

防城港拦门沙航道浚深-7.5m后的 泥沙冲淤的研究

杨治家 林国军 吴龙生 蒋孟荣 岳海东

(中国科学院海洋研究所)

提要 防城湾比较隐蔽、浪小。航通流速大且落潮流速大于涨潮流速。拦门沙形成于全新世中期,目前处于相对稳定时期,但季节变化明显。泥沙补给少,航道浚深-7.5m后淤积量小,呈现出冬季冲刷为主、夏季淤积为主的特点。虽经台风袭击,但航道并未造成聚淤现象。

防城港地处北部湾北岸,位于防城湾内防城河入海口附近。航道长约13 km。受水下地形影响呈S型。湾口的拦门沙横亘进港航道而形成水深甚小的浅水段(称拦门沙航道)。该段航道经几次浚深,1983年底浚深至-7.5m。本文就浚深后的自然条件、航道泥沙冲淤状况及其冲淤量进行初步探讨。

一、防城港自然条件概况

1. 防城湾自然环境

防城湾为三面丘陵环绕,湾口朝南。岛礁较多。砂质堆积体发育。海滩较宽阔。防城河年均流量 $32.5 \text{ m}^3/\text{s}$,年均径流量 $10.3 \times 10^8 \text{ m}^3$,年均输沙量 20×10^4 吨。防城河入湾后沿湾内渔漫岛分为东西两流道,在西贤沙东端附近两流道汇合后向南出湾。流道形成的深槽已部分开发为航道和港池。

拦门沙呈东西走向横亘进港航道,东西向断面上呈下凹负地形“槽”,沿航道为上凸正地形“门坎”,现虽浚深至-7.5 m。仍具“门坎”形态(图1)。拦门沙形成较早,在全新世中期为防城河口附近的堆积体,后在海面变动及海洋动力因子不断改造而成现状。目前防城河的泥沙难以直接影响拦门沙地区。重矿物组合特

征、沉积物分布特点、泥沙动态观测和遥感卫片处理还表明,防城湾两侧的钦州湾和珍珠湾的泥沙难以直接越过企沙半岛和白龙半岛进入本

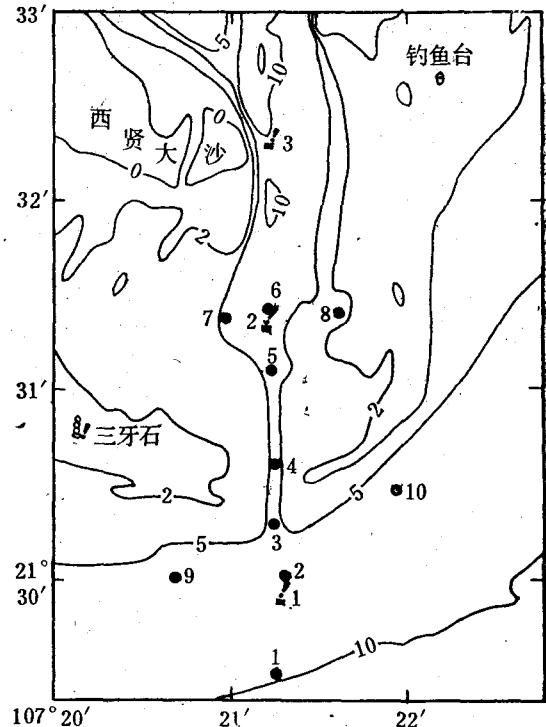


图1 防城港拦门沙航道及测站示意

Fig. 1 Fangcheng harbour bar channel and observation stations

地区, 拦门沙航道的泥沙淤积主要来自航道两侧堆积体在海洋动力因素作用下的再搬运。

拦门沙地区的物质, 主要是中沙、拦门沙向海坡为细沙向外依次为粗粉沙和细粉沙质软泥。

2. 波浪特征

拦门沙地区以南开阔海域, 深水波可直接传至本地区, 并产生不同程度的变形和破碎。

多年实测资料统计表明, 除台风影响外, 波浪的基本特征变化小。平均波高 $H = 0.56m$, 平均周期 $T = 3.2$ 秒。 $H < 0.8m$ 的波浪频率占 80% 左右。

1975—1984 年和 1984 年的波浪玫瑰图绘制成图 2。而 ≥ 3 级和 ≥ 5 级的波浪要素列于表 1。

1975—1984 年, ≥ 3 级浪, $P = 17.71\%$, $\bar{H} = 1.16m$, $\bar{T} = 4.3$ 秒; ≥ 5 级浪, $P = 0.53\%$, $\bar{H} = 2.44m$, $\bar{T} = 5.9$ 秒。1984 年, ≥ 3 级浪, $P = 15.9\%$, $\bar{H} = 1.15m$, $\bar{T} = 4.0$ 秒; ≥ 5 级浪, $P = 0.42\%$, $\bar{H} = 2.28m$, $\bar{T} = 5.3$ 秒。可知, 1984 年波况条件低于多年平均状况, 这是由于台风的影响程度小于平均状态所致。从图

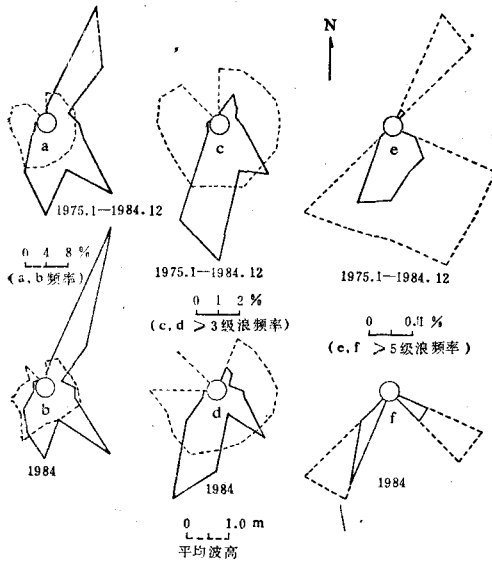


图 2 波浪玫瑰图
Fig. 2 Wave rose

表 1 波浪要素统计
Tab. 1 The statistics of essential wave factors

年代	项目	方向															
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	
1975—1984	≥ 3 级	P	0.03	0.95	0.52	0.18	0.42	0.81	2.79	1.37	5.71	4.26	0.49	0.05	0.10	0.04	0.01
		H	1.00	1.03	1.05	1.12	1.09	1.15	1.09	1.23	1.16	1.25	1.12	1.11	1.18	1.23	1.00
	≥ 5 级	P		0.014	0.014			0.028	0.077	0.084	0.139	0.166	0.007				
		H		2.45	2.20			2.30	2.51	3.08	2.31	2.22	2.50				
1984	≥ 3 级	P		0.55	0.48	0.14	0.69	1.01	2.53	0.74	3.15	4.82	1.46	0.21	0.07		0.07
		H		1.00	1.00	1.00	1.15	1.17	1.05	1.04	1.10	1.29	1.16	1.00	1.30		1.00
	≥ 5 级	P						0.07	0.07			0.21	0.07				
		H						2.00	2.00			2.40	2.50				
							4.50	5.50			5.80	4.50					

表 2 拦门沙航道1984年平均最大潮流统计

Tab. 2 The largest average tidal current in the bar channel in 1984

季	潮流	站 1		站 2		站 3		站 4		站 5		站 6	
		流向(度)	流速(cm/s)	流向(度)	流速(cm/s)	流向(度)	流速(cm/s)	流向(度)	流速(cm/s)	流向(度)	流速(cm/s)	流向(度)	流速(cm/s)
夏	涨潮流	49	28	360	36	26	51	11	46	15	54	11	59
	落潮流	215	37	196	53	193	66	182	80	184	79	196	82
冬	涨潮流	15	24	13	35	7	42	358	59	357	55	21	58
	落潮流	215	33	189	49	181	64	178	68	176	81	197	67

2 可见, ≥ 5 级浪的主要波向和强波向也有差异。由于 1984 年波浪条件小于多年平均状态, 因此作用于拦门沙地区导致泥沙的纵向搬运能力, 也小于多年平均状态。

3. 海潮流特征

拦门沙航道设立 6 个测流站, 两侧各设 2 个测流站(见图 1)。

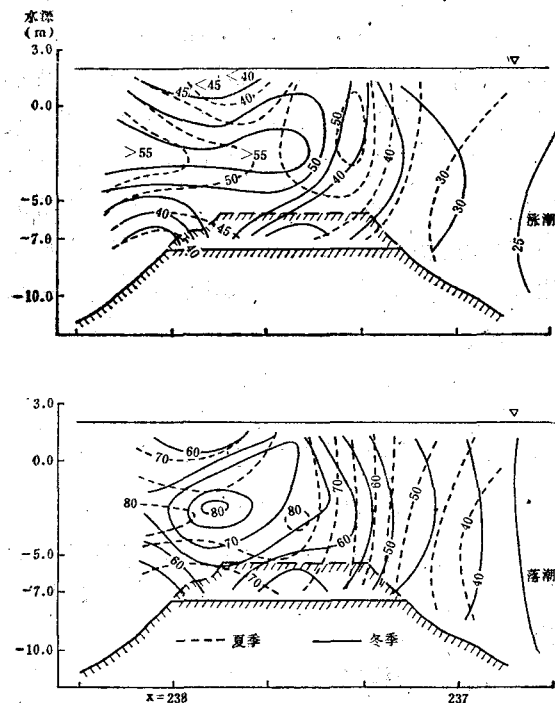


图 3 1984 年夏冬季拦门沙航道潮流垂直分布
Fig. 3 Tide vertical distribution at the bar channel in summer and winter 1984

经资料分析, 防城湾潮汐类型属正规全日潮, 年均涨(3.15 m)落(3.14 m)潮差相等, 涨潮延时大于落潮延时。潮流类型以全日潮流为主, 为不正规全日潮流。

拦门沙航道夏冬季涨落潮流流向流速列于表 2, 潮流速在航道内的分布绘制于图 3。

从表 2 可看出, 航道内流速较大, 且落潮流速 ($V_e = 35-82$ cm/s) 大于涨潮流速 ($V_f = 22-51$ cm/s)。涨落潮流流向与航道轴线走向交角甚小或基本一致。

从图 3 可以看出, 涨潮时因受地形影响, 涨潮流在拦门沙外坡航道口门附近出现水壅, 流速开始增大(表 2 中 2 站), 进入航道后受“槽”柑制束流而出现一大流速区(夏季), 尔后接受两翼的潮流, 流速又增大, 因而整个航道内涨潮流速呈递增状态。落潮时, 航道北端的大流速区向南递减, 至拦门沙“门坎”北坡附近流速仍较大, 水流归槽后呈现一大流速区, 尔后向南递减, 因此, 落潮时流速沿航道递减。

4. 地形变化

根据多年水深图对比表明, 拦门沙处于相对稳定状态, 短期变化的幅度也小。总体上看, 西部以淤积为主, 强度小, 东部略有冲刷或近于平衡。而季节性变化明显。

拦门沙纵剖面绘制于图 4。从图中可知, 拦门航道浚深至-7.5 m 后的第一年, 航槽变化甚小, 边坡变化各段不一; 但幅度甚小, 拦门

沙顶部剖面 ($x = 2379750$) 和北坡剖面 ($x = 2380500$) 的西边坡较东边坡大。拦门沙南坡剖面 ($x = 2379000$) 和北坡剖面季节性变化明显。北坡底剖面 ($x = 2381000$), 季节性变化东部较西部明显。而南坡底剖面 ($x = 2378500$), 季节性变化西部较东部明显。总体视之, 变化小, 相对稳定, 仅季节性的变化表现明显。而航槽则偏淤积, 边坡有冲有淤, 各段不一。

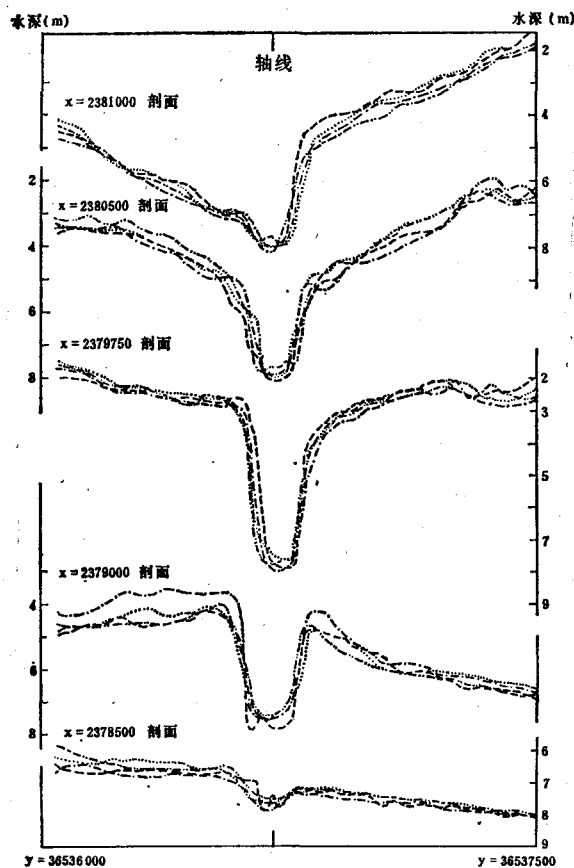


图4 1984年拦门沙纵剖面地形变化对比

——3月; - - - -6月;
· · · · ·9月; - · - · -12月

Fig. 4 The vertical topographical change of the bar in 1984

二、拦门沙航道冲淤状况及冲淤量

拦门沙航道淤深至-7.5 m后自然条件概

况已如上所述。据此从影响本区的波浪、海(潮)流两个海洋动力因子所导致的纵向和横向输沙, 结合地形对比的冲淤量计算, 视其泥沙冲淤状况和冲淤量。

1. 波浪纵向输沙

计算表明, <3级的波浪对本区泥沙输送几乎不起作用, 故计算输沙不予考虑。而 ≥ 3 级的波浪, 因作用强度不等, 因此分级进行作用延时(作用水深)的改正。根据拦门沙地区情况, 偏北向的离岸风浪在计算波能纵向输沙时不予计算。此外航槽相对高差较大, 泥沙从一侧进入航道后可视为不再从另一侧输出, 故以单向波浪分别计算然后叠加。计算范围同地形计算一致, 断面间宽80 m。

深水波传至本区破碎后, 其能量的沿岸分量与纵向输沙之间存在着某种线性关系。现用下列两式计算, 以相互补充。

综合式:

$$Q_1 = K_1 \cdot \frac{H_r^2 \cdot L_1 \cdot n_1 \cdot W_0}{8T} \cdot K_R^2 \cdot P_t \cdot \sin 2\alpha_b$$

式中, H_r 为均方根波高, m; L_1 为10 m等深线处波长, m; n_1 为能量传递系数; W_0 为海水容重; T 为波浪平均周期, 秒; P_t 为作用延时, 秒; K_1 为输沙系数, 取0, 12; K_R 为波浪折射系数; α_b 为波浪频于破碎时与岸线(此为等深线)法线夹角。该式与日本井岛·佐藤·田中式接近。

拉勒斯式:

$$Q_2 = K_2 \left(3500 \frac{D}{D' + 2} \right)^{\frac{11-r}{10}} \cdot \frac{H_0^3}{T} \cdot K_R^2 \cdot P_t \cdot \sin 2\alpha_b$$

式中, K_2 为输沙系数 ($K_2 = 0.175 \times 10^{-2}$); D 为底质中值粒径, mm; r 为深水波陡, 以百分数计; 其余符号同上。

2. 海潮流横向输沙

拦门沙航道, 涨落潮流和风吹流的主流线均几乎与航道轴一致, 波浪合成方向($180^\circ - 183^\circ$)也接近于这一轴线。为此应用能流法(能

流-泥沙连续方程)计算,能流指潮流、风吹流和波生质量流动能的叠加。对推移质输沙,航道的泥沙连续方程为:

$$\frac{\partial Z}{\partial T} = -\epsilon \frac{\partial N}{\partial X}$$

式中, ϵ 为与泥沙性质有关的有维常数; Z 为水深, m ; N 为给定断面的输沙率; X 为沿航道断面间距离, m 。

式右侧近似地用有限差分式表示:

$$\frac{\partial N}{\partial X} \approx K \frac{\Delta E}{\Delta X} = K \frac{(E_e - E_f)_B - (E_e - E_f)_A}{X_B - X_A}$$

式中, E_f 、 E_e 分别表示航道上某一测流站的涨落潮动能的总和,单位尔格, K 输沙系数。

当两断面间的能量净值 ΔE 为正值时,示能流净输入(淤积),反之,能流净输出(冲刷)。

3. 水下地形图对比计算冲淤量

利用水下地形图进行对比计算冲淤量的方法有多种,我们根据拦门沙的具体情况,用平均水体积增减的网格法计算泥沙冲淤量。

从两次测图水深的变化,反映出海底地形的变化即泥沙冲淤变化这一概念出发,提出计算式,即:

$$Q = \sum_{i=1}^n h_i \Delta S$$

式中, Q 为水体积,两次测图计算结果的增减(或正负),即为冲刷或淤积量, m^3 ; h_i 为计算网格内的平均水深, m ; ΔS 为计算网格的面积, m^2 。

计算范围,航道内东西断面间距离 80m,沿航道分段,按 1975 年图水深分为: 南-7.5m 段(原-7.5m--5.5m), 南-5.5m 段(原-5.5--3.0m), 3m 浅水段(原南-3.0--北-3.0m), 北-5.5m 段(原北-3.0--5.5m), 北-7.5m 段(原北-5.5--7.5m)。

4. 计算结果

上述方法计算结果列于表 3。

拦门沙航道浚深至-7.5m 后的一年内,航槽冲淤量不大。全年淤积 $0.44 \times 10^4 m^3$ (地形测量)- $1.56 \times 10^4 m^3$ (浪流输沙),平均淤厚 2-8 cm。其中,夏半年淤积 $1.25 \times 10^4 m^3$ (地形测量)- $1.73 \times 10^4 m^3$ (浪流输沙),冬半年冲刷 $0.81 \times 10^4 m^3$ (地形测量)- $0.17 \times 10^4 m^3$ (浪流输沙)。而且基本反映出夏半年以淤积为主,冬半年以冲刷为主;北半段以冲刷为主,南半段以淤积为主的格局。

地形测量计算 1985 年航槽淤积 $3.7 \times 10^4 m^3$,对于长 2 km 多的拦门沙航道,这一淤积量也是不大的。1986 年一次强台风袭击防城港,

表 3 1984 年拦门沙航道冲淤量计算统计

Tab. 3 The statistics of silt accumulated at the bar channel, 1984

方法	北 7.5m 段		北 5.5m 段			原 3.0m 段			南 5.5m 段			南 7.5m 段			合计		
	地形测量	流输沙	浪输沙	地形测量	流输沙	浪输沙	地形测量	流输沙	浪输沙	地形测量	流输沙	浪输沙	地形测量	流输沙	浪输沙	地形测量	流输沙
夏半年 ($10^4 m^3$)	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+
	0.10	0.07	0.38	1.39	0.47	0.65	0.08	1.56	0.22	1.77	0.56	1.25	1.73				
冬半年 ($10^4 m^3$)	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-
	0.60	0.02	0.19	0.86	0.48	0.18	0.17	0.67	0.29	0.67	0.56	0.81	0.17				
合计 ($10^4 m^3$)	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	0.50	0.41	0.19	0.17	0.01	0.43	0.25	0.01	0.51	0.54	0.44	1.56					
冲淤厚度 (cm)	-	-2	+12	+	-9	+12	-	-12	+22	+	+45	-42	+	+27	-14	+	+
	25		3		1		13		13		13		2		8		

注: - 为冲刷; + 为淤积; 为航槽冲淤量。

经计算 1986 年 3—8 月航槽淤积 $7.6 \times 10^4 \text{m}^3$, 平均淤厚 42 cm, 未出现骤淤堵塞航道而影响通航, 台风过后的 1986 年 9 月, 日本的“兰光丸”号和 1987 年 2 月巴拿马的“彦群”号, 都载

货三万二千吨以上, 仍安全顺利地通过拦门沙航道进港装卸, 是一明显例证, 同时也是对拦门沙航道很好的检验。

THE SILT ALLUVIAL AT FANGCHENG HARBOUR BAR CHANNEL AFTER DREDGING FOR -7.5m

Yang Zhijia Lin Guojun Wu Longsheng, Jang Mengrong and Yue Haidong

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

The silt accumulated at Fangcheng harbour bar channel has been less than 40000m^3 since the channel was dredged for -7.5m in December 1983. The channel is now being scoured in winter and silted up in summer. Sudden silting up has not been witnessed even after the attack of typhoon.