

# 塔里木盆地褶皱中和面与油气成藏关系初探

钱玲<sup>1,2</sup>, 余和中<sup>3</sup>, 丁成豪<sup>3</sup>, 韩守华<sup>3</sup>, 李新生<sup>2</sup>, 吴建国<sup>2</sup>, 席勤<sup>2</sup>

(1 北京大学地球与空间科学学院; 2 中国石油塔里木油田公司; 3 中国石油杭州地质研究院)

**摘要** 塔里木盆地从前震旦纪至今主要有七个演化阶段, 其中的三次前陆盆地阶段是形成褶皱中和面的主要时期。古油藏能否保存下来, 实际上要看褶皱中和面是否能被保存完整。在遭受很大剥蚀的古生界构造, 虽然残存的构造核部仍保存有较大的地质空间, 但易于聚集油气的背斜上中和面( $T_A$ )地层不太容易被保存下来。塔里木盆地 Fang1 构造, 其背斜上中和面  $T_A$  地层已基本被剥蚀殆尽, 只有一小部分残留, Fang1 井因钻在背斜下中和面( $C_A$ )部位而钻探失败。主要原因是  $C_A$  部位是构造挤压区, 属油气排出区。Tadong3 构造区背斜中和面以上部位也已遭受剥蚀, 残留的背斜下中和面看上去仍为背斜构造, 但已属于构造应力挤压区, 为不能储集油气的  $C_A$  区, 因此对该构造的勘探风险很大。对塔里木盆地古生界, 需要寻找较完整的或剥蚀不大的背斜上中和面构造油藏; 对中—新生界, 除了寻找发育较完整的中中和面构造外, 还应重视向斜下中和面部位的构造或岩性油气藏。

**关键词** 油气成藏; 油气勘探; 塔里木盆地; 背斜下中和面

**中图分类号**: TE111.2

**文献标识码**: A

地层在褶皱变形过程中表现为外弧伸长和内弧缩短, 在接近岩层中部, 有一个既无伸长亦无缩短的无应变面, 这个无应变面称为褶皱中和面, 简称中和面<sup>[1-5]</sup>。背斜在中和面以上或向斜在中和面以下都属于张性区域, 其储层的压实作用相对较小, 物性条件因此相对较好, 有利于油气的聚集。而在背斜的中和面以下或在向斜的中和面以上, 都处于压性区域, 储层压实作用相对较大, 物性条件相对不好, 不利于油气的聚集, 反而表现为油气的向外运移。

本文作者之一曾经结合中国南方的勘探选区探讨过中和面与油气成藏的关系<sup>[2]</sup>, 近年来, 笔者在塔里木盆地做了一些工作, 在研究实践中发觉, 褶皱中和面对该盆地的油气成藏也具有一定的控制作用。本文试图通过对构造实例的分析来阐明褶皱中和面在塔里木盆地油气勘探中的意义, 并为勘探选区提供决策参考。

## 1 塔里木盆地褶皱中和面发育概况

塔里木盆地是中国陆上最大的石油勘探开发盆

地, 是一个经历了长期构造演化的大型叠合含油气盆地。由于盆地面积广大, 它在不同地区, 甚至在同一地区的不同地质时期都具有不同的演化特征。塔里木盆地在纵向上发育有多个中和面的叠加。每一次挤压构造运动都会产生一个褶皱中和面, 若褶皱不产生破裂, 这个面就在褶皱地层的中部, 若褶皱产生破裂, 则背斜褶皱中和面就会向下位移, 而向斜褶皱中和面就会向上位移。

总体上, 塔里木盆地的构造演化大致可以分为七个阶段: (1) 前震旦纪, 基底形成; (2) 震旦纪—奥陶纪, 克拉通边缘拗陷阶段; (3) 志留纪—泥盆纪, 周缘前陆盆地阶段; (4) 石炭纪—二叠纪, 克拉通边缘拗陷和裂谷盆地阶段; (5) 三叠纪, 前陆盆地阶段; (6) 侏罗纪—古近纪, 断陷盆地阶段; (7) 新近纪—第四纪, 复合前陆盆地阶段。这七个演化阶段中的三次前陆盆地阶段是形成褶皱中和面的主要时期, 形成三个区域性中和面。本文主要对盆地中的两个构造实例进行分析, 探讨其背斜褶皱中和面与油气成藏的关系, 有关多个中和面在纵向上的叠加等更系统

收稿日期: 2011-03-20; 改回日期: 2011-07-12

钱玲: 女, 1971年生, 高级工程师。1992年本科毕业于江汉石油学院, 现为北京大学在读博士研究生, 从事勘探规划、石油地质研究。通讯地址: 841000 新疆库尔勒市中国石油塔里木油田公司

的内容将在以后进行论述。

塔里木盆地寒武系发育了一套分布广泛的优质烃源岩,在部分地区白云岩内幕储层和潜山储层发育,与上覆盐岩组成自生自储的优质组合,岩性变化和古隆起背景为圈闭发育提供了很好的条件。因此普遍认为寒武系是塔里木盆地寻找古油气藏的有利层系,勘探潜力主要集中在几个继承性古隆起区,但这一认识没有考虑到褶皱中和面是否保存完整。古油藏能否保存下来,实际上要看褶皱中和面是否能被保存完整,这是区带评价时所要考虑的关键因素之一。在塔里木盆地古生界需要以寻找较完整的或剥蚀不大的背斜上中和面<sup>[6]</sup>构造油藏为主,如隐伏背斜。但遭受很大剥蚀的古生界构造,虽然残存的构造核部仍保存有较大的地质空间,可勘探风险很大,因为它们的构造完整性已被破坏,易于聚集油气的背斜上中和面地层不太容易被保存下来。

塔里木全盆地的白垩系油气分布主要围绕库车和塔西南两大油气系统,多期构造运动形成了多种类型的构造圈闭。相对于其他层系,白垩系的褶皱中和面保存比较完整,因而具有更为有利的石油地质条件。

在塔里木盆地中—新生界,除了寻找发育较完整的上中和面构造外,还应重视向斜下中和面部位的构造或岩性油气藏。

## 2 塔里木盆地褶皱中和面与油气成藏关系的实例分析

### 2.1 实例 1:Fang1 构造

Fang1 构造的中—下寒武统和中—上奥陶统为主力烃源岩,中—下寒武统烃源岩厚度 100~200 m,最厚 250 m,中—上奥陶统烃源岩厚度 40~100 m。海西早期寒武系烃源岩开始成熟,海西晚期达高成熟,现处于过成熟阶段。海西晚期奥陶系烃源岩开始成熟,现处于高成熟阶段。Fang1 构造下古生界发育三套储盖组合:(1)中寒武统膏盐岩(盖)与下寒武统白云岩(储);(2)下奥陶统致密灰岩(盖)、下奥陶统与上寒武统白云岩(储);(3)上奥陶统泥岩(盖)与上奥陶统灰岩(储)。层序地层格架内膏盐岩分布稳定,为优质区域盖层。

塔里木油田公司于 1996 年 7 月在该构造上开钻 Fang1 井,并于 1997 年 11 月完钻,完钻井深 4859 m,完钻层位为震旦系,结果未发现油气,裸眼完井。

#### 2.1.1 构造中和面分析

过井剖面(图 1)显示,吐木休克断裂构造带上的奥陶系灰岩(顶界面为  $T_{95}'$ ),寒武系盐上白云岩、盐下白云岩( $T_{96}'-T_{96}''$ )等具有一定的成层性,分布比较稳定。吐木休克断裂为基底卷入型逆冲断裂。

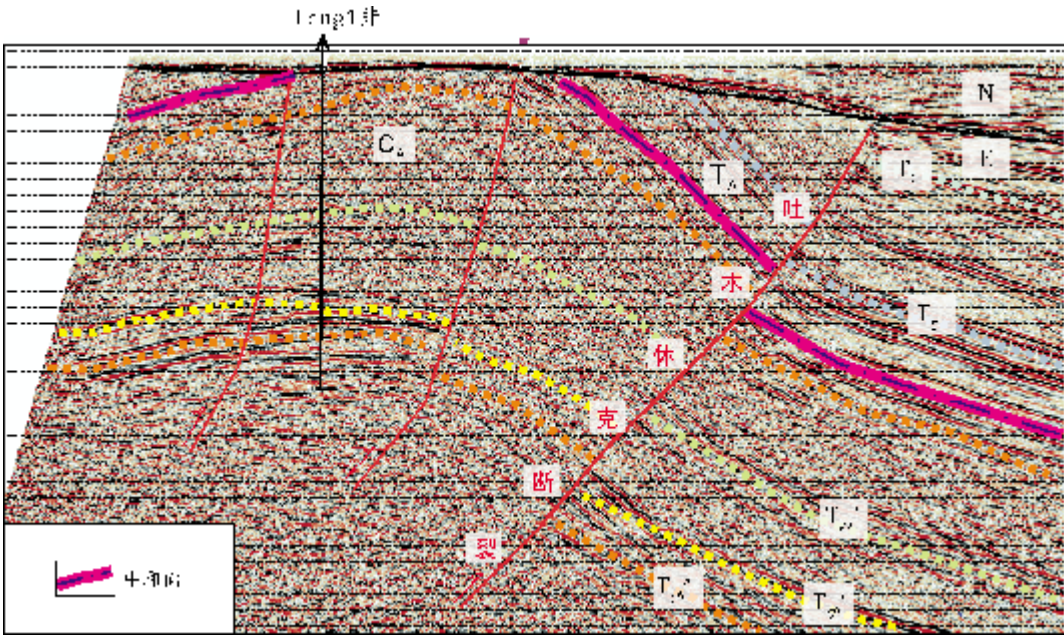


图 1 塔里木盆地 Fang1 构造中和面分析

$T_A$  背斜上中和面,张应力区,优质储层发育区;  $C_A$  背斜下中和面,压应力区,油气排出区



构造解释方案的确定主要依据本区标志层二叠系火成岩顶界反射  $T_{g1}$ 、上奥陶统灰岩顶面反射  $T_{g5}$  及寒武系盐层顶底反射  $T_{g6}$  和  $T_{g6}'$ 。吐木休克断裂构造带  $T_8$  反射界面(新生界底)以下地层同步变形,形态协调,喜马拉雅晚期整体抬升,顶部遭受剥蚀,但构造形态未遭破坏,因此根据标志层确定的构造形态基本可信。

如图 1 所示,中和面是一个在褶皱变形过程中的无应变面,  $T_A$  表示位于背斜中和面之上的部位,称背斜上中和面,属张应力分布区,是优质储层发育区,但其地层已基本被剥蚀殆尽,只有一小部分残留,给油气成藏造成很不利的局面。图中的  $C_A$  表示位于背斜中和面之下的部位,称背斜下中和面,属压应力分布区,是油气排出区。图 1 清晰地显示了 Fang1 井钻在了  $C_A$  部位,这可能是它钻探失败的基本原因。仅从形态上看,背斜下中和面  $C_A$  区的地层构成了比较完美的“背斜”结构,但它是假背斜,所处部位是背斜中和面之下的油气排出区,难以聚集油气。如果我们对褶皱中和面这一构造特征没有清醒的认识,遇到这类假背斜时很难有勇气把它予以否定。不过,这类假背斜到底是否完全不可能聚集油气,还有待更多的实例分析来加以验证,毕竟关于褶皱中和面与油气成藏之间关系的研究还只是刚开始不久。

### 2.1.2 物性及储层评价

Fang1 井岩心的孔隙度为 0.3%~0.8%,平均 0.51%,渗透率  $(0.005\sim0.122)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ ,平均  $0.023\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。测井解释结果为:Ⅱ类储层有 4 层共 36.5m,Ⅲ类储层为 8 层 145m。由于 Fang1 构造处于背斜下中和面  $C_A$  区,构造压实强烈,所以其储层多为致密的三、四类储层。

## 2.2 实例 2: Tadong3 构造

Tadong3 构造尚无钻井,但正在准备上钻。该构造为 NE—SW 走向的长轴背斜,其上发育有一系列小断层,断距为 30~400m 不等,发育 3 个局部高点。

Tadong3 构造寒武系石灰岩断裂发育,平面呈“X”状共轭剪切分布,西部和东南部为两个断裂集中发育区。寒武系顶面构造面积  $972\text{km}^2$ ,幅度 600m,高点埋深 4570m,是一套碳酸盐台地边缘斜坡相沉积,主要是灰泥丘及丘间洼地亚相。岩性主要为灰色泥晶、粉晶灰岩及灰色、深灰色泥岩、硅质泥岩。

岩石类型主要由粉泥晶灰岩和粉晶灰岩构成,

亮晶粉屑灰岩、粉泥晶白云(质)灰岩及残余粉屑灰岩次之。储集空间类型为局部发育溶蚀孔洞、晶间溶孔及缝隙。5块全直径样品的孔隙度为 0.26%~0.64%,平均 0.47%;垂向渗透率  $(0.013\sim14.7)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ ,平均  $3.141\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ ;侧向渗透率  $(0.0646\sim0.521)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ ,平均  $0.186\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。寒武系中,Ⅳ—Ⅲ类非—差储层两层,厚度分别为 3.5m 和 63m;Ⅱ类中等储层一层,厚度 6m。

Tadong3 构造的演化纲要如下:

震旦纪末期 有一次明显的构造抬升,表现为震旦系和寒武系明显的角度不整合;

寒武纪—早奥陶世末期 地壳沉降,海平面相对上升,为深水欠补偿盆地发育阶段;

中—晚奥陶世 为深水超补偿盆地发育阶段,沉积了巨厚的中—上奥陶统;

志留纪—泥盆纪 进入拗陷发育阶段,沉积一定厚度的志留系,在泥盆系沉积前发生大面积隆升剥蚀;

石炭纪末—三叠纪 持续隆升,使得 Tadong3 构造区强烈抬升,褶皱背斜逐渐形成。卷入褶皱的地层包括震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系以及三叠系,中上奥陶统—三叠系广泛遭受剥蚀,Tadong3 构造在三叠纪末基本定型如图 2 所示。

侏罗纪到现今,Tadong3 构造基本未受影响,侏罗系主要为填平补齐形式的沉积。

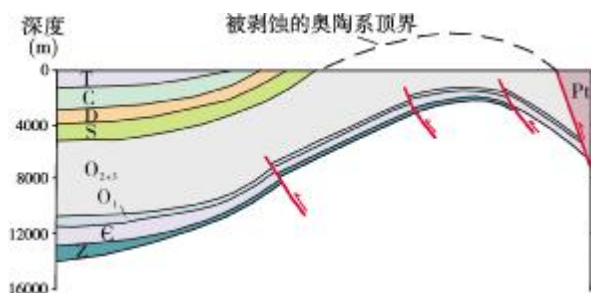


图 2 塔里木盆地 Tadong3 构造三叠纪末的构造特征

从以上分析可以看出,Tadong3 构造区石炭纪末—三叠纪持续隆升,形成背斜,其构造中和面位于全部卷入褶皱的地层的中间位置,大致在奥陶系顶部(图 3)。从图 3 可以看出,中和面以上部位,即易于油气聚集的背斜上中和面( $T_A$  区)已经遭受了严重剥蚀,残留的背斜下中和面( $C_A$  区)看上去仍为背斜构造,但已属于构造应力挤压区,是不能储集油气的假背斜。由此可知,对于 Tadong3 构造的油气勘

探,除了风化壳附近为有利区域以外,需注意中和面以下的油气勘探存在较大风险。

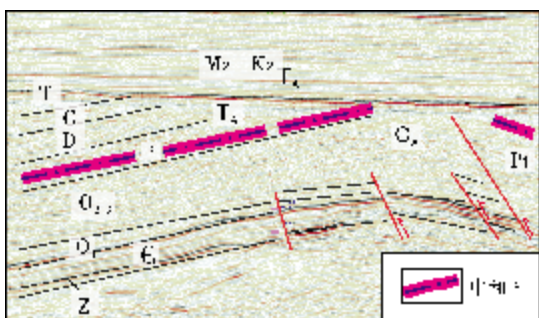


图3 Tadong3构造中和面分析

T<sub>A</sub> 背斜上中和面; C<sub>A</sub> 背斜下中和面

### 3 讨论

对塔里木盆地古生界,目前应以寻找较完整的或剥蚀不大的背斜上中和面构造油藏为主,或者是中和面遭受剥蚀后与风化壳相关的溶洞、溶孔、裂缝型油气藏。对于遭受很大剥蚀的古生界构造,虽然残存的构造核部仍有较大的构造空间,形态上仍为背斜状态,但钻探其内部的油气则风险很大。因为它们是不完整的背斜,是空圈闭,所残余的地质空间是不利于油气聚集的背斜下中和面C<sub>A</sub>区,而有利于油气成藏的背斜上中和面T<sub>A</sub>区,有些已被破坏或剥蚀殆尽。对塔里木盆地中—新生界除了寻找发育较完整的上中和面构造外,还应重视向斜下中和面部位的构造或岩性油气藏。理论上,一次挤压构造运动会产生一个构造中和面,因而,构造中和面在剖面上有继承、反转及偏移等组合形式。结合断层的位移,精细

解析向斜轴部中和面以下层段(向斜下中和面)的构造样式,寻找向斜轴部中和面以下层段的油气藏,无论是古生界还是中—新生界,都应是塔里木盆地今后油气勘探中不可忽视的新领域。

目前,塔里木盆地还处于早中期勘探阶段,尚未对向斜下中和面引起注意。但在大庆油田这样成熟的勘探地区已经注意到了这个领域的油气勘探,如三肇凹陷和古龙凹陷内的向斜油气藏<sup>[7-10]</sup>(只是人们尚未从中和面的角度来认识),它们就是在向斜下中和面成藏的典型实例。

#### 参考文献

- [1] 余和中,韩守华,斯春松,等. 向斜轴部中和面以下层段油气勘探[J]. 中国石油勘探,2008,13(3):23-26.
- [2] 余和中,韩守华,赵庆军,等. 向斜下中和面构造油气藏——中国南方海相中—古生界油气勘探新方向[J]. 海相油气地质,2008,13(4):49-52.
- [3] Nicolas A. 构造地质学原理[M]//嵇少丞,译. 北京:石油工业出版社,1989.
- [4] Ramsay J G. 岩石褶皱作用和断裂作用[M]//单文琅,等,译. 北京:地质出版社,1985.
- [5] Billings M P. Structural Geology[M], 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1972.
- [6] 周新源,杨海军,郭光辉,等. 塔中大油气田的勘探实践与勘探方向[J]. 新疆石油地质,2009,30(2):149-152.
- [7] 刘宝和. 从勘探实践看找油的哲学[M]. 北京:石油工业出版社,2005.
- [8] 贾承造,赵文智,邹才能,等. 岩性地层油气藏地质理论与勘探技术[J]. 石油勘探与开发,2007,34(3):257-272.
- [9] 邹才能,贾承造,赵文智,等. 松辽盆地南部岩性-地层油气藏成藏动力和分布规律[J]. 石油勘探与开发,2005,32(4):125-130.
- [10] 萧德铭,迟元林,蒙启安,等. 松辽盆地向斜区岩性油藏勘探认识与实践[M]. 北京:石油工业出版社,2005.

编辑:吴厚松

## The Relationship between Fold Neutral Planes and Hydrocarbon Accumulation in Tarim Basin

Qian Ling, Yu Hezhong, Ding Chenghao, Han Shouhua, Li Xinsheng, Wu Jianguo, Xi Qin

**Abstract:** Preservation of a fossil oil reservoir is actually decided to whether the fold neutral plane keeps entirely or not. In Tarim Basin, although the residual cores of Palaeozoic anticlines that are greatly denuded still have large geological space, the strata located at the upper neutral plane (UNP) which are favorable to hydrocarbon accumulation could not be preserved easily. The cause of drill failures in Fang-1 and Tadong-3 anticlines is analyzed as cases. In these anticlines, the UNP strata are mostly denuded and only a small part of it is remained. The reason of drill failures is that either well was just drilled to the lower neutral plane(LNP) which belongs to the hydrocarbon-draining area under tectonic compression stress. Therefore, drill risks will be faced to alike anticlines. It is necessary to look for the Paleozoic reservoirs at UNP in anticlines where the strata are less denuded. Besides, an attention should be paid to the Meso-Cenozoic structural and/or lithological reservoirs at LNP in synclines.

**Key words:** Neutral plane of fold; Hydrocarbon accumulation; Oil and gas exploration; Tarim Basin

Qian Ling: female, Senior Engineer, Doctor's degree progress at College of the Earth and Space Sciences of Peking University, Beijing 100087, China