

多期构造演化盆地的复杂地温场对油气生成的影响 ——以塔里木盆地塔中地区为例

邱楠生 金之钧 王飞宇

(石油大学,北京 102200)

摘要 根据磷灰石裂变径迹分析(AFTA)及干酪根自由基浓度分析了塔里木盆地塔中地区单井的热历史,同时结合波动地质学分析的结果研究了其复杂的构造演化、沉积埋藏史,由此探讨了复杂构造运动对油气生成和油气藏形成的影响,表明多期构造运动一方面对油气藏会产生破坏作用,而另一方面却对延长生油层的生烃时间有利(即可以晚期生烃)。后期多次构造运动有利于烃源岩晚期、长期生烃。

关键词 地温场 油气生成 塔里木盆地

分类号 P 618.130.2

第一作者简介 邱楠生 男 28岁 博士 讲师 盆地地温场和油气藏形成史

1 前言

石油成因理论和勘探实践证明,地温是控制油气生成和聚集的重要因素之一。同时,盆地古地温及地层抬升剥蚀量的恢复是研究盆地构造演化、正确评价油气远景的基础。目前恢复盆地古地温的方法有许多,但常用的方法归纳起来主要有两个方面:一是利用各种地质温度计来“计算”地层的古温度(如镜质体反射率 R_o 、磷灰石裂变径迹分析(AFTA)、粘土矿物的转化关系、包裹体温度等);二是利用盆地演化动力学模型来研究盆地的热流变化和地温场演化。

由于地温场是随盆地的演化而演化的,盆地形成越早,演化史越复杂,现今地温场与古地温场相差也越大。尤其是当盆地经历了多期沉降—抬升剥蚀—沉降过程时,盆地热历史就越复杂。这种复杂的热历史必然决定了源岩成熟生油演化的过程也不是一帆风顺的。塔里木盆地是一个由古生界克拉通盆地和中生界前陆盆地组成的大型叠合、复合盆地,具有古老陆壳基底和多次沉降隆起构造史。据近年来的研究已确认塔里木盆地自寒武纪以来有八次构造变动事件,造成了盆地范围内几个大的不整合接触,这就使得盆地的热演化史相对复杂。这种复杂的热历史决定了塔里木盆地烃源岩成熟生油演化的复杂

性。本文主要根据磷灰石裂变径迹并配以其它方法分析塔里木盆地塔中地区古地温的演化,并讨论这种古地温的复杂变化对油气生成演化的影响。

2 塔中 10井区的热史分析

本次研究以磷灰石裂变径迹分析恢复古温度为主,辅以自由基浓度等地温计来研究塔里木盆地塔中地区单井的温度变化。这是因为磷灰石裂变径迹能给出丰富的热史信息,适用于复杂热史的定量研究。研究中以TZ10井为对象,所测得的磷灰石裂变径迹长度均为封闭径迹长度,用其作为地质温度计,利用澳大利亚扇形模型^[1]进行热史模拟计算和地层抬升剥蚀量恢复,在模拟过程中考虑了磷灰石颗粒物源区径迹记录的影响;同时利用干酪根的自由基浓度与样品埋深之间的回归曲线斜率推算古地温梯度。

TZ10井位于塔里木盆地中央隆起北部鼻状隆起披覆背斜构造带的塔中 10号背斜西高点上,现今平均地温梯度为 $2.17^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。本井所钻遇的地层表明在S-D-C-R-T-J及K中有抬升剥蚀事件发生,造成了地层的缺失。从井深2482~4735m有样品控制,得到10个磷灰石裂变径迹封闭长度数据。径迹长度和径迹年龄随深度变化的关系见图1。径迹最大长度为 $13.2\mu\text{m}$,最小为 $6.4\mu\text{m}$;从

2 200 m开始随埋藏深度的加大,径迹长度和径迹年龄均逐渐减小,外推约在 5 200 m深度处径迹年龄减小至零,说明径迹完全退火。由此确定的退火带为 2 200~ 5 200 m,对应的今地温范围为 64~ 130℃。我们用深度为 2 482 m 2 888 m(时代为三叠纪)的两个样品之封闭径迹长度作为地温计进行模拟计算,确认在 100 Ma 196 Ma左右各有一次抬升剥蚀事件发生,造成了地层的剥蚀和沉积盖层所受温度的变化。地层的抬升剥蚀量为:白垩系地层的剥蚀量 665 m,晚三叠至侏罗系地层的剥蚀量为 1 377 m。自三叠纪以来的古地温梯度变化为:三叠纪—侏罗纪末 3.1℃/100 m,白垩纪末为 3℃/100 m,早第三纪末为 2.6℃/100 m,晚第三纪末为 2.50℃/100 m。此外,根据干酪根自由基浓度算得的石炭—二叠纪(C-P)末期古地温梯度为 3.06℃/100 m,奥陶纪末的平均地温梯度为 3.54℃/100 m,而志留—泥盆(S-D)纪的古地温梯度为 2.9℃/100 m(据“八五”攻关的研究成果)。由此可以看出,塔中地区的古地温梯度随地史的演化是比较复杂的,盆地的多期构造演化对古地温场的演化有重要影响。早古生代地温梯度普遍较高,可达 3.54℃/100 m,志留—泥盆纪比较稳定,为 2.9℃/100 m。晚古生代受海西运动的强烈影响,使得石炭—二叠纪古地温升高(3.06℃/100 m),进入中生代以后,发展为陆内拗陷阶段,古地温降低,其中三叠、侏罗、白垩和第三纪古地温降低较缓慢,在晚第三纪至第四纪时急剧降温,在 1.64 Ma时间内地温梯度由 2.5降至 2.17℃/100 m。

3多期构造演化盆地的复杂地温场对油气生成的影响

根据上述的古温度数据,我们得到 TZ10井的埋藏史和热演化史图(图 1)。地表温度在各时间统一取 18℃,石炭—二叠系、志留—泥盆系的剥蚀量由波动分析得到,分别为 50 m和 477 m^①。图 1中所钻遇的生油层的成熟生烃史是根据上述的古地温梯度利用干酪根降解反应化学动力学方法得到的^[2]。生油门限的镜质体反射率(R_o)为 0.65%~ 1.13%, $R_o = 0.65%$ 时生油层开始成熟生油, $R_o = 1.0%$ 时生油层达到生油高峰, $R_o = 1.3%$ 时生油层达到过成熟阶段。所钻遇的奥陶系生油层底约在 230 Ma(T_3 早期)开始成熟生油,此后随着埋藏深度的加大(经受

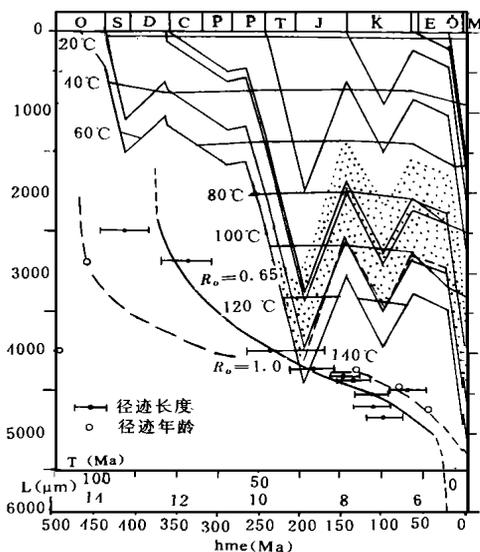


图 1 TZ10井磷灰石裂变径迹长度(L)和径迹年龄(T)随深度的变化关系及该井的热史、埋藏史和生烃史图

Fig 1 Thermal history, burial history and hydrocarbon generation history of the TZ-10 well and the relationship between age(T^*) and length of apatite fission track with burial depth

的地温增高)约在 205 Ma(J_1 早)进入生油高峰。但由于受后期两次抬升剥蚀的影响(印支运动和燕山运动),目前仍处于生油窗中,其成熟度未有太大的变化;奥陶系顶约在 220 Ma开始成熟生油,随后受印支运动影响,上覆地层抬升遭受剥蚀,生油层所经受的温度下降,在 175 Ma(J_1 早)才进入生油高峰。随后的构造运动造成了地层抬升剥蚀,使其所处的温度始终未能达到或超过其所经受的最高温度,从而使其直至目前一直处在生油高峰期状态;本区的另一生油层 C-P地层底在 200 Ma(J_1 早)开始成熟生油,由于受紧接着的地层抬升的影响,上覆生油层所受的温度减小,生油层处于“滞留”生油状态。尽管后期又接受了沉积,但受燕山运动影响,地层遭受剥蚀,使生油层的温度仍未超过其所经受的最高温度,目前仍处于刚成熟状态。而对于石炭—二叠系的顶来说,受上述多期运动的影响,上覆地层沉积、抬升、剥蚀,在白垩纪开始时才刚刚进入早成熟阶段($R_o = 0.5%$),至今也未进入成熟生油的阶段。

从此可以看出构造演化的复杂性带来了盆地温

① 塔里木盆地构造波动特征研究,石油大学和塔指地质研究中心研究报告,1996

场演化的复杂性的同时,使得生油层的成熟生烃史也相对复杂化。当上覆地层遭受抬升剥蚀时,生油层所经受的温度低于其“有效温度”时,生油层处于“滞留”状态,认为不再继续生油;这里我们所说的有“有效温度”定义为不低于生油层在遭受构造运动抬各项前所经受最高温度 15°C 的温度范围。只有当上覆地层继续沉积(生油层埋深加大),生油层所受温度达到或超过其有效温度时,生油层才接着演化直至过成熟阶段。而当生油层所受的温度小于该温度时(多是由于构造运动引起上覆地层升剥蚀所致),生油层停止演化,“滞留”在温度开始降低时的成熟状态。因此,多次构造运动使地层遭受剥蚀一方面对油气藏会产生破坏作用,而另一方面却对延长生油层的生烃时间有利(即可以晚期生烃)尤其象早古生代地层作为烃源岩的塔里木盆地,正是由于后期多次构造运动有利于烃源岩的晚期、长期生烃,才使得盆地目前具有良好的勘探前景。一般来说,只要有合适的圈闭,这种晚期生烃对油气藏的形成和保存是有利的。

从图 1中也可以看出, TZ10井所钻遇的奥陶系底在 180 Ma前 R_0 达到 1.0%。以后由于上覆地层抬升剥蚀的影响,其所受温度直到目前始终低于“有效温度”,因而它未再继续演化。 R_0 “滞留”在 1.0% 的位置上。我们对该层实测的 R_0 结果(1.0%)也证实了这一点,即奥陶系源岩在 180 Ma以后一直处

于“滞流”状态。TZ10井的钻探结果证实,石炭系 G_1 、 G_2 油组油层发现的含油岩芯有近 22 m,这可能就是石炭系生成的油。而奥陶系生油期约在 230~180 Ma 之间(所钻遇的底界),此时志留系地层圈闭(海西运动的结果)已经形成,且志留系上部有 70 m 厚的泥岩可作为盖层,则奥陶系生油层所生成的油刚好可运移至此保存下来。因此可认为奥陶系油气的成藏期在 T-J 期间(235~185 Ma)。但可能受到后期印支、燕山运动的影响,志留系储层中的原油受到改造,目前仅看到沥青砂。

总之,构造运动对油气藏形成的影响是两个方面的,一方面是对已有油气藏的破坏;而另一方面却能使生油层长期、多期生烃。因此,对具体盆地应作具体分析。

感谢:感谢塔里木石油勘探开发指挥部提供岩芯样品,中国科学院高能物理研究所核应用部测试了磷灰石裂变径迹样品,中国科学院生物物理研究所分析中心为干酪根自由基浓度的测试提供方便!

参 考 文 献

- [1] Laslett G M and Green P F Duddy I R and Gleadow A J W. Thermal annealing of fission track in apatite, *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)*, 1987, 65: 1-13.
- [2] Sweeney J J and A K Burnham. Evaluation of a simple model of vitritite reflectance based on chemical kinetics. *AAPG*, 1990, 1559-1570.

The Effect of the Complex Geothermal Field Based on the Multi-Structure Evolution to Hydrocarbon Generation— A Case of Tazhong Area in Tarim Basin

Qiu Nansheng Ji Zhijun and Wang Feiyu

(University of Petroleum, Beijing 102200)

Abstract

The thermal history of a single well in Tazhong Area, Tarim basin, was investigated based on the apatite fission track analysis (AFTA) and spin density of free radicals in kerogen, at the same time, the complex evolution of structure and burial history were also studied combining the results of wave-geological analysis. The effect of the complex structural movement to hydrocarbon generation and reservoir formation was discussed. The results of the study revealed that the repeatedly structural movements may destroy the reservoir on the one hand, but may extend the interval of hydrocarbon generation on the other hand. The repeatedly structural movements is favourable to the hydrocarbon generation of source rocks for long time and at various stages.

Key Words geothermal field hydrocarbon generation Tarim basin