

# 塔中顺托果勒地区 志留系柯坪塔格组下段沉积相

尚凯, 郭辉, 夏永涛, 马中远, 杨素举

(中国石化西北油田分公司勘探开发研究院)

**摘要** 通过对塔里木盆地顺托果勒地区中南部志留系柯坪塔格组钻井、测井、岩心化验分析资料的综合分析, 认为柯坪塔格组中—下段地层并未缺失, 并从沉积相等多方面的特征标志论证了柯坪塔格组下段的存在。柯坪塔格组下段主要发育受波浪控制的滨岸相和受潮汐控制的滨岸相两种沉积体系, 由此识别出临滨、潮间和潮下亚相和相关的微相。建立了柯坪塔格组下段缓坡型滨岸沉积模式。认为海侵背景下的滨岸砂坝体为最有利的储集砂体。

**关键词** 塔里木盆地; 顺托果勒隆起; 柯坪塔格组; 沉积相; 沉积模式

中图分类号: TE111.3

文献标识码: A

近十多年来不少学者和科研机构对塔里木盆地志留系在沉积、层序、储层及成藏方面作了大量研究工作<sup>[1-11]</sup>。由于一直以来认为塔中地区缺失志留系下亚系柯坪塔格组中—下段地层<sup>[4-5]</sup>, 所以前期对于塔中志留系的研究工作仅限于柯坪塔格组上段。中国石化西北油田分公司近期在塔中顺托果勒区块顺9井柯坪塔格组下段测试获低产油流, 实现了塔中(卡塔克隆起)北斜坡志留系新层位的油气突破。随着油气勘探工作的不断深入, 对于柯坪塔格组下段这套出油砂体沉积相的认识就成为了目前亟需解决的问题。

本文在前人对塔里木盆地志留系研究的基础上, 以沉积学理论为指导, 通过对研究区内10口井的岩心观察, 并运用钻井、测井、岩心分析及地震等资料, 结合区域构造背景和沉积演化特征, 对柯坪塔格组下段沉积环境进行深入研究, 建立了相应的柯坪塔格组下段缓坡型浪控滨岸沉积模式, 期望这一认识能为该区储层预测、储层评价以及下一步的勘探开发奠定基础。

## 1 区域地质概况

顺托果勒地区位于塔里木盆地顺托果勒低隆起中南部。顺托果勒低隆起是在加里东中期形成并在海西期以及印支期中改造的继承性古隆起, 历经多次构造变动后形成现今的构造格局。顺托果勒低隆起以西为阿瓦提断陷, 东侧紧邻满加尔坳陷(图1), 是油气运移的有利指向区。

塔里木盆地志留系下亚系柯坪塔格组自上而下可分为上、中、下三段(图2), 上段和下段主要为灰色、灰绿色细砂岩与泥岩互层, 中段以灰色泥岩为主。加里东晚期, 塔中地区处于克拉通内坳陷稳定沉降阶段, 志留系自西向东、从北往南超覆沉积在奥陶系之上<sup>[10]</sup>。通过地层划分对比, 结合古生物资料及地震资料分析认为, 塔中卡塔克隆起上只有柯坪塔格组上段, 缺失中、下段, 但柯坪塔格组在卡塔克隆起以北(即塔中北斜坡)却上、中、下三段均发育齐全。钻井揭示柯坪塔格组中段厚度40~120 m, 岩性主要为灰色泥岩; 下段为灰色、灰绿色砂泥岩, 厚度350~

收稿日期: 2012-12-24; 改回日期: 2013-05-06

基金项目: 本文受“十二五”国家科技重大专项“塔里木盆地碎屑岩层系大中型油气田富集规律与勘探方向”(编号: 2011ZX05002-003)资助

尚凯: 1982年生, 工程师。2010年西安石油大学硕士毕业。主要从事石油地质综合研究。通讯地址: 830011 新疆乌鲁木齐市长春路466号; 电话: (0991)3160571

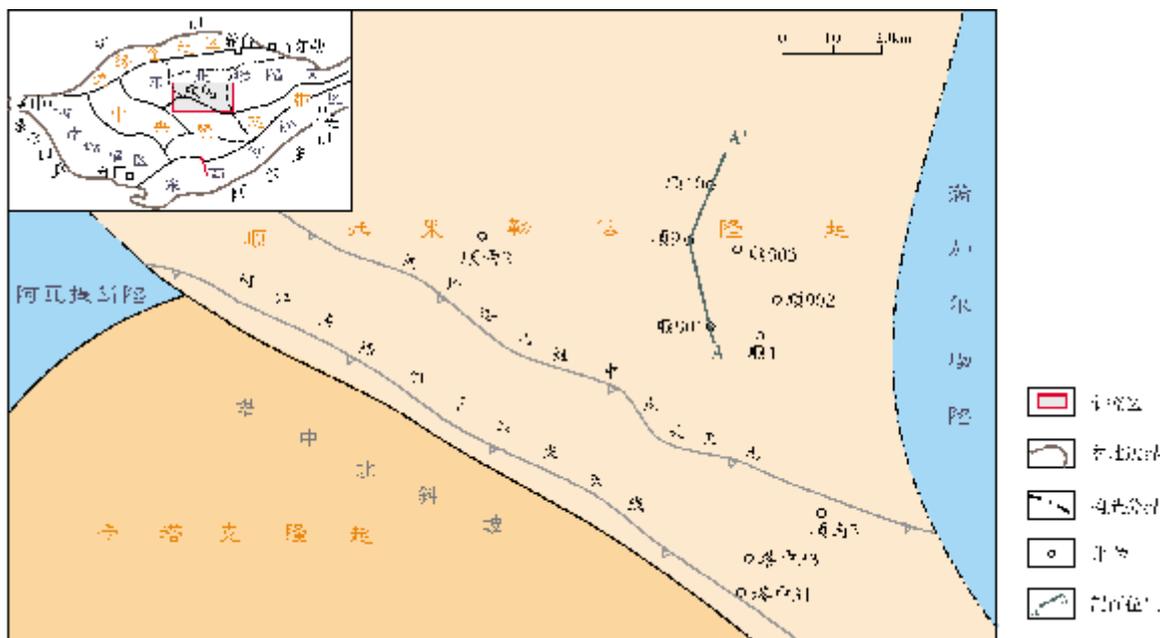


图1 研究区位置及研究井位分布图

400 m; 顺 903 井钻井揭示产层位于柯坪塔格组下段(图 2)。

志留纪是塔里木盆地古构造和古地理在加里东运动晚期影响下的重要变革期,前志留纪以海相碳酸盐岩沉积为主的沉积环境转变为志留纪以海相碎屑岩沉积为主的古环境<sup>[12]</sup>。根据沉积构造、岩性及粒度参数分布、测井曲线等特征,结合不同岩性在垂向上的组合关系,综合分析认为,顺托果勒地区柯坪塔格组下段主要发育受波浪控制的滨岸相(简称浪控滨岸相)和受潮汐控制的滨岸相(简称潮控滨岸相)两种沉积体系类型(图 2)。

## 2 沉积相标志

顺托果勒地区柯坪塔格组下段的存在,可通过以下一些沉积特征加以佐证。

### 2.1 岩性特征

通过研究区 10 口井(井位参见图 1)的岩心观察以及 260 块岩石薄片的鉴定结果,研究区柯坪塔格组下段的岩性主要有细砂岩、泥岩及粉砂岩,夹少量粉砂质泥岩和泥质粉砂岩,局部可见部分薄的砾石夹层。

砂岩类 主要以灰色、浅灰色和灰绿色为主。按砂岩碎屑矿物成分划分标准,本区砂岩类型以岩屑

砂岩为主,少量岩屑石英砂岩。砂岩碎屑组分主要为石英和岩屑,石英含量 35%~75%,岩屑含量 23%~55%,长石含量一般低于 10%。总体上砂岩岩屑含量相对较高,可能与物源有关。上部砂岩呈厚层块状,主要发育块状层理、平行层理、低角度交错层理。中下部砂岩呈薄-中厚层状,常见的沉积构造有低角度交错层理、平行层理、羽状交错层理、波状层理。含砾砂岩中砾石的成分主要为泥砾,石英岩和燧石较少见。

粉砂岩类 多为灰色和浅灰色。粒级从细粉砂到粗粉砂,中—薄层状。主要发育脉状层理、波状层理、透镜状层理,以及小型沙纹层理。

泥质岩类 以灰色、深灰色、灰绿色为主,部分井中还见有少量棕褐色泥岩,主要的沉积构造是水平层理。

### 2.2 岩石结构特征

根据研究区 260 块岩石薄片鉴定的结果,柯坪塔格组下段储集岩的颗粒磨圆度较好,主要呈次圆状—次棱角状,颗粒分选性中等—好(图 3)。杂基含量较低,以颗粒支撑为主,接触方式以点—线状为主,偶见凹凸接触。从颗粒磨圆度和分选性特征上显示较高的结构成熟度,反映出海相碎屑沉积特征。

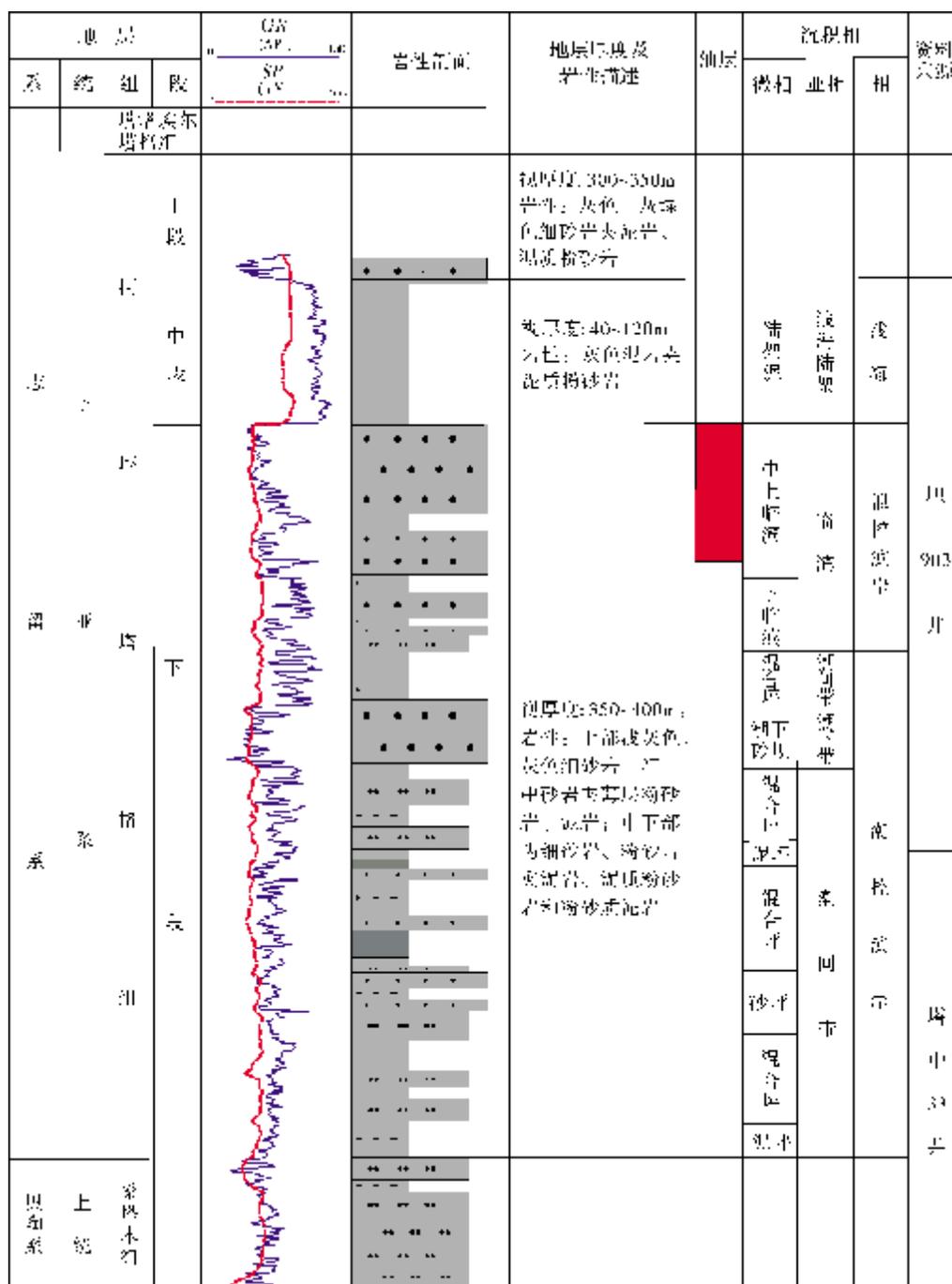


图 2 顺托果勒地区柯坪塔格组岩性特征与沉积相划分图

### 2.3 粒度分布特征

对研究区内 7 口井 85 块薄片粒度图像分析结果表明, 顺托果勒地区柯坪塔格组下段砂岩粒级分布以细砂所占比重较大(表 1), 所有粒度分析样品

都为正偏态。筛析粒度分析得出的粒度概率曲线中, 所有样品均为双跳跃组分与悬浮组分的三段式组合, 滚动搬运组分不发育(图 4a)。这些曲线中跳跃组分和悬浮组分之间的细截点为 3.0~4.0Φ, 大部分样品的跳跃总体占 70%~90%左右, 悬浮组分约占



图3 顺托果勒地区柯坪塔格组下段砂岩结构特征  
 细—中砂岩。颗粒磨圆度较好,分选性中等—好,颗粒点—线状接触,杂基含量低。顺9井5581.67m。薄片(+), 5 × 10

图3 顺托果勒地区柯坪塔格组下段砂岩结构特征

10%~30%左右。概率图上冲刷回流点明显,为典型双向水流沉积特征。在C—M图(图4b)中,样品点大多落在代表递变悬浮沉积段,说明研究区目的层段沉积速率较快,沉积负载以跳跃和悬浮组分为主。粒度分析结

果反映出牵引流为主的海滩砂和浅海砂的特征。

### 2.4 沉积构造特征

沉积构造是碎屑岩中主要的成因标志之一<sup>[13]</sup>。研究区内柯坪塔格组下段上部常见的沉积构造有平行层理、冲洗交错层理、块状层理。中下部因泥质含量逐渐增多,发育平行层理、低角度冲洗交错层理、波状层理、羽状交错层理、脉状层理、透镜状层理、沙纹层理、水平层理等(图5a—5d),可见生物钻孔与生物扰动,还可见撕裂状和扁平状的泥砾夹于大段砂岩中,大部分泥砾杂乱分布在泥岩或砂岩中,部分泥砾沿层理面分布。这些沉积构造总体反映了滨岸相特有的沉积特征。

### 2.5 古生物标志

研究区柯坪塔格组下段化石较少,但在泥岩中发现少量生物碎屑,部分岩心上可见到底栖动物钻孔觅食形成的潜穴和生物扰动构造。

表1 柯坪塔格组下段薄片粒度图像分析砂岩粒度分布统计表

(样品数:85)

粒度划分 (粒径Φ值)	中砂 (>1, ≤2)	细砂 (>2, ≤3)	极细砂 (>3, ≤4)	粗粉砂 (>4, ≤5)	细粉砂和黏土 (>5)
粒度分布(%)	0~19.37	56.58~74.48	11.31~35.55	0.03~0.45	2~4
粒度分布平均值(%)	10.98	65.73	18.6	0.16	2.63

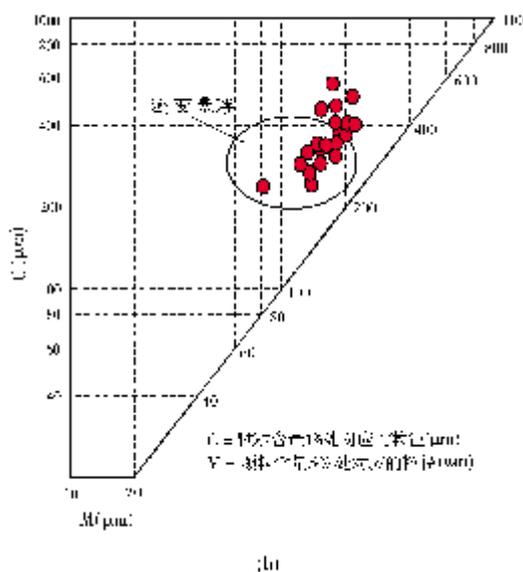
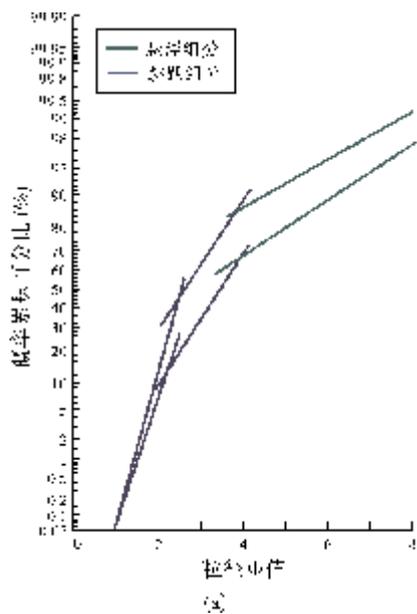


图4 柯坪塔格组下段粒度概率累积曲线(a)及C—M关系图(b)

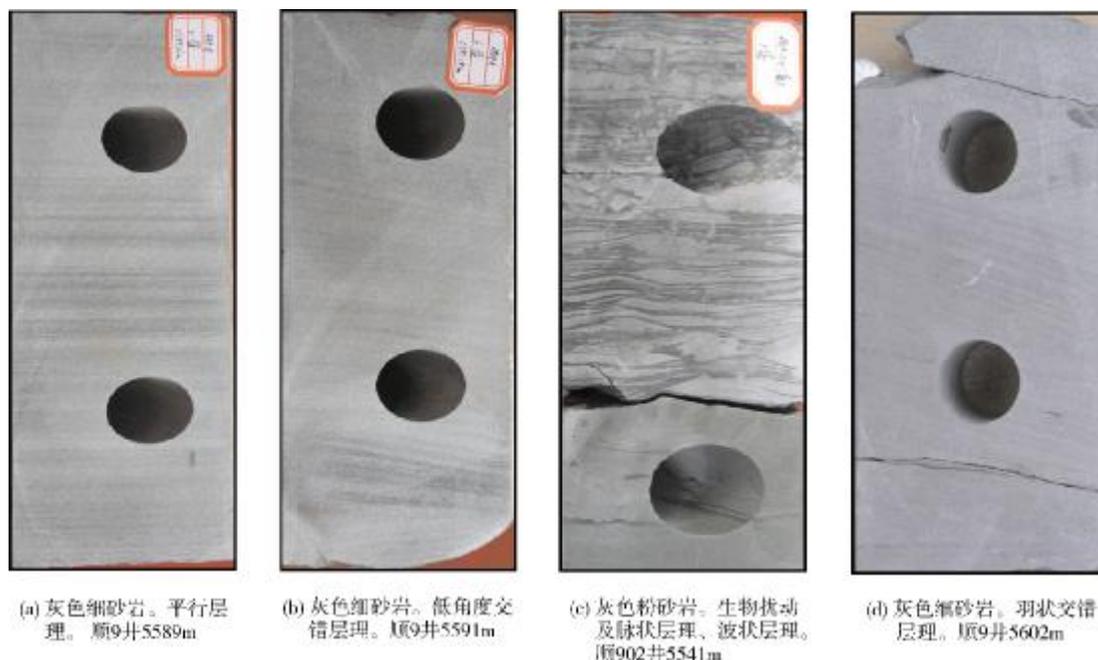


图5 顺托果勒地区柯坪塔格组下段岩心沉积构造特征

### 3 沉积相特征

如上所述,顺托果勒地区柯坪塔格组下段发育的沉积相主要为浪控滨岸相和潮控滨岸相两大类,并可进一步识别出临滨、潮间带、潮下带三类亚相和若干个微相(图2)。

**浪控滨岸相** 主要发育在柯坪塔格组下段上部,主要可识别出临滨亚相。临滨亚相位于平均高潮线和平均低潮线之间,岩性主要为块状灰色、浅灰色和灰绿色细砂岩,夹少量中砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩及粉砂质泥岩。主要发育块状层理、平行层理、低角度交错层理。可见少量泥岩撕裂屑和磨圆的泥砾层夹于块状砂岩中,部分泥砾顺层分布。另外,生物钻孔和生物扰动构造也较常见。临滨亚相由砂坝砂体连续叠置而成,剖面上常呈透镜状产出。单个砂体厚度一般为3~5m,而连续叠置砂体厚度可达数十米以上。钻井岩心自下而上呈现由细变粗的反粒序特征。自然伽马和自然电位曲线形态呈典型的“漏斗型”,多个砂坝砂体的连续叠置,曲线呈微齿化箱形特征(图2)。顺托果勒地区柯坪塔格组下段中的油层段即为临滨亚相砂体(图2)。

**潮控滨岸相** 主要发育在柯坪塔格组下段

中一下部。可进一步划分出潮间带和潮下带亚相以及潮下砂坝、砂坪、混合坪和泥坪等微相(图2)。潮下带亚相发育的潮下高能砂坝为分选较好的灰色和浅灰色中厚层细砂岩,主要发育平行层理、双向交错层理。潮间带亚相砂坪以灰色细砂岩为主,见泥砾。岩石成分主要为岩屑砂岩,双向交错层理发育。潮间带亚相混合坪为砂泥质沉积,主要由灰色、浅灰色细砂岩、粉砂岩夹薄层灰色泥岩组成,发育双黏土层、透镜状层理、脉状层理和波状层理,可见生物钻孔。泥坪岩性主要为泥岩、粉砂质泥岩,沉积构造以水平层理为主。整个潮控滨岸相在纵向上表现为向上变细的正旋回特征,总体上自然电位和自然伽马曲线呈高幅齿化钟形或指状特征。

### 4 沉积模式

在对上述沉积相标志综合分析的基础上,结合塔中北斜坡古构造特征和沉积背景<sup>[1,10]</sup>,对研究区各单井及连井沉积相进行了分析,并编制了目的层砂体沉积相平面图,证实顺托果勒地区柯坪塔格组下段沉积期为缓坡型滨岸沉积环境。柯坪塔格组下段沉积早—中期,主要发育受潮汐控制的滨岸相,整体呈砂泥不等厚互层,潮汐层理发

育, 沉积序列表现为自下而上粒度逐渐变细的正韵律。柯坪塔格组下段沉积晚期—中段沉积期, 该区为海侵背景下受波浪控制的滨岸—浅海陆架沉积环境, 以块状砂岩为主, 砂体垂向上呈反旋回特

征, 随着海平面上升, 滨岸相带向陆退积。墨西哥纳亚里特海岸具有类似的剖面结构特征<sup>[14]</sup>。据此特征, 提出了顺托果勒地区柯坪塔格组下段的缓坡型滨岸沉积模式(图 6)。

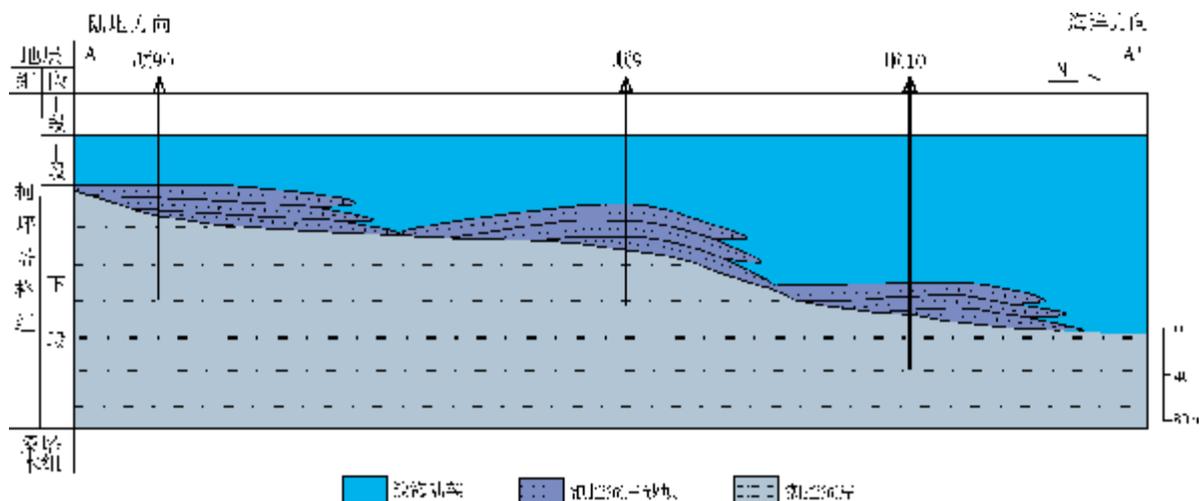


图 6 顺托果勒地区柯坪塔格组下段缓坡型滨岸沉积模式

A—A'剖面位置见图 1

该模式可以对研究区储集砂体做出如下几点解释:

(1) 柯坪塔格组下段产层砂体为海侵背景下形成的浪控滨岸砂坝。

(2) 随着海平面上升, 滨岸相带向陆退积, 砂坝自北向南多期相互叠置, 砂体受到波浪和潮汐作用的共同改造, 同时砂体之间往往被泥岩或者粉砂质泥岩等细粒沉积物所填充, 导致砂体连通性受到限制。

(3) 同一砂坝内的储集砂体具有较强的非均质性, 表现为砂坝主体部位储层物性相对较好, 砂坝侧翼物性较差。多个砂坝砂体的存在可形成多个相对独立的油藏并存。

以上这三点已经被近期研究区内钻井所证实。

## 5 结论

(1) 顺托果勒地区柯坪塔格组下段发育受波浪控制的滨岸相和受潮汐控制的滨岸相两种沉积体系。浪控滨岸相主要可识别出临滨亚相; 潮控滨岸相主要发育潮间带和潮下带亚相。研究区产层段为海侵背景下的滨岸砂体。

(2) 建立了顺托果勒地区柯坪塔格组下段缓坡型滨岸沉积模式。不同时期沉积的滨岸砂坝叠置砂体为本区有利目标, 而砂坝间沉积充填的泥岩等细粒沉积物对储集砂体具有一定的分隔作用。

(3) 柯坪塔格组下段沉积相类型的划分以及沉积模式的建立, 可对顺托果勒地区志留系滨岸砂体进行解释和预测, 并为该区下一步的井位部署提供地质依据, 同时也可对塔里木盆地志留系沉积相研究提供参考。

### 参考文献

- [1] 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.
- [2] 白振瑞, 邢凤存, 李会宪. 柯坪露头区柯坪塔格组河流作用为主的三角洲沉积特征及其油气勘探意义[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(2): 217-224.
- [3] 谢俊, 张金亮, 梁会珍, 等. 塔里木盆地志留系柯坪塔格组沉积相与沉积模式研究[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2008, 23(2): 1-5.
- [4] 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.
- [5] 赵文光, 周波, 蔡忠贤, 等. 塔中地区志留系柯坪塔格组沉积特征与油气分布[J]. 石油学报, 2008, 29(2): 231-234.

- [6] 任康绪,肖中尧,张丽娟,等. 塔里木盆地志留系层序地层特征及勘探意义[J]. 海相油气地质, 2011, 16(1): 20-25.
- [7] 王少依,张惠良,杨海军,等. 塔中隆起北斜坡志留系储层特征及控制因素 [J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2004, 31(2): 148-152.
- [8] 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.
- [9] 李红南,魏垂高,张世奇,等. 塔里木盆地塔中地区志留系成藏控制因素[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(3): 43-49.
- [10] 杨海军,邬光辉,孙丽霞,等. 塔中北斜坡志留系岩性油藏形成条件与勘探方向[J]. 新疆石油地质, 2007, 28(3): 286-288.
- [11] 鲁雪松,宋岩,柳少波,等. 流体包裹体精细分析在塔中志留系油气成藏研究中的应用[J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2012, 36(4): 45-50.
- [12] 邢凤存,白振瑞,李祯,等. 塔里木盆地早、中志留世沉积序列及其对构造—海平面变化的响应: 柯坪露头区为例[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 2011, 36(3): 541-554.
- [13] Robert L C. The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian-Permian age, Colorado, USA: Implications for provenance and metamorphic studies[J]. Lithos, 2000, 51(3): 181-203.
- [14] Reading H G. 沉积环境和相[M]. 周明鉴,陈明昌,张疆,等,译. 北京:科学出版社, 1986: 200-205.

编辑:赵国宪

## Sedimentary Facies of Silurian Kepingtage Lower Member in Shuntuoguole Area, Middle Tarim Basin

Shang Kai, Guo Hui, Xia Yongtao, Ma Zhongyuan, Yang Suju

**Abstract:** According to the comprehensive analysis of the well logging and cores and available data, it is indicated that the Middle to Lower Members of Silurian Kepingtage Formation is not lacked as the previous viewpoint in the central and southern parts of Shuntuoguole, Tarim basin. The Lower Member of Kepingtage Formation is proved to exist by the characteristic marks of sedimentary facies. Two kinds of sedimentary facies, the wave-controlled shore and the tide-controlled shore facies, develop in the Lower Member. And therefore, the shoreface, intertidal and subtidal subfacies and the associate microfacies are recognized. A gentle-slope shore sedimentation model is set up for Lower Member of Kepingtage Fm.. It is suggested that the shore facies sandstone barrier that deposited during transgression is the most favorable reservoir.

**Key words:** words: Silurian; Sedimentary facies; Sedimentary model; Kepingtage Fm.; Shuntuoguole area; Tarim Basin  
Shang Kai; male, Geology Engineer. Add: Exploration and Production Research Institute, SINOPEC Northwest Oilfield Branch Company, Changchun Nan Rd., Urumchi, 830011, China