

文章编号: 1009-3850(2009)03-0009-06

河南留山盆地上三叠统沉积粒度分析

曹高社¹, 杨启浩¹, 林玉祥², 邢娜娜¹, 俎新许¹, 徐光明¹

(1. 河南理工大学 资源环境学院, 河南 焦作 454003; 2. 山东科学技术大学 地球信息科学与工程学院, 山东 青岛 266510)

摘要: 通过留山盆地上三叠统概率累积曲线、粒度参数和 ϕ -M 图解等分析, 沉积物粒度特征主要反映了扇三角洲泥石流、水下分流河道和河口坝沉积。下部太山庙组显示了水流由强至弱, 搬运能力逐渐减小的过程; 上部太子山组显示出水流不稳, 流速交替多变的特点。粒度特征也显示了紊流作用的强烈影响, 而紊流作用的产生可能与快速水流以及较高的悬浮颗粒含量有关。

关键词: 留山盆地; 上三叠统; 沉积环境; 粒度分析

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

1 引言

留山盆地位于秦岭造山带的北部, 沿栾川-固始断裂带南部的马市坪-留山-十里铺-高庄断裂南侧呈狭窄条带状北西西向展布(图 1)。盆地基底主要由中元古界宽坪群斜长角闪片岩、云英片岩、大理岩和下古生界二郎坪群细碧岩、石英角斑岩和大理岩组成, 盖层岩系为上三叠统太山庙组和太子山组^[1]。

晚三叠世, 华北和扬子两板块最终陆陆碰撞, 前人对于这一碰撞已进行了大量的岩石学、地球化学和构造地质学等的研究^[2,3], 但对于该时期沉积学的研究尚较少涉及。留山盆地的沉积记录可以对这一碰撞历史提供重要的约束条件, 进而对这一时期造山带两侧的盆地分析提供资料。

碎屑颗粒的粒度与分布受流水能量控制, 与沉积物形成环境极为密切。本文通过留山盆地上三叠统的粒度分析, 揭示粒度分布规律及粒度参数特征, 为恢复古沉积环境提供佐证。

2 沉积剖面结构分析

研究剖面位于河南省南召县太山庙乡鸭河东岸, 下部为太山庙组, 上部为太子山组, 剖面结构简述如下(图 2):

太山庙组下部为中厚层状褐黄色-灰色细砂岩、粉砂岩与浅灰色-黑色薄层状砂质泥岩、泥岩互层, 底部为砾岩。砾石成分复杂, 以片岩砾石为主, 砾石形态呈棱角状-半棱角状, 砾径 $0.2 \sim 10$ mm, 分选性较差, 胶结物为粒度较小的岩屑; 中部为灰色-灰白色薄层状岩屑砂岩, 夹土黄色-深灰色薄层泥岩; 上部为浅灰色厚层状细砂岩与灰色厚层泥质粉砂岩互层, 细砂岩中可见潜穴化石, 并夹有菱铁矿结核和条带, 浅灰色泥岩中可见植物化石碎片和煤线。根据岩性组合、沉积构造和薄片分析, 太山庙组底部为扇三角洲平原泥石流沉积, 反映了盆地周侧剥蚀区的快速隆升和盆地沉降的开始。上部地层总体反映了扇三角洲的退积作用, 但沉积相变化较为平缓, 发育了较厚的扇三角洲前缘沉积, 反映了盆地水体

收稿日期: 2008-12-24 改回日期: 2009-06-02

作者简介: 曹高社(1965—), 教授, 主要从事构造地质学和沉积学研究

资助项目: 中石化重大前瞻性项目“华北西南部晚三叠世-新近纪岩相古地理研究与编图(CW800-07-2 S165-01)”和河南理工大学博士基金(648511)联合资助

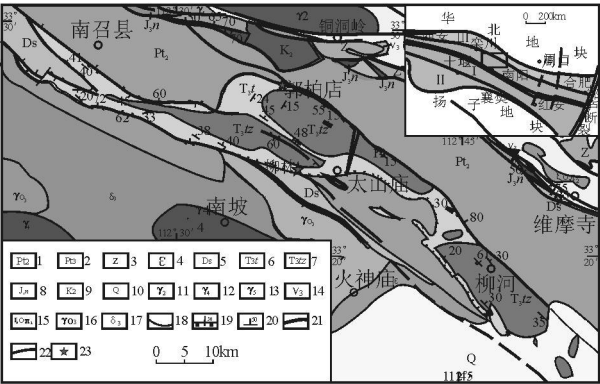


图 1 留山盆地构造位置

1 中元古界宽坪群; 2 新元古界栾川群; 3 震旦系陶湾群; 4 寒武系二郎坪群; 5 泥盆系柿树园组; 6 上三叠统太山庙组; 7 上三叠统太子山组; 8 上侏罗统南召组; 9 上白垩统; 10 第四系; 11 晋宁期侵入花岗岩; 12 华力西期花岗岩; 13 印支期花岗岩; 14 加里东期变辉长岩; 15 晋宁期正长斑岩; 16 加里东期侵入斜长花岗岩; 17 加里东期闪长岩; 18 断层; 19 逆断层及倾向; 20 岩层产状; 21. 地层界线; 22 不整合线; 23 实测剖面

Fig 1 Tectonic setting of the Liushan Basin

1 = Mesoproterozoic Kuanping Group 2 = Neoproterozoic Luanchuan Group 3 = Sinian Taowan Group 4 = Cambrian Erfangping Group 5 = Devonian Shishuyuan Formation 6 = Upper Triassic Taishanmiao Formation 7 = Upper Triassic Taizishan Formation 8 = Upper Jurassic Nanzhao Formation 9 = Upper Cretaceous 10 = Quaternary 11 = Jinningian intrusive granite 12 = Variscan granite 13 = Indosinian granite 14 = Caledonian metagabbro 15 = Jinningian syenite porphyry 16 = Caledonian intrusive plagiogranite 17 = Caledonian diorite 18 = fault 19 = thrust fault and its dip angle 20 = occurrence mode of beds 21 = stratigraphic boundary 22 = unconformity 23 = measured section

的上升, 平稳的沉降阶段。

太山庙组的顶部为一平坦的硬底, 表面呈结壳

和结核状, 发育自生矿物 (Fe 的氧化物) 薄壳, 生物扰动强烈, 相当于 Brett 等板状硬底 (planar hardground), 系水体加深, 沉积作用中断, 沉积环境发生重大的物理化学变化的界面。

该界面系本次研究中发现, 由此将原太山庙组的底界下移到该界面, 即河南省地质矿产局所分太山庙组第 9 层的底部^[4], 该界面总体上划分了下部的退积作用和上部的进积作用两大沉积阶段。

太子山组下部为黑色炭质泥岩, 夹灰白色薄层泥岩; 中部为浅灰色巨厚层状细砂岩与浅灰色巨厚层状粉砂质泥岩, 夹巨厚层炭质泥岩; 上部为灰色、浅灰色厚层巨厚层状中细岩屑砂岩与薄中厚层状泥质粉砂岩及粉砂质泥岩互层。上述中细层状砂岩主要为块状层理, 含有粉砂质泥岩包裹体, 底面发育大量槽痕和负载构造。粉砂岩及粉砂质泥岩中发育水平层理, 含植物化石碎片。根据岩性组合、沉积构造和薄片分析, 太子山组底部为前扇三角洲沉积, 反映了盆地基底的突然下沉, 形成一个短暂的欠补偿沉积阶段。其上部为扇三角洲前缘水下分流河道和分流间湾沉积, 底面大量的槽痕和负载构造反映了快速水流、快速堆积的性质。太子山组总体代表了快速进积作用阶段, 盆地已演化为过补偿沉积。

3 粒度分析

留山盆地上三叠统主要为一套扇三角洲相沉积。其中, 太山庙组主要发育扇三角洲平原亚相和扇三角洲前缘亚相, 太子山组主要为前扇三角洲亚相和扇三角洲前缘亚相。上述亚相可进一步划分为泥泥石流微相、水下分流河道微相和河口砂坝微相等。

3.1 太山庙组

1. 扇三角洲平原亚相

太山庙组下部为扇三角洲平原亚相沉积, 其主

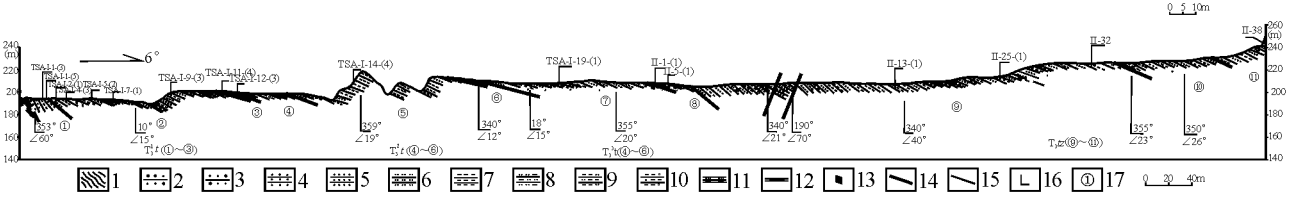


图 2 留山盆地上三叠统实测地质剖面图

1 长石石英片岩; 2 砂砾岩; 3 含砾砂岩; 4 粗砂岩; 5. 细砂岩; 6 粉砂岩; 7 泥岩; 8 泥质粉砂岩; 9. 粉砂质泥岩; 10 硅质泥岩; 11. 油页岩; 12 煤线; 13 菱铁矿; 14 断层; 15 分层界线; 16 岩层产状; 17 层号

Fig 2 Measured geological section across the Upper Triassic strata in the Liushan Basin

1 = feldspathic quartz schist 2 = sandstone and conglomerate 3 = gravel bearing sandstone 4 = coarse grained sandstone 5 = fine grained sandstone 6 = siltstone 7 = mudstone 8 = muddy siltstone 9 = silty mudstone 10 = siliceous mudstone 11 = oil shale 12 = coal streak 13 = siderite 14 = fault 15 = bed boundary 16 = occurrence mode of beds 17 = bed number

要沉积作用包括泥石流沉积、辫状河沉积, 以及分流间湾的泥炭或褐煤沉积。

太山庙组底部粗碎屑岩的概率累计曲线呈“低斜多段”式(图 3), 由多条低斜率的较短直线段组成, 显示出其分选性较差, 粒度分布范围较大, 反映动荡环境中能量不稳定的重力流特点, 系扇三角洲平原泥石流沉积。

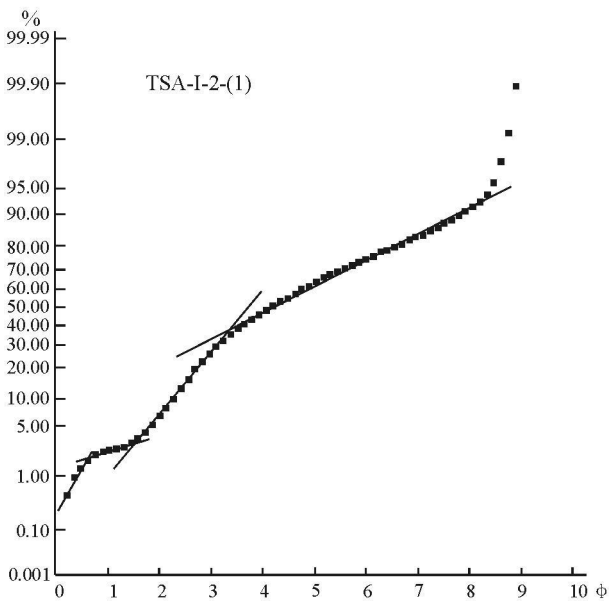


图 3 太山庙组底部概率累计曲线

Fig 3 Grain size probability accumulative curves for the basal deposits of the Taishan Temple Formation

2 扇三角洲前缘亚相
太山庙组扇三角洲平原亚相沉积之上为扇三角洲前缘亚相, 主要有水下分流河道微相和河口砂微相。

扇三角洲前缘水下分流河道微相: 该微相是水上辫状河道入湖后向湖盆中央延伸的部分, 其岩性主要为中厚 厚层状中细粒岩屑砂岩, 呈延伸较长的透镜状。概率累积曲线整体呈上拱状或低斜状, 但仍可显示出多段式的特征, 由两个跳跃次总体和两个悬浮总体组成(图 4)。反映水上辫状河道入湖后, 能量有所降低。概率曲线除反映重力流沉积特征外, 也反映多组水流的影响, 是扇三角洲水下辫状河道的重要特征。

扇三角洲前缘河口坝微相: 主要表现为中薄层细粒岩屑砂岩与薄层粉砂质泥岩的互层, 砂岩分选性较好。概率累积曲线呈“高斜→跳→悬加过渡”式和“高斜两跳二悬夹过渡”式(图 5), 反映河口区中等能量的动荡水流环境, 受河要沉积作用包流与

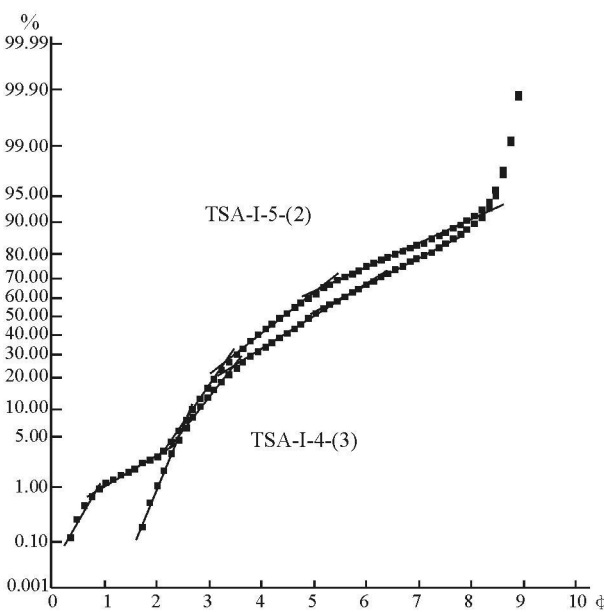


图 4 太山庙组水下分流河道微相概率累计曲线
Fig 4 Grain size probability accumulative curves for the subaqueous distributary channel deposits in the Taishan Temple Formation

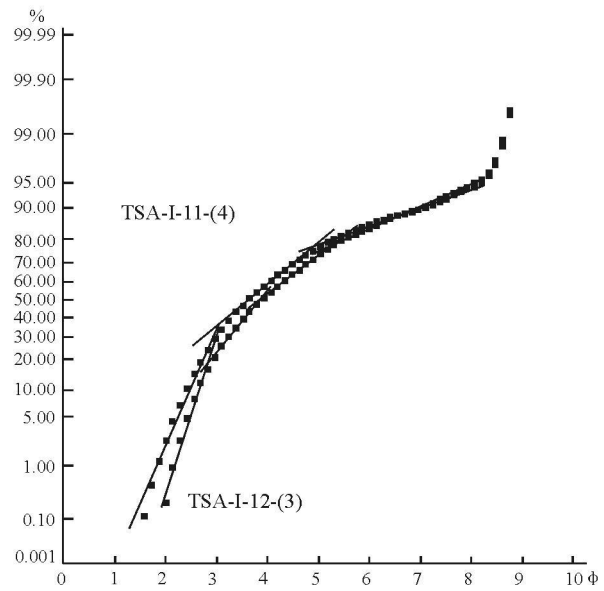


图 5 太山庙组河口坝沉积微相概率累计曲线
Fig 5 Grain size probability accumulative curves for the channelmouth bar deposits in the Taishan Temple Formation

湖浪冲刷的双重影响。

3 2 太子山组

太子山组底部为黑色炭质泥岩, 夹灰白色薄层粉砂质泥岩, 发育水平层理, 为前扇三角洲相沉积。前扇三角洲相之上主要为扇三角洲前缘亚相河口坝

微相、水下分流河道和分流间湾沉积微相。

1. 扇三角洲前缘水下分流河道微相

太子山组以发育土黄色巨厚层细中粒岩屑砂岩为特征, 概率累积曲线主要为“低斜多段”式。其总体斜率较低, 无确定粗细截点, 由不同斜率折线段组成。粒度范围较宽, 反映了洪水期不稳定的动荡水流, 可能系洪水期时, 河流入湖后仍保持较高的流速沿湖底流动, 以至把推移载荷带到河口以外的湖区, 形成水下河道砂 (图 6)。

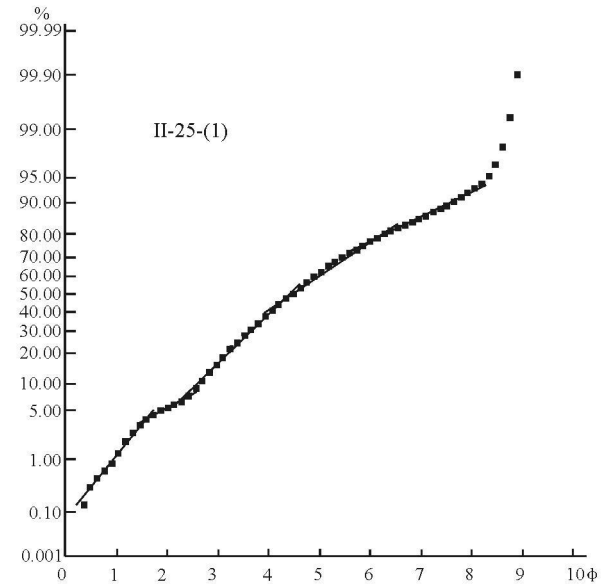


图 6 太子山组扇三角洲前缘水下分流河道沉积微相
Fig 6 Grain size probability cumulative curves for the subaqueous distributary channel deposits on the fan delta front of the Taizishan Formation

2. 扇三角洲前缘河口坝微相

概率累积曲线主要为“高斜多跳二悬”式 (图 7), 系枯 (平) 水期辫状河入湖河口坝沉积物典型的粒度特点^[5]。

3.3 粒度参数及意义

用于研究沉积环境的粒度参数常用的有平均粒径 ($M\phi$)、分选系数 ($S\phi$)、偏度 (SK_1)、峰态 (KG)、标准偏差 (σ_1) 等。留山盆地太山庙剖面中部分样品粒度参数特征如表 1 所示。

C 值是累积曲线上颗粒含量 1% 处对应的粒径值, 代表最大搬运能力, 从表 1 中可以看出太山庙组 C 值自下到上逐渐变小, 显示了水流由强至弱, 其最大搬运能力逐渐减小的过程, 对应着盆地的稳定沉降和退积作用。太子山组 C 值大小相间, 显示出水流不稳, 流速交替多变的特点, 可能反映了盆地充填的多旋回沉积特征。

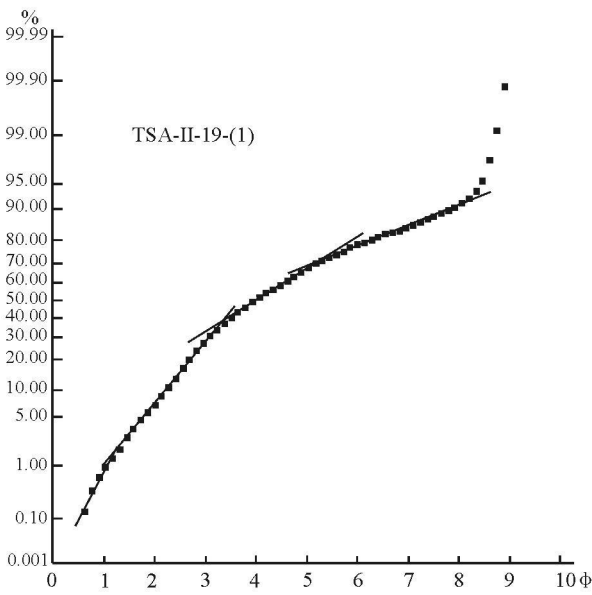


图 7 太子山组河口坝沉积微相概率累积曲线
Fig 7 Grain size probability cumulative curves for the channelmouth bar deposits in the Taizishan Formation

中值 M 表示平均搬运能力。太山庙组和太子山组中值 M 变化较大, 平均搬运能力时大时小, 显示出水流不稳, 流速交替多变的演化特点。

平均粒径 ($M\phi$) 表示粒度分布集中的趋势, 同时也反映了介质能量的大小。太山庙剖面粒径在 $3.704 \sim 5.27\phi$ 之间, 平均为 4.4ϕ 。太山庙组上部平均粒径较下部小, 说明水流变缓, 承载力变小; 太子山组变化较大。

分选系数 ($S\phi$) 表示分选性, $S\phi$ 小表示分选性好。留山盆地样品的分选系数为 $1.968 \sim 3.003$, 变化较大。太山庙组分选系数自下到上逐渐小, 分选程度逐渐变高; 太子山组则显示没有一定的规律。

偏度 (SK_1) 表示粒度分布的不对称程度, 通常正偏多出现于河流环境中。太山庙剖面偏度在 $0.15 \sim 0.45$ 之间, 平均 0.33 , 属于正偏态或很正偏态, 表明粒度主要分布在粗粒部分, 在粒度分布直方图上, 多数样品具有双峰特征, 具有一个较弱的细粒峰 (图 8)。

峰度 (KG): 峰态通常用来衡量粒度频率曲线的尖锐程度, 即度量粒度分布的中部与两尾部的展形之比。太山庙剖面峰度在 $0.846 \sim 1.248$ 之间, 平均 1.05 , 峰态中等。结合粒度分布的双峰特征, 表明沉积物具有两个或两个以上物质 (总体) 的混合作用^[6], 且粗组分居多, 这一混合作用可能不是源区沉积物粒度的直接混合, 而与快速水流引起的底质的再悬浮有关。

表 1 留山盆地粒度参数及判别
Table 1 Grain size parameters and discriminant analyses of the samples from the Liushan Basin

组别	样品编号	C值 / μm	M值 / μm	平均值 M_z / $^\circ$	分选系数 / S°	偏度 SK_1	峰态 KG	标准偏差 $\sigma_1(^\circ)$	Y浅海. 河流	Y浊流. 河流
太子山组	II -38	491.697	92.653	3.757	2.006	0.380	1.255	1.709	-26.33	10.76
	II -32	274.062	35.739	5.006	2.598	0.180	0.871	1.889	-30.65	7.97
	II -25-(1)	508.452	43.222	4.796	2.359	0.20	1.053	1.924	-32.00	8.90
	II -13-(1)	619.171	101.680	3.704	2.250	0.370	1.217	1.979	-35.00	10.02
	II -5-(1)	249.783	67.920	4.277	2.088	0.410	1.147	1.763	-27.96	10.66
	II -1-(1)	250.864	81.523	3.987	1.968	0.450	1.207	1.641	-24.58	11.19
	TSA-I19-(1)	467.248	59.025	4.552	2.68	0.320	0.954	2.116	-39.44	8.67
	TSA-I14-(4)	159.077	33.970	5.276	2.429	0.310	0.882	1.817	-28.88	9.21
太山庙组	TSA-I12-(3)	225.010	64.581	4.293	2.037	0.390	1.143	1.680	-25.36	10.65
	TSA-I -11-(4)	278.085	78.237	4.073	2.052	0.430	1.196	1.745	-27.58	10.96
	TSA-I -9-(3)	606.670	96.73	3.768	2.240	0.350	1.248	2.021	-36.35	10.02
	TSA-I -7-(1)	304.923	58.574	4.395	2.187	0.320	1.100	1.810	-28.94	9.81
	TSA-I5-(2)	497.509	45.487	4.871	2.586	0.300	0.905	1.964	-33.85	8.80
	TSA-I-4-(3)	249.594	30.388	5.262	2.944	0.150	0.790	2.024	-35.07	7.32
	TSA-I2-(1)	692.501	98.325	3.888	2.616	0.380	1.048	2.176	-42.20	9.02
	TSA-I1-(3)	757.328	52.229	4.668	3.003	0.270	0.846	2.137	-39.96	7.83

注: 1 粒度测定由胜利油田石油地质测试中心完成; 2 萨胡环境判别式:
 $Y_{\text{浅海. 河流}} = 0.2852M_z - 8.7604\sigma_1 - 4.8932SK_1 + 0.0482KG$ $Y_{\text{浅海}} > -7.4190$ $Y_{\text{河流或三角洲}} < -7.4190$
 $Y_{\text{河流. 浊流}} = 0.7215M_z - 0.4030\sigma_1 + 6.7322SK_1 + 5.2927KG$ $Y_{\text{河流}} > 9.8433$ $Y_{\text{浊流}} < 9.8433$

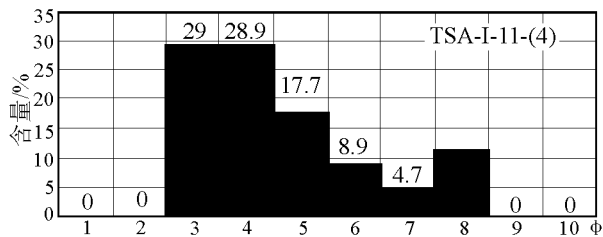


图 8 粒度分布直方图
Fig 8 Histograms of the grain size distribution

标准偏差 (σ_1)表示分选程度的参数。它表示颗粒大小的均匀程度, 或者说是表现围绕集中趋势的离差。太山庙剖面标准偏差 (σ_1)在 1.641 ~ 2.176之间, 平均 1.9 表明分选程度较差。太山庙组自下到上标准偏差由大变小, 显示分选性逐渐变高, 由差变为较差。太子山组则无明显规律性。

通过萨胡环境判别式判断, 可以得出以下的结论:

- (1)留山盆地上三叠统 Y浅海. 河流值在 -42.20 ~ -24.58 之间, 符合 Y浅海. 河流 (三角洲) < -7.4190 显示为河流或三角洲环境。
- (2) 留山盆地上三叠统太山庙组下部 Y河流

(三角洲). 浊流 < 9.8433 , 显示为浊流环境, 这可能是冲积扇或辫状河直接入湖形成由水上到水下的中、粗碎屑岩重力流沉积体系的表现。太山庙组上部显示 Y河流 (三角洲). 浊流 > 9.8433 , 说明沉积物主要为河流或三角洲相沉积; 太子山组 Y河流 (三角洲). 浊流既有 > 9.8433 , 又有 < 9.8433 显示出既具有河流或三角洲相沉积特征, 又具有浊流沉积的性质。

3.4 CM图解及意义

将所得到的样品粒度参数投影到 CM图中, 发现样品与典型的牵引流 CM图像很不相同, 主要分布在 PQ QR段的左侧, 表明沉积物滚动物质较少, 而以悬浮物质为主。总体上, 数据落在了浊流沉积区域内, 但 CM值的分布范围又较典型的浊流沉积要窄 (图 9)。可能说明留山盆地上三叠统的水流特征可能是受到浊流影响的牵引流。

4 结 论

留山盆地上三叠统的粒度特征主要反映了扇三角洲泥泥石流沉积、水下分流河道沉积和河口坝沉积。下部太山庙组显示了水流由强至弱, 搬运能力逐渐

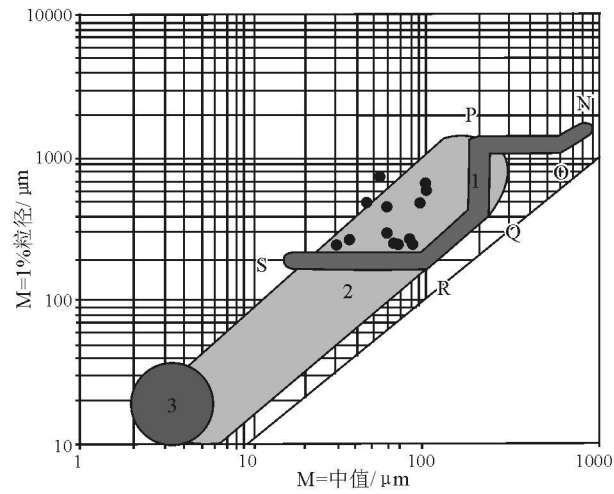


图 9 留山盆地上三叠统地层样品 C-M图解

1. 牵引流(河流) 2. 浊流 3. 静水悬浮

Fig 9 C-M Patterns for the Upper Triassic stratigraphic samples from the Liushan Basin

1= tractional current(stream); 2= turbidity current; 3= hydrostatic suspension

减小的过程;上部太子山组显示出水流不稳,流速交替多变的演化特点。无论概率累积曲线总体的“低斜状”或“上拱式”,还是部分粒度参数以及 CM图

上总体落在浊流沉积区域,均显示了紊流作用的强烈影响,尤其是在太子山组。这一影响在宏观上表现为砂岩的块状构造,以及底面及其发育槽痕构造和软沉积物变形构造。紊流作用的产生可能与快速水流,以及较高的悬浮颗粒含量有关。

参考文献:

[1] 吴贤涛,孟繁顺,姚庚云.河南省中生代含煤地层划分及对比兼谈义马型煤田预测[J].焦作矿业学院学报,1989 6(1): 1—16
[2] 张本仁,张宏飞,赵志丹,等.秦岭造山带地球化学[M].北京:科学出版社,2002
[3] 张国伟,张本仁,袁学诚,等.秦岭造山带与大陆动力学[M].北京:科学出版社,2001
[4] 河南省地质矿产局.河南省区域地质志[M].北京:地质出版社,1989.
[5] 袁静,杜玉民,李云南.惠民凹陷古近系碎屑岩主要沉积环境粒度概率累积曲线特征[J].石油勘探与开发,2003 30(3): 103—106
[6] 刘宝珺,曾允孚.岩相古地理基础和工作方法[M].北京:地质出版社,1985

Grain size analysis of the Upper Triassic deposits in the Liushan Basin, Henan

CAO Gao shè, YANG Qi hao, LIN Yu xiang, XING Nan, ZU Xin xu, XU Guang ming
(1. School of Resources and Environment Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003 Henan, China; 2. College of Geology Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510 Shandong, China)

Abstract: Judged from grain size probability accumulative curves, grain size parameters and C-M patterns, the Upper Triassic deposits in the Liushan Basin are built up of the fan delta debris flow deposits, subaqueous distributary channel deposits and channel mouth bar deposits. The Taishanmiao Formation in the lower part displays the evolution from the stronger flow to the weaker flow, while the Taizishan Formation in the upper part is characterized by unstable currents and varying flow velocity. The grain size parameters also indicate that intense turbulent flows may be closely related to the fast velocity of flows and higher contents of suspended particles.

Key words: Liushan Basin, Upper Triassic, sedimentary environment, grain size analysis