

# 塔中地区志留系柯坪塔格组沉积特征

徐燕军<sup>1</sup>, 于炳松<sup>1</sup>, 钟大康<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083

2. 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249

**摘要** 在沉积学、矿场地球物理学、古生物学等学科的理论指导下,通过岩心观察,结合测井、录井、古生物遗迹、分析化验等资料综合分析认为:塔中地区志留系柯坪塔格组沉积灰色含沥青粉砂岩、绿灰色泥质粉砂岩、灰色中细砂岩、灰白色细砂岩及灰色含砾中细砂岩、灰绿色粉砂岩、泥质粉砂岩;发育低角度冲洗层理、波状层理、脉状层理、透镜状层理、流水波纹、楔状交错层理、大量的同生泥砾及泥质条带,砂泥岩薄互层,低砂地比且从盆地中心向盆地边缘逐渐降低的现象以及大量的生物扰动现象都反映了一种低能的潮坪沉积环境。在研究区柯坪塔格组主要识别出潮间带,潮下带,发育朝下砂坝、潮间下砂坪、潮间中砂泥混合坪等微相,并结合分析化验资料讨论了不同沉积微相与油气的关系。

**关键词** 塔中地区;柯坪塔格组;沉积特征;潮坪沉积

中图分类号 P624

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.27.003

## Sedimentary Facies of Kepingtage Formation of Silurian System in Tazhong Area, Tarim Basin

XU Yanjun<sup>1</sup>, YU Bingsong<sup>1</sup>, ZHONG Dakang<sup>2</sup>

1. School of the Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

2. College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing 102249, China

**Abstract** Under the theoretical guidance of sedimentology, geophysics, and palaeontology, based on the analysis on cores, well logs, log data, palaeontologic traces, it is known that the sedimentary system of tidal flat were developed in the Silurian System Kepingtage Formation of Tazhong Area, Tarim Basin. The Kepingtage Formation includes grey-bitumen siltstone, greenish gray polytic siltstone, gray medium-fine sandstone, gray medium-fine pebbled sand and developed feathering cross bedding, wave bedding, lensing bedding, thin sand and mudstone interaction layers, and low ration of sand to strata. Especially, the phenomena of the descending distribution from the central area to the margin of the basin and a great deal of feeding and dwelling trail of palaeontologic, all of these phenomena reflect an environment of tidal flat. The Kepingtage Formation is mainly in intertidal zone, subtidal zone, developing microfacies, such as subtidal sand jetty, sand-mud mixed flat of intertidal, and sand flat of lower tidal. Combined with analysis of laboratory data, the relationship between these microfacies and the distribution of oil has been discussed.

**Keywords** Tazhong Area; Kepingtage Formation; sedimentary characteristics; tidal flat facies

### 0 引言

沉积微相不仅控制着砂体的类型、形态、厚度、规模及空间分布,影响砂体的平面和纵向展布及层间、层内非均质性,而且还在微观上决定着岩石的碎屑颗粒大小、填隙物的多少、岩石的结构(分选、磨圆、接触方式)等特征,从而控制了岩石原始物性的好坏<sup>[1]</sup>。关于志留系柯坪塔格组的沉积环境,

前人做了大量的研究工作并在认识上存在着较大的分歧,主要认识有:朱如凯、高志勇等<sup>[2-5]</sup>认为塔中地区志留系主要为一套无障碍滨岸—陆棚相沉积;赵文光<sup>[6]</sup>认为柯坪塔格组为潮控滨岸带沉积环境,主要发育潮坪沉积。袁志云等<sup>[7-9]</sup>认为塔中志留系柯坪塔格组为低缓地形背景下的潮坪沉积体系,张惠良、丁梦等<sup>[10-11]</sup>认为塔中地区志留系下沥青砂岩段发育海侵

收稿日期:2012-07-05;修回日期:2012-08-02

基金项目:国家油气重大专项(2011ZX05005-004-HZ06)

作者简介:徐燕军,博士研究生,研究方向为油气储层地质与评价,电子信箱:xjdzx@sina.com

背景下的滨岸—潮坪—辫状河三角洲沉积体系<sup>[10-11]</sup>。随着塔中地区碎屑岩油气藏勘探的不断深入及资料的丰富,在前人工作的基础上,进一步明确该组的沉积微相类型及分布规律,对预测有利砂体及分布规律提供依据具有重要的实际意义,本文将通过对岩性及粒度特征、沉积构造特征、岩性序列及电测曲线特征、砂地比平面变化、泥岩颜色、古生物特征以及在平面上的展布等几个方面讨论柯坪塔格组的沉积环境。

## 1 区域地质背景

塔里木盆地位于新疆南部,面积  $56 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,依据盆地基底顶面起伏特征,将塔里木盆地划分为“三隆四坳”7个一级构造单元,即塔北隆起、中央隆起、塔南隆起、库车坳陷、北部

坳陷、西南坳陷和东南坳陷。中央隆起又可分为巴楚低凸起、塔中低凸起和塔东低凸起3个次一级的构造单元(图1)。塔中稳定古隆起位于塔格玛干大沙漠腹地,北以斜坡形式与满加尔凹陷为邻,南以逆冲断裂带与塘古孜巴斯凹陷为界,西以吐木休克断裂带的东南段与巴楚断隆相邻,东界以塔中1号断裂与塔东隆起相邻<sup>[12]</sup>。

塔中地区位于塔里木盆地沙漠腹地的中央隆起中段,包括塔中低凸起、满加尔凹陷南部和塘古孜巴斯凹陷北部<sup>[12]</sup>。

本文研究区平面上为塔中地区的卡塔克1、卡塔克2、卡塔克3及顺托果勒、顺托果勒南、顺托果勒西地区,总面积共  $3997.4 \text{ km}^2$ 。纵向上研究层段为志留系的柯坪塔格组,自下而上发育柯坪塔格下砂岩段、柯坪塔格中泥岩段、柯坪塔格上

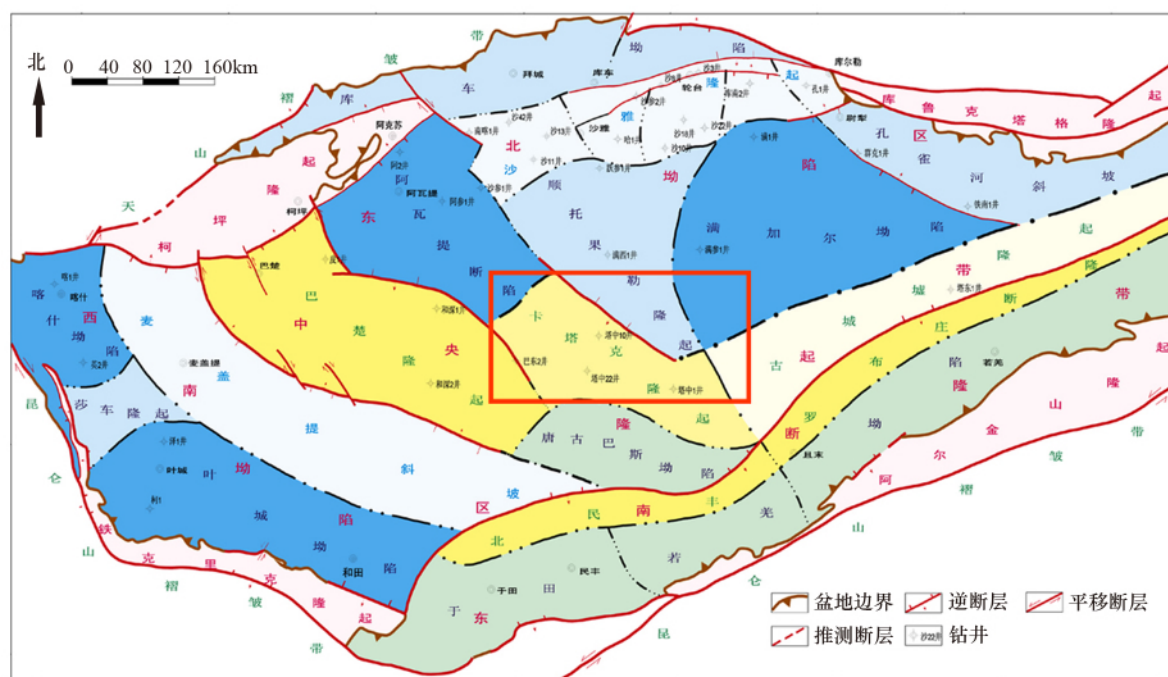


图1 新疆塔里木盆地区域构造单元分布及研究区位置示意(据中石化西北分公司勘探开发研究院)

Fig. 1 Distribution of regional tectonic unit in Tarim Basin and the location of study area (according to the Institute of Exploration and Development, Northwest Branch of Sinopec)

砂岩段。

## 2 沉积相标志

根据对中石化矿权区内11口取心井的岩心观察及分析化验资料从粒度特征、地层剖面结构特征、岩性与沉积构造、各层段砂地比值及其在平面上的变化、泥岩的颜色、古生物遗迹特征等方面综合分析认为志留系柯坪塔格组为潮坪沉积环境,主要依据为:(1) 粒度较细、砂地比较低,尤其重要的是自盆地中心到盆地边缘砂地比值呈下降的趋势;(2) 从岩性剖面特征来看砂泥薄互层及砂夹多层薄泥岩特征明显;(3) 岩心中含有大量的潮汐层理(低角度冲洗层理、波状层理

等)以及发育大量的泥砾、泥质条带;(4) 红褐色泥岩及泥岩中的生物扰动现象都足以说明研究区的潮坪沉积特征。

### 2.1 岩性及粒度特征

柯坪塔格组主要发育绿灰色含砾细砂岩、灰色中细砂岩、灰绿色粉砂岩、泥质粉砂岩,含沥青细砂岩,含褐色泥砾的灰色粉砂岩,含褐色、灰绿色泥砾的灰白色粉砂岩,褐灰色细砂岩夹薄层粉砂岩等;碎屑颗粒分选磨圆好,颗粒支撑、孔隙式胶结;粒度概率曲线由跳跃、悬浮次总体两部分组成,跳跃总体的斜率小,分选好,跳跃、悬浮之间的截点细,表明砂质组分粒度细(图2)。从粒度资料分析中可以看出:表示水动力搅动开始能够搬运的最大粒径  $C$  的最大值为  $0.998 \text{ mm}$ , 最小值为

0.119mm, 均值为 0.336mm; 粒度累计概率曲线上达到 50% 时对应的粒径中值  $M$  表示水动力的平均能量, 研究层段  $M$  最大

值 0.332mm, 最小值 0.073mm, 均值 0.126mm; 在  $C-M$  关系图上(图 3)表现出与  $C=M$  的基线基本平行的浊流沉积特征。

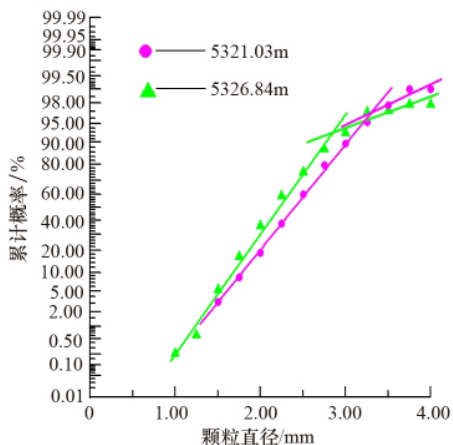


图 2 顺 1 井柯坪塔格组粒度累计概率分布图  
Fig. 2 Probability distribution map of granulometric cumulative of Kepingtage Formation for Well Shun1

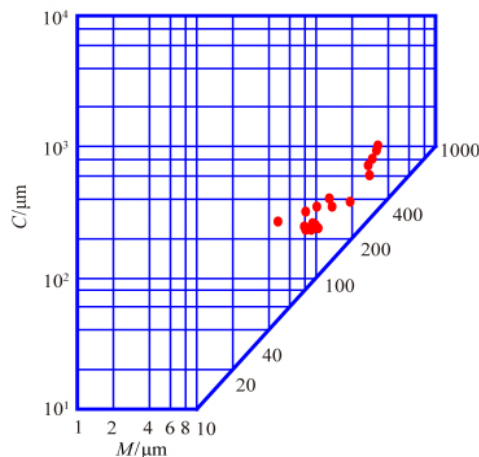


图 3 顺 1 井  $C-M$  图  
Fig. 3  $C-M$  diagram of Well Shun1

## 2.2 沉积构造特征

通过岩心观察可见柯坪塔格组发育低角度冲洗层理、流水波纹, 楔状交错层理、板状交错层理、平行层理、脉状层理

及波状层理, 冲刷面及顺层分布的泥砾, 尤其是发育大量的同生泥砾, 泥质条带及生物钻孔表明该组为潮坪沉积环境。典型的沉积构造岩心照片见图 4。



(a) 中 13 井 5131.54m, 含沥青灰色细砂岩, 发育低角度冲洗层理  
(a) Development of low angle washing bedding with grey bitumen fine sandstone at 5131.54m of Well Zhong13



(b) 中 11 井 5014.4m, 灰色细砂岩, 发育流水波纹层理  
(b) Development of water ripple bedding with grey fine sandstone at 5014.4m of Well Zhong11



(c) 顺 2 井 5861.1m, 灰色细砂岩发育平行层理  
(c) Development of parallel bedding with gray fine sandstone at 5861.1m of Well Shun2



(d) 顺 1 井 5347.6m, 灰色中细砂岩, 见楔状交错层理  
(d) Wedge-shape crossbedding with gray medium-fine sandstone at 5347.6m of Well Shun1



(e) 中 1 井 5181.2m, 深灰色泥质粉砂岩夹砾砾岩  
(e) Dark gray pelitic siltstone including gompholite at 5181.2m of Well Zhong1



(f) 中 11 井 5003.5m, 块状粉砂岩可见生物扰动  
(f) Blocky siltstone with visible bioturbation at 5003.5m of Well Zhong 11

图 4 柯坪塔格组沉积构造特征

Fig. 4 Sedimentary structure characteristics of Kepingtage Formation

## 2.3 地层剖面结构及电测曲线特征

柯坪塔格组垂向上岩性序列以正韵律为主, 岩心可见底部常为含泥砾的冲刷面, 主要为细砂岩、含砾细砂岩, 向上逐

渐过渡为中砂岩或细砂岩, 从录井岩性剖面上观察其岩性组合多为砂泥互层或砂夹多层薄泥岩层, 以泥质比例较大的砂泥互层为其特征, 测井曲线为高伽马, 中等自然电位, 电阻率

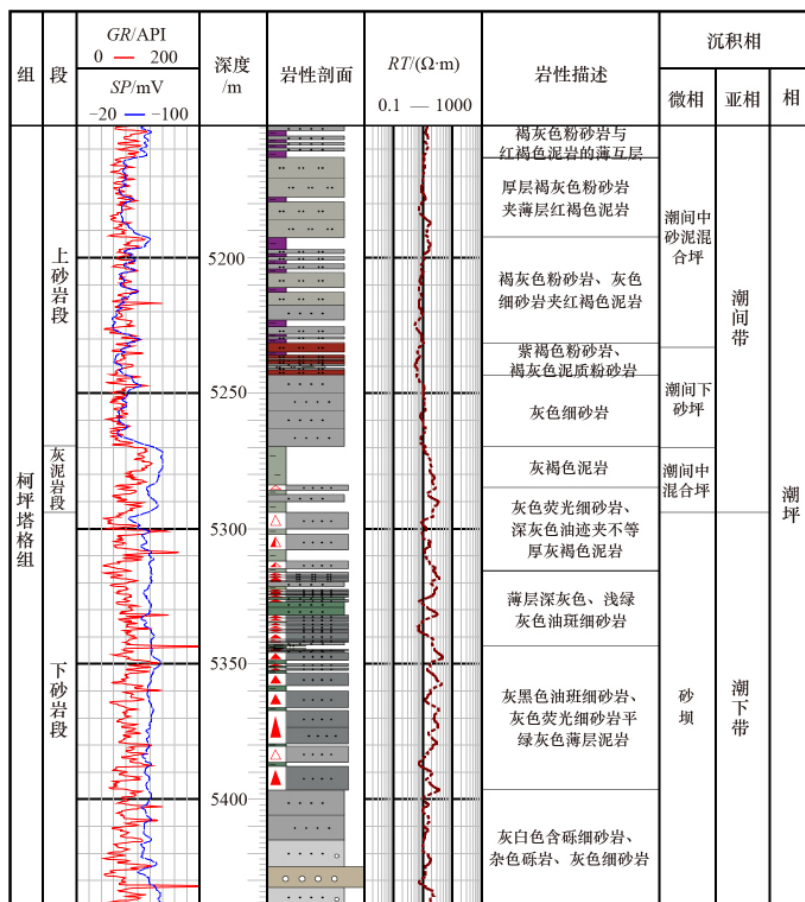


图5 顺1井地层特征综合柱状剖面图

Fig. 5 Composite columnar section for stratigraphic features in Kepingtage Formation of Well Shun1

呈现为高值(图5),这些特征符合潮坪沉积特征。

### 2.4 砂地比分布特征

本次研究中统计了研究区中石化11口井柯坪塔格组各层段的地层厚度、砂岩厚度、计算砂地比(表1),并在工区平面上进行比较,从统计数据来看柯坪塔格组各层段砂地比值普遍较低在0—0.65区间内,在平面上呈从盆地中心向盆地边缘逐渐降低的趋势,这种情况反应了潮坪沉积特点。

表1 柯坪塔格组各层段及砂地比分布特征统计表

Table 1 Distribution of sand ratio for every member in Kepingtage Formation

层段	层厚/m	砂岩厚/m	砂地比(均值)
柯坪塔格上砂岩段	0—120	32.46—147.4	0.31—0.65(0.58)
柯坪塔格中泥岩段	0—45	0—11	0—0.3(0.22)
柯坪塔格下砂岩段	0—145	22—49	0.17—0.64(0.60)

### 2.5 泥岩的颜色

泥岩颜色是反映环境的最可靠的标志,当泥岩呈红色、

棕色、褐色或紫色等色调时,反映沉积环境为氧化环境;当泥岩呈灰色、绿色或黑色时,为还原环境<sup>[2]</sup>。研究区中柯坪塔格组泥岩以红褐色、灰褐色为主,偶见绿灰色。反映柯坪塔格组沉积时,总体为暴露的弱氧化—氧化环境。

### 3 沉积微相类型及特征

潮坪一般发育在波浪能量低、具明显潮汐影响的平缓倾斜的海岸地区,是由潮道、潮沟所切割的平原组成的,分为潮下带、潮间带、潮上带亚相<sup>[4]</sup>。综合考虑以上讨论的沉积相标志认为:柯坪塔格组处于潮坪沉积环境的潮间带、潮下带亚相,并识别出潮间下砂坪、潮间中砂泥混合坪及潮下带砂坝等沉积微相类型如图5所示。

#### 3.1 潮下带亚相

潮下带亚相因潮流作用强、能量高,以砂质沉积为主,而发育潮下砂坝沉积微相,在垂向岩性序列上表现为正粒序的特征,底部为含砾砂岩,向上粒度变细为细砂、粉砂,自然伽马曲线表现为齿化钟型组合,自然电位曲线表现为略光滑的齿型钟型组合(图5),沉积构造发育低角度冲洗层理、楔状交错层理、砂岩中发育泥砾及冲刷面。

#### 3.2 潮间带亚相

潮间带亚相由海向陆方向由较纯的砂质沉积过度为泥

质沉积,分为潮间带低潮线附近能量较高的潮间下砂坪、潮间中混合坪、潮间带高潮线附近能量相对较低的潮间上泥坪。本研究区识别出潮间中砂泥混合坪及潮间下砂坪。

潮间中混合坪:混合坪发育在潮间带中部为砂坪和泥坪之间的过度类型。其垂向序列以砂泥岩互层为特征,自然电位曲线呈钟型或漏斗型,自然伽马曲线呈现明显的锯齿状,幅度大于潮间上泥坪。岩性组合为砂泥互层,细砂岩与粉砂岩泥岩互层为特征(图5)。沉积构造发育冲洗层理、水平层理、楔状交错层理、泥质条带,脉状、波状、透镜状层理。

潮间下砂坪:砂坪垂向上岩性序列以砂包泥为特征,自然电位曲线呈钟型或箱型特征,自然伽马曲线呈齿化钟型,

岩性以中细砂岩为主(图5),沉积构造发育冲洗层理、平行层理、可见冲刷面及泥砾。

#### 4 沉积微相与油气储集空间的关系

各沉积微相发育不同成因类型的碎屑岩储集砂体及不同的岩石类型,同时决定了储层的物性的好坏,物性好的储层为油气的储存提供了良好的场所,也成为油气勘探开发的有利区带,统计资料表明(表2),综合考虑孔隙度、渗透率两方面因素,潮间下砂坪物性好于潮间中混合坪,潮间中混合坪好于潮间上泥坪。潮下带砂坝、潮间上砂坪、潮间中混合坪具有良好的油气显示,可作为下一步油气勘探的重点。

表2 柯坪塔格组不同沉积成因储层物性特征

Table 2 Physical properties of various sedimentary factors for Kepingtage Formation

沉积相	亚相	微相	孔隙度(均值)/%	渗透率(均值)/10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup>	代表井	样品数
潮坪	潮间带	潮间中混合坪	2.0—12.2(6.5)	0.02—6.63(0.865)	顺1,中11,中12	38
		潮间下砂坪	1.2—15.0(5.2)	0.01—96.90(1.390)	顺1井,中11井,中12井,中17井,中13井,顺2井	46
	潮下带	砂坝	0.5—14.5(7.06)	0.01—108.00(1.455)	顺1,顺2井	124

#### 5 结论

(1) 综合岩性-粒度特征、录井-电性特征、泥岩颜色、岩心沉积构造、岩性序列、古生物、砂地比的平面变化等方面研究认为,志留系柯坪塔格组为潮坪沉积体系。柯坪塔格组上砂岩段主要发育潮间中混合坪、潮间下砂坪;中泥岩段主要发育潮间上泥坪;柯坪塔格下砂岩段主要发育潮下砂坝。

(2) 根据研究区的沉积特征,工区主要处于潮坪相的潮下带、潮间带部位,且以潮间带为主。潮间下砂坝及潮间下砂坪及潮间中混合坪的区域作为油气勘探开发下一步的重点。

(3) 由于研究区的探井数量少,区域平面沉积相研究有待于随着勘探工作的开展进一步深入。

#### 参考文献 (References)

- 贾会冲,张峭南.鄂北塔巴庙地区上古生界储层发育的控制因素[J].天然气工业,2001,21(S1):18-23.  
Jia Huichong, Zhang Shaonan. *Natural Gas Industry*, 2001, 21(S1): 18-23.
- 朱如凯,郭宏莉,何东博,等.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,2005,32(5):16-19.  
Zhu Rukai, Guo Hongli, He Dongbo, et al. *Petroleum Exploration and Development*, 2005, 32(5): 16-19.
- 高志勇,朱如凯,郭宏莉.海侵背景下风暴控制的滨岸-陆棚砂体研究[J].沉积学报,2006,24(4):468-475.  
Gao Zhiyong, Zhu Rukai, Guo Hongli. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2006, 24(4): 468-475.
- 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):5-12.  
Zhu Xiaomin, Wang Guiwen, Xie Qingbin. *Journal of the University of Petroleum, China: Edition of Natural Science*, 2002, 26(3): 5-12.
- 王勇,李宇平.塔中地区志留系柯坪塔格组储层物性的主控因素[J].天然气技术,2009,3(4):7-11.  
Wang Yong, Li Yuping. *Natural Gas Technology*, 2009, 3(4): 7-11.
- 赵文光,周波,蔡忠贤.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.

- Zhao Wenguang, Zhou Bo, Cai Zhongxian. *Acta Petrolei Sinica*, 2008, 29(2): 231-234.
- 袁志云,王成林,孔令洪.塔中地区志留系柯坪塔格组沉积体系.油气地质与采收率,2009,16(3):17-23.  
Yuan Zhiyun, Wang Chenglin, Kong Linhong. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2009, 16(3): 17-23.
  - 施振生,朱筱敏,王贵文.塔里木盆地塔中地区志留系塔塔埃塔格组潮坪沉积中的遗迹化石[J].沉积学报,2005,25(3):91-97.  
Shi Zhensheng, Zhu Xiaomin, Wang Guiwen. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2005, 25(3): 91-97.
  - 李明云,孙晓明.塔中地区志留系沉积相及层序地层研究[J].石油地质与工程,2008,22(2):11-17.  
Li Mingyun, Sun Xiaoming. *Petroleum Geology and Engineering*, 2008, 22(2): 11-17.
  - 张惠良,王招明,张荣虎,等.塔里木盆地志留系优质储层控制因素与勘探方向选择[J].海相油气地质,2004(5):21-25.  
Zhang Huiliang, Wang Zhaoming, Zhang Ronghu, et al. *Marine Origin Petroleum Geology*, 2004(5): 21-25.
  - 丁梦,樊太亮,高志先.塔里木盆地塔中地区志留系柯坪塔格组下青砂岩段沉积相分析[J].现代地质,2012,26(2):342-348.  
Ding Meng, Fan Tailiang, Gao Zhixian. *Geoscience*, 2012, 26(2): 342-348.
  - 顾家裕.塔里木盆地沉积层序特征及其演化[M].北京:石油工业出版社,1996:54-156.  
Gu Jiayu. *Sedimentary sequence characteristics and evolution in Tarim Basin*[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996: 54-156.
  - 钟大康,漆立新,刘康宁.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):614-629.  
Zhong Dakang, Qi Lixin, Liu Kangning. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2009, 27(4): 614-629.
  - 赵澄林,朱筱敏.沉积岩石学[M].3版.北京:石油工业出版社,2001:100.  
Zhao Chenglin, Zhu Xiaomin. *Sedimentary petrology* [M]. 3rd ed. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001: 100.

(责任编辑 刘志远)