

粒径趋势分析法在细颗粒潮坪上的应用

刘永学,张忍顺,陈君

(南京师范大学海洋与滩涂研究所,南京 210097)

[摘要] 沉积物粒度数据除了可以用来识别沉积环境的类型和判定物质运动方式,还可用于沉积环境中沉积物输运格局的研究。Gao&Collins 模型方法曾在一些沉积环境,如欧洲北海潮流沙脊、法国西部沙质海岸,得到了较为成功的应用。本文将之运用于江苏省细颗粒的潮滩,取得了良好的效果。

[关键词] 粒度参数,淤泥质潮滩, Gao&Collins 模型, 粒径趋势

[中图分类号] P736.2; [文献标识码] A; [文章编号] 1001-4616(2001)01-0105-05

0 引言

沉积物粒度参数包含了丰富的关于海岸沉积动力条件和沉积物运移方面的重要信息。许多年来,沉积学家一直致力于研究沉积物粒度模式和沉积环境之间相互关系,以识别沉积环境类型、颗粒运动的方式(悬移、跃移或者推移)。对同一海岸类型的研究中发现,底质沉积物的粒度分布曲线往往因采样地点的变化而不同。这种沉积物粒度特征的空间变化是由多种因素造成的,如源地物质组分特点与丰度、沉积环境的能量类型和大小、搬运过程中各种组分的混合、分选与颗粒的磨损等。那么可否根据粒度特征的空间差异反演出颗粒堆积之前的搬运过程?

Mclaren 和 Bowels(1985 年)认为沉积物的运移是一种随机过程,粒度参数的变化在运移方向上遵循统计规律。根据这一规律,可以揭示沉积物的运移方向及沉积物分选等特征,即沉积物的输运方向必定与粒度参数(平均粒径、分选系数、偏态等)的某种空间变化模式相联系。Gao 和 Collins 又进行了深入研究,提出了一种称为“粒径趋势分析”(grain size trend analysis)的方法^[1],以找出粒度特征与颗粒运动格局之间的联系。该方法曾用于粗颗粒物质的沉积环境,如欧洲北海潮流沙脊、法国西部沙质海岸,所得结果与流场观测、人工示踪砂实验和地貌沉积特征显示的物质输运格局较为吻合,但鲜有用于细颗粒潮滩的报道。

江苏淤长型淤泥质海岸发育比较充分,许多学者对江苏淤泥质潮滩的粒度特征作了深入研究,并取得了一些很有意义的结论:潮滩沉积物粒级多分布在 $4 \sim 7\Phi$ 之间或更细;中值粒径大于平均粒径是我国潮滩沉积物的普遍特征;潮滩在潮流作用下,积累了大量细颗粒物,因而有细尾;潮滩沉积物粒度频率分布曲线不对称,大致正偏^[2,3,4,10]。本文试图将粒度的空间变化同颗粒运动的趋势联系起来进行分析。

收稿日期 2000-07-28

作者简介:刘永学,1976—,南京师范大学海洋与滩涂研究所硕士研究生,主要从事海洋沉积动力学的学习与研究。

1 研究背景

1.1 理论背景

在早期对沉积物粒度参数的研究过程中,普遍认为沿搬运方向,沉积物的粒径会越来越细,分选会越来越好,但事实并不完全如此,例如 Pettijhor(1932)、Self(1977)、Nordstrom(1989)均观察到在搬运方向上,沉积物的粒径有变粗和变细两种倾向。

Gao 和 Collins 引入了粒径趋势矢量、特征和噪声等概念^[10,11,12,13],把粒径趋势矢量的平面分布图看成一幅同时包含信息和噪声的图像,从而使用图像处理技术来提取平面二维粒径趋势矢量图像中所包含的沉积物输运信息。对某海区进行网格法取样,考虑到任意两个相邻的采样点 A 和 B,如果用平均粒径(μ)、分选系数(σ)和偏态系数(Sk)来反映点 A 到点 B 的粒径趋势,有 8 种类型:

类型 1 $\sigma_A < \sigma_B, \mu_A < \mu_B, Sk_A > Sk_B$ 类型 2 $\sigma_A < \sigma_B, \mu_A > \mu_B, Sk_A < Sk_B$,

类型 3 $\sigma_A < \sigma_B, \mu_A < \mu_B, Sk_A < Sk_B$ 类型 4 $\sigma_A < \sigma_B, \mu_A > \mu_B, Sk_A > Sk_B$,

类型 5 $\sigma_A > \sigma_B, \mu_A < \mu_B, Sk_A > Sk_B$ 类型 6 $\sigma_A > \sigma_B, \mu_A > \mu_B, Sk_A < Sk_B$,

类型 7 $\sigma_A > \sigma_B, \mu_A < \mu_B, Sk_A < Sk_B$ 类型 8 $\sigma_A > \sigma_B, \mu_A > \mu_B, Sk_A > Sk_B$ 。

上述任何一种类型的粒径趋势都可以用一个矢量来表示,方向为从采样点 A 到 B,定义其大小为一个单位长度。这样的矢量称为粒径趋势矢量。在天然沉积环境中,粒径趋势矢量的各向异性的程度随地点而异。因而假设:沿着净输运方向,某种粒径趋势出现的概率远高于其在别的方向上出现的概率。如果假设成立,那么通过粒径趋势矢量的各向异性的分析,就可以反推出沉积物净输运方向。在前 8 种粒径趋势中,根据经验的数据,类型 1、类型 2 被认为在净搬运方向上有着较高的出现概率,如果将类型 1、类型 2 合并,则形成的粒径趋势具有更高的出现概率,即如果考虑类型 1 和类型 2 的联合概率,其效果要比单独考虑类型 1 或类型 2 更好。对采样点网格上对每两个相邻的采样点进行比较,如果实际间距小于特征距离(通常采用最大采样间距),则判定相邻,否则判定为不相邻。求得每个采样点的趋势矢量的和 $R(x, y)$,其中 n 为该点存在的趋势矢量数。

$$R(x, y) = \sum_{i=1}^n R_i(x, y) \quad (1)$$

对 $R(x, y)$ 进行平滑处理,消除 $R(x, y)$ 图像中的噪声(即在空间上的高频变化)。 $\sum_{i=1}^n R_i$ 为由公式(1)得出的趋势矢量和,其中 k 为该点周围“相邻”的点数。 $Rav(x, y)$ 即是残余矢量,代表了沉积物净输运方向。

$$Rav(x, y)_i = 1/(k+1) [R(x, y) + \sum R_j] \quad (2)$$

对粒径趋势图像中的输运信息进行显著性检验。从数理统计上,证明输运信息的显著性。

由于 Gao&Collins 模型采用了图像处理技术,所以在其粒径趋势分析中不可避免地受到边缘效应的影响。在对粒径趋势图像的判读、解释中,要充分考虑到这一因素的影响。

1.2 研究区域背景

江苏省东台市笆斗、三仓垦区外的淤泥质潮滩即是辐射沙洲中心区——条子泥。本段海岸属淤涨型,是中国发育最完整的淤泥质海岸之一。岸段处于两大潮波系统(即南黄海旋转潮波与东海前进潮波)汇合带西端,水文状况复杂。

本区潮沟系统十分发育,活动性很强。岸外海区属正规半日潮,大潮平均潮差大于 4 m,最大潮差 6.68 m,属强潮海岸。潮滩坡度平缓,平均地面高程为 3~4 m。表层沉积物为细粉沙,含少量粗粉沙和粘土。

2 结果

2.1 样品的采集、处理、分析方法

1999 年 9 月 29 日(本区处于从小潮向大潮过渡期),笔者利用落潮间隙沿死生港潮沟系统按网格状采集表层沉积物样品(表面 5 cm 以内),共计 60 个,区内最大采样距离为 600 m。使用美洲虎手持式 GPS 对各采样点进行定位,同时记录研究区域的微地貌变化状况,在室内整理成图(图 1)。

用国产 Cilas940L 型激光粒度仪进行粒度测量,并按 1/4 Φ 间隔插值。采用 Mcmanus (1988) 矩法计算出样品的平均粒径(μ)、分选系数(σ)和偏态系数(Sk)。

2.2 研究区内泥沙搬运与岸滩演变

在 1978 至 1981 年,死生港潮沟系统正处于激烈调整时期,巨量的涨潮水从条子泥南侧越过条子泥分水滩脊——二分水进入到死生港潮盆,大大加强了死生港的潮量与流速,使死生港异常不稳定,其西侧岸滩急剧侵蚀。

1983 年以后死生港潮沟系统逐渐转入均衡调整时期,区内的泥沙搬运与岸滩演变主要表现在:

(1) 南侧越脊潮次:从 1980 年 5 月,到 1992 年 5 月的 12 年间,死生港与王家槽串通的二分水水槽底部平均淤高了 119.7 cm,局部已近淤死^[5]。在非均衡期的 1980-1981 年中,一般中潮汛即有潮水越脊现象,即每半月有 10 d。而如今,除大潮高潮通过外,一般潮水已不能越过。

(2) 野外水文测量结果:随着条子泥西部滩脊的进一步加积,南侧越过潮量越来越少,死生港潮沟的动力作用也随之由原来的落潮流为主,变为涨潮流为主,处于动力淤积过程之中。1985 年在梁垛河闸下港区测得闸不放水时最大涨落潮流速之比在 1.2 左右,输沙比为 8:7,说明港区正在淤积^[6,8]。

(3) 野外地貌观测结果:1988 年 10 月踏堪,主槽仍在 1983 年初的位置,但淤积变浅,过水断面大大缩小,成为梁垛河闸的入海水道。东台市水利局对死生港潮沟系统每年两次的剖面测量表明死生港目前有着不断淤积的趋势,表现为死生港变浅,潮沟变宽,死生港尾稍萎缩,在本次及以往的滩面调查中,我们也观测到,在死生港东侧的滩面明显淤高,互花米草、盐蒿已经开始成丛生长。这些均表明死生港潮盆面积明显缩小,泥沙向两侧高滩集聚。

(4) 不同时相的卫片解读看:也同样反映了这一趋势。

研究区内的泥沙除了向高滩富集外,还有人为影响。梁垛河闸在落潮时排涝,加大了死生港万方数据

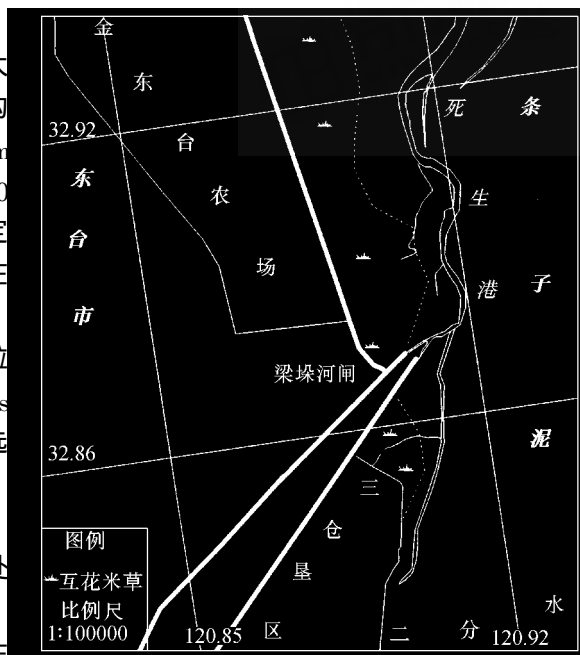


图 1 研究区位置图

水道内的落潮流量(表 1) ,引进对闸下河段的冲刷作用 ,使泥沙向死生港上游两侧滩面淤积 .

表 1 梁垛河闸入海径流量^[6]

名称	年均流量 /10 ³ m ³	汛期流量 /10 ³ m ³	非汛期流量 /10 ³ m ³	每潮平均 /10 ³ m ³	汛期每潮平均 /10 ³ m ³	非汛期每潮平均 /10 ³ m ³
梁垛河闸	3.53	2.50	1.03	5.05	10.83	2.19

总体而言 :由于条子泥分水滩脊——二分水的淤高 ,造成死生港潮沟系统动力条件的变化 (涨潮流大于落潮流) ,泥沙在沉积过程中的“ 沉降滞后 ”和“ 冲刷滞后 ”效应 ,使得泥沙向港口两侧高滩积聚、沉降 ,使得死生港主槽逐渐稳定、淤积 .由于死生港作为梁垛河闸的排水水道 ,闸下水道两侧滩面的泥沙向死生港上游滩面集聚 .

2.3 研究区的粒径趋势的应用结果

对 60 个样品采用 Gao&Collins 模型 ,进行粒径趋势分析 ,三个区域都通过了粒径趋势图像中的输运信息显著性检验 ,绘制成图 2 .

从图 2 中可知 ,在本研究区泥沙运移大致有三种输运趋势 :

A 在梁垛河闸北侧 ,在死生港西侧滩面 ,死生港潮沟附近滩面的粒径趋势为自南向北运移 ,这可以看作在闸下游河道两侧滩面主要受到闸下径流排放影响 .

B 其东侧滩面 ,泥沙净输运趋势为自西北向东南 ,这主要是东侧滩面较高 ,滩面上的动力作用以涨潮流为主 ,因之所携带的泥沙由于“ 沉降滞后 ”和“ 冲刷滞后 ”效应 ,使得泥沙向港口东侧高滩富集 .

C 在梁垛河闸南侧 ,死生港尾稍两侧滩面沉积物大都表现为向二分水——条子泥分水滩脊的泥沙输运趋势 ,在其东侧光滩上 ,泥沙还有沿死生港尾稍向条子泥东侧高脊的运移趋势 . 这同由 3.2 节分析所得的结果大致一致 .值得注意的是 ,如果计算图 2 中 A 趋势的北限到梁垛河闸闸口的距离 ,可以认为梁河闸排水对闸下水道两侧滩面至少影响距离为 1.775 km .

在图 2 中 A 点附近 ,沉积物的输运方向呈放射性展开 ,沉积物输运趋势呈现出明显的射流性质 ,与死生港尾稍南侧、东侧沉积物输运方向有较大不同 .结合野外采样记录和 1998 年 TM 卫片得知 ,原来 A 处是死生港一条分支潮沟与死生港尾稍交汇的口门 ,该分支潮沟被三仓垦区用于垦区的排涝水道 .

3 结论

(1)本次 Gao 和 Collins 模型应用于细颗粒潮滩的结果表明 ,与对本区泥沙运移和岸滩演变

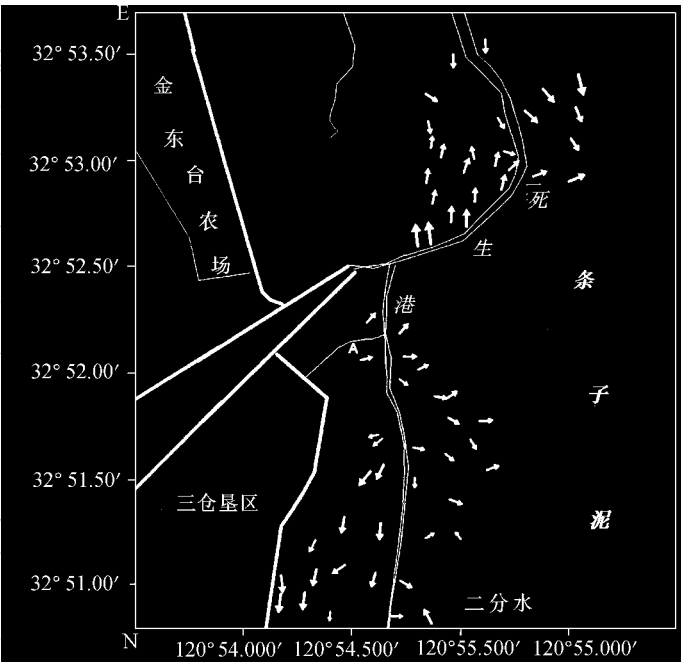


图 2 粒径趋势分析结果

长期研究所得结果相符.如果应用于其它的细颗粒潮滩,尚须进一步论证.

(2)在梁垛河闸下泥滩,由于滩面上动力作用以涨潮流为主,使得泥沙向港道东侧高滩积聚,但是入海径流排放对水道两侧滩面的泥沙输运有着很大的影响.

4 对两种模式的讨论

(1)由于 Gao&Collins 模型使用了图像处理的方法,粒径趋势图像的质量必然同图像的分辨率(采样的空间尺度)有着密切的关系.采样间距过大,则有可能将不同的泥沙输运系统混淆起来;间距过小,粒度分析中引入的误差又可能掩盖了实际沉积环境中的泥沙输运信息.分析的精确性与采样间距及网格布设的精度有密切的关系.

(2)粒度参数除了受到沉积物供应丰度、各种组分混合、分选再混合、颗粒磨损影响外,还受到采样深度的影响.在不同的动力环境下,搬运动力对底床的作用深度也是不同的.例如在潮沟内、光滩和互花米草盐沼内,扰动层的深度是不同的,因此无论粒度测量如何精确,误差始终存在.Gao 和 Collins 模型,只能提供一个大概的泥沙运移方向,这是由采样方法自身的局限性所决定的.

(3)迄今为止,对沉积物粒径趋势的解释、假定都是根据经验的观测资料,要最终解决其理论和应用问题,还必须从物理原理上说明粒径趋势同沉积物群体运动的关系,即从物理机制上阐明粒度参数是如何随着搬运过程而随之改变的.随着水槽实验、数学模型工作的进一步展开,这将大大地促进沉积动力学的发展.

致谢:中国科学院青岛海洋研究所高抒研究员、汪亚平、薛允传、王桂芝、陈鹏、王红利在处理粒度数据过程中提供方便,谨致以真诚的谢意.

[参考文献]

- [1] 高抒, Collins. m. 沉积物粒径趋势与海洋沉积动力学[J]. 中国科学基金, 1998 (4): 241—246.
- [2] 柯贤坤. 潮滩沉积物粒度特征[J]. 海洋通报, 1988, 7(4): 41—48.
- [3] 张忍顺. 江苏岸外沙洲演变与条子泥并陆前景研究[M]. 北京: 海洋出版社, 1992.
- [4] 江苏省海岸带和海涂资源综合考察队. 江苏省海岸带和海涂资源综合调查报告[R], 1985.
- [5] 陈宏友. 死生港潮沟活动及其对笆斗围垦的影响[J]. 海洋湖沼通报, 1993 (3): 35—39.
- [6] 陈才俊. 江苏沿海闸下港道的发育和减淤措施[J]. 泥沙研究, 1991 (4): 53—58.
- [7] 张忍顺. 滩涂围垦对沿海水闸排水的影响[J]. 南京师大学报(自然科学版), 1995, 18(12): 89—94.
- [8] 张忍顺. 潮流作用下的水道与岸滩演变——东台县死生港的岸滩冲刷问题[J]. 海洋工程, 1986, 4(4): 89—94.
- [9] Xueyu Wang, Kiankun Ke. Grain-size characteristics of the extant tidal flat sediments along the Jiangsu coast[J]. China Sedimentary Geology, 1997, 112: 105—122.
- [10] McLaren P, Bowels D. The effect of sediment transport on grain-size distribution[J]. J. Sediment. Petrol, 1985, 55, 457—470.
- [11] Gao S. A fortran program for grain-size trend analysis to define net sediment transport pathways[J]. Computer & Geosciences, 1996, 22(4): 449—452.
- [12] Gao S, Collins M. Analysis of grain size trends for defining sediment transport pathways in marine environment[J]. Jour. Coastal Res, 1994, 10(1): 70—78.
- [13] Gao S, Collins M. Critique of the "McLaren Method" for defining sediment transport pathways: discussion[J]. J. Sediment. Petrol, 1994, 61: 143—146.

(下转 113 页)

Application of Trend Analysis on Jiangsu Coast

Liu Yongxue ,Zhang Renshun ,Chen Jun

(College of Geographical Science ,Nanjing Normal University ,Nanjing 210097 ,PRC)

Abstract :Grain size parameters have been used to identify the type of the sedimentary environments and the pattern of sediment transport . Further ,spatial changes in the parameters contain information on net sediment transport pathways . We apply Gao&collions' model ,which are based on the grain size parameters changing with space ,in Jiangsu tidal flat ,and acquire good effect . And find (1)this method can be applied in Jiangsu tidal flat (2) :in the interaction flat of dam and throughflow ,sediment transport is effected by the above factors .

Key words :tidal flat ;grainsize-trend analysis ;tidal sediment

万方数据

[责任编辑 :陆炳新]