

北仑河口潮汐汊道稳定性的环境影响因素分析^{*}

冉娟¹, 董德信^{2**}, 李谊纯³, 陈宪云², 许铭本², 赖俊翔²

(1. 广东海兰图环境技术研究有限公司, 广东广州 510300; 2. 广西科学院, 广西北部湾海洋研究中心, 广西近海海洋环境科学重点实验室, 广西南宁 530007; 3. 北部湾大学, 钦州市港口航道与海岸工程实验室, 广西钦州 535011)

摘要:在自然条件和人类活动的双重影响下,处于中越之间的北仑河口潮汐汊道稳定性问题备受关注。本文基于历史资料与最新的调查结果,分析总结了影响河口潮汐汊道的各类环境因素。自然因素方面,汛期暴雨洪水及其携带的泥沙对塑造河口潮汐通道以及地貌形态起到重要作用;多次调查结果显示,非暴雨时期河口的含沙量较小,潮流动力不强,余流流速不超过 10 cm/s;平水期和丰水期的常浪向以及强浪向均为南向波浪,对河口中国一侧浅滩有不利影响;风暴潮增水有利于河口西侧淤积、东侧侵蚀。人为干扰方面,由于越南一方大量开展水利、围垦、造堤连岛等工程建设,局部改变了河口水流流向,尤其是在竹山港西面,主航道深水线偏向中国一侧,这种情况短期内已无法扭转;来水来沙减少、人工采砂以及红树林滥砍滥伐加剧了中国一侧河槽、岸滩侵蚀。维护北仑河口潮汐汊道的稳定性是中越两国合作共赢的共同选择。

关键词:北仑河口 潮汐汊道 稳定性 人类活动 自然因素

中图分类号: P76, P737. 23 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2019)06-0683-07



微信扫一扫,与作者在线交流(OSID)

0 引言

河口海湾的潮汐汊道是宝贵的海洋资源,是人类开发利用海洋的天然保障。北仑河口是中国和越南之间的国土分界河口,位于我国西南端的东兴市,河口对岸为越南的芒街,因港而兴的边境贸易促成了中越两国重要边境口岸。由于两国的分界线以河口主航道的中心线为界,因此两国政府对北仑河口潮汐汊道的保护开发利用倍加重视,在人类活动和自然条件的双重影响下,河口主航道的稳定性问题显得尤为重

要。基于早期的调查资料分析,胡辉等^[1]、高振会等^[2]、陈波等^[3-4]较早报道了河口的动力地貌特征及其演变的动力背景,河槽北向侵蚀问题开始进入人们的视野。此后,基于“908”专项调查成果,郑斌鑫等^[5]分析了口门外两个测站一个月左右潮流观测资料,探讨了河口的潮汐特征及其余流形成机制;董德信等^[6-7]基于 2011 年 5 月的一次大潮期潮流的观测结果,分析了河口区潮流特征并计算其底床冲淤量;李谊纯等^[8-9]研究了北仑河口的潮流不对称现象,并给出物质输运滞留时间的空间分布特征;高劲松等^[10]分析计算了北仑河口海域的水交换能力。由于地理

^{*} 广西自然科学基金项目(2015GXNSFBA139192)和广西科技重大专项(桂科 AA17202020)资助。

【作者简介】

冉娟(1986—),女,工程师,主要从事海洋环境保护研究,E-mail: ranjuan007@163.com。

【**通信作者】

董德信(1980—),男,助理研究员,主要从事河口海岸动力学研究,E-mail: dxd202@163.cm。

【引用本文】

DOI: 10. 13656/j. cnki. gxkx. 20191231. 011

冉娟,董德信,李谊纯,等. 北仑河口潮汐汊道稳定性的环境影响因素分析[J]. 广西科学, 2019, 26(6): 683-689.

RAN J, DONG D X, LI Y C, et al. Analysis of environmental factors affecting the stability of tidal inlet in Beilun Estuary [J]. Guangxi Sciences, 2019, 26(6): 683-689.

位置敏感,河口区域的水文泥沙、地形历史调查资料匮乏,导致研究北仑河口潮汐汉道稳定性问题鲜见报道。基于历史资料和最新的调查结果,从自然条件与人类活动等多种环境影响因素对北仑河口潮汐汉道的稳定性问题进行了研究,为河口海洋资源开发与保护提供科学依据。

1 研究区域概况

北仑河口为典型的全日潮潮汐类型河口,受径流、波浪、潮汐等多种动力因子共同作用。河口范围约为 $107^{\circ}57' - 108^{\circ}08'E, 21^{\circ}28' - 21^{\circ}36'N$,有北仑河以及支流罗浮江注入,多年平均流量 $81.2 \text{ m}^3/\text{s}$ 。河口沉积物类型主要有粗中砂、中砂、细中砂、粘土质砂等,其中粒径为 $0.154 \sim 0.125 \text{ mm}$ 的沉积物占到 50% 以上。水下地貌类型主要有沙坝、浅滩、潮汐通道、拦门沙和人工地貌等,北仑河主航道以及红沙头东侧的竹排江航道是河口区主要的潮汐汉道,其中北仑河在绿林岛分两支,右支在中间沙岛附近又分两支,最终三支在口门附近汇流入海。自 20 世纪 70 年代初开始,由于人为作用与自然条件影响,北仑河口潮汐汉道的深水线(主航道)不断向我方偏移^[1-4],最大偏移量为 2.2 km,导致原属我方约 8.7 km^2 河道中间沙洲成为争议之地。

2 河口潮汐汉道稳定性的影响因素

2.1 自然条件的影响

北仑河口受径流、潮汐潮流、余流、波浪、风暴潮增水等多种自然动力条件的影响,各种动力要素随着季节转换在塑造河口地貌形态过程中此消彼长,共同维持河口潮汐汉道的相对稳定。

2.1.1 径流与含沙量

径流是塑造河口形态的重要因素。北仑河口入海径流大小与季节变化有密切联系。每年 4—10 月是河口的汛期,汛期季节径流量占全年 80% 以上。其中,夏季 6—8 月的径流量最大,可占到全年径流量的 50% 以上;其次为春季 3—5 月,约占到 30%;秋冬季节的径流量最小,仅占全年径流量 20%。径流量的季节变化与降水量季节分布直接有关。据东兴站多年气象资料统计,夏季 6—8 月的雨量约占全年总雨量的 55%~60%,其中以 7 月为甚,日雨量大于 50 mm 的平均日数为 3.6 d,暴雨形成的 20 年一遇洪峰流量超过 $10\,520 \text{ m}^3/\text{s}$ 。由于北仑河及罗浮江均为山区性河流,河流比降平均可达 72%,入海河道狭窄,

洪峰过境时暴涨暴落,沿途冲刷、淘蚀河床两岸并携带大量泥沙经独敦岛下泄至河口,对河口河槽、边滩和沙洲等地貌影响甚大;冬季枯水期,降水量仅占全年总雨量的 4%~6%,此时河口的径流量小,对河口的作用有限。

含沙量是反映河口地貌形态变化的重要指标。径流携带的泥沙是河口泥沙的主要来源,其年输沙量约为 $6.4 \times 10^5 \text{ t}$;海岸侵蚀产生的泥沙是河口泥沙的重要来源之一。多次调查结果显示,河口非暴雨时期观测到的含沙量较小。国家海洋局第二海洋研究所 1996 年 5 月在河口区进行大小潮的潮流泥沙观测^[1],河口含沙量分布的基本状况:小潮落潮最大含沙量为 0.0235 kg/m^3 ,涨潮最大含沙量为 0.0145 kg/m^3 ;大潮落潮最大含沙量为 0.0379 kg/m^3 ,大潮涨潮最大含沙量为 0.0308 kg/m^3 ;含沙量变化较为平稳,落潮含沙量大于涨潮含沙量,大潮含沙量大于小潮含沙量。国家海洋局第三海洋研究所 2008 年在口门内和口门外开阔海域进行了水文泥沙观测^[11],调查结果见表 1 和表 2。

表 1 口门内竹山附近站位实测含沙量特征值 (kg/m^3)

Table 1 Eigenvalues of measured sand content near Zhushan station inside the river mouth (kg/m^3)

季节 Season	平均值 Average value	最大值 Maximum value	最小值 Minimum value
枯水期 Dry period	0.012 6	0.014 7	0.010 0
平水期 Normal period	0.017 3	0.028 1	0.008 4
丰水期 Wet period	0.022 0	0.037 0	0.015 0

表 2 口门外海开阔海域实测含沙量特征值 (kg/m^3)

Table 2 Eigenvalues of measured sand content in open sea outside the river mouth (kg/m^3)

季节 Season	潮期 Tide period	含沙量 Sand content		
		涨急 Egri max	落急 Ebb max	平均 Average
冬季枯水期 Dry period in winter	大潮 Spring tide	0.034	0.027	0.031
	中潮 Medium tide	0.027	0.025	0.026
	小潮 Neap tide	0.021	0.019	0.020
夏季丰水期 Wet period in summer	大潮 Spring tide	0.025	0.034	0.029
	中潮 Medium tide	0.040	0.033	0.037
	小潮 Neap tide	0.035	0.036	0.035

从表 1 可以看出,口门内丰水期最大含沙量为 0.037 kg/m^3 ,枯水期最大含沙量为 0.0147 kg/m^3 。表 2 也显示,夏季丰水期含沙量最大值可达 0.04 kg/m^3 ,冬季枯水期最大含沙量为 0.034 kg/m^3 ,最小值

仅为 0.019 kg/m^3 。另据广西科学院 2011 年 5 月大潮的水文观测资料^[7], 河口含沙量分布约为 $0.003 \sim 0.07 \text{ kg/m}^3$, 口门附近的含沙量大于口门内的含沙量, 落潮水体含沙量大于涨潮水体含沙量, 2011 年 11 月大潮时观测到含沙量仅约为 $0.001 \sim 0.02 \text{ kg/m}^3$ 。从上述多次观测资料基本可以推断: 非暴雨时期北仑河口的含沙量较小, 河流输沙多集中于汛期暴雨季节径流携带的泥沙; 水文泥沙观测期间, 大潮潮流流速大, 加之波浪的掀沙作用, 掀动底床部分细颗粒泥沙多, 导致大潮含沙量大于小潮, 落潮含沙量一般大于涨潮含沙量; 口门附近的含沙量大于口门内的含沙量, 观测期间的泥沙来源主要来自于海域底质沉积物的再悬浮。

2.1.2 潮汐潮流

据 1996 年 5 月的调查资料记载, 竹山附近临时潮位站测得的河口平均潮差为 2.12 m , 最大潮差 3.44 m , 大、中潮期间一天一个涨落, 涨潮历时比落潮历时长约 4 h , 小潮期间一天两次涨落, 涨落潮历时几乎相当。2008 年在榕树头东南面的潮沟设立了临时潮位站, 分别在枯水期(1—2月)、平水期(5—6月)和丰水期(7月)进行了观测, 结果表明平水期的各项指标在 3 次调查中最为显著, 最大潮差可达 4.46 m , 平均潮差为 2.64 m , 最高潮位 3.37 m , 平均涨潮历时大于平均落潮历时约 145 min 。调查分析结果显示, 河口区的潮汐判别系数大于 4, 该海区属正规全日潮海区。

潮流可表征河口动力强弱。1996 年 5 月中间沙分叉口附近的潮流观测站调查结果显示, 该处大潮实测表层最大流速 79 cm/s , 流向东南偏东, 小潮表层最大流速为 49 cm/s 。据 2008 年竹山附近潮流观测资料统计, 枯水期, 实测涨潮最大流速 39 cm/s , 流向西北偏北, 最大落潮流速 47 cm/s , 流向东南偏南; 平水期, 最大涨潮流速 24 cm/s , 最大落潮流速 58 cm/s ; 丰水期, 最大涨潮流速 19 cm/s , 最大落潮流速 46 cm/s 。2011 年 5 月和 11 月竹山以南约 2 km 附近两次水文观测结果表明, 涨潮最大流速分别为 44 cm/s 、 25 cm/s , 落潮最大流速分别为 63 cm/s 、 52 cm/s 。由此可以看出, 正常天气状况下, 河口在平水期 5 月份落潮流速达到最大, 且落潮流速大于涨潮流速, 这与 5 月为河口全年潮差最大的月份相吻合; 总体而言, 河口的潮流动力不强, 其运动形式为往复流, 主流区的涨落潮流方向一般为西北偏北-东南偏南, 基本顺着潮沟走向往复运动。河口区潮流的作用主要是

联合径流、波浪等动力因子, 共同塑造、维持潮汐通道形态, 改造、培育水下沙洲浅滩。

2.1.3 余流

河口区余流是径流、风海流、密度流以及潮汐余流等多种动力成分的综合体现, 代表着河口物质输运方向。实测资料统计发现, 1996 年 5 月平水期口门内调查站位余流最大为 7.8 cm/s , 方向为落潮流方向。2008 年枯水期, 茶古岛东南侧水道附近站位一个月的调查结果显示, 表、中、底层 3 层余流流向主要集中在南-东南, 由表层往底层呈顺时针方向偏转趋势, 东南向的流动逐渐增多; 表、中、底层余流流速介于 $5 \sim 10 \text{ cm/s}$ 的频率分别为 51.76% 、 60.92% 、 64.48% , 说明主要余流流速一般在 10 cm/s 以下; 此外, 表、中、底层余流介于 $10 \sim 15 \text{ cm/s}$ 的频率分别为 39.60% 、 26.95% 、 21.21% , 说明冬季寒潮大风天气对余流的贡献较大。2011 年 5 月口门区两个测站的余流分别为 7.4 cm/s 、 5.4 cm/s , 方向为东南偏南向。尽管河口的余流不大, 但对塑造河口地形地貌起到重要作用。

口门外受西向沿岸流作用较为显著。据 2008 年平水期(5月)口门外水深约 9.9 m 水文测站资料分析表明^[5], 表层以东北向和西南向流动占主要优势, 分别占比 39.29% 、 21.79% ; 中层流速分布特征类似于表层, 东北向流和西南向分别占 29.91% 、 22.64% ; 底层以偏西向的流动占绝对优势, 频率占比高达 70% ; 表、中、底流速小于 5 cm/s 的频率分别为 45% 、 73% 、 90% 。已有的研究也认为, 河口口门外终年受西向沿岸流控制, 其范围夏季较冬季大, 夏季在径流的作用下, 沿岸流得以增强, 但由于受万尾岛以西大片浅滩的阻挡, 西向沿岸流向河口推进的范围不大。西向沿岸流对河口影响较大的区域应是口门附近拦门沙附近, 茶古岛以东的潮汐通道在西向沿岸流、潮流、径流等动力因子的作用下, 由东南偏南向逐渐转向西南向。

2.1.4 波浪

波浪在近岸河口的主要作用是掀起底床泥沙并与潮流、径流共同输运, 破坏或保持河口潮滩地貌的动态平衡。据 2008 年河口口门外缘的观测资料统计, 枯水期(2月), 河口的常浪向为 E 向, 出现频率 27.52% , 强浪向为 ENE 向, 测得 1/10 大波波高最大值为 0.88 m , 波高的最大值为 1.26 m ; 平水期(5月), 常浪向为 S 向, 出现频率 32.03% , 强浪向为 S 向, 测得 1/10 大波波高最大值为 1.82 m , 最大波高

最大值为 2.37 m;丰水期(7月),常浪向为 S 向,出现频率 64.12%,强浪向为 S 向,测得 1/10 大波波高最大值为 2.16 m,最大波高最大值为 2.61 m。由此可见,河口春夏季节的常浪向和强浪向均为南向波浪,正对河口潮汐汉道以及北岸红沙头一带浅滩,其冲刷、蚀退的危险值得高度关注,2008 年的一次地形测量结果显示^[11],该区域的零米等深线有后退的趋势。

2.1.5 风暴潮增水

广西沿海受亚热带季风气候影响显著,平均每年侵袭广西的热带气旋可达 5 个,最多年份多达 9 个,7—9 月是热带气旋暴发的旺季,约占全年影响次数 73%,6 月和 10 月也会有较多引起风暴潮增水的热带气旋出现,由此带来的风暴潮增水、大风以及强降雨给广西沿海以及内陆地区造成巨大的损害。据统计,截至 2012 年,风暴潮灾害给广西沿海地区造成直接经济损失高达 116.099 5 亿元,受灾人数 1 053.73 万人,死亡(不含失踪)102 人,冲毁海岸工程 476.57 km。其中最严重的风暴潮灾害要数 8609 号“莎拉”台风,该台风在合浦南康登陆后,掠过钦州、防城沿岸,恰遇天文大潮日,沿海潮位增水 2~3 m,海洋验潮站测得的潮位值比历史记录的最高高潮位高出 0.26~0.60 m,冲毁海、河堤 364 km,毁房 4.6 万间,农作物被淹面积 4.2×10^4 hm²,死亡 37 人,直接经济损失 3.9 亿元。9204 号“狄安娜”台风形成的风暴潮灾害也非常严重,沿海潮位普遍增水 0.6~1.0 m,巨浪爬高 2~3 m,防城港白龙尾验潮站测得其潮位比 8609 号台风高潮位还高出 0.1 m,致使河口万尾岛 6.24 km 护岸海堤几乎全部损毁,直接经济损失 1.5 亿元。

风暴潮增水有利于河口西侧的泥沙淤积^[12]。以 2011 年 17 号台风“纳沙”为例,距河口东部约 10 km 的一个水文观测站结果显示,正常天气状况下,该海域各层的潮流小于 50 cm/s,但在台风增水期间,该测站表、中、底层潮流最大流速分别达到 103.7 cm/s、94.1 cm/s 和 71.0 cm/s(方向均指向西南),显著高于正常天气期间各层的实测流速;余流的主流方向也是西南向,最大流速可达 60 cm/s。由此可以推断,河口东面的红沙头、大江边沙等浅滩,直面南向或东南向的大浪侵袭,在强潮的联合作用下,掀起海域底床的泥沙,加之暴雨时入海径流携带的大量泥沙,风暴潮增水引起的巨大潮差将显著增强落潮流,加大河槽及河槽两侧浅滩的冲刷,在西南向余流的作用

下,大部分泥沙在河口西南侧的水域聚集,导致河口西侧淤浅、东侧侵蚀的态势。

综上分析可知,北仑河口受到多种动力环境因子的联合作用,河口潮汐汉道、浅滩等地貌类型随着动力环境的改变而动态调整。在洪季,上游来水来沙激增,洪水、潮流、风暴潮、大浪等动力因子共同作用,河口局部底床冲淤变化明显。在枯季,上游来水来沙骤减,河口动力环境不强,此时,波流起主导作用,河口局部地形在波浪相互作用下处于微冲微淤的动态平衡。河口潮汐汉道主体形态在自然条件的长期作用下基本保持动态稳定,但水道的深水区随季节变化发生小幅摇摆。

2.2 人类活动的影响

河口地区是人类活动最频繁的地区之一。近几十年来,中越两国出于灌溉、抗洪、防潮以及保护海洋国土资源的需要,不断在北仑河口地区修筑水利工程,同时,由于边境贸易兴起和城镇开发建设,河口挖沙、沙洲围垦以及滥伐红树林等人类活动进一步加剧了河口潮汐汉道迁移变化。

2.2.1 水利工程建设

在独敦岛以上部分河道,中越两国均在各自岸段修筑了堤岸,水道已受人工控制,河槽不宽但较为稳定。水利工程建设对潮汐水道影响较大的区域集中在中间沙至茶古岛沿线。

20 世纪 80 年代之前,北仑河的主流为中间沙西侧水道,1986 年以来主流则逐渐偏向北侧水道,主要原因是越南利用地形优势,在绿林岛北岸至中间沙分岔口附近修筑了高标准护岸工程,由于中间沙分岔口附近护岸长堤的挑流作用,上游来水尤其是洪水大部分被导向北侧水道,导致北侧水道刷深,潮滩蚀退,北侧水道逐渐成为主流通道,而在主流洪水直接侵袭下中间沙上出现新的冲刷槽沟;同时中间沙南侧水道来水减少,水流趋缓,水道淤浅。北侧刷深、南侧淤浅的趋势导致了中间沙发生权属争端,目前中间沙归我方所有的面积仅占 1/4^[11]。未来随着南侧水道萎缩或越方进一步人为干预,中间沙与绿林岛相连成陆,届时中间沙北侧水道成为北仑河唯一出海通道,河槽进一步刷深,对竹山以南红沙头边滩的侵蚀也会进一步加剧,而中间沙则可能完全成为越方领土。为应对越方在绿林岛北岸护岸工程建设造成我方河岸侵蚀的影响,我方在竹山西侧、五七大堤外建设了 6 座丁坝,这些丁坝群在抑制河口北侧冲刷、促淤保滩方面发挥了重要作用,部分抵消了越南护岸导堤挑流对我

方河床稳定的影响。然而,这些丁坝群由于受到地理条件限制不能外延过长,只能在维持现状的基础上限制深水线继续北偏的趋势,不能从根本上改变北侧水道作为主流通道的态势。此外,越南在绿林岛南部及相邻岛屿南部进行了大规模的围垦,压缩了河口的纳潮量,河口主流通道的冲淤变化将会更为剧烈。

2003年之后越南在河口中部的连岛工程建设是另一个值得关注的重要变化(图1)。河口内原来的离岸岛-落鸟岛已通过长堤与芒街主岛连接成陆,由于连陆长堤的建设,这些岛屿之间的潮汐通道被完全

封闭,涨落潮流只能通过落鸟岛东侧的主流通道沟通河口上下游地区,水流归槽作用将造成主航道和我方红沙头西侧浅滩的冲刷,破坏河道原本已达成冲淤平衡的状态。该处主航道深水线向中国一侧如何偏移的新趋势将是我方未来需要着重考虑的重点。同时,越方在茶古岛东南侧浅滩进行围填海外扩建设,随着其东侧浅滩填海成陆,河口口门横向长度缩窄,这些人工岸线的形成势必进一步改变河口的水动力条件,从而加大河口中国一侧河槽、浅滩受到的冲刷。



图1 河口近期形势变化

Fig. 1 Recent changes in the estuary

2.2.2 红树林砍伐

红树林生态系统是北仑河口原生的典型生态系统,具有防风削浪、固岸保堤、促淤保滩重要作用,广泛分布于河口的潮间带,红树林岸线在河口占主要优势,岸线总长约 22.3 km。20 世纪 90 年代之前,经历了围海造田、毁林建堤、砍伐取薪、毁林养虾等人为破坏后,导致中国一侧的红树林面积锐减。1998 年的统计资料显示^[13],在万尾西南端至万柱岛东北端连线的河口水域中,越南拥有红树林 1 029.87 hm²,我国仅有 30.55 hm²,占该区域红树林面积不超过 3%。由于红树林生境遭受严重破坏,导致其护岸保滩效果大为减弱,在洪水、暴浪的侵袭下,河口水土流失严重,红树林的毁损是河口深水线偏向我方的重要原因之一。人们逐渐意识到红树林生态系统在保护海洋国土资源的重要性,在河口成立了北仑河口国家级自然保护区,进行红树林的自然恢复、人工修复及保护工作,红树林的毁损状况逐渐获得了扭转。2010 年以来,广西红树林研究中心在北仑河口下游入海口附近的困难滩涂进行了红树林重建造林,目前

已成功营造了近 3.4 hm² 的红树林^[14],减缓了局部岸段滩涂的侵蚀,在稳定河口潮汐通道起到了一定作用。

2.2.3 河流来沙减少与人工采砂

河流输沙是河口海滩沙的主要来源,它维持了海岸的稳定,或使之向海淤进。随着社会经济的发展,灌溉、工业和城镇生活用水急剧增加,在入海河流中、上游建设了大量水库,在河口地区建设了多个防潮水闸,导致河口来沙减少,入海泥沙的减少对岸滩侵蚀后退的影响是明显而且直接的。沿海经济的发展导致人们对建筑用沙的需求越来越大,盲目开挖海滩沙和河道河床沙现象常有出现,导致河床出现大大小小的沙坑,在上游来水来沙减少的情况下,河口沿岸边滩崩塌冲刷加剧,潮汐通道的稳定性也受到很大影响。

3 结语

北仑河口受到自然因素和人为因素频繁干扰,影响了潮汐汊道的稳定性。在径流、潮汐潮流、余流、波

浪、风暴潮增水等自然因素的综合作用下,河口潮汐汉道随着动力条件的季节变化保持相对稳定。水利工程建设、红树林砍伐以及人工采砂等人为干扰活动,从根本上改变了河口水动力环境,河口主流通道偏移是这种人为活动的直接后果。由于河口处于中越两国交界处,事关海洋国土资源和海洋权益,双方都想利益最大化,这方面越南一方的工作尤为突出,大量水利工程、围垦工程建设,固化了有利于越方的成果。目前我方除了兴建一些防波堤和丁坝,恢复和重建一些红树林以抵御岸滩侵蚀、抑制深水线北偏取得了一定成效外,在竹山港西侧水道及边滩,广阔的红沙头浅滩边缘以及满尾-巫头沙嘴等靠近主流通道附近区域的侵蚀问题是我们未来需要考虑的重点之一。

河口潮汐汉道的稳定性事关通航安全和港口航运事业发展,合作共赢是新时代中越两国发展的内在要求,因此,北仑河口海洋资源的科学合理开发利用是符合双方利益的共同选择。

参考文献

- [1] 胡辉,沈焕庭.北仑河口河槽演变研究报告[R].北京:国家海洋局,1994.
- [2] 高振会,黎广钊.北仑河口动力地貌特征及其演变[J].广西科学,1995,2(4):19-23.
- [3] 陈波,邱绍芳.河流动力及海洋动力对北仑河口河槽演变的影响[J].广西科学,1999,6(3):227-230.
- [4] 陈波,邱绍芳.北仑河口河道冲蚀的动力背景[J].广西科学,1999,6(4):317-320.
- [5] 郑斌鑫,李九发,曾志,等.北仑河口潮流和余流特征分析[J].台湾海峡,2012,31(1):121-129.
- [6] 董德信,陈波,李谊纯,等.北仑河口潮流特征分析[J].海洋湖沼通报,2013(4):1-7.
- [7] 董德信,陈波,李谊纯,等.基于平面二维潮流模型的北仑河口悬沙输运与底床冲淤数值模拟[J].热带海洋学报,2013,32(6):16-21.
- [8] 李谊纯.一个潮流不对称计算方法及其在北仑河口的应用[J].海洋工程,2014,32(4):110-116.
- [9] 李谊纯,董德信,王一兵.北仑河口及其邻近海域物质输运滞留时间研究[J].广西师范大学:自然科学版,2015,33(2):56-63.
- [10] 高劲松,陈波,邱仁康,等.北仑河口水交换能力及物质输运的数值模拟研究[J].广西科学,2015,22(3):250-254.
- [11] 蓝东兆.北仑河口海洋资源与环境现状[M].厦门:厦门大学出版社,2013.
- [12] 陈宪云,董德信,郭佩芳,等.北仑河口北冲西淤形成与环境因素的影响分析[J].海洋通报,2015,34(2):175-180.
- [13] 陈波,董德信,邱绍芳,等.北仑河口海岸地貌特征与环境演变影响因素分析[J].广西科学,2011,18(1):88-91.
- [14] 范航清,莫竹承.广西红树林恢复历史、成效及经验教训[J].广西科学,2018,25(4):363-371.

Analysis of Environmental Factors Affecting the Stability of Tidal Inlet in Beilun Estuary

RAN Juan¹, DONG Dexin², LI Yichun³, CHEN Xianyun², XU Mingben², LAI Junxiang²

(1. Guangdong Highland Tool Environmental Technology Research Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510300, China; 2. Guangxi Key Laboratory of Marine Environmental Science, Guangxi Beibu Gulf Marine Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Nanning 530007, China; 3. Key Laboratory of Harbor, Coastal and Offshore Engineering, Beibu Gulf University, Qinzhou, Guangxi, 535011, China)

Abstract: Under the dual influence of natural conditions and human activities, the stability of the tidal inlets in the Beilun Estuary between China and Vietnam has received much attention. Based on the historical data and the latest results of survey, various environmental factors affecting the tidal inlets of the estuary were analyzed and summarized in this paper. In terms of natural factors, rainstorm, flood and sediment carried by them played an important role in shaping the tidal inlets and geomorphology of the estuary. The results of

many surveys show that the sediment concentration in the estuary during the non-storm period is small, the dynamic of tidal current is not strong, and the velocity of residual current does not exceed 10 cm/s. The direction of normal wave and strong wave are both southward waves during normal season and wet season, which have adverse effects on the shoals of our side of the estuary. Storm surge is beneficial to the deposition on the west side of the estuary and erosion on the east side of the estuary. In terms of human disturbance, due to the construction of a large number of water conservancy projects, reclamation projects, dyke building and island linking projects on the Vietnamese side, the current direction of the estuary has been partially changed, especially in the west of Zhushan Port, the deep waterline of the main waterway is biased towards China, which cannot be reversed in a short time. Meanwhile, the erosion of river channel and beach on our side is aggravated by the decrease of incoming water and sand, artificial sand mining and mangrove deforestation. Maintaining the stability of the tidal inlet at Beilun Estuary is a common choice for win-win cooperation between China and Vietnam.

Key words: Beilun Estuary, tidal inlet, stability, human activity, natural factor

责任编辑: 符支宏

(上接第 682 页 Continued from page 682)

Development and Application of Guangxi Offshore Oil Spill Emergency Prediction System

YA Hanzheng, DONG Dexin, ZHU Donglin, CHEN Bo

(Guangxi Key Laboratory of Marine Environmental Science, Guangxi Beibu Gulf Marine Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China)

Abstract: At present, the calculation of drift and diffusion of offshore oil spills is complicated, and it is not suitable for the application of emergency treatment. In order to solve this problem, based on the mathematical model and Windows operational interface, an offshore oil spill emergency forecasting system in Guangxi is constructed and applied to Qinzhou Bay as an example. The results show that when oil spills occur at the time of flood tide and ebb tide, the drift distances of oil film toward Maowei Sea and outer bay of Qinzhou Bay are about 17.5 km and 17.9 km, respectively. The area of oil spill film diffusion in flood tide is smaller than that in ebb tide. The sweeping area in flood tide is smaller first and then larger than diffusion area in ebb tide. Wind has a significant influence on the results of oil spill drift and diffusion, and there are obvious differences in the direction and area of oil film drift under different wind directions. The system has the characteristics of convenience, accuracy and good operation interface. It can provide scientific basis for the prevention of offshore oil spill accidents, early warning and prediction, emergency treatment and assessment of damage to the ecological environment in Guangxi.

Key words: Guangxi offshore, marine oil spill, oil spill model, drift diffusion, emergency prediction

责任编辑: 陆雁
