

广利港海域悬沙分布及黄河口 泥沙扩散对其影响

赵学¹, 左书华²

(1 中港疏浚有限公司, 上海 200120;

2 交通运输部天津水运工程科学研究所工程泥沙交通行业重点实验室, 天津 300456)

摘要:基于遥感影像资料和实测水文泥沙资料,对广利河口海域悬沙分布特征和黄河口入海泥沙扩散进行了分析研究。结果得出,在一般天气情况下,广利港海域工程海域含沙量比较低($<0.1 \text{ kg/m}^3$),黄河口泥沙向南直接扩散距离为 10~20 km,对工程区无直接影响,但是在大风天气下,广利河口附近海域含沙量会增高至 0.5 kg/m^3 以上,黄河口入海泥沙扩散向南可达 30~40 km,最远可达小清河口,对工程区则有一定的影响;从广利港海域含沙量、底质特征、冲淤性质上来看,黄河口泥沙扩散对工程区是有限的,造成航道和港池淤积的主要泥沙来源为风浪和潮流作用下就地泥沙的搬运输移;黄河入海泥沙呈减小趋势,黄河改由“清 8 断面”入海,黄河入海泥沙浑水主轴线与广利港的距离增加,对工程区的影响趋于减小。

关键词:广利港;遥感影像;悬沙分布;黄河口;泥沙扩散

中图分类号: P736.21 **文献标识码:** A

1 工程区概况

广利港位于山东省东营市以东,莱州湾西部的广利河口,河口南距小清河约 8 km,北距黄河口约 45 km,北与天津、秦皇岛、大连隔海相望,东与胶东半岛紧贴相连,西与滨州地区接壤,南与工业城市淄博、潍坊两市相毗邻,处在胶东半岛和辽东半岛的环抱之中,是东营市海上运输的重要通道(图 1)。

该区位于莱州湾西部沿岸,为黄河近代冲积、海积平原,东部为广阔的泥质粉砂及粉砂组成

的平缓岸滩,其坡度在 $0.5\% \sim 1.0\%$ 左右。汇入广利港航道的水系主要包括广利河水系和支脉河水系。广利河水系主要有广利河和溢洪河;支脉河水系主要有支脉河干流。广利河曾是黄河决口时的河道,后黄河归流,该河经过多年的河流改造作用,演变为一径流量小的平原河流,其下段有溢洪河汇入,在河口区有支脉河汇入,从而形成了三河相通的内河水系(图 1)。

广利港工程海域的潮汐性质属于不规则半日潮,平均潮差 $1.5 \sim 1.7 \text{ m}$,最大潮差 3.0 m 。该海域潮流运动形式受莱州湾潮波的影响,呈往复流运动,涨落潮明显;涨落潮平均流速在 $0.1 \sim 0.3 \text{ m/s}$,最大流速在 1.0 m/s 。本区常风向多为 SSE—SE,对本区影响较小;强风向为 NE 向风,多发生在春、冬季,而且 NE 大风会使黄河口泥沙向南扩散的范围大大增加,从而影响到工程区;常浪向和强浪向均在 N—NE 向范围,支脉河口最

收稿日期:2012-03-01

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(TKS100103)

作者简介:赵学(1979—),男,工程师,主要从事港口航道项目管理及其有关研究工作。E-mail:30239848@qq.com

大波高 2.0 m;该海域为风暴潮常发区,温带风暴潮出现频率较大,多发生在春季 4—5 月或秋季,风暴最大增水达 $3.55 \text{ m}^{[1]}$ 。



图 1 广利港地理位置及形势图

Fig. 1 Location map of Guangli port

2 基于遥感的悬沙分布特征

2.1 资料和处理方法

为了充分了解工程区海域的悬沙分布情况,选取 2000—2007 年不同时期的 6 张 Landsat-5 遥感卫星图片,其中包括大、小潮、涨、落潮和洪、枯季以及不同海况(表 1)。首先对遥感影像进行定标、大气校正、几何校正等处理,然后根据以往黄河口、黄河三角洲海岸带的研究成果以及实测资料,建立表层含沙量与 TM 2、TM 3 波段灰度值(光谱反射率)之间的拟合关系式,然后对遥感图像进行定量分析^[2](图中 S 为表层含沙量, mg/L)。

通过经验拟合公式将遥感影像资料与实测含沙量进行了悬沙解译,得出该海域表层悬沙分布图,再结合实测水文泥沙资料(图 2)对悬沙分布进行分析。

表 1 Landsat-5 卫星遥感图像日期、潮况及风况

Table 1 Satellite images and synchronic tide and wind in coastal waters of Guanli port

序号	成像时间	潮型	潮位/cm	海况	黄河口流量/ (m^3/s)
1	2000-02-20	大潮涨潮中期	110	NE 风 2 级	130
2	2001-11-21	小潮落潮末期	32	S 风 2 级	144
3	2003-09-24	中潮涨潮中期	114	NW—N 风 3 级	1 870
4	2005-05-08	大潮涨潮中期	90	NNW 风 1 级	108
5	2006-09-16	小潮落潮中期	95	NNW 风 1 级	748
6	2007-07-17	大潮	-	S 风 2 级	600

注:潮位取自羊角沟站;海况取自东营国家气象站;流量为利津站日流量

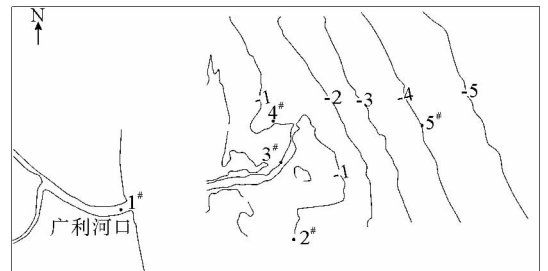


图 2 广利河口水文测站

Fig. 2 Sketch map of measured stations in the Guangli river estuary

2.2 结果分析

2.2.1 平面分布特征

从总体来看,在一般天气情况下,工程海域含沙量比较低,一般都在 0.1 kg/m^3 以下,如 2003 年 9 月 24 日、2006 年 9 月 16 日(图 3a、b),含沙量分布呈现出不同的带状分布;横向上看,自岸向海逐渐递减,如近岸含沙量在 $0.05 \sim 0.1 \text{ kg/m}^3$,而在向外含沙量则一般在 0.05 kg/m^3 以下。纵向上看,北部黄河口附近区域含沙量较高,一般在 0.5 kg/m^3 以上,呈现出北高南低,西大东小(近岸高外海低)的特点。

实测资料也显示了同样的规律。在平面分布上近岸区含沙量高,远岸区含沙量要低,如大潮期,位于河口内的测站,涨落潮平均含沙量为 0.073 kg/m^3 ,拦门沙附近的测点平均含沙量为

0.026 kg/m³, 位于水下-4 m 等深线上的测点平均含沙量为 0.015 kg/m³。

2.2.2 季节分布特征

在工程区附近的一般情况下, 表层水体含沙量为 0.05 kg/m³ 以下(图 3c,d), 这是因为广利河口为季节性河流, 上游的水闸一般都是关闭的, 基本没有水沙下泄, 只有到洪季, 为了防洪的需要, 才开闸泄洪, 才有一定的水沙下泄; 北部的黄河口离工程区约 40~50 km, 在一般天气下, 黄河口泥沙扩散不会影响到工程区。

工程区范围属于季风带, 每到春、冬季时候, NE 向的大风对海域的泥沙环境起到了重要影响。NE 大风会使黄河口泥沙向南扩散的范围大

大增加, 影响到工程区; 大风期工程区含沙量可达 1.0 kg/m³ 以上, 如 1997 年 3 月 15 日曾受前一天 N—NE 大风的影响, 使整个莱州湾含沙量都很高, 广利河口附近表层含沙量也达到 0.5~1.0 kg/m³。

风向也是影响工程海域含沙量的一个因素。本区的常风向多为 SSE—SE, 对本区影响较小。从卫片对比可以看出, 当风向为 N—NE 向时, 黄河口泥沙扩散范围明显要比其他风向扩散的远, 同时波浪掀沙、潮流输沙也导致了近岸水域的含沙量相对于其他风向均略有偏高, 如 2000 年 2 月 20 日 NE 风 2 级(图 3e)和 2001 年 11 月 21 日 S 风 2 级(图 3f)相比之下便是如此。

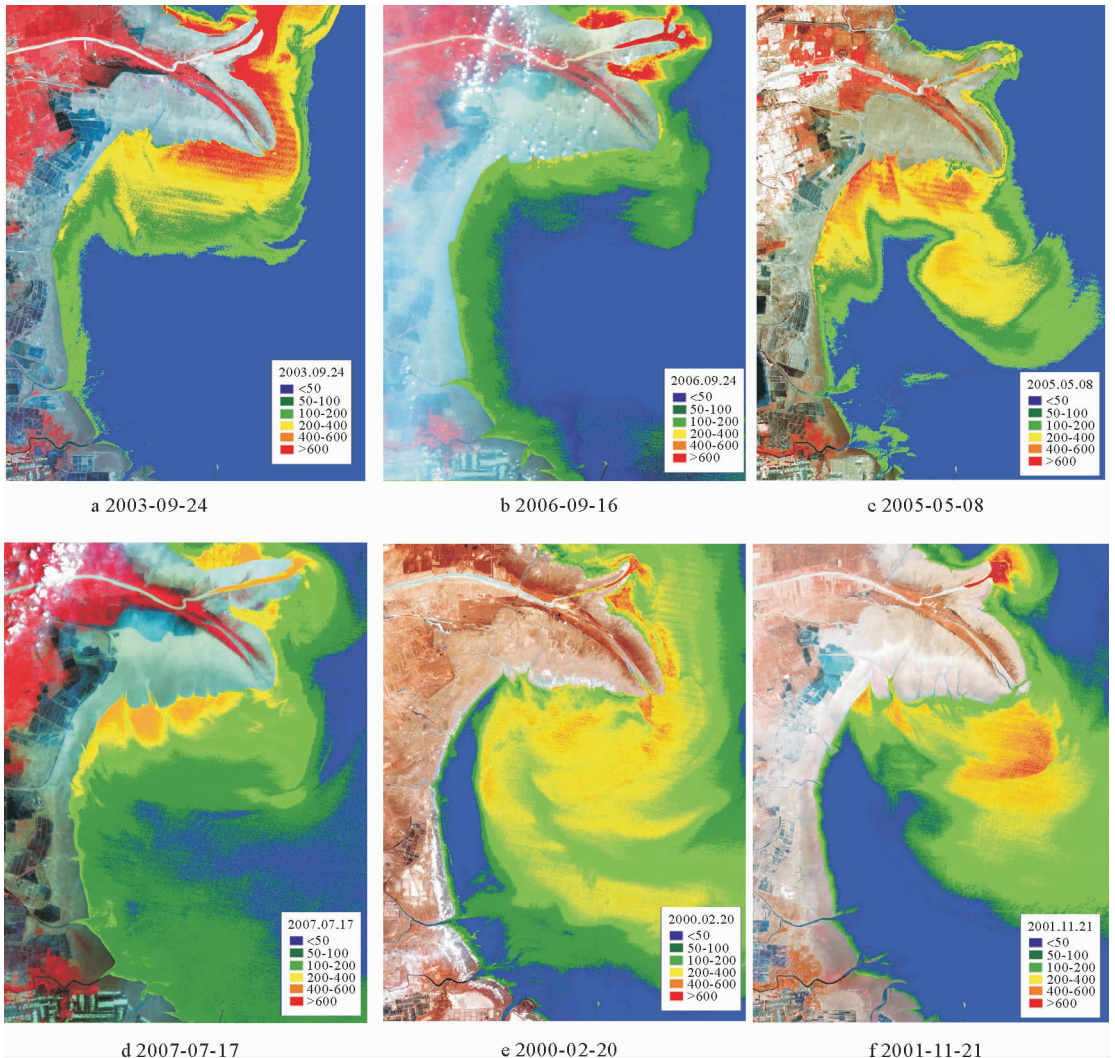


图 3 工程海域表层悬沙遥感

Fig. 3 Remote sensing pictures of Guangli port area

2.2.3 潮型变化特征

2001 年 11 月 21 日(图 2f)和 2007 年 7 月 17 日(图 2f)均为 S 风 2 级,但分别出现小潮和大潮,相比之下,大潮时广利港海域的近岸水体含沙量明显要比小潮时高出一个等级。实测资料也显示大潮含沙量明显大于小潮(表 2)。

从涨落潮来看,含沙量变化不明显,涨落潮的平均含沙量和最大含沙量都基本相当,差别不大(表 2)。

表 2 广利河口附近海域实测含沙量统计

Table 2 Statistic of suspended sediment concentrations kg/m^3

时间 2008 年 10 月	站位	大潮		小潮	
		涨潮	落潮	涨潮	落潮
垂线 平均	1#	0.070	0.075	0.040	0.038
	2#	0.005	0.010	0.009	0.012
	3#	0.019	0.032	0.123	0.138
	4#	0.013	0.018	0.069	0.018
	5#	0.011	0.019	0.009	0.010
垂线 最大	1#	0.174	0.128	0.062	0.054
	2#	0.013	0.023	0.018	0.028
	3#	0.058	0.068	0.254	0.217
	4#	0.067	0.053	0.200	0.072
	5#	0.018	0.039	0.017	0.015

3 黄河口入海泥沙扩散对工程区影响分析

广利港海域处于黄河口入海泥沙扩散范围之内,从宏观背景来看,受到黄河口入海泥沙或三角洲浅滩泥沙在风、浪以及潮流作用向外扩散的影响。但从实际分析来看,黄河口泥沙扩散对工程区是有限的,而且黄河改由“清 8 断面”入海后对工程区的影响趋于减小,造成航道和港池淤积的主要泥沙来源为风浪和潮流作用下就地泥沙的搬运输移。

3.1 在含沙量上的表现

广利港位于莱州湾弧形海岸和湾北突向外海的黄河三角洲南部,处在黄河泥沙向南最远扩散

范围的波及区。由于向南最远扩散范围往往是由 NE 大风浪造成的,但该强浪出现的频率较低,广利港海域 NE 向强浪(波高 $\geq 3.0 \text{ m}$)出现的频率均在 $0.2\% \sim 0.4\%$ 之间,因此由于大风浪引起的黄河泥沙扩散对本区水体含沙量提高的程度十分有限。广利河口外大浪期最大含沙量在 1.0 kg/m^3 以上,如果考虑波浪就地掀沙对含沙量的增值效应,则黄河泥沙扩散对含沙量提高的净影响将远低于上述值。再从广泛收集的遥感卫片资料看,多年来,除受 NE 大风影响较明显外,一般时期,黄河口泥沙扩散都基本未波及本区^[2-5]。

在正常天气情况下,广利河口外侧(含拦门沙)的水体含沙量一般在 $0.01 \sim 0.1 \text{ kg/m}^3$ 范围内。如果黄河泥沙扩散常抵达本区,则含沙量理应较大,所以 $0.01 \sim 0.1 \text{ kg/m}^3$ 水体所具备的低含沙属性,应是该水域低流速和一般风浪掀沙的体现,而非黄河泥沙扩散所为。

3.2 在底质上的表现

黄河河口外侧 -2、-3 及 -4 m 浅滩泥沙的平均中值粒径 D_{50} 分别为 $0.018、0.013、0.11 \text{ mm}$,深水区悬移质的平均中值粒径 D_{50} 理应远低于 0.011 mm 。但从广利河口外底质资料的分析结果看^[1], -4 m 和 -5 m 以内的平均中值粒径 D_{50} 在 $0.03 \sim 0.1 \text{ mm}$ 之间, -5 m 以深的平均中值粒径 D_{50} 在 $0.01 \sim 0.02 \text{ mm}$ 范围内(图 4),远粗于黄河浑水扩散挟带泥沙的中值粒径。

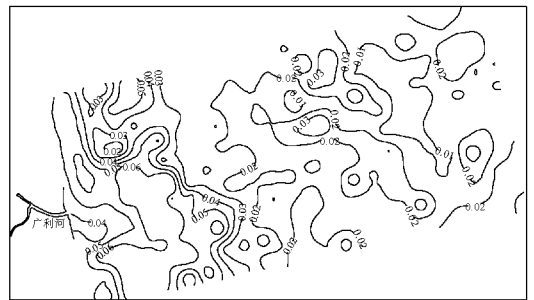


图 4 广利河口沉积物中值粒径分布

Fig. 4 Distribution of the sediment median grain size in the Guangli river estuary

如果黄河泥沙通过浑水扩散而大量抵达本区,则广利河口外侧滩地相对较粗的物质,不仅将被细颗粒物所覆盖,而且也不会出现不同粗细

的物质共存和相间有序排列的规律分布特征^[6]。

3.3 在冲淤上的表现

广利河口外侧南北 6 km 范围的水域, 1976—2002 年在 -4 m 等深线以内均表现为蚀退; 在 -4 m 线以外, 虽在 1970—1990 年间海床向深水区淤进, 但 1994—2002 年间复又出现先淤后冲, 冲淤基本相当。因此, 从总体上看, 本区地形处于基本稳定、深水区有所淤进的状态^[7]。这一情况, 不仅与广利河口南、北两侧较广范围的海岸线表现为微冲刷, 在性质上基本一致, 而且两者揭示了外界沙源有限, 或近岸区地泥沙来源不足这一基本特征。

本工程水域如果在 1970—1990 年及 1994—2002 年的 -4 m 等深线以外, 分别出现淤积和先淤后冲, 这与此时黄河自清水沟排沙的有利形势有关, 那么当黄河在 1996 年改由北侧“清 8 断面”入海后, 由于河口外的高浓度浑水团, 在此后相当长的一段时期内, 将主要指向北侧, 从而增加了该水团与本区的距离, 与改道前相比, 黄河泥沙扩散的影响理应趋于减弱。

3.4 入海泥沙处于减少趋势

黄河入海泥沙的数量一直处于不断减少的趋势。如 1950—1959 年入海泥沙量达 13.2 亿 t, 而此后的 1970—1979 年、1990—1999 年和 2000—2003 年分别减至 9 亿、3.9 亿和 1.1 亿 t^[8]。随着我国国民经济的快速发展, 用水量随之增加, 多年平均的泥沙入海量将随入海径流量的减少而维持在一个较低的水平上, 这一情况无论对河口沙嘴向外延伸速度和长度, 还是口外浑水扩散范围, 都将产生制约性的影响, 显然有利于广利港正常水深的维护。

4 结语

(1) 广利港海域, 在一般天气情况下, 工程海域含沙量比较低, $< 0.1 \text{ kg/m}^3$; 但是在大风天气

下, 特别是 NE 向大风, 会使黄河口入海泥沙向南扩展较远, 最远可达小清河口, 再加上波浪掀沙、潮流输沙, 致使广利河口附近海域含沙量增大, 可达 0.5 kg/m^3 以上。

(2) 黄河口入海泥沙扩散方向和范围的影响因素较多, 主要受沙嘴的动力轴线方向、潮流、风浪的影响较大。黄河口入海泥沙扩散的主方向为 E—SE 向, 在一般情况下, 黄河口泥沙向南直接扩散距离仅在 10~20 km, 对工程区无直接影响; 但在 NE 大风情况下, 泥沙扩散向南可达 30~40 km, 最远可达小清河口, 对工程区则有一定的影响。

(3) 从广利港海域含沙量、底质特征及冲淤性质上的表现, 体现出黄河口泥沙扩散对工程区是有限的, 造成航道和港池淤积的主要泥沙来源为风浪和潮流作用下就地泥沙的搬运输移; 而且黄河入海泥沙呈减小趋势, 黄河改由“清 8 断面”入海, 由此黄河口浑水主轴线与广利港的距离增加, 与改道前自清水沟入海相比, 前者对工程区的影响趋于减小。

参考文献:

- [1] 交通运输部天津水运工程科学研究所. 东营港广利港区航道整治工程自然条件及泥沙环境研究报告[R]. 天津: 天津水运工程科学研究所, 2008.
- [2] 樊 辉. 黄河口泥沙输移及三角洲的近期演变[D]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2005.
- [3] 李泽刚. 黄河近代河口演变基本规律与稳定入海流路治理[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2006.
- [4] 胡春宏. 黄河水沙过程变异及河道的复杂响应[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [5] 常 军. 基于 RS 和 GIS 的黄河三角洲海岸线动态变化监测与模拟预测研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2001.
- [6] 交通运输部天津水运工程科学研究所. 黄河排沙对潍坊港海区地形演变及外航道淤积影响的分析[R]. 天津: 天津水运工程科学研究所, 2004.
- [7] 陈 静, 冯秀丽, 李安龙, 等. 广利河口拦门沙航道开挖后淤积强度预测[J]. 海洋科学, 2003, 27(6): 47-50.
- [8] 徐 美, 李纪人, 黄诗峰, 等. 水沙环境改变下的黄河口变化遥感监测与分析[J]. 水科学进展, 2008, 19(1): 8-12.

DISTRIBUTION OF SUSPENDED SEDIMENTS IN THE SEA AREA OFF GUANGLI AND ITS RELATION WITH SEDIMENT DIFFUSION OF THE YELLOW RIVER ESTUARY

ZHAO Xue¹, ZUO Shuhua²

(1 CHEC Dredging Co. Ltd., Shanghai 200120, China; 2 Key Laboratory of Engineering Sediment of Ministry of Communications, Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, MOT, Tianjin 300456, China)

Abstract: Based on the remote sensing and measured data, we studied the suspended sediment distribution off Guangli and the influence of sediment diffusion from the Yellow River estuary. The results show that: (1) in a fair weather condition, the sediment concentration is less than 0.1 kg/m^3 in the study area, and the straight distance of sediment diffusion from the Yellow River estuary to the south is only 10~20 km. In the strong wind condition, however, sediment concentration rises to 0.5 kg/m^3 or above, and the diffusion distance to the south reaches 30~40 km that brings certain influence to the study area; (2) based on the sediment concentration, sediment grain size and silting / scouring characteristics of the Guangli harbor waters, it is revealed that the sediment diffusion from the Yellow River estuary is limited. The main sediment sources which caused deposition in the waterway or the basin are those transported by the joint action of wind waves and tidal currents; (3) since the sediment from the Yellow River estuary is in a trend of decrease, the influence of the sediment diffusion of the Yellow River is getting smaller.

Key words: Guangli harbor; remote sensing; distribution of suspended sediment concentration; Yellow River estuary; sediment diffusion