文章编号:1009-2722(2017)09-0047-06

招远砂质海岸岸滩演化特征

伊善堂^{1,2}, 尹东晓¹, 朱龙海^{1,3}, 胡日军^{1,3}

(1中国海洋大学海洋地球科学学院,青岛 266100;2 国土资源部海底矿产资源重点实验室,广州 510760;3中国海洋大学海底科学与探测技术教育部重点实验室,青岛 266100;)

摘 要:基于表层沉积物、卫星影像和水深地形等资料,结合岸滩演化数学模型、表层沉积物起动流速等方法,对招远砂质海岸的岸滩演化特征和控制因素进行了初步研究。结果 表明,由于受春雨码头和人工岛群建设影响,界河口附近海域由侵蚀转为淤积状态,春雨 码头附近海域侵蚀程度加剧。波浪控制着研究区表层沉积物分布和泥沙运动,人工构筑 物建设是造成研究区海岸冲淤变化的主要原因。潜堤建设能有效减少波浪对堤后海岸的 影响,对蚀退岸线保护效果明显。

关键词:砂质海岸;岸滩演化;控制因素;潜堤 中图分类号:P736.21 文献标识码:A DOI:10.16028/j.1009-2722.2017.09007

自 20 世纪 80 年代起,通过遥感等手段监测 发现招远段岸线正遭受严重侵蚀^[1],打破了海岸 原有的冲淤平衡状态,对附近岸线及生态环境均 造成严重影响。前人对招远附近海岸所做的研究 工作较多,主要集中在表层沉积物分布特征^[2]、泥 沙输运规律分析^[3]以及岸线演化等方面^[4]。2011 年起,龙口人工岛群和春雨码头建成后,造成界河 口附近海岸淤积,春雨码头东侧部分区域严重侵 蚀。本文通过分析表层沉积物分布规律、对比水深 和岸线变化以及计算泥沙起动流速等方法,对招远 砂质海岸岸滩演化特征及控制因素进行了研究,分 析了人工岛和春雨码头建设对招远砂质海岸的影 响,并提出了减缓砂质海岸侵蚀的方法,旨在为合 理保护和有效利用砂质岸线提供一定借鉴意义。

1 研究区概况

招远海岸位于莱州湾东部,沿岸多低缓丘陵,

砂嘴、砂坝十分发育,地貌成因类型主要为海蚀堆 积水下砂质浅滩,附近地势由东南向西北倾斜,主 要入海河流为界河、诸流河等。研究区海底表层 沉积物粒度较粗,主要以砾、砂为主,潮流类型为 不正规半日潮,涨潮方向由北向南,落潮时由南向 北^[5]。根据龙口海洋站多年统计资料,该海域波 浪主要以风浪为主,频率占 88%,常浪向和强浪 向均为 NE,频率为 14%;次常浪向为 NNE,频率 为 9%,年平均波高为 1.23 m,平均周期为 4.3 s。

2 资料与方法

2.1 表层沉积物

底质环境调查采用 10 cm×20 cm 抓斗式采 泥器采集,共采集到表层沉积物样品 46 个(图 1)。粒度分析采用筛分法和比重计法相结合的方 式,粒级划分采用 Uddeh—Wentworth^[6]等比制 Φ值粒级标准,沉积物分类和命名采用 Folk 三角 图形命名法^[7],平均粒径、分选系数等粒度参数的 计算采用 Folk 和 Ward 方法^[8]。

收稿日期:2017-05-15

作者简介:伊善堂(1989—),男,硕士,主要从事海洋地质方面的研究工作. E-mail:yishantang1990@126.com



图 1 研究区地理位置

Fig. 1 Map of study area and research sections

2.2 海岸线提取

通过对 2004 年 12 月 21 日、2009 年 5 月 26 日、2012 年 3 月 25 日和 2016 年 11 月 3 日 4 期卫 星影像进行岸线提取,岸线对比统一采用大潮高 潮线,利用 Global Mapper 软件将岸线转换为 Gauss—Kruger 投影下 WGS-84 坐标系下的矢量 格式,然后导入 AutoCAD 软件中进行叠加、修 正、测量,以此分析研究区近年岸线变化情 况^[9,10]。

2.3 水深地形剖面对比

中国海洋大学于 2010 年 6 月和 2016 年 6 月 在研究区进行了两期水深地形测量,测线采用垂 直岸线方式布设(图 1),同时,沿水深测线向岸滩 处进行岸滩高程测量,所有水深测量数据、岸滩高 程数据均统一至当地理论深度基准面。

2.4 岸滩演化数值模拟

采用沿岸过程和海岸动力学模型(LIT-PACK)对岸滩现状的演化特点以及潜堤建设后的岸滩演化规律进行预测分析,LITPACK 由 Danish Hydraulic Institute(DHI)设计,主要用于 模拟预测沿岸泥沙流、海岸线变化和长期的海岸 演变,属于国内外公认的较成熟的动力地貌模拟 软件之一^[11-13]。

3 结果

3.1 表层沉积物

研究区表层沉积物主要为砂质砾、砾质砂、粉砂质砂、砂、含砾泥质砂、砂质粉砂、含砾泥、泥等(图 2),具有明显的条带状分布规律。粒度组分主要以砾石和砂为主,砾组分百分含量平均值为22.0%,砂组分百分含量平均值为69.9%(图 3); 平均粒径介于-1.861Φ~7.395Φ之间,平均值为0.762Φ。



图 2 表层沉积物类型

Fig. 2 Distribution map of the surface sediments

由界河口向西南侧依次分布砂质砾、砾质砂、 含砾泥质砂,条带宽度分别为1.3、1.0和0.6km, 沉积物粒度依次减小,近岸150m范围之内主要分 布长条状粉砂质砂;春雨码头处以防波堤为中心呈 放射状向外依次分布砂质砾、砾质砂、含砾泥质砂, 近诸流河口处主要分布泥、砂等细粒物质。

3.2 岸线变化

通过选取研究区 2004、2009、2012 和 2016 年 4 期卫星影像进行海岸线对比,并选取 4 处岸线 变化明显的区域进行剖面对比分析(图 4、5)。

2004—2009年,整段岸线均呈明显蚀退特征,其中,剖面2蚀退距离最大,约45.1m,其余3条剖面蚀退介于10~29m之间;2009—2012年, 剖面1、2、3呈蚀退状态,剖面1蚀退约33m,剖



图 3 主要沉积物颗粒百分含量等值线分布 Fig. 3 The contour map of the main

sediment particle percentage



图 4 2004—2016 年海岸线变化

Fig. 4 Changes in the shoreline (2004–2016)

面 2 蚀退约 10.7 m, 剖面 3 蚀退约 5 m, 剖面 4 由 蚀退转为淤进状态, 淤进约 31 m; 2012—2016 年, 剖面 1 由蚀退转为淤进状态, 淤进约 9 m, 剖 面 2、3 保持蚀退状态, 剖面 2 蚀退约 9.5 m, 剖面 3 蚀退约 19 m, 剖面 4 由淤进转为蚀退状态, 蚀退 约 14 m。岸线变化结果显示, 剖面 2、3 呈持续蚀 退状态, 剖面 1、4 岸线变化程度较大, 尤其是 2012 年后, 剖面 1 由蚀退变为淤进, 剖面 4 由淤 进变为蚀退, 说明人工岛和春雨码头建设对界河 口和码头附近岸线变化影响较大, 导致界河口附 近淤积, 春雨码头附近侵蚀。



图 5 2004-2016 年典型岸线剖面对比



3.3 水深地形剖面对比

本文选取研究区 2010 和 2016 年两期水深地 形剖面资料进行对比,以此分析研究区附近海域 的冲淤变化特征,剖面布设见图 1,两期水深地形 对比见图 6。

剖面 I 离岸 1 km 范围内主要呈淤积状态,淤 积速率由岸向海逐渐增大,最大淤积速率为 0.067 m/a;离岸 1~1.6 km 范围以冲淤动态平 衡状态为主。

剖面Ⅲ离岸400 m范围内主要呈淤积状态, 离岸400~1700 m范围以冲淤动态平衡状态为 主,海底受波浪搅动强烈,地形呈凹凸起伏形态 明显。

剖面 Ⅵ近岸 100 m 范围内呈侵蚀状态,离岸 100~700 m 范围呈淤积状态,离岸 200 m 处淤积 速率最大,约为 0.067 m/a,离岸 700~1 700 m 范围呈动态冲淤平衡状态。

剖面Ⅲ近岸 60 m 范围内呈侵蚀状态,离岸 60~400 m 范围呈淤积状态,离岸 200 m 处淤积 速率最大,约为0.2m/a,离岸400~1 900 m范



图 6 2010—2016 年研究区典型冲淤断面对比 Fig. 6 Comparison of typical water depth profiles in the study area (2010—2016)

围呈冲淤平衡状态,离岸 700~1 000 m 范围发育 高约1m的砂坝。

水深剖面对比结果显示,紧邻界河口近岸呈 淤积状态,紧邻春雨码头近岸呈侵蚀状态,这与岸 线变迁对比结果一致。

4 讨论

4.1 冲淤影响因素

(1)河流输沙量减少

研究区入海河流为界河与诸流河,河流来沙

是研究区泥沙的主要补给源之一,近年来,由于中 上游取水灌溉、修建水库等造成河流流量减少,以 及非法采砂挖沙等行为,致使河流输沙量减少。 因此,河流携沙入海量减少是岸线蚀退的主要原 因之一。

(2)水动力因素

泥沙在不同外界条件下的起动特征研究是泥 沙运动力学中最核心的问题之一^[14]。本文采用 窦国仁^[15,16]提出的泥沙起动流速公式对Ⅰ、Ⅲ、 Ⅶ、Ⅲ4条断面进行计算,将计算值与模拟潮流 场同位置涨急和落急流速瞬时值进行比较(表 1),结果表明,仅受潮流作用条件下,表层沉积物 基本不会起动,说明潮流不是研究区泥沙起动的 主要控制因素。

研究区水深较浅,正常天气下破波水深约为 4.68 m,波浪作用较强,波浪在控制研究区表层 沉积物分布规律、岸线变化及水深地形冲淤变化 的过程中占主导作用,整段岸线在各方向波浪共 同作用下呈不断蚀退状态。

(3)人工构筑物

砂质海岸对外界因子变化的响应极其敏感, 人工构筑物的建设将显著改变沙滩的动态平衡状态。研究区人工构筑物主要为北侧的龙口人工岛 和研究区内的春雨码头。龙口人工岛建成后,阻 挡了偏 NE 向浪对研究区的作用,并在界河口处 形成波影区,一方面,在偏 W 向浪持续作用下,泥 沙的横向运动主要以向岸搬运为主,另一方面,在 偏 S 向浪的作用下,泥沙沿岸向东北方向输运,并 在人工岛西南侧堆积,造成界河口附近海域由侵 蚀状态转为淤积状态。春雨码头建成后,一方面 阻挡了由西南向东北方向的沿岸输沙,导致码头 上游淤积下游侵蚀,另一方面,波浪破碎产生的离 岸流导致泥沙发生离岸搬运,从而造成码头东侧 区域侵蚀加重。研究结果表明,人工构筑物建设 是造成研究区海岸冲淤变化的主要原因。

4.2 岸线防护措施

为保护海岸线、减缓波浪作用对岸滩的侵蚀, 对岸线侵蚀段进行防护是十分必要的。潜堤是一 种有效的减缓岸滩侵蚀的海岸防护措施,能降低 堤后波浪波高,大幅度减少波浪对堤后海岸的作 用,维护堤后岸滩长期稳定^[17,18]。基于上述原

Table 1 Calculation of Incipient Flow Rate for Surface Sediments in Study Area							
站位	水深/m	粒径/mm	起动流速/(cm/s)	涨急流速/(cm/s)	能否起动	落急流速/(cm/s)	能否起动
1-1	3.36	0.12	16.35	6.32	×	8.29	×
1-2	4.39	0.02	31.44	6.30	×	8.11	×
1-3	5.31	0.03	28.62	4.23	×	6.65	×
3-1	2.92	0.73	24.28	5.90	×	6.58	×
3-2	4.23	1.44	33.59	9.68	×	10.50	×
3-3	5.21	1.19	30.62	10.65	×	11.68	×
3-4	5.53	1.23	31.07	11.05	×	12.87	×
6-1	1.59	0.15	16.18	4.49	×	1.41	×
6-2	3.77	0.58	21.93	7.05	×	2.83	×
6-3	5.17	0.84	25.96	9.03	×	7.23	×
6-4	5.75	0.69	23.71	10.59	×	14.45	×
8-1	1.29	0.16	16.16	1.37	×	1.53	×
8-2	4.46	0.08	17.53	2.24	×	4.61	×
8-3	5.12	0.92	27.05	10.75	×	17.13	×
8-5	7.27	0.49	20.43	15.39	×	26.84	\checkmark

表 1 研究区表层沉积物起动流速计算表

因,本文提出在离岸 500 m 左右紧邻旅游码头东 侧修建潜堤,以减缓岸线侵蚀。为验证潜堤建成 后的掩护作用,利用数学模型对潜堤工程建设后 的岸滩演化进行了数值模拟,潜堤位置及模拟预 测结果见图 7。







现状1年后和潜堤建成1年后岸滩演化模拟 结果显示,剖面①为淤积岸段,现状1年后岸线向 海推进约8.9m,潜堤建设后淤积减小约1.9m; 剖面②为淤积岸段,现状1年后岸线向海推进约 11.8m,潜堤建设后淤积减小约4.6m;剖面③为 侵蚀岸段,现状1年后岸线向陆蚀退约12.2 m, 潜堤建设后侵蚀减小约2.2 m;剖面④为淤积岸 段,现状1年后岸线向海推进约12.7 m,潜堤建 设后淤积减小约2.4 m。综上可以看出,潜堤建 设既能减缓淤积岸线淤积速率,又能减缓侵蚀岸 段侵蚀速率,对岸线保护效果明显。

5 结论

(1)龙口人工岛和春雨码头建设对界河口和 码头附近岸线变化影响较大,导致界河口附近岸 线由蚀退转为淤进,春雨码头附近蚀退速率增大。

(2)岸滩处界河口附近呈淤积状态,春雨码头 附近呈侵蚀状态,海底主要呈淤积或动态冲淤平 衡状态。

(3)波浪控制着研究区表层沉积物分布和泥 沙运动,人工构筑物建设是造成研究区海岸冲淤 变化的主要原因。

(4)潜堤能有效降低波浪对后方海岸的作用, 降低岸线蚀退和淤进速率,保护岸线效果明显。

参考文献:

[1] 孙伟富. 我国海岸潟湖遥感监测与典型潟湖分析[D]. 青

岛:中国海洋大学,2013.

- [2] 冯秀丽,董卫卫,庄振业,等.莱州湾东岸沿岸输沙率及冲 淤演化动态分析[J].中国海洋大学学报:自然科学版, 2009,39(2):304-308.
- [3] 董卫卫. 莱州湾东岸冲淤演变分析与防护[D]. 青岛:中国 海洋大学, 2008.
- [4] 周广镇,冯秀丽,刘 杰,等. 莱州湾东岸近岸海域规划围 填海后冲淤演变预测[J]. 海洋科学,2014,38(1):15-19.
- [5] 中国海湾志编纂委员会.中国海湾志第三分册(山东半岛 北部和东部海湾)[M].北京:海洋出版社,1991.
- [6] Wentworth C K. A scale of grade and class terms for clastic sediments[J]. Journal of Geology, 1922, 30(5): 377-392.
- [7] Folk R L, Andrews P B, Lewis D W. Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zealand
 [J]. New Zealand Journal of Geology and Geophysics, 1970, 13(4); 937-968.
- [8] Folk P L, Wardw D. Brazos Reviver bar: A study in the significance of grain size parameters[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1957, 27(1): 3-26.
- [9] 金永福,郭伟其,苏 诚. Google Earth 在海岸线修测调查 中的应用研究[J]. 海洋环境科学, 2009, 28(5):566-569.

- [10] 刘 蕾.基于遥感与 GIS 的湖泊形态特征时空分异研究 [D].哈尔滨:哈尔滨师范大学,2014.
- [11] Nguyen N T, Nguyen N T, Luong P H. Studying shoreline change by using LITPACK mathematical model (case study in Cat Hai Island, Hai Phong City, Vietnam)[J]. VNU Journal of Science, 2007(23): 244-252.
- Sao N T, Anh T N, Son N T, et al. Structural measures to restore Cua Tung beaches, Quang Tri province[J].
 VNU Journal of Science, 2010(26): 98-103.
- [13] Shamji V R, Hameed T S S, Kurian N P, et al. Application of numerical modelling for morphological changes in a high-energy beach during the south-west monsoon [J]. Current Science, 2010, 98(5); 691-695.
- [14] 何文社,方 铎,杨具瑞,等. 泥沙起动流速研究[J]. 水 利学报,2002,33(10):51-56.
- [15] 窦国仁. 论泥沙起动流速[J]. 水利学报, 1960(4):46-62.
- [16] 窦国仁. 再论泥沙起动流速[J]. 泥沙研究, 1999, 28(6): 5-9.
- [17] 樊 勇. 潜堤在保滩促淤工程中的应用研究[D]. 青岛:中国海洋大学, 2008.
- [18] 陈 谦,吴 卫,卢永金,等. 离岸式潜堤对海堤越浪量 影响的实验研究[J]. 力学季刊, 2006,27(2):262-266.

EVOLUTIONARY FEATURES OF THE ZHAOYUAN SANDY BEACH

YI Shantang^{1,2}, YIN Dongxiao¹, ZHU Longhai^{1,3}, HU Rijun^{1,3}

(1 College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, China;

2 Key Laboratory of Marine Mineral Resources, MLR, Guangzhou 510760, China;
3 Key Laboratory of Submarine Geosciences and Prospecting Techniques, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: This paper is devoted to the evolutionary features of the sandy beach in Zhaoyuan in order to reveal its controlling factors, using the methods of surficial sampling, satellite imaging, numerical simulation of coastal evolution and calculation of the incipient velocity for sediment movement. The results show that the construction of the complex of Chunyu harbor and artificial island has greatly changed the scouring and silting environment of the study area, and then caused significant changes of the coastal area near the Jie river from erosion to siltation, and the increase in erosion around the Chunyu harbor. Wave is the main force that affects the distribution of surface sediments and sediment movement. The construction of artificial structures is obviously the main reason for the change in coastal scouring and silting regime in the study area. The submerged breakwater has effectively reduced the wave action on the coast and contributed greatly to coastal protection.

Key words: sandy coast; evolution of shore beach; controlling factors; submerged breakwater