

文章编号: 1001-6112(2006)04-0391-04

# 新疆三塘湖盆地侏罗系流体包裹体研究

郝建荣, 柳益群, 曹青, 邢秀娟

(1. 西北大学 大陆动力学国家重点实验室, 西安 710069; 2. 西北大学 地质学系, 西安 710069)

**摘要:**以新疆三塘湖盆地侏罗系储层中次生流体包裹体研究为例,依据流体包裹体的岩相学、盐度、均一温度以及伴生烃类包裹体等特征,结合盆地热史和烃源岩成熟史研究,认为侏罗系裂缝中的次生包裹体是不同流体来源、不同时期作用的产物,并且侏罗纪末可能存在深部地层高温流体沿裂缝向上运移的热事件。在理清包裹体流体来源的基础上,储层次生流体包裹体不但可以指示油气运移的信息,也可提供地质历史中的热事件信息。

**关键词:**流体包裹体;热史;热事件;侏罗系;三塘湖盆地

**中图分类号:** TE122.1

**文献标识码:** A

流体包裹体作为盆地地下古流体的直接证据,保存了当时盆地地层中流体的成分以及物理化学状态。现今流体包裹体分析技术已广泛应用于油气运移的时间、期次研究,储层流体的性质、来源、油气远景评价,以及古地温和热流体活动分析等方面<sup>[1~6]</sup>。由于流体包裹体具有多成因、多期的特点<sup>[7~9]</sup>,因此包裹体所代表的确切地质意义成为流体包裹体研究的热点和难点。本文以新疆三塘湖盆地为例,研究了流体包裹体对于盆地热史以及流体来源的重要意义。

## 1 区域概况

三塘湖盆地位于新疆维吾尔自治区的东北部,与蒙古共和国接壤,呈北西—南东向狭长状分布;在构造上处于西伯利亚板块与哈萨克斯坦板块的碰撞接合部位,夹持于北西向阿尔曼泰构造带和克拉麦里构造带之间,是发育在前二叠纪褶皱基底之上的受晚古生代—中生代改造的复杂叠合沉积盆地<sup>[10]</sup>(图 1)。

晚古生代以来,三塘湖盆地经历了海西、燕山、

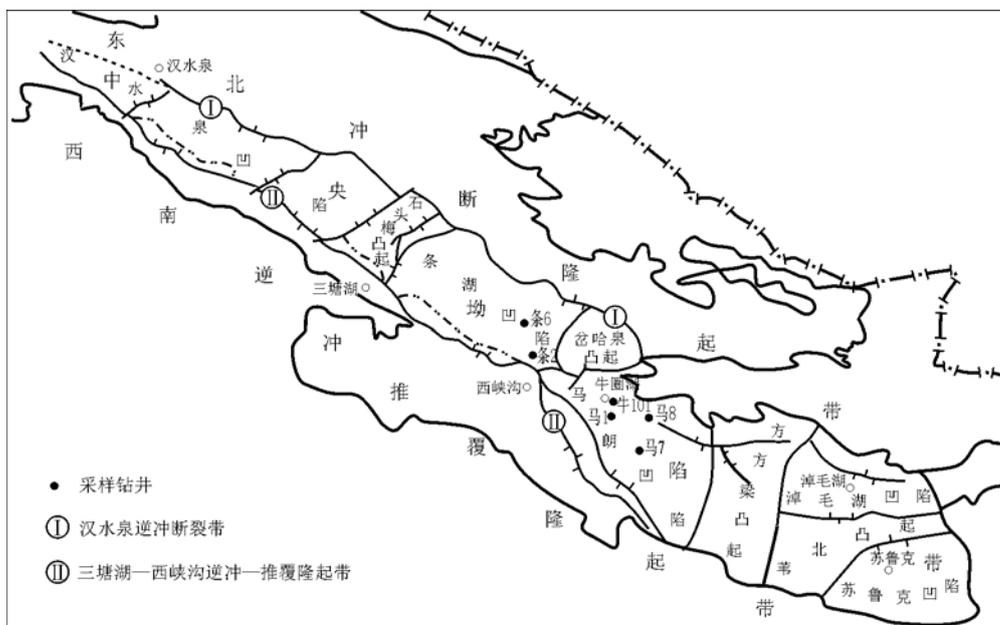


图 1 三塘湖盆地构造单元划分及采样位置

Fig. 1 Distribution of tectonic units and sampling location in the Santanghu Basin

收稿日期: 2005-11-02; 修订日期: 2006-06-24。

作者简介: 郝建荣(1977—),男(汉族),山东聊城人,博士生,主要从事含油气盆地分析工作。

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973)项目(2003CB214603)。

喜山等多期不同类型的构造运动改造和成盆过程,表现为断陷—坳陷—山间盆地等多个演化阶段,发育了二叠纪—第三纪的陆相沉积地层。研究表明,三塘湖盆地主要烃源岩以中二叠统碳酸盐岩、暗色湖相泥岩为主,中下侏罗统煤系烃源岩有少量未熟油生成;油气主要储集于中二叠统裂缝性储层以及侏罗系砂岩储层中。

## 2 样品测试仪器及其精度

选取三塘湖盆地条 6、条 2、牛 101、马 8、马 1、马 7 等 6 口钻井 74 个中侏罗统和部分二叠系样品的沉积流体包裹体进行观察研究并测温。包裹体的镜下透射光及荧光观察及均一温度测试均在西北大学大陆动力学国家重点实验室进行。显微镜为 Lecia DXMR 多功能显微镜;冷热台为 LINKAM THMS600。该冷热台的分辨率为 0.1 °C 左右,测温范围为 -196~600 °C 左右。冷冻温度的测量误差为 0.1 °C 左右,加温的测量误差为 1 °C 左右。

## 3 流体包裹体特征及形成期分析

### 3.1 岩相学特征

成岩作用及岩相学研究是流体包裹体研究的基础。三塘湖盆地中侏罗统西山窑组储层为细—中粒岩屑砂岩,处于早成岩 B 期,主要经历了压实作用、胶结作用、溶蚀作用和交代作用;溶蚀现象较普遍,次生孔隙发育;镜下常见长石以及岩屑被溶蚀现象,砂岩中大量发育呈散乱状、集合体状弥散分布的高岭石。其主要成岩序列为:早期方解石胶结—石英次生加大—晚期铁方解石—高岭石。早期方解石以及铁方解石中包裹体较少,以液相为主。石英颗粒普遍发育 I 级次生加大,镜下观察多数只有一期,且较薄而不明显,加大边中包裹体分布少。石英颗粒中的裂缝是包裹体的主要赋存部位,包裹体分布密度较大。镜下裂缝可分为网状愈合裂缝和颗粒边部较明显的单裂缝,但都切穿石英次生加大边,未穿后期铁方解石胶结,此外还可见网状裂缝被单裂缝切穿的现象。

镜下观察基本可把包裹体分为 4 类:1)气—液两相或液相盐水包裹体为无色、大小在 3~12 μm 之间,气液比小于 25%,多为规则的圆形或者椭圆形,沿裂隙呈带状分布;2)液态烃相有机包裹体呈无色或者灰褐色,具褐黄—黄荧光,个体很小(一般 <2 μm),数量较多,形状为椭圆形—不规则,是主要的有机包裹体类型,主要分布在石英颗粒愈合缝中;3)气态烃+液态烃相包裹体,在透射光下液态

烃相呈无色,气态烃相呈灰黑色,包体较小(一般 <6 μm),且成分以液相为主,气相含量低于 30%,荧光下呈褐黄色;4)含气态烃包裹体由气态烃和盐水两相组成,含量很少,气态烃呈圆形或椭圆形,具厚壁结构,灰黑色,盐水无色,气液比一般小于 40%。

网状愈合裂缝中包裹体较小,一般小于 8 μm,主要为较小的盐水包裹体以及同期浅色的两相烃类包裹体,包体颜色较暗,其中烃类包裹体荧光颜色多为黄色;包体分布密度一般可以达到 35% 以上。单裂缝中包裹体较大,在 5~12 μm 之间,盐水包裹体与液态烃类包裹体伴生;烃类包裹体中液相多呈无色,荧光为黄—褐黄色。

研究表明,均匀捕获的盐水包裹体气液比多小于 15%<sup>[11]</sup>。研究中重点选取了石英两期裂隙中与烃类包裹体伴生的气液比小于 15% 的成群盐水包裹体进行均一温度的测定。由于含油气盆地中盐水包裹体多为含烃包裹体,捕获温度与均一温度相差不大,可不用做压力校正。如图 2 所示,包裹体均一温度分布范围在 80~200 °C 之间,超过 150 °C 的包裹体占到了包裹体总数的 18% 以上。单裂缝中包裹体温度峰值在 90~130 °C 之间,盐度为 0.95%~1.1%;网状愈合裂缝的温度峰值主要集中于 130~170 °C 之间,盐度为 1.1%~1.3%。

### 3.2 包裹体形成期判断

一般认为裂缝中分布的包裹体其形成时间与构造运动期相配置<sup>[4]</sup>。如果将包裹体寄主矿物裂缝与构造运动相联系,一次构造运动就可能造成矿物内部彼此交插的“多期”裂缝,每一次构造运动就有可能与一期或者“多期”裂缝包裹体相对应。因此构造运动与裂缝以及裂缝中包裹体的形成时间不具有—一对应关系,片面将构造运动或者断裂作用与包裹体形成相联系的做法是值得商讨的。三塘湖盆地受多次构造运动影响,现今构造面貌是燕

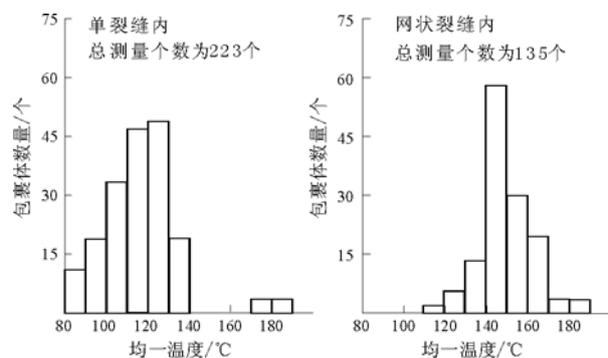


图 2 三塘湖盆地石英颗粒中不同裂缝包裹体均一温度

Fig. 2 Homogeneity temperature of fluid inclusions in different fractures in quartz of the Santanghu Basin

山运动和喜马拉雅构造运动的复合产物。受晚燕山期的区域挤压构造作用和第三纪以来的喜山期挤压—右行走滑构造作用的影响,地层均叠加改造,形成一系列构造相关裂缝。因此侏罗系储层中石英颗粒裂缝中包裹体应为晚燕山—喜山期构造运动过程中形成的,不能进一步确定形成时间。

根据常规岩相学方法很难精确判断包裹体形成的时间,精细热史研究以及烃源岩成熟史研究是现今判断包裹体形成时间的主要方法<sup>[12,13]</sup>。三塘湖盆地热史研究认为<sup>[14]</sup>,三叠—侏罗纪古地温梯度为每百米 3.12~3.64 °C,白垩纪以后地温梯度同现今地温梯度相差不大,为每百米 2.355 °C。侏罗纪末—早白垩世,侏罗系埋深最大,其地层温度在 90~110 °C 之间,二叠系温度可达 130~150 °C。烃源岩成熟史研究表明,中二叠统主力烃源岩于侏罗纪中—晚期成熟,中下侏罗统烃源岩于白垩纪进入早成熟阶段。三塘湖盆地侏罗系样品石英裂隙中次生流体包裹体均一温度根据赋存部位不同,分别与侏罗纪末时侏罗系、二叠系的地层温度相近。

裂缝中盐水包裹体与烃类包裹体伴生,可根据烃类包裹体的成熟度判断盐水包裹体的形成时间。单裂缝中盐水包裹体盐度较低,伴生的烃类包裹体具中—高强度的荧光,为黄—黄褐色,油气成熟度低—中等,可能有低成熟油成分。该期包裹体可能与早期生成的油气运移或者中侏罗统烃源岩低成熟油气生成有关。综合分析认为,该期包裹体可能形成于早白垩世,地层温度在 90~120 °C 之间,与热史研究结果相符。网状愈合裂缝中盐水包裹体具有较高的均一温度和盐度,其伴生的烃类包裹体具弱—中等强度的荧光,颜色为黄色,显示成熟度较高。综合分析认为该期包裹体的形成可能与二叠系烃源岩的成熟有关。二叠系发育泥晶碳酸盐岩等反映沉积水体盐度较高的岩性,地层水盐度较高。侏罗纪末二叠系烃源岩进入生烃高峰,高温流体向上运移,在侏罗系网状裂缝中被捕获形成包裹体。此外,单裂缝中包裹体温度分布较为集中(图 2),显然没有遭受热事件影响,表明其形成于网状裂缝中包裹体之后。以上特征说明两期包裹体为不同流体来源、不同时期作用的产物。同时油源对比研究也认为,侏罗系储层中油气为侏罗系未成熟油气与二叠系油气的混合产物。

### 3.3 流体包裹体的热事件信息

一般认为地层中流体包裹体均一温度可以代表该层当时的地层温度,如果均一温度远远高于区域背景的地层温度,就有可能是古热流体活动的证

据<sup>[15]</sup>。由于构造运动的影响,三塘湖盆地发育深达基底的大断层,油气沿断层垂向运移。深部热流体(烃类、盐水)沿裂缝垂向运移进入储层后,流体的温度随能量交换逐渐降低,因此形成网状裂缝中一系列具较高温度峰值,且温度范围无明显间断的包裹体。磷灰石裂变径迹得到的表观年龄主要在侏罗纪末—早白垩世,同包裹体记录的热信息同期。伴随储层中大量矿物的溶解、蚀变、沉淀,以及形成大量蠕虫状和书页状高岭石和次生孔隙<sup>[15~18]</sup>,说明在侏罗纪末存在深部高温流体沿裂缝向上运移的热事件。该热事件有可能对中下侏罗统的烃源岩成熟具有一定的促进作用。

## 4 结论

1) 矿物裂缝中次生包裹体往往比较复杂,同一样品中可能有多期流体包裹体存在。三塘湖盆地侏罗系储层中石英颗粒单裂缝形成较晚,温度较低,而网状裂缝形成早,温度高。

2) 通过多因素考虑包裹体的多期性、多成因性,将沉积流体包裹体均一温度同盆地热史以及烃源岩成熟史结合起来进行综合对比研究认为,三塘湖盆地中侏罗统西山窑组储层石英颗粒中单裂缝内流体包裹体记录了当时地层的古流体信息;侏罗系储层中油气是侏罗系未成熟油气和二叠系油气的混合产物。

3) 研究表明,在消除热事件的影响下,利用次生包裹体同样可以指示地层温度以及周围流体物理化学状态,可以用于估算包裹体形成时间以及油气运移时间,得到精细的热事件信息。

### 参考文献:

- 1 郑有业,李晓菊,马丽娟等. 有机包裹体在生油盆地研究中的应用[J]. 地学前缘,1998,5(1-2):325~331
- 2 白国平. 包裹体技术在油气勘探中的应用研究现状及发展趋势[J]. 石油大学学报(自然科学版),2002,27(4):136~140
- 3 孙 楠,谢鸿森,郭 捷. 含油气沉积盆地流体包裹体及应用[J]. 长春科技大学学报,2000,30(1):42~45
- 4 王一刚,余晓峰,杨 雨等. 流体包裹体在建立四川盆地古地温剖面研究中的应用[J]. 地球科学,23(3):285~288
- 5 柳广弟,张仲培,张枝焕等. 焉耆盆地三工河组储层流体包裹体形成期次分析[J]. 沉积学报,2002,20(2):345~348,353
- 6 赵靖舟,戴金星. 库车前陆逆冲带天然气成藏期与成藏史[J]. 石油学报,2002,23(2):6~11
- 7 陶士振. 包裹体应用于油气地质研究的前提条件和关键问题[J]. 地球科学,2004,39(1):77~91
- 8 陶士振,郭宏莉,张宝民等. 沉积岩包裹体的岩相学、分类、术语及常被忽略的基本问题[J]. 地球科学,2003,38(2):275~280

- 9 周中毅,潘长春. 沉积盆地古地温测定方法及其应用[M]. 广州:广东科技出版社,1992
- 10 孙自明,熊保贤,李永林等. 三塘湖盆地构造特征与有利勘探方向[J]. 石油实验地质,2001,23(1):23~26
- 11 Robert H Goldstein . Fluid inclusions in sedimentary and diagenetic systems[J]. Lithos,2001,55:159~193
- 12 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
- 13 刘小平,徐 健,杨立干. 有机包裹体在油气运聚研究中的应用——以苏北盆地高邮凹陷为例[J]. 石油实验地质,2004,26(1):94~99
- 14 郝建荣,柳益群,冯 乔等. 新疆三塘湖盆地构造—热史研究[J]. 西北大学学报,2006,36(2):290~294
- 15 陈汉红,张启明,施继锡. 琼东南盆地含烃热流体活动的流体包裹体证据[J]. 中国科学(D辑),1997,27(4):343~348
- 16 叶加仁,杨香华. 沉积盆地热流体活动及其成藏动力学意义[J]. 沉积学报,2001,19(2):214~218
- 17 Roman E L, Coldhaber M B, Hatch J R. Regional fluid flow as a factor in the thermal history of the Illions Basin; constraints from inclusions and the maturity of Pennsylvanian coals[J]. AAPG Bull,2002,86(2):257~277
- 18 刘建章,刘 伟,王存武. 沉积盆地活动热流体类型及其石油地质意义[J]. 海洋石油,2004,24(3):8~13

## THE STUDY OF FLUID INCLUSIONS IN JURASSIC OF THE SANTANGHU BASIN

Hao Jianrong, Liu Yiqun, Cao Qing, Xing Xiujuan

(1. State Key Laboratory of Continental Dynamics, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China;  
2. Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China)

**Abstract:** Chosing the Santanghu Basin in Xinjiang as an example, according to secondary fluid inclusions' facieology, salinity, homogeny temperature and character of associated hydrocarbon fluid inclusions in Jurassic reservoir, it is believed that the inclusions in the crack of quartz have formed at different fluids process and of different periods combining with the study of thermal evolution of the basin. The analysis show that there exist a heat event at the end of Jurassic, migrating by cracks from the deep stratum. Accordingly, the fluid inclusions have great significance in analyzing of the information about hydrocarbon migration, at the same time, it can provide heat events in geological history. The fluid inclusions bear the characteristics of multi-origin and multi-period, which are critical in studying the thermal and maturity history of hydrocarbon source rocks in basin.

**Key words:** fluid inclusions; thermal history; heat events; Jurassic; the Santanghu Basin