

烟台套子湾海滩泥沙运动方向研究

刘春暖¹, 金秉福¹, 宋 键¹, 王洪伟^{1,2}, 张 林^{1,2}, 王孝猛¹

(1. 鲁东大学 地理与规划学院, 山东 烟台 264025; 2. 中国海洋大学 海洋地球科学学院, 山东 青岛 266003)

摘要:采用筛析法分析了套子湾中滩面上 66 个表层样品的粒度。结果表明:套子湾海滩沉积物为中、细砂,为典型海滩砂。标准偏差较小,分选较好至好;频率曲线呈近正态分布,稍呈负偏;峰度中等至较窄。平均粒径和标准偏差由夹河口向东西两侧海滩变小,由于突堤的阻挡,海滩沿岸沉积物在突堤东侧产生堆积,西侧侵蚀。粒度特征和海滩地貌变化显示:套子湾海滩沉积物是由夹河口向东西两侧发生沿岸运移。为烟台开发区海水浴场的海滩养护以及芝罘岛连岛沙坝海岸的合理利用提供科学依据。

关键词:套子湾;泥沙运动;粒度分析;海滩地貌

中图分类号:TV14;P736.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3096(2007)12-0059-05

1 问题的由来

芝罘岛连岛沙坝是世界著名的陆连岛海岸地貌组合^[1],它的形成开始于距今约 7 000 a 前,夹河口的东移漂沙和芝罘岛上侵蚀下来的砾石在岛的波影区堆积起来,逐渐形成了连岛坝。该坝于 18 世纪才整体成为露出低潮面的沙洲,并在一个世纪以后才成为露出高潮面之上的海岸高地^[2]。随芝罘岛连岛沙坝的形成而形成的套子湾是个次生湾,沿岸泥沙运动是这个海湾形成和发展的关键因素,通常认为北向风浪是套子湾泥沙沿岸运移的主要动力,泥沙搬运的方向由西向东^[1]。但在人类活动的干扰下,随着套子湾南岸数条小型河流的消失,大沽夹河输沙量的急剧减少,使海岸地貌发生了变化,如海滩宽度变窄等。这种变化是否与沿岸输沙流有关,值得关注。地貌调查和海滩沉积物粒度分析表明,人们原有的认识需要部分调整。这对烟台开发区金沙滩的海滩养护与环境保护有重要意义,同时也对芝罘岛连岛沙坝西部海岸的合理利用提供科学依据。

2 套子湾地貌、水文概况

套子湾位于山东半岛北部,烟台市西之西。海湾呈“耳”形镶于海岸。湾口朝北敞开,口门宽 19 km。面积 184 km²。该区位于胶东隆起区的北部边缘,地质构造的基底是由古老的元古界粉子山群变质岩组成。由于自震旦纪以来的大部分时间持续上升,不断遭受侵蚀和剥蚀作用,发生准平原化过程;仅在山麓河谷及滨海地带有一部分第四纪沉积^[3]。套子湾沿岸

广泛发育着波状起伏的丘陵和残丘,在河口及滨海则有小型海岸平原分布。海岸从湾顶向海缓缓倾斜,海底平坦。全湾平均水深 12 m,最大水深 20 m^[4]。海湾岸滨为沙滩,滩头平缓开阔,岸线长 44.2 km,沿岸沙堤连续分布,高 3 m 左右,坡度在 3°上下。

流入套子湾的河流主要有夹河(又名大沽夹河、甲河)、黄金河、柳林河、旱夹河等,以夹河为最大,其余均为山溪性小河。夹河是胶东半岛地区注入北黄海的最大河流,它由外夹河、内夹河两大支流汇合而成。夹河发源于低山丘陵,源近流短,比降较大,雨季河水暴涨,流量骤增,汛期多年平均天然径流量占全年的 80%以上^[4]。内夹河上游 1960 年建成庵里水库(总库容 0.73 亿 m³)和门楼水库(总库容 1.97 亿 m³),后来在河道下游陆续建设多条拦河堤坝。入海水沙量明显减少,旱季径流很小甚至断流,为明显的季节性河流。夹河河口被海岸滩脊封堵,形似小泻湖。

根据芝罘岛站长期观测资料和套子湾短期波浪实测资料分析得知^[5]:本区强浪向为 NE 向,次强浪向为 NNE,NNW 和 NE;常浪向为 NW 向,次常浪向为 NNE。本区风浪和涌浪风浪 1 个月平均出现率分

收稿日期:2007-05-10;修回日期:2007-09-20

基金项目:鲁东大学研究生教育项目(YD05011);鲁东大学中青年科研基金项目(33211)

作者简介:刘春暖(1979-),女,山东莱西人,在读硕士,研究方向:河口海岸过程与自然环境,E-mail:liuchunnuan206@163.com;金秉福,通讯作者,E-mail:bfjin@126.com

别为 97% 和 24%，表明本区以风浪为主，涌浪在秋、冬季出现多在 30% 以上，春、夏季较少。本区潮汐类型属规则半日潮。平均涨潮历时 6 h 8 min，平均落潮历时 6 h 17 min。初旺站平均潮差为 152 cm，最大潮差为 210 cm，均比同期芝罘岛站潮差要小。潮流性质属不规则的半日潮流和不规则的全日潮流。

3 研究方法

本研究的地貌调查自 20 世纪 90 年代中期开始，调查记录表明海滩地貌对海岸、河岸的人工改造，具

有强烈的地貌响应。海滩取样进行粒度分析，分别于 2005 和 2006 年春季开展。取样位置见图 1，样品参数见表 1。取样的方法是在中滩面上每隔一定的间距取一次样，在 10 cm × 10 cm 的样方上，刮去表层，均匀取样 500 g。取样位置、样品间距和样品数量等样品属性见图 1 和表 1。在实验室中，样品烘干后，除去大颗粒生物碎屑，均匀取干样 100 g 左右，采用套筛人工筛样的方法进行粒度分析，套筛粒径间距为 1/2。

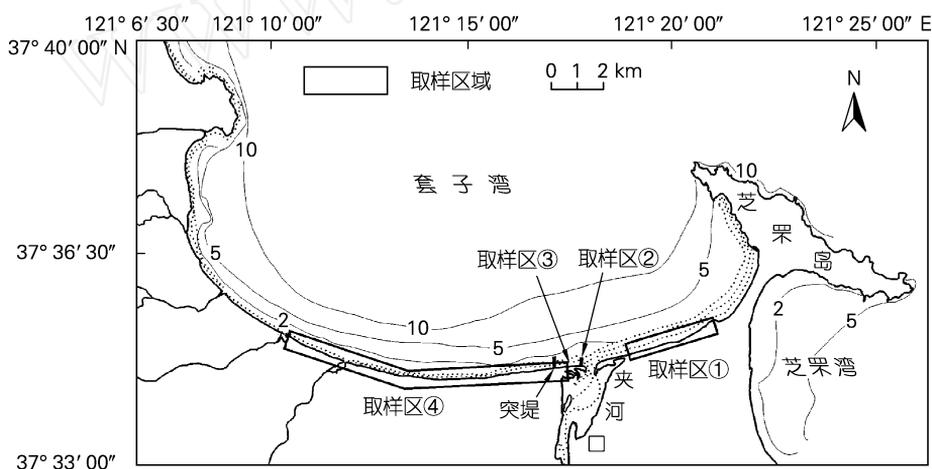


图 1 套子湾位置和沉积物取样区域

Fig. 1 Location map and sampling area of Taotai Bay coast

表 1 样品位置、间距和数量

Tab. 1 Sample location, interval and number

样区序号	取样区间	取样地点	样品数目	样品间距 (m)	取样时间 (年-月)
取样区	121° 20' 39" E, 37° 35' 25" N ~ 121° 18' 39" E, 37° 34' 49" N	连岛沙滩西岸	17	200	2005-03
取样区	121° 18' 31" E, 37° 34' 35" N ~ 121° 17' 51" E, 37° 34' 35" N	河口西东突堤两侧	16	30	2006-03
取样区	121° 18' 11" E, 37° 34' 34" N ~ 121° 17' 10" E, 37° 34' 34" N	突堤内海滩	17	50	2005-03
取样区	121° 17' 39" E, 37° 34' 34" N ~ 121° 13' 30" E, 37° 35' 08" N	套子湾中部区	16	500	2006-03

本研究粒度分析采用图解法，通过对累积曲线上的某些百分比的粒径，作简单算术运算，得出一系列的粒度参数。本研究的粒度参数是依据 Fork 和 Word 图解公式求得^[1]。

常用的粒度参数包括平均粒径、标准偏差、偏态系数和峰度等。平均粒径用来表示一个样品的平均粒度大小，它是沉积物粒度特征中最主要的特征之一，它代表了沉积物粒径频率分布的中间趋势，其大

小反映了搬运介质的平均动能；标准偏差用来表示沉积物颗粒的分选程度，即颗粒大小的均匀性，若粒级少，则主要粒级很突出，百分含量高，分选就好。偏态系数是一个对环境灵敏的指标，反映了沉积过程中沉积介质能量的变异。峰度是用来与正态频率曲线相比时分布曲线的峰的宽窄尖锐程度，峰度大小与物源和沉积环境有关。

4 研究结果

4.1 海滩沉积物粒度特征

4.1.1 夹河口东侧粒度特征

沉积物粒度特征主要受物源和沉积环境两方面因素的控制,沉积环境对沉积物的粒度特征的改造主要表现在某些原有组分的丢失或新组分的加入。连岛沙坝西侧海滩沉积物粒度分析表明:该海滩中滩面沉积物主要为中、细砂,含有少量粗砂及粉砂。主要粒径在 1.5 ~ 3.0 之间。概率累计曲线显示,大多数样点呈三段直线,跃移总体占绝对主体,含量在 90% 以上。滚移或推移与跃移两个的总体的截点在 1.5 ~ 2.0 之间,跃移与悬移两个总体的截点在 3.0 左右。大部分样品的粒度频率分布为近正态的负偏,具有单峰特征。峰度中等(1 左右),个别样品峰度显得尖锐。总的来说,连岛沙坝西侧海滩沉积物具有典型海滩砂特征,沉积物来源单一。

从图 2 可以看出,连岛沙坝西侧海滩沉积物平均粒径自西(左)向东(右)逐渐变细,平均粒径由 1.71 增大到 2.62,意味着平均粒径由 0.31 mm 减小至 0.16 mm;而标准偏差由 0.51 减小到 0.31,靠近夹河口的个别样品 $i > 0.50$,属分选较好的,但还具有有一点河流砂的特征;远离河口的样品 $i = 0.31 \sim 0.50$,分选属很好至好。这种分布状况,说明来源于夹河口的泥沙,向芝罘岛方向发生了纵向搬运,在搬运过程中,沉积物粒度变小,分选性变好。这完全符合芝罘岛连岛沙坝是由夹河输沙建造的传统观点。

4.1.2 夹河口西侧粒度特征

本研究在夹河口西侧套子湾海滩分别采取 3 组样品进行粒度分析(表 1,图 1),其分析结果分别见表 2、图 3、表 3、图 4。

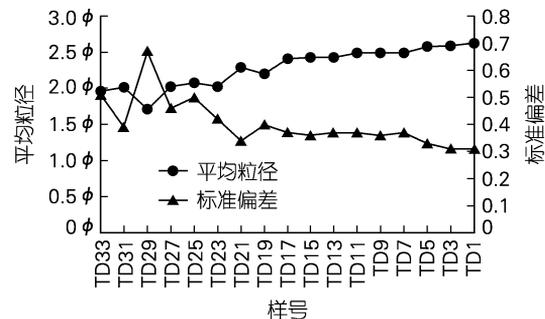


图 2 连岛沙坝西侧海滩沉积物平均粒径和标准偏差自西(左)向东(右)变化趋势

Fig. 2 The trend of mean grain size and standard deviation from west (left) to east (right) on the west beach

表 2 夹河口西侧东突堤两侧沉积物粒度参数

Tab. 2 The grain size parameter of the sediments on the beach between both sides of the east jetty in the west side of the Jiahe River mouth

样品号	平均粒径	标准偏差	偏态系数	峰度
HK9	1.47	0.57	-0.24	0.97
HK8	1.38	0.66	-0.26	0.91
HK7	1.45	0.58	-0.20	1.07
HK6	1.69	0.54	-0.18	1.10
HK5	1.70	0.56	-0.15	1.18
HK4	1.73	0.50	-0.15	1.37
HK3	1.94	0.36	0.08	0.89
HK2	1.89	0.38	0.13	0.85
HK1	1.92	0.39	0.15	0.85
HK10	1.93	0.45	-0.05	0.66
HK11	1.91	0.43	-0.09	0.98
HK12	2.03	0.36	-0.20	0.78
HK13	2.07	0.37	-0.16	0.90
HK14	2.08	0.35	-0.10	0.84
HK15	2.08	0.38	-0.08	1.01
HK16	1.96	0.33	0.03	0.77

自东向西

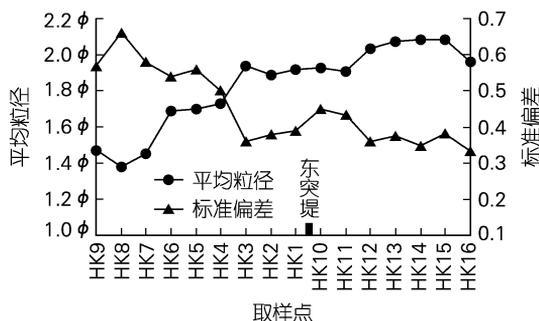


图 3 河口东突堤两侧沉积物平均粒径和标准偏差自东(左)向西(右)变化趋势

Fig. 3 The trend of mean grain size and standard deviation from east (left) to west (right) on the beach between both of side the east jetty

表3 套子湾夹河口西侧东段两突堤间沉积物的粒度参数
Tab.3 The grain size parameter of the sediments on the beach between the east jetty to west jetty

样品号	平均粒径	标准偏差	偏态系数	峰度
DD1	1.79	0.45	0.03	1.42
DD2	1.67	0.46	-0.11	3.06
DD3	1.97	0.46	-0.20	1.87
DD4	1.74	0.53	-0.17	2.83
DD5	1.75	0.53	-0.11	2.59
DD6	1.65	0.46	-0.10	3.31
DD7	1.98	0.40	-0.12	1.67
DD8	1.99	0.43	-0.12	2.07
DD9	1.97	0.43	-0.18	2.51
DD10	2.07	0.27	-0.19	1.88
DD11	2.01	0.40	-0.09	0.91
DD12	1.92	0.43	-0.10	0.96
DD13	1.72	0.65	-0.05	5.35
DD14	2.05	0.47	-0.17	2.80
DD15	2.07	0.44	-0.12	2.11
DD16	2.04	0.49	-0.31	2.08
DD17	2.05	0.56	0.12	1.34

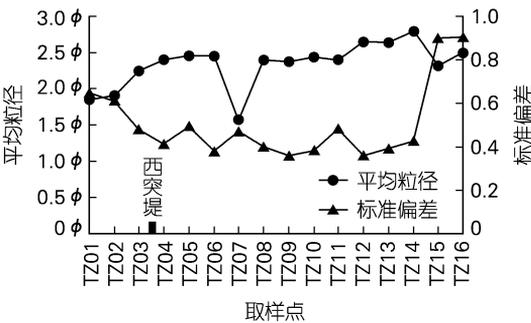


图4 套子湾中部沉积物的平均粒径和标准偏差自东(左)向西(右)变化趋势

Fig.4 The trend of mean grain size and standard deviation from east (left) to west (right) on the beach in the central section of Taozi Bay

以上图、表显示了共同的规律,即:(1) 夹河口西侧海滩沉积物的粒度参数与连岛沙坝西岸海滩沉积物非常相似,具有海滩砂的典型特征,说明它们不仅来源一致,而且经历了相似的水动力淘洗和分选;(2) 夹河口西侧海滩沉积物,自东向西,平均粒径由

粗到细,标准偏差由大至小,说明沉积物具有从东向西的运移趋势,也就是说沉积物由夹河口向套子湾中部甚至向湾的西部搬运,这种沿岸漂沙,如果有人工建筑存在,会使海岸地貌发生变化。

4.2 海滩地貌的局部变化

20世纪70年代之前,夹河口呈堆积状态,夹河口在河口段形成曲流,口门两侧发育沙嘴,尤其在河口西侧形成3条羽状沙嘴。90年代以后,在人类生产活动的干扰下,注入套子湾的黄金河、柳林河、旱夹河等小河基本消失,并且,由于降水的持续不足和上游截流,造成夹河入海来沙量持续减少,由此引起海洋水动力和泥沙运动失衡,海滩逐渐遭受侵蚀,河口进入蚀退阶段。虽然夹河输沙不足,但它依然是套子湾最主要的泥沙供应体。水文资料显示:虽然本区常浪向为NW向,但强浪向却是NE向;涨潮流主流向为偏SE向,平均最大流速为31 cm/s;落潮流主流向为偏NW向,平均最大流速为38 cm/s,涨潮流速小于落潮流速,潮流的运动形式西部以往复流为主,东部和湾顶部以旋转流为主。这种水动力状况,使堆积在夹河口的沉积物,在波浪和潮流的作用下,向河口两侧运移,即夹河口以东,泥沙由西向东沿岸运输,夹河口以西,泥沙由东向西纵向搬运。海岸人工建筑物所引起的地貌变化,使泥沙飘移方向有了明确的指向^[6]。

1993年烟台开发区胜利村居民,在夹河口西侧海滩上修建了两条突堤,东突堤距河口口门中心约300 m,走向NE25°,堤长150 m,堤的横截面呈梯形,底端宽12~15 m,上端宽8 m,由块石砌成;西突堤距东突堤约1500 m,走向近正北,堤长300 m,其他特征与东突堤相同。

突堤修建数年后,该段海滩地貌就发生了较大变化,突堤内海滩滩面不断向海淤进。1998年3月海滩滩面在东突堤东西两侧相差12 m。2006年3月调查,泥沙在东突堤的东西两侧的沉积状况发生了变化,东侧海滩有较明显的淤进,而西侧却发生侵蚀^[7]。海滩侵蚀发生较强烈的地点在西突堤西侧(即“秦始皇东巡宫”处)(图5)。滩面向海岸后退严重,现不得不采取块石垒砌加水泥预制件护滩,1998年海滩滩面在西突堤两侧的位置相差约50 m,至今这种状况

依然维持。

突堤两侧海岸堆积地貌的变化,应是沿岸泥沙自东向西运输的结果。突堤内由于堤坝的阻挡,沿岸搬运的泥沙发生沉积,不断向海淤进。而西突堤以西,自东向西运移的沿岸泥沙大部分卸载在突堤内,使沿岸流携沙能力增强,突堤西侧必然发生侵蚀,侵蚀的强度与沿岸流流速和泥沙的亏损程度相关。由

于套子湾强浪向为 NE 向,涨潮流速小于落潮流速,落潮流主流向为偏 NW 向,这种水文特征都使海湾中部的泥沙,在沿岸往复运动过程中,产生由东向西的净位移,完成了泥沙由夹河口向整个海湾输送的过程。在人类活动的干扰下,自然过程的平衡被打破,在自然规律的自动调节作用下海滩地貌发生了改变^[8]。

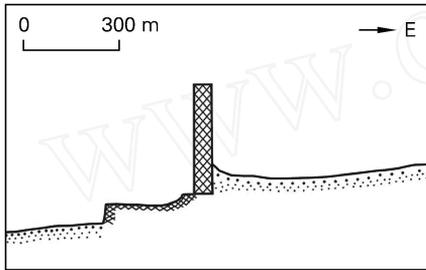


图5 西突堤两侧海滩的侵蚀与堆积

Fig.5 The erosion and deposit on the section of the beach on the west jetty, based on 1998 and 2006 field survey

5 结论

套子湾海滩沉积物为中、细砂。标准偏差较小,分选较好至好;频率曲线呈近正态分布,稍呈负偏;峰度中等至较窄;平均粒径和标准偏差由夹河口向东西两侧海滩变小。在海湾中部(夹河口西部)由于突堤的阻挡,海滩沿岸沉积物在突堤东侧产生堆积,西侧侵蚀。粒度特征和海滩地貌变化均显示:套子湾海滩沉积物是由夹河口分别向东西两侧发生沿岸运移。

参考文献:

[1] 蔡爱智. 论芝罘连岛沙坝的形成[J]. 海洋与湖沼, 1978, 9(1): 1-13.
 [2] 王庆, 仲少云, 毛爱华, 等. 烟台芝罘岛连岛沙坝地区全新世以来的地貌与环境演变[J]. 海洋地质与第四

纪地质, 2003, 23(3): 31-36.

[3] 王庆. 全新世以来山东半岛东北沿岸海面变化的河流地貌响应[J]. 地理科学, 1999, 19(3): 225-231.
 [4] 山东省人民政府. 自然地理[EB/OL]. www.shandong.gov.cn/art/2005/12/20/art_5709_141800.html, 2006-03-18.
 [5] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志(第三分册)[M]. 北京: 海洋出版社, 1992. 137-163.
 [6] 柯马尔 P D. 海滩过程与沉积作用[M]. 邱建立, 庄振业, 崔承琦, 译. 北京: 海洋出版社, 1985. 227.
 [7] 金秉福, 宋键, 张林. 烟台夹河口近 40 年来环境变化的地貌响应[J]. 海洋科学, 2007, 31(8): 26-29.
 [8] Xue Chunting. Coastal erosion and management of Majuro Atoll, Marshall Islands [J]. Journal of Coastal Research, 2001, 17(4): 909-918.

(下转第 68 页)

Study on the sediment transport direction on the beach of Taozi Bay, Yantai

LIU Chun-nuan¹, JIN Bing-fu¹, SONG Jian¹, WANG Hong-wei^{1,2}, ZHANG Lin^{1,2}, WANG Xiao-meng¹

(1. School of Geography and Planning, Ludong University, Yantai 264025, China; 2. College of Marine Geoscience, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Received: May, 10, 2007

Key words: Taozi Bay; sediment transport; grain-size analysis; beach topography

Abstract: Sieve analysis method has been adopted to get the grain-size characters of 66 samples which picked from the surface layer on the beach of Taozi Bay, and the result indicates: The sediments on the beach of Taozi Bay are medium-fine sands, standard deviations are small, they normally have a good sorting, and are symmetrical or a little negatively skewed and the single modal of grain-size distribution was built. The sediments are typical beach sands. Grain-size diameters and standard deviations decrease normally from the mouth of the Jiahe River towards East and West along the Taozi Bay beach. Owing to the jetty interrupt, sediments along the beach deposit in the eastern and make erosion in the western of the jetty. The characteristics of grain-size and the beach topography reveal that the sediment transport direction along the Taozi Bay beach is from the mouth of the Jiahe River towards respectively east and west sides. This research is the scientific basis of how to protect the beach at the bathing-beach of Development Zone in Yantai, and also the basis of how to utilize the coast of Zhifu Island tombolo in reason.

(本文编辑:刘珊珊)