

# 新疆北三台苍房沟群碎屑岩 粒度特征及沉积环境

赵永胜 赵霞飞

(成都地质学院 610059)

对苍房沟群碎屑岩粒度资料进行分析对比,划分出八种粒度曲线类型。通过对曲线的垂向组合及各总体的分析,结合其它资料,认为苍房沟群的沉积环境为冲积扇、河流(低弯度河沉积)、三角洲和湖泊沉积。指出概率累计曲线和C-M图在沉积环境研究中具有较好的效果。

**关键词** 粒度分布 沉积环境 成因模式 碎屑岩 苍房沟群 新疆

**第一作者简介** 赵永胜 男 28岁 硕士 沉积学与石油地质

用粒度资料分析推断沉积环境,取得了很大的进展,但同时对其实用性也存在分歧。究竟怎样认识和评价粒度资料推断沉积环境的作用,我们在新疆准噶尔盆地做了一些实际工作,综合研究水动力条件、原生沉积构造、层序变化及粒度分布等多种因素,探讨物源区的性质、搬运过程和粒度频率曲线的形态,认为只要综合、系统运用各种参数,粒度资料可作为推断沉积环境的有用手段,尤其对于新探区更显得重要。

## 一、地质概况

研究区位于准噶尔盆地东部北三台地区,北起北三台断鼻构造,东西分别是阜康凹陷和吉木萨尔凹陷,南止阜康断裂带<sup>[1]</sup>(图1)。

苍房沟群在阜康断裂带前凹陷内为一套厚度近千米的陆相碎屑岩系,据大龙口剖面及井下岩芯(13口井)观察,主要地层旋回和岩性简述如下:

1. 泉子街组(P<sub>2q</sub>) 厚65—240 m,可分为三个旋回,为砾岩、砂岩、泥岩和砂质泥岩,组成向上变细的正韵律,夹薄的砾岩透镜体。

2. 梧桐沟组(P<sub>2w</sub>) 厚度358—600 m,下部可分五个正韵律旋回,为灰黄、浅黄绿含砾粗砂岩、中细砂岩、粉砂岩和泥岩,可见大型板状交错层理、槽状交错层理和水平层理;上部为砂岩和泥岩互层。

3. 韭菜园组(T<sub>1j</sub>) 厚度230—470 m,主要为黄灰色含钙质结核中细砂岩和紫红色泥岩、含钙泥岩,组成正韵律旋回;顶部为大套棕红色泥岩,夹少量薄层砂及泥灰岩透镜体。

3. 烧房沟组(T<sub>1s</sub>) 厚度275—400 m,下部为灰黄、紫灰色块状粗砂、中砂岩,夹紫

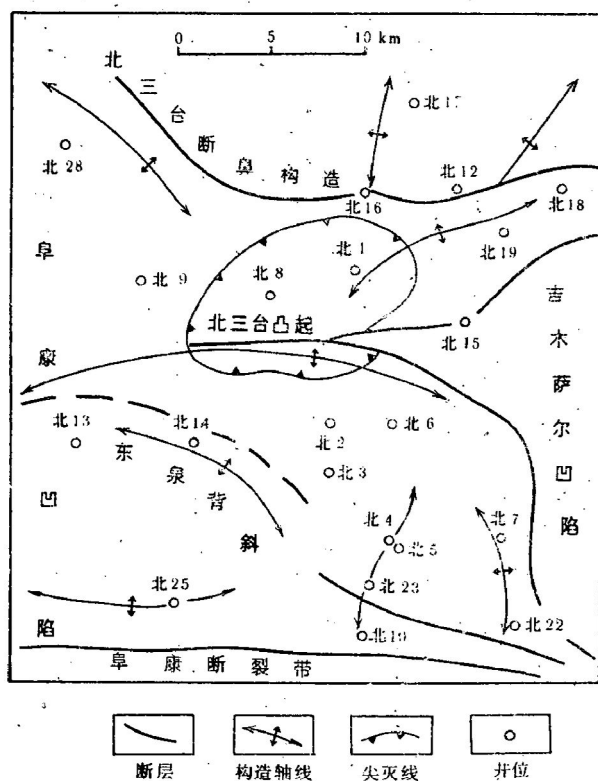


图1 北三台构造示意图

红色泥岩,见冲刷构造;上部为紫红色、棕红色泥岩,夹少量砂岩。

## 二、粒度曲线形态及环境意义

### (一) 概率累计频率曲线

对北三台地区诸井的150多个粒度资料及大龙口露头剖面的90多个粒度资料进行计算机处理(Q型聚类分析),该区的粒度曲线分为以下几种类型(图2,3):

#### 1. I型(图2A)

主要发育于泉子街组及井下的梧桐沟组,特征是各线段不具明显的总体意义,分选性极差,曲线呈一波折的、向上凸的曲线,以很低的坡度延伸,粒度区间大,可延伸至粗砂和细砾。

岩性为紫红色、黄绿色中、细砾岩,夹棕红色、浅黄绿色砂质泥岩及砂岩透镜体。沉积构造主要为块状层理,递变层理。

该型曲线反映了洪水泥石流在重力作用下,逐渐发展而形成的一种密度流沉积,与

露头的碎屑流沉积曲线相似,但粒度较粗,跨越区间较大,可与加拿大波特下白垩统及第三系泥石流沉积相对比<sup>[2]</sup>,更类似浊流沉积的粒度曲线(图2A)。

该曲线反映了一种类似浊流与泥石流的沉积,但成因有异,是一种泥石流在重力作用下的洪水密度流沉积,往往发育于冲积扇的扇根及扇中。

#### 2. II型(图2B, C, D)

该类型包括三种粒度曲线Ⅱ<sub>A</sub>、Ⅱ<sub>B</sub>及Ⅱ<sub>C</sub>(图2,表1)。

表1 II型河流粒度曲线特征值参数表

| 类型             | 跳跃总体      |         |       | S结合点<br>(φ) | 悬浮总体  |         |       |
|----------------|-----------|---------|-------|-------------|-------|---------|-------|
|                | 区间φ       | 斜度      | 含量%   |             | 区间φ   | 斜度      | 含量%   |
| Ⅱ <sub>A</sub> | 0—2.5     | 70°—75° | 80—90 | 2—2.25      | >2.5  | 25°—30° | 10—20 |
| Ⅱ <sub>B</sub> | 1—3.0     | 60°—65° | 80    | 2.5—3.0     | >3.0  | 35°—40° | 15—20 |
| Ⅱ <sub>C</sub> | 1.25—3.75 | 55°—65° | 60—90 | 1.25—3.75   | >3.75 | 20°—35° | 10—40 |

三种粒度曲线均由跳跃总体和悬浮总体组成,缺乏牵引总体,推测无河流分支,为河流发育中期。以跳跃总体为主,含量高达80%—90%,从Ⅱ<sub>A</sub>到Ⅱ<sub>C</sub>含量逐渐减少,斜度变缓(表1),分选性变差,反映跳跃总体的物质含量随水动力减弱而降低;从Ⅱ<sub>A</sub>到Ⅱ<sub>C</sub>悬浮总体含量逐渐增加,分选性变差,S点呈急剧变化,反映水动力条件渐减。相对水动力条件Ⅱ<sub>A</sub>>Ⅱ<sub>B</sub>>Ⅱ<sub>C</sub>。

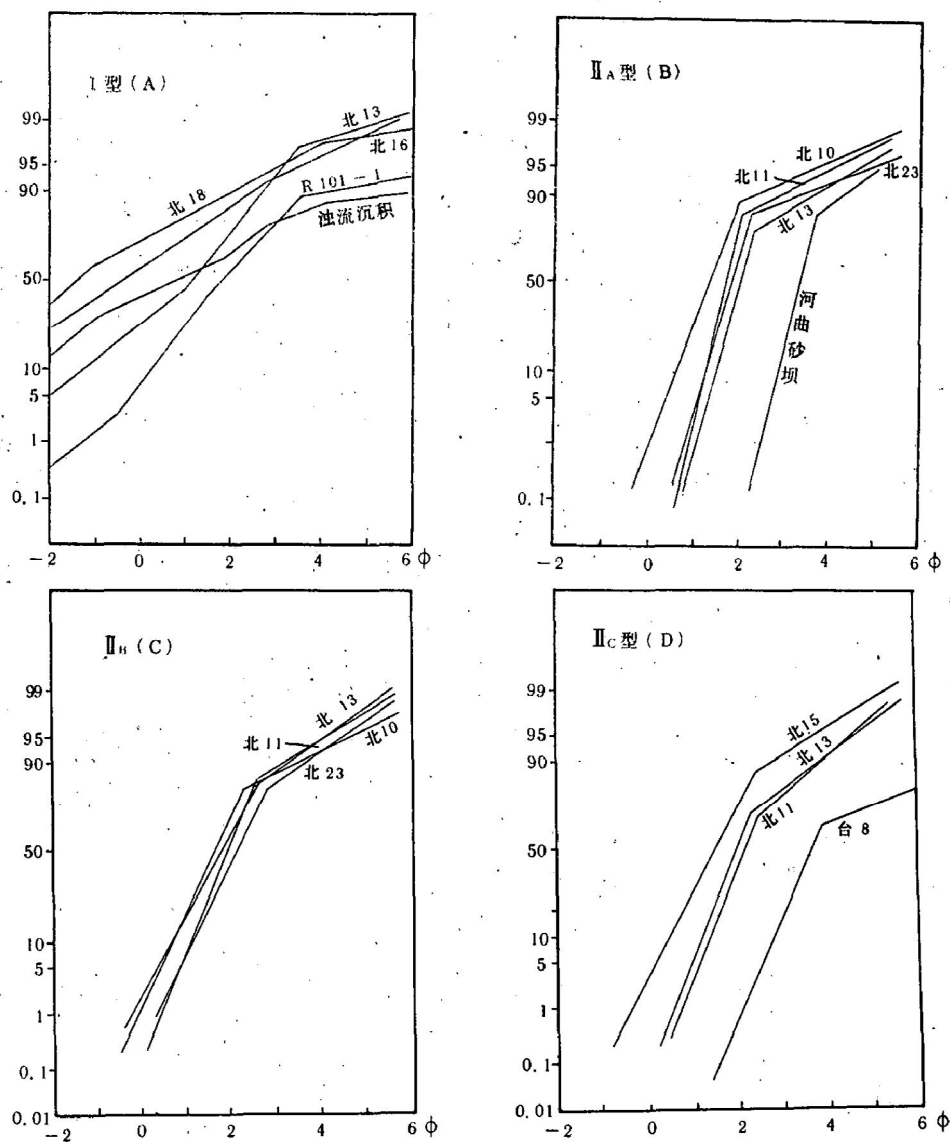


图2 苍房沟群典型概率累计频率曲线 (I—II型)

该曲线形态与近代布拉斯河道砂坝<sup>[3]</sup>和大龙口剖面的河道砂坝可对比 (图2), 上述特征表明该曲线代表中上游的低弯度河流沉积, 表现为高含沙的河流类型。

### 3. II型 (图3A, B)

包括II<sub>A</sub>和II<sub>B</sub>两种, 曲线均具三个总体。牵引总体含量II<sub>A</sub><II<sub>B</sub>, 分选性II<sub>B</sub>比II<sub>A</sub>好, 表现为差到极差的分选性; 跳跃总体的含量和分选性都是II<sub>A</sub>>II<sub>B</sub>, 分选为好到中等, 反映出II<sub>A</sub>的水动条件比II<sub>B</sub>型的能量高; 悬浮总体含量为10%—20%, 分选性差。主要特征参数见表2。

表2 II型河流粒度曲线特征值参数表

| 类型              | 牵引总体  |         |        | T结合点<br>φ | 跳跃总体  |         |        | S结合点<br>φ | 悬浮总体 |         |        |
|-----------------|-------|---------|--------|-----------|-------|---------|--------|-----------|------|---------|--------|
|                 | 区间φ   | 斜度      | 含量 (%) |           | 区间φ   | 斜度      | 含量 (%) |           | 区间φ  | 斜度      | 含量 (%) |
| II <sub>A</sub> | 0—1.5 | 10°—40° | 3—15   | 0—1.5     | 0—2.5 | 60°—70° | 75—80  | 2.5       | >2.5 | 20°—30° | 20     |
| II <sub>B</sub> | 0—1.0 | 30°—35° | 5—30   | 0—1.0     | 0—2.5 | 55°     | 40—70  | 2.25—2.5  | >2.5 | 30°     | 20—10  |

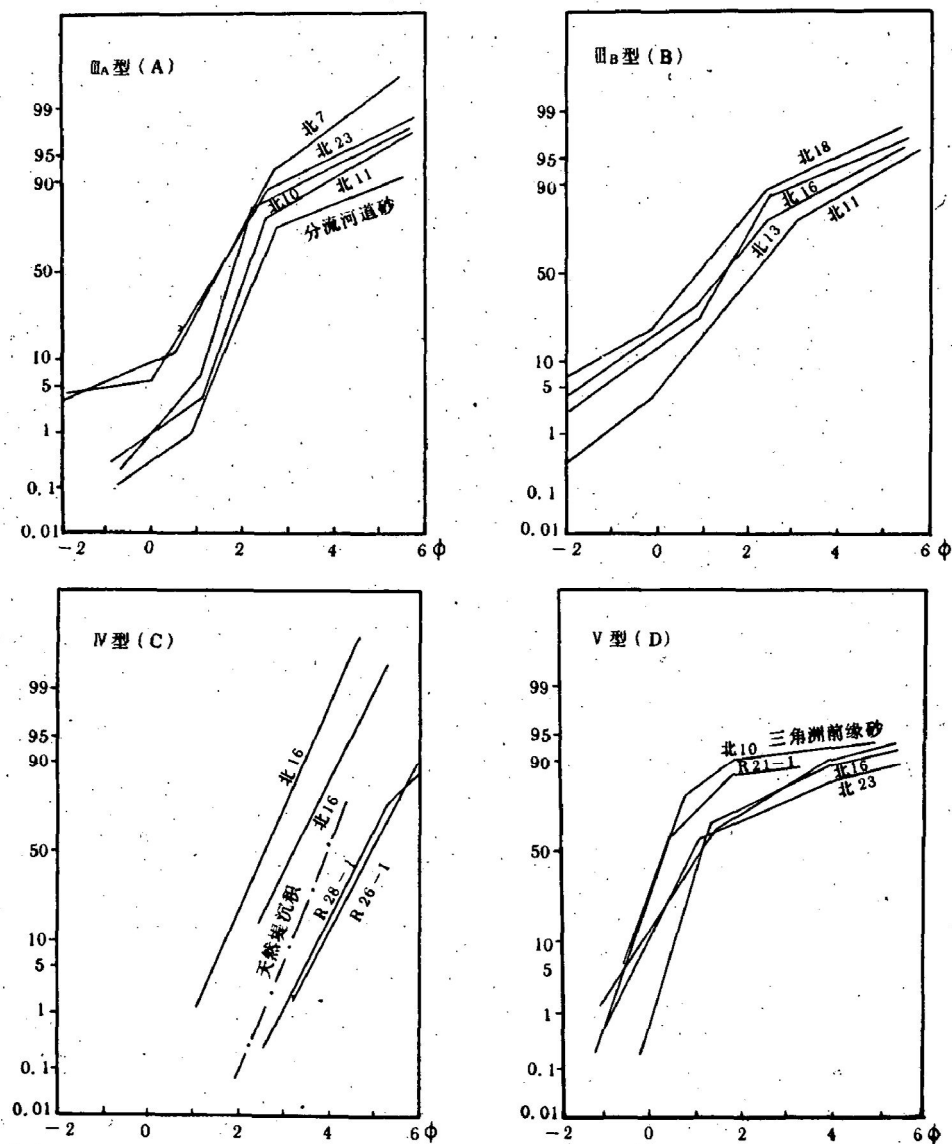


图3 苍房沟群典型概率累计频率曲线 (Ⅲ—V型)

(斜度  $60^{\circ}$ — $70^{\circ}$ )，悬浮总体只占 20%—10%，分选极差，斜度  $15^{\circ}$ — $20^{\circ}$ 。混合段是由河流入湖时流动面积加大，流速减慢造成的。

由灰绿色、浅灰色泥岩、粉砂质泥岩、粉砂岩和细砂岩，组成下细上粗的反韵律沉积，具水平层理、小型交错层理。

该曲线形态类似于加拿大波弗特第三系河口坝沉积的粒度曲线，但由于湖浪及河流大小等因素的差异，致使它们的含量、区间和分选性不同，而更类似于大龙口剖面及

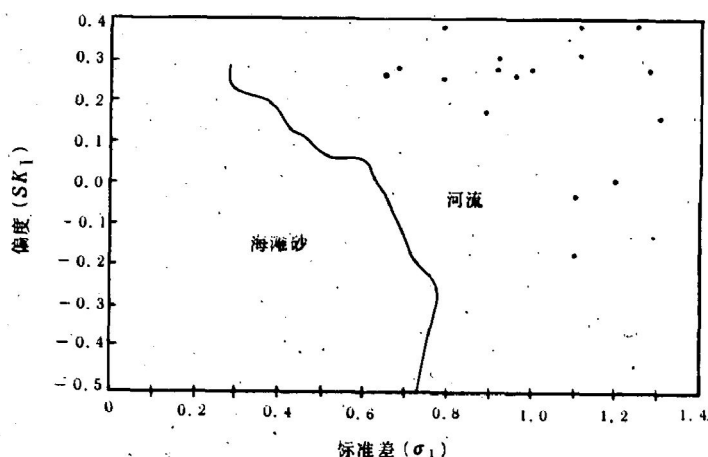


图4 偏度-标准差散点图<sup>[6]</sup>

云南断陷湖中三角洲前缘砂的粒度曲线(图 3D)。

## (二) 结构参数散点图

根据 Glaister 和 Nelson<sup>[8]</sup>Friedman<sup>[6]</sup>图式，作出两种双变量散点图(图 4，

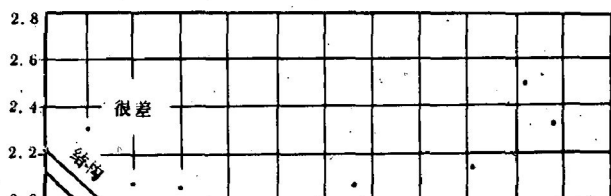


图5 标准偏差-平均值散布图<sup>[3]</sup>

北 13 井 3062—3070m 井段所作  $C$ - $M$  图(图 6)。表明：前者  $PQ$  段不发育， $QR$  和  $RS$  段很发育，反映出河流搬运的特征，粒度范围  $QR$  段  $C=900$ — $450\ \mu\text{m}$ ， $M=260$ — $170\ \mu\text{m}$ ； $RS$  段  $C=450$ — $280\ \mu\text{m}$ ， $M=120$ — $170\ \mu\text{m}$ 。后者  $PQ$  和  $QR$  段发育， $RS$  段发育较差，粒度范围  $PQ$  段  $C=9000$ — $1000\ \mu\text{m}$ ， $M=250$ — $550\ \mu\text{m}$ ； $QR$  段  $C=1000$ — $400\ \mu\text{m}$ ， $M=150$ — $300\ \mu\text{m}$ 。 $PQ$  段的  $C$  值较大，反映出水流速度快，水动力能量高，牵引力大，为河床沉积； $QR$  段代表河道砂坝沉积。故可以认为北 13 井井段(3060—3070 m)为上游河流沉积。

表3 粒度参数特征值计算结果

| 井 号    | 层 位              | 井 深<br>(m) | 粒 度 参 数 |          |        |       | $Y_1$  | $Y_2$ | 备 注 |
|--------|------------------|------------|---------|----------|--------|-------|--------|-------|-----|
|        |                  |            | $M_z$   | $\sigma$ | $SK_1$ | $K_g$ |        |       |     |
| 北 23 井 | T <sub>1s</sub>  | 2065.72    | 5.35    | 2.63     | 0.64   | 1.21  | -62.16 | 11.79 |     |
| 北 23 井 | T <sub>1s</sub>  | 2121.12    | 3.53    | 2.14     | 0.59   | 1.43  | -41.94 | 12.24 |     |
| 北 23 井 | T <sub>1s</sub>  | 2071.85    | 2.20    | 0.82     | 0.60   | 1.43  | -8.19  | 12.92 |     |
| 北 23 井 | T <sub>1s</sub>  | 2105.30    | 1.67    | 1.20     | 0.001  | 1.83  | -12.06 | 10.32 |     |
| 北 23 井 | T <sub>1s</sub>  | 2122.42    | 2.49    | 1.13     | 0.39   | 1.37  | -12.33 | 11.59 |     |
| 北 23 井 | T <sub>1s</sub>  | 2110.10    | 4.12    | 2.49     | 0.57   | 1.33  | -55.88 | 11.55 |     |
| 北 23 井 | T <sub>1s</sub>  | 2212.26    | 2.38    | 0.97     | 0.39   | 1.49  | -9.14  | 11.85 |     |
| 北 23 井 | T <sub>1s</sub>  | 2213.91    | 2.10    | 0.88     | 0.51   | 1.83  | -8.60  | 14.32 |     |
| 北 23 井 | T <sub>1s</sub>  | 2214.16    | 1.47    | 1.11     | -0.02  | 1.65  | -10.20 | 9.16  | ×   |
| 北 16 井 | P <sub>2tw</sub> | 2226.14    | 3.33    | 0.68     | 0.29   | 1.40  | -4.46  | 11.68 | ×   |
| 北 16 井 | P <sub>2tw</sub> | 2282.19    | -0.56   | 2.29     | 0.12   | 0.80  | -48.93 | 2.44  | ×   |
| 北 16 井 | P <sub>2tw</sub> | 2283.89    | -1.04   | 2.18     | 0.23   | 1.36  | -42.99 | 5.92  | ×   |
| 北 16 井 | P <sub>2tw</sub> | 2294.84    | 1.59    | 1.39     | 0.07   | 2.11  | -16.72 | 12.08 |     |
| 北 16 井 | P <sub>2tw</sub> | 2316.55    | 2.0     | 1.23     | 0.40   | 1.27  | -14.58 | 10.21 |     |
| 北 16 井 | P <sub>2tw</sub> | 2318.0     | -1.41   | 1.87     | 0.52   | 1.22  | -33.52 | 7.22  | ×   |
| 北 16 井 | P <sub>2tw</sub> | 2319.05    | 1.54    | 1.48     | 0.39   | 1.15  | -20.60 | 8.88  | ×   |
| 北 16 井 | P <sub>2tw</sub> | 2319.90    | 0.42    | 1.86     | -0.04  | 0.92  | -16.57 | 3.55  | ×   |
| 北 16 井 | P <sub>2tw</sub> | 2320.35    | -0.98   | 2.07     | 0.22   | 0.79  | -38.85 | 3.07  | ×   |
| 北 16 井 | P <sub>2tw</sub> | 2320.60    | -1.02   | 2.33     | 0.55   | 0.62  | -50.51 | 3.76  | ×   |
| 北 16 井 | T <sub>1j</sub>  | 2116.20    | 2.69    | 0.93     | 0.26   | 1.22  | -8.03  | 9.80  | ×   |
| 北 16 井 | T <sub>1j</sub>  | 2117.50    | 2.36    | 0.79     | 0.39   | 1.54  | -6.63  | 12.23 | ×   |

×× 海、陆相判别失误

×  $Y_1$ 、 $Y_2$  判别不符

#### (四) 粒度参数判别公式的应用效果

按萨胡判别式<sup>[6]</sup>:  $Y_1 > -7.4190$  为浅海沉积,  $< -7.4190$  为河流沉积;  $Y_2 > 9.8433$  为河流沉积,  $< 9.8433$  为浊流沉积。该区计算结果(表3)表明:北23井的判别基本正确,但2214.16 m的样品  $Y_1$  和  $Y_2$  的判别结果不吻合;北16井的效果较差,2226.14 m, 2116.20 m 和 2117.50 m 的样品判别与实际情况相反。因此,萨胡判别式对于古代环境的判别效果较差,不具普遍性,在使用过程中应特别慎重。

### 三、层序分析及粒度曲线垂向组合

#### (一) 层序分析

前面我们较详细地研究了单个粒度曲线的形态特征及其所包含的环境意义,但由于粒度分布主要受水动力因素控制,不同的环境可以有相似的水动力状态,及具有相似的粒度分布。这就要求我们考虑各种环境信息,以便从地质上消除多解性,这方面最有用的是原生沉积构

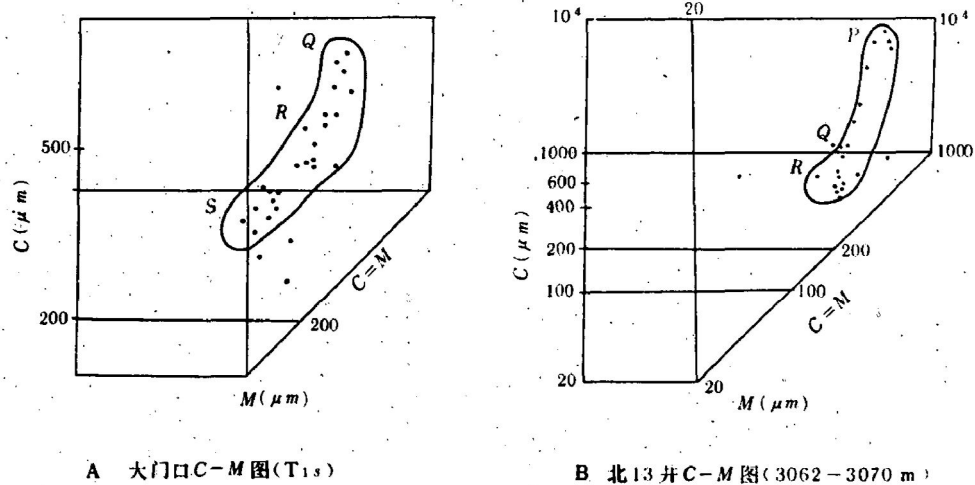


图 6 苍房沟群典型的 C-M 图<sup>[6]</sup>

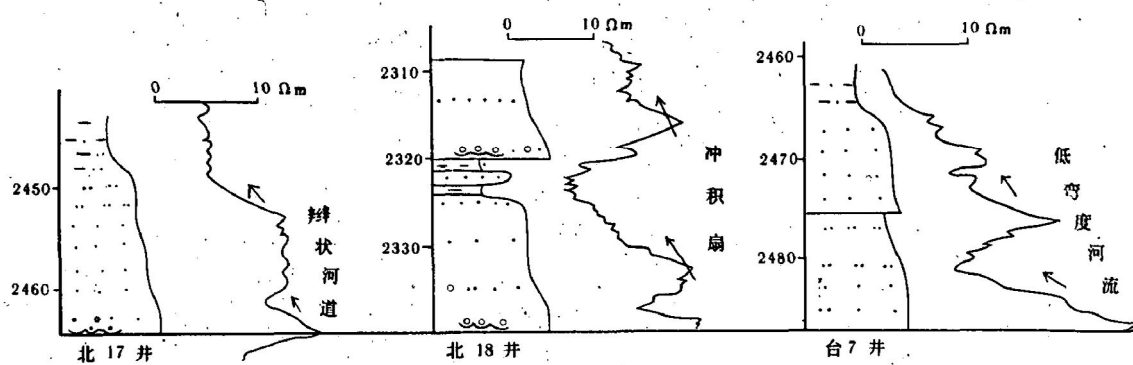


图 7 正韵律旋回曲线及河流沉积环境

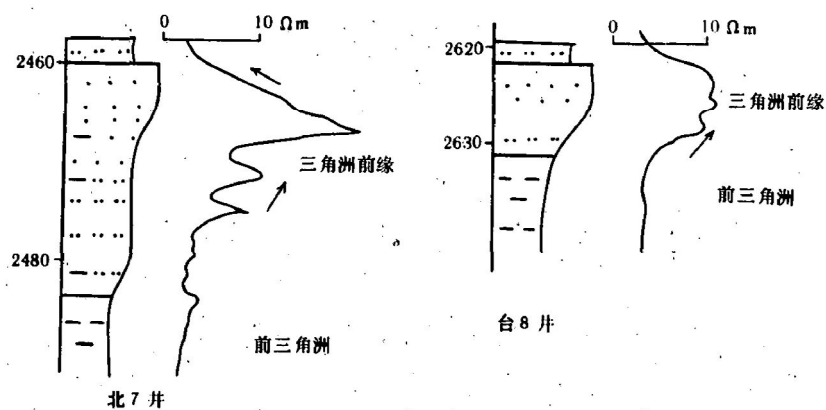


图 8 反韵律旋回曲线及沉积环境

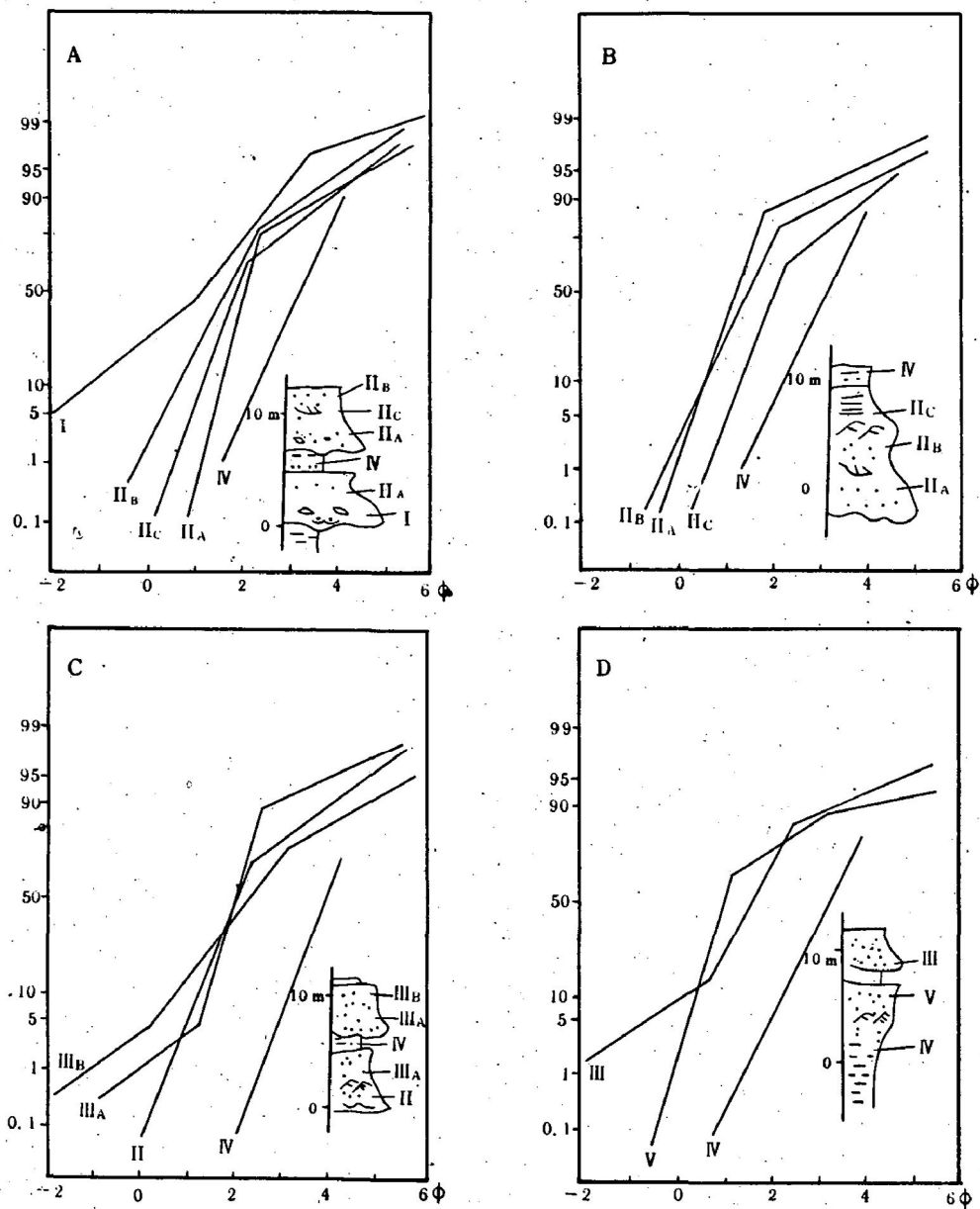


图9 苍房沟群粒度曲线垂向组合图

A—冲积扇沉积体系, B—河流沉积体系(低弯度), C—三角洲平原沉积体系,

D—三角洲前缘及湖沉积体系

造和层序分析。

Allen<sup>[2]</sup>认为向上变细层序是河流砂坝侧向迁移所造成的, 这种层序在苍房沟群沉积中极为常见(图7); 向上变粗的反韵律则是河流前积于水盆地的结果, 一般表现三角洲前缘沉积, 主要见于井下岩芯的砂层(图8)。在取芯资料较少的情况下, 用测井资料研究沉积层序显示出它的优越性。冲积扇的测井曲线一般表现为连续的高阻段, 以钟形为主, 次为箱形, 中子孔隙度曲线多为箱形; 河流沉积的视电阻率表现为中阻齿化钟形(图7), 钟形曲线底部突变

或渐变, 顶部渐变。而三角洲前缘沉积层序的视电阻率曲线表现为低平近似直线, 中央对称齿形和漏斗形曲线 (图 8)。

## (二) 粒度曲线的垂向组合

综合苍房沟群的岩性、粒度特征、层序分析及测井曲线, 可以有以下组合 (图 9):

1. 冲积扇沉积体系 粒度曲线的组合为 I-II-IV 或 I-II<sub>A</sub>-II<sub>C</sub>-IV (图 9A), 沉积物主要由砾岩、砂岩和泥岩组成, 以正韵律为特征, 常见的沉积构造有粒序层理、块状层理和交错层理, 顶部泥岩或粉砂岩富含植物碎片, 表明为冲积扇的辫状河道及扇间沉积, 以牵引流为搬运动力, 在扇根区则出现洪水密度流沉积。

2. 河流沉积体系 主要是细砂岩、粉砂岩和泥岩, 组成向上变细层序, 各韵律底部含有泥砾和砾石, 具冲刷构造, 向上为具交错层理和水平层理的粉砂岩和泥岩, 表示河流的发育与废弃 (迁移)。常见的粒度曲线组合为 II<sub>A</sub>-II<sub>B</sub>-II<sub>C</sub> (图 9B), S 点逐渐变细, 为低弯度河流沉积, 而 II<sub>A</sub>-II<sub>B</sub>-II<sub>C</sub>-IV 则表示下游曲流河沉积, 天然堤及洪泛盆地较发育。

3. 三角洲沉积体系 粒度曲线组合为 II-II<sub>A</sub>-III<sub>B</sub> 或 II-II<sub>A</sub>-III<sub>B</sub>-IV (图 9C), S 点逐渐变细, 跳跃总体的分选性逐渐变差。牵引总体意味着分流河道的出现, 故该组合表示三角洲平原上的分流河道及堤岸沉积。曲线 V 型表示三角洲前缘砂沉积, 往往与 IV 型曲线相伴 (图 9D), 岩性组合为前三三角洲泥加积薄层砂 (粉砂岩) 和细砂岩, 组成向上变粗的反韵律, 砂层具交错层理、波状层理和水平层理。

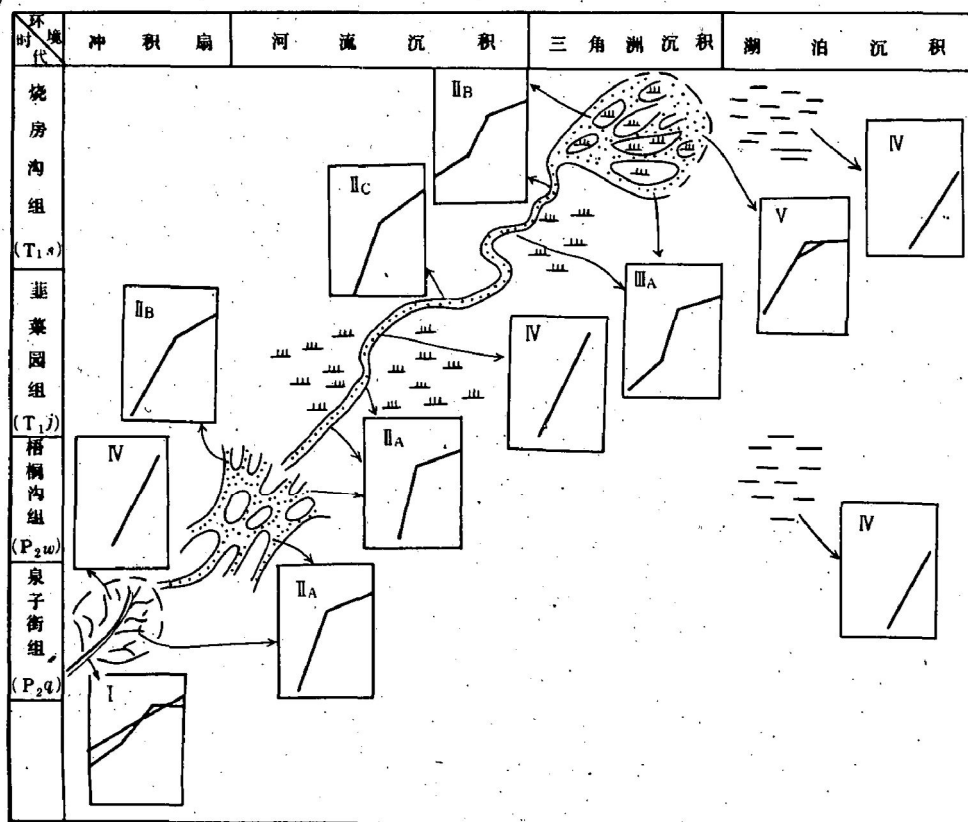


图 10 北三台地区苍房沟群 (P-T) 沉积环境及粒度分布模式

4. 湖泊沉积体系 以灰色、浅绿灰色泥岩为主, 夹泥质粉砂岩和细砂岩, 具水平纹层, 见瓣鳃类及生物钻孔, 粒度曲线为Ⅳ型, 反映沉积物呈悬浮沉淀。

### (三) 沉积环境

粒度曲线的研究表明, 泉子街组属于冲积扇沉积体系, 发育辫状河道及扇间沉积, 扇根区发育密度流沉积; 梧桐沟组属冲积扇与河流沉积(低弯度河)体系; 韭菜园组为低弯度河与曲流河沉积; 而烧房沟组早期发育网状河, 中期则为低弯度河流, 堤岸发育, 晚期河流入湖形成三角洲沉积体系(图10)。

## 结 语

(1) 粒度分布曲线(概率累计频率曲线)的类型、垂向组合与平面分布, 结合  $C-M$  图, 可以反映沉积物水动力条件及沉积环境的变化。在众多的粒度参数图中, 双变量参数图(如  $\sigma_1-M_z$  图,  $SK_1-\sigma_1$  图,  $C-M$  图)环境意义最大。

(2) 综合粒度曲线的形态、类型, 垂向和平面上组合、粒度参数序列, 结合原生沉积构造、测井曲线, 以及物源区性质、搬运过程和沉积背景(构造特征)等, 方能准确地反映沉积环境、搬运条件及介质性质。

(3) 在同一盆地内, 利用同一地层的露头剖面及井下岩芯的粒度曲线进行比较沉积学研究, 解释井区地下地层的沉积相是一种尝试, 效果较好。

粒度资料作为研究沉积环境的重要手段是必不可少的, 尤其对于取芯较少, 分布不均一的新探区显得特别重要。

新疆石油管理局研究院、地理物理所综合室为我们提供了所需资料, 在此向他们致以诚挚的谢意!

## 参 考 文 献

- 1 李溪滨等. 准噶尔盆地东部石油地质概况及油气分布的控制因素. 石油与天然气地质, 1987, 8 (1): 99—107.
- 2 Allen J R L. The classification of cross-stratified unites with notes on their origin. *sedimentology*, 1963, 2: 93—114.
- 3 Glaister R P, Nelson H W. Grain-size distributions; an aid in facies identification. *Bull. Can. petrol. Geol.*, 1974, 22: 203—240.
- 4 赵永胜等. 云南江川星云湖盆现代沉积的研究. 成都地质学院学报, 1988, 15 (3): 83—91.
- 5 Visher G S. Grain-size distributions and depositional processes. *J. Sed. petrology*, 1969, 39 (3): 1074—1106.
- 6 成都地质学院陕北科研队. 沉积岩(物)粒度分析及其应用. 北京: 地质出版社, 1978.

# GRAIN-SIZE CHARACTERISTICS AND SEDIMENTARY ENVIRONMENT OF CANGFANGGOU GROUP IN BEI SHANTAI AREA, XINJIANG

Zhao Yongsheng      Zhao Xiafei

(Chengdu College of Geology)

## Abstract

Clastic rocks of the Permian-Triassic Cangfanggou Group that consist of conglomerate, sandstone, siltstone, muddy siltstone and mudrock are the main reservoir rocks in Bei Shantai area. Based on typical probability curves and their vertical combination, *C-M* patterns and grain-size parameters combining with sedimentary sequences and their primary structures, log curves, the sedimentary environment of the group is considered as follows: 1. alluvial fan including braided stream and fan interval deposition; 2. fluvial depositional systems containing meandering stream, low sinuosity stream and interfluvial lake; 3. delta and lake system. It is suggested that comprehensive analysis of grain-size distribution is a useful tool in sedimentary facies identification.