

莺-琼盆地 1 号断裂带含烃热流体活动初探

孙玉梅^{1*} 郭适嫵¹ 欧光习²

1. 中海石油研究中心勘探院, 河北高碑店 074000; 2. 核工业总公司北京地质研究院, 北京 100029.

1. *Exploration Institute of CNOOC Research Center, Gaobeidian 074000, China;*

2. *Beijing Geology Institute, Nuclear Industry Corporation, Beijing 100029, China.*

2000-07-03 收稿, 2000-09-20 改回.

Sun Yumei, Guo Naiyan and Ou Guangxi. 2000. Study of hydrocarbon-bearing hot fluid of No. 1 fault zone in Ying-Qiong basin. *Acta Petrologica Sinica*, 16(4):687~694

Abstract No. 1 fault zone in Ying-Qiong basin is one of the important oil/gas exploration zones. The study of organic inclusion is of benefit to trace oil/gas migration and hot fluid activity. After examination on thin sections of inclusion, homogenization temperature and salinity of inclusions are detected. It is believed that there are five types of organic inclusions in No. 1 fault zone in Ying-Qiong basin: (1) liquid hydrocarbon inclusion; (2) liquid-vapor two phases organic inclusion; (3) vapor hydrocarbon inclusion; (4) hydrocarbon-bearing CO₂ inclusion; (5) hydrocarbon-bearing daughter mineral inclusion. The hydrocarbon-bearing CO₂ inclusion generally intergrow with vapor hydrocarbon inclusion. The hydrocarbon-bearing daughter mineral inclusion intergrows both liquid hydrocarbon and vapor hydrocarbon inclusion. The change of inclusion abundance and type shows: No. 1 fault is the pathway of oil/gas and hot fluid migration. No. 1 fault rising block is short of good seal. No. 1 fault subsiding block Huangliu and Yinggehai Formation can be sealed to a certain extent. Based on the sequence of authigenic mineral and directed measurement of inclusions, there exist many stages of hydrocarbon-bearing hot fluid activities in No. 1 fault zone of Ying-Qiong basin: first, the brown oil migration; second, the oil-bearing gas migration; and then, the gas and gas-aqueous migration. The hydrocarbon-bearing hot fluid is most strongly active at middle stage in No. 1 fault.

Key words Hot fluid, Organic inclusion, Homogenization temperature, Oil/gas migration

摘要 1 号断裂带是莺-琼盆地油气勘探的重点地区之一, 有机包裹体研究有助于追踪油气及热流体活动的痕迹, 为油气运聚成藏提供地球化学依据。通过包裹体薄片镜下观察、均一温度和盐度测试, 认为工区内发育五种类型的有机包裹体: (1) 液态烃包裹体; (2) 气液态烃包裹体; (3) 气态烃包裹体; (4) 含烃 CO₂ 包裹体; (5) 含烃子矿物包裹体。含烃 CO₂ 包裹体一般与气态烃共生, 含烃子矿物包裹体既与液态烃共生又与气态烃共生。包裹体的类型及丰度变化表明: 1 号断裂带油气运聚及深部热流体作用活跃, 是油气运移的通道; 1 号断裂上升盘缺乏良好的盖层; 1 号断裂下降盘黄流组以上地层具有一定封盖能力。据成岩自生矿物形成序次及包裹体定向测温, 认为 1 号断裂带存在多期含烃热流体活动, 早期有褐色液态烃运移, 其次为含液态烃的气态烃, 之后为气态烃及气态烃+盐水, 1 号断裂中段含烃热流体活动最强。

关键词 热流体; 有机包裹体; 均一温度; 油气运移

中图法分类号 P618.130.1

1 引言

莺-琼盆地于南海北部大陆架西区,以1号断裂为界,东侧为琼东南盆地,西侧为莺歌海盆地。研究认为1号断裂的活动时间及落差具有分段性,北段最老,断开T60,南段断开T40,中段最新,有的断到海底。在1号断裂中段多处发现油气苗,气苗中的烃类气成熟度高,天然气组成中含有一定数量的CO₂气。位于1号断裂南段的YC13-1气田,在靠近断裂一侧CO₂含量增高,储层温度升高。上述现象表明1号断裂附近深源含烃热流体活动频繁。流体包裹体技术自80年代引入石油地质学后,在追踪热流体活动、油气运移路径、相态及运聚时间等方面展示了广阔的前景(施继锡等,1991;陈孔全等,1995; Lisk M *et al.*, 1996; 陈红汉等,1997; McNeil B *et al.*, 1998)。本文主要根据流体包裹体及岩石薄片的观察和测试,初步分析1号断裂带含烃热流体活动特征、运移通道和封盖条件等,希望对下一步勘探有所裨益。

将岩心或岩屑中的透明矿物颗粒制成两面抛光、厚约0.05~0.2mm的包裹体薄片,然后用荧光偏光显微镜观察,详细鉴定包裹体类型、统计包裹体丰度。在包裹体类型鉴定的基础上,将样品置于显微镜冷热台上进行测试。流体包裹体的均一温度和冰点温度测试执行中华人民共和国核工业标准EJ/T1105-1999《矿物流体包裹体温度的测定》。使用仪器CHAIXMECA显微冷热台,分辨率为±0.1℃,冷冻温度范围+31~-180℃。烃类气与CO₂气体的判断采用偏光、荧光镜下观察与升、降温和冷冻相结合的方法,主要依据气体的临界温度及冰点温度不同,在升、降温和冷冻过程中相态变化的温度存在差异。多数含烃CO₂包裹体在室温下呈气-液二相,可见明显的双圈(相界线),部分密度较高的CO₂包裹体在降低温度时于临界温度附近出现气-液二相,而烃气要在很低的温度才出现气-液二相。烃类气与CO₂气的相对含量按其在包裹体中所占的体积百分比估算。极个别含烃包裹体中子矿物鉴定除据矿物晶形和光学特征外,还使用了JXA8600型电子探针进行成分分析。本文中流体捕获压力、捕获温度是在测得同期捕获的CO₂包裹体和盐水包裹体的密度后,在CO₂和H₂O的P-T组合图(Roedder和Bodnar, 1980)上确定的。

3 流体包裹体类型与特征

据50个包裹体样品分析,1号断裂带第三系砂岩中含有较丰富的有机包裹体。它们主要宿住在石英、长石、方解石和白云石等透明矿物中。包裹体类型主要有五种:液态烃包裹体、气液态烃包裹体、气态烃包裹体、含烃CO₂包裹体和含烃子矿物包裹体。具体特征如下:

3.1 液态烃包裹体

该类包裹体的含量一般小于总有有机包裹体的30%(表1),紫外光激发具兰色和黄色、黄绿色荧光。有机包裹体的荧光特征可以反映所捕获烃类的成熟度,实验证明,随着成熟度增高,荧光向兰波方向偏移(Dominic Emery和Andrew Robinson, 1993)。本区发育不同荧光颜色的液态烃包裹体,说明曾经有成熟度不同的液态烃注入。发黄色、黄绿色荧光的液态烃包裹体分布于自生白云石及石英愈合裂隙中,透射光下为褐色、灰黑色,均一温度105℃~135℃左右(图版1-1)。该类包裹体在莺6井梅山组、LT13-1-1井黄流组发育,反映成熟度相对较低的油。发兰色荧光的液态烃包裹体相对较多,主要分布于碎屑石英愈合裂隙、自生石英中,透射光下为无色、淡黄色或浅褐色,均一温度120℃~150℃左右,此类包裹体在LT1-1-1井3300m以下(未分层),YC19-2-1井3777m和4041m,LT34-1-1井3345m以下(未分层)发育,包裹体的颜色、荧光及均一温度特征表明此类油的成熟度较高。此外,发兰色荧光的液态烃包裹体在莺6井1746m以上、HK30-3-1井1797m以上及LT13-1-1井2350m以上也有分

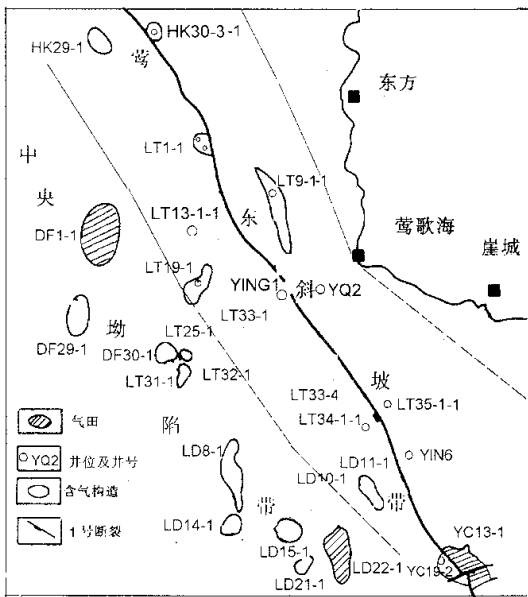


图1 工区及取样位置图

Fig. 1 Study area and sample location map

2 样品采集及分析方法

样品取自1号断裂带的HK30-3-1、LT1-1-1、LT1-1-2、LT13-1-1、LT9-1-1、LT34-1-1、LT35-1-1、YING 6井和YC19-2-1井(图1)。纵向上包括了本区钻遇的所有层位,即:渐新统崖城组、陵水组,中新统三亚组、梅山组、黄流组,上新统莺歌海组和第四系,岩性主要为砂岩。

布。说明低成熟的油仅分布在浅层,高成熟的油在浅部和深部均有分布。

3.2 气液态烃包裹体

气液态烃包裹体主要由液态烃、气态烃和少量盐水组成。透射光下为灰黑色、深褐色,紫外光激发多数具兰色荧光。主要分布于碎屑石英愈合裂隙、自生石英、长石及方解石中。气/液比 20%~60%不等,均一温度 T_h 140~170℃左右。此类包裹体在 YC19-2-1 井、LT1-1-1 井、LT34-1-1 井和莺 6 井部分样品中较丰富,并且具有浅层气/液比变化不连续,深部气/液比变化较连续的特点。

3.3 气态烃包裹体

主要由气态烃或气态烃+盐水组成,包裹体壁上有少量液态烃。透射光下为深灰色、黑色,紫外光激发具有弱~强的兰色荧光(图版 1-2)。气态烃包裹体主要发育在石英颗粒愈合裂隙中或粒间,少部分在自生方解石中发育。气态烃包裹体均一温度 160~200℃,包裹体干净。此类包裹体分布广泛,所鉴定样品中普遍发育。主要由气态烃+盐水组成的包裹体均一温度一般大于 200℃,包裹体不干净,主要分布在较浅的深度。LT1-1 构造三亚组以上、LT34-1-1 井梅山组及黄流组、LT9-1-1 井、HK30-3-1A 井等发育此类包体。可能由于深源高温高压热流体在运移途中携带部分烃类,并在浅层泄压形成。

3.4 含烃 CO₂ 包裹体

主要由气液相 CO₂、盐水及烃组成,发弱~较强的兰色荧光(图版 1-3),气液两相 CO₂ 多数均一到液相,少数均一到气相,冷冻试验证实均一到液相者 CO₂ 含量占 80%左右,独立分布。均一到气相的包裹体 CO₂ 含量较低,一般在 30%左右,常与气态烃共生。含烃 CO₂ 包裹体主要呈线状分布于石英愈合裂隙中,反映其形成较晚。该类包裹体捕获温度主要为 200~240℃,捕获压力由浅层至深层有增加的趋势(表 1),由捕获压力及相应深度可知,现今为常压的 LT1-1-2、LT9-1-1、LT34-1-1 及 HK30-3-1 等井地史上曾经为超压,可能由于流体释放而成为常压。相同深度 LT34-1-1 井流体压力大于 LT1-1-2 井,LT9-1-1 井大于 HK30-3-1 井,推测流体泄压或油气运移的方向是由盆地中南部或盆地中心向北及东部斜坡带。YC19-2-1 井 4041m 和 3777m 包裹体所测捕获压力基本一致,分别为 700~920bar 和 830~920bar,但它们所在深度的实测压力相差悬殊。3868m 实测压力为 68.26 MPa,4000m 为 46.42 MPa,压力系数分别为 1.82 和 1.19,可见该井 3868m 以上和 4000m 以下地层都曾经泄压,上部梅山组地层现今仍然为超压,而下部崖城组则降为常压。

据统计,含烃 CO₂ 包裹体在总有机包体中所占比例不大,一般小于 25%(表 1),但含烃 CO₂ 包裹体多的井恰好位于 1 号断裂晚期活动的部位(王彦^①,1998),反映了 1 号断裂

的晚期活动对 CO₂ 分布起着控制作用。

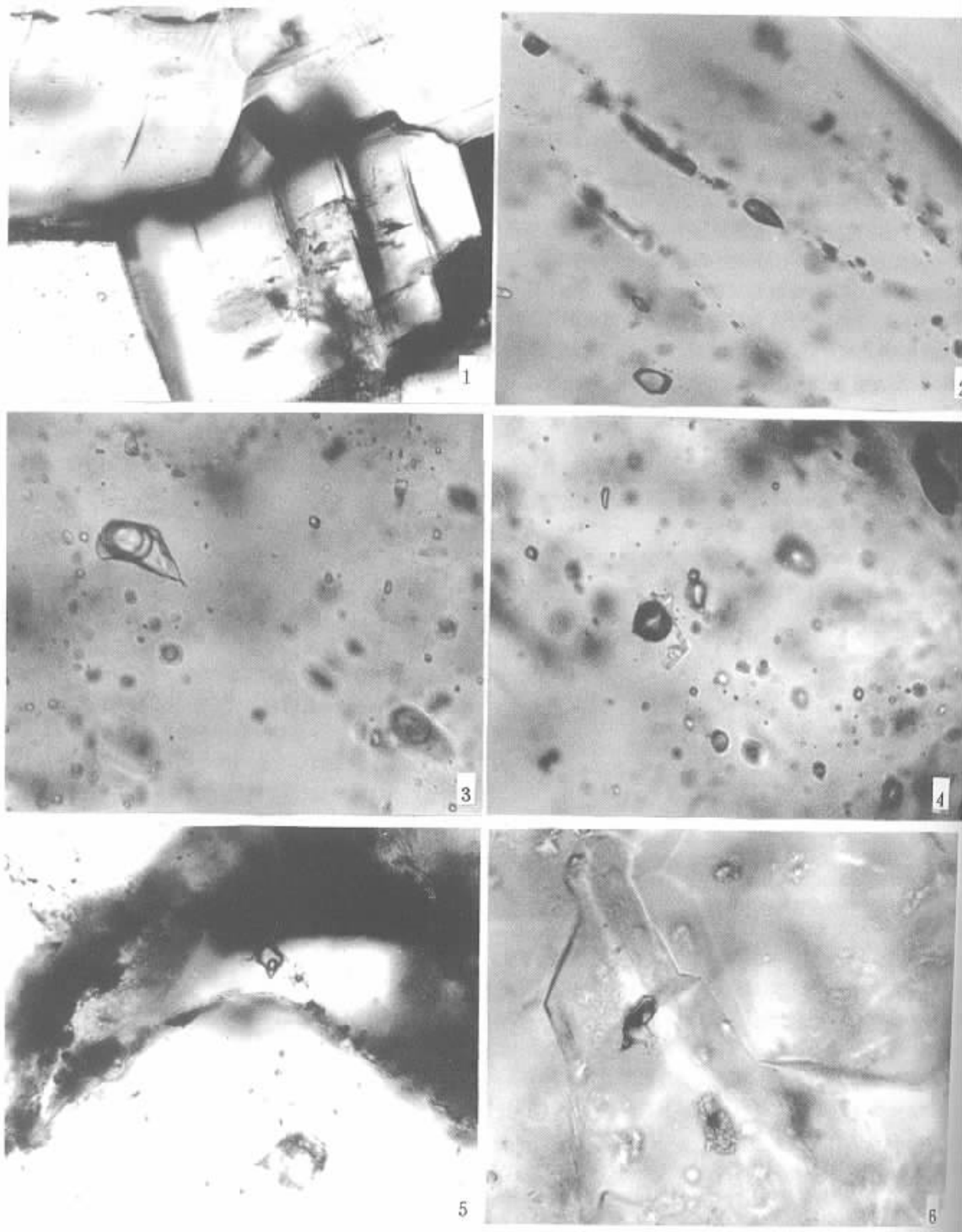
3.5 含烃子矿物包裹体

主要由子矿物、盐水和气液态烃组成(图版 1-4)。子矿物为 KCl、NaCl 和碳酸盐矿物。含 KCl 子矿物包裹体主要分布在 LT1-1-1 井 3102m~3122m,含碳酸盐子矿物包裹体主要分布在 LT34-1-1 井和 LT35-1-1 井梅山组,与本井 CO₂ 包裹体较多吻合。其它井和层位中既有含 KCl 子矿物包裹体又有含 NaCl 子矿物包裹体。含子矿物包裹体的相对丰度在 LT1-1-1 井、LT34-1-1 井有中深层多于深层的趋势(表 1,图 2)。横向上 LT1-1-1 井、LT34-1-1 井含烃子矿物包裹体含量较高,LT9-1-1 井、HK30-3-1 井及 YC19-2-1 井相对偏低(其它并未统计)。并且 LT1-1-1 井(3102~3122m)含子矿物包裹体均一温度和盐度高,变化范围大,分别为 190~475℃和 31~53.5wt%NaCl。其次为 LT34-1-1 井,均一温度和盐度分别为 150~390℃和 30~46wt%NaCl。HK30-3-1 井及 LT9-1-1 井低于 LT34-1-1 井,且变化范围小,HK30-3-1 井均一温度和盐度分别为 270~330℃和 36~40wt%NaCl,LT9-1-1 井均一温度和盐度分别为 200~280℃和 34~38wt%NaCl。KCl、NaCl 及碳酸盐子矿物均反映富碱性热流体特征,这一点与莺歌海盆地底辟带的研究结果发育片钠铝石及菱铁矿等碳酸盐矿物反映的碱性介质环境相一致(孙玉梅,1998),它们是富碱热流体活动的不同表现形式。同时子矿物包裹体不仅在 1 号断裂带分布普遍,在莺歌海盆地底辟带 LD8-1-1 和 DF1-1-Y 井也有发现,反映无论是 1 号断裂带还是底辟带都有碱性热流体活动。含烃子矿物包裹体既与液态烃共生又与气态烃共生,烃类发弱~强的蓝色荧光。子矿物包裹体是深源无机热流体活动的标志,它在莺歌海盆地分布普遍并且既与液态烃共生又与气态烃共生,反映深源热流体活动时间早,持续时间长。深源热流体由深向浅运移,一方面促使浅层烃源岩成熟,同时其本身可能也构成天然气的一部分。此外,高能热流体由下向上运移很可能是浅层油气运移的动力和载体之一。

4 包裹体的相对丰度及其地质意义

表 1 可知,1 号断裂附近有机包裹体发育程度普遍较高。1 号断裂上升盘沉积岩以砂岩为主,缺乏有效烃源岩,前第三系为火成岩或变质岩。因此,包裹体捕获的油气只能由莺歌海盆地中心或 1 号断裂下降盘运移而来,说明 1 号断裂是油气及热流体运移的通道。纵向上上升盘各层位有机包裹体均丰富或极丰富,说明上升盘缺乏有效盖层。1 号断裂下降盘自浅至深有机包裹体发育程度增高,莺歌海组有机包裹体发

① 王彦等. 1998. 莺歌海盆地接替战略目标选择. 海洋石油研究中心



图版说明 1. LT1-1-1 井 3380m, 自生白云石中液态烃包裹体。均一温度 122~137 C, 放大 380 倍; 2. LT34-1-1 井 2628m, 石英颗粒中成带分布的纯气态烃包裹体, 放大 500 倍; 3. HK30-3-1A 井 1693m, 成带分布的浅灰色气液相 CO₂ + 盐水 + 烃包裹体。均一温度 215~230 C, 捕获压力 300~324bar, 放大 500 倍; 4. HK30-3-1A 井 1693m, 气态烃 + NaCl 子矿物 + 盐水包裹体。固液相均一温度 251~311 C, 盐度 34.7~38.7wtNaCl%, 放大 500 倍; 5. YC19-2-1 井 3829m, 第一期石英自生加大前(均一温度 141~155 C 和加大边中(均一温度 151~170 C 的气液态烃包裹体, 放大 380 倍; 6. YC19-2-1 井 3829m, 第二期石英自生加大边中的含液态烃气态烃包裹体, 均一温度 187 C, 放大 610 倍。

表 1 有机包裹体类型及发育特征表

Table 1 Organic inclusion type and characteristics

区域	井号	层位	井深 (m)	包裹体类型及相对丰度 (%)					有机包裹体发育程度	CO ₂ 捕获压力 (MPa)	CO ₂ 捕获温度 (°C)	备注
				L	L-V	V	CO ₂ +H ₂ O	K				
1 号 断 裂 下 降 盘	LT13-1-1	莺歌海组	2348.8,2351	20	10	70		未统计	发育中等			子矿物发育
	LT1-1-2	黄流组	2011.6	15	25	55	5		较高	310~515	186~262	
	LT1-1-2	黄流组	2012,2014						多	较高		
	LT1-1-2	梅山组	2172,2274	极少	15	70	5	10	极丰富	240~515	171~260	均一温度不连续
	LT1-1-1	三亚组	3102,3122	15	40	25		20	丰富			
	LT1-1-1	(未分层)	3248~3380	20	40~50	20~25	极少	10~15	丰富~极丰富			
	LT34-1-1	黄流组	2169,2199	3	30	40	2	25	丰富	225~660	167~223	
	LT34-1-1	梅山组	2467~2628	3	30	40	2	25	极丰富	215~770	176~274	
	LT34-1-1	(未分层)	3345	5	30	35	25	5	极丰富	645~930	200~300	
	YC19-2-1	陵水组	3776.8~3832.6	3	25	60	10	2	丰富			冷冻气烃包体有液态烃析出
	YC19-2-1	梅山组	3770	5	60	30	2	3	丰富	830~920	220~247	包体中普遍含沥青
	YC19-2-1	崖城组	4034.5	2	20	60	13	5	极丰富	180	160	冷冻 CO ₂ 包体有 30%~40% 不冻结
	YC19-2-1	崖城组	4041	5	55	30	2	8	丰富	790~920	230~251	包体中普遍含沥青
	HK30-3-1A	黄流组	1452.5							丰富		
HK30-3-1A	梅山组	1693,1797.4		10	70	15	5	极丰富	300~324	215~230	浅黄色油浸普遍	
HK30-3-1A	梅山组	1705	5	10	60	20	5	极丰富			子矿物具干涉色	
LT9-1-1	莺歌海组	370.4						为主	较丰富			
LT9-1-1	陵水组	814~836		60	30	7	3	丰富	470~620	194~207		
LT9-1-1	崖城组	1052~1162	2	50	30	10	8	丰富	700~730	249~252	油浸普遍	
LT35-1-1	梅山组	1428~1431	5	15	60	15	5	丰富	515~530	197~200	二期白云石胶结	
LT35-1-1	梅山组	1630.5~1668	10	10	60	15	5	丰富			CO ₂ 为多期	
莺 6	梅山组(白云石)	1515.45~1746.8	50	10					极丰富			
莺 6	梅山组(石英)	1515.45~1746.8	10	20~30	60~80	极少			极丰富			
莺 6	前第三系	1980.8	20	10	65	5			丰富			

注: L;液态烃包裹体; L-V;气-液态烃包裹体; V;气态烃包裹体; CO₂+H₂O ;含烃 CO₂ 包裹体; K;含烃子矿物包裹体.

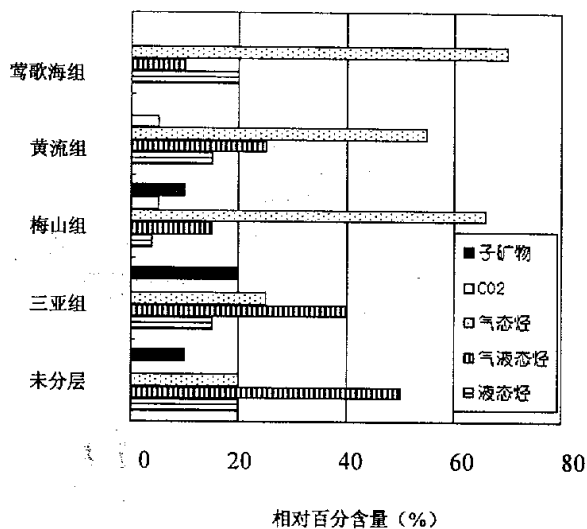


图2 1号断裂带中段包裹体类型及相对丰度的垂向变化特征

Fig. 2 Vertical variations of inclusion types and relative abundance of middle section in No. 1 fault zone

育程度中等,黄流组较高,梅山组以下地层发育程度丰富或极丰富,说明下降盘莺歌海组与黄流组具有一定封盖能力。梅山组及其以下地层有过大量烃类运移,所钻圈闭落空可能与封盖条件差有关。

在LT1-1构造和LT34-1-1井,各类包裹体的相对丰度表现为浅部气态烃包裹体相对含量高,深部液态烃包裹体相对含量高(图2),含烃CO₂包裹体和含烃子矿物包裹体则于上述二深度之间较丰富,且这二类包裹体的绝对丰度在LT1-1和LT34-1-1井较高。含烃CO₂包裹体和含烃子矿物包裹体捕获温度高、压力大,推测与来自地壳深处或地幔的热流体活动有关,它们在LT34-1和LT1-1构造中新统地层中较发育,可能反映该段热流体活动更强,该段的中新统地层为泄压带。

5 成岩自生矿物与含烃热流体的关系

沉积岩成岩作用分析可以确定成岩自生矿物形成的序次,结合自生矿物中有机包裹体特征则可推断油气注入的相对时间。近年来,依据成岩矿物中包裹体的均一温度,结合埋藏史和热演化史确定油气运移和成藏时间越来越多地应用于科研生产中。作者通过对LT34-1-1、LT35-1-1及YC19-2-1等井120块铸体薄片的镜下观察,结合包裹体薄片鉴定与定向测温,初步分析了1号断裂中段中新统和南段渐新统砂岩自生矿物与含烃热流体注入的关系。

5.1 1号断裂中段中新统自生矿物与含烃热流体注入

镜下鉴定表明,本段中新统砂岩胶结物主要为碳酸盐矿物菱铁矿、方解石、白云石、铁方解石等。上升盘LT35-1-1井碳酸盐胶结致密,视面孔率<3%。下降盘LT34-1-1井中新统埋深大于上升盘,但砂岩胶结程度低于上升盘,视面孔率10%左右。LT35-1-1井砂岩胶结物中白云石胶结有二期,第一期白云石分布在颗粒周缘,一般为它形,晶体较小,并被方解石晶体包裹,为早成岩阶段形成。第二期白云石自形晶较发育,并切割方解石,为晚成岩早期形成。依据自生矿物的切割及溶蚀关系,确定各类自生矿物的形成序次如下:第一期白云石胶结→方解石胶结→铁方解石→第二期白云石胶结。

LT35-1-1井包裹体薄片定向测温显示,第一期白云石胶结物及石英颗粒中发育大量褐色、褐黑色液态烃包裹体,其均一温度为127~141℃。方解石胶结物中发育气液态烃包裹体,均一温度为130~159℃。铁方解石胶结物及石英愈合裂隙中发育气态烃包裹体,均一温度为170~190℃(所测包裹体含烃)。第二期白云石胶结物和石英愈合裂隙中气态烃+盐水包裹体较发育,均一温度为250℃左右(所测包裹体含烃)。因此油气注入与自生矿物的关系为:第一期白云石胶结开始→液态烃注入→方解石胶结开始→含液态烃气态烃注入→铁方解石、铁白云石胶结→气态烃注入→第二期白云石胶结→气态烃+盐水热液注入(表2)。

LT35-1-1井位于盆地边缘,未曾经历过大规模的抬升,梅山组现今埋深小于1700米,实测地层温度59~63℃。所测包裹体的均一温度远远高于现今地层温度,按盆地内最高实测地温梯度4.55℃/100m计算,则油气注入时梅山组埋深大于2400米,显然与该区埋藏史不符。事实上,LT35-1-1井附近不发育烃源岩,油气来源于盆地深部,包裹体的均一温度大致反映了深部含烃热流体的温度。

5.2 1号断裂南段陵水组砂岩自生矿物与油气注入

YC19-2-1井岩石铸体薄片分析表明,本井陵水组砂岩曾经历过风化淋滤,长石强烈高岭土化,次生孔隙发育。之后发育二期长石、石英自生加大。早期石英加大边窄(图版1-5),分布不普遍,加大之后曾被溶蚀。晚期石英加大边宽(图版1-6),自生加大普遍,为晚成岩阶段形成。包裹体定向测温显示,石英自生加大前有含气态烃的液态烃注入,均一温度141~155℃,第一期石英自生加大边中发育气液态烃包裹体,均一温度151~170℃。第二期石英加大边中气液态烃及气态烃包裹体均一温度187℃(所测包裹体含烃)。在第二期自生石英形成后有较多气态烃注入,它们分布在粒间或石英颗粒表面溶蚀坑中。上述YC19-2-1井流体包裹体及成岩作用特征与1号断裂上升盘相应位置的YC13-1气田相似(郭乃燕等,1998;朱河清等,1993)。

表 2 1 号断裂中段梅山组砂岩油气注入与自生矿物的关系

Table 2 The relationship between oil/gas filling and authigenic mineral of Meishan Formation Sandstone, middle section in No. 1 fault

自生矿物形成 序次与油气	成 岩 阶 段			
	早成岩 A	早成岩 B	晚成岩 A	晚成岩 B
泥晶菱铁矿	—————			
石英白生加大		—————		
第一期白云石		—————		
方解石		—————		
铁方解石		—————	—————	
铁白云石			—————	
第二期白云石			—————	—————
液态烃注入		—————		
天然气注入		—————		—————
气态烃+水热液			—————	—————

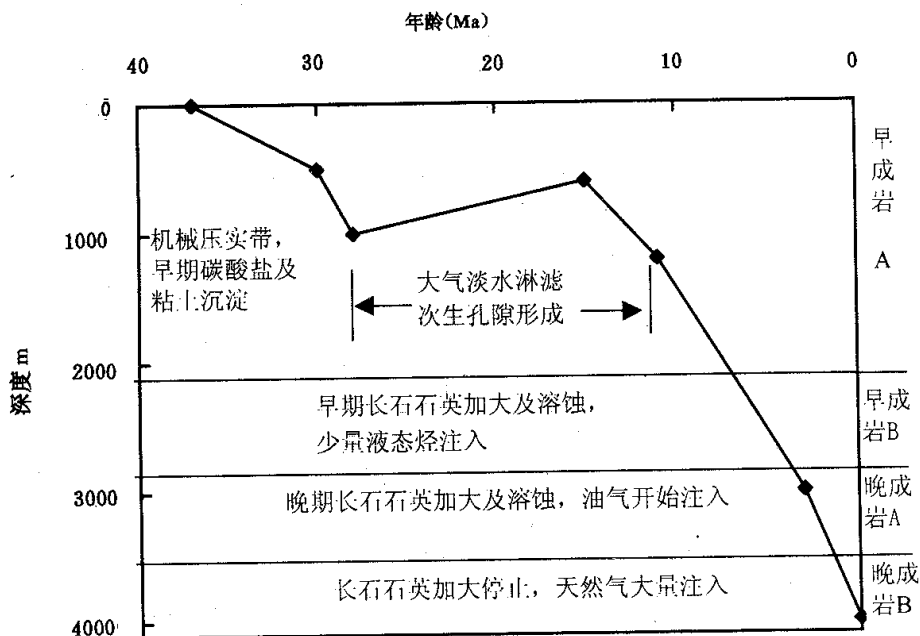


图 3 1 号断裂南段陵水组砂岩油气注入与成岩史、埋藏史关系

Fig. 3 The relationship between oil/gas filling history and diagenetic and burial history of Lingshui Formation sandstone, southern section of No. 1 fault

据盆地埋藏史分析(陈红汉等,1994),莺-琼盆地陵水组埋藏史分为两大阶段:陵水—梅山期的早期缓慢浅埋和莺黄组-第四纪的快速深埋。在上新统莺歌海组沉积之前,陵水组埋深不大于2000m。YC19-2及YC13-1气田陵水组实测地层温度与所测包裹体均一温度比较接近。据盆地内钻井揭示的最高平均地温梯度4.55C/100m,则YC19-2-1井油气开始注

入时陵水组的埋藏深度约2600m(按海面温度20C计算),为上新统莺歌海组沉积时期。天然气大量注入时陵水组埋深>3600m,为第四系沉积时期。结合埋藏史及成岩史不难总结出1号断裂南段陵水组油气注入特征,图3所示,在晚中新统沉积之前,陵水组一直处于早成岩阶段,并经历了抬升剥蚀及大气淡水淋滤,溶蚀孔隙发育。上新统之后的快速沉积

使陵水组进入晚成岩阶段,自生石英及长石发育。伴随着油气的注入,石英、长石普遍溶蚀,次生孔隙形成。天然气大量注入为第四纪时期。

6 结论

通过上述分析,可以得出以下结论:

(1) 1号断裂带发育五种类型有机包裹体:液态烃包裹体、气态烃包裹体、气液态烃包裹体、含烃 CO₂ 包裹体和含烃子矿物包裹体。

(2) 子矿物包裹体特征表明,1号断裂带有来自地壳深部或地幔的钙碱性热液活动。它们不仅对烃源岩催化加热,很可能也是油气运移的动力和载体。

(3) 1号断裂上升盘缺乏良好的盖层,下降盘黄流组以上地层封盖条件较好,黄流组以下地层封盖条件较差。1号断裂封堵性差,是油气运移的通道。

(4) 1号断裂带含烃热流体活动频繁,中段活动最强。

(5) 1号断裂带南段陵水组砂岩油气开始注入的时间为上新统,天然气大量注入时期为第四纪。

References

- Chen Kongquan, Xu Yangang, Zhang Wenhui *et al.* 1995. Characteristics of organic inclusions in Southern Songliao Basin and their significance for petroleum geology. *Oil and Gas Geology*, 16(2): 138~146 (in Chinese with English abstract)
- Chen Honghan, Zhang Qiming, Shi Jixi. 1997. Fluid Inclusion evidence of hydrocarbon-bearing hot fluid act in southeastern Qiong basin. *Science in China (Series D)*, 343~348 (in Chinese)
- Chen Honghan, Sun Yongchuan and Ye Jiaren. 1994. Unique burial history of Ying—Qiong Basin. *China Offshore Oil and Gas (Geology)*, 8(5):329~336 (in Chinese with English abstract)
- Dominic Emery, Andrew Robinson. 1993. *Inorganic geochemistry: Applications to petroleum geology*. London: Blackwell Scientific Publications
- Guo Naiyan, Yu Xiaoguo. 1998. Organic inclusion study of Ya13-1 gas field in southeast Qiong basin. *Geological Science and Technology Information*, 17(Sup.):87~92 (in Chinese with English

abstract)

- Lisk M, George SC, Summon RE, Quezada RA and Brine GW. 1996. Mapping hydrocarbon charge histories: detailed characterization of the South Pepper oil field, Carnarvon Basin. *AP-PEA Journal*, 445~463
- Lu Huanzhang, Li Binglun *et al.* 1990. *Inclusions geochemistry*. Beijing: Geological Publishing House, 242, 125~127 (in Chinese)
- Mc Neil B, Shaw HF and Rankin AH. 1998. The timing of cementation in the Rotliegend sandstones of the Southern Northsea: A petrological and fluid inclusion study of cement. *Journal of Petroleum Geology*, 21(3):311~318
- Sun Yumei, Guo Naiyan. 1998. The origin of CO₂ gas in Yinggehai Basin. *China Offshore Oil and Gas (Geology)*, 12(3):159~63 (in Chinese with English abstract)
- Shi Jixi, Li Benchao. 1991. The marker of indicator nature gas migration: Fluid inclusion study. *Oil and Gas Geology*, 12(2):185~193 (in Chinese with English abstract)
- Zhu Heqing, Zhang Huolan. 1993. Reservoir characteristics and diagenetic study of L3 sandstone of YC13-1 gas field. *China Offshore Oil and Gas(Geology)*, 7(6):1~7 (in Chinese with English abstract)

附中文参考文献

- 陈孔全,徐言岗,张文淮等. 1995. 松辽盆地南部有机包裹体特征及石油地质意义. *石油与天然气地质*, 16(2):138~146
- 陈红汉,张启明,施继锡. 1997. 琼东南盆地含烃热流体活动的流体包裹体证据. *中国科学(D辑)*,343~348
- 陈红汉,孙永传,叶伽仁. 1994. 莺-琼盆地的独特埋藏史. *中国海上油气(地质)*, 8(5):329~336
- 郭迺彦,于晓果. 1998. 崖13-1气田有机包裹体研究. *地质科技情报*,17(增刊):87~92
- 卢焕章,李秉伦等. 1990. 包裹体地球化学. 北京:地质出版社, 242, 125~127
- 施继锡,李本超. 1991. 包裹体作为天然气运移判别标志的研究. *石油与天然气地质*, 12(2):185~193
- 孙玉梅,郭迺彦. 1998. 莺歌海盆地 CO₂ 成因探讨. *中国海上油气(地质)*, 12(3):159~163
- 朱河清,张伙兰. 1993. 崖13-1气田陵三段储层特征与成岩作用研究. *中国海上油气(地质)*, 7(6):1~7