

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

谢小敏¹⁾, 曹剑¹⁾, 胡文瑄¹⁾, 张义杰²⁾, 王绪龙³⁾, 张越迁³⁾, 唐勇³⁾

1) 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 南京大学地球科学系, 南京, 210093

2) 中国石油勘探开发研究院, 北京, 100083

3) 中国石油新疆油田公司, 新疆克拉玛依, 834000

内容提要: 在准噶尔盆地莫索湾地区选取了5口具有不同油气显示级别的典型探井, 通过对48块岩心样品作精细的储层油气包裹体 GOI 组成分析, 尝试探讨了在复杂油气充注情况下, 叠合盆地油气包裹体 GOI 组成的成因。结果表明, 含油气流体的充注强度是主因。但由于油气成藏的多期复合、油气水界面的多期变迁, 决定了我们在研究过程中不可以直接借鉴文献中提出的1%和5%等指标来判断油气水层, 而是应该结合地质背景, 首先仔细分析其成因, 再深入讨论应用。文中利用 GOI 对莫索湾地区的油气运移进行了讨论, 取得了良好效果, 表明其在叠合盆地油气运移研究中具有一定应用前景。

关键词: 油气包裹体; 含油包裹体颗粒指数(GOI); 油气运移; 叠合盆地; 准噶尔盆地

储层油气包裹体的 GOI (grains containing/with oil inclusions) 意指含油包裹体的矿物颗粒数目占总矿物颗粒数目的比例, 为 Eadington 等 (1996) 首次提出。他们通过对澳大利亚和东南亚一些油气田资料的分析, 认为可用 GOI 参数来反映储层含油饱和度: 油层、运移通道和水层的 GOI 指数通常分别大于5%、1%~5%和小于1%。可见, 通过储层油气包裹体的 GOI 来探讨油气运移具有重要的理论意义和应用价值, 促使众多学者利用他们提出的 GOI 指标来识别古(残余)油层、油水界面和限定油气充注史 (George et al., 2004a, 2004b; 王飞宇等, 2004; 姜振学等, 2006)。最近, 王飞宇等 (2005) 在对中国的一些研究实例进行总结后指出, 国内盆地储层油包裹体 GOI 指数的变化与 Eadington 等 (1996) 建议的油、运移通道和水层的判别标准相似。但也有例外, 即大约有10%的油层样品 GOI 数据较低 (<5%), 分析认为, 其原因可能有二: 一是指示沿断层的快速或晚期成藏, 反映了储层含油气饱和度的突然增高; 二是浅层 (<2000 m) 油气聚集成藏时成岩作用不强, 胶结物不发育。由

此可见, 对 GOI 技术的应用必须结合地质背景作仔细分析 (Liu Keyu, 王飞宇, 2006, 私人通信)。

然而, 纵览目前国内外相关应用 GOI 研究油气运移的文献, 大都还是直接简单借用 Eadington 等 (1996) 建议的1%和5%等标准。考虑到我国含油气盆地的叠加性, 其油气成藏过程相当复杂, 油气水界面的变迁也必然多期叠合 (金之钧等, 2004; 陈建平等, 2004), 那么, 根据国外相对简单油气充注实例总结得出的那些指标还能够应用吗? 应该如何应用? 这是利用 GOI 研究叠合盆地油气运移必须解决的重要基础理论问题。

准噶尔盆地莫索湾地区位于盆地腹部中央拗陷内, 主要包括莫索湾凸起和莫北凸起两个构造单元, 该区三面临凹, 且每个凹陷均发育了石炭系、二叠系和侏罗系等多套烃源岩^①, 长期处于油气运移的有利指向区, 已发现了亿吨级的油气储量。然而, 多套烃源岩的差异热演化^②和多期构造运动的叠加改造 (何登发等, 2005) 既使得油藏和气藏皆有发现, 也使得成藏过程和油气水界面的变迁异常复杂 (廖健德等, 2004)。现今通常利用测井曲线和试油结果反映

注: 本文为国家自然科学基金(编号40602014)资助的成果。

收稿日期: 2007-01-17; 改回日期: 2007-04-23; 责任编辑: 周健。

作者简介: 谢小敏, 女, 1984年生, 在读硕士研究生, 石油地质学方向。Email: xiexiaomin2006@nju.org.cn。通讯作者: 曹剑, 男, 1978年生, 博士, 现在南京大学地球科学系工作, 主要从事石油地质学和有机地球化学研究和教学工作。通讯地址, 210093, 南京大学地球科学系; Email: jcao@nju.edu.cn。

的油气水界面属于多期叠合后的最后一期面貌。那么,从 GOI 角度可否帮助重建油气水界面和成藏的演化过程? 本文拟在该区选择具有不同油气显示级别的典型探井,结合地质背景进行精细的储层油气包裹体 GOI 组成特征分析,旨在查明决定 GOI 组成的主控因素,探讨其成因及所蕴含的石油地质意义,并进一步应用其来研究区域油气运移,期望研究结果不仅能加深我们对叠合盆地 GOI 地质内涵及其应用的认识,而且能为本区的油气地质勘探研究提供一些基础信息。

1 样品与方法

如图 1 所示,莫索湾地区目前已发现了多个油气藏,油气地球化学研究结果显示,本区属于典型的叠合盆地大型复式油气聚集带,正常原油、轻质油、凝析气和天然气皆有发现,反映出复杂的油气运聚成藏历史^①。基于探井的油气显示情况,并结合岩心库存条件,我们选择了莫 1、莫 4、莫 10、莫 101 和

莫北 1 五口探井,共采得样品 48 个:莫 1 井 11 块、莫 4 井 12 块、莫 10 井 8 块、莫 101 井 4 块、莫北 1 井 13 块,样品来自本区当前的主要勘探目标层位侏罗系和白垩系,岩性以砂岩为主。

如图 1,莫北 1 井离莫索湾凸起较远,位于滴南凸起,为一口有油气显示但没有工业性油流的井;莫 1 井、莫 10 井、莫 4 井、莫 101 井均位于莫索湾凸起,并且都有工业性的油气流产出,但油气性质有别。其中,莫 101 井为天然气藏井,莫 1 井和莫 4 井为中质油藏井,而莫 10 井产出的油流属于轻质油。可见,本次实验样品基本概括了不同的油气显示级别,为尽可能全面的分析讨论提供了保证。

岩心样品制成包裹体片后在荧光显微镜(Nikon Eclipse E600WPL)下观察,每块薄片随机选取 100 个视域,统计计算视域中含油包裹体的颗粒在总颗粒中的比值即为 GOI 值。GOI 技术的关键是找准油包裹体,以获得准确的 GOI 值,为此,我们在观测过程中,反复交替使用透射光与荧光,确

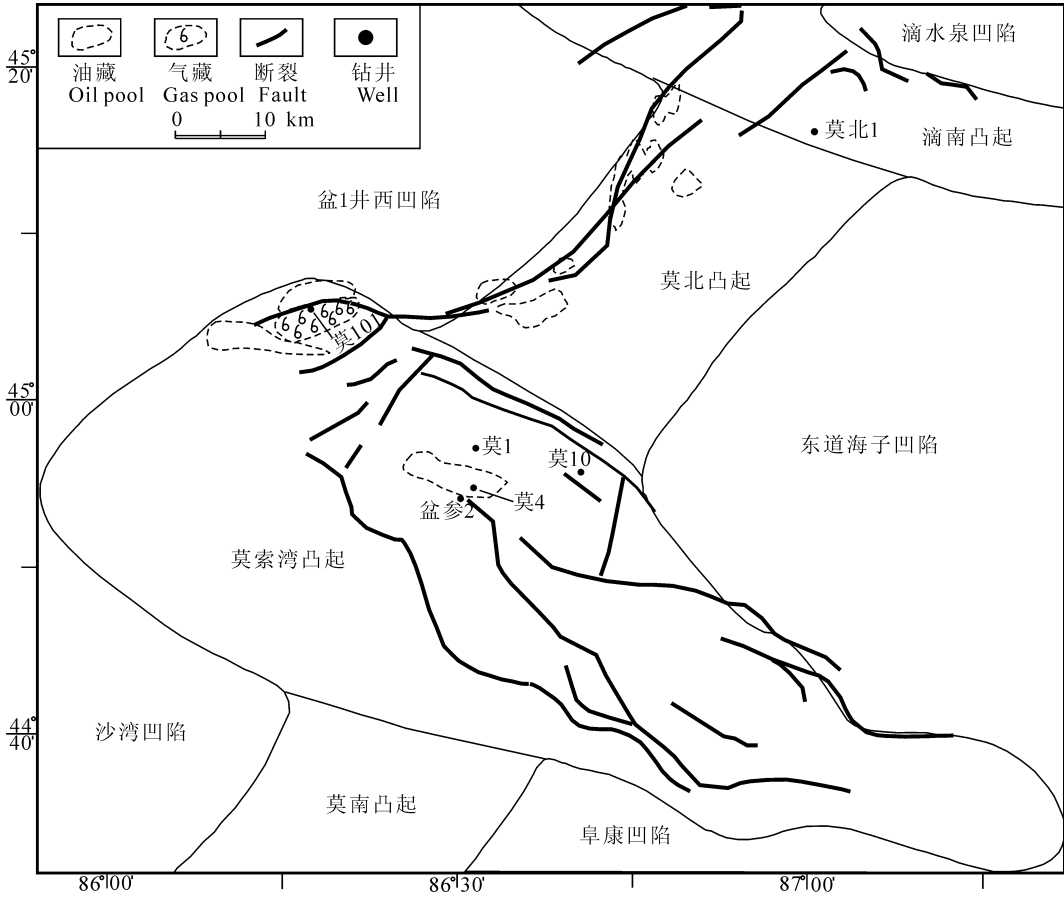


图 1 准噶尔盆地莫索湾地区构造分区和典型探井位置示意图(底图据新疆油田公司)

Fig. 1 Sketch map showing tectonic units and typical exploration wells in the Mosuowan area, central Junggar Basin (after PetroChina Xinjiang Oilfield Company)

保 GOI 统计结果准确。镜下鉴定发现,由于实验样品岩性以中砂岩和细砂岩为主,所以包裹体一般较小,基本在 10 μm 以下,根据粒径大小,选择采用显微镜为 10 $\times$ 20 倍或 10 $\times$ 40 倍来观测。

2 结果

显微镜下观测发现,本区储层油气包裹体主要赋存于石英加大边、石英愈合裂缝、硅质和方解石胶结物中(图 2)。透光下油气包裹体为浅灰黄色,在荧光下以亮的黄绿色为主(图 2a),也见一些橙黄色的油气包裹体(图 2b)。与油气包裹体一样,在储层孔隙中也观测到了两种不同颜色的荧光烃类,并且如果孔隙中以橙黄色油为主,则一般含有较多的褐色条带(图 2b);而以亮黄绿色为主的样品中含有少量或几乎不含褐色条带(图 2a)。总体来看,所有 48 块测试样品中的油气包裹体基本都表现为黄绿色(如图 2a),而储层孔隙游离烃的特征有所不同,包括橙黄色(12/48)和黄绿色(36/48)两种荧光色(表 1),反映了油气充注过程中性质的变化。

储层油气包裹体的 GOI 统计结果列于表 1 中,48 个数据分布在 0.025%~17.8%之间,低于 1%和超过 10%的分别只有 6 个,而位于 1%~5%和 5%~10%的分别有 21 个和 15 个(图 3a)。可见,本次实验获得的 GOI 数据主要集中在 1%~10%之间。

王飞宇等(2005)曾统计了国内一些油气田中 1124 个样品的 GOI 数据(参见该文图 2),结果表

明,油层绝大多数 GOI 数据都大于 5%,并且很多油藏中的 GOI 数据都超过了 10%,而水层的 GOI 都低于 5%,并低于 1%的不多。

对比本文的实验结果,可以发现,我们测得的低于 1%的数据也较少,与前人的统计结果一致;但超过 10%的 GOI 分析数据相对偏少,这可能与油气包裹体的形成条件有关。但由于缺乏不同油田之间的具体资料,所以暂无法进行对比分析。

图 3b 展示了 GOI 数据组成与深度之间的相关关系。其中,由于莫北 1 井位于构造高部位,所以浅于 3700 m 的 GOI 数据均来自莫北 1 井,其余 4 口井的数据位于 4100~4600 m 之间。总体来看,GOI 的分布与深度的关系不大,这在一定程度上可能说明,本区油气在大规模充注时储层的埋藏深度可能都已超过了 2000 m,否则按前人总结的认识(Lisk et al., 2002;王飞宇等,2005):浅层(小于 2000 m)油气运聚成藏时胶结物不甚发育,故其 GOI 值往往会低于 5%,如国内塔里木盆地的部分志留系沥青砂,胜利、大港和渤海油田的一些浅层油藏;那么,本次实验也应该有很多油层样品中的 GOI 数据小于 5%,而不会如表 1 和图 3 中展示出有近一半(21/48)的 GOI 值超过 5%。

3 讨论

3.1 油气包裹体 GOI 组成的成因

油气包裹体是储层含油气流体与岩石相互作用

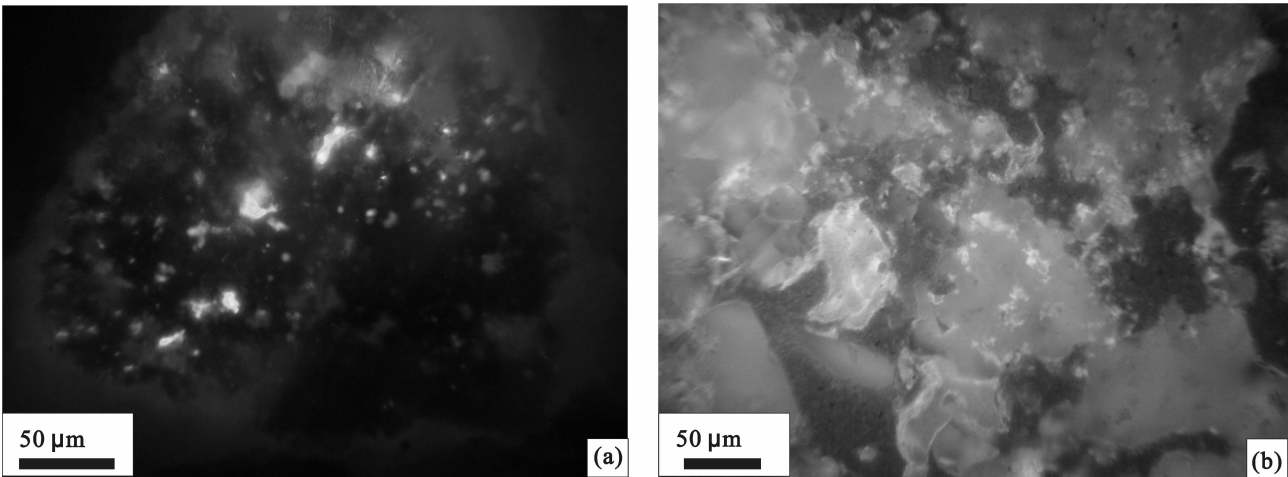


图 2 准噶尔盆地莫索湾地区典型样品的储层荧光照片

Fig. 2 Fluorescence photographs of typical core samples from the Mosuowan area, central Junggar Basin

(a)—莫 1 井,4185.1 m, K_1t_g , 褐色油染细砂岩;(b)—莫 4 井,4396.2 m, $J_1s_2^1$, 灰色油浸细砂岩

(a)—well M1, 4185.1 m, K_1t_g , brown oil staining fine-grained sandstone;

(b)—well M4, 4396.2 m, $J_1s_2^1$, grey oil-immersed fine-grained sandstone

表 1 准噶尔盆地莫索湾地区典型样品的储层油
气包裹体 GOI 值统计结果

Table 1 GOI data of oil inclusions in typical core samples
in the Mosuowan area, central Junggar Basin

井号	岩性	深度(m)	层位	GOI(%)
莫 1	褐色油染细砂岩	4185.1	K ₁ tg	15.8*
	灰白色荧光细砂岩	4187.3		3.7*
	灰褐色油浸细砂岩	4193		7.0*
	灰白色荧光细砂岩	4194		11
	褐色油浸细砂岩	4199.4		5.8*
	灰色细砂岩	4208.8	J ₁ s ₂ ¹	5.8
	灰色油浸细砂岩	4352		4.2*
	灰褐色油斑细砂岩	4356.3	J ₁ s ₂ ²	4.5*
	灰色荧光细砂岩	4358.3		4.3
	灰色油斑细砂岩	4359.7		5.5
莫北 1	灰褐色油斑含砾粗砂岩	4379		16.7
	褐灰色含气细砂岩	3141	K ₁ tg	6.4
	褐灰色中砂岩,含水	3144		3.3
	灰色荧光含砾中粗砂岩	3327.5	J ₁ s ₂ ²	7.7
	灰色含气细砂岩	3329		7.0
	灰色含砾细砂岩	3331		6.0
	灰色荧光细砂岩	3385		1.9
	灰色荧光中砂岩	3474	J ₁ s ₃ ²	6.7
	灰色油斑细砂岩	3517	J ₁ s ₃ ³	4.9
	灰色荧光细砂岩	3598.5	J ₁ b	9.7
	灰色荧光不等粒砂岩	3600		5.5
	灰色油斑不等粒砂岩	3640		15.0*
	灰色油斑细砂岩	3641		17.8*
	灰色荧光细砂岩	3642		6.6
莫 4	灰白色油浸中细砂岩	4256.5	K ₁ tg	0.1
	灰色荧光粉细砂岩	4260		4.5
	灰色油浸中砂岩	4260.7		3.6
	灰色中细砂岩	4260.8		2.5
	灰色油浸中砂岩	4375	J ₁ s ₂ ¹	7.6
	灰色油浸细砂岩	4396.2		15.5
	灰色油浸细砂岩	4399.9		6.9
	灰色油浸细砂岩	4403.5		9.8
	褐色富油细砂岩	4419.4	J ₁ s ₂ ²	3.8
	褐灰色富油中砂岩	4438		4.5
	褐灰色油浸中砂岩	4449.3		1.2*
	褐灰色富油砂砾岩	4452.8	J ₁ s ₃ ¹	1.5*
莫 10	青灰色中一细砂岩	4237.5	K ₁ tg	1.8
	青灰色砂岩	4498.3	J ₁ s ₂ ¹	2.0
	灰色含砾粗砂岩	4502		4.0*
	灰色油浸粗砂岩	4514.5		3.3
	青灰色细砂岩	4515		<1
	灰色荧光中一细砂岩	4516.5		3.8
	灰色细砂岩	4517.1		4.5
	灰色中砂岩	4519.3		0.9
莫 101	灰色细砂岩	4203	J ₁ s ₂ ²	0.1
	灰色粗砂岩	4218		0.11
	灰色细砂岩	4239		0.025*
	灰色砂砾岩	4263		0.03

注:包裹体荧光色以黄绿色为主,“*”表示孔隙烃以橙黄色为主,未标注“*”表示孔隙烃以黄绿色为主。

的典型产物(Burruss et al., 1983;刘德汉,1995;张

铭杰等,2004),因此包裹体的 GOI 组成必然反映了油气充注和岩石特征的信息,可能受控于二者之一,或兼而有之。

首先,本次实验所测得的 GOI 实验数据较真实地反映了储层含油气流体与岩石的相互作用过程,可以用于分析其成因。因为根据前文分析,我们所测的 GOI 数据没有受到由于储层埋藏浅而导致油层 GOI 数据偏低而“失真”的现象。对于前人提出的另一个可能导致油层 GOI 数据偏低的因素,即指示沿断层的快速成藏或晚期成藏,反映储层中含油饱和度突然增高(如塔里木盆地塔中 4 CI 油藏、轮南石炭系和三叠系油藏、泌阳盆地一些油藏)(王飞宇等,2005),我们认为在本区也不存在。如图 1 所示,5 口典型探井中以莫 101 井相对最靠近断裂,其测得的 GOI 数据从 0.025%~0.11%,但该井发现的是高熟的天然气藏,不是油藏,所以低的 GOI 数据指示的是天然气的聚集成藏,与沿断层的快速或晚期成藏没有表现出明显的相关关系。实际上,这种 GOI 低值的成因很可能与烃源岩在高熟演化阶段,随天然气一起排出地层运移的地层水量较之早期低一成熟阶段明显降低,且所含极性组分大大减少有关(Barker,1982),由此导致欠缺包裹体形成的必要条件(Cao et al., 2006)。

因此,在确定 GOI 实验数据“真实有效”的前提下,下面分析其组成的主控因素。

按前人的分析归纳,油气流体充注砂岩储层时,由于受到毛细管阻力,所以会优先流过最大的孔隙喉道;若石油柱压力足够高,则会克服毛细管阻力,使石油流入更小的孔隙喉道中。因此,鉴于储层含油饱和度随油气充注成藏会不断增高,所以包裹体形成的机会也相应越来越大,进而其 GOI 参数随之也会增高(Eadington et al., 1996)。据此,他们认为 GOI 组成主要与含油气流体的充注强度有关,这也是利用 GOI 限定油/水界面的原理所在。那么,GOI 的组成与储层岩石特征到底有没有关系呢?

基于本次实验结果,如图 4a,不同样品的 GOI 数据与岩性之间没有展现出良好的相关关系,这说明储层围岩的(物理)性质可能并不是决定 GOI 组成的主要因素。而有意义的是,GOI 数据的变化与油气显示之间表现出了良好的相关关系(图 4b),从无显示—含气—荧光—油浸,其 GOI 数据的最高值依次升高:6%、7%、11%、17.8%。这在一定程度上说明,GOI 数据的确与含油气流体的充注强度有着密切关系。并且从无显示样品中 GOI 数据最高值

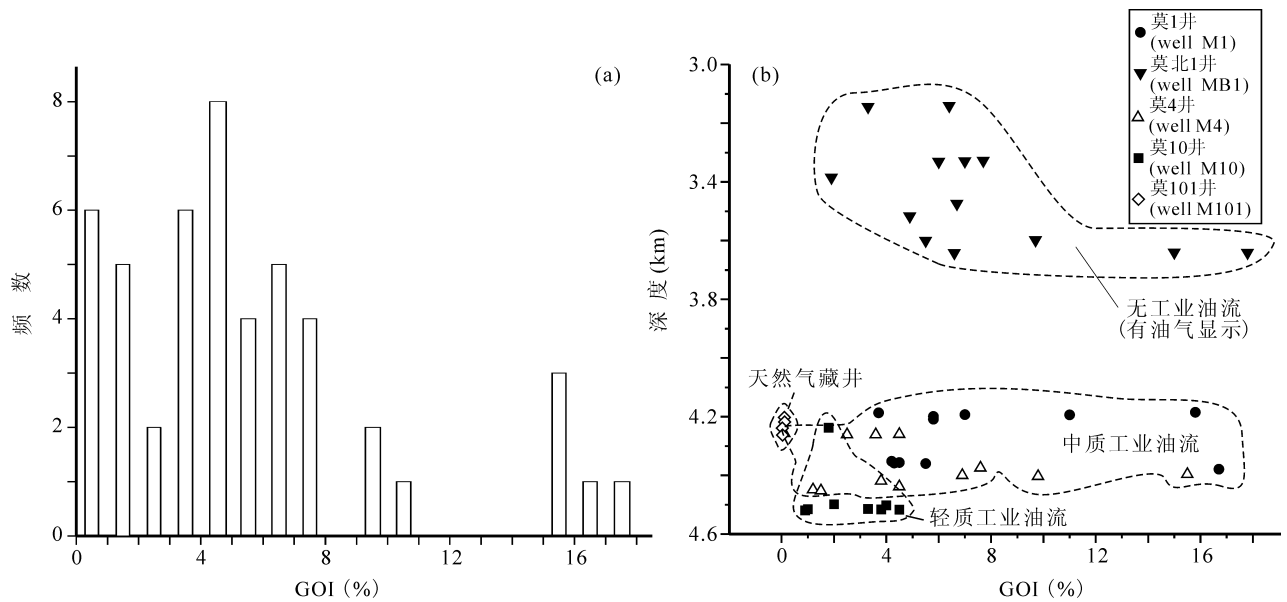


图 3 准噶尔盆地莫索湾地区典型样品的储层油气包裹体 GOI 总体分布特征
Fig. 3 Distribution of GOI data in typical core samples in the Mosuowan area, central Junggar Basin
(a)—GOI 数据分布直方图; (b)—GOI 数据和深度相关图
(a)—Histogram of GOI values; (b)—correlation diagram between GOI values and depth

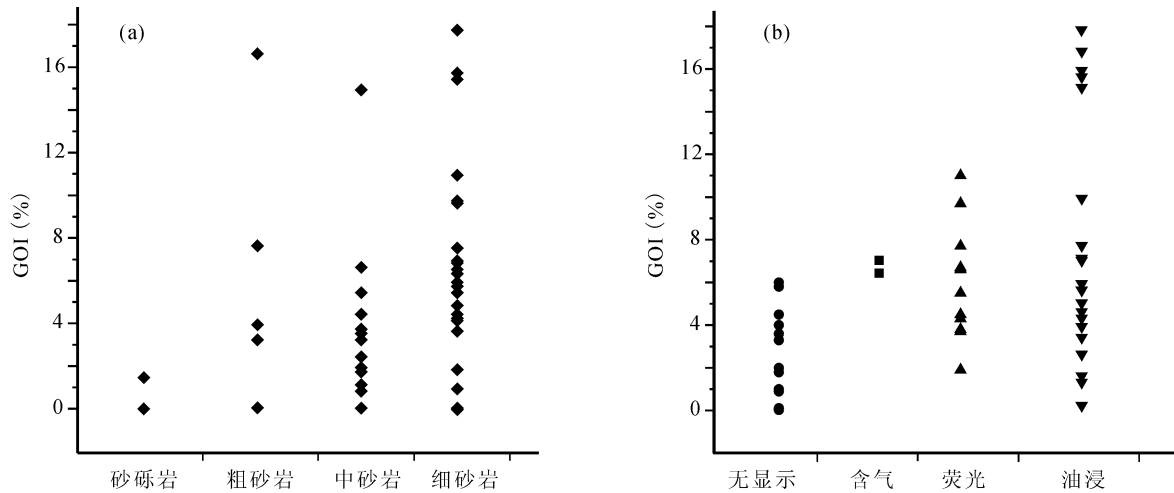


图 4 准噶尔盆地莫索湾地区典型样品的储层油气包裹体 GOI 数据与样品岩性(a)以及油气显示级别(b)的相关关系
Fig. 4 Correlation between GOI values and lithology of samples (a) and oil-gas shows (b)

(6%)来看,GOI=6.0 %可能是判断本区油源流体影响与否的重要参照标准。

3.2 油气包裹体的形成机理

在明晰 GOI 组成主要取决于含油气流体充注强度,并利用其探讨油气运移之前,还必须对油气包裹体的形成机理进行分析,因为有机流体包裹体在油气地质地球化学中的应用在理论上是基于对储层油气充注,以及对包裹体捕获过程的研究而一一提出的(Burruss et al. , 1983;张铭杰等,2004;康永尚等,2004)。

目前普遍认为,油气包裹体的形成是一个连续的逐渐加强的过程,也可说包裹体数量是储层中含油饱和度连续变化的记录(Lisk et al. , 1996),实际上这也是 Oxtoby 等(1995)和 Eadington 等(1996)所先后提出的 OIA(oil inclusion abundance)和 GOI 的理论假设基础。

然而,上述论断的主要研究对象都基本是单源单期,相对简单的油气充注情况。对于存在多期油气充注时,尚有不同的观点。如 George 等(1997)曾认为,油气包裹体最有可能形成于石油对储集层的

初次充注过程中,随后便停止形成。但也有些学者认为,它会随油气对储层的不断充注而持续形成(Saigol et al., 1992; Nedkvitne et al., 1993; Munz et al., 1999)。Pan 和 Yang(2000)则认为,这与不同期次充注的油气中所包含的极性组分有关,若较晚期进入储层的油气较早期进入储层的油气含有更多的极性组分,则油气包裹体仍会持续大量形成,否则将会停止。Cao 等(2006)在对上述观点分析,并通过实例研究后指出,每当石油流体对储层大规模充注,油气包裹体就有可能形成,但对于多期次的油气充注而言,包裹体记录的充注事件程度有差异,包裹体烃主要记录的是早期的成熟油气充注。两期包裹体的数量差异牵涉到水/岩相互作用过程中的多种影响因素。

对于本区而言,王绪龙(2001)^①和廖健德等(2004)曾分析到,第一期原油成藏很可能是早期聚集于三叠系的下二叠统风城组(P_1f)原油的次生成藏,第二期为中二叠统下乌尔禾组(P_2w)的原生成藏。这种油气多期充注的情况(次生+原生)与前人讨论的多期充注(原生+原生,见前段)也并不完全吻合,那么它们如何反映在包裹体数量上呢?

幸运的是,准噶尔盆地西北缘地区的研究结果有助于我们的讨论。西北缘与本区同处玛湖一盆1井西复合含油气系统,油源同样来自风城组和下乌尔禾组(Cao et al., 2005)^②,但不同于腹部地区的是,西北缘地区的储层中普遍接受了两期原生油气充注(Cao et al., 2005)。根据曹剑等(2006)的研究结果,镜下呈橙黄色和黄绿色荧光的分别主要指示风城组和下乌尔禾组的油气充注。对比本次工作中所记录的储层孔隙游离烃和包裹体烃的荧光颜色(参见结果部分),可以说明,包裹体基本记录的是下乌尔禾组油气充注,而孔隙烃主要记录的也是此,但包括了部分(12/48)风城组油气充注事件。结合孔隙中如以橙黄色烃为主,则一般含有较多的褐色条带的特征,说明风城组的油气在调整过程中往往伴随着原油的次生蚀变,出现褐色的氧化、水洗沥青(图2b)。原油中普遍检出25-降藿烷系列^③对此佐证。

这一方面说明风城组油气在本区的次生调整较之下乌尔禾组的原生油气充注范围相对要小,造成孔隙烃和包裹体烃的荧光色都以黄绿色为主,主要反映的是下乌尔禾组的油气运移;另一方面,更重要的是,可能暗示油气在次生调整成藏期间,较难形成油气包裹体。我们推测,其原因仍然主要与水有关,

即油气在次生调整期间,与其一起运移的地层水很少(Barker, 1982),从而导致欠缺包裹体形成的必要条件(王廷栋在四川盆地的研究体会, 2005, 私人交流; Cao et al., 2006)。

综上所述,可见包裹体主要记录的是原生的油气运移事件,而对次生调整的反映不甚敏感,即本次实验所测得的 GOI 组成数据主要反映的是下乌尔禾组油气的原生充注。这也为利用 GOI 研究油气运移提供了良好前提,即原油性质基本属于同油源,为相同的族群(王铁冠等, 2005)。

3.3 GOI 能否判识油气水层

按上文的结论,GOI 主要反映的是含油气流体充注的强度,那么从理论上而言,如 Eadington 等(1996)所提出的一样,GOI 数据自然可用来判识油气水层,但在叠合盆地,油气运聚成藏的多期复合、油气水界面的多期变迁,会使得现今测得的 GOI 数据反映的是一个综合面貌,那么它还能不能用来判识古油柱,限定油气运移通道?

前文对图4的分析已经表明,如果按照岩心样品的油气显示级别情况,GOI=6.0%可能是判断本区油源流体影响与否的重要参照标准。

另一方面,如果从探井的钻探结果来考察,如图3b所示,没有工业油流的莫北1井(有油气显示)的 GOI 分布在 1.9%~17.8%之间,有天然气产出的莫101井的 GOI 分布在 0.025%~0.11%之间,有轻质油产出的莫10井的 GOI 分布在 0.9%~4.5%之间,有中质油产出的莫1井和莫4井的 GOI 分布在 0.1%~16.7%之间。

据此,我们认为:①莫北1井样品中检出含量最高达 17.8%的 GOI 数值,甚至在所有数据中都是最高,说明这里必然曾经是古油藏,结合全区第三纪后整体由南向北大掀斜的构造背景^{④⑤},可以推断,原先在此处聚集的油气向北迁移调整,残留原地的属于残余油(residual oil)(Liu et al., 2005);②GOI 在低于 1%时,并不一定像前人归纳的一样,代表水层,还可能代表着天然气的充注或次生油气的调整充注,如莫101井;③鉴于轻质油气在运移时伴随的水量也很小(Barker, 1982),包裹体形成难度大,所以当 GOI 低于 5%时,也并不一定就意味此处不是油层,如莫10井样品中检出的 GOI 值最高值才 4.5%;④正常中质原油充注过程中,由于混源多期以及可能的次生变化等效应,往往会使 GOI 分布范围很宽,如莫1井和莫4井,GOI 组成反映了成藏过程和油气水界面变迁的复杂性。

综上所述,我们建议,在利用 GOI 研究运移时,1%、5%或6%这几个数据值得重点关注,但不能直接简单应用于判断油气水层,而是应该结合地质背景作仔细分析。

3.4 利用 GOI 讨论莫索湾地区的油气运移

根据前文的讨论结果,下面将应用 GOI 组起来研究莫索湾地区的油气运移。

鉴于莫 101 井和莫 10 井分别属于天然气藏和轻质油井,其特征与成因相对较独特,并已讨论,因此我们把其余 3 口有工业中质油流或古油流的探井作联井剖面(图 5)用于分析。

首先,总体而言,各井中所显示的 GOI 值在侏罗纪地层中都偏高于白垩系地层中记录的数值,这在一定程度上说明在侏罗纪地层中的含油气流体充

注强度高于白垩纪地层中,在莫索湾地区,侏罗纪仍是今后油气勘探的重点目标。

其次,从垂向上油气充注强度达到最大的层位来看,3 口探井各不相同,包括了下侏罗统三工河组二段一砂组($J_1s_2^1$,莫 4 井)和二砂组($J_1s_2^2$,莫 1 井),以及八道湾组(J_1b ,莫北 1 井)。这说明了油气成藏的非均质性(Larter 和 Aplin,1995;王铁冠等,1997),特别是紧紧相邻的莫 4 井和莫 1 井,其油气达到最大充注强度的层位也有所不同。此外,还可能说明,莫北 1 井此处曾经最早接受了油气充注,导致其油气充注强度到达的层位最老,这与第三纪前这里是本区构造高点的地质事实^②相符。

第三,莫 1 井和莫 4 井基本属于一个油藏范围内,从油藏尺度考察,二者在不同层位中出现了不同

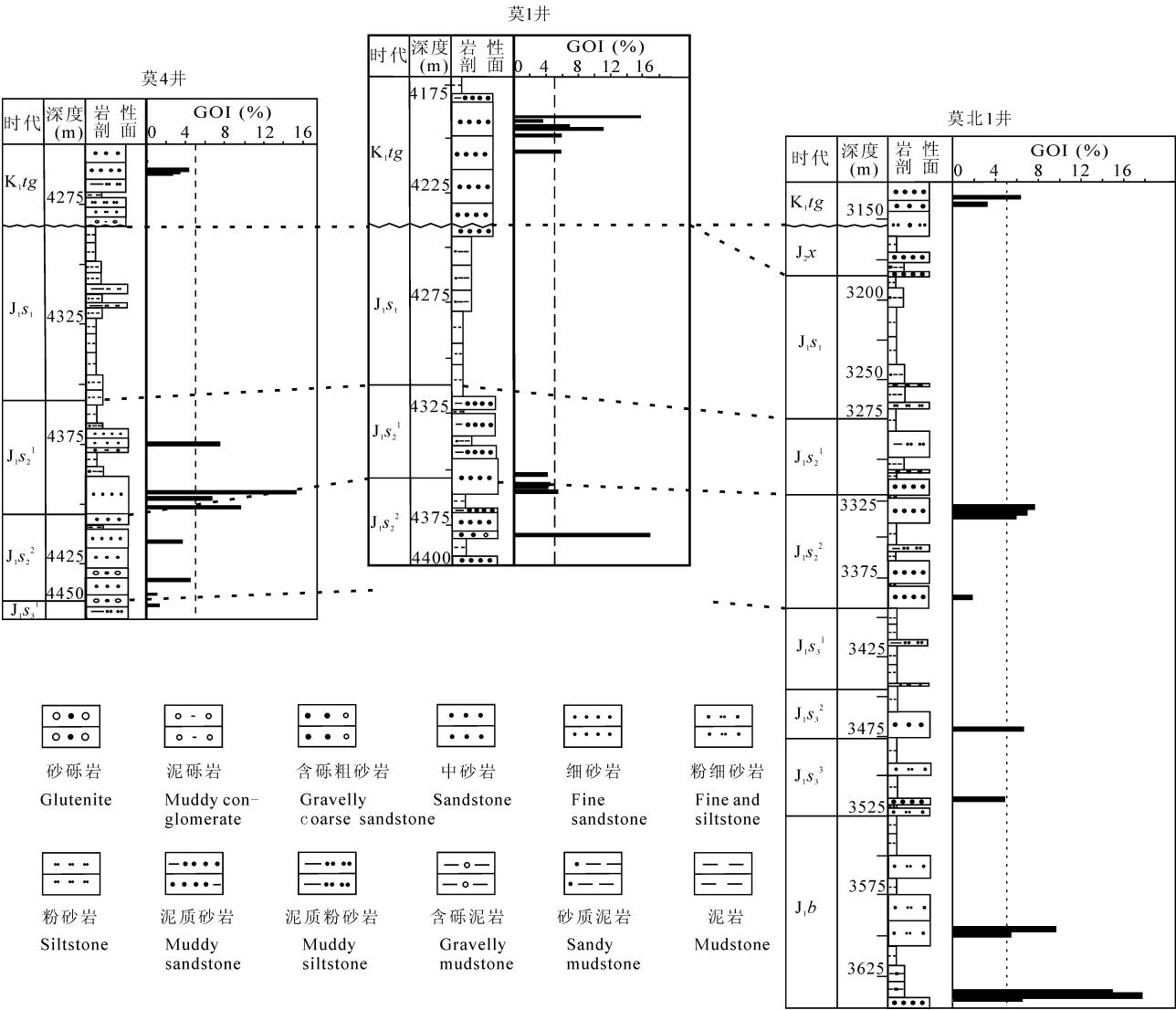


图 5 准噶尔盆地莫索湾地区典型探井储层油气包裹体 GOI 联井分布示意图(井位分布参见图 1)

Fig. 5 GOI data along well M4, M1, MB1 in the Mosuowan area, central Junggar Basin (see Fig.1 for location of wells)

的油气运移趋势。在白垩系(K)和三工河组二段二砂组($J_1s_2^2$)储层中,运移方向从莫 1 井指向莫 4 井,而在三工河组二段一砂组($J_1s_2^1$)中,油气运移指向恰恰相反,这说明此处可能存在两个运移方向,分别来自南侧和西侧的阜康/沙湾凹陷和盆 1 井西凹陷,这与前人通过常规有机地球化学方法研究得出的结论^①一致。

综合上述,可见通过 GOI 反映的油气运移信息与其他方法得到的认识以及地质背景吻合得较好,说明了其完全能够应用于叠合盆地油气运聚成藏研究,并可能获得一些新的认识,如暗示本区今后勘探的主体目标仍应是侏罗纪地层。

4 结论

(1) 叠合盆地储层油气包裹体的 GOI 主要受控于含油气流体的充注强度,但由于油气成藏的多期复合、油气水界面的多期变迁,决定了我们在研究过程中不可以简单借鉴文献中提出的 1% 和 5% 等指标来判断油气水界面,而是应该结合地质背景,首先仔细分析成因,再力所能及的尝试作分析讨论。

(2) 虽然我们认为提出“静态的”参数指标不妥,但根据本文的研究结果,在利用 GOI 研究运移时,1%、5% 或 6% 这几个数据值得重点关注。

(3) 利用 GOI 组成特征对准噶尔盆地莫索湾地区的油气运移进行了讨论,取得了良好效果,表明其在叠合盆地油气运移研究中具有一定应用前景。

注 释

- ① 王绪龙. 2001. 准噶尔盆地盆 1 井西凹陷区油气源与成藏研究. 西南石油学院博士学位论文.
- ② 张越迁, 雷德文, 姚新玉, 等. 2000. 准噶尔盆地腹部圈闭识别、储层评价及油气富集规律. 新疆油田公司勘探开发研究院(内部科研报告).

参 考 文 献

曹剑, 胡文瑄, 姚素平, 等. 2006. 准噶尔盆地西北缘油气成藏演化的包裹体地球化学研究. 地质论评, 52(5): 700~707.

陈建平, 邓春萍, 梁狄刚, 等. 2004. 叠合盆地多烃源层混源油定量判析——以准噶尔盆地东部彩南油田为例. 地质学报, 78(2): 279 ~ 288.

何登发, 况军, 吴晓智, 等. 2005. 准噶尔盆地莫索湾凸起构造演化动力学. 中国石油勘探, 10(1): 22~33.

姜振学, 王显东, 庞雄奇, 等. 2006. 塔北地区志留系典型油气藏古油水界面恢复. 中国地质大学学报, 31(2): 201~208.

金之钧, 王清晨. 2004. 中国典型叠合盆地与油气成藏研究新进展——以塔里木盆地为例. 中国科学(D 辑), 34(增刊 1): 1~12.

廖健德, 王绪龙, 向宝力, 等. 2004. 准噶尔盆地莫索湾地区油气成

藏分析. 天然气工业, 24(9): 15~18.

刘德汉. 1995. 包裹体研究——盆地流体追踪的有力工具. 地学前缘, 2(3~4): 149~154.

康永尚, 邱楠生, 刘洛夫, 等. 2004. 流体动力系统对流体包裹体均一温度的影响及其意义——以准噶尔盆地陆东地区为例. 地质学报, 78(5): 704 ~ 709.

王飞宇, 张水昌, 梁狄刚. 2004. 塔中 4 油田油气水界面的变迁与成藏期. 新疆石油地质, 25(5): 560~562.

王飞宇, 庞雄奇, 曾花森, 等. 2005. 古油层识别技术及其在石油勘探中的应用. 新疆石油地质, 26(5): 565~569.

王铁冠, 张枝焕. 1997. 油藏地球化学的理论与实践. 科学通报, 42(19): 2017~2025.

王铁冠, 何发歧, 李美俊, 等. 2005. 烷基二苯并噻吩类:示踪油藏充注途径的分子标志物. 科学通报, 50(2): 176~182.

张铭杰, 唐俊红, 张同伟, 等. 2004. 流体包裹体在油气地质地球化学中的应用. 地质论评, 50(4): 397~406.

Barker C. 1982. 石油勘探中的有机地球化学. 胡伯良译. 北京: 石油工业出版社.

Burruss R C, Cerone K R, Harris P M. 1983. Fluid inclusion petrography and tectonic-burial history of the Al Ali No. 2 well: evidence for the timing of diagenesis and oil migration, northern Oman Foredeep. Geology, 11: 567 ~ 570.

Cao Jian, Zhang Yijie, Hu Wenxuan, et al. 2005. The Permian hybrid petroleum system in the northwest margin of the Junggar Basin. Marine and Petroleum Geology, 22(3): 331~349.

Cao Jian, Yao Suping, Hu Wenxuan, et al. 2006. Detection of water in petroleum inclusions and its implications. Chinese Science Bulletin, 51(12): 1501~1508.

Eadington P J, Lisk M, Krieger F W. 1996. Identifying oil well sites. United States Patent No. 5543616.

George S C, Krieger F W, Eadington P J, et al. 1997. Geochemical comparison of oil-bearing fluid inclusions and produced oil from the Toro sandstone, Papua New Guinea. Organic Geochemistry, 26: 155~173.

George S C, Lisk M, Eadington P J. 2004a. Fluid inclusion evidence for an early, marine-sourced oil charge prior to gas-condensate migration, Bayu-1, Timor Sea Australia. Marine and Petroleum Geology, 21: 1107~1128.

George S C, Ahmed M, Liu Keyu, Volk H. 2004b. The analysis of oil trapped during secondary migration. Organic Geochemistry, 35: 1489~1511.

Larter S R, Aplin A C. 1995. Reservoir geochemistry: methods, applications and opportunities. In: Wengland, Cubith J, eds. Reservoir Geochemistry. London: Geological Society Special Publication No. 86, 2~32.

Lisk M, George S C, Summons R E, et al. 1996. Mapping hydrocarbon charge histories: Detailed characterization of the south Pepper oil field, Carnarvon basin. APPEA Journal, 445 ~ 463.

Lisk M, O'Brien G W, Eadington P J. 2002. Quantitative evaluation of the oil-leg potential in the Oliver gas field, Timor Sea, Australia. AAPG Bulletin, 86: 1531~1542.

Liu Keyu, Eadington P. 2005 Quantitative fluorescence techniques for detecting residual oils and reconstructing hydrocarbon charge history. Organic Geochemistry, 36: 1023~1036.

Munz I A, Johansen H, Holm K, et al. 1999. The petroleum characteristics of the Froy field and the Rind discovery, Norwegian North Sea. Marine and Petroleum Geology, 16: 633

~651.

Nedkvitne T, Karlsen D A, Bjørlykke K, et al. 1993. Relationship between reservoir diagenetic evolution and petroleum emplacement in Ula Field, North Sea. *Marine and Petroleum Geology*, 255~270.

Oxtoby N H, Mitchell A W, Gluyas J G. 1995. The filling and emptying of the Ula oilfield; Fluid inclusion constraints. In: Cubbit J M, England W A, eds. *The geochemistry of reservoirs*. Geological Society Special Publication, 86: 141~

57.

Pan C, Yang J. 2000. Geochemical characteristics & implications of hydrocarbons in reservoir rocks of Junggar Basin, China. *Chemical Geology*, 167(3-4): 321~335.

Saigol G C, Bjørlykke K, Larter S R. 1992. The effects of oil emplacement on diagenetic process—examples from Fulmar reservoir sandstones, central North Sea. *AAPG Bulletin*, 76: 1024~1033.

Origin and Application of GOI Data of Oil Inclusions in Structurally Complex Basins: A Case Study in the Mosuowan Area of the Junggar Basin (NW China)

XIE Xiaomin¹⁾, CAO Jian¹⁾, HU Wenxuan¹⁾, ZHANG Yijie²⁾,
WANG Xulong³⁾, ZHANG Yueqian³⁾, TANG Yong³⁾

1) *State Key Laboratory for Mineral Deposit Research, Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu, 210093*

2) *Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing, 100083*

3) *PetroChina Xinjiang Oilfield Company, Karamay, Xinjiang, 834000*

Abstract

Five typical wells with different oil and gas shows were selected for GOI (Grains containing/with oil inclusions) analyses in the Mosuowan area, central Junggar Basin. Analytical results from 48 reservoir samples indicate that the intensity of petroleum charging decides GOI composition. However, due to complex petroleum charge histories in superimposed basins, it is suggested that we should not simply use GOI to define petroleum migration along previous threshold line as 1% or 5%. The right way must be based on geological background, to firstly discuss the origin of GOI data and then try to apply them in mapping hydrocarbon charge history. In this paper, a case study in the Mosuowan area implies that GOI can be used quantitatively in the research of petroleum migration in structurally complex basins.

Key words: oil inclusions; grains containing/with oil inclusions (GOI); petroleum migration; structurally complex basin; Junggar Basin