

Timing and Stages of Oil-Gas Accumulation: A Case Study of Chang 8 Member of Triassic Yanchang Formation in Fuxian Area, Southern Ordos Basin

Na Li, Chao Ding, Yongting Zhou, Xiao Yu, Zeyu Qiao

Shaanxi Key Lab of Petroleum Accumulation Geology, School of Earth Sciences and Engineering,
Xi'an Shiyou University, Xi'an Shaanxi
Email: 925006203@qq.com

Received: Apr. 4th, 2017; accepted: Apr. 22nd, 2017; published: Apr. 27th, 2017

Abstract

Timing and stages of oil-gas accumulation (OGA) are hot spots and key frontier for petroleum accumulation geology in multi-cycle superimposed basin. As the important deep oil-gas reservoir of exploration, timing and stages of OGA of Chang 8 member of Yanchang formation in Ordos Basin are rarely reported. According to the lithofacies and fluorescence analysis of hydrocarbon fluid inclusions (FI) from sandstone samples, there are two different occurrence fluid inclusions for Chang 8 member of Yanchang formation in the study area. The first occurrence of hydrocarbon FI is banded in the quartz plus side, quartz mineral early cracks, showing brown or light green fluorescence. The second occurrence of the hydrocarbon FI is distributed in the cut-off quartz and its increased fissures, or late calcite cements, showing light yellow or yellowish green fluorescence. According to the test analysis of the homogeneous temperature of the salt water FI with the hydrocarbon FI, the early FI homogeneous temperature distribution is in a range of (85°C - 135°C) with the peak of 105°C; the late distribution is in a range of (135°C - 155°C) with the peak of 145°C. Combined with the history of tectonic thermal evolution, it reveals that the Chang 8 reservoirs went through 2-stage OGA of 164Ma and 127 Ma, which provides a new understanding for the mechanism and process of hydrocarbon accumulation in the Yanchang Formation.

Keywords

Southern Ordos Basin, Triassic, Chang 8 Formation, Fluid Inclusion, Geochronology of OGA

鄂尔多斯盆地南部富县地区三叠系延长 组长8油层组油气成藏期次与时限

李娜, 丁超, 周永婷, 余晓, 乔泽宇

西安石油大学, 地球科学与工程学院, 陕西省油气成藏地质学重点实验室, 陕西 西安
Email: 925006203@qq.com

收稿日期: 2017年4月4日; 录用日期: 2017年4月22日; 发布日期: 2017年4月27日

摘要

多旋回叠合盆地的油气成藏期次与时限研究是成藏地质学研究热点及前缘领域。鄂尔多斯盆地延长组长8油层组作为深层油气勘探的重点层位, 其成藏期次与时限鲜有报道。根据含油气砂岩样品的包裹体薄片岩相学与荧光分析, 研究区存在两期不同产状的烃类流体包裹体(FI), 第一期烃类FI呈带状分布在石英加大边、石英矿物早期裂缝中, 显示褐色或浅绿色荧光; 第二期烃类FI分布在切穿石英及其加大边裂缝, 或晚期方解石胶结物, 显示浅黄色或黄绿色荧光。根据与烃类FI同期的盐水FI均一温度的测试分析, 早期FI均一温度分布在85℃~135℃, 峰值接近105℃; 晚期分布在135℃~155℃, 峰值接近145℃。结合构造热演化史, 该区存在两期幕式充注成藏过程, 主要成藏时限为164 Ma和 127 Ma。为盆地延长组油气成藏机理及过程研究提供了新认识。

关键词

鄂尔多斯盆地南部, 三叠系, 长8油层组, 流体包裹体, 成藏年代学

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

多旋回叠合盆地油气成藏年代学研究不仅是油气成藏地质学重要的研究内容, 更是油气成藏过程与机理研究的前沿和热点问题。传统的油气成藏年代学研究方法包括: 圈闭时间形成法、烃源岩生、排烃法、油气藏饱和压力法、油气地球化学法等[1] [2] [3] [4], 这些方法只是定性分析油气成藏的最早时间或是最晚时间, 无法精细刻画油气成藏期次与时限。2000年以来, 随着成岩流体包裹体在油气地质学方法的逐渐应用, 地质学家应用流体包裹体均一温度, 结合储层成岩演化过程、构造热演化历史, 间接获取油气成藏期次与时间, 极大推动了油气成藏年代学由定性向定量化方面研究[5] [6] [7] [8]。对于多旋回沉降与多旋回抬升改造、多期生烃与多次充注成藏的叠合沉积盆地而言, 流体包裹体间接定为油气成藏年代学提供了一个有效方法, 但对于划分油气成藏期次与热演化史投影关系上仍然存在不同认识。

鄂尔多斯盆地三叠系为中生界重要的含油层系, 已有勘探表明, 盆地三叠系油藏为典型的构造-岩性油气藏或岩性油气藏, 储层致密、非均质性强, 探明的含油储层受沉积相、储层物性、含油性控制, 具有平面大面积连片、上下复合叠加的特点[9] [10] [11]。但目前为止, 对于三叠系油气成藏年代学研究相对较少, 尤其对于三叠系深层油气(长8~长10油层组)成藏期次与时间更知之甚少[12] [13] [14]。为此, 本次研究选择鄂尔多斯盆地南部延长组长8油层组为重点层位, 基于已发现有长8油藏工业油流钻井岩心砂岩薄片分析、荧光分析、FI均一温度测试, 结合盆地南部三叠系长8油层组构造热演化史, 综合分析鄂尔多斯盆地三叠系延长组长8油层组油气成藏期次与时限, 为盆地三叠系延长组深层油气成藏机理与成藏动力学研究提供重要基础信息。

2. 区域地质特征

研究区所在的鄂尔多斯盆地为中国大型能源沉积盆地，聚集石油、天然气、煤炭、铀矿、镓矿等多种能源矿产，是我国最早发现油气的沉积盆地之一。鄂尔多斯盆地处于我国东部与西部构造体系的过渡部位(图 1(a))，受到反复拉涨与挤压作用的影响，发育多期构造不整合面，整体表现为多构造叠加、多期沉积-沉降、多演化阶段，为多旋回叠加复合沉积盆地。而盆地内部构造简单、沉降稳定、断裂较少，经过新生代以来的周缘断陷活动，最终铸成四面环山的构造格局(图 1(b))。盆地基底由太古界到元古界多套变质岩系所组成，古生代演变为海相沉积环境，发育多套碳酸盐沉积岩系；中生代由于秦岭洋的闭合，鄂尔多斯盆地成为独立的陆内沉积盆地，发育陆相碎屑岩沉积，为中生界重要的含油层系(图 1(c))；新生代以来，盆地主体抬升剥蚀，第四纪被黄土覆盖，遭受风化、雨水淋滤后形成现今沟壑纵横的黄土地貌。

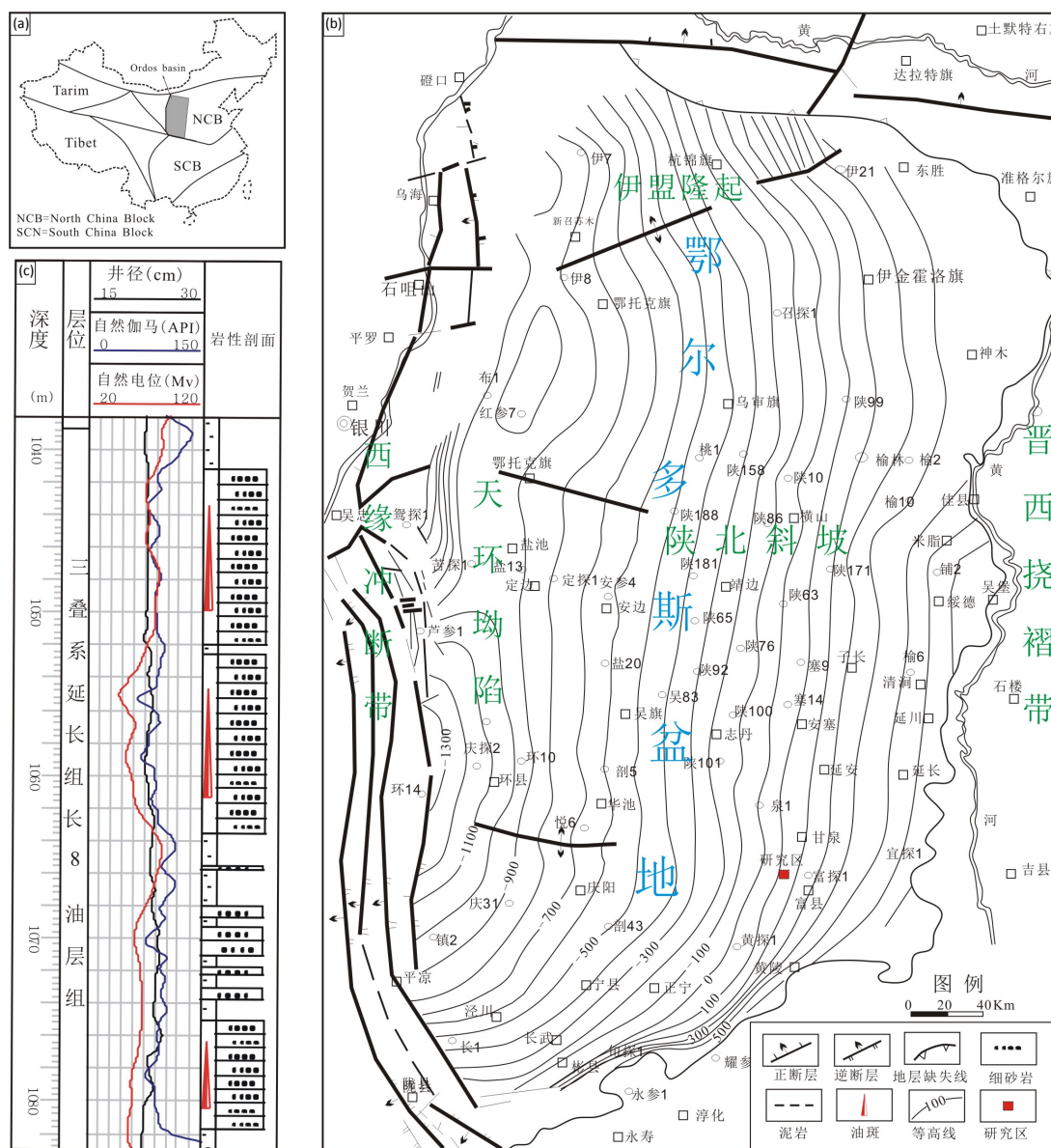


Figure 1. Regional structure and sedimentary of Chang 8 member of Yanchang formation in Ordos Basin

图 1. 鄂尔多斯盆地构造简图与延长组长 8 油藏沉积概况

3. 原理方法与包裹体分析测试

3.1. 原理与方法

流体包裹体(FI)是在成矿或成岩过程中, 由于矿物晶格缺陷或微裂缝而捕获的流体样品[15]。而与油气相关的 FI 是指沉积盆地里矿物在成岩时, 油气充注 - 成藏并被捕获在石英及其加大边、方解石胶结物或后期的微裂隙中的 FI。成藏后含油气的 FI 及其共生的盐水 FI 如果没有受到后期流体或构造运动的破坏, 即始终处于相对封闭和等容的体系中, 实验中所测得的 FI 均一温度可以代表油气充注-成藏过程中所记录的古温度, 进而结合古地温与年代的 t-T 曲线获取油气成藏年代学信息。

流体包裹体特征分析与均一温度测试在西安石油大学陕西省油气成藏地质学重点实验室完成, 利用 Nikon LV100POL 荧光偏光显微镜和英国的 LINKAM 生产的 THMS600 型冷热台, 室温 20℃ 条件下, 对 FI 荧光性、岩相学、均一温度进行分析测试。

FI 均一温度测试流程: (1) 将 FI 薄片用无水酒精浸泡 1~2 小时, 使载玻片与 FI 砂岩薄片分离; (2) 将 FI 砂岩薄片分隔成 2×2 cm 大小, 放入 THMS600 型冷热台中, 调节显微镜聚焦到测试 FI; (3) 加热升温, 控制升温速率 $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。(4) FI 接近均一化时, 升温速率降为 $1^{\circ}\text{C} \sim 3^{\circ}\text{C}/\text{min}$, FI 由气液两相变为均一相, 记录此刻温度即为 FI 均一温度。

3.2. 流体包裹体分析与测试

3.2.1. 流体包裹体特征分析

利用 Nikon LV100POL 荧光偏光显微镜对流体包裹体薄片进行包裹体荧光性和岩相学分析(图 2): 烃类 FI 主要发育两期, 第一期分布在第一期烃类 FI 呈带状分布在石英加大边、石英矿物早期裂缝中,

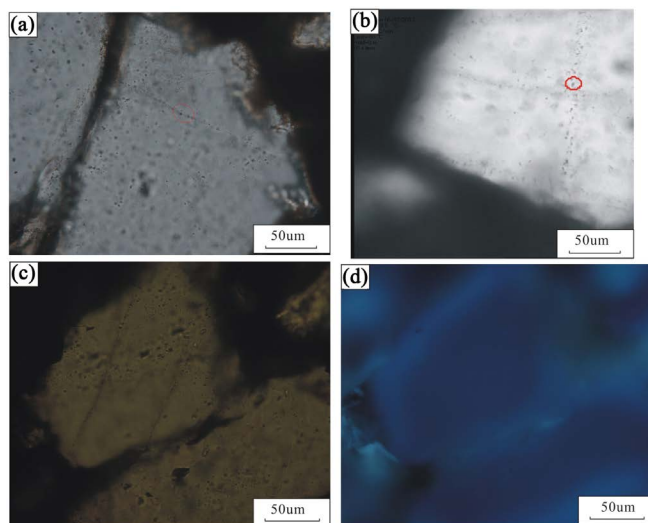


Figure 2. Fluid inclusion (FI) and its occurrence of Chang 8 member of Yanchang formation of southern Ordos Basin. (a) FZ183 well Triassic extension group Chang 8 sandstone along quartz fractures developed dark brown hydrocarbon FI and salt water FI; (b) FZ206 well extension group length 8 sandstone along the cut-off quartz and its early crack distribution light brown hydrocarbons FI and salt water FI; (c) FX84 well along the quartz particles within the cracks developed dark brown - brown hydrocarbons FI and salt water FI; (d) FX84 well fluorescence excitation FI showed light blue fluorescence, while quartz particles between the asphalt material residue.

图 2. 盆地南部延长组长 8 油藏流体包裹体(FI)特征与赋存产状。(a) FZ183 井三叠系延长组长 8 砂岩沿石英裂缝发育深褐色烃类 FI 与盐水 FI; (b) FZ206 井延长组长 8 砂岩沿切穿石英及其早期裂缝分布浅褐色烃类 FI 与盐水 FI; (c) FX84 井沿石英颗粒内部裂缝发育深褐色 - 褐色烃类 FI 与盐水 FI; (d) FX84 井荧光激发 FI 显示浅蓝色荧光, 同时石英颗粒间见沥青物质残余

显示褐色或浅绿色荧光；第二期烃类 FI 分布在切穿石英及其加大边裂缝，或晚期方解石胶结物，显示浅黄色或黄绿色荧光。烃类 FI 丰度(GOI)主要分布在 3%~6%之间，FI 形状多为球形或椭圆柱体，直径分布在 5~10 μm 之间，气液比值 $\leq 5\%$ ，计算盐度主要分布在 1.21%~15.84%。

因此，根据 FI 岩相学和荧光性分析，鄂尔多斯盆地南部富县地区三叠系延长组长 8 油层组发育 1~2 期流体包裹体，且在砂岩孔隙中见到黑色沥青等有机物质。

3.2.2. 流体包裹体均一温度

利用英国的 LINKAM 生产的 THMS600 型冷热台，选择与烃类 FI 共存的盐水 FI 进行均一温度和冰点温度的测试(表 1)，流体包裹体均一温度主要分布在 85 $^{\circ}\text{C}$ ~155 $^{\circ}\text{C}$ 之间，分布范围较广，进一步根据 FI 岩相学与荧光性分析，结合 FI 均一温度直方图形态，FI 均一温度主要分布在两个区间，早期 FI 均一温度分布在 85 $^{\circ}\text{C}$ ~125 $^{\circ}\text{C}$ ，峰值接近 105 $^{\circ}\text{C}$ ；晚期分布在 125 $^{\circ}\text{C}$ ~155 $^{\circ}\text{C}$ ，峰值接近 145 $^{\circ}\text{C}$ (图 3)。

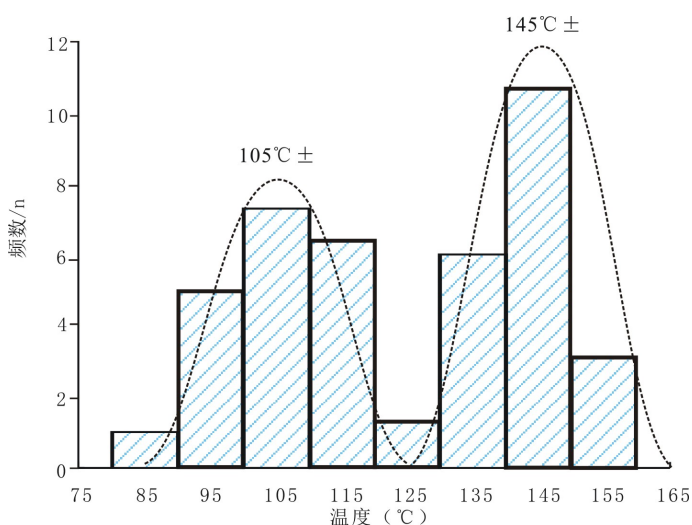


Figure 3. Statistical of homogenization temperature of Chang 8 member of Yanchang formation in study area

图 3. 研究区三叠系延长组长 8 油层组 FI 均一温度统计

Table 1. Homogenization temperature and characteristics of fluid inclusion of Chang 8 member of Yanchang formation in study area

表 1. 研究区延长组长 8 油藏流体包裹体(FI)均一温度及特征

样品	层位	产状	盐度/%	FI 均一温度/ $^{\circ}\text{C}$ 及测点个数(n)	FI 特征
FX84	长 8	石英加大边、 石英内部裂缝、 方解石胶结物	1.15~13.65	86~158 (n = 30)	3% \leq GOI \leq 6%，气液比值 \leq 5%， 褐色烃类 FI，浅蓝色荧光， 粒间见黑色沥青。
FZ184	长 8	切穿石英加大边裂缝、 沿加石英加大边内部	1.21~15.84	82~155 (n = 25)	3% \leq GOI \leq 5%，气液比值 \leq 5%， 褐色-浅褐色烃类 FI， 浅蓝色-浅蓝绿色荧光。
FZ183	长 8	石英加大边、 石英早期裂缝、 切穿石英加大边裂缝	1.05~13.52	85~150 (n = 37)	3% \leq GOI \leq 5%，气液比值 \leq 5%， 褐色浅褐色烃类 FI， 浅蓝色-浅蓝绿色荧光， 石英颗粒间见黑色沥青。
FZ206	长 8	切穿石英加大边裂缝、 方解石胶结物、 石英大边	1.28~13.29	81~157 (n = 22)	3% \leq GOI \leq 6%，气液比值 \leq 5%， 褐色烃类 FI， 浅蓝色-浅蓝绿色荧光，黑色沥青。

因此,根据包裹体的岩相学、荧光性、均一温度分析,盆地南部富县地区三叠系延长组长8油藏总体上经历了1~2期油气充注成藏过程。

4. 油气成藏时序

根据流体包裹体均一温度,结构构造热演化史,合理进行均一温度与构造热演化史投点,可获得盆地南部三叠系延长组长8油层组油气成藏年代(图4)。鄂尔多斯盆地晚白垩世以来经历了多旋回抬升改造,最大剥蚀厚度达2000 m以上,为避免剥蚀厚度恢复而造成的误差,本次研究选择了长8地层的热演化史t-T曲线进行投点分析油气成藏的主要时限。结果表明:三叠纪末期至白垩世早期,研究区长8油层组经历了缓慢沉降沉积增温作用(沉积增温速率 $1.31^{\circ}\text{C}/\text{Ma}$,沉积速率为 $32.75\text{ m}/\text{Ma}$,地温梯度取值为 $4.0^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$),长8地层温度接近 85°C ,油气开始进入长8储层,主要聚集成藏时限为164 Ma。白垩世早期至白垩世中期,盆地开始沉降沉积增温有所减缓(沉积增温速率 $1.13^{\circ}\text{C}/\text{Ma}$,沉积速率为 $28.25\text{ m}/\text{Ma}$,地温梯度取值为 $4.0^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$),烃源岩开始大量生烃排烃,此时为延长组长8油层组主要成藏时期,经过构造热演化史投点分析,主要聚集成藏时限为白垩世中期(127 Ma)。因此,鄂尔多斯盆地南部三叠系延长组长8油层组总体经历了晚侏罗世(164 Ma)的低温成藏和白垩世中期(127 Ma)高温成藏过程。

5. 主要结论与认识

通过研究区三叠系延长组长8油层组流体包裹体的系统研究,探讨分析了长8油藏的成藏期次与时限。

(1) 根据含油气砂岩流体包裹体岩相学与荧光性分析,识别出两期流体包裹体:第一期烃类FI呈带状分布在石英加大边、石英矿物早期裂缝中,显示褐色或浅绿色荧光($3\% \leq \text{GOI} \leq 5\%$);第二期烃类FI分布在切穿石英及其加大边裂缝,或晚期方解石胶结物,显示浅黄色或黄绿色荧光($4\% \leq \text{GOI} \leq 6\%$)。

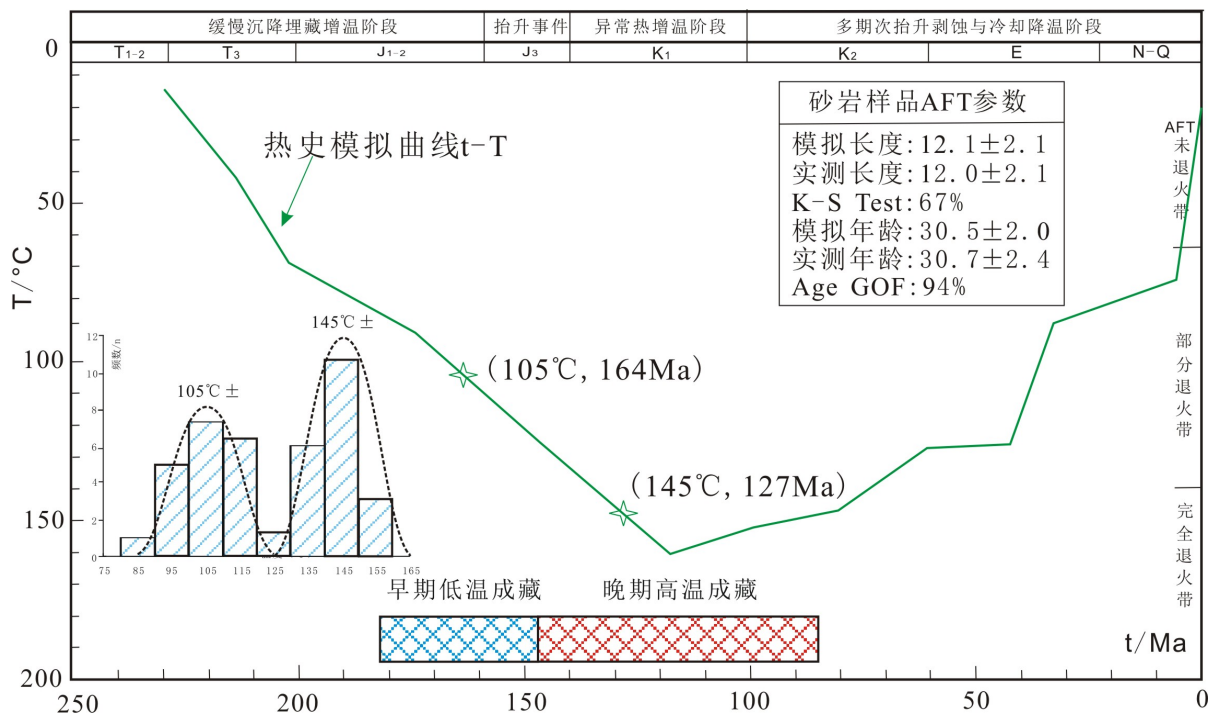


Figure 4. Timing of oil-gas accumulation of Chang 8 member of Triassic Yanchang formation in study area

图4. 研究区三叠系延长组长8油藏成藏时限

(2) 基于包裹体均一温度和冰点温度的测试,结合盐度计算公式,早期FI均一温度分布在85℃~135℃,峰值接近105℃,盐度分布在3.2%~14.5%之间;晚期分布在135℃~155℃,峰值接近145℃,盐度分布在5.5%~16.3%之间。结合构造热演化史,研究区长8油藏经历了晚侏罗世(164 Ma)的低温成藏和白垩世中期(127 Ma)高温成藏过程。

致 谢

感谢西安石油大学陕西省油气成藏地质学重点实验室提供实验仪器与帮助。本次研究由大学生创新创业训练计划项目(编号:201510705247)、陕西省教育厅专项科研项目(编号:16JK1599)和西安石油大学博士科研启动基金项目(编号:2014BS04)联合资助。

参考文献 (References)

- [1] Mclimans, R.K. (1987) The Application of Fluid Inclusions to Migration of Oil and Diagenesis in Petroleum Reservoir. *Application Geochemistry*, 2, 585-603. [https://doi.org/10.1016/0883-2927\(87\)90011-4](https://doi.org/10.1016/0883-2927(87)90011-4)
- [2] 陈红汉. 油气成藏年代学研究进展[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(2): 143-150.
- [3] 李明诚, 马成华, 胡国艺, 等. 油气藏的年龄[J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(6): 653-656.
- [4] 赵靖舟. 油气包裹体在成藏年代学研究中的实用实例分析[J]. 地质地球化学, 2002, 30(2): 83-89.
- [5] 陈刚, 丁超, 徐黎明, 等. 多期次油气成藏流体包裹体间接定年——以鄂尔多斯盆地东北部二叠系油气藏为例[J]. 石油学报, 2012, 33(6): 1003-1011.
- [6] 丁超, 陈刚, 郭兰, 等. 鄂尔多斯盆地东北部上古生界油气成藏期次[J]. 地质科技情报, 2011, 35(6): 69-73.
- [7] 李荣西, 席胜利, 邸领军. 用储层油气包裹体岩相学确定油气成藏期次: 以鄂尔多斯盆地陇东油田为例[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(2): 194-199.
- [8] 陶士振. 自生矿物序次是确定包裹体期次的根本依据[J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(2): 154-160.
- [9] 刘池阳. 盆地多种能源矿产共存富集成藏(矿)研究进展[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 1-266.
- [10] 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002: 23-162.
- [11] 杨华, 邓秀芹. 构造事件对鄂尔多斯盆地延长组深水砂岩沉积的影响[J]. 石油勘探与开发, 2013, 40(5): 513-520.
- [12] 刘超, 王震亮, 刘池洋, 等. 鄂尔多斯盆地延长矿区延长组流体包裹体特征[J]. 地质学报, 2009, 30(2): 215-220.
- [13] 梁宇. 子长油田延长组油气藏特征与油气成藏规律研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西北大学地质学系, 2011.
- [14] 唐建云. 鄂尔多斯盆地定边地区延安组-延长组石油成藏条件差异及主控因素研究[D]: [博士学位论文]. 西安: 西北大学地质学系, 2014.
- [15] 卢焕章, 范宏瑞, 倪培. 流体包裹体[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 1-170.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ag@hanspub.org