

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2012.03.016

整治工程后长江口南北槽的分流分沙季节特征

杨 婷^{1 2}, 陶建峰^{1 2}, 刘桂平³, 张长宽²

(1. 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 ;
2. 河海大学港口海岸与近海工程学院 江苏 南京 210098 ; 3. 水利部长江水利委员会长江口水文水资源勘测局 上海 200136)

摘要 : 利用 2009 年 2 月 4 日和 11 月共 4 次长江口南北槽的全潮水文泥沙测验数据 , 分析全年 4 个季节期间长江口南北槽的分流、分沙特征。结果表明 : 南槽的分流比、分沙比均大于北槽的分流比、分沙比 , 进入南港河道的水流、泥沙通过南槽的流量大于其通过北槽的流量。在春夏秋 3 个季节 , 南北槽均处于由陆向海输运格局 , 在冬季 , 南槽处于由海向陆输移状态 , 泥沙更易于南槽落淤 , 而北槽处于由陆向海净输移状态。与 2006 年、2007 年冬季相比较 , 长江口三期整治工程实施后 , 北槽的水动力作用进一步加强。

关键词 : 长江口 ; 南槽 ; 北槽 ; 分流 ; 分沙 ; 季节特征

中图分类号 : TV143 文献标志码 : A 文章编号 : 1000-1980(2012) 03-0338-07

Seasonal characteristics of flow and suspended sediment diversion in South and North channels of Yangtze Estuary after implementation of regulation project

YANG Ting^{1 2}, TAO Jian-feng^{1 2}, LIU Gui-ping³, ZHANG Chang-kuan²

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering ,
Hohai University , Nanjing 210098 , China ;

2. College of Harbor , Coastal and Offshore Engineering , Hohai University , Nanjing 210098 , China ;

3. Changjiang River Estuary Investigation Bureau of Hydrology and Water Resources , Changjiang Water Resources Commission , Ministry of Water Resources , Shanghai 200136 , China)

Abstract : Based on measured data of water and sediment discharge in the South and North channels of the Yangtze Estuary in February , April , August , and November of 2009 , the characteristics of the flow and suspended sediment diversion in four seasons of the year were analyzed. The results show that the diversion ratios of flow and suspended sediment in the South Channel were higher than those in the North Channel ; the fluxes of water and sediment entering the Nangang Channel were larger when they flowed through the South Channel than through the North Channel ; in spring , summer , and autumn , a large amount of suspended sediment was transferred from the land to the sea both in the South Channel and in the North Channel ; in the winter , the suspended sediment was transferred from the sea to the land in the South Channel and from the land to the sea in the North Channel , and it was more easily deposited in the South Channel ; and the hydrodynamic effect in the North Channel was more significant after implementation of the third-stage regulation project in the Yangtze Estuary , compared with that in the winter of 2006 and 2007.

Key words : Yangtze Estuary ; South Channel ; North Channel ; flow diversion ; suspended sediment diversion ; seasonal characteristics

收稿日期 : 2011-06-12

基金项目 : 国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2010CB429001) ; 高等学校博士学科点专项科研基金(20090094120005) ; 中央高校基本科研业务费专项(2010B03014)

作者简介 : 杨婷(1987 —) , 女 , 浙江杭州人 , 硕士研究生 , 主要从事河口海岸水动力与物质输运研究。E-mail : baiyeyangting@126.com

通讯作者 : 陶建峰(1980 —) , 男 , 浙江武义人 , 副教授 , 博士 , 主要从事河口海岸水动力与物质输运研究。E-mail : taotao@hhu.edu.cn

分汊河口是一种常见的河口形态,是在特定的水流、泥沙和河床边界条件下形成的^[1]。在分汊河口,分流、分沙是普遍现象。随着人类对河口改造活动的加剧,河口的水沙条件可能发生急剧改变,这些改变有可能使分流、分沙的缓慢变化加剧,甚至改变原来的分流、分沙规律^[2-4]。长江口属于典型的分汊型河口(图 1),南北槽是其主要入海通道^[5]。了解长江口的分流比、分沙比是了解长江口水文泥沙过程的重要手段,也是评价各种大型工程项目(如长江口深水航道整治工程)实施后对长江口影响的基本内容,对航道整治工程有重要的参考意义。

近年来,为打通长江口拦门沙这一制约长江三角洲经济发展的瓶颈,在南港—北槽开展了深水航道整治工程^[6](图 1)。长江口整治工程自 1998 年开始实施,于 2002 年、2005 年和 2009 年分别完成了一、二、三期工程的建设,取得了良好的效果。但在整治工程后,南槽、北槽分汊口河段产生了明显的冲淤响应^[7],北槽进口段发生了淤积^[8],北槽流场也发生了变化,主要表现在水动力条件沿程分布的改变^[9]。万正松等^[10]基于 2007 年 2 月长江口南支水沙资料,对南支分流比、分沙比进行了分析,得到枯季大潮期间南支拦门沙海域产生一定程度的淤积,且南槽较为显著的结论。

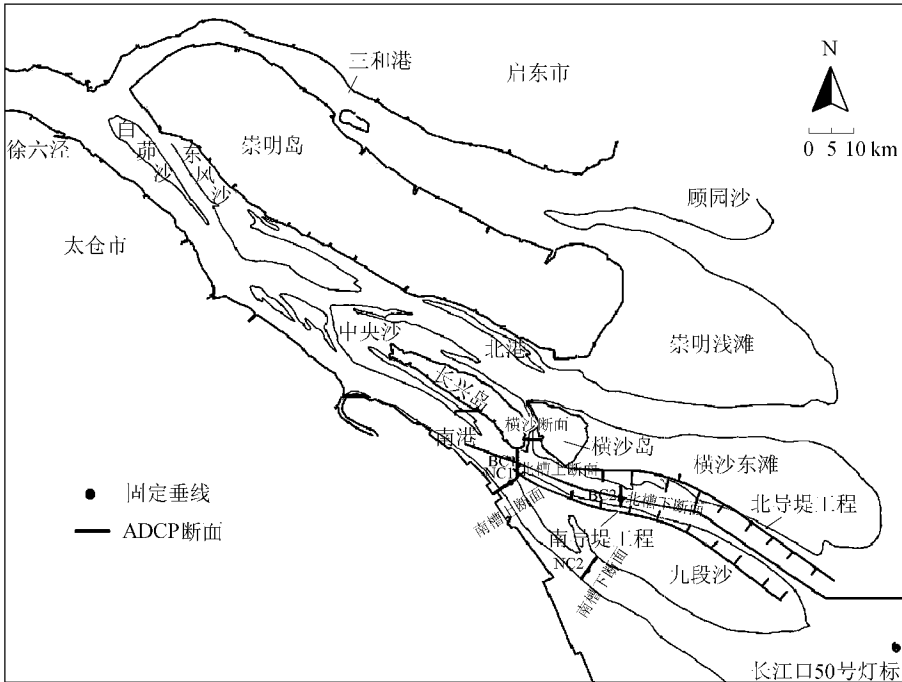


图 1 长江口河段及南北槽测验断面

Fig. 1 Locations of survey stations of South and North channels of Yangtze Estuary

本文基于 2009 年南北槽河段现场水沙观测资料,分析 2009 年内不同季节分流、分沙特征,并与 2006 年、2007 年冬季进行比较,分析航道整治工程后长江口分水分沙的特征。

1 资料与计算方法

1.1 资料

2009 年 2 月(冬季)、4 月(春季)、8 月(夏季)和 11 月(秋季),于长江口南槽、北槽及横沙通道上共布设 5 条 ADCP 测验断面(南槽上、南槽下、北槽上、北槽下、横沙通道)和 4 条固定垂线(南槽上、南槽下、北槽上、北槽下)(图 1),对大潮全潮的流速、流向、悬移质含沙量等进行了现场观测。

1.2 分流比、分沙比的计算方法

汊道分流、分沙一般用分流比、分沙比来表示。随着潮位涨落,长江口南槽、北槽河段的水沙通量也随之变化。目前,许多研究者对河道分流、分沙模式进行了较深入的研究^[11-12],但是针对感潮河段涨落潮期间的分流比、分沙比定义尚未见报道。丁君松等^[11]认为天然河道中,在河道不冲不淤的情况下,分汊河道的分流比、分沙比可定义为

$$\eta_L = \frac{Q_L}{Q_L + Q_R} \quad \eta_R = \frac{Q_R}{Q_L + Q_R} \quad \xi_L = \frac{Q_L S_L}{Q_L S_L + Q_R S_R} \quad \xi_R = \frac{Q_R S_R}{Q_L S_L + Q_R S_R}$$

其中
$$\eta_L + \eta_R = 1 \qquad \xi_L + \xi_R = 1$$

式中： η_L, η_R ——左汉、右汉的分流比，%； ξ_L, ξ_R ——左汉、右汉的分沙比，%； Q_L, Q_R ——全潮期间，通过左汉、右汉分汉断面（含边滩和深槽在内）的水通量， m^3/s ； S_L, S_R ——全潮期间左汉、右汉分汉断面（含边滩和深槽在内）的平均含沙量， kg/m^3 。定义北槽为左汉，南槽为右汉。

2 分 流 比

2009 年各季节的涨落潮分流比见图 2。

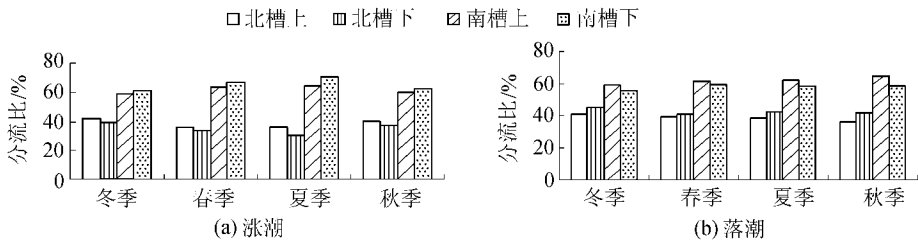


图 2 2009 年南北槽分流比

Fig. 2 Flow diversion ratios in South and North channels in 2009

从涨潮分流比(图 2(a))来看：北槽的分流比在春、夏较低，北槽上断面春、夏两季的分流比分别为 36.2% 和 35.9%，较秋、冬两季的分流比 40.2% 和 41.6% 平均小 4.9%；北槽下断面春、夏两季则分别为 33.3% 和 29.7%，较秋、冬两季的分流比 37.5% 和 39.0% 平均小 6.8%。北槽上、北槽下两断面的涨潮分流比均在冬季(枯季)达到年内最大值，而南槽的涨潮分流比在春、夏两季较高，南槽上断面在春、夏两季的分流比分别为 63.8% 和 64.1%，较秋、冬两季的分流比 58.4% 和 59.8% 平均大 4.9%，南槽下断面春、夏的分流比则分别为 66.7% 和 70.4%，较秋、冬两季的分流比 61.0% 和 62.5% 平均大 6.8%。南槽上、南槽下两断面的涨潮分流比均在冬季达到年内最小值。

对于落潮分流比而言(图 2(b)) 4 个季节的分流比变化并不明显，只在冬季有微小的浮动，冬季，北槽上、北槽下断面的分流比分别为 41.1% 和 44.6%，均为年内落潮分流比最大值，南槽上、南槽下断面的分流比分别为 58.9% 和 55.4%，较其他 3 个季节的分流比为最低值，与涨潮期间的冬季分流比分布情况一致。

北槽涨落潮分流比的季节差异与长江口洪淤枯冲的变化有着一定的关系，比较涨落潮期间的分流比来看，北槽上、北槽下断面的分流比均小于南槽上、南槽下断面的分流比，说明在涨落潮过程中，南港的水流通过南槽的总通量大于其通过北槽的总通量。

表 1 为 2009 年南北槽各断面涨落潮水通量和净泄流量，图 3 为 2009 年不同季节北槽断面的流量过程线(正号表示落潮，负号表示涨潮)。

表 1 2009 年南北槽各断面水通量

Table 1 Water fluxes of South and North channels in 2009

断面名称	涨潮水通量/万 m ³				落潮水通量/万 m ³				净泄流量/万 m ³			
	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季
北槽上	-129 700	-83 260	-103 490	-90 670	131 900	139 900	162 100	108 000	2 247	56 600	58 570	17 290
北槽下	-158 300	-104 500	-102 800	-100 700	189 600	181 300	223 400	169 700	31 300	76 750	120 600	69 020
南槽上	-182 000	-147 000	-184 800	-134 700	189 100	220 600	262 100	195 700	7 085	73 590	77 330	60 940
南槽下	-247 600	-209 430	-243 900	-167 700	235 100	264 240	308 400	238 200	-12 530	54 820	64 510	70 460
横沙通道	-38 640	-42 520	-52 470	-30 350	30 700	28 130	42 650	57 200	-7 946	-14 400	-9 818	26 840

注：负数表示指向上游河道，正数表示指向外海方向。

从表 1 可以看出，涨潮期间，南槽下、北槽下断面的水通量分别大于南槽上、北槽上断面的逐时水通量，这主要是在涨潮期间，南导堤附近存在较强的涨潮越堤水流^[13]，受南槽下断面漫滩水流^[14]的影响，南槽上断面的水流要小于南槽下断面，而北槽下断面的潮水往上涨时，分别通过北槽上断面和横沙通道继续往上涨涨。由于横沙通道的分流，使得通过北槽上断面的水通量比北槽下断面的水通量少，但是由图 3 可以看出，北槽上断面的潮流量只在涨潮的后半潮期间比北槽下断面大，在前半潮期间北槽上断面的流量比北槽下断面小，表明此时南北槽水流之间存在交换现象，与万正松等^[10]南槽上涨的部分潮水进入北槽上部，使得北

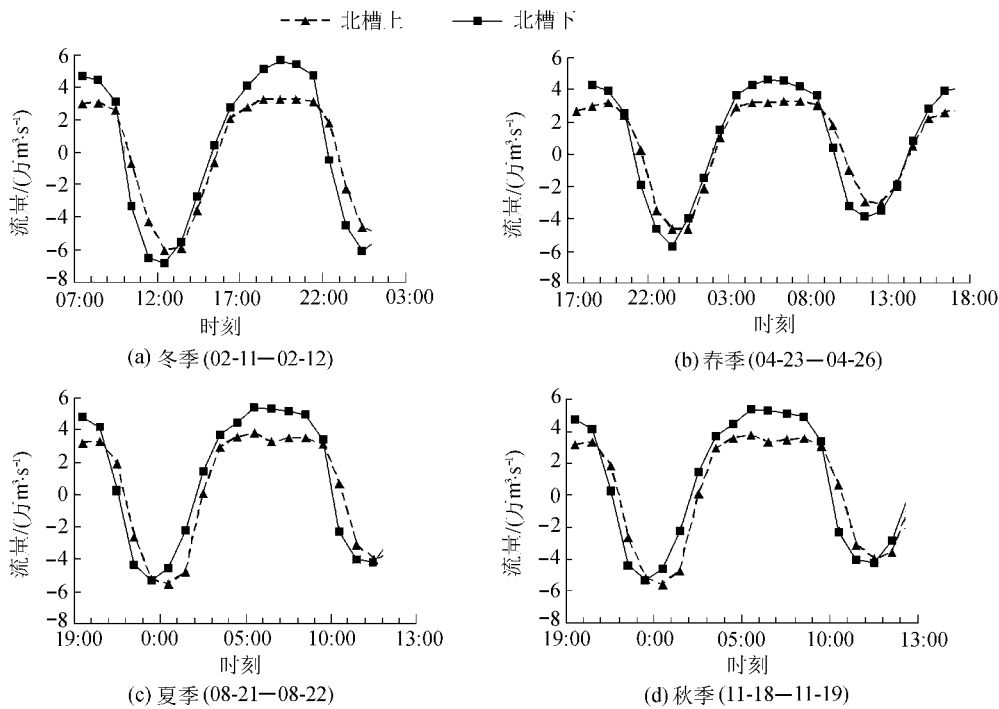


图 3 2009 年北槽断面流量过程线

Fig. 3 Discharge hydrograph of North Channel in 2009

槽上断面的分流比增大,南槽上断面的分流比与水通量相对南槽下断面减小的观点一致.落潮期间,北槽下断面的逐时水通量均大于北槽上断面的逐时水通量,与北槽分流比的结果一致(图 2).南槽下、北槽下断面的水通量分别比南槽上、北槽上断面大(表 1),而南槽下断面的分流比小于南槽上断面(图 2).分析其主要原因:落潮期间,通过北槽下断面的水流不仅包括来自北槽上断面的水流,而且包括由横沙通道下泄的水流,从而使得通过北槽下部的流量增加,造成北槽下断面的分流比增大,相应地南槽下断面的分流比减小.落潮优势基本能反映出通过该断面向下游输运悬沙的动力^[15].由表 1 可知,北槽上断面较弱、下段面较强的落潮优势反差容易在中段出现泥沙落淤现象,南槽上、南槽下断面的落潮优势差别不大.在涨落潮期间,通过南槽的水流量大于通过北槽的,说明南槽的水流输入海能力更强.

3 分 沙 比

2009 年各季节涨落潮分沙比见图 4.

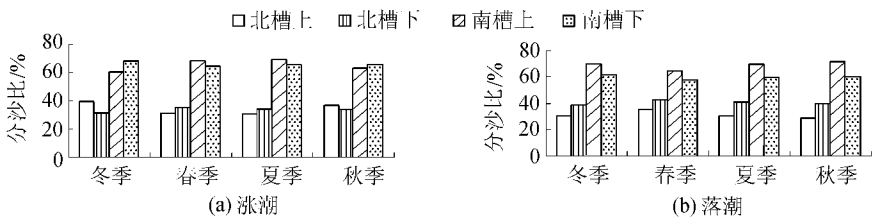


图 4 2009 年南北槽分沙比

Fig. 4 Diversion ratios of suspended sediment in South and North channels in 2009

涨潮期间(图 4(a)),北槽上断面,春、夏两季的分沙比分别为 31.2% 和 30.9%,较秋、冬两季 36.9% 和 39.6% 低,而北槽下断面,春、夏两季的分沙比分别为 35.2% 和 34.0%,较秋、冬(尤其是冬季)两季 34.2% 和 31.1% 高,南槽的情况与之不同,南槽上断面,春、夏两季的分沙比分别为 68.8% 和 69.2%,较秋、冬两季 63.1% 和 60.4% 高,南槽下断面,春、夏两季的分沙比分别为 64.8% 和 66.0%,较秋、冬(尤其是冬季)两季的分沙比 65.8% 和 68.9% 低.在冬季(枯季),北槽上断面(39.6%)与南槽下断面(68.9%)的涨潮分沙比均达到年内的最大值,而北槽下断面(31.1%)与南槽上断面(60.4%)的涨潮分沙比则均为年内最小值.

落潮期间(图4(b)),南槽、北槽均在冬、春两季发生了波动,春季尤甚。春季,北槽上断面、北槽下断面的分沙比分别为35.4%和42.6%,与其他3个季节的分沙比相比为最高值;而南槽上断面、南槽下断面的分沙比分别为64.6%和57.4%,为年内落潮分沙比最小值。相较于分流比冬季变化较为明显,以及涨潮期间分沙比在冬季的分布特点,落潮期间的分沙比在冬季的分布没有明显的特征。从纵向分布来看,落潮期间,北槽上断面的分沙比小于北槽下断面的分沙比,而南槽则是上断面的分沙比大于下断面的分沙比,表明北槽上断面的落潮流动力减弱,上段输沙能力较下段减弱,与此同时,南槽上断面的落潮流动力增强。

从整体上(图4)来看,全潮周期内,南槽的分沙比始终大于北槽的分沙比,说明整体上进入南港河道的泥沙通过南槽的沙通量大于其通过北槽的沙通量。

表2为2009年南北槽各断面涨落潮沙通量以及净泄沙量。由表2可见,涨潮时,进入南槽上、南槽下断面的输沙量分别比进入北槽上、北槽下断面的输沙量大52%~124%;落潮时,进入南槽上、南槽下断面的输沙量分别比进入北槽上、北槽下断面的输沙量大35%~158%,表明进入南港河道的泥沙以通过南槽通道为主。从表2看出,冬季,进入北槽上断面进口段的泥沙量达到37.6万t,进口段处于淤积状态。三期工程自2006年9月开工至2009年1月,航道疏浚困难,全槽水深下降,对北槽净泄沙量的输运有一定的影响,可能因此造成冬季北槽进口段泥沙落淤的格局。由表2可知,在春夏秋三季,北槽下断面的净泄沙量均远大于冬季,且夏季北槽处于冲刷状态,与长江口的洪淤枯冲的特征不同,与三期减淤工程的实施有一定的关系。减淤工程于2008年底开工,2009年4月完工。完工后,北槽流场发生了变化,主要表现在水动力条件沿程变化的改变,下段水流动力显著增强。由表2可知,夏季进入南北槽上部的泥沙量分别为21.2万t,19.3万t,从南北槽下部输出的沙量分别为44.1万t,73.6万t,这样在南北槽的泥沙冲刷量分别为6.4万(年内最小值),70.7万(年内最大值)。该结果对于长江口各水道地形变化、长江口深水航道维护与航道资源的开发利用具有重要的参考价值。

表2 2009年南北槽各断面沙通量
Table 2 Sediment fluxes of South and North channels in 2009

断面名称	涨潮沙通量/万t				落潮沙通量/万t				净泄沙量/万t			
	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季
北槽上	-88.6	-38.3	-51.3	-59.7	51	57.6	74.2	50.5	-37.6	19.3	22.9	-9.26
北槽下	-93.5	-111.0	-161.0	-97.7	97.3	184.0	254.0	143.0	3.78	73.6	93.8	45.4
南槽上	-135.0	-84.3	-115.0	-102.0	117.0	105.0	169.0	127.0	-18.0	21.2	54.0	25.6
南槽下	-207.0	-204.0	-312.0	-188.0	156.0	248.0	372.0	215.0	-51.0	44.1	60.4	26.5
横沙	-18.9	-18.9	-27.9	-18.0	6.7	5.1	17.8	41.5	-12.1	-13.8	-10.1	23.5

注:负数表示指向上游河道,正数表示指向外海方向。

4 冬季南北槽分流、分沙比较

通过2009年分流比、分沙比的比较,可知在涨落潮期间,通过南槽的水通量、沙通量大于北槽。冬季为年内枯季,受径流影响小,分流比、分沙比等反映的主要是潮流影响下的水流泥沙运动情况。长江河口受径流、潮流等因素的影响,水沙特性复杂,长江口深水航道整治工程是在时刻变化着的水流、泥沙条件下进行工程建设。了解潮流影响下的水沙运动特性,可以更好地了解航道所在水域的地形及水、沙运动情况,正确预测航道的回淤量。

2006年冬季,二期工程结束1a,经过分水分沙的调整,可以较好地反映二期工程对南北槽的水沙影响;2007年冬季,三期工程进行1a,可以观察工程前期南北槽的水流泥沙运动状态;2009年冬季,三期工程末期,可以进一步了解工程对南北槽的影响。

2006年、2007年及2009年冬季大潮期间南北槽分流比、分沙比见表3,2006年、2007年及2009年冬季大潮期间的南北槽净泄流量、净泄沙量见表4。

从表3看出,2006年冬季,北槽下断面的落潮分流比、分沙比分别较北槽上断面大6%和9%,南槽上断面的落潮分流比、分沙比较南槽下断面小,南北槽的涨潮分流比、分沙比较稳定。北槽下断面的落潮分流比、分沙比较北槽上断面大有利于水流携带泥沙输运入海。2006年,北槽的净泄流量(表4)大于南槽,其净泄沙量小于南槽,北槽进口段泥沙更易出现泥沙落淤状态,南槽整体向陆净输沙。北槽的净泄流量大于南槽,但并不等同于更多的水通量从北槽通过。

表 3 南北槽 2006 年、2007 年与 2009 年冬季分流比、分沙比比较

断面名称	分流比/%						分沙比/%					
	涨潮			落潮			涨潮			落潮		
	2006 年	2007 年	2009 年	2006 年	2007 年	2009 年	2006 年	2007 年	2009 年	2006 年	2007 年	2009 年
北槽上	38	38	42	42	40	41	39	39	40	40	39	30
北槽下	42	42	39	48	42	45	40	43	31	49	46	38
南槽上	62	62	58	58	60	59	61	61	60	60	61	70
南槽下	58	58	61	52	58	55	60	57	69	51	54	62

表 4 南北槽 2006 年 2007 年与 2009 年冬季净泄流量、净泄沙量比较

断面名称	净泄流量/万 m ³			净泄沙量/万 t		
	2006 年	2007 年	2009 年	2006 年	2007 年	2009 年
北槽上	20 890	17 980	2 247	- 8.90	- 1.05	- 37.60
北槽下	40 280	27 860	31 330	3.85	- 1.50	3.78
南槽上	7 588	15 580	7 085	- 17.80	- 1.65	- 18.00
南槽下	4 478	30 040	- 12 530	- 63.50	- 3.83	- 51.00

2007 年冬季 ,北槽下断面的落潮分流比、分沙比减小 ,不利于泥沙的输运入海 .与 2006 年相比 ,北槽的净泄流量(表 4)减少了 33% ,而南槽的净泄流量增加了 278% .北槽出现了轻微的由海向陆泥沙输移现象 (0.45 万 t) ,净泄沙量较 2006 年小 ,但 2006 年冬季形成的南槽向陆净输沙状态得以缓解 .

2009 年冬季 ,南槽、北槽的涨落潮分沙比(表 3)变化较大 ,尤以落潮为甚 .北槽的落潮分沙比减小 ,表明泥沙通过北槽输运入海的几率在减小 .从表 4 可以看出 ,2009 年冬季 ,北槽的净泄流量大致与工程初期平衡 ,而南槽的净泄流量减小 .对净泄沙量而言 ,北槽已由工程初期的由陆向海输移泥沙转变为由海向陆运输格局 (- 33.82 万 t) ,而南槽泥沙由陆向海输移 (33 万 t) 较 2006 年冬季形成的向陆净输沙状态 (45.7 万 t) 得到较好的减缓 .南槽的净输沙量较北槽大 57.8% ~ 1 550% .开展三期工程后 ,虽然在工程初期 ,南北槽的水流分流不稳定 ,北槽也易出现落淤 ,但在末期 ,水流、泥沙的输运已经与二期工程结束时的状态较为一致 ,且北槽的泥沙输运情况比二期工程结束后的效果更好 .

5 结 论

a. 2009 年全潮期间 ,北槽的涨落潮分流比、分沙比均分别小于南槽的分流比、分沙比 ,且北槽的涨落潮水通量、沙通量小于南槽 ,但是整体上北槽的净泄流量以及净泄沙量较南槽大 .进入南港河道的水流、泥沙通过南槽的总通量大于北槽的总通量 .

b. 根据观测结果 ,涨落潮的分流比、分沙比呈现明显的季节差异 ,与长江的洪枯季变化有着紧密的联系 ,基本体现在夏、冬两季 ,尤以冬季要引起重视 .冬季 ,南北槽的净泄流量与净泄沙量均为年内最小值 ,夏季则均为年内最大值 .

c. 根据整治工程期间南北槽的比较 ,发现 2006 年冬季 ,北槽进口段易出现少量泥沙落淤 ,南槽整体向陆净输沙 .2007 年冬季 ,分流、分沙得以调整 ,北槽也易出现泥沙落淤现象 .2009 年 ,北槽的水动力加强 ,北槽转换为由陆向海输沙格局 ,南槽在 2006 年出现的由海向陆净输沙现象也得以缓解 .

参考文献：

[1] 孙志林 ,金元欢 .分汊河口的形成机理[J].水科学进展 ,1996 ,7(2) :144-150.(SUN Zhi-lin ,JIN Yuan-huan. Mechanism of formation of an anabranch ed estuary[J]. Advances in Water Science ,1996 ,7(2) :144-150.(in Chinese))

[2] 余新明 ,谈广鸣 .河道冲淤变化对分流分沙比的影响[J].武汉大学学报 :工学版 ,2005 ,38(1) :44-48.(YU Xin-ming ,TAN Guang-ming. Research on diversion model of discharge and sediment with the erosion and deposition of river[J]. Journal of Wuhan University of Hydraulic and Electric Engineering 2005 ,38(1) :44-48.(in Chinese))

[3] 燕京 ,徐锡荣 ,缙文娟 .长江八卦洲汉道水沙特性与治理[J].河海大学学报 :自然科学版 ,2010 ,38(3) :313-316.(YAN Jing ,XU Xi-rong ,GOU Wen-juan. Water and sand characteristics and regulation of Baguazhou branch of Yangtze River[J]. Journal of Hohai

University :Natural Sciences 2010 38(3) 313-316. (in Chinese))

- [4] 徐锡荣 臧英平 仲跻文 等. 长江新济洲汊道演变与整治[J]. 河海大学学报 :自然科学版 2010 38(4) 373-377. (XU Xi-rong ZANG Ying-ping ZHONG Ji-wen et al. Fluvial process and regulation of Xinjizhou branched channel on Yangtze River[J]. Journal of Hohai University :Natural Sciences 2010 38(4) 373-377. (in Chinese))
- [5] 杨世伦 贺松林 谢文辉. 长江口九段沙的形成演变及其与南北槽发育的关系[J]. 海洋工程 1998 16(4) 55-65. (YANG Shi-lun HE Song-lin XIE Wen-hui. The formation and evolution of the Jiuduansha tidal island as well as their relation to the development of the north and south passages in the Yangtze River estuary[J]. The Ocean Engineering , 1998 ,16(4) :55-65. (in Chinese))
- [6] 刘杰 徐志杨 赵德招 等. 长江口深水航道(一、二期工程)回淤变化[J]. 泥沙研究 2009 4(2) 22-28. (LIU Jie XU Zhi-yang ZHAO De-zhao et al. Change of re-siltation in the Yangtze Estuary deepwater channel during 1st and 2nd stages[J]. Journal of Sediment Research 2009 4(2) 22-28. (in Chinese))
- [7] 陈志昌 罗小峰. 长江口南港及南北槽分汊口河床形态特征研究[J]. 水利水运工程学报 2005 12(4) 1-5. (CHEN Zhi-chang LUO Xiao-feng. Study on riverbed form of South Channel and South-North-Passage bifurcation in the Yangtze Estuary[J]. Hydro-Science and Engineering 2005 12(4) 1-5. (in Chinese))
- [8] 刘杰 陈吉余 徐志扬. 长江口深水航道治理工程实施前后南北槽分汊段河床演变[J]. 水科学进展 2008 19(5) 605-612. (LIU Jie CHEN Ji-yu XU Zhi-yang. River-bed evolution in the braided reach of the south and north passage after implementing Yangtze Estuary deepwater navigational improvements[J]. Advances in Water Science 2008 19(5) 605-612. (in Chinese))
- [9] 余文畴 张志林. 关于长江口近期河床演变的若干问题[J]. 人民长江 2008 39(8) 86-89. (YU Wen-chou ZHANG Zhi-lin. Some issues of river channel evolution of the Yangtze Estuary in recent period[J]. Yangtze River 2008 39(8) 86-89. (in Chinese))
- [10] 万正松 闵凤阳 张志林 等. 长江口南支分流分沙比观测与分析[J]. 南京大学学报 :自然科学版 2009 45(3) 416-423. (WAN Zheng-song MIN Feng-yang ZHANG Zhi-lin et al. Observation and analyses of the water and sediment discharge ratios in the southern branch Changjiang Estuary[J]. Journal of Nanjing University :Natural Sciences 2009 45(3) 416-423. (in Chinese))
- [11] 丁君松 丘凤莲. 汊道分流分沙计算[J]. 泥沙研究 1981(1) 3-5. (DING Jun-song QIU Feng-lian. Calculation of sediment diversion branch road[J]. Journal of Sediment Research 1981(1) 3-5. (in Chinese))
- [12] 余新明 谈广鸣 张悦. 河道分流分沙计算模式研究进展[J]. 水利水电科技进展 2006 26(3) 67-71. (YU Xin-ming TAN Guang-ming ZHANG Yue. Advances in research of computational models for flow and sediment diversion in river channels[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources 2006 26(3) 67-71. (in Chinese))
- [13] 刘杰 赵德招 程海峰. 长江口九段沙近期演变及其对北槽航道回淤的影响[J]. 长江科学院院报 2010 27(7) 1-5. (LIU Jie ZHAO De-zhao CHENG Hai-feng. Recent morphological evolution of Jiushaduan shoal and its effect on navigation channel sedimentation of north passage in Yangtze River Estuary[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute 2010 27(7) 1-5. (in Chinese))
- [14] 金 虞志英 张志林 等. 对长江口深水航道治理工程中若干问题的思考[J]. 长江科学院院报 2011 28(4) 5-15. (JIN Liu YU Zhi-ying ZHANG Zhi-lin et al. Thoughts on the problems of the Yangtze Estuary deepwater channel regulation[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute 2011 28(4) 5-15. (in Chinese))
- [15] 谈泽炜 范期锦 郑文燕 等. 长江口北槽航道回淤原因分析[J]. 水运工程 2011(1) 29-40. (TAN Ze-wei FAN Qi-jin ZHENG Wen-yang et al. Analysis of reasons for the siltation in North Passage of Yangtze Estuary[J]. Port & Waterway engineering 2011(1) 29-40. (in Chinese))