



长江口南港北槽水域水文特征分析

薛 为^{1,2}

(1. 交通运输部长江口航道管理局, 上海 200003; 2. 上海河口海岸科学研究中心, 上海 201201)

摘要: 长江口水域滩槽相间汊道众多, 河势水情变化复杂。为分析径潮流作用下长江口南港北槽水域水文的变化, 进一步提高对长江口南港北槽水域的认识, 基于 2018—2022 年长江口水域各实测站点洪枯季水文测量资料, 对各水文特征值进行统计对比分析。研究结果表明: 径潮流变化对长江口南港北槽水域各水文特征影响不尽相同, 水域涨落潮流同时受到径流和潮流的耦合作用影响。径潮流在南港北槽水域影响作用的临界点大约在北槽上口门水域, 临界位置跟随径潮流变化而摆动, 盐水楔和最大浑浊带的位置也随着径潮流变化而上下摆动, 并且此种摆动也会造成回淤分布的变化。

关键词: 长江口; 径潮流; 水文

中图分类号: U612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)02-0107-06

Hydrographic characteristics for south channel and north passage of Yangtze River estuary

XUE Wei^{1,2}

(1. Yangtze Estuary Waterway Administration Bureau, Ministry of Transport, Shanghai 200003, China;
2. Shanghai Estuarine and Coastal Science Research Center, Shanghai 201201, China)

Abstract: The waters of the Yangtze River estuary are characterised by a large number of channels and complex changes in river conditions. To analyse the changes in hydrology of the south channels and north passage of the Yangtze River estuary under the action of runoff currents, and further improve the understanding of the south channels and north passage of the Yangtze River estuary, statistical comparative analyses are conducted on the hydrological characteristics based on the hydrographic data of the flood and dry season at each measured station in the Yangtze River estuary from 2018 to 2022. The research results show that the impact of runoff and tidal current changes on the hydrological features of the south channels and north passage of the Yangtze River estuary are different, and the upward and downward flows of the waters are influenced by the coupling effect of runoff and tidal current at the same time. The critical point of the influence of the runoff tide in the south channels and north passage is around the upper mouth of the north passage. The critical position oscillates with the change of the runoff and tide, and the position of the salt water wedge and the maximum turbidity zone also oscillates up and down with the change of the runoff and tide. This oscillation also causes the change of the silt return distribution.

Keywords: Yangtze estuary; runoff and tide; hydrology

长江口水域自徐六泾往下至口门外 15 m 等深线处, 长约 160 km, 此水域内呈“三级分汊、四口

入海”的格局^[1], 其中南港北槽水域作为“四口入海”的一条主要通道, 同时受径流与潮流影响。长

收稿日期: 2023-06-08

作者简介: 薛为 (1992—) 男, 工程师, 从事港口航道与水文泥沙监测研究。

江口径流主要是指上游来水，一般使用大通流量指标表示上游来水情况^[2]，而潮流作用主要体现在外海潮流影响上，长江口水域属于中等强度的潮汐河口，潮型为非正规半日潮。通常在不同径潮流条件下，长江口水域水位会跟随变化，变化的幅度自内向外逐渐变小^[3]。由于洪枯季径流量差别较大；当径流减弱时，潮流会增强对长江口水域的影响，造成海平面向河口内抬升，咸淡水交汇点向上段移动^[4]；并随着径流减弱，水域径流流速也相应减小，但受到潮流作用，水域潮平均流速随径流的变化幅度较小。而长江口水域泥沙来源丰富且沙源较多，其中上游来沙是水域泥沙来源之一，由于水域跨度及泥沙性质差异较大，口门内泥沙浓度表现出河流性特征，而口门外泥沙浓度更具有海洋性特征。在季节上，口门内泥沙浓度呈现出夏高冬低^[5]。

由于上游径流变化，加之潮流在一定潮周期内规律性变化，南港北槽水域的水文特征也产生相应变化。主要体现在长江口水域的潮位、盐度、流速、流向和含沙量等方面。探寻径潮流变化下的长江口南港北槽水域水文特征，可以进一步提高对长江口水域的认识，从而掌握其水文与径潮流的变化情况。

1 数据与研究方法

本文主要研究不同径流与不同潮流条件下的长江口南港北槽水域水文特征。径潮流的变化对长江口水域水文产生的影响主要体现在潮位、盐度、流速和含沙量等特征的变化上。

将 2018—2022 年大通流量数据作为径流背景条件，并进行统计分析，结果发现：流量在年内分布不均，年内有 1 个单峰值，一般出现在每年的洪季，而每年枯季流量较小，年际流量变化对

比见图 1。长江口水域枯季流量均值约 1.85 万 m^3/s ，洪季均值约 4.65 万 m^3/s 。近 5 a 中，大通流量年际间差异较大，其中 2020 年全年流量较大，水量充沛，属于丰水年；而 2022 年全年流量较小，且 7—9 月日均流量低于 4.65 万 m^3/s 的天数比例达到 82%，并且出现了罕见的“汛期反枯”现象^[6]，属于枯水年。

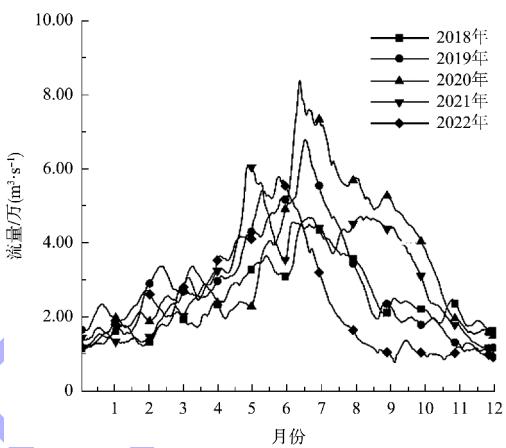


图 1 大通流量年际变化对比

鸡骨礁位于长江口外开阔水域，其潮位变化受径流影响较小，选取鸡骨礁 2018—2022 年，每年洪枯季历时 1 个月的实测潮位数据计算平均潮差，见图 2。在洪枯季测验期间，鸡骨礁潮差基本相近，因此每年洪枯同期潮动力条件大致相同。在此基础上，进一步分析长江口水域 2018—2022 年的潮位、盐度、流速、流向和泥沙实测资料，站点布置见图 3。

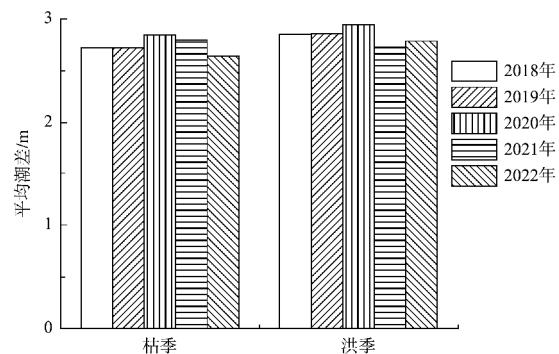


图 2 鸡骨礁平均潮差对比

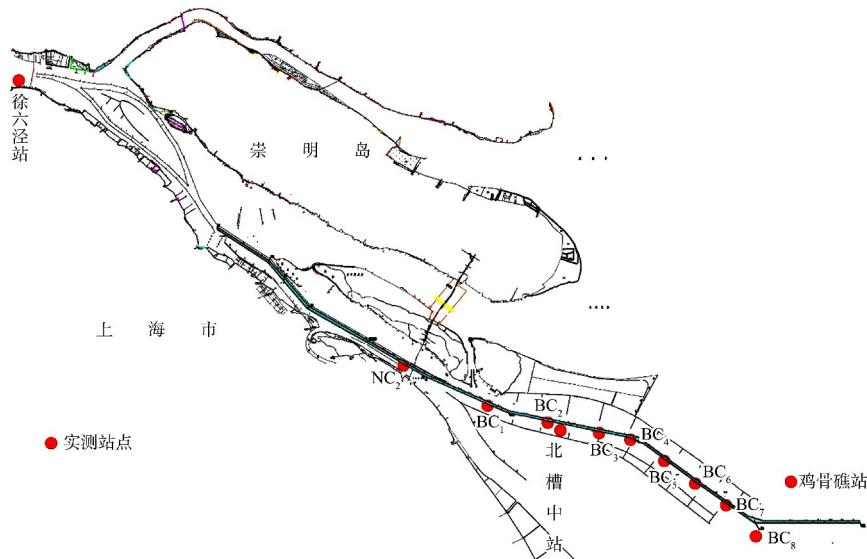
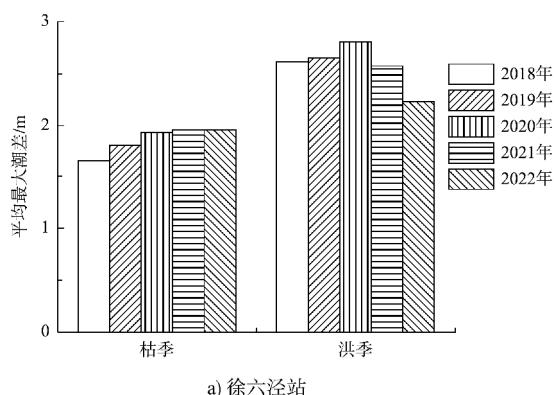


图3 监测站点布置

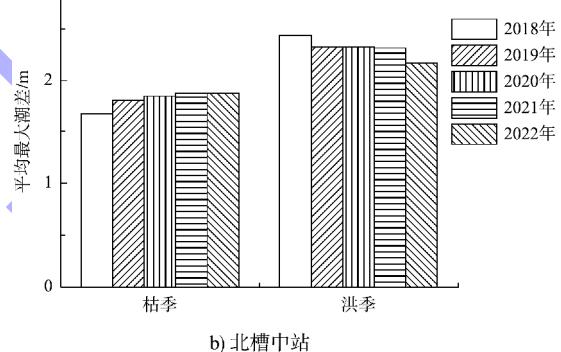
2 结果与分析

2.1 潮位

选取2018—2022年徐六泾站和北槽中站洪枯季各1个月的潮位数据进行对比分析,见图4,其中每年洪枯季时间相对固定,潮动力条件较为相似。通过对比发现,徐六泾站或北槽中站的枯季最大潮高年际间差异较小,而洪季期间徐六泾站潮位数据有一定差异,北槽中站数据差异较小。在同一站点上,年内洪枯季平均最大潮高差异较大,差值约1 m。虽然在复杂河段,其水力要素同时受时间和空间变化影响,属于三维非恒定流,但通过对比可知潮位与径流整体保持正相关,而在潮流作用较强的水域,径流与潮位的相关性较差。



a) 徐六泾站



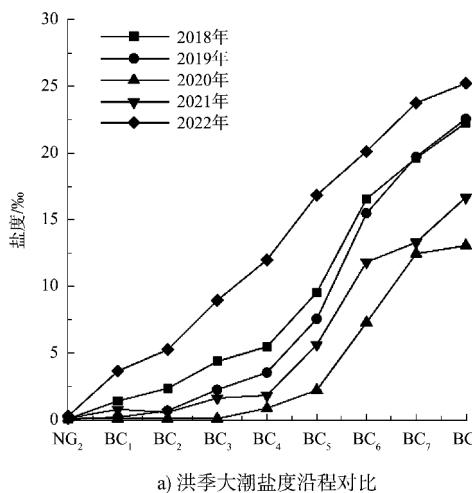
b) 北槽中站

图4 潮位对比

2.2 盐度

长江口水域盐水主要来源是外海高盐度水体,其影响路径主要分为两条:一条是由外海高盐度水体直接随涨潮流上溯,主要影响河口区域下段和口门处;另一条是通过北支倒灌进南支,进而影响长江口水域上段。长江口盐水入侵动力来自潮流动力,而径流则有冲淡水域盐度的作用,长江口水域盐水入侵强度取决于水域径流和潮流的相互消长。相关研究表明,长江口水域咸淡水平衡点所对应的大通流量为3.00万m³/s^[7]。通过绘制各测点2018—2022年洪季大潮期间平均盐度线,见图5a),对比其盐度变化过程发现:长江口水域纵向沿程上,水体盐度值相差较大,口门外

水域盐度高于口门内,这也和长江口水域盐度来源相对应。整体上 2022 年洪季的盐度高于其他年份,而 2020 年的盐度则较低;局部上,NG₂ 点盐度差异较小,BC₄ 点差异最为明显。基于 2021 年洪季大小潮期间盐度对比,大通流量变化幅度较小,径流相对稳定,对比 BC₃ 点洪季大小潮盐度值,见图 5b),得出大潮期水体含盐度大于小潮期水体含盐度。综上,当潮流条件相似时,水体含盐度受径流降低而增大;而当径流条件相似时,水体含盐度随潮流条件增强而变大。



a) 洪季大潮盐度沿程对比

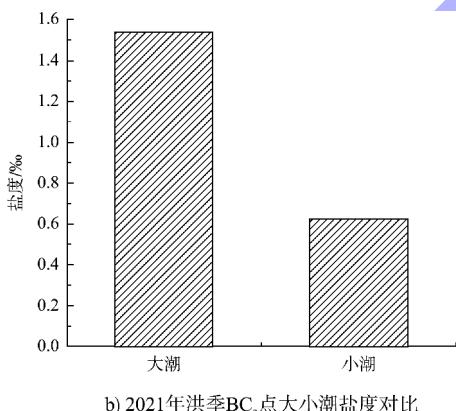
b) 2021年洪季BC₃点大小潮盐度对比

图 5 盐度对比

2.3 流速

由于长江口水域存在潮汐不对称性,涨落潮流速和历时均不对称,除北支水域外,落潮流在流速和历时上均占优势^[8]。其中南港水域的流速随径流变化主要体现在落潮流速的变化上,总体特征是径流增大削弱涨潮流速,缩短涨潮历时,从而增大落潮流速和落潮历时^[9]。统计分析 2018—2022 年 NG₂、BC₃、BC₈ 点洪季大小潮流速

数据,见表 1,分析发现 NG₂ 点潮平均流速年际间差异与 BC₃、BC₈ 点相比较小;各站点大潮期较小潮期潮平均流速差异大。NG₂、BC₃ 点 2020 年大潮期涨潮流速较其他年小,而 BC₃、BC₈ 点 2022 年大潮期落潮流速较其他年小,得出潮流条件相似时,径流增强会削弱涨潮流速,径流减弱会削弱落潮流速,但径潮流对流速影响区域并不固定。在潮流历时方面(图 6),NG₂ 点 2022 年洪季大潮期落潮历时明显减小,小潮期差异较小,而 BC₃ 点涨落潮历时各年差异均较小。在潮流动力较强的情况下,南港水域落潮历时受径流减弱而缩短,潮流动力较弱情况下,南港水域落潮历时则无明显差异,北槽水域涨落潮历时受径流影响较小。

表 1 测点垂线平均流速

年份	潮型	垂线平均流速/(m·s ⁻¹)					
		NG ₂ 点		BC ₃ 点		BC ₈ 点	
		大潮	小潮	大潮	小潮	大潮	小潮
2018	涨潮	0.99	0.37	0.95	0.46	0.90	0.51
	落潮	1.08	0.57	1.47	0.79	0.99	0.57
	潮平均	1.04	0.47	1.21	0.63	0.95	0.54
2019	涨潮	0.89	0.27	0.94	0.29	0.85	0.50
	落潮	1.04	0.63	1.51	0.72	0.84	0.55
	潮平均	0.97	0.45	1.23	0.51	0.85	0.53
2020	涨潮	0.72	-	0.53	0.24	0.98	0.67
	落潮	1.03	-	1.41	0.78	1.19	0.80
	潮平均	0.88	-	0.97	0.51	1.09	0.74
2021	涨潮	0.82	0.34	0.76	0.31	0.76	0.42
	落潮	1.09	0.63	1.36	0.77	0.91	0.49
	潮平均	0.96	0.49	1.06	0.54	0.84	0.46
2022	涨潮	0.96	0.39	1.02	0.44	0.76	0.55
	落潮	1.03	0.57	1.29	0.69	0.82	0.48
	潮平均	1.00	0.48	1.16	0.57	0.79	0.52

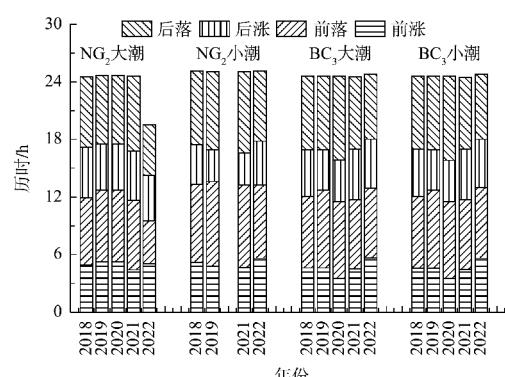


图 6 涨落潮历时对比

余流是实测海流分离出潮流后的水体运动，对分析水流物质净输运具有重要意义。本文余流计算方法：对站点上一个潮周期内的流速进行矢量积分，算出其与周期时间的比值。计算2018—2022年NG₂和BC₃点洪季余流，结果见表2，两测点大小

潮期余流均指向落潮流方向，其中2020年余流较大，2022年余流较小；2021年，同一测点相同潮型余流差异较小。由此推断，潮流条件相似条件下，径流越大、余流越大；而径流条件相似时，潮流条件越大、余流越大，但变化幅度较小。

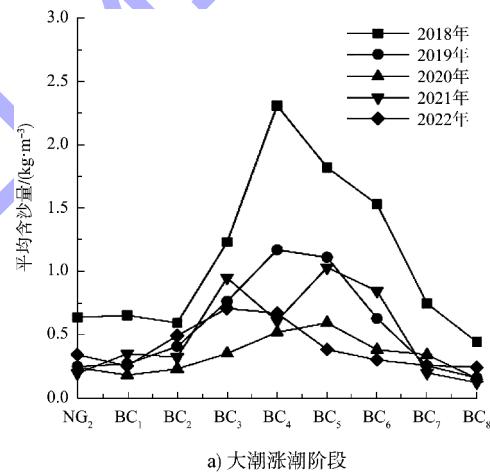
表2 测点余流计算

年份	NG ₂ 大潮		BC ₃ 大潮		NG ₂ 小潮		BC ₃ 小潮	
	流速/(m·s ⁻¹)	流向/(°)						
2018	0.24	126	0.56	99	0.23	125	0.32	106
2019	0.27	131	0.72	103	0.35	126	0.42	97
2020	0.42	127	0.78	99	-	-	0.61	99
2021	0.37	121	0.54	98	0.33	117	0.47	99
2022	0.21	132	0.32	98	0.20	149	0.19	94

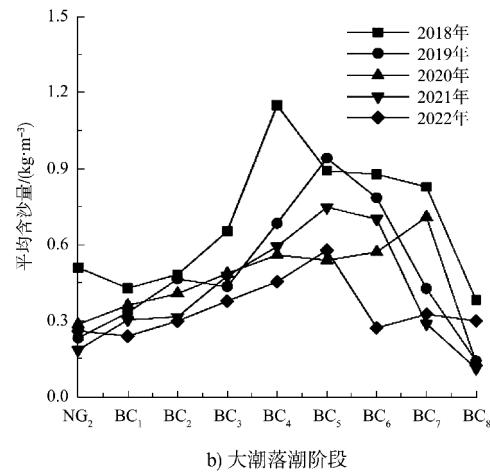
2.4 含沙量及最大浑浊带

长江口水域泥沙一部分来自于径流，另一重要部分来自于河口水域泥沙。由图7可知含沙量差异最明显的水域位于北槽中下段，拦门沙水域附近。由于小潮期间的输沙率弱于大潮，径流条件相似的情况下，小潮期间各站点的含沙量变化幅度均小于大潮，但在潮流条件相似径流条件不同的情况下，各测点含沙量差异表现不一，其中南港水域差异对比北槽水域较小；北槽水域同一站点同潮型内含沙量差异较大，但规律不明显。同时受径潮流作用影响，含盐的海水会在淡水流下层逆流而上形成盐水楔，盐水楔的前锋位置一般与径流量、潮差和潮流速有关；盐水楔会形成密度异重流，细颗粒泥沙在异重流作用下易产生沿程淤积，并形成最大浑浊带水体。同时盐水楔的摆动也会带着最大浑浊带摆动。对比2020和2022年北槽含沙量剖面，见图8，其中2020年径流量大，落急时刻的含沙量高于涨急时刻，且最大浑浊带位置更靠近北槽下口；而2022年径流较小，涨急时刻的含沙量明显高于落急时刻，且最

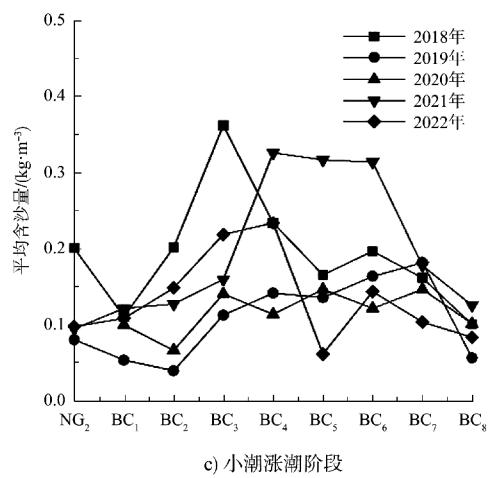
大浑浊带更靠近北槽中上段区域。



a) 大潮涨潮阶段



b) 大潮落潮阶段



c) 小潮涨潮阶段

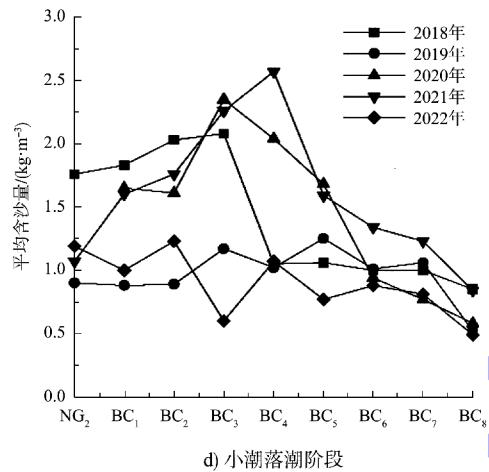


图 7 平均含沙量对比

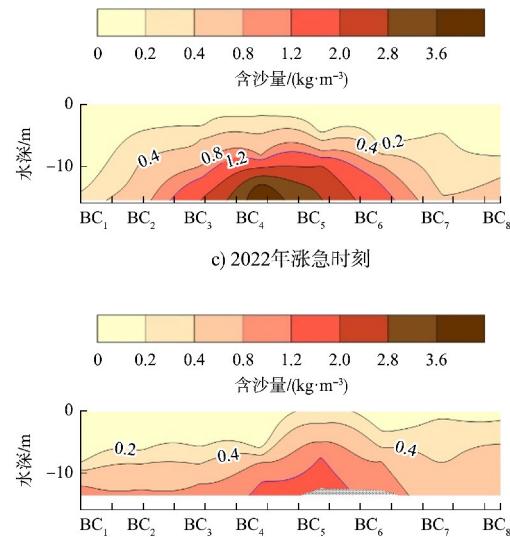
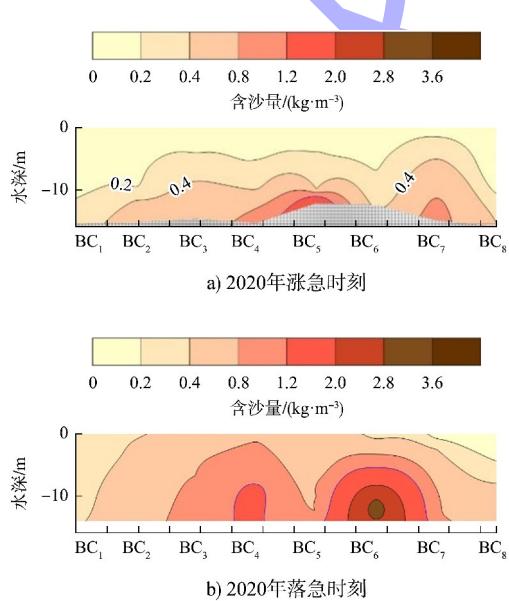


图 8 北槽含沙量剖面

3 结论

- 径潮流变化对长江口南港北槽水域水文的影响不尽相同, 该水域径潮流作用的临界点大约在北槽上口门水域, 此处往上, 径流影响强于潮流影响; 往下, 潮流影响强于径流影响; 但此临界点亦受径潮流耦合作用变化而上下摆动。
- 径流变化对潮位产生一个背景值的变化, 呈正相关; 但此关系受潮流影响的增强而减弱。
- 长江口南港北槽水域的盐度特征与径流呈负相关, 而与潮流呈正相关。
- 径流变化不一定只影响落潮流, 潮流变化不一定只影响涨潮流, 径潮流对流速和历时的影响是耦合性的, 但水流流向受径潮流变化的影响较小。
- 径潮流变化会造成长江口北槽盐水楔和最大浑浊带上下摆动, 但摆动的位置基本处于北槽拦门沙水域附近, 此种摆动亦会造成北槽回淤分布的变化。

(下转第 119 页)