

# Exploration of Reservoir Characteristics and Potential of the Triassic T1 Oil Formation in Lunan Oilfield

Xinwu Mi<sup>1,2</sup> Xiaochuan Yang<sup>2</sup> Yaozu Han<sup>2</sup>

1.School of Earth Science and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

2.Korla Branch, GRI, BGP Inc, CNPC, Korla, Xinjiang, 841001, China

## Abstract

The Lunan Oilfield is the first oilfield to be developed in the Tarim Basin, and the Triassic T1 oil group is the main production formation in the Lunan Oilfield. The thickness of the T1 oil group sand body changes rapidly, and the plane distribution characteristics are not clear, through the well-seismic response analysis, the T1 oil group sandstone is divided into channel sandstone and inter-channel sandstone, and the seismic response characteristics of the T1 oil group are further divided into three categories. Based on this, we recovered the depositional micro-geomorphology of the T1 Oil Formation by fine-mapping the reflection layer at the top and bottom of the sandstone of the T1 Oil Formation, and concluded that the depositional period of the T1 Oil Formation was controlled by the micro-geomorphology of "two slopes and three troughs", and three main channels were developed, and each main channel developed several branch channels and interflow bays. The physical properties of the sand body in the diversion interbay are deviated, the production of old wells is low, the water injection effect is poor, and a low-permeability strip is formed laterally. The inter-distribution of diverging channels and diverging interbays reveals two major potential areas inside the old oil reservoir and three major potential areas on the periphery of the reservoir, providing a direction for the rolling development of the old oil field.

## Keywords

Tarim Basin; Lunan oilfield; T1 oil formation; microtopography

# 轮南油田三叠系 T1 油组储层特征及潜力探讨

米信武<sup>1,2</sup> 杨小川<sup>2</sup> 韩耀祖<sup>2</sup>

1. 西安石油大学地球科学与工程学院, 中国·陕西 西安 710065

2. 中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司研究院库尔勒分院, 中国·新疆 库尔勒 841000

## 摘要

轮南油田是塔里木盆地首个投入开发的油田, 三叠系 T1 油组是轮南油田主力生产层系。T1 油组砂体厚度变化快, 平面展布特征不明确, 通过井震响应分析, 将 T1 油组砂岩划分为河道砂岩与河道间砂岩, 并进一步将 T1 油组地震响应特征分为三类。以此为基础, 通过精细刻画 T1 油组砂岩顶底反射层, 恢复了 T1 油组沉积微地貌, 认为 T1 油组沉积期受“两坡三槽”的微地貌控制, 发育三大主体河道, 每个主体河道又发育多个分支河道与分流间湾。分流间湾砂体物性偏差, 老井产量低, 注水效果差, 横向上形成了低渗条带。分流河道与分流间湾的间互分布, 在老油藏内部发现两大挖潜区, 在油藏外围发现三大潜力区, 为老油田的滚动开发提供了方向。

## 关键字

塔里木盆地; 轮南油田; T1 油组; 微地貌

## 1 引言

轮南油田位于塔克拉玛干沙漠北部边缘, 区域地质构造上位于塔里木盆地塔北隆起轮南断垒带上。该油田是塔里木盆地第一个进入二次开发的油田, 主力生产层系为三叠系 T1 油组, 该油藏经历 30 多年开发, 目前已经进入开发后期。

轮南地区三叠纪时为湖进时期, 三叠系地层表现为向上砾岩百分含量减少、粒度变细、砂地比减少、河流作用

逐渐减弱的退积式河控型扇三角洲-湖泊沉积, 水下分流河道是轮南扇三角洲沉积的主体。轮南地区 T1 油组砂岩厚度最薄为 9.1m (X18 井), 最厚为 37.2m (Y46 井), 厚度变化剧烈, 控制因素不明确。开展砂体横向展布细节研究, 将为油藏内部挖潜与外围滚动提供参考。

## 2 沉积特征

轮南油田三叠系储层整体为辫状河三角洲前缘水下分流河道沉积, 由 4 套泥岩夹 3 套砂岩组成, 构成三个半旋回, 3 套砂岩自上而下形成 T1、TII、TIII 个油组。三叠系储层岩石成分成熟度和结构成熟度低, 为近源沉积, 岩心

【作者简介】米信武 (1984-), 男, 中国河南方城人, 本科, 工程师, 从事地震地质综合研究。

观察和录井显示泥岩颜色为深灰色和灰色，属弱氧化-还原环境<sup>[1]</sup>。

TI油组砂岩成分中石英含量平均为34.65%，岩屑含量平均为56.76%，属岩屑砂岩，储层孔隙类型以粒间孔、粒间溶孔为主，其次为粒内溶孔、晶间溶孔等，平均孔径114mm。TI储层总体为中孔、中-高渗储层，孔隙度分布区间为10%~24.04%，平均孔隙度18.13%，平均渗透率 $117.08 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

TI油组盖层发育，其砂岩段顶部发育区域性的湖泛面，测井曲线GR值高达200API，为整个轮南地区的标志层。TI油组砂岩段又可分为TI2、TI3两个小层，但两个小层之间隔夹层并不稳定，因此通常将TI油组视为一个厚层砂岩<sup>[2]</sup>。TI底部为一套稳定发育的滨浅湖泥岩，厚度在30~50m，为TI油组提供良好的底板条件（如图1所示）。

### 3 TI砂体展布特征

#### 3.1 TI油组地震响应特征

在轮南油田新三维地震资料上，利用95口井井震标定结果，确定TI顶部为波谷反射，底部为波峰反射。通过多井一致性对比（如图2所示），将TI油组地震响应特征划分为三类：

①当TI油组砂岩厚度大于 $1/4\lambda$  小于 $1/3\lambda$  时（本区地震波长约为100m），TI地震同相轴开始变胖（X3-2-9砂

岩厚度25m），出现复波（X210井砂岩厚度32m），该复波为砂岩响应；

②当TI底部泥岩段厚度大于 $1/3\lambda$  时，TI底部出现波谷反射，该波谷为泥岩响应（X206井TI底泥岩厚度为48m）；

③当TI油组砂岩厚度大于 $1/3\lambda$  时，TI底出现波谷反射，该反射为砂岩响应，与②不同。

#### 3.2 TI油组沉积前微地貌

古地貌是指一个时期沉积盆地原始的地貌形态，是古构造和沉积充填的结果<sup>[3]</sup>。微地貌能够展示特定地层沉积时地貌形态的细微变化，对微地貌的恢复有助于了解特定地质历史时期的沉积演化情况。

在TI油组三类地震响应特征识别基础上，利用新地震资料，恢复TI油组沉积前微地貌特征（如图3所示）。轮南地区TI油组沉积期整体表现为“两坡三槽”的微地貌特征（红黄区表示微地貌高、绿蓝区表示微地貌低），两个坡折分别为Y46坡折与X301坡折，受两坡控制，发育Y46主槽、X2主槽与轮南10主槽。“两坡三槽”微地貌格局控制本区发育三大河道，两大河道间。其中三大主槽控制河道的走向和轮廓，两级坡折控制河道的分布范围，阶地内地形陡缓控制微相分布，高陡带以河道间为主，缓槽区以分支河道为主平面展布<sup>[4]</sup>。

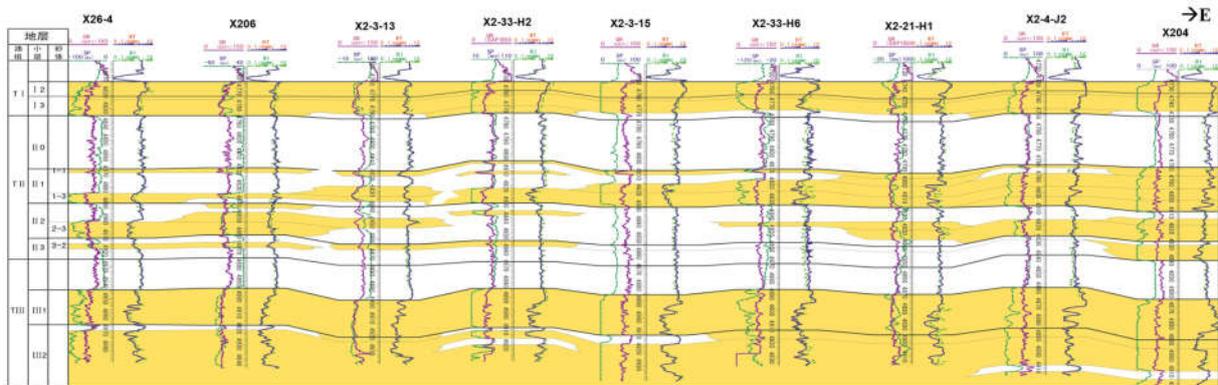


图1 轮南油田三叠系TI~TII~TIII油组连井对比剖面

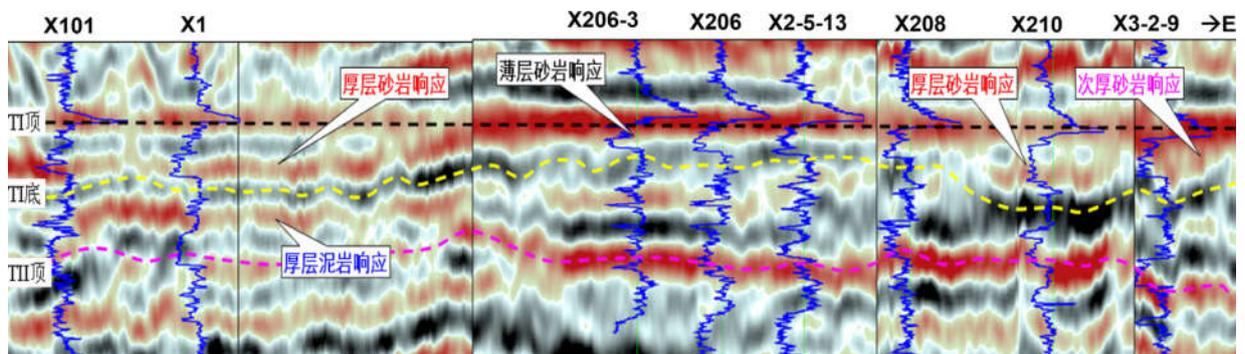


图2 轮南油田三叠系过井地震剖面（TI油组顶面拉平）

### 3.3 储层展布

将 T1 油组砂岩划分为河道砂与河道间砂。河道间砂岩与河道砂阻抗接近, 但略有不同, 河道砂阻抗多集中于  $9400\sim 9800\text{g/cm}^3\cdot\text{m/s}$ , 河道间砂岩阻抗多集中于  $9900\sim 10500\text{g/cm}^3\cdot\text{m/s}$ , 根据阻抗差异对轮南地区 T1 油组砂岩平面展布情况进行了预测。

轮南地区在 T1 油组沉积时期主要发育三大主体河道, 分别为 Y46 分流河道、X2 分流河道、X10 分流河道, 其中以 X2 分流河道为最为发育。同一条河道之间又发育多条分支, 分支河道与分流间湾互分布 (如图 4 所示)。分支河道 T1 油组砂岩在 GR 曲线上主要表现为箱状的特征, 砂体孔隙度大、物性好; 分流间湾上 T1 油组 GR 曲线多表现为锯齿状, 砂体孔隙偏低, 物性偏差。

### 3.4 物性差异

水下分流河道砂体隔夹层少, 非均质性较弱, 分流间湾砂体, 隔夹层多, 非均质性强<sup>[5]</sup>。轮南油田 2、3 井区主要发育 5 大分流间湾, 间湾两侧砂体物性存在差异。轮南 2 井区西侧发育的分流间湾, 与其东侧的分流河道之间存在一条明显的物性变化线。物性变化线以西 T1 油组砂体渗透率偏低 (小于 60 毫达西), 单井累产偏低 (累油不超过 3 万吨); 物性变化线以东 T1 油组砂体渗透率明显变大 (最大超过 300 毫达西, 平均在 170 毫达西), 单井累产高, 多井累油超过 30 万吨 (如图 5 所示)。

轮南油田 3 井区发育 3 个间湾, 呈近南北向条带状展布, 孔隙相对偏低, 形成低渗条带。位于间湾部位的注水井注水困难, X205C 及 X3-H4T 注水不进, 位于分支河道部位的注水井, 东西方向不受效, 受效方向呈南北向, 与储层展布方向一致。

## 4 T1 油组潜力评价

轮南油田 T1 油组沉积期分流间湾与分流河道的间互分布, 使得 T1 油组储层横向物性存在较大差异, 油藏内部剩余油片状富集, 主要发育两大挖潜区。一是轮南 2 井区西侧的分流间湾, 其砂体物性相对偏差, 采出程度偏低, 剩余油连片富集 (图 6 红黄区表示剩余油富集), 可作为后期油藏挖潜的主力区; 轮南 2 井区东侧由于砂体厚度较大、储层物

性较好, 采出程度较大, 挖潜潜力偏小。二是轮南 3 井区因分流间湾较为发育, 横向上形成多条近南北向低渗条带。低渗条带两侧, 油气采出程度不一, 剩余油主要富集在储层物性较好的砂体条带; 低渗条带区由于储层物性较差, 开发上需开展储层改造, 通过提高储层渗透性, 改善供液能力, 提高采收率。

轮南地区三叠系油气藏主要成藏时间为中新世<sup>[6]</sup>, 成藏后构造发生近南北向翻转, 油气由北向南进行了调整。油气在调整过程中, 因 T1 油组分支河道与分流间湾互分布, 砂体物性横向差异较大, 油气首先聚集在物性较好的河道砂体内, 形成了多个相对独立的物性圈闭, 主要存在三大潜力区。

一是在轮南 3 井区, 油气在调整过程中原油轻质组分沿着河道间低渗条带, 向南运移, 重组分残余在优质储层内, 在构造圈闭外围形成了富含油的物性圈闭。轮南 3 构造圈闭边部的 X3-2-6X 井 T1 油组原油密度达到  $0.930\text{g/cm}^3$  ( $\rho 20^\circ\text{C}$ ), 远大于主油藏内部的  $0.86\text{g/cm}^3$  ( $\rho 20^\circ\text{C}$ ), 表现为明显的剩余油的特征。X3-2-6X 所在分支河道向北延伸较远, 两侧间湾发育, 形成了较好的物性圈闭, 具备较大滚动扩边潜力。

二是 Y1-6 河道, 其东西两侧间湾发育, 南北向砂体尖灭于 X18 一线, 具备形成良好物性圈闭的条件, 且 Y1-6 井在 T1 油组钻遇 3m 油层、3m 油水同层, 具备较大的滚动潜力。

三是 X2 主河道向西南延伸的多条分支河道, 因物性差异, 均可以独立成藏, 多口探井 (如 Y1-2、Y1-5 等) 均见到较好显示, 具备较大勘探潜力。

## 5 结语

①轮南油田三叠系 T1 油组为辫状河三角洲前缘水下分流河道沉积, 受两坡三槽的微地貌控制, 主要发育三大分流河道, 每条分流河道又发育多个分支河道与分流间湾。

② T1 油组物性差异对油气控制作用明显, 分支河道储层物性较好, 油气较为富集, 油井产量高; 分流间湾储层物性较差, 注水井注水困难, 采油井产量偏低。

③分支河道与分流间湾互分布, 砂体物性横向差异明显, 具备形成物性圈闭条件, 在 T1 油组油藏区发现两大挖潜区, 在油藏外存在三大潜力区。

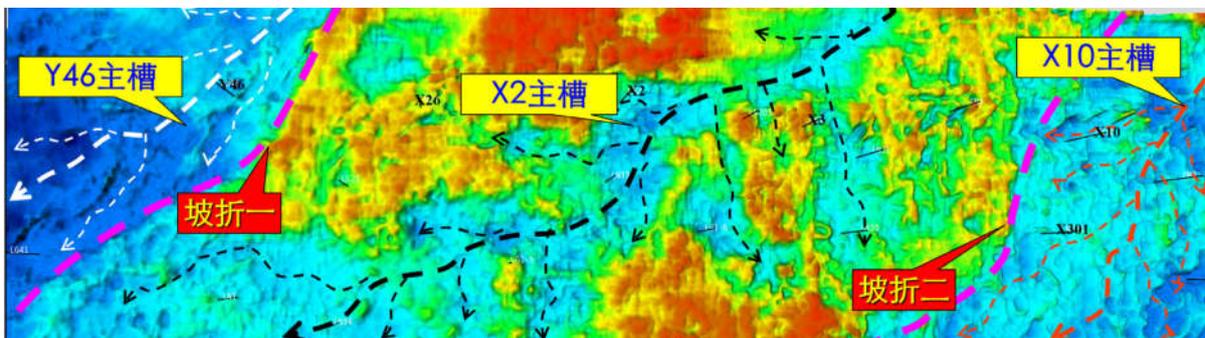


图 3 T1 油组沉积前微地貌立体显示图

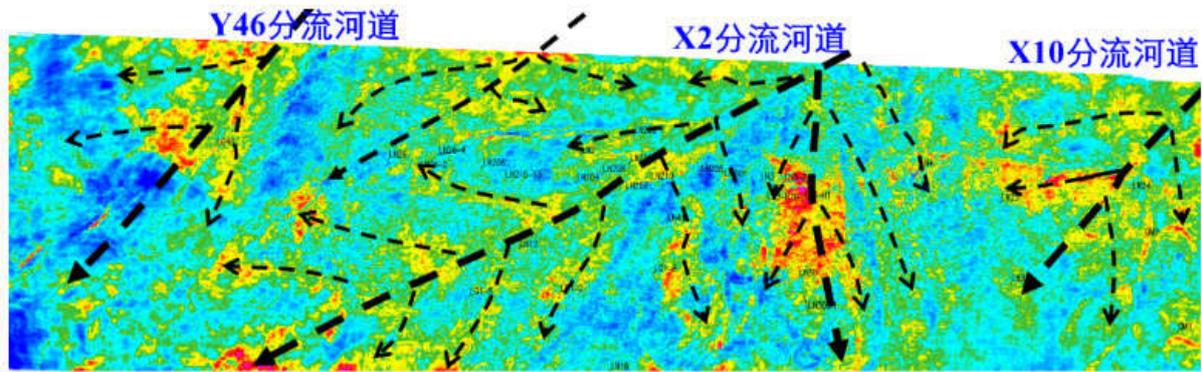


图4 轮南油田 T1 油组砂体预测平面图

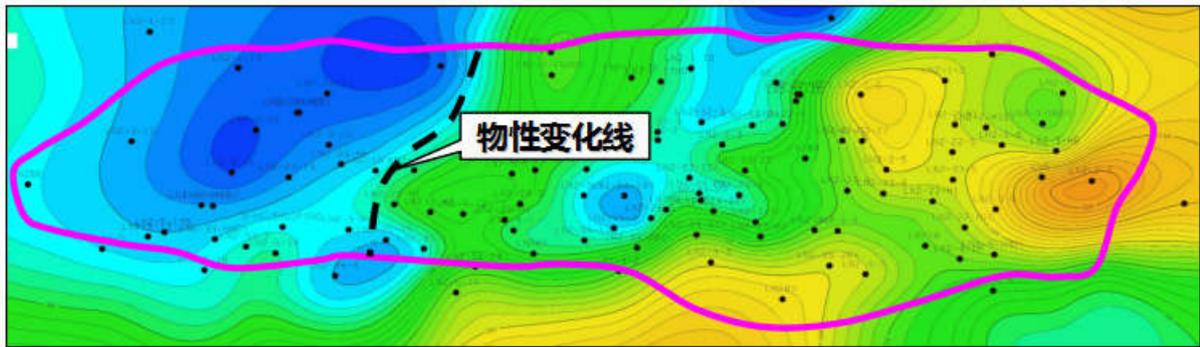


图5 轮南油田 2 井区 T1 油组储层渗透率平面图

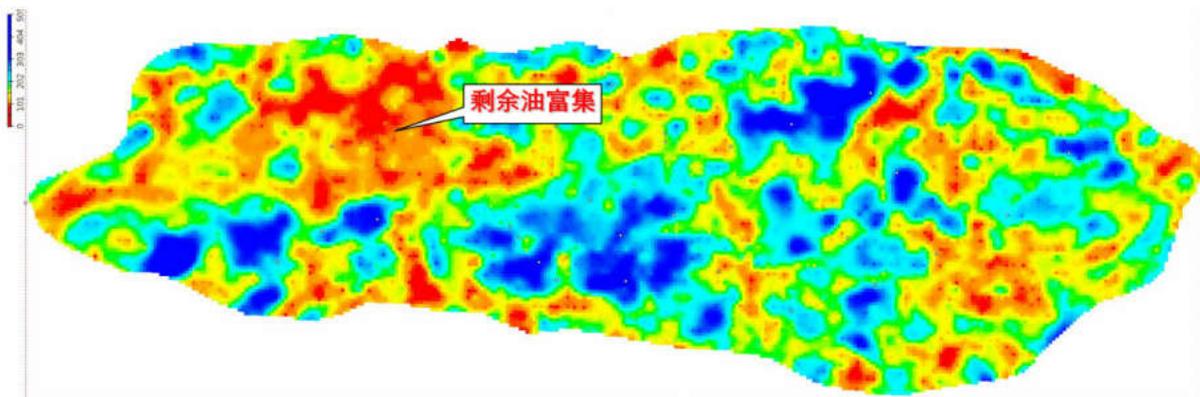


图6 轮南油田 2 井区 T1 油组剩余油预测平面图

### 参考文献

- [1] 庞雯. 轮南地区三叠系储层特征[J]. 石油天然气学报, 2007, 29(5):28-32.
- [2] 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):54-62.
- [3] 庞雯, 郑浚茂. 轮南地区三叠系辫状河三角洲沉积储层特征[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2008, 30(1):58-62.
- [4] 杜民. 溱潼凹陷阜一段古地貌特征及其对沉积的控制作用[J]. 科技创新导报, 2012(9):103-105.
- [5] 樊爱萍, 杨仁超, 韩作振, 等. 惠民凹陷商河砂体储层特征与高分辨率层序地层控制[J]. 中国地质, 2009, 36(4):819-825.
- [6] 孙一芳. 轮南地区三叠系流体包裹体特征与油气成藏期次[J]. 新疆石油地质, 2017, 38(2):171-176.