

# 长江口南港的水文泥沙环境及污染物输移

潘定安

(华东师范大学河口海岸研究所 上海 200062)

**摘 要** 南港河道水域宽广, 水体量大, 动力条件强, 悬沙含量较高且都是细颗粒物质, 纳污容量大, 具有较强的输运、稀释和自净能力。污水进入南港以后, 污染物在河道中迁移转化, 主要吸附在泥沙上。在外泄过程中污染物质在南港中往返逗留, 循环输移, 向底层、滩地、涨潮沟等地迁移, 并在河海相接地带富集。

**关键词** 长江口南港 水文泥沙 污染物输移

**分 类** (中图法) P [95] (科图法) 57.1513

## 1 前 言

南港是长江口的一条主要汊道, 也是上海地区的一个重要组成部分。南港河道应该充分开发利用, 但其环境应该给予保护。目前上海每天约有 300 多万 t 的污水(工业废水和生活污水)未经深度处理就通过黄浦江和污水管道排入南港。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高, 污水量不断增加, 上海浦东新区建成以后, 预计城市污水每天增加约 250 万 t。因此如何利用南港水体对污水的输运、扩散、稀释和自净, 如何保护南港的环境将是一个十分重要的问题。本文主要根据实测水文测验资料着重分析南港河道的水文泥沙环境, 并试图阐明南港中污染物的输移规律, 为利用和保护南港提供科学依据。

## 2 水文泥沙环境

南港河道位于长江口长兴、横沙两岛与长江南岸之间, 上游与南支相接, 下游与南、北槽相连。该河道长约 35km, 宽约 6km, 河中有瑞丰沙嘴和江亚南边滩沙嘴, 组成一条水下沙脊, 纵贯整个水道, 使南港成为复式河槽, 沙脊之北为长兴岛涨潮沟(图 1)。在径流、潮流的作用和地形的影响下, 南港的水文泥沙环境比较复杂。

### 2.1 水文

2.1.1 水流 南港水体作涨落交潜的周期性运动, 平均流速见表 1。南港河道水流强劲, 测

点最大流速,涨潮超过 2.4m/s,落潮超过 2.7m/s,涨、落潮流历时不等,一般而言,涨潮流历时为 4—5.5 个小时,落潮流历时为 7—8 个小时。

2.1.2 余流 分析 1985 年 7 月和 1986 年 1 月水文测验资料,洪季南港的余流全部向海,但余流的大小主槽与涨潮沟之间差别甚大,长兴岛涨潮沟中的余流比主槽中的要小得多。枯季南港余流相对比较复杂,主槽中向海,涨潮沟中指向上游,江亚南小泓向海,江亚南边滩指向上游,口门附近北槽向海,南槽向陆。因此,南港及口门附近的余流在平面上形成南港主槽与长兴岛涨潮沟之间、南边滩与相邻深槽之间、南北槽之间三个环流。

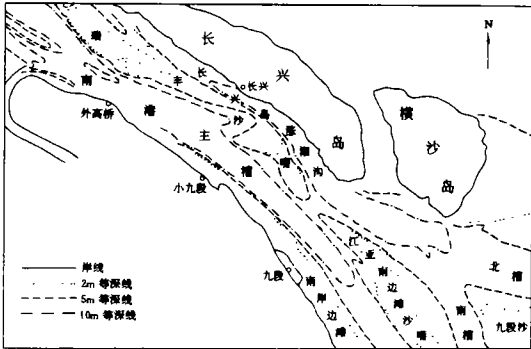


图 1 长江口南港形势图  
Fig.1 Situation map of the South Channel of the Changjiang Estuary

表 1 南港平均流速 (m/s) 统计  
Tab. 1 Statistics of the mean velocity (m/s) of the South Channel

地 点	纵断面		主槽中泓				涨潮沟中泓			
	横断面	外高桥	小九段		九段		长兴		小九段	
			涨	落	涨	落	涨	落	涨	落
洪季 1985.7	大潮	0.73 1.17	0.88 1.02	0.91 1.32	0.62 0.53	0.79 0.62				
	小潮	0.49 0.75	0.51 0.62	0.55 0.78	0.64 0.55	0.53 0.48				
枯季 1986.1	大潮	1.11 1.00	1.00 0.64	1.03 0.95		0.90 0.71				
	小潮	0.62 0.77	0.69 0.68	0.64 0.78		0.76 0.61				

2.1.3 水量输移 南港主槽中净水量向下游输送,长兴岛涨潮沟中净水量向上游输送,浅滩地区净水量向上游输送(表 2)。净水量在平面上的输移大致可以分成二个区域:南岸与长兴岛之间,主槽出水,瑞丰沙浅滩及长兴岛涨潮沟进水;下游南边滩与相邻的深槽之间,深槽出水,边滩进水。南港河道的净水量输移在平面上有环流存在。

2.2 泥沙

2.2.1 悬沙含量及粒度 南港河段平均含沙量一般在 0.3—1.0kg/m³ 之间(表 3),测点最大值在 5kg/m³ 以上。

南港的悬沙由粉砂和粘土组成(表 4),其中粘土占 38—55%,中值粒径为 6.9—8.4φ。

2.2.2 悬沙含量的变化 南港中悬沙含量底层明显高于表层,而且,通常下游高于上游。涨急至涨憩、落急至落憩是南港水体的高含沙量时段,其中以涨急至涨憩为最高时段。涨憩至

表 2 南港单宽流量（10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>）统计

Tab. 2 The discharge per unit (10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>) of the South Channel

地 点	纵断面	主槽中泓			涨潮沟中泓		南岸浅滩	
	横断面	外高桥	小九段	九段	长兴	小九段	长兴岛东端	九段
洪季 1985.7	涨潮	30.0	29.6	24.4	11.6	13.7		
	落潮	73.4	48.3	41.3	10.3	10.7		
	净 +向下 -向上	+43.4	+18.7	+16.9	-1.3	-3.0		
枯季 1986.1	涨潮	17.1	25.2	17.4		33.8	40.3	7.7
	落潮	24.7	26.8	24.8		21.8	28.7	3.6
	净 +向下 -向上	+7.6	+1.6	+7.4		-12.0	-11.6	-4.1

表 3 南港主槽平均含沙量（kg/m<sup>3</sup>）统计

Tab. 3 Statistics of mean sediment concentration (kg/m<sup>3</sup>) of the main channel in the South Channel

地点		外高桥		小九段		九段	
		涨	落	涨	落	涨	落
洪季	大潮	0.63	0.69	0.55	0.58	0.73	0.88
1985.7	小潮	0.32	0.28	0.36	0.36	0.34	0.42
枯季	大潮	0.47	0.50	0.49	0.46	0.97	0.95
1986.1	小潮	0.42	0.36	0.38	0.28	0.38	0.36

表 4 南港主槽悬沙粒度百分含量统计

Tab. 4 Statistics of the content of grain size of suspended sediment in the South Channel's main channel

时间	潮型	外高桥			小九段			九段		
		砂	粉砂	粘土	砂	粉砂	粘土	砂	粉砂	粘土
洪季	大潮	0	45.6	54.4	0	52.0	48.0	0	56.5	43.5
1985.7										
枯季	小潮	0	55.7	44.3	0	61.1	38.9	0	58.1	41.9
1986.1										

近落急前、落憩至近涨急前是低含沙量时段，其中以落憩至近涨急前为最低时段。从涨落潮流来看，南港涨潮流与落潮流的含沙量相差不多，总体而言，洪季含沙量一般落潮流大于涨潮流，而枯季则相反。从大小潮来看，南港的含沙量大潮大、小潮小的规律十分明显。

2.2.3 悬沙的输移 南港中的悬沙随着潮流涨落上下迁移，净输沙量见表 5，南港主槽向海输送，长兴岛涨潮沟向上游输送，长江南岸边滩向上游输送，同样 80 年代的资料反映，江亚南边滩向上游输送。南港河道中净沙量的输移如图 2 所示。

2.3 纳污容量和自净能力

南港河道水域宽广，水体量大，径流丰富。长江径流几乎全部从南支通过南港和北港下泄，南、北港的分流比虽有变化，但比较接近，若以 50% 计算，每年约有 4 620 亿 m<sup>3</sup> 的径流

通过南港河道下泄入海。排入南港的污染物由径流带入海洋。上海如果每天向南港排入 600 万 t 的城市污水,排入的水量不到径流量的 0.5%,可见南港具有较大的纳污容量。南港不仅径流量大,潮量也十分可观,根据 1978 年 8 月 6—9 日实测资料,南港进潮量约 11.7 亿 m<sup>3</sup>,测点最大流速达 2.7m/s 以上,利于污水扩散稀释。同时长江每年又有 4.86 亿 t 泥沙随径流下泄入海,南港水体的含沙量较高,而且都是细颗粒物质,具有较强的吸附能力,利于水体自净。南港悬沙有机物的含量比水相中大 1000 倍,泥沙吸附有机物后有利于吸附重金属元素,南港河道中 85% 以上的重金属元素富集在细颗粒泥沙上<sup>①</sup>。因此,南港河道对污染物具有较强的输送、扩散、稀释和自净能力。

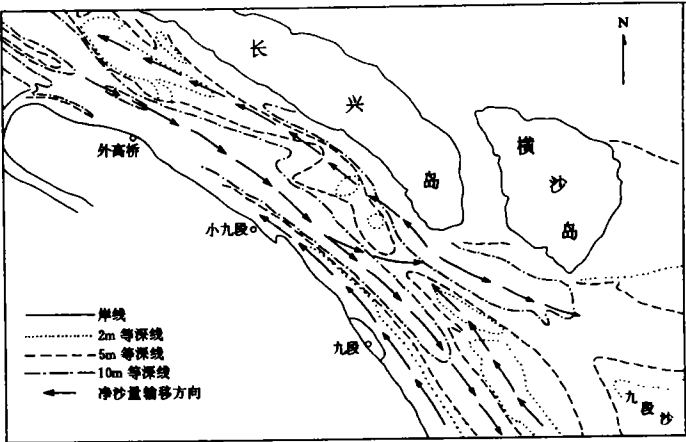


图 2 南港净沙量输移图

Fig. 2 Map of the net sediment transport volume of the South Channel

表 5 南港单宽输沙量 (t) 统计

Tab. 5 Statistics of the sediment transport volume (t) per unit of the South Channel								
地 点	纵断面	主槽中泓			涨潮沟中泓		南岸浅滩	
	横断面	外高桥	小九段	九段	长兴	小九段	长兴岛东端	九段
洪季 1985.7	涨潮	187.78	162.08	190.50	68.73	97.07		
	落潮	506.84	278.47	361.96	61.62	49.47		
	净							
大潮	+向下	+319.06	+116.39	+171.46	-7.11	-47.60		
	-向上							
	净							
枯季 1986.1	涨潮	71.41	38.65	66.34		107.92	192.28	36.94
	落潮	89.13	54.95	89.19		46.48	131.62	14.52
	净							
小潮	+向下	+17.72	+16.30	+22.85		-61.44	-60.66	-22.42
	-向上							

3 污染物的输移

目前上海城市污水除通过黄浦江从吴淞口进入南港外,主要还有两处入口:一处是通过

① 韩庆平,陈邦林,陈清泽.长江口南港重金属元素的迁移转化规律及输移量.研究报告,1988.

管道在九段下游 1.5km 的地方（白龙港附近）采用岸滩排放的形式进入南港，排放量每天约 30 万 t；另一处在外高桥下游 3km 的竹园附近，采用水下排放的形式，排放量每天为 140 万 t。将来白龙港排放口要进行改造，由岸边排放改为水下排放，并增加排放量。污水进入南港以后，与江水相混，污染物可以存在于水相中，也可被吸附在泥沙上。污染物随着水沙的运动而在南港中扩散、摆荡、逗留和下泄。由于南港中水沙的运动比较复杂，因此南港中污染物的输移过程也是相当复杂的。

3.1 扩散迁移

污水排入南港以后，污染物在江中扩散迁移，扩散迁移的情况与当时的水流运动有关。根据九段河段 5 次实地有色示踪剂扩散试验反映，在转流时投入的示踪剂，由于流速较小，有色水体不易扩散，呈团块状且移动缓慢。随着水流速度的增加，有色水体在移动速度不断增加，同时扩展成带状，再渐渐扩大直至消失。在转流时一次投入约 80kg 的示踪剂，随着水流速度的增加，经过 2 个小时左右的迁移扩散，有色水体消失。根据南港的水文特点，涨憩后的落潮初期污水团的范围最大，落急时污水的扩散迁移最快。在各种水文条件中，洪季大潮时污水扩散迁移最迅速，枯季小潮时最缓慢。

3.2 逗留时间

排入南港的污水随着潮流的涨落来回摆荡，往返逗留在南港之中，影响南港的环境，逗留时间越长，影响越严重。污水在南港中的逗留时间见表 6<sup>①</sup>。逗留时间与径流量的大小有关，随着径流量的增加而减小，南港中的逗留时间枯季比洪季要长得多。从纵向分布来看，逗留时间从上游向下游逐渐减小。在大通流量为 2000m<sup>3</sup>/s 的情况下，由黄浦江进入南港的污染物在南港中逗留 5 天左右，而在九段附近（白龙港排污口）排入的污水在南港中逗留的时间不到 2 天。在口门附近，由于水域展宽，污水出口门后迅速扩散，导致逗留时间的递减梯度最大。

表 6 各地排出的污水在南港中的逗留时间（d）

Tab. 6 The delay time (d) of the sewage discharged from everywhere into the South Channel

地 点		外高桥	小九段	九 段	南槽上口
大通	40000	2.5	1.5	0.8	0.1
流量	20000	4.8	3.4	1.7	0.1
(m <sup>3</sup> /s)	6000	11.1	7.8	4.3	0.2

3.3 上溯距离

污水在南港中随潮上溯，根据 1985 年和 1986 年实测资料，计算得到的南港主槽中污染物上溯的距离见表 7。上溯距离枯季明显大于洪季，这与径流量有关。枯季大潮上溯最远，表层可达到 22—27km。洪季小潮上溯最近，表层只有 8—10km。计算结果与实际漂流试验基本一致。在南港中的上游河段排污，污染物在涨潮时将进入南支和黄浦江。至于这些污染物对当地水质的影响如何，是否会改变水质标准，这将是另行讨论的问题。

① 潘定安，沈健，汪思明．长江口南港的水文泥沙特性和污水排放口选择．研究报告，1988．

表 7 南港主槽各断面水质点上溯距离 (km)

Tab. 7 Distance of the water particle transport upstream at various sections of the main channel of the South Channel

断面		外高桥			小九段			九段		
层次		表	0.6	底	表	0.6	底	表	0.6	底
洪	大潮	22	16	10.1	18.7	15.3	9.8	14.4	14.7	10.5
季	小潮	9.5	9	4.5	9.8	11.5	10.1	8.7	8.5	5.8
枯	大潮	26.5	24	13.6	24.3	20.6	13.9	22.1	19.0	12.4
季	小潮	17.5	14.3	8.9	18.1	15.3	10.8	13.5	13.6	10

3.4 循环输移

在水沙环境中已经阐明，南港中的净水量输移，在南岸与长兴岛之间存在着主槽出水涨潮沟进水的循环，在近口门地区南边滩与邻近深槽之间存在着深槽出水边滩进水的循环。污染物跟随江水运动，则污染物的输移也纳入上述的循环。这样南港中的污染物，在输移过程中，出现主槽下泄、长兴岛涨潮沟和南岸边滩上溯的状态，污染物在南港中的输移有循环现象。

3.5 泥沙搬运

污水在稀释扩散过程中与泥沙相遇，大部分的污染物质被细颗粒泥沙吸附，水相中的污染物向泥沙迁移转化。泥沙起着载运污染物的作用，污染物随着泥沙的运动而运动。泥沙的输移方向和途径基本上反映了污染物的输移方向和途径。

(1) 江水中的泥沙在径流、潮流和波浪的作用下与污水混合，吸附了有害物质。泥沙随着动力条件的强弱变化作沉降、悬浮的运动，在垂直方向上进行交换。南港中的含沙量底层比表层高得多，因此排入南港的污染物向底层迁移。实测资料反映，南港水体中重金属铜、锌、铅、镉、铬的含量都是底层大于中层，中层又大于表层，以铅为例表层为 0.020mg/l，中层 0.037mg/l，底层 0.049mg/l<sup>①</sup>。

(2) 吸附有害物质的泥沙在浮沉过程中与底沙进行交换，部分污染物向泥沙容易停积的场所，如沙洲、浅滩等地迁移。排入南港主槽中的污染物通过泥沙吸附搬运，向瑞丰沙嘴、江亚南边滩沙嘴和南岸边滩等地迁移。1985 年 7 月和 1986 年 1 月在南港河道共采集 83 个底质样品，其中滩地 40 个，河槽 43 个，分析结果表明，污染物的含量一般滩地高于河槽<sup>②</sup>。

(3) 由于长兴岛与长江南岸之间、南岸边滩与邻近深槽之间存在着净输沙环流，因此污染物的净输移在南港中也存在环流，主槽下泄的污染物通过环流部分进入长兴岛涨潮沟和南岸边滩。检测资料反映，长兴岛涨潮沟底质中污染物的含量一般比南港主槽中的含量要高。以铅为例，长兴岛涨潮沟为 12.14—17.45mg/kg，南港主槽为 6.30—15.04mg/kg<sup>③</sup>。

3.6 在口门地区富集

长江口口门地区是径流扩散消能地带，也是径流优势向潮流优势转换的过渡地带。同时，

① 苏惠娟，陈启明，陈邦林．长江口南港地区有机、无机污染物的分布及排污工程的优化．研究报告，1988。  
② 朱积安，韩广民．长江口南港河段底质质量评价及其对排污口影响的初步研究．研究报告，1988。  
③ 苏惠娟，陈启明，陈邦林．长江口南港地区有机、无机污染物的分布及排污工程的优化．研究报告，1988。

盐淡水又在这里交会混合，且主要呈现部分混合的形式，内部环流发育良好，细颗粒泥沙絮凝沉降。因此，泥沙在口门地区积聚形成拦门沙，该地深槽中往往出现浮泥。在潮流、异重流和波浪的作用下，积聚的泥沙沉浮频繁，水体中的含沙量较高，表层变化在  $0.1\sim 0.7\text{kg/m}^3$  之间，底层变化在  $1\sim 8\text{kg/m}^3$  之间，形成河口地区最浑浊的地带。泥沙在输移过程中不断捕集有害物质。长江下泄的泥沙，近一半留积在拦门沙地区，因此污染物质在拦门沙地区富集。拦门沙地区水体中有害物质的含量比上游要高得多，据实测资料，原样水（包括悬浮物的水体）中锌、铜、铅的含量在拦门沙地区比南港河道中分别高出 0.5、1、3.7 倍，即使是清水（过滤水），由于被泥沙吸附的可溶态、可交换态、碳酸盐态的重金属元素在河水与海水相互作用时被置换出来，重金属元素的含量也比较高。

## 4 结语

（1）长江口南港河道水域宽广，水体的量大，径流丰富，动力条件强劲，水流活跃，泥沙含量较高且吸附能力强，南港具有较强的运输、扩散、稀释和自净能力，为上海城市污水排放提供了有利条件。利用这一条件，向南港合理排放污水是目前改善上海城市水环境污染的一条途径。但不能误解南港河道是一个天然的排污场，可以任意排放污水。对于污水的排放地点、排放形式和排放量应根据南港的自然条件全面综合地加以考虑。

（2）排入南港的污水往返逗留于南港之中，污染物在水道中循环输移。排入南港主槽的污水总体方向虽然迁移入海，但在迁移扩散过程中，污染物随潮摆动，部分污染物进入长兴岛涨潮沟并向上游输送，另有部分污染物沿南岸边滩上溯，因此排入南港主槽的污水将对整个南港的环境带来一定影响。

（3）向南港河道排污和向海洋排污较大的区别之一是南港水体中的泥沙含量比海水中要高得多。南港中细颗粒泥沙具有较强的吸附有害物质的能力，利用这一特性可以净化水质，但在选择排污口时应注意这些泥沙的去向。

（4）南港下游与拦门沙地段相接。长江口拦门沙地区是长江口水体最浑浊的地带，又是盐淡水交会混合的地方。这里有害物质的含量比上游和海洋要高得多，是污染物积聚的场所。污染物质富集在河海相交具有特殊水文泥沙条件的地带内，这是河口地区的自然规律。

（5）上海城市污水排入南港，利用大水体稀释自净，利用径流带入海洋，以减少污水处理和排污工程的投资，合理排放虽然不会大范围的改变南港中的水质标准，但对南港的环境多少总有影响。为了确保南港的环境和水资源，在规划排污工程时应考虑近期和远期相结合，近期污水经初步处理后排放，将来有条件时污水应深度处理后再行排放。

## 参 考 文 献

- 1 陈吉余，沈焕庭，恽才兴等．长江河口动力过程和地貌演变．上海科学技术出版社，1988.
- 2 陈吉余主编．上海市海岸带和海涂资源综合调查报告．上海科学技术出版社，1988.

# HYDROLOGICAL AND SEDIMENTARY ENVIRONMENT AND POLLUTANT TRANSPORT OF THE SOUTH CHANNEL IN THE CHANGJIANG ESTUARY

Pan Dingan

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

## Abstract

The water area of the South Channel is wide, the volume of the water body is large, the dynamics is strong, and the content of suspended sediments is higher. the sediments consist of fine—grained sediments mostly. The water has high capability of transporting, diluting and clearing. The pollutants of the South Channel are absorbed mainly by sediments. They go there and back during emptying to the sea. They are circularly transported and transported towards bottom, flats, flood channels, and accumulated at the places between the river and the sea.

**Key words** South channel of the Changjiang estuary, Hydrology and sediment, Pollutant transport