

黄河三角洲埕岛近岸海域悬浮泥沙运动*

冯秀丽 吴世强 林霖 刘涛 周松望

(中国海洋大学海洋地球科学学院 青岛 266003)

摘要 根据1998年9月8日和1999年3月19日两次对埕北海域进行的10个站位的同步海流、悬浮泥沙观测资料,进行该海区的悬浮泥沙输运趋势分析,发现该海区含沙量较大,从整个海区来看,底层含沙量大于表层含沙量,该海区泥沙含量普遍表现为东南部的泥沙含量高于西北部的泥沙含量;由单宽输沙量的计算及有关资料分析可以得出,秋季泥沙运移趋势是由东南向到西北向,而春季泥沙的运移趋势是由东北向到西南向;含沙量是随流速的加大而增加,含沙量的峰值稍滞后于流速的峰值;该海区为冲蚀海区,悬浮泥沙产生的平均年冲刷量为 2 cm/a ,在本海区的地形塑造中占次要地位。

关键词 悬浮泥沙运动,海流,含沙量,单宽输沙率

中图分类号 P736, P737 **文献标识码** A **文章编号** 1000-3096(2003)12-0066-05

潮流、海流和波浪所引起的海岸泥沙运动及海岸变形,直接影响到港工建筑物的安危,在规划和设计港口工程的岸边基地或码头时,需考虑到某些建筑物建成后可能引起淤积和冲刷问题。不适当地布置港工建筑物,如防波堤、突堤、航道、泊地等,就有可能造成港口运行不良的严重后果。因此,对海岸泥沙运动进行分析研究,掌握泥沙运动和岸滩演变规律,研究工程海域内海洋动力因素与泥沙输运的关系,预测工程后泥沙输运方向并估算其数量,可以为海岸工程建筑物的规划、布局和设计提供科学依据。

分析和判断岸滩的演变,主要是根据沉积物的特征、海滩剖面的形态、岸线走向和开敞程度以及风、浪、潮和流等动力条件做出的^[1]。对于波浪较弱的海岸区,潮流可能是决定泥沙起动、输送和沉积的主要因素。本研究主要依据实测结果对埕岛海区悬浮泥沙输运趋势进行分析。

1 埕岛海域地形地貌概况

黄河携带大量泥沙快速淤积在河口,岸线呈鸟嘴状向海突出。每次行河均在河口区形成一个沙嘴及其两侧伴生的烂泥区,尾间段摆动频繁,形成若干突出海岸的沙嘴和相伴生成的烂泥区。百余年来,黄河共发生了11次大规模的改道。每次改道均形成了一个亚三角洲使该段岸线迅速淤长,而废弃段则迅速蚀退,这些不同的行河期间的沙嘴、烂泥相互重叠,形成了复杂的黄河三角洲河口沙嘴体系。构成了以宁海为

顶点,北起套儿河南到支脉河口,面积约为 $9\ 000\text{ km}^2$,呈扇状分布的复合现代黄河三角洲^[2]。

埕岛海区主要是1953~1964年神仙沟流路和1964~1976年刁口流路行河期间形成的两个亚三角洲。该海区自1976年黄河尾间段改道清水沟流路后,泥沙来源断绝,行河期间形成的原三角洲受到侵蚀,在毫无屏障的渤海东北强风浪和无潮区的强海流的作用下,原河口沙嘴受到强烈侵蚀,水深加大,岸线急剧后退,部分三角洲陆地区段重又没入海中。局部地段因为修筑了人工防潮堤,岸线能保持稳定,但是岸线段浅海海底一直处于强烈的冲刷状态,直至水深 $10\sim 12\text{ m}$ 处,海底浅滩基本处于冲刷动态平衡状态。在三角洲冲蚀过程中,细颗粒物被搬运到近岸和远海,粗粉砂以粗组分则在原地分配,形成了 $0.3\sim 3.5\text{ m}$ 的厚度不等的海底覆盖层,该覆盖层覆盖了水深 $4\sim 10\text{ m}$ 的大部分原三角洲的海底表面。虽然冲蚀后的三角洲,海底表层粉沙较为密实,但是粉沙层下原黄河口快速沉积的高含水率的地层结构易于破坏,

* 国家自然科学基金项目50009002号;国家863计划项目2001AA602024号。

第一作者:冯秀丽,出生于1962年,博士,副教授,目前进行国家基金和国家863计划项目研究。电话:0532-2032057, E-mail: fengxiuli@mail.ouc.edu.cn

收稿日期:2003-09-16;修回日期:2003-09-28

沉积物块体滑移坍塌很活跃,这种作用使原来的地貌遭受破坏和改变,水下岸坡趋向平坦,形成该海区复杂的地质环境。该海区表层土以粉土为主,厚度大于0.2 m,粉土颗粒的中值粒径 D_{50} 为 0.05 mm。

2 埕岛海区泥沙的输运趋势分析

1998年9月8日和1999年3月19日曾两次对该海区的潮流泥沙进行实测。布设10个测试站位,介于东经 $118^{\circ}45' \sim 118^{\circ}55'$ 及北纬 $38^{\circ}10' \sim 38^{\circ}15'$ 之间,水深6~12 m,站位呈不规则分布。观测所用仪器为青岛海洋大学海洋仪器厂生产的 SLC9-2型智能化直读式海流计,测量范围:0.03~3.50 m/s;准确度:±2%(ps);起动流速:<0.03 m/s。船位定位:美国天宝公司生产的 DPGS 信标定位仪,动态精度 < ±2.5 m。现根据1998年9月8日和1999年3月19日两次

实测结果对该海区悬浮泥沙运动进行分析估计,主要结果如下。

2.1 海流结果分析

研究海区位于无潮点附近,受其影响,该海区潮差较小,流速较大。根据1998年9月8日和1999年3月19日的实测结果计算出该海区表、中、底层涨落潮时流速的平均值见表1。从表1可以看出,各站位1998年9月8日和1999年3月19日的平均流速均为表层流速大于中层流速,中层流速大于底层流速。对于1999年3月19日的流速结果,大体上各站位各层平均流速在涨潮时流速小于落潮时流速。对于1998年9月8日的结果,平均流速则大体上是涨潮流速大于落潮流速。无论是涨潮还是落潮最大平均流速均发生在表层,最小流速发生在底层。

表1 实测平均流速

Tab.1 Average current velocity

站位	1998年9月8日实测平均流速(c m/s)						1999年3月19日实测平均流速(c m/s)					
	表层		中层		底层		表层		中层		底层	
	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮
1	72.17	81.67	57.50	64.50	34.00	51.17	70.83	71.00	63.50	63.67	50.50	51.00
2	76.33	74.83	72.17	77.33	57.67	63.50	78.00	74.67	67.00	66.33	53.67	52.00
3	73.33	71.67	56.33	54.50	51.00	37.33	74.00	68.00	63.67	62.33	51.00	51.33
4	55.00	62.00	49.83	54.00	39.33	42.67	57.33	57.33	48.33	50.67	40.33	37.33
5	70.67	77.00	68.67	72.67	64.50	64.33	71.67	71.00	59.67	62.83	50.00	48.33
6	44.33	57.33	46.00	54.17	43.33	56.17	68.83	67.33	62.00	58.50	46.67	47.83
7	51.67	50.33	47.00	49.17	38.83	43.33	59.50	57.00	50.67	50.00	40.00	38.33
8	62.33	64.17	52.00	57.83	45.67	49.17	59.17	58.33	50.00	49.67	59.17	58.33
9	57.00	72.67	54.67	64.67	41.67	52.33	56.00	54.17	50.00	45.5	36.33	34.17
10	32.33	34.67	42.00	39.67	33.67	29.33	51.83	51.67	45.50	44.67	36.17	33.00

2.2 实测含沙量分析

根据1998年9月8日和1999年3月19日的含沙量实测结果,分别将实测含沙量的特征值列于表2。从表2可以看出,1999年3月19日的实测含沙量明显大于1998年9月8日的实测含沙量,说明该海区春季含沙量大于秋季含沙量。在离岸方向,含沙量越来越小,即越向深水,含沙量越小。垂向含沙量的分布(沿水深分布)基本呈现自表层向底层越来越大的规律。各站位含沙量多呈现为底层含沙量明显高于表层含沙量的特点。由于一般情况下波浪对泥沙的作用是使得悬沙在垂线分布上趋于均匀,而实测海区悬沙的垂线分布极不均匀,这一点和实测时该海区风浪较大有关,故此说明该海区波浪的作用不是很强。从1998年9月8日和1999年3月19日的现场实测结

果(表2)还可以看出,该海区从东南方向到西北方向,悬移质泥沙分布规律呈现越来越小的特点,图1和图2给出了图1中矩形框水域中,两次实测结果垂线平均含沙量的分布图(图中非实测点的含沙量由插值给出,图中上为北向,右为东向)。

2.3 实测全潮单宽输沙率

根据1998年9月8日和1999年3月19日两次实测含沙量的结果,并进行计算得出单宽输沙率^[3],进而算出两次实测结果的全潮单宽输沙率,计算结果分别列于表3。

从表3可以看出:1998年9月8日的实测全潮单宽输沙率,沿岸方向即纵向运动由东向西,而垂直岸的方向(即横向运动)是由南向北,即离岸方向。1999年3月19日的实测全潮单宽输沙率,沿岸(纵向运

表 2 实测含沙量特征值

Tab.2 Characteristic value of suspended sediment concentration

站位	1998年9月8日实测含沙量特征值(g/m ³)						1999年3月19日实测含沙量特征值(g/m ³)					
	表层	中层	底层	垂线	最大	最小	表层	中层	底层	垂线	最大	最小
	平均值	平均值	平均值	平均值	值	值	平均值	平均值	平均值	平均值	值	值
1	20.72	27.88	72.73	38.47	380.1	4.73	74.65	645.1	704.8	434.8	1 089	31.98
2	20.15	23.97	76.81	38.29	197.5	3.29	325.4	453.5	857.7	523.5	957.9	57.66
3	101.7	31.22	532.7	209.8	2 524	0.97	667.2	724.6	1 012	787.9	1 218	70.65
4	17.00	28.69	46.52	29.36	211.1	0.99	627.5	433.6	816.3	626.0	899.6	80.74
5	39.91	32.42	214.1	89.93	1 843	3.64	352.3	415.5	886.4	531.5	1 059	43.19
6	38.28	34.80	72.69	47.56	121.8	1.21	727.6	508.9	784.0	678.9	1 007	70.21
7	28.58	45.63	102.3	55.82	590.7	1.01	176.4	682.6	99.72	305.3	1 080	24.78
8	33.97	28.18	52.36	37.75	283.3	4.81	82.86	575.6	792.8	443.6	1 098	44.78
9	51.27	44.36	146.0	77.63	1 407	8.63	72.73	648.5	127.7	261.9	899.6	34.78
10	57.13	56.53	418.7	165.4	1 152	2.34	61.52	497.3	93.27	201.7	990.6	21.21

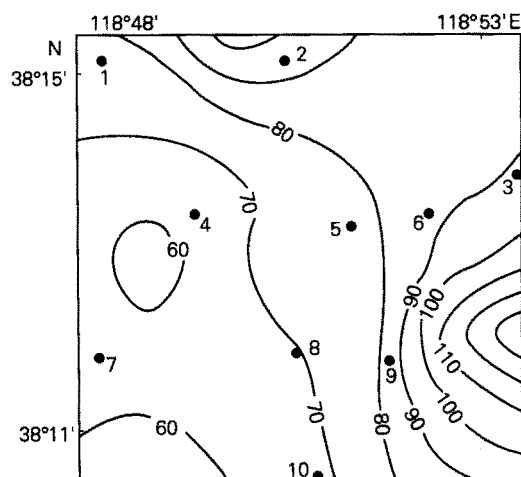


图 1 1998年9月8日实测垂线平均含沙量分布和站位示意图

Fig.1 Observed average suspended sediment concentration distribution along vertical in 08/09/1998 and observed position

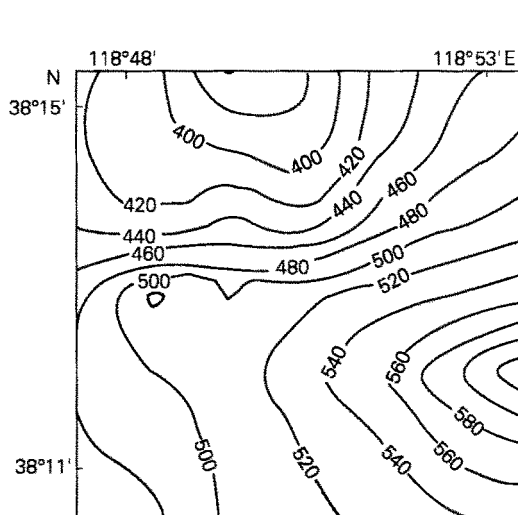


图 2 1999年3月19日实测垂线平均含沙量分布

Fig.2 Observed average suspended sediment concentration distribution along vertical in 19/03/1999

动) 方向是由东向西, 而垂直岸的方向(横向运动) 为向岸方向, 即是由北向南。

上述结果表明: (1) 该海区含沙量较大, 平均为 1.568 kg/m³, 最大含沙量可达 2.524 kg/m³, 最小含沙量为 0.001 kg/m³。(2) 从整个海区来看, 底层含沙量大于表层含沙量, 最大值出现在底层, 最小值多出现在表层。(3) 由单宽输沙量的计算及有关资料分析可以得出, 在秋季泥沙运移趋势是由东南向到西北向。而春季泥沙的运移趋势是由东北向到西南向。(4) 含

沙量是随流速的加大而增加, 含沙量的峰值稍滞后于流速的峰值。

3 埕岛海区冲淤变化预测

研究海岸泥沙运动的一般规律及特殊情况下的偶然事件是一个越来越受到科学界和工程界所关注的问题。近岸海区泥沙的运移形态主要有推移和悬移两种, 粗颗粒泥沙的运动以推移为主, 细颗粒泥沙的运动主要以悬移为主。由于该海区的具体情况, 这里

表 3 实测全潮单宽输沙量

Tab.3 Sediment discharge of unit width integral tidal period

站位	1998年9月8日实测全潮单宽输沙量(kg/(h·m))		1999年3月19日实测全潮单宽输沙量(kg/h·m))	
	N方向	E方向	N方向	E方向
1	- 416.586	893.786	- 1 417.567	- 7 197.063
2	312.517	302.870	- 5 672.396	- 4 593.332
3	6 491.104	- 6 115.530	- 6 353.857	- 9 917.352
4	287.144	- 196.863	- 2 241.317	- 4 963.794
5	704.440	- 5 635.669	- 2 199.096	- 3 983.674
6	- 915.413	2 914.848	- 831.867	- 2 228.105
7	263.932	- 1 186.768	- 6 692.005	- 4 876.536
8	270.215	- 1 618.788	- 3 300.428	- 4 509.643
9	- 1 007.074	159.23	- 1 47.790	1 687.119
10	368.590	- 2 015.816	- 1 745.217	939.494

注: E(东)方向时, 负为西向; N(北)方向时, 负为南向。

主要结合该海区两次悬移质泥沙的实测结果对该海区悬移质泥沙引起的该海区的冲淤变化进行预测。

近岸海区泥沙的运动方式有两种, 一种是与海岸垂直的横向运动, 另一种是与海岸平行的纵向运动, 一般情况下这两种运动方式是相互依赖, 相互共存的。

对于具体海区可以采用实测流速和泥沙含量计算出各站位的单宽流量从而算出各站位单宽输沙率, 然后根据单宽输沙率求出一定时间内通过某一测流断面的泥沙质量, 即输沙量, 最终预测该海区的冲淤变化。综合实测结果可求出全潮单宽输沙量, 得到该海区的冲淤量。对于 1998 年 9 月 8 日的实测结果计算区域泥沙全潮总淤积量为 $-1.674 \times 10^{-7} \text{m}$, 对于 1999 年 3 月 19 日的实测结果计算区域泥沙全潮总淤积量为 $1.407 \times 10^{-7} \text{m}$, 从而得到 1998 年 9 月 8 日的实测结果计算区域泥沙年冲刷率为 0.122 m/a (冲刷), 1999 年 3 月 19 日的实测结果计算区域泥沙年冲刷率为 -0.102 m/a (淤积), 两次合计冲刷率为 2 cm/a 。由此可见该海区为冲刷海区, 平均年冲刷量为 2 cm/a 。这个结果与刘效国等所得出的埤北海域冲淤规律是一致的^[4]。埤北海域目前处于以冲为主的冲淤调整阶段 (1992 年至今), 年冲淤速率最大为 0.2 m , 季节变化已成为海底冲淤调整的主要因素, 冬半年风浪强, 本区的 NE 方向深水区以小冲刷为主, 而浅水区发生淤积; 夏半年风浪较弱, 浅水区冲刷, 而深水区

发生淤积。

从上述结果也可以看出, 悬浮泥沙的运移在本海区的地形塑造中占次要地位, 起主要作用的是较粗颗粒的推移质运动。

4 结论

(1) 该海区含沙量较大, 一般在 1.568 kg/m^3 之间变化, 最大含沙量可达 2.524 kg/m^3 , 最小含沙量为 0.001 kg/m^3 ; (2) 从整个海区来看, 底层含沙量大于表层含沙量, 最大值出现在底层, 最小值多出现在表层。该海区泥沙含量普遍表现为东南部的泥沙含量高于西北部的泥沙含量; (3) 由单宽输沙量的计算及有关资料分析可以得出, 秋季悬浮泥沙运移趋势是由东南向到西北向, 而春季悬浮泥沙的运移趋势是由东北向到西南向; (4) 含沙量是随流速的加大而增加, 含沙量的峰值稍滞后于流速的峰值; (5) 该海区为冲刷海区, 由悬浮泥沙产生的平均年冲刷量为 2 cm/a 。

参考文献

- 1 常瑞芳. 海岸工程环境. 青岛: 中国海洋大学出版社, 1997.
- 2 杨作升, 王涛. 埤岛油田勘探开发海洋环境. 青岛: 中国海洋大学出版社, 1993.
- 3 严恺. 海岸工程. 北京: 海洋出版社, 2002.
- 4 刘效国, 朱孝强. 埤岛海域水深地形特征及冲淤规律探讨. 黄渤海海洋, 2000, 18(1): 34-39

研究报告 *REPORTS*

OFFSHORE SUSPENDED SEDIMENT TRANSPORT IN HUANGHE DELTA CHENGDAO MARINE AREA

FENG Xiu - Li WU Shi - Qiang LIN Lin LIU Tao ZHOU Song - Wang
(*Marine Geoscience College , Ocean University of China , Qingdao , 266003*)

Received : Sep.,16,2003

Key Words : Suspended sediment movement , Current , Suspended sediment concentration , Sediment discharge of unit width

Abstract

Data for current and suspended sediment in the Chengdao offshore area was collected on September 8, 1998 and on March 9, 1999. This paper analyzes trends in suspended sediment transport. Results suggest a high level of suspended sediment generally, with a higher concentration in the lower layers than the upper layer. The southeast area was also higher than the northwest area. Based on sediment discharge of unit width and other data, sediment transport in Autumn was from the Southeast to the northwest but, in spring, was from the northeast to the southwest. The larger the ocean current, the higher the sediment concentration. The peak value of sediment discharge lags the sea current peak. The study area is also an erosion area, with an average erosion rate of 2 cm/a, this plays a secondary role in the formation of submarine topography.

(本文编辑 :刘珊珊)