

关于登州浅滩作用的研究*

武桂秋 孟祥东 夏东兴 崔金瑞

(国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266003)

提要 1990—1993年对蓬莱西庄海岸附近海域进行了水文、水深、地质地貌和泥沙等13项测量和调查。整理分析实测资料并结合数值计算,首次分析研究了登州浅滩的作用,并着重论述了浅滩被破坏后袭击岸边的波浪增大,波能增加到5—7倍,沿岸净输沙量增加到3—5倍。文中指出西庄海岸侵蚀加剧的主要原因是,登州浅滩被破坏后失去防浪消波作用而造成的。

关键词 登州浅滩 波浪 净输沙率 海岸侵蚀

近些年来,中国海岸遭受侵蚀的现象日趋明显,山东沿海更为严重(刘建民,1990),对此引起了我国学者的关注,其中有少数人做过一些比较简单的资料分析工作,从提出的分析结果看,均是一般性较普遍的原因,如(1)泥沙来源减少;(2)在岸边挖沙;(3)不合理建筑物的布置使泥沙流中断,造成上游淤积下游冲刷等。而很少有人专项立项进行深入的研究,更没有进行现场测量。1986年以来山东蓬莱西庄附近海岸侵蚀突然加剧,当地人们不知原因何在,也无法进行防护,灾情十分严重。针对该情况,设立了“蓬莱西庄附近海岸侵蚀原因分析及治理对策”的研究专题。1990—1993年对该区域进行了13项现场测量工作,如此现场测量规模之大、项目之齐全,在国内的海岸侵蚀研究领域尚属首次。经过3年对岸滩剖面的定期测量资料分析,获得的结果是:登州浅滩未被破坏前西庄海岸多少年来有冲有淤,其平均量值为 $0.03-0.09\text{m/a}$;而登州浅滩被破坏以后西庄海岸遭受严重冲刷,一次大浪过程中,海岸线就后退了14—20m。这充分证明登州浅滩的作用是防浪消能,保护海岸。本文通过理论研究和现场测量资料分析的相互验证,首次指出西庄附近海岸侵蚀的主要原因是登州浅滩被破坏而造成的。研究结果为该地区海岸防护和治理对策提供了科学的依据,也为今后的海岸侵蚀研究积累了经验和资料。

1 登州浅滩地理位置和概况

登州浅滩位于蓬莱市西庄至栾家口海岸以北的海域,浅滩轴线方向和岸线走向夹角约为 45° ,也就是说基本上呈东西走向。登州浅滩由4个水下沙洲所组成,长约6.6km,平均宽度为0.6km,5.0m等深线以浅的面积约为 4.0km^2 ,最浅处水深只有1.1m,浅滩东端离岸最近为1.5km,西端离岸较远,平均离岸距离为2.5km,它是一条历史上形成的

* 山东省自然科学基金资助项目,鲁科计(91)第30号,武桂秋,女,出生于1939年8月,高级工程师。

收稿日期:1996年3月13日,接受日期:1996年12月26日。

天然水下沙洲, 长期卧于西庄外海水下并处于稳定状态(见图 1)。

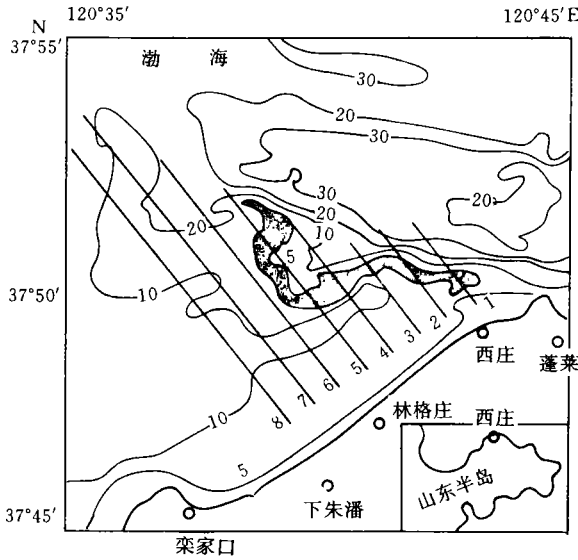


图 1 蓬莱西庄外海登州浅滩位置图(1974)

Fig.1 Location of Dengzhou Shoal

图中阴影为登州浅滩; —断面; ~等深线。

表 1 1990年波高周期分级统计表¹⁾

Tab.1 Classified statistics of wave height

波高 $H_{1/10}$ (m)	周 期 \bar{T} (s)						次数	频率	累积 频率
	2.1—3.0	3.1—4.0	4.1—5.0	5.1—6.0	6.1—7.0	7.1—8.0			
0.1—0.3	16	37	13	2			68	13.74	13.74
0.4—0.6	9	92	53	8			162	32.73	46.47
0.7—1.0	1	39	68	19	2		129	26.06	72.53
1.1—1.4		2	27	32	4		65	13.13	85.66
1.5—1.8		1	6	22	6		35	7.07	92.73
1.9—2.2			1	8	16		25	5.05	97.78
2.3—2.6				1	7		8	1.62	99.4
2.7—3.0					2		2	0.40	99.8
3.1—3.5						1	1	0.20	100
次数	26	171	168	92	37	1	495		
频率	5.25	34.55	33.94	18.59	7.47	0.20			
累积频率	5.25	39.80	73.74	92.33	99.80	100			

登州浅滩北侧是登州水道, 它是渤海海峡最南的一条水道, 长约 30km, 宽约 4.0km, 水深 20—30m, 由于受蓬莱高角与长山列岛的挟持而浪大流急, 区域性波浪成长较为充分, 当此区域性偏北方向的波浪向岸传播时, 便受到了登州浅滩的有效阻拦,

1) 蓬莱海洋站实测波浪资料, 1990。

并使其偏大的波浪在浅滩上破碎掉。

2 登州浅滩的作用

2.1 挡浪消波作用 对登州水道深水区传入的波浪起着防浪潜堤的作用。由表 1 知 H_{10} 大波波高小于 1.5m 的频率为 86%，这些波对海岸的侵蚀较小，而波高大于 1.9m 的有 36 次，大于 2.5m 的有 11 次，尽管它们的频率小，但对海岸的侵蚀却是严重的，尤其是 2.5m 以上的大浪。

为了分析浅滩作为天然水下屏障对波浪起到的阻拦作用，根据海洋工程中所采用的有关破碎波高和破碎水深计算关系 (Goda, 1970, 1985)

$$\frac{H_b}{H_0'} = \frac{1}{3.3(H_0' / L_0)^{1/3}} \quad (1)$$

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - (aH_b / gT^2)} \quad (2)$$

$$a = 1.36g(1 - e^{-19\alpha}) \quad (3)$$

$$b = \frac{1.56}{1 + e^{-19.5\alpha}} \quad (4)$$

式中 H_b , d_b 分别为破碎波高和破碎水深; g 为重力加速度; H_0' 为未经折射的深水波高; L_0 为深水波长; α 为海底坡度。利用海洋站实测波浪资料进行计算 (表 2)。

表2 登州浅滩的破碎波高和破碎水深

Tab.2 Breaking wave height and water depth of Dengzhou Shoal

H_{10} (m)	周期 \bar{T} (s)	四人洲至二日洲		潮待洲	
		H_b (m)	d_b (m)	H_b (m)	d_b (m)
3.9	7.5	4.05	4.86	3.61	4.48
3.0	7.0	3.18	3.78	2.90	3.60
2.5	6.0	2.60	3.12	2.31	2.86
1.7	5.5	1.84	2.17	1.69	2.06
1.5	5.5	1.65	1.93	1.65	1.90
1.4	5.0	1.51	1.78	1.39	1.71
1.2	5.0	1.33	1.56	1.26	1.52

登州浅滩 1974 年平均水深为 3.0m 多，较浅处水深均在 2.0m 左右 (最浅处 1.1m，低潮时可露出滩面)。由表 2 可看出，2.0m 的浅滩水深就可使得外海深水超过 1.7m 的大浪全部破碎掉，说明了登州水道深水中生成的较大波浪均不能越过登州浅滩到达岸边，只有当高潮时那些小于 1.5m 的波浪才有可能通过浅滩传到岸边。由于这些小的波浪能量较小，对岸边的冲刷侵蚀不严重；若在低潮时，即便是 1.0m 的波也会被浅滩破碎掉。

2.2 衰减波能作用 波浪破碎以后再生成的波浪其能量不会超过深水原生波浪能量的二分之一，但对不同的海区情况不会完全一样，为此根据波能衰减方程 (Sevendsen, 1984; Horikawa, 1988; 崔金瑞等, 1991) 进行如下的计算：

$$\frac{\partial EC_g}{\partial x} = -\frac{n}{d}[EC_g - (EC_g)_r] \quad (5)$$

$$E = \frac{1}{8} \rho g H_0^2 \quad (6)$$

$$C_g = \sqrt{gd} \quad (7)$$

$$n = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi d / L}{\sinh(4\pi d / L)} \right] \quad (8)$$

其边界条件

$$G = H_b^2 \sqrt{d_b} \quad (9)$$

选取某一断面，波浪通过浅滩的波能为：

$$E = \sum_{j=1}^k \left(\frac{1}{8} \rho g H_{0j}^2 \cdot f_j \cdot A + \frac{1}{8} \rho g H_{0j}^2 \cdot f_j \cdot B \right) \quad (10)$$

式中， k 为波浪破碎组数， f_j 为波高所占的频率， A 、 B 为断面面积，计算结果绘于图2。由图2可看出，登州浅滩使深水传来的波浪能量消减5—7倍，或者说经过浅滩被破碎后的波浪再传到岸边，其波能量只有破碎前深水波能量的1/7—1/5。

2.3 减少输沙率的作用 登州浅滩轴线离岸距离由东向西为1.5—3.0km，对应的海岸线11.0km，为沙质海岸，当波浪传至岸边时，侵蚀着岸滩，使海岸线后退，造成海岸被侵蚀；但由于登州浅滩的存在使得波能沿岸输沙量甚少，所以海岸侵蚀轻微。根据文献(CERC, 1984; Wu Guiqiu, 1994)中有关波能输沙公式和我国波能输沙公式

$$Q_{\alpha_0, H_0} = 1.373 \times 10^5 f H_0^{5/2} F(\alpha_0) \quad (11)$$

$$F(\alpha_0) = \{(\cos \alpha_0)^{1/4} \sin 2\alpha_0\} \quad (12)$$

$$Q_s = 0.74 \times 10^{-2} H_0^2 C_0 K_s^2 \sin 2\alpha_0 \quad (13)$$

表3 西庄至栾家口沿岸输沙量($\times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$)计算

Tab.3 Calculation of sediment transport rate from Xizhuang to Luanjiakou littoral

时间	波高 $H(\text{m})$	方 向				
		NE	N	NW	W	SW
浅滩 存在时	0.0—0.9	+0.101	+0.602	± 0.092	-0.652	-0.013
	1.0—1.5	+0.305	+2.504	± 0.423	-1.080	
	总输沙量			+5.8		
	净输沙量			+4.02		
浅滩 挖掉以后	1.6—1.9	+0.602	+5.04	± 0.602	-2.302	
	2.0—2.9	+1.183	+8.395			
	3.0—3.9	+0.124	+0.140			
	总输沙量			+24.2		
净输沙量			+20.13			

注：+ 代表向西输送；- 代表向东输送

1) E_1 为挖沙前波能； E_2 为挖沙后波能。

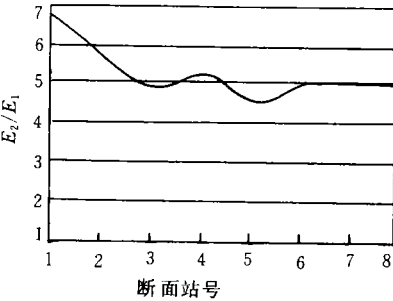


图2 波能量分布图(E_2/E_1)¹⁾

Fig.2 Varying curve of wave energy (E_2/E_1)

式中, α_0 和 α_b 分别为深水波角和破碎波角; K_r 为折射系数; C_0 为波速。采用 (11), (13) 两式进行计算后对比分析获得的结果列入表 3。由表 3 中数字看出, 登州浅滩存在时, 蓬莱西庄海岸的沿岸净输沙量仅为 $4.0 \times 10^4 \text{m}^3 / \text{a}$, 沿岸输沙量很少, 所以海岸侵蚀甚微, 为 3—9cm/a 的平均值; 浅滩被挖掉以后, 净输沙量增加到 $20.1 \times 10^4 \text{m}^3 / \text{a}$, 较前增加到 5 倍, 海岸遭严重侵蚀而急剧后退, 仅 1990 年两次风浪海岸线就后退了 20 多米。

3 登州浅滩破坏后的现状及后果

3.1 浅滩破坏后的现状 水深的变化是说明登州浅滩变化最为重要的依据。于 1990 年进行浅滩周围的水深测量¹⁾, 将测量结果与 1959 年²⁾、1974 年³⁾海图水深进行了比较并列入表 4。

表4 登州浅滩变化

Tab. 4 Changing of Dengzhou Shoal

	面积 (km^2)	平均水深 (m)	最小水深 (m)
1959	4.03	3.7	1.2
1974	3.96	3.2	1.1
1990	0.50	4.3	3.9

注: 表中数字均为 5m 等深线以浅范围。

由表 4 可知:

(1) 1959 年与 1974 年相比基本没有变化, 即浅滩面积略有减少, 而浅滩水深稍有变浅, 浅滩体积有所增大, 说明水动力在维持着浅滩的动态平衡。如果以 1959 年与 1974 年相比基本没有变化的状态代表以往的情况, 则可得出登州浅滩历史上多年以来变化不大的结论。

(2) 1959 年、1974 年与 1990 年 12 月实测资料相比较, 浅滩却发生了很大的变化, 5.0m 等深线以浅的面积变得只有 0.5km^2 , 缩减了 87%; 而 1959 年 (或者说 1974 年) 原来 5.0m 等深线所包围的面积内的水深增加了 2.6—3.1m, 最大处增加了 4.0m 以上, 使这块面积内的平均水深达到 6.0m, 最小水深也有 3.9m。

(3) 依 1959 年 1990 年实测资料相比较, 大约挖掉了 $1.0 \times 10^7 \text{m}^3$ 沙, 致使登州浅滩不复存在。

3.2 登州浅滩遭破坏的后果 浅滩被挖掉导致的后果是海岸侵蚀严重, 岸线迅速后退。西庄至栾家口 11.0km 的平直岸段, 为岸壁陡直的海蚀崖, 崖高一般是 3—5m, 最高可达 10m 以上, 浅滩挖掉后, 沿岸输沙率增加到 3—5 倍 (见图 2, 表 3)。根据 1931—1959, 1960—1992 年的海图和陆图¹⁻³⁾对比, 西庄附近的海岸线变化见表 5。

由表 5 可知: (1) 在 1974 年浅滩开挖以前, 海岸线变化甚微, 不论是冲还是淤, 年变化率只有 3—9cm/a; (2) 浅滩开始被挖的最初两年, 即 1986—1988 年, 岸线后退率为 2.14m/a , 为浅滩存在时的 20 多倍。在这期间浅滩进入了新剖面的塑造过程, 势必加速海岸的侵蚀, 相应的各方面环境条件相互影响的滞后效应也会在逐渐演变着; (3)

1) 国家海洋局第一海洋研究所, 1992。

2) 中国人民解放军海军司令部航海保证部, (59), 图号: 5309。

3) 中国人民解放军海军司令部航海保证部, (74), 图号: 11941。

1989—1990年期间,是开始挖沙过程的第4年(从1986年算起),浅滩被彻底破坏后失去了全部防浪作用,造成了一处被开挖,别处来补充,动态失稳的严重现象,使得海岸侵蚀加剧。1990年的两次大风浪后退了20多米(刘建民,1990),侵蚀速率达14.0m/a。在这两年内300多亩土地被侵蚀掉;(4)1990年强制性地停止在浅滩挖沙,但此时的登州浅滩已不复存在,外海深水波浪直抵岸边。为此西庄村民投巨资建造护岸工程,大浪在护岸坡面上冲下刷,使得护岸外的海底不断被刷深,护岸坡脚下塌,护岸工程整体稳定受到影响,侵蚀得不到最终解决而仍在继续。

表5 西庄附近海岸线变化表

Tab. 5 Change of littoral nearby Xizhuang

时间段	1931—1959	1960—1974	1975—1988	1989—1990	1990—1992
变化幅度(m)	-2.57	+0.48	-30.0	-28.0	-12.4
变化速率(m/a)	-0.09	+0.03	-2.14	-14.0	-6.2
资料依据	海图	海图	海图与实测 (挖2年沙以后)	实测 (挖4年沙以后)	实测 (停挖后2年)

注: + 代表向海淤进; - 代表向岸冲刷

4 结语

4.1 登州浅滩是历史产物。在潮流和余流的作用下使其自身的位置得到固定;而在波浪的作用下使其沉积物得以粗化和更新。长期以来已达到了动态平衡状态。所以在1986年开始挖沙以前,多少年来登州浅滩基本没有变化。

4.2 遭到破坏以前的登州浅滩起着阻挡波浪向岸传播的作用。深水较大的波浪传至浅滩,在浅滩上发生破碎,使波能量衰减到1/5—1/7后再向岸边传播;又因波能量的减少而使沿岸输沙量较少,西庄至栾家口一带海岸侵蚀甚微,岸滩长期以来保持着平衡状态。

4.3 登州浅滩被挖掉以后,外海深水大浪向岸传来时,经过原来浅滩的位置处,由于浅滩的消失波浪受不到任何阻拦,可长驱直入抵达岸边,冲刷岸壁(直立的黄土崖)严重,沿岸输沙率加剧,岸线迅速后退,西庄至栾家口一带沿海区域的村庄、工厂、养殖场、公路和良田等遭受到严重破坏。

参 考 文 献

- 刘建民, 1990, 海洋信息, 5: 18—19.
- 崔金瑞、夏东兴、武桂秋, 1991, 海岸带开发与管理青年文集, 海洋出版社(北京), 97—102.
- Army U. S. Coastal Engineering Research Center, 1984, Shore Protection Manual, U. S. Government Printing Office (Washington, D. C.), 1: 129—136.
- Goda, Y. A. 1985, Random Seas and Design of Maritime Structures, University of Tokyo Press (Tokyo), pp. 87—93.
- Goda, Y. A. 1970, Proceedings of Japan Society of Civil Engineering, Ministry of Transport Press (Tokyo), pp. 217—233.
- Horikawa, K., 1988, Nearshore Dynamics and Coastal Processes, University of Tokyo, Press (Tokyo), pp. 137—166.
- Sevendsen, I. A., 1984, Coastal Engineering, 8(4): 303—329.
- Wu Guiqiu, 1994, China Ocean Engineering, 8(2): 232—237.

RESEARCH ON THE EFFECT OF DENGZHOU SHOAL

Wu Guiqiu, Meng Xiangdong, Xia Dongxing, Cui Jinrui

(*First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266003*)

Abstract In recent years, serious coastal erosion occurred near Xizhuang, Penglai County. In order to find the reason of the erosion and the means of protection, the field measurement of hydrography, water depth, geology, geography and sediment tracing etc. totally 13 terms were conducted by the advanced instruments made of home and abroad during the years of 1990—1993. Combined the measurement data with the numerical calculation, this paper studied the function of Dengzhou Shoal as it wasn't damaged as follows: obstructing the direct attack of high waves ($H > 1.5\text{m}$) on the coast of Xizhuang, reducing the coastal erosion by breaking waves, thus being a natural submerged barrier against waves and protecting the safety of people. This paper emphatically demonstrated the consequence resulted from the dredge from Dengzhou Shoal as follows: the waves entering nearshore increase, wave energy increases by 5—7 times, the net sediment transportation increases by 3—5 times, because there were no sediment sources near the sea area to replenish, thus the coastal erosion rate was enlarged from 3—9cm / a before the damage of the Shoal to 4—6m / a after the damage. It appeared that the coastline drew back 14—20m at one time of the storm surge. This paper advances for the first time that the main reasons of coastal erosion in Xizhuang were the damage of Dengzhou Shoal, the increasing of wave energy, which enlarged the coastal erosion sharply, so led to the disaster to happen. At the same time, this paper has accumulated data and experiences for the future researches in coastal erosion.

Key words Dengzhou Shoal Wave energy Net sediment transport rate
Coastal erosion