

长江河口最大浑浊带水沙输运机制分析^{*}

沈 健 沈焕庭 潘定安 肖成猷

(华东师范大学河口海岸研究所, 上海 200062)

提 要 本文根据大量的实测资料, 运用机理分析方法, 讨论了长江口最大浑浊带中各输沙项的作用。结果表明, 平均流输沙、斯托克斯漂流效应、潮汐捕集以及垂向环流是净输沙的主要部分。在南槽, 斯托克斯漂移和潮汐捕集作用占优势, 对最大浑浊带的形成有重要作用。在北港, 平均流输沙及垂向净环流输沙占优势, 垂向环流是导致最大浑浊带形成的主要因素。北槽介于南槽和北港之间。

关键词 长江口 最大浑浊带 斯托克斯漂移 潮汐捕集 垂向环流

一般认为, 河口最大浑浊带形成的主要动力机制可归结为: 在高度分层河口, 重力环流是最主要的因素; 在垂向均匀混合河口, 潮汐不对称产生的泥沙向陆净输移是主要因素^[1]; 在部分混合河口, 除重力环流有重要作用外^[2,3], 涨落潮不对称输沙导致的泥沙向陆净输移、潮汐捕集作用(tidal trapping)和斯托克斯漂移效应产生的泥沙净输移也相当重要。然而, 对这些输沙因子至今研究还甚少。

长江口是一个潮汐中等强度的部分混合型河口, 口门宽, 汊道多, 地形复杂。河口最大浑浊带在分汊河道中都相当发育, 在多种水动力的相互作用下, 呈现独特的变化规律。70年代以来, 许多研究者对长江河口的混合和环流模式、悬浮物的输运规律和最大浑浊带的形成机理进行了大量研究^[4-6]。本文试图在前人研究的基础上建立物质纵向输移模式, 并运用大量实测资料进行计算, 探讨长江口最大浑浊带区域的纵向物质输移特征, 比较在不同汊道中影响水沙输移的种种因子及其贡献的差异, 以加深对河口最大浑浊带形成机制的认识。

1 物质纵向输移项定义

对每一汊道, 取主槽流线上的一个单宽作水流、悬沙通量分析。忽略横向输移, 考虑主槽输水输沙。对单宽纵向水、沙通量进行分解, 探讨其规律, 以求能部分反映最大浑浊带的水沙输运机制。

采用相对水深对瞬时物质输移量进行分解^[2,3,5]。设 x 为纵向座标, t 为时间, z 为相对

* 国家自然科学基金资助项目(编号: 9487005-01)。

姚运达、汪思明和最大浑浊带课题组的同志对本文提供宝贵意见, 谨致谢意。

来稿日期: 1994 02; 收到修改稿日期: 1994 10。

水深 ($0 \leq z \leq 1$)。若不计流速脉动项, 则瞬时流速 $u(x, z, t)$ 可以分解成垂向平均量项及其偏差项之和, 即: $u(x, z, t) = \bar{u} + u'$ (1-1)

\bar{u} 和 u' 又可分解成潮平均量和潮变化项之和:

$$\begin{aligned}\bar{u} &= \bar{u}_o + \bar{u}_t \\ u' &= u'_o + u'_t\end{aligned}\quad (1-2)$$

瞬时流速 $u(x, z, t)$ 可以分解成:

$$u(x, z, t) = \bar{u}_o + \bar{u}_t + u'_o + u'_t \quad (1-3)$$

同理, 悬沙含量 $c(x, z, t)$ 可分解为:

$$c(x, z, t) = \bar{c}_o + \bar{c}_t + c'_o + c'_t \quad (1-4)$$

$$\text{水深 } h(x, t) \text{ 可表示为: } h(x, t) = h_o + h_t \quad (1-5)$$

1.1 单宽水体输移量

沿河道轴线单宽潮周期平均输水量为:

$$\langle Q \rangle = 1/T \int_0^T \int_0^1 u h dz dt = \bar{u}_o h_o + \langle \bar{u}_t h_t \rangle \quad (1-6)$$

其中 $\langle \rangle$ 表示潮平均。 $\bar{u}_o h_o$ 为平均流项, $\langle \bar{u}_t h_t \rangle$ 为潮汐与潮流相关项, 也称斯托克斯漂移效应, T 为潮周期。公式 (1-6) 可表示为:

$$\langle Q \rangle = h_o (\bar{u}_E + \bar{u}_s) = h_o \bar{u}_L \quad (1-7)$$

其中

$$\begin{aligned}\bar{u}_E &= \bar{u}_o \\ \bar{u}_s &= \langle \bar{u}_t + h_t \rangle / h_o \\ \bar{u}_L &= \langle Q \rangle / h_o = (\bar{u}_E + \bar{u}_s)\end{aligned}\quad (1-8)$$

上式中 \bar{u}_E , \bar{u}_s 和 \bar{u}_L 通常被称为一维垂向平均欧拉、斯托克斯和拉格朗日余流^[3]。

1.2 瞬时悬沙输移量

单宽瞬时悬沙输移量为:

$$\int_0^1 h u c dz = \underbrace{h \bar{u}_o \bar{c}_o}_{E_1} + \underbrace{h \bar{u}_o \bar{c}_t}_{E_2} + \underbrace{h \bar{u}_t \bar{c}_o}_{E_3} + \underbrace{h \bar{u}_t \bar{c}_t}_{E_4} + \underbrace{h \overline{u'_o c'_o}}_{E_5} + \underbrace{h \overline{u'_o c'_t}}_{E_6} + \underbrace{h \overline{u'_t c'_o}}_{E_7} + \underbrace{h \overline{u'_t c'_t}}_{E_8} \quad (1-9)$$

方程 (1-9) 中 E_1 为平均流引起的平均输移, E_2 和 E_3 为潮周期平均量与潮变化量的相关项, E_4 为潮汐振荡引起输移, E_5 为时均量引起的扩散, E_6 和 E_7 为时均量与潮变化量引起的剪切扩散, E_8 为潮振荡引起的剪切扩散。

1.3 单宽悬沙输移量

沿河槽轴线单宽悬沙输移量为:

$$\begin{aligned}1/T \int_0^T \int_0^1 u c dz_o &= \frac{1}{T} \int_0^T \int_0^1 h u c dz dt \\ &= \underbrace{h_o \bar{u}_o \bar{c}_o}_{T_1} + \underbrace{\langle \bar{u}_t + h_t \rangle \bar{c}_o}_{T_2} + \underbrace{\langle h_t \bar{c}_t \rangle}_{T_3} + \underbrace{\bar{u}_o}_{T_4} + \underbrace{\langle h_t \bar{u}_t \bar{c}_t \rangle}_{T_5} + \underbrace{h_o \overline{u'_o c'_o}}_{T_6} + \underbrace{\langle h_t \overline{u'_o c'_o} \rangle}_{T_7} + \underbrace{\langle h_t \overline{u'_t c'_o} \rangle}_{T_8} + \underbrace{\langle h_t \overline{u'_t c'_t} \rangle}_{T_8}\end{aligned}\quad (1-10)$$

公式 (1-10) 中, T_1 表示平均流引起的悬沙输移。 T_2 表示潮汐与潮流相关项, 即斯托克斯漂移输移量。 $T_1 + T_2$ 为平流输移, 即拉格朗日输移。 T_3 为潮汐与悬沙含量的潮变化相关项。 T_4 为悬沙与潮流场变化相关项。 \bar{u}_t 为垂线平均流速的潮汐脉动。 \bar{c}_t 为垂线平均含沙量的潮汐脉动。 h_t 为水位的潮变化量。它们各自的潮平均值均为 0, 但三者的相关产生了泥沙的净输移,

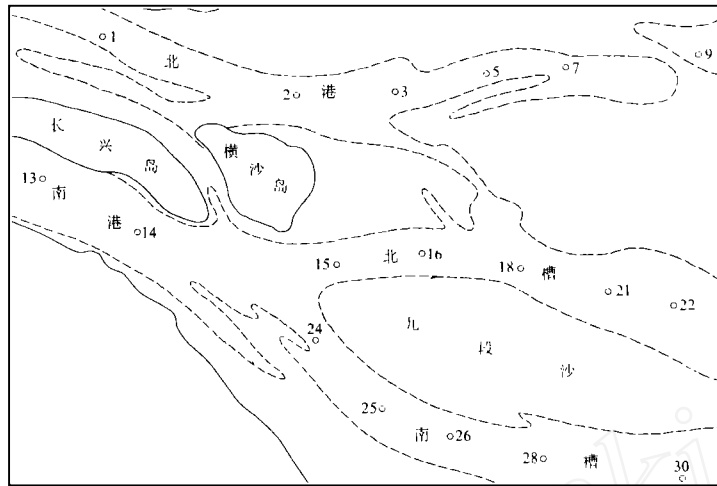


图1 长江口水文测验站位图

Fig. 1 Changjiang Estuary and stations for measurements

即通常称潮汐捕集作用 (tidal trapping)。T₅表示垂向流速变化和含沙量变化的相关，老河口存在垂向环流，一般底层的含沙量高于表层，从而只要有一定量的底流速，即可产生净向

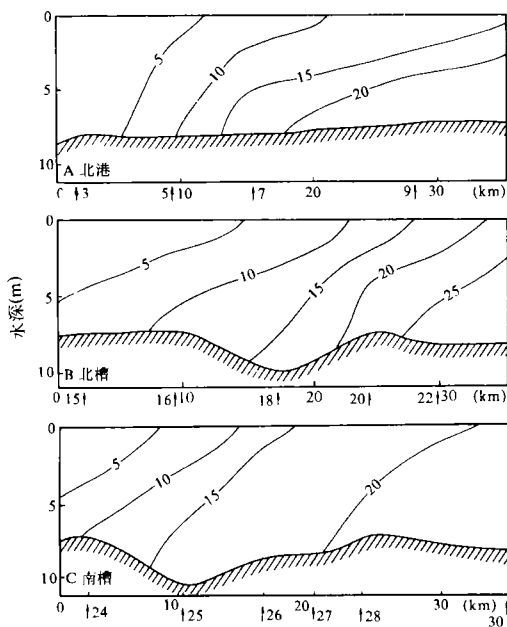


图2 长江口最大浑浊带盐度纵向分布图
Fig. 2 Distributions of salinity along the axes of North Channel (A), North Passage (B), and South Passage (C)

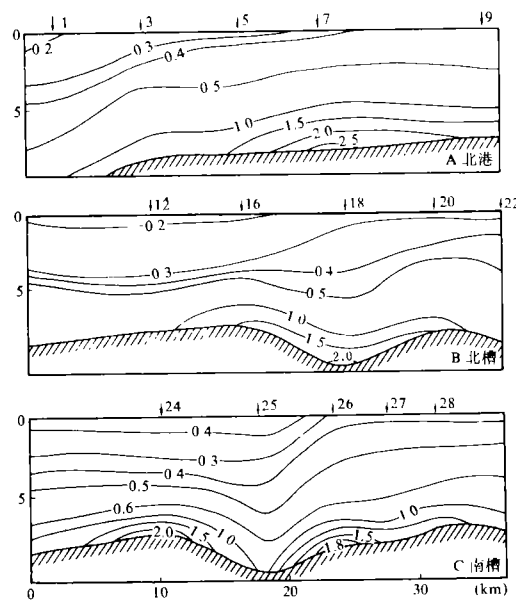


图3 长江口最大浑浊带悬沙分布
Fig. 3 Distributions of suspended sediment (kg/m³) along the axes of North Channel (A), North Passage (B) and South Passage (C)

陆的泥水输移,故为垂向净环流的贡献。 T_6 和 T_7 为时均量与潮振动切变引起的剪切扩散。 T_8 为垂向潮振荡切变作用。

2 现场观测资料

1978年8月大潮期在长江口的北港、北槽和南槽的18个测站分别对流速、流向、含沙量和盐度进行了二个潮周期的连续观测,站位分布见图1。观测期间,口门中浚站的潮差为3.1m,长江大通站月平均流量为31 000m³/s,与多年同月月平均流量相比偏小。5等盐度线上溯至南、北槽分汉口河段,各汉道中等盐度线的分布(图2)反映了部分混合型河口的特征。但不同汉道中等盐度线的倾斜程度不同,表明各汉道的分层强度有所差异,其中北港分层最为明显。河口最大浑浊带在各汉道中都相当发育(图3)。在泥沙聚集区内,近底层潮周期平均含沙量都在2kg/m³以上。实测近底层最大含沙量在北港、北槽和南槽的7[#]、18[#]和24[#]测站分别达4.7kg/m³、7.8kg/m³和7.0kg/m³,并伴有浮泥层发育。

3 水量纵向净输移

利用1978年8月长江口18个测站二个潮周期同步连续观测资料,按各项的公式计算,南槽、北槽、北港余流及纵向单宽净输水量计算结果见表1。表中负号表示向陆。

表1 南槽、北槽、北港余流和单宽平均水量净输移

Tab. 1 Net water transports and residual currents per unit width in North Channel, North Passage and South Passage

测 站	余流 (cm/s)		平均净输水量 (m ³ /s)			
	\bar{u}_E	\bar{u}_s	$\bar{u}_E h_o$	$\bar{u}_s h_o$	$h_o \bar{u}_L$	
南槽	24	0.93	-4.85	0.07	-0.37	-0.30
	25	-8.78	-3.35	-0.89	-0.34	-1.23
	26	-1.57	-5.32	-0.13	-0.41	-0.57
	27	-2.69	-3.36	-0.24	-0.30	-0.54
	28	0.16	-1.93	-0.04	-0.15	-0.19
北槽	15	29.54	-2.26	2.09	-0.16	1.93
	16	27.76	-3.04	2.10	-0.23	1.87
	18	-0.3	-5.56	-0.04	-0.59	0.63
	20	16.36	-1.96	1.25	-0.15	1.10
	22	0.78	-2.75	0.07	-0.23	-0.17
北港	1	54.80	-3.09	8.33	-0.47	7.86
	2	33.94	-2.87	3.90	-0.33	3.57
	3	39.51	-2.29	3.28	-0.19	3.09
	5	24.43	-1.93	1.90	-0.15	1.75
	7	23.12	-4.04	1.83	-0.32	1.51

单宽净输水量北港最大,北槽次之,南槽最小。由于各测站位于主槽流线上,所以它们代表了各入海汉道的基本特征。其结果与多年来长江入海径流分配是一致的^[6]。

水量净输移是由非潮汐运动的平均流和斯托克斯漂移效应共同作用的结果。平均流引

起的水量净输移与各汉道欧拉余流分布相应,与河口环流结构具有密切关系。从图4可看出:各汉道的垂向平均欧拉余流差别较大,在方向上,北港和北槽为下泄余流,而南槽除上口24[#]测点外均为上溯余流;在量值上,北港的余流值最大,北槽次之,南槽最小。北港和北槽上溯余流的强度均由口内向口外递减,而南槽的上溯余流从口外向口内先是递增,到拦门沙滩顶附近的27[#]测点达最大,随后减小。

各汉道垂向平均斯托克斯余流,其流向具有一致向口内的特点,流速在各汉道差异也不大,变化在2—6 cm/s 间。它具有加强上溯流和削弱下泄流的作用。

各汉道都存在上层净流向海下层净流向陆的河口环流现象,但发育程度和滞流点的位置并不相同。在南槽,滞流点位置最靠陆,环流发育明显;在北港,滞流点位置最靠海,通过底层上溯的水量很小,环流强度较弱;北槽的环流特征介于北港与南槽之间。上述特征与各汉道的径流分配和水体层化强度是一致的。

单宽净输水量与平均余流相适应,各汉道的拉格朗日净输水量,北港和北槽净向海输送,量值北港大于北槽,南槽净向陆输送水量。

应予指出,斯托克斯余流量级虽然比较小,但是各汉道中由其引起的逆向水量输移却非常重要。从净输水量的比例来看,南槽最大,北槽次之,北港最小。在南槽除25[#]测站外,输水量都超过了同测站的欧拉输水量。可见,斯托克斯效应在长江河口特别是南槽纵向水量的输移过程中占有重要地位,它加强了水量的向陆输移。

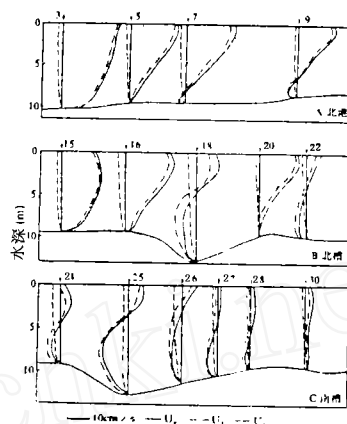


图4 长江口的欧拉、拉格朗日和斯托克斯余流的垂向结构

Fig. 4 Vertical profiles of Eulerian U_e , Stokes U_s and Lagrange U_i residual currents

4 悬沙纵向输移

根据公式(1-10)计算结果表明,影响纵向悬沙输移的主要有 T_1 、 T_2 、 T_4 和 T_5 四项。它们在北港、南槽和北槽的分布见图5。

4.1 平流输沙

悬沙平流净输移包括 T_1 和 T_2 二项。在各汉道中由平均流引起的净输沙分布与净输水是一致的(参见表1),与欧拉环流相适应。在北港, T_1 占绝对优势,净输沙向海,输沙量从上游到下游逐渐递减。北槽从总体而言, T_1 也占优势,净输沙也向海,但 T_1 项占总输沙量的优势随测点位置的变化而变化,在16[#]与18[#]测站分别达到最大和最小值。南槽除24[#]测站外都向陆输沙,但输沙量较小,在总输沙中不占优势。

斯托克斯漂移引起的输沙 T_2 在各汉道中都很重要。在南槽,除个别测点外, T_2 项作用在平流输沙中占优势,其结果导致平流输沙向陆的趋势。在北港, T_2 虽然较大,但在平流输沙中以平均流输沙为主。北槽则介于南槽与北港之间。这与各汉道的径流分配和潮汐特征有关。从 T_2 的分布来看,其峰值与高含沙量区相吻合,并伴有平均流减弱的现象。这一特点反映了径流与潮流相互消长的关系,当平均流作用减弱时,潮流作用相对增大,当潮汐与潮

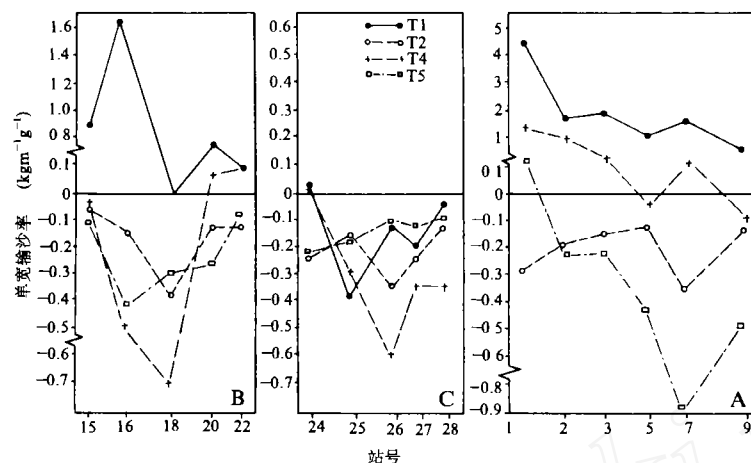


图5 各输沙项在北槽 (B)、南槽 (C)、北港 (A) 的分布

Fig. 5 Distributions of suspended sediment transport due to steady advection (T_1), mass Stokes drift (T_2), tidal trapping (T_4) and vertical circulation (T_5) in North Channel (A), North Passage (B) and South Passage (C)

流位相接近时, T_2 项有增大趋势。由潮汐引起的斯托克斯漂流效应抑制上游悬沙向海输移, 使口门附近水体含沙量增大。

4.2 潮汐捕集输沙

在潮汐扩散项中, 由潮汐捕集项 T_4 产生的悬沙输移最明显。可能与长江口存在广阔的潮间浅滩有关。其峰值位置与悬沙聚集区相吻合。在南槽, T_4 向陆输沙, 在北港上段和北槽下段则向海输沙。在北槽, 除15[#]测站外, T_4 的作用超过了平均流作用外的其它输沙项。在南槽, T_4 引起的悬沙输移量最明显。

T_4 是潮流和悬沙含量潮变动相关项, 当流速与悬沙含量位相差接近90°时, T_4 接近零。据前人研究, 产生此种效应是浅滩与汊道作用的结果^[7,8]。实测资料分析表明, 滩槽泥沙交换、底层泥沙再悬浮以及潮周期不对称输沙是导致 T_4 增大的主要原因。

图6为测站3[#]、26[#]和15[#]垂线平均流速和悬沙含量过程线。在南槽26[#]测站, 悬沙分布与流速几乎同位相, 最大含沙量出现在涨急时刻, 并在整个涨潮阶段都保持高含沙量。在落潮期间, 虽然最大流速超过涨潮流速, 然而底沙再悬浮量远小于涨潮阶段。这种涨落潮不对称输沙抑制了泥沙向海输移, 导致泥沙在口门附近聚集。底沙再悬浮量涨潮期大于落潮期与南槽潮汐作用强有关。在北港3[#]测站, 落潮期间大量泥沙被落潮流带向海域, 但在涨潮期间底沙再悬浮远小于落潮期, 导致悬沙向海输移, 对其下段最大浑浊带的形成具有重要影响。在北槽15[#]测站, 含沙量峰值出现时间比最大流速出现时间滞后约2小时, 潮流与含沙量具有一定的位相差, 涨落潮输沙不对称现象也不明显, 因此 T_4 项的作用很小。由此可见, T_4 反映了底沙再悬浮的强度, 而潮汐不对称输沙对悬沙在河口内的积聚、最大浑浊带的形成具有重要作用。

4.3 垂向净环流输沙

在盐淡水交汇地带, 由于盐度和悬沙垂向分布的不均匀性, 垂向梯度增大。外海高浓度

盐水从底层上溯,淡水经表层下泄入海,形成盐水异重流。在径流与潮流作用相对平衡的河段,这种由密度产生的泥沙输移相当显著,其结果使大量底层泥沙向陆输移。从 T_5 在各汉道的分布来看(图4),由密度流产生的垂向净环流输沙方向都是向陆的。在北港和北槽, T_5 的贡献相当明显。尤其在北港, T_5 项引起的悬沙输移超过了斯托克斯效应。但在南槽, T_5 的作用相对较弱。垂向净环流输沙与河口层化强度有密切关系,北港由于径流分流量大,层化明显,导致 T_5 贡献增大。在南槽,因潮汐作用大,垂向混合较强, T_5 的贡献减弱。

垂向净环流输沙峰值位置与高含沙量中心并不完全吻合,一般出现在滞流点的稍上游处,但位于最大层化向海一侧。层化明显的地段平流作用往往较强,而潮流引起的湍动扩散相对减弱。在滞流点附近,随着流速梯度的增大,潮流产生的底切湍动能也相应增加,当速度梯度与悬沙垂向梯度位相接近时,垂向净环流的输沙作用被加强。

4.4 其它输沙项作用

由于流速和含沙量的垂线梯度的方向一般相反,垂向潮振动切变项 T_8 一般很小,但北港的2[#]、3[#]和北槽18[#]测站, T_8 分别达到 $-0.13\text{kg/m}\cdot\text{s}$, $0.11\text{kg/m}\cdot\text{s}$ 和 $0.4\text{kg/m}\cdot\text{s}$,这一量级已接近或超过了垂向净环流的贡献(表2)。这可能与横沙东滩串沟的发育有关。

各汉道中含沙量与潮变动相关项 T_3 都很小,这主要是因为最大浑浊带内悬沙浓度与潮位之间存在一定的相位差。时均量与潮振动切变引起的剪切扩散项 T_6 和 T_7 的作用也不明显,它们的量级一般在 10^{-3} 到 10^{-2} 之间,将不予考虑。

表2 各输沙项与净输运量的相对百分比

Tab. 2 Distributions of suspended sediment transport due to T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5 , T_6 , T_7 , T_8 in North Channel, South Passage and North Passage

站 位	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	总 量	
南槽	24	16.8	-90.8	-0.1	11.1	-82.7	-1.7	24.2	23.10	-100
	25	-37.2	-14.1	-2.5	-26.9	-15.5	-0.6	1.3	-6.6	-100
	26	-10.5	-34.1	-0.1	-59.2	-8.6	-0.2	5.2	7.3	-100
	27	-25.4	-31.2	-0.4	-44.2	-13.8	-0.2	5.2	9.7	-100
	28	-6.1	-25.5	-0.5	-76.8	-15.8	0.4	4.6	19.2	-100
北槽	15	12.1	-0.9	-0.7	-0.6	16.1	-0.4	0.8	9.2	100
	16	316	-35.9	10.3	-127	-107	8.2	8.2	42.6	100
	18	-1.6	-26.0	-0.3	-84.2	20.1	-0.6	4.6	27.8	-100
	20	151	-18.8	1.0	12.8	49.2	1.3	4.9	-1.9	100
	22	51.8	-188	-0.3	145	-114.2	2.2	24.4	-26.6	-100
北港	1	91.8	-5.2	-1.2	26.2	-7.8	0.2	0.5	-0.44	100
	2	83.5	-7.1	-2.5	46.6	-9.2	0.7	1.5	-13.3	100
	3	101	-6.1	-0.4	19.1	-10.0	0.3	0.9	-5.3	100
	5	166	-13.5	-0.4	-2.6	-52.8	-2.1	2.5	2.1	100
	7	192	-34.8	0.9	27.1	-93.1	-0.7	6.2	1.8	100

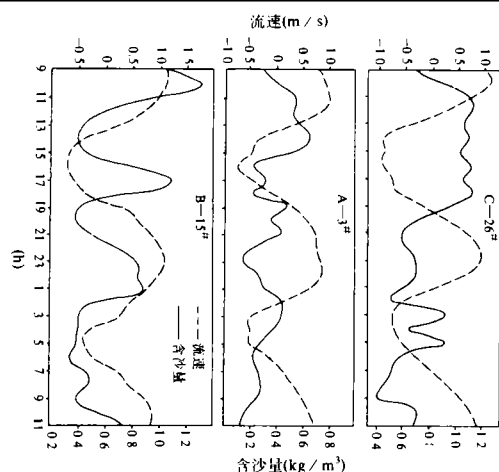


图6 三个测站垂线平均流速和含沙量分布图

Fig. 6 Depth averaged suspended sediment and current velocity at Stations 26 (A), 3 (B) and 15 (C)

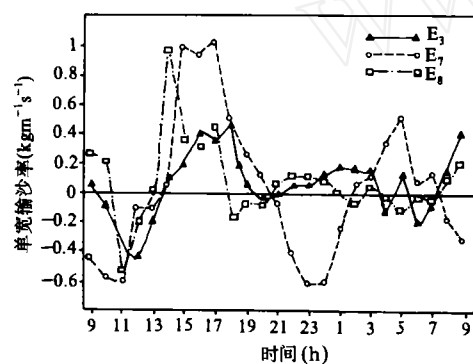


图7 瞬时输沙 E_3 , E_7 , E_8 潮流变化过程线 (26#)

Fig. 7 Tidal variations of the depth averaged instantaneous suspended sediment transport due to E_3 , E_7 , and E_8 at Station 26

4.5 瞬时扩散项输沙

瞬时扩散在某一时间引起的悬沙输移是相当重要的。图7为26#测站瞬时剪切扩散 E_7 、 E_8 和潮汐扩散 E_3 的过程线。从中可见,瞬时输沙量可达 $1\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$,对悬沙的垂向环流输移具有重要作用。各输沙项与潮流一样呈现出周期性变化。从它们随时间的变化过程来看,其峰值都出现在涨潮阶段,并维持较长时间,而在落潮阶段仅在落急前后输移作用才比较明显。可见,由涨潮流产生的输沙作用在这些项输沙过程中占有更重要的地位。

4.6 输沙项比较

由于各汉道受径流与潮流的作用不尽相

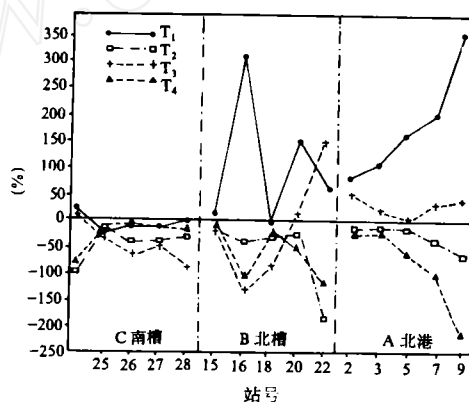


图8 各输沙项占净输沙量的百分比

Fig. 8 Spatial distributions of percentage of each term (T_1 , T_2 , T_4 , and T_5) compared with mean residual transport of suspended sediment

同,为了比较各输沙项在不同汉道中的作用,

分别计算了各输沙项占净输沙量的百分比含量。 T_1 、 T_2 、 T_4 和 T_5 占净输沙的百分比见图8。从图中可见:各输沙项在不同汉道中的贡献并不一致。在南槽,斯托克斯漂移及潮汐捕集占优势,由潮汐作用导致的底沙再悬浮及涨落潮不对称输沙对南槽最大浑浊带的形成具有重要作用;在北港,平均流和垂向环流引起的悬沙输移更加明显,重力环流是导致北港最大浑浊带的主要因素。北槽各输沙项的作用则介于北港和南槽之间。

5 结语

本文在建立物质纵向输移模式的基础上,用实测资料计算,探讨了长江口最大浑浊带

的物质纵向输运特征, 并比较了不同汉道中影响水沙输运的种种因子及其贡献的差异, 得到的主要结果是:

(1) 长江口最大浑浊带水沙输运机制可分解成8项, 其中主要是 T_1 、 T_2 、 T_4 和 T_5 四项, 各输移机制在不同汉道中的作用与径流分配、地形等因素有关。

(2) 由斯托克斯漂移产生的水沙净输移在长江口几条汉道中都相当重要, 这种净输移具有一致向陆输沙的特点, 它抑制了悬沙向海输移的强度, 导致河口内悬沙含量增大。

(3) 潮汐捕集作用导致的悬沙向陆或向海输移与汉道地形和测站位置有关。它引起的悬沙输移的量级超过垂向剪切扩散引起的输沙量。潮汐捕集作用明显的河段, 往往伴随底沙的再悬浮, 对最大浑浊带的形成有重要作用。底沙再悬浮及潮汐不对称输沙是导致潮汐捕集作用明显的主要因素。

(4) 垂向净环流导致向河口内输沙。在层化明显的北港, 其作用尤为显著, 在垂向混合较强的南槽, 其作用则较弱。

(5) 在不同汉道中, 各输沙项在净输沙中的贡献随径流与潮汐潮流的相对重要性而变。在潮汐作用强的南槽, 斯托克斯漂移和潮汐捕集作用是导致最大浑浊带形成的重要因素。而在径流作用占优势的北港, 重力环流是导致最大浑浊带产生的主导因素。北槽则介于上述两种情况之间。

参 考 文 献

- 1 Dyer KR. Coastal and Estuarine Sediment Dynamics. A Wiley Interscience Publication John Wiley and Sons. 1985. 254-253.
- 2 Dyer KR. Estuaries: A Physical introduction. John Wiley and Sons. 1973. 140.
- 3 Uncles RJ et al. Synoptic observations of suspended sediment and vertical current structure in a partly mixed estuary. Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies. Physical of Shallow Estuaries and Bays. Vol. 16. Springer-Verlag. 59-70.
- 4 沈焕庭, 郭成涛, 朱慧芳. 长江河口最大浑浊带的变化规律及其成因探讨. 见: 中国海洋湖沼学会编, 海岸河口区动力、地貌、沉积过程论文集, 北京: 科学出版社, 1979. 76-89.
- 5 Su Jilan, Kangshan W. The suspended sediment balance in Changjiang Estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 1986. 23: 81-98.
- 6 Shen Huaning, Hu Hui, Cannon GA. Flow and Mixing in the Mouth of the Changjiang Estuary. In: Proceedings of International Symposium on Sedimentation of Continental Shelf With Special Reference to the East China Sea. Beijing: China Ocean Press. 1983. 148-158.
- 7 Fischer HB, List EJ, Koh RCY. In mixing inland and coastal water. New York: Academic press. 1979. 229-280.
- 8 王康璠, 苏纪兰. 长江口南港环流及悬移物质输运的计算方法. 海洋学报. 1987. 9 (5): 627-637.

作 者 简 介

沈健, 男, 1958年生, 讲师。1982年毕业于上海师范大学数学系, 1984年到华东师范大学河口海岸研究所从事河口动力学研究, 已发表“长江河口区月平均海面变化的分析”等论文数篇, 现在美国威廉玛丽大学攻读博士学位。

ANALYSIS OF TRANSPORT MECHANISM OF WATER AND SUSPENDED SEDIMENT IN THE TURBIDITY MAXIMUM OF THE CHANGJIANG ESTUARY

Shen Jian Shen Huanting Pan Dingan Xiao Chenyou

(*Institute of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062*)

Key Words Changjiang Estuary, turbidity maximum, tidal trapping, vertical circulation

Abstract

According to the field data of continuous measurements of current velocity, current direction, concentration of suspended sediments and salinity during two tidal cycles at eighteen stations in the North Channel, the North Passage and the South Passage of the Changjiang Estuary in the spring tide in August, 1978, by making an analysis of water and suspended sediment flux of a width unit across the main channel of each tributary, the action of each term of suspended sediment transport in the turbidity maximum of the Changjiang Estuary is discussed and the relative importance of each term in three different tributaries is compared in this paper by introducing techniques of mechanism decomposition. The result indicates that: (1) The dominant mechanism of net transport of water and suspended sediment is that of non-tidal steady advection transport, mass Stokes drift, tidal trapping and net vertical circulation. (2) The net transport of water and suspended sediment induced by mass Stokes drift is of considerable importance in each tributary of the Changjiang Estuary and has a feature of landward movement, which restrains the seaward transport of suspended sediments and induces the increase of suspended sediment concentration within the estuary. (3) The magnitude of suspended sediment transport induced by tidal trapping is greater than that induced by vertical shearing diffusion. Tidal trapping with the resuspension of bedload play an important role in the formation of turbidity maximum in the area where the action of tidal trapping is distinct. The resuspension of bedload and the asymmetric sediment transport are the main factors that induce the distinct action of tidal trapping. (4) In different tributaries, the contribution of each suspended sediment transport term to net sediment transport varies with the relative importance of runoff and tidal current. Mass Stokes drift and tidal trapping play important roles in the formation of turbidity maximum in the South Passage where tidal current is stronger. In the North Channel where runoff is relatively strong, the non-tidal steady advection transport and net vertical circulation occupy dominant positions and the later is the main factor in the formation of turbidity maximum. In the North passage, it is between the South Passage and the North Channel.