

甬江洪枯季水沙特性分析

陈 珺^{1,2}, 嵇 敏¹, 张洪记³, 严文武⁴, 唐洪武^{1,2}

(1. 河海大学 水利水电学院, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210098; 3. 中国水电顾问集团成都勘测设计研究院, 四川 成都 610072; 4. 宁波市水利水电规划设计研究院, 浙江 宁波 315192)

摘要: 基于2010年7月(洪季)及2011年1月(枯季)甬江水文、泥沙观测资料,从潮位特征、涨落潮历时、流速、潮量、含沙量分布和输沙能力等方面分析甬江洪枯季水沙特性. 分析表明:(1)甬江洪季最高潮位、最低潮位、平均潮位和最大潮差略大于枯季.(2)洪季大潮的平均涨潮历时比枯季长,平均落潮历时比枯季短,小潮时则相反.(3)甬江洪枯季断面垂线平均流速表现为大潮大于小潮,落潮大于涨潮,流速沿程增加,进潮量与涨潮差线性相关;(4)断面垂线平均含沙量呈现枯季大于洪季、大潮大于小潮的特征,且含沙量的垂线分布为II型;引入背景含沙量,建立了洪、枯季的水流输沙能力公式.

关键词: 甬江; 感潮河段; 洪枯季; 水沙特性; 输沙能力

中图分类号: TV148+.5

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2012)05-0048-07

甬江为浙江省八大主要水系之一,是宁波市母亲河,位于浙江省东部沿海,杭州湾之南,南源奉化江,北源姚江,两江汇合于宁波市三江口,自三江口以下为甬江干流,于镇海外游山入东海,全长25.6 km. 甬江干流为感潮河段,多年平均径流量为29.12亿 m^3 ,泥沙以海域来沙为主. 自1959年以来,水利工程的修建引起甬江水沙特性较大的改变:1959年姚江大坝修建后,导致甬江纳潮量减少,涨落潮流速减小,潮波变形,涨潮历时缩短,落潮历时增加,导致河道严重淤积^[1-3];1975年镇海港拦海大堤的合龙,引起甬江口河段的纳潮量和涨落潮历时的改变,甬江口产生淤积^[4-5];20世纪80年代后,甬江受到人类活动的影响,桥梁和码头等涉河工程不断增加,引起甬江水沙特性逐渐变化,河床淤积不断加重^[6-8]. 近期,为了治理甬江河道淤积及改善河道景观,宁波市拟在甬江中下游位置修建挡潮闸,由于现有文献对甬江洪枯季水沙特性描述较少,为了配合建闸工程的可行性研究,2010年7月与2011年1月,宁波市委托水文测量单位对甬江进行了洪枯季水沙观测. 本文采用最新测验的洪枯季水沙资料进行分析,为研究甬江水沙特性以及挡潮闸工程的论证提供最新分析成果.

1 观测时间和内容

选择洪枯两季进行观测,洪季时间为2010-07-12—2010-07-21,其中12-13日为大潮,20-21日为小潮;枯季时间为2011-01-13—2011-01-21,其中13-14日为小潮,20-21日为大潮.

观测内容包括潮位、流速流向、悬移质含沙量、悬移质颗粒分析和底质颗粒分析等. 其中,潮位观测站有江东站、镇海站;水文测验断面有CS2~CS5断面(见图1),每个断面布



图1 甬江流域示意图

Fig. 1 Sketch of Yong River basin

收稿日期: 2012-03-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50909037);中央高校基本科研业务费专项资助项目(2010B01114)

作者简介: 陈珺(1981-),男,湖南新化人,讲师,博士,主要从事河流动力学研究. E-mail: chenjunhu@hhu.edu.cn

置3条垂线(1#、2#、3#),开展流速流向、含沙量同步观测,流速流向观测采用 ADCP 施测,含沙量采用横式采样器采集取样,过滤洗盐烘干称重法分析,颗粒分析采用激光粒度仪。

2 水流特性

2.1 潮位

甬江干流段潮汐属非正规半日潮,每日有2个高潮和低潮,相邻高(低)潮的潮高不相等.根据宁波市各潮位站历年统计资料,潮位站平均高潮位 1.13 ~ 1.23 m;平均低潮位 -0.70 ~ -0.38 m;平均潮位 0.28 ~ 0.43 m;平均潮差 1.62 ~ 1.84 m.此次甬江洪枯季潮位特征值见图1,由图可见:(1)大潮期间,江东站、镇海站的洪季最高、最低潮位比枯季高约 0.35 m,平均潮位比枯季高约 0.3 m,洪枯季最大潮差相近;(2)小潮期间,各站点洪季最高潮位比枯季高约 0.5 m,最低潮位比枯季高约 0.2 m,平均潮位比枯季高约 0.45 m,最大潮差比枯季高约 0.3 m.甬江洪枯季潮位特征受到上游径流和甬江口外海平面变化的影响,据中国海平面公报统计资料,甬江口外东海海域洪季潮位比枯季高约 0.10 m.

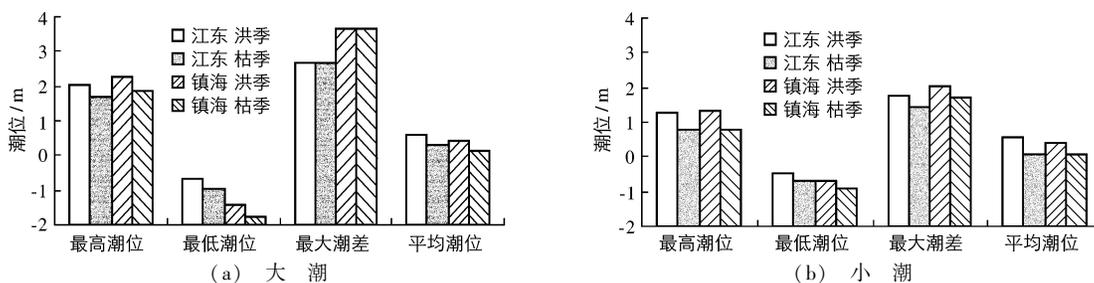


图2 江东站、镇海站洪枯季潮位特征值

Fig.2 Tidal level eigenvalues of Jiangdong and Zhenhai stations during flood and low water periods

2.2 涨落潮历时

甬江越接近下游入海口,涨潮历时增加,落潮历时缩短,涨落潮历时差减小.根据宁波市各潮位站历年统计资料,江东站平均涨潮历时为 5 min 54 s,平均落潮历时为 6 min 31 s;镇海站平均涨潮历时为 6 min 21 s,平均落潮历时为 6 min 4 s.此次甬江洪枯季涨落潮历时特征值见图3,由图可知:甬江洪枯季各潮平均落潮历时大于涨潮;洪季大潮的平均涨潮历时比枯季长,平均落潮历时比枯季短,小潮时则相反。

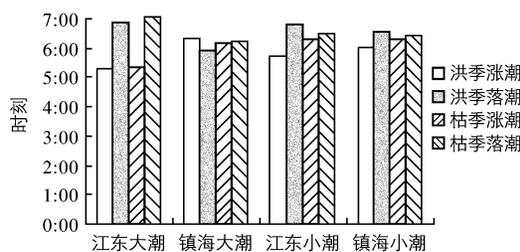


图3 洪枯季涨落潮历时特征值

Fig.3 Fluctuation-tide duration at flood and low periods

2.3 流速变化规律

本次水文测验表明,洪枯季各断面垂线平均流速呈现大潮大于小潮,落潮大于涨潮的特征(图4),考虑到甬江多年平均径流流量为 92 m³/s,潮流落潮量大于涨潮量,因此,落潮大于涨潮的流速规律具有普遍性;从纵向分布来看,水流流速呈沿程增加趋势.分析流速与潮位过程关系(图5),1个涨落潮周期内,流速和潮位存在2个峰值,但两者并不同步,最大流速有时出现在最高或最低潮位时,有时出现在中潮位前后,即潮波既非单纯的前进波也非单纯的驻波,兼有两者的特征。

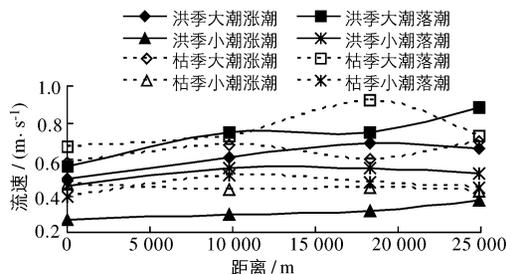


图4 CS2 ~ CS5 断面垂线平均流速

Fig.4 Mean velocities in vertical of CS2 ~ CS5

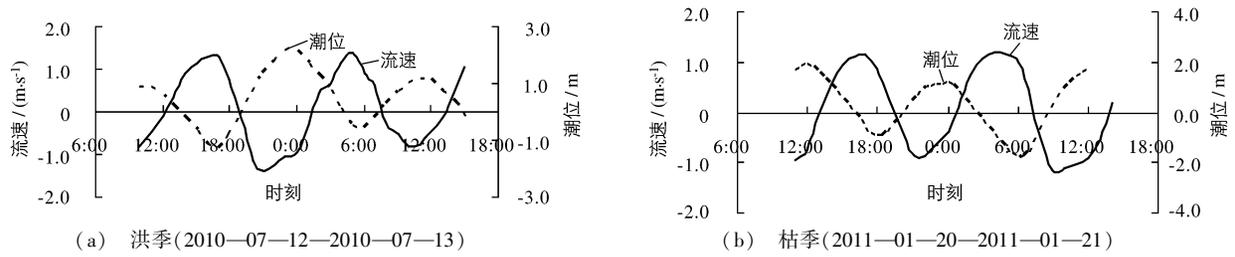


图5 洪枯季大潮时CS4-2#的流速与潮位过程线

Fig.5 Velocity and tidal level graphs of CS4-2# at flood and low water periods

2.4 潮量特征

统计洪枯季大潮时甬江CS2~CS5断面涨落潮潮量可知:甬江洪季大潮平均净泄潮量为294万m³,枯季大潮平均净泄潮量为182万m³,洪季大潮净泄潮量是枯季大潮的1.62倍.潮波进入河口后,由于河道的约束作用,潮水只沿着河道的方向流动,潮位和进出口的潮水量之间有密切的关系.由于落潮量与上游径流及潮汐特性有关,不能完全反应其与潮差之间的关系,故仅分析进潮量与涨潮差之间的关系(图6).由图6可知,进潮量与涨潮差之间呈线性关系,两者相关性好,相关系数达0.96以上.由流速与潮位过程分析可知,最高潮位的到来在位相上滞后于最大流速,故可用此方法预报河道潮位.用标准离差公式求得CS2~CS5各断面的标准离差σ分别为0.14,0.16,0.32和0.26,则得每个断面潮位预报95%保证率的置信区间为(y-2σ, y+2σ),即以回归线为中心,预报潮位差值在±2σ内的概率达95%.

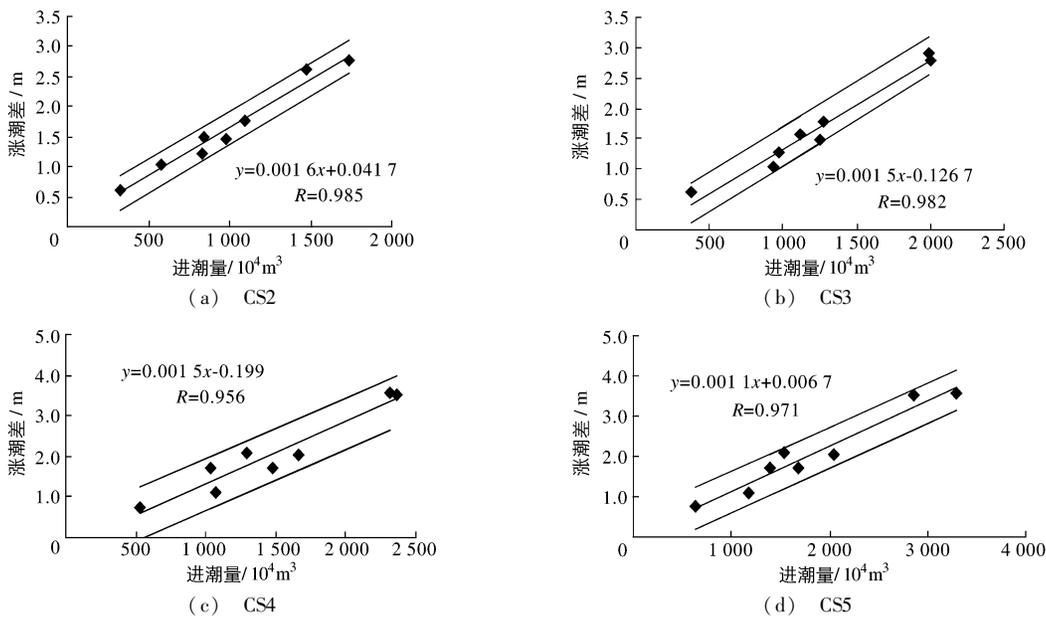


图6 CS2~CS5断面进潮量与涨潮差关系

Fig.6 Relationships between tidal influx and flood tide level range of CS2~CS5

3 泥沙输移特性

3.1 泥沙来源

甬江泥沙以海域来沙为主,洪枯季泥沙取样分析表明:悬沙和底质组成均以黏土质粉砂为主,洪季悬沙中值粒径范围为0.004~0.010mm,与枯季悬沙中值粒径相近,洪季底质中值粒径范围为0.008~0.052mm,稍大于枯季.

3.2 含沙量的潮周期变化

由此次洪枯季水文测验得知,大小潮时悬沙 d_{50} 粒径范围为 $0.004 \sim 0.010 \text{ mm}$,泥沙颗粒极细,属粉沙类,受流速的影响很大.1个涨落潮周期中,含沙量、流速存在2个峰值,但含沙量与流速不同步,含沙量的峰值滞后于流速涨急、落急 $1 \sim 2 \text{ h}$ 左右,含沙量的最小值也出现在涨憩、落憩后的 $1 \sim 2 \text{ h}$ 左右(图7).整体而言,洪枯季泥沙运动较剧烈,但泥沙浓度变化率小于流速变化率,泥沙依附于水流运动.

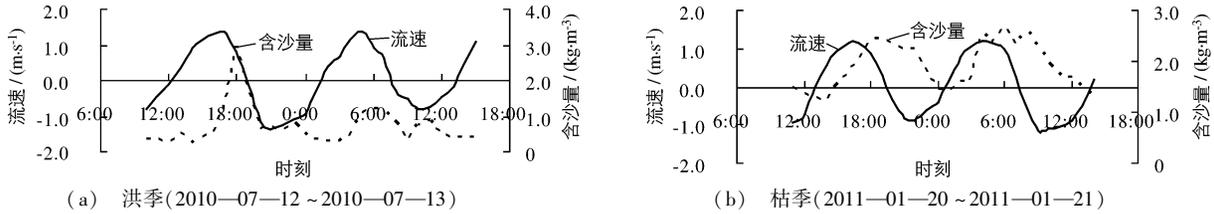


图7 洪枯季大潮时CS5-2#的流速与含沙量过程线
Fig.7 Velocity and sediment concentration graphs of CS5-2# at flood and low water periods

3.3 含沙量分布规律

甬江各断面垂线平均含沙量呈现枯季大于洪季、大潮大于小潮的特征,从纵向分布来看,三江口~甬江口中部河段(CS3~CS4)的含沙量高于其他河段(见图8).

有关含沙量的垂线分布,国内外对于内河河道的研究成果较多.倪晋仁等^[9]通过分析水槽、管道及天然河流中大量的实测含沙量浓度资料,提出含沙量沿垂线的分布包括两种类型,即泥沙浓度从水面向床面逐渐增大,在近壁区达到最大值后又逐渐减小,称为I型(普通型),而自水面向床面一直增加的为II型(一般型);当含沙量浓度不是很高时,相同粒径条件下,河床粗糙时出现II型的机会多,对于相同的边界条件,细沙时出现II型分布机会多.有关感潮河段含沙量垂线分布的类型还未做过系统分析,论文选取甬江CS2~CS5断面洪枯季约430条含沙量垂线分布数据进行统计,结果表明:5条垂线的含沙量垂线分布为I型,其他均为II型.甬江泥沙以粉砂为主,河床底部较粗糙,含沙量垂线分布以II型为主,这与内河河道含沙量规律较为一致.通过进一步分析,发现II型分布曲线存在II-A,B,C,D共4种主要类型(图9):II-A型分布呈双曲上凹形式;II-B型的浓度梯度在中间出现转折,由逐渐增大转为逐渐减小,曲线呈平缓的S型;II-C型类似于II-B型,浓度梯度由逐渐减小转为逐渐增大,曲线呈平缓的反S型;II-D型分布为双曲上凸形式.

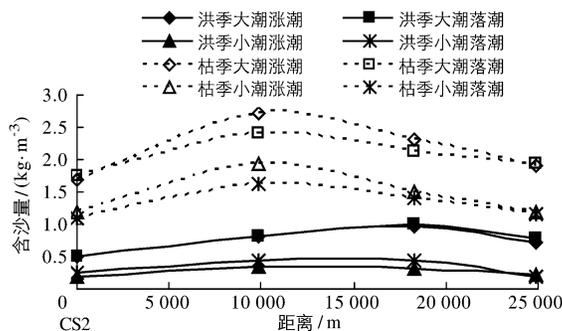


图8 CS2~CS5断面垂线平均含沙量
Fig.8 Mean sediment concentration in vertical of CS2~CS5

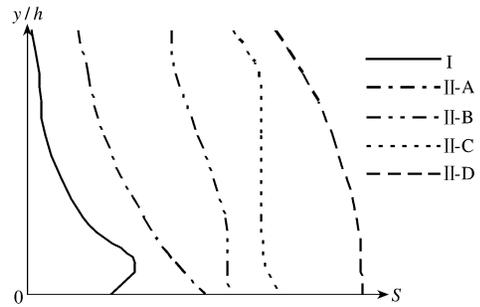


图9 泥沙浓度垂线分布示意图
Fig.9 Concentration distribution in vertical

CS2~CS5各断面垂线含沙量分布随时间变化过程中,II型的4种类型常常跳跃变化,其中CS2断面以B型和D型为主,占总垂线数的60%;CS3和CS4断面以A型和D型为主,约占总垂线数的67%;CS5断面以D型为主,占总垂线数的51%.究其原因,主要由于从甬江三江口至河口,盐淡水的混合增强了泥沙细颗粒的絮凝作用,随着含盐度的增大,絮凝作用越显著,泥沙受重力的作用不断增大直至到达极值,但越靠近河口,潮流的紊动作用也相应增强,泥沙颗粒的扩散作用不断增加^[10],由于悬移质泥沙受水流紊动扩散而悬

浮,受重力作用而沉降,结合 Rouse 悬浮指标 $z^{[11]}$,从 CS2 到 CS5 断面, z 值先增大后逐渐减小,因而,河道沿程含沙量的垂线分布由比较均匀的 B 型和 D 型占多数,逐渐发展为较不均匀的 A 型的比例增大,接近河口处又以较均匀的 D 型为主。

3.4 悬移质输沙能力分析

国内外对于感潮河流的输沙能力研究比较多,采用的方法主要有经验分析法、因次分析法、能量平衡法等。经验分析法主要通过对水流输沙能力的各种因素进行分析,寻找主要的影响因素或因子,然后采用实测资料进行回归和统计分析,从而建立适合于特定河口地区的经验输沙能力公式。由于河口地区的影响因素十分复杂,许多问题在理论上还没有得到很好地解决的前提下,人们常常建立经验公式以解决具体的实际问题。例如,浙江省河口海岸研究所采用大量的实测资料建立了钱塘江河口输沙能力公式^[12];黄胜^[13]提出了无风、无风浪情况下的潮汐河口输沙能力经验公式;张定邦^[14]根据实测资料建立了甬江口输沙能力经验公式。考虑到甬江洪枯季潮流动力条件的不同,含沙量差别较大,以下分别借鉴黄胜、张定邦等输沙经验公式,探讨甬江洪枯季潮流的输沙能力。

借鉴黄胜等人的研究成果^[13],含沙量 S 可以表示为:
$$S = \alpha(v^2/(gh)) \quad (1)$$

式中: v 为流速; h 为水深; g 为重力加速度; α 为系数,根据实测资料分析确定。由于 CS2 ~ CS5 断面各含 3 条垂线,故采用断面垂线平均的概念,建立含沙量 S 与 $v^2/(gh)$ 的线性关系。考虑到感潮河段受到径流、潮流的双重影响,含沙量过程滞后于流速过程,当流速为零时,含沙量虽然较小但并不为零,而是过了憩流点之后,含沙量才逐渐降至最低。若直接用式(1),分析结果无法准确地显示流速与含沙量的相位差,而且在憩流点附近,与实际情况相比,回归分析的结果将会失真。因此在水流输沙公式中引入非水力因子影响—背景含沙量 S_0 ^[15],见式(2)。

$$S = \alpha(v^2/(gh)) + S_0 \quad (2)$$

其回归曲线如图 10(a)和(b)所示。计算得出洪季的 α 为 37.942,相关系数为 0.657, S_0 为 0.274,枯季的 α 为 57.273,相关系数为 0.505, S_0 为 1.408。可见, S 与 $v^2/(gh)$ 的线性相关系数达 0.5 以上。

张定邦^[14]根据甬江的实测资料分析,得出甬江的输沙能力为:
$$S = 6.5 \frac{v^2}{h^{0.7}} \quad (3)$$

同样,引入背景含沙量 S_0 ,将式(3)改写成如下形式:
$$S = \alpha \frac{v^2}{h^{0.7}} + S_0 \quad (4)$$

其回归曲线如图 10(c)和(d)所示。计算得出洪季的 α 为 2.184,相关系数为 0.655, S_0 为 0.267,枯季 α 为 3.326,相关系数为 0.502, S_0 为 1.397。对比式(4)和式(2),两者相关性相仿,且背景含沙量 S_0 的值与式(2)得出的结果也接近,只是由于考虑水深 h 的影响程度不同, α 值不同。

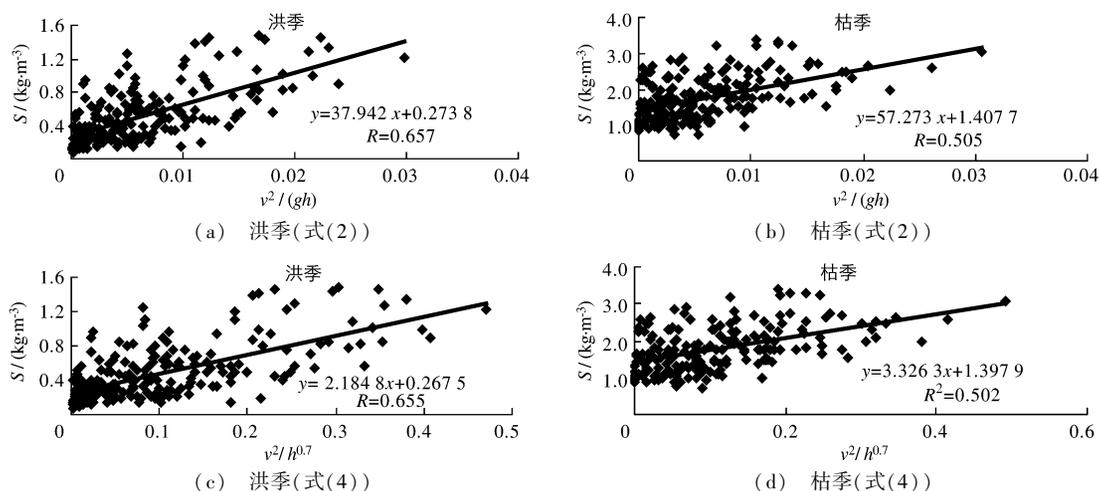


图 10 洪枯季含沙量 S 与 $v^2/h^{0.7}$ 的关系

Fig. 10 Relationships between sediment concentration S and $v^2/h^{0.7}$ during flood and low water periods

综上所述,式(2)和(4)在黄胜和张定邦等前人研究的水流输沙能力基础上,引入背景含沙量,通过线性回归方法,拟合出甬江感潮河段的水流输沙能力公式.式(2)和(4)虽然考虑水深 h 的影响程度时存在不同,但通过系数的调整能基本达到相近的精度,可归属于一类,但式(2)的相关性稍稍高于式(4),故可选择式(2)作为甬江感潮河段的水流输沙能力公式,洪、枯季的系数取值可参考以上计算所得.由于洪枯季时水流输沙能力公式所选取的系数值差别较大,因此对于甬江等洪枯季含沙量变化较大的感潮河流,应分别建立洪枯季的水流输沙能力公式,更能反映河道输沙规律.

统计洪枯季大潮时CS2~CS5断面悬沙输沙量可知:枯季各断面涨落潮输沙量大于洪季,洪季大潮平均净输沙量为1 811 t,枯季大潮平均净输沙量为1 903 t,枯季大潮净输沙量为洪季大潮净输沙量的1.05倍,这与洪季大潮净泄潮量大于枯季净泄潮量的规律相反,从侧面说明了枯季水流含沙量大于洪季水流含沙量.

4 结 语

本文通过对甬江河段洪枯季水文、泥沙资料的统计分析,得到以下结论:

(1)甬江洪季最高潮位、最低潮位、平均潮位和最大潮差略大于枯季.洪枯季大小潮平均落潮历时大于涨潮;洪季大潮的平均涨潮历时比枯季长,平均落潮历时比枯季短,小潮时则相反.各断面垂线平均流速呈现“大潮>小潮”、“落潮>涨潮”的特征;进潮量与涨潮差呈线性相关,相关系数达0.96以上,且甬江河段最高潮位在位相上滞后于最大流速,可进行河道潮位预报.

(2)甬江洪枯季各断面垂线平均含沙量呈现“枯季>洪季”、“大潮>小潮”的特征;含沙量垂线分布以II型为主,与内河河道含沙量规律较为一致,且甬江感潮河段的II型分布曲线存在II-A,B,C,D共4种主要类型,受泥沙的絮凝作用及潮流的紊动、扩散的共同作用,CS2到CS5断面的含沙量垂线分布由比较均匀的B型和D型占多数,逐渐发展为较不均匀的A型的比例增大,接近河口处又以较均匀的D型为主.

(3)在黄胜和张定邦等前人研究的水流输沙能力基础上,引入背景含沙量,采用线性回归法得到甬江感潮河段洪、枯季的水流输沙能力公式;对于甬江等洪枯季含沙量变化较大的河流,分别建立洪枯季的水流输沙能力公式,更能反映河道输沙规律.

参 考 文 献:

- [1] 沈承烈. 甬江河床演变及航道治理[J]. 地理研究, 1988, 7(8): 58-66. (SHEN Cheng-lie. The fluvial process of the Yongjiang River and its channel regulation[J]. Geographical Research, 1988, 7(8): 58-66. (in Chinese))
- [2] 沈承烈. 甬江的冲淤规律及其影响因素[J]. 浙江大学学报(理学版), 1983, 10(4): 534-544. (SHEN Cheng-lie. Analysis of erosion and sedimentation of the Yong River bed and the factors affecting them[J]. Journal of Zhejiang University (Science Edition), 1983, 10(4): 534-544. (in Chinese))
- [3] 袁美琦. 甬江河道淤积问题的分析[J]. 水道港口, 1982, 3(2): 11-14. (YUAN Mei-qi. Analysis of Yong River's deposition[J]. Journal of Waterway and Harbor, 1982, 3(2): 11-14. (in Chinese))
- [4] 张定邦, 袁美琦. 甬江口镇海港航道整治[J]. 水运工程, 1983, 9(12): 1-6. (ZHANG Ding-bang, YUAN Mei-qi. Waterway regulation of Zhenhai harbor in Yong River mouth[J]. Port and Waterway Engineering, 1983, 9(12): 1-6. (in Chinese))
- [5] 张定邦, 李春玲, 李旺生. 甬江河床演变分析[J]. 水道港口, 1986, 7(3): 1-12. (ZHANG Ding-bang, LI Chun-ling, LI Wang-sheng. Analysis of Yong River riverbed evolution[J]. Journal of Waterway and Harbor, 1986, 7(3): 1-12. (in Chinese))
- [6] 杨成刚, 王海亚. 宁波市甬江河床演变规律及淤积原因分析[J]. 今日科苑, 2011, 15(12): 180-181. (YANG Cheng-gang, WANG Hai-ya. Analysis of Yong River riverbed developing law and course of sedimentation in Ningbo city[J]. Modern Science, 2011, 15(12): 180-181. (in Chinese))
- [7] 李光炳, 施祖蓉. 甬江淤积及治理的探讨[J]. 东海海洋, 1986, 4(2): 1-7. (LI Guang-bing, SHI Zu-rong. Study of the siltation and its control of the Yongjiang River[J]. Donghai Marine Science, 1986, 4(2): 1-7. (in Chinese))

- [8] 高辉巧, 张晓雷, 孙东坡. 宝达码头扩建对甬江河段行洪影响分析[J]. 水利水电技术, 2008, 39(7): 82-89. (GAO Hui-qiao, ZHANG Xiao-lei, SUN Dong-po. Analysis on impact from enlargement of Baoda dock on flood discharge of reach of Yongjiang River[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2008, 39(7): 82-89. (in Chinese))
- [9] 倪晋仁, 王光谦. 论悬移质浓度垂线分布的两种类型及其产生的原因[J]. 水利学报, 1987, 18(7): 60-67. (NI Jin-ren, WANG Guang-qian. Two vertical distribution types of suspended sediment concentration and their generated reasons[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1987, 18(7): 60-67. (in Chinese))
- [10] 钱宁, 万兆惠. 泥沙运动力学[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 76-79. (QIAN Ning, WAN Zhao-hui. Sediment movement mechanics[M]. Beijing: Science Press, 1983: 76-79. (in Chinese))
- [11] 王兴奎. 河流动力学基础[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002: 269-273. (WANG Xing-kui. River dynamic basis [M]. Beijing: Water Conservancy and Hydropower Press, 2002: 269-273. (in Chinese))
- [12] 陆永军, 袁美琦. 潮汐河口二维动床紊流模型[J]. 水科学进展, 1998, 9(2): 151-158. (LU Yong-jun, YUAN Mei-qi. 2-D mobile-bed turbulent model for tidal funnel[J]. Advances in Water Science, 1998, 9(2): 151-158. (in Chinese))
- [13] 黄胜, 卢启苗. 河口动力学[M]. 北京: 水利电力出版社, 1995: 104-105. (HUANG Sheng, LU Qi-miao. Estuary dynamics[M]. Beijing: Water Conservancy and Hydropower Press, 1995: 104-105. (in Chinese))
- [14] 张定邦, 袁美琦, 王育林. 甬江口悬沙模型试验[J]. 泥沙研究, 1981, 26(2): 42-51. (ZHANG Ding-bang, YUAN Mei-qi, WANG Yu-lin. The test of suspended sediment model of Yong River delta[J]. Journal of Sediment Research, 1981, 26(2): 42-51. (in Chinese))
- [15] 陆建宇, 陆永军, 李浩麟. 甬江河口挟沙能力的初步探讨[J]. 海洋工程, 2002, 20(1): 46-51. (LU Jian-yu, LU Yong-jun, LI Hao-lin. A primary research for sediment carrying capacity in Oujiang estuary[J]. Ocean Engineering, 2002, 20(1): 46-51. (in Chinese))

Analysis of water and sediment characteristics during flood and low water period of Yong River

CHEN Jun^{1,2}, JI Min¹, ZHANG Hong-ji³, YAN Wen-wu⁴, TANG Hong-wu^{1,2}

(1. Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098; 3. HydroChina Chengdu Engineering Corporation, Chengdu 610072, China; 4. Water Conservancy and Hydropower Planning and Design Research Institute, Ningbo 315192, China)

Abstract: Based on the observed data of hydrology and sediment in July, 2010 (flood period) and January, 2011 (low-flow period), tidal level, fluctuation-tide duration, velocity, tidal quantity, distribution of sediment concentration and sediment transport capacity are discussed in this paper. Ultimately, some conclusions are achieved. Firstly, the tidal level eigenvalues such as the maximum, minimum, average and extreme tidal range are little bigger during flood than those during the low. Secondly, the average flood-tide duration is longer during flood than low water period at spring tide. The average ebb-tide duration of spring tide is taken shorter time during flood. However, the law is opposite when it is a neap tide, whether it is in flood or in low water period. Thirdly, characteristics of each cross section's mean velocity in vertical increased along the way are spring higher than neap, ebb higher than flood during flood and low-flow period. Tidal influx and flood tidal level difference are linear correlation. Finally, the characteristics of each cross section's mean sediment concentration in vertical are low-flow period higher than flood, spring higher than neap. And the sediment concentration distribution in vertical is II type. A formula of sediment transport capacity of which background sediment concentration is brought into is developed during flood and low-flow period.

Key words: Yong River; tidal river reach; flood and low-flow period; water and sediment characteristics; sediment transport capacity