

塔里木盆地顺9井区志留系柯坪塔格组下段沉积特征

高倩¹, 梁雷江¹, 盛海波²

(1. 长安大学, 陕西 西安 710054; 2. 中国石油化工股份有限公司西北油田分公司, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 顺托果勒低隆起志留系柯坪塔格组下段发育一套海相碎屑岩建造, 是塔里木盆地一个重要的油气勘探目标及远景层位, 顺9井志留系柯坪塔格组下段加砂压裂获得了低产油流, 展示良好的油气勘探前景, 但前人对该套含油层系沉积相类型及砂体成因认识存在巨大分歧, 导致对砂体分布的刻画存在不足及盲目, 制约勘探部署进程。笔者综合利用钻井岩心、测井、地震、测试分析等资料, 结合沉积背景分析, 对塔里木盆地顺9井区志留系柯坪塔格组下段沉积相类型及其分布进行研究, 综合研究认为: 顺9井区柯坪塔格组下段为以潮下带-过渡带为主的碎屑岩海岸沉积, 含油砂岩段下部泥岩为浅海陆棚泥沉积; 顺9井区柯坪塔格组下段含油砂岩段主要位于潮坪-浅海陆棚沉积环境的潮下带-过渡带位置, 微相类型包括潮汐水道、潮汐砂坝、泥坪、陆棚砂、风暴砂体、陆架泥; 储层砂体主要为潮汐水道、潮汐沙坝复合砂体, 顺9及其顺903井区是有利砂体分布带。

关键词: 沉积相; 潮坪沉积; 柯坪塔格组; 顺托果勒低隆起; 塔里木盆地

中图分类号: 618.130.2

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2015)01-0205-08

Sedimentary Characteristics of the Lower Members of the Silurian Kepingtage Formation in Shun 9 Region, Tarim Basin

GAO Qian¹, LIANG Leijiang¹, SHENG Haibo²

(1. Earth Science and Land Resources Institute of Chang'an University, Xi'an 7100541, Shaanxi, China;

2. Northwest Oilfield of SINOPEC, Wulumuqi, 830011, Xinjiang, China)

Abstract: A series of marine facies clastic structure developed in the lower members of Silurian Kepingtage formation of the Shuntuoguole lower uplift. It is an important oil-gas exploration target and a perspective position in Tarim Basin. Low-yield oil flow obtained in the way of sand fracturing in Shun 9 shows good oil and gas exploration outlook. However, because of huge divergence existed among predecessors about the sedimentary facies and sand body origin of this oil-bearing series, we could not characterize the sand distribution very well, which has already restricted our exploration and deployment process. In this paper, by using the data of drilling core, well logging, seismic and test analysis and combining with the depositional background analysis, we studied the sedimentary facies types and distribution of the lower members of the Silurian Kepingtage formation in Shun 9 region, Tarim Basin. We made three conclusions: first, the lower members of the Silurian Kepingtage formation in Shun 9 region is clastic coastal sedimentary

收稿日期: 2014-11-20; 改回日期: 2015-03-06

基金项目: 中国博士后基金“鄂尔多斯盆地南部特低渗储层精细评价及地质模型研究”(20070420489)

作者简介: 高倩(1984-), 女, 博士研究生, 研究方向为油田信息系统及其数字化。E-mail: 642622216@qq.com

mainly dominated by subtidal and transitional zone, the mudstone under the oil-bearing sandstone section is shallow sea shelf mud deposits; second, the oil-bearing sandstone section in the lower members of the Kepingtage formation in Shun 9 region is mainly in the subtidal and transitional zone of tidal flat and shallow sea shelf sedimentary environment, its micro-facies types include tidal channel, tidal sand dam, mudflat, shelf sand, storm sand body and continental shelf mud; last, the reservoir sand body is the recombination sand body of tidal channel and tidal sand dam; the favorable sand body distribution belt is Shun 9 and Shun 903 well block.

Keywords: sedimentary facies; intertidal flat sedimentary; Kepingtage formation; Shuntuoguole low uplift; Tarim Basin

塔里木盆地志留系因存在广泛的沥青砂岩而备受关注,是塔里木盆地一个重要的油气勘探目标及远景层位(金晓辉等,2006;张俊等,2004;赵文光等,2007;刘洛夫等,2000;朱筱敏等,2002;胡少华等,2007;贾进华等,2006;朱如凯等,2005)。近两年,对顺托果勒低隆起志留系研究取得了重大突破,2011年3月完钻的顺9井志留系柯坪塔格组下段加砂压裂获得了低产油流,展现了顺托果勒低隆起碎屑岩领域亿吨级的储量规模前景,有望建成石油增储新阵地^①。

顺托果勒低隆起,紧邻塔中隆起与古城墟隆起,顺9井区志留系含油层系主要为志留系柯坪塔格组下段,岩性主要为灰色、浅灰色细中-细粒砂岩夹灰色粉砂岩、泥岩,其上为柯坪塔格组中段暗色泥岩。近些年针对塔里木盆地志留系海相碎屑岩层序地层、沉积体系及储层研究取得了一些重要认识(朱筱敏等,2002;胡少华等,2007;贾进华等,2006;朱如凯等,2005,2006;房晓璐等,2009;侯会军等,1997),但对顺托果勒低隆起顺9井区揭示的志留系柯坪塔格组下段含油砂体的沉积相认识分歧比较大。西北油田分公司勘探开发研究院杨素举等(2012)认为顺9井区志留系柯下段油层为海进体系域低能滨岸砂体,油层主要是由海侵背景下发育的退积叠置临滨砂坝,向上过渡为下临滨-过渡带-陆棚^②;朱如凯(2005)认为,柯下段主要发育受风暴影响的缓坡无障壁型滨岸相,包括临滨、下临滨亚相等;蒲仁海(2012)认为,顺9井含油砂体因为横向变化大和岩

屑含量高可以排除滨浅海沉积,但其沉积相仍较复杂,总体上可能为潮坪及三角洲混合沉积^③;傅恒等(2011)认为,顺托果勒低隆起下志留统柯坪塔格组为潮上坪沉积^④。以上认识包括三角洲前缘、临滨和潮坪等,尽管目前综合利用了井-震结合的方法预测了含油砂体的展布,但由于对砂体成因认识分歧,对砂体分布的刻画与预测存在盲目,导致其后部署数口井未钻遇较好含油砂体。笔者利用钻井岩心描述、测井、地震资料和测试分析资料,结合研究区区域地质背景,开展沉积相标志研究,划分取心井段的沉积微相,建立沉积相模式。在此基础上,综合高精度地震储层预测及其真正能反映本区岩性与储层分布的地震属性特征分析,分析含油砂层的沉积微相平面分布特征及砂体的成因类型,预测砂体的空间分布,为下部勘探部署提供借鉴。

1 沉积相划分标志及其模式

1.1 岩石学特征

顺9井区柯坪塔格组下段砂岩类型主要为灰色细-中粒岩屑砂岩,常含泥质条带及角砾,岩屑含量整体较高,主要有火成岩岩屑和浅变质岩岩屑,见少量泥岩岩屑,颗粒分选中等,磨圆度不高,以次棱角状-次圆状为主。胶结物主要为黏土矿物、碳酸盐矿物及硅质矿物,胶结类型主要为接触式胶结,局部可见镶嵌胶结。顺9井区砂岩颜色为灰色、浅灰色,反

① 付国民. 顺9井区志留系柯坪塔格组下段储层评价,西北油田分公司,2012.

② 杨素举等. 顺9井区志留系柯坪塔格组下段储层发育特征,西北油田分公司,2012.

③ 蒲仁海. 顺9井区柯坪塔格组沉积相与储层展布研究,西北油田分公司,2012.

④ 付恒. 塔里木盆地志留系地层对比与沉积特征,西北油田分公司,2012.

映沉积环境为水体较深的还原环境。砂岩具有成分成熟度低,结构成熟度中等的特点,反映了近源沉积的较强的水动力条件。

1.2 粒度分布特征

顺 9 井区柯坪塔格组下段粒度概率曲线主要有以下 2 类:一类是基本上由跳跃和悬浮总体构成三段式,跳跃部分由 2 个直线段组成,悬浮总体所占比例较大,反映存在较强的波浪和潮流作用,使得较粗沉积物处于半悬浮状态(图 1);另一类是跳跃总体由 2 个直线段构成,悬浮组分很少,说明冲流和回流作用明显(图 2)。总体来看,粒度概率累积曲线普遍发育 2 个跳跃总体,存在较强的波浪和潮流作用,冲流和回流作用明显,是一种潮坪沉积特有的粒度曲线特征。

顺 9 井区柯坪塔格组下段砂岩的 CM 图如图 3 所示,主要发育为 Q-R 段。Q-R 段以递变悬浮搬运为主,悬浮搬运的沉积物按粒度大小和密度梯度

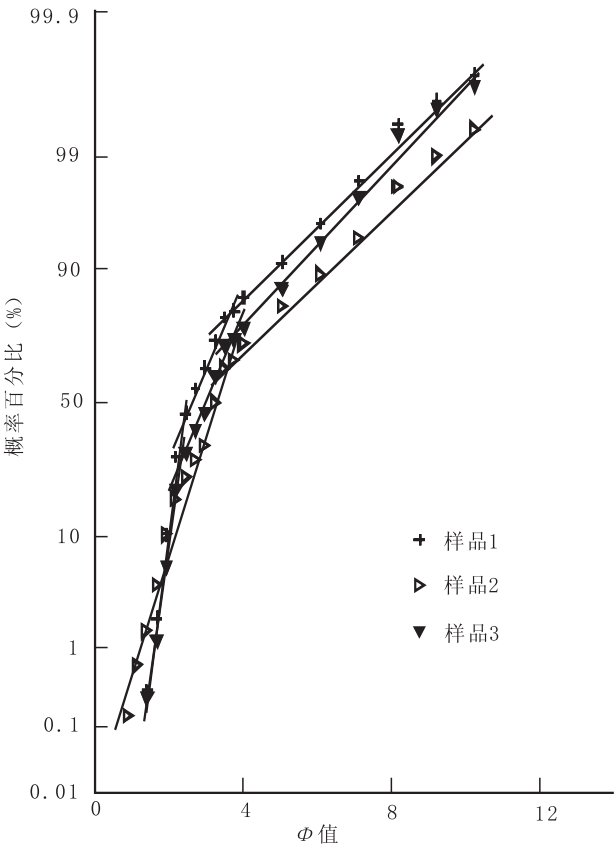


图 1 顺 9 井柯坪塔格组下段概率累积曲线图
Fig.1 Cumulative probability curve of the lower members of Kepingtage formation in Shun 9 well

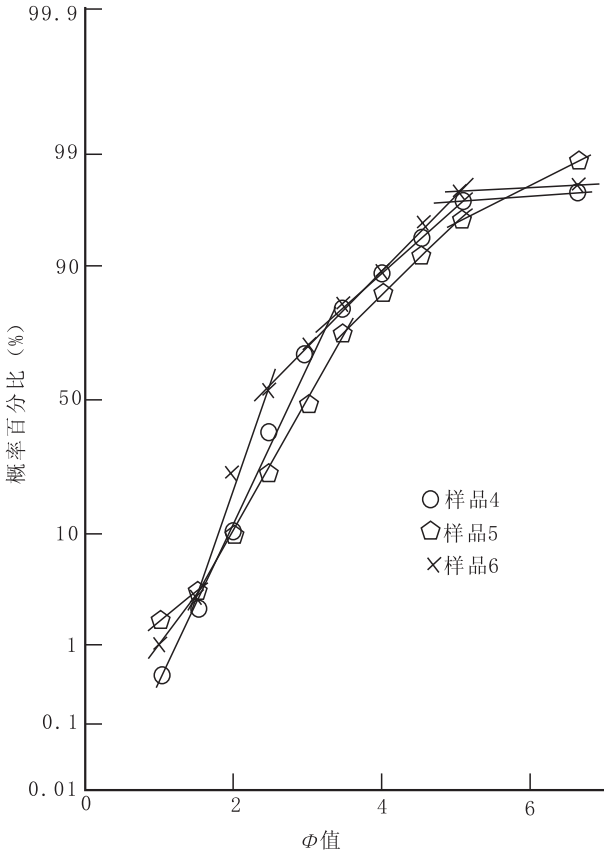


图 2 顺 902H 井柯坪塔格组下段概率累积曲线图
Fig.2 Cumulative probability curve of the lower members of Kepingtage formation in Shun 902H well

成层分布,符合牵引流沉积的特征,符合潮坪相的沉积特征。

1.3 沉积构造特征

顺 9 井区顺 9 井、顺 901 井、顺 902H 井、顺 903H 井、顺 904H 等井岩心发育多种较典型的潮坪相的沉积构造(图 4),主要有:透镜状层理、脉状层理、双黏土层、羽状交错层理。

1.4 沉积模式

通过上述沉积相标志特征研究,顺 9 井区柯坪塔格组下段含油砂岩段为以潮下带-过渡带为主的碎屑岩海岸沉积,含油砂岩段下部泥岩为浅海陆棚泥沉积,既非临滨沉积也非三角洲沉积,主要如下(胡明毅等,2003;钟广等,1997;陶碧娥等,2009;顾家裕等,1994;宋和平等,2011;郝世彦,2005)。

(1)顺 9 井区柯坪塔格组下段砂体变化大、延伸有限,非大片连片分布。

(2)顺 9 井区柯坪塔格组下段砂岩为岩屑砂岩,

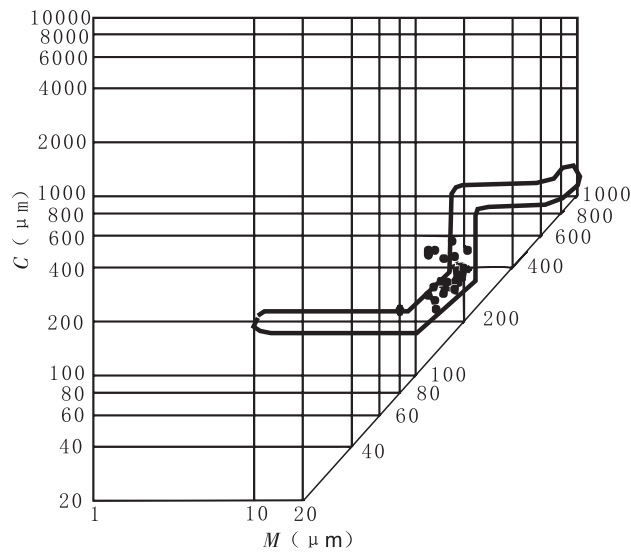


图 3 顺 9 井区柯坪塔格组下段砂岩 CM 图
Fig. 3 Sandstone CM graph of the lower members of Kepingtage formation in Shun 9 well

岩屑含量高,以千枚岩、泥岩为主。成分成熟度较低,结构成熟度中等偏低。

(3)顺 9 井区柯坪塔格组下段脉状、透镜状、波状等潮汐层理极其发育。

(4)顺 9 井区柯坪塔格组下段大量的泥质角砾,顺 902H 井第 4 回次 4(20/36)、4(21/36)见外源(石英岩)砾石,发育强烈冲刷构造,受到潮汐和波浪双重作用的影响。

(5)顺 9 井区发育潮坪沉积典型的羽状层理、双黏土层。

(6)由顺 9 井区向南至塔中 31 井、塔中 33 井柯坪塔格组下段泥岩相增多,由水体较深的灰色砂岩向水体较浅的棕红色、灰色、杂色泥岩过渡,沉积由潮下带-过渡带逐渐过渡为潮间带,再到潮上带。

据以上建立顺 9 井区柯坪塔格组下段含油砂岩段沉积模式(图 5)。即沉积位置位于潮坪-陆棚沉积环境的潮下带-过渡带,微相类型包括潮汐水道、潮汐砂坝、泥坪、陆棚砂、风暴砂体、陆架泥,柯坪塔格组下段泥岩段为陆棚滨外带泥质沉积。

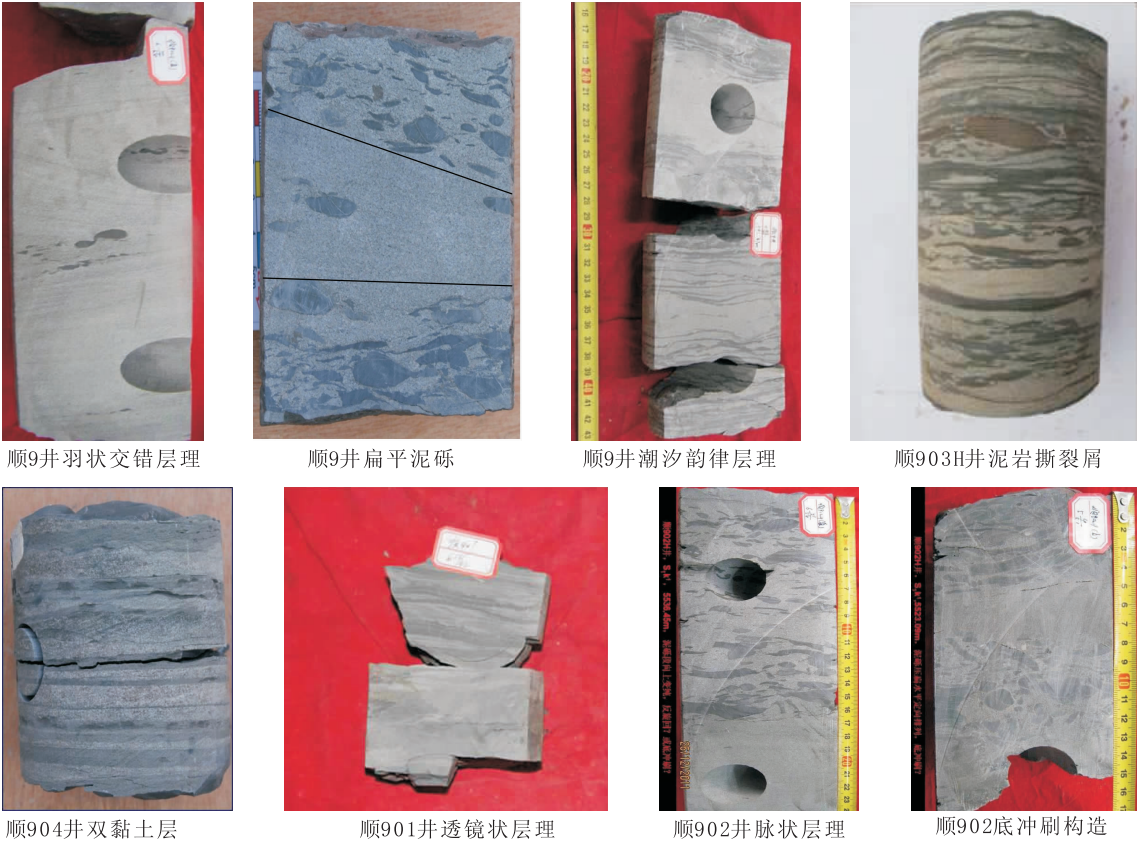


图 4 顺 9 井区柯坪塔格组下段典型的沉积构造图
Fig. 4 Typical sedimentary structure of the lower members of Kepingtage formation in Shun 9 well

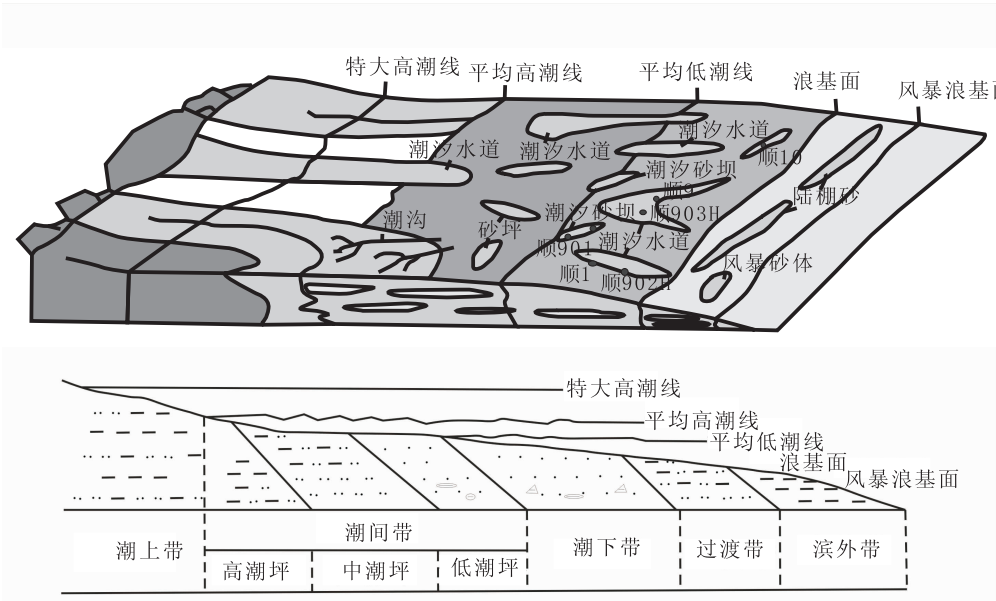


图 5 顺 9 井区柯下段含油砂岩段沉积相模式图

Fig. 5 Oil - bearing sandstone sedimentary facies model of the lower members of Kepingtage formation in Shun 9 well

2 微相划分及特征

根据研究区内沉积特征,顺 9 井区柯坪塔格组下段含油砂岩段主要位于潮坪-浅海陆棚沉积环境

的潮下带—过渡带位置,微相类型包括潮汐水道、潮汐砂坝、泥坪、陆棚砂、风暴砂体、陆架泥,其特征如表 1、图 6 所示。

柯坪塔格组下段泥岩段 S_1K^{1-2} 为浅海陆棚滨外带泥质沉积。

表 1 柯下段含油砂岩段沉积微相特征表

Tab. 1 Oil - bearing sandstone sedimentary facies feature list of the lower members of Kepingtage formation

相	亚相	微相	颜色	岩性	沉积构造及旋回性	测井相
潮坪相	潮下带	潮汐水道	灰白、灰色	中细砂岩、细砂岩	冲刷面、羽状交错层理、平行层理、脉状层理、双黏土层;反旋回	倒圣诞树状、弱齿化厚层箱状
		潮汐砂坝	灰色、浅灰	细砂岩、粉砂岩	小型槽状交错层理、透镜状层理、脉状层理、泥岩撕裂屑;反旋回	弱齿化漏斗状、薄层箱状
		泥坪	灰色、深灰	泥岩、粉砂质泥岩	水平层理、生物扰动构造	平直状
浅海陆棚相	过渡带	陆棚砂	灰色	细砂岩、粉砂岩	透镜状层理、脉状层理、平行层理;反旋回	弱齿化低幅箱状、漏斗状
		风暴砂体	灰色、深灰	粉砂岩、泥质粉砂岩	交错层理、平行层理、扁平泥砾、泥岩撕裂屑;正旋回	齿化钟形
		陆架泥	灰、深灰	泥岩、粉砂质泥岩	水平层理、生物扰动构造	平直状

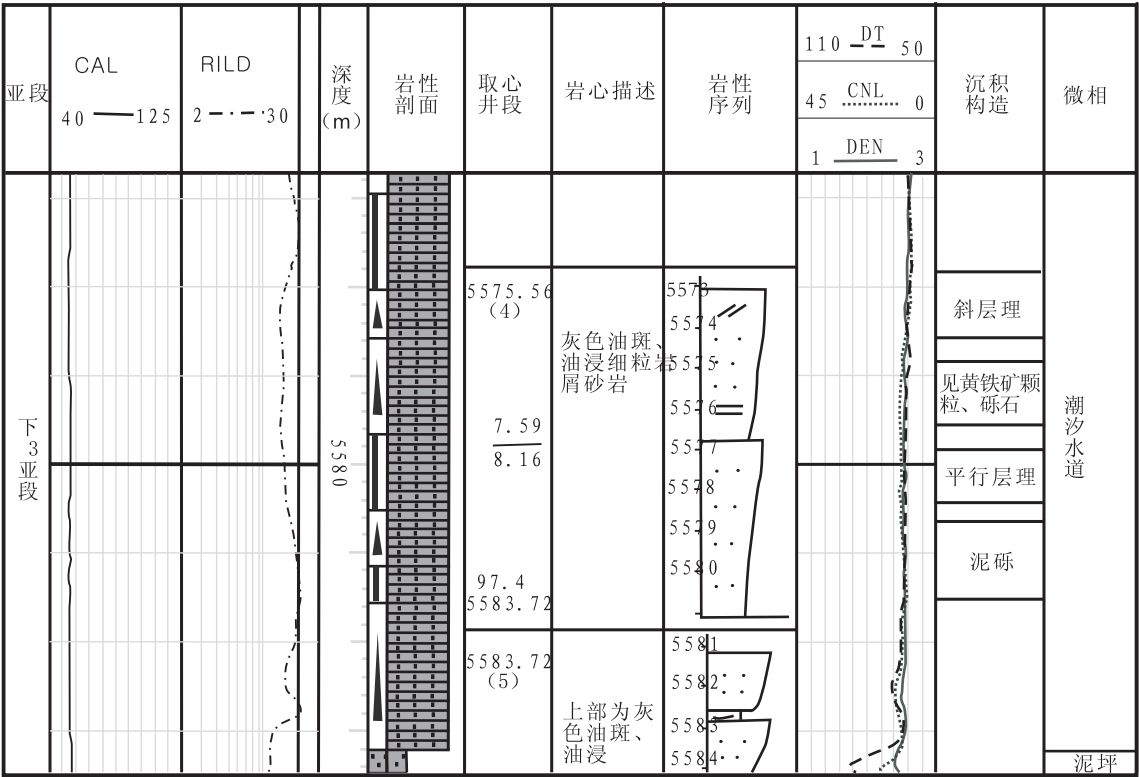


图 6 顺 903H 井潮汐水道微相图

Fig. 6 Tidal channel micro - facies of Shun 903H well

3 沉积微相平面分布极其有利砂体

根据顺 9 井区岩石重矿物等资料分析,从南、东南方向朝北、西北方向稳定矿物含量增多,物源方向可能是来自于南向和东南向的混源方向,不止一个物源方向^{①②③}。

柯坪塔格组下段含油砂岩段的沉积相类型为潮下带和过渡带,沉积微相主要为潮下带的潮汐水道、潮汐砂坝、泥坪和过渡带的陆棚砂、陆架泥以及风暴沉积砂体,以岸线可以分为两部分,东北部是以横向展布的过渡带,西南部则是纵向展布的潮下带,两部分沉积相在平面上连通性较差。研究区东北部的陆棚砂基本上以北西—南东向成条带状展布,与岸线

近似平行,连通性较好,分布范围较广,陆棚砂宽度最大为 4.3 km。陆架泥则分布陆棚砂两侧。风暴砂体位于最东北部,浪基面以下,只有特大风暴潮才能作用到的地方。顺 9 井区西南部主要发育有 4 条潮汐水道,呈北东—南西向条带状分布,分别位于顺 9 井、顺 903H 井、顺 904H 井以及顺 1 井正北方 5 km 处,潮道宽度最大处可达 4 km,砂体也最为发育,连通性好,分布范围广。沿着潮汐水道的方向,水动力逐渐变弱,在南西向沉积微相逐渐变为潮汐砂坝,呈片状分布,分布范围小。总体表现出沉积微相由水动力较强的潮汐水道逐渐向潮汐砂坝过渡,展布方向与岸线近似垂直。

从沉积微相及其砂体分布图(图 7)可以看出,顺 9 井区储层砂体主要为潮汐水道、潮汐沙坝复合砂体,顺 9 及其顺 903 是有利砂体分布带。

① 杨素举等. 顺 9 井区志留系柯坪塔格组下段储层发育特征,西北油田公司,2012.

② 蒲仁海. 顺 9 井区柯坪塔格组沉积相与储层展布研究,西北油田分公司,2012.

③ 付恒. 塔里木盆地志留系地层对比与沉积特征,西北油田分公司,2012.

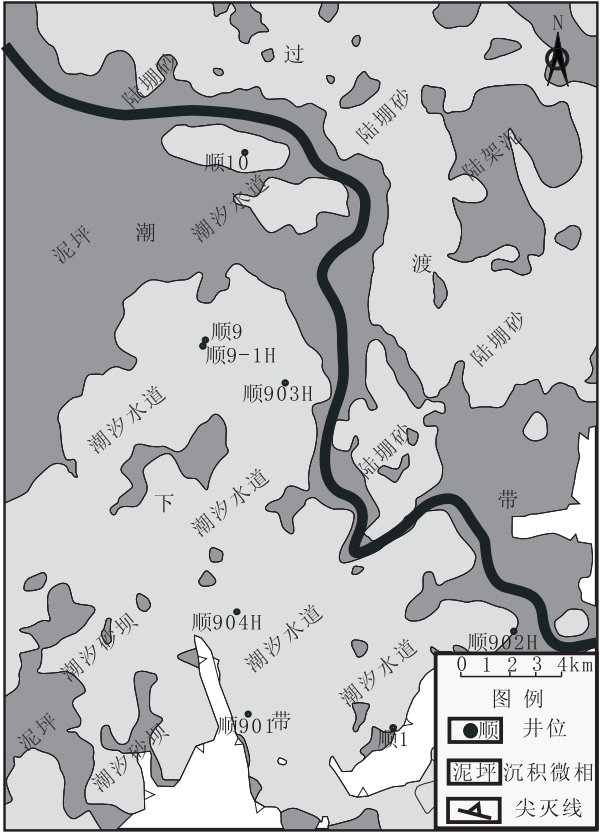


图 7 柯下段含油砂岩段沉积微相图

Fig. 7 Oil - bearing sandstone sedimentary micro - facies of the lower members of Kepingtage formation

4 结论

- (1)顺 9 井区柯坪塔格组下段为以潮下带-过渡带为主的碎屑岩海岸沉积,含油砂岩段下部泥岩为浅海陆棚泥沉积。
- (2)顺 9 井区柯坪塔格组下段含油砂岩段主要位于潮坪-浅海陆棚沉积环境的潮下带-过渡带位置,微相类型包括潮汐水道、潮汐砂坝、泥坪、陆棚砂、风暴砂体、陆架泥。
- (3)储层砂体主要为潮汐水道、潮汐沙坝复合砂体,顺 9 及其顺 903 是有利砂体分布带。

参考文献(References):

金晓辉,闫相宾,张哨楠,等. 塔里木盆地志留系成藏条件与勘探方向探讨[J]. 西安石油大学学报(自然科学版),

2006,21(2):1-5.

JIN Xiaohui, YAN Xiangbin, ZHANG Xiaonan, et al. Discussion on oil reservoir forming conditions and exploration targets of the Silurian in Talimu Basin [J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2006,21(2):1-5.

张俊,庞维奇,刘洛夫,等. 塔里木盆地志留系沥青砂岩的分布特征与石油地质意义[J]. 中国科学 D 辑:地球科学, 2004,34(增刊 I):169-176.

ZHANG Jun, PANG Weiqi, LIU Luofu, et al. Distribution characteristics and petroleum geological significance of asphaltic sandstone of the Silurian in Talimu Basin [J]. Science in China Ser. D Earth Sciences, 2004, 34 (supplement): 169-176.

赵文光,彭仕宓,蔡忠贤,等. 塔中地区志留系层序、沉积和油气分布规律[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2007,22(1):12-16.

ZHAO Wenguang, PENG Shimi, CAI Zhongxian, Liu Haitao, et al. Stratigraphical sequence, sedimentary characteristics and reservoir distribution of the Silurian in central Talimu Basin[J]. Journal of Xi'an Shiyou University(Natural Science Edition), 2007,22(1):12-16.

刘洛夫,赵建章,张水昌,等. 塔里木盆地志留系沥青砂岩的形成期次及演化[J]. 沉积学报,2000,18(3):475-479.

LIU Luofu, ZHAO Jianzhang, ZHANG Shuichang, et al. Hydrocarbon filling ages and evolution of the silurian asphalt sandstones in Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica,2000,18(3):475-479.

朱筱敏,王贵文,谢庆宾. 塔里木盆地志留系沉积体系及分布特征[J]. 石油大学学报(自然科学版),2002,26(3):5-11.

ZHU Xiaomin, WANG Guiwen, XIE Qingbin, et al. Characteristics and distribution of depositional systems of Silurian in Tarim Basin [J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2002, 26(3):5-11.

胡少华,王庆果,李秀珍. 塔里木盆地志留系层序地层划分及沉积体系特征[J]. 大庆石油学院学报,2007,31(2):8-11.

HU Shaohua, WANG Qingguo, LI Xiuzhen, et al. Sequence stratigraphic subdivision and sedimentary system characteristics of Silurian in Tarim Basin [J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2007, 31(2):8-11.

贾进华,张宝民,朱世海,等. 塔里木盆地志留纪地层、沉积特征与岩相古地理[J]. 古地理学报,2006,8(3):339

- 352.
- JIA Jinhua, ZHANG Baomin, ZHU Shihai, et al. Stratigraphy, sedimentary characteristics and lithofacies palaeogeography of the Silurian in Tarim Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2006, 8(3): 339 - 352.
- 朱如凯, 罗平, 何东博, 等. 塔里木盆地塔中地区志留系柯坪塔格组沉积相与沉积模式[J]. 古地理学报, 2005, 7(2): 197 - 206.
- ZHU Rukai, LUO Ping, HE Dongbo, et al. Sedimentary facies and models of the Kepingtage Formation of Silurian in Tazhong Area, Tarim Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2005, 7(2): 197 - 206.
- 朱筱敏, 王贵文, 谢庆宾. 塔里木盆地志留系沉积体系及分布特征[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2002, 26(3): 5 - 11.
- ZHU Xiaomin, WANG Guiwen, XIE Qingbin, et al. Characteristics and distribution of depositional systems of Silurian in Tarim Basin [J]. Journal of Xi'an Shiyu University (Natural Science Edition), 2002, 26(3): 5 - 11.
- 房晓璐, 傅恒, 刘雁婷. 塔河地区志留系柯坪塔格组沉积特征[J]. 天然气技术, 2009, 3(5): 5 - 7.
- FANG Xiaolu, FU Heng, LIU Yanting, et al. Sedimentary Characteristics of Silurian Kepingtage Formation, Tahe Area[J]. Natural Gas Technology, 2009, 3(5): 5 - 7.
- 朱如凯, 郭宏莉, 何东博. 塔中地区志留系柯坪塔格组砂体类型及储集性[J]. 石油勘探与开发, 2006, 32(5): 16 - 24.
- ZHU Rukai, GUO Hongli, HE Dongbo, et al. Sand bodies and their reservoir quality in the Silurian Kepingtage Formation in Tazhong area, Tarim Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2006, 32(5): 16 - 24.
- 贾进华, 张宝民, 朱世海. 塔里木盆地志留纪地层、沉积特征与岩相古地理[J]. 岩相古地理, 2006, 8(3): 341 - 351.
- JIA Jinhua, ZHANG Baomin, ZHU Shihai, et al. Stratigraphy, sedimentary characteristics and lithofacies palaeogeography of the Silurian in Tarim Basin [J]. Sedimentary Facies and Palaeogeography, 2006, 8(3): 339 - 352.
- 侯会军, 王伟华. 塔里木盆地塔中地区志留系沉积相模式探讨[J]. 沉积学报, 1997, 15(3): 34 - 39.
- HOU Huijun, WANG Weihua. Study of Depositional Model of Silurian System in Tazhong Area, Tarim Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(3): 34 - 39.
- 胡明毅, 贺萍. 潮坪风暴沉积特征及其研究意义[J]. 地球科学进展, 2003, 17(3): 391 - 395.
- HU Mingyi, HE Ping. The study of tidal storm deposits and its research significance [J]. Advance in Earth Sciences, 2003, 17(3): 391 - 395.
- 钟广, 法彭德堂, 刘绍平. 塔中地区志留系风暴沉积[J]. 江汉石油学院学报, 1997, 19(1): 7 - 10.
- ZHONG Guangfa, PENG Detang, LIU Shaoping, et al. A Study on Silurian Tempestites in Tazhong Area, Tarim Basin [J]. Journal of Jiangnan Petroleum Institute, 1997, 19(1): 7 - 10.
- 陶碧娥, 傅恒. 塔河地区志留系沉积体系及储层纵向分布特征[J]. 岩性油气藏, 2009, 21(1): 40 - 44.
- TAO Bi'e, FU Heng. Vertical distribution characteristics of reservoir and sedimentary system of Silurian in Tahe area [J]. Lithologic Reservoirs, 2009, 21(1): 40 - 44.
- 顾家裕. 沉积相与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994.
- GU Jiayu. Sedimentary Facies and Oil Gas [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994.
- 宋和平, 张炜. 鄂尔多斯盆地寺湾地区三叠系下组合地层石油地质特征及勘探方向[J]. 西北地质, 2011, 44(4): 123 - 131.
- SONG Heping, ZHANG Wei. Oil Geological Characteristics and Exploration Trend of Triassic Lower Group in Xiasiwan Area of Ordos Basin [J]. Northwestern Geology, 2011, 44(4): 123 - 131.
- 郝世彦, 李旦. 志丹油田义正区三叠系延长组长 6 石油地质特征[J]. 西北地质, 2005, 38(4): 94 - 101.
- HAO Shiyuan, LI Dan. Oil - geology characteristics of Triassic system Yanchang Formation Chang - 6 reservoir in Yizheng area of Zhidan oil field [J]. Northwestern Geology, 2005, 38(4): 94 - 101.