

准噶尔盆地中拐地区佳木河组 流体包裹体特征及成藏期次划分

李振华¹, 邱隆伟¹, 孙宝强², 唐勇³, 孔玉华³, 朱士波¹

(1. 中国石油大学(华东)地球科学与技术, 山东 青岛 266580;

2. 黑龙江省大庆市地震局, 黑龙江 大庆 163002;

3. 新疆油田公司勘探开发研究院, 新疆 克拉玛依 834000)

摘要:为确定中拐地区二叠系佳木河组油气藏的充注时间和成藏期次,利用 Linkam THMS 600 型冷热台和 LabRam-010 型激光拉曼光谱仪,采用流体包裹体和拉曼测试技术,对储层沸石和方解石中流体包裹体样品进行测试分析。拉曼测试结果显示,佳木河组中主要存在盐水包裹体、CO₂ 包裹体、低饱和烃包裹体和富含 CH₄ 包裹体 4 种包裹体类型;均一温度和冰点均具有明显的双峰特点,均一温度第 1 峰值为 60~80℃,第 2 峰值为 110~120℃;公式法计算的包裹体盐度主要分布在 0.73%~3.86% 和 5.76%~9.2% 2 个区间,说明至少存在 2 期流体活动。在包裹体测试资料基础上,结合埋藏史、构造演化史和烃源岩演化史最终确定佳木河组主要的成藏期次有 2 期:三叠纪末—早侏罗世(228~206Ma);早白垩世(145~112Ma)。

关键词:中拐地区;流体包裹体;拉曼测试;均一温度;成藏期次

中图分类号: TE122.1

文献标志码: A

文章编号: 1672-1926(2013)05-0931-09

引用格式: Li Zhenhua, Qiu Longwei, Sun Baoqiang, *et al.* Characteristics of fluid inclusion and charging events of natural gas in Permian Jiamuhe Formation of Zhongguai area, Junggar Basin [J]. Natural Gas Geoscience, 2013, 24(5): 931-939. [李振华, 邱隆伟, 孙宝强, 等. 准噶尔盆地中拐地区佳木河组流体包裹体特征及成藏期次划分[J]. 天然气地球科学, 2013, 24(5): 931-939.]

0 引言

流体包裹体作为地下岩石中古代流体信息的载体和一个相对封闭的地球化学体系,保留了地下流体的许多重要信息,如温度、压力、成分、介质环境等,是鉴别烃源岩热演化阶段和油气生成、划分油气充注期次、恢复流体古压力和剖析油气聚集成藏过程的密码^[1]。准噶尔盆地西北缘中拐地区佳木河组已有多口井获气,是目前在盆地中寻找大规模油气藏的突破口;佳木河组主要为沸石和方解石胶结,沸石和方解石捕获了大量的流体包裹体。对于浊沸石中包裹体,国内学者已进行了一些研究,如杨晓萍等^[2]通过对鄂尔多斯盆地上三叠统延长组浊沸石包裹体

测温结果表明其形成温度在 60~70℃ 之间。运用流体包裹体特征研究油气注入史已被证明是研究油气成藏过程的一个有效途径和手段,但以往的文献很少直接从沸石包裹体类型和组成特征探讨油气成因与成藏作用,本文采用较先进的包裹体测试设备、测试技术及分析方法,分析佳木河组储层流体包裹体特征、均一温度、冰点和激光拉曼光谱组分,结合古地温演化史和生排烃史,划分佳木河组油气充注期次,为进一步研究佳木河组油气藏的成藏规律提供依据^[3]。

1 地质概况及样品采集

中拐凸起位于准噶尔盆地西部隆起克百断裂带东南部,研究区内二叠系佳木河组自下而上为佳一

收稿日期:2013-03-21;修回日期:2013-04-18.

基金项目:国家科技重大专项(编号:2009ZX05009-002)资助.

作者简介:李振华(1985-),男,山东广饶人,博士研究生,主要从事油气地质和油藏描述方面研究. E-mail: xiaojie901@126.com.

方解石一般交代浊沸石、片沸石和方沸石产出,或以方解石脉的形式产出于岩石裂隙中。方解石中包裹体形态为椭球形、长条形和不规则形,直径比沸石中的包裹体大,为 1~15 μm ,呈零星或团状分布

在方解石胶结物中[图 2(g)],盐水和烃类包裹体[图 2(h)]都有出现。

不同成熟度或相态有机包裹体在受到紫外光、紫光或蓝光照射时,会发出不同颜色的荧光,盐水包

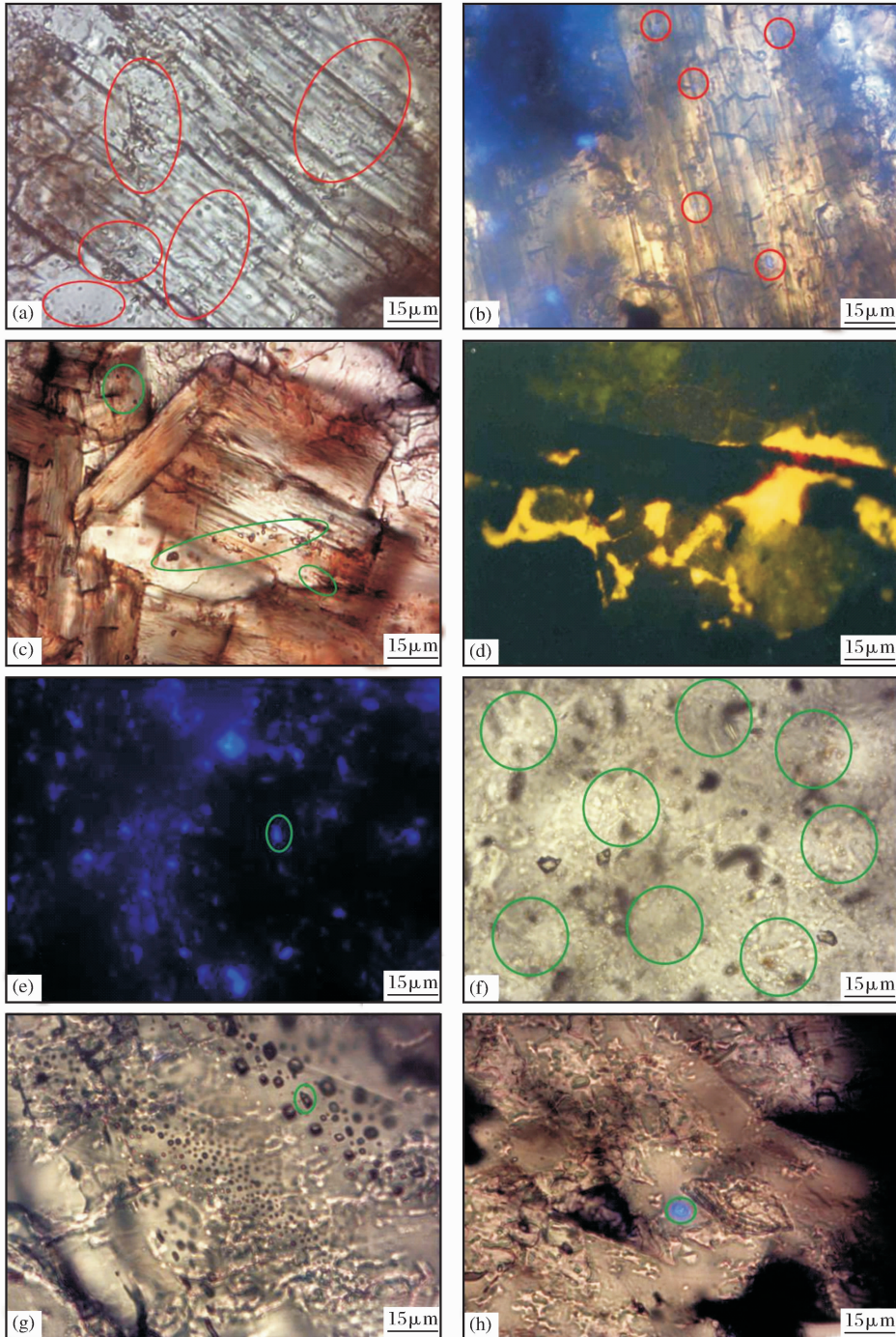


图 2 准噶尔盆地中拐凸起佳木河组储层流体包裹体特征

Figure 2 Characteristics of fluid inclusions in Jiamuhe reservoirs in Zhongguai uplift in the northwestern margin of Junggar Basin

(a)拐 13 井,浊沸石中的盐水包裹体,3 456.7m;(b)新光 1 井,单偏光+荧光,浊沸石中的单相气烃包裹体,浅蓝色荧光,4 559.2m;(c)车 73 井,片沸石中的盐水和烃类包裹体,4 324.3m;(d)拐 5 井,浊沸石胶结物显示黄色荧光,3 331m;(e)车 67 井,片沸石中的气液烃类包裹体,蓝色荧光,3 701.66m;(f)车 67 井,方沸石中的盐水包裹体,3 701.66m;(g)拐 3 井,方解石中的盐水包裹体和 CO₂ 盐水包裹体(绿色圆圈),4 642.3m;(h)拐 3 井,单偏光+荧光,方解石中的液态烃包裹体,蓝色荧光,4 642.3m

裹体不发荧光,佳木河组有荧光显示的气态烃包裹体荧光颜色一般为蓝色[图 2(e),图 2(h)],部分胶结物显示黄色荧光[图 2(d)],说明佳木河组可能存在 2 期油气充注。

2.2 包裹体拉曼特征

成岩序列研究可以给包裹体组分、均一温度、盐度数据提供依据。研究区浊沸石、片沸石和方解石形成的温度范围比较广,沸石类矿物存在不同的成因机制,因此成岩序列比较复杂。成岩作用早期,斜长石钠长石化形成浊沸石,火山玻璃水化后形成的斜发沸石可转化为片沸石和方沸石,随着温度和压力升高,方沸石向片沸石转化,片沸石进而转化为浊沸石,而方解石在各成岩阶段都有形成,研究区成岩演化序列为:绿泥石胶结—I 期片沸石/浊沸石胶结—I 期方解石胶结—方沸石胶结—II 期片沸石胶结—II 期浊沸石胶结—II 期方解石胶结—溶解作用—III 期方解石胶结。成岩作用早期和晚期都有沸石类矿物和方解石形成,因此浊沸石、片沸石和方解石内包裹体温度和成分可能相差较大;前期火山玻璃水化可导致研究区矿化度升高,后期随着沸石的不不断析出,矿化度逐渐降低。

由于大部分气相包裹体不发荧光,进行包裹体均一温度测量时常常将这部分包裹体与盐水包裹体混在一起讨论,气态烃包裹体因含有有机质,其均一温度常比同期盐水包裹体温度低^[4],可能影响最终的结论。对于含 CH₄ 及 CO₂ 的气态烃包裹体,根据 CH₄ 及 CO₂ 的拉曼特征峰可以较快地鉴别出来,因此可以用拉曼方法把含烃包裹体区分出来^[5-7]。

本文激光拉曼测试实验在中国石油大学(华东)流体包裹体实验室完成,采用法国 Job in Y von 公司生产的 LabRam-010 型激光拉曼光谱仪。仪器分辨率约为 1.5cm⁻¹,工作条件:激发光波长 514.5nm,激光出孔功率 0.1W,共焦孔 1 000μm,狭缝 400μm,样品扫描积分时间为每段 10s,实验温度为 20℃。

根据激光拉曼组分分析结果,佳木河组的流体包裹体主要分为盐水包裹体、CO₂ 包裹体、低饱和烃包裹体和富含 CH₄ 包裹体(图 3),低饱和烃和富含 CH₄ 这 2 种包裹体的存在说明研究区在烃源岩成熟度较低和较高的时候都可能有油气充注。

2.2.1 盐水包裹体

沸石类和方解石胶结物中都包含了大量的盐水包裹体,水的特征峰一般在 3 300~3 600cm⁻¹之间,图 3(a)为方沸石盐水包裹体拉曼响应,水的特征峰与方沸石结构水的特征峰重合。

2.2.2 含 CO₂ 包裹体

此类包裹体分为纯 CO₂ 包裹体和以 CO₂ 为主并含少量 CH₄、H₂O 等的包裹体。一般在 1 284cm⁻¹和 1 387cm⁻¹处有 2 个明显的尖峰。图 3(b)为方解石中含 CO₂ 气泡的盐水包裹体,水和方解石的特征峰比较明显,由于 CO₂ 含量较少,而 CO₂ 特征峰并不是很明显。

2.2.3 低饱和烃包裹体

激光拉曼测试并不能准确测定某种烃类组分,但是不同成熟度烃类组合其响应不同,且烃类包裹体拉曼光谱谱线一般为明显的鼓包,这类包裹体一般埋藏较浅,由于烃源岩成熟度较低形成一些含有液态烃的包裹体。图 3(c)为浊沸石中的低饱和烃包裹体,拉曼光谱谱线在 1 450~1 480cm⁻¹处表现为一小的鼓包。

2.2.4 富含 CH₄ 包裹体

此类包裹体富含 CH₄,其次为 N₂、CO₂、C₂—C₆ 烃和 H₂O,气液比较大。在 2 912cm⁻¹左右处拉曼值出现一明显的尖峰[图 3(d)],是 CH₄ 的拉曼特征峰值,此类包裹体是随着烃源岩成熟度的增高而形成的。

2.3 包裹体均一温度和盐度

2.3.1 均一温度

利用包裹体均一温度,结合生烃史、古地温史和地层埋藏史,可以分析油气的成藏期次,通常选取与有机包裹体同期的盐水包裹体进行均一温度的测量^[8-12],进而确定烃类包裹体的形成温度,各样品中包裹体很多,浊沸石由于解理很发育,可进行均一温度测量的盐水包裹体较少,因此,本文主要对方沸石和方解石中的盐水包裹体进行测试。

利用 Linkam THMS 600 型冷热台重点对中拐地区车 67 井、拐 105 井和拐 106 井佳木河组流体包裹体均一温度进行测试,结果显示从 58~129℃均有烃类流体活动,说明其油气成藏为一连续过程。3 口井流体包裹体均一温度具有明显的双峰特点,第 1 峰值为 60~80℃,第 2 峰值为 110~120℃(图 4),表明佳木河组至少存在 2 期油气充注。方解石和片沸石胶结物包裹体均一温度在 58~129℃之间都有分布,说明方解石和片沸石从早期到晚期成岩阶段都发生了胶结,另外一个测点的均一温度大于 150℃,可能是热液影响造成的。

2.3.2 盐度

根据盐水包裹体的冰点可以确定盐度的大小^[13-14]。对于 NaCl 含量小于 23.3%的低盐度水溶

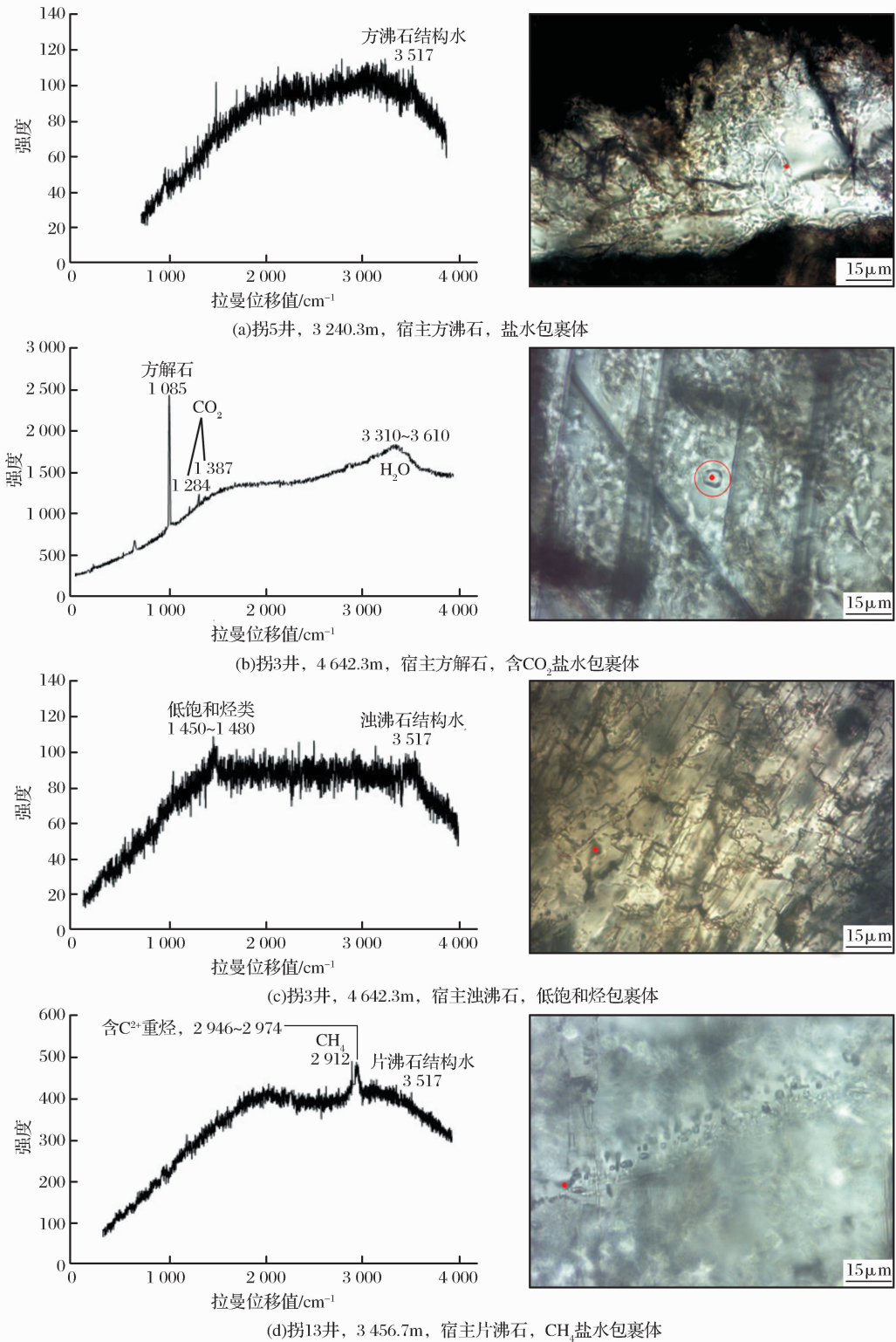


图 3 准噶尔盆地中拐凸起佳木河组储层流体包裹体成分分类

Figure 3 Compositional classification of fluid inclusions in Jiamuhe reservoirs in Zhongguai uplift in the northwestern margin of Junggar Basin

液,根据冰点计算盐度的常用方法有相图投影法、Bodnar 冷冻温度—盐度换算表法和公式法^[15]。本文研究采用公式法对中拐地区佳木河组样品中的流

体包裹体盐度进行计算。中拐地区佳木河组储层包裹体冰点分布范围有 2 个峰值,分别为 -10~-7℃和 -4~0℃[图5(a)],另外还有 2 个测点位置大于

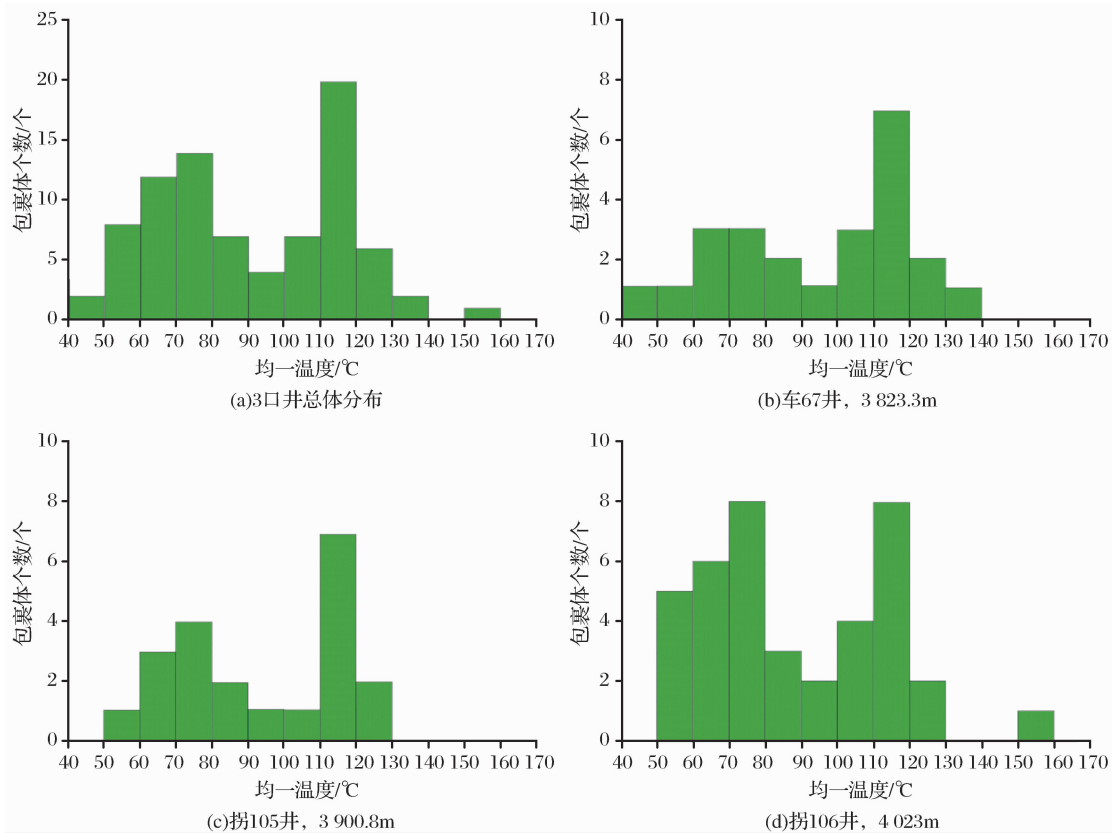


图 4 准噶尔盆地中拐凸起佳木河组包裹体均一温度分布特征

Figure 4 Distribution of the homogenization temperature of fluid inclusions in Jiamuhe reservoirs in Zhongguai uplift in the northwestern margin of Junggar Basin

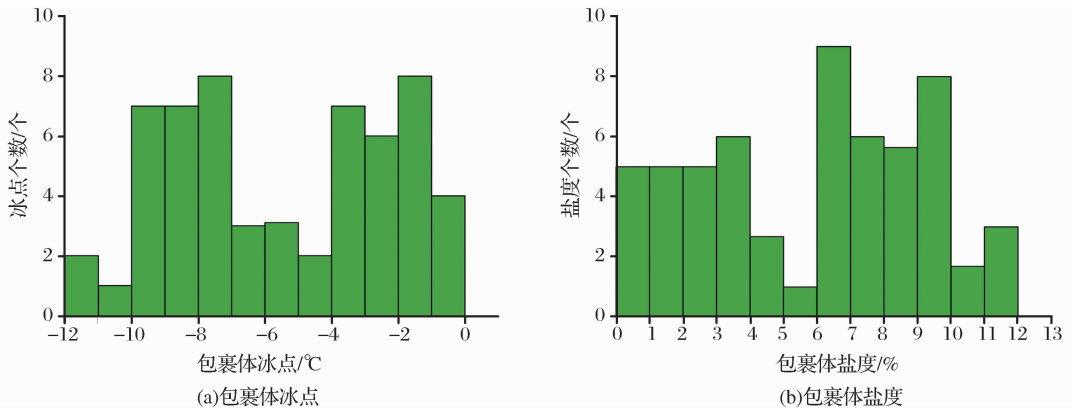


图 5 准噶尔盆地中拐凸起佳木河组包裹体冰点盐度分布特征

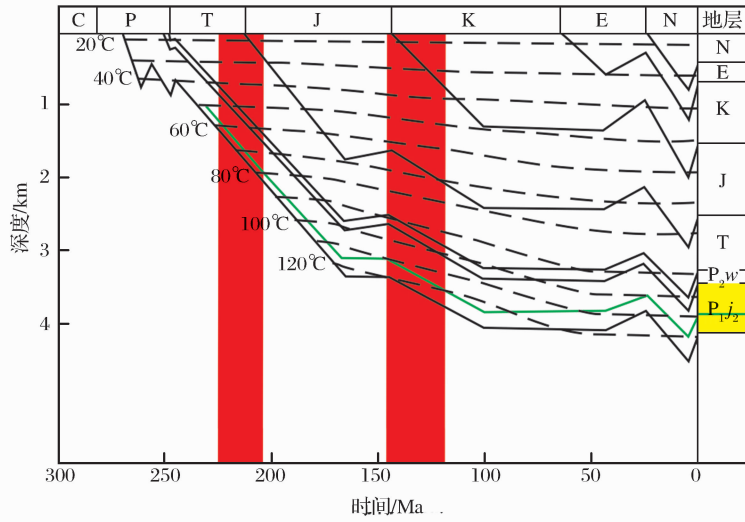
Figure 5 Distribution of the salinity of fluid inclusions in Upper Paleozoic reservoirs in Jiamuhe reservoirs in Zhongguai uplift in the northwestern margin of Junggar Basin

0°C,分析认为这 2 个包裹体溶解了少量轻烃,在冷却过程中因温度下降和结冰膨胀而导致压力升高,从而形成了甲烷水合物,这些甲烷水合物在升温融化时需要吸收大量的热量,从而造成冰点大于 0°C,计算盐度时将这 2 个点剔除。计算的包裹体盐度范围为 0.73%~11.2%,也表现为 2 个峰值,分别为 0.73%~3.86%和 5.76%~9.2%,说明至少存在 2

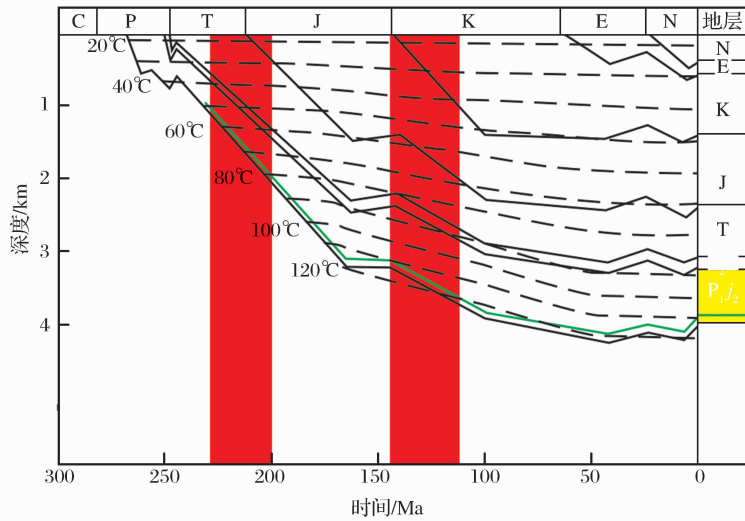
期流体活动[图 5(b)]。

3 油气充注与天然气成藏

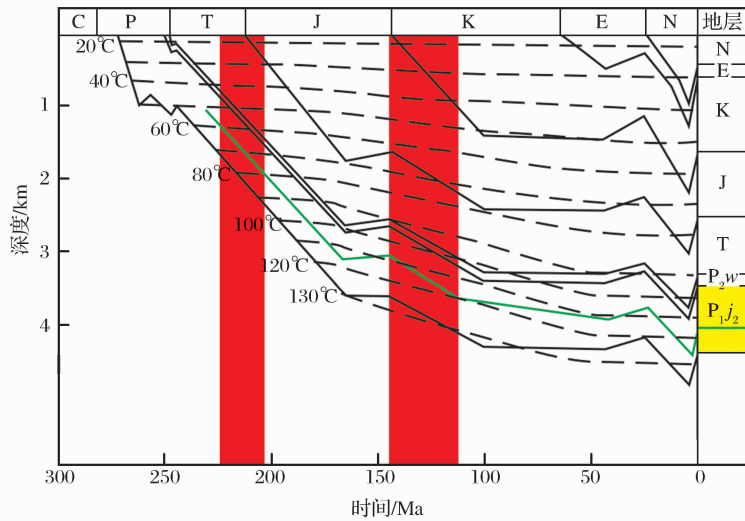
将各期油气包裹体同期生成的盐水包裹体的均一温度作为捕获时的最小古温度,再结合古地温演化的埋藏史(图 6)、构造演化史和烃源岩演化史,就可以间接地确定油气的成藏时期^[16-18],通过对车 67



(a)车67井



(b)拐105井



(c)拐106井

— 包裹体深度 ■ 油气充注 ■ 研究目的层

图 6 中拐凸起佳木河组车 67 井、拐 105 井、拐 106 井成藏事件

Figure 6 Burial history curve of well Guai106 in Jiamuhe reservoirs in Zhongguai uplift

井、拐 105 井和拐 106 井的研究得到的油气成藏期次基本一致。

本文流体包裹体均一温度主要有 2 个温度段, 第 1 个为 60~80℃, 这期流体活动时间较早, 形成时间为距今 228~206Ma, 对应于三叠纪末—早侏罗世, 此阶段佳木河组聚集了来自风城组烃源岩的油气, 由于受印支运动的影响, 油藏调整部分被破坏, 导致大量稠油和生物降解油的存在, 这从新光 1 井含油岩心的氯仿抽提物和新光 2 井佳木河组原油中含有原油早期遭受强烈降解的 25-降藿烷可以证明; 第 2 个温度段为 110~120℃, 距今 145~112Ma, 对应于早白垩世, 乌尔禾组烃源岩进入生排烃高峰, 同时, 佳木河组还开始生成腐殖型的天然气, 形成了研究区第 2 期油气藏。

4 结论

(1) 中拐地区佳木河组包裹体赋存矿物主要为浊沸石、片沸石、方沸石和方解石胶结物。激光拉曼测试分析显示盐水包裹体、CO₂ 包裹体、低饱和烃包裹体和富含 CH₄ 包裹体是该区的主要包裹体类型。

(2) 佳木河组储层流体包裹体均一温度显示从 58~129℃ 均有烃类流体活动, 说明其油气成藏为一连续过程, 储层包裹体均一温度具有明显的双峰特征, 第 1 峰值为 60~80℃, 第 2 峰值为 110~120℃。包裹体盐度范围为 0.73%~11.2%, 也表现为 2 个峰值, 分别为 0.73%~3.86% 和 5.76%~9.2%。

(3) 佳木河组主要的成藏期次有 2 期: 距今 228~206Ma (三叠纪末—早侏罗世), 主要为风城组烃源岩的油气; 距今 145~112 Ma (早白垩世), 以乌尔禾组以及佳木河组自身生成的天然气为主。

参考文献 (References):

- [1] Feng Qiao, Ma Shuopeng, Fan Aiping. Characteristics of fluid inclusions in Upper Paleozoic reservoirs in Ordos Basin and their geological significance[J]. *Oil & Gas Geology*, 2006, 27(1): 272-232. [冯乔, 马硕鹏, 樊爱萍. 鄂尔多斯盆地上古生界储层流体包裹体特征及其地质意义[J]. *石油与天然气地质*, 2006, 27(1): 272-232.]
- [2] Yang Xiaoping, Qiu Yinan. Formation process and distribution of laumontite in Yanchang Formation (Upper Triassic) of Ordos Basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2002, 20(4): 628-632. [杨晓萍, 裘译楠. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组浊沸石的形成机理、分布规律与油气关系[J]. *沉积学报*, 2002, 20(4): 628-632.]
- [3] Zhang Wenzhong, Guo Yanru, Tang Dazhen, *et al.* Characteristics of fluid inclusions and determination of gas accumulation period in the Upper Paleozoic reservoirs of Sulige Gas Field [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2009, 30(5): 685-690. [张文忠, 郭彦如, 汤达祯, 等. 苏里格气田上古生界储层流体包裹体特征及成藏期次划分[J]. *石油学报*, 2009, 30(5): 685-690.]
- [4] Newell K D, Burruss R C, Palaces J G. Thermal maturation and organic richness of potential petroleum source rocks in Proterozoic Rice Formation, North American Mid-Continent rift System, Northeastern Kansas[J]. *AAPG Bulletin*, 1993, 11: 1922-1941.
- [5] Liu Dehan, Xiao Xianming, Tian Hui, *et al.* Identification of natural gas origin using the characteristics of bitumen and fluid inclusions[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2009, 36(3): 375-381. [刘德汉, 肖贤明, 田辉, 等. 应用流体包裹体和沥青特征判别天然气的成因[J]. *石油勘探与开发*, 2009, 36(3): 375-381.]
- [6] Wang Kangdong, Li Xianqing, Feng Songbao, *et al.* Characteristics of fluid inclusions and natural gas pool-forming significance of the Upper Paleozoic reservoirs in Sulige Gas Field [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2011, 22(6): 961-968. [王康东, 李贤庆, 冯松宝, 等. 苏里格大气田上古生界储层流体包裹体特征及天然气成藏意义[J]. *天然气地球科学*, 2011, 22(6): 961-968.]
- [7] He Mouchun, Zhang Zhijian. The application of Laser Raman Microspectroscopy to study of mineral deposits[J]. *Rock and Mineral Analysis*, 2001, 20(1): 43-48. [何谋春, 张志坚. 显微激光拉曼光谱在矿床学中的应用[J]. *岩矿测试*, 2001, 20(1): 43-48.]
- [8] Li Rongxi, Jin Kuili, Zhou Wenwen, *et al.* Oil-gas inclusions and reservoir formation in Bozhong Depression of the Bohaiwan Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2001, 19(4): 605-609. [李荣西, 金奎励, 周雯雯, 等. 渤海中坳陷油气包裹体与油气成藏李荣西[J]. *沉积学报*, 2001, 19(4): 605-609.]
- [9] Zhang Jinliang. Reservoir characteristics of Chang-6 oil-bearing formation in Houshi tract, Ansai Oil Field [J]. *Journal of Xi'an Petroleum Institute*, 1998, 13(4): 5-8. [张金亮. 利用流体包裹体研究油藏注入史[J]. *西安石油学院学报: 自然科学版*, 1998, 13(4): 5-8.]
- [10] Wan Xiaolong, Qiu Nansheng, Zhang Shanwen. A study on dynamic reservoring process of hydrocarbon in lithologic reservoirs in Dongying Depression [J]. *Oil & Gas Geology*, 2004, 25(4): 448-451. [万晓龙, 邱楠生, 张善文. 东营凹陷岩性油气藏动态成藏过程[J]. *石油与天然气地质*, 2004, 25(4): 448-451.]
- [11] Hou Qijun, Feng Zihu, Zou Yuliang. Study on the pool forming periods of oil and gas in Qijia-Gulong Sag in Songliao Basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2005, 27(4): 390-394. [侯启军, 冯子辉, 邹玉良. 松辽盆地齐家—古龙凹陷油气成藏期次研究[J]. *石油实验地质*, 2005, 27(4): 390-394.]
- [12] Xu Liang, Yang Guang, Xia Shuhua. Application of fluid inclusions in study of the times and stages of hydrocarbon reservoir filling: A case study of Heidimiao area in south Songliao Basin [J]. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*

- tion, 2006, 36(supplement): 29-32. [徐良, 杨光, 夏淑华. 流体包裹体技术在油气成藏期次研究中的应用——以黑帝庙地区为例[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2006, 36(增刊): 29-32.]
- [13] Wang Haihua, Zhang Junfeng, Xu Hao, *et al.* Characteristics of fluid inclusions and their application to determining the times and stages of Carboniferous volcanic hydrocarbon reservoirs in Malang Sag, Santanghu Basin[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2009, 20(6): 890-895. [王海华, 张君峰, 许浩, 等. 三塘湖盆地马朗凹陷石炭系火山岩储层有机包裹体特征及成藏期次分析[J]. 天然气地球科学, 2009, 20(6): 890-895.]
- [14] Gao Xianzhi, Chen Fajing. Application of fluid inclusions to determination of the times and stages of hydrocarbon reservoir filling: A case study of Nanbaxian Oilfield in the Qaidam Basin[J]. *Earth Science Frontiers*, 2000, 7(4): 548-554. [高先志, 陈发景. 应用流体包裹体研究油气成藏期次——以柴达木盆地南八仙油田第三系储层为例[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 548-554.]
- [15] Middleton D, Parnell J, Carey P, *et al.* Reconstitution of fluid migration history in Northwest Ireland using fluid inclusion studies[J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 2000, 69/70: 673-677.
- [16] Cao Jian, Hu Wenxuan, Yao Suping, *et al.* Evolution of petroleum migration and accumulation in the northwestern margin of the Junggar Basin; Fluid inclusion geochemistry[J]. *Geological Review*, 2006, 52(5): 700-706. [曹剑, 胡文娟, 姚素平等. 准噶尔盆地西北缘油气成藏演化的包裹体地球化学研究[J]. 地质论评, 2006, 52(5): 700-706.]
- [17] Yang Haifeng, Liu Guangdi, Lei Dewen, *et al.* Differences between oil and gas accumulations in Zhongguai, 5th & 8th districts of Karamay Oil Field, northwestern margin of Junggar Basin[J]. *Geological Journal of China Universities*, 2008, 14(2): 262-268. [杨海风, 柳广弟, 雷德文, 等. 准噶尔盆地西北缘中拐、五、八开发区佳木河组天然气与石油成藏差异性研究[J]. 高校地质学报, 2008, 14(2): 262-268.]
- [18] Liu Deliang, Tao Shizhen, Zhang Baomin. Application and questions about scertaining oil-gas pools age with inclusion[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2005, 16(1): 16-19. [刘德良, 陶士振, 张宝民. 包裹体在确定成藏年代中的应用及应注意的问题[J]. 天然气地球科学, 2005, 16(1): 16-19.]

Characteristics of Fluid Inclusion and Charging Events of Natural Gas in Permian Jiamuhe Formation of Zhongguai Area, Junggar Basin

LI Zhen-hua¹, QIU Long-wei¹, SUN Bao-qiang², TANG Yong³, KONG Yu-hua³, ZHU Shi-bo¹

(1. *Earth Science and Technology Institute in China University of Petroleum, Qingdao 266580, China;*

2. Seismological Bureau of Daqing, Daqing 163002, China;

3. Exploration and Development Research Institute of Xinjiang Oilfield Company, Kelamayi 834000, China)

Abstract: For the purpose of ascertaining the time of gas charging and the formation period of gas reservoirs of Permian Jiamuhe Formation in Zhongguai area of Junggar Basin, fluid inclusion samples from this field were tested and analyzed using the more advanced testing apparatus and techniques. The results show that the fluid inclusions of this area mainly include brine inclusion, hydrocarbon-bearing CO₂ inclusion, lowly saturated hydrocarbon-rich liquid hydrocarbon inclusion and CH₄-rich gaseous hydrocarbon inclusion. The homogenization temperature and salinity of the fluid conclusion both have two special peaks, and the peaks of homogenization temperature are 60-80°C and 100-120°C. Use formula of calculation method inclusions salinity is mainly distributed in 0.73%-3.86% and 5.76%-9.2%, which shows at least 2 times of fluid activities. The main accumulation period of Jiamuhe Formation has 2 periods on the base of inclusion test data and the burial history, tectonic evolution history and thermal evolution of source rocks: from the Late Triassic to Early Jurassic (228-206Ma) and Early Cretaceous (145-112Ma).

Key words: Zhongguai area; Fluid inclusions; Raman test; Homogenization temperature; Accumulation periods