

# 粒度分析中偏度系数的影响因素及其意义

金秉福

(鲁东大学 地理与规划学院, 山东 烟台 264025)

**摘要:** 利用粒度分析中的偏度系数对区分不同搬运动力和不同沉积环境下的沉积物具有重要的鉴定意义, 通过对偏度系数内涵的深入分析和粒度分析不同方法的比较, 研究表明: 偏度是非正态粒度分布下的偏斜程度, 可敏感地反映粒度分布两端的微量变化, 正偏是沉积物粒度分布的细偏, 负偏则是粗偏, 偏度正负大小与多种因素有关, 它主要受沉积物属性控制, 既与沉积环境类型密切相关, 又与环境能量是否对应平衡有关; 偏度还受计算方法和测试方法等人为因素影响。筛析法结合图解法计算较适用于粒度粗、跨度大的沉积物粒度分析, 激光粒度法结合矩法计算更适用于粉砂—黏土粒级沉积物的粒度分析。

**关键词:** 粒度分析; 偏度系数; 沉积环境

中图分类号: P588.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)02-0129-07

## 1 问题的提出

粒度分析是测定沉积物组分的颗粒大小和各粒级的分布状况, 计算统计参数, 编制图件的一种沉积学方法, 自然碎屑颗粒的粒度分布服从对数正态分布规律(以毫米计), 粒度大小是受流体(水、风等)作用营力强度控制的, 与沉积物形成的环境关系极为密切<sup>[1-7]</sup>, 粒度特征既能表征碎屑物的组成和结构, 又是判断自然地理环境和流体动力条件的良好标志之一。

频率曲线图是粒度分析中常用的图解形式, 它是以横坐标表示颗粒的大小(用 mm 或  $\Phi$  标定,  $\Phi = -\log_2 d$ ,  $d$  为颗粒直径,  $d$  单位是 mm), 纵坐标表示粒级的百分含量, 将各投影点连接为一平滑曲线而成(见图 1A, B)。理想状况下, 当粒度以  $\Phi$  值计量时, 该曲线应是正态曲线, 但大多数情况下, 频率曲线是不对称的。粒度参数中偏度或称偏态(数值为度, 曲线为态)系数(SK)是用来度量频率曲线的不对称程度的, 即表示非正态性特征的, 可用平均值、中值(中位数)和众数(最大值)的相对位置来描述。但是在这个问题上, 一些教材或文献出现不同程度的歧义<sup>[3,8]</sup>, 或描述不清, 或文字前后矛盾, 如粗偏, 有的说是负偏, 有的说是正偏, 甚至同一样品, 用矩法和图解法计算可能正负颠倒, 出现完全不同的分析解释。因此, 笔者认为有必要对偏度进行一次深入探讨, 明确偏

度的含义和意义。

## 2 偏度的定义

在概率统计中, 不对称函数曲线, 它在众数(最大值)的一边形成长尾, 另一边形成短尾, 如果长尾在正的一边, 那么偏度 $>0$ , 称该分布具有正的偏度, 反之, 如果长尾在负的一边, 则偏度 $<0$ , 称该分布具有负的偏度<sup>[9]</sup>。

标准正态分布曲线以中值位置作横坐标原点, 图形左右对称, 当然, 此时中值( $M_d$ )与平均值( $\bar{X}$ )以及众数( $M$ )重合, 即  $\bar{X} = M_d = M$ , 偏度  $SK=0$ ; 如果是负偏( $SK<0$ ), 平均值在中值左侧, 即  $\bar{X} < M_d < M$ , 即平均值偏离坐标原点向横坐标负值方向移动(图 1C), 平均值与中值偏离数值越大, 其负偏程度越高; 相反, 若正偏( $SK>0$ ), 则平均值在中值右侧, 即  $\bar{X} > M_d > M$ , 即平均值偏离坐标原点向横坐标正值方向移动(图 1D), 平均值与中值偏离数值越大, 其正偏程度越高。对粒度分布而言,  $\Phi$  值越大, 沉积物粒度越细。一般作图, 横坐标  $\Phi$  值从左向右, 由小到大递增, 即粒度由粗到细。如负偏( $SK<0$ ), 则此沉积物

收稿日期: 2011-04-20; 修回日期: 2011-12-30

基金项目: 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室开放基金资助项目(MASEG200803); 鲁东大学学科建设资助项目(2009XK006)

作者简介: 金秉福(1963-), 男, 满族, 辽宁大连人, 鲁东大学教授, 博士, 主要从事海洋地质学教学与研究, 电话: 0535-6693670, E-mail: bfjin@126.com

的粒度在粗粒部分分散, 粒度跨度大, 而细粒部分相对集中, 粒度跨度小, 曲线波形呈现  $\phi$  值小的一侧坡缓,  $\phi$  值大的一侧坡陡; 如正偏( $SK>0$ ), 则沉积物粒度在细粒部分分散, 粒度跨度大, 而粗粒部分相对集中, 粒度跨度小, 曲线波形呈现  $\phi$  值小的一侧坡陡,  $\phi$  值大的一侧坡缓。歧义问题就出在偏度导致粒度在一侧相对集中, 一侧相对分散, 粗偏和细偏怎样命名? 即粗偏和细偏分别命名在哪一侧? 作者认为, 根据偏度的定义, 偏度是度量粒度在众数两侧分布的对称偏斜性, 它实际反映的是尾部分布拉长趋势的程度。以众数为标志, 哪一侧粒度跨度大(曲线坡缓)就定为什么偏, 即粗偏是负偏, 细偏是正偏。粗偏意味着因搬运介质动力强, 细粒沉积物在该地沉积少而亏损; 细偏意味着因搬运动力弱, 粗粒物质不足。

为不对称的双峰曲线, 主峰在粗粒端(有相对高的百分比), 次峰在细粒端(相对低的百分比), 即粗组分子体众数高于细组分子体众数, 与 $SK>0$ 的单峰曲线相比, 粒度在细粒部分可能更加分散, 粒度跨度可能更大, 虽然粗组分子体比细组分子体更醒目, 但是就沉积物总体而言, 细粒组分要多于粗粒组分, 即 $\bar{X}>M_d>M$ , 平均值在中位数右侧, 这与单峰曲线原理是一致的(图 1F)。其实粒度含量是以分布曲线所包容的面积来度量的, 这种状况是由于更细的组分加入, 增加了细粒组分的总体含量; 如果 $SK<0$ , 频率曲线也是不对称的双峰曲线, 主峰在细粒端, 次峰在粗粒端, 即粗组分子体众数低于细组分子体众数(图 1E), 其情况正好与 $SK>0$ 的频率曲线为不对称的双峰曲线相反; 如果 $SK=0$ , 则频率曲线为马鞍状, 双峰对称, 无主次之分。

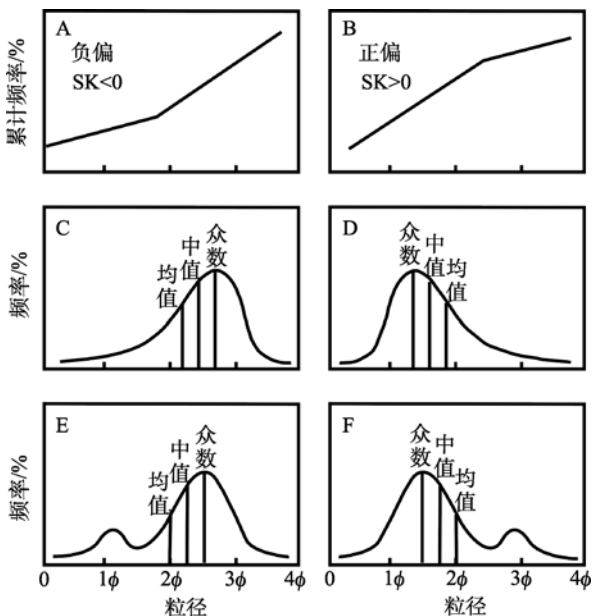


图 1 偏度的示意图

Fig. 1 Sketch map of skewness

如果沉积物是多种来源的混合物, 则频率曲线显现的可能不再是正态分布状况, 曲线形状有可能出现多峰(多众数)的驼峰状。不同沉积环境形成的沉积物的频率曲线形态不同, 有的次峰明显, 有的不明显, 不对称曲线偏离方向和偏离程度又有所不同, 这些特点都可以用偏度值加以区别。但对多峰曲线意义的描述, 与单峰曲线有所不同, 往往会造成意义上的误解和混淆, 以双峰曲线为例: 两种组分混合, 即同一个沉积物由两个沉积子体构成, 频率曲线由两个子体曲线叠加合成。如果 $SK>0$ , 频率曲线

### 3 偏度变化的影响因素

#### 3.1 与沉积物属性有关

##### 3.1.1 与沉积环境类型密切相关

沉积物的粒度性质主要是受物源和沉积环境两方面因素的控制的。一般认为: 沉积物的平均粒径(或中值粒径)和标准偏差(或分选系数)主要受物源控制的; 沉积环境对沉积物的粒度性质的改造(严格地说是最后沉积环境对原来沉积的改造), 主要表现在某些原有组分的丢失或新组分的加入, 即主要反映在频率曲线上粗、细两尾部的变化。而尾部极微弱的变化, 即尾部粒级含量的微弱增减, 都会引起峰态和偏度的明显改变。相反, 要使平均粒径和标准偏差(或分选系数)有明显的变化, 必须粗细组分含量有大幅度的增减和变化, 这也是为什么偏度和峰态对判断沉积环境比平均粒径和标准偏差更灵敏的原因, 尤其是对双峰或多峰沉积物, 偏度和峰态更是反映其尾数变化判断沉积环境的有用粒度参数。因此作为环境最精确的部分是分布的“尾”, 特别是细尾, 河流沙内这个细尾经常存在; 而海滩沙这个细尾往往不存在。因而, 计算各沉积物的偏度和峰态, 有助于判断沉积环境类型。通常情况下, 海滩沙多为轻微负偏, 而河沙、沙丘砂和风成坪地砂则多为正偏。

根据福克等<sup>[3]</sup>对现代沉积物的研究, 发现海滩、沙丘、风成坪地与河道四种沉积物, 在偏度和峰态上各有特点, 在离散图上有明显的分区。造成离散图上河流与海滩等样品所在位置不同的原因是, 因河流

为单向水流,其沉积的粒度取决于搬运介质的速度,可是细粒物质的存在并不受速度的影响。当能量不够时,粗粒物质留在原地不被搬运,因此常缺乏正态曲线的粗粒部分,以致更容易形成正偏度。海岸带水动力较强,海滩的沙则受冲刷和回流的反复作用,细粒物质受到改造和簸分,难以沉积或被搬运到海滩以下水深较深的水域,余下了粗粒部分,故更容易形成负偏。而相对于风,它只能吹拂起颗粒较细的沉积物,较粗的颗粒留在物源地<sup>[10]</sup>。如海岸沙丘是由海滩沙经风吹而形成的,由于风力较海水动力弱,海滩沙中粗粒部分吹不动而被留在海滩上,风成沙丘的砂频率曲线呈微弱的正偏度,峰态中等,分选比海滩砂更好,多为细砂。风成坪地地势低而潮湿,其沉积物除来自海滩砂外,还接受少量空中降落的粉砂,因此,增添了一个细粒尾部,而呈正偏度,并使峰态大为加宽,分选性稍稍变差。

### 3.1.2 与环境能量是否对应平衡有关

一般认为,正常沉积物,即只受一个物源供应的,沉积介质速度比较稳定的沉积物,粒度频率曲线对应的是单峰对称曲线,主峰居于中央两侧有相对应的含量递减的粗细组分。这种曲线是对称的、峰态中等,在概率图上呈一直线,称为常态曲线。有些单峰曲线是不对称的,这是由于搬运介质的微弱改造所致。自然界中双峰或多峰沉积物比单峰沉积物更为普遍。这被认为它们是由两个或多个沉积物混合形成的,是多物源供应物。河流沉积物常由多物源供应,各源供应的物质粒度不同,甚至不连续。河流对粒度的改造能量低,沉积物大都分选差—中等,大都为双峰或多峰曲线,峰的粒径变化大,细砾—砂较为常见。偏度和峰态不正常,无典型值,由于河流沉积物中经常掺有黏土、粉砂等悬浮沉积物质,故河流砂砾沉积物常呈正偏度。

然而粒度与环境的关系是复杂的、相对的、有条件的,必须具体情况具体分析<sup>[11-12]</sup>,粒度分析是建立在沉积物运动与外动力平衡的基础上,偏度值实际是反映环境能量与沉积物粒度是否对应,即是否相对平衡,如果远离平衡体系,偏度值往往会失去其地质意义。因此,偏度与分选有密切关系,当某些沉积物的供应超出了介质的有效能量,或由于快速的沉积,则会导致偏度的异常。虽然河流沙一般有一个细粒的尾部而属正偏,然而正值也可被多数数的结合所抵消。

一组样品的偏度和峰态图可以反映粒度分布的

正态性,是解释沉积物成因的有用方法。样品如是两个正态分布总体以不同比例混合而成的话,则当细粒总体占优势(粒度分布窄、峰值高)时是负偏度;粗粒总体占优势时为正偏度,两个总体大致均等混合时可能成鞍状宽峰,如果一总体占绝对优势时,曲线呈尖峰分布,也可以将偏度和峰态作为两个对数正态分布混合度的指标。

对一个单峰曲线而言,偏度反映环境能量对沉积物分选改造处于平衡状态下的自然选择;对一个双峰曲线而论,偏度反映的是沉积物混合的比例程度,是非平衡态下,不同能量对沉积贡献比例,如果沉积物后期在新动能下改造彻底,则双峰消失,要么细粒被淘洗搬运走,以粗粒为主;要么细粒不断富集,粗粒所占份额越来越小;还有一种可能,粗细粒等量减小,双峰相互靠近。

## 3.2 与粒度参数计算方法有关

### 3.2.1 计算方法敏感度不同

图解法与矩法粒度参数的差异,根本原因是计算方法的不同。图解法 Folk-Ward 公式所计算的,其实是样品的一个子样(累积质量分数为 5%~95%之间,占总体 90%)的粒度特征,在大多数情况下,90%的主体子样基本上与总体的特征相符。

$$SK_I = \frac{\Phi_{84} + \Phi_{16} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_{95} + \Phi_5 - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)} \quad (1)$$

公式(1)前半是表示频率曲线中央部分的偏度,后半部表示粗细两端的偏度。图解法的偏度指示了主要粒度组分的尾部特征(尾部拖的方向及拉长趋势),可以估算多峰曲线,每一峰次总体的粒度特征,而对首尾两端粒度跨度大、复杂的粒度分布应用效果较差,某些计算还需要外推。

矩法计算是一种近似的定量计算,矩法的优点是能使整个粒度分布都投入计算,而不是选择代表性粒度的百分数,因此矩法反映的是样品的总体特征。偏度是矩法的三次矩(公式(2)),对于高阶的粒度参数,主体与尾部分布趋势的差异会迅速增大,从而反映了样品总体的尾部特征。

$$SK_\phi = \frac{\sum f(X - \bar{X}_\phi)^3}{\sum f\sigma_\phi^3} \quad (2)$$

矩法对测试精度要求高,激光粒度仪能很好满足矩法的要求,迅速获得测试样品的粒度参数。但是对分选不好、标准偏差较大的沉积物,其尾端往往超出测试方法所能控制的粒度范围,如筛析法的粗筛

部分因沉积物量少不能无限分级, 而做 $>x\phi$  处理, 细粒部分 $<15\%$  而做 $>4\phi$  处理, 即使用沉降法与筛析法综合分析, 细黏土部分也要做 $>10\phi$  处理, 两端粒级的合计, 不可避免带来图形的变异。激光粒度测试同样也不能解决这个问题, 特别是它不能测试粗颗粒沉积物粒度, 粗砂至砾石的粒度必须用筛析法, 甚至用卡尺测量。在尾部不能无限分级的情况下, 图解法和矩法所计算的偏度都是主体与尾部次体的关系, 应该差别不大。随着第四纪环境学研究中极端环境条件研究的深入, 沉积物粒度分布的不均匀性愈发明显, 总体偏度值意义降低, 而各次总体粒度参数意义更大, 可把总体非正态分布的频率曲线看作是几个次总体正态分布的叠加合成。

不同学者对图解法和矩算法进行了对比研究<sup>[13-14]</sup>, 显示, 两种方法计算的平均粒径几乎相同; 标准偏差(或分选系数)能够相互替换; 偏度具有一定的可比性, 可以相互换算。

### 3.2.2 图解法分位值获取方法不同

图解法需要几个分位值, 必须将频率(或概率)累积曲线做好以后, 才能获得, 通过图形来求取分位值, 这样分位值的大小在一定实验精度条件下, 还与累积曲线图形作的好坏、读取数值是否准确密切相关, 直接影响图解法粒度参数的计算精度。现在计算机绘图软件各种各样, 都可设置纵横坐标细微刻度, 形成密集网格, 读取你需要的分位数值。也可直接设置  $X$  和  $Y$  轴相交位置(如  $Y=16\%$ ,  $X=0$ ) 读出各分位点曲线与  $X$  轴相交的数值。

用不同的曲线, 其分位值也有一定的不同。用图解法的平滑曲线可以在一定程度上修正在粒度测试中存在的偶然误差。如果沉积物颗粒分选差, 首个粒级含量就超过 5% 或 16% 的话, 频率累积曲线上无法获取低分位数值, 可用概率累积曲线向下延长来求取, 因为任何自然环境下的粒度, 服从对数正态分布, 在概率累积曲线上, 它应该是直线状。

不管是哪种方法, 计算和作图, 都要将粒级间距取中心值, 不能用这个粒级的最大值或最小值, 这个误差也是很大的, 特别是粒级间隔是  $1\phi$ ,  $(1/2)\phi$  时误差比较明显。

## 3.3 与粒度测试方法有关

### 3.3.1 前处理方法的影响

由于目前对海洋沉积物粒度分析存在有多种前处理方法, 由不同方法获得的粒度结果存在较明显

的差别, 进而会不同程度地影响对沉积动力过程的解释<sup>[15-17]</sup>。北黄海底质样品粒度分析发现: 当沉积物平均粒径较粗且粒度分布为双峰时, 去除有机质和碳酸盐后样品的平均粒径明显变粗(粗偏); 相反, 当沉积物平均粒径较细且粒度分布为单峰时, 去除有机质或碳酸盐后沉积物的平均粒径有所变细(细偏)。表明有机质和碳酸盐的粒径范围要小于沉积物全样的粒度组成, 且有机质或碳酸盐的存在会不同程度地粘聚细粒沉积物, 造成沉积物平均粒径的变粗。沉积物粒度特征是反映沉积物机械组成在搬运沉积中的活动行为, 而有机质和碳酸盐来源和搬运行与机械组分不同, 在解释沉积物搬运和沉积时, 有必要进行有机质和碳酸盐处理, 而且要去除原地生物碎屑(如壳体完整的), 但对参与搬运和沉积的生物碎屑(如壳体破碎较强的)要保留其粒度组成, 不能所有的样品都需要加酸去除生物碳酸盐, 如果这样也会消除不应该剔除的碎屑碳酸盐颗粒, 即使它们的含量较低。

### 3.3.2 测试方法的影响

激光粒度仪的测试结果的重复性好, 具有较高的测量精度, 但样品用量少, 代表性不足, 且不同型号仪器和应用不同衍射理论, 其测试结果也有一定差异<sup>[18]</sup>; 筛析法和沉析法, 受仪器和人为双重影响, 测试会出现系统误差和随机误差, 但取样量大代表性好, 更适合粒度跨度大、分选差的样品<sup>[19]</sup>。比较而言, 激光法与传统法粒度分析原理不同<sup>[20-21]</sup>, 其测试数据在不同粒级区间差异不同。研究表明<sup>[22-23]</sup>: 激光法不适用于大于细砂( $<3\phi$ ) 粒度测试, 细砂级激光法与筛析法较相近; 激光法与沉降法测试较吻合的是粉砂, 特别是粗粉砂( $4\phi\sim 6\phi$ ) 吻合度最高, 而黏土组分, 激光法数值普遍小于沉降法。

## 4 实际测试结果比较

实验样品于分别于 2005 年和 2006 年春季采自烟台莱山区和开发区(套子湾)海滩<sup>[24]</sup>, 取海滩表层 15 cm 见方, 深 2 cm 的沉积物样品。烟台东海岸样品采自滩肩、滩面、沿岸槽谷、水下沙坝等不同地貌位置, 套子湾海滩样品主要取自中滩面上。样品通过洗盐、烘干, 进行套筛粒度分析<sup>[25]</sup>, 套筛粒径间距  $(1/2)\phi$ , 粗粒级加密为  $(1/4)\phi$ , 其数据通过图解法和矩法分别进行计算, 结果列为表 1。

结果表明: 海滩沉积物偏度有正有负, 负偏多于正偏。若以其频率曲线偏度等级来论, 大部分属于

近于对称级，少部分为负偏度或正偏度级，很少量为很负偏度级；海滩不同地貌单元上，偏度值有较大的差异，中滩面和水下沙坝上的样品相对均匀，以单峰曲线为主，负偏居多，这些样品粒度应该代表海滩总体的一般特征；在滩肩、高潮线附近、水下

槽谷等地貌部位，受风、溅浪、不同海流和波浪等沉积动力影响，粒度频率曲线往往会出现双峰或多峰现象，偏度正负大小，随当时动力对沉积物短时间改造而定，是沉积动力与粒度之间尚未达到平衡的表现。

表 1 山东烟台海滩沉积物不同算法下的偏度值

Tab. 1 The skewness of the sediments from the beach of Yantai in Shandong province with different calculation methods

样号	样品地貌位置	图解法偏度值	矩法偏度值	频率曲线形状
HH01-1	海岸风积沙丘	-0.042	1.559	单峰
HH01	高潮滩肩	-0.400	0.33	双峰
HH02	高潮滩面上部	0.284	0.498	双峰
HH03	高潮滩面中部	-0.16	-1.50	单峰
HH04	高潮滩面下部	0.007	-1.315	单峰
HH06	中滩面上部	-0.663	1.86	双峰
HH06	中滩面上部	0.007	1.617	双峰
HH07	中滩面上部	-0.729	-1.260	双峰
HH08	中滩面	0.107	-2.80	单峰
HH09	中滩面下部	0.083	-0.04	单峰
HH10	中滩面下部	-0.009	0.10	双峰
HH11	沿岸槽谷内缘	0.327	0.37	三峰
HH13	沿岸槽谷谷底	-0.10	-1.03	单峰
HH14	水下沙坝坝顶	0.010	-1.801	单峰
HH16	沿岸槽谷谷底	-0.257	-1.484	单峰
HH17	水下沙坝前坡	-0.309	-2.07	单峰
TH02	沿岸沙岗	-0.22	-0.39	单峰
TH02-2	沿岸沙堤堤上	-0.181	-1.315	单峰
TH03	沿岸沙堤堤下	-0.285	-0.859	单峰
TH04	高潮滩面上部	-0.044	0.729	单峰
TH05	高潮滩面	0.056	1.577	单峰
TH07	中滩面	-0.33	0.19	单峰
TH08	滩面下部	-0.168	-0.199	单峰
TH09	沿岸槽谷谷底	0.105	-1.628	单峰
TH11	水下沙坝前坡中部	-0.200	-1.801	单峰
TH201	风积沙丘中部	0.102	0.459	单峰
TH202	高潮滩肩	0.111	0.872	单峰
TH203	滩面上中部	0.041	-0.088	单峰
TH204	中滩面	0.160	-0.840	单峰
TH205	滩面下中部	-0.465	1.366	单峰
TH206	沿岸槽谷谷底	0.157	-0.757	单峰
TH207	水下沙坝坝顶	0.179	0.411	单峰
TH208	水下沙坝前坡上部	0.077	-0.593	单峰
TH209	水下沙坝前坡中部	-0.230	-1.080	单峰

同一种测试方法，用图解法和矩法计算粒度参数，偏度值也有一定差异，同一样品偏度正负易号

并非少见，主要原因：一是偏度处于近对称，即 SK 接近等于 0，频率曲线尾部轻微变化，在矩法计算中

就会显现出来,而图解法会忽略掉。二是频率曲线复杂,图解法不可能将曲线重要变化点数值都纳入公式计算,而矩法却能,数据量的不同,导致结果的不同。同一样品两种算法偏度正负号有别,好像截然不同,但实际差别不大,不能机械量化,偏度的定性分级,更能把握其宏观特征。笔者认为:筛析-沉降法粒度分析,粒度分级级差大,数值点少,适合于图解法计算,与传统分析能接轨对比;激光粒度分析,粒度级差可任意选取,数值量大,更适合于应用矩法计算,其结果更为精确。

## 5 结论

(1)以众数为标志,频率曲线哪一侧粒度跨度大(曲线坡缓)就定为什么偏,即粗偏是负偏,细偏是正偏。偏度可敏感地反映粒度分布两端的微量变化,是判断沉积环境的重要参数。(2)偏度主要受物质来源和沉积环境(动力)等自然因素控制;同时,粒度参数计算、测试方法等人为因素也有一定影响。(3)沉积环境对偏度影响最大,对一个单峰曲线而言,偏度反映环境能量对沉积物分选改造处于平衡状态下的自然选择;对一个双峰曲线而论,偏度反映的是沉积物混合的比例程度,是非平衡态下,不同能量对沉积贡献比例。正偏和负偏对区分不同环境的沉积物具有重要的鉴定作用。

### 参考文献:

[1] Visher G S. Grain size distributions and depositional processes[J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1969, 39: 1074-1106.

[2] 成都地质学院陕北队. 沉积岩(物)粒度分析及其应用[M]. 北京:地质出版社, 1978: 37-66.

[3] 刘宝珺. 沉积岩石学[M]. 北京:地质出版社, 1980: 307-320.

[4] McLaren P, Bowles D. The effects of sediment transport on grain-size distributions[J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1985, 55: 457-470.

[5] McManus J. Grain size determination and interpretation[C]. Tucker M. *Techniques in Sedimentology*. Oxford: Backwell, 1988:63-85.

[6] 孙有斌,高抒,李军. 边缘海陆源物质中环境敏感粒度组分的初步分析[J]. *科学通报*, 2003, 48(1): 83-86.

[7] 庄丽华,常凤鸣,阎军. 埕岛海域CBG4a孔岩心粒度

特征与古环境[J]. *海洋科学*, 2002, 26(2): 45-49.

[8] 卢连战,史正涛. 沉积物粒度参数内涵及计算方法的解析[J]. *环境科学与管理*, 2010, 35(6): 54-60.

[9] 梁小筠. 正态性检验[M]. 北京:中国统计出版社, 1997: 1-32.

[10] 朱锐,张昌民,龚福华,等. 粒度资料的沉积动力学在沉积环境分析中的应用:以江汉盆地西北缘上白垩统红花套组沉积为例[J]. *高校地质学报*, 2010, 16(3): 358-364.

[11] 何起祥. 沉积动力学若干问题的讨论[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2010, 30(4): 1-10.

[12] 高抒. 沉积物粒径趋势分析:原理与应用条件[J]. *沉积学报*, 2009, 27(5): 826-836.

[13] 贾建军,高抒,薛允传. 图解法与矩法沉积物粒度参数的对比[J]. *海洋与湖沼*, 2002, 33(6): 577-582.

[14] 徐兴永,易亮,于洪军,等. 图解法和距值法估计海岸带沉积物粒度参数的差异[J]. *海洋学报*, 2010, 32(2): 80-86.

[15] 孙有斌,高抒,鹿化煜. 前处理方法对北黄海沉积物粒度的影响[J]. *海洋与湖沼*. 2001, 32(6): 665-671.

[16] 商和辉,林伟清. 不同预处理方法对南海东沙海域沉积物粒度的影响[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2010, 30(1): 141-146.

[17] 易亮,于洪军,徐兴永,等. 碳酸盐含量对莱州湾南岸钻孔沉积物粒度测试结果的影响[J]. *海洋科学进展*, 2010, 28(3): 325~331.

[18] 肖尚斌,李安春,刘建国,等. 两种激光粒度仪测量结果的对比[J]. *海洋科学*, 2004, 28(12): 11-15.

[19] 刘岫峰. 沉积岩实验室研究方法[M]. 北京:地质出版社, 1991: 229-240.

[20] Loizeau J L, Arbouille D, Santiago S, et al. Evaluation of a wide range laser diffraction grain size analyzer for use with sediments [J]. *Marine geology*, 1994, 141: 353-361.

[21] Martin K, Vandenberghe J. Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieve analysis: a solution for the underestimation of the clay fraction [J]. *Sedimentology*, 1997, 44: 523-535.

[22] 程鹏,高抒,李徐生. 激光粒度仪测试结果及其与沉降法筛析法的比较[J]. *沉积学报*, 2001, 19(3): 449-455.

[23] 陈秀法,冯秀丽,刘冬雁,等. 激光粒度分析与传统

- 粒度分析方法相关对比[J]. 青岛海洋大学学报, 2002, 32(4): 608-614.
- [24] 刘春暖, 金秉福, 宋键, 等. 烟台套子湾海滩泥沙运  
动方向研究[J]. 海洋科学, 2007, 31(12): 59-63.
- [25] 国家海洋局 908 专项办公室. 海洋底质调查技术规范  
[M]. 北京: 海洋出版社, 2006.

## Influencing factors and significance of the skewness coefficient in grain size analysis

JIN Bing-fu

(College of Geography and Planning, Ludong University, Yantai 264025, China)

**Received:** Apr., 20, 2011

**Key words:** grain size analysis; coefficient of skewness; sedimentary environment

**Abstract:** The coefficient of skewness is an important parameter for the analysis of sediment grain size, which is vital to identify sediment under different transported dynamic and depositional environment. Based on the study of connotation of skewness and comparison of different methods of grain size analysis, the skewness is found to be a slanting asymmetry in an abnormal distribution, which sensitively reflects the trace variation of the grain size distribution. The positively biased is the grain distribution skewed to the segment of fine grain, while the negative skewness slants to the coarse grain. The positive or negative and the big or small values of the skewness are related to many factors, they are controlled by sediment property of not only sedimentary environment but also the balance of grain size and ambient energy, as well as the influence of human factors, including calculation and testing method. Sieve analysis combining graphic method is appropriate for the coarse grain when grain size span is large; laser grain analysis uniting moments method is appropriate to the grain size analysis of silt-clay sediments.

(本文编辑: 刘珊珊)