

阿克库勒凸起南部辫状河三角洲砂体尖灭圈闭预测

蒲仁海¹, 何发岐², 袁丽珍², 宋杉林²

(1. 西北大学地质系, 陕西西安 710069; 2. 西北石油局规划设计研究院, 新疆乌鲁木齐 830011)

摘要: 阿克库勒凸起南部辫状河三角洲砂体尖灭圈闭, 可通过下述方法预测: (1) 将上三叠统标志层对齐, 制作不同方向的钻井剖面对比图, 发现中油组存在着两处相变尖灭; (2) 将中油组顶底界标定在半个反射周期内, 顶界标在正极性波峰附近, 底界标在波谷附近, 因尖灭与波峰、波谷的振幅有关, 中油组对应的弱-空白反射即为尖灭; (3) 根据上、中、下油组砂岩及间互泥岩的厚度、速度及密度, 结合今构造北倾的单斜背景, 分别制作中油组砂体陡倾短距离尖灭、缓倾长距离尖灭时含油、气、水的地质模型及选用 30 Hz 主频子波制作褶积地震模型验证, 中油组和下油组上段砂体均向南尖灭。据此预测在中下油组有两个面积为 56 km² 和 160 km² 的砂岩尖灭圈闭, 且显示出良好的含油气前景。

关键词: 辫状河; 三角洲砂体; 尖灭圈闭; 三叠系; 阿克库勒凸起

第一作者简介: 蒲仁海, 男, 37 岁, 副教授(博士), 地震地层学、层序地层学、油藏地质

中图分类号: P618.130.2⁺2 文献标识码: A

阿克库勒凸起南部位于新疆塔里木河以北轮台县境内, 面积约 4 000 km²。目前在该区三叠系找到了阿克库勒、东西达里亚、桑塔木、艾协克南等一系列低幅度背斜型油气藏。该区油气勘探经验表明, 上寒武-下奥陶统烃源岩通过断层为三叠系储层提供了丰富的油气, 三叠系只要有圈闭, 就会形成油气藏。三叠系为北倾 1°~2° 的单斜背景, 沿断裂发育的一些低幅度背斜绝大部分已发现油气。在寻找低幅度背斜圈闭的过程中, 由于圈闭规模小和制图精度的限制, 难免出现钻干井或油层太薄而无工业价值的情况, 因而寻找大中型非背斜圈闭被提上了议事日程。目前工区南部几口井已揭示出中油组砂体向南上翘方向尖灭的情况, 三叠系上、中、下三套砂体物性和储盖组合也较好, 存在着形成非背斜圈闭的可能。本文在详细的测井相、地震相研究基础上, 就如何寻找砂岩上翘尖灭圈闭作一探讨。

1 地质背景

该区三叠系发育完整。下三叠统以浅湖相灰色泥岩为主, 超覆于下石炭统之上, 厚 7~125 m。中三叠统厚 80~285 m, 由两个正旋回四个岩性段构成, 统称阿克库勒组, 其中阿一段和阿三段为旋

回下部的砂岩和含砾砂岩, 分别称下油组(厚 80~130 m)和中油组(厚 20~35 m), 阿二段和阿四段以旋回上部泥岩为主, 分别厚 20~40 m 及 70~90 m, 下部旋回砂多泥少, 上部旋回砂少泥多。上三叠统又称哈拉哈塘组, 厚 80~140 m, 由一个正旋回组成, 旋回下部为横向稳定单层厚 10 m 左右的砂岩与泥岩互层, 称上油组, 旋回上部为泥岩及碳质泥岩, 旋回上、下部之间有一个厚数米的黑色泥岩标志层, 具极高自然伽马和极低电阻率测井特征, 在全区稳定可对比。

三叠系中、下统厚度均表现为南厚北薄的古斜坡沉积背景, 在该背景上叠加了一凸两凹的古构造格局, 即沿近东西向展布的阿克库勒古凸起和其南北两侧的古凹陷、古凸起上厚度较薄, 在 175~225 m 左右, 古凹陷加大至 325 m 左右, 凸凹相差约 150 m。

古生物、地震相、沉积相分析表明^[1~5], 三叠系各个正旋回之间存在着沉积间断或不整合。正旋回内部粗粒部分为辫状河沉积为主, 细粒部分则为湿地漫滩和湖泊泥沉积, 局部夹河道砂透镜体。以乡 1、沙 10 井区的湖泊为界, 该区大部地区碎屑物来自 NEE 方向, NW 方向为次要物源。

该区不同构造在三叠系上、中、下 3 个油组均有油气发现。其烃源岩为具多期生油、长期供油(加里东期-喜山期)特点的寒武-奥陶系, 油气沿东西向展布的阿克库勒背斜带、桑塔木背斜带两侧断

裂运移至浅层三叠系。

2 钻井对比确定中油组的尖灭

通过将上三叠统标志层拉齐,制作不同方向的钻井剖面对比图可以看出,中油组辫状河道砂体在两处相变尖灭:一是在阿克库勒古凸起顶部尖灭,如沙17、沙18、沙31等井(图1);一是在古凹陷区尖灭,如乡1、沙10、沙50井区(图2)。在现有的众

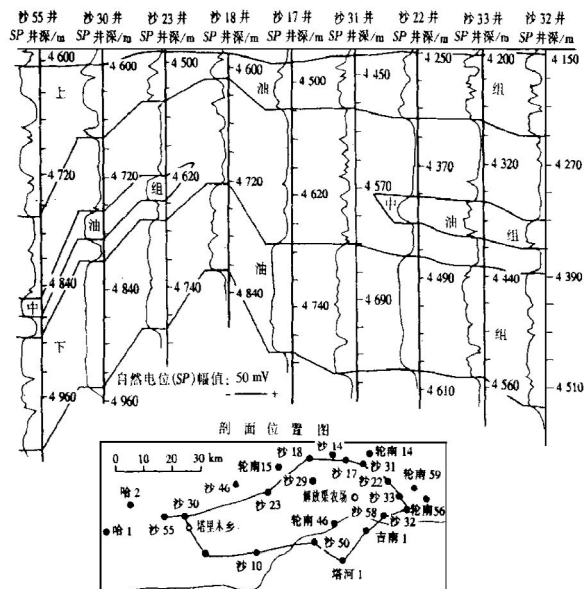


图1 横过阿克库勒古凸起顶部的三叠系钻井剖面对比图

Fig. 1 Correlation of Triassic drilling profiles across the top of Akekulé Paleoruplift

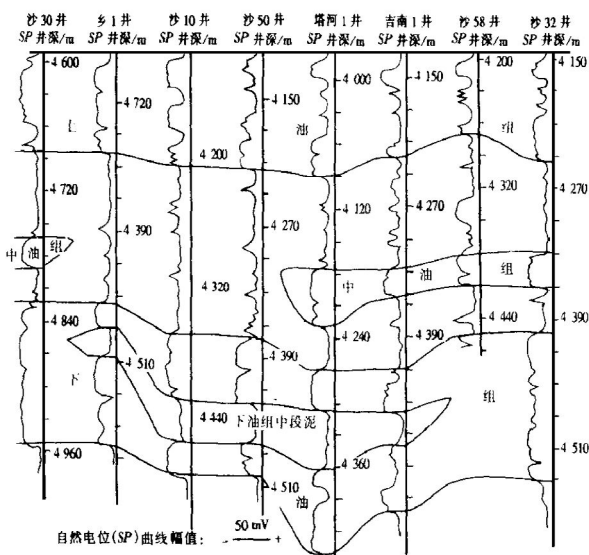


图2 横过凹陷区的三叠系钻井剖面对比图

Fig. 2 Correlation of Triassic drilling profiles across sag

多钻井中,只有沙34、轮南54、乡1三口井揭示了中油组辫状河三角洲向上变粗的沉积序列。辫状河三角洲砂不仅以底界渐变、向上变粗的特征,明

显区别于具底界突变的厚层块状辫状河道砂,而且砂岩厚度和粒度一般也明显变小,多由1~3层累厚小于10 m的细砂组成。由于中油组沉积时湖水较浅,主要发育了底界突变的辫状河道相,砂岩在横向上的尖灭可能为短距离快速尖灭,而不是长距离缓慢尖灭。

3 中油组砂岩尖灭的地震响应及追踪

经工区8口井的垂直地震剖面 and 10多口井的合成地震记录标定,中油组顶底标定在半个反射周期内,顶界大致标在正极性波峰附近,底界则在波峰之下的波谷附近。该区地震主频25~35 Hz,中油组砂岩速度3500~3800 m/s,则调谐厚度在25~38 m,正好与中油组砂岩厚度范围相当,因而中油组的尖灭显然应与波峰-波谷的振幅有关。中油组反射同相轴振幅的变化也说明了这一点。在上述提到的中油组砂岩相变尖灭处,如沙10、沙50、沙18井等湖泊沉积处,中油组对应的反射均为弱-空白反射(图3)。而在中油组辫状河道砂岩稳

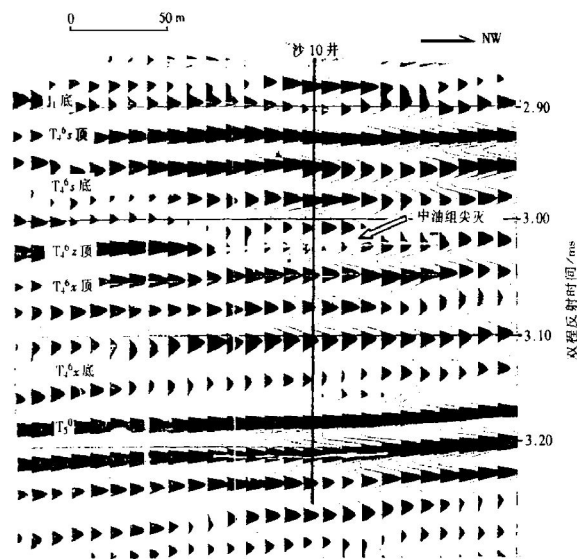


图3 NW446测线沙10井中油组砂岩尖灭对应的弱-空白反射

Fig. 3 Weak-blank reflection corresponding to sandstone pinch of middle oil set in the Shar 10 Well, NW-446 Line

T_{4s}^6 —上油组; T_{4z}^6 —中油组; T_{4x}^6 —下油组; T_3^0 —三叠系底界

定存在的地方,明显对应着一个醒目的中-强反射。砂岩明显变薄的辫状河三角洲沉积区如沙34、乡1井区,反射也明显变弱。根据弱-空白反射对应于中油组砂岩的尖灭,可追踪出中油组砂岩的尖灭线和中油组砂岩尖灭对应于浅-半深湖这一关系。通过地震资料追踪,在该区发现了一个中油组砂岩向

南呈舌状伸出的尖灭线,为寻找上翘尖灭圈闭创造了条件。

4 正演模型对砂岩尖灭的验证

根据中油组砂岩尖灭线附近的沙10、沙29、沙56井揭示的上、中、下油组砂岩及间互泥岩的厚度、速度、密度,结合倾角 1° 左右的今构造北倾的单斜背景,分别制作中油组砂体陡倾短距离尖灭、缓倾长距离尖灭时含水、含油、含凝析气时的地质模型及选用30Hz主频子波制作褶积地震模型。这些地震模型均显示出中油组尖灭时,其振幅也逐渐减弱直至变为空白的特征。稍有不同的是,由于模型的盖层泥岩(速度3386 m/s)、油层砂岩(速度3463 m/s)、水层砂岩(速度3717 m/s)及底板泥岩(速度3503 m/s)之间反射的相互干涉,使得中油组地震振幅在油层厚度等于10 m时就开始变弱直至空白,而不在厚度为零时才反射终止。

另外,在中油组尖灭带含水或凝析气的情况

宽度/m	0	300	700	1000
双程反射时间/ms	深度/m	岩性	速度/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$
59	100	泥岩	3386	2.28
76	130	中油组	3717	2.30
99	170	泥岩	3503	2.28
		下油组上段砂岩	3810/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	2.32/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$
149	260	下油组中段泥	3586	2.30
180	320	下油组下段砂	3810	2.40
227	400	泥岩(T_1)	3386	2.35
276	500	膏泥岩(C_1)	4063	2.53

下,随中油组砂岩逐渐减薄,振幅也逐渐减弱。但当砂岩厚度为零时,振幅并不为零,反映了上部相位微弱的后续反射或内部夹层上下邻层干涉现象。在实际地震剖面上中油组砂岩尖灭的沙14、沙10等井处,地震反射有时趋于空白,有时也不绝对为零,与地震模型结果反映的情况基本一致。这说明依据振幅变弱至空白追踪砂岩尖灭线的方法是可行的。

广泛分布的连续厚度达80~130 m的下油组辫状河道砂岩由于物源来自NEE和NW,因而下油组上段砂岩向南远离物源方向有可能尖灭。为了查清下油组上段砂岩尖灭的地震特征,制作了上段砂岩尖灭的地震模型(图4),该模型显示出上段砂岩尖灭时也形成一个反射同相轴的终止。根据这一特征在实际地震剖面上追踪出了上段砂岩尖灭线,并在该区南部发现了一个尖灭线向南呈弧形凸出的大型岩性圈闭。

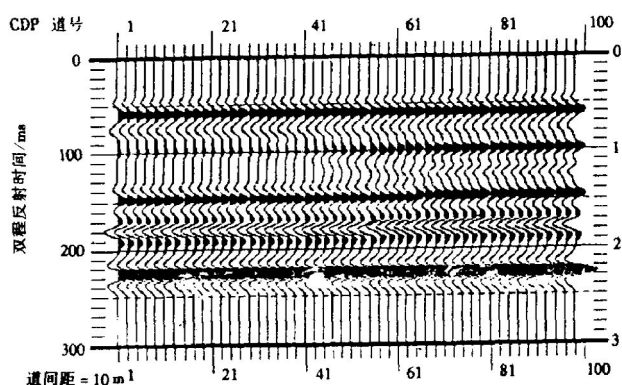


图4 下油组砂尖灭的地震模型

(左图为地质模型,右图为地震响应)

Fig. 4 Seismic model of sandstone pinch for lower oil set

5 尖灭圈闭的圈定与预测

将中、下油组砂岩顶面构造图与对应层位砂岩尖灭线重叠,在中、下油组各圈出了一个尖灭线与构造等深线相闭合的圈闭,其面积分别为 56 km^2 和 160 km^2 ,闭合度分别为80 m和130 m,储层平均厚度分别为15 m和25 m。按该区邻近油藏的孔隙度、含油饱和度、原油密度、体积系数等计算,这两个尖灭圈闭若装满油的话,可形成分别达 $4\,000 \times 10^4\text{ t}$ 和 $3 \times 10^8\text{ t}$ 的远景储量。

为了进一步判断这两个岩性圈闭含油的可能性,我们从古构造演化、断裂通道对油气运聚散控

制及其与圈闭含油性关系和地震模型等方面作了分析。

首先,热史、生烃史研究表明,该区寒武-奥陶系烃源岩在加里东-喜山期之间,发生过多生烃作用和烃类的氧化破坏作用。加里东晚期和喜山期是两个快速深埋生烃高峰期。该区大多数三叠系油气藏均是次生油气藏,多在上新世晚期才形成,少数形成于燕山期及其以前,油气多沿断穿三叠-奥陶系的断裂运移至三叠系储层。

通过制作三叠系下油组顶面至三叠系顶、侏罗系顶、白垩系顶、下第三系顶的厚度图可大致反映该储层顶面的古构造形态,以确定不同时期生成的

油气进入三叠系储层后沿古鼻隆轴线从低部位向高部位运移的路径。如果砂岩尖灭圈闭位于这些路径之上,则捕获油气的机率较大。古构造及油气运移史分析表明,白垩纪末期以前,油气自南向北运移,与向南上翘尖灭圈闭无关;白垩纪末期以后,南部逐渐抬高,油气运移路径和方向也在逐渐移动和变化,使中、下油组上翘尖灭圈闭捕获不同时期不同方向油气的机率增大。

在今构造图上,下油组的尖灭圈闭位置与一大型鼻隆带相重合,使其较易捕获喜山期的油气。

其次,砂岩上翘尖灭圈闭的下倾方向附近有无断至奥陶系油源岩的断裂也是一个重要的评价因素。断裂分析表明,中油组和下油组圈闭分别在下倾方向 8 km 和 30 km 处有断至奥陶系的断裂。

再次,含油尖灭砂体的正演模型表明,由于多种原因,在含油尖灭点仍有较弱的反射;只有当中油组油层厚 10~20 m,下油组上段油层厚 20 m 时,振幅才弱至空白。中、下油组含凝析气时(速度为 3 280 m/s),均会出现明显的强振幅亮点。NW448, N76 地震测线也分别显示了中油组和下油组上段砂似乎含油的响应特征,即在尖灭带附近,先出现

较厚油层的空白反射,再出现薄油层弱振幅反射,最后出现无砂层的空白反射。

如果说以上有利因素还不足以让人冒险上钻的话,那么小型低幅度构造与尖灭圈闭的毗连和重叠,使得实施由小型低幅度构造勘探向大型上翘尖灭圈闭的滚动有了可能。目前已在中油组上翘尖灭圈闭的西南 5 km 发现含油气的低幅度背斜;在下油组上段砂大型尖灭圈闭上也发现小型低幅度背斜的迹象。为进一步落实井位和最终取得大型非背斜勘探的突破,目前在该砂岩尖灭区及其附近分别正在加密地震测网或进行三维地震勘探。

参 考 文 献

- 1 顾家裕,何斌. 塔里木盆地轮南地区三叠系扇三角洲沉积与储集层研究[J], 沉积学报, 1994, 12(2): 54~61
- 2 张纪易. 塔里木盆地轮南地区三叠系沉积相分析[J], 新疆石油地质, 1992, 13(4): 323~338
- 3 张希明,刘青芳. 塔北地区辫状三角洲沉积特征及油气勘探意义[J], 新疆地质, 1997, 15(4): 350~354
- 4 Miall A D. A review of the braided river depositional environment[J]. Earth Science Review, 1977, 13: 1~62
- 5 McPherson J G, Shanmagan G, Moiola R J. Fair deltas and braided deltas[J]. Geol Soc Amer Bull, 1987, 99: 331~340

PREDICTION ON PINCH TRAPS OF BRAIDED DELTAIC SANDBODIES IN SOUTHERN PART OF AKEKULE RISE

Pu Renhai¹, He Faqi², Yuan Lizhen², Song Shanling²

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an Shaanxi; 2. Research Institute, Northwest Bureau of Petroleum Geology, Urumqi, Xinjiang)

Abstract: Following methods were adopted to predict the pinch-out traps of braided deltaic sandbodies in southern part of Akekule Rise: 1. drilling profile correlation was made in the study area and two pinch-out were found on the top of Akekule Rise and Paleosag respectively; 2. seismic response was used to trace the pinch-outs and the weak-blank reflection corresponded well with the pinch-outs; 3. forward model was made to verify the pinch-outs. The results indicate that short distance rapid pinch-outs developed in the braided river deltaic sandbodies in southern Akekule Rise. It thus predicted that there are two sandstone pinch-out traps with the areas of 56 km² and 160 km² respectively in the middle and lower oil reservoir set. The traps, situated on the passageway of multiphase oil migration since late Cretaceous with fractures as the passageways, are easy to trap oil and gas and are prospects in oil and gas exploration.

Key Words: braided river; deltaic sandbody; pinch trap; Trassic; Akekule Rise