DOI: 10.16198/j.cnki.1009-640X.2016.01.002

童朝锋, 王波, 鲁盛, 等. 海南岛西南岸沿岸输沙特性及防波堤影响[J]. 水利水运工程学报, 2016(1): 9-16. (TONG Chaofeng, WANG Bo, LU Sheng, et al. Characteristics of longshore sediment transport and effects of breakwaters in southwest coast of Hainan Island[J]. Hydro-Science and Engineering, 2016(1): 9-16.)

海南岛西南岸沿岸输沙特性及防波堤影响

童朝锋,王 波,鲁 盛,孟艳秋

(河海大学 港口海岸与近海工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要:通过海南岛西南岸东方海洋观测站波浪观测资料验证,建立八所海域波浪数学模型,计算确定八所新港 沿岸水域各向破波要素。采用3种沿岸输沙率计算公式,确定海南岛西南岸八所新港周边海岸沿岸输沙率。分 别探讨风浪、涌浪对海南岛八所新港沿岸输沙率的贡献,对比分析防波堤工程建设前后八所新港及附近沿岸输 沙率特征。研究表明,海南岛西南岸向北的沿岸输沙能力大于向南的;风浪、涌浪对八所新港附近海岸沿岸输 沙能力的贡献率与其出现的频率略有区别;八所新港建港后南北两侧出现淤积且南侧淤积强度大于北侧;防波 堤长度的增加对沿岸输沙能力影响的范围和强度有所增大。

关 键 词:波浪模型;沿岸输沙率;防波堤;海南岛西南岸;八所新港 中图分类号:TV148 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-640X(2016)01-0009-08

海南岛是我国第二大海岛,其海岸线蜿蜒曲折,全长约为1 823 km,其中约 80%为沙质海岸,构成了海南 重要的自然资源和旅游资源。八所作为海南省西部工业走廊的核心区域,对海南省经济的增长起着重要作 用。近年来,随着大型化工、核电项目相继落户,以及海上边贸运输的快速发展,八所新港在海南乃至环北部 湾经济圈中所处的地位得到进一步提升。沿岸输沙是海岸带泥沙运动的主要方式,在岸线演变及港池航道 冲淤等过程中扮演着重要的角色,因此开展与海南西南岸沿岸输沙相关问题的研究,对海南西南岸海岸工程 的建设和旅游资源的开发具有一定的实际价值。

国内外许多学者对计算沿岸输沙率的公式进行了较为深入的研究,赵今声等^[1-4]考虑不同影响因素提出了波浪作用下的沿岸输沙公式;孙林云等^[4-5]则考虑波流共同作用提出了复合沿岸输沙计算公式;曹祖德等^[6-7]也相继开展了与沿岸输沙、岸滩演变相关的数值模拟。针对海南西南岸及毗邻海域,目前已有一些学者对潮流、波浪和泥沙等问题开展了相关的数值模拟^[8-9],并通过波浪泥沙物理模型试验对沿岸输沙率进行了分析,但针对海南西南岸沿岸输沙特性仍需进一步研究。

八所新港及附近岸线的沿岸泥沙运动受波浪影响,兴建防波堤后的岸滩变化由波浪沿岸输沙引起,结合 东方站实测波浪资料,运用数学模型和沿岸输沙公式探讨海南岛西南岸的沿岸输沙特性及防波堤工程对其 影响。

1 研究区域概况

海南省西海岸岸线总体沿南北走向顺直分布,八所新港位于其中部,距东方市区约5km,北侧以鱼鳞洲为基点向北部湾突出,南侧有感恩角向海凸出(如图1)。研究区域涵盖了八所新港以北5km,以南8km,共约13km长的顺直沙质海岸,其岸线基本稳定,呈NNW-SSW走向,水下岸坡略有冲刷,由北向南逐渐变缓,

收稿日期:2015-05-05

基金项目:国家自然科学基金重点项目(51339005);国家自然科学基金青年项目(51409094)

作者简介:童朝锋(1973—),男,浙江宁波人,副教授,主要从事河口海岸动力学研究。E-mail:chaofengtong@hhu.edu.cn

%

坡度为1:100~1:200。

10

方向

风浪

涌浪

根据八所新港附近东方海洋站实测波浪资料统计得到 1990—2001 年各向波型的出现频率,由表 1 可知,本海区波浪是以风浪为主的混合浪,风浪出现频率约为 73.4%,以 SSW 向最多,NNE 向次之,而涌浪则 以 SW 向最多,WNW 向次之。

表1 1990—2001 年东方站各波向波型出现频率

Tub. 1 Wave nequencies in uncerent uncertains at Donglung station noin 1990 to 2001	Tab. 1	Wave freque	encies in	different	directions	at	Dongfang	station	from	1990	to 2001
---	--------	-------------	-----------	-----------	------------	----	----------	---------	------	------	---------

Ν NNE NE ENE Е ESE \mathbf{SE} SSE \mathbf{S} SSW SWWSW W WNW NW NNW 17.4 11.7 1.7 0 0 0.1 2.4 8 0.3 6.7 33.5 7.5 2.3 2.5 3.4 2.5 12.3 3.3 0.4 0 0 0 0 0 0 0.3 9.1 29.2 4.8 17.7 14.1 8.7

八所新港附近底质测量显示,八所新港附近海岸为 沙质海岸,其底质分布具有明显的分带性,泥沙中值粒 径基本在 0.02~3.7 mm 范围内变化且呈现自深海向近 岸增大的趋势。

八所新港的两道北侧防波堤,北堤于 2005 年 6 月 开始建设,2006 年 3 月建成;南堤于 2006 年 3 月建设, 2006 年 10 月堤身已基本形成。据 2006 年 10 月现场调 查,由于防波堤对沿岸输沙的拦截,防波堤堤根处均产 生明显的沿岸输沙堆积。北防波堤自开始建设以来的 14 个月内,堤根北侧由北向南的沿岸输沙堆积已沿堤 发展至堤根 116 m 处,堆积的沿岸输沙量约 2.9 万 m³; 南防波堤建设以来的 7 个月内,堤根南侧由南向北的沿 岸输沙量约 1.6 万 m³。因此,北防波堤处由北向南的 实际沿岸净输沙率为 2.49 万 m³/a,南防波堤处由南向 北的实际沿岸净输沙率为 2.74 万 m³/a。

2 研究方法

采用 MIKE21_SW 波浪模型计算八所新港水域的 波浪场和沿岸输沙波浪动力要素,其中涌浪模型范围以 东方波浪站-9 m 等深线为入射边界,风浪模型以八所 新港为中心半径 50 km 海域作为计算范围,模型范围如图 1 所示。

以八所新港为中心,半径约为3 km 南北岸线范围内选取6个研究断面,断面1#~3#位于八所新港的南侧沿岸,断面4#~6#位于新港北侧(如图1),南北断面1#和断面6#之间距离约6.5 km。根据波浪模型确定各断面的波浪要素,考虑不规则波作用的情况,破波指标取0.55 确定破波位置,采用沿岸输沙率公式,计算八所新港沿岸各断面的输沙率。

2.1 波浪模型验证

分别对影响八所新港沿岸输沙的各向波浪要素进行模型验证,波浪方向包括 S,SSW,SW,WSW,W,WNW,NW,NNW 共 8 个方向,以东方站作为验证点,波浪周期采用《海港水文规范》中波高与周期的近似关系的推算值进行验证。涌浪和风浪模型分别验证,验证结果如图 2 所示,模型验证误差统计如表 2。



图 1 研究区域位置及地形 Fig. 1 Location and topographic map of research area



Fig. 2 Calibration results of a wave model

表 2 波浪模型验证误差

Tab. 2 Wave parameters error analysis of MIKE_SW model

波浪类型	验证参数	平均相对误差	均方根误差	波浪类型	验证参数	平均相对误差	均方根误差	
涌浪	有效波高 H _{1/3}	1%	1%	回泊	有效波高 H _{1/3}	1%	1%	
	谱峰周期 $T_{\rm p}$	1%	6%	MIR	谱峰周期 T_p	10%	68%	

验证结果显示,模型计算得到的波高、周期与实测值基本吻合,除风浪谱峰周期误差相对大外,其余有效 波高、谱峰周期的平均误差和均方根误差均在 6%以内。风浪谱峰周期误差相对较大,是因为在验证计算 中,风浪和涌浪的实测周期采用了一样数据。同等波高情况下,模型计算的风浪周期要比涌浪小,与实际 相符。

2.2 沿岸输沙计算公式

沿岸输沙率计算方法分为波能流法和沿岸流法两类,其中波能流法主要由现场资料、试验数据率定得到,可信度较高,工程计算常采用此类法,《海港水文规范》公式、CERC公式、孙林云公式均为这类沿岸输沙公式。选取这3个公式计算沿岸输沙率并对海南西南岸八所新港防波堤工程前后的沿岸输沙能力进行对比分析。

(1)《海港水文规范》公式^[10]

$$S = 0.64 \times 10^{-2} K' \delta_0 H_b^2 C_b n_b \sin 2\alpha_b$$
(1)

式中: *S* 为沿岸输沙率(m³/s); *K*' = (3 500*D*/(*D*⁴ + 2)) $\frac{(11-100\delta_0)}{10}$, $\delta_0 = H_0/L_0$ 为深水波陡, *D* 为泥沙中值粒径 取 0. 34 mm, H_0 为深水波高(m), L_0 为深水波长(m); $H_b = K_r K_s H_0$ 为波浪濒于破碎时的波高, 取均方根波高, *K*_r为折射系数, *K*_s为浅水系数; $C_b = L_b/T$ 为破碎波速(m/s), L_b 为破波波长, 周期 *T* 可采用平均周期 (s); $n_b = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{2k_b h_b}{\sinh(2k_b h_b)} \right]$ 为波浪濒于破碎时的能量传递系数, k_b 为波浪濒于破碎时的波数, h_b 为破 波水深; α_b 为波浪濒于破碎时与岸线法向的交角。

(2)CERC 公式^[11]

$$S = K (ECn)_{\rm b} \cos\alpha_{\rm b} \sin\alpha_{\rm b} = 0.812 \times 10^{-4} \times \frac{1}{8} \times \rho g H_{\rm b}^2 C_{\rm b} n_{\rm b} \times \cos\alpha_{\rm b} \sin\alpha_{\rm b}$$
(2)

式中: K 为沿岸输沙率系数,取 0.812 × 10⁻⁴; E 为波能密度(kg/s²); C 为波速(m/s); (ECn)_b 为波浪在岸 边破碎时单位波峰线宽度上的波能流(kg·m/s²)。

(3)孙林云公式^[12]

$$S = \frac{K}{(\rho_{\rm s} - \rho)g} I_{\rm r}^{\frac{3}{8}} \frac{U_{\rm mb}}{\omega} (EC_{\rm g})_{\rm b} \cos\alpha_{\rm b} \sin\alpha_{\rm b}$$
(3)

式中: K取 0. 04; $(EC_g)_b = (\sqrt{2}/8)\rho g^{\frac{3}{2}} H_{brms}^{2.5}$ 为破波波能流(kg·m/s²); $E_b = (1/8)\rho g H_{brms}^2$ 为海底单位面积 上的破波能量(kg/s²); $I_r = \frac{\tan\beta}{\sqrt{H_{brms}/L_0}}$ 为破波因子,其中 tan β 为岸滩特征坡度; $U_{mb} = \sqrt{\frac{2E_b}{\rho h_b}}$ 为破波时底部水

质点最大轨迹速度(m/s); $H_{\text{brms}} = \frac{0.59}{(H_{0\text{rms}}/L_0)^{\frac{1}{8}}} H_{0\text{rms}}$ 为均方根破波波高; ω 为泥沙中径沉速(m/s); α_0 为深水

波峰线与等深线的交角, $\alpha_{\rm b} = 0.375 \exp(-0.003 \ 6/H_{0 \text{rms}}/L_0) \alpha_0$ 为波浪破波角(°)。

不同方向波浪产生向北或向南的沿岸输沙过程,八所新港沿岸水域S,SSW,SW,WSW方向的波浪促成向北沿岸输沙,W,WNW,NW,NNW方向波浪促使泥沙向南输移。向北、向南沿岸总输沙量为上述各方向输沙量之和,计算中各波向下的沿岸输沙率计算由风浪和涌浪各自计算的沿岸输沙量之和,计算公式如下:

$$Q_{\rm N} = \sum_{i=\rm S}^{\rm wSW} (Q_{\rm W} + Q_{\rm SW})_{i}$$
(4)

$$Q_{\rm s} = \sum_{i=\rm W}^{\rm NNW} (Q_{\rm W} + Q_{\rm SW})_{i}$$
(5)

$$Q = Q_{\rm N} - Q_{\rm S} \tag{6}$$

式中: Q_N 为向北的输沙量; Q_S 为向南的输沙量;Q为净输沙量,以向北为正; Q_W 为由风浪产生的沿岸输沙量; Q_SW 为由涌浪产生的沿岸输沙量;各方向的沿岸输沙量由其各级输沙率与其出现持续时间乘积而得。

3 计算结果

沿岸输沙公式一般是在泥沙供给充分条件下推得,实际海岸条件下,考虑泥沙供给条件,实际输沙率一般不会超过上述公式求得的理论输沙率。表3为计算得到的八所新港沿岸断面1#~6#理论输沙率。工程后的计算结果显示,南防波堤南侧断面3#处输沙率为(10.61~16.12)万m³/a,约为实测输沙率2.74万m³/a的4~6倍,处于泥沙供给不足状态;北防波堤北侧断面4#处输沙率为(1.7~2.92)万m³/a,接近于实测的输沙率(2.49万m³/a),因此计算结果合理。对比各公式的计算结果,以断面4#为例,规范公式所得输沙率与实际输沙率最为接近。

八所沿海岸线各断面输沙率显示,八所新港防波堤建设前,沿岸线各断面净输沙率相近,各断面平均净 输沙率为(5.43~9.07)万m³/a。建堤后,防波堤南北两侧各断面净输沙率差异明显,南防波堤以南沿岸平 均净输沙率为(5.42~12.73)万m³/a,北防波堤以北沿岸平均净输沙率为(-2.24~7.79)万m³/a;近堤断 面发生显著变化,南堤断面3#,平均净输沙率从8.63万m³/a增大到12.73万m³/a,北堤北侧,断面4#平均 净输沙率由6.95万m³/a减少到-2.24万m³/a,南北堤外缘侧近堤断面沿岸输沙能力的变化势必在南北堤 港口外缘侧发生淤积;对于离堤较远断面的平均净输沙率而言,建堤前后,输沙率变化不大。

0%

	Tab. 3 Calculated rates of longshore sediment transport at the south of Basuo new port							
断面编号	输沙类型	规范公式	CERC 公式	孙林云公式	平均输沙率			
	$Q_{\rm N}$	4.99/4.98	7.10/7.09	4. 42/4. 41	5. 51/5. 49			
1	$Q_{ m s}$	-0.07/-0.07	-0.10/-0.10	-0.07/-0.06	-0.08/-0.08			
	Q	4.92/4.91	7.00/6.99	4.36/4.35	5. 43/5. 42			
	$Q_{ m N}$	11.33/11.32	15. 43/15. 42	10. 27/10. 27	12. 34/12. 34			
2	$Q_{\rm S}$	-3.09/-2.59	-4.25/-3.55	-2.47/-2.08	-3.27/-2.74			
	Q	8.24/8.73	11.18/11.86	7.80/8.19	9.07/9.60			
	$Q_{\rm N}$	10.48/11.62	14.60/16.33	9.72/10.74	11.60/12.90			
3	$Q_{\rm S}$	-2.77/-0.14	-3.84/-0.21	-2.29/-0.13	-2.97/-0.16			
	Q	7.71/11.48	10.76/16.12	7.42/10.61	8.63/12.73			
	$Q_{\rm N}$	6.48/0.09	8.72/0.11	5.99/0.08	7.06/0.1			
4	$Q_{\rm S}$	-0.09/-2.18	-0.14/-3.04	-0.1/-1.79	-0.11/-2.33			
	Q	6.38/-2.09	8.58/-2.92	5.9/-1.7	6.95/-2.24			
	$Q_{\rm N}$	5.86/5.74	7.74/7.59	5.82/5.72	6. 47/6. 35			
5	$Q_{\rm S}$	-0.17/-0.17	-0.25/-0.25	-0.21/-0.21	-0.21/-0.21			
	Q	5.69/5.57	7.49/7.33	5.61/5.51	6.26/6.14			
	$Q_{\rm N}$	7.18/7.15	9.64/9.61	6. 64/6. 61	7.82/7.79			
6	$Q_{\rm S}$	-0.27/-0.27	-0.39/-0.39	-0.26/-0.26	-0.31/-0.31			
	0	6 91/6 89	9 25/9 22	6 38/6 35	7 51/7 49			

表 3 八所新港南北断面输沙率

注:"/"前后数值分别为工程前和工程后数值:1#~3#和4#~6#分别为八港以南和以北断面。

4 讨论与分析

4.1 风浪、涌浪输沙贡献率分析

以往计算沿岸输沙时,一般不考虑将两者分开单独计算^[13-14]。实际海洋观测中,所测得波高对应风浪 或涌浪周期差异较大,在相同岸线、地形和坡度条件下,导致近岸破波要素差异较大,进而导致输沙率的差 异,为此,将风浪、涌浪对应下的沿岸输沙率分别计算。

为了统计海南西南岸八所新港沿岸风浪和涌浪对应下的沿岸输沙贡献率,计算统计不同波型对沿岸输沙贡献率(如表 4),其中风浪输沙贡献率= $Q_w/(Q_w+Q_{sw})$,涌浪输沙贡献率= $Q_{sw}/(Q_w+Q_{sw})$ 。

	itabi i Gomma	ation fation of for	Bonore seament t	unoport by cuer a	ave type	,,,	
が仕 モロ		工程以南(2#)		工程以北(5#)			
	$Q_{ m N}$	$Q_{\rm S}$	Q	$Q_{\rm N}$	$Q_{\rm S}$	Q	
涌浪输沙贡献率	28/28	80/79	8/13	12/12	63/63	11/11	
风浪输沙贡献率	72/72	20/21	92/87	88/88	37/37	89/89	

表 4 不同波型对沿岸输沙贡献率 Tab. 4 Contribution ratios of longshore sediment transport by each wave type

注:"/"前后数值分别为工程前和工程后数值。

从表 4 可见,工程前、后各波型贡献率基本相近,在向南沿岸输沙率中涌浪的贡献率为 63%~80%,在向 北沿岸输沙率中风浪的贡献率为 72%~88%,在净输沙中风浪占主导,贡献率为 87%~92%;对比与之相应的 东方海洋站各向不同波型比例(如表 5),不同波型对沿岸输沙能力的贡献率与其出现的频率基本接近。本 地区主要波型为风浪,且常浪向为 SSW,因此风浪对沿岸净输沙作用的贡献率大于涌浪的贡献率。

表 5	东方站每个方向风浪和涌浪出现比例
-----	------------------

Tab. 5 Ratios of wind wave and swell wave in different directions at Dongfang station

%

波浪方向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	∑ 南向	∑ 北向
涌浪	4	21	80	84	67	88	81	78	38	62
风浪	96	79	20	16	33	12	19	22	71	29

4.2 八所新港南北两侧冲淤分析

八所新港建港前,沿岸各位置等深线基本顺直平行,波浪传播未 受防波堤阻挡,波浪对沿岸输沙在各位置处一致,因此未发生局部淤 积;工程后,不同方向来波受防波堤阻挡,在防波堤背波向侧形成波浪 遮蔽区,并且在防波堤后发生绕射,导致八所新港防波堤南北两侧-定范围内波浪场发生变化。在北堤北侧,南向来的波浪受到防波堤的 阻挡,波高减小,同时在北堤北侧发生绕射,波向发生偏转(如图3); 南向来波 SW 向波浪场在北堤北侧波高减小,波向发生偏转产生了向 南的沿岸输沙。加之北向来的波浪产生的沿岸输沙率,使得向南的输 沙能力增大(如表 4),4#断面向南平均输沙率由 0.11 万 m³/a 增加到 2.33 万 m³/a, 向北的平均输沙率由 7.06 万 m³/a 减少到 0.1 万 m³/a, 致使北防波堤北侧发生向南的净输移,堤角出现淤积,同理,在南堤南 侧,北向来的波浪受到防波堤阻挡,波高减小,同时在南堤南侧发生绕 射,波向发生偏转,产生了向北的沿岸输沙,加之南向来的波浪产生的 输沙率,使得向北的输沙能力增大(表3),3#断面向北的平均输沙率 由 11.6 万 m³/a 增至 12.9 万 m³/a, 向南的由 2.97 万 m³/a 减少到 0.16 万 m³/a,致使南防波堤南侧发生向北的净输移,堤角出现淤积。 由于八所新港常浪向为 SSW 和 SW,所以向北的输沙能力大于向南的 输沙能力,然而由于八所新港附近岸线水下岸坡处于冲刷状态,泥沙 供给不足,使得实际输沙量小于计算所得的输沙能力。

4.3 堤长对沿岸输沙影响范围分析

2008 年在上述北侧两条防波堤的南面增建一道防波堤,如图 4。 原南防波堤约 1.2 km,新增防波堤长约 1.8 km。以规范公式计算不 同长度的防波堤工程前、后各断面沿岸输沙能力,如图 5 所示。

由图 5 可知,八所新港的 3 条防波堤建成后改变了近堤处的波浪动力条件,致使沿岸输沙率出现明显变化,随着离堤距离的增大,影响力度逐渐减弱。图 5 中 2#和 3#断面净输沙率增大,4#断 2 面净输沙率减少,而1#,5#和 6#断面净输沙率基本不变, 说明工程对波浪的阻挡作用主要集中在 1#~5#断面范围 内。1#断面距离工程约 3 km,5#断面距离工程约 2.5 km。 以 2#断面为例,由于新增防波堤长度比原南防波堤长,对 北向来的波浪遮蔽范围更广,使得 2#断面的向南输沙率 大量减少,因而向北的净输沙能力明显增加。而 3#断面 夹在新增防波堤和原南防波堤中间,受两侧防波堤的掩 图 5 护,几乎不受波浪的作用,使得新增防波堤后净输沙率基 Fig. 5 Net 1 本为零,其他断面与新增防波堤工程前的净输沙能力相 cross



Fig. 3 Wave field of SW direction









当。总体来说,随着防波堤长度的增加,对沿岸输沙能力的影响范围会增大,且对输沙能力影响力度有所 增强。

5 结 语

运用波浪数学模型和沿岸输沙公式计算海南岛西南岸八所新港附近岸线在防波堤工程建设前后的沿岸 输沙率,得到西南岸沿岸输沙特征和防波堤工程对其影响的结论:

(1)确定了西南岸八所新港附近岸线在防波堤工程前后的向南、向北和净年沿岸输沙率,不同波型对沿 岸输沙能力的贡献率与其出现的频率接近。

(2)西南岸八所新港所在的直线岸线,在波浪作用下产生双向输沙,防波堤工程的阻挡和波浪绕射作 用,导致八所新港防波堤南北两侧一定范围内波浪场发生变化,在八所新港南北两侧同时出现淤积且南侧淤 积量大于北侧淤积量。

(3)八所新港建港后对波浪作用下的沿岸输沙的影响主要集中在工程以南 3 km 和工程以北 2.5 km 范围内,随着防波堤堤长的增加,影响范围将会增大且影响力度有所增强。

参考文献:

- [1] 赵今声. 沙质海岸的泥沙运动,港址选择和防冲防淤措施[J]. 港工技术通讯, 1975(6): 1-36. (ZHAO Jin-sheng. Sediment movement in sandy beach, port site selection and avoid scour and silting prevention measures[J]. Port Engineering Technology, 1975(6): 1-36. (in Chinese))
- [2] 刘家驹. 海岸泥沙运动研究及应用[M]. 北京: 海洋出版社, 2009: 73-78. (LIU Jia-ju. Research and application of coastal sediment movement[M]. Beijing: China Ocean Press, 2009: 73-78. (in Chinese))
- [3] 白玉川, 冀自青, 杨艳静. 沿岸输沙计算研究综述[J]. 泥沙研究, 2012(5): 70-80. (BAI Yu-chuan, JI Zi-qing, YANG Yan-jing. Review of theoretical models for long-shore sediment transport[J]. Journal of Sediment Research, 2012(5): 70-80. (in Chinese))
- [4] 孙林云,吴炳良,郭天润. 波流共同作用下细沙粉沙质海岸复合沿岸输沙率计算[J]. 水利水运工程学报, 2011(4): 131-137. (SUN Lin-yun, WU Bing-liang, GUO Tian-run. Calculation of composite alongshore sediment transport rate under wavecurrent interaction on the sandy-silty coast[J]. Hydro-Science and Engineering, 2011(4): 131-137. (in Chinese))
- [5] 白玉川. 潮流和波浪联合输沙的理论研究及其数学模型[D]. 天津:天津大学, 1994: 50-56. (BAI Yu-chuan. Theoretical research of sediment transport by combined tide currents and waves and its mathematical model[D]. Tianjin: Tianjin University, 1994: 50-56. (in Chinese))
- [6] 曹祖德,王桂芬. 波浪掀沙、潮流输沙的数值模拟[J]. 海洋学报, 1993, 15(1): 107-118. (CAO Zu-de, WANG Gui-fen. Numerical simulation of sediment lifted by waves and transported by tidal currents[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1993, 15(1): 107-118. (in Chinese))
- [7] 陈士荫,曹亚林,史建三. 海岸建筑物附近的岸线变形计算[J]. 海洋工程, 1983(2): 61-68. (CHEN Shi-yin, CAO Yalin, SHI Jian-san. A numerical model for shoreline evolution near a coastal structure[J]. The Ocean Engineering, 1983(2): 61-68. (in Chinese))
- [8] 胡晓张. 北部湾海南东方电厂取、排水口泥沙数值模拟研究[J]. 人民珠江, 2009(6): 18-23. (HU Xiao-zhang. Mathematic simulation study of sediment in intake and outfall of Dongfang(East) power plant in Hainan at North Bay[J]. Pearl River, 2009 (6): 18-23. (in Chinese))
- [9] 刘霞, 吴天胜. 东方电厂配套码头在波流共同作用下的动床泥沙模型研究[J]. 人民珠江, 2008(5): 17-19, 37. (LIU Xia, WU Tian-sheng. Modeling study of Dongfang power plant dock movable riverbed sandy silt under common influence of wave and flow[J]. Pearl River, 2008(5): 17-19, 37. (in Chinese))
- [10] JTS 145-2—2013 海港水文规范[S]. (JTS 145-2—2013 Code of hydrology for sea harbour[S]. (in Chinese))
- [11] 陈士荫. 不规则波作用下沿岸输沙率的计算[J]. 海洋通报, 1987, 6(2): 51-56. (CHEN Shi-yin. Computation of longshore transport rate under random waves[J]. Marine Science Bulletin, 1987, 6(2): 51-56. (in Chinese))
- [12] 孙林云,刘建军,孙波,等. 京唐港泥沙淤积及工程措施研究[C]//中国海洋工程学会. 第十二届中国海岸工程学术讨论

会论文集, 2005. (SUN Lin-yun, LIU Jian-jun, SUN Bo, et al. Research on sediment siltation and engineering measures in Jingtang port [C] // China Ocean Engineering Society. The Twelfth Chinese Coastal Engineering Symposium, 2005. (in Chinese))

- [13] 胡金春,郑金海. 石臼湾沿岸输沙率的估算及分析[J]. 水运工程, 2003(1): 12-14. (HU Jin-chun, ZHENG Jin-hai.
 Calculation and analysis of longshore sediment transport rate of Shijiu bay[J]. Port & Waterway Engineering, 2003(1): 12-14. (in Chinese))
- [14] 白玉川,陈献. 莺歌咀附近岸段沿岸输沙率的计算与分析[J]. 泥沙研究, 2014(5): 25-31. (BAI Yu-chuan, CHEN Xian.
 Calculation and analysis of longshore sediment transport rate of beach near Yingge Tsui[J]. Journal of Sediment Research, 2014 (5): 25-31. (in Chinese))

Characteristics of longshore sediment transport and effects of breakwaters in southwest coast of Hainan Island

TONG Chao-feng, WANG Bo, LU Sheng, MENG Yan-qiu

(College of Harbor, Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: According to the measured wave data of Dongfang Ocean Gauge Station in the southwest coast of Hainan Island, wave models were set up and calibrated. The models were utilized to simulate the wave field and get the breaking wave parameters along the coast of the Basuo new port. Based on those parameters, the longshore sediment transport rates at different cross sections along the coast were calculated with three different formulas including Seaport Hydrology Criterion formula, CERC formula, and Sun formula. The longshore sediment transport rates along the coast of the Basuo new port were analyzed and compared before and after the construction of the breakwaters. The respective contributions of the wind wave and the swell wave were also analyzed in this study. The analysis results show that the ability of the longshore transport sediment to the north is greater than that to the south; and the longshore sediment transport rates contributed by the wind wave and the swell wave are close to their occurrence rates respectively. The deposition intensity along the south side of the Basuo new port is higher than that along the north side. The domains and effects of the longshore sediment transport rates caused by the breakwaters increase with the increase of the length of the breakwaters.

Key words: wave model; longshore sediment transport rate; breakwater; southwest coast of Hainan Island; Basuo new port