

文章编号:1009-3850(2011)03-0053-06

塔河九连片地区三叠系下油组砂体分布及有利区带预测

陆金波^{1,2}, 王英民^{1,2}, 张雷³, 王改云^{1,2}

(1. 中国石油大学 资源与信息学院, 北京 102249; 2. 中国石油大学(北京) 油气资源与探测
国家重点实验室, 北京 102249; 3. 中石油煤层气有限责任公司, 北京 100028)

摘要: 本文根据测、录井及三维地震资料, 建立了塔河地区高精度层序地层格架, 并重点对发育于 TSQ3 低位体系域中的下油组砂体类型及分布进行了系统研究。根据岩心观察结合粒度分析等手段, 认为研究区下油组沉积砂体主要为辫状河三角洲前缘水下分流河道砂体, 进一步划分为主分流河道复合微相、侧支分流河道复合微相和河道间微相 3 种类型。砂岩厚度、含砂率分布特征表明, 砂体以东西向展布为特征, 中部厚度最大, 向南北砂岩厚度减小。依据研究区南高北低的区域构造背景, 结合下油组沉积微相图与顶部构造图叠合表明, 认为研究区南部 AT4-S98 井区以南为有利的岩性上倾尖灭区带。

关键词: 塔河地区; 下油组; 沉积微相; 砂体分布; 有利区带预测

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

阿克库勒凸起位于沙雅隆起, 东邻草湖凹陷, 西接哈拉哈塘凹陷, 北与雅克拉断凸相接, 向南过渡为顺托果勒低隆起及满加尔生烃拗陷^[1~3](图 1), 是塔北地区油气赋存的主要地区。研究区塔河九连片地区位于阿克库勒凸起南部, 是阿克库勒凸起三叠系油气最为富集的地区。区内三叠系共分为下三叠统柯吐尔组、中三叠统阿克库勒组和上三叠统哈拉哈塘组。其中阿克库勒组-哈拉哈塘组共发育下、中、上 3 个油组。下油组发育在阿克库勒组一段, 岩性主要由岩屑长石中粗砂岩和少量砾岩组成。在本区的 S51 井区、S95 井区及 AT1 井区下油组中已获得工业性油气流, 部分已进入了开发阶段, 揭示出三叠系下油组具有良好的勘探前景。

1 研究现状

区内中三叠统阿克库勒组发育两个明显的正旋回沉积, 下油组位于阿克库勒组第一个正旋回沉积的下部阿一段内, 为阿克库勒地区重要的勘探层系。随着勘探程度的不提高, 大量的构造圈闭均已

上钻, 加之本区三叠系构造平缓、缺乏断裂的区域地质特征, 寻找岩性-地层圈闭成为目前勘探的主要目标。这就要求勘探人员对储层砂体空间分布特征认识更加明确。长期以来不同学者对本区下油组沉积特征持不同的观点, 部分学者认为该时期以辫状河沉积或扇三角洲沉积为主, 主要物源区位于正北部的雅克拉断凸^[2,4,5], 本文通过大量的岩心观察、粒度分析、测录井、高精度三维地震资料及孔渗资料, 结合地球物理手段, 对下油组砂体的砂体类型进行深入研究, 刻画下油组砂体展布特征, 从而确定有利区带, 为进一步勘探提供依据。

2 下油组沉积相类型

本次研究中根据单井岩心观察、测井相的识别与地震资料综合分析, 将三叠系划分为 5 个层序。其中下油组砂体主要分布于 TSQ3 的低位体系域内。结合粒度分析、地震相及地震属性等手段研究, 确定了下油组主砂体沉积相带以辫状河三角洲前缘沉积为主, 砂体类型主要是紧密叠置的水下分

收稿日期: 2010-03-21; 改回日期: 2010-09-24

作者简介: 陆金波(1981—), 男, 博士研究生, 从事层序地层学与储层预测研究。E-mail: basin_lu@126.com

资助项目: 国家“十一五”重大科技攻关项目(2008ZX05002)及中国石化西北石油局攻关项目(KT2007-046)联合资助

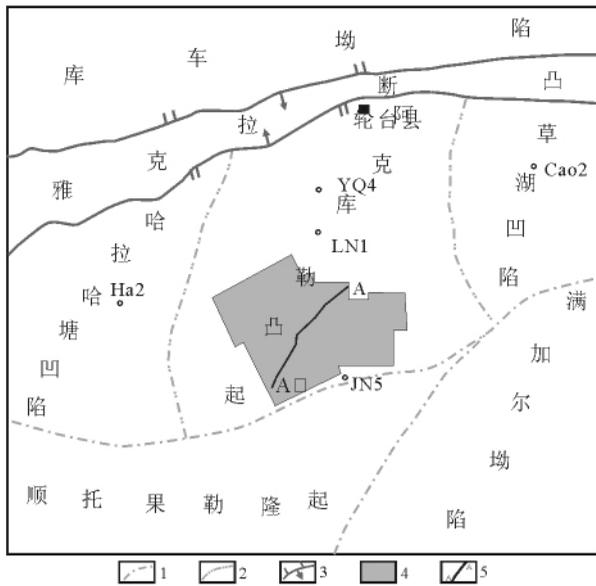


图1 研究区位置图

1. 一级构造单元分界线; 2. 二级构造单元分界线; 3. 断裂; 4. 研究区范围; 5. 井位; 6. 剖面位置

Fig. 1 Location of the study area

1 = first-order tectonic boundary; 2 = second-order tectonic boundary; 3 = fault; 4 = extent of the study area; 5 = well site; 6 = section location

流河道砂体与少量河口坝砂体。分流河道间沉积为泥岩沉积或泥质粉砂岩等细粒沉积物,砂体不发育。

辫状河三角洲是由辫状河携带大量的陆源粗碎屑物,进积到湖泊(或海洋)中形成的富含砂、砾的三角洲。依据所发育环境的差异,划分为平原、前缘和前三角洲3个亚相^[6]。研究区下油组主要发育为辫状河三角洲的前缘亚相,识别出水下分流河道、河道间、河口坝3个微相。

2.1 水下分流河道

水下分流河道是平原辫状河道在水下的延伸部分,二者沉积特征相似,但水下分流河道的沉积物粒度更细,砂体厚度减薄。该微相在辫状河三角洲前缘中占绝对优势,是辫状河三角洲前缘的骨架砂体。岩心观察发现其沉积物以灰色中-粗砂岩、中-细砂岩为主,冲刷-充填构造发育,不同粒度的砂岩在垂向上构成多套由粗变细的正旋回序列。中粗砂岩中发育槽状交错层理、侧积交错层理、中细砂岩中发育平行层理。砂岩中的灰色、深灰色泥砾以及黄铁矿晶体证实了其水下沉积环境的特征。应用概率累计曲线可以准确的判断沉积环境^[6],对S95、AT1井的粒度分析表明水下分流河道的概率累计曲线主要为两段式,对应两个粒度总体(悬浮总

体和跳跃总体),缺乏滚动主体,悬浮组分含量在20%左右,跳跃组分含量在80%左右(图2),具有典型的河流沉积特征。由于垂向上水道的叠置形成多个正旋回的厚层复合砂体,所以在测井曲线表现为多个微齿化钟型或箱型-钟型相互叠加的特征(图2、图3)。

2.2 河口坝

河口坝是由于河流带来的砂泥物质在河口处因流速降低堆积而成。由于辫状河道水动力能量较强,在水下经过较远的搬运之后才能在远离岸线的位置形成河口坝沉积。河口坝多位于水下分流河道的末端和侧缘,岩性相对水下分流河道较细,砂体厚度较薄,主要为中细砂和粉砂组成,整体多呈反旋回特征,测井曲线上常表现为漏斗型微齿化特征,发育楔形交错层理、波状层理、爬升层理及平行层理等(图2a、2b),反映了湖泊对砂体的改造作用。由于辫状河入湖后能量相对较高,湖泊对砂体的改造能力有限,所以河口坝在本区相对不发育。

2.3 水下分流河道间

水下分流河道间主要是水下河道被冲刷保留下来或沉积的较细粒物质,沉积作用以悬浮沉降为主,岩性一般为暗色泥岩,含粉砂泥岩及含泥粉砂岩,发育水平层理及小型砂纹层理。自然电位曲线呈低幅齿状或光滑曲线状,有时夹低-中幅的指形,为决口扇沉积。由于辫状河水下分流河道不断的迁移摆动,使河道间细粒沉积物较难保存,仅存留下来一些薄层夹于分流河道砂岩之间,在测井曲线上表现为分流河道的箱状曲线上突然出现的针状高值。

2.4 深湖-半深湖

研究区LST3湖泊相发育较少,只存在于研究区南部。岩性为大套的深灰色泥岩夹少量薄层粉细砂岩沉积,属于湖泊相的半深湖、深湖亚相,由于该相带中砂体已不发育,故在此不再赘述。

3 下油组砂体展布特征

根据对研究区的钻井中下油组的砂岩厚度和含砂率统计的结果,编制的砂岩厚度图和含砂率图(图4a、4b)显示砂岩厚度和含砂率具有一致展布特征:砂岩沉积沿北东-南西方向展布,在北西南东向分带。砂岩厚度北以T728-T702-S70井,南以T760-S1061-YT5-S1102-AT10为界划分为3个带,中部厚度大,厚度均超过80m,最大厚度超过140m;以S85-T702-S1061井为界,中部带又可进一步划分为东部

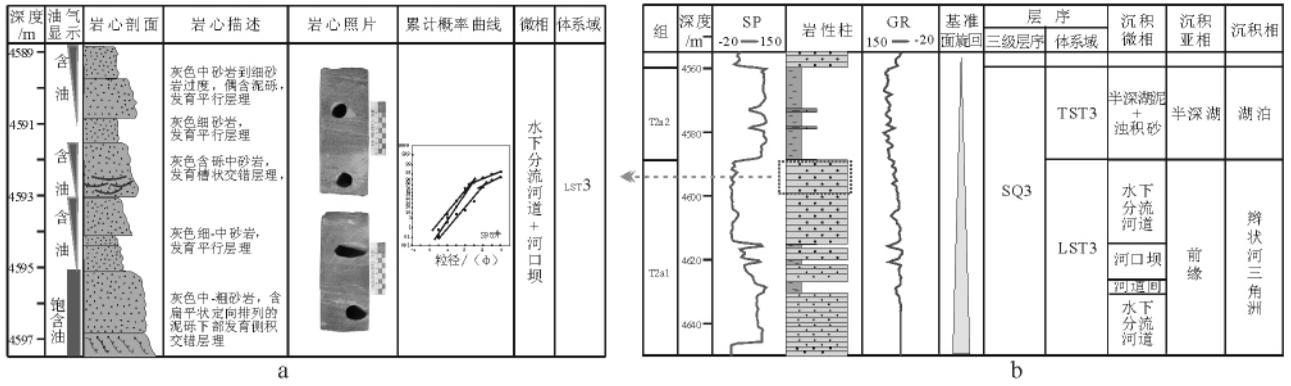


图2 S95 井下油组单井沉积相分析图(a 为 S95 岩心相图; b 为 S95 测井相图)

Fig. 2 Sedimentary facies in the lower oil measures through the S95 well

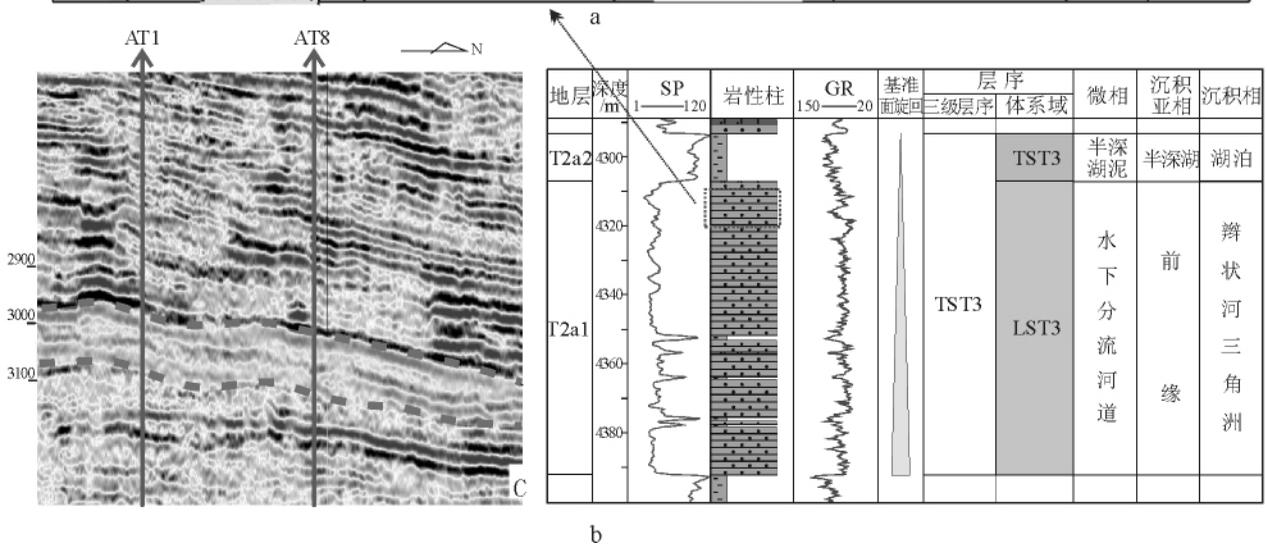
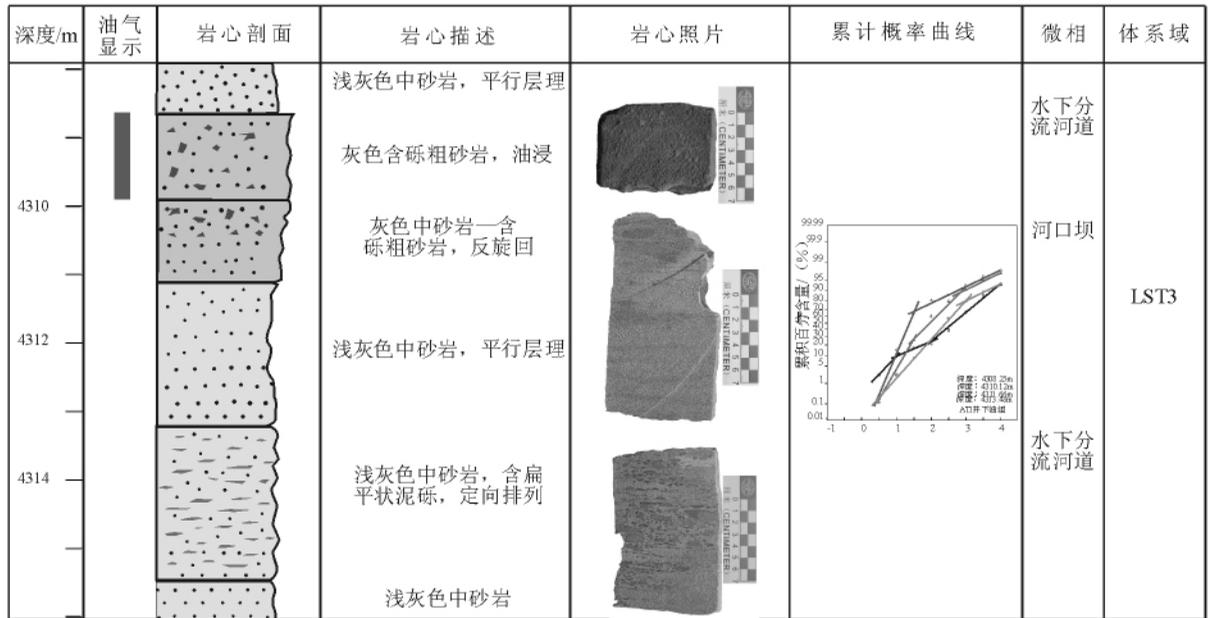


图3 AT1 井下油组单井沉积相分析图(a 为 AT1 岩心相图; b 为 AT1 测井相图; c 为过 AT1 井地震剖面)

Fig. 3 Sedimentary facies in the lower oil measures through the AT1 well

带和西部带。与砂岩厚度图类似,含砂率图也可以划分为3个带,南部分界线与砂岩厚度图一致,北部以S85井为界与中部带区分;中部的高含砂率带也表现出东西分块的特征。砂岩厚度图与含砂率图的高度吻合,并在中部高值区出现东西分块的特征反映了研究区具有北西、北东两个物源的特征。

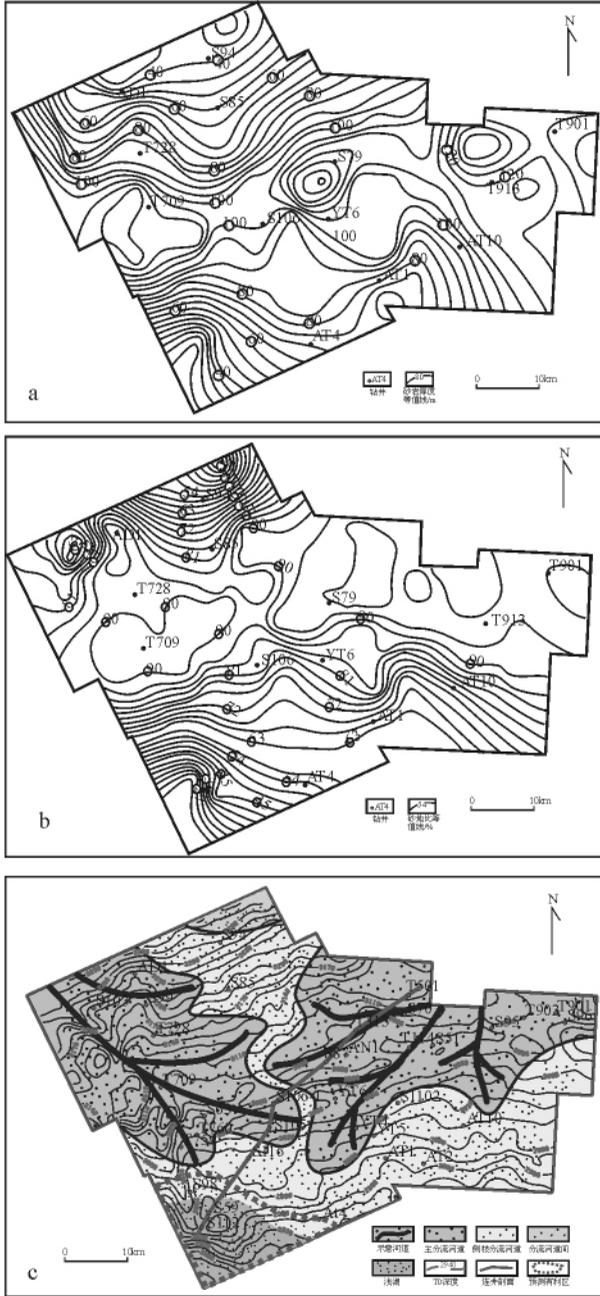


图4 下油组砂体、沉积相综合分析图

a. 下油组砂岩厚度图; b. 下油组含砂率图; c. 下油组沉积相与构造叠合图

Fig. 4 Diagrams of the sandstone thickness (a) , sand contents (b) and sedimentary facies (c) in the lower oil measures

结合砂岩厚度、含砂率图特征,对研究区下油组发育时期沉积相带进行了划分(图4c)。北东北西两大物源方向,构成两个主要的砂体分布带,以辫状河水下主流河道复合微相相为主,该复合微相包括水下分流主河道、河口坝;在两个主砂体分布之间沉积砂体厚度相对薄,含砂率低,为辫状河三角洲水下侧支流河道复合微相区,主要为侧支流河道、河口坝沉积。在研究区的北部和南部,砂岩厚度和含砂率均较低,分析认为北部为分流河道间沉积,南部为半深湖沉积。

为了明确下油组砂体分布特征,选取了S112-T501连井剖面(图5,剖面位置见图1),对其砂体进行连井对比。作为层序底部低位体系砂体,下油组与其下伏柯吐尔湖相泥岩呈明显的突变接触关系。测井曲线上由下部微齿化低幅值突变为齿化-微齿化的箱型或钟型。从该连井砂体对比(图5)中,可以看到下油组砂体总体上北东部厚,南西南方向减薄;同时,下油组砂体可以细分为上、中、下3套砂体。在研究区南部3套砂体的界限清晰,内部泥岩发育厚度大;向北部过度,泥岩变薄,砂体出现叠置,在个别井上3套砂组几乎叠置为一套。单套砂体也具有北厚南薄的趋势,向南出现尖灭特征。上部的砂体在S116井和S59井之间最先尖灭;中部和下部的砂组,在S112井附近尖灭。剖面显示了下油组沉积时由北东向南西方向沉积相带由辫状河三角洲前缘向半深湖过渡的特征。该部位的下油组砂体尖灭为形成岩性尖灭圈闭提供了必要条件。

5 有利区带预测

塔河地区下油组的物性分析表明其砂体具有较好的储集物性。岩性主要为粗、中粒岩屑砂岩、砂砾岩,砂岩颗粒较粗,其砂岩孔隙度介于25%到30%之间,渗透率介于 $500 \sim 2000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间(据西北局资料),储集性能较好,是良好的油气储层。但三叠系在本区不具备生烃能力,且水下分流河道砂体由于在平面上大范围内叠复连片,构造较为平缓,断裂较少,难以形成大规模的构造圈闭。根据现有研究成果,已发现的下油组的圈闭类型主要为微幅隆起构造圈闭与岩性构造复合圈闭。通过对下油组顶面等T0构造图分析(图4c),呈现由北西向南东3个阶梯展布的构造带。总体也不具备形成大规模构造油气藏的特征。

但如前文连井剖面(图5)所示,下油组3套砂体在研究区南部S112井、S59井附近开始尖灭,匹配

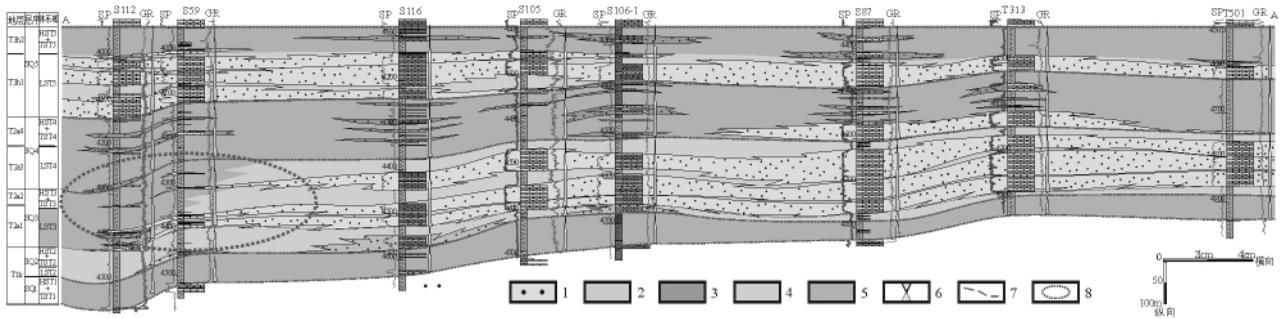


图5 S112-T501连井层序、砂体对比图(剖面位置见图1)

1. 三角洲前缘; 2. 滩坝; 3. 浊积砂; 4. 浅湖-半深湖; 5. 三级旋回; 6. 三级层序边界; 7. 有利区带

Fig. 5 Correlation of sequences and sandstones across the S112-T501 well section

1 = delta front; 2 = beach/bar; 3 = turbidity sandstone; 4 = shallow lake-bathyal lake; 5 = third-order cycle; 6 = third-order sequence boundary; 7 = favourable zone

地层北倾的构造特征,可以形成岩性上倾尖灭圈闭。同时,在喜马拉雅期,印度板块向北发生陆-陆碰撞,造成强烈挤压作用,使得塔河地区下三叠统由前期区域南倾变为区域北倾^[7~9],在此“跷跷板”式的构造运动中,早期油气藏重新调整改造,区域性油气运移由先期的向北变为向南^[10],研究区正处在运移路径上,当下油组砂岩形成砂岩上倾尖灭时,便会捕获这种油气形成次生油气藏。综上所述,认为以AT4-S98井区以南地区下油组3套砂体依次出现尖灭,辅以南高北低的构造特征,有利于砂岩上倾尖灭圈闭的形成,是今后研究区岩性圈闭勘探的有利区带(图4c)。但由于缺乏油气生成条件,当辅以一定的断裂疏导条件,才可以最终形成有效圈闭。

6 结论

(1) 根据岩心、测录井资料结合粒度分析手段确定了塔河九连片地区发育于LST3高精度等时层序地层格架内的下油组砂体主要为辫状河三角洲前缘前缘沉积,识别出来水下主分流河道复合微相、水下侧支分流河复合微相及浅湖亚相。

(2) 通过连井剖面对比,结合砂岩厚度、含砂率以及地震属性分析,认为研究区砂体分布具有北东南西展布特征,中部厚度较大,向南北两侧厚度减小。

(3) 综合砂体分布特征结合研究区北低南高的构造背景,认为AT4-S98井区以南下油组砂岩发育上倾尖灭,是今后岩性圈闭勘探的有利区带。

参考文献:

- [1] 周永昌, 杨国龙. 塔里木盆地阿克库勒地区油气地质特征及勘探前景[J]. 石油学报, 2001, 22(3): 1-5.
- [2] 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): 169-176.
- [3] 李坤, 赵锡奎, 张小兵, 等. 塔里木盆地阿克库勒凸起油气输导体系类型与演化[J]. 地质科学, 2007, 42(4): 766-778.
- [4] 蒲仁海, 何发歧, 袁丽珍, 等. 阿克库勒凸起南部辫状河三角洲砂体尖灭圈闭预测[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(3): 224-227.
- [5] 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]. 石油勘探与开发, 1999, 26(1): 21-24.
- [6] 姜在兴. 沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
- [7] 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997, 171-272.
- [8] 田作基. 塔北前陆盆地与南天山造山带的耦合关系及油气分布特征[J]. 中国石油勘探, 2006, 20(4): 17-20.
- [9] 崔军文, 郭宪璞, 丁孝忠, 等. 西昆仑-塔里木盆地盆、山结合带的中、新生代变形构造及其动力学[J]. 地学前缘, 2006, 13(4): 104-108.
- [10] 吕海涛, 陈红汉, 唐大卿, 等. 塔河地区三叠系油气充注幕次划分与成藏时期确定[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(3): 300-309.

Sandstone distribution and prediction of the favourable zones in the Triassic lower oil measures in the Jiulianpian region along the Tarim River , Xinjiang

LU Jin-bo^{1,2} , WANG Ying-min^{1,2} , ZHANG Lei³ , WANG Gai-yun^{1,2}

(1. *School of Resources and Information , China University of Petroleum , Beijing 102249 , China*; 2. *State Key Laboratory of Petroleum Resources and Exploration , China University of Petroleum , Beijing 102249 , China*; 3. *Petro China Coalbed Methane Co. Ltd. , Beijing 100028 , China*)

Abstract: The high-resolution sequence stratigraphic framework is constructed on the basis of well logs and 3D seismic data , with the emphasis on the types and distribution of the sandstones from the Triassic lower oil measures within the lowstand systems tract of TSQ3 in the Jiulianpian region along the Tarim River , Xinjiang. The sedimentary sandstones from the Triassic lower oil measures dominantly consist of braided delta front subaqueous distributary channel sandstones , which may be subdivided into three types: main distributary channel composite microfacies , secondary distributary channel composite microfacies and interdistributary channel microfacies. The examination of sandstone thickness and sand contents show that the sandstones display an EW-trending distribution , with larger thickness in the central part and smaller thickness northwards and southwards. The areas south of AT4 – S98 zone in the southern part of the study area are believed to be the favourable zones in the Triassic lower oil measures in the study area.

Key words: Tarim River area; lower oil measures; sedimentary microfacies; sandstone distribution; prediction of the favourable zones