

DOI: 10.16108/j.issn1006-7493.2017035

麦盖提斜坡玛南构造带鹰山组包裹体古流体压力特征

斯尚华^{1,2}, 陈红汉², 李纯泉², 李培军², 陈旭³

1. 西安石油大学地球科学与工程学院, 西安 710065;

2. 中国地质大学(武汉)资源学院, 武汉 430074;

3. 中国石油东方地球物理公司研究院, 涿州 072751

摘要: 储层中流体古压力特征对刻画油气充注状态具有指示意义, 流体包裹体PVTx热力学模拟应用包裹体组分、均一温度和气液比, 结合模拟软件可以恢复包裹体被捕获时的古流体压力, 以塔里木盆地麦盖提斜坡玛南构造带鹰山组为例, 首先应用激光共聚焦扫描显微镜测量油包裹体气液比, 然后通过冷热台显微测温获得流体包裹体均一温度, 最后通过荧光光谱仪, 研究原油成熟度, 综合划分了油气充注幕次并恢复了各幕次流体古压力, 该应用有效区分了不同幕次流体古压力值。研究结果表明: 玛南构造带鹰山组存在2期油气充注, 第1期发生在海西中晚期, 主要充注发橙色荧光的原油, 其油包裹体均一温度范围43~59.2℃, 伴生的同期盐水包裹体均一温度范围58.1~85.3℃, 古流体压力为13.63~14.78 MPa, 依据油包裹体荧光光谱参数判断该期原油为低成熟原油; 第2期发生在喜山期晚期, 主要充注发黄绿色、蓝绿色、蓝白色荧光颜色的原油, 其油包裹体均一温度范围66~142.3℃, 伴生的同期盐水包裹体均一温度范围95.4~189.2℃, 古流体压力为20.09~33.52 MPa, 该期原油为中—高成熟度。研究结果有助于深化勘探区油气成藏规律的认识。

关键词: 流体包裹体; PVTx模拟; 古压力; 玛南构造带

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

文章编号: 1006-7493 (2017) 04-0706-09

Paleo-pressure of Fluid Inclusion in the Yingshan Formation Reservoirs of the Manan Structural Belt, Maigaiti Slope

SI Shanghua^{1,2}, CHEN Honghan², LI Chunquan², LI Peijun², CHEN Xu³

1. School of Earth Sciences and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xian 710018, China;

2. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

3. Geophysical Research Institute BGP CNPC, Zhuozhou 072751, China

Abstract: The reservoir paleo-pressure has implications to investigate the oil and gas charging events. This paleo-pressure can be restored by using PVTx thermal dynamics simulation of reservoir fluid inclusions based on components, homogenization temperatures and gas liquid ratio in combination with simulation software. A case study of the Ordovician Yanshan Formation in the Manan structural belt of the Maigaiti slope, Tarim Basin was conducted. First, the gas-liquid ratio of oil inclusion was measured by laser confocal scanning microscopy. Then, the fluid inclusion homogenization temperature was obtained by a heating/freezing system. Finally, the maturity of oil was studied by the fluorescence spectrometer. The oil and gas charging events and the pressure of each stage of fluid charging were recovered. The application of this methodology can effectively distinguish the paleo-pressure values of the different stages of fluid charging. Results show that there are two phases of oil and gas charging in the Yanshan Formation of the Manan structural belt. The first

收稿日期: 2017-03-15; 修回日期: 2017-05-18

基金项目: 国家重点基础研究发展项目“973”计划(2012CB214804); 西安石油大学青年科技创新基金项目(2014BS06); 陕西省教育厅重点实验室项目(16JS087)联合资助

作者简介: 斯尚华,男,1981年生,博士,油气成藏地质方向; E-mail: sishanghua0724@qq.com

phase occurred in the middle and late Hercynian, mainly charging with orange fluorescent oil. The oil inclusions have a homogenization temperature range of 43~59.2°C, associated with the same period of aqueous inclusions, whose homogenization temperature ranges at 58.1~85.3°C. The paleo-pressure of reservoir fluid was 13.63~14.78 MPa, and the crude oil was of low maturity according to the fluorescence parameters of oil inclusion. The second stage occurred in the late Himalayan period, mainly filled with yellow-green, blue-green, blue-white fluorescence color of crude oil. The oil inclusion homogenization temperature ranges at 66~142.3°C, associated with the same period of aqueous inclusion, whose homogenization temperature is of 95.4~189.2°C. The paleo-pressure of reservoir fluid is of 20.09~33.52 Mpa. The crude oil was of medium-high maturity. The results of this study can help to improve the understanding of hydrocarbon accumulation in the exploration area.

Key words: fluid inclusion; PVTx simulation; paleo-pressure; Manan structural belt

First author: SI Shanghua, Ph. D.; E-mail: sishanghua0724@qq.com

麦盖提斜坡是塔里木盆地西南坳陷内的次级构造单元，整体呈北西西—南东东向展布（吕修祥等，2010；张旭光，2012；邬光辉等，2012；马红强等，2016）。玛南构造带位于麦盖提斜坡东南部（图1），构造带内奥陶系主要发育中-下统鹰山组和下统蓬莱坝组，其余层位基本缺失，并且已在玉北1井鹰山组获得工业油气流（吴礼明，2010；张仲培等，2011；王晶等，2012）。前人从构造演化、沉积、储集层、成藏特征等方面对麦盖提斜坡做了大量研究工作（范明和郑冰，2001；余晓宇等，2003；刘高波等，2004），但针对玛南构造带的研究成果较少。本文从包裹体古流体压力特征着手，分析玛南构造带鹰山组油气成藏期次及各期次流体压力，以期对研究区油气勘探有所裨益。

1 流体包裹体PVTx模拟基本原理

自Aplin等（1999）应用PVTsim热力学模拟软件成功恢复了单个包裹体被捕获时的古压力以来，利用烃类流体包裹体与盐水包裹体不混溶捕获而发展起来的烃类流体的PVT热力学模拟方法已日益朝着高精度方向发展，近些年来，相应的模拟软件也得到普遍应用，如CALSEP公司开发的VTflinc模拟软件、法国国家研究中心（CNRS）开发的PIT模拟软件。本文将采用CALSEP公司的VTflinc软件恢复玛南构造带奥陶系鹰山组古流体压力。古压力模拟步骤为：（1）实验室运用共聚焦激光扫描显微镜（Confocal Laser Scanning Microscopy）精确地测定单个油包裹体的气/液比；（2）采用VTFLINC软件流体包裹体

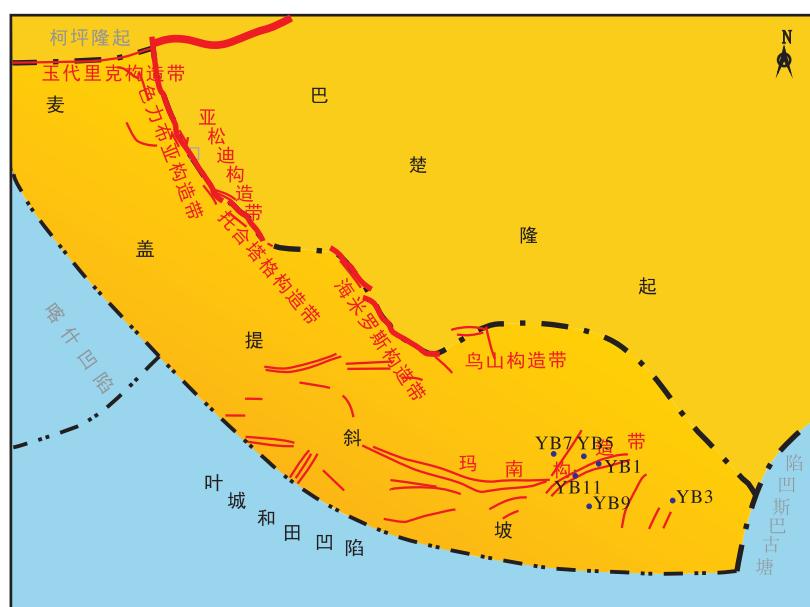


图1 研究区构造位置及采样井分布

Fig. 1 Structural location of the study area and distribution of sampling well

组分模块作为油包裹体成分的近似代表,来构筑该油包裹体的P-T相图和等容线;(3)采用测定的油包裹体及其共生盐水包裹体的均一温度,运用同期盐水包裹体近似作为油包裹体捕获时的地层温度与油包裹体所确定的化学体系在P-T空间投影的等容线的交点来确定流体包裹体捕获时的最小压力(如图2)。图2中,ABC线为油包裹体等容线,AB段为气液两相共存,到B点均为液相;ThB为油包裹体均一温度, ThC为同期盐水包裹体均一温度。利用ThC近似于该期次流体包裹体的捕获温度这一假设条件,与油包裹体等容线对应的压力,即为最小捕获压力。

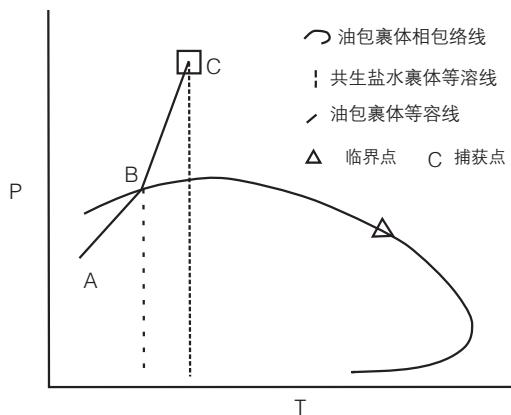


图2 PVT_x热力学模拟原理图

Fig. 2 Schematic diagram showing the basic theory of PVT_x thermal dynamics simulation (modified after Munz, 2001)

2 PVT_x模拟在麦盖提斜坡玛南构造带的应用

2.1 流体包裹体岩相学特征

将采集于玛南构造带奥陶系鹰山组的6口井25块岩样制成双面抛光的流体包裹体薄片,采用Nikon 80I双通道荧光显微镜,配Linkam THMS600液氮型冷热台和Maya 2000Pro光谱仪进行了流体包裹体系统测试分析,本次实验在中国地质大学(武汉)构造油气资源教育部重点实验室中含烃流体地质实验室完成。其中冷热台测温精度为±0.1℃,紫外光激发波长介于330~380 nm。

首先在显微镜下对样品中包裹体进行综合观察和鉴定。样品岩性主要为灰岩、白云质灰岩,其中烃类包裹体各井均有发育,发育程度较为丰富,检测到的烃类包裹体类型主要有以下4种:气

液两相油包裹体、单一液相油包裹体、纯气相包裹体和气—油—水三相油包裹体,其中前二者占烃类包裹体总数的绝大部分。烃类包裹体大小不一、形态各异,但其大小多分布在2~20 μm之间,形状主要为椭圆形、三角形、方形及不规则形。在荧光显微镜下观察发现,油包裹体主要有橙色、黄绿色、蓝绿色、蓝白色4种荧光颜色(图3)。检测到与4种荧光颜色同期的盐水包裹体较多,主要赋存于溶孔充填亮晶方解石、方解石胶结物和方解石脉中,玛南构造带YB1、YB3、YB5井鹰山组的样品中盐水包裹体发育较好。

烃类包裹体的荧光光谱参数中最大主峰波长λ_{max}、光谱波长650 nm和550 nm处的相对强度比值(Q)、波长720 nm和波长535 nm所限定的面积与波长535 nm和波长420 nm所限定面积之比(QF535)可以反映烃类包裹体中烃类的成熟度(Roedder, 1970; Coveney, 1987; Pironon, 1998),这3个参数越大反映原油成熟度越低(李荣西等,1998; 李兆奇等, 2008),因此基于该区烃类包裹体的3项荧光光谱参数结合荧光颜色认为研究区存在4幕油充注(表1)。

2.2 流体包裹体显微测温

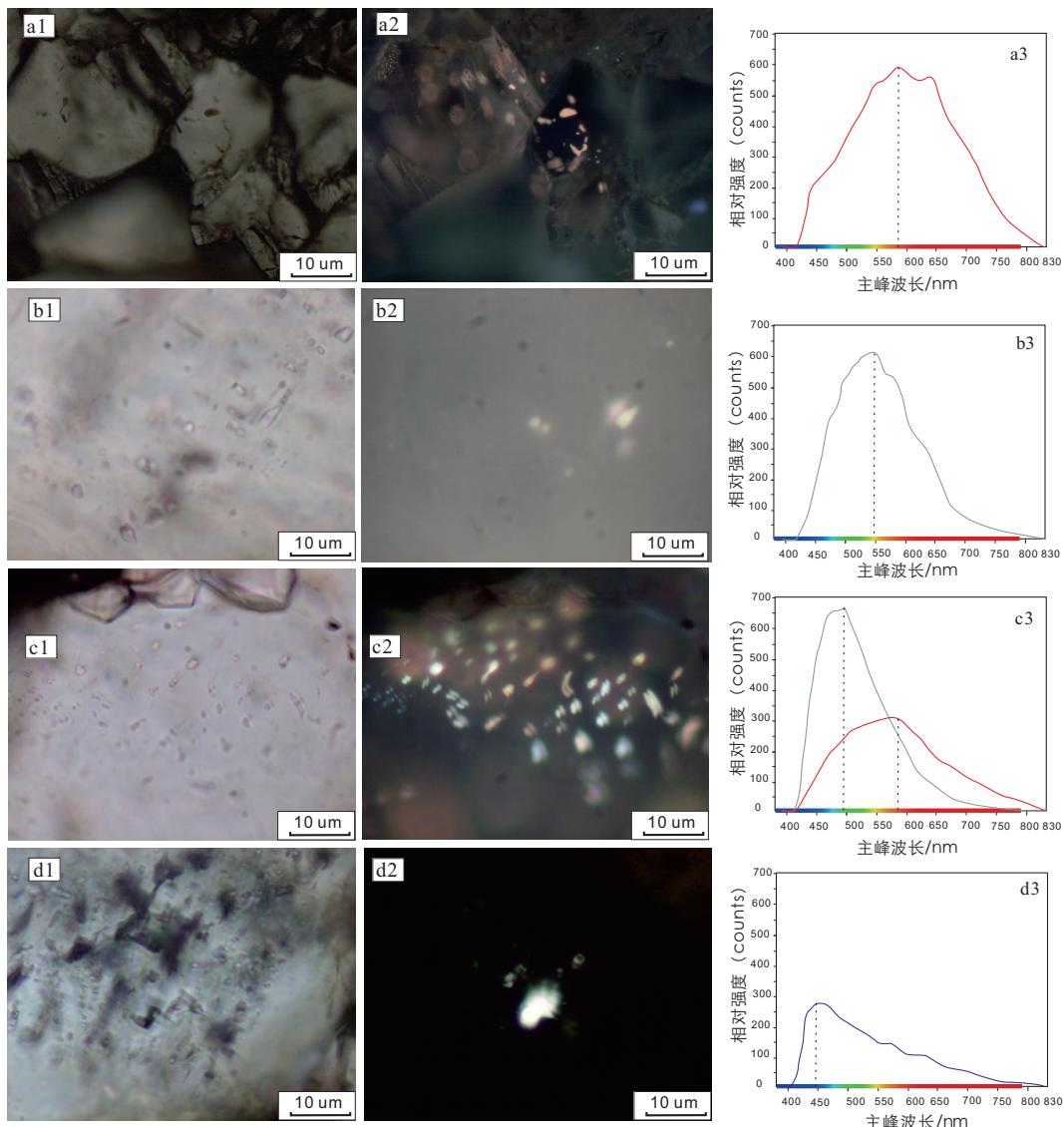
用Linkam MDS600型全自动冷热台对包裹体中烃、水组分及其相变特征进行均一法和冷冻法测定。根据样品中包裹体产状、分布特征以及均一温度、盐度的测定结果,认为玛南构造带鹰山组存在4幕油充注及其伴生的4幕同期盐水充注(图4)。

第Ⅰ幕发橙色荧光油包裹体均一温度范围43~59.2℃,伴生的同期盐水包裹体均一温度范围58.1~85.3℃;第Ⅱ幕发黄绿色荧光油包裹体均一温度范围66~89.6℃,伴生的同期盐水包裹体均一温度范围95.4~114.7℃;第Ⅲ幕发蓝绿色荧光油包裹体均一温度范围94.1~111.5℃,伴生的同期盐水

表1 玛南构造带鹰山组油包裹体荧光参数

Table 1 Fluorescence parameters of oil inclusion in the Yingshan Formation of the Manan structural belt

烃类包裹体	荧光颜色	λ _{max}	Q	QF535
油包裹体	橙色	580.5~643.8	0.9~1.80	1.98~3.99
油包裹体	黄绿	536.4~547.2	0.50~0.93	1.30~2.19
油包裹体	蓝绿	491.6~518.3	0.19~0.7	0.65~1.58
油包裹体	蓝白	457.5~469.3	0.21~0.43	0.62~1.01



a1与a2: YB3井, 5444.8 m, O_{1-2y}, 灰岩, 溶孔充填方解石中见大量发橙色荧光油包裹体; b1与b2: YB7井, 6373.4 m, O_{1-2y}, 灰岩, 裂缝充填方解石中见少量发黄绿色荧光油包裹体; c1与c2: YB5井, 5409 m, O_{1-2y}, 灰岩, 溶孔充填方解石中见大量发蓝绿色、橙色油包裹体; d1与d2: YB5井, 5339.4 m, O_{1-2y}, 灰岩, 裂缝充填方解石中见少量发蓝白色荧光油包裹体(右为荧光, 左为透射光; a3、b3、c3、d3为显微光谱图)

a1 and a2: YB3 well, 5444.8 m, O_{1-2y}, limestone, a large amount of orange fluorescence oil inclusions were observed in the calcites filling in dissolved pores; b1 and b2: YB7 well, 6373.4 m, O_{1-2y}, limestone, a small amount of yellow-green fluorescence oil inclusions were observed in the crack-filling calcites; c1 and c2: YB5 well, 5409 m, O_{1-2y}, limestone, a large amount of orange and blue-green fluorescence oil inclusions were observed in the calcites filling in dissolved pores; d1 and d2: YB5 well, 5339.4 m, O_{1-2y}, limestone, a small amount of blue-white fluorescence oil inclusions were observed in the crack-filling calcites. The photographs on the right and left were captured under fluorescence and transmitted lights, respectively. a3, b3, c3 and d3 are microscopic spectra

图3 玛南构造带鹰山组代表性油包裹体荧光颜色及显微荧光谱图

Fig. 3 Fluorescence color and microscopic fluorescence spectra of representative oil inclusions in the

Yingshan Formation of the Manan structural belt

包裹体均一温度范围 111.5~128.3℃; 第Ⅳ幕发蓝色油包裹体均一温度范围 121.9~142.3℃, 伴生的同期盐水包裹体均一温度范围 128.5~189.2℃。

2.3 烃包裹体气液比测定

利用激光共聚焦扫描显微镜 (CLSM) 对选定的烃包裹体进行分层激光扫描, 最后将三维图象

叠加后测量、计算液/气比。由于受到效率的约束, 笔者仅挑出部分油包裹体进行了激光共聚焦二维扫描 (图 5)。本次实验测试仪器型号为 LEICA-DM5500, 激发波长为 405 nm, 工作电压设为 900V; 利用 LAS AF 软件进行包裹体二维图像采集, 垂向采样间隔为 1μm; 使用 Feica MM AF 软

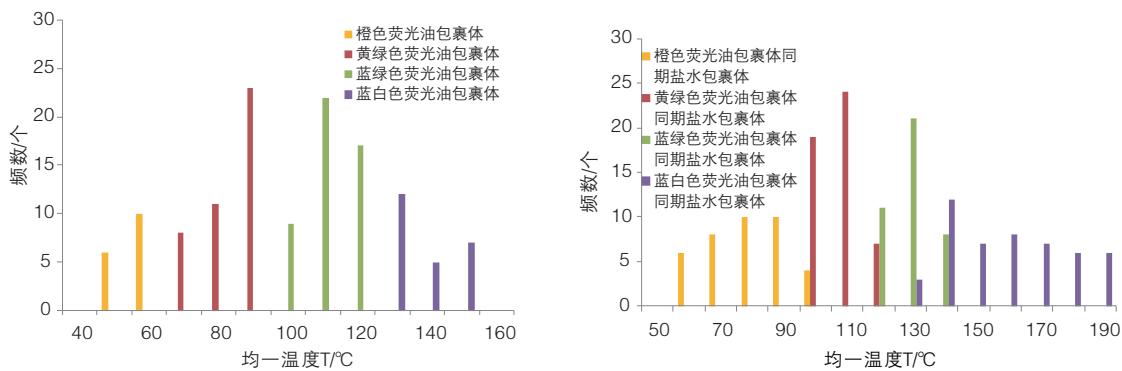


图4 玛南构造带鹰山组油包裹体(左)和同期盐水包裹体(右)均一温度

Fig. 4 Homogenization temperatures of oil inclusions (left) and their coeval aqueous inclusions (right) in the Yingshan Formation of the Manan structural belt

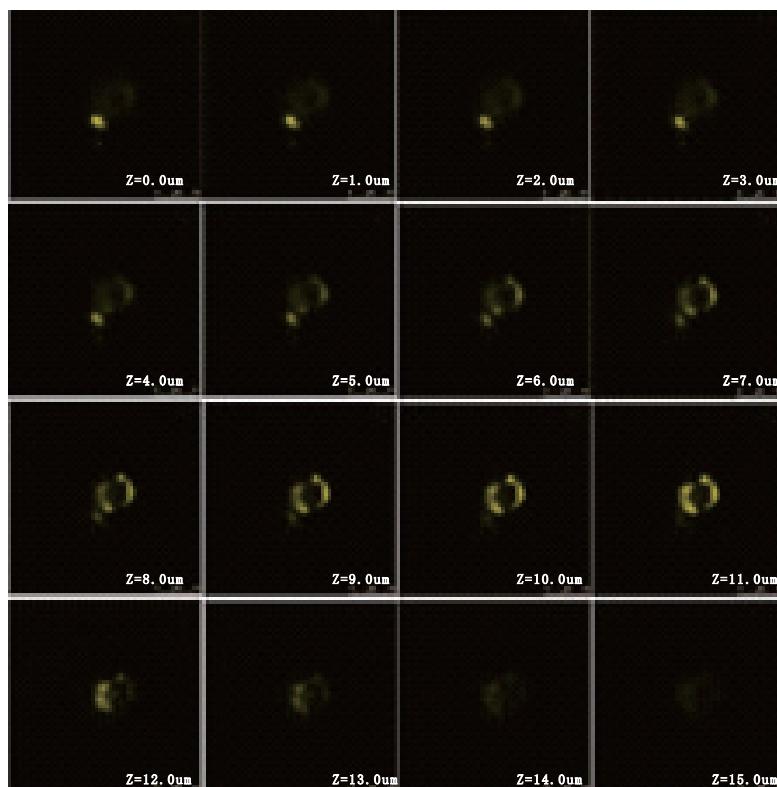


图5 油包裹体激光共聚焦显微镜连续扫描的二维切片

Fig. 5 Two-dimensional slices of continuous scanning on oil inclusions analyzed by CLSM

件进行三维模型重构，部分测试结果如表2。

2.4 包裹体PVTx模拟恢复鹰山组流体古压力

利用VTFLINC软件模拟计算油包裹体的最小捕获压力：在程序中输入成分摩尔百分含量和均一温度，软件模拟计算出烃包裹体均一温度下的摩尔体积、饱和压力和密度，并计算出室温下的饱和压力。由于室温下烃包裹体是由液加气组成，室温下的饱和压力要比包裹体真正的内压

高，相应地饱和压力下的摩尔体积就要低于包裹体内真正的摩尔体积。室温下包裹体实际的内压可以通过反复迭代调节压力值来计算包裹体内全部物质的摩尔体积，直到与饱和温度、压力下物质的摩尔体积相一致。加热时，烃包裹体将沿着P-T图上的等容线变化至相关成分的相态线上，其交点即为相应的均一相。初始成分采用软件流体包裹体组分模块的中质原油样品成分分析结果

表2 部分油包裹体激光共聚焦扫描显微镜测定的气液比
Table 2 Gas-liquid ratio of representative fluid inclusions analyzed by CLSM

井号	深度/m	层位	岩性	总体积/ μm^3	气泡体积/ μm^3	气液比/%
YB1	5604.78	O _{1-2y}	灰白色灰岩	778.631	17.50588	2.3
YB1	5604.78	O _{1-2y}	灰白色灰岩	449.593	23.03418	5.4
YB1	5604.78	O _{1-2y}	灰白色灰岩	602.139	12.38484	2.1
YB3	5444.8	O _{1-2y}	浅灰色灰岩	368.878	21.20788	6.1
YB3	5444.8	O _{1-2y}	浅灰色灰岩	528.122	19.33395	3.8
YB3	5446.52	O _{1-2y}	浅灰色灰岩	1105.394	25.90767	2.4
YB3	5446.52	O _{1-2y}	灰白色灰岩	438.62	46.64502	11.9
YB3	5494.1	O _{1-2y}	白云质灰岩	836.806	20.4099	2.5
YB3	5494.1	O _{1-2y}	白云质灰岩	623.076	25.6877	4.3
YB3	5494.1	O _{1-2y}	白云质灰岩	1649.77	41.80704	2.6
YB5	5998.29	O _{1-2y}	青灰色灰岩	1031.121	82.52762	8.7
YB5	5998.29	O _{1-2y}	青灰色灰岩	774.318	87.86587	12.8
YB5	6744.17	O _{1-2y}	灰白色灰岩	738.765	71.40728	10.7
YB5	6842.73	O _{1-2y}	灰白色灰岩	912.133	114.1164	14.3
YB7	6367.63	O _{1-2y}	浅灰色灰岩	1036.081	159.5319	18.2
YB7	6367.63	O _{1-2y}	浅灰色灰岩	1310.548	156.8966	13.6
YB7	6373.4	O _{1-2y}	浅灰色灰岩	573.521	81.2283	16.5
YB9	6847.3	O _{1-2y}	浅灰色灰岩	863.761	65.46063	8.2
YB9	6847.3	O _{1-2y}	浅灰色灰岩	1033.721	198.7283	23.8
YB9	6847.3	O _{1-2y}	浅灰色灰岩	830.409	164.4836	24.7
YB9	6850.02	O _{1-2y}	浅灰色灰岩	936.76	68.58576	7.9
YB9	6850.02	O _{1-2y}	浅灰色灰岩	845.199	142.0384	20.2
YB9	6850.02	O _{1-2y}	浅灰色灰岩	585.34	123.7154	26.8

(表3), 代表鹰山组地层原油的组成。

玛南构造带 YB1 井, O_{1-2y}, 5604.8 m, 灰岩; 第二幕盐水包裹体均一温度 67.5℃, 同幕油包裹体均一温度 51.4℃, 最小捕获压力 13.63 MPa; 第三幕盐水包裹体均一温度 104.5℃, 同幕油包裹体均一温度 78.3℃, 最小捕获压力 20.46 MPa。YB5 井, O_{1-2y}, 5998.3 m, 灰岩; 第四幕盐水包裹体均一温度 189.2℃, 同幕油包裹体均一温度 112.4℃, 最小捕获压力 57.44 MPa (图6)。

选取油包裹体与共生盐水包裹体均一温度“数据对”, 并将获得的油包裹体均一温度及与其共生的同期盐水包裹体的均一温度、油包裹体的气液比和流体包裹体的成分等参数输入 VTFLINC 软件, 即可得到各期油包裹体的最小捕获压力以及相应的热力学模拟 P-T 相图。共获得了 6 口井

表3 模拟过程中原油样品成分组成表

Table 3 Compositions of crude oil samples in the simulation experiment

组分	摩尔组成/mol%
CO ₂	0.84
N ₂	0
C ₁	26.570
C ₂	10.740
C ₃	9.270
i-C ₄	0.520
n-C ₄	6.300
i-C ₅	1.260
n-C ₅	3.920
C ₆	1.760
C ₇	4.257
C ₈	3.790
C ₉	3.375
C ₁₀	5.680
C ₁₁₊	21.718

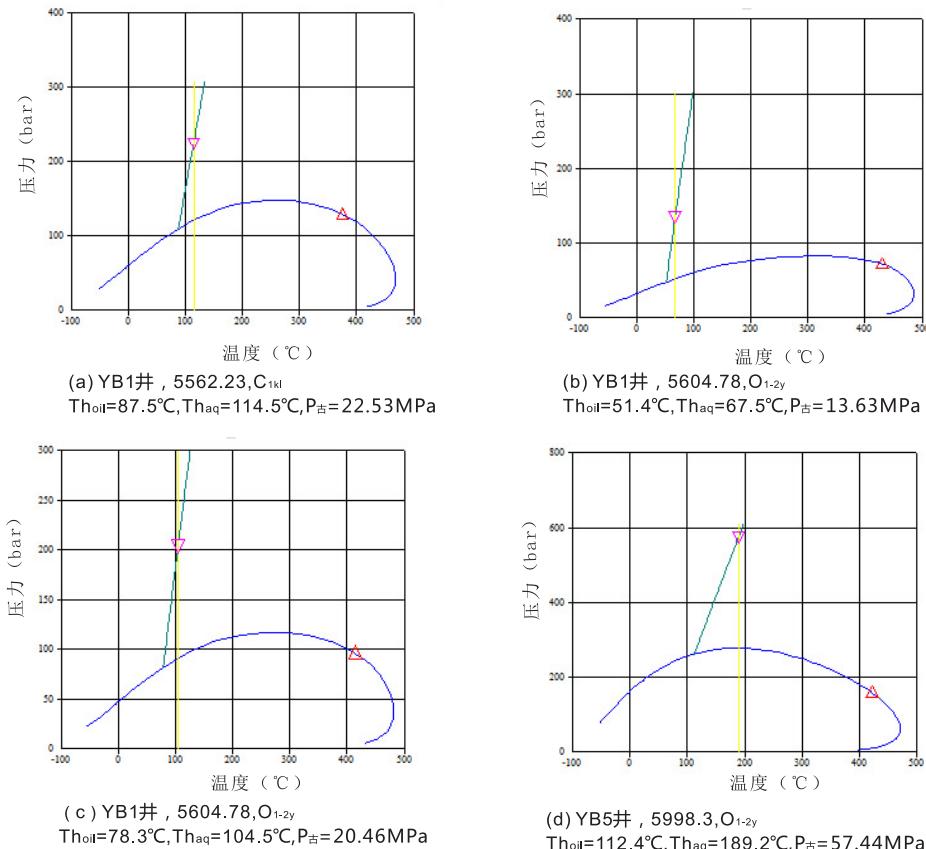


图6 玛南构造带鹰山组部分样品流体包裹体古压力模拟结果及P-T相图

Fig. 6 PVT_x simulation results and P-T diagrams of representative fluid inclusion assemblages in the Yingshan formation of the Manan structural belt

奥陶系鹰山组的盐水包裹体与同期油包裹体的22个“数据对”的最小捕获压力，最终的热动力学压力模拟结果见表4。

2.5 古流体压力特征及地质意义

研究区鹰山组储层发育较丰富的烃类包裹体是玛南构造带经历了大规模油气运聚最直接的证据，那么这些大量油气充注运移时被包裹捕获的压力如何，在地质上又该如何解释古压力特征，下面将分析及解释。将玛南构造带鹰山组各油气充注幕次同期盐水包裹体的均一温度投到埋藏史—热史图（图7），便可获得油气充注年龄。再根据流体古压力热动力学模拟技术，获得了玛南构造带鹰山组古压力及压力系数值随时间变化的关系（图8）。在前文显微荧光分析、显微测温和PVT_x模拟的基础上结合此投影法综合认为：玛南构造带鹰山组发生了2期成藏。

第1期发生在海西中晚期285~252 Ma期间，对

应于第1幕充注，油气充注压力（包裹体被捕获）13.63~14.78 MPa，压力系数在1.07~1.14之间，油气充注时主要为常压系统；在目前所钻的几口井鹰山组均检测到该期油包裹体，根据构造演化和地层倾向以及油包裹体显微荧光光谱，认为第1期油源可能来自于塘沽巴斯凹陷寒武系斜坡相烃源岩；该时期寒武系生产的油气大规模的充注期，也是构造带内主要岩性-构造圈闭的形成期，古生界多套储盖组合已经形成，因而有利于油气的保存，储层主要为奥陶系岩溶型储层，该期油气沿早期断裂可以运移进入奥陶系岩溶储层之中。对于奥陶系岩溶油气聚集而言，玛南构造带处于构造较高部位相对较易捕获油气。但这一时期也是地壳热活动活跃的时期，该期油气以破坏和散失为主，但也有可能在较深部位有保存条件较好的古油藏的存在。玛南构造带现今储层产出油气的密度、相态和黏度等测试结果与第1期油包裹体类型、性质最为吻合，所以认

表4 玛南构造带鹰山组部分流体包裹体组合PVTx模拟参数和结果

Table 4 PVTx simulation parameters and results of representative fluid inclusion assemblages in the Yingshan Formation of the Manan structural belt

井号	层位	深度/m	第1幕		第2幕		第3幕		第4幕	
			Tho/ Tha	P	Tho/ Tha	P	Tho/ Tha	P	Tho/ Tha	P
			G/L(%)	Pc	G/L (%)	Pc	G/L (%)	Pc	G/L (%)	Pc
YB1	O _{1-2Y}	5604.8	51.4/67.5	13.63	78.3/104.5	20.46	102.4/146.6	23.9		
			2.3	1.07	5.4	1	5.3	1.02		
YB3	O _{1-2Y}	5444.8	56.8/63.4	14.78	72.2/105.5	21.66				
			6.1	1.14	3.8	1.01				
YB3	O _{1-2Y}	5446.5					95.6/137.8	22.89	134.3/186.9	30.28
							4.7	1.01	11.9	1.01
YB3	O _{1-2Y}	5494.1	54.2/71.1	13.96	76.4/108.3	21.31	109.8/150.2	21.17		
			2.5	1.08	4.3	1.02	5.4	1.01		
YB5	O _{1-2Y}	5998.3			85.6/111.2	22.45			137.4/189.2	30.06
					8.7	1.02			12.8	1.08
YB5	O _{1-2Y}	6744.2					105.1/150.7	21.38		
							4.4	1		
YB5	O _{1-2Y}	6842.7					96.3/149.5	25.02		
							3.9	1.11		
YB7	O _{1-2Y}	6367.6					95.5/148.7	25.94	136.4/168.5	
							4.1	1.03	3.6	
YB7	O _{1-2Y}	6373.4					104.5/146.7	25.03		
							6.5	1.08		
YB9	O _{1-2Y}	6847.3			85.6/106.3	20.09	109.6/148.3	23.3	124.2/188.2	33.52
					8.2	1	6.8	1.02	8.7	1.08
YB9	O _{1-2Y}	6850			82.1/102.6	20.11	108.2/143.3	20.15	125.7/187.2	30.88
					7.9	1.01	5.8	1.02	7.4	1.06

注: Tho/ Tha: 油包裹体/同期盐水包裹体均一温度; G/L(%): 气液比; p: 古压力 (MPa); Pc: 古压力系数计算值

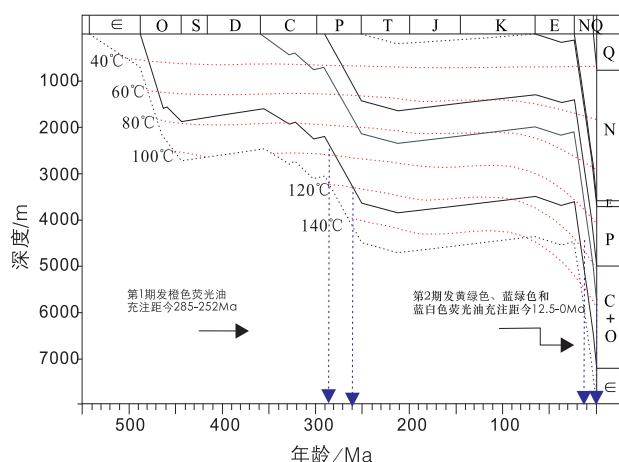


图7 玛南构造带鹰山组油气充注时期

Fig.7 Charging stages of oil and gas in the Yingshan Formation of the Manan structural belt

为第1期为主成藏期。

第2期发生喜山期 12.5~0 Ma 期间, 对应于第2、第3幕和第4幕充注, 油气充注压力(包裹体被捕获) 20.09~33.52 Mpa, 压力系数在 1.0~1.11 之间, 油气充注时主要为常压系统。该时期虽然构造活动强烈, 和田古隆起随着麦盖提斜坡的南倾而消亡, 但构造带内的断裂活动相对较弱, 且受储层非均值性的控制, 早期形成的古生界储盖组合未遭受破坏。总体上玛南构造带内具有多期成藏的特点, 保存条件好, 不同类型的油气藏叠置, 可以形成复式油气聚集带。

3 结论

(1) 流体包裹体荧光观察表明玛南构造带奥

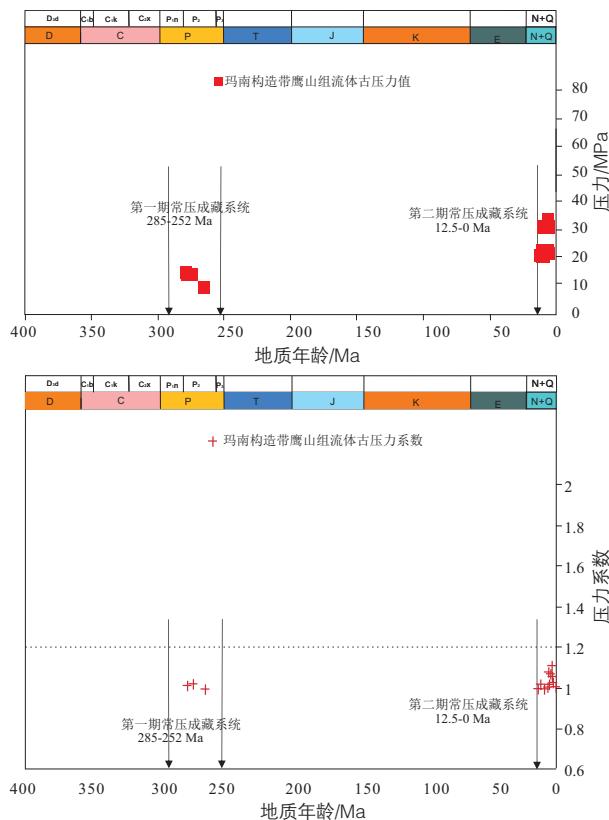


图8 玛南构造带鹰山组流体古压力值及压力系数随时间演化

Fig. 8 Evolution of the paleo-pressure and pressure coefficient of reservoir fluid along with time in the Yingshan Formation of the Manan structural belt

陶系鹰山组储层中检测到有发橙、黄绿、蓝绿、蓝白色4种荧光颜色的油包裹体，从橙色到蓝白色，代表油包裹体中原油不同成熟度。

(2) 显微测温结合地层埋藏史及流体包裹体PVT_x模拟，认为玛南构造带奥陶系存在2期油气充注：第1期发生在海西中晚期285~252 Ma期间，对应于第1幕原油充注，油气充注时古压力13.63~14.78 MPa，压力系数在1.07~1.14之间；第2期发生喜山期12.5~0 Ma期间，对应于第2幕、第3幕和第4幕原油充注，油气充注时古压力

20.09~33.52 MPa，压力系数在1.0~1.11之间。从古压力系数特征来看，该构造带2期原油充注时期，均以常压充注为主。

参考文献(References):

- 范明, 郑冰. 2001. 麦盖提斜坡地层—岩性圈闭类型[J]. 石油实验地质, 23(1): 38~40.
- 刘高波, 施泽进, 余晓宇. 2004. 巴楚—麦盖提的区域构造演化与油气分布规律[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 31(2): 157~161.
- 李荣西, 金奎励, 廖永胜. 1998. 有机包裹体显微傅立叶红外光谱和荧光光谱测定及其意义[J]. 地球化学, 27(3): 244~250.
- 李兆奇, 陈红汉, 刘惠民, 等. 2008. 流体包裹体多参数综合划分东营凹陷沙三段油气充注期次及充注时期确定[J]. 地质科技情报, 27(4): 69~74.
- 吕修祥, 杨海军, 白忠凯, 等. 2010. 塔里木盆地麦盖提斜坡东段油气勘探前景[J]. 石油实验地质, 32(6): 521~526.
- 马红强, 王恕一, 蔡军. 2016. 塔里木盆地巴楚—麦盖提地区油气运聚与成藏[J]. 石油实验地质, 28(3): 243~248.
- 余晓宇, 施泽进, 刘高波. 2003. 巴楚—麦盖提地区油气成藏的输导系统[J]. 石油与天然气地质, 24(4): 346~350.
- 王晶, 赵锡奎, 李坤, 等. 2012. 麦盖提斜坡玛南断裂演化及其油气意义[J]. 断块油气田, 19(1): 27~31.
- 邬光辉, 李洪辉, 张立平, 等. 2012. 塔里木盆地麦盖提斜坡奥陶系风化壳成藏条件[J]. 石油勘探与开发, 39(2): 144~153.
- 吴礼明. 2010. 巴—麦地区构造演化及奥陶系储层有利区带评价研究[D]. 北京: 中国地质大学.
- 张仲培, 刘士林, 杨子玉, 等. 2011. 塔里木盆地麦盖提斜坡构造演化及油气地质意义[J]. 石油与天然气地质, 32(54): 909~919.
- 张旭光. 2012. 玉北地区碳酸盐岩储层地震响应特征研究[J]. 石油物探, 51(5): 493~501.
- Aplin A C, Macleod G, Larer S R, et al. 1999. Combined use of confocal laser scanning microscopy and PVT simulation for estimating the composition and physical properties of petroleum in fluid inclusions [J]. Marine and Petroleum Geology, 16(2): 97~110.
- Coveney R M, Goebel E D and Ragan V M. 1987. Pressures and temperatures from aqueous fluid inclusions in sphalerite from Midcontinent country rocks [J]. Economic Geology, 82(3): 740~751.
- Pironon J, canals M, Dubessy J, et al. 1998. Volumetric reconstruction of individual oil inclusions by confocal scanning laser microscopy [J]. European Journal of Mineralogy, 10(6): 1143~1150.
- Roedder E. 1970. Application of an improved crushing microscope stage to studies of gases in fluid inclusion [J]. Schweizer Mineralog Petrog. Mitt., 50(3): 41~58.