图6(f)],包裹体气液比较大,形态较为规则,以椭圆形、长方形为主,单偏光下呈淡黄色或近似透明的灰白色,显示亮黄色、黄绿色、蓝绿色荧光。



注:左图为单偏光;右图为紫外光。

图6 烃类包裹体特征及赋存状态

Fig. 6 Characteristics and occurrence of hydrocarbon inclusions

### 3.2 油气包裹体成分特征

显微傅里叶红外光谱是针对单个流体包裹体进行分析的非破坏性方法,可以提供单个流体包裹体的成分特征<sup>[23-25]</sup>。谱图中2800~3000 nm的4个基团(对称甲基、对称亚甲基、非对称甲基、非对称亚甲基)的吸收峰代表了其相对丰度,其表征参数有 $CH_2/CH_3$ 基团比值、Xinc值(包裹体有机质烷基碳原子数)、Xstd值(标准有机质烷基碳原子数),3个参数的值越小,表明包裹体有机质成熟度越高。

对盆参2井侏罗系储集层中典型油气包裹体开展红外光谱扫描,结果表明两类油气包裹体红外光谱特征具有细微差别(图7)。第1类发黄色荧光,气液比较小的包裹体其 $CH_2/CH_3$ 值为4.08, Xinc值为

36.49, Xstd值为15.5;第2类发绿色荧光、气液比较大的包裹体其 $CH_2/CH_3$ 值为3.2, Xinc值为26.64, Xstd值为12.21。与第1类油气包裹体相比,第2类油气包裹体甲基相对较多,碳链短,成熟度稍高。

### 3.3 包裹体均一温度与充注时间

由于烃类包裹体被捕获后更容易发生化学变化,其均一温度也会改变,而盐水包裹体在捕获后变化相对较小,因此利用与烃类伴生的同期盐水包裹体的均一温度来代表烃类包裹体被捕获的均一温度<sup>[26-27]</sup>。测得的均一温度显示(图8),与第1类气液比较小,发黄色、黄褐色荧光烃类包裹体伴生的盐水包裹体均一温度较低,在65~75℃,与第2类气液比较大,发黄绿色、蓝绿色荧光烃类包裹体伴生的盐水均一温度较高,分布在80~95℃。

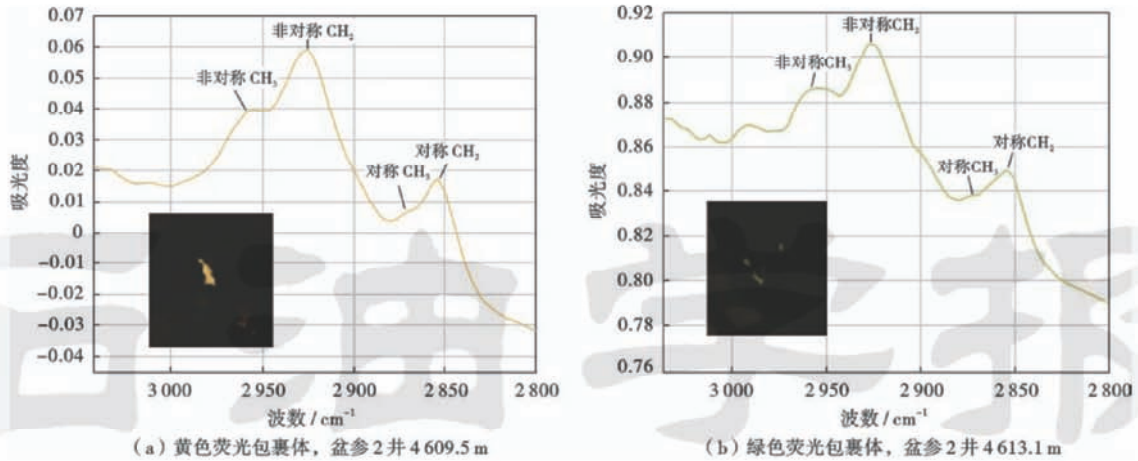
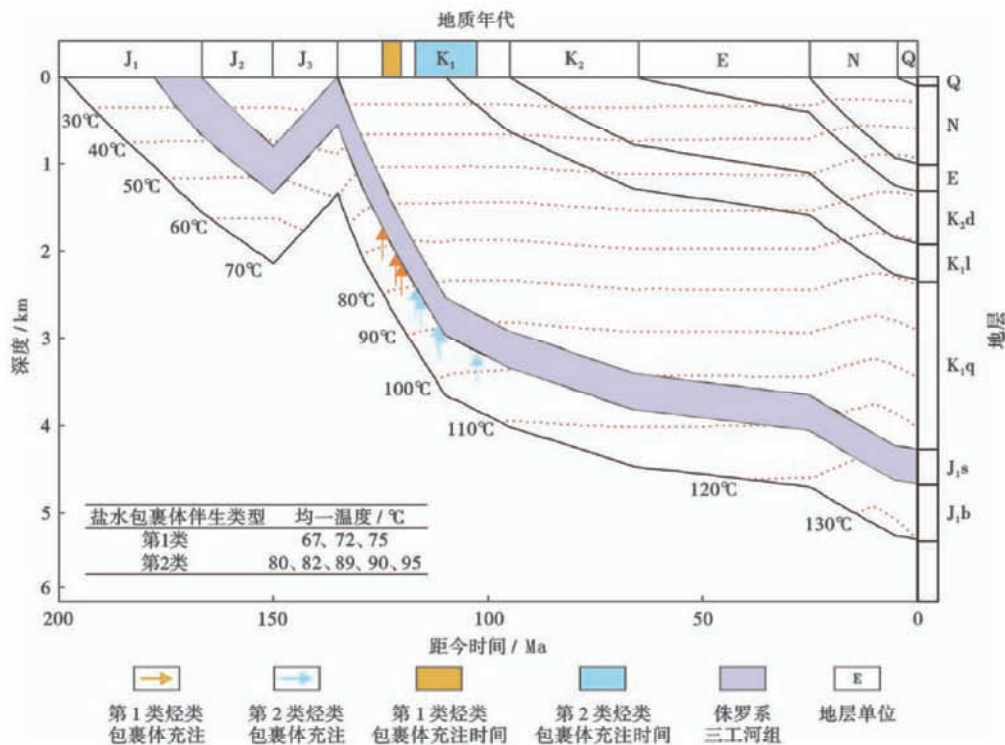


图7 烃类包裹体傅里叶红外光谱

Fig. 7 Fourier infrared spectrum of hydrocarbon inclusions



注: J<sub>1</sub>b—侏罗系八道湾组; J<sub>1</sub>s—侏罗系三工河组; K<sub>1</sub>q—白垩系清水河组; K<sub>1</sub>l—白垩系连木沁组; K<sub>1</sub>d—白垩系东沟组。

图8 包裹体均一温度和充注时间

Fig. 8 Homogenization temperature and infilling time of fluid inclusions

根据盆参2井的地层分层数据、各地质时期的古地温梯度数据,利用盆地模拟软件绘制了该井的埋藏史—热史图。将所测盐水包裹体均一温度数据投影在盆参2井埋藏史—演化史图上,可以获得油气充注时间。从图8中可以看出,第1类包裹体均一温度对应充注时间为早白垩世早期,第2类包裹体均一温度对应充注时间为早白垩世中期,表示三工河组从早白垩世早期就开始接受油气充注,第1类包裹体和第2类

包裹体温度分布比较连续,在其发育之间地层没有大的构造变动,表示两类包裹体代表一期连续充注,只是油气成熟度逐渐变高。

#### 4 流体演化过程

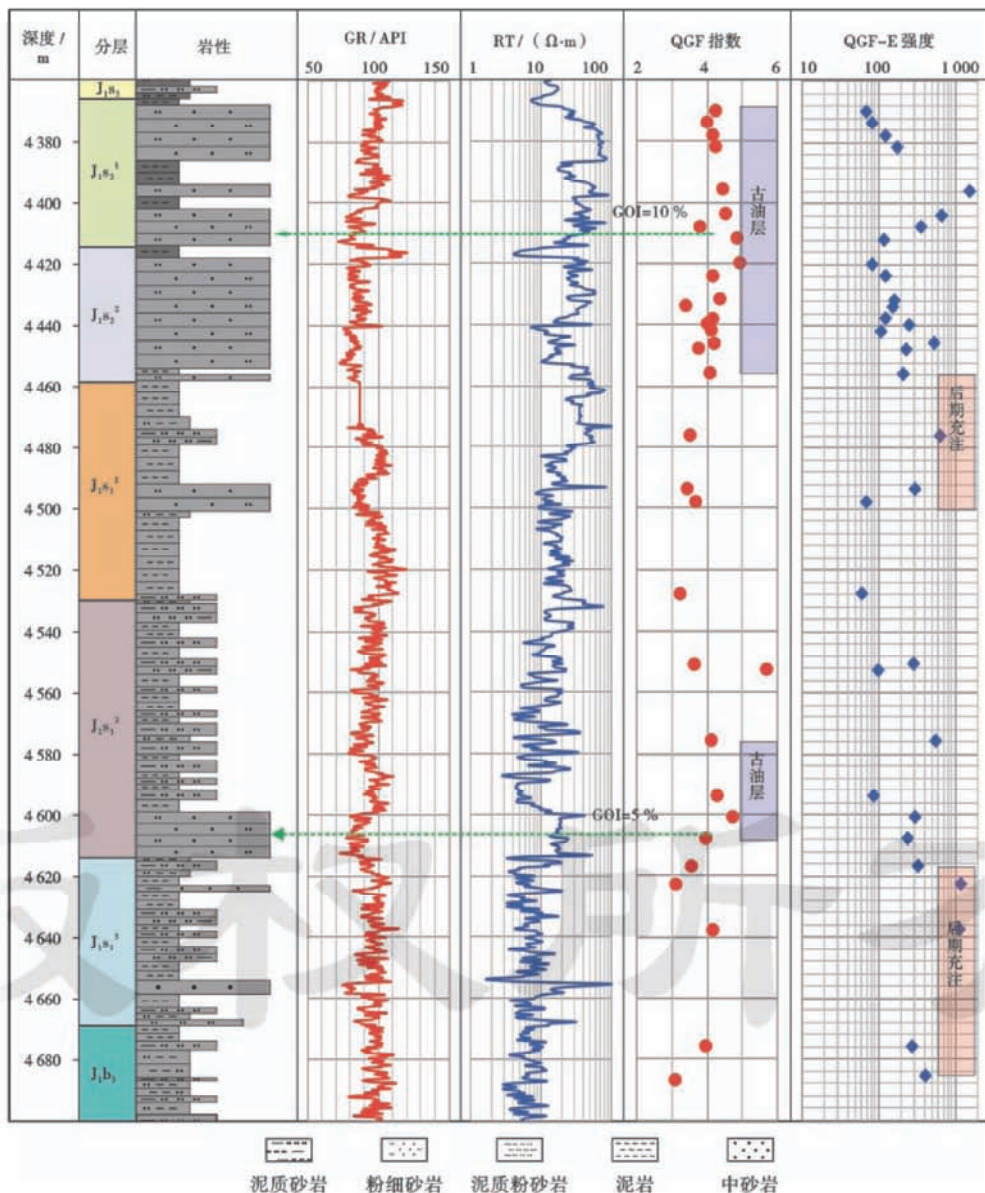
莫索湾凸起现今油藏是在古油藏的基础上调整改造形成的。构造发育史表明,莫索湾凸起在中侏罗世—晚侏罗世逐渐隆升,形成的古隆起在早白垩世以

来稳定沉降,隆起阶段形成的背斜圈闭较好地保存下来,是油气汇聚的重要场所。烃源岩生烃史显示,下二叠统风城组烃源岩在侏罗纪以前已进入生油高峰期,油气主要聚集在侏罗系以下的地层中<sup>[28]</sup>,中二叠统下乌尔禾组烃源岩在白垩纪成熟并进入大规模生油阶段<sup>[19]</sup>。包裹体均一温度显示油气最早充注时间为白垩纪;包裹体岩相学显示深度 4410 m 处 GOI 为 10%, 4608 m 处 GOI 为 5%;QGF 指数显示深度段 4374~4456 m、4576~4608 m 处的 QGF 指数大于 4(图 9)。构造发育、生排烃和油气充注在时间上相吻合,结合包裹体岩相学 GOI 指数、储层颗粒定量荧光指数反映莫索湾凸起从白垩纪初期开始聚集下乌尔禾组生成的油气形成古油藏,随着烃源岩逐渐成熟,由傅里叶红外光

谱显示油气成熟度也逐渐变高。

古近纪末掀斜作用使得早期形成的圈闭被破坏,为油气向上向北运移提供了动力,使得油气藏面貌发生调整。可以看出,深度段 4412~4456 m GOI 指数和 QGF 指数均显示该层段聚集古油气,QGF-E 值却显示现今储层吸附烃含量较低,说明该层段的油气藏遭受了破坏调整,油藏规模变小。

深度段 4456~4498 m、4608~4686 m 显示较低的 QGF 指数和较高的 QGF-E 强度(图 9),表明先前不是古油层的砂体在后期接受了油气。前人研究表明,沙湾和阜康凹陷八道湾组烃源岩在早白垩世末期开始进入生烃门限,可以向莫索湾凸起供烃<sup>[29-30]</sup>,因此推断三工河组储层又接受了侏罗系煤系烃源岩生成的



注:GOI 指数为盆参 2 井所测。

图 9 莫深 1 井三工河组 QGF 指数、QGF-E 强度随深度变化特征

Fig. 9 Change features of QGF index and QGF-E intensity with depth in Sangonghe Formation of Well Moshen 1



油气充注。全息扫描三维荧光(TSF)显示三工河组油气成熟度变化范围较大,也表明莫索湾凸起油气具有混源的特征。包裹体形成的前提条件是油气对储集层充注规模大,对于多期次的油气充注而言,包裹体主要记录早期成熟原油的充注<sup>[31-32]</sup>,而八道湾组烃源岩充注的原油成熟度较低,充注时间较晚,很可能未形成包裹体,这或许是导致深度段 4 456~4 498 m、4 608~4 686 m QGF 指数低,QGF-E 强度大的原因。

## 5 油气藏分布状态

### 5.1 古油藏规模及调整方向

三工河组二段砂体规模大,且横向分布较为连续,因此古油藏发育规模较大。白垩纪古构造对古油藏的运聚有重要控制作用,早白垩世,准噶尔盆地存在一期广泛的湖侵,在腹部地区形成了稳定分布的暗色泥岩,纵向上位于白垩系底砾岩之上,因此可以将该湖侵泥岩顶界拉平以分析目的层的构造形态,并将其近似表示为白垩纪成藏期的古构造。构造图显示,成藏期盆参2井区位于构造高部位。从剖面来看,三工河组二段砂体几乎被古油

气充满[图 10(a)],将剖面上确定的油气溢出点投影到平面构造图上,可以看出平面上分布范围比较广,圈闭面积约 700 km<sup>2</sup>[图 11(a)]。到了掀斜期,古背斜消失[图 10(b)],盆参2井区从构造高点变成构造低部位,原来的古背斜也变成南低北高的单斜,油气沿着盆5井区背斜和莫北鼻凸带向上、向北调整[图 11(b)]。

### 5.2 现今油藏分布特征及次生油气藏预测

向北调整的油气部分散失,但当遇到合适的圈闭易形成次生型油气藏,可以看出[图 11(a)],现今莫北油气藏沿着莫北鼻凸呈带状分布,莫索湾油气田也分布在低幅度凸起构造上,现今油气藏的形成除了盆1井西凹陷烃源岩生成的油气直接贡献外,推测还受莫索湾古油藏的次生贡献。

莫索湾古油藏规模巨大,其散失后潜力不可小觑,观察现今低凸带[图 11(b)],顶部尚未有油气发现,因此预测次生油气藏需要加强油气运移路径和遮挡条件的研究,精细刻画成藏期和调整期的古构造,加强断层-不整合面-砂体输导体系的研究,由古油藏出发,顺藤摸瓜,沿着油气运移通道寻找下一个有利勘探区。

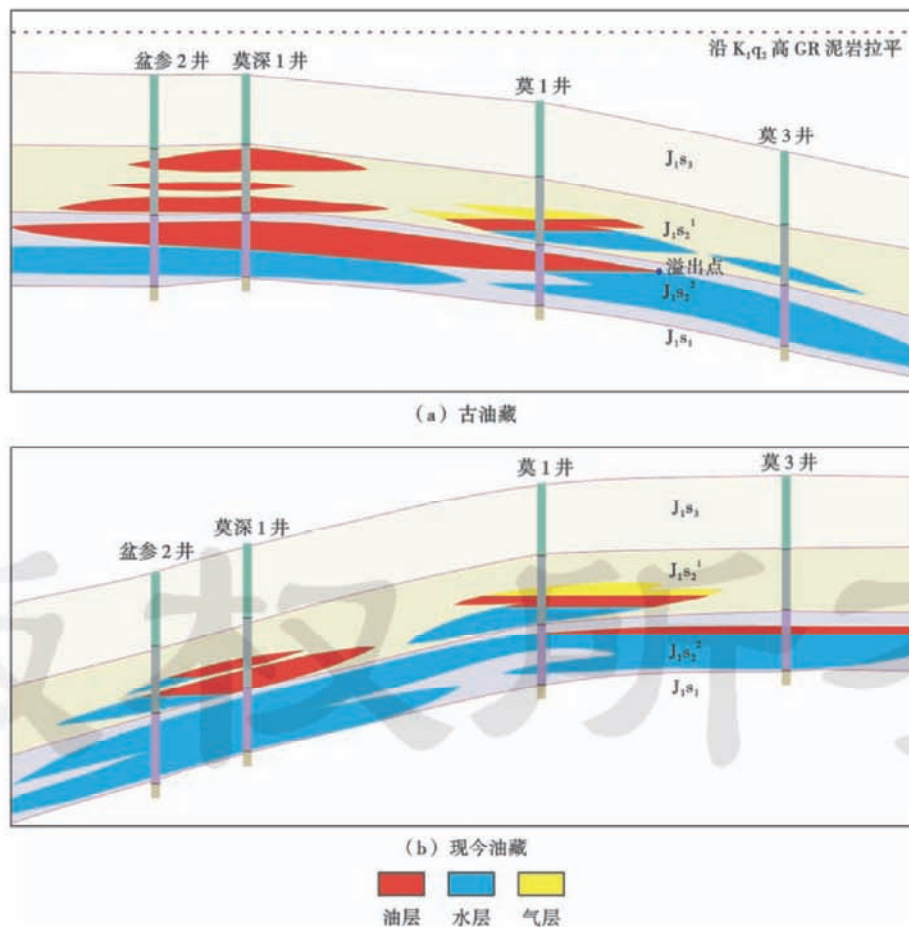


图 10 莫索湾凸起三工河组二段油藏剖面

Fig. 10 Oil reservoir profile of the 2nd Member of Sangonghe Formation in the Mosuowan uplift

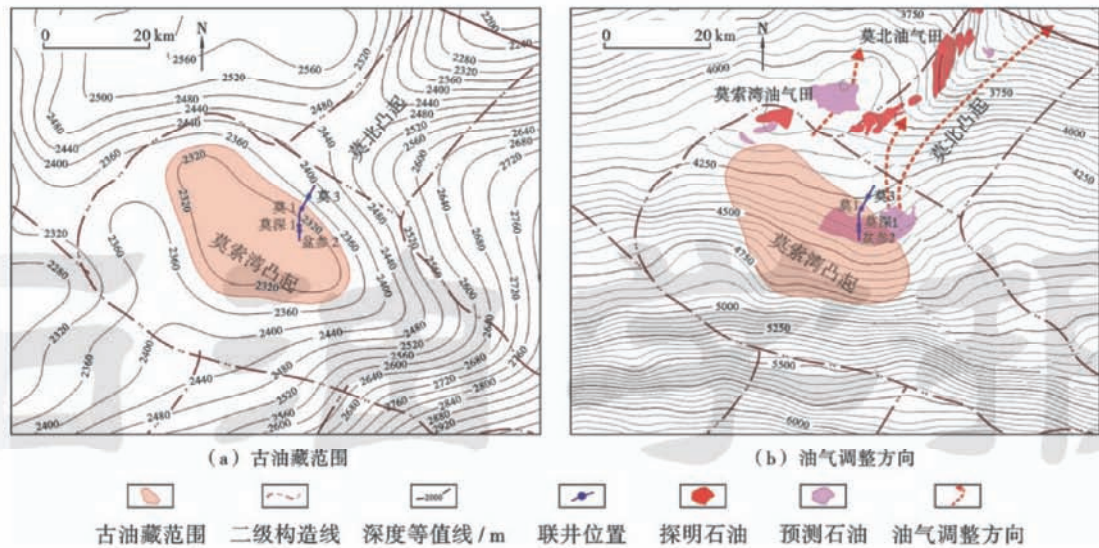


图 11 莫索湾凸起三工河组二段古油藏范围及调整方向

Fig. 11 Range and adjustment direction of paleo-reservoir in the 2nd Member of Sangonghe Formation in the Mosuowan uplift

## 6 结 论

(1) 颗粒定量荧光指数(QGF)和含油气包裹体丰度(GOD)表明莫索湾凸起益参2井区三工河组存在古油藏。包裹体岩相学观察出两类油气包裹体,其伴生盐水包裹体的均一温度结合埋藏史—热史确定油气最早充注时间为早白垩世早期,两类包裹体的充注时间较为连续,判断为一期连续充注事件,傅里叶红外光谱显示油气成熟度逐渐变高。

(2) 深度段4412~4456 m显示有古油藏聚集,但是现今含油饱和度相对较低,推断古油藏在古近纪地层掀斜时遭受破坏;深度段4456~4498 m、4608~4686 m没有古油气充注,但是现今含油丰富,而且整个三工河组油气成熟度变化范围大,表明该段砂体经历了不只一期的油气充注。

(3) 从成藏期构造可知古油藏规模非常大,其勘探前景广阔;由现今构造可知,油气有沿着低凸带向上向北调整的趋势,因此需要加强油气运移路径和遮挡条件的研究,沿着油气散失的通道寻找有效圈闭,预测有利勘探区。

### 参 考 文 献

- [1] 丁文龙,金之钧,张义杰,等. 新疆准噶尔盆地断裂控油气作用机理研究[J]. 地学前缘,2002,9(3):102.  
DING Wenlong, JIN Zhijun, ZHANG Yijie, et al. Mechanism of fracture-controlled oil and gas in Junggar Basin, Xinjiang[J]. Earth Science Frontiers, 2002, 9(3): 102.
- [2] 宋明水,赵乐强,宫亚军,等. 准噶尔盆地西北缘超剥带圈闭含油性量化评价[J]. 石油学报,2016,37(1):64-72.  
SONG Mingshui, ZHAO Leqiang, GONG Yajun, et al. Quantitative assessment on trap oil-bearing property in ultra-denudation zones at the northwestern margin of Junggar Basin[J]. Acta Pe-

trolei Sinica, 2016, 37(1): 64-72.

- [3] 廖健德,王绪龙,向宝力,等. 准噶尔盆地莫索湾地区油气成藏分析[J]. 天然气工业,2004,24(9):15-18.  
LIAO Jiande, WANG Xulong, XIANG Baoli, et al. Oil and gas origin and reservoiring analyses of Mosuowan region in Junggar Basin[J]. Natural Gas Industry, 2004, 24(9): 15-18.
- [4] 张年富. 准噶尔盆地腹部莫索湾地区油气成藏条件与成藏模式[J]. 石油勘探与开发,2000,27(3):17-20.  
ZHANG Nianfu. Fluid compartment and hydrocarbon accumulation in Mosuowan area in central part of Junggar Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27(3): 17-20.
- [5] 苏奥,陈红汉. 东海盆地西湖凹陷宝云亭气田油气成藏史—来自流体包裹体的证据[J]. 石油学报,2015,36(3):300-309.  
SU Ao, CHEN Honghan. Accumulation history of Baoyunting gas field in the Xihu sag, East China Sea Basin: from evidence of fluid inclusions[J]. Acta Petrolei Sinica, 2015, 36(3): 300-309.
- [6] APLIN A C, LARTER S R, BIGGE M A, et al. PVTX history of the North Sea's Judy oilfield[J]. Journal of Geochemical Exploration, 2000, 69(1): 641-644.
- [7] 施伟军,席斌斌,秦建中,等. 单体油气包裹体激光剥蚀在线成分分析技术—以塔河油田奥陶系储层为例[J]. 石油学报,2016,37(2):196-206.  
SHI Weijun, XI Binbin, QIN Jianzhong, et al. Online laser ablation compositional analysis technique for single hydrocarbon inclusion: a case study of the Ordovician reservoirs in Tahe oilfield, Tarim Basin, NW China[J]. Acta Petrolei Sinica, 2016, 37(2): 196-206.
- [8] 刘可禹,Julien Bourdet,张宝收,等. 应用流体包裹体研究油气成藏—以塔中奥陶系储集层为例[J]. 石油勘探与开发,2013(2):171-180.  
LIU Keyu, JULIEN B, ZHANG Baoshou, et al. Hydrocarbon charge history of the Tazhong Ordovician reservoirs, Tarim Basin as revealed from an integrated fluid inclusion study[J]. Petroleum Exploration and Development, 2013(2): 171-180.
- [9] 罗荣,姜振学,李卓,等. 英买力地区中生界—新生界油气藏石油包裹体特征及成藏期次[J]. 石油学报,2015,36(1):60-66.

- LUO Xiao,JIANG Zhenxue,LI Zhuo, et al. The properties of petroleum inclusions and stages of hydrocarbon accumulation in Mesozoic-Cenozoic reservoirs in Yingmaili area of Tabei uplift, TarimBasin[J]. *Acta Petrolei Sinica*,2015,36(1):60-66.
- [10] LIU K,EADINGTON P. Quantitative fluorescence techniques for detecting residual oils and reconstructing hydrocarbon charge history[J]. *Organic Geochemistry*,2005,36(7):1023-1036.
- [11] 夏国清,季长军,杨伟,等. 南羌塘坳陷中侏罗统布曲组油藏带流体包裹体特征与油气充注历史[J]. *石油学报*,2016,37(10):1247-1255.
- XIAO Guoqing,JI Changjun,YANG Wei, et al. Fluid inclusions characteristics and hydrocarbon charging history of oil reservoir belt in the Mid-Jurassic Buqu Formation, Southern Qiangtang depression[J]. *Acta Petrolei Sinica*,2016,37(10):1247-1255.
- [12] LIU K,EADINGTON P,MIDDLETON H, et al. Applying quantitative fluorescence techniques to investigate petroleum charge history of sedimentary basins in Australia and Papuan New Guinea [J]. *Journal of Petroleum Science and Engineering*,2007,57(1):139-151.
- [13] LIU K,GEORGE S C,LU X, et al. Innovative fluorescence spectroscopic techniques for rapidly characterising oil inclusions[J]. *Organic Geochemistry*,2014,72:34-45.
- [14] GONG S,GEORGE S C,VOLK H, et al. Petroleum charge history in the Lunnan Low Uplift uplift, Tarim Basin, China-evidence from oil-bearing fluid inclusions[J]. *Organic Geochemistry*,2007,38(8):1341-1355.
- [15] LU X,LIU K,ZHUO Q, et al. Palaeo-fluid evidence of the multi-stage hydrocarbon charges in Kela-2 gas field, Kuqa foreland Basin, Tarim Basin [J]. *Petroleum Exploration and Development*,2012,39(5):574-582.
- [16] 桂丽黎,刘可禹,柳少波,等. 柴达木盆地西部南区红柳泉岩性油气藏成藏特征[J]. *石油学报*,2015,36(1):50-59.
- GUI Lili,LIU Keyu,LIU Shaobo, et al. Hydrocarbon accumulation characteristics of Hongliuquan lithologic reservoirs in south area of western Qaidam Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*,2015,36(1):50-59.
- [17] 何登发,陈新发,况军,等. 准噶尔盆地车排子-莫索湾古隆起的形成演化与成因机制[J]. *地学前缘*,2008,15(4):42-55.
- HE Dengfa,CHEN Xinfa,KUANG Jun, et al. Development and genetic mechanism of Chepaizi-Mosuowan uplift in Junggar Basin [J]. *Earth Science Frontiers*,2008,15(4):42-55.
- [18] 周路,张义杰,雷德文,等. 准噶尔盆地莫索湾凸起构造特征[J]. *中国石油勘探*,2005,10(1):16-21.
- ZHOU Lu,ZHANG Yijie,LEI Dewen, et al. Structural characteristics of Mosuowan uplift in Junggar Basin[J]. *China Petroleum Exploration*,2005,10(1):16-21.
- [19] 况军,何登发,张年富,等. 准噶尔盆地莫索湾凸起油气成藏模式[J]. *中国石油勘探*,2005,10(1):40-45.
- KUANG Jun,HE Dengfa,ZHANG Nianfu, et al. Oil and gas migration and accumulation pattern of Mosuowan uplift in Junggar Basin[J]. *China Petroleum Exploration*,2005,10(1):40-45.
- [20] 周文泉,罗新利,刘宏伟. 盆1井西凹陷东环带油气成藏分析[J]. *新疆石油天然气*,2005,1(3):16-20.
- ZHOU Wenquan,LUO Xinli,LIU Hongwei. Analysis of hydrocarbon reservoir forming in the east belt around depression to the west of well Pen-1[J]. *Xinjiang Oil & Gas*,2005,1(3):16-20.
- [21] 陶国亮,胡文瑄,曹剑,等. 准噶尔盆地腹部侏罗系原油勘探前景探讨[J]. *地质论评*,2008,54(4):477-484.
- TAO Guoliang,HU Wenxuan,CAO Jian, et al. Exploration prospect of Jurassic source derived oils in the central Junggar Basin, northwest China [J]. *Geological Review*,2008,54(4):477-484.
- [22] MUNZ I. Petroleum inclusions in sedimentary basins; systematics, analytical methods and applications[J]. *Lithos*,2001,55(1/4):195-212.
- [23] BARRES O,BURNEAU A,DUBESSY J, et al. Application of micro-FT-IR spectroscopy to individual hydrocarbon fluid inclusion analysis[J]. *Applied Spectroscopy*,1987,41(6):1000-1008.
- [24] PIRONON J,THIERY R,OUGOUGDAL M A, et al. FT-IR measurements of petroleum fluid inclusions; methane, n-alkanes and carbon dioxide quantitative analysis[J]. *Geofluids*,2002,1(1):2-10.
- [25] GUILHAUMOU N,DUMAS P. Synchrotron FTIR hydrocarbon fluid inclusion microanalysis applied to diagenetic history and fluid flow reconstruction in reservoir appraisal[J]. *Oil & Gas Science and Technology*,2005,60(5):763-779.
- [26] GOLDSTEIN R H. Fluid inclusions in sedimentary and diagenetic systems[J]. *Lithos*,2001,55(1):159-193.
- [27] 赵艳军,陈红汉. 油包裹体荧光颜色及其成熟度关系[J]. *地球科学:中国地质大学学报*,2008,33(1):91-96.
- ZHAO Yanjun,CHEN Honghan. The relationship between fluorescence colors of oil inclusions and their maturities[J]. *Earth Science: Journal of China University of Geosciences*,2008,33(1):91-96.
- [28] 石新朴,王绪龙,曹剑,等. 准噶尔盆地莫北-莫索湾地区原油成因分类及运聚特征[J]. *沉积学报*,2010,28(2):380-387.
- SHI Xinpu,WANG Xulong,CAO Jian, et al. Genetic type of oils and their migration/accumulation in the Mobei-Mosuowan area, central Junggar Basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*,2010,28(2):380-387.
- [29] 李伟,王瑶,张枝焕,等. 准噶尔盆地腹部侏罗系油气成藏地球化学分析[J]. *地质科学*,2006,41(4):663-675.
- LI Wei,WANG Yao,ZHANG Zhihuan, et al. Geochemical features of petroleum accumulation of Jurassic reservoirs in hinterland of the Junggar Basin[J]. *Chinese Journal of Geology*,2006,41(4):663-675.
- [30] 胡文瑄,张义杰,姚素平,等. 盆1井西凹陷油气系统成藏序列与油气分布研究[R]. 克拉玛依:新疆油田公司勘探开发研究院,2006.
- HU Wenxuan,ZHANG Yijie,YAO Suping, et al. Study on reservoir-forming sequence of petroleum system and distribution of oil and gas[R]. Karamay: Research Institute of Exploration and Development of Xinjiang Oilfield Company,2006.
- [31] 王飞宇,师玉雷,曾花森,等. 利用油包裹体丰度识别古油藏和限定成藏方式[J]. *矿物岩石地球化学通报*,2006,25(1):12-18.
- WANG Feiyu,SHI Yulei,ZENG Huasen, et al. To identify paleo oil reservoir and to constrain petroleum charging model using the abundance of oil inclusions[J]. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*,2006,25(1):12-18.
- [32] 谢小敏,曹剑,胡文瑄,等. 叠合盆地储层油气包裹体 GOI 成因与应用探讨——以准噶尔盆地莫索湾地区为例[J]. *地质学报*,2007,81(6):834-842.
- XIE Xiaomin,CAO Jian,HU Wenxuan, et al. Origin and application of GOI data of oil inclusions in structurally complex basin: a case study in the Mosuowan area of the Junggar Basin(NW China)[J]. *Acta Geologica Sinica*,2007,81(6):834-842.