

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2020.04.10

引用格式: 阎琨, 马伟, 柳晓丹, 等. 新疆柯坪地区志留系一泥盆系砂岩粒度分布特征及沉积环境[J]. 中国地质调查, 2020, 7(4): 76-84.

# 新疆柯坪地区志留系一泥盆系砂岩粒度分布特征及沉积环境

阎琨, 马伟, 柳晓丹, 李娜

(中国人民武装警察部队黄金第七支队, 烟台 264000)

**摘要:** 为了系统研究柯坪地区志留系一泥盆系沉积环境演化特征, 采用沉积学、地层学的方法, 重点以粒度分析为研究手段, 对砂岩进行详细分析。通过研究识别出河控三角洲、扇三角洲、潮坪和滨岸4种沉积环境, 每种环境都具有独特的粒度特征及概率累积曲线: 河控三角洲主要为典型两段式、一跳一悬夹过渡式、低斜多段式; 扇三角洲主要为上拱弧形式; 潮坪主要为典型三段式和多段式; 滨岸环境主要为高斜两段式、高斜多段式。从志留纪一泥盆纪, 沉积环境由湿润的河控三角洲逐步转变为干燥的滨岸沉积, 砂岩的成熟度也逐渐增加, 表明柯坪地区逐渐远离物源区, 逐步处于构造稳定的背景。

**关键词:** 柯坪地区; 碎屑岩; 粒度分析; 沉积环境

**中图分类号:** P534.4; P512.2; TE121.31 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-8706(2020)04-0076-09

## 0 引言

碎屑岩的粒度分布特征可以很好地反映沉积环境和水动力条件<sup>[1-2]</sup>, 特别是利用沉积物相关的粒度参数, 如分选度、偏度、峰度等, 可大致判断沉积物的沉积环境。不同沉积环境形成的砂岩具有不同的粒度曲线, 可以反映不同的沉积物搬运介质类型和水动力条件。目前粒度分析已经成为一种分析沉积环境的常用手段, 众多学者据此也取得了较多的成果<sup>[3-7]</sup>。

新疆柯坪地区古生代地层出露较好, 其志留纪一泥盆纪沉积环境的研究引起了众多学者的兴趣, 取得了一定的成果<sup>[8-14]</sup>。张翔等<sup>[8-9]</sup>利用钻孔岩心、地震测井资料, 编制了塔里木盆地志留纪一泥盆纪岩相古地理图; 邢凤存等<sup>[10]</sup>通过对柯坪塔格组野外露头的观察, 识别出了三角洲沉积体系。总的来说, 前人研究取得了丰硕的成果, 但是对沉积环境的认识还存在分歧, 如柯坪塔格组是滨岸-

陆棚沉积为主<sup>[11-12]</sup>还是三角洲为主<sup>[10,13-14]</sup>, 塔塔埃尔塔格组主要为潮坪沉积<sup>[8,12,15]</sup>还是三角洲沉积<sup>[10]</sup>, 克孜尔塔格组为滨岸相沉积<sup>[9]</sup>还是潮坪沉积<sup>[12]</sup>。

针对上述分歧, 笔者采用碎屑岩粒度分析的方法, 结合地层岩性组合、沉积构造等特征, 对柯坪地区志留纪一泥盆纪沉积环境进行讨论, 为其沉积演化提供一定的资料, 并建立柯坪地区古生代碎屑岩粒度概率累积曲线模型, 与众多学者进行探讨。

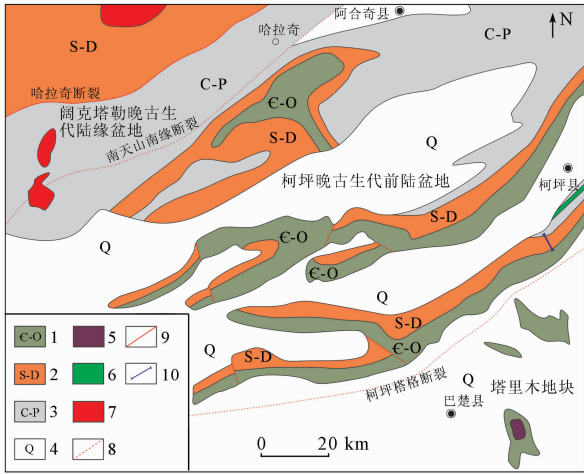
## 1 研究区地质概况

研究区位于塔里木板块西北缘, 构造区划属于柯坪晚古生代前陆盆地(图1), 北以南天山南缘断裂与阔克塔勒晚古生代陆缘盆地为界, 南以柯坪塔格断裂与塔里木地块为界<sup>[16-17]</sup>。主要出露地层为寒武系一奥陶系浅灰色厚层灰岩、白云岩, 志留系一泥盆系紫红色、灰绿色砂岩、粉砂岩, 石炭系一二叠系灰色薄一中层灰岩、细砂岩及第四系松散堆积物等。

收稿日期: 2019-06-25; 修订日期: 2020-03-08。

基金项目: 中国地质调查局“西北沿边及特殊地区地质矿产调查(编号: DD20160079)”和“西南天山柯坪地区六幅地质矿产综合调查(编号: 1212011504201)”项目联合资助。

第一作者简介: 阎琨(1988-), 男, 工程师, 主要从事区域地质调查方面工作。Email: 544507188@qq.com。



1. 寒武系—奥陶系; 2. 志留系—泥盆系; 3. 石炭系—二叠系; 4. 第四系; 5. 超基性岩; 6. 玄武岩; 7. 花岗岩; 8. 边界断裂; 9. 断裂; 10. 剖面位置

图1 柯坪地区地质简图<sup>[16]</sup>

Fig.1 Geological sketch of Keping area<sup>[16]</sup>

柯坪地区的志留系—泥盆系可分为下志留统柯坪塔格组( $S_1k$ )、中顶志留统塔塔埃尔塔格组( $S_{2-4t}$ )、下中泥盆统衣木干他乌组( $D_{1-2y}$ )和上泥盆统克孜尔塔格组( $D_3k$ )(图2)。

柯坪塔格组主要岩性为灰绿色薄层岩屑砂岩、粉砂质泥岩,岩屑含量多为30%~40%,岩屑成分主要为泥质岩类,呈次棱角状;石英含量40%左右,呈棱角状—次棱角状。其中,一段( $S_{1k}^1$ )底部为底砾岩,上部为灰绿色厚—中层细粒岩屑砂岩、粉砂岩,向上粒度变细,顶部变为粉砂岩、泥岩,多发育舌状波痕和不对称流水波痕(图3(a));二段( $S_{1k}^2$ )下部为中厚层细粒—中粒岩屑砂岩、岩屑石英砂岩,槽状交错层理、软沉积变形发育(图3(b)),上部为深灰色、烟草绿色泥岩及粉砂岩、粉砂质泥岩,含笔石、腕足、三叶虫化石;三段( $S_{1k}^3$ )下部为灰绿色薄层细粒岩屑砂岩与暗紫红色薄—中层细砂岩互层,波痕、交错层理发育(图3(c)、(d))。

塔塔埃尔塔格组( $S_{2-4t}$ )其底部为酱红色、紫红色细粒石英砂岩、长石石英砂岩以及紫红色粉砂岩、泥岩,发育板状交错层理(图3(e)),向上为紫红色粉砂岩、泥岩,顶部可见灰绿色细粒石英砂岩、粉砂岩与紫红色细粒石英砂岩、粉砂岩互层。石英砂岩中石英含量多为80%~90%,呈次棱角状,部分砂岩中长石含量达5%~10%。灰绿色石英砂岩中发育对称波痕(图3(f))。

系	统	组	段	厚度/m	岩性	颜色		采样位置					
						紫红	灰绿						
泥盆系	上统	克孜尔塔格组	$D_3k^2$	402	[岩性描述]	[颜色描述]	[颜色描述]	309-78-1					
								309-56-1					
								309-40-1					
								309-20-1					
	中—下统	衣木干他乌组	$D_3k^1$	214	[岩性描述]	[颜色描述]	[颜色描述]	309-16-1					
								309-12-1					
								103-68-1					
			$D_{1-2}y^2$	324	[岩性描述]	[颜色描述]	[颜色描述]	103-54-1					
								$D_{1-2}y^1$	141	[岩性描述]	[颜色描述]	[颜色描述]	308-80-1
													308-76-1
志留系	顶—中统	塔塔埃尔塔格组	$S_{2-4t}$	142	[岩性描述]	[颜色描述]	[颜色描述]	308-66-1					
								308-62-1					
	下统	柯坪塔格组	$S_{1k}^3$	75	[岩性描述]	[颜色描述]	[颜色描述]	308-60-1					
								308-54-1					
								308-50-1					
			$S_{1k}^2$	152	[岩性描述]	[颜色描述]	[颜色描述]	308-48-1					
								308-46-1					
$S_{1k}^1$	218	[岩性描述]	[颜色描述]	[颜色描述]	308-40-1								
					308-30-1								
								308-24-1					
								308-14-1					
								308-12-1					
								308-6-1					



图2 柯坪地区志留系—泥盆系地层柱状图

Fig.2 Silurian – Devonian stratigraphic column in Keping area



(a) 波痕( $S_1k^1$ )



(b) 软沉积变形( $S_1k^2$ )



(c) 波痕( $S_1k^3$ )



(d) 交错层理( $S_1k^3$ )



(e) 交错层理( $S_{2-4}t$ )



(f) 波痕( $S_{2-4}t$ )

图3 志留系沉积构造特征

Fig. 3 Sedimentary structural characteristics of Silurian

衣木干他乌组主体为紫红色薄层细粒钙质石英砂岩、紫红色薄层粉砂岩与粉砂质泥岩。钙质石英砂岩中石英含量多为80%~90%，长石以斜长石为主。其中，一段( $D_{1-2}y^1$ )主要岩性为紫红色、灰绿色薄层细粒钙质石英砂岩、石英砂岩与粉砂岩互层，砂岩中波痕、泥裂发育(图4(a)、(b))，钙质砂岩中多见腹足化石；二段( $D_{1-2}y^2$ )主要岩性为紫红色粉砂岩、泥岩夹紫红色、灰绿色薄层细粒钙质石英砂岩、岩屑石英砂岩，多见泥裂和波痕。

万方数据

克孜尔塔格组主要为紫红色中厚层岩屑石英砂岩、粉砂岩，砂岩中石英含量大于85%，其他碎屑为岩屑、长石、云母及少量重矿物。其中，一段( $D_3k^1$ )为紫红色中厚层岩屑石英砂岩夹灰绿色粉砂岩，可见泥裂(图4(c))、板状交错层理、平行层理(图4(d))等；二段( $D_3k^2$ )底部为暗紫红色含砾粗砂岩，砾石成分主要为燧石，主体为暗紫红色含砾粗砂岩与紫红色细砂岩互层，槽状交错层理、波痕发育(图4(e)、(f))。



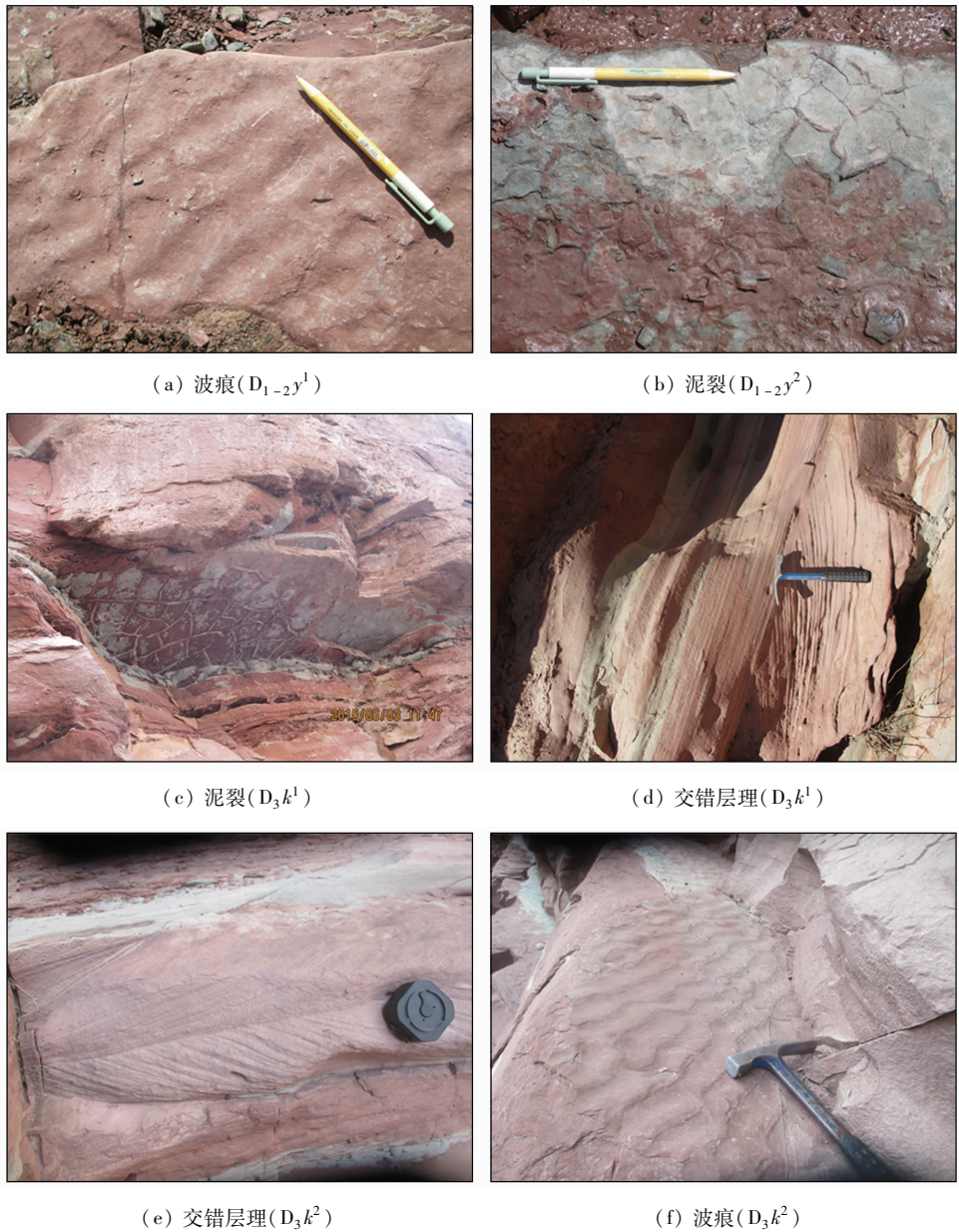


图 4 泥盆系沉积构造特征

Fig. 4 Sedimentary structural characteristics of Devonian

## 2 样品采样及实验方法

### 2.1 采样位置

本次研究对柯坪地区柯坪塔格山的志留系—泥盆系进行了系统采样,在每个段级填图单位中挑选 2~4 个砂岩样品进行薄片鉴定及粒度分析,共统计 25 件样品,采样剖面位置见图 1,样品位置见图 2。

### 2.2 实验方法

将采集的样品制成薄片,利用薄片粒度法对薄片中的颗粒进行测量,对每个样品统计 300 个以上的颗粒,将数据结果转换成  $\phi$  值,并进行粒度校正

和杂基校正<sup>[18]</sup>。将统计结果利用 GRADISTAT 软件计算粒度参数特征,计算方法采用 Folk 和 Wold 法<sup>[19-20]</sup>。将数据导入 Grapher 软件绘制粒度概率累积曲线。

## 3 粒度分布特征

### 3.1 粒度参数特征

根据粒度参数,可以大致判断沉积物所处的沉积环境<sup>[1-2]</sup>,如海滩环境的砂岩比河流环境的砂岩具有较小的平均粒径、较小的标准偏差值。样品结果显示:从志留系—泥盆系,砂岩样品标



准偏差有变小趋势,平均粒径具变小趋势,体现出从河流环境向海滩环境转变的趋势(表1)。福里德曼利用标准偏差-偏度离散图区分河流-海洋沉积环境<sup>[21]</sup>;萨胡利用粒度参数公式图解<sup>[22]</sup>,区分浅海-滨海-三角洲-浊流沉积(其纵坐标为各组段样品标准差平方的平均值的平方根( $\sqrt{\sigma^2}$ ),

横坐标为各组段样品峰度方根差( $S(K_g)$ )与平均粒径方根差( $S(M_z)$ )的比乘以标准差平方的方根差( $S(\sigma^2)$ ),方根差为各段样品平方和的平均值与平均值的平方的差的平方根)。标准偏差-偏度离散图(图5)和萨胡判别图解(图6)显示,柯坪塔格组、塔塔埃尔塔格组主要为三角洲-河流环境,

表1 各样品粒度参数  
Tab.1 Particle size parameters of each sample

样号	地层	平均粒径 $M_z$	标准偏差特征		偏度特征		峰态特征	
			$\sigma_1$	分选	$S_k$	偏态	$K_g$	尖度
308-6-1	$S_1k^1$	2.789	0.454	分选好	0.154	正偏态	0.920	中等
308-12-1		2.532	0.520	分选较好	-0.085	近于对称	0.952	中等
308-14-1		2.485	0.420	分选好	0.092	近于对称	1.158	尖锐
308-24-1	$S_1k^2$	2.809	0.433	分选好	0.004	近于对称	0.897	平坦
308-30-1		2.593	0.691	分选较好	0.327	很正偏态	0.975	中等
308-40-1		3.686	0.649	分选较好	0.011	正偏态	1.202	尖锐
308-46-1	$S_1k^3$	2.514	0.714	分选中等	0.276	正偏态	0.912	中等
308-48-1		2.427	0.645	分选较好	0.101	正偏态	0.910	中等
308-50-1		2.671	0.522	分选较好	0.175	正偏态	0.897	平坦
308-54-1	$S_{2-4}t$	2.017	0.621	分选较好	0.145	正偏态	1.015	中等
308-60-1		3.706	0.664	分选较好	0.252	正偏态	1.184	尖锐
308-62-1		2.870	0.921	分选中等	-0.129	负偏态	0.898	平坦
308-66-1		3.056	0.522	分选较好	-0.286	负偏态	1.104	中等
308-70-1	$D_{1-2}y^1$	3.302	0.396	分选好	-0.140	负偏态	1.110	尖锐
308-74-1		2.967	0.471	分选好	0.040	近于对称	0.950	中等
308-76-1		2.738	0.566	分选较好	0.031	近于对称	0.839	平坦
308-80-1		3.369	0.659	分选较好	-0.426	很负偏态	1.233	尖锐
103-54-1	$D_{1-2}y^2$	4.831	0.439	分选好	0.065	近于对称	0.829	平坦
103-68-1		2.951	0.501	分选较好	0.123	正偏态	1.112	尖锐
309-12-1	$D_3k^1$	3.744	0.247	分选极好	0.052	近于对称	1.058	中等
309-16-1		3.234	0.457	分选好	-0.185	负偏态	0.981	中等
309-20-1		3.025	0.397	分选好	-0.118	负偏态	0.941	中等
309-40-1	$D_3k^2$	3.739	0.295	分选极好	0.238	正偏态	1.125	尖锐
309-56-1		3.674	0.380	分选好	0.026	近于对称	1.602	很尖锐
309-78-1		3.282	0.383	分选好	-0.247	负偏态	0.966	中等

注:平均粒径  $M_z$  单位为  $\phi$ ,  $\sigma_1$ 、 $S_k$ 、 $K_g$  为无量纲量。

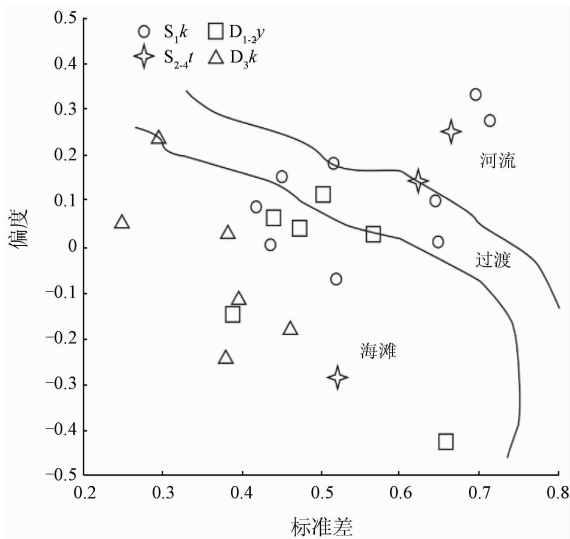


图5 标准偏差与偏度离散图<sup>[21]</sup>  
Figure 5 Standard deviation and skewness discrete graph<sup>[21]</sup>

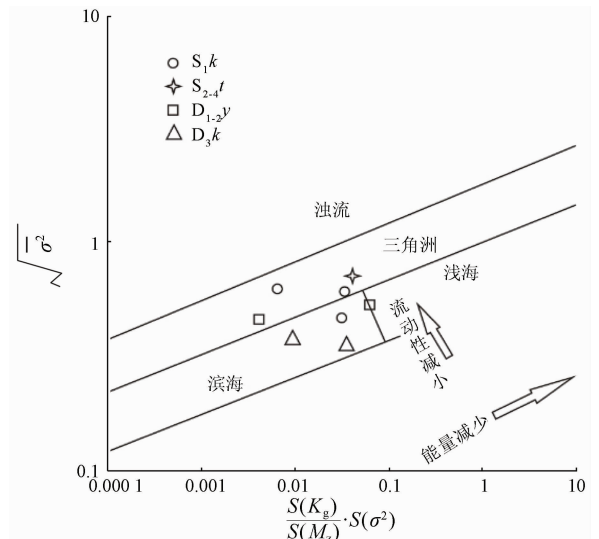


图6 萨胡成因判别图解<sup>[22]</sup>  
Figure 6 Sahu genesis discrimination diagram<sup>[22]</sup>

衣木干他乌组、克孜尔塔格组为海滩环境。萨胡判别图解显示:柯坪塔格组到塔塔埃尔塔格组水体能量减小,水流动性减小;塔塔埃尔塔格组到克孜尔塔格组,水体能量增加,水流动性增加。

### 3.2 粒度概率累积曲线特征

Visher<sup>[23-24]</sup>根据不同沉积环境下砂岩概率累积曲线建立了岩石成因模型,可以较好地分析判断岩石形成的沉积环境,通过对柯坪地区砂岩样品的概率累积曲线分析,得到4种类型、8种概率累积曲线。

#### 3.2.1 河控三角洲环境

(1)典型两段式(图7(a))。主要分布于柯坪塔格组,滚动总体不发育,以跳跃总体和悬浮总体为主,跳跃总体一般在80%以上,分选性好—较好,直线段斜率在50°~60°左右,悬浮总体的含量一般小于10%,两总体交切点 $\varphi$ 值为3.5~4.0之间。大致为三角洲平原亚相的水上分流河道。

(2)一跳一悬夹过渡式(图7(b))。主要分布于柯坪塔格组二段和三段,滚动总体不发育,具有

跳跃和悬浮总体间过渡段的两段式。跳跃总体含量在30%~50%, $\varphi$ 值区间为1.0~2.5,斜率60°~65°;过渡段40%~50%左右,斜率45°,与跳跃总体交切点 $\varphi$ 值为2.0~2.5,与悬浮总体交切点 $\varphi$ 值为4左右,悬浮总体小于10%。这一类型体现了河流和波浪综合冲刷作用,跳跃总体分选较好,大致相当于三角洲前缘亚相的河口坝沉积。

(3)低斜多段式(图7(c))。主要分布于塔塔埃尔塔格组,为斜率较低的多段式,由多个折线组成上拱型,斜率小于40°,粒度范围较宽,组分多且分选差,反映洪水期不稳定动荡水流快速堆积的特点,属于三角洲前缘亚相水下分支河道的特点。

#### 3.2.2 扇三角洲环境

上拱弧形式(图7(d))。主要分布于塔塔埃尔塔格组,呈斜率较低、整体缓慢上拱的特点,跳跃总体与悬浮总体缓慢过渡无明显的转折点,分选差,表明水体能量较差且堆积速度较快,体现了浊流或碎屑流沉积的特点,推测属于扇三角洲平原亚相。

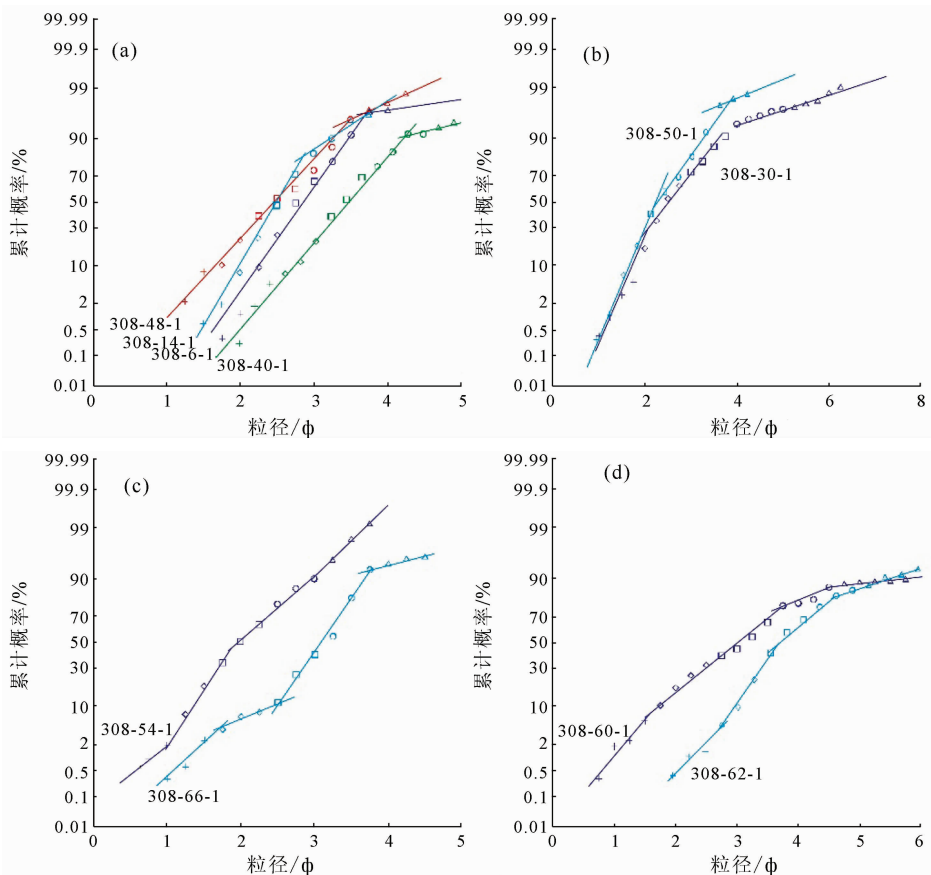


图7-1 粒度概率累积曲线

Fig. 7-1 Probability cumulative grain-size distribution curves



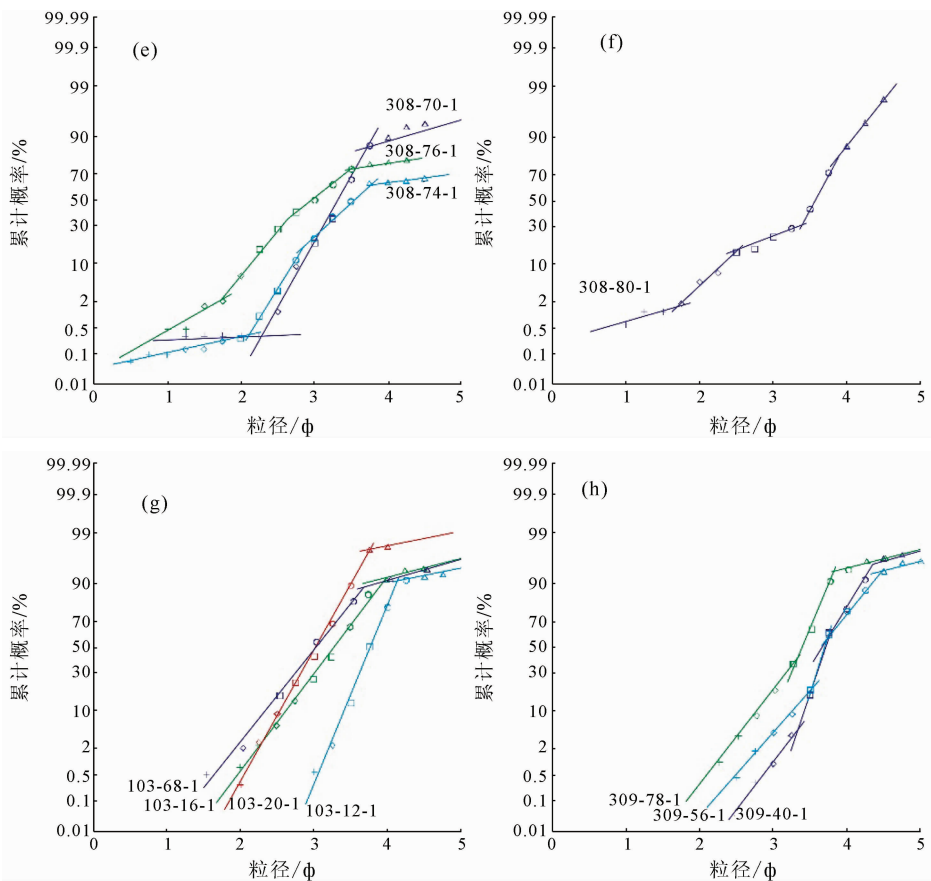


图 7-2 粒度概率累积曲线

Fig. 7-2 Probability cumulative grain-size distribution curves

3.2.3 潮坪环境

(1)典型三段式(图 7(e))。主要分布于衣木干他乌组一段,由 3 个总体构成。滚动总体含量小于 5%,与跳跃总体交切点  $\phi$  值为 2.0 ~ 2.5。跳跃总体含量为 80% ~ 90%,斜率  $50^\circ \sim 60^\circ$ ,分选较好,部分跳跃总体有 2 个次总体,其交切点  $\phi$  值 2.5 ~ 3.0,与悬浮总体的上交切点  $\phi$  值为 3.5 ~ 4.0。整体  $\phi$  值区间为 1 ~ 5,分布较广,可能为潮间带的中潮坪环境。

(2)典型多段式(图 7(f))。主要分布于衣木干他乌组一段,由多个次总体构成。滚动总体含量小于 5%,与跃动总体交切点  $\phi$  值为 1.5 ~ 2.0。跳跃总体含量为 70% ~ 80%,呈多段式,表现出冲刷、回流 2 种能量的特点。与悬浮总体交切点  $\phi$  值为 4,悬浮总体含量约 10%。跳跃总体上段与悬浮总体分选较好,体现出能量较高的潮间带下潮坪特点。

3.2.4 滨岸环境

(1)高斜两段式(图 7(g))。主要分布于衣木干他乌组二段、克孜尔塔格组一段,呈两段式,由跳

跃总体和悬浮总体构成。跳跃总体含量高于 90%,斜率较大,分选性较好,与悬浮总体交切点  $\phi$  值为 3.5 ~ 4.0;悬浮总体含量小于 10%。这一类型表现出水动力条件较强、分选好的特点,体现出前滨的沉积特点。

(2)高斜多段式(图 7(h))。主要分布在克孜尔塔格组二段,由跳跃总体和悬浮总体 2 个总体构成。跳跃总体分为 2 个次总体,含量约 90%,2 个次总体交切点  $\phi$  值为 3.0 ~ 3.5,与悬浮总体交切点  $\phi$  值为 3.5 ~ 4.0;悬浮总体含量小于 10%。这一类型体现出波浪和流水对碎屑的反复冲洗改造的特点,体现出前滨的特点。

4 沉积环境演化

上述沉积学特征和粒度特征分析表明柯坪地区志留纪—泥盆纪沉积环境发生较大但有规律的变化:主体岩性由灰绿色岩屑砂岩逐步变为紫红色石英砂岩,成熟度逐渐增高;水体能量逐渐增

加,由三角洲环境逐步改变为滨岸环境;气候由湿润变为干燥。

沉积环境演变如下:经历了晚奥陶世的地壳抬升,早志留世柯坪地区再次接受海侵,柯坪塔格底部形成了底砾岩,之后处于气候较湿润的三角洲环境,为三角洲平原—三角洲前缘沉积,主体岩性为灰绿色岩屑砂岩与粉砂岩、泥岩,分选较差,成熟度较低,交错层理、流水波痕发育,指示三角洲平原分流河道的特点,灰绿色砂岩与粉砂岩互层,表现出三角洲前缘远砂坝的特点,柯坪塔格组二段富含笔石的块状层黄绿色泥岩,为一套陆棚相的沉积。这整体表现出河控三角洲的层序特征,柯坪塔格组沉积期海平面变化仍比较明显。

塔塔埃尔塔格组沉积期开始,出现小规模海退,气候逐渐干燥,主体岩性为紫红色岩屑石英砂岩夹灰绿色岩屑砂岩,粒度较柯坪塔格组变粗,结构成熟度较柯坪塔格组好,交错层理发育,岩性组合、粒度概率累积曲线与柯坪塔格组有明显不同,粒度参数表现出分选变差、粒度区间变大的特点,表明水动力条件减弱,部分出现扇三角洲平原沉积。

衣木干他乌组沉积期,海侵范围扩大,气候变得干燥,主要岩性为紫红色细粒石英砂岩、钙质石英砂岩与粉砂质泥岩、泥岩互层,上部泥岩增加,泥裂、浪成波痕发育。砂岩成熟度较高,表明处于水动力较强的沉积环境,总体表现出潮间—潮上带的沉积特点。

克孜尔塔格组沉积期,海侵进一步扩大,主要为紫红色细粒石英砂岩夹粉砂岩、含砾粗砂岩,板状交错层理、平行层理发育,波痕、泥裂发育,砂岩成熟度较高,说明处于水动力条件较强的环境中,整体体现出前滨—后滨的沉积特点,表明其处于干燥的滨海环境。

从柯坪地区志留纪—泥盆纪沉积环境演化看,由湿润的河控三角洲沉积环境逐步转变为干燥的滨岸沉积环境,砂岩的成熟度也逐渐增加,表明柯坪地区逐渐远离物源区,逐步处于构造稳定的背景。

## 5 结论

(1)通过对各组地层特征及砂岩的粒度分析,识别出4种沉积体系,分别为河控三角洲、扇三角洲、潮坪环境、滨海环境。其中首次在塔塔埃尔塔

格组中识别出扇三角洲沉积体系。

(2)根据粒度分析的粒度参数及概率累积分布图,识别出8种粒度累积曲线。其中河控三角洲(主要为柯坪塔格组、塔塔埃尔塔格组)为典型两段式、一跳一悬夹过渡式、低斜多段式;扇三角洲(塔塔埃尔塔格组)为上拱弧形式;潮坪环境(主要为衣木干他乌组)为典型三段式、典型多段式;滨海环境(主要为克孜尔塔格组)为高斜两段式、高斜多段式。

(3)柯坪地区从志留纪—泥盆纪,水体能量和流动性经历了先减小后逐渐增加的过程,气候由温暖湿润逐渐变为炎热干燥,砂岩成熟度逐渐升高,距物源区逐渐变远,逐渐处于构造稳定的背景。

## 参考文献:

- [1] 成都地质学院陕北队. 沉积物粒度分析及其应用[M]. 北京:地质出版社,1978.
- [2] 赵澄林,朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 3版. 北京:石油工业出版社,2001.
- [3] 赵鲁阳,吕大炜,刘海燕,等. 安徽巢北地区五通组沉积环境分析[J]. 沉积学报,2015,33(3):470-479.
- [4] 于涛,于江涛,孟宁宁,等. 鄂尔多斯盆地油房庄延长组长7油层组沉积环境的粒度特征研究[J]. 中国科技论文,2017,12(3):255-262.
- [5] 李先平,于兴河,李胜利,等. 冀中拗陷深县凹陷古近系沙河街组沙一段沉积相特征[J]. 古地理学报,2011,13(3):262-270.
- [6] 张旻旻,张梅生,李晓波,等. 辽西兴城地区上古生界沉积环境识别[J]. 沉积学报,2015,33(6):1159-1169.
- [7] 王铸坤,李宇志,操应长,等. 渤海湾盆地东营凹陷永北地区沙河街组三段砂砾岩粒度概率累积曲线特征及沉积环境意义[J]. 石油与天然气地质,2017,38(2):230-240.
- [8] 张翔,田景春,彭军. 塔里木盆地志留统塔塔埃尔塔格组沉积体系及沉积模式[J]. 沉积学报,2006,24(3):370-377.
- [9] 张翔,田景春,彭军. 塔里木盆地志留—泥盆纪岩相古地理及时空演化特征研究[J]. 沉积学报,2008,26(5):762-771.
- [10] 邢凤存,李祯,李思田. 柯坪露头区早志留世三角洲及碎屑海岸沉积[J]. 中国地质,2011,38(4):996-1007.
- [11] 张惠良,王招明,张荣虎,等. 柯坪地区下志留统储层性质及控制因素[J]. 海相油气地质,2005,10(2):23-30.
- [12] 楼仁兴,董清水,聂辉,等. 塔里木盆地巴楚—麦盖提地区志留—泥盆纪岩相古地理特征及油气勘探前景[J]. 石油实验地质,2011,33(6):580-586.
- [13] 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:以柯坪露头区为例[J]. 地球科学,2011,36(3):541-554.
- [14] 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.

[15] 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.

[16] 张良臣,刘德权,王胡标,等. 中国新疆优势金属矿产成矿规律[M]. 北京:地质出版社,2006:1-513.

[17] 孟广路,孟彦军,王斌. 中国—吉尔吉斯斯坦天山构造格架与演化[J]. 中国地质调查,2018,5(1):28-36.

[18] Friedman G M. Comparison of moment measures for sieving and thin-section data in sedimentary petrological studies[J]. J Sediment Petrol,1962,32(1):15-25.

[19] Fork R L, Ward W C. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters[J]. J Sediment Petrol,1957,27(1):3-26.

[20] Fork R L. A review of grain-size parameters[J]. Sedimentology, 1966,6(2):73-93.

[21] Friedman G M. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands[J]. J Sediment Petrol,1967,37(2):327-354.

[22] Sahu B K. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments[J]. J Sediment Petrol,1964,34(1):73-83.

[23] Visher G S. Grain size distributions and depositional processes[J]. J Sediment Res,1969,39(3):1074-1106.

[24] Visher G S. Use of vertical profile in environmental reconstruction[J]. AAPG Bull,1965,49(1):41-61.

## Grain-size distribution characteristics and sedimentary environment of Silurian–Devonian sandstone in Keping area of Xinjiang Province

YAN Kun, MA Wei, LIU Xiaodan, LI Na

(The 7th Gold Detachment of People's Armed Police, Yantai 264000, China)

**Abstract:** In order to systematically study the evolution characteristics of Silurian–Devonian sedimentary environment in Keping area, the authors analyzed the sandstone in detail through sedimentary, stratigraphic and grain size analysis. Four sedimentary environments, including river-controlled delta, tidal-controlled delta, tidal flat and coast, were identified, with their own unique grain-size characteristics and probability cumulative curves. River-controlled delta is featured with typical two stages, hop-suspension transition and low-skew multistage. Fan delta is featured with the upper arch arc. Tidal-controlled delta is featured with typical three stages and multistage. Coastal area is featured with high oblique two stages and high oblique multistage. The sedimentary environment gradually changed from wet river-controlled delta to dry coastal deposit from Silurian to Devonian, with the increasing maturity of sandstone. This indicates that Keping area was gradually away from provenance area and in the background of structural stability.

**Keywords:** Keping area; clastic rocks; grain-size analysis; sedimentary environment

(责任编辑:刘永权)