

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2011.04.008

长江口北支近期水流泥沙输移及含盐度的变化特性

李伯昌¹,余文畴²,陈 鹏¹,徐 俊¹

(1.长江水利委员会长江口水文水资源勘测局,上海 200136 2.长江水利委员会长江科学院,湖北 武汉 430010)

摘要 为了保障长江口北支的航运功能,满足沿江两岸引排水需求,对 20 世纪 70 年代以来长江口水文观测资料进行分析。结果表明 近期北支分流比持续减少,涨潮分流比大于落潮 洪、枯季涨落潮分沙比呈减小之势,且均大于相应的分流比。近年来,泥沙倒灌南支现象有所减弱 北支河段受径流影响逐渐减小,主要受潮流作用影响,但随着下段喇叭口逐渐收缩,涨潮量有减小之势 北支涨潮含沙量大于落潮,在涨落潮流流路分离段含沙量明显大于其他位置。北支含盐度枯季显著大于洪季,且含盐度沿程的差异洪季明显大于枯季,近年来河段含盐度有所减小。人工缩窄工程对北支近期水流泥沙输移及其含盐度有明显的影响。

关键词 潮汐 潮流 分流比 分沙比 含盐度 北支 长江口

中图分类号 P333 **文献标识码** A **文章编号** :1004-6933(2011)04-0031-04

Variation characteristics of sediment transport and salinity in north branch channel of Yangtze River estuary in recent years

LI Bo-chang¹, YU Wen-chou², Chen Peng¹, Xu Jun¹

(1. Changjiang River Estuary Investigation Bureau of Hydrology and Water Resources, Changjiang Water Resources Commission, Shanghai 200136, China ; 2. Changjiang River Scientific Research Institute, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430010, China)

Abstract : In order to ensure the navigation functions of the north branch channel of the Yangtze River estuary and to meet the demand of water diversion and drainage in the region along the Yangtze River, the observed hydrology data of the Yangtze River Estuary since the 1970s, was analyzed. The results show that the flow diversion ratio of the north branch channel of the Yangtze River has been decreased continually in recent years, and its value at flood tide is greater than that at ebb tide. The sediment diversion ratios at flood and ebb tides tend to decrease in flood and dry seasons, and they are greater than the corresponding flow split ratios. The phenomenon that sediment flows backward into the south branch of Yangtze River estuary has been weakened in recent years. The influence of runoff on the north branch channel is decreasing gradually, and the tidal current has a dominant influence on the north branch channel. With the gradual narrowing of the bell-mouth in the downstream reach, the flood tidal volume tends to decrease. The sediment concentration at flood tide is greater than that at ebb tide. The sediment concentration at the reach where the flow paths of flood current and ebb current separate is greater than that at other sites. The salinity of the north branch channel in dry season is significantly greater than that in flood season. The salinity variation along the north branch in flood season is greater than that in dry season. The salinity has been decreased in recent years. The artificial narrowing projects have a significant effect on the recent variation of sediment transport and salinity of the north branch channel.

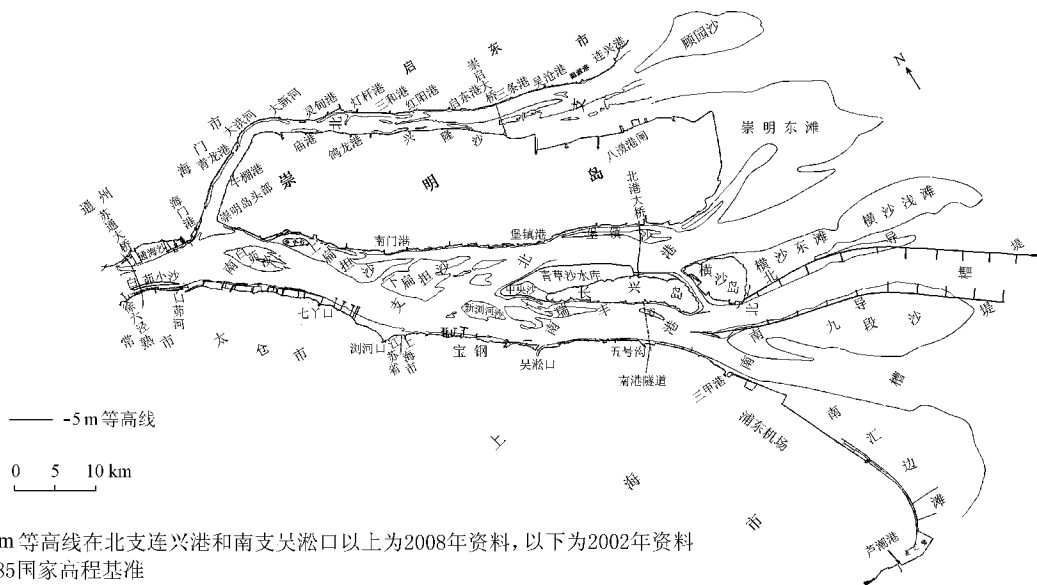
Key words : tide ; tidal current ; flow diversion ratio ; sediment diversion ratio ; salinity ; north branch channel ; Yangtze River estuary

1 河道概况

约 181.8 km。河段平面形态呈扇形,为三级分汊、四口入海的河势格局(图 1),共有北支、北港、北槽、南槽 4 个入海通道。

长江口上起徐六泾,下至口外 50 号灯标,全长

作者简介 李伯昌(1968—),男,江苏泰州人,高级工程师,主要从事长江口涉水工程的防洪影响评价及水资源分析论证工作。E-mail : cjklibc@126.com



备注：① -5 m 等高线在北支连兴港和南支吴淞口以上为2008年资料，以下为2002年资料
② 1985国家高程基准

图1 长江口现状河势

历史上北支曾经是长江入海主通道^[1]。18世纪以后，长江主流改道南支，进入北支的径流逐渐减少，导致河道中洲沙大面积淤涨，河宽逐渐缩窄，北支也逐渐演变为支汊。

目前，北支是长江出海的一级汊道，西起崇明岛头，东至连兴港，流经上海市崇明县、江苏省海门市、启东市，全长约 83 km。河道平面形态弯曲，弯顶在大洪河至大新河之间，目前弯曲系数 1.19 左右。弯顶上下河道均较顺直，河道最窄处已由原先的青龙港附近下移至目前的庙港上游 800 m 处，河宽约 1.6 km^[2] (图 1)。近年来，北支上口圩角沙附近又进行了一些围垦，崇明北沿促淤圈围工程正在按《长江口综合整治开发规划》(2008 年 3 月国务院批准)确定的北支近期整治方案——中缩窄方案逐步实施。

2 径流变化特征

2.1 分流比变化

1949 年以来北支分流比逐渐减小，目前洪季涨潮在 10% 左右，洪季落潮在 4% 左右；枯季涨潮在 7% 左右，枯季落潮在 3% 左右 (图 2)。分流比变化主要有以下特点：①洪、枯季涨、落潮分流比逐年减小；②涨潮分流比大于落潮分流比；③枯季涨、落潮

分流比明显小于洪季涨、落潮分流比；④洪季涨、落潮分流比之差值明显大于枯季，但近年来有减小趋势；⑤近年来洪季涨潮分流比明显减小，而落潮分流比虽有增减，但总趋势仍为减小；⑥近年来枯季涨潮分流比显著增大，而落潮分流比有所减小。

2.2 分沙比变化

南、北支近期实测潮期总涨、落潮输沙量及分沙比见表 1。由表 1 可见，北支近期分沙情况具有以下特征：①洪季涨、落潮分沙比急剧减小；②洪季涨潮分沙比显著大于落潮分沙比，二者均显著大于相应的分流比；③枯季涨、落潮分沙比明显小于洪季；④枯季涨、落潮分沙比大于相应的分流比，涨潮期尤为明显；⑤近期南、北支总输沙量急剧减小，北支洪季涨潮分沙比明显增大，而落潮分沙比却小得多；⑥小潮分沙比出现正值，近年来 (2007 年) 洪季大、小潮分沙比也为正值，说明泥沙不倒灌南支。

2.3 泥沙沿程分布特性

随着北支径流量的逐年减小，北支上游来沙较少。一般北支涨潮含沙量大于落潮，在灵甸港—三和港之间，潮平均含沙量明显较其他位置大 (图 3)，说明该段河道泥沙来源丰富，易于淤积。北支大潮期平均含沙量明显高于南支，说明北支的泥沙来

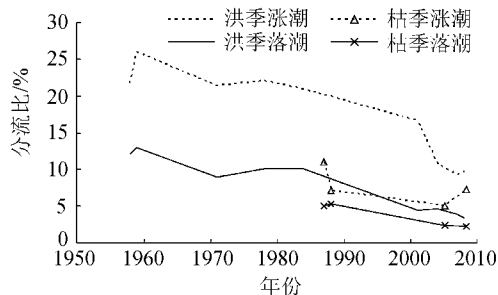


图2 北支近期分流比统计

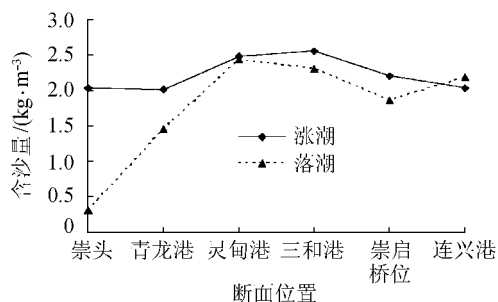


图3 2007年3月大潮期北支沿程主槽潮平均含沙量分布

表 1 南、北支实测潮期总涨、落潮输沙量及分沙比							
施测日期	潮别	南北支 总输沙 量/万 t	分沙比/%		南北支 净输沙 量/万 t	分沙比/%	
			南支	北支		南支	北支
1978-08-05 ~ 07	涨	124.76	43.1	56.9	57.6	133.3	- 33.3
	落	182.40	71.6	28.4			
1984-08-28 ~ 09-04	涨	1 191.06	62.3	37.7	1 082.9	108.2	- 8.2
	落	2 274.00	84.1	15.9			
1988-03-03 ~ 11	涨	302.99	70.9	29.1	191.8	124.2	- 24.2
	落	494.83	91.6	8.4			
2002-09-22 ~ 31	涨(大潮)	52.70	52.2	47.8	59.3	121.1	- 21.1
	落(大潮)	112.00	88.6	11.4			
	涨(中潮)	25.20	57.6	42.4	45.7	104.5	- 4.5
	落(中潮)	70.87	87.8	12.2			
	涨(小潮)	4.92	84.7	15.3	25.2	92.7	7.3
	落(小潮)	30.16	91.4	8.6			
2004-08-30 ~ 09-10	涨(大潮)	131.90	50.2	49.8	56.9	166.0	- 66.0
	落(大潮)	188.80	85.1	14.9			
	涨(中潮)	18.56	59.8	40.2	40.2	98.1	1.9
	落(中潮)	58.80	85.7	14.3			
	涨(小潮)	1.14	93.0	7.0	18.06	92.7	7.3
	落(小潮)	19.48	91.4	8.6			
2007-07-16 ~ 25	涨(大潮)	51.10	72.8	27.2	157.8	99.4	0.6
	落(大潮)	208.90	92.9	7.1			
	涨(小潮)	0.21	92.8	7.2	83.1	96.1	3.9
	落(小潮)	83.35	96.1	3.9			

源主要为口外来沙,含沙量以受潮流影响为主,存在泥沙倒灌入南支的现象^[3]。

北支水域悬移质主要由粉砂和黏粒组成,表层沉积物在纵向上分布的一般规律是 头兴港以上以细砂和粉砂质砂为主,间或有砂 粉砂 黏土和黏土质粉砂等出现于深槽或汉道内 头兴港以下则以黏土质粉砂和粉砂质黏土为主,间或有细砂成条带状分布^[1]。

3 潮流变化特征

3.1 潮汐变化

北支水道潮型呈不规则半日潮,潮周期平均为 12 h 25 min。北支水道平面形态为喇叭形,沿程向上游潮波变形剧烈,潮差减小,北支出海口连兴港站多年平均潮差为 2.94 m,而至青龙港站减小为 2.68 m。受水道形状的制约,北支沿程向上游落潮历时由 7 h 2 min 增加至 9 h 19 min,而涨潮历时由 5 h 23 min 小时缩短为 3 h 6 min,可见北支自下而上潮波能量逐渐被消耗^[4] (表 2)。

3.2 潮量变化

1983 年以来北支潮量特征值统计见表 3。表 3

表 2 青龙港、三条港、连兴港潮汐特征值统计

潮位站名	最高 高潮位/m	最低 低潮位/m	平均 高潮位/m	平均 低潮位/m	最大 潮差/m	多年平均 潮差/m	最小 潮差/m	平均涨潮 历时/h	平均落潮 历时/h
青龙港	4.68	- 2.13	1.88	- 0.80	5.05	2.68	0.05	3.10	9.32
三条港	4.57	- 2.39	1.89	- 1.13	5.63	3.07	0.06	4.90	7.52
连兴港	4.34	- 2.38	1.69	- 1.25	5.80	2.94	0.09	5.38	7.03

显示,近年来上游径流进入北支的比例减小,潮汐的作用相应增强,北支逐渐演变为涨潮流占优势的支汊^[5]。北支涨潮流出现比南支早,且涨潮流明显强于南支,北支的会潮点在青龙港附近^[4]。随着北支下段尤其是崇明北缘的围垦,喇叭口逐渐收缩,近期涨潮量有减小之势(表 3 三条港断面)。近期北支潮量变化有以下列特点：

表 3 北支潮量特征值统计

测次	断面	施测日期	潮别	涨潮 潮量/ 亿 m ³	落潮 潮量/ 亿 m ³	历 时/ h	净泄 量/ 亿 m ³
1	青龙港	1983-10-13 ~ 14	小潮	0.69	5.03	26.00	4.34
		1983-10-18 ~ 19	中潮	1.66	5.41	24.47	3.75
		1983-10-23 ~ 24	大潮	5.15	6.50	24.82	1.35
	三条港	1983-10-13 ~ 14	小潮	3.62	8.18	25.80	4.56
		1983-10-18 ~ 19	中潮	9.07	13.40	24.58	4.33
2	青龙港	1983-10-23 ~ 24	大潮	14.50	17.07	24.50	2.57
		2001-09-03 ~ 04	大潮	2.52	1.31	24.80	- 1.21
		2001-09-07 ~ 08	中潮	2.29	1.26	24.32	- 1.03
	三条港	2001-09-11 ~ 12	小潮	0.67	1.17	25.40	0.50
		2001-09-03 ~ 04	大潮	11.83	10.11	24.73	- 1.72
3	青龙港	2001-09-07 ~ 08	中潮	12.13	10.92	24.27	- 1.21
		2001-09-11 ~ 12	小潮	5.41	5.58	25.50	0.17
		2005-08-28 ~ 29	小潮	0.03	2.10	29.93	2.07
	三条港	2005-08-31 ~ 09-01	中潮	0.86	2.47	24.63	1.61
		2005-09-05 ~ 06	大潮	3.20	3.95	24.67	0.75
4	崇 头 灵甸港 连兴港	2005-08-28 ~ 29	小潮	1.34	3.51	28.90	2.17
		2005-08-31 ~ 9-01	中潮	6.04	7.69	24.23	1.65
		2005-09-05 ~ 06	大潮	10.83	11.59	24.30	0.76
	连兴港	2007-03-04 ~ 05	大潮	0.76	0.73	23.92	- 0.03
		2007-03-04 ~ 05	大潮	2.16	1.30	24.03	- 0.86
		2007-03-06 ~ 07	大潮	17.59	18.25	24.28	0.66

a. 20 世纪 80 年代,北支在一个潮汛中大潮潮量大于小潮,而大潮期的净泄量小于中潮,更小于小潮 北支下段(三条港断面)涨落潮量大于上段,说明潮波能量沿程衰减；

b. 21 世纪初,北支上段淤积量增大,河道纵比降也相应增大,导致中小潮能量衰减大,落潮量增加大,但总体上在大潮期净泄量为负值；

c. 三峡工程蓄水后,大、中、小涨、落潮沿程增减量几乎相等,基本说明北支涨、落潮蓄量几乎相等。

3.3 含盐度沿程分布特性

北支含盐度(垂线平均)由口外进口沿程向上游减小(图 4 和图 5),这一趋势在洪季尤为显著,而在枯季青龙港—连兴港段盐度较大且变幅较小 在枯季,进口崇头的含盐度约是出海口连兴港的 50% (图

4),而在洪季其盐度约为 1‰(图 5) 近年来,随着北支进潮量的减少,含盐度也有所减小,说明北支下段的缩窄工程对抑制盐水的上溯起到了积极的作用。

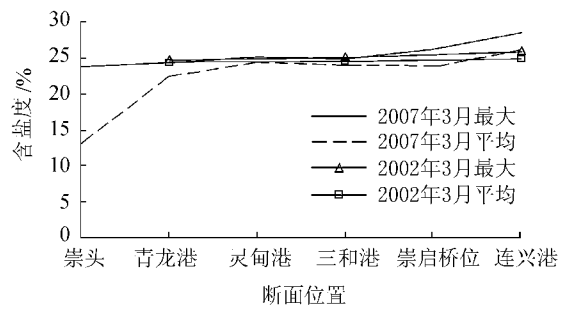


图 4 枯季北支含盐度沿程变化

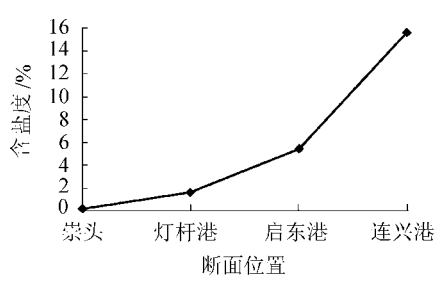


图 5 2008 年 9 月洪季北支含盐度沿程变化

4 结 语

a. 北支河段呈衰萎之势,自然条件下北支分流比仍将维持缓慢减小的趋势。

b. 北支河段受径流影响逐渐减小,主要受潮流作用,随着北支下段围垦缩窄工程的实施,近年来进潮量有所减小,对抑制盐水上溯起到了积极的作用。

c. 北支涨潮含沙量大于落潮,在进口至青龙港附近落潮含沙量明显大于其他位置,为整个河段的易淤段。

d. 为维持北支一定的水深,保障河道一定的航运功能,满足沿江两岸有关县市的引、排水需要,应采用科学的发展观来指导北支的开发治理,必要时可对进口段进行一定的疏浚,适当增加分流比,从而达到综合治理的目标。

参考文献：

[1] 恽才兴.长江河口近期演变基本规律[M].北京:海洋出版社,2004:17-83.
[2] 李伯昌.1984 年以来长江口北支演变分析[J].水利水运工程学报,2006(3):9-17.
[3] 刘载生.长江口北支河段河床演变分析[C]//刘载生.长江口水文泥沙研究成果汇编.武汉:长江水利委员会水文局,1990:57-83.
[4] 曹民雄,高正荣,胡金义.长江口北支水道水沙特性分析[J].人民长江,2003,34(12):34-36.
[5] 余文畴,卢金友.长江河道演变与治理[M].北京:中国水利水电出版社,2005:185-229.

(收稿日期 2010-07-01 编辑 徐 娟)

(上接第 30 页)

[8] BOEDER M,CHANG H. Multi-scale analysis of oxygen demand trends in an urbanizing Oregon watershed, USA [J]. Environmental Management,2008,87 (4):567-581.
[9] 牛志广,陆仁强,王晨婉.天津市近海水质预测方法研究[J].水科学进展,2009,20(2):222-226.
[10] 周丰,郭怀成,黄凯,等.基于多元统计方法的河流水质空间分析[J].水科学进展,2007,18(4):544-551.
[11] 陆海明,尹澄清,王夏晖,等.于桥水库周边农业小流域氮素流失浓度特征[J].环境科学学报,2008,28(2):349-355.
[12] 李俊然,陈利顶,傅伯杰,等.于桥水库流域地表水非点源 N 时空变化特征[J].地理科学,2002,22(2):238-242.
[13] 陈利顶,李俊然.于桥水库流域地表水中水溶性氮季节变化特征[J].中国环境科学,2003,23(2):210-214.
[14] ZHANG X,VINCENT L A,HOGG W D, et al. Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century [J]. Atmospheric Ocean,2000,38(3):395-429.
[15] YENILMEZ F,KESKIN F,AKSOY A. Water quality trend analysis in Lake Eymir, Ankara [J]. Physics and Chemistry of the Earth,Parts A/B/C. doi:10.1016/j.pce.2010.05.005.
[16] HÜLYA B,HAYAL B. Investigation of Temporal Trends in Hydro chemical quality of surface water in western Turkey [J].

Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2008,80(5):469-474.
[17] 辛志伟.区域水环境综合解析和管理对策:GEF 在天津 [M].北京:中国环境科学出版社,2009:311-316.
[18] 天津市环境保护技术开发中心.天津市水生态恢复规划研究总报告[R].天津:天津市环境保护技术开发中心,2007:19-20.
[19] GB3838—2002 地表水环境质量标准[S].
[20] 秦保平,孙韧,王德龙,等.引滦河道中水质偏碱的起因研究[J].环境科学研究,1999,19(5):38-43.
[21] 王新华,纪炳纯,李明德,等.引滦工程上游浮游植物及其水质评价[J].环境科学研究,2004,17(4):18-24.
[22] 朱龙基,范兰池,林超.引滦入津工程水质时空演化规律分析[J].水资源保护,2009,25(2):15-17.
[23] LIU C M,XIA J. Water problems and hydrological research in the Yellow River and the Huai and Hai River basins of China [J]. Hydrological Processes,2004,18(12):2197-2210.
[24] ZHANG Q I,SHI X Z,HUANG B. Surface water quality of factory-based and vegetable-based peri-urban areas in the Yangtze River Delta region, China [J]. Catena,2007,69(1):57-64.
[25] 天津市环境保护科学研究所.于桥水库富营养化及防治研究[R].天津:天津市环境保护科学研究所,1991:94.
(收稿日期 2010-07-06 编辑 高渭文)