

塔河油田 S75 井区石炭系卡拉沙依组层序 地层格架内的砂体展布

崔金栋^{1,2}, 郭建华^{1,2}, 刘一仓³, 李群^{1,2}, 焦鹏^{1,2}

- (1. 中南大学 有色金属成矿预测教育部重点实验室, 长沙 410083;
2. 中南大学 地球科学与信息物理学院, 长沙 410083;
3. 中国石油长庆油田公司 超低渗透油藏第四项目部, 庆阳 745000)

摘要: 基于传统的层序地层学理论, 利用岩心、露头、测井和地震等资料, 开展 S75 区石炭系卡拉沙依组层序地层格架研究。识别出各类层序边界与层序内部的初始海泛面和最大海泛面, 对准层序进行识别和划分, 将卡拉沙依组划分为 3 个三级层序, 识别出低位体系域、海侵体系域和高位体系域。由于受多期河道砂体相互切割叠加的影响, 卡拉沙依组 SQ2 和 SQ3 层序水下分流河道砂体的连通性较好, 特别是 SQ2 层序三角洲前缘沉积时期。Csq1 层序的垂向上可发育多个冲刷面, 主要砂体发育在潮间带的潮道中; Csq2 层序低位体系域砂体主要发育在扇三角洲分流河道, Csq2 层序海侵体系域砂体主要在潮道和砂泥混合坪中发育; Csq3 层序砂体主要在潮间带的潮道中发育。从卡拉沙依组 3 个层序的砂体发育演化来看, T806K~TK842 井一带、TK711~TK729 井一带及 S75~TK736 一带是研究区砂体发育较集中的区域。

关键词: 塔河油田; S75 井区; 卡拉沙依组; 层序地层格架; 体系域; 砂体展布
中图分类号: P539.2 **文献标志码:** A

Sandstone bodies distribution in sequence stratigraphic framework of Carboniferous Kalashayi Formation in S75 well area, Tahe Oilfield

CUI Jin-dong^{1,2}, GUO Jian-hua^{1,2}, LIU Yi-cang³, LI Qun^{1,2}, JIAO Peng^{1,2}

- (1. Key Laboratory of Metallogenic Prediction of Nonferrous Metals, Ministry of Education, Central South University, Changsha 410083, China;
2. School of Geosciences and Info-Physics, Central South University, Changsha 410083, China;
3. The Fourth Low-permeability Reservoir Department, Changqing Oilfield Company, China National Petroleum Corporation, Qingyang 745000, China)

Abstract: Based on the traditional sequence stratigraphy theory, core, outcrop, well logging, seismic and other data were used, and the sequence stratigraphic framework study of Carboniferous Kalashayi Formation in S75 well area was carried out. The types of sequence boundaries, the first flooding surface and the maximum flooding surface were identified, the parasequence was identified and classified, Kalashayi Formation was divided into three third-order sequences, in which lowstand system tract, transgressive system tract and highstand system tract were identified. Due to the effect of multi-stage channel sand body cutting, the connectivity of the underwater distributary channel sand body in SQ2 and SQ3 sequences period is better, especially SQ2 delta front deposition period. The sand bodies in vertical direction of Csq1 sequence can develop some scour surfaces, the sand bodies are mainly developed in tidal channel of the intertidal. The sand bodies of Csq2 sequence lowstand system tract are mainly developed in fan delta branch river, the sand bodies of

Csq2 sequence transgressive system tract are mainly developed in tidal channel sand and mud mixed flat. The sand bodies of Csq3 sequence are mainly developed in tidal channel of the intertidal zone. According to the sand bodies development and evolution of three sequences in Kalashayi Formation, T806K-TK842 well area, TK711-TK729 well area and S75-TK736 wells area are the sand bodies development concentration region.

Key words: Tahe Oilfield; S75 well area; Kalashayi Formation; sequence stratigraphic framework; system tract; sandstone bodies distribution

塔河油田是中国石化西北分公司在新疆塔里木盆地油气勘探开发的重点地区,目前主要以奥陶系碳酸盐岩为勘探开发层位,奥陶系碳酸盐岩缝洞型油藏具有产量高但衰减快的特点,因而寻找塔河油田的后备储量是塔河油田长期高产稳产的必由之路。目前钻井资料表明,石炭系卡拉沙依组碎屑岩具有良好油气显示,并有多口井试采,但目前的勘探开发和研究表明,塔河油田卡拉沙依组虽然有一定的勘探开发潜力,但开发难度较大,勘探开发前景尚不明确,造成这一现象的原因之一是储层分布尚未完全认识清楚,特别是对储层中砂体展布的预测^[1-2]。为此,笔者选定塔河油田S75井区进行研究,力争对该区碎屑岩储层研究有突破性进展,为同类储层的勘探开发提供技术思路。

1 区域地质特征

塔河油田位于塔东北凹陷沙雅隆起上的三级构造单元阿克库勒凸起的西南部,西邻哈拉哈塘凹陷,东靠草湖凹陷,南接满加尔凹陷及顺托果勒低隆起。阿克库勒凸起是以寒武—奥陶系为主体、长期发育的大型古凸起,对古生界而言,其顶部受大型断裂的分隔作用较为明显,自北向南可划分为阿克墩构造带、阿克库木断裂构造带、中部斜坡区、阿克库勒断裂构造带及南部斜坡区。S75井区北至S88井,南至TK732井,西至S92井,东至TK461井(见图1),井区内石炭系是在海西早期古风化剥蚀地貌基础上发展起来的海陆交互相地层。卡拉沙依组分为下部上泥岩段和上部砂泥岩互层段两个岩性段,其中,砂泥岩互层段又可以分为4个砂组^[3-4]。

2 层序地层划分与对比分析

2.1 层序边界的识别

层序边界识别是层序地层分析和等时地层格架建立的基础。研究中笔者运用岩心、露头、测井和地震等资料^[5-6],开展S75井区卡拉沙依组的层序边界的识

别和划分。

塔河油田S75井区卡拉沙依组顶底界线较为清楚,地层对比过程中采取以测井资料为主,以地质为基础,并与地震相结合,用测井曲线识别的卡拉沙依顶底和地震资料识别的 T_5^0 和 T_5^6 标准层将卡拉沙依组地层限定,然后在内部根据测井曲线和地层的岩性旋回特点进行细分。

塔河油田S75井区卡拉沙依组层序边界在地震方面具有明显的响应。石炭系卡拉沙依组与其上覆二叠系火山岩、三叠系柯吐尔组泥岩之间为不整合接触,地震反射特征明显,对应强波峰,该界面为 T_5^0 ,为标准反射层。卡拉沙依组底部泥岩与巴楚组顶部双峰灰岩(两套泥晶灰岩夹膏质泥岩和膏岩)间为连续沉积,地震界面特征清晰,对应于 T_5^6 标准反射波组(见图2)。

S75井区卡拉沙依组砂泥岩段和上泥岩段由底到顶共发育4个层序界面(BJ₁~BJ₄),其中,边界1位于双峰灰岩段的底部,与下伏泥岩段呈(假)整合接触,此界面为层序边界是根据其上、下的岩相特征所反映的海平面变化关系确定的。下伏泥岩段主要由褐色、褐灰色的泥岩、泥质粉砂岩及膏泥岩组成,这种岩相组合也代表干旱蒸发环境下的障壁海岸潮间的砂泥混合坪及潮上的膏泥坪环境;而双峰灰岩段的形成代表一次明显的海侵事件,在野外露头中可以比较明显地见到(见图3(a))。

边界2位于砂泥岩段的下部,可以在较大范围内追踪对比,界面上下岩相特征清楚,下部属干旱蒸发环境下的障壁海岸潮上环境,上覆砂泥岩段下部以较粗粒的中厚层砂砾岩与泥岩互层为特征,代表的是海岸平原与陆源冲积交互沉积的环境,且砂泥岩段的底部在很多井中都有对下伏泥岩的侵蚀和河流回春(见图3(b)),因此,此界面应为I型层序边界(SB1)。边界3大致位于砂泥岩段上部,以一套粗粒的碎屑岩出现为标志,代表沉积相的突变及向盆地方向的迁移(见图3(c))。边界4大致位于砂泥岩段的顶部和上覆三叠系柯吐尔组深灰色泥岩底部,将此界面定为I型层序边界(SB1)。该界面为受海西运动影响而形成的一套不整合界面。

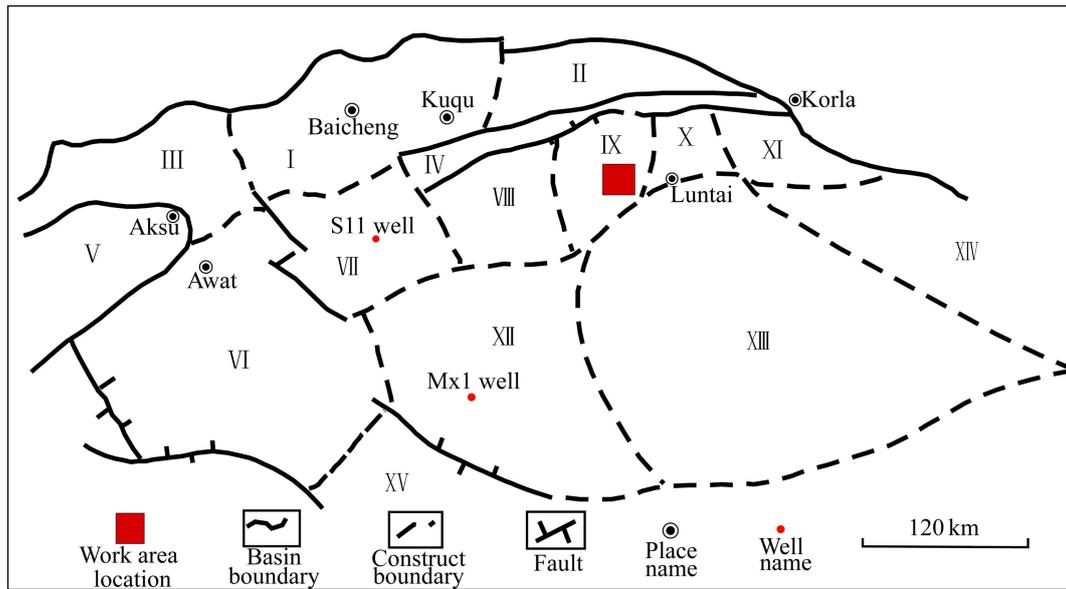


图1 研究区位置图

Fig. 1 Location of studied area: I—Kuqu depression; II—Yangxia sag; III—Wushi uplift; IV—Yakela fault bulge; V—Kalpin uplift; VI—Awat fault depression; VII—Shaxi uplift; VIII—Halahatang depression; IX—Akekule uplift; X—Caohu sag; XI—Kuerle nose salient; XII—Shuntuoguole low uplift; XIII—Manjiaer depression; XIV—Kongquehe slope; XV—Tazhong uplift

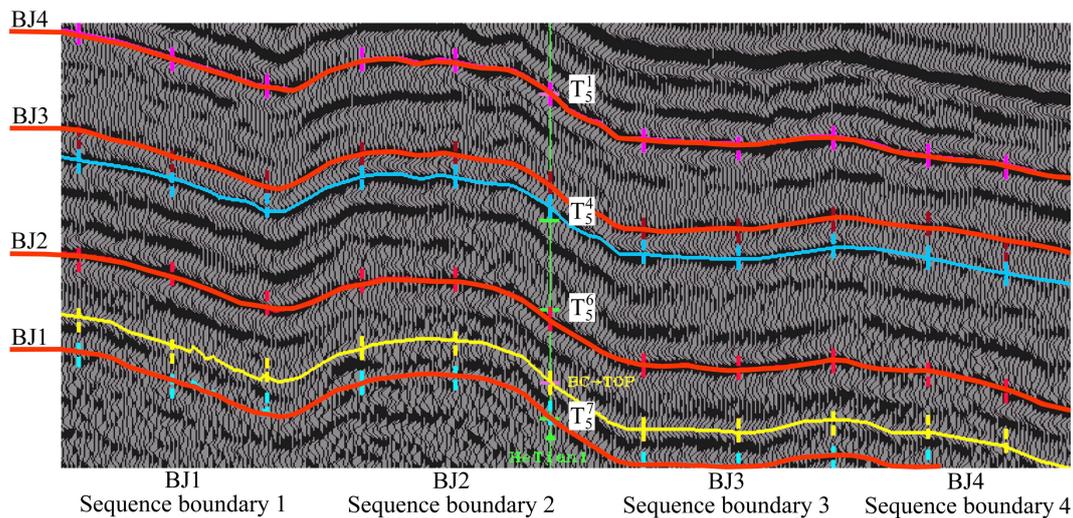


图2 S75井区卡拉沙依组顶底及内部地震反射特征

Fig. 2 Top and bottom and internal seismic reflection characteristics of Kalashayi Formation in S75 well area

2.2 最大海泛面和初始海泛面的识别

最大海泛面是海平面上升到最大时的一个相对平衡面，在陆相盆地中主要为陆源碎屑补给不足时所形成的一套准层序向海推进的、远离陆岸的较深水沉积^[7]。S75井区中相对发育较少，主要位于底部碳酸盐岩台地和上部的潮坪相沉积转换处，从沉积物粒度演变来看，最大海泛面处于粒度最细的位置，其下粒度呈向上变细趋势，其上粒度呈向上变粗的趋势；从

地层叠置方式看，最大海泛面处于退积式向进积式或加积式叠置方式转变的部位；在测井曲线上，处于自然电位曲线大段的泥岩基线内，自然伽马曲线的峰值部位(见图4)。

初始海泛面是海平面下降到最低点后开始快速回返的一个面，形成于地层基准面或海平面开始回升、沉积物供应速率小于可容纳空间产生速率时。初始海泛面在S75井区中发育，表现为低可容纳空间时的水

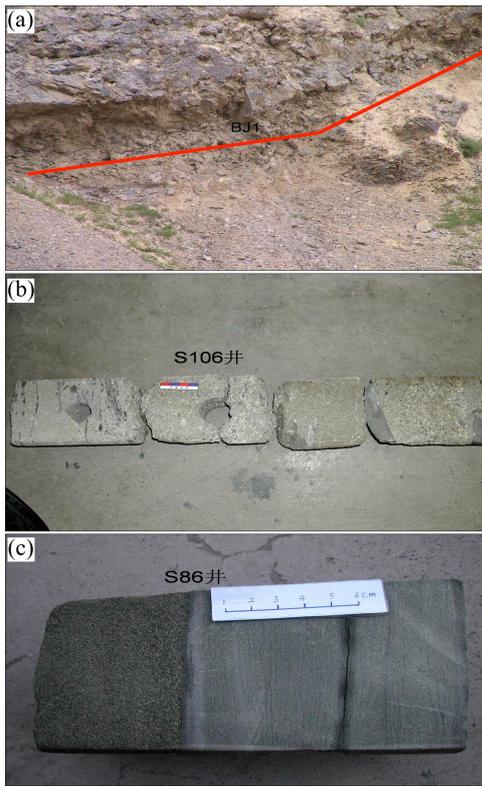


图 3 露头 and 岩心层序界面特征: (a) 岩相反映的海平面变化; (b) 河流回春作用; (c) 粗粒碎屑岩的出现

Fig. 3 Outcrop and cores interface features of sequence boundary: (a) Face reflecting sea level change; (b) River rejuvenation; (c) Emergence of coarse-grained clastic rocks

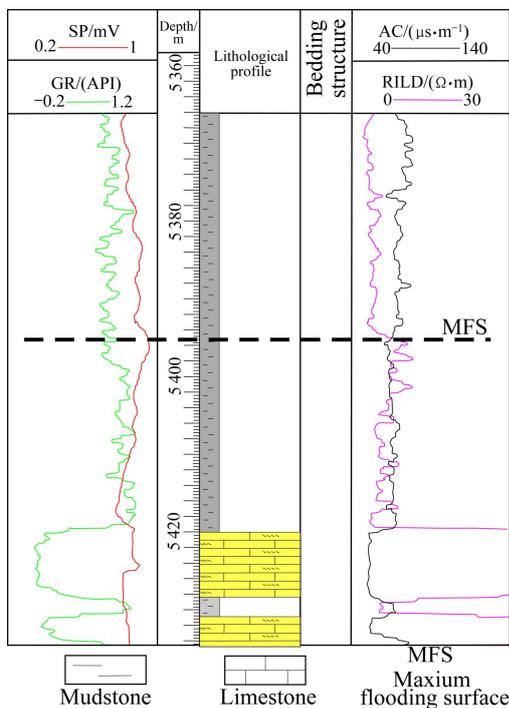


图 4 最大湖泛面识别标志

Fig. 4 Identification of maximum flooding surface

下分流河道沉积向潮坪泥岩的过渡, 河道沉积之上出现的泥岩、碳质泥岩及孤立的天然堤砂体沉积可作为初始海泛面的识别标志; 测井曲线表现为自然电位曲线平直及自然伽马高值(见图 5)。

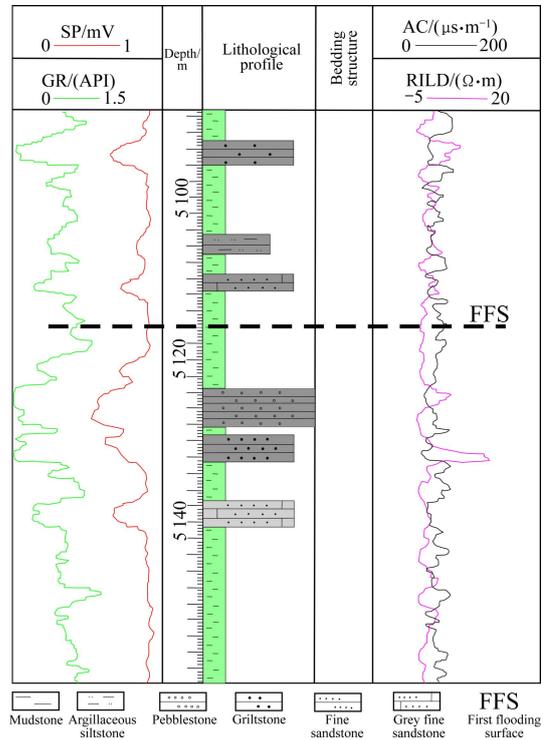


图 5 初始海泛面识别标志

Fig. 5 Identification of first flooding surface

2.3 准层序、准层序组类型与识别

2.3.1 准层序类型与识别

准层序是成因上有联系的多个岩层或岩层组组成的地层单元, 地层规模相当于五或六级沉积旋回。准层序的发育受控于相对海平面、沉积速率及可容空间增加速率的变化, 而海平面变化是最本质的因素。S75 井区卡拉沙依组处于潮坪—扇三角洲沉积环境^[8], 海平面升降变化频繁, 因此, 其准层序较为发育且易于识别。每个准层序总体上具有向上沉积水体逐渐变浅的特点, 但根据粒度的变化特征又可划分为两类: 1) 向上变粗准层序, 主要出现于卡拉沙依组的扇三角洲前缘—潮坪亚相中, 向上岩性变粗、厚度增大、砂泥比增加; 2) 向上变细准层序, 主要发育于卡拉沙依组水下分流河道—河道间亚相中, 向上岩性变细、厚度变小、砂泥比降低(见图 6)。

2.3.2 准层序组类型与识别

准层序组是一组具清晰叠加模式的、有成因联系的准层序系列, 它以主要海泛面及与之相对应的界面为边界。准层序的叠加模式受控于沉积物补给速率与

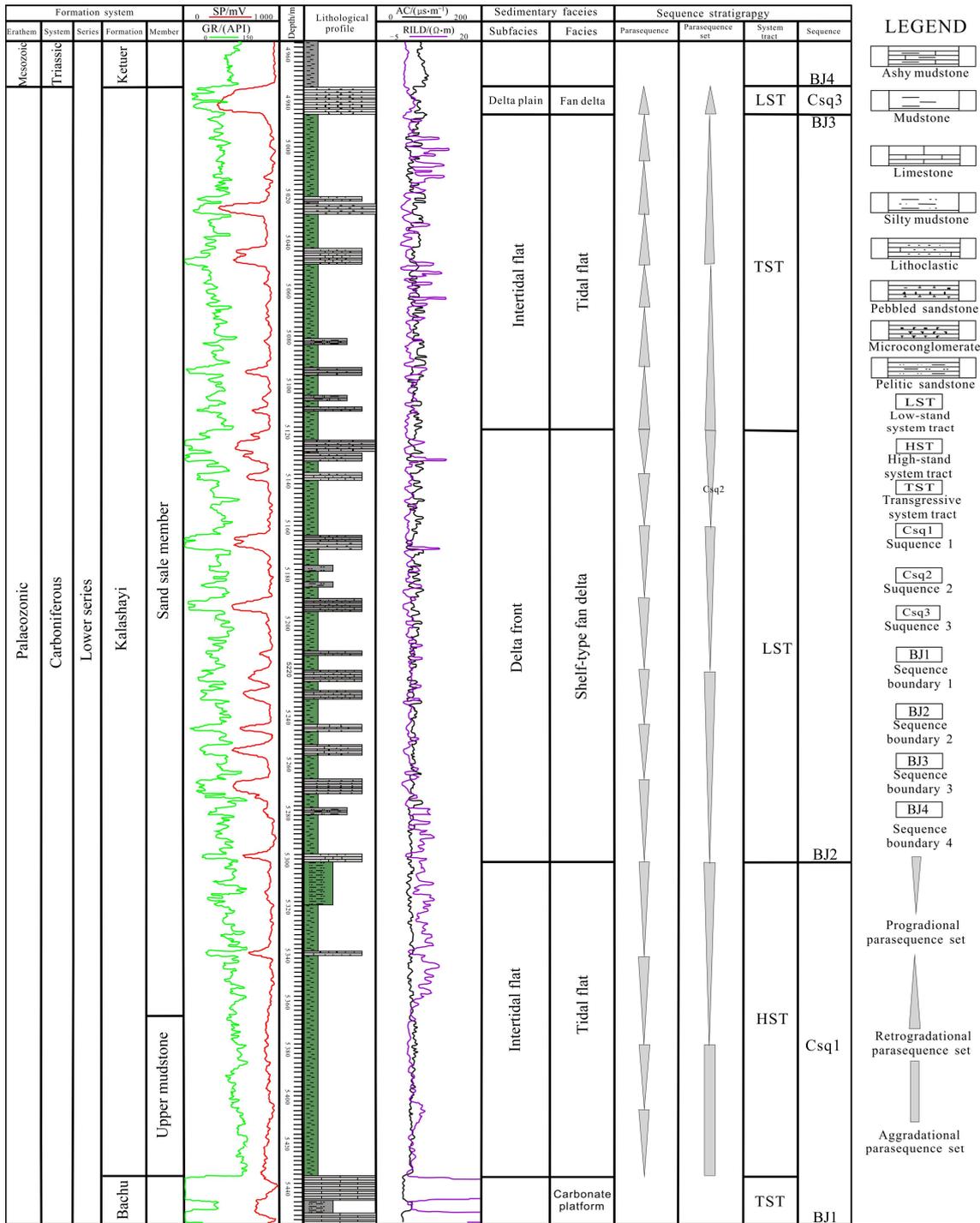


图 6 S75 井卡拉沙依组地层综合柱状图

Fig. 6 Comprehensive stratigraphic column of S75 well Kalashayi Formation

新增可容空间速率之比。

在塔河油田石炭系卡拉沙依组中，可见 3 种准层序以不同叠加方式垂向组合而成的准层序组(见图 6): 1)加积式准层序组：由一系列相似的准层序垂向叠加，准层序和砂体的厚度垂向上无明显的变化，主要见于上泥岩段，反应水体相对稳定，沉积物供给速率约等

于新增可容空间形成速率的条件下；2)进积式准层序组：准层序逐渐向盆地中心迁移，砂体厚度向上增大，测井曲线反应沉积序列为反粒序，主要见于砂泥岩段，形成条件是沉积物供给速率大于新增可容空间形成速率；3)退积式准层序组：准层序逐渐向陆地方向移动，向上砂体变薄，湖盆水体逐渐变深，测井曲线的沉积

响应为正粒序, 泥岩段均可见, 反应沉积物沉积速率小于新增可容空间速率。

2.4 沉积体系域的识别、划分与特征

体系域是一系列同期沉积体系的集合, 每个体系域被认为与全球海平面变化曲线的某一特定段有关, 因此, 将海平面升降变化作为划分体系域的重要依据。研究中采用较为直观的沉积体系域三分法, 将塔河油田 S75 井区卡拉沙依组各层序三分为低位体系域、海侵体系域和高位体系域。

2.4.1 低位体系域(LST)

低位体系域形成于层序发育的早期, 岩性主要为含砾细砂岩、砾状砂岩、细砂岩、泥岩、碳质泥岩不等厚互层。顶界为初始海泛面。主要相组合为下切河谷的水下分流河道砂岩复合体, 测井曲线呈锯齿状箱形或钟形, 垂向上组成一个或几个加积准层序组(见图 6)。

2.4.2 海侵体系域(TST)

海侵体系域形成于各层序发育的中期, 其底界和顶界分别为初始海泛面和最大海泛面。形成时期为海洋的扩张期, 沉积水体变深、面积扩大, 新增可容空间大于沉积物供给体积, 形成以海岸上超为特征的沉积体系, 其岩性主要为粉砂岩与泥岩沉积。由多个向上变细的准层序叠置成退积准层序组(见图 6)。

2.4.3 高位体系域(HST)

高位体系域形成于各层序发育的晚期, 在 SQ2 和 SQ3 层序中厚度较小, 基本被剥蚀掉。底界为最大海泛面, 顶界为层序边界。其形成于海洋开始收缩、水体变浅、新增可容空间小于沉积物供给体积、沉积速率大于沉降速率时期。岩性主要为细砂岩、泥岩及灰岩, 岩相主要为潮间坪亚相, 由多个向上变细准层序叠置成进积准层序组(见图 6)。

2.5 层序划分及其构成特征

单井层序划分与对比最常用的资料是测井曲线和岩性录井资料。研究中分别选择处于研究区不同位置的 7 口井进行层序划分, 以反映区内层序发育特征。划分时遵循由大到小的原则, 即在三级层序划分的基础上以三级层序边界为约束, 以沉积相垂向演变为基础划分准层序^[9-10]。以 S75 井为例说明卡拉沙依组的层序划分(见图 6)。由图 6 可以看出, 卡拉沙依组共发育 3 个三级层序。

层序 1(Cs_{q1})包括巴楚组的上部、卡拉沙依组的上泥岩段和砂泥岩段的下部, 厚约 130 m, 由海侵体系域和高位体系域组成。海侵体系域主要是巴楚组碳酸

盐岩台地的双峰灰岩构成的一个准层序; 高位体系域由 2 个进积准层序组与 1 个加积准层序组构成, 主要是潮坪相的沙坪和泥坪沉积。其顶部与层序 2 之间为岩性、岩相及沉积相转换面, 属于 I 型层序界面。

层序 2(Cs_{q2})包括卡拉沙依组砂泥岩段的大部分, 厚约 300 m, 由低位体系域和海侵体系域构成。低位体系域为富砂沉积, 由 3 个进积式准层序组构成, 为陆架型扇三角洲相的三角洲前缘水下分流河道与河道间沉积; 海侵体系域由有 2 个退积准层序组构成, 主要是潮间坪相的沙坪和泥坪沉积。

层序 3(Cs_{q3})对应于砂泥岩段的上部, 厚约 60 m, 由低位体系域和海侵体系域构成。低位体系域为富砂沉积, 由一个向上变细的准层序组成, 为三角洲平原的水下分流河道和分流河道间沉积。

2.6 连井层序地层对比分析

在单井层序划分的基础上, 进行层序地层的连井对比, 建立研究区南北向和东西向高精度的层序地层格架, 为储层砂体的追踪和预测提供框架。

连井对比分析的最主要依据是相邻两口井有相似的岩电组合特征, 且厚度变化平稳或有一定的变化趋势。以南北方向的 Tk670~Tk715 井剖面为例, 对层序的发育特征进行分析(见图 7)。TK670 井、TK664 井、TK663 井、TK636H 井、TK747 井和 TK715 井是位于南北方向上自北向南的 6 口井, 基于单井的测井曲线旋回和岩性旋回分析, 这些井在卡拉沙依组均划分出 3 个三级层序, 准层序在这 6 口井中均可进行对比, 井间变化不大, 对比性强, 表明卡拉沙依组沉积时期该区沉积相对比较稳定, 但由于受底部上超和顶部剥蚀的影响, SQ3 层序的高位体系域和 SQ1 层序的低位体系域缺失。

3 层序地层格架内的砂体展布规律

3.1 砂体的连通性

随着分层开采技术的推广, 在后期的开发注水过程中, 往往出现注入水并非沿设计层位驱动, 主要原因是设计的注水层位的砂体并非是等时沉积的。为后续开发生产的需要, 有必要研究等时地层格架内的砂体连通情况。笔者根据 S75 井区砂体的发育情况, 编制了 2 条东西向砂体连通剖面图和 2 条南北向砂体连通剖面图。其中, 1 条南北向经过 TK670~TK715 井的砂体连通剖面如图 7 所示。

连井砂体对比表明, 卡拉沙依组砂泥岩段 SQ2 和

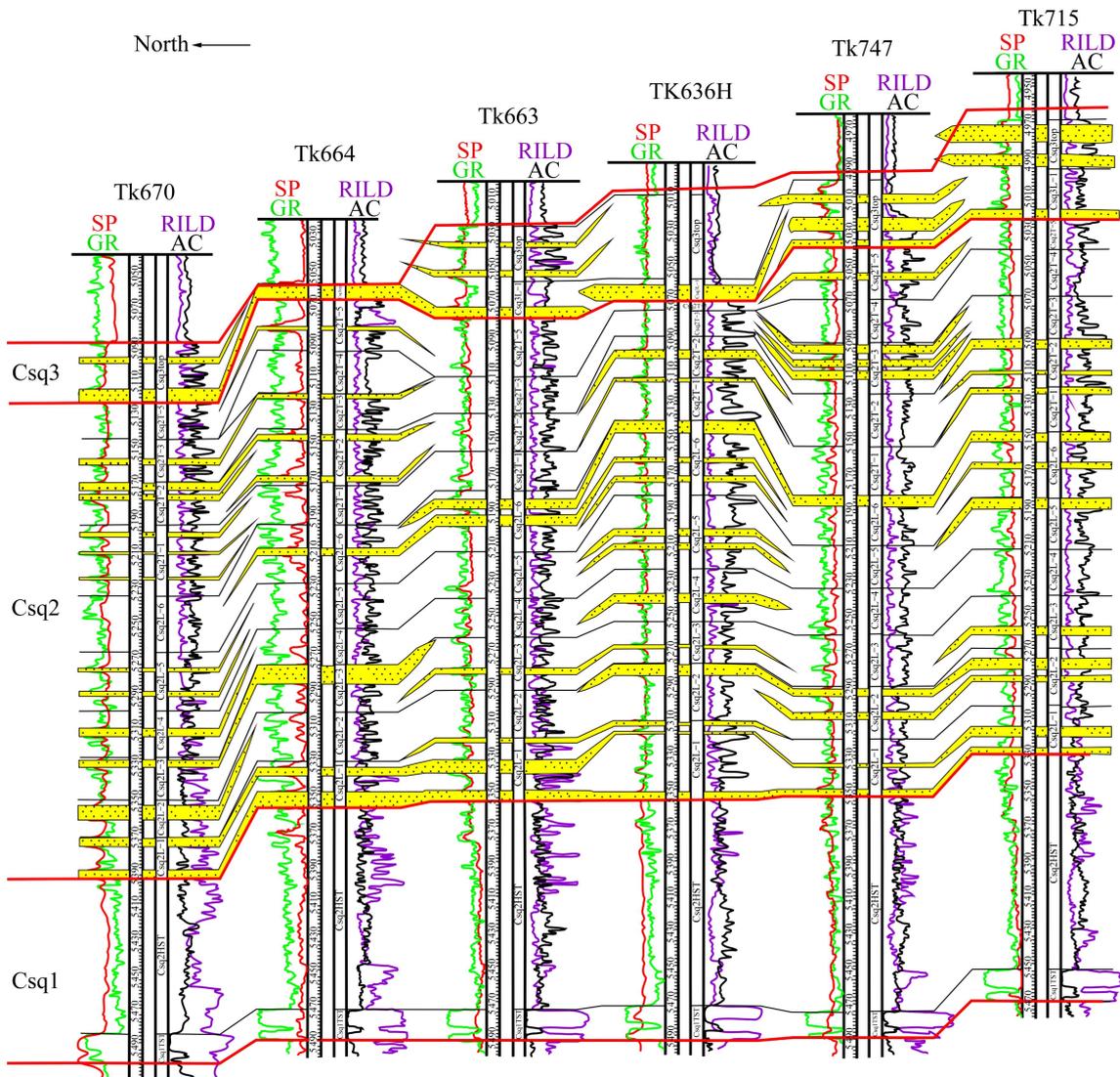


图7 S75井区过TK670~TK715井卡拉沙依组层序地层对比和砂体连通图

Fig. 7 Sequence stratigraphic correlation and sandbody connecting through TK670~TK715 of Kalashayi Formation in S75 well area

SQ3层序水下分流河道砂体连通性较好，特别是SQ2三角洲前缘沉积时期，由于沉积物源供给充足及较强的水动力条件，使多期河道砂体相互切割叠加，构成连通性较好的砂体。河道发育处砂体厚度较大，河道侧缘厚度减薄，连通性变差。卡拉沙依组SQ1层序的潮坪相沉积砂体较不发育，砂体的连通性较差，相互分隔成透镜状分布。

3.2 砂体平面展布特征

砂体的储集物性主要取决于储集砂体所处的沉积环境和在层序格架中的位置等^[11-13]。卡拉沙依组沉积时物源主要来自北东方向和南西方向，砂体也多呈北东—南西或近南北向条带状、团块状产出，具体表现为南北向砂体对比性较好，而东西向砂体可对比性较

差^[14-15]。各层序的砂体展布如图8所示。

Csq1层序在T813K~T806K~TK732、S92~T752、TK711~TK632~TK766、TK623~TK622~S75~TK638这一带井区累计砂体较厚，一般为25~42 m，局部可达60 m。砂体多呈南北向或团块状分布。岩性以中细砂岩为主，次为粗砂岩、含砾砂岩、砂质砾岩和细砾岩，分选状况中等至较差；存在双向交错层理、楔形交错层理以及平行层理等，砂砾岩多具正韵律，且垂向上可发育多个冲刷面，主要发育潮间带的潮道砂体。

Csq2层序低位体系域存在几个砂体较发育的区域，分别是西南部的T806K~T616~TK731井区、中部TK644~TK647~TK666井区以及东部的TK714~TK450~TK454井区，这些井区累计砂体较厚，一般28~36 m，最厚可达46 m，砂体大致呈南北向分布且

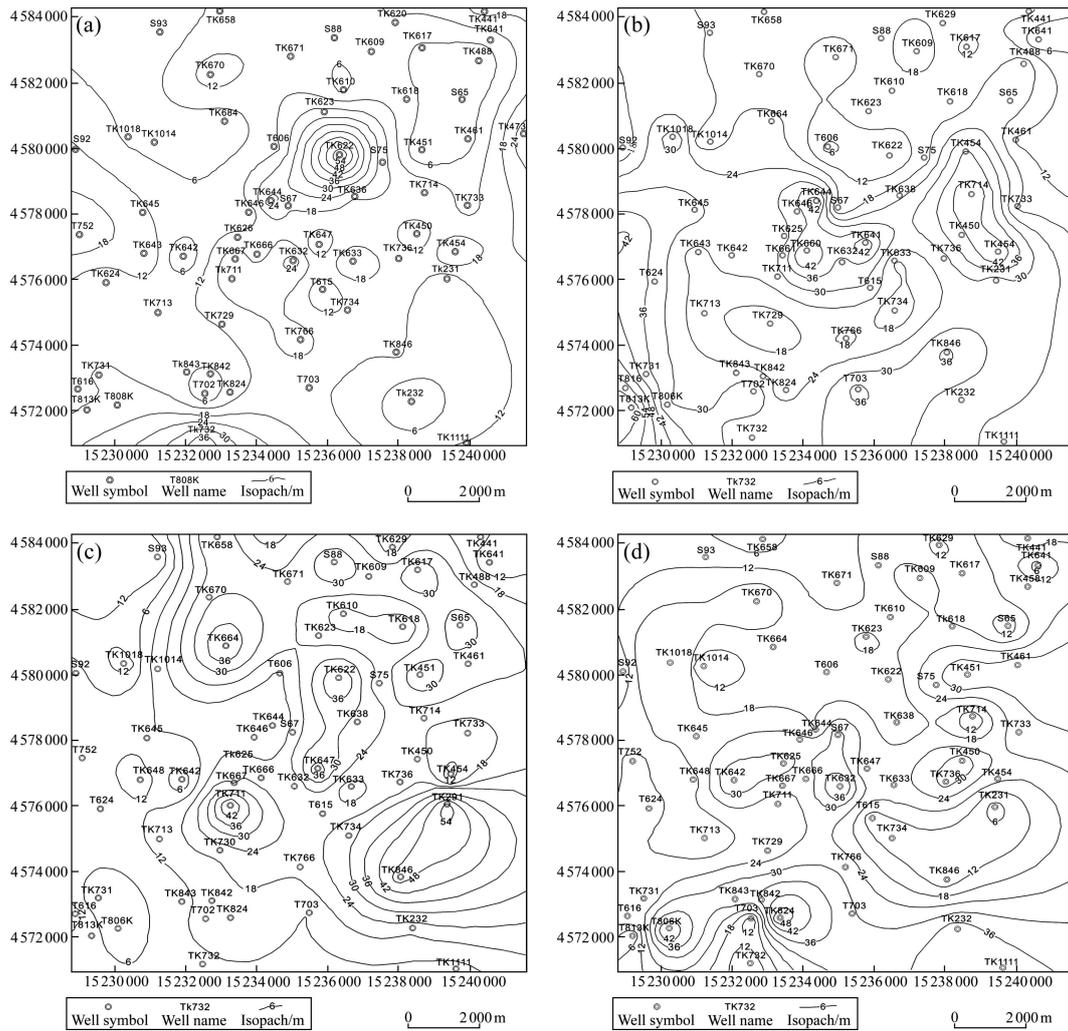


图 8 S75 井区 Csq1~Csq3 层序砂体分布平面图

Fig. 8 Sand bodies distribution planes of Csq1~Csq3 sequence in S75 well area: (a) Sequence Csq1; (b) Low stand system tract of sequence Csq2; (c) Transgressive system tract of sequence Csq2; (d) Sequence Csq3

连通性好。岩性以浅灰色中细粒砂岩为主, 具多个下细上粗的反韵律, 发育低角度板状交错层理、楔形交错层理。砂体发育的地方主要是扇三角洲分流河道沉积。

Csq2 层序海侵域在也存在几个砂体较发育的区域, 如 TK670~TK644、TK622~TK638~TK647、TK711~TK729、TK231~TK846 井区, 累计砂体厚度一般在 30~42m, 多呈南北向条带状分布, 以薄互层状细砂岩、粉砂岩、泥岩或以大套泥岩为主。水平层理、波状层理与沙纹层理十分发育, 含黄铁矿和少量泥砾, 存在钙质结核; 储层主要为薄层细砂岩, 杂基含量高, 反映沉积时水体能量较低。砂坪在研究区也有发育, 以细砂岩为主, 厚度较潮道砂体薄, 见双向交错层理。

Csq3 层序整体砂体比较发育, 在西南部的 T806K~TK842~TK824 及中部的 TK642~TK625 一带

砂体较厚, 近北东—南西向发育, 一般为 28~36 m, 最厚可达 45 m, 如 TK824 井区。另外, 在 TK1018、S75~TK451 及 TK736 这些井区砂体也较发育。岩性以灰色细至中粒砂岩为主, 含泥砾, 主要是潮间带潮道砂体发育。

综上所述, 从石炭系卡拉沙依组 3 个层序的砂体厚度演化来看, 在 T806K~TK842 井、TK711~TK729 井和 S75~TK736 井一带, 砂体长期发育, 是研究区砂体发育较集中的区域。

4 结论

1) 运用岩心、露头、测井和地震等资料对层序边界和最大海泛面、初始海泛面进行识别, 建立了 S75

井区石炭系卡拉沙依组层序地层格架, 将其划分为 3 个三级层序, 识别出低位体系域、海侵体系域和高位体系域。由于受底部上超和顶部剥蚀的影响, SQ3 层序的高位体系域和 SQ1 层序的低位体系域缺失。

2) 卡拉沙依组 SQ2 和 SQ3 层序水下分流河道砂体连通性较好, 特别是 SQ2 层序三角洲前缘沉积时期, 由于多期河道砂体相互切割叠加, 构成连通性较好的砂体。SQ1 层序的潮坪相沉积砂体较不发育, 砂体的连通性较差。

3) Csq1 层序垂向上可发育多个冲刷面, 主要是潮间带潮道砂体发育; Csq2 层序低位体系域砂体主要是在扇三角洲分流河道发育; Csq2 层序海侵体系域砂体主要是潮间带潮道和砂泥混合坪较发育, Csq3 层序主要是潮间带潮道砂体发育。从卡拉沙依组 3 个层序的砂体厚度演化来看, 在 T806K~TK842 井、TK711~TK729 井和 S75~TK736 井一带, 砂体长期发育, 是研究区砂体发育较集中的区域。

REFERENCES

- [1] 钟大康, 漆立新, 刘康宁, 云露, 杨素举, 吴亚生. 塔河油田南部石炭系卡拉沙依组沉积相研究[J]. 沉积学报, 2009, 27(4): 614-621.
ZHONG Da-kang, QI Li-xin, LIU Kang-ning, YUN Lu, YANG Su-ju, WU Ya-sheng. Study on sedimentary facies of carboniferous Kalashayi formation in the south of Tahe oilfield [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(4): 614-621.
- [2] 何发岐, 翟晓先, 俞仁连, 蒲仁海. 塔河油田石炭系卡拉沙依组沉积与成因分析[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(3): 258-262.
HE Fa-qi, ZHAI Xiao-xian, YU Ren-lian, PU Ren-hai. Deposition and genetic analysis of Carboniferous Kalashayi Formation in Tahe oilfield [J]. Oil and Gas Geology, 2004, 25(3): 258-262.
- [3] 郭齐军, 赵省民. 塔河地区石炭系沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(1): 99-102.
GUO Qi-jun, ZHAO Xing-min. Depositional characteristics of carboniferous in Tahe region [J]. Oil and Gas Geology, 2002, 23(1): 99-102.
- [4] 盛湘, 何发岐, 云露. 塔河地区卡拉沙依组小层划分、连通性及油藏类型[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(2): 143-148.
SHENG Xiang, HE Fa-qi, YUN Lu. Subzone division, connectivity and pool types of the carboniferous Kalashayi formation in the Tahe area [J]. Oil and Gas Geology, 2009, 30(2): 143-148.
- [5] VAIL P R, MITCHUM RM, THOMPSON S. Global cycles of relative changes of sea level [C]// Seismic Stratigraphy Application to Hydrocarbon Exploration. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1977: 83-97.
- [6] POSAMENTIER H W. Siliciclastic sequence stratigraphy and petroleum geology: Where to from here? [J]. Aapg Bulletin, 1993, 77(5): 731-742.
- [7] BROWN A R, DAMB C G, GRAEBNER R J. A stratigraphic case history using three-dimensional seismic data in the Gulf of Thailand [J]. Geophysical Prospecting, 1981, 29(3): 327-349.
- [8] NEMEC W, STEEL R J. Fan deltas: Sedimentology and tectonic settings [M]. Berkeley: Blackie Press, 1988: 3-13.
- [9] 阎相宾, 李永宏. 塔河油田石炭系砂层划分对比及横向预测[J]. 勘探地球物理进展, 2002, 25(5): 36-51.
YAN Xiang-bin, LI Yong-hong. Division and lateral prediction of carboniferous and in Tahe oilfield [J]. Progress in Exploration Geophysics, 2002, 25(5): 36-51.
- [10] 张卫红, 王瑞琪, 关达. 地震、测井联合反演在塔河油田石炭系储层预测中的应用[J]. 物探化探计算技术, 2002, 24(2): 129-134.
ZHANG Wei-hong, WANG Rui-qi, GUAN Da. An application of the combining inversion using seismic and logging in reservoir prediction of carboniferous in Tahe oilfield [J]. Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration, 2002, 24(2): 129-134.
- [11] 沈武显, 樊太亮, 郭刚, 高志前, 宫雪. 吐鲁番坳陷下侏罗统层序地层格架内有利储集砂体分布规律[J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2009, 40(6): 1672-1678.
SHEN Wu-xian, FAN Tai-liang, GUO Gang, GAO Zhi-qian, GONG Xue. Development of reservoir sandbody in sequence stratigraphic framework of middle-lower Jurassic in Turpan Sag [J]. Journal of Central South University: Science and Technology, 2009, 40(6): 1672-1678.
- [12] 樊太亮, 吕延仓, 丁明华. 层序地层体制中的陆相储层发育规律[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 315-321.
FAN Tai-liang, LÜ Yan-cang, DING Ming-hua. The regularities of formation and distribution of reservoirs in systems of continental sequence stratigraphy [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 315-321.
- [13] REYNOLDS A D. Dimensions of paralic sandstone bodies [J]. Aapg Bulletin, 1999, 83(3): 211-229.
- [14] 蒲仁海, 党晓红, 张惠, 李艾红. 钙质含量旋回在卡拉沙依组小层对比中的应用[J]. 地层学杂志, 2005, 29(3): 264-269.
PU Ren-hai, DANG Xiao-hong, ZHANG Hui, LI Ai-hong. Application of calcareous content allocycles to mini-layer correlation of the Kalashayi Formation [J]. Journal of Stratigraphy, 2005, 29(3): 264-269.
- [15] STRECKER U W, STEIDTMANN J R, SMITHSON S B. A conceptual tectonostratigraphic model for seismic facies migration in fluvial-lacustrine extensional basin [J]. Aapg Bulletin, 1999, 83(2): 43-61.

(编辑 陈卫萍)