

简析塔中北斜坡 A井志留系油气藏成藏期

肖中尧¹ 张水昌² 赵孟军¹ 曾强¹

¹(塔里木石油勘探开发指挥部勘探研究中心,新疆库尔勒 841000)

²(北京石油勘探开发研究院地质所,北京 100083)

摘要 塔中北斜坡 A井是塔里木盆地第一口在志留系发现工业油气流的探井。本文对塔中 A井志留系下砂岩段进行了详细的储层地球化学描述;根据有机包裹体的均一化温度,并结合塔中地区构造演化和热演化史,对塔中 A井志留系油气藏的成藏期进行了简要的分析。综合研究认为:塔中 A井志留系存在三期油气运移、聚集和两次油气破坏。三期油气运移聚集分别发生在志留纪-泥盆纪末、二叠纪末-三叠纪和喜山期。其中,第一次油气聚集规模大,在泥盆纪末,由于地层整体抬升遭到剥蚀,油气受氧化和生物降解等破坏作用,形成广泛分布的沥青砂;第二次油气运移聚集量较大,但在喜山期遭到不同程度的水淹。

关键词 塔中 A井 志留系下砂岩段 储层地球化学 均一化温度 油气运移和聚集

分类号 P 618.130.2

第一作者简介 肖中尧 男 28岁 硕士 工程师 石油地质

1 前言

矿物形成时捕获了成矿介质就形成了包裹体。它具有两个基本特征:(1)与主矿物同时形成,(2)存在于矿物晶体的缺陷或窝穴中,为一封闭系统,与系统外不发生物质交换和化学反应。因此,它完整地记录了矿物形成时的条件和历史。现有资料证明,只要矿物发生结晶或重结晶作用,就可以形成包裹体,一般是水溶液包裹体;如果矿物捕获的成矿介质中含有油气,那么可以形成有机包裹体^[1,2]。因而,有机包裹体的研究可为油气的生成和运移提供信息,对油气的勘探具有重要意义。

包裹体的均一化温度代表包裹体形成时的古地层温度。其基本原理是:气液包裹体刚被捕获时为均一相态,当主矿物到达地表后,由于温度、压力的下降,分离出二相或多相体系。因而,将包裹体在加热台上加温,恢复到原来的均一相态,此时的温度即为均一化温度(有时需压力校正)。

本文意在根据有机包裹体的均一化温度,结合塔中地区构造演化和热演化史,简要分析塔中 A井志留系油气藏的成藏期。

2 塔中 A井志留系油气运移史分析

塔中隆起位于满加尔凹陷和塘古孜巴斯凹陷之

间,北斜坡即为塔中隆起向满加尔凹陷的过渡带,塔中 A井位于塔中北斜坡中段(图 1)。

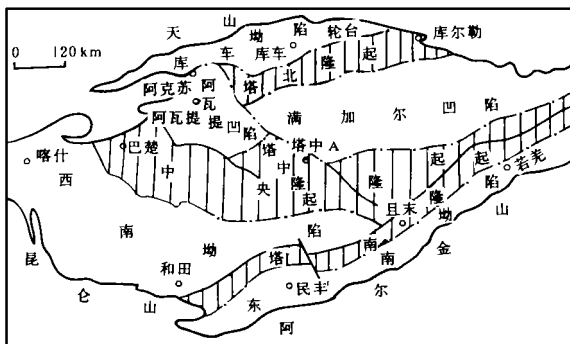


图 1 塔里木盆地构造分区及塔中 A井位置图

Fig. 1 Structure units of the Tarim Basin and the location of the Tazhong A well


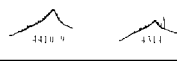

塔中 A井志留系从上到下分别为上砂岩段、红泥岩段和下砂岩段。其中下砂岩段岩性为粉、细砂岩,夹有泥岩薄层。油气显示以沥青为主,同时还有荧光、油迹和油浸等显示。因此,塔中 A井志留系油气运移史的主要研究对象是志留系下砂岩段。

表 1是塔中 A井志留系下砂岩段储层地球化学特征数据表,表 2是塔中 A井志留系下砂岩段有机包裹体均一化温度数据表(广州地化所检测)。从

表 1 和表 2 中可以看出: 塔中 A 井志留系下砂岩段的电性、沉积相、储层物性和有机地球化学特征垂向上随深度呈有规律的变化, 因而, 根据砂岩的储层地球化学特征, 将塔中 A 井下砂岩段主要划分为三段(表 1)

表 1 塔中 A 井志留系下砂岩段储层地化特征数据表

Table 1 Geochemical data of the reservoir in the lower sandstone member of the Silurian in the Tazhong A well

| 层段 | 井深(m) | 沉积相 | 孔隙度(%) | 渗透率($10^{-3}\mu\text{m}^2$) | 有机包裹体 | 正构烷烃含量 | 气相色谱图 |
|-----|-------------|-------|-----------|-------------------------------|-------|--------|---|
| 第一段 | 4301~4306.5 | 中临滨 | 平均值 10.90 | 平均值 1.64 | | 少量轻烷烃 |  |
| 第二段 | 4306.5~4417 | 中、下临滨 | 平均值 7.18 | 平均值 2.51 | 未发现 | 降解严重 |  |
| 第三段 | 4417~4463 | 上临滨 | 平均值 9.1 | 平均值 19.0 | 丰富 | 丰富 |  |

第一段 4301~4306.5 m, 以中临滨沉积为主, 储层物性介于第二段和第三段之间, 孔隙度平均值为 10.90%, 渗透率平均值为 $1.64 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 沥青砂中含有少量的轻碳数正构烷烃, 气相色谱图为前峰分布, 主峰碳为 nC_{17} , 因而在该井段测试出少量的轻质原油

第二段为干沥青段(4306.5~4417 m), 以中、下临滨沉积为主, 沉积时水动力条件弱, 粘土矿物含量高, 自然伽玛值高于第三段。储层物性差, 孔隙度平均值为 7.18%, 集中分布于 2~8%, 渗透率平均值为 $2.51 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 49 个样品仅有 5 个样品的渗透率大于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。该段沥青砂中烃类遭到严重降解和破坏, 气相色谱上正构烷烃含量甚微, 并在该段未能检测出有机包裹体。

表 2 塔中 A 井志留系沥青砂和油砂油气包裹体分布及均一温度

Table 2 Distribution of hydrocarbon inclusions and their homogenization temperature in the bitumen sandstone and oil sandstone of the Silurian in the Tazhong A well

| 井号 | 井深(m) | 油气包裹体分布 | 油气包裹体均一温度($^{\circ}\text{C}$) |
|------|--------|---------|---------------------------------|
| 塔中 A | 4314 | 未见油气包裹体 | |
| 塔中 A | 4409.4 | 未见油气包裹体 | |
| 塔中 A | 4419.2 | 有油气包裹体 | 62, 64, 65, 63, 5 |
| 塔中 A | 4423.7 | 有油气包裹体 | 72, 74, 103 |
| 塔中 A | 4428.6 | 有油气包裹体 | 62, 66, 68 |
| 塔中 A | 4433 | 有油气包裹体 | 125, 135, 155, 188, > 200 |
| 塔中 A | 4447.5 | 有油气包裹体 | 67, 69, 166, > 150 |
| 塔中 A | 4461.8 | 未见油气包裹体 | |

滨沉积为主, 沉积时水动力作用强, 自然伽玛值明显低于第二段, 储层物性相对较好, 孔隙度平均值为 9.1%, 渗透率平均值为 $19.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 255 个样品中有 63 个样品的渗透率大于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 因此该段存在一定厚度储层物性较好的砂岩。显微镜下观

察这段砂岩, 干沥青和原油共生, 预示着两期或多期烃类的运移。该井段稠油砂中的正构烷烃保存完整, 但 nC_{26} 以后基线上飘明显, 形成一个“ u_{cm} ”包, 它由正构烷烃、环烷烃和一些不可分离的极性化合物组成, 这可能是后期运移到砂岩中的正常原油作为有机溶剂溶解了早期遭到氧化和生物降解残留的化合物而形成这种大比重稠油的气相色谱图面貌(图 2)。在 4417~4463 m 井段的稠油砂中普遍检测出有机包裹体。塔中 A 井 4463 m 以下分析数据少, 在此不作详细说明。

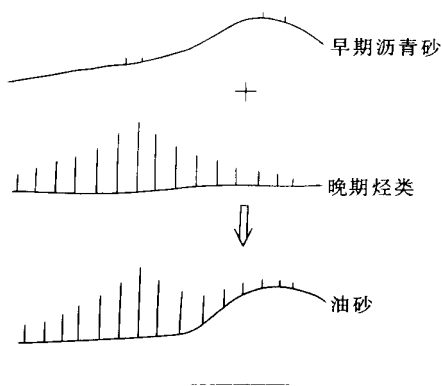


图 2 塔中 A 井志留系油砂形成示意图

Fig. 2 Sketch map showing the formation of the Silurian sandstone in the Tazhong A well

众所周知, 有机包裹体的形成有两个必要条件: 一是主矿物发生结晶或重结晶作用, 二是成矿介质中含有油气。在 4306.5~4417 m 干沥青砂中未发

第三段为稠油砂段(4417~4463 m), 以上临

现有有机包裹体的原因可能是: 早期古油藏形成过程中, 埋深浅, 成岩作用弱, 矿物没有或很少发生结晶或重结晶作用, 因而早期也就未形成有机包裹体。加里东运动末期 - 海西早期, 地层抬升, 古油藏接近于地表, 遭受氧化和生物降解等作用形成干沥青。海西

期以后, 随着埋深增加, 矿物发生结晶或重结晶作用, 但由于物性差, 绝大部分储集空间被干沥青占据, 第二期油气没有进入该段地层, 因而后期也未形成有机包裹体

在 4 417~ 4 463 m 井段的稠油砂中, 发现较丰

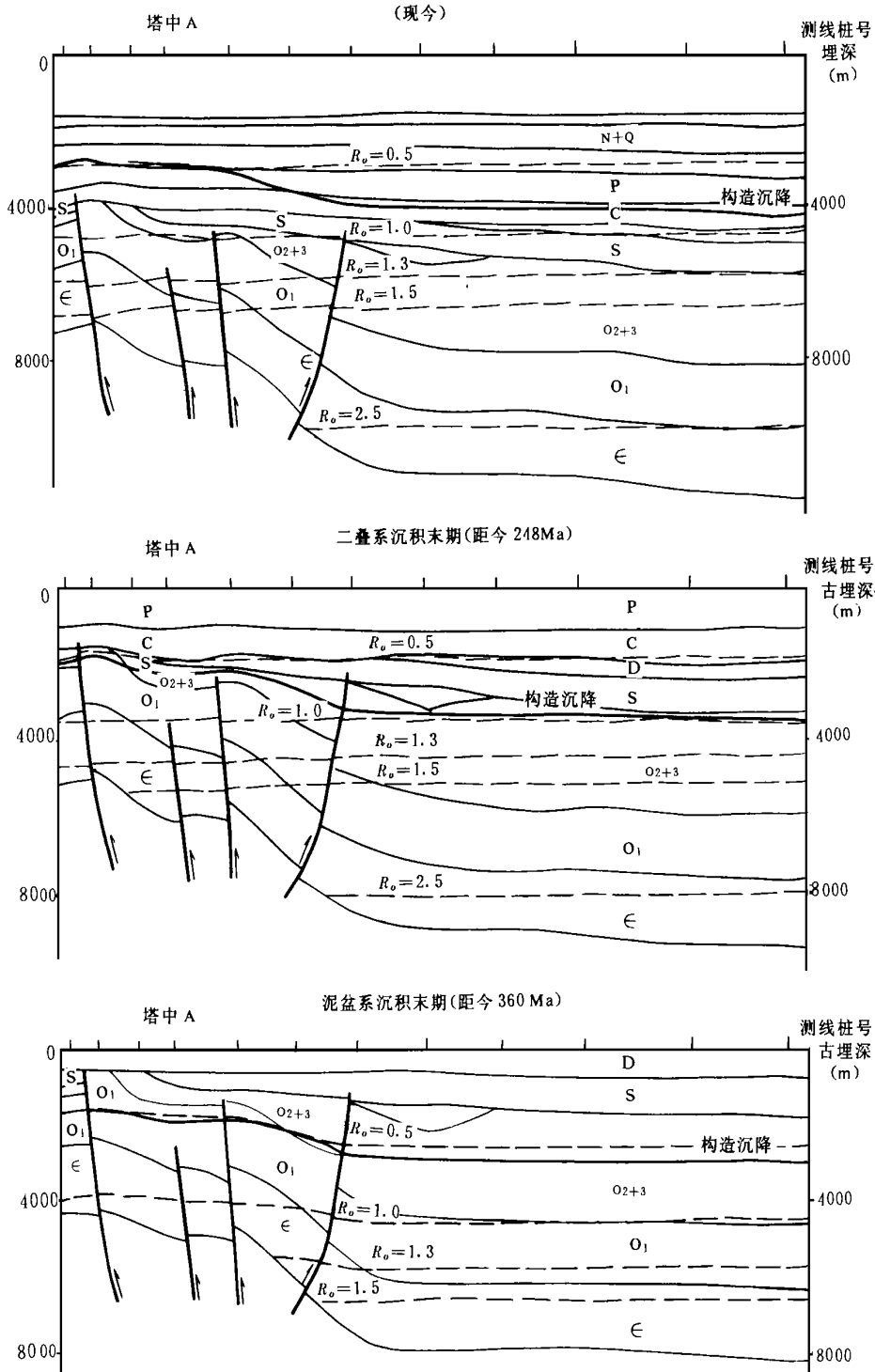


图 3 过塔中 A 井南北向地质发育史剖面图

Fig. 3 N-S sections Showing the geological evolution history of the Tazhong A well

富的有机包裹体,包裹体均一化温度分为三组(表2):第一组为 $62\sim 74^{\circ}\text{C}$,平均为 66.59°C ,假设塔中地区古地表温度为 15°C ,平均古地温梯度为 $3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$,那么,第二次油气运移时储层所处的深度应为 $1566\sim 1966\text{m}$,相当于二叠纪末-三叠末时志留系下砂岩段的埋深,烃类运移的相态以正常原油为主。第二组均一化温度集中分布于 $100\sim 135^{\circ}\text{C}$ 之间,相当于志留系下砂岩段现今的地层温度,也就是说第三次油气运移发生在喜山期,烃类以轻质油为主。第三组温度 $> 150^{\circ}\text{C}$,实质上为非均一化温度,由于矿物捕获了高成熟气体,气泡大,所测均一化温度偏高。

综上所述,塔中 A井志留系主要发生了三次油气运移:第一次为志留纪-泥盆纪末,由于埋深浅,没有形成有机包裹体,而后在泥盆纪末广泛遭到严重破坏;第二次为二叠纪末-三叠纪末,烃类以正常原油为主;第三次为喜山期,烃类以高成熟轻质油和气体为特征。

3 塔中 A井志留系成藏期

图3是过TZA井向满加尔凹陷延伸的南北向剖面。我们根据今剖面进行压实恢复,计算出不同时期各地层古厚度,描绘出古构造剖面形态,并用热史模拟计算出不同时期 R_o 的界线值,从而得到集地层埋藏史、构造演化和热演化三位一体的地质发育史横剖面图(图3)。结合油气运移可得到如下结论:

(1)泥盆系沉积时,斜坡地区由于埋深增加,使得志留系红泥岩段压实程度增加,封堵能力增强。同时,寒武系和坳陷区下奥陶统生油岩进入排烃高峰期,形成大规模油气聚集,从而导致志留系早期油藏形成。泥盆纪末,塔中隆起整体抬升,泥盆系和志留系地层遭到剥蚀,油气藏接近于地表,油气受到氧化和生物降解等破坏作用,形成广泛分布的沥青砂^①。

(2)石炭-二叠系沉积以后,中生代早期,源岩埋深继续加深,本区下奥陶统和坳陷区中上奥陶统

生油岩达到排烃高峰期,发生第二次油气运移。此时,志留系物性较差的砂岩储集空间绝大部分被前期形成的沥青砂所占据,物性较好的砂岩仍有一部分储集空间接受本区中下奥陶统和凹陷区中上奥陶统生油岩在二叠纪末-中生代早期排出的烃类。塔中 A井志留系油气藏就是这一期和前期共同形成的结果。

(3)喜山期,生油岩排出的高成熟轻质油和气体由于分子半径小,运移距离远,在塔中 A井志留系下砂岩段顶部残留的储集空间聚集。但由于现有的储集空间大部分被沥青和原油占据,而且现今志留系砂岩的毛细管压力大,喉道半径小,油气运移和聚集量有限。

(4)在 $4447\sim 4450\text{m}$ 段砂岩中检测出较丰富的有机包裹体,并且气相色谱上的正构烷烃保存完整,表明该段砂岩在地质历史时期也存在第二次或第三次油气运移和聚集。但完井测试产水,原因可能是喜山期遭到水淹,这与塔中地区区域地下水活动背景有关;塔中北斜坡另外两口临近不整合面之上的下砂岩段底部沥青砂正构烷烃部份或全部消失,说明该地区志留系下砂岩段底部地下水活动强烈,这需要沥青砂的族组成数据进一步证明。

4 结 论

据以上分析,塔中北坡志留系存在三次油气聚集和两次油气破坏。其中,第一次油气聚集规模大,破坏程度严重。第二次油气聚集量较大,但也遭到不同程度的水淹。

参 考 文 献

- [1] 储同庆等. 胜利油田义东礁丘相碳酸盐岩矿物包裹体的研究. 石油勘探与开发, 1991, (18) 5
- [2] 戴世昭, 江继纲等. 江汉盆地马王庙地区石油运移的探讨. 石油学报, 1992, (13) 4

^① 肖中尧等,塔中隆起北斜坡带志留系沥青砂,原油成因和油气藏形成,塔里木盆地内部报告,1995

A Brief Analysis on Forming Periods of Silurian Pools in the Tazhong A Well

*Xiao Zhongyao*¹ *Zhang Shuichang*² *Zhao Mengjun*¹ and *Zen Qiang*¹

¹(Exploration Research Center of the Tarim Petroleum Exploration & Development Headquarter, Kuerle 841000)

²(Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing 100083)

Abstract

The Tazhong A well is the first exploration well to find commercial oil in Silurian strata of the Tarim basin. In the article a detailed reservoir geochemistry study was done to the lower sandstone member in Silurian strata, so a brief conclusion was made on forming periods of the Silurian pool in the Tazhong A well, according to the homogenization temperature of hydrocarbon inclusions and to the tectonic evolution and thermal evolution history. There were three periods for hydrocarbon's migration and accumulation occurred separately in the Silurian-Later Devonian, Later Permian-Triassic and Himalayan period. The largest hydrocarbon accumulation occurred in the first period, and the widely distributed bitumen sandstone was formed in the end of Devonian, because of the hydrocarbon's oxidation and organism decomposition when whole strata were raised and eroded. The hydrocarbon-accumulating scale was larger in the second period and there was water washing to a certain degree during the Himalayan movement.

Key Words Tazhong A well lower sandstone member of Silurian reservoir geochemistry homogenization temperature hydrocarbon's migration and accumulation