

文章编号: 1001-6112(2001)04-0403-05

# 东营凹陷油气流体运移模式探讨

——来自沸腾包裹体的证据

邱楠生<sup>1,2</sup>, 张善文<sup>3</sup>, 金之钧<sup>1,2</sup>

(1. 油气成藏机理教育部重点实验室, 北京 102249; 2. 石油大学 盆地与油藏研究中心, 北京 102249;

3. 胜利石油管理局 地质研究院, 山东 东营 257015)

**摘要:** 在东营凹陷的油气储集层中发现了沸腾包裹体, 这是国内裂谷盆地的首次发现。沸腾包裹体的发现, 为地下油气流体的“脉动式”或“突发式”充注提供了极为重要的证据。文中介绍了该区沸腾包裹体的特征及其与油气流体充注成藏的关系, 由此分别探讨了与断裂和砂岩透镜体有关的油气“突发式”成藏模式。

**关键词:** 脉动式; 油气充注; 沸腾包裹体; 东营凹陷

**中图分类号:** TE122.1

**文献标识码:** A

由于流体包裹体忠实地记录了流体当时的物理、化学状况, 因而被普遍地用于研究地下流体运聚和成矿作用<sup>[1-4]</sup>。近年来对于沸腾包裹体与成矿的关系也引起重视<sup>[5,6]</sup>。沸腾包裹体作为不混溶流体相中捕获的包裹体, 是一种特殊类型的包裹体, 它是地下热液流体发生沸腾作用的微观记录。这类包裹体最早发现于岩浆热液体系中<sup>[7,8]</sup>, 沉积盆地中的沸腾包裹体仅在密西西比河谷型铅锌矿中有发现<sup>[9]</sup>, 而在油气储集体中则极少见有报道。沸腾包裹体(群)的成因有多种。一种可能是, 地下较高温度和压力的流体由于断裂等构造作用, 内部压力骤然下降, 使得流体产生减压沸腾, 形成大量气体逸出, 矿物捕获这种沸腾气体和液相便形成沸腾包裹体组合。另外一种可能是, 由于高温流体从深部向上运移的过程中在一定部位与地下潜水相遇, 地下潜水受高温高压的影响发生沸腾而释放出气体, 矿物在此部位捕获的包裹体就保存了两种相态, 形成沸腾包裹体组合<sup>[10]</sup>。沉积盆地中的油气是一种特殊的流体, 其运移聚集过程和地下其它流体有相同的地方, 但也有其特殊性。大部分油气流体储存在高压的储集体中, 且根据不同的温度压力条件有不同的气体溶于液体(油)中。因此, 当沉积盆地

的构造活动使得断裂活动时, 由于断裂的开启与上部常压地层连通, 油气流体的压力突然降低, 因而易于发生沸腾作用。所以, 利用沉积盆地油气储集体中的沸腾包裹体可以研究油气流体运移的模式, 为寻找浅部油气藏提供理论基础。

## 1 沸腾包裹体特点

在近年的研究中, 为了研究油气向储集层充注的微观机理, 分别在东营凹陷的主要油气储集层采集了大量样品进行包裹体测定, 在胜坨油田的坨 76 和坨 741 井、牛庄油田的牛 21 和 24 井中发现了沸腾包裹体(表 1)。这些沸腾包裹体既有产于 SiO<sub>2</sub> 填隙物、石英次生加大边及石英矿物颗粒中(胜坨油田)的, 也有产于长石裂理、石英裂缝和自生石英中(牛庄油田)的。东营凹陷沸腾包裹体的主要特征为:

(1) 液相、气相和盐水包裹体共存, 且具有同时包裹的特征(图 1);

(2) 包裹体的充填度各不相同, 富气相的包裹体和富液相的包裹体同时存在于包裹体组合中, 但以低充填度的液相包裹体为主, 气/液比一般为 1.5%

收稿日期: 2000-10-16; 修订日期: 2001-11-22.

基金项目: 中国石油天然气集团公司“九五”重点项目“大中型油气田成藏定量模式研究”(960007-01-04).

作者简介: 邱楠生(1968-), 男(汉族), 福建连城人, 副教授, 主要从事石油地质方面的研究工作.

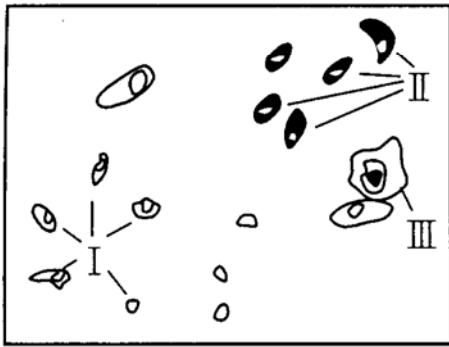


图1 据薄片简化得到的典型沸腾包裹体群示意图

iv. 液相包裹体; ⊕ 气体包裹体; ⊖ 含子晶

Fig. 1 Schematic map of typical boiling fluid inclusions simplified from thin section

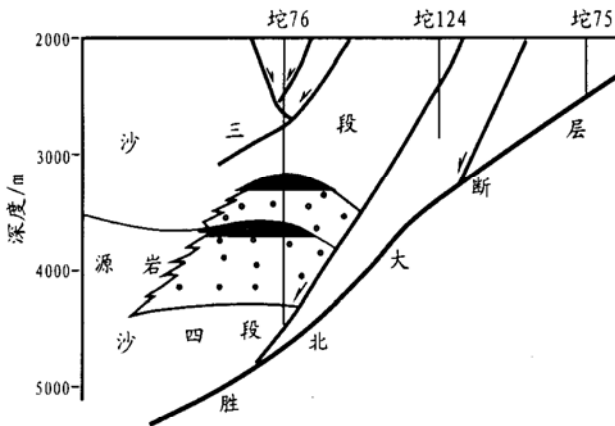


图2 坨76井油藏剖面图

Fig. 2 Reservoir profile of well Tuor 76

表1 发现沸腾包裹体的井号和地层参数表

Table 1 Geological parameters of boiling fluid inclusions

井号	深度/m	层位	寄主矿物	盐度(wt)/%
牛21	3 026	沙三段	硬石膏	13.5
牛24	3 161	沙三段	SiO <sub>2</sub> 填隙物	
坨76	2 938	沙三段	石英次生裂缝	
坨741	2 942.8	沙四段	SiO <sub>2</sub> 小脉	10.8~ 16.2
	2 964	沙四段	石英胶结物	

~ 3%;

(3) 根据对均一化温度的测定结果, 几种包裹体具有相同或相近的均一化温度;

(4) 有时具有含子晶的三相包裹体;

(5) 包裹体含盐度不一, 为 10.8% ~ 16.2% (坨741井)。

## 2 沸腾包裹体与油气成藏

沸腾包裹体是矿物在热液流体发生沸腾过程中捕获的包裹体, 实际上是由不同类型包裹体组成的特殊包裹体群。它是单一液相流体由于环境(温度和压力)改变而分离为两相或多相性质完全不同的流体时捕获的包裹体。沸腾包裹体的存在往往与突发性地质事件有关。因此, 利用沸腾包裹体, 可以研究油气运移过程中的相态和运移特点。

沸腾包裹体为油气成藏研究提供了很好的佐证<sup>[11, 12]</sup>。沸腾作用的发生与流体的组成和温度压力条件密切相关。温度升高易于发生沸腾作用, 压力降低也易于发生沸腾作用。富含气体的流体体系容易发生沸腾作用, 纯水或贫气流体则难以发生沸腾作用。因而含烃类的沸腾包裹体为研究油气在压力条件下(突发式)的充注提供了重要的参考, 是“突发式”成藏的有力证据。

在沸腾作用下的流体运移和常规情况下的流体运移是不同的。当断层开启/活动时, 无沸腾作用下高压层内流体的运移只是局部的, 即仅限于断层的附近; 运移的速度和运移的量都可能较小; 流体运移的动力机制主要是靠静水压力、构造应力等外部能量; 流体运移方式主要以平流、涌流为主, 难以发生对流; 流体运移持续的时间以线性为主。而有沸腾作用下的流体运移则完全不同, 在沸腾作用下, 整个高压层内的流体被“激活”, 流体快速涌向断裂的“出口”, 因而其影响是整个高压层的流体; 且流体的运移量和运移速度都是较大的; 在该过程中流体运移的动力机制是靠体系的内能(温度和压力); 运移方式以涌流和对流为主; 运移持续的时间是非线性的——“幕式”运移。但不可否认的是, 在断裂开启期间, 上述两种不同作用机制下油气流体最终的运移量可能是一致的。

## 3 油气流体突发式充注模式

### 3.1 断裂活动——“突发”充注型

发现沸腾包裹体的坨76井属于该类型。坨76井处于坨-胜-永断裂带中段, 胜北断层下降盘。油藏主要分布在沙三、沙四段砂体中, 为一构造-岩性油气藏。其北部的胜北断层是一条断至基岩的大断层(图2)。砂体顶为一完整的背斜构造, 砂砾岩体

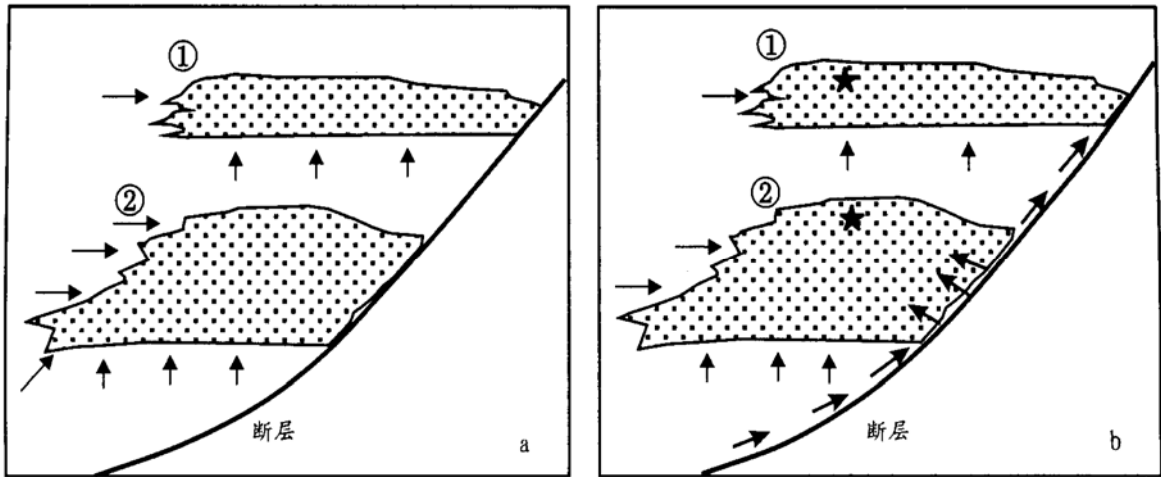


图 3 断层活动前后坨 76 井油气充注示意图

a. 断层活动前; b. 断层活动后

相对浅部常压砂体; ④深部异常高压砂体

砂体周围为源岩, 箭头代表油气运移方向和相对量的大小, 星号为发现沸腾包裹体位置

Fig. 3 Schematic map of hydrocarbon entrapment in well Tuσ76 before and after fault motion

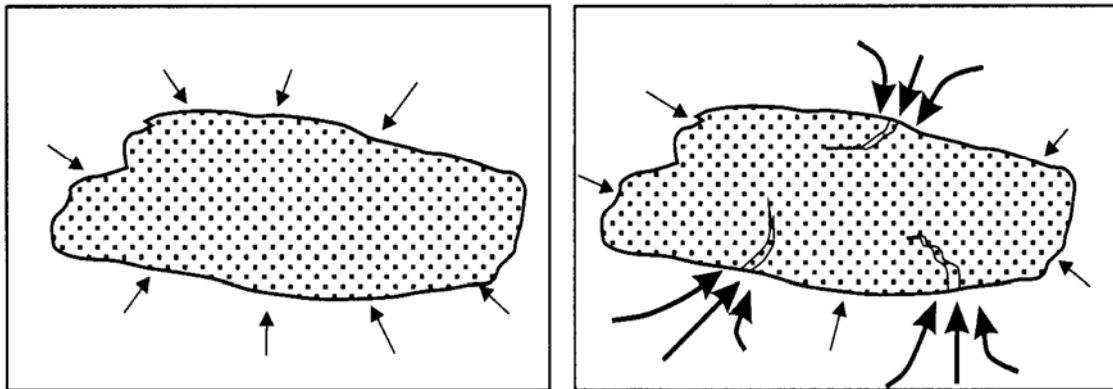


图 4 砂岩透镜体的油气充注模式

右图为砂岩体受压力破裂出现微裂缝, 油气大量从微裂缝处涌进砂岩体中。

砂体周围为源岩, 箭头代表油气运移方向和相对量的大小

Fig. 4 Hydrocarbon entrapment model of sandstone lens

处于厚层成熟油气源岩包围之中。

油源对比的结果认为, 沙三段砂体中的油来自沙四的源岩。那么, 沙四上段的油气是如何充注到沙三中的砂体来的呢? 沸腾包裹体中可看到液态、气态烃类包裹体和水包裹体同时存在, 由此推测油气运移主要是以混相运移为主的。由于胜北断裂活动时间在沙二至馆陶期, 而此时沙四段的源岩正处于生排烃的高峰, 断裂活动为油气运移提供了通道。断层的作用可使油气作快速注流式(再)运移。本井区的沙四段处于异常高压带内, 异常高压带和断裂

活动使得油气的运移可能是“突发式”的。断裂活动止于馆陶末, 因此认为坨 76 井区油气充注止于馆陶末。图 3 是由此建立的具有断裂发育的油气“突发式”充注模式。

### 3.2 砂体破裂 ——“间歇”充注型

该类型以牛庄油田砂岩透镜体油气成藏为典型例子。牛庄油田断裂较少, 是典型的岩性油气藏类型, 油层主要分布于沙三段的砂岩体透镜中。沙三中、下段的含油砂岩体均为高压低渗透的岩性油藏, 这些砂岩体周围被巨厚的生油岩包围, 因而具有成

藏的最佳油源条件。砂岩体中的石油来自邻近的生油岩。对于砂岩透镜体油藏的成藏和动力问题,目前仍有不同的看法。由于沸腾包裹体的发现,推测油往透镜砂岩体的“间歇性”充注可能是该区油气成藏的主要模式。即开始时,被生油层包围的砂岩透镜体储层以及生油层本身处于压力平衡。当油气生成经初次运移聚集形成更高的压力后,突破了砂岩透镜体的破裂压力,致使储层中的石英或长石出现微裂缝,油气通过这些微裂缝通道运移到储层中(图4)。事实上,本研究在岩石薄片下观察到许多油或油包裹体沿这种微裂缝分布的情况,证实油气通过微裂缝运移的存在;同时在长石裂理、碎屑石英裂隙和自生石英中发现了沸腾包裹体,这些都证明了油气沿微裂缝作涌流运移。随后,源岩层的压力和砂岩透镜体的压力又恢复平衡。当源岩层中的压力由于烃类不断生成、聚集而增大时,又可能再次突破砂岩透镜体的破裂压力,发生下一次油气往砂岩透镜体的充注。如此往复,直至源岩层中的油气源“枯竭”或砂岩透镜体充满油气为止。因此,这种砂岩透镜体的油气充注时间可以一直延续到现今。

上述的油气充注模式有可能是牛庄油田成藏的特点之一。不可否认的是,这种充注方式与砂岩透镜体本身的物理性质(如砂体成分、砂体结构、孔隙度和渗透率等等)有密切关系。

## 4 结论

以沸腾包裹体为基础探讨了油气成藏的充注模式问题,结合实际地质资料建立了与断裂开启/活动有关的油气充注“突发式”模式和砂岩透镜体成藏“间歇性”充注模式。油气的“突发式”充注过程在不同的地质历史时期是可能存在的,但并不能否认油气在储层或不同的通道中作缓慢的运动。在不同的

时期,可能有不同的运移方式。

致谢:胜利油田地质研究院提供了样品和有关资料,研究还得到王捷教授的支持,样品分析测定由南京大学胡文喧博士完成,在此一并致谢!

### 参考文献:

- [1] 陈红汉,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), 1997, 27(3): 343-348.
- [2] 潘长春,周中毅,解启来. 油气和含油气包裹体及其在油气地质地球化学研究中的意义[J]. 沉积学报, 1996, 14(4): 15-23.
- [3] 刘德汉. 包裹体研究——盆地流体追踪的有力工具[J]. 地学前缘, 1995, 2(4): 149-154.
- [4] O'Reilly C, Jenkin G R T, Feely M, et al. A fluid inclusion and stable isotope study of 200Ma of fluid evolution, Galway Granite, Connemara, Ireland[J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1997, 129(2-3): 120-142.
- [5] 张德全. 流体的沸腾和混合在热液成矿中的意义[J]. 地球科学进展, 1997, 12(6): 546-551.
- [6] Drummond S E, Ohmoto H. Chemical evolution and mineral deposition in boiling hydrothermal systems[J]. Econ Geol, 1985, 80: 804-826.
- [7] 卢焕章. 包裹体地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1990.
- [8] Roedder E. Fluid inclusion evidence for immiscibility in magmatic differentiation[J]. Geochim Cosmochim Acta, 1992, 56: 5-20.
- [9] Jones H D, Kesler S E. Fluid inclusion gas chemistry in east Tennessee Mississippi Valley-type district: evidence for immiscibility and implication mechanism [J]. Geochim Cosmochim Acta, 1992, 56: 137-154.
- [10] 刘斌,沈昆. 流体包裹体热力学[M]. 北京: 地质出版社, 1999. 207-208.
- [11] Hu Wenxuan, Jin Zhijun, Qiu Nansheng, et al. Boiling process of low temperature formation water in petroleum system, Qaidam Basin[J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44(Supp): 77-78.
- [12] 邱楠生,樊洪海,康永尚,等. 柴达木盆地西部地区第三系温度压力和油气分布相互关系探讨[J]. 地球物理学报, 1999, 42(6): 826-833.

## MIGRATION MODELS OF HYDROCARBON FLUIDS IN THE DONGYING DEPRESSION — EVIDENCES FROM BOILING FLUID INCLUSIONS

QIU Nan-sheng<sup>1,2</sup>, ZHANG Shan-wen<sup>3</sup>, JIN Zhi-jun<sup>1,2</sup>

(1. Key Lab for Petroleum Entrapment Mechanism in Ministry of Education, Beijing 102249, China;

2. Basin & Reservoir Research Center, University of Petroleum, Beijing 102249, China;

3. Institute of Geology, Shengli Oil Field Company, Dongying, Shandong 257015, China)

**Abstract:** Boiling fluid inclusions were identified in the hydrocarbon reservoirs of the Dongying Depression. These inclusions were found first time in the rift basins of China, and it provided very important evidences for the pulsatile or paroxysmal-typed entrapment of underground hydrocarbon fluids. In this paper, the characteristics of boiling fluid inclusions in the study area and their relations to the entrapment of hydrocarbon fluids are introduced, and the paroxysmal-typed entrapment model of hydrocarbon related to faults and sandstone lens are discussed, respectively.

**Key words:** pulsatile-typed; hydrocarbon entrapment; boiling fluid inclusion; the Dongying Depression

(continued from page 402)

## PREDICTION AND EVALUATION OF GAS RESERVOIRS IN THE LOWER SHAXIMIAO FORMATION OF XINCHANG GASFIELD, WEST SICHUAN PROVINCE

LU Zheng-xiang<sup>1</sup>, QING Chun<sup>2</sup>, ZENG Xiao-ying<sup>3</sup>

(1. Chengdu College of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China; 2. West Sichuan Gas Development

Company, Southwest Bureau of Petroleum, Chengdu, Sichuan 610081, China;

3. Research Institute of Comprehensive Geology, Southwest Bureau of Petroleum, Chengdu, Sichuan 610081, China)

**Abstract:** The gas pool in the Lower Shaximiao Formation of Xinchang gasfield is another gas-bearing interval discovered recently in the distal gas reservoirs of tight clastic rock in West Sichuan province. By study on the geophysical properties of gas-bearing sandbodies and the basic geological characteristics of the gas pool in this paper, it is summarized that the control factors of natural gas enrichment for this gas pool are mainly reservoir sedimentary microfacies and gas-bearing sand bodies show the negative reflection seismic response features of medium-strong amplitude and low impedance. Based on the acknowledge of gas pool characteristics, the gas pool is predicted and evaluated combined with favorable reservoir microfacies distribution, seismic response and other characteristics.

**Key words:** reservoir; gas pool; prediction and evaluation; Xinchang gasfield; West Sichuan province