

文章编号: 0253-9985(2007)02-0151-08

# 由流体包裹体均一温度和埋藏史确定 油气成藏时间的几个问题 ——以北部湾盆地福山凹陷为例

李美俊<sup>1</sup>, 王铁冠<sup>1</sup>, 刘菊<sup>2</sup>, 张梅珠<sup>2</sup>, 卢鸿<sup>3</sup>, 马庆林<sup>2</sup>, 高黎惠<sup>2</sup>

(1. 中国石油大学 石油天然气成藏机理教育部重点实验室, 资源与信息学院, 北京 102200

2. 中国石油天然气股份有限公司 南方石油勘探开发公司, 广东 广州 510240

3. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640)

**摘要:** 利用 BasinMod-1D 软件恢复了北部湾盆地福山凹陷代表井的埋藏史和热史, 结合流体包裹体均一温度, 确定福山凹陷始新统流沙港组 and 渐新统涠洲组油藏为一期成藏, 成藏时间为中中新世末期至上新世早期。油气主要成藏时间与源岩大量生排烃期和圈闭形成期很好地匹配, 有利于该区油气的充注成藏。

**关键词:** 流体包裹体; 均一温度; 埋藏史; 热史; 成藏时间; 福山凹陷; 北部湾盆地

**中图分类号:** TE122.3 **文献标识码:** A

## A discussion on hydrocarbon accumulation dating determined by homogenization temperature and burial history of fluid inclusions ——An example from the Fushan depression, Beibuwan basin

Li Meijun<sup>1</sup>, Wang Tieguan<sup>1</sup>, Liu Ju<sup>2</sup>, Zhang Meizhu<sup>2</sup>, Lu Hong<sup>3</sup>, Ma Qinglin<sup>2</sup>, Gao Lihui<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation Mechanism of the Chinese Ministry of Education, Earth Sciences and Geoinformatics School, China Petroleum University, Beijing 102249, 2 Guangzhou Institute of

Geochimistry, Chinese Academy of Science, Guangzhou, 510640

3 South Oil Exploration and Development Company of PetroChina, Guangzhou, 510640)

**Abstract** The reconstruction of burial history and thermal history of the Fushan depression, Beibuwan basin, by the BasinMod-1D program, in combination with the homogenization temperature of fluid inclusions, reveals that the Eocene Liushagang Formation and the Oligocene Weizhuo Formation are reservoirs with only one episode of hydrocarbon charge and are formed during the late Middle Miocene-the early Pliocene. The main charging timing of the reservoirs matches well with the hydrocarbon generation and expulsion periods, which is favorable for hydrocarbon accumulation in the area.

**Key words** fluid inclusion; homogenization temperature; burial history; thermal history; timing of hydrocarbon charge; Fushan Depression, Beibuwan basin

储层流体包裹体目前已成为油气成藏期次和时间、成矿流体性质、流体来源、古油水界面、油气运移充注途径和古地温恢复等研究的常用方法<sup>[1-10]</sup>。分析技术包括储层油气包裹体岩相学、

偏光-荧光分析、均一温度测定、流体包裹体成分分析、流体包裹体中<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar和 Rb-Sr同位素分析及显微傅立叶红外<sup>[3]</sup>等。其中, 利用流体包裹体均一温度结合地层埋藏史和热史恢复确定油气

收稿日期: 2007-02-25

第一作者简介: 李美俊(1972-), 男, 博士, 有机地球化学和环境化学

基金项目: 国家自然科学基金项目(40672093)

成藏期次和时间在油气地球化学中得到了最广泛的应用<sup>[11-15]</sup>。该方法的准确性除了取决于包裹体均一温度测定的准确程度外, 储层埋藏史和热史的恢复也是极其重要的因素。可靠的古地温模型和埋藏史模型是运用流体包裹体均一温度准确定年的前提。Eadington 等利用包裹体资料研究澳大利亚 Eromanga 盆地流体运移时就强调了埋藏史和热史恢复的重要性<sup>[11]</sup>。本文以北部湾盆地福山凹陷为实例, 探讨在利用包裹体均一温度及埋藏史和热史恢复进行成藏期次和时间研究中的几个问题。

## 1 石油地质概况

福山凹陷是北部湾盆地东南缘的一个近 NEE 向展布的中、新生代箕状断陷, 南以安定断裂与海南隆起相接, 西、北以临高断裂与临高凸起相连, 东以长流断裂为界。凹陷总体呈 WE 向隆凹相间、北断南超及南北分带的构造格局。福山凹陷内部的主要次级构造单元具有典型箕状断陷的构造单元特征 (图 1), 主要包括: 北部断阶带, 中部断槽带的和天向斜 (皇桐次凹)、老城向斜 (白莲次凹) 和海口向斜 (海口次凹), 中部构造带的场花次凸、永安背斜及美台、金凤和博厚-朝阳构造等, 最

南部为一斜坡。主要成盆期古近纪发生了 3 期构造运动<sup>[16-17]</sup>, 即神狐、珠琼和南海运动。这 3 期运动分别控制了长流组 ( $E_1c$ )、流沙港组 ( $E_2l$ ) 和涠洲组 ( $E_3w$ ) 沉积。 $E_1c$  和  $E_3w$  以河流相和冲积扇沉积为主,  $E_2l$  则主要为湖相沉积, 沉积建造以砂砾岩和泥岩为主。

福山凹陷目前在流沙港组和涠洲组都有油气发现, 但主要的油气产层是流 (沙港组) 三段, 为扇三角洲前缘水道或砂坝, 具有很好的储集性能。主要的烃源岩为流沙港组暗色泥岩。该套烃源岩也是整个北部湾盆地的主要烃源层, 有机质丰度高, 有机质类型以  $\text{①型}$  为主, 少量  $\text{iv}$  和  $\text{②型}$ 。在北部湾盆地海中凹陷, 有机质热演化程度也较高, 流二段和流三段大都超过了成烃门限深度<sup>[18-20]</sup>。

## 2 样品与方法

本次研究选取 M1 FC1 H2-1 H2-2 和 Y1 共 5 口井 (样品分布见图 1), 分别用于美台、博厚-朝阳、花场和永安地区的成藏时间研究, 所采集的储层流体包裹体样品全部位于古近系流沙港组和涠洲组产油层或油气层井段, 油气显示级别高 (样品情况见表 1)。包裹体偏光、荧光观察和均一温度测定在北京核工业部地质科学院流体包

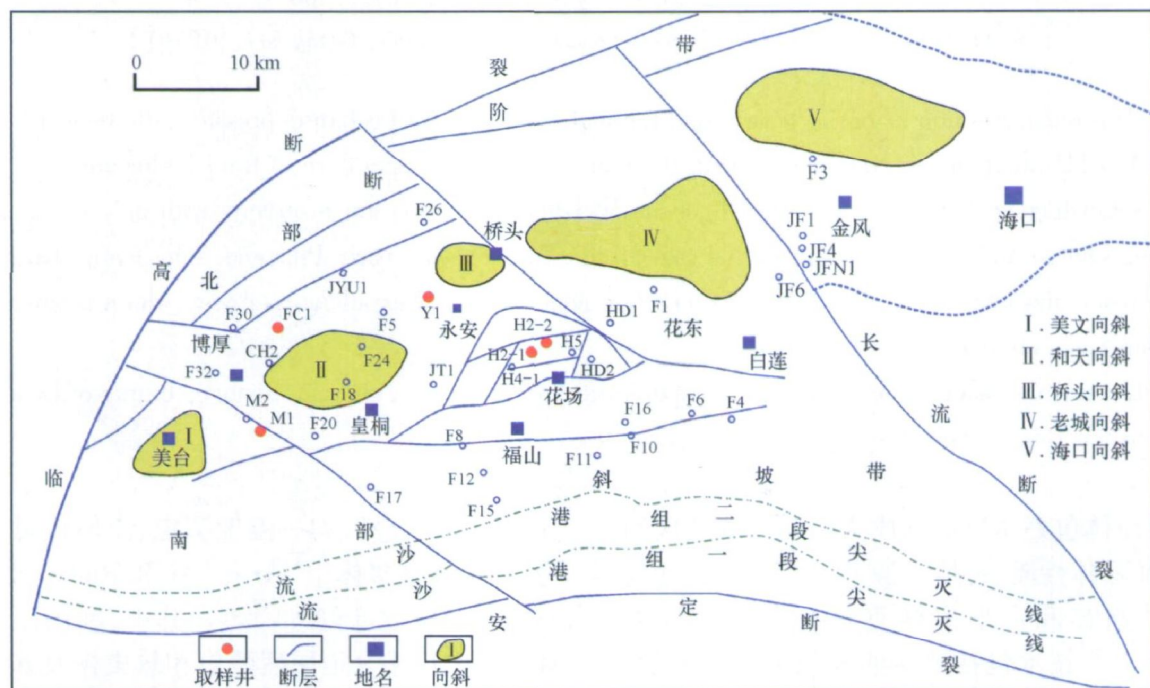


图 1 福山凹陷构造略图及取样井位置

Fig. 1 Map showing the structure of the Fushan depression and the location of sampling wells

裹体实验室完成。均一温度测定是在 Leica DM-RX HC 研究级透-反射偏光荧光显微镜和 Linkam THMS-G600 型冷热台上进行的, 烃类包裹体荧光激发采用波长为 340~380 nm 的紫外光, 冷热台温度分辨率为 0.1℃, 均一法测温精度 ±1℃。通过均一温度分布频率直方图, 得出均一温度的主频分布范围。

大致按每 50 m 1 件的采样密度, 系统采集暗色泥岩岩心或岩屑, 总共采集 98 件, 系统测定其镜质体反射率 ( $R_o$ ), 共建立 4 条实测  $R_o$  剖面。

利用 BasinMod-1D (Platte River Associates Version 5.40) 盆地模拟软件, 依据区域地质背景和实际的录井、测井资料, 确定地层分层、地质年代、岩性组成、地温梯度和剥蚀厚度等参数, 进行单井的一维数值模拟, 重建单井地层埋藏史和热演化史, 然后将包裹体均一温度和期次转化为相应的成藏时间和期次。

3 结果与讨论

3.1 包裹体均一温度的分布特征

包裹体均一温度结果见表 2。总的来看, 福山凹陷流沙港组三段 ( $E_2l^3$ ) 只发育一期包裹体, 以

蓝色、蓝白色荧光为主, 反映烃类成熟度较高。伴生同期盐水包裹体均一温度值较高, 一般大于 100℃, 主要位于 100~125℃之间。相对而言, 花场地区的流体包裹体均一温度更高一些, 平均达到 125℃。

FC1 井流二段 ( $E_2l^2$ ) 包裹体发育中等, 液态烃呈淡黄色、透明无色, 显示强浅黄色、黄白色荧光, 其中气液态包裹体占 90% 左右。伴生同期盐水包裹体均一温度 105~125℃, 均值 117℃。

H2-2 井流一段 ( $E_2l^1$ ) 包裹体发较强的浅黄色、黄白色荧光, 丰度中等。伴生同期盐水包裹体均一温度为 95~105℃。

Y1 井流一段 ( $E_2l^1$ ) 以气液态烃包裹体为主, 荧光颜色为黄白色、蓝白色及浅黄色, 发育程度中等, 均一温度 105~130℃, 主频 115~125℃, 均值 117℃。Y1 井涠洲组 ( $E_{3w}$ ) 以气液态烃包裹体为主, 液态烃呈淡黄色, 显示较强的桔黄色、褐黄色及浅黄色荧光, 丰度中等—偏高。伴生同期盐水包裹体均一温度主要分布在 85~95℃之间, 均值 87℃。

3.2 地质事件对成藏时间的影响

影响地层之间接触关系的地质事件包括连续

表 1 福山凹陷流体包裹体测温样品情况  
Table 1 Homogenization temperature measurements for fluid inclusion samples in the Fushan Depression

| 井号   | 层位         | 深度 /m           | 样品数 / 块 | 均一温度 测点数 / 个 | 岩性及含油 情况 | 试油井段 /m         | 试油结论  | 原油密度 / ( $g \cdot cm^{-3}$ ) |
|------|------------|-----------------|---------|--------------|----------|-----------------|-------|------------------------------|
| M1   | $E_2l^3$   | 3 075.0~3 133.8 | 5       | 108          | 油浸中砂岩    | 3 084.0~3 108.0 | 油层    | 0.840 0                      |
| FC1  | $E_2l^2$   | 3 527.5~3 528.0 | 2       | 24           | 油斑细砂岩    | 3 523.2~3 532.7 | 低产油层  | 0.830 8                      |
| H2-1 | $E_2l^3$   | 2 871.0~2 942.5 | 6       | 136          | 含油中砂岩    | 2 909.8~2 954.4 | 油(气)层 | 0.782 8                      |
| H2-2 | $E_2l^1$   | 2 518.0~2 518.7 | 1       | 29           | 油斑中砂岩    | 2 973.0~3 056.0 | 油水同层  | 0.803 7                      |
| Y1   | $E_2l^1$   | 2 992.0~2 998.0 | 2       | 21           | 油浸中砂岩    | 2 991.8~2 994.0 | 低产油层  | 0.813 1                      |
| Y1   | $E_{2w}^3$ | 1 909.0~1 948.7 | 8       | 60           | 油浸中砂岩    | 1 945.4~1 947.6 | 低产油层  |                              |

表 2 福山凹陷包裹体均一温度及成藏时间  
Table 2 Homogenization temperature of fluid inclusions and timing of hydrocarbon charge in the Fushan Depression

| 地区    | 井号   | 层位       | 深度 /m           | 均一温度主频 /℃ | 均一温度均值 /℃ | 成藏时间 /Ma |
|-------|------|----------|-----------------|-----------|-----------|----------|
| 美台    | M1   | $E_2l^3$ | 3 075.0~3 133.8 | 110~120   | 108       | 5~10     |
| 博厚-朝阳 | FC1  | $E_2l^2$ | 3 527.5~3 528.0 | 110~125   | 117       | 4~9      |
| 花场    | H2-1 | $E_2l^3$ | 2 871.0~2 942.5 | 120~130   | 125       | 3~8      |
| 花场    | H2-2 | $E_2l^1$ | 2 518.0~2 518.7 | 90~110    | 96        | 6~10     |
| 永安    | Y1   | $E_2l^1$ | 2 992.0~2 998.0 | 115~125   | 117       | 3~9      |
| 永安    | Y1   | $E_{3w}$ | 1 909.0~1 948.7 | 85~95     | 87        | 3~8      |

沉积(整合接触)、沉积间断(无沉积)、剥蚀(不整合接触)或者沉积后全部被剥蚀。其中地层不整合是最常见的,也是地层埋藏史恢复中考虑的主要因素。福山凹陷从中生代以来发生了 4 期主要的构造运动,这些构造运动控制了盆地的沉积充填,造成了多期的地层不整合。它们包括: 古新统长流组与下伏上白垩统火山岩以及古生界变质岩基底之间的角度不整合; ④始新统流沙港组三段与长流组之间的角度不整合; ④流沙港组三段与流沙港组二段之间的角度不整合; 渐新统涠洲组与流沙港组一段之间的角度不整合; 中新统下洋组与涠洲组之间的角度不整合; 第四系与上新统望楼港组之间的角度不整合。其中,第 ④ 和 为较大的不整合面。

根据对区域地质特征的认识,利用已有的地质、地球物理和地球化学资料对盆地主要不整合面的剥蚀厚度进行推测。在福山凹陷,上述 3 个主要不整合面分别取值 200~500 m, 200~500 m 和 50~100 m。在 Y1 井,选取涠洲组与流一段之间不整合 100 200 300 400 500 m 的剥蚀厚度进行了对比,结果发现不同剥蚀厚度所确定的成藏时间几乎没有变化。所以根据区域地质背景及已有的地球物理、测井、地质和地球化学资料确定的地层剥蚀事件和剥蚀厚度所恢复的埋藏史,可以满足成藏时间研究精度的需要。

上述地质事件主要考虑的是地层之间的接触关系,而且是构造运动相对简单的盆地。对塔里木这样复杂的叠合盆地而言,不仅地层不整合面多(从寒武纪到新近纪超过 9 个大的不整合面),而且剥蚀幅度变化也很大(几百米到几千米),那么地层接触关系的确定和剥蚀厚度的恢复对建立可靠的埋藏史就非常关键,对利用包裹体均一温度确定成藏时间的影响也较大。笔者在研究中发现,对这种复杂的盆地,重要的是确定主要的、大的不整合面,并根据区域地质背景,利用多种方法,选取合适的剥蚀厚度;另外,还要根据实测的  $R_0$  剖面,反复调整剥蚀厚度及地温梯度值,才能建立较为可靠的地层埋藏史。总之在模拟过程中,综合的资料越全面,考虑的因素越多,埋藏史的恢复才能越接近实际。

### 3.3 古地温梯度对成藏时间的影响

地温梯度的选取可以根据盆地的大地热流和实测的地温来确定。对福山凹陷,据康西栋、李思田等的研究,北部湾盆地的现今平均热流值为  $61.71 \text{ mW/m}^2$ ,平均地温梯度为  $3.72 \text{ }^\circ\text{C/hm}^{[21]}$ 。对整个南海北部大陆架盆地地热结构的研究表明,各盆地地表热流分布不均匀,北部湾盆地在整个南海北部大陆架盆地中具有相对较低的地表热流值<sup>[22-23]</sup>,平均为  $61.20 \text{ mW/m}^2$ 。该值与康西栋等人的研究结果非常接近。在南海大陆架北缘的几个重要沉积盆地中,北部湾盆地具有相对低的地温梯度;而在北部湾盆地的几个沉积凹陷中,位于盆地东南端的福山凹陷又是地温梯度最低的凹陷,估计现今地温梯度不应超过乌石-海头北凹陷的地温梯度值  $3.25 \text{ }^\circ\text{C/hm}$ 。

前人对福山凹陷的盆地模拟中,对上第三系和涠洲组地温梯度取值为  $2.83 \text{ }^\circ\text{C/hm}$ 。流沙港组为  $3.53 \text{ }^\circ\text{C/hm}$ ,或者取  $3.00 \sim 3.20 \text{ }^\circ\text{C/hm}$  的平均值<sup>④</sup>。本次研究选取  $3.20 \text{ }^\circ\text{C/hm}$  的平均地温梯度值。在实际的单井热史模拟过程中,涠洲组及以上地层地温梯度约为  $2.80 \text{ }^\circ\text{C/hm}$  左右,下部地层大致取  $3.50 \text{ }^\circ\text{C/hm}$ 。

为了考察地温梯度和大地热流值对成藏时间结果的影响程度,分别选取  $3.00$   $3.30$  和  $3.60 \text{ }^\circ\text{C/hm}$  的平均地温梯度进行模拟。在上述 3 个不同地温梯度得到的热史模型中,Y1 井涠洲组成藏时间分别始于 3.8 和 14 Ma。分别选取 56.00 61.00 和  $67.00 \text{ mW/m}^2$  的大地热流值进行热模拟,得到的成藏时间分别为 4.10 和 16 Ma。结果表明,成藏时间对地温梯度或大地热流值变化非常敏感。在福山凹陷中,地温梯度增加  $0.30 \text{ }^\circ\text{C/hm}$ ,成藏时间提前了 5 Ma。所以在热史恢复中,选取较准确的地温梯度或大地热流值非常关键。

### 3.4 实测 $R_0$ 剖面对埋藏史和热史的约束

既然地温梯度或大地热流值是恢复热史和确定成藏时间的关键参数,那么如何才能选取准确的地温梯度或大地热流值呢?怎样判断根据区域大地热流背景和地质特征所确定的地温梯度是可

丁卫星. 福山凹陷有利区带、圈闭评价研究. 中国石化江苏油田地质科学研究院, 2002

④陈达贤. 海南福山凹陷油气勘探方法与实践. 中国石油南方石油勘探开发公司, 2003

靠的呢?在实际模拟中,通常需要建立实测的热演化剖面对模拟的热演化史进行检验和约束。

镜质体反射率作为热成熟度的指标,已在盆地分析和油气勘探中得到了广泛的应用<sup>[24-25]</sup>。在成藏时间研究中,通常选取有代表性的井,大致按 50~100 m/件的采样密度系统采集岩心或岩屑样品,在不整合面上下可适当多取样品,测定其镜质体反射率,建立实测的  $R_o$  剖面。根据选取的地温梯度或大地热流值,可以模拟计算出  $R_o$  剖面,然后与实测的  $R_o$  值对比。根据对比情况,对所选取的地温梯度或热流值、剥蚀厚度等参数进行调整,直到基本吻合为止。该方法实际上是一种正演和反演相结合的方法。

模拟计算得到的  $R_o$  值还与  $R_o$  模型的选取有关。Basimod-1D 软件有 3 个可以选择的模型,即 Simple $R_o$ 、Lopatin 和 LLNL (Lawrence Livermore National Laboratory) 动力学法。对Ⅱ型和Ⅲ型有机质而言,LLNL 是比较常用和可靠的方法<sup>[26]</sup>。

本次研究共建立了 4 条实测的  $R_o$  剖面,分别用于美台、博厚-朝阳、永安和花场地区热史和埋藏史恢复中对地温梯度和剥蚀厚度参数的约束。总的来看,根据区域地质背景和实测的平均地温梯度比较可靠,模拟得到的  $R_o$  与实测  $R_o$  剖面比较接近(图 2)。在模拟过程中,只是对不同地区、不同层位的地温梯度作了细微的调整,使计算得到的  $R_o$  剖面与实测  $R_o$  剖面最大程度地吻合。

### 3.5 包裹体均一温度分布主频与成藏时间的关系

同一口井,不同层位的油气藏,其储层流体包裹体均一温度可能差别较大,表现出不同期次的特征。以福山凹陷为例,Y1 井流沙港组一段和涠洲组储层流体包裹体均一温度平均值分别为 117℃和 87℃,相差了 30℃(表 2 图 3);但通过地层埋藏史和热史恢复,将均一温度转化为成藏时间来看,Y1 井流沙港组和涠洲组的成藏时间几乎相同,表明涠洲组与流沙港组油气藏几乎是同时充注成藏的,也证明涠洲组油气藏不是次生成因。所以,仅根据包裹体的均一温度主频分布期次就确定油气成藏期次,特别是将多口井、多个层位储层样品的均一温度一起分析时,就应该更加谨慎。

对连续埋藏型储层而言,低的均一温度反映包裹体形成时间早,而高的均一温度反映包裹体形成时间晚。但对于非连续埋藏型储层而言,

后期抬升期形成的包裹体则可以比抬升前的包裹体具有较低的均一温度。如王正允<sup>[27]</sup>发现,中扬子地区当阳复向斜中部的谢家湾构造的下三叠统嘉陵江组第五段储层中存在 4 期包裹体,第四期包裹体具有最低的均一温度,如果不考虑埋藏史而仅根据包裹体均一温度而论,很容易得出第四期包裹体形成最早的结论;但据埋藏史恢复可知,谢家湾构造嘉五段自晚侏罗世达到最大埋深后,侏罗纪末—早白垩世一直处于抬升剥蚀阶段,之后于晚白垩世—古近纪又重新下降接受沉积,但埋藏深度不大,在新近纪—第四纪再一次抬升剥蚀,第四期包裹体形成于晚白垩世的浅埋藏阶段,因而其包裹体均一温度相应较低,有机包裹体也以不发荧光的沥青包裹体为主,标志着干气阶段的天然气和沥青运移。所以,埋藏史的恢复对于包裹体形成时间和期次的判断极为重要。

### 3.6 其他因素的影响

在埋藏史和热史恢复中,一些基本的地质参数如分层数据、岩性组成、地质年代等的选取同样对成藏时间的结果有一定影响。对福山凹陷,依据邱中建和龚再升<sup>[16]</sup>的资料,古新统长流组、始新统流沙港组、渐新统涠洲组、中新统下洋组、上新统和第四系底界年龄分别取 65.0 45.0 37.0 24.0 5.2 和 2.8 Ma。由于对中国东部和南海北部盆地新生界年代地层的研究程度高,对各主要地层单元的年代认识也是大同小异,对模拟结果的影响也不大。地层分层和岩性数据主要根据录井和测井资料进行分析和统计。

为使研究结果代表该地区真正的油气成藏时间而不仅仅是油气运移经过的时间,或只是少量的油气充注并没有形成规模性油气藏,在选取流体包裹体样品时,首先应考虑该井段的试油结果,应该是油层、油气层,至少是低产油层,并具一定的油气产量;然后结合录井和测井解释的结果选取含油级别高的样品,依次优先选取油浸、饱含油、含油的油砂样品,如果没有上述含油级别的样品,再考虑油斑和油迹样品,但这样流体包裹体数量可能会较少,所获得的包裹体测温数据的量也会较少,从而影响均一温度的准确性,而且这些显示级别低的样品是否代表真正的油气成藏时间,在解释的时候也要特别谨慎。

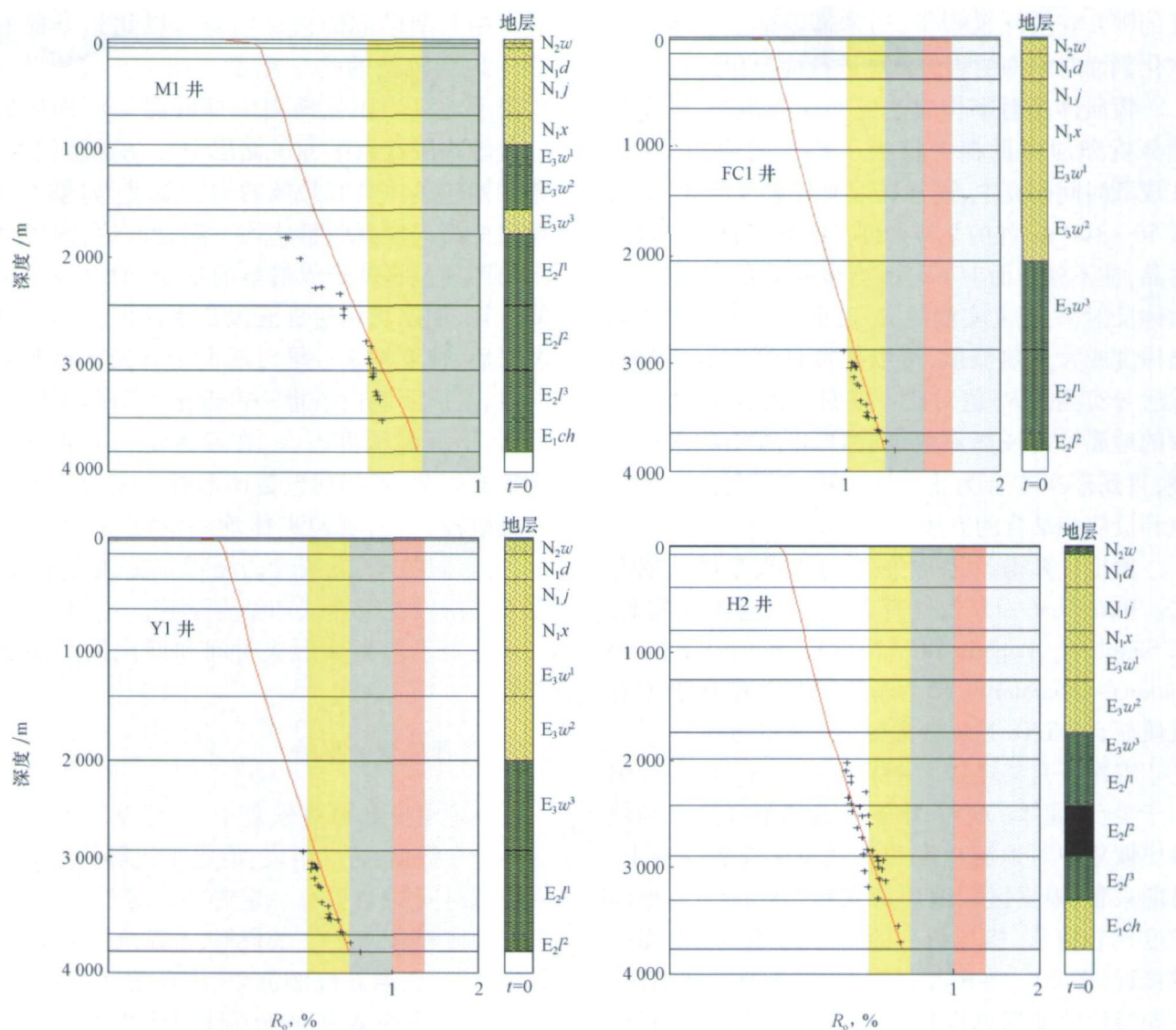
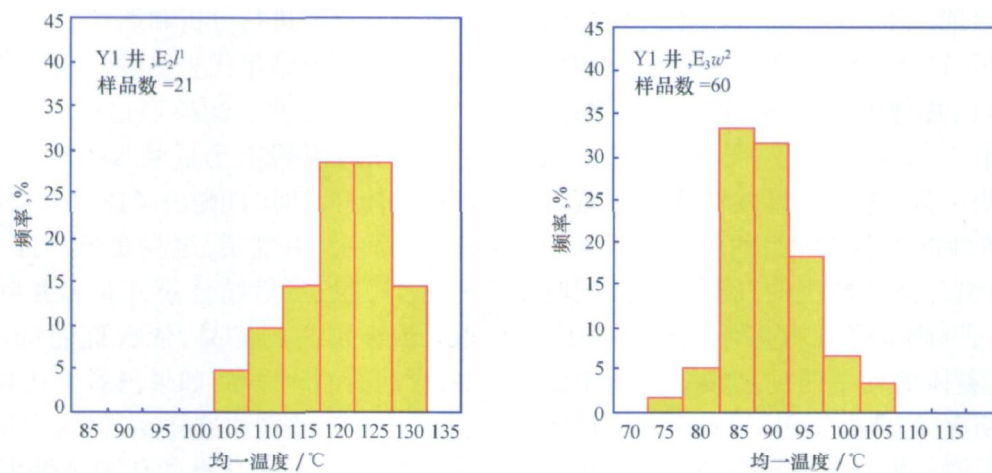
图 2 实测  $R_o$  剖面与模拟拟合剖面的比较Fig. 2 Correlation of measured  $R_o$  with those obtained through modeling+ 为实测  $R_o$  值, 直线为根据热史模拟结果拟合得到的  $R_o$  剖面

图 3 福山凹陷流沙港组和涠洲组油藏流体包裹体均一温度分布直方图

Fig. 3 Histograms showing the distribution of homogenization temperatures of fluid inclusions samples from  $E_2l^1$  and  $E_3w^2$  reservoirs in the Fushan Depression

### 3.7 福山油气成藏时间的确定

利用包裹体均一温度分布主频, 即一个圈闭中储层捕获油气的主要温度范围, 把这个温度范围投射到单井模拟得出的地层沉积埋藏史和热史图上, 即可得到该油藏油气充注成藏的时间。图 4 表示了 Y1 井的沉积埋藏史、热史和成藏时间的确定方法。所有其它井的成藏时间列在表 2 中。位于同一构造的 H2-1 和 H2-2 井, 其沉积和构造演化特征基本一致, 各地层的厚度相差不大, 所以可以采用相同的埋藏史和热史演化剖面。

综合看来, 福山凹陷古近系油气藏主要为一期成藏, 成藏时间较晚, 在 10 Ma 以后, 集中在 6~10 Ma 大致在中中新世末期—上新世早期, 即在

角尾组沉积以后、灯楼角组开始沉积时油气才开始大规模充注成藏。涠洲组与流沙港组成藏时间几乎一致, 表明涠洲组油气藏可能不是次生成因。

根据盆地模拟结果, 福山凹陷的主要生、排烃期在中新世末期, 距今 10~16 Ma 即下洋组沉积以后、角尾组开始沉积的时候, 油气成藏的时间与油气主要的生、排烃期是匹配的。

从圈闭发育来看, 福山凹陷圈闭的发育主要有两期: 第一期, 古—始新世中、后期至流三段沉积末期, 构造运动相当于珠琯运动第二幕; 第二期, 晚始新世—渐新世末期, 即中新世下洋组沉积以前, 构造运动相当于南海运动期。无论哪期圈闭, 其形成时间都早于大量生、排烃和油气充注成藏的时间, 所以成藏时间与圈闭形成时间也是匹配的。

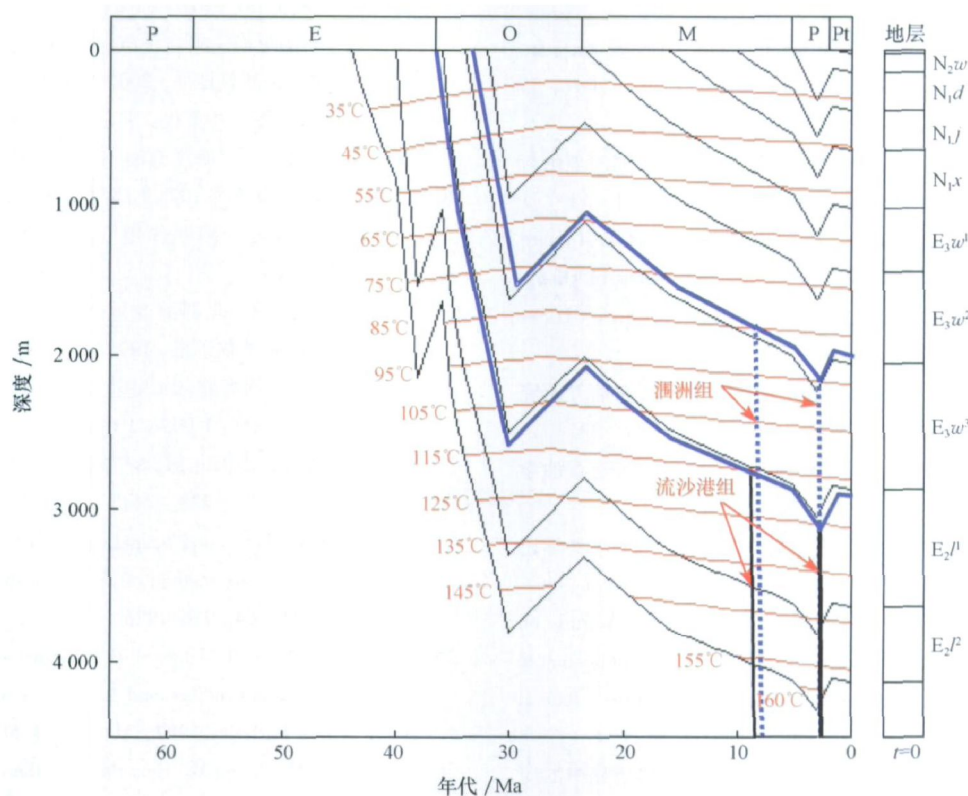


图 4 利用流体包裹体均一温度结合单井埋藏史—热史确定的 Y1 井成藏时间

Fig. 4 The episode and timing of hydrocarbon charge in Well Y1 by using the homogenization temperature of fluid inclusion and the reconstructed burial and thermal history

## 4 结论

1) 流体包裹体均一温度的期次并不等同于油气成藏的期次, 均一温度的高低并不完全与成

藏时间的早晚完全相对应。可靠的地层埋藏史和热史恢复是利用储层流体包裹体均一温度确定成藏时间和期次的必要条件之一。北部湾盆地福山凹陷流沙港组和涠洲组流体包裹体均一温度相差 30°C, 但结合埋藏史和热史恢复结果确认, 它们的

成藏时间基本一致。

2) 剥蚀厚度和地温梯度是影响埋藏史恢复和热史恢复可靠性的关键参数。其中,地温梯度的取值对成藏时间结果的影响最大。

3) 建立实测的  $R_0$  剖面,调整剥蚀厚度和地温梯度等参数,直至使模拟得到的  $R_0$  值与实测值很好地吻合为止,就可以建立比较可靠的埋藏史和热史。

4) 北部湾盆地福山凹陷古近系油藏为一期成藏,成藏时间为中中新世末期—上新世早期。油气主要成藏时间晚于源岩大量生、排烃期和圈闭形成期,有利于该区油气的充注成藏。

### 参 考 文 献

- Goldstin R H. Fluid inclusion in sedimentary and diagenetic systems [J]. Lithos, 2001, 55(1-4): 159-193
- Munz I A. Petroleum inclusions in sedimentary basins systematic analytical methods and applications [J]. Lithos, 2001, 55(1-4): 195-212
- 欧光习,李林强,孙玉梅. 沉积盆地流体包裹体研究的理论与实践 [J]. 矿物岩石地球化学学报, 2006, 25(1): 1-11
- Chen Honghan, Zhang Q ining Shi Jiki Evidence of fluid inclusion for thermal fluid-bearing hydrocarbon movements in Qiongdongnan Basin, South China Sea [J]. Science in China (D Series), 1997, 40(6): 648-655
- 柳少波,顾家裕. 流体包裹体成分研究方法及其在油气研究中的应用 [J]. 石油勘探与开发, 1997, 24(3): 29-33
- 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, 1998, 23(4): 1-4
- 卢焕章,范宏瑞,倪培,等. 流体包裹体 [M]. 北京: 科学出版社, 2004, 487
- Zhang W enhuai Zhang Zhiian Ming Houli et al A study on organic inclusions in clastic reservoir rocks and their application to the assessment of oil and gas accumulations [J]. Chinese Journal of Geochemistry, 1996, 15(3): 249-257
- 陈建平,查明,周瑶琪. 有机包裹体在油气运移研究中的应用综述 [J]. 地质科技情报, 2000, 19(1): 61-64
- 廖仕孟,王强,徐志明,等. 流体包裹体分子组成分析技术应用中存在的问题 [J]. 天然气地球科学, 2006, 17(2): 170-172
- Eadington P J Ham ilton P J Bai G P. Fluid history analysis—a new concept for prospect evaluation [J]. Australian Petroleum Production & Exploration Association Journal, 1991, 31(1): 282-294
- 高玉巧,欧光习,谭守强,等. 歧口凹陷西坡白水头构造沙一段下部油气成藏期次研究 [J]. 岩石学报, 2003, 19(2): 359-365
- 曹剑,胡文瑄,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): 700-707
- 肖贤明,刘祖发,刘德汉,等. 应用储层流体包裹体信息研究天然气气藏的成藏时间 [J]. 科学通报, 2002, 47(12): 957-960
- 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): 194-217
- 邱中建,龚再升. 中国油气勘探 (第四卷)——近海油气区 [M]. 北京: 地质出版社 & 石油工业出版社, 1999
- 李思田,林畅松,张启明,等. 南海北部大陆边缘盆地幕式裂陷的动力过程及 10 Ma 以来的构造事件 [J]. 科学通报, 1998, 43(8): 797-810
- 黄正吉. 中国近海主要含油气盆地的烃源岩天然气生成特征 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(4): 422-426
- 丁卫星,王文军,马英俊. 北部湾盆地福山凹陷流沙港组含油气系统特征 [J]. 海洋石油, 2003, 23(2): 1-6
- 王俊吉,罗群,张多军,等. 北部湾盆地海南福山凹陷断裂特征及其对油气成藏的控制作用 [J]. 石油实验地质, 2004, 26(3): 241-248
- 康西栋,李思田. 北部湾盆地今古地温场特征及热演化史 [J]. 长春地质学院学报, 1995, 25(2): 173-177
- 张健,汪集旸. 南海北部大陆边缘深部地热特征 [J]. 科学通报, 2000, 45(10): 1095-1099
- 张健,宋海斌. 南海北部大陆架盆地地热结构 [J]. 地质力学学报, 2001, 7(3): 238-244
- Waples D W. Times and temperature in petroleum formation application of Lopatin's method of petroleum exploration [J]. AAPG Bulletin, 1980, 64: 916-926
- Tissot B P, Petet R, Ungerer P. Thermal history of sedimentary basins maturation indices and kinetics of oil and gas generation [J]. AAPG Bulletin, 1987, 71(12): 1445-1466
- He Sheng Middleton M. Heat flow and thermal maturity modeling in the North Camarvon Basin, North West Shelf, Australia [J]. Marine and Petroleum Geology, 2002, 19: 1073-1088
- 王正允. 谢家湾构造流体包裹体及油气运移期 [J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(2): 152-156

(编辑 李 军)