

廉州湾三角洲泥沙运移与海洋动力条件的关系*

The Relationship of Silt Transportation and Ocean Dynamical Condition in Delta of Lianzhou Bay

蒋磊明¹, 陈波², 邱绍芳²

JIANG Lei-ming¹, CHEN Bo², QIU Shao-fang²

(1. 广西大学林学院, 广西南宁 530005; 2. 广西科学院, 广西南宁 530007)

(1. Forest College of Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530005, China; 2. Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China)

摘要:根据已经报道的文献和相关调查资料,分析廉州湾水体中的悬沙浓度分布、重矿物比值沿程变化和沿岸动力地貌特征等因素,探讨廉州湾三角洲泥沙运移状况与海洋动力条件的关系。廉州湾水体中的悬沙浓度南部低于北部,从东北向西南和自北向南递减,在南流江入海汉道口门附近为浓度高值区;比重较小的重矿物物质大量沉积在廉州湾潮间带上、下部,比重较大的物质主要沉积在河床、潮下带及湾口门附近;廉州湾南部北海半岛绕过冠头岭形成指向东北的水下沙嘴,南流江水下三角洲呈舌状向海突出,中部较深,向两翼变浅。潮流、径流和波浪是廉州湾三角洲泥沙运移的主要动力因素,廉州湾内泥沙运移总趋势为自东北向西南,但北海半岛沿岸向东北运移。

关键词:泥沙运移 潮流 径流 波浪

中图分类号:P736.212 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2008)01-0025-04

Abstract: In light of the reported literatures and relevant data, the paper analyzes consistency distribution of suspended sediment, changes of heavy minerals ratio in water and dynamical physiognomy characteristics along the bank, and discusses the relations between status of silt transportation and ocean dynamical condition in delta of Lianzhou Bay. The results show that the consistency of suspended sediment in the south is lower than that of the north, and gradually decreases from the northeast to southwest and from north to south. The consistency is high around estuary of Nanliu River in Lianzhou Bay; Heavy mineral substances of smaller proportion deposit mostly at top and bottom area in intertidal zone. Mineral substances of bigger proportion deposit mostly at river bed, subtidal zone and around mouth of Lianzhou Bay; Beihai peninsula forms an underwater spit northeastwards round Guantou ridge at the south of Lianzhou Bay. Underwater delta of Nanliu River sticks out towards the sea shaping like a tongue, deep in the middle and shallow along both sides. Tidal current, stream flow and wave are the main dynamical factors for sediment transportation in the bay, and the total trend of sediment movement is from northeast to southwest, but from southwest to northeast along Beihai peninsula.

Key words: silt transportation, tidal current, streamflow, wave

廉州湾位于广西海岸中部,北海半岛北面,该湾由北海半岛西南端冠头岭岬角至大风江口东岸大木城村连线与沿岸围成,水域面积达 237km²,0m(黄海基准面起算)至高潮线的潮间浅滩面积为 165.78km²,占廉州湾水域总面积的 70%,深水区位

于海湾的南部——北海港深槽区,一般水深 5~8m,最大水深 10m^[1]。本文分析廉州湾水体中悬沙浓度分布、重矿物比值的沿程变化和沿岸动力地貌特征等因素,探讨廉州湾三角洲泥沙运移与海洋动力条件的关系。

1 廉州湾三角洲泥沙运移状况

1.1 水体中悬沙浓度分布状况

廉州湾的悬沙浓度沉积物平面分布特点是:(1)南流江入海汉道口门附近为浓度高值区,尤其是南

收稿日期:2007-05-22

修回日期:2007-07-17

作者简介:蒋磊明(1982-),男,硕士研究生,主要从事物理海洋研究。

*广西自然科学基金项目(桂科自:0447011)资助。

千江至南西江一带河口区,悬沙浓度高达 16.0~24.0mg/L,其等值线由河口区向西南湾口逐渐递减,至冠头岭以西海域降至最低,为 2.0mg/L,仅为河口区的 1/12;(2)水体中悬沙浓度南部海域低于北部,如南部冠头岭—地角—高德—岭底沿岸北海港深槽一带海区水体中含沙量为 2.0~4.0mg/L;而北部西场—沙岗一带含沙量高达 12.0~24.0mg/L,湾内水体中含沙量分布呈从东北向西南和自北向南呈递减的趋势^[1]。

廉州湾浅黄色的悬沙浑浊水体在落潮时自河口区向湾口门外运移扩散,涨潮时自湾口门外向湾内聚积,分布在湾口外海域的悬浮泥沙又被重新带入湾内,从而使在落潮时失去的泥沙又在涨潮时得到补充。然而,结合有关廉州湾的卫星图片资料看出,夏季,在廉州湾南部北海港深槽区在洪水期形成一条蔚蓝色的明显清水带,而在湾口处西南部海域的清浊水分界线不明显,这表明南流江径流输入悬沙的输移总趋势是向西南的,浑浊水体自东北河口区向西南海域输移扩散^[1]。

1.2 重矿物比值沿程变化状况

重矿物颗粒在水动力作用下的输移过程中,由于其本身比重的不同而发生分异,依次沉积。如表 1 所示^[1],廉州湾内区域自南流江河床—潮间带上部—潮间带下部—潮下带—湾口附近,沉积物中电气石与钛铁矿的比值相应为 0.69→1.98→1.93→1.54→1.0,其中,在潮间带上、下部比值最高说明南流江的输移物中,比重较小的物质在潮间带上、下部大量沉积。此外,锆石与钛铁矿的比值沿程变化是 0.46→0.15→0.32→0.46→0.78 等,两种矿物的比重相当接近,其比值均小于 1,波动不大,在潮间带上、下部比值较低,而在河床、潮下带及湾口门附近的比值较高,说明在南流江输入物质中,比重较大的物质主要沉积在这 3 个地区,同时反映了这 3 个地区的水动力作用活跃,物质分选好,轻者去,重者留的特征。由此可见,南流江河流输出物可被潮流和径流运移至廉州湾口门之外海区。

表 1 廉州湾重矿物比值沿程变化^[1]

沉积区域	站位	电气石/钛铁矿	锆石/钛铁矿
河床	C-2	0.69	0.46
潮间带上部	0308	1.98	0.15
潮间带下部	0294	1.93	0.32
潮下带	0293	1.54	0.46
湾口附近海区	0287	1.00	0.78

1.3 沿岸动力地貌特征

廉州湾南部北海半岛绕过冠头岭形成一指向东

北的水下沙嘴,显示泥沙沿岸向东北运动,北海外沙实际上是自地角向东北延伸的沙嘴,其泥沙沿岸向东北运移。高德—岭底一带的海岸侵蚀物,部分向东北运移,形成草头村沙嘴,另一部分向西南沿程搬运,形成高德外沙嘴。廉州湾岸线受汉道影响切割破碎,东侧及东南侧为冠头岭沿岸的侵蚀剥蚀残丘形成的基岩海岸及冠头岭以北地势较平缓的冲海积平原,残丘主要由滞留系灵山群暗紫色轻变质的砂页岩组成,古洪冲积平原由湛江组、北海组的砂砾层、砂层、粉砂层、粘土质粉砂层和粘土层组成,西侧及西南侧为口外陆架浅海区,湾底由南流江水下三角洲发育而来。

南流江水下三角洲呈舌状向海突出,中部较深,向两翼变浅。沉积物主要由中细砂、粘土质粉砂、中砂—细砂—粉砂、中砂组成,南侧的潮流冲刷深槽全长 14.6km,宽 0.5~2km,水深 6~10m,沉积物主要为粘土质粉砂^[2]。

从沿岸动力地貌特征和水下三角洲物质结构组成看,无论是突显的沙嘴、平缓的海积平原,还是发育的水下三角洲等,其形成都经历了一个相当长的动力作用过程,在河口区,径流起到再塑的主要作用;在浅滩区,波浪起到再塑的主要作用;在深水区,潮流起到再塑的主要作用。

2 泥沙运移与海洋动力条件的关系

廉州湾内常年有南流江、七星江、大风江等注入,其中以南流江为主要的人海河流。据悬沙同步观测资料,廉州湾表层含沙量的变化,总体上呈西北高、东南低、中间高、东西两翼低的态势,等值线呈带状分布,总的走向为 NW-SE,底层悬沙浓度普遍大于表层,二者比值变化为 1.02~10.41,最大比值出现于枯水期小潮的涨潮期,位于西场南侧近 2m 等深线的海域^[3]。

2.1 浅滩泥沙输移与水动力条件的关系

廉州湾潮汐作用较强,平均潮差 2.54m,潮流性质比值一般为 2.6~3.3,为不正规全日潮流。涨、落潮历时的沿程变化为:滨海区向河口方向,涨、落潮历时差、潮差逐渐减小,流速总体上呈降低趋势,径流量与洪水、枯水季节差异较大,洪水季节的径流量为枯水季节的 6 倍以上^[4]。从径流量相对较少、波浪作用微弱、潮汐作用较强等因素反映出潮流是廉州湾主要的水动力因素,潮流运动方式以往复流为主,受科氏力的影响,涨潮时,潮流流向主要为北与东北向;落潮时,潮流流向以南到西南向为主。

廉州湾由于各分流河口流量和进潮量比值的差异,其中径流作用较强的南干江输出的悬沙可由南西江、南东江向口门倒灌,据1983年8月9、10日同步水文观测,在一个潮汐周期内,南干江向海单宽净输沙为502~4185kg,南西江向陆净输沙为301~1881kg,在该区存在一个泥沙运移的循环体系,表现为悬沙在河口区“西出东进”的态势,这有利于细粒泥沙在口门区域沉积和潮滩的形成^[3]。

廉州湾大部分区域的潮流呈NE-SW方向流动,落潮流速大于涨潮流速,三角洲区域受落潮流影响较大,落潮时,落潮流携带南流江流域来沙沉积在湾中,此为该海域沉积物来源的主体。在“北海市北部海岸综合整治工程可行性研究”项目中,武桂秋研究员作了泥沙输移量的计算,得出悬沙落潮时泥沙输送大于涨潮时,输沙亦为自东北向西南^[3]。廉州湾的波浪以风浪为主,其次是纯涌浪和混合浪。全年中有两个常向浪,其中N-NE为主浪向,出现频率占36%;另外SW-WSW为次浪向,出现频率占19.2%,最大波高2.0m,平均波高0.28m。波浪是近岸泥沙运动的一个重要动力因素,在波浪作用下,底沙被扰动掀起,会产生沿岸输沙和横向输沙,这种作用在碎波带较为剧烈。

2.2 深槽形成与水动力条件的关系

深槽的形成与廉州湾的形成具有相似性,也与水动力条件和地形地貌条件有着密切关系。根据地形、地貌特征和有关资料分析^[5],南流江古河谷主槽自周江-乾江流经北海外沙到冠头岭西侧一带转向西南方向伸展,这证明廉州湾由海水淹没南流江古河谷而形成,深槽也随之形成。由于深槽北面存在有一个面积达165.78km²的向南(即深槽)倾斜的大浅滩,南面海岸又由滞留系变成砂岩、石英砂岩组成丘陵与由北海组、湛江组地层的台地构成的北海半岛,这种地形地貌的格局构成了海水运动的特点。廉州湾的地形有利于涨潮流在湾顶汇集,从而增强了落潮在南部海岸的流势,水流冲刷沿岸形成深槽。随着廉州湾浅滩的发育以及南流江三角洲的不断向外推进,湾顶淤浅,纳潮量逐渐减少,落潮流的流势减弱,从而导致冲刷槽淤缩,但是这一变化过程是相当缓慢而又稳定地进行的。因为在深槽中落淤的沉积物主要为细粉砂、淤泥和粘土等悬移质泥沙,在实测中悬移质含沙量很小,平均含沙量仅为0.035g/L左右,最大也只有0.052g/L,这大大低于南流江的悬移质含沙量(南流江常乐站年平均含沙量为0.143g/L)^[6]。

廉州湾的水流在潮水初涨时,自东南向西北,绕过冠头岭进入廉州湾后逐渐向北、西北偏移;到涨潮时,水流自西南向东北即湾顶河口区汇聚;在落潮时,海湾水流从湾顶紧迫南部海岸,绕过地角嘴向西南流去^[2]。由此可见,廉州湾地形地貌态势有利于涨潮流在湾顶汇集,形成落潮流速大于涨潮流速,从而导致悬沙不易在深槽沉降淤积,因而该深槽具有稳定,回淤少的特点。

2.3 现代泥沙来源与水动力条件的关系

廉州湾现代泥沙来源主要是河流输沙,其中与风浪、潮流的关系最为紧密,其次是冲淡水。深槽东、南边滩的泥沙是侵蚀海岸的产物,根据港域沉积物的分布(见图1),在深槽中部主要沉积着砂质粘土,深槽以北的大浅滩,主要为细沙或中砂质细砂,深槽以南的地角及其东侧的沿岸沙坝(外沙)为中、粗砂,地角西南的水下沙坝和浅滩主要为细砂,但在水深2~3m的浅滩边缘,有一砂沉积带。除此之外,匙更岭的西向有一中砂区,但面积不大,紧贴深槽附近。

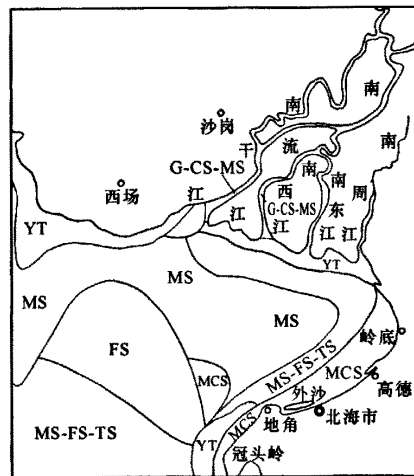


图1 廉州湾沉积物类型

G-CS-MS:砾石-粗砂-中砂;MCS:中粗砂;MS:中砂;MS-FS-TS:中砂-细砂-粉砂;FS:细砂;YT:粘土质粉砂。

2.3.1 风浪对湾内泥沙的影响

根据北海气象站多年资料统计,廉州湾内一年之中主要风向为偏北风,频率为27.0%;东南风次之,频率为19%;西南风的频率为12.66%^[6]。冬季,在偏北风作用下,湾内流向呈西南方向,此时,落潮流得到了加强,泥沙也随之往西南方向运移,但是由于是枯水季节,南流江径流注入的泥沙量大为减少,湾内水体中现存的泥沙主要靠潮流携带来补充,所以,随流运移的泥沙很少;夏季,西南风增强了湾内涨潮流势,流速值较冬季大,流向多为偏东方

向,由于风区范围大,风时长,随风运动的表层泥沙也不同程度的波及港口附近一带,尤其是洪水季节,南流江下泄冲淡水携带的泥沙有侵袭港口的可能。夏季外海来的偏南向涌浪虽然频率较高,能量大,但经折射后,传至港湾的能量已减少很多。常浪向与港湾外沙近岸接近于垂直,易于引起泥沙的横向运移,但是因波浪较小(风浪:平均波高0.3m,最大波高2.0m;涌浪:平均波高为0.2m左右,最大波高为0.9m),不会形成强烈的沿岸泥沙流,对于港内泥沙运移作用不大,西向的风和浪正对港口,但风力又小又弱,不利于形成泥沙纵向运动。

2.3.2 南流江冲淡水对泥沙运移的影响

根据常乐水文站1954~1985年资料统计,南流江年平均径流量为 $5.61 \times 10^9 \text{m}^3$,年平均输沙量为 $1.18 \times 10^6 \text{t}$,每年6~8月为南流江入海水量和沙量的高峰期,占全年径流量和输沙量的49.1%和58.33%^[3]。南流江多年平均流量 $167.8 \text{m}^3/\text{s}$,全年径流分布为:夏季占49.1%,冬季占7.8%,秋季占21.4%,春季占21.7%。由表2可见,南流江径流量与输沙率成正比关系,即夏季径流量大,输沙率高。

表2 南流江1954~1985年月平均输沙率

月份	输沙率(kg/s)	月份	输沙率(kg/s)
1	3.81	7	72.3
2	4.67	8	98.2
3	5.99	9	38.7
4	57.8	10	10.5
5	52.8	11	2.77
6	78.5	12	0.817

2.3.3 潮流对悬沙输送的影响

据孙和平等人推算,整个廉州湾内水层中落潮平均含沙量 $0.131 \text{g}/\text{cm}^3$,涨潮为 $0.067 \text{g}/\text{cm}^3$ (广西海岸带和海涂资源综合调查领导小组.广西海岸带及海涂资源综合调查报告,1986),这与涨落潮历时有很大关系。据统计,北海港平均涨落潮历时相差不多,平均涨潮历时为10.50h,平均落潮历时为9.78h,但在南流江口附近,平均落潮历时大于平均涨潮历时近2h^[7]。可见,在河口处潮时的差别很大,由于落潮历时长,故落潮含沙量大于涨潮含沙量。

2.3.4 潮流冲淡水含沙运移的影响

由表3可见,廉州湾在一个潮周期内输沙量仍向外海方向运移,说明冲淡水携带一定泥沙进入廉州湾,在无大量冲淡水下泄情况下,廉州湾泥沙输送取决于潮流^[6]。但是随着南流江三角洲的不断堆积外推,在三角洲前缘形成平行海岸的沙体,沙体的数

量和规模由里向外将逐渐增大,波浪的作用将日益增强,三角洲会由潮淤型变为波浪型。因此,三角洲在其向外推过程中,水动力因素会发生变化,从而引起三角洲沉积物分布格局和三角洲类型的改变。

表3 南流江主要入海河段单宽输沙量^[6]

所在河段	站名	单宽输沙量(kg)		1个潮周期 净输沙量(kg)
		落潮	涨潮	
南西江	C	+5766	-6647	-1881
	D	+1290	-1591	-301
南干江	A	+1290	-1847	+4185
	B	+1570	-1068	+502

“+”表示向外海;“-”表示向内河。

3 结束语

廉州湾内的泥沙运移状况与各种海洋动力条件都有关系,但是潮流、波浪和径流是廉州湾内泥沙运移的主要动力因素。廉州湾内潮流具有明显的往复特点,且落潮流大于涨潮流,有利于港内冲刷深槽的形成,但在深槽以北南流江三角洲附近的开阔海域,因波浪作用加强,三角洲在向外推移中潮流型逐渐减弱,而波浪型逐渐加强,从而引起三角洲格局的改变;而径流来沙是廉州湾内泥沙的主要来源。在上述动力条件的作用下,泥沙运移的趋势总体上从东北到西南,但在北海半岛附近指向东北。

就现有的资料来说,北海港泥沙淤积并不是一个突出的问题,因为北海港泥沙来源少,淤积过程缓慢,深槽以北的大浅滩的泥沙对北海港影响不大,但在扩建该港时,泥沙方面的主要问题是来自廉州湾内工程项目的兴建,所以廉州湾内工程建设必须慎之又慎。

参考文献:

- [1] 黎广钊,梁文,刘敬合.廉州湾重矿物组合区与泥沙来源[J].广西科学,2002,9(2):119-123.
- [2] 陈波,邱绍芳,刘敬合,等.廉州湾南流江水下三角洲大浅滩及潮流深槽形成原因分析[J].广西科学院学报,2007,23(2):102-105,109.
- [3] 梁文,黎广钊.廉州湾沉积动力作用与泥沙运移[J].南海研究与开发,2002,9(2):119-123.
- [4] 陈波.廉州湾潮流特征的初步分析[J].广西科学,1996,3(4):119-123.
- [5] 梁文,黎广钊,刘敬合.南流江水下三角洲沉积物类型特征及其分布规律[J].海洋科学,2001,125(12):34-36.
- [6] 陈波.廉州湾水动力场对北海港域泥沙运移的影响[J].广西科学,1999,6(2):221-225.
- [7] 陈波,侍茂崇.廉州湾潮流和风海流的数值计算[J].广西科学,1996,3(3):32-35.

(责任编辑:韦廷宗)