

文章编号:0253-9985(2011)05-651-08

塔中26-24井区良里塔格组储层烃包裹体特征及成藏期次

邢永亮¹, 张 鼎², 张宝收³, 赵瑞华¹, 陈延贵³, 杨晓光¹

(1. 中国地质大学 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083;

2. 中国石油勘探开发研究院 提高石油采收率国家重点实验室, 北京 100083;

3. 中国石油 塔里木油田分公司 勘探开发研究院, 新疆 库尔勒 841000)

摘要:塔中26-24井区奥陶系良里塔格组碳酸盐岩储层发育丰富的烃包裹体。通过对烃包裹体的赋存位置、生长关系、烃包裹体特征和烃包裹体及其伴生盐水包裹体的显微测温分析,认为塔中26-24井区存在I, II, III 3期烃包裹体。第I期烃包裹体(I:OL+OLG)以浅褐色、无色液烃包裹体为主,在紫外光下发中等强度的黄白-黄色荧光。第II期烃包裹体(II:OLG+OG)多为无色、极浅褐色的气、液两相烃包裹体,在紫外光下气、液两相烃包裹体发强的蓝白色-蓝色荧光。第III期烃包裹体(III:OLG+OG+OA)多为浅褐色、褐色、深褐色的气、液两相烃包裹体,在紫外光下发强的黄-黄褐色荧光。其形成温度范围分别集中在80~90, 90~100和97~110℃。结合本区地质背景,认为塔中26-24井区油气藏存在3个成藏期,即晚海西期中质油成藏、早喜马拉雅期轻质-凝析油气成藏和晚喜马拉雅期高成熟油。

关键词:烃包裹体;盐水包裹体;成藏期次;良里塔格组;塔中地区

中图分类号:TE121.1

文献标识码:A

Characteristics of hydrocarbon inclusions and the timing of the hydrocarbon accumulation in the Lianglitage Fm in Tazhong26-24 wellblock

Xing Yongliang¹, Zhang Nai², Zhang Baoshou³, Zhao Ruihua¹, Chen Yanguai³ and Yang Xiaoguang¹

(1. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. State Key Laboratory of Enhanced Oil Recovery, RIPED of PetroChina, Beijing 100083, China;

3. Research Institute of Exploration and Development, PetroChina Tarim Oilfield Company, Korla, Xinjiang 841000, China)

Abstract: Carbonate reservoirs of the Ordovician Lianglitage Formation in Tazhong26-24 wellblock are abundant in hydrocarbon inclusions. Three stages of hydrocarbon inclusions, including I, II and III, are identified in the study area through analyses of occurrence, growth relationship and characteristics of the hydrocarbon inclusions, as well as microthermometric analysis of hydrocarbon inclusions and their coexisting aqueous inclusions. The stage I inclusions (I:OL+OLG) are dominated by light brown and colorless liquid hydrocarbon inclusions which exhibit moderate yellow to yellowish-white fluorescence under the UV-light. The stage II inclusions (II:OLG+OG) are mainly colorless and extremely light brown oil & gas inclusions with strong blue white to blue fluorescence under the UV-light. The stage III inclusions (III:OLG+OG+OA) are mainly light brown, brown and deep brown oil & gas hydrocarbon inclusions which are characterized by strong yellow to tan-colored fluorescence under the UV-light. Moreover, they were formed within temperature ranges of 80~90℃, 90~100℃ and 97~110℃ respectively. Finally, in combination with the geological background of the study area, we believe that there are three accumulation periods in the Lianglitage Formation of Tazhong26-24 wellblock: intermedium hy-

收稿日期:2010-09-25;修订日期:2011-08-20。

第一作者简介:邢永亮(1984—),男,硕士研究生,矿床流体包裹体。

drocarbon accumulation in the Late Hercynian period, light oil-condensates accumulation in the Early Himalayan period and highly mature hydrocarbon accumulation in the Late Himalayan period.

Key words: hydrocarbon inclusion, aqueous inclusion, hydrocarbon accumulation timing, Lianglitage Formation, Tazhong area

流体包裹体是指成岩成矿流体(含气液的流体)在矿物结晶生长过程中被包裹在矿物晶格缺陷或穴窝中、至今尚在主矿物中封存并与主矿物有着相界限的那一部分物质^[1]。烃包裹体是一种特殊的流体包裹体。目前烃包裹体研究已经被广泛的用于解决油气成藏机理等方面的问题^[2-4]。流体包裹体的岩相学、显微测温、包裹体成分等方面的分析研究,在解决油气运移(充注)期次、油气藏形成时间、油源对比等方面中发挥着重要作用^[5-14]。塔中Ⅰ号坡折带奥陶系良里塔格组(O_3l)碳酸盐岩储层是塔里木盆地海相油气藏的重点勘探层系之一。前人对该区良里塔格组(O_3l)油气藏做过很多研究,但对于油气藏的油气来源、成藏期次等问题还存在一定的争议。赵宗举等^[15]通过圈闭发育史、生烃史等的研究认为存在晚加里东期、晚海西期和燕山—喜马拉雅期3期成藏,晚海西期为主成藏期。韩剑发^[16]、陈利新^[17]等通过包裹体的研究认为存在晚加里东期、晚海西期和喜马拉雅期3期成藏,喜马拉雅期为主成藏期。本

文通过对塔中26-24井区良里塔格组储层流体包裹体进行岩相学、显微测温学等方面的研究,并结合地区埋藏演化史和烃源岩演化史探讨塔中26-24井区良里塔格组油气成藏期次。

1 地质背景

塔中26-24井区位于塔里木盆地塔中低凸起北部斜坡带的北部边缘,塔中Ⅰ号坡折带东段(图1)。储层为上奥陶统良里塔格组,主要为良二段(O_3l^2)礁滩体,岩性以颗粒灰岩、生物粘结岩和生物骨架礁灰岩为主,含少量泥晶灰岩。储集空间主要为粒间和粒内溶孔、溶洞和裂缝。储集类型可分为裂缝型和裂缝孔洞型^[18]。盖层为上奥陶统桑塔木组,岩性以深灰色泥岩、钙质泥岩为主,夹少量粉砂岩、灰岩薄层,厚度约600 m。塔中26-24井区奥陶系良里塔格组油气藏为带斑状油的层状岩性凝析气藏。其天然气为湿气,原油为低密度、低粘度、低硫、中低蜡的凝析油。

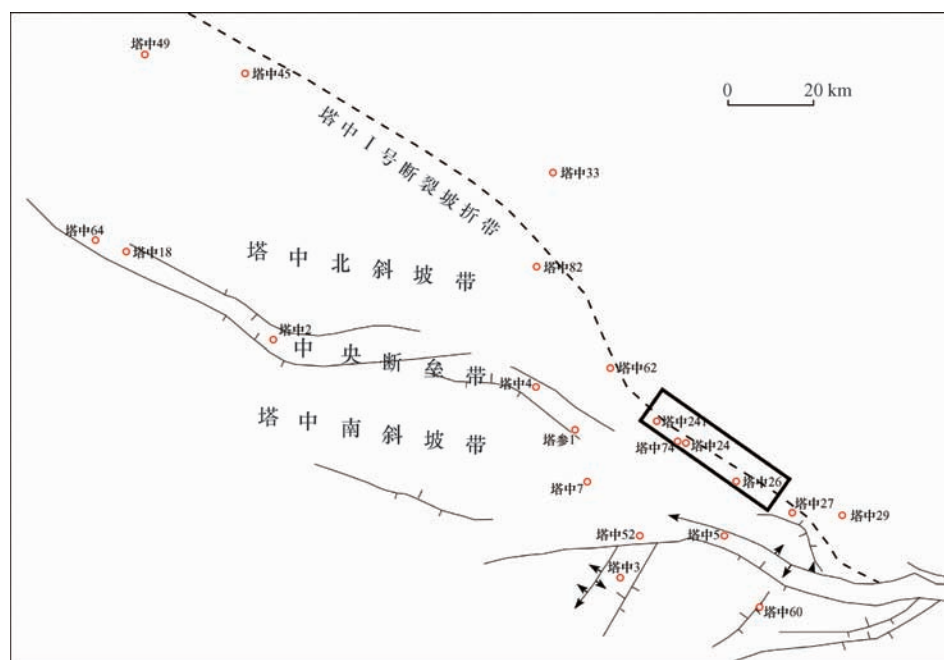


图1 塔中26-24井区构造位置

Fig. 1 Location of Tazhong26-24 wellblock

2 储层烃包裹体特征

本次研究中采集了塔中26井和塔中24井的良里塔格组二段共23块岩心样品,样品主要是坡折带边缘礁滩体的颗粒灰岩。通过对23块样品薄片进行系统的镜下观察、描述,选择其中8块具有代表性的样品进行了系统的显微温度测试。

显微测温工作是在中国石油勘探开发研究院成藏年代学重点实验室完成的,显微测温使用的是

Linkham THMS 600 冷热台,测温范围为 $-196 \sim 600^{\circ}\text{C}$,均一温度数据精度为 1°C ,冰点温度数据精度为 0.2°C 。

2.1 岩石学特征

烃包裹体期次的划分是烃包裹体研究的基础。同一期的烃包裹体可能包含不同类型的烃包裹体,划分烃包裹体期次时不能仅根据烃包裹体的类型进行期次的划分,而要根据烃包裹体的赋存位置、生长关系、烃包裹体特征等多方面的信息^[3, 19-20]。塔中26-24井区奥陶系良里塔格组

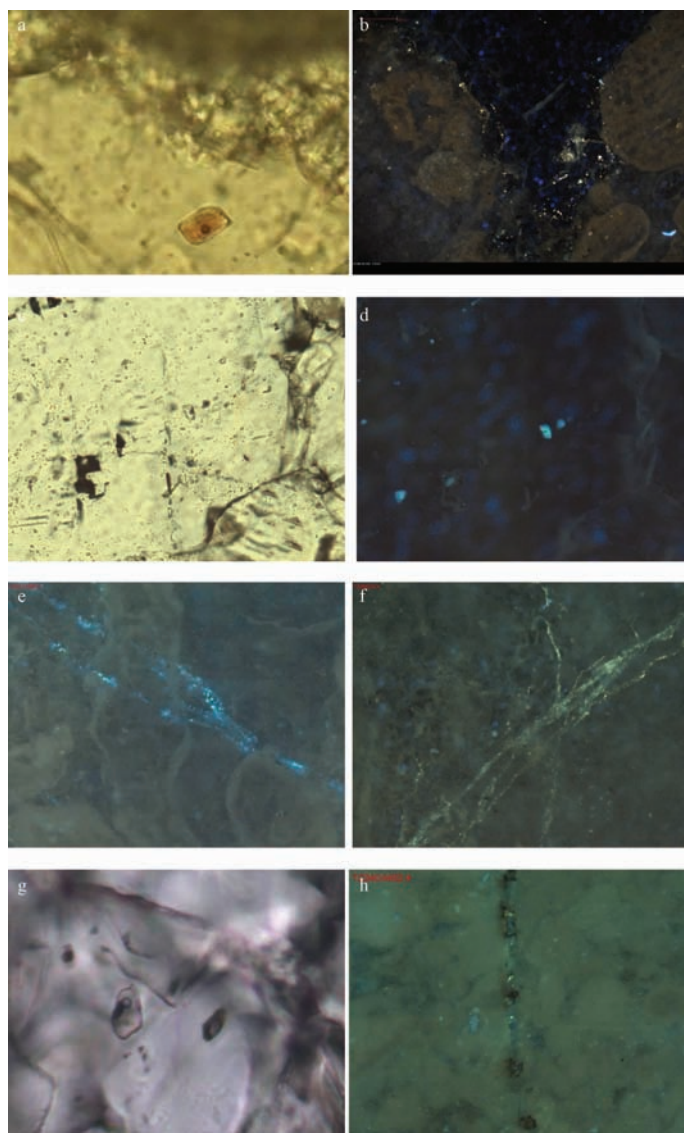


图2 塔中26-24井典型烃包裹体显微照片

Fig. 2 Micrograph of typical hydrocarbon inclusions in the Tazhong26-24 wellblock

- a. 第Ⅰ期烃包裹体,单偏镜下;b. 第Ⅰ期烃包裹体,紫外光下;c. 第Ⅱ期烃包裹体,单偏镜下;d. 第Ⅱ期烃包裹体,紫外光下;
e. 第Ⅱ期烃包裹体,紫外光下;f. 第Ⅲ期烃包裹体,紫外光下;g. 第Ⅲ期烃包裹体,单偏镜下;h. 第Ⅲ期烃包裹体,紫外光下

二段储层发育丰富的烃包裹体,综合烃包裹体的赋存位置、生长关系、烃包裹体特征将烃包裹体分为3期。

第Ⅰ期烃包裹体(Ⅰ:OL+OLG):以浅褐色、无色液烃包裹体为主(图2a),个别为浅褐色的气、液两相烃包裹体。形状不规则,大小不一,大部分在 $5\sim 20\ \mu\text{m}$,气、液比较小。在紫外光下发中等强度的黄白-黄色荧光(图2b),说明为中质油包裹体。本期烃包裹体呈团块状或群体定向分布在早期溶孔(图2b)、方解石脉的早世代方解石胶结物中,或缝合线附近的方解石团块中,说明形成时间较早,应该与早期方解石胶结物同期。第Ⅰ期烃包裹体的含量较低,可能是因为形成本期烃包裹体时油气充注较少。

第Ⅱ期烃包裹体(Ⅱ:OLG+OG):多为无色、极浅褐色的气、液两相烃包裹体(图2c),常有黑色的气态烃包裹体共生,形状多为椭圆形,大小不一,主要为 $2\sim 15\ \mu\text{m}$,气、液变化较大。在紫外光下气、液两相烃包裹体发强的蓝白色-蓝色荧光(图2d,e),气态烃包裹体发极弱的黄色荧光或不发荧光,说明为凝析油包裹体。本期烃包裹体呈串珠状次生在穿过晚期方解石胶结物的愈合缝中(图2e),尤其在缝合线和微裂缝附近分布较集中,个别零星状分布在水平的方解石脉中,说明形成时间晚于晚期的方解石胶结物。第Ⅱ期烃包裹体在塔中26-24井区中含量较高,粒间孔隙中存在与这一期烃包裹体同期的发蓝白色荧光的沥青。塔中26-24井区为凝析油气藏,说明第Ⅱ期烃包裹体形成时的油气对塔中26-24井区现代油气藏有重要贡献。

第Ⅲ期烃包裹体(Ⅲ:OLG+OG+OA):多为浅褐色、褐色、深褐色的气、液两相烃包裹体(图2f),常伴生黑色气态烃包裹体和半开放褐色沥青包裹体,形状不规则,大小不一,主要为 $2\sim 10\ \mu\text{m}$,气、液比变化较大。在紫外光下发强的黄-黄褐色荧光(图2g,h),说明为高成熟油气包裹体。本期烃包裹体主要呈群体状分布在晚期的半充填方解石脉中(图2h),或分布在裂缝附近的愈合缝中(图2g),说明形成时间较晚。第Ⅲ期烃包裹体中部常见含固体沥青的三相烃包裹体(图2f),升温 280°C 也未见三相组分均一。第Ⅲ期烃包裹体形成较晚,油气充注后被包裹在矿物中没有经过大的地质温度变化,说明本期烃

包裹体可能是两种油气形成不混溶多相烃包裹体。第Ⅲ期烃包裹体含量较多,而且形成时间较晚,形成本期烃包裹体时的油气可能对现在油气藏有重要影响。

2.2 烃包裹体均一温度及其伴生盐水包裹体均一温度和冰点温度特征

烃包裹体及其伴生盐水包裹体均一温度代表它们最小的捕获温度,理论上它们捕获温度可以通过 Roedder^[21]提出的不互溶的两相共存流体等容线相交的方法来估算。但烃包裹体的等容线不易确定,因此采用该方法对于烃包裹体及其伴生盐水包裹体的捕获温度和压力进行估算存在一定的困难。当盐水包裹体中含甲烷接近或达到饱和时,盐水包裹体的均一温度接近或等于盐水包裹体的捕获温度^[22-23]。在油气的运移路径上与油气接触的孔隙水中油气(含甲烷)的浓度会达到饱和状态^[24],与烃包裹体伴生的盐水包裹中的流体显然属于上述情况,因此与烃包裹体伴生的盐水包裹体的均一温度可以代表烃包裹体和其伴生盐水包裹体的捕获温度。与烃包裹体伴生的盐水包裹体的冰点温度与盐水包裹体的成分有关,一定程度上可以反映当时流体盐度的变化,冰点温度与流体盐度呈反比。

2.2.1 烃包裹体均一温度

8块典型样品的烃包裹体显微测温结果显示3期烃包裹体均一温度具有不同的特征。第Ⅰ期烃包裹体(图3a)的均一温度范围为 $62\sim 83^\circ\text{C}$,主要集中在 $72\sim 80^\circ\text{C}$ 之间。第Ⅱ期烃包裹体(图3b)均一温度范围为 $67\sim 94^\circ\text{C}$,主要集中在 $80\sim 90^\circ\text{C}$ 之间。第Ⅲ期烃包裹体(图3c)均一温度的范围较大从 $74\sim 103^\circ\text{C}$,主要集中在 $90\sim 100^\circ\text{C}$ 之间。

2.2.2 伴生盐水包裹体均一温度和冰点温度

8块典型样品中烃包裹体的伴生盐水包裹体的均一温度、冰点温度测试结果显示,3期烃包裹体的伴生盐水包裹体均一温度(图4)冰点温度各具特征。第Ⅰ期烃包裹体伴生盐水包裹体的均一温度范围为 $87\sim 99^\circ\text{C}$,主要集中在 $87\sim 90^\circ\text{C}$ 之间,冰点温度为 $-7.0\sim -1.9^\circ\text{C}$ 。第Ⅱ期烃包裹体伴生盐水包裹体的均一温度范围为 $86\sim 109^\circ\text{C}$,主要集中在 $90\sim 100^\circ\text{C}$ 之间,冰点温度为 $-5.7\sim -2.2^\circ\text{C}$ 。

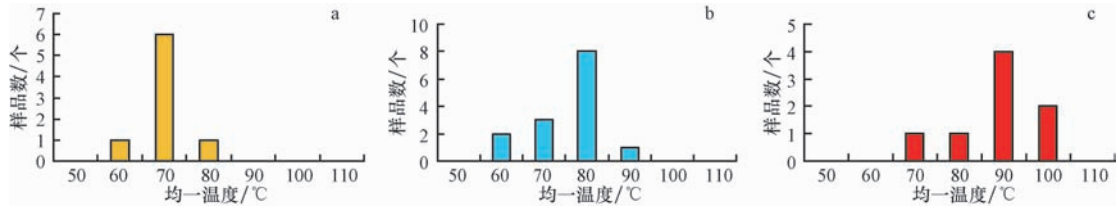


图3 塔中26-24井烃包裹体均一温度直方图

Fig. 3 Histograms of homogenization temperature of hydrocarbon inclusions in Tazhong26-24 wellblock

a. 第Ⅰ期烃包裹体; b. 第Ⅱ期烃包裹体; c. 第Ⅲ期烃包裹体

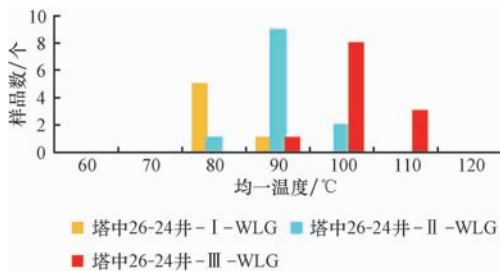


图4 塔中26-24井区各期烃包裹体伴生盐水包裹体均一温度直方图

Fig. 4 Histograms of homogenization temperature of the coexisting aqueous inclusions in Tazhong26-24 wellblock

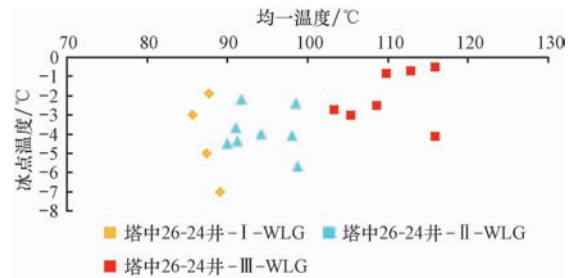


图5 塔中26-24井区各期烃包裹体伴生盐水包裹体均一温度、冰点温度

Fig. 5 Homogenization temperature vs freezing temperature for the coexisting aqueous inclusions in Tazhong26-24 wellblock

第Ⅲ期烃包裹体伴生盐水包裹体的均一温度范围为90~116℃,主要集中在97~110℃之间,冰点温度为-3.0~-0.5℃。烃包裹体伴生盐水包裹体的均一温度和冰点温度(图5)显示第Ⅰ期烃包裹体的伴生盐水包裹体具有低温度的特征;第Ⅱ期烃包裹体的伴生盐水包裹体具有中等温度、中等盐度的特征;第Ⅲ期烃包裹体的伴生盐水包裹体具有高温、低盐度特征,且第Ⅲ期烃包裹体的伴生盐水包裹体的盐度有随着温度的上升而降低的趋势。

以上分析说明塔中26-24井区良里塔格组储层发育3期烃包裹体。第Ⅰ期烃包裹体为中质油包裹体,形成于低温的环境中;第Ⅱ期烃包裹体为凝析油包裹体,形成于中等温度、中等盐度的环境中;第Ⅲ期烃包裹体为高成熟油包裹体,形成于高温低盐度的环境中,且随着温度的升高,盐度降低。

3 成藏期次及时间

塔里木盆地塔中26-82井区可能存在贡献的烃源岩有3套^[25-26]:1)分布在塔中和满加尔凹陷中西部的下奥陶统一寒武统烃源岩;2)分布

在塔中和满加尔凹陷中西部中、上奥陶统烃源岩,相当于萨尔干组;3)分布在塔中低凸起的上奥陶统良里塔格组烃源岩。

王飞宇^[27]、赵孟军^[26]和赵宗举^[25,28]等对于烃源岩的热演化史分别做过模拟,得到烃源岩演化史如下:中、下寒武系烃源岩在晚加里东一早海西期已达到生油高峰期,到志留纪末,仅塔中低凸起、塔北隆起和阿瓦提凹陷的部分地区烃源岩还处于生油高峰期前后;晚海西期塔中低凸起、塔北隆起等满加尔中西部地区的烃源岩达到凝析油气和湿气演化阶段;喜马拉雅期以来仅塔中低凸起、塔北隆起等满加尔中西部地区的烃源岩处于凝析油气-湿气演化阶段,其他地区的烃源岩已进入干气演化阶段。满加尔中西部地区中、上奥陶统烃源岩在晚海西期进入生油高峰期,喜马拉雅期以来进入凝析油气和湿气演化阶段。塔中低凸起地区上奥陶统烃源岩在喜马拉雅期进入生油高峰期。

通过对烃包裹体特征的分析,认为塔中26-24井区良里塔格组3期烃包裹体分别代表3个油气成藏期次。油气藏形成的时间可以根据烃包裹体及其伴生盐水包裹体的捕获温度,结合古地温模式、储层发育史和烃源岩演化史来确定。塔中地区自古生代以来古地温总体呈下降趋势(表

1)^[29]。根据塔中地区表1中的古地温梯度和塔中26-24井区良里塔格组二段埋藏史,用各期烃包裹体伴生盐水包裹体的均一温度代替捕获温度,结合烃源岩演化史认为塔中26-24井区良里塔格组储层存在的3期油气成藏(图6)分别是晚海西期、早喜马拉雅期和晚喜马拉雅期。

晚海西期,满加尔凹陷的中、上奥陶统烃源岩进入高峰生油期,大量生油。生成的成熟油气沿塔中I号断裂充注到良里塔格组储层中,形成第I期的中质油包裹体,充注时储层温度范围集中在80~90℃。赵宗举等^[25,28,30]通过石油地质等方面的研究,也认为海西期的油气主要来源于中、上奥陶统烃源岩。晚海西期后,塔中地区构造运动较弱,虽然有抬升,但起伏不大,以逐渐下降为主,有利于本期形成油气的保存。

早喜马拉雅期,塔中、下部的下奥陶统一寒武系烃源岩达到高成熟阶段,大量排气。早喜马拉雅期末的构造运动使生成的凝析油气沿断裂充注到良里塔格组储层中,形成第II期的凝析油包裹

体,充注时储层温度范围集中在90~100℃。该期油气为凝析油气,与现在油气藏性质相似,说明该期油气藏对现代油气藏贡献最大。韩剑发、陈利新^[17]等通过对现在凝析油的地球化学和天然气的同位素等方面的研究,也认为喜马拉雅期的油气主要来源于下奥陶统一寒武系烃源岩或者其形成的古油藏。

晚喜马拉雅期,塔中地区上奥陶统烃源岩进入生油高峰期,大量生油。生成的成熟油气充注到良里塔格组储层中,形成第III期高成熟油气包裹体,充注时储层温度范围集中在100~110℃。第III期烃包裹体中的含沥青包裹体可能是晚喜马拉雅期进入储层的成熟油气与储层中已存在的凝析油气不混溶形成的。该期油气充注时间最晚,对现代油气藏应该有一定的影响。

塔中26-24井区未发现在塔中地区普遍存在的晚加里东期成藏证据,可能是因为晚加里东期,塔中I号坡折带为西高东低的格局,油气充注到西部的构造高点,未在东部充注。

表1 塔中地区地质历史时期地温梯度^[29]

Table1 Paleo-geothermal gradient in Tazhong area

地质时期	奥陶纪末	志留纪—泥盆纪	石炭纪—二叠纪末	三叠纪—侏罗纪末	白垩纪末	古近纪	新近纪	现在
地温梯度/(℃·km ⁻¹)	35	29	31	31	30	26	25	22

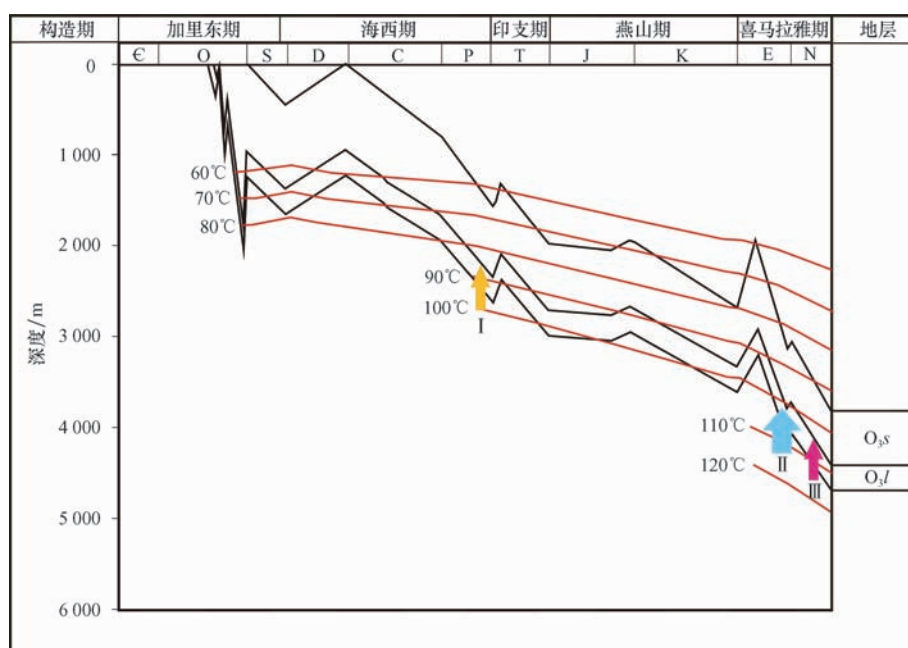


图6 塔中24井良里塔格组成藏史

Fig.6 Hydrocarbon accumulation history of the Lianglitage Formation in well Tazhong-24

4 结论

塔中26-24井区良里塔格组储层发育3期烃包裹体。第Ⅰ期烃包裹体为中质油包裹体,形成温度集中在80~90℃;第Ⅱ期烃包裹体为凝析油包裹体,形成温度集中在90~100℃;第Ⅲ期烃包裹体为高成熟油包裹体,温度集中在100~110℃。

塔中26-24井区良里塔格组油气藏有3期成藏。晚海西期满加尔凹陷中、上奥陶统烃源岩生成的正常油气充注、早喜马拉雅期下奥陶统一寒武系烃源岩或古油藏裂解形成的凝析油气充注和晚喜马拉雅期塔中地区上奥陶统烃源岩生成的高成熟油气充注。

参 考 文 献

- [1] 卢焕章,范宏瑞,倪培,等.流体包裹体[M].北京:科学出版社,2004:20-21.
Lu Huanzhang, Fang Hongrui, Ni Pei, et al. Fluid inclusion [M]. Beijing: Science Press, 2004: 20-21.
- [2] 欧光习,李林强,孙玉梅.沉积盆地流体包裹体研究的理论与实践[J].矿物岩石地球化学通报,2006,25(1):1-11.
Ou Guangxi, Li Linqiang, Sun Yumei. Theory and application of the fluid inclusion research on the sedimentary basins[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2006, 25(1): 1-11.
- [3] Munz I A. Petroleum inclusions in sedimentary basins: systematics, analytical methods and applications[J]. Lithos, 2001, 55(1-4): 195-212.
- [4] 刘德汉,卢焕章,肖贤明,等.油气包裹体及其在石油勘探开发中的应用[M].广东广州:广州科技出版社,2007.
Liu Denghan, Lu Huanzhang, Xiao Xianming. Hydrocarbon inclusions and their application to Petroleum exploration and exploitation[M]. Guangdong Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2007.
- [5] 侯建国,任丽华,董春梅.有机包裹体技术在油气运移与聚集中的应用研究[J].石油实验地质,2005,27(4):409-413.
Hou Jianguo, Ren Lihua, Dong Chunmei. Application of organic inclusions technology to the study of oil-gas migration and accumulation[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2005, 27(4): 409-413.
- [6] 刘超英,周瑶琪,杜玉民,等.有机包裹体在油气运移成藏研究中的应用及存在问题[J].西安石油大学学报(自然科学版),2007,22(1):29-32.
Liu Chaoying, Zhou Yaoqi, Du Yumin, et al. Application of fluid inclusions in the study on hydrocarbon migration and accumulation and some problems worthy to be discussed[J]. Journal of Xi'an Shiyou University(Natural Science Edition), 2007, 22(1): 29-32.
- [7] George S, Lisk M, Eadington P. 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.
- [8] George S C. Geochemical analysis techniques and geological applications of oil-bearing fluid inclusions, with some Australian case studies[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2007(57): 119-138.
- [9] Volk H, George S, Middleton H, et al. Geochemical comparison of fluid inclusion and present-day oil accumulations in the Papuan Foreland-Evidence for previously unrecognised petroleum source rocks[J]. Organic Geochemistry, 2005, 36(1): 29-51.
- [10] George S, Krieger F, Eadington P, et al. Geochemical comparison of oil-bearing fluid inclusions and produced oil from the Toro sandstone, Papua New Guinea[J]. Organic Geochemistry, 1997, 26(3-4): 155-173.
- [11] 刘小洪,冯明友,罗静兰,等.鄂尔多斯盆地乌审召地区盒8、山1段储层流体包裹体特征及其意义[J].石油与天然气地质,2010,31(3):360-366.
Liu Xiaohong, Feng Minyou, Luo Jinglan, et al. Characteristics of fluid inclusions in reservoirs in the eighth member of the Shihezi Formation and the first member of the Shanxi Formation in Uxin Ju area, the Ordos Basin and their significance[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(3): 360-366.
- [12] 吕海涛,陈红汉,唐大卿,等.塔河地区三叠系油气充注幕次划分与成藏时期确定[J].石油与天然气地质,2009,30(3):300-309.
Lü Haitao, Chen Honghan, Tang Daqing, et al. Determination of hydrocarbon charging events and timing of accumulation in the Triassic of Tahe area, the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(3): 300-309.
- [13] 邓津辉,黄晓波,李慧勇,等.辽东湾海域JZ25地区流体包裹体与油气运移[J].石油与天然气地质,2009,30(4):420-424.
Deng Jinhui, Huang Xiaobo, Li Huiyong, et al. An analysis on fluid inclusions and hydrocarbon migration in JZ 25 area of Liaodong Bay waters[J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(4): 420-424.
- [14] 张鼎,赵瑞华,张蒂嘉,等.塔中Ⅰ号带奥陶系烃包裹体荧光特征与成藏期[J].石油与天然气地质,2010,31(1):63-68.
Zhang Nai, Zhao Ruihua, Zhang Dijia, et al. Fluorescence characteristics of the Ordovician hydrocarbon inclusions in the Tazhong-Ⅰ slope-break zone and the timing of hydrocarbon ac-

- cumulation[J]. *Oil & Gas Geology*, 2010, 31(1): 63–68.
- [15] 赵宗举, 李宇平, 吴兴宁, 等. 塔里木盆地塔中地区奥陶系特大型岩性油气藏成藏条件及勘探潜力[J]. *海相油气地质*, 2004, 9(5): 12–20.
- Zhao Zongju, Li Yuping, Wu Xingning, et al. Conditions for migration and accumulation of Ordovician giant lithologic oil and gas reservoirs in Tazhong region and exploration potential [J]. *Marine Origin Petroleum Geology*, 2004, 9(5): 12–420.
- [16] 韩剑发, 梅廉夫, 杨海军, 等. I号坡折带礁滩复合体大型凝析气田成藏机制[J]. *新疆石油地质*, 2008, 29(3): 323–326.
- Han Jianfa, Mei Lianfu, Yang Haijun, et al. Hydrocarbon accumulation mechanism of large-sized reef-shoal complex condensate gas field in Tazhong No. 1 Slope-Break Zone, Tarim Basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2008, 29(3): 323–326.
- [17] 陈利新, 杨海军, 邬光辉, 等. 塔中I号坡折带奥陶系礁滩体油气藏的成藏特点[J]. *新疆石油地质*, 2008, 29(3): 327–330.
- Chen Lixin, Yang Haijun, Wu Guanghui, et al. Characteristics of the Ordovician Reef-Shoal Reservoir in Tazhong No. 1 Slope-Break Zone, Tarim Basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2008, 29(3): 327–330.
- [18] 王招明, 赵宽志, 邬光辉, 等. 塔中I号坡折带上奥陶统礁滩型储层发育特征及其主控因素[J]. *石油与天然气地质*, 2007, 28(6): 797–801.
- Wang Zhaoming, Zhao Kuanzhi, Wu Guanghui, et al. Characteristics and main controlling factors of Upper Ordovician reef-bank reservoir development in the Tazhong I slope-break zone [J]. *Oil & Gas Geology*, 2007, 28(6): 797–801.
- [19] Goldstein R. Fluid inclusions in sedimentary and diagenetic systems[J]. *Lithos*, 2001, 55(1–4): 159–193.
- [20] 张鼎, 邢永亮, 曾云, 等. 塔东地区寒武系白云岩的流体包裹体特征及生烃期次研究[J]. *石油学报*, 2009, 30(5): 692–697.
- Zhang Nai, Xing Yongliang, Zeng Yun, et al. Characteristics of fluid inclusions of Cambrian dolomite and hydrocarbon-generation history in the Eastern Tarim Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2009, 30(5): 692–697.
- [21] Roedder E, Bodnar R. Geologic pressure determinations from fluid inclusion studies[J]. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 1980, 8(1): 263–301.
- [22] Hanor J. Dissolved methane in sedimentary brines; potential effect on the PVT properties of fluid inclusions[J]. *Economic Geology*, 1980, 75(4): 603–617.
- [23] Jacques P. Fluid inclusion in petroleum environments; analytical procedure for PTX reconstruction[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2004, 20(6): 1333–1342.
- [24] Mcauliffe C D. Oil and gas migration-chemical and physical constraints[J]. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 1979, 63: 761–781.
- [25] 赵孟军, 王招明, 潘文庆, 等. 塔里木盆地满加尔凹陷下古生界烃源岩的再认识[J]. *石油勘探与开发*, 2008, 35(4): 417–423.
- Zhao Mengjun, Wang Zhaoming, Pan Wenqing, et al. Lower Palaeozoic source rocks in Manjiaer Sag, Tarim Basin[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2008, 35(4): 417–423.
- [26] 王飞宇, 张水昌, 张宝民, 等. 塔里木盆地寒武系海相烃源岩有机成熟度及演化史[J]. *地球化学*, 2003, 32(5): 461–468.
- Wang Feiyu, Zhang Shuihang, Zhang Baomin, et al. Maturity and its history of Cambrian marine source rocks in the Tarim Basin[J]. *Geochimica*, 2003, 32(5): 461–468.
- [27] 赵宗举, 周新源, 郑兴平, 等. 塔里木盆地主力烃源岩的诸多证据[J]. *石油学报*, 2005, 26(3): 10–15.
- Zhao Zongju, Zhou Xinyuan, Zheng Xingping, et al. Evidences of chief source rock in Tarim Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2005, 26(3): 10–15.
- [28] 邱楠生, 金之钧, 王飞宇. 多期构造演化盆地的复杂地温场对油气生成的影响——以塔里木盆地塔中地区为例[J]. *沉积学报*, 1997, 15(2): 141–144.
- Qiu Nansheng, Ji Zhijun, Wang Feiyu. The effect of the complex geothermal field based on the multi-structure evolution to hydrocarbon generation—a case of Tazhong area in Tarim Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1997, 15(2): 141–144.
- [29] 赵宗举, 贾承造, 周新源, 等. 塔里木盆地塔中地区奥陶系油气成藏主控因素及勘探选区[J]. *石油地质*, 2006, 4(6): 6–15.
- Zhao Zongju, Jia Chengzao, Zhou Xinyuan, et al. Key factors of oil-gas reservoir-forming and exploration targets in Ordovician in Tazhong area, Tarim Basin[J]. *Petroleum Geology*, 2006, 4(6): 6–15.
- [30] 韩剑发, 梅廉夫, 杨海军, 等. 塔里木盆地塔中地区奥陶系碳酸盐岩礁滩复合体油气来源与运聚成藏研究[J]. *天然气地球科学*, 2007, 18(3): 426–435.
- Han Jianfa, Mei Lianfu, Yang Haijun, et al. The study of hydrocarbon origin, transport and accumulation in Tazhong area, Tarim Basin[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2007, 18(3): 426–435.

(编辑 高岩)