

DOI: 10.12401/j.nwg.2022049

# 塔河油田 9 区下油组块状叠置厚油层渗流屏障研究

刘学利<sup>1</sup>, 郑小杰<sup>1</sup>, 屈兴勃<sup>2</sup>, 张小军<sup>3</sup>, 蔡玥<sup>4,\*</sup>

(1. 中国石化西北油田分公司, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 长庆油田第七采油厂, 甘肃 庆阳 745000;  
3. 长庆油田第一采油厂, 陕西 延安 710064; 4. 西安科技大学地质与环境学院, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 塔河油田 9 区三叠系阿克库勒组下油组储层为典型的块状叠置辫状河三角洲储层, 夹层分布及连通性极其复杂, 封闭断层和泥质屏障、钙质胶结带等不同级次渗流屏障控制着油藏内部油水运动。为深化储层空间非均质表征, 在储层构型分析基础上, 笔者采用层次分析方法, 动静态相结合, 对渗流屏障类型及其级次进行划分, 分析泥质屏障、钙质胶结带形成机理及其受控因素, 建立块状厚油层渗流屏障分布地质模型。研究表明: 塔河油田 9 区下油组主要渗流屏障为封闭断层屏障和层间、层内发育的泥质及钙质隔夹层; 依据渗流阻挡作用分为 4 个级次, 东北向封闭性断层及复合河道顶部 6 级界面是 1 级渗流屏障, 3~5 级构型界面控制了 2~4 级泥质、钙质渗流屏障的发育, 建立完全不遮挡型、部分遮挡型及完全遮挡型等 3 种渗流屏障模式。通过分级次定量表征渗流屏障的空间分布, 深化储层空间非均质性研究, 为基于流动单元的精细地质建模奠定基础。

**关键词:** 储层构型; 渗流屏障; 辫状河三角洲; 库勒组下油组; 塔河油田

中图分类号: P618.13; TE122.1 文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2023)02-0260-12

## Research on Seepage Barriers of Massive and Superimposed Thick Oil Layers in the Low Oil Formation of No. 9 Block in Tahe Oilfield

LIU Xueli<sup>1</sup>, ZHENG Xiaojie<sup>1</sup>, QU Xingbo<sup>2</sup>, ZHANG Xiaojun<sup>3</sup>, CAI Yue<sup>4,\*</sup>

(1. Sinopec Northwest Oilfield Company, Urumqi 830011, Xinjiang, China; 2. Seventh Oil Production Plant, Changqing Oilfield, Qingyang 745000, Gansu, China; 3. First Oil Production Plant, Changqing Oilfield, Yanan 710064, Shaanxi, China;  
4. College of Geology and Environment, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

**Abstract:** The low oil formation reservoir of No. 9 block in the Tahe Oilfield is a superimposed massive braided river delta reservoir, moreover, distribution and connectivity of the interlayers as well as complexity produced the sealing faults, argillaceous barriers, calcareous cemented zones and other different-level seepage barriers to control the movement of oil and water within the reservoir is to deepen the heterogeneity of the reservoir space; and the analytic hierarchy process is adopted based on the analysis of the reservoir configuration, and combined with dynamic and static, to clarify the seepage barrier types and levels; the formation mechanism of calcareous cement zone and its controlling factors is analyzed by researcher, so that establishes a geological model for the distribution of seepage barriers in massive thick oil layers; Researches show that the main seepage barriers of the low oil formation in No. 9 Block of Tahe Oilfield are sealing faults barriers, mud barriers, and cal-

收稿日期: 2020-02-21; 修回日期: 2022-11-05; 责任编辑: 曹佰迪

基金项目: 中国石化科技攻关项目“塔河油田底水砂岩油藏提高采收率技术研究”(P19026-1), 国家重点基础研究发展计划(“973”计划)项目(2012CB214804)和西安科技大学博士研究启动项目(2020QDJ012)联合资助。

作者简介: 刘学利(1974-), 男, 博士, 正高级工程师, 主要从事油气藏开发理论研究。E-mail: lucas2000\_swpi@126.com。

\* 通讯作者: 蔡玥(1987-), 女, 博士, 讲师, 现主要从事油气田开发地质方面的研究。E-mail: caiyue110687@126.com。

cium cemented zones, what is more, it can be divided into four levels according to the seepage blocking effect, and northeast sealing faults and the 6-level interface at the top of the composite channel are the first-level seepage barrier, the 3~5 level configuration interface controls the 2~4 level mud and calcareous seepage barriers; to establish three types of seepage barrier modes composed by completely uncover, partial cover, and completely cover. The spatial distribution of seepage barriers is characterized by hierarchical and sub-quantitative methods, which deepening the study of reservoir spatial heterogeneity, and laying the foundation for fine geological modeling based on flow units.

**Keywords:** reservoir architecture; seepage barrier; braided river delta; low oil formation of Kuhle Group; Tahe oilfield

储层渗流屏障通常指阻滞油藏流体渗流的封闭性断层及各级次的泥质隔夹层、钙质胶结带等,其中储层砂体间或内部发育的泥质、钙质隔夹层严格受储层构型要素级界面控制,是储层流动单元划分的基础,为深化储层空间非均质性定量表征,建立基于流动单元的精细地质模型,储层渗流屏障的研究成为储层研究的一个热点,得到国内外许多学者重视。(Leeder, 1973; Miall, 1985; Kelly, 2006; 吴胜和等, 2010; 李顺明等, 2011; 陈欢庆等, 2013; 孙天建等, 2014a, 2014b; 王石, 2015; 徐丽强等, 2016; 万琼华等, 2019; 何拓平等, 2020)。

塔河油田九区属于砂岩底水油藏,不同于常规层状碎屑岩储层,塔河 9 区下油组块状叠置储层非均质性严重,夹层分布及连通性及其复杂,因此,精细刻画储层渗流屏障分布特征,深化油藏空间非均质认识,指导今后可靠的精细地质模型的建立和剩余油的进一步挖潜是提高采收率关键。已有研究对塔河 9 区下油组厚砂层发育断层进行封闭性分析,对泥质、钙

质夹层等渗流屏障建立识别标准(付国民等, 2009; 段冬平等, 2010; 贺婷婷等, 2017),但缺乏在砂体构型理论指导下对渗流屏障级次划分及地质模式研究,对不同类型渗流屏障在流体渗流作用未进一步细化,渗流屏障分布地质模型很少见及。笔者在对塔河 9 区三叠系阿克库勒组下油组辫状河三角洲储层构型单元及其界面分析基础上,采用旋回约束、分级解剖的思路,对渗流屏障类型及其级次进行划分,分析泥质屏障、钙质胶结带形成机理及其受控因素,建立块状厚油层渗流屏障分布地质模型,深化储层空间非均质性研究,为基于流动单元的精细地质建模奠定基础。

### 1 研究区概况

塔河 9 区位于塔里木盆地沙雅隆起中段南翼的阿克库勒凸起东南斜坡上,局部构造为桑塔木东 3 号构造(图 1),主力含油气层位为三叠系阿克库勒组下油组,地层沉积厚度约为 150 m,形成于受北东向物源

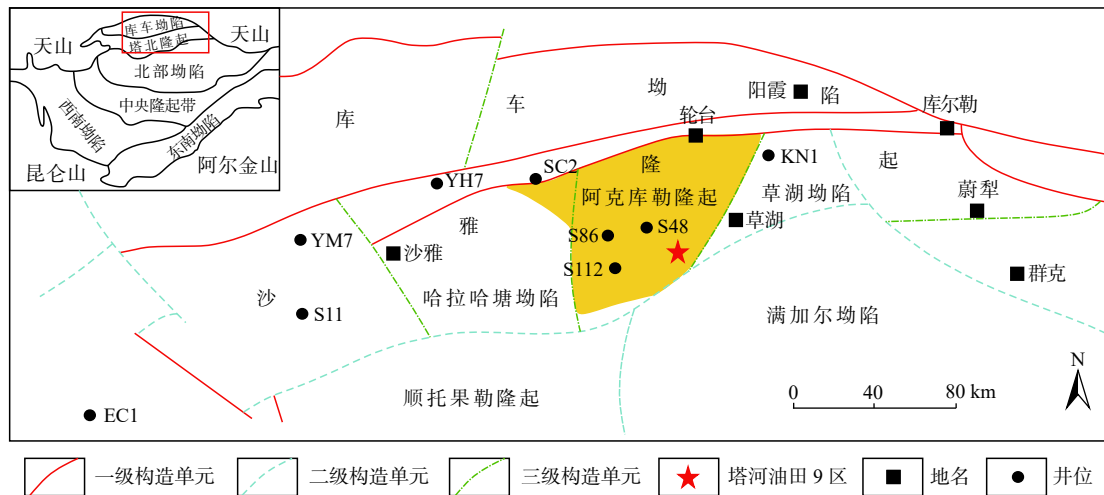


图 1 研究区构造位置图

Fig. 1 Structural location of the study area

控制的辫状河三角洲沉积环境。岩性自下而上粒度变细,中下部为辫状河三角洲平原沉积所形成的含砾粗砂岩、中-粗砂岩,粒度整体较粗,上部为辫状河三角洲前缘沉积所形成的细砂岩以及夹粉砂岩及粉砂质泥岩薄层,粒度整体较细(图2)。

三叠系阿克库勒组下油组从下至上可划分出3个小层,其中1小层为主要含油层段,厚约为25 m,可进一步划分为1-1、1-2、1-3、1-4共4个单层(图3)。

塔河9区三叠系下油组油藏为中孔、中-高渗、常温常压未饱和砂岩油藏,具有厚砂体(150 m左右),薄油层(28 m),强水体(水油体积比大于100)等特点(王珂等,2014;贺婷婷等,2019)。储层砂体垂向上不同期次分流河道相互切叠、侧向上单期分流河道砂体频繁侧向迁移,形成多期叠置厚砂体结构型式,层间

冲蚀严重,其间零星分布泥质及钙质夹层,厚度多小于1 m,延伸有限,总体为“泛连通体”,平面和纵向渗透率差异大,储层非均质性极强。

研究区总井数51口,以水平井为主,部分直井与斜井。目前油藏开发进入中后期递减阶段,底水锥进严重、水淹状况不均,油水运动规律描述难度大,剩余油分布复杂(郭建华等,2007;付国民,2007)。

## 2 储层构型特征及界面划分

储层构型及其界面划分是渗流屏障识别的前提,构型单元及界面在一定程度上控制了渗流屏障的展布,参考Miall河流相储层构型界面的划分方法,按照层次分析、模式拟合、动静结合的思路(Miall, 1988;

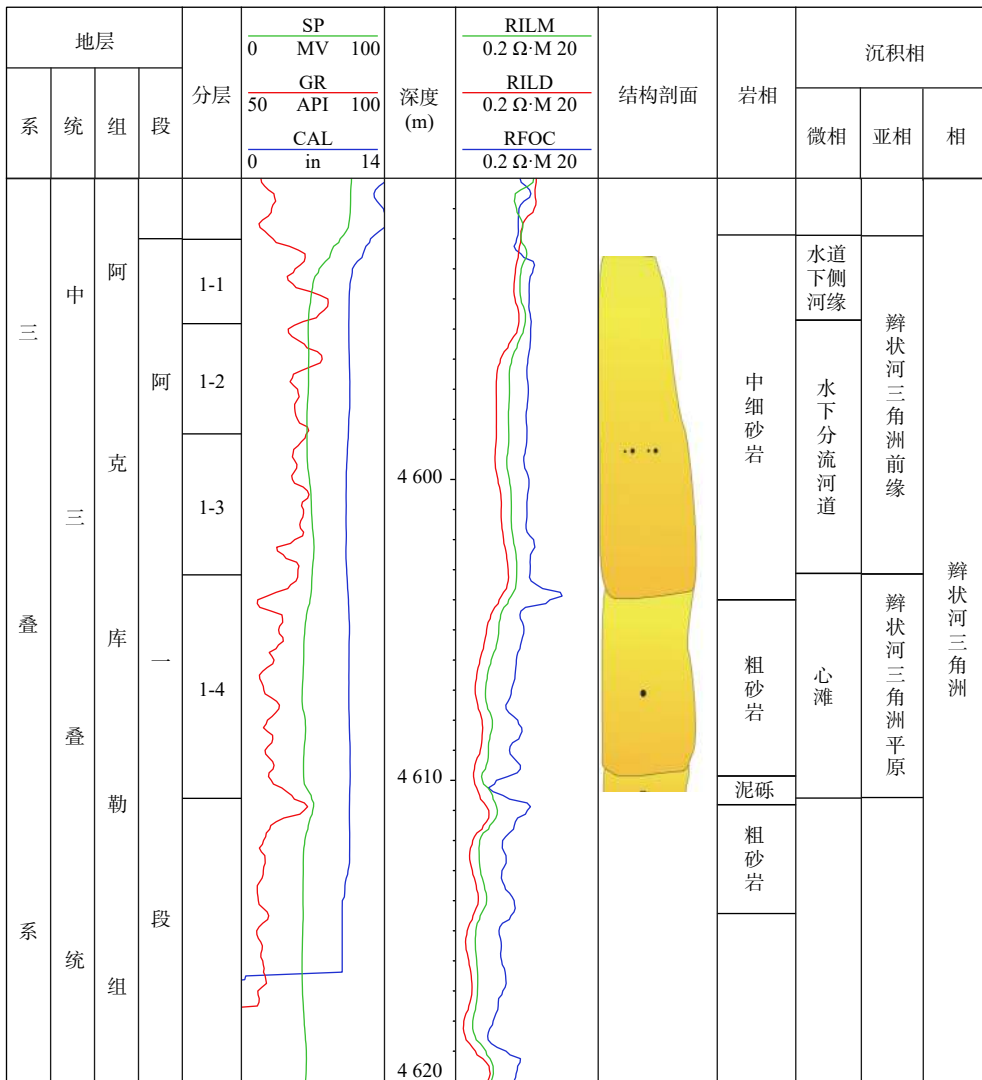


图2 塔河油田9区下油组沉积柱状剖面图

Fig. 2 Sedimentary column profile of lower oil formation in block 9 of Tahe oilfield

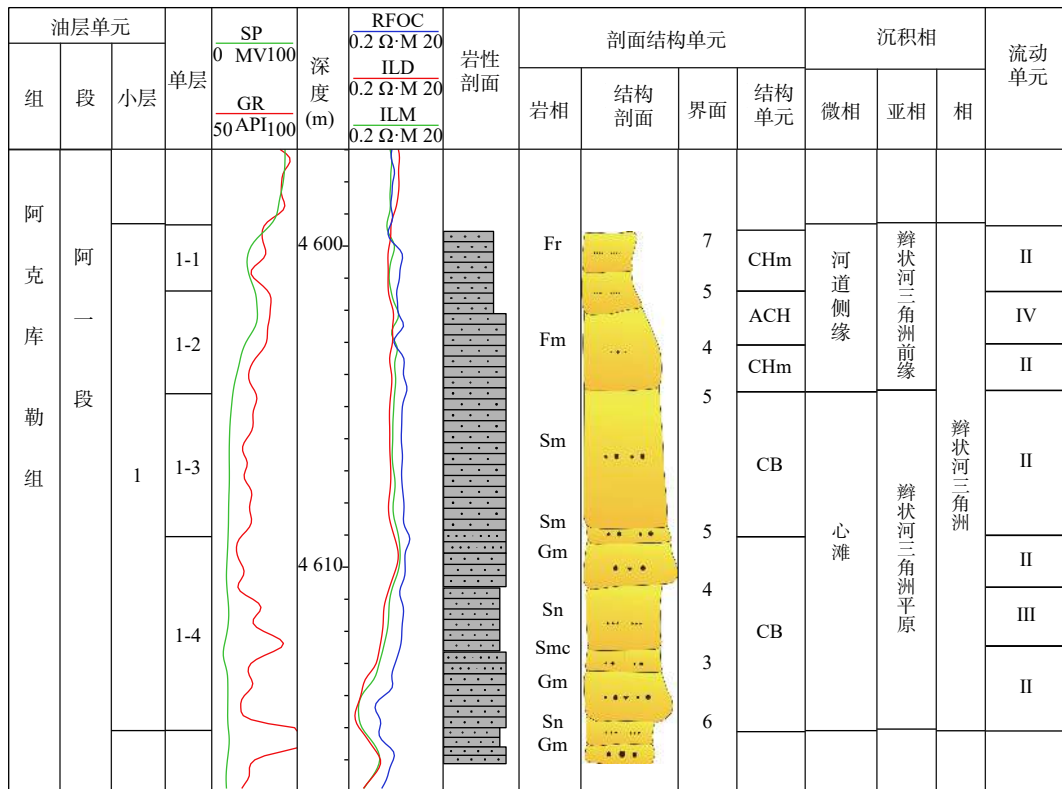


图 3 塔河油田 9 区 S100 井下油组构型单元及界面单井柱状图

Fig. 3 Configuration unit and interface single well column diagram of S100 downhole oil formation in block 9 of Tahe oilfield

吴胜和等, 2008; 孙天建等, 2014a, 2014b), 并结合前人总结的不同储层构型分级方案, 将塔河油田 9 区下油组从复合河道、单一河道、河道/砂坝及其内部夹层 4 个级次进行构型解剖, 确立储层构型要素识别划分标志, 划分构型单元及其各级次界面。

塔河油田 9 区下油组主要含油层段 3~4 单层为辫状河三角洲平原沉积, 现开发阶段需重点表征的结构单元分别为 5 级复合河道; 4 级单一河道、心滩; 3 级河道、心滩内部增生体。1~2 单层为辫状河三角洲前缘沉积, 砂体构型单元划分为 3 个级次; 5 级构型单元级次, 包括水下分流河道、砂坝及分流间湾; 4 级构型单元级次, 包括单一水下分流河道、单一砂坝等; 3 级构型单元级次为单一微相内部级次(图 4)。上述 3-5 级构型单元间构型界面相应划分为 3~5 级。

5 级构型界面: 属于单层间隔层, 表现为单一河道之间的薄泥岩层或河道底部的冲刷面, 以冲刷-充填地形及底部滞留砾石为标志, 同生泥质角砾常见。下油组中上部主要含油层段可划分为 4 个单层, 期间发育 5 级构型界面, 局部可见洪水间歇期形成的粉砂质泥岩, 测井响应上自然电位曲线回返超过三分之一,

自然伽马显著增大, 微电极减小且幅度差很小, 厚度约为 1 m, 延伸 300~600 m, 因河道冲蚀强烈, 上下单层多以以侵蚀接触式为主, 缺乏细粒沉积, 或过渡为钙质胶结带, 在下部 3~4 单层间常见冲刷泥质角砾。

4 级构型界面: 为限定一个大型底形的界面, 即单一构型单元间界面, 如单一河道、心滩间界面, 通过岩心观察和测井曲线特征分析, 4 级构型界面局部发育延伸有限的薄层粉砂质泥岩, 部分为钙质胶结, 因河道冲蚀强烈, 多以侵蚀接触为主。

3 级构型界面: 为大型底形内部的增生面, 如河道、心滩增生体、河口坝进积体间界面, 岩性多为细-粉砂岩或泥岩沉积, 延伸有限, 厚度多小于 1 m, 属于层内夹层。测井曲线回返程度较小。

根据上述辫状河三角洲沉积构型级次特征, 将塔河 9 区下油组主要含油层段即 1 小层底部划为 6 级界面, 顶部即下油组顶部为 7 级界面, 中间 4 个单层间发育 3 个 5 级界面, 单层内发育 3~4 级界面; 在构型剖面上, 河道与心滩、水下分流河道与河口坝间发育 4 级界面。3~5 级界面主要为泥质、钙质隔夹层, 由

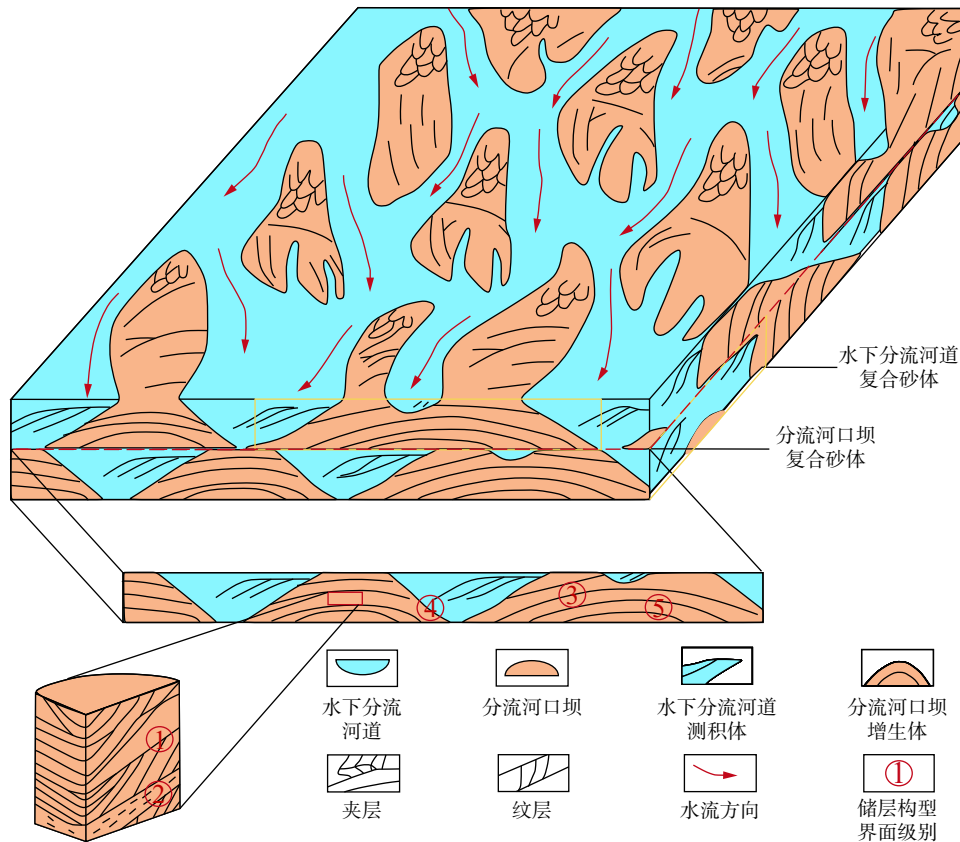


图4 塔河油田9区三叠系下油组三角洲前缘储层构型模式图(据徐丽强等, 2016修改)

Fig. 4 The braided river delta reservoir architecture model of lower oil formation in block 9 of Tahe Oilfield

于河道频繁冲蚀,多延伸性较差。

### 3 渗流屏障类型分布与地质模式

#### 3.1 渗流屏障类型

流动单元渗流屏障包括封闭性断层及各级次沉积泥岩隔夹层、成岩胶结带、储层沥青等。9区下油组主要渗流屏障为封闭断层屏障和泥质屏障、钙质胶结带。

##### 3.1.1 封闭断层屏障

根据对封闭性断层研究,共解释断层30条,其中12条封挡,4条开启,14条存疑(图5),东北向断层封闭性较好,将工区分割为东北向5个块体。

##### 3.1.2 泥质、钙质隔夹层渗流屏障

细粒泥质屏障层及其相应的钙质胶结带,统称为隔夹层,其中定义单层间为隔层,单层内为夹层。泥质隔夹层主要岩石类型为泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩及含砂砾泥岩等,测井曲线表现为自然电位曲线负异常减弱,自然伽马曲线升高,2种曲线均靠近泥岩基线,声波时差曲线减小,密度和中子曲线增大,伴随

孔隙度和渗透率曲线降低(图6)。

钙质隔夹层主要岩石类型为含钙-钙质细砂岩,钙质成分主要为方解石及含铁方解石,含量为15%~35%,测井曲线表现为自然伽马曲线减小,自然电位曲线无明显变化,密度曲线增大,声波时差和中子曲线减小,孔隙度和渗透率曲线降低(图6)。

以层位近似水平的邻井岩性应相似的对比原则为指导,采用直井-水平井联合控制方法开展泥质隔夹层井间预测。总体而言,泥质隔夹层连续性差,零散分布,形态为薄厚不等、大小不一的不规则椭球状、长条状。泥质隔夹层厚度为0.5~1.5 m,分布频率为0~0.48个/m,分布密度为0~0.36,分布受构型单元控制,由于分流河道频繁迁移、改道、下切,先期溢岸沉积的泥质隔夹层被部分侵蚀掉,部分保留的泥质隔夹层顺物源北东方向展布,延伸300~800 m,较少达到2个井距。钙质隔夹层,分布随机,可对比性较差,厚度为0.3~0.9 m之间分布,极少数井钙质夹层厚度超过1 m。分布频率为0~0.45个/m,分布密度为0.3。相对而言,9区远离物源区的西南部钙质夹层厚度大,但总体分布零星,延伸长度多小于300 m。



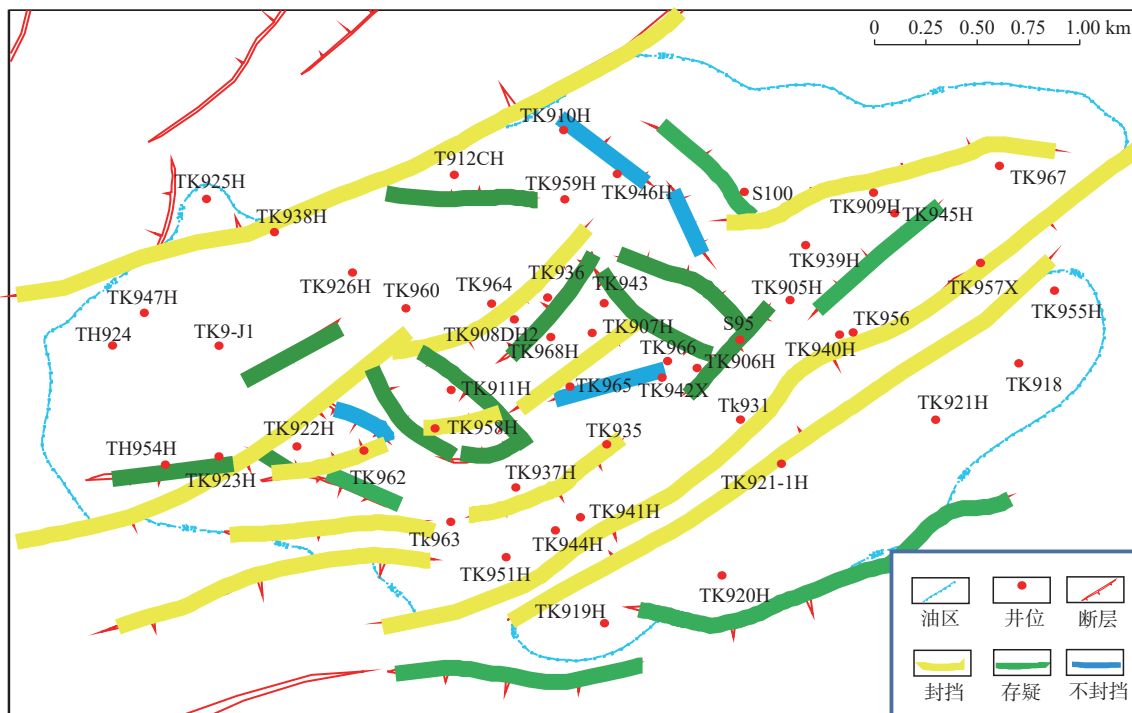


图 5 塔河 9 区封闭性断层分布

Fig. 5 Distribution of closed faults in block 9 of Tahe Oilfield

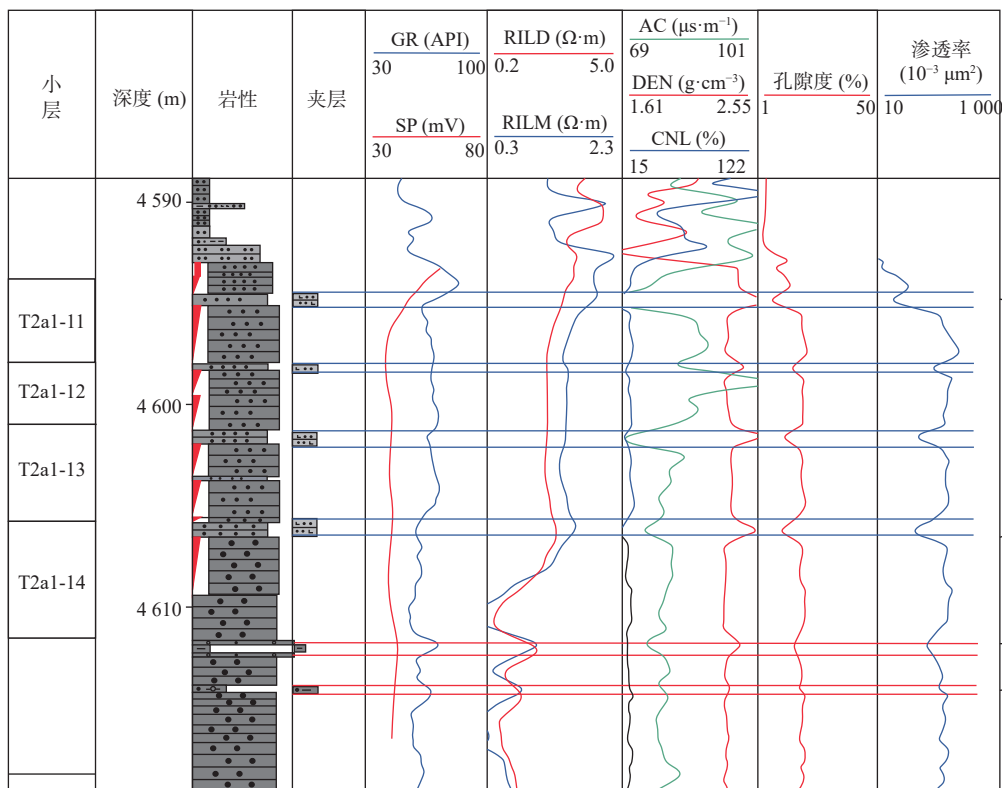


图 6 塔河油田 9 区三叠系下油组各类型夹层岩电特征

Fig. 6 Electrical characteristics of various types of intercalations in the lower Triassic oil formation in block 9 of Tahe oilfield

3.2 渗流屏障级次

不同的渗流屏障往往对应于不同级次构型界面,

因此, 渗流屏障也具有一定级次性。在沉积环境演化的影响下, 不同级次的渗流屏障在成因、沉积特征及

分布规律等方面表现出较大差异,其渗流能力差异悬殊,级次性明显。结合生产动态、构型界面分级刻画

及断层封闭性研究,将研究区渗流屏障分为4级(表1)。

表1 渗流屏障级次及特征

Tab. 1 Seepage barrier grades and characteristics

渗流屏障级别	定义	对应构型界面级别	通体级别
一级	封闭性断层及垂向不同期次沉积体系间的非渗透性边界	6级(区域稳定沉积的泥岩隔层、不整合)	连通体
二级	同期水道与心滩坝沉积组合之间非渗透性边界	5级(沉积体系组合之间的泥岩或者泛滥平原沉积)	连通单元
三级	同期水道与心滩坝之间的界面	4级(泥质河道、泥质半充填河道和洪水漫流细粒沉积)	连通单元
四级	心滩坝内部的非渗透性沉积	3级(心滩坝内部落淤层,坝上沟道)	渗流单元

一级渗流屏障:主要有2类,一类是封闭的断层,是较好的渗流屏障,在平面上可以作为联通体的边界,大断层遮挡作用强,小断层作用弱。另一类是下油组顶部7级界面,湖泛泥岩,及下油组1~2砂层之间发育的6级界面,垂向不同期次沉积体系间的非渗透性边界,区域较稳定沉积的泥岩隔层。

下油组1砂层顶底界面6~7级界面由于位于水层之中,或油层顶部对油气开发没有意义,故不作深入研究。

二级渗流屏障:主要为5级界面(单层间隔层)泛

滥泥质及其河道废弃后钙质胶结带,具有一定可对比性和延伸性,对底水锥进具有重要控制意义。

5级界面附近主要是薄层的泥质岩性与局部分布的钙质岩性构成的渗流屏障,原生沉积型、次生成岩型及混合型渗流屏障均有发育,对流体的控制作用较强。由于分流河道频繁迁移、改道、下切,溢岸沉积的泥质屏障大部分被侵蚀,在5级界面发育的泥质隔夹层残存厚度多小于1m,宽度主要为200~400m,长度主要为300~800m,呈局部连片状分布(图7)成岩作用形成的钙质隔夹层厚度较小,延伸小

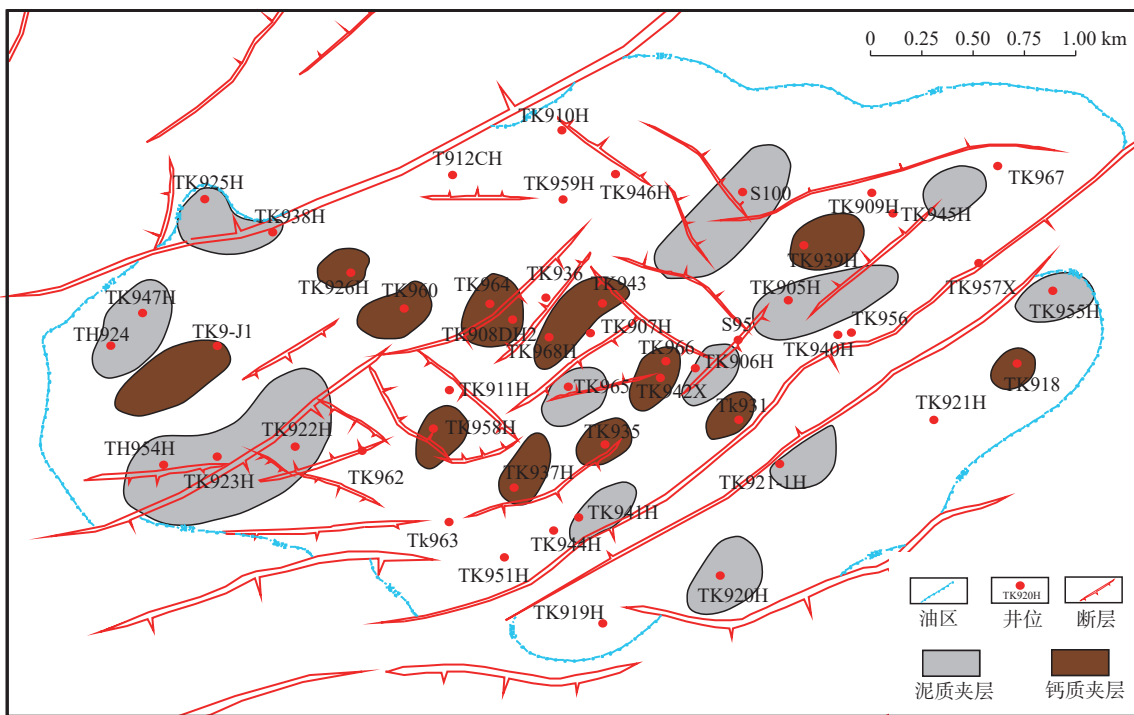


图7 塔河油田9区三叠系下油组1-1单层二级渗流屏障平面分布图

Fig. 7 Plane distribution of 1-1 single layer secondary seepage barrier of Lower Triassic formation in block 9 of Tahe oilfield

于 300 m。

三级渗流屏障:相对于 4 级构型界面,为单砂体间夹层,是同期水道与心滩坝、分流河道与河口坝、分

流间湾等构型单元之间的界面,构型单元间渗流差异影响平面连通质量,其中废弃河道及河道侧缘是主要遮挡体(图 8)。

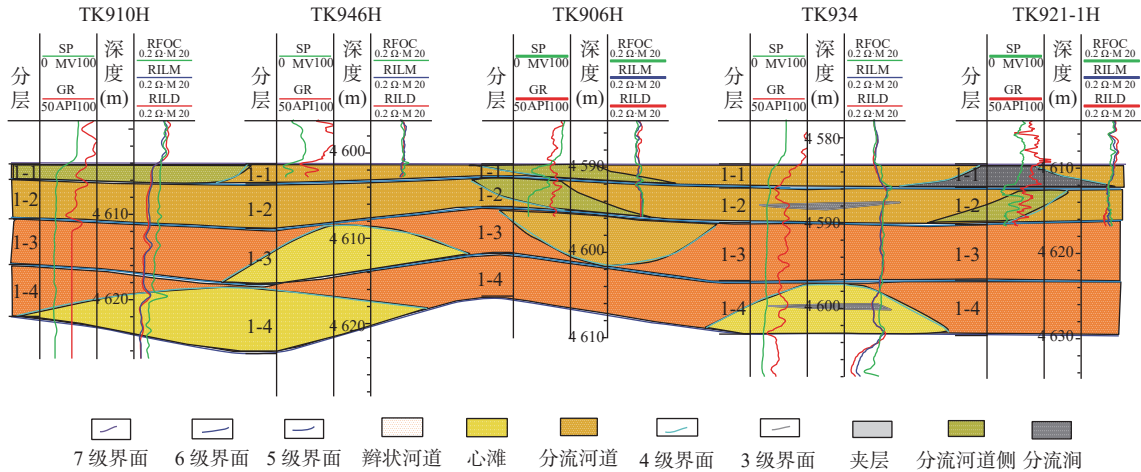


图 8 塔河油田 9 区三叠系下油组三级渗流屏障遮挡剖面图

Fig. 8 Seepage shielding profile of Lower Triassic oil formation in block 9 of Tahe Oilfield

9 区下油组 1~2 单层水下分流河道侧缘渗透率最低、变异系数最大,非均质性最强,造成两侧不同构型单元间流体的流动差异较大(表 2),河口坝仅发育西南部,为残存坝,与分流河道砂体间坝顶夹层及侧

缘夹层都不发育。下油组分流间湾总体不发育,仅发育 2 处,岩性组合以粉砂质泥岩、粉细砂岩为主,同样是不同分流河道构型单元间件最好的侧向与平面渗流遮挡体。

表 2 不同构型单元非均质性参数统计表

Tab. 2 Statistical table of heterogeneity parameters of different configuration units

层号	辫状河道				心滩				水下/水上分流河道				水下/水上河道侧缘			
	平均值	变异系数	突进系数	级差	平均值	变异系数	突进系数	级差	平均值	变异系数	突进系数	级差	平均值	变异系数	突进系数	级差
T2a1-1	—	—	—	—	—	—	—	—	103	0.6	4	49.3	93.7	0.7	6.7	563.5
T2a1-2	68.3	0.42	1.7	3.6	—	—	—	—	120.3	0.52	4	69.4	140.9	0.62	3	14.9
T2a1-3	221.9	0.55	2.5	11.5	136.1	0.4	1.9	7.4	150.6	0.5	3	34.3	106.5	0.52	2.9	10.7
T2a1-4	207.6	0.58	3.6	32	160.4	0.56	3.5	51.3	—	—	—	—	—	—	—	—
平均	165.9	0.52	2.6	15.7	148.3	0.48	2.7	29.3	125.4	0.54	3.7	51	113.7	0.61	4.2	196.4

9 区 3~4 单层同期辫状水道与心滩坝间夹层不发育,辫状水道与心滩坝形成一泛连通体,辫流带间发育的废弃河道是同期次不同单一辫流带间河道砂体间最好的侧向与平面渗流遮挡体,特别是泥质废弃河道或砂泥质废弃河道,9 区废弃河道主要是以砂质废弃河道为主,故除个别井区外总体侧向遮挡性较差。

孙天建等(2014a, 2014b)应用 GoogleEarth 软件对 Jamuna 河、Prudhoe 河、雅鲁藏布江等 15 个常年流水的较深河型现代砂质辫状河道段的单一心滩宽度及

其长度、单河道宽度、单一沟道宽度及其长度数据分别进行测量,建立如下单一心滩、单河道参数公式。

$$w_c = 0.299 4w_b^{0.831} \quad R^2 = 0.90 \quad (1)$$

$$l_d = 0.649 l_b^{0.978} \quad R^2 = 0.96 \quad (2)$$

$$l_b = 4.148 8w_b^{0.9574} \quad R^2 = 0.94 \quad (3)$$

应用以上经验公式,计算 9 区单层废弃河道泥岩和残余废弃河道泥岩的宽度均为 170~350 m,平均为 260 m。由此可见,4 级界面处泥质层因侧向冲蚀多不保留,分流间湾、废弃河道泥质充填及半充填不发育,由于井距较大,平面对比性差,依据经验公式推算,



延伸有限,同时,相应界面处发育钙质夹层虽然发育较频繁,根据鄂尔多斯盆地辫状河沉积相似露头调研,延伸小于500 m。因此,此类渗流屏障为部分遮挡性渗流屏障。

四级渗流屏障:对应3级构型界面,限定在单一河道、心滩、河口坝单砂体内,主要有心滩坝内部发育落淤层和层内钙质胶结带,河道、河口坝单砂体内增生体间泥质层及层内钙质胶结带,四级渗流屏障属于层内夹层,分布不稳定,泥质和钙质夹层零散分布在砂岩中,井间连续性较差,厚度小于0.5 m,延伸小于

150 m,起到局部遮挡作用(图9)。

### 3.3 渗流屏障分布地质模式及平面分布

从渗流屏障的渗流性能出发,可以将其分为完全不遮挡型、部分遮挡型以及完全遮挡型这3种模式(图10)。

完全不遮挡型:作为渗流屏障的泥质隔夹层因冲蚀强烈,不残存或零星残存,延伸有限,厚度多小于0.1 m,或大部分缺失,致使不同成因砂体相互叠置形成泛连通体,垂向上及平面渗透性良好,对流体基本不起遮挡作用。

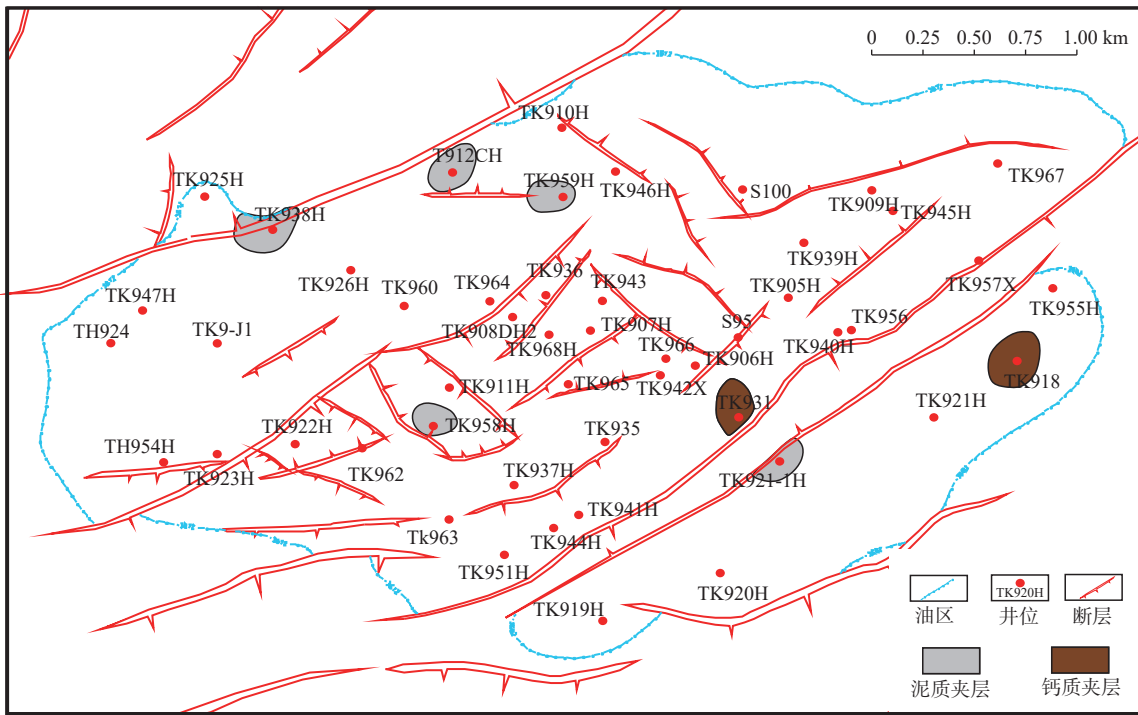
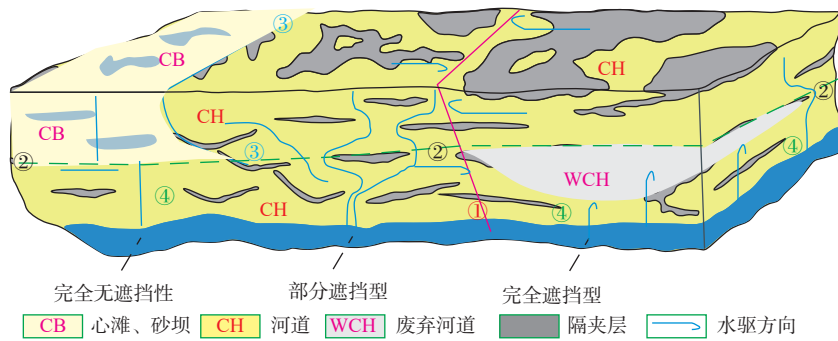


图9 塔河油田9区三叠系下油组1-1单层四级渗流屏障平面分布图

Fig. 9 Plane distribution of 1-1 single layer four stage seepage barrier of Lower Triassic oil formation in block 9 of Tahe oilfield



①一级渗流屏障:封闭断层;②二级渗流屏障,5级界面;③三级渗流屏障,4级界面(相界面);  
④:四级渗流屏障:3级界面(层内夹层)

图10 基于构型控制的块状厚油层渗流屏障分布地质模型

Fig. 10 Geological model of seepage barrier distribution in massive thick reservoir based on configuration control

部分遮挡型: 作为渗流屏障的隔夹层部分残存, 延伸小于 1 个井距, 厚度为 0.1~0.8 m, 不同成因砂体相互切相互叠置, 成层性较好, 非连续型分布, 渗流屏障在垂向上各类产状均有发育, 主要有斜交状、槽状和复合状等产状模式, 以 3~4 级渗流屏障为主; 垂向上渗透性较差。

完全遮挡型: 主要有 2 类, 一类为作为渗流屏障的泥质隔层, 主要为 6~7 级构型界面, 厚度相对较大且连续分布, 厚度为 1.5~3 m, 钻遇率大于 90%, 储砂体呈孤立式结构, 上下不连通, 主要发育于平行状构型模式中, 遮挡了流体在垂向上的运动, 另一类为研究区较大规模的东北向封闭性断层, 流体完全

阻挡。

在前述渗流屏障识别及分级基础上, 依据基于构型控制的渗流屏障分布地质模型, 编制的渗流屏障平面分布图可知(图 11): 东北向封闭断层是最主要的渗流屏障, 将研究区分割为 5 个开发单元, 2 级渗流屏障主要由单层间泥质隔夹层及钙质胶结带组成, 由于河道冲蚀频繁, 厚度较小、分布不连续, 以部分遮挡型为主, 部分井组 2 级渗流屏障保存较好, 对抑制底水锥进具有重要意义, 3~4 级渗流屏障分布局限, 以完全不遮挡型为主。上述渗流屏障空间分布特征为进一步划分连通单元及制定相应调整措施奠定基础。

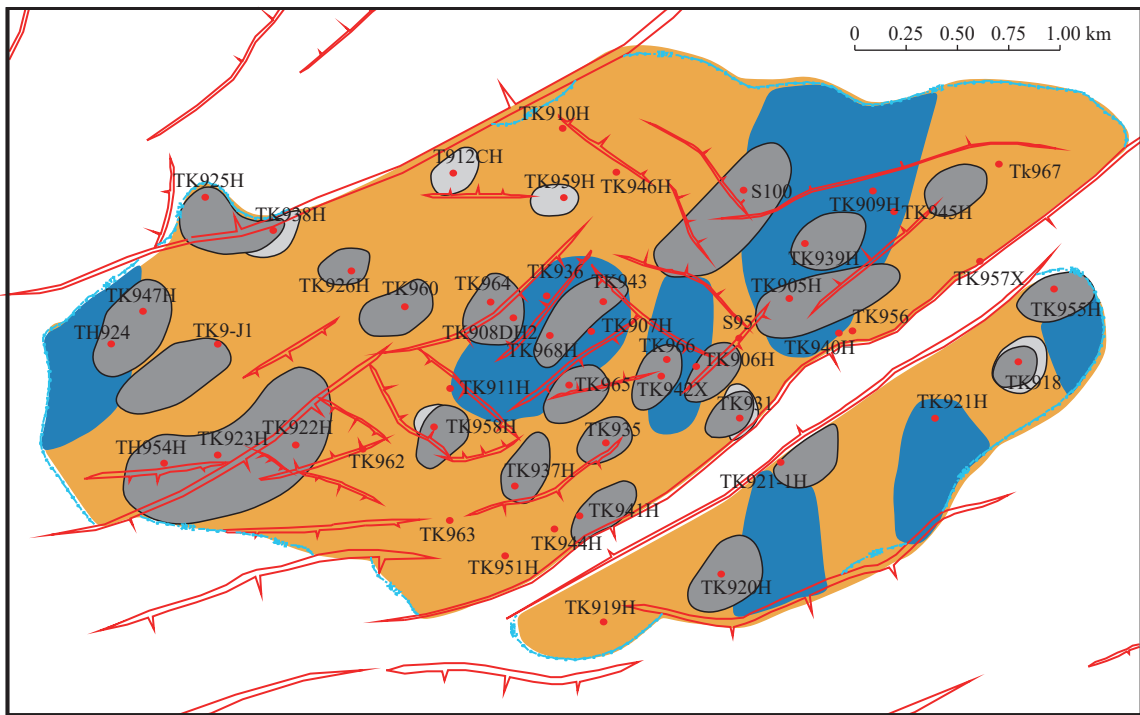


图 11 塔河油田 9 区三叠系下油组 1-1 单层渗流屏障分布图

Fig. 11 Distribution of single-layer seepage barrier of Lower Triassic formation 1-1 in block 9 of Tahe oilfield

### 4 结论

(1)塔河 9 区下油组主要含油层段储层砂体为垂向上多期分流河道相互切叠、侧向上单期分流河道砂体发生多次侧向迁移而形成的多期叠置厚砂体结构型式, 单层砂体以侵蚀接触式为主, 总体为一“泛连通体”。

(2)将塔河油田 9 区下油组从复合河道、单一河道、河道/砂坝及其内部夹层四个级次进行构型解剖,

主要含油层段储层顶底分别为 7 级与 6 级构型界面, 中间 4 个单层间发育 3 个 5 级界面, 河道与心滩、水下分流河道与河口坝间发育 4 级界面, 单层内发育 3 级界面。

(3)塔河油田 9 区下油组主要渗流屏障为封闭断层屏障和泥质屏障、钙质胶结带; 依据渗流阻挡作用分为 4 个级次, 东北向封闭性断层及复合河道顶部 6 级界面是 1 级渗流屏障, 3~5 级构型界面控制了 2~4 级泥质、钙质渗流屏障的发育, 渗流屏障分为完全不遮挡型、部分遮挡型以及完全遮挡型等 3 种地质模式。

## 参考文献(References):

- 陈欢庆, 赵应成, 舒治睿, 等. 储层构型研究进展[J]. *特种油气藏*, 2013, 20(5): 7-12.
- CHEN Huanqing, ZHAO Yingcheng, SHU Zhirui, et al. Advances in reservoir architecture research[J]. *Special Oil & Gas Reservoirs*, 2013, 20(5): 7-12.
- 段冬平, 侯加根, 郭素华, 等. 塔河油田九区三叠系油气藏隔夹层识别及其展布研究[J]. *科技导报*, 2010, 28(19): 21-25.
- DUAN Dongping, HOU Jiagen, GUO Suhua, et al. Identification and distribution of interlayer in Triassic reservoir in block 9 of Tahe Oilfield[J]. *Science and Technology Guide*, 2010, 28(19): 21-25.
- 付国民, 赵俊欣, 杨磊, 等. 塔河油田9区三叠系中上统高分辨率层序地层及沉积演化[J]. *兰州大学学报: 自然科学版*, 2009, 43(3): 13-17.
- FU Guomin, ZHAO Junxin, YANG Lei, et al. High resolution sequence of stratigraphy and sedimentary evolution of middle-upper Triassic in the 9th area, Tahe oil field[J]. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, 2009, 43(3): 13-17.
- 付国民, 周丽梅, 刘蕊, 等. 塔河三叠系下油组河流相储层夹层成因类型及其分布规律[J]. *地球科学与环境学报*, 2009, 31(3): 260-264.
- FU Guomin, ZHOU Limei, LIU Rui, et al. Fluvial Facies Reservoir Interbed Genesis Category and Distribution Characteristic in Low Oil Group Triassic Tahe Oilfield[J]. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 2009, 31(3): 260-264.
- 郭建华, 刘辰生, 朱锐. 阿克库勒地区三叠系层序地层学及储集砂体成因类型[J]. *沉积学报*, 2007, 25(2): 169-177.
- GUO Jianhua, LIU Chensheng, ZHU Rui. Sequence stratigraphy and sandbody genetic types of Triassic system in Akekule area[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2007, 25(2): 169-177.
- 何拓平, 李元昊, 陈朝兵, 等. 深水重力流储层宏观非均质性控制因素-以华庆地区长6<sub>1</sub>为例[J]. *西北地质*, 2020, 53(1): 177-188.
- HE Tuoping, LI Yuanhao, CHEN Zhaobin, et al. Macroscopic Heterogeneity Controlling Factors of Deepwater Gravity Flow Reservoirs[J]. *Northwestern Geology*, 2020, 53(1): 177-188.
- 贺婷婷, 段太忠, 赵磊, 等. 塔里木盆地塔河油田T区三叠纪沉积模式[J]. *石油与天然气地质*, 2019, 40(4): 822-833.
- HE Tingting, DAUN Taizhong, ZHAO Lei, et al. Triassic sedimentary model in Block T of Tahe oilfield, Tarim Basin[J]. *Oil & Gas Geology*, 2019, 40(4): 822-833.
- 贺婷婷, 段太忠, 赵磊, 等. 塔河油田九区三叠纪下油组夹层识别及分布规律[J]. *东北石油大学学报*, 2017, 41(6): 26-35.
- HE Tingting, DUAN Taizhong, ZHAO Lei, et al. Identification and distribution of interlayer in Lower Triassic oil formation in block 9 of Tahe Oilfield[J]. *Journal of Northeast Petroleum University*, 2017, 41(6): 26-35.
- 李顺明, 宋新民, 蒋有伟, 等. 高尚堡油田砂质辫状河储集层构型与剩余油分布[J]. *石油勘探与开发*, 2011, 38(4): 474-482.
- LI Shunming, SONG Xinmin, JIANG Youwei, et al. Architecture and remaining oil distribution of the sandy braided river reservoir in the Gaoshangpu Oilfield[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2011, 38(4): 474-482.
- 孙天建, 穆龙新, 吴向红, 等. 砂质辫状河储层构型表征方法——以苏丹穆格莱特盆地 Hegli 油田为例[J]. *石油学报*, 2014a, 35(4): 715-734.
- SUN Tianjian, MU Longxin, WU Xianghong, et al. A quantitative method for architectural characterization of sandy braided- river reservoirs: taking Hegli oilfield of Muglad Basin in Sudan as an example[J]. *Acta Petroli Sinica*, 2014a, 35(4): 715-734.
- 孙天建, 穆龙新, 赵国良. 砂质辫状河储集层隔夹层类型及其表征方法——以苏丹穆格莱特盆地 Hegli 油田为例[J]. *石油勘探与开发*, 2014, 41(1): 112-120.
- SUN Tianjian, MU Longxin, ZHAO Guoliang. Classification and characterization of barrier-intercalation in sandy braided river reservoirs: Taking Hegli Oilfield of Muglad Basin in Sudan as an example[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2014, 41(1): 112-120.
- 万琼华, 罗伟, 梁杰, 等. 基于储层构型的流动单元渗流屏障级次研究[J]. *西南石油大学学报(自然科学版)*, 2019, 41(1): 77-84.
- WAN Qionghua, LUO Wei, LIANG Jie, et al. Reservoir Architecture-based Classification of Seepafe Barriers of Flow Unit[J]. *Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition)*, 2019, 41(1): 77-84.
- 王珂, 戴俊生, 贾开富, 等. 塔河油田1区三叠系储层流动单元研究[J]. *岩性油气藏*, 2014, 26(3): 120-130.
- WANG Ke, DAI Junsheng, JIA Kaifu, et al. Research on reservoir flow units of Triassic in block-1, Tahe Oilfield[J]. *Lithologic Reservoirs*, 2014, 26(3): 120-130.
- 王石, 万琼华, 陈玉琨, 等. 基于辫状河储层构型的流动单元划

- 分及其分布规律[J]. *油气地质与采收率*, 2015, 22(5): 47-51+68.
- WANG Shi, WAN Qionghua, CHEN Yukun, et al. Flow units division and their distribution law based on braided river reservoir architecture[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2015, 22(5): 47-51+68.
- 吴胜和, 岳大力, 刘建民, 等. 地下古河道储层构型的层次建模研究[J]. *中国科学: D 辑: 地球科学*, 2008, 51(Supp. II): 126-137.
- WU Shenghe, YUE Dali, LIU Jianmin, et al. Hierarchy modeling of subsurface palaeochannel reservoir architecture[J]. *Science in China: Series D: Earth Sciences*, 2008, 51(Supp. II): 126-137.
- 吴胜和. 储层表征与建模[M]. 北京: 石油工业出版社, 2010: 136-174.
- WU Shenghe. Reservoir characterization and modeling[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2010: 136-174.
- 徐丽强, 李胜利, 于兴河, 等. 辫状河三角洲前缘储层构型分析——以彩南油田彩9井区三工河组为例[J]. *油气地质与采收率*, 2016, 23(5): 50-57+82.
- XU Liqiang, LI Shengli, YU Xinghe, et al. Analysis of reservoir architecture in the braided river delta front: A case study of the Sangonghe Formation in Block Cai9 of Cainan oilfield[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2016, 23(5): 50-57+82.
- Kelly S. Scaling and hierarchy in braided rivers and their deposits: C[M]//Sambrook Smith G H, Best J L, Bristow C S, et al. Braided rivers: Process, deposits, ecology and management. Oxford: Blackwell Publishing, 2006: 75-106.
- Leeder M R. Fluvial fining upwards cycles and the magnitude of paleochann[J]. *Geological Magazine*, 1973, 110(3): 265-276.
- Miall A D. Architectural elements analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits[J]. *Earth Science Review*, 1985, 22(4): 261-308.
- Miall A D. Architectural elements and bounding surfaces in fluvial deposits: anatomy of the Kayenta formation (lower jurassic), Southwest Colorado[J]. Elsevier, 1988, 55(3-4).