莱州湾东部沙波地貌分布特征及其形成演化

李近元^{1,2,3,4}, 范奉鑫^{1,4}, 徐 涛^{1,4}, 栾振东^{1,4}, 张捷扬^{1,4}

(1.中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2.中国科学院 研究生院, 北京 100049; 3. 中能电力科技 开发有限公司, 北京 100034; 4.中国科学院 海洋地质与环境重点实验室, 山东 青岛 266071)

摘要:由 2009 年海底地形地貌调查资料,对莱州湾东部海底沙波的分布和形成进行探讨研究。结果发现:该地区发育大面积海底沙波地形,沙波主要为二维直线型沙波,陡峭度为 0.001,对称指数为 1.2,对称指数较好。沙波的形成和海底坡度以及水深有密切关系,在平坦海底易于形成,且与水深有一定的负相关关系。莱州湾东部沙波是 10 m 等深线的古海岸线上形成的滨海堆积体。研究结果对莱州湾东部沙波的形成演化研究具有重要意义。

关键词: 莱州湾; 沙波; 分布特征; 形成演化

中图分类号: P67 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2011)07-0051-04

海底沙波是一种脊线与潮流流向垂直的微地貌形态,一般在 40~100 cm/s 的流速时形成^[1]。沙波的形成和发育同时和水深有微妙关系。海底沙波是砂质海底最常见的底形地貌,它的迁移和运动可以影响海底建筑的稳定性,淘空或掩埋海底管线,危及工程设施的安全^[2-10]。

菜州湾东部有典型沙波发育。在野外观测和历史地貌调查的基础上,利用地理信息系统和遥感技术,王庆^[3]研究了现代莱州浅滩的地貌演变规律和人类活动对浅滩地貌冲淤动态的影响。

2009年3~4月,中国科学院海洋研究所在莱州湾东部进行了该地区海底地形地貌调查,由所获取的资料发现在该区域广泛发育了海底沙波地貌。利用调查中取得的资料,并结合当地水文资料,就其形成演化进行分析,得到了初步的认识,对莱州湾海底地形地貌的研究、海底工程的建设等有重要意义。

1 研究区概况

1.1 研究区位置

莱州湾是渤海三大海湾之一。位于渤海南部,山东半岛北部。西起黄河口,东至龙口的屺姆角。有黄河、小清河、潍河等注入。莱州湾口周宽度 96 km,海湾面积 6 060 km²,海底地形单调平缓,水深大部分在 10 m 以内,海湾西部最深处达 18 m。平均潮差(龙口)0.9 m,最大可能潮差 2.2 m。多沙土浅滩。西段受黄河泥沙影响,潮滩宽 6~7 km,东段宽仅500~1 000 m。由于潍河、胶莱河、白浪河、弥河,特

别是黄河泥沙的大量携入,海底堆积迅速,浅滩变宽,海水渐浅,湾口距离不断缩短。本次研究区域位于莱州湾东部,分为多波束测区和单波束测区两部分(图 1)。

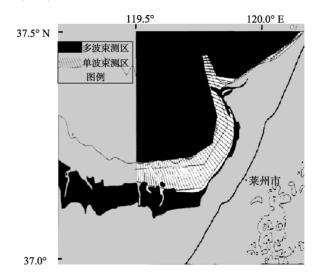


图 1 研究区位置

Fig. 1 Location of the study area

1.2 区域地质特征

莱州湾东岸(虎头崖至栾家口)属胶东隆起区,新 生代在断块抬升过程中,断块间差异升降十分明显,

收稿日期: 2009-12-18; 修回日期: 2011-04-10

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-212-2)

作者简介: 李近元(1984-), 男, 内蒙古通辽人, 硕士研究生, 从事海洋地形地貌及浅地层结构研究, 电话: 0532-82898669, E-mail: li-jinyuan84@126.com

形成以破碎丘陵及山前低缓起伏的剥蚀平原为主的地貌,沿海形成基岩港湾海岸和沙坝-潟湖海岸。莱州湾东岸的海积平原,有连岛砂洲、砂嘴、潟湖等次级地貌形态,如屺砪岛连岛砂洲,长约6km,宽1km。

砂质海岸分布于莱州湾东岸除基岩海岸以外的其他岸段,呈现出开阔、平直的砂质海岸与曲折的基岩海岸相间分布的特征。其中刁龙嘴至栾家口一带沙坝-潟湖海岸发育,在这里由入海河流携带的大量泥砂在沿岸流作用下形成羽状沙嘴和沙坝,在沙坝或沙嘴内侧形成断续分布的潟湖带。本区海岸带发育过程有沙坝潟湖型和沙嘴潟湖型之分。沙坝内侧全新世海侵的古海湾、古潟湖发育,靠近河口地段的岸线向海推进现象明显。三山岛青鳞铺一带,刁龙嘴式的沙嘴-潟湖海岸最为典型。在风和波浪作用下,沙嘴末端冲淤变化明显,据有关部门测算,刁龙嘴从 1952~1976 年,末端向西延伸了 100 m 左右[2]。

1.3 莱州湾气象、水文条件

1.3.1 气象状况

莱州湾位于现代黄河三角洲的东南侧,冬季受寒潮影响较大,气候寒冷,夏季比较炎热,具有显著的大陆性气候特征。年平均气温 $11.9 \sim 12.6\,^{\circ}$ C,最低气温出现在 1 月,月平均气温为 $-2.8 \sim -3.8\,^{\circ}$ C;最高气温出现在 7 月,月平均气温为 $25.9 \sim 26.4\,^{\circ}$ C。年平均降水量为 $612.5 \sim 660.1\,$ mm,降水多集中在 $6 \sim 9$ 月,降水量占年降水量的 $72.4\% \sim 76.2\%$ 。年平均风速为 $4.0\,$ m/s,春季风速较大,其中 4 月最大,月平均风速为 $4.0\,$ m/s,春季风速较大,其中 4 月最大,月平均风速为 $4.7 \sim 6.5\,$ m/s;冬季风速最小,月平均风速为 $2.7 \sim 4.3\,$ m/s。年平均大于 $8\,$ 级大风时间为 $20.8 \sim 44.3\,$ d^[2]。该区的波浪主要受季风控制,全海区的波浪以风浪为主,其出现频率在 $80\,$ %以上。由于受地形影响,波浪主要为由偏东风引起的 NE-SE 向浪。强风向为 NE,常浪向为 NE,是黄河三角洲风暴潮影响最小的海域。

1.3.2 潮汐状况

我国近海的潮汐主要是由太平洋传入的潮波所引起的协振动。M₂ 分潮波自太平洋进入南黄海后,向着山东沿岸传播,继而进入渤海。在老黄河口外和秦皇岛外海附近形成两个无潮点。其中,老黄河口外的无潮点对研究区域的潮汐、潮流类型和分布产生很大影响。

莱州湾的潮汐类型属不正规混合半日潮, 涨潮流历时 6.4 h, 落潮流历时 6.0 h。 高高潮差为 1.16 m,低高潮差为 0.62 m,平均潮差为 0.89 m。 涨潮流方向为 $224^{\circ} \sim 245^{\circ}$ (指向岸边),平均流速为 $29 \sim 37 \text{ cm/s}$;落潮

流方向为 49°~78°(为离岸流), 平均流速为 29~39 cm/s。

2 研究方法

2009年3月5日~4月9日,利用多波束水深测量系统及单波束水深测量系统对研究区域进行高精度的海底地形地貌及沙波形态测量。

多波束系统包括各种集成传感器,如:涌浪运动补偿器、声速剖面仪、精密导航级电罗经、数字高度计等。使用的多波速系统为 GeoSwath Plus 相干声纳多波束系统。在得到多波束测深数据的同时,还可以得到旁扫声纳数据。单波速测深系统为 HD-27 数字单频测深仪。工作期间投放水位计,进行实地潮汐测量,利用取得数据进行潮差校正。

GeoSwath Plus 带有所有用于多波束数据的采集和处理所必需的软件。在测量的同时,当使用GeoSwath Plus 去生成完全处理过的扫测结果不方便时,Swath 程序对已记录的原始数据进行处理生成完全校正的扫测条带。

成图采用"MAPGIS 地理信息系统"软件及surfer 软件。

3 结果与讨论

3.1 研究区海底地形地貌形态

通过对获得数据处理,由作图软件 surfer 得到研究区域三维立体地貌图(图 2)及等深线(单位为 m)图(图 3)。

由图 2 可以看出,该地区沙波地形发育显著,沙波延伸方向垂直于岸线方向,多为二维直线型沙波,主要影响因素为刁龙咀南侧的次生横向环流^[3]。沙波多发育于坡度较平缓地区,坡度过陡不利于沙波发育。

图 2 研究区沙波地貌图

Fig. 2 Sand wave geomorphology of the study area

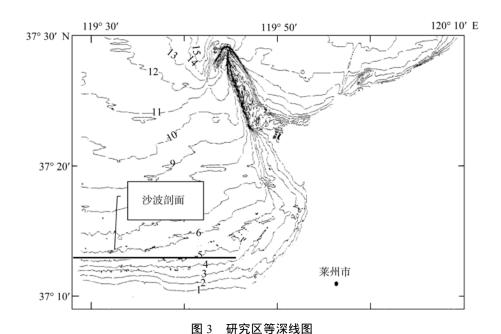


Fig. 3 Bathymetric chart of the study area

3.2 沙波的形态及分布

利用软件 mapgis 沿平行于岸线方向做出沙波剖面图(图 4),并统计得沙波参数(表 1)。该地区波浪主要为由偏东风引起的 NE-SE 向浪,与沙波走向近乎垂直。由剖面图可以看出,该地区沙波的波峰尖窄,波谷宽缓,对称性较好,具有浪成沙波地貌的典型特点。

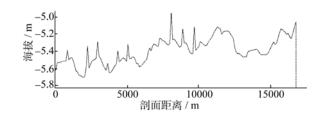


图 4 沙波剖面图 Fig. 4 Section plan of the sand wave

表 1 莱州湾海底沙波参数

Tab. 1 Sand wave parameters of Laizhou Bay

波长(m)			波高(m)			陡峭度			对称指数		
最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均
70	350	293	0.05	0.4	0.15	0.000 07	0.006	0.001	0.7	2.3	1.2

3.3 沙波与水深的关系

前人的研究表明,沙波的形成与水深有微妙关系。利用英曼经验公式 $d0 = H/\text{sh} (2\pi h/L)$,其中 h 为水深,H 与 L 为波浪的波高和波长, λ 接近 d0。莱州湾地区波浪最大波高为 3.9 m,最大波长为 31.6 m,经浅水矫正后为 31.3 m^[3]。由沙波剖面图取不同水深沙波长度代入公式计算,结果显示沙波长度与水深 h 大致呈负相关关系。

3.4 海平面升降与沙波的形成分布

周江、庄振业等^[7]通过对莱州湾东部 Y86 孔岩 芯进行岩性、粒度、微体化石、孢粉组合的分析和 14 C 年代的测定,认为该地区自全新世以来经历了 3 个主要地质事件: $8 \sim 7$ ka B.P.全新世海侵前沉积间断事件; $7 \sim 6$ ka B.P.中全新世温暖湿润气候地质事件,此时海侵达到最大; 4.5 ka B.P.左右,发生明显降温事件 $^{[7]}$ 。

莱州湾东部在早全新世为低海面时期, 地面较平缓, 分布冲积物、沼泽沉积物和风化残积物, 在 8~7 ka B.P.左右海水开始侵入本区, 形成本区的沉积间断的负地质事件。在 7~6 ka B.P.左右海侵达到最大范围, 气候进一步温暖湿润, 称为中全新世温暖湿润气候地质事件。随后在 4.5 ka B.P.左右出现明显降温事件, 其后海平面缓慢下降,沙坝普遍发育生长, 至海水退到现今

岸线附近, 形成大面积的沙坝-潟平原。

由该地区垂直于岸线的地形剖面图(图 5)可以看出,在 10 m左右水深处,沙波大规模发育,莱州湾东部地区 浅水区沙波物源应为最后一次海侵的滨海堆积物。

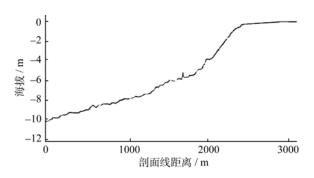


图 5 地形剖面图

Fig. 5 Topographic profile of the study area

4 结论

根据研究区域取得的数据资料, 绘出并分析研究区域地形地貌图及剖面图, 可以得出以下结论: (1)研究区沙波主要为二维直线型沙波, 延伸方向垂直于岸线, 陡峭度为 0.001, 对称指数为 1.2, 对称指数较好, 具有浪成沙波的典型特点。(2)沙波多分布于平缓广阔的砂质海底, 坡度过缓或过陡均不利于沙波的形成。(3)莱州湾地区沙波具有典型浪成沙波特点, 利用英曼经验公式 $d0 = H/\text{sh} (2\pi h/L)$ 通过计算可以看出, 沙波波长和水深大致呈负相关关系。(4)

莱州湾东部地区水下沙波物源应是在莱州湾 10 m 等 深线的古海岸线上形成的滨海堆积体。

参考文献:

- [1] 王伟伟, 范奉鑫, 李成钢, 等. 海南岛西南海底沙波 活动及底床冲淤变化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2007, 27(4): 23-28.
- [2] 山东省科学技术委员会. 山东省海岸带和海涂资源综合调查报告集-综合调查报告[M]. 北京: 中国科学技术出版社,1990.
- [3] 王庆,杨华,仲少云,等.山东莱州浅滩的沉积动态与地貌演变[J]. 地理学报,2003,58(5):749-756.
- [4] 程义吉, 高菁. 莱州湾海域水文特征及冲淤变化分析 [J]. 海岸工程, 2006, 25(3): 1-6.
- [5] 张子鹏,吴建政,苗丰民,等.辽东湾水下沙脊成因机制[J].海洋地质动态,2008,24(5):6-13.
- [6] 庄振业, 林振宏, 周江, 等. 陆架沙丘(波)形成发育的环境条件[J]. 海洋地质动态, 2004, 20(4): 5-10.
- [7] 周江, 庄振业. 莱州湾东岸沿海平原区全新世主要地质事件[J]. 海洋湖沼通报, 2007, 2: 26-33.
- [8] Rubin D M, Hunter R E. Bedform climbing in theory and nature[J]. Sedimentology, 1982, 29(1): 121-138.
- [9] Morelissen R, Hulscher S J M H, Knaapen M A F, et al. Mathematical modeling of sand wave migration and the interaction with pipelines[J]. Coastal Engineering, 2003, 48(3): 197-209.
- [10] Li Jiu-fa, Wang Xing-ning, Ying Ming, et al. Field observations on bed sediment and sandwaves in Changjiang estuary[J]. International Journal of Sediment Research, 2005, 20(2): 129-135.

The distribution characteristics and evolution of the sand wave in the east of Laizhou Bay

LI Jin-yuan^{1,2,3,4}, FAN Feng-xin^{1,4}, XU Tao^{1,4}, LUAN Zhen-dong^{1,4}, ZHANG Jie-yang^{1,4} (1. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Zhong Neng Power-Tech Development Company Limited, Beijing 100034, China; 4. Key Laboratory of Marine Geology and Environment, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Received: Dec., 18, 2009

Key words: Laizhou Bay; sand wave; distribution charateristics; evolution

Abstract: The seabed topography survey data of Layzhou Bay were collected with multibeam sounder and echo-sounder in March, 2009. Based on the bathymetric data, the distribution characteristics and the evolution of the sand waves in the area were studied. There were mainly two-dimensional linear sand wave in the study area, the wavelength of sand wave ranging from 50 m to 350 m, wave height from 0.05 m to 0.4 m, steepness from 0.0007 to 0.006, and symmetry from 0.7 to 2.3. The sand wave distribution was not only related to the gradient of the seabed, but also was negatively related to the seabed depth. Laizhou Bay's sand wave formed near the isobath 10 m of the seabed, where is the ancient shorelines littoral deposit.

(本文编辑: 刘珊珊)