

柴达木盆地西南地区典型油田油气充注期研究

孟庆洋^{1,2}, 桂丽黎^{1,2}, 陈 琰³, 袁 莉³, 杨 帆², 隋立伟⁴, 白东来⁵

(1. 中国石油天然气集团公司盆地构造与油气成藏重点实验室, 北京 100083;

2. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083;

3. 中国石油青海油田分公司勘探开发研究院, 甘肃 敦煌 736202;

4. 大庆油田有限责任公司第一采油厂, 黑龙江 大庆 163301;

5. 东北石油大学地球科学学院, 黑龙江 大庆 163301)

摘要:通过包裹体岩相学、荧光光谱、红外光谱和显微测温等分析,对柴西南地区红柳泉、尕斯库勒和英东3个典型油田的油气充注期进行了研究。研究结果表明:①柴西南地区含油气包裹体发育,含油包裹体丰度(GOI)为5%~90%;②根据包裹体颜色、产状、宿主矿物等特征,可以划分为2类油气包裹体组合(黄色荧光包裹体和蓝色荧光包裹体),反映了来自2期油气充注过程的产物;③包裹体荧光光谱的波峰范围和红外光谱的甲基含量特征均反映出蓝色荧光包裹体的成熟度高于黄色荧光包裹体。通过包裹体均一温度,结合埋藏史模拟结果,综合分析了典型油田的油气充注时间。尕斯库勒油田和红柳泉油田2期油气充注对应的时间分别约为26Ma和10Ma;而英东油田2期油气充注对应的时间分别为10Ma和5Ma。晚期构造演化与油气充注过程相匹配决定了油气的保存条件和富集程度。

关键词:柴西南地区;油气充注期;英东;红柳泉;尕斯库勒;流体包裹体

中图分类号:TE122.1

文献标志码:A

文章编号:1672-1926(2015)02-0252-09

引用格式:Meng Qingyang, Gui Lili, Chen Yan, *et al.* Hydrocarbon charging history of typical Oil-fields in Southwestern Qaidam Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2015, 26(2): 252-260. [孟庆洋, 桂丽黎, 陈琰, 等. 柴达木盆地西南地区典型油田油气充注期研究[J]. 天然气地球科学, 2015, 26(2): 252-260.]

0 引言

柴达木盆地西南地区(以下简称“柴西南”)是全盆地石油资源最富集的地区。经过50多年的勘探,已发现了尕斯库勒、油砂山、乌南、南翼山、红柳泉、英东和昆北等多个油气田,探明石油逾 5×10^8 t,是柴达木盆地石油生产和石油勘探的主战场。除了已发现的多个油田,在干柴沟、油泉子、油砂山等地区的地表还发现了大量油砂分布,表明柴西南早期形成的油气藏遭到了后期的调整和改造^[1]。而近期发现的规模较大的油田(如英东油田),构造形成与油气充注的时间相对较晚,且油气得到了较好的保存^[2]。

因此,弄清柴西南典型油田的油气充注期次对认识该地区的油气资源潜力与分布具有重要的意义。

前人对于油气藏的油气充注过程研究通常采用流体包裹体法^[3-8]、自生矿物定年法^[9-10]、油气藏地球化学法^[11]、颗粒荧光定量^[12-14]、含油气系统模拟法^[15]等方法。但是,仅采用单一研究方法研究的结果往往不能完全反映一个地区的油气充注过程,需要多种方法的联合应用,才能较客观地还原地质历史时期油气充注的过程。本文综合应用了流体包裹体岩相学、荧光光谱、红外光谱、显微测温 and 埋藏史模拟等方法,对柴西红柳泉油田、尕斯库勒油田和英东油田的油气充注期次开展了深入研究,并分别确

收稿日期:2014-03-18;修回日期:2014-05-16.

基金项目:国家科技重大专项项目“前陆盆地油气成藏规律、关键技术及目标评价(二期)”(编号:2011ZX05003);中国石油科技开发项目“柴达木盆地基础地质深化研究与战略选区”(编号:2011E-0303)联合资助。

作者简介:孟庆洋(1979-),男,黑龙江鹤岗人,高级工程师,主要从事石油地质综合研究. E-mail:mqy5948@petrochina. com. cn.

定了 3 个油田的油气充注时间。

1 地质概况

柴达木盆地位于我国西部地区,被祁连山、阿尔金山和昆仑山三大山系所环抱。柴西地区西起阿尔金山东缘,东以鄂博梁—甘森一线为界,面积约为 30 000km²(图 1)。柴西地区主要发育古近系一新

近系含油气系统,其形成演化主要受控于喜马拉雅期以来特别是晚新生代以来的新构造运动。根据前人的研究成果^[16],晚新生代以来发生的区域性构造活动主要指大约 25Ma 以来的喜马拉雅中晚期,可细分为 3 个阶段:①大约 30~24Ma 的喜马拉雅中期构造活动;②大约 15~8Ma 的晚喜马拉雅运动;③大约 4Ma 以来的强烈构造隆升和改造。

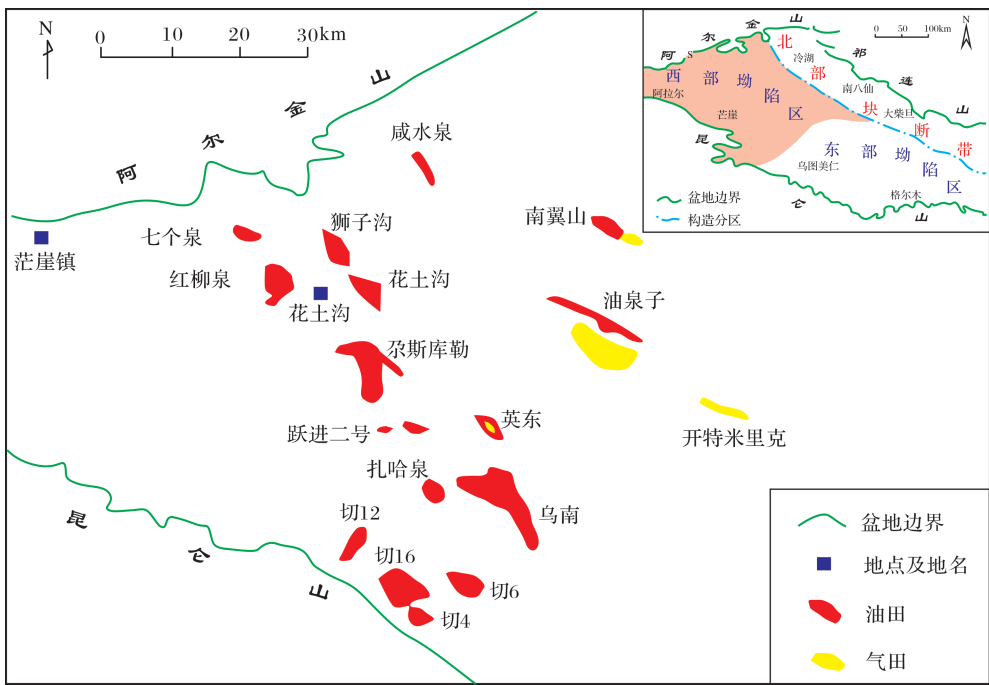


图 1 研究区位置及柴西主要油田分布

Fig. 1 Location of the study area and the distribution of oil fields in the western Qaidam Basin

2 样品与实验方法

本文研究的 56 块砂岩样品分别来自红柳泉、杂斯库勒和英东 3 个油气田的 6 口探井,层位包括 E₃¹、N₂¹ 和 N₂²。红柳泉油田采集了红 116 井和红 118 井共 15 个砂岩样品,埋深 3 366~3 377m;杂斯库勒油田采集了跃检 1 井 10 个砂岩样品、埋深 3 228~3 247m;英东油田采集了砂 37 井、砂 40 井和英东 107 井 31 个砂岩样品、埋深 469~1915m。针对以上样品开展了包裹体薄片的制作,包裹体镜下观测及鉴定、包裹体显微测温、颗粒荧光光谱分析(表 1)。

用于研究包裹体成分所采集的砂岩样品被制成双面剖光薄片,采用 Zeiss 显微镜对流体包裹体样品进行显微观察,显微镜配有 10 倍、20 倍、50 倍和 100 倍工作镜头,显微镜还配有荧光,用于观察油包裹体荧光特征,并利用荧光光谱仪(λ=365nm)获得单个油包裹体光谱。含油流体包裹体丰度(GOI)的

测定是在透射光与荧光观察的前提下,任意选择样品包裹体光薄片 100 个视域,统计视域中的总颗粒数与含油包裹体的颗粒数,并计算其百分比。GOI 值(%)=(含油流体包裹体的矿物颗粒数目/总矿物颗粒数目)×100%。本文测试采用数点统计法(至少 300 个视域),获得每个样品的 GOI 值^[17]。石油和盐水包裹体温度测定前用标样对冷热台系统进行测试,校准 Linkam TH-600 程序。均一温度和冰点温度通过循环测试方法得到。加热速率分别为 10℃/min 和 1℃/min,精确度分别为 1℃和 0.1℃。

颗粒荧光光谱数据通过颗粒荧光仪获得。颗粒荧光仪包括 Varian Cary-Eclipse Spectrophotometer 荧光分光光度计、专用样品台、专用数据采集器以及软件包等。颗粒荧光仪分析 300~600nm 的荧光光谱,所需样品量为 1g,可以一次完成多个样品的扫描,Varian Cary-Eclipse Spectrophotometer 荧光分光光度计扫描速度可达 24 000nm/min,数据采

集速率达 80 次/s,具有高灵敏的多孔板。专用数据采集器对数据进行存储后,由专用软件计算分析,获取 QGF、QGF-E、TSF 参数及谱图。

红外光谱数据通过傅立叶变换红外(FT-IR)光谱仪获得。它主要由光源(硅碳棒,高压汞灯)、干涉

仪、检测器、计算机和记录系统组成,傅立叶变换红外光谱仪使用了迈克尔逊(Michelson)干涉仪,实验测量的原始光谱图是光源的干涉图,然后通过计算机对干涉图进行快速傅立叶变换计算,从而得到以波长或波数为函数的光谱图。

表 1 实验样品基本信息
Table 1 Basic information of samples

序号	样品号	井名	深度	层位	岩性	分析科目	序号	样品号	井名	深度	层位	岩性	分析科目
1	h116-1	红 116	3 366.8	E ₃ ¹	棕灰色粉砂岩	①②③	29	s40-8	砂 40	841.7	N ₂ ²	棕黄色含砾粗砂岩	①②③
2	h116-2	红 116	3 367.8	E ₃ ¹	棕灰色中砂岩	①②③	30	s40-9	砂 40	1 047.3	N ₂ ²	棕黄色细砂岩	①②③
3	h116-3	红 116	3 368.5	E ₃ ¹	棕灰色细砂岩	①②③	31	s40-10	砂 40	1 049.5	N ₂ ²	棕黄色细砂岩	①②③
4	h116-4	红 116	3 368.8	E ₃ ¹	棕灰色中砂岩	①②③	32	s40-11	砂 40	1 051.8	N ₂ ²	棕黄色细砂岩	①②③
5	h116-5	红 116	3 369.1	E ₃ ¹	棕灰色粉砂岩	①②③	33	s40-12	砂 40	1 053.36	N ₂ ²	棕黄色细砂岩	①②③
6	h116-6	红 116	3 369.5	E ₃ ¹	棕灰色粉砂岩	①②③	34	s40-13	砂 40	1 957.6	N ₂ ²	灰色细砂岩	①②③
7	h116-7	红 116	3 370.1	E ₃ ¹	棕灰色粉砂岩	①②③	35	yd107-1	英东 107	1 775.3	N ₂ ¹	灰色细砂岩	①②③
8	h118-1	红 118	3 371.16	E ₃ ¹	棕灰色粉砂岩	①②③	36	yd107-2	英东 107	1 776	N ₂ ¹	灰色细砂岩	①②③
9	h118-2	红 118	3 372.31	E ₃ ¹	棕灰色粉砂岩	①②③	37	yd107-3	英东 107	1 778.1	N ₂ ¹	灰色细砂岩	①②③
10	h118-3	红 118	3 372.81	E ₃ ¹	棕灰色粉砂岩	①②③	38	yd107-4	英东 107	1 779.1	N ₂ ¹	灰色细砂岩	①②③
11	h118-4	红 118	3 373.5	E ₃ ¹	棕灰色粉砂岩	①②③	39	yd107-5	英东 107	1 785.5	N ₂ ¹	灰色细砂岩	①②③
12	h118-5	红 118	3 374.86	E ₃ ¹	棕灰色粉砂岩	①②③	40	yd107-6	英东 107	1 786.8	N ₂ ¹	灰色细砂岩	①②③
13	h118-6	红 118	3 376.26	E ₃ ¹	棕灰色粉砂岩	①②③	41	yd107-7	英东 107	1 789.7	N ₂ ¹	灰色细砂岩	①②③
14	h118-7	红 118	3 377.31	E ₃ ¹	棕灰色粉砂岩	①②③	42	yd107-8	英东 107	1 791.4	N ₂ ¹	灰色细砂岩	①②③
15	h118-8	红 118	3 377.66	E ₃ ¹	棕灰色中砂岩	①②③	43	yd107-9	英东 107	1 897.17	N ₂ ¹	灰色细砂岩	①②③
16	s37-1	砂 37	469.2	N ₂ ²	灰色细砂岩	①②③	44	yd107-10	英东 107	1 903.8	N ₂ ¹	灰色细砂岩	①②③
17	s37-2	砂 37	472.3	N ₂ ²	灰色含砾粗砂	①②③	45	yd107-11	英东 107	1 910.9	N ₂ ¹	灰色细砂岩	①②③
18	s37-3	砂 37	474.7	N ₂ ²	棕黄色粗砂岩	①②③	46	yd107-12	英东 107	1 915.3	N ₂ ¹	灰色细砂岩	①②③
19	s37-4	砂 37	478.45	N ₂ ²	黄灰色细砂岩	①②③	47	yj1-1	跃检 1	3 228.91	E ₃ ¹	灰色砂质粉砂岩	①②③
20	s37-5	砂 37	480.65	N ₂ ²	黄灰色粉砂岩	①②③	48	yj1-2	跃检 1	3 232.36	E ₃ ¹	灰色砂质粉砂岩	①②③
21	s37-6	砂 37	538.77	N ₂ ²	棕灰色细砂岩	①②③	49	yj1-3	跃检 1	3 234.21	E ₃ ¹	深灰色砂质粉砂岩	①②③
22	s37-7	砂 37	640.34	N ₂ ²	灰色含砾细砂岩	①②③	50	yj1-4	跃检 1	3 237.36	E ₃ ¹	深灰色砂质粉砂岩	①②③
23	s40-1	砂 40	831	N ₂ ²	棕黄色含砾中砂岩	①②③	51	yj1-5	跃检 1	3 241.81	E ₃ ¹	深灰色砂质粉砂岩	①②③
24	s40-2	砂 40	831.9	N ₂ ²	棕黄色含砾中砂岩	①②③	52	yj1-6	跃检 1	3 242.66	E ₃ ¹	深灰色砂质粉砂岩	①②③
25	s40-3	砂 40	833	N ₂ ²	棕黄色含砾中砂岩	①②③	53	yj1-7	跃检 1	3 246.1	E ₃ ¹	深灰色砂质粉砂岩	①②③
26	s40-4	砂 40	834	N ₂ ²	棕黄色含砾中砂岩	①②③	54	yj1-8	跃检 1	3 246.71	E ₃ ¹	深灰色砂质粉砂岩	①②③
27	s40-6	砂 40	837.4	N ₂ ²	棕黄色砾状砂岩	①②③	55	yj1-9	跃检 1	3 247.06	E ₃ ¹	深灰色砂质粉砂岩	①②③
28	s40-7	砂 40	837.8	N ₂ ²	棕黄色砾状砂岩	①②③	56	yj1-10	跃检 1	3 247.66	E ₃ ¹	深灰色砂质粉砂岩	①②③

注:具体分析科目为①包裹体镜下观测及鉴定;②包裹体显微测温;③颗粒荧光和红外光谱分析

3 实验结果

3.1 包裹体组合

柴西地区包裹体非常发育,红柳泉地区含油包裹体丰度最高,红 116 井和红 118 井的含油包裹体丰度(GOI)达到了 85%以上;尕斯地区次之,跃检 1

井含油包裹体丰度(GOI)达到了 60%,英东地区包裹体发育相对较低,英东 103 井和英东 107 井包裹体丰度(GOI)也达到了 55%。镜下观测到的包裹体主要以含水包裹体和烃类包裹体为主,个别样品中可见三相包裹体(含水包裹体、烃类包裹体和气包裹体)。

柴西地区发育 2 类包裹体组合(表 2):一类是黄色荧光油气包裹体;另一类是蓝色荧光油气包裹体。黄色荧光油气包裹体以石英颗粒的裂隙发育为主体[图 2(a),图 2(b)]。红柳泉地区以线状发育为主,也见成群和孤立油气包裹体,尕斯地区以孤立发育为主,见少量线状、群状发育,英东地区油气包裹体均孤立发育。英东地区包裹体以孤立状发育为主,但是线状、串珠状发育形式也较多。未见裂隙内充填的黄色包裹体穿切 2 个或多个石英或者长石颗粒发育。除了在石英愈合裂隙中发育的黄色油气包裹体,还可以见到在尕斯地区和红柳泉地区黄色包裹体在石英加大边的缝合线处发育,说明黄色包裹体的充注早于石英加大的形成。蓝色包裹体以石英愈合裂隙充填为主[图 2(c),图 2(d)],但是在胶结物中也常见其发育。从尕斯地区样品可常见蓝色包裹体发育在石英溶蚀孔隙充填物中,在英东地区和尕斯地区也见到发育在孔隙胶结物中的蓝色油气包裹体;未见石英加大的缝合线处发育蓝色包裹体,但是见蓝色包裹体发育于石英加大被溶蚀的孔隙中;还可见蓝色包裹体穿切 2 个石英颗粒并交代石英次生加大。

表 2 2 类组合包裹体特征对比

Table 2 Contrast of two fluid inclusion assemblage characteristics

类型	第一类	第二类
荧光特征	黄色荧光油气包裹体	蓝色荧光油气包裹体
颜色	无色—浅褐色	无色
气液比	7%~15%,以 8%为主	25%~65%,以 20 为主
寄主矿物	石英裂隙为主,在加大边的缝合线处可见	石英裂隙为主,孔隙沥青中偶见
产状	孤立—线状—群	孤立—串珠状—线状
含油包裹体丰度	5%~90%	2%~40%
均一温度/℃	68~77.8	110~120.2
荧光光谱峰值	525nm 左右	475nm 左右
红外光谱(CH ₂ /CH ₃) 高,AsymCH ₃ 无波峰		AsymCH ₃ 见小波峰
成熟度	低	较高

3.2 包裹体光谱特征

荧光光谱技术可以用显微光度计测定烃类包裹体的荧光强度及颜色,荧光的颜色与强度主要与包裹体中有机组成的分子结构类型有关,有机包裹体和原油的荧光特征反映了其内有机质的成分特征及其热演化程度,随着荧光颜色的蓝移(蓝色可见光的分布范围为 435~480nm),包裹体的成熟度演化程

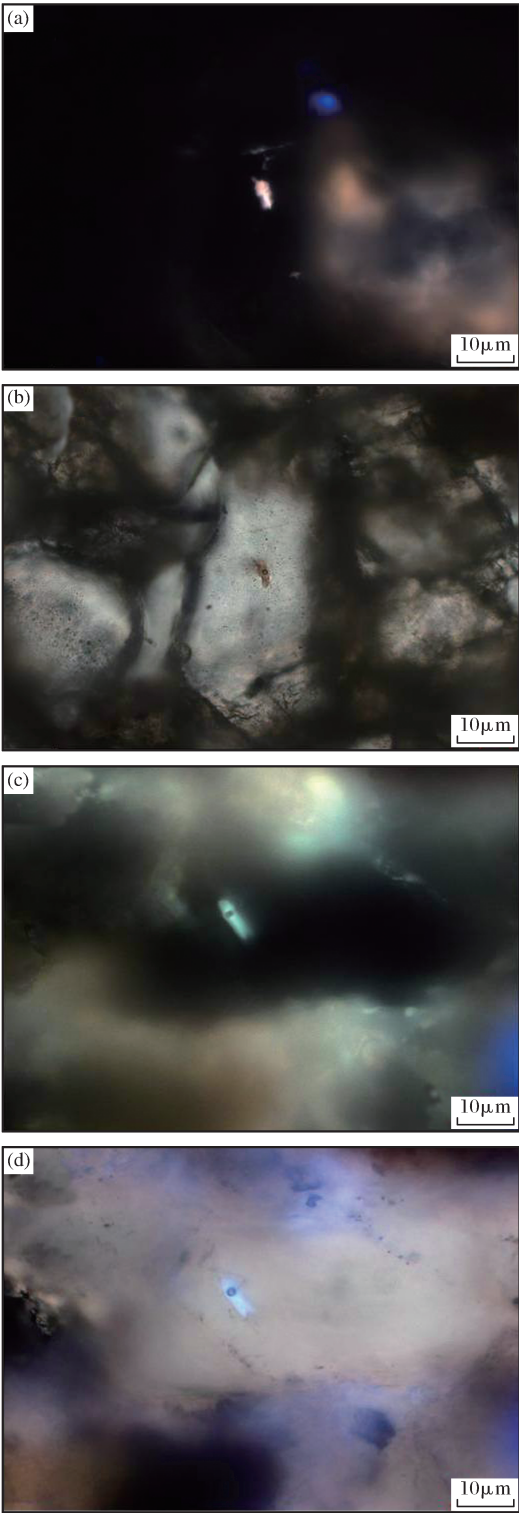


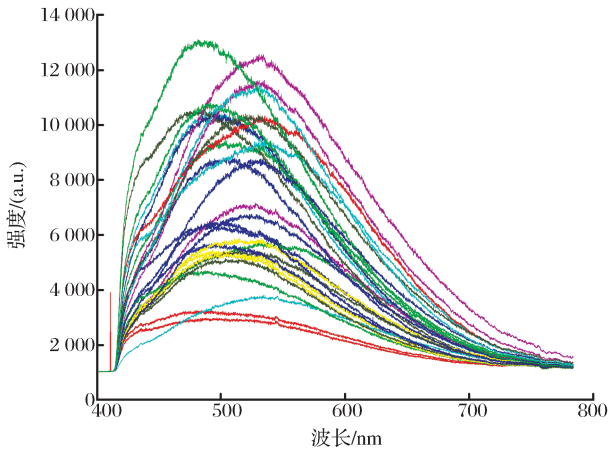
图 2 油气包裹体显微照片

Fig. 2 Photomicrography of hydrocarbon inclusions

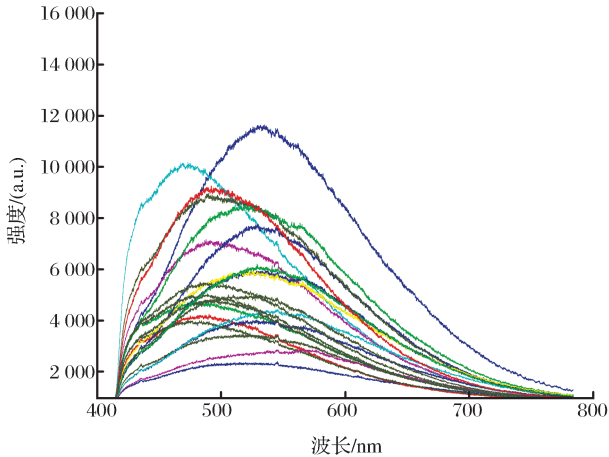
(a)h118-7,石英裂隙中充填的黄色荧光包裹体(紫外光);
(b)h118-7,石英裂隙中充填的浅褐色包裹体(透偏光);(c)yj1-1,石英裂隙中呈孤立状分布的蓝色包裹体(紫外光);(d)yj1-13,石英裂隙中呈孤立状分布的蓝色包裹体(紫外光+透偏光)

度增高^[18]。通过对大量荧光光谱特征的分析发现:黄色包裹体波峰分布范围为 480~550nm,主要集

中在 530nm; 蓝色包裹体波峰分布范围为 465~550nm, 主要分布范围为 465~495nm, 蓝色包裹体的成熟度要高于黄色荧光包裹体(图 3)。



(a) 跃检1井包裹体荧光光谱, 样品深度3 232.36m



(b) 跃检1井包裹体荧光光谱, 样品深度3 246.1m

图 3 2 类包裹体荧光光谱特征

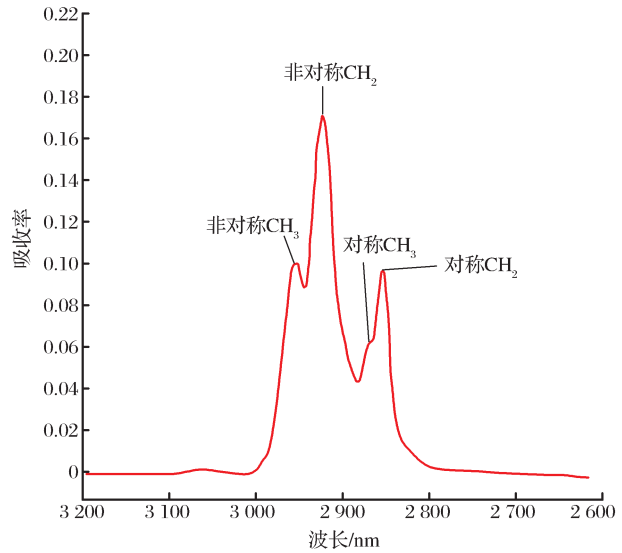
Fig. 3 Fluorescence spectrum for two types of fluid inclusions

红外光谱法一般采用包裹体中有机化合物的特征吸收峰强度比值来表征有机质的结构性质及演化过程。傅里叶红外光谱法可以检出有机包裹体中的主要化合物基团(-CH_3 , C=C , C=O 等), 主要通过半定量的 CH_2/CH_3 等基团比值的计算, 以确定油气包裹体的成分特征^[19-20]。红外光谱和参数来确定成熟度主要是通过甲基和亚甲基的比值关系, 甲基含量越高, 说明包裹体成熟度也就越高。黄色荧光包裹体的红外光谱图中 CH_2/CH_3 (强度) 值较高, 未见 AsymCH_3 波峰出现, 说明其成熟度很低; 蓝色包裹体红外光谱中 CH_2/CH_3 值减小, AsymCH_3 波峰出现, 说明其成熟度高于黄色荧光包裹体的成熟度(图 4)。

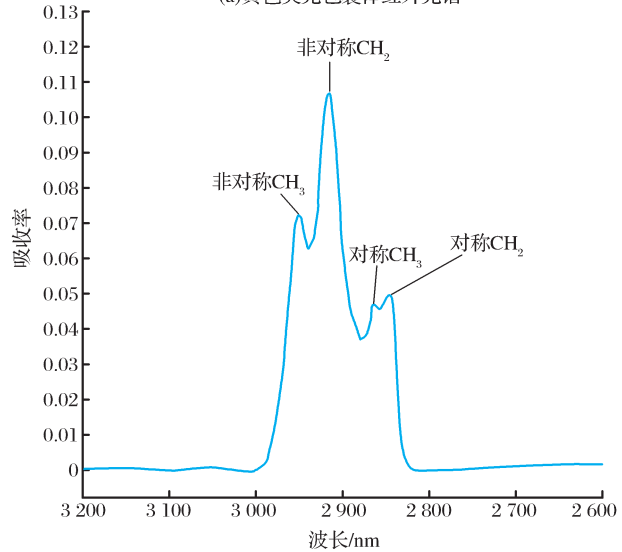
3.3 包裹体均一温度

本文研究选取了英东、尕斯库勒和红柳泉等地

区的与不同期次油气包裹体相伴生的盐水包裹体进行均一温度的测定(表 3)。



(a) 黄色荧光包裹体红外光谱



(b) 蓝色荧光包裹体红外光谱

图 4 2 类包裹体傅立叶红外光谱特征

Fig. 4 Infrared spectrum, for two types of fluid inclusions

英东地区新近纪早期黄色荧光包裹体的均一温度范围在 65~90℃ 之间, 晚期蓝色荧光包裹体的均一温度区间为 95~115℃。第一期黄色荧光包裹体最低均一温度为 75.4℃, 第二期蓝色荧光包裹体最低均一温度为 105.1℃。蓝色荧光包裹体的最低均一温度比黄色荧光包裹体低 25℃ 左右[图 5(a)]。

尕斯库勒古近系第一期黄色荧光包裹体的均一温度范围在 70~100℃ 之间, 第二期蓝色荧光包裹体的均一温度范围在 110~130℃ 之间。黄色荧光包裹体最低均一温度为 68.2℃, 蓝色荧光包裹体最低均一温度为 104℃。蓝色荧光包裹体的最低均一温度比黄色荧光包裹体高 30℃ 左右[图 5(b)]。

表 3 包裹体均一温度测定结果

Table 3 Homogenization temperature of fluid inclusions in different oil fields

地区	层位	井号	均一温度/℃
英东	N ₂ ¹	英东 107	74.4、74.6、78.5、78.3、85.5、86.8、88.5、88.7、90.1、90.9、91.2、92.6、105.1、106.3、106.7、107.2、108.3、108
	N ₂ ²	砂 37	68.5、67.6、83.6、117、135
尕斯库勒	E ₃ ¹	跃检 1	68.2、72.4、72.5、74.3、74.8、75.6、77.8、110、112、113、116.8、118、180.9、119.6、120.2、135
	E ₃ ¹	跃 101	110、119、126.9、130、144.6
	E ₃ ²	跃 44	110、119、126、130、144.6、
	N ₂ ²	跃 14	90
红柳泉	E ₃ ¹	红 20	110、115、116、119、124
	E ₃ ²	红 110	80、88.8、98、103、107、110、110.9
	E ₃ ²	红 118	65.7、66.3、67.6、68.2、72.4、73.5、90.1、93.7、95.2、99.6、146.5

红柳泉地区古近纪早期黄色荧光包裹体的均一温度范围在 60~90℃ 之间,晚期蓝色荧光包裹体的均一温度范围在 90~120℃ 之间。早期黄色荧光包裹体最低均一温度为 65.7℃,晚期蓝色荧光包裹体最低均一温度为 90.1℃。第一期包裹体比第二期荧光包裹体的最低均一温度低 25℃ 左右[图 5(c)]。

4 油气充注期次

通过对流体包裹体的综合研究并结合区域构造演化、油气藏地球化学等证据表明:柴西地区主要发生了 2 期油气充注过程^[21-28],油气充注时间主要发生在 N₂¹ 末期和 N₂³—Q 2 个时期,成藏期普遍较晚^[29]。受烃源岩生排烃过程和构造形成早晚等因素的控制,各油田 2 期油气充注的时间也存在一定的差异。

红柳泉油田包裹体测温结果与埋藏史曲线反映的 2 期油气充注时间分别约为 26Ma 和 10Ma [图 6(a)]。早期(26Ma)红狮凹陷的烃源岩还未成熟,因此红 116 井在 3 248~3 252m 段发现了早期成熟度很低的原油,对应的储层流体包裹体特征也显示早期充注的包裹体为黄色荧光包裹体,发育在石英次生加大的缝合线处,早于石英次生加大的形成时间,说明充注时间较早。晚期(10Ma)随着埋深增加,烃源岩逐渐成熟,对应的流体包裹体为蓝色荧光包裹体,包裹体荧光光谱和红外光谱特征都与现今发现的原油特征相似,反映了晚期油气充注的特征。

英东油田受到烃源岩热演化及构造形成时间的控制,2 期油气充注时间相对较晚。包裹体测温结果与埋藏史曲线对应的 2 期充注时间分别为 15Ma 和 5Ma[图 6(b)]。从油气包裹体和已发现的油气性质判断,英东油田早期充注的为成熟原油,保存在早期形成的圈闭中。随着晚期断裂的调整,不仅沟

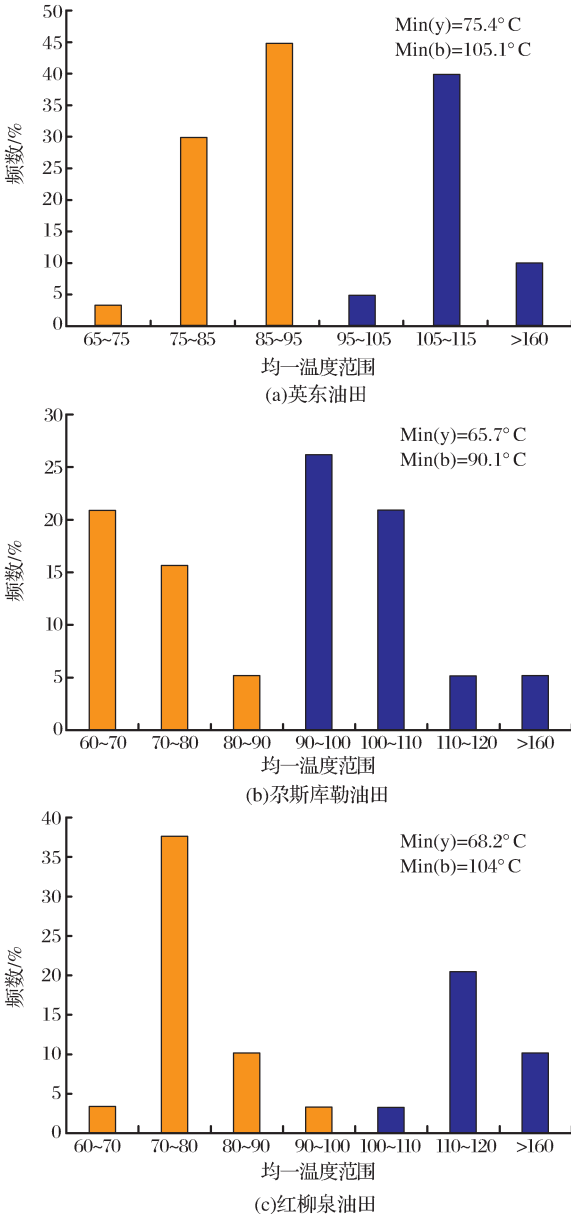


图 5 柴西南地区不同油田包裹体均一温度分布

Fig. 5 Statistical diagram of homogenization temperature of fluid inclusions in different oil fields

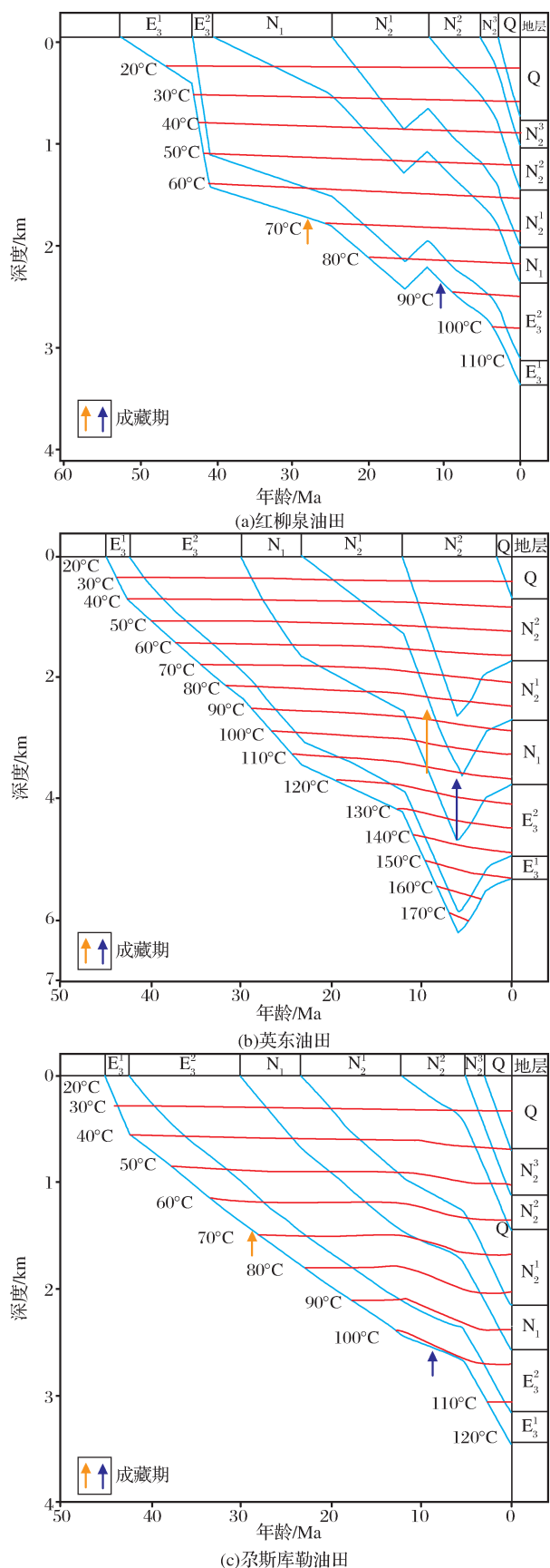


图6 柴西南地区主要油田埋藏史

Fig. 6 Burying history of main oilfields in southwestern Qaidam Basin

通了深部烃源岩,且将早期圈闭改造成多个复杂的断块。晚期充注的油与早期充注的油聚集在不同的断块中,并且在包裹体中见到捕获晚期充注的气泡。由于英东油田油气充注较晚,因此,2期充注的油气都得到了较好的保存,形成了“小而肥”的高丰度油藏。

尕斯库勒油田虽然油气来源与红柳泉油田不同,但是油气充注过程相似,包裹体测温结果与埋藏史曲线反映2期油充注时间也分别约为26Ma和10Ma[图6(c)]。该地区早期充注的低成熟原油主要发育在浅层,说明该地区构造形成较早,且断裂沟通深部源岩,使得早期形成的原油运移至浅部有利构造中;晚期形成的原油成熟度相对早期较高,但是受到早期断裂封闭的影响,晚期形成的油气未能运移至浅层,而在深部距离烃源岩较近的构造中聚集。

5 结论

(1)柴西南地区典型油田包裹体发育,含油包裹体丰度为5%~90%;根据包裹体颜色、大小、宿主矿物、产状等特征,可以将柴西南地区油气包裹体划分为黄色荧光包裹体和蓝色荧光包裹体2类包裹体组合。

(2)黄色荧光包裹体的荧光光谱波峰分布范围为480~550nm,蓝色包裹体波峰分布范围为465~550nm,蓝色荧光包裹体的成熟度高于黄色荧光包裹体;2类包裹体的红外光谱特征参数中,蓝色荧光包裹体的甲基含量高于黄色荧光包裹体,说明其成熟度要高于后者。

(3)包裹体显微测温结果结合埋藏史分析,柴西南地区主要发生了2期油气充注过程,红柳泉油田和尕斯库勒油田2期充注时间分别是26Ma和10Ma,英东1号油田2期充注时间分别是10Ma和5Ma。英东油田油气充注期晚对于油气的保存和富集较红柳泉油田和尕斯库勒油田有利。

参考文献(References):

- [1] Yuan Jianying, Chen Qilin, Chen Yingbin, *et al.* Petroleum geological character and favorable exploration domains of Qaidam Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2006, 17(5): 640-644. [袁剑英, 陈启林, 陈迎宾, 等. 柴达木盆地油气地质特征与有利勘探领域[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(5): 640-644.]
- [2] Sun Ping, Guo Zeqing, Liu Weihong, *et al.* Accumulation mechanism of the Yingdong I Field in the Qaidam Basin[J]. Petroleum Exploration & Development, 2013, 40(4): 429-436. [孙平, 郭泽清, 刘卫红, 等. 柴达木盆地英东一号油气田

- 成藏机理[J]. 石油勘探与开发, 2013, 40(4): 429-436.]
- [3] Parnell J, Middleton D, Chen Honghan, *et al.* The use of integrated fluid inclusion studies in constraining oil charge and reservoir compartmentation; examples from the Jeanned' Arc Basin, offshore Newfoundland[J]. Marine and Petroleum Geology, 2001, 18(5): 535-549.
- [4] Parnell J, Green P F, Watt G, *et al.* Thermal history and oil charge on the UK Atlantic margin[J]. Petroleum Geoscience, 2005, 11(2): 99-112.
- [5] Bourdet J, Eadington P, Volk H, *et al.* Chemical changes of fluid inclusion oil trapped during the evolution of an oil reservoir; Jabiru-1A case study (Timor Sea, Australia)[J]. Marine and Petroleum Geology, 2012, 36(1): 118-139.
- [6] Yang Yunfeng, Li Xianqing, Feng Songbao, *et al.* Fluid inclusion evidence for petroleum accumulation in northern Qaidam Basin[J]. Chinese Journal of Geochemistry, 2010, 29(4): 422-430.
- [7] Yang Yunfeng, Li Xianqing, Dong Peng, *et al.* Fluid inclusion characteristics of oil and gas in the northern Qaidam Basin and implications for petroleum accumulation[J]. Geochimica, 2009, 38(6): 591-599. [仰云峰, 李贤庆, 董鹏, 等. 柴达木盆地北缘地区油气储层中流体包裹体特征及成藏期研究[J]. 地球化学, 2009, 38(6): 591-599.]
- [8] Ingrid Anne Munz. Petroleum inclusions in sedimentary basins: Systematics, analytical methods and applications [J]. Lithos, 2001, 55(1): 195-212.
- [9] Wilkinson M, Haszeldine R S, Ellam R M, *et al.* Hydrocarbon filling history from diagenetic evidence; U K North Sea[J]. Marine and Petroleum Geology, 2004, (21): 443-455.
- [10] Brincat M, Gartrell A, Lisk M, *et al.* An integrated evaluation of hydrocarbon charge and retention at the Griffin, Chinook, and Scindian Oil and Gas Fields, Barrow Subbasin, North West Shelf, Australia[J]. AAPG Bulletin, 2006, 90(9): 1359-1380.
- [11] Zhang Youyu, Zwingmann H, Liu Keyu, *et al.* Hydrocarbon charge history of the Silurian bituminous sandstone reservoirs in the Tazhong Uplift, Tarim Basin, China[J]. AAPG Bulletin, 2011, 95(3): 395-412.
- [12] Liu Keyu, Pang Xiongqi, Jiang Zhenxue, *et al.* Quantitative estimate of residual or palaeo-oil column height[J]. Journal of Geochemical Exploration, 2006, 89(1-3): 239-242.
- [13] Liu Keyu, 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(1-2): 139-151.
- [14] Liu Keyu, Eadington P. Quantitative fluorescence techniques for detecting residual oils and reconstructing hydrocarbon charge history[J]. Organic Geochemistry, 2005, 36(7): 1023-1036.
- [15] Chen Zhuoheng, Hu Suyun, Jin Zhijun, *et al.* Exploration risk evaluation using boject-based modelling, an example from the Tertiary fractured play, western Qaidam Basin of China[J]. Petroleum Science, 2008, (5): 195-202.
- [16] Fu Suotang. Key Controlling factors of oil and gas accumulation in the Western Qaidam Basin and its implication for favorable exploration direction[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(2): 373-340. [付锁堂. 柴达木盆地西部油气成藏主控因素与有利勘探方向[J]. 沉积学报, 2010, 28(2): 373-340.]
- [17] Li Xianqing, Dong Peng, Yang Yunfeng, *et al.* Characteristics of fluid inclusion and reservoir-forming time of the Paleogene and Neogene Reservoirs in the western Qaidam Basin[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2009, 31(6): 44-50. [李贤庆, 董鹏, 仰云峰, 等. 柴达木盆地西部古近系储层流体包裹体特征及油藏成藏时间研究[J]. 石油天然气学报, 2009, 31(6): 44-50.]
- [18] George S C, Mark Lish, Eadington P J. Fluid inclusion evidence for an early, marine-sourced oil charge prior to gas-condensate migration, Bayu-1, Timor Sea, Australia[J]. Marine and Petroleum Geology, 2004, 21(9): 1107-1128.
- [19] 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.
- [20] Pironon J, Sawatzki J, Dubessy J. Letter: NIR FT-Raman microspectroscopy of fluid inclusions; Comparisons with VIS Raman and FT-IR microspectroscopies[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1991, 55(12): 3885-3891.
- [21] Yuan Jianying, Fu Suotang, Cao Zhenglin, *et al.* Multi-source hydrocarbon generation and accumulation of plateau multiple petroleum systems in Qaidam Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2011, 23(3): 7-15. [袁剑英, 付锁堂, 曹正林, 等. 柴达木盆地高原复合油气系统多源生烃和复式成藏[J]. 岩性油气藏, 2011, 23(3): 7-15.]
- [22] Wang Yadong, Zheng Jianjing, Zhang Weilin, *et al.* Cenozoic uplift of the Tibetan Plateau; Evidence from the tectonic-sedimentary evolution of the western Qaidam Basin[J]. Geoscience Frontiers, 2012, 3(2): 175-187.
- [23] Liu Zhen, Dang Yuqi, Li Heyong, *et al.* Characteristics of the late hydrocarbon accumulation of the Tertiary in the western Caidamu Basin[J]. Journal of Xi'an University: Natural Science Edition, 2007, 22(1): 1-7. [刘震, 党玉琪, 李鹤永, 等. 柴达木盆地西部第三系油气晚期成藏特征[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2007, 22(1): 1-7.]
- [24] Li Xianqing, Zhong Ningning, Wang Kangdong, *et al.* Study on Tertiary oil charges to typical structures in Western Qaidam Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2011, 32(1): 1-3. [李贤庆, 钟宁宁, 王康东, 等. 柴达木盆地西部古近-新近系油气充注研究[J]. 新疆石油地质, 2011, 32(1): 1-3.]
- [25] Zhang Yongmei, Jin Baozhen, Xie Hongmei, *et al.* Research on hydrocarbon accumulation periods and model in Shizigou Oil-fields[J]. Qinghai Oil, 2007, 25(1): 9-14. [张永梅, 靳保珍, 谢红梅, 等. 狮子沟构造藏期次与模式研究[J]. 青海石油, 2007, 25(1): 9-14.]
- [26] Sui Liwei, Fang Shihu, Sun Yonghe, *et al.* The tectonic evolu-

- tion and accumulation controlling characteristics of Shizigou-Yingdong structural belt of western Qaidam Basin[J]. *Earth Science Frontiers*, 2014, 21(1): 261-270. [隋立伟, 方世虎, 孙永河, 等. 柴达木盆地西部狮子沟—英东构造带构造演化及控藏特征[J]. *地学前缘*, 2014, 21(1): 261-270.]
- [27] Zhang Xiaojun, Cao Zhenglin, Sun Xiujian, *et al.* Characteristics of depression and their hydrocarbon generation potency in southwestern Qaidam Basin [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2012, 23(5): 862-867. [张小军, 曹正林, 孙秀建, 等. 柴达木盆地西南部凹陷特征及生烃潜力分析[J]. *天然气地球科学*, 2012, 23(5): 862-867.]
- [28] Shi Hui, Liu Zhen, Lian Liangda, *et al.* Enrichment regularity of lithologic reservoirs in plateau saline lacustrine basin: Taking the southwestern Qaidam Basin for example[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2013, 24(1): 701-711. [施辉, 刘震, 连良达, 等. 高原咸化湖盆岩性油气藏富集规律——以柴达木盆地西南区为例[J]. *天然气地球科学*, 2013, 24(1): 701-711.]
- [29] Fu Suotang, Guan Ping, Zhang Daowei, *et al.* Consideration about recent oil and gas exploration of Qaidam Basin[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2012, 23(5): 813-819. [付锁堂, 关平, 张道伟. 柴达木盆地近期勘探工作思路[J]. *天然气地球科学*, 2012, 23(5): 813-819.]

Hydrocarbon Charging History of Typical Oilfields in Southwestern Qaidam Basin

MENG Qing-yang^{1,2}, GUI Li-li^{1,2}, CHEN Yan³, YUAN Li³,

YANG Fan², SUI Li-wei⁴, BAI Dong-lai⁵

(1. Key Laboratory of Basin Structure & Hydrocarbon Accumulation, CNPC, Beijing 100083, China;

2. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Beijing 100083, China;

3. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Qinghai Oilfield, PetroChina, Dunhuang 736202, China;

4. NO. 1 Oil Production Plant Daqing Oilfield Company Ltd., Daqing 163301, China;

5. Geoscience Institute of Northeast Petroleum University, Daqing 163301, China)

Abstract: The hydrocarbon charging history of Hongliuquan oilfield, Gasikule oilfield and Yingdong oilfield is studied in this paper by synthetically adopting fluid inclusion petrography, fluorescence spectrum, infrared spectrum, microthermometry analysis and burial history modelling. The results illustrate that grain with oil inclusions is well developed in the southwestern Qaidam Basin with the index of grain with oil inclusion (GOI) value between 5%-90%. According to the characteristics of fluorescence color, occurrence, host mineral of oil inclusion, two fluid inclusion assemblages can be classified as yellow fluorescence inclusion and blue fluorescence inclusion. The peak of fluorescence spectrum and methyl content of infrared spectrum both reflect that the maturity of blue fluorescence inclusion is higher than that of yellow fluorescence inclusion. Combined with homogenization temperature of fluid inclusions and thermal evolution analysis, it is confirmed that there were mainly two episodes of hydrocarbon charging in the southwestern Qaidam Basin. The charging time of Gasikule oilfield and Hongliuquan oilfield is 26Ma and 10Ma, respectively. The charging time of Yingdong oilfield is separately 10Ma and 5Ma. The later hydrocarbon charging process and tectonic evolution control the preservation condition and hydrocarbon enrichment.

Key words: Southwestern Qaidam Basin; Hydrocarbon charging history; Yingdong; Hongliuquan; Gasikule; Fluid inclusion