

文章编号:1001-6112(2012)S1-0001-06

塔里木盆地沙雅隆起雅克拉断凸带 白云岩储层流体包裹体特征及油气成藏

韩俊¹, 吕海涛¹, 费剑炜¹, 石媛媛¹, 谷来梅²

(1. 中国石化西北油田分公司勘探开发研究院, 乌鲁木齐 830011; 2. 中国石化河南油田测井公司, 河南 南阳 473000)

摘要:雅克拉断凸前中生界白云岩储层经历多期次构造运动改造, 油气成藏具有双源供烃、海相为主、晚期成藏的特点。选取断凸带西段桥古1井和中段雅克拉气田沙15井白云岩岩心样品进行流体包裹体分析。结果表明: 储层流体包裹体主要包括盐水包裹体、含烃盐水包裹体、油包裹体3种类型。断凸带西段与中段包裹体均一温度分布存在明显差异, 西段桥古1井包裹体均一温度范围具有105.1~129℃和147.3~154.9℃2个明显的双峰特征, 表明至少存在2期油气成藏过程; 而东段雅克拉气田沙15井包裹体均一温度范围为84.1~150.7℃, 表明油气成藏具有一定的连续性。结合断凸带“六史”综合演化分析, 认为至少存在海陆两相共有海西晚期、早喜马拉雅晚期、晚喜马拉雅晚期3期油气充注过程, 早喜马拉雅晚期是雅克拉断凸上中生界白云岩油气藏的主要成藏期。

关键词:流体包裹体; 白云岩; 油气成藏; 雅克拉断凸; 塔里木盆地

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

Characteristics of fluid inclusions and gas accumulation in dolomite reservoirs of Yakela Fault Arch, Shaya Uplift, Tarim Basin

Han Jun¹, Lü Haitao¹, Fei Jianwei¹, Shi Yuanyuan¹, Gu Laimei²

(1. Research Institute of Petroleum Exploration & Production, SINOPEC Northwest Company, Urumqi, Xinjiang 830011, China;

2. Henan Oilfield Logging Company, SINOPEC, Nanyang, Henan 473000, China)

Abstract: The pre-Mesozoic dolomite reservoirs in the Yakela Fault Arch have experienced multi-episodes of tectonic reconstructions, and the hydrocarbon accumulation is characterized by double sources, marine facies, and late-period accumulation. The typical dolomite core samples were collected from well Qiaogu1 in the west section and well Sha15 in the central section of the Yakela Fault Arch, and the fluid inclusions in these dolomites were systematically investigated. The results showed that the fluid inclusions of the dolomites in this area can be classified into three types: salt-water inclusions, hydrocarbon-bearing salt-water inclusions, and petroleum inclusions. The homogenization temperatures of the fluid inclusions were different between the east section and the west section in the Yakela Fault Arch. The homogenization temperatures of the fluid inclusions in well Qiaogu1 had two special peaks at 105.1–129℃ and 147.3–154.9℃, implying that there were two main orders and times of gas charging and gas accumulation. The homogenization temperatures of the fluid inclusions in well Sha15 were from 84.1℃ to 150.7℃, indicating that the gas accumulation had the characteristics of continuity accumulation. Based on the tests of fluid inclusions and the “six histories”, we believe that there are three main orders and times of marine and non-marine sourced hydrocarbon charging and accumulation in the pre-Mesozoic dolomite reservoirs, including the late stage of Hercynian period, the late stage of the early Himalayan period and the late stage of the late Himalayan period. The late stage of the early Himalayan period is the main time of hydrocarbon charging and accumulation in the pre-Mesozoic dolomite reservoirs.

Key words: fluid inclusion; dolomite; hydrocarbon accumulation; Yakela Fault Arch; Tarim Basin

成岩矿物中流体包裹体是研究地质作用的珍贵样品, 能较客观地反映地质历史的原貌, 被广泛应用于油气勘探和开发领域^[1-4]。

雅克拉断凸白云岩古潜山风化壳储层是塔里木盆地海相最早取得突破的地区, 1984年沙参2井强烈井喷揭开了塔里木海相油气勘探的大幕, 并

收稿日期: 2011-12-28; 修订日期: 2012-02-20。

作者简介: 韩俊(1983—), 男, 硕士, 助理工程师, 从事碳酸盐岩沉积储层研究。E-mail: 278511010@qq.com。

发现了雅克拉油气田。2000 年以来,在雅克拉断凸西段寒武系白云岩中又发现了英买 32、桥古 1 等油气田(藏),展示了断凸带残留的白云岩储层良好的勘探潜力。前人对断凸带中段雅克拉气田成藏做过深入研究,形成了双源供烃、海相为主、晚期成藏的地质认识,近期西段桥古 1 井又在白云岩潜山获海相油气突破。为扩大断凸带前中生界勘探成果,在充分明确岩石学特征基础上,对断凸西段桥古 1 井和中段沙 15 井采集流体包裹体样品,检测各期次有机/无机流体包裹体均一温度并对获取数据进行整理分析,结合区域“六史”演化分析,探讨雅克拉断凸带油气充注期次和成藏期及其西、中段差异,为下步勘探目标评价提供依据。

1 地质概况及采样

雅克拉断凸带位于塔里木盆地沙雅隆起北部,被轮台断裂和亚南断裂所分隔(图 1)。自晚古生代以来,由于海西运动的影响,相对南部阿克库勒低凸起和北部库车凹陷,断凸及其周缘处于构造高部位,古生界被大幅度剥蚀,中、上奥陶统、志留系—泥盆系、中石炭统一二叠系几乎被剥蚀殆尽。构造抬升东强西弱,由西往东地层逐渐变老和剥蚀尖灭。印支—燕山期中生界地层开始由南北向断

凸高部位超覆沉积,至白垩系舒善河组沉积时断凸被全部覆盖。雅克拉断凸前中生界碳酸盐岩储层为奥陶系蓬莱坝组—震旦系奇格布拉克组古潜山风化壳白云岩储层,储集空间主要为溶蚀孔洞和裂缝。储层的分布受古构造背景、断裂发育程度、岩溶作用的控制。

为揭示油气成藏特征及西段与中段的差异性,对雅克拉断凸西段桥古 1 井下寒武统和中段沙 15 井下奥陶统的白云岩储层岩心进行了采样,采样井的构造位置如图 1 所示。累计共采集包裹体样品 22 块。研究过程中对 11 个样品的包裹体类型和产状进行了测试,获得丰富的原生包裹体(表 1)。

2 流体包裹体分析

2.1 包裹体类型

雅克拉断凸带桥古 1 井和沙 15 井前中生界白云岩储层油气显示均较活跃,储层中多发育丰富的成岩流体包裹体,赋存矿物的产状主要有溶蚀孔洞中充填的白云岩和方解石及石英、白云石和方解石脉、白云石胶结物等。根据流体成分可划分为 3 种类型:盐水溶液包裹体、含烃盐水溶液包裹体和油包裹体 3 类,3 类包裹体在西段桥古 1 井和中段沙 15 井都可以见到(图 2)。

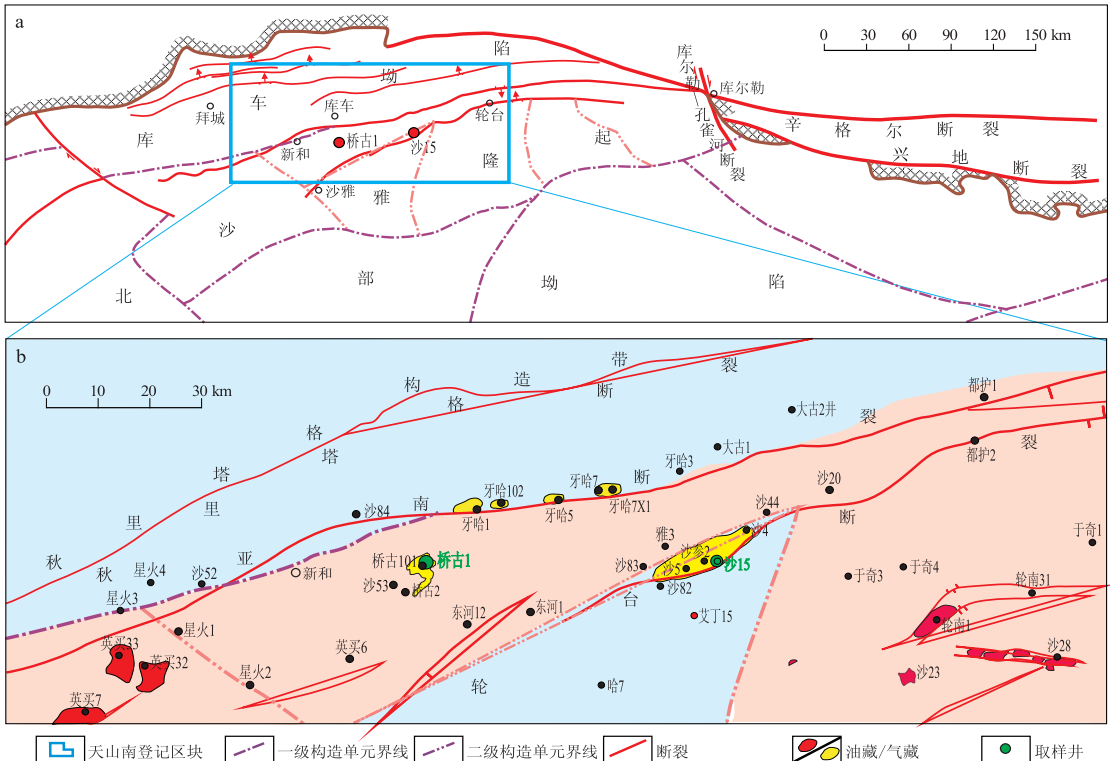


图 1 雅克拉断凸带构造位置及采样井分布
a. 塔里木盆地北部构造分区简图; b. 雅克拉断凸带构造位置

Fig. 1 Tectonic location and sampling wells distribution in Yakela Fault Arch

表 1 雅克拉断凸前中生界白云岩储层流体包裹体取样情况

Table 1 Fluid inclusion samples in pre-Mesozoic dolomite reservoirs of Yakela Fault Arch

井号	层位	深度/m	岩性	宿主矿物及产状	类型	大小/ μm	气/液比/%	温度/ $^{\circ}\text{C}$	$\omega(\text{NaCl})/\%$
桥古 1	下寒武统	5 752.6	白云岩裂缝充填白云岩脉	裂缝中充填的白云岩	含烃盐水、盐水	3~8 5.2(16)	5~8 5.6(16)	93.7~147.7 123.8(16)	6.2~12.6 8.9(4)
		5 742.1	粉晶白云岩裂缝中充填的石英	结晶白云岩	油、含烃盐水、盐水	4~7 7.9(22)	5~12 6.6(22)	105.1~166.5 133.5(22)	5~16.1 11.1(12)
		5 755.1	微晶白云岩裂缝中充填白云石	裂缝中充填的白云石	含烃盐水、盐水	3~6 4.3(14)	5~6 5.64(14)	121.1~154.9 135.01(14)	1.6~9.2 5.9(9)
		5 741.75	泥晶白云岩	裂缝中充填石英	盐水	3~7 4.9(16)	3~7 4.9(16)	116.4~153.5 137.4(16)	11.3~16.6 13.9
沙 15	下奥陶统	5 371.3	花斑状粉晶云岩	结晶白云石, 裂缝中石英	含烃盐水、盐水	5~9 6.7(12)	6~10 7.8(12)	73~124 97.6(12)	0.2~23.7 15.3(9)
		5 379.4	花斑状粉晶云岩	晶洞中粗晶白云石	油、含烃盐水、盐水	3~18 6.7(12)	4~12 8.2(12)	88~146.8 116.0(12)	3.9~23.6 9.58(5)
		5 385.4	角砾细晶白云岩	结晶白云石	盐水	4~13 7.7(12)	6~10.68 7.7(12)	68.9~134.3 96.4(12)	7.3~24.5 18.9(12)
		5 392.6	花斑状中晶白云岩	孔洞中石英、结晶白云石	油、含烃盐水、盐水	4~14 8.8(19)	4~8 6.6(19)	93.4~150.7 128.0(18)	6.4~20.6 11.5(4)
		5 407.8	角砾化含沥青白云岩	结晶白云石	含烃盐水、盐水	4~15 7.6(16)	6~8 6.7(16)	97.1~133.3 114.0(16)	6.4~23.2 17.2(12)
		5 409.2	角砾化白云岩	晶洞中充填石英	含烃盐水、盐水	4~16 8(18)	6~10 7.5(18)	97.6~158.1 118(18)	1.1~24.5 16.18(15)
		5 416.2	粗晶白云岩	晶洞中粗晶白云石	含烃盐水、盐水	4~14 8.0(16)	6~10 8.0(16)	104.8~144.1 122.8(16)	22.7~23.6 23.0(8)

注:表中表达式含义为 $\frac{\text{最小值} \sim \text{最大值}}{\text{平均值(样品数)}}$ 。

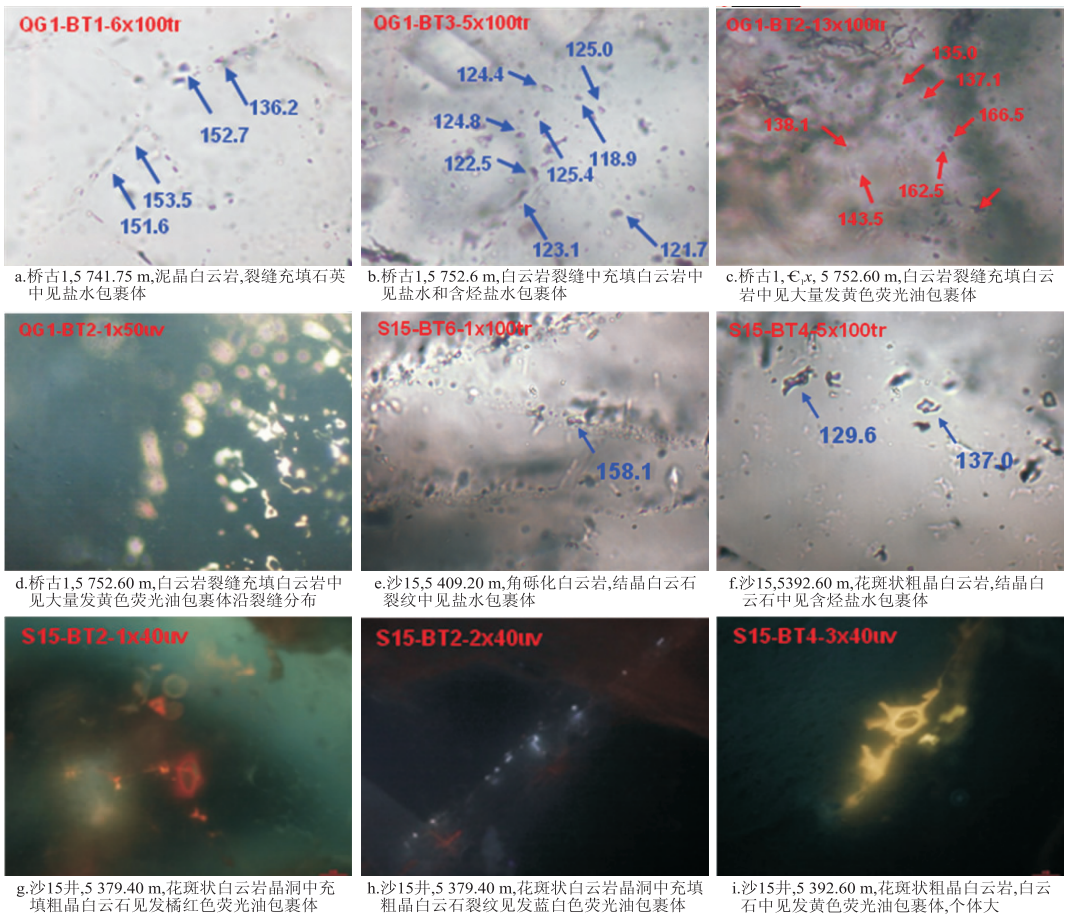


图 2 雅克拉断凸前中生界白云岩储层流体包裹体特征

Fig. 2 Characteristics of fluid inclusions in pre-Mesozoic dolomite reservoirs of Yakela Fault Arch

西段桥古1井的含烃盐水包裹体和盐水包裹体宿主矿物为裂缝中充填的石英(图2a)、白云石(图2b,2c)及结晶白云石。油包裹体发黄色荧光,主要分布于白云岩裂缝中充填的白云石中,密集分布(图2d)。

中段沙15井含烃盐水包裹体、盐水包裹体和油包裹体的宿主矿物为结晶白云石(图2e)、白云岩溶洞中或花斑状白云岩中充填的粗晶白云石(图2f),油气包裹体量大、个头较大(图2i),形态一般为圆形、椭圆形和半圆形,少量为次棱角及不规则形,分布形态主要呈沿裂隙呈带状或沿晶间呈线状分布,少量孤立、零星分布。镜下油包裹体发橘红色(图2g)、蓝白色(图2h)和黄色(图2i)3种颜色的荧光。此外,在沙15井岩心、荧光薄片和岩石薄片均见有广泛分布的沥青残余,说明早期有油气充注后期遭受破坏。

2.2 包裹体的均一温度

选用与烃类包裹体同期的盐水包裹体的均一温度,可以确定烃类包裹体的形成温度。沉积盆地中与油气有关的流体包裹体形成温度相对较低,一般对均一温度测量结果可以不进行压力校正^[5],因此同期盐水包裹体的温度及可以代表储层中烃

类包裹体的形成温度。

雅克拉断凸西段桥古1井流体包裹体温度显示,前中生界白云岩储层流体包裹体均一温度显示从102~166.5℃均有烃类活动(图3a),而雅克拉断凸中段雅克拉气田沙15井白云岩储层流体包裹体均一温度从83.4~150.3℃有烃类活动(图3b),说明雅克拉中段白云岩储层烃类活动温度范围相比西段要宽。这种差异可能与桥古1井构造挤压逆冲抬升强烈有关,潜山盖层和圈闭形成时间较晚,因此储层包裹体均一温度高,范围窄。与西段桥古1井相比,中段沙15井包裹体均一温度具有更好的连续性,这可能与海陆混源多期成藏有关^[6]。

根据与烃类包裹体同期盐水包裹体的均一温度分布特征,雅克拉断凸西段桥古1井与其烃类包裹体同期的盐水包裹体均一温度分布表现出明显的双峰分布的特征(图3c),可能代表桥古1井至少存在2期油气充注,其中第1期油气充注以气为主,温度范围为105.1~129℃;第2期油气充注油气兼有,温度范围为136.2~154.9℃。而雅克拉断凸中段沙15井与其烃类包裹体同期的盐水包裹体均一温度分布范围大,连续性好(图3d),说明其油气成藏表现出一定的连续性。根据岩心、薄片、

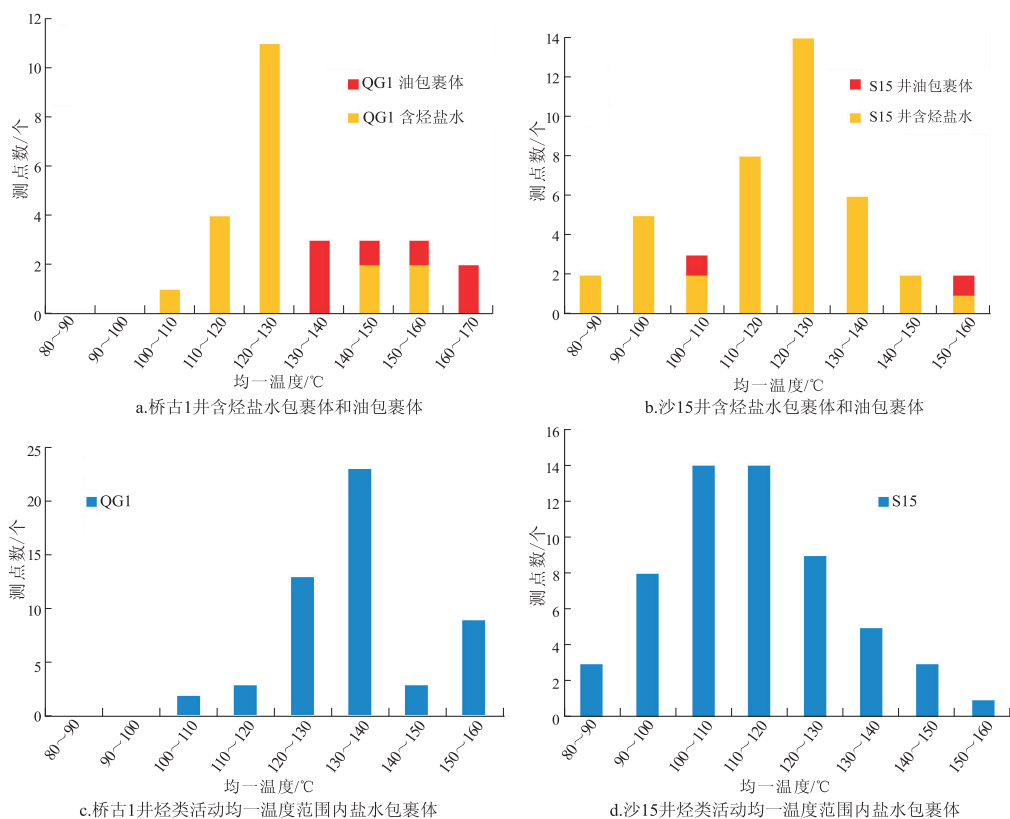


图3 雅克拉断凸桥古1井和沙15井前中生界白云岩储层流体包裹体均一温度分布

Fig. 3 Distribution of homogenization temperatures of fluid inclusions in pre-Mesozoic dolomite reservoirs, wells Qiaogul and Sha15, Yakela Fault Arch

荧光观察沥青常见及烃类包裹体温度分布特征,沙15井前中生界白云岩有3期油气充注,其中第1期以低成熟海相油充注为主,后期抬升遭受破坏而形成广泛见到的沥青,第2期温度范围为84.1~108℃,第3期温度范围为111~150.7℃,第2期和第3期油气充注均以气为主。

2.3 包裹体盐度

根据盐水溶液的最终融化温度(T_m)换算的盐度,以此参考确定盐度大小。结果表明:结晶和孔洞中充填的白云岩的流体包裹体盐度较为分散,为0.2%~24.5%,平均16.09%;而裂缝中2期石英包裹体温度范围相当,但盐度差异大,其中第1期石英包裹体盐度范围18.04%~25.64%,平均21.86%,而第2期石英包裹体盐度范围仅为1.05%~4.49%,平均2.50%。裂缝中充填的方解石盐度分布集中,范围为19.68%~24.5%,平均23.05%。盐度数据整体表现出3个较为明显的波峰,其中第1个波峰主要为东段裂缝中石英包裹体,盐度峰值范围为4%~5%,第2个波峰主要为晶洞中充填的结晶白云岩包裹体,盐度峰值范围为12%~14%,第3个波峰主要为中段裂缝中充填的石英包裹体,盐度峰值范围为21%~22.5%(图4)。

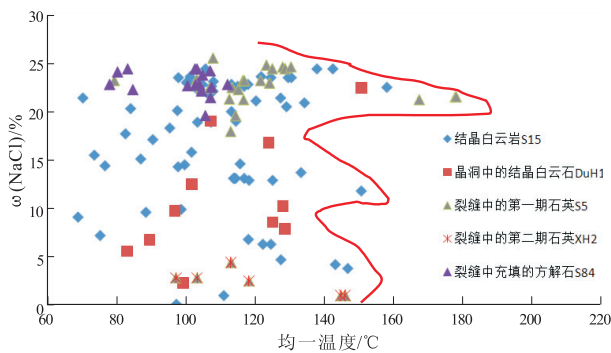


图4 储层流体包裹体盐度—均一温度散点图

Fig. 4 Crossplots of homogenization temperature and salinity of fluid inclusions in reservoirs

2.4 包裹体激光拉曼光谱分析

根据雅克拉断凸沙15井白云岩储层中包裹体拉曼光谱分析结果(陈红汉,2005),主要的流体包裹体类型有富含 CO_2 包裹体、富含 CH_4 包裹体、两期富含油包裹体3种(图5)。富含 CH_4 包裹体以 CH_4 为主,含少量的 CO_2 、 N_2 等,主要宿主矿物为后期重结晶的白云石晶体,晶体中见发微弱白色荧光纯气相包裹体(图5a);富含油包裹体可根据荧光发光不同而分为3种,分别是沿裂缝充填微晶白云石中见少量发深黄色和浅黄色荧光油包裹体,及沿裂缝见大量发桔红色荧光油浸染和大量不发荧光沥青(图5b),其中发浅黄色荧光光谱主峰为501 nm(图5c)。

3 油气充注期次与成藏特征

在流体包裹体特征、宿主矿物及成岩序列分析的基础上,测定了与烃类流体包裹体共生的盐水溶液包裹体的均一温度,将各期含烃包裹体伴生的同期盐水包裹体均一温度,作为其捕获时的最小古温度,结合古地温和沉积埋藏演化史^[7],就可以确定包裹体形成时的埋藏深度和对应的地质时代,运用流体包裹体方法间接确定各期油气的成藏时期。

从桥古1井和沙15的埋藏史曲线及雅克拉断凸白云岩储层“六史”综合演化来看(图6),两者的埋藏沉降差异较小,中西段沙15井和桥古1井加里东晚期—海西早期经过短暂抬升,进入海西中晚期逐渐深埋,但雅克拉地区可能未达到生烃门限,南部哈拉哈塘寒武—奥陶系烃源岩埋深大,进入早成熟阶段并大约在志留系沉积时期开始生油,油气可以向北运移至雅克拉断凸中西部成藏。早期生成的海相油在海西晚期—燕山早期由于构造抬升被破坏而形成了沥青和多与其共生的包裹体,均一温度峰值90~100℃,油包裹体主要沿表生岩溶晶洞和沿裂缝发育。第1期油气充注后桥古1井抬升可能

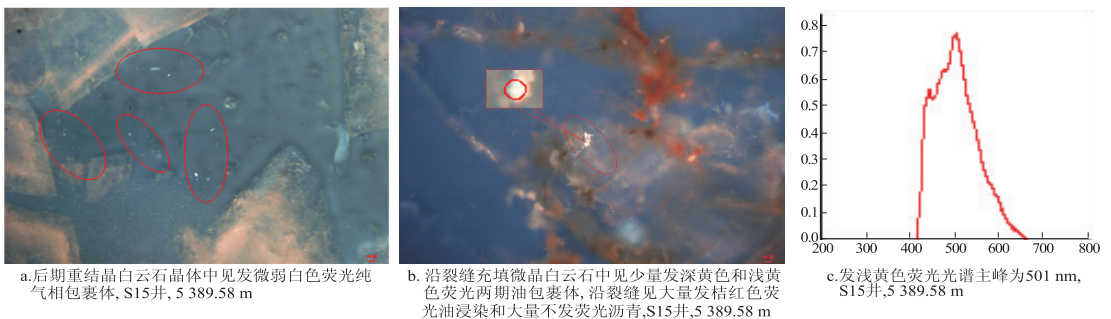


图5 沙15井白云岩储层流体包裹体成分

据陈红汉,2005。

Fig. 5 Composition of fluid inclusions in dolomite reservoirs, well Sha15

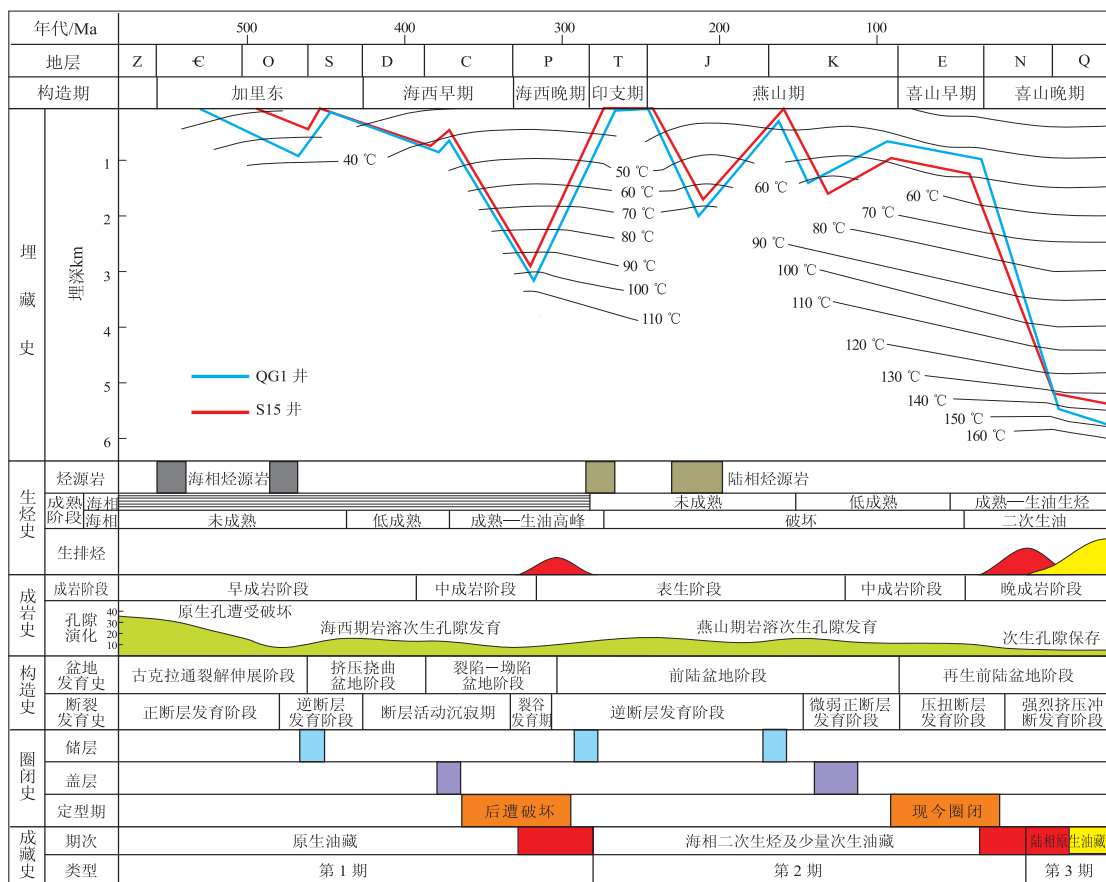


图6 雅克拉断凸带前中生界白云岩储层“六史”综合演化示意

Fig.6 Schematic diagram of “six histories” comprehensive evolution in pre-Mesozoic dolomite reservoirs of Yakela Fault Arch

较沙 15 井更为强烈,其残余沥青层段在后期可能被剥蚀,致使在桥古 1 井岩心和薄片中没有见到沥青残余。

喜山期特别是喜山晚期以来快速深埋,断凸及周缘寒武—奥陶系烃源岩进入中成熟—晚成熟阶段,开始大量生气并少量生油,对应均一温度峰值 120 ~ 130 °C,包裹体主要沿晶间和裂缝中充填的白云石、石英的微裂隙发育,为油包裹体和大量含烃盐水包裹体共生,桥古 1 井和沙 15 井开始第 2 次油气充注。后期北部三叠系—侏罗系陆相烃源岩大约在吉迪克组沉积期开始大量生气,并逐渐有少量混入南部的沙 15 井,造成雅克拉气田古生界天然气具有海相为主、陆源混入的特征。

4 结论

1) 雅克拉断凸桥古 1 井和沙 15 井前中生界白云岩储层共捕获了 3 类包裹体:含烃盐水包裹体、盐水包裹体和油包裹体,宿主矿物为晶洞和裂缝中充填的白云石和石英、以及结晶的白云石,含烃盐水包裹体是主要的类型。

2) 桥古 1 井流体包裹体温度从 102 ~ 166.5 °C

均有烃类活动,与其烃类包裹体同期的盐水包裹体均一温度分布表现出明显的双峰分布的特征,代表至少存在 2 期油气充注,其中第 1 期油气充注以气为主,温度范围为 105.1 ~ 129 °C,第 2 期油气充注油气兼有,温度范围为 136.2 ~ 154.9 °C。

3) 沙 15 井白云岩储层流体包裹体均一温度从 83.4 ~ 150.3 °C 有烃类活动,与其烃类包裹体同期的盐水包裹体均一温度分布范围大,连续性好,说明其油气成藏表现出一定的连续性。综合分析认为沙 15 井前中生界白云岩有 3 期油气充注,其中第 1 期以低成熟海相油充注为主,后期抬升遭受破坏而形成广泛见到的沥青,第 2 期温度范围为 84.1 ~ 108 °C,第 3 期温度范围为 111 ~ 150.7 °C,第 2 期和第 3 期油气充注均以气为主。

4) 利用包裹体测试资料,结合埋藏史曲线及“六史”演化特征,认为雅克拉断凸西段和中段均有海西晚期、早喜山晚期、晚喜山晚期 3 期油气充注,其中第 1 期以南部海相生油为主,后期多遭受破坏残留沥青;第 2 期以海相二次生烃及次生调整为主;第 3 期为北部陆相生气混入。

(下转第 11 页)

中所含轻质馏分越多,则蜡的结晶温度就降低,即蜡不易析出,保持溶解状态的蜡量就越多^[4]。顺 9 井正式投产后根据对其取样检测,初馏点为 132℃,总馏量为 21.5 mL,综合上面分析表明其存在结蜡伤害可能性大。

在开采开发过程中随着井下温度场变化,易造成储层胶质沥青质类物质不可逆析出,产生冷冻伤害,从而造成储层含水饱和度上升,油水共渗区间减少,最终影响油井采收率。

4 结论与建议

1) 依据岩石学、孔隙结构特征、胶结物特征以及以往其它中低渗储层敏感性实验来看,该储层可能具有中等偏强的酸敏、应力敏,水敏、碱敏可能会较弱。至于速敏,由于影响因素较多,仅从储层速敏性矿物看,一般不会太严重。

2) 该储层流体属于较强敏感性流体,在开采开发时易产生结垢、结蜡、乳化等,从而对本身就属于特低孔超低渗储层造成不可恢复的更大伤害。

3) 根据压汞、扫描电镜、物性检测以及薄片资料分析,该储层存在较为强烈的压实作用,因此研究段储层有非常强烈的毛管力作用,存在水锁伤害可能性较大。

4) 进行储层改造时应先进行储层配伍性实验论证工作,同时应注意防止因酸化造成颗粒运移而产生的伤害;如果储层要进行注水开发,应严格控制水质和注入速度,粒径中值应不大于 0.05 μm。

致谢:本文得到了实验室领导和同事的悉心指导和帮助,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 张绍槐,罗平亚. 保护储集层技术[M]. 北京:石油工业出版社,1993.
- [2] 马冬晨. 塔河油田 3 区石炭系砂岩储层酸敏性分析[J]. 特种油气藏,2004(1):86-88.
- [3] 王瑞飞,孙卫. 特低渗透砂岩微观模型水驱油实验影响驱油效率因素[J]. 石油实验地质,2010,32(1):93-97.
- [4] 陈大钧. 油气田应用化学[M]. 北京:石油工业出版社,2006.

(编辑 叶德燎)

(上接第 6 页)

参考文献:

- [1] 马安来,张水昌,张大江,等. 油气成藏期研究新进展[J]. 石油与天然气地质,2005,26(3):271-276.
- [2] 王飞宇,金之钧,吕修祥,等. 含油气盆地成藏期分析理论和新方法[J]. 地球科学进展,2002,17(5):754-762.
- [3] 高岗,黄志龙. 油气成藏期研究进展[J]. 天然气地球科学,2007,18(5):661-666.
- [4] 赵力彬,黄志龙,高岗,等. 关于用包裹体研究油气成藏期次

问题的探讨[J]. 油气地质与采收率,2005,12(6):6-9.

- [5] 赵文智,胡素云,汪泽成,等. 鄂尔多斯盆地基底断裂在上三叠统延长组石油聚集的控制作用[J]. 石油勘探与开发,2003,30(5):1-5.
- [6] 贾存善,黄继文,王杰,等. 沙雅隆起油气成因与运移方向研究[R]. 无锡:中国石化无锡石油地质研究所.
- [7] 傅强,凌支虎. 塔里木雅克拉断凸沉积埋藏史籍成藏模式[J]. 成都理工学院学报,1996,23(2):74-79.

(编辑 叶德燎)