

# 北仑河口河道冲蚀的动力背景\*

## Dynamics Background of Riverbed Erosion in the Beilunhe Estuary

陈波 邱绍芳\*\*

Chen Bo Qiu Shaofang

(广西科学院 南宁市江南路西一里 20号 530031)

(Guangxi Academy of Sciences, 20 Xiyili, JIangnanlu, Nanning, Guangxi, 530031, China)

**摘要** 通过对河口水域动力要素的分析得出, 河川径流、季节性风浪流、周期性潮流是北仑河口河道冲蚀的主要动力因素, 三者的叠加不但使河道的大小、位置、形态等发生变化, 而且还造成河岸的严重侵蚀。

**关键词** 河口 河道冲蚀 动力影响

中图法分类号 P 512.3

**Abstract** Based on the basic analysis on the key elements of the natural environment, the main dynamics factors affecting the succession of Beilunhe estuary were river runoff, seasonal storm waves flow and periodic tidal current. The combination of the three factors not only brought about the changes in size, position and shape of the riverbed, but also caused the serious erosion of the riverbanks.

**Key words** estuary, erosion of riverbed, dynamic effect

北仑河口是中越两国的界河河口, 位于广西壮族自治区东兴市与越南海防省的接壤处。河口呈喇叭状自西北向东南方向敞开, 与开阔的北部湾相通。由于受海洋动力和河流动力因素的再塑作用影响, 河口河道演变过程十分激烈, 沿岸受到侵蚀, 河道主流线也出现偏移趋向。为了弄清河口演变的影响机制, 国家海洋局于 1995年组织由国家海洋发展战略研究所等 4个单位参加的联合调查组对北仑河口进行了历时一年海洋环境方面的研究工作, 积累了宝贵的调查资料, 但尽管如此, 北仑河口因受历史原因影响, 基础资料仍然很少。为了推进该地区研究工作的连续性, 笔者于去年向广西区科技厅提出研究专题并获资助。本文是根据以上单位的研究成果和自己多年工作的积累, 并结合立项要求所作的补充调查, 对北仑河口河道冲蚀的动力背景作初步分析。

### 1 河口水域动力特征

北仑河发源于广西上思县十万大山以南的捕龙山, 流经防城县板八乡的东面, 在那桐附近与支流喜

隆河汇合, 后沿东南向流到东兴镇附近分为两支汉河, 一支向南, 一支向东。向南的汉河流入越南, 向东的汉河在东兴镇向下游约 3 km 处与罗浮江汇合, 最后在松柏乡南面流入北部湾。北仑河全长 107 km, 其中界河 55.8 km, 河口宽约 6 km, 纵长约 11.1 km, 水域面积 66.5 km<sup>2</sup>, 其中河口潮间滩涂面积 37.4 km<sup>2</sup>, 潮下带和浅海面积 29.1 km<sup>2</sup>。由于河口西北面为陆岸所围, 东南面朝海敞开, 正面迎接着南中国海风浪和风暴潮的袭击, 同时, 来自河流上游的洪水强烈冲刷以及人为因素的共同影响, 造成河道主流线向北侧偏移, 河岸后退, 边滩被淹, 河道的再塑作用明显 (图 1)。

#### 1.1 径流与来沙

据钦州水文站多年观测资料统计, 北仑河年均径流量为 54.4亿 m<sup>3</sup>, 多集中于洪季 4月~10月, 尤以 6月~8月最甚, 洪水季节径流量占全年 80% 以上。径流量与降水直接有关, 北仑河口多年平均降水量 2 884 mm, 降水量的月际变化特别明显, 冬季 12月份至次年 2月, 降水量变化不大, 在 40 mm 左右; 3月和 11月雨量接近; 从 4月份开始到 6月份, 降水强度和持续时间越来越明显。7月份降水量为全年雨量的高峰期, 月雨量达 600.1 mm; 自 9月份起降水量逐月递减, 12月份是全年雨量最少的月份, 仅

1999-07-12收稿。

\* 广西自然科学基金资助项目 (桂科回字 9817144)。

\*\* 广西海洋研究所, 北海市长青东路 92号, 536000 (Guangxi Institute of Oceanography, 92 East Changqinglu, Beihai, Guangxi, 536000, China)。

为 36.5 mm 降水日数以 7 月最多, 平均 22.4 d, 占全年日数的 12%; 11 月份最少, 只有 8 d, 平均年降水日数为 18.4 d 由于大量的降水和暴雨天气较多,

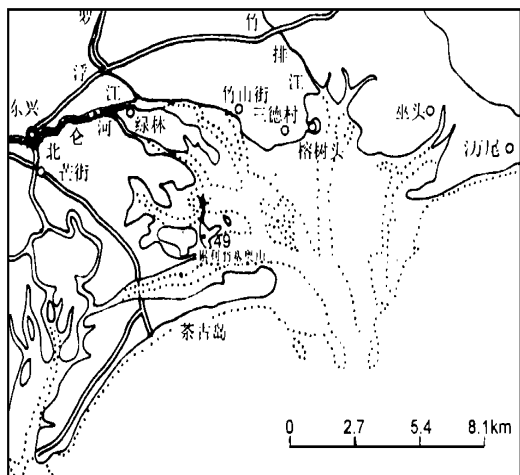


图 1 北仑河口形势图

Fig. 1 Map of Beilunhe estuary

20 年一遇洪峰流量超过  $10\ 520\ m^3/s$  以上。洪峰来临暴涨暴落, 大量径流通过东兴、独墩河段下泄至河口; 此外, 洪季从罗浮江 (又名长湖江) 也有大量径流汇入河口, 而径流下泄时都挟带有泥沙注入。据统计, 北仑河年均输沙量为 22.2 万 t, 最大输沙量为 40 万 t, 多集中于夏季汛期。河口地区含沙量的分布, 在  $0.009\ kg/m^3 \sim 0.03\ kg/m^3$  之间, 而且沿程变化平稳。在一个月大潮含沙量高于小潮含沙量, 在一个周期内落潮含沙量大于涨潮含沙量 (见表 1)。悬沙主要为土黄色的细粉砂。由此可以推断在非汛期, 径流量不大的情况下, 河口悬沙并非来自河川径流, 而是河道底部泥沙在潮流和波浪作用下, 底部再悬浮, 大潮的流速大, 掀动砂质床面中的部分细颗粒泥沙多, 使大潮含沙量大于小潮含沙量。

### 1.2 潮汐与潮流

北仑河口无长期验潮站, 1989 年广西水文总站钦州水文分站在“五七”海堤进行历时 1 个月全潮观测。根据资料分析, 北仑河口的潮港比  $(H_{k1} + H_{01}) / H_m$  为 5.65, 属全日潮型河口。在 1 个月中, 河口 1 天出现 1 次高、低潮的天数约占全月 70%, 其余则为半日潮, 即一天有两高两低。位于河口东面的珍珠港白龙尾验潮站 ( $21^\circ 30' N, 108^\circ 13' E$ ), 从 1968 年开始已有 21 年连续的验潮观测资料, 以白龙尾站为主港, 北仑河口为副港进行计算, 得出北仑河口主要潮汐特征值 (按黄海基准面) 是: 最高高潮位 2.95 m, 平均潮位 0.37 m; 最低低潮位 -1.97 m, 平均潮差 2.04 m; 平均高潮位 1.38 m, 最大潮差 4.64 m; 平均低

潮位 -0.68 m 河口平均潮位为 0.37 m, 比白龙尾站低 0.02 m 1996 年 5 月 1~8 日国家第二海洋研究所竹山设临时验潮站进行 7 d 连续观测, 据统计竹山的平均潮差为 2.12 m, 最大潮差为 3.44 m, 北仑河口平均潮差以 6 月和 12 月最大, 3 月份最小, 冬季的平均潮差比春秋两季平均潮差大。

表 1 北仑河口实测含沙量特征值 (中间沙)\*

Table 1 Sand content observed in Beilunhe estuary

潮汛 Tidal stage	层次 Level	含沙量 Sand content ( $kg/m^3$ )				垂线平均 Average at vertical line ( $kg/m^3$ )
		最高潮位 Maximum tidal level		平均潮位 Average tidal level		
		涨 Rise	落 Fall	涨 Rise	落 Fall	
小潮 Small tide	表 Surface	0.0133	0.0177	0.0098	0.0092	0.0089
	0.6H	0.0129	0.0235	0.0076	0.0083	0.0089
	底 Bottom	0.0145	0.0149	0.0083	0.0090	0.0089
大潮 Big tide	表 Surface	0.0250	0.0257	0.0120	0.0136	0.0134
	0.6H	0.0308	0.0238	0.0132	0.0136	0.0134
	底 Bottom	0.0202	0.0379	0.0134	0.0161	0.0134

\* 摘自国家海洋发展战略研究所, 北仑河口综合治理研究 (专题报告汇编), 1997. 1.

受季风和天文因子影响, 北仑河口海平面变化夏季处于上升状态, 10 月份最高, 冬季趋于下降状态, 2 月份海平面最低, 春秋两季相对稳定。平均海平面年较差为 25 cm。根据白龙尾站资料统计, 平均涨潮流历时为 10 h 50 min, 平均落潮流历时为 8 h 20 min, 涨潮流历时较落潮流历时长 2 个多小时。北仑河口也大致相同, 平均涨潮流历时为 10 h 左右, 平均落潮流历时约 8 h。因本海区为日潮海区, 大、中潮期间每天只能出现 1 个高潮和 1 个低潮, 潮差较大, 涨潮流历时明显比落潮流历时长, 小潮期间每天出现 2 次高潮和 2 次低潮, 潮差较小, 涨落潮流历时相差不大。

北仑河口的潮流分布 根据国家第二海洋研究所 1996 年 5 月在中间沙河道设站进行了 25 h 大、小潮连续测流结果大致反映河口的涨落潮流特点, 大潮期实测最大落潮流速  $79\ cm/s$ , 流向东南偏东; 最大涨潮流速  $61\ cm/s$ , 流向西北偏西; 大潮期表、中层落潮流历时约 15 h, 涨潮流历时约 11 h; 流速垂向分布是表层大、底层小。由于河口区水深很浅, 高潮位时仅有 3 m, 流速衰减明显。小潮期间涨落潮流速均明显减少, 一天内出现两涨两落, 落潮流历时约 7.5 h, 涨潮流历时约 5 h 因此北仑河口具有不规则日潮流

## 海区的一般性质

北仑河口的余流流速较小,均在 10 cm/s 以下,方向基本上与落潮方向接近,为东南偏西向

### 1.3 季风与波浪

广西沿海处于东亚大陆的季风区域,因而风向具有明显的季节性变化。每年 9 月至次年 3 月,受北方大陆干冷的气团控制,盛吹偏北气流(冬季风),最多风向均是北至东北风,从 4 月至 8 月,在海洋暖湿气团的主宰下,盛行偏南气流(夏季风),多吹西南至东东南风。北仑河口夏季风的形成稍迟(始于 5 月)一些,冬季风的到来则较早(始于 8 月)一些,风向频率具有明显的地域性,北仑河口全年均以静风频率最大,频率为 36%,出现在 4 月;东北风次之,频率为 17%,出现在 1~2 月;西西南风的频率最小,频率为 8%。

最大风速在时间上的分布,夏半年大于冬半年。年最大风速出现在 7 月份为 34 m/s,全年平均最大风速为 19.43 m/s。各风向最大风速在各个方位上差别很大,最大风速为东东北向 34 m/s,最小风速为西南至西西南向 10 m/s,二者相差 24 m/s(见表 2)

表 2 北仑河口地区各风向最大风速

Table 2 Maximum wind speed at different directions in Beilunhe estuary

风向 Direction	风速 Speed (m/s)	风向 Direction	风速 Speed (m/s)
北 N	23	南 S	14
北东北 NEN	23	南西南 SWS	18
东北 NE	16	西南 SW	12
东东北 NEE	34	西西南 SWW	7
东 E	24	西 W	9
东东南 SEE	18	西西北 NWW	12
东南 SE	18	西北 NW	17
南东南 SES	24	北西北 NWN	16

波浪变化与季风直接有关,据统计,北仑河口地区常风向以 NE 向为主,其次是 S 向。夏季受热带气旋和台风侵蚀频繁,风浪作用不可忽视。根据位于河口东面白龙尾验潮站资料分析,累计风浪出现频率达 99%,其中 5~10 月出现频率为 100%,2 月为 95%;涌浪频率为 33.2%;混合浪 32%,风浪最多向明显受季风气旋影响,夏季多为 S 向,10 月到翌年 3 月主浪向为 NNE,涌浪向主要为 S 和 SE 向。

北仑河口附近水域年平均波高为 0.53 m,夏半年吹 S 向风时,涌浪出现机会较多,波能量较强,平均周期为 3 s~5 s,平均波高为 0.6 m;冬半年多吹 N 向风,波浪平均周期较短,一般为 2.2 s~3.8 s,平均波高为 0.48 m。一年内平均波高达到 1.2 m,最大波高达到 3.3 m 的波浪均出现在 SN 向,频率为

6.3%。本区强浪向为 S 向,这对河口北岸的影响最大

## 2 河道冲蚀动力影响

### 2.1 河川径流对河道的影响

河川径流是河口区发育中最重要和经常作用的一个主要因素。当河流径流在断流时,河口区发育也就中止,当径流发生变化时,河口区演变过程的强度也将随之发生变化。北仑河是一条小河,年均径流量只有 54.4 亿 m<sup>3</sup>,但年均降水量大,北仑河口地区是全广西沿海降水的高值区,且降水时间维持时间达 7~8 个月之久。此外,河口上游是多山地区,河流比降大,易于引起暴涨暴落,加之在河口处有罗浮江注入,径流叠加后影响的作用也就随之加大,故而造成北仑河口再塑作用明显。汛期,当河段上端的边滩受到冲刷时,在与下面相邻的河段上,形成许多不规则的淤积构造,并且也形成许多与水流及河床结构不一致的淤积构造。河床演变过程最大的特点是整个河床剧烈地向旁移动。事实上,河床能够自由移动的空间是很有限的,但河床向旁移动速度有时是很大的。在河流没有继续加深的稳定趋向时,旁向侵蚀是以河床变迁的形式显示出来。在河谷范围内以及在河口三角洲上,都会发生河床变迁的现象。因为沿岸泥沙在作纵向运动的同时,亦产生横向运动,泥沙的横向移动主要是由于水内存在横向环流结果而产生。当运动的水质点在惯性力作用下具有某些加速度时,就会产生水内的横向环流,这种加速度就是作用在水流弯曲地方的离心加速度和科氏加速度。由于流速在测线上分布的不均匀性,所以表层的惯性力大于底层的惯性力,就会产生最显著的横向环流。所以,在北仑河口区域,往往在靠近凸岸的地方,底部升高;靠近凹岸的地方,底部降低,凹岸的地方失去稳定性,岸边土壤滑入河床,河岸亦向后退却,海水内侵。例如在河内独墩至竹山街河岸,河流中心线向北侧偏移就是这个原因。由于北仑河口河床在平面上具有不稳定的状态,所以,在水文动力条件作用不同的时期,就具有不同的侧向侵蚀的强度和特性。在平水期,侧向侵蚀程度小,水流主要是改造在夏季由洪水期形成的河床地形。河流及主要分流河口的位置及流量不是不变的,而是常有变化的,这是河流发展的自然规律。主要分流河口向海伸到一定长度,河床坡度减缓,流速变慢,此时河流必将寻找另一条更短的、更直接的河道排泄入海,因此,旧的分流必将为主要分流所代替。北仑河口在入海处汊道发育也正是这个缘故。

### 2.2 沿岸风浪流对河道的影响

北仑河口的沿岸风浪流主要是由入海径流与外海水混合而成,但由于实测资料较少,这里参考河口历史资料及附近珍珠港域的流势作综合分析。

在北仑河口地区终年有一股很强的沿岸流系,称之为西向沿岸流。沿岸流分布范围夏季较冬季大,主要特征是盐度低。每年春季开始,下泄径流与海水大

量混合,沿岸流得到迅速加强,几乎占据了整个河口区域,入秋以后,江河径流量大为减弱,沿岸低盐水与外海水不断在交换与混合,沿岸流紧贴河口沿岸,范围偏小。北仑河口沿岸流势大体状况,在丰水期,来自东南方向的外海水在靠近沿岸时,由于白龙半岛向西南插入北部湾,所以,外海水在向白龙半岛移动时受阻,此时,来自黄竹江和新绿江以及西端的北仑河等河流的河水汇合,势力很强,并直逼外海水,外海水在受到江河冲淡水冲击后,不得不改变原来的流动方向,所以在白龙半岛的西南处构成一个逆时针环流模式。这一环流模式在夏季东南季风的作用下,本应有所加强,但在向西北方向靠近的过程中,巫头至尾沿岸浅滩水深突然变浅,底摩擦作用产生,水质点向前移动的速度减慢,故该环流仍基本维持在白龙半岛以近,向河口地区推进的范围不大。在枯水期,径流减弱,加之偏北风强盛,海水离岸输送加强,表面流比丰水期更偏西南向,环流范围扩大,所以,在北仑河口,并未构成独立环流系统,而是受制于以河流冲淡水作为补充的西向风浪流及白龙半岛深水处环流系统所影响。在河口地理环境条件作用下,这个西向风浪流正好与北侧河岸的走向接近垂直,夏季西南风作用加强,把大量的海水往河口北岸输送,形成强盛的沿岸风浪流,造成北侧海岸冲刷严重。此时,从上游径流带来的泥沙在河口处受到海水的顶托作用而沉降下来,所以在河口地区沙洲和拦门沙发育,形成 10 多个小沙岛。

在河口西岸,夏季西南季风与陆岸接近于平行,风对海岸的冲刷力较小,沿岸风浪流对其作用不大。冬季偏北大风虽对着河口西岸,但风区小,吹程短,加之径流量不大,所以,对其西岸的影响不及北岸大。

### 2.3 海洋动力和河流动力对河道的联合影响

河口三角洲形态的变化主要是由海洋动力及河流动力联合作用的结果。海洋动力,主要是指风浪能量和潮流能量。像北仑河口这样一个潮汐很明显的河口,潮流是河口区发育的一个很重要的因素。北仑河口是一个全日潮的河口,潮差大,平均潮差 2.04 m,最大潮差 4.64 m,十分有利于加强河岸冲刷作用。同时,在大潮时,涨潮历时一般比落潮历时长 2 个多小时,这样,随夏季西南风输送海水在河口地区停留的时间较长,如果海水在停留期间如遇大风,就会产生明显的大风增水,也称之为台风暴潮增水。据白龙尾站验潮资料统计,北仑河口台风暴潮最大增水值超过 1.86 m (1983 年 7 月 18 日 8303 号大风期间),而每

一次明显的增水都给河口带来不同程度的影响,或是淹没河岸,或是带来(走)泥沙。所以,风暴潮是塑造河口海岸的主要营力之一。河流动力主要是指河流径流与暴雨降水。北仑河的径流量在年内的月分配极不均匀,夏季是一年中径流最集中的季节,此时,正好也是风浪作用最为强烈的季节。波浪能量可以将汛期河流所携带的大量泥沙进行再分配,如果最大径流能量与最大波浪能量出现的高潮时期不相一致,则一年内某一部分时间将以河流作用为主,另一部分时间将以波浪作用为主。在第 1 种情况下,河口三角洲较有规律和平滑地向海推进,在第 2 种情况下,河口三角洲海岸较为曲折,并在河口两侧发育一系列沙咀、沙坝和堡岛,北仑河口既属于第一种情况,但更属于第二种情况,该河口区海面开阔,波浪强度大。据白龙尾站多年波浪观测资料,该区域累年平均波高为 0.5 m,最大波高达到 3.3 m,方向为东南偏南。东南向强浪和南向强浪正对河口口门,为塑造河口形态创造了动力条件。此外,风暴浪与风暴潮的影响,在河口入海处也经常起到一种破坏性的作用。它可以在短时间内造成河道水下地形的最大变化和海岸崩塌。增水的风一方面在迎风流动的叉河上造成水面涌高,另一方面在增水过程中使河道上溯流速加快,而台风过后外海水位下降时,又造成河流径流入海流速加强。增强的流速可以引起河床泥沙的起动,同时,增水能引起涡流,造成横向环流,从而使河床破坏,北仑河口是一个既受风暴浪的影响,同时又受到风暴潮的侵蚀等多种动力因素共同作用的一个典型河口海湾。

综上所述,北仑河口河道冲蚀主要是受制于河川径流、沿岸风浪流及这两个动力因素的联合影响,且在河道北侧其冲蚀的程度更为严重,但因资料缺乏,本文分析尚欠依据,结论也难免有错。所以,对河道动力冲蚀的程度及波及范围等还有待于再进行深入的科学研究工作。

### 参考文献

- 1 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. 广西科学, 1999, 6 (2): 227~ 230.
- 2 陈波,邱绍芳. 谈北仑河口北侧岸滩资源保护. 广西科学院学报, 1999, 15 (3): 108~ 111.
- 3 高振会,黎广钊. 北仑河口动力地貌特征及其演变. 广西科学, 1995, 2 (4): 19~ 23.

(责任编辑: 蒋汉明)