

石浦港下湾门水道的水沙运移特征

李金铎

(宁波海洋环境监测中心, 浙江 宁波 315040)

摘要: 根据 2003 年 9 月 5~10 日的实测水文泥沙测验资料, 对石浦港的主航道——下湾门水道各测站的潮流和悬沙特征进行分析研究。结果表明, 研究海域潮流流况主要受地形影响, 悬沙运移涨潮大于落潮, 泥沙进入石浦港内。对下湾门水道的水沙运移特征进行分析, 有助于了解石浦港内水沙运移和冲淤状况。

关键词: 潮流; 悬沙浓度; 沉积物输运; 石浦港

中图分类号: P737.14 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2008)01-0056-04

石浦港为全国六大中心渔港之一^[1], 年船舶进出港达 10 万余艘次, 是全国主要的鱼货集散地和渔船生产生活资源补给中心。作为一个近封闭的天然渔港, 仅通过铜瓦门、东门、下湾门、蜊门及三门 5 个狭窄水道进行港内水交换。目前, 石浦港已由原单一性渔港向海洋旅游等多功能港口发展, 自然环境受到破坏, 船只数量激增; 近年来港内及周边区域如三门湾、下洋涂围涂、堵港等人类活动对港内水动力和海床冲淤影响较大^[2,3]; 1997 年以来先后在 5 个口门均建成或拟建大桥。大规模的海洋开发和建设致使石浦港泥沙淤积日益严重。目前, 国内外对工程建设造成石浦港水动力和冲淤变化的研究相当少, 一般都采用数模分析方法^[2]。但数模分析偏向环境影响方面, 数学模型边界不够大, 水文观测点布设不够合理、数量不足, 也缺少可靠的水下地形测量资料, 一般情况数模得出的结论误差较大, 可信度较低, 不能很好地分析对石浦港的影响。作者根据实测资料对石浦港主航道下湾门水道的水沙运移特征进行分析, 有助于了解石浦港内水沙运移和冲淤状况。

1 资料和方法

天然优良渔港石浦港五口通海, 而以下湾门为主(图 1)。石浦港西北靠大陆, 东侧岛礁与水道相间排列, 总体走向近 NEE 向。下湾门水道走向基本与之垂直, 为近 NNW 走向, 全长近 3 km, 宽 0.3~0.8 km, 航道水深 20 m 以上。口门处由于岛礁的存在, 又分为两个口门, 一个顺延航道伸向 SSE, 有暗礁, 又称石烂门; 另一个折向 NEE, 水深较深, 口门处可达 80 m 左右, 称下湾门, 为大船主航道。

以 2003-09-05T 08:00~2003-09-06T 11:00(小潮)和 2003-09-09T 15:00~2003-09-10T 17:00(大

潮)的水文泥沙测验资料为基础, 对各测站的潮流和悬沙特征进行了详细统计分析, 进而对整个水道的水沙运移特征进行分析讨论。海上测验期间, 天气状况良好。时值秋季, 风向主要在偏北~东南向间变换, 风速以 3~5 级为主, 对该次水文泥沙测验无影响。

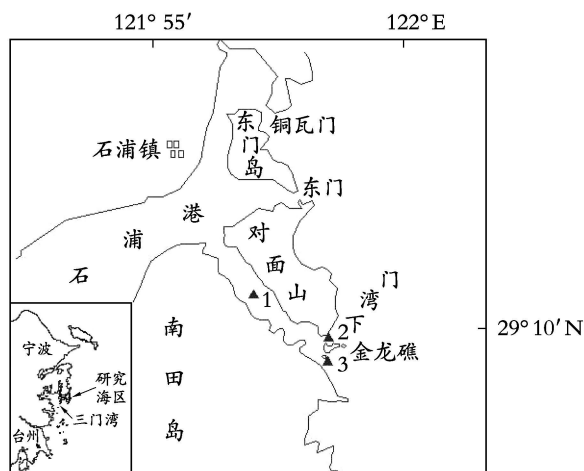


图 1 研究区域和测站布置

Fig. 1 Map of the observation stations in the study area

本次水文泥沙测验中, 1, 2, 3 号测站分别在下湾门水道中央、石烂门口门处和下湾门口门处。采用定点法周日同步连续分层观测采样, 测流速、流向、气象状况, 采悬沙水样; 同步进行漂流和潮位观测。另外, 从石浦海洋站抄录了测验期间 1 个月的潮位资料做潮流分析。

收稿日期: 2004-08-26; 修回日期: 2005-09-08

作者简介: 李金铎(1971-), 男, 河南西平人, 工程师, 从事海洋工程环境研究, 电话: 0574-27818807, E-mail: meg0574@sina.com

潮流和泥沙的资料处理分析按规范进行。流速矢量非零点线性内插至正点,垂线平均流速矢量采用矢量加权平均方法计算。单个水样含沙量的测定采用过滤法,用加权平均方法计算出垂线平均含沙量。

单宽输沙量数值的计算采用以下公式:
$$Q = LT \int_0^H \rho_z v_z dz$$

式中 Q 为单宽输沙量值; L 为单位宽度,取 1 m; T 为输沙时间段,取涨潮期时为涨潮输沙量,取落潮期时为落潮输沙量,取全潮期时为净输沙量; H 为测点水深, ρ_z 为水深为 z 处含沙量值, v_z 为水深为 z 处流速数值。采用上式分别计算出单宽输沙量数值的北分量和东分量后,采用矢量合成法即可计算出单宽输沙量数值及其方向。

2 结果

2.1 潮流特征

石浦港平均潮差 3.5 m 以上^[1],潮流是控制该区水沙运移的主要水动力因素。本次测验 1 号站附近的韭菜湾站实测 15 d 平均潮差为 3.49 cm,最大潮差为 4.79 m。外海潮波在对面山附近海域分成两支,分别由东南和北面进入石浦港。由于岸线、岛屿和底摩擦等作用,进入研究海域的潮波基本上是驻波,即最小流速发生在高潮后 0.5 h 内、低潮后 1 h 左右,最大流速发生在中潮位附近。

据实测资料分析,研究海域潮流性质判别指标 $F(F = (W_{O_1} + W_{K_1}) / W_{M_2})$, 式中 W_{O_1} , W_{K_1} , W_{M_2} 分别是 O_1 , K_1 , M_2 分潮流的椭圆长轴对应的流速) 值为 0.15~ 0.39 之间(表 1), $G(G = (W_{M_4} + W_{MS_4}) / W_{M_2})$, 式中 W_{M_4} , W_{MS_4} 分别是 M_4 , MS_4 浅水分潮流的椭圆长轴对应的流速) 值为 0.25~ 0.32, 综合 F 和 G 值,研究海域潮流属不规则半日浅海潮流。各测站 M_2 分潮流椭圆旋转率(K) 介于 0.01 至 0.03 之间,潮流运动属典型的往复流性质,潮流为左旋,这与研究海域处在水道交汇分叉区有关^[4]。 M_2 分潮流的椭圆

圆长轴方向代表了潮波传播方向,其对应的流速数值则是相应分潮流速的最大值。由表 1 知,1 号和 2 号测站附近潮波分别以 308° 方向和 298° 方向传入,两测站潮波方向相近。3 号测站附近潮波以 242° 方向传入。潮波的传播方向显然受到局部地形条件的控制。 M_2 分潮流流速 1 号测站较大,2 号测站和 3 号测站较小。

表 1 石浦港下湾门水道潮型特征值
Tab. 1 Tidal character of Xiawanmen Channel, the Shipu Harbor

站位	F	G	K	W_{M_2} (cm/s)	q_{M_2} (°)
1	0.15	0.27	0.022	71	128
2	0.39	0.32	0.01	25	118
3	0.19	0.25	0.03	36	62

注: q 表示流向; W 表示流速

实测流向主要受地形影响,1 号测站涨、落潮流流向分别为西北、东南向,2 号测站分别为西北、东南偏南向,3 号测站则分别为西南、东北偏东向。在垂线分布上,涨、落潮流流向随深度变化不大。

大潮时,1 号测站涨、落潮流流速垂线平均值潮段平均分别为 74, 55 cm/s, 3 号测站分别为 50, 31 cm/s, 1 号、3 号测站涨潮流流速大于落潮流流速; 2 号测站则分别为 28, 43 cm/s, 落潮流流速大于涨潮流流速。小潮时,1 号、2 号测站的涨、落潮流流速垂线平均值潮段平均相当,分别为 34 和 16 cm/s 左右,而 3 号测站涨潮流流速大于落潮流流速,二者分别为 32 cm/s 和 17 cm/s。大潮流速约是小潮流速的 1~ 2 倍。在垂线分布上,涨、落潮流流速随深度增加流速递减,最大减少三分之一左右。

1, 2 和 3 号测站实测最大垂线平均流速见表 2。研究海域 2 号测站落潮流历时长于涨潮流历时,平均历时差 80 min, 3 号测站涨潮流历时长于落潮流历时,平均历时差 83 min。1 号测站两者大致相当,落潮流历时略长。

表 2 石浦港下湾门水道实测潮流特征值

Tab. 2 Characteristic values of tidal current of Xiawanmen Channel, the Shipu Harbor

测站	潮段	实测最大垂线平均值		涨、落潮流历时(h)		
		流速 (cm/s)	流向 (°)	最大	最小	平均
1	涨潮	134	303	7	5.5	6.13
	落潮	103	130	7	5.5	6.25
2	涨潮	45	303	5.5	4.5	5.13
	落潮	74	171	8	6	6.63
3	涨潮	81	229	8	5.75	6.88
	落潮	77	84	6.5	4.25	5.5

余流一般是指实测海流扣除周期性潮流后的剩余部分,在一定程度上指示了水沙运移方向。研究海域余流表层流速为 5~ 26 cm/s(表 3),底层流速为 3~ 31 cm/s,最大出现在 3 号测站底层为 31 cm/s。

表 3 石浦港下湾门水道余流特征值

Tab. 3 Characteristic values of residual currents in Xiawanmen Channel, the Shipu Harbor

潮型	站位	流速(cm/s)			流向(°)		
		表层	底层	垂线	表层	底层	垂线
大潮	1	5	10	7	197	272	244
	2	26	18	20	132	139	143
	3	15	31	15	176	189	191
小潮	1	6	3	4	273	182	246
	2	8	12	14	321	278	300
	3	5	17	11	306	230	244

2.2 悬沙特征及分布

研究海域悬沙含沙量大潮平均值为 0. 234~ 0. 583 kg/ m³,小潮平均值为 0. 135~ 0. 314 kg/ m³

表 4 石浦港下湾门水道垂线平均含沙量特征值

Tab. 4 Characteristic values of suspended sediment concentration in Xiawanmen Channel, the Shipu Harbor

潮型	站号	潮型	含沙量(kg/ m ³)						
			表层	中层	底层	平均	全潮平均	最大值	最小值
小潮	1	涨潮	0. 116	0. 179	0. 227	0. 174	0. 181	0. 461	0. 115
		落潮	0. 128	0. 201	0. 383	0. 192			
	2	涨潮	0. 103	0. 142	0. 179	0. 135	0. 135	0. 220	0. 067
		落潮	0. 118	0. 143	0. 186	0. 139			
	3	涨潮	0. 157	0. 395	0. 818	0. 402	0. 314	1. 206	0. 113
		落潮	0. 154	0. 282	0. 513	0. 305			
大潮	1	涨潮	0. 206	0. 271	0. 602	0. 292	0. 303	1. 072	0. 147
		落潮	0. 194	0. 345	0. 482	0. 31			
	2	涨潮	0. 146	0. 227	0. 324	0. 211	0. 234	0. 444	0. 101
		落潮	0. 201	0. 296	0. 319	0. 256			
	3	涨潮	0. 316	0. 653	1. 17	0. 779	0. 583	1. 127	0. 219
		落潮	0. 253	0. 533	0. 66	0. 46			

含沙量空间分布特征为:平面分布为 3 号站较大,1 号和 2 号站接近。3 号站处于主潮流通道,小潮和大潮的全潮垂线平均含沙量分别为 0. 314 和 0. 583 kg/ m³,其他两站基本都在 0. 100~ 0. 300 kg/ m³之间。剖面上,含沙量由表层向底层增大,底层含沙量可达表层的 1. 5 倍以上。

在时间分布上:各潮段含沙量比较平均,1 号和 2 号站落潮段略大于涨潮段,3 号站涨潮段略大于落潮段。大潮含沙量约为小潮的 1 倍。上述分布特征说明在该海域,潮流为主要输沙动力,含沙量主要取决于潮流的大小,而且悬沙来源以外海泥沙的倒灌为主,潮流为典型的往复流,悬沙随潮流往复运动。

余流的方向,1 号测站为西南偏西向,2 号测站大潮为东南向,小潮为西北向,3 号测站大潮为西南偏南向,小潮为西南向。

(表 4)。接近临近的三门湾海区 1994 年实测数据^[5]。

2.3 悬沙运移

各测站输沙量差别很大(表 5),3 号站最大,1 号站次之,2 号站最小,最大最小可相差 100 倍以上。1 号、2 号测站净输沙为落潮流方向,即沿 1 号、2 号一线东南方向输出口门,量值大潮时可达 55. 2~ 63. 5 t/(d· m);小潮时,1 号站与大潮时比变化不大,但 2 号站变化较大,表现为泥沙进出基本平衡。大潮和小潮时,3 号站净输沙均为西南向,与涨潮流方向和余流方向一致,小潮时量值大约比大潮时减少三分之一。研究海域的 3 号站的涨潮流将泥沙带入,由 1 号、2 号一线的落潮流带出。两者相比,入大于出,总净单宽输沙大潮时可达 450 t/(d· m)左右,小潮时

可达 250 t/(d·m) 左右。这一部分泥沙进入到石浦港内^[3]。

表 5 石浦港下湾门水道单宽输沙量

Tab. 5 Sediment transport quantity for a unit width in Xiawanmen Channel, the Shipu Harbor

站号	潮次	涨潮		落潮		净输沙量 (t/(d·m))
		输沙量 (t/(d·m))	方向 (°)	输沙量 (t/(d·m))	方向 (°)	
1	大潮	318.3	302	381.6	132	-63.3
	小潮	104.6	311	168.1	142	-63.5
2	大潮	9.4	276	64.6	134	-55.2
	小潮	2.7	288	2.4	161	0.3
3	大潮	852.6	224	375.1	116	477.5
	小潮	339.5	224	37.2	38	302.3

注: 净输沙量= 涨潮输沙量- 落潮输沙量

3 结论

研究海域潮流属不规则半日浅海潮流。潮流运动属典型的往复流性质, 流况主要受地形影响。余流表层流速为 5~26 cm/s, 底层流速为 3~31 cm/s, 方向偏西向。

研究海域悬沙浓度主要取决于潮流的大小, 以外海泥沙的倒灌为主, 悬沙随潮流往复运动。泥沙由 3 号站的涨潮流带入港内, 由 1、2 号一线的落潮流带出。两者相比, 入大于出, 总净单宽输沙大潮时可达 450 t/(d·m) 左右, 小潮时可达 250 t/(d·m) 左右。这一部分泥沙进入到石浦港内^[3]。

由于缺乏其他季节的资料, 该区潮流和泥沙的季节变化和更大尺度的变化有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志第五分册[M]. 北京: 海洋出版社, 1992. 234-307.
- [2] 谢亚力, 伍冬领. 三门湾滩涂围垦对海湾水动力及海床影响初步分析[A]. 中国水利学会滩涂湿地保护与利用专业委员会. 滩涂利用与生态保护 中国水利学会 2006 学术年会论文集[C]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [3] 沈和诚. 石浦港淤积的初步探讨[J]. 水运工程, 1989, 9: 40-43.
- [4] 陈倩, 黄大吉, 章本照, 等. 浙江近海潮流和余流的特征[J]. 东海海洋, 2003, 21(4): 1-14.
- [5] 夏小明, 谢钦春. 浙江三门湾海岸发育与持续利用[J]. 海洋通报, 1996, 15(4): 49-57.

Hydrological and sediment features and transportation in Xiawanmen Channel, the Shipu Harbor

LI Jin-duo

(Ningbo Marine Environment Monitoring Center, State Ocean Administration, Ningbo 315040, China)

Received: Aug. , 26, 2004

Key words: tidal current; suspended sediment concentration; suspended sediment transportation; the Shipu Harbor

Abstract: Tidal current and suspended sediment features of Xiawanmen Channel which is the main sea route of the Shipu Harbor can be used to make quantitative analysis and forecast of the erosion accretions latter on. Based on the surveying data at 3 stations in September, 2003, the features of tidal current, suspended sediment concentration distributions and transport were analyzed. The results showed that the tidal current is affected by the topographic condition and the net suspended sediment flux is entering the Shipu Harbor, consistent with the direction of residual current.

(本文编辑: 刘珊珊)