

1. 黄渤海区风海流的时、空变化是比较复杂的,既具有(黄、渤)海区的差异,又具有季节的不同。
2. 风海流场的结构与温度场——特别是温跃层的气候起伏关系密切。
3. 风海流强流区的流速可达20cm/s以上,这对黄渤海区水温结构数值预报模式中考虑平流和侧向混合效应提供了依据。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国科学技术委员会海洋组,全国海洋普查综合报告(第五册),1964。
- [2] 窦振兴等,渤海风海流数值计算,国家海洋局海洋环境保护研究所,1984,47~68。
- [3] 张延廷、王以娇,渤海风场的模拟及风暴潮数值计算,海洋学报,5(1983)3:261~27。
- [4] 张延廷、王以娇,8114号台风影响下黄海水位场和流场的数值模拟,黄渤海海洋,8(1986)1:1~6。
- [5] 管秉贤,中国沿海的表面海流与风的关系的初步研究,海洋与湖泊,1(1957)1:95~115。
- [6] 管秉贤,有关我国近海海流研究的若干问题,海洋与湖泊,4(1962)3:121~141。
- [7] 浦泳修等,黄海西部流况的初步分析,黄渤海海洋,1(1983)2:8~20。
- [8] 张淑珍等,渤海环流数值模拟,山东海洋学院学报,14(1984)2:12~20。
- [9] Choi, B. H., Note current driven by a steady uniform wind stress on the yellow sea and the East China sea. *La mer*, 20(1982)2:65~74。
- [10] 奚盘根等,东中国海环流的一种模型(1)——冬季环流的数值模拟,山东海洋学院学报,10,1980:13~25。
- [11] 国家海洋局第一海洋研究所海流组,黄海海流状况,海洋研究(增刊), (3)1979:1~16。
- [12] 李繁华、孔祥德,海底起伏对密度流的影响及浅海动力计算方法的初步研究,海洋湖泊通报, (1)1988:10~15。
- [13] 李繁华、孔祥德,关于黄海暖流某些特征的分析,海洋湖泊通报, (4)1987:1~6

A Numerical Calculation for the Wind-Driven Current in the Huanghai and Bohai Seas

Wang Zongshan Gong Bin Li Fanhua Zou Emei Xu Bochang
(First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao)

Abstract

Based on the Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set (COADS) supplied by U. S. A., the mean seasonal wind fields (with Feb., May, Aug., and Nov. representing winter, spring, summer and autumn respectively) over the Huanghai and Bohai Seas are constructed for the period 1950~1979.

On the basis of the seasonal mean wind fields, the climatological feature of the mean wind-driven current in the studied sea area and its seasonal variations are revealed by solving two-dimensional hydrodynamical non-linear equations.

Key words: migration non-linear effect cyclonic motion.

18-26

山东蓬莱西庄附近海域波浪与海岸侵蚀

陈雪英

胡泽建

(国家海洋局第一海洋研究所, 青岛)

P 731.22

摘要

本文探讨西庄附近海域的波浪状况, 分析由于人工挖沙影响, 使得登州浅滩的防护作用发生变化, 导致近岸波浪作用增强, 造成海岸侵蚀。最后讨论设计波要素的确定, 为防浪护坡工程提供必要的设计依据。

关键词: 破波波高 波浪破碎水深 浅滩 海岸侵蚀

, 海域

近几年来, 蓬莱西庄至龙口的栾家口一带海岸遭受到严重侵蚀^[1], 给当地人民, 特别是西庄一带人民造成了重大经济损失。因此, 防止海岸侵蚀、保护海岸是当前的迫切任务。

海岸带的破坏是由自然因素和人为因素造成的。自然力的破坏作用除了与该海域的地质地貌状况有关外, 主要是浪、潮、流直接冲刷侵蚀海岸, 使海岸塌陷、后退; 人为因素的破坏作用则是由于人类的生产活动造成的。如由于工业和建筑业需要, 在海滩上过多取走砾石或沙子, 破坏了原来的自然条件而造成海岸侵蚀。因此, 要保护海岸, 必须从防御自然力的破坏和加强海岸科学管理入手。

海浪是造成本区海岸侵蚀的主要因素。本文着重探讨本海域波浪状况及其变化规律, 分析因人工挖沙而加大水深, 使登州浅滩的防护作用发生变化, 导致近岸波浪状况、破波尺度和破碎带宽度明显改变, 加速了岸滩侵蚀。最后讨论设计波要素的确定, 为防浪护坡工程提供必要的设计依据。

一、波浪状况

西庄至栾家口海域没有进行过波浪观测, 而东邻 2.5km 的老北山自 1988 年设有海洋水文观测站(即蓬莱海洋站), 每天定时进行波浪观测, 现已有三年波浪观测资料。虽然西庄海域与老北山海域有一定差别, 但由于海区近, 20m 等深线外地形基本相同, 因此外海波况应基本相似, 故将蓬莱海洋站三年波浪观测资料, 特别是 1990 年资料进行统计分析, 并作为西庄海域外海波浪的基本状况。

(一) 风浪和涌浪频率

该海域风浪和涌浪的平均出现率分别为 86.1% 和 13.9%, 表明本海区以风浪为主。从波浪在各方位的出现率来看, 涌浪以 NNE, NE 和 ENE 向为主, 三个方位的频率总和达

本文于 1991 年 10 月 14 日收到, 修改稿于 1992 年 2 月 24 日收到。

61%；风浪以 NNE, ENE 和 W 向为主, 其频率和为 54%。但无论是风浪还是涌浪, NNE~ENE 向的出现率均占有明显的优势。

(二) 各向波浪统计特征

波高在各向的出现率, 分别以季和年进行统计, 并绘制成波浪玫瑰图(图 1)。

从图可看出, 该海域常浪向为 NNE 向, 其频率为 9%, 次常浪向为 ENE 向, 频率为 5%, 而强浪向和次强浪向分别为 NNE 和 N 向, 全年静稳频率为 66%。

就季节变化来看, 春、夏两季的常浪向均为 ENE 向, 其频率分别为 7% 和 6%; 秋、冬季的常浪向则转向 NNE 向, 其频率分别为 13% 和 18%。各季的强浪向除了秋季为 N 向外, 春、夏和冬季均为 NNE 向。

(三) 波高和周期分级统计特征

表 1 是就 1990 年波浪资料按波高和周期分级统计的。就波高而言, 出现最多的是 0.4~1.0 m 之间, 占 58.7%, 波高小于

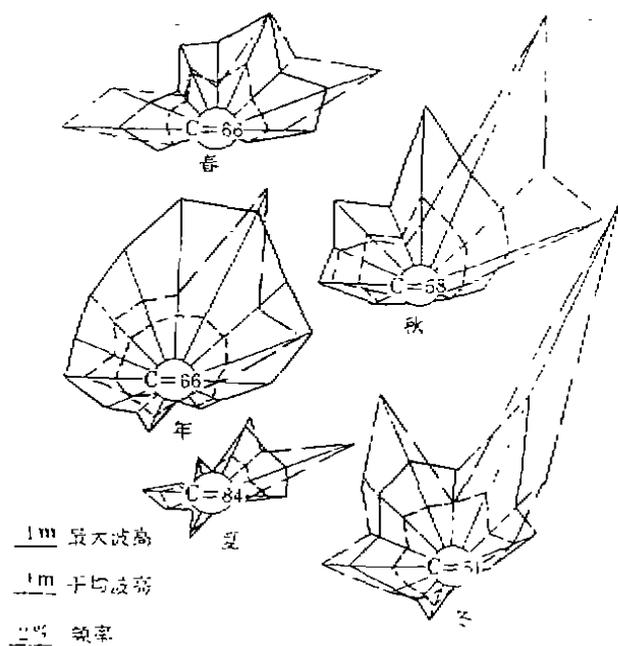


图 1 波浪玫瑰图

表 1 1990 年波高、周期分级统计表

$H_{1/10}^1$ (m) \ \bar{T} (s)	2.1~3.0	3.1~4.0	4.1~5.0	5.1~6.0	6.1~7.0	7.1~8.0	次数	频率	累积频率
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	99.9
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			

1.0m 的占 72.5%, 对于周期, 在 3.1~5.0s 的出现最多, 约占 68%, 小于 5.0s 的占 73.7%。而对海岸作用影响较大的则是较大波浪, 从表中可以看出, 波高大于 1.0m、周期大于 5.0s 的波, 约占 26% 左右。

二、波浪破碎及其对海岸的作用

波浪进入浅水区之后, 由于变浅作用, 使波浪发生变形、破碎。在波浪破碎时, 其巨大能量消耗在海底或海岸, 对地形产生很大影响。

西庄海域外侧有一登州浅滩, 浅滩轴线和岸线夹角约 45°, 基本呈东西走向, 由四人州、二日州、潮待州和新井州四个沙州组成, 长约 6.6km, 平均宽度 0.6km, 面积约 4.0km² (图 2)。近几年来, 由于某些单位在浅滩上过多取沙, 破坏了原来地形与水动力之间业已达成的动态平衡, 致使泥沙流失, 浅滩发生了很大变化。根据 1974 年海图, 二日州和四人州最浅水深为 1.1m, 潮待州的最浅水深为 1.7m, 四人州 2m 等深线形成长条状封闭圈, 3m 等深线几乎贯穿全滩, 对西庄一带海岸形成了天然的防护。而 1990 年水深测量图上, 个别点水深为 3.9m, 其余皆大于 4.0m, 与 1974 年海图比, 水深平均加深 2.6~2.8m, 甚者达 4.0m。这样, 登州浅滩在挖沙之前和之后的水深变化, 将对波浪产生明显影响。也就是说, 在挖沙之后浅滩水深加大, 越过浅滩的大浪明显增多, 使到达岸边的波能量发生变化, 从而破坏了近岸区原有的动力平衡条件, 导致海岸侵蚀。

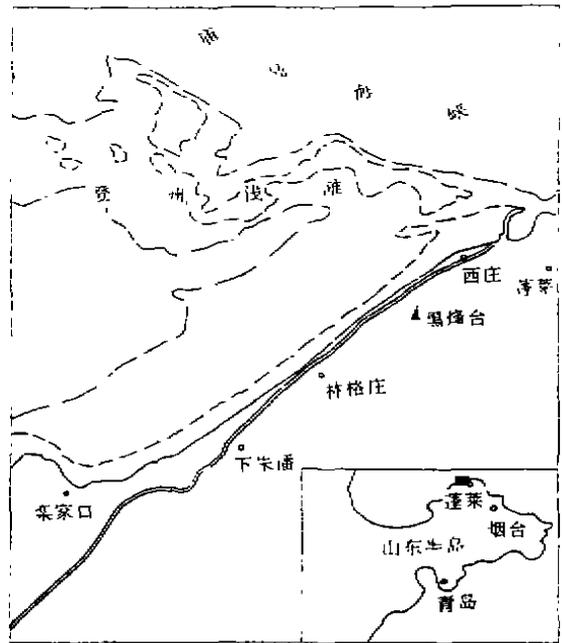


图 2 西庄附近海域地形示意图

为分析登州浅滩作为天然防波堤所起的防护作用, 在挖沙前、后的变化及其对岸边波浪状况的影响, 下面计算一下登州浅滩外侧和近岸区的波浪破碎波高和破碎水深。

1949 年 Munk, W. H. 根据孤立波理论, 提出下列计算破波波高和破碎水深的关系式^[6]:

$$\frac{H_b}{H'_b} = \frac{1}{3.3(H'_b/L_b)^{1/3}} \quad (1)$$

$$\frac{d_b}{H_b} = 1.28 \quad (2)$$

式中 H_b 为破波波高; H'_b 为未受折射影响的相应深水波高; L_b 为深水波长; d_b 为破碎水深。

式(1)和(2)多年来曾被采用为工程设计的依据,后来经 Iversen^[7], Gaivin^[8], Goda^[9]和其他学者的观测研究,确认波浪破碎不仅与深水波的波陡有关,而且还与海底坡度有关。1970年合田根据几种海滩坡度的试验资料,绘制 $\frac{H_b}{H'_0} \sim \frac{H'_0}{L_0}$, $\frac{d_b}{H_b} \sim \frac{H_b}{gT^2}$ 之间的关系曲线,并得出以下经验公式

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - (aH_b/gT^2)} \quad (3)$$

式中 a 和 b 均为海滩坡度 m 的函数,其值为:

$$a = 1.36g(1 - e^{-19m}) \quad (4)$$

$$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5m})} \quad (5)$$

我们利用蓬莱海洋站实测波浪资料,根据式(3)及有关图表查算了登州浅滩外侧三个区段,即四人州($m=0.09$)、二日州($m=0.09$)和潮待州($m=0.06$)的波浪破波波高和破碎水深,其结果列于表2。

表 2 登州浅滩外侧破碎波高和破碎水深

波高 $H \frac{1}{10}$ (m)	周期 T (s)	四人州 二日州 ($m=0.09$)		潮待州($m=0.06$)	
		H_b (m)	d_b (m)	H_b (m)	d_b (m)
3.9	7.5	4.72	4.62	4.56	4.83
3.5	7.5	4.34	4.17	4.20	4.37
3.0	7.0	3.75	3.60	3.63	3.78
2.7	6.5	3.32	3.22	3.24	3.40
2.5	6.0	3.02	2.96	2.93	3.10
2.2	6.5	2.84	2.64	2.75	2.78
2.0	6.0	2.54	2.39	2.46	2.51
1.7	5.5	2.16	2.03	2.09	2.15
1.5	5.5	1.97	1.81	1.91	1.91
1.4	5.5	1.86	1.73	1.79	1.79
1.4	5.0	1.78	1.67	1.72	1.77
1.2	5.5	1.64	1.46	1.58	1.55
1.2	5.0	1.58	1.45	1.52	1.52
1.0	5.0	1.37	1.22	1.33	1.30

通过计算可知,当波高为 1.4m、周期为 5.5s 时,二日州和四人州外侧的波浪均已破碎,在潮待州外侧的波浪也大部分破碎;当波高为 1.7m、周期为 5.5s 时,滩外波高完全破碎。也就是说较大波浪均不能直达岸边,而当波高在 1.2m、周期为 5.5s,波浪在很大范围内破碎,只有部分波浪越过浅滩,抵达岸边。因此可以说在浅滩未破坏之前,绝大多数波高大于 1.2m、周期大于 5.0s 的波浪不能直接传到岸边,只有破碎后的再生波作用于海滨。而波浪破碎后的再生波波高仅为破波的一半左右,即便是较大波浪破碎后的再生波能越过浅滩,能抵达岸边的,其波高一般也在 1.0m 以下。这样,近岸 1.0m 左右的波高,其最大破碎水深也只有 1.4m。无论从波浪强度还是破波带宽度来说,波浪对海岸的作用都是很有限的。由此看出,登州浅滩起了很好的防护作用,保护着蓬莱至栾家口一带海岸,特别是西庄一带的海岸。

挖沙之后,登州浅滩水深普遍加深 2.6~2.8m,现在仅个别点水深为 3.9m,多数在

4.0m 以上。这样原来被浅滩拦截在外侧的较大波浪就不破碎,且能越过滩顶,传入近岸区。从表 2 可以看出,当波高为 3.0m、周期为 7.0s 时,其破碎水深为 3.6~3.8m。也就是说波高小于 3.0m 的波浪均可越过浅滩,大于 3.0m 的波浪也可越过大部分浅滩。而从统计资料看出,大于 3.0m 的波浪出现机会很少,一年中仅出现一次。可以说外海形成的几乎所有的波浪均可直接传到岸边。这样,浅滩作为天然防波堤的作用完全消失了,这将对近岸的波浪及其对岸滩的作用产生明显的影响。我们仍按式(3)和有关图表,查算了近岸区的破波波高和破碎水深,其结果列于表 3。从表 3 可以看出,在波高为 3.0m、周期为 7.0s 的情况下,其破碎波高为 2.8~3.2m,破碎水深达 3.5~3.8m,与挖沙之前相比,近岸区的破碎波高和破波带宽度都明显增加。这表明,由于浅滩防护条件的改变,增强了近岸区泥沙活动强度和范围。

表 3 近岸破碎波高和破碎水深

波高 $H_{1/10}$ (m)	周期 T (s)	西庄($m=0.006$)		黑峰庄($m=0.002$)		林格庄($m=0.014$)		下朱潘($m=0.011$)	
		H_b	d_b (m)	H_b	d_b (m)	H_b	d_b (m)	H_b	d_b (m)
3.9	7.5	3.48	4.38	4.05	4.86	3.69	4.50	3.61	4.48
3.5	7.5	3.24	4.08	3.71	4.45	3.44	4.16	3.37	4.18
3.0	7.0	2.79	3.48	3.18	3.78	2.96	3.58	2.90	3.60
2.7	6.5	2.48	3.12	2.86	3.43	2.63	3.21	2.57	3.19
2.5	6.0	2.23	2.81	2.60	3.12	2.36	2.88	2.31	2.86
2.2	6.5	2.16	2.72	2.40	2.83	2.30	2.76	2.25	2.75
2.0	6.0	1.92	2.42	2.16	2.55	2.04	2.47	2.00	2.46
1.7	5.5	1.63	2.05	1.84	2.17	1.73	2.09	1.69	2.06
1.5	5.5	1.50	1.87	1.65	1.93	1.59	1.91	1.56	1.90
1.4	5.5	1.43	1.80	1.57	1.84	1.52	1.82	1.49	1.82
1.4	5.0	1.34	1.67	1.51	1.78	1.42	1.72	1.39	1.71
1.2	5.5	1.29	1.61	1.36	1.60	1.37	1.63	1.34	1.62
1.2	5.0	1.21	1.51	1.33	1.56	1.29	1.55	1.26	1.54
1.0	5.0	1.07	1.34	1.15	1.33	1.14	1.36	1.12	1.36

综上所述,由于登州浅滩挖沙前后水深的变化,浅滩作为天然防波堤的防护作用也发生了变化。而防护条件的改变,导致近岸波浪状况、破波尺度和破碎带宽度有了很大的差别。挖沙前,近岸破波波高为 1.0m 左右,最大破碎水深只有 1.4m。挖沙后,绝大部分外海波浪皆可直接传入近岸区,按波高 3.0m、周期 7.0s 计算,其最大破碎波高为 3.2m,最大破碎水深达 3.8m。可见,挖沙后,随着破碎波高的增大和破波带的加宽,近岸泥沙的活动强度和宽度大为增加,作用于海岸的波能量也大大加强,使原来基本处于平衡的海岸遭到了破坏,海岸受侵蚀。

三、设计波要素的确定

本区海岸防浪护坡已提到议事日程上来。为了减少波浪对岸滩的破坏作用,可兴建一些护岸建筑物。在护岸建筑物设计中,必须了解建筑物使用期间内可能遇到的各种机率波高,即要求提供各种重现期波要素。

(一)不同重现期波要素的推算

鉴于本海区没有长期波浪资料,我们采用我国海港水文规范附录 7 的方法^[2],利用短期实测波浪资料,通过座标转换,直线外延推求多年一遇设计波浪。计算结果列于表 4。

为了互相校核,更合理选择设计波浪参数,除了采用上述规范方法外,还采用文献 [3,4] 中提出的利用复合极值分布理论推导出来的新方法,即由波高原始分布推求极值分布的方法。当波高原始分布对数正态规律时,多年一遇波高的计算公式为:

$$H_p = b_0 + e^{z+a} \quad (6)$$

式中

$$a = \frac{\sum n \ln(H_i - b_0)}{N} \quad (7)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum n [\ln(H_i - b_0)]^2}{N} - a^2} \quad (8)$$

其中 H_i 为计算起始波高; b_0 为使经验点在对数正态机率格纸上成一直线,经过试算从波高系列中各减去或加上一个数值; N 为从计算起始波高算起的资料总数; n 为各种波高相应的频数; z , 为根据年平均观测次数和设计频率 P 由二项-对数正态复合极值分布表查出的系数。

用 1990 年全年不分方向的日最大波高和影响本海区最甚的 NE 向(含 NNE 向和 ENE 向)日最大波高资料进行频率计算。经过试算,取 $H_0 = 0.4\text{m}$, $b_0 = 0$, 各经验点在对数正态机率格纸上与直线符合较好,计算列表进行,其计算结果也列于表 4。

表 4 不同计算方法推算的设计波要素

方 法 重 现 期	规范方法				复合极值方法(全部资料)				复合极值方法(NE 向)			
	$H_{1\%}$	$H_{4\%}$	$H_{10\%}$	T	$H_{1\%}$	$H_{4\%}$	$H_{10\%}$	T	$H_{1\%}$	$H_{4\%}$	$H_{10\%}$	T
5a	4.9	4.2	3.4	7.3								
10a	5.4	4.6	3.8	7.7	5.3	4.5	3.7	7.6	5.4	4.6	3.8	7.7
25a	5.8	5.0	4.1	8.0	6.1	5.2	4.3	8.2	6.2	5.3	4.4	8.3
50a	6.2	5.3	4.4	8.3	6.6	5.7	4.7	8.5	6.9	5.9	4.9	8.7

从表 4 计算结果看,采用复合极值分布理论推求多年一遇设计波浪的方法,其计算结果与规范附录 7 的方法基本相符。又据青岛海洋大学利用天气图计算烟台外海 N-NE 向 50a 一遇波高为 6.6m^[5]。国家海洋局一所港湾室采用龙口岬岬岛海洋站 1964~1982 年共 19a 实测波浪资料推算 NE 向 50a 一遇波高 $H_{1\%} = 6.9\text{m}$ ¹⁾。而本海区位于龙口和烟台之间,外海水域基本相同。参考上述两单位推算的设计波高,结合本文的计算结果,推荐表 5 的数据作为本海区在 -20m 等深线处的设计波要素。其周期是按海港水文规范的风浪图表查算出的。

1) 龙口湾自然环境,国家海洋局第一海洋研究所。

表 5 不同重现期的设计波要素

重 现 期 \ 波 要 素	$H_{1\%}$ (m)	$H_{4\%}$ (m)	$H_{10\%}$ (m)	\bar{T} (s)
5a	4.9	4.2	3.4	7.3
10a	5.4	4.6	3.8	7.7
25a	6.2	5.3	4.4	8.3
50a	6.9	5.9	4.9	8.7

(二) 近岸波要素的计算

外海来浪因海底地形的变化而引起的折射使波高发生变化。今以 1990 年实测水深图, 取平均水位 0.92m, 入射波向 NW 向, 用上述重现期为 50a 的设计波要素, 从 -20m 等深线处开始划出该海域的波浪折射图(图 3), 图中波向线上打有 * 号处为波浪开始破碎点。由图及计算结果可以看出, 在大部分区域, 原始波均能越过登州浅滩直达岸边或近岸处破碎, 只有个别地点在登州浅滩的较浅处破碎(图中标出的数值为 5m 等深线附近的波高值)。

四、结语与建议

1. 本海区以风浪为主。常、强浪向均为 NNE 向, 次常浪向为 ENE 向, 次强浪向为 N 向; 波高 $H_{\frac{1}{10}}$ 大于 2.0m 集中出现于 N, NNE 和 NE 向三个方位上。波浪是引起本区海岸侵蚀的主要因素。由于人工挖沙, 登州浅滩失去了天然防波堤的作用, 使到达近岸的波浪发生了明显变化, 波浪作用增强导致近岸区动力条件改变, 破坏了近岸区原有的动态平衡, 造成海岸严重侵蚀。

2. 鉴于登州浅滩已遭破坏, 失去了防浪消波作用, 因此在一些侵蚀最甚岸段, 必须采取防护措施, 修建或加固各种类型的护岸设施, 以抵御波浪和水流的冲刷力。表 5 的

设计波要素可供工程设计时参考。而对于侵蚀不明显的岸段, 也应注意海岸防护, 如在海岸地区植树造林, 在海滩上营造植被等, 既可保护海岸, 防风固滩, 又可改善自然环境。

3. 加强海岸带管理, 做到开发与保护协调进行。由于海岸带自然资源类型多, 开发利用行业多, 容易造成各行业各地区各自为政, 各取所需, 盲目地开发利用滩涂资源, 导致自然环境遭受破坏。因此, 必须建立海岸带保护管理条例等有关法规, 制定合理的开发与保护规划, 使海岸带管理建立在有法可依、有章可循的科学基础上, 使保护与开发

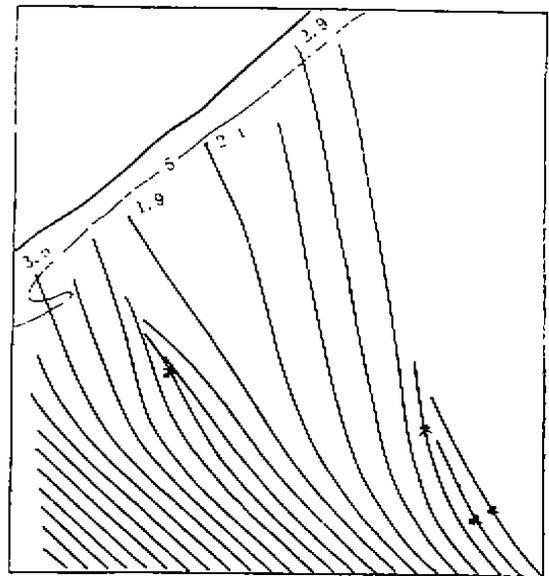


图 3 50a 年一遇波浪折射图(NW 向)

能协调发展。

参 考 文 献

- [1] 刘建民: 蓬莱西挖沙引起海患无穷, 海洋信息, (5)1990.
- [2] 中华人民共和国交通部, 港口工程技术规范, 第二篇第一册《海港水文》, 人民交通出版社, 1978.
- [3] 马逢时、刘德辅: 复合极值分布理论及其应用, 应用数学学报, 2(4)1979.
- [4] 刘德辅、马逢时: 极值分布理论在计算波高多年分布中的应用, 应用数学学报, (1)1976.
- [5] 山东省蓬莱新港工程可行性研究报告, 交通部第一航务工程勘察设计院, 1990年5月.
- [6] Munk, W. H. : The solitary wave theory And its application to surf problems, *annals of the New York Academy of Sciences* , 51, 1949.
- [7] Iversen, H. W. ; Waves and breakers in shoaling water, *Proceedings of the 3rd Conference on Coastal Engineering*, 1953.
- [8] Galvin, C. J. ; Breaker travel and choice of design wave height, *Journal of the waterways and harbors division* , ASCE, WW2, 1969.
- [9] Goda, Y. ; A synthesis of breaker indices, *Transactions of the Japanese Society of Civil Engineers* , 2(2)1970.

On Waves and Coastal Erosion in the Sea Area Near West Village , Penglai County , Shandong Province

Chen Xueying Hu Zejian

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

Abstract

This paper discusses the status of waves in the sea area near West Village and analyzes how the artificial digging of sand caused the change in the shielding action of the shallow beach at Dengzhou shoal, thus bringing about the enhancement of the action of the coastal waves and the coastal erosion. Finally the definition of design wave factors was discussed in order to provide the breakwater engineering with the necessary design criteria.

Key words: Breaking wave height breaker depth shoal coastal erosion