

## 长江口南北港分汉口与汉道演变 及其相互影响\*

钟 修 成  
(华东水利学院)

南北港汉道是长江口的主要汉道,由三部分组成:分汉口段、南北港段和横沙以下水下三角洲段。其中分汉口段自七丫口至吴淞长约34公里,河宽由10公里扩宽至15公里,宝钢码头即位于其间,连同上游白茆沙河段通常称为南支。分汉口段下接南、北港二汉,河宽一般分别为6—8公里。南北港以下由九段沙、横沙东滩等暗沙将河槽分为三汉入海。自吴淞至各口门拦门沙顶点一般长约50公里(图1)。

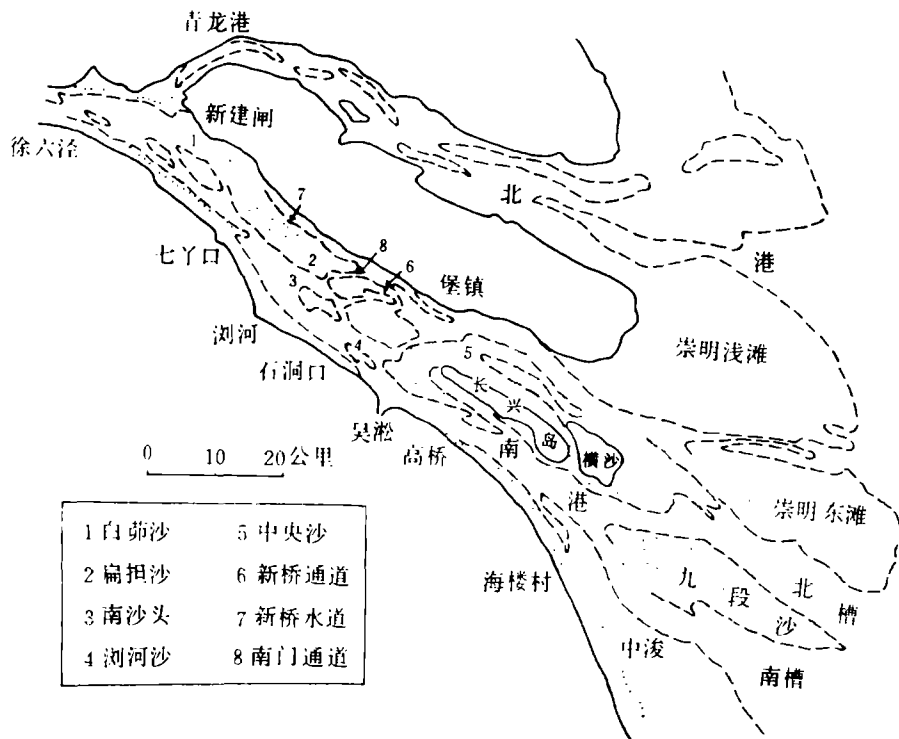


图1 长江口近期河势

Fig. 1 Recent regimes of Yangtze Estuary

\* 本文承华东师范大学陈吉余教授和我院呼延如琳教授审阅,特此致谢。

为了确保宝钢码头前沿水深,对分汉口段曾进行过不少研究<sup>[1]</sup>。但因问题复杂,对河床演变尚未有统一认识。本文主要对本世纪以来的水下地形、历次水文测验及潮位资料进行全面的分析,阐述分汉口与南北港的演变及其相互影响,据此提出对分汉口河段摆动原因的看法。

## 一、南北港分汉口与汉道演变特点

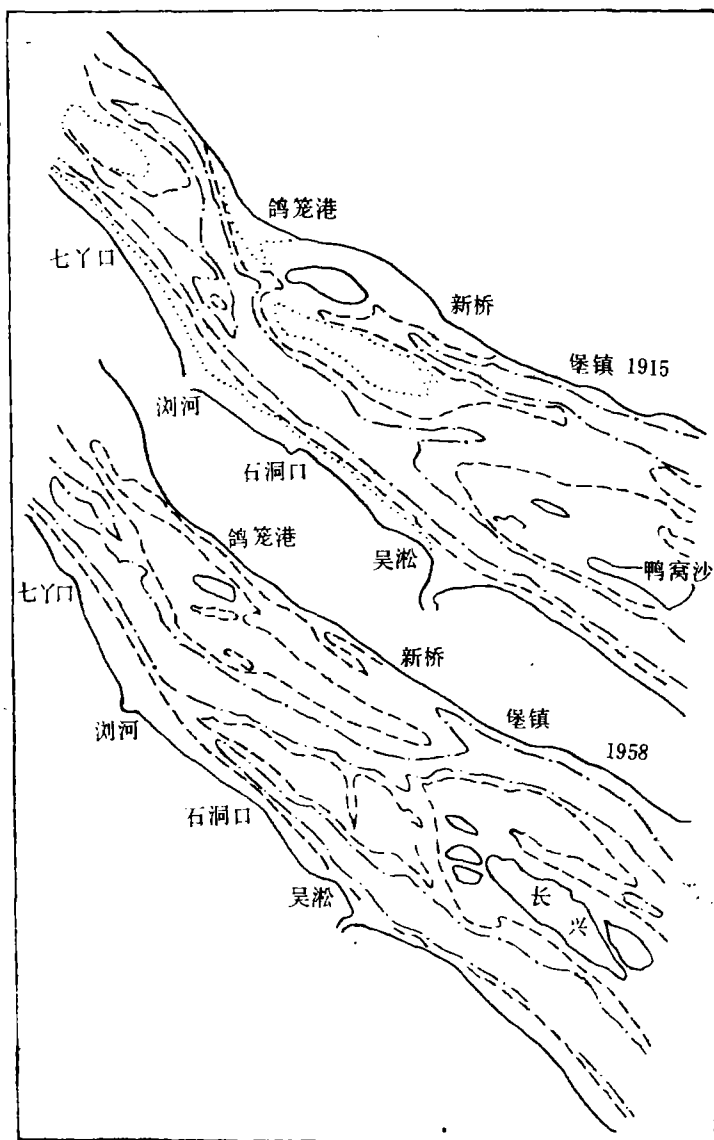


图2 分汉口河段典型河势

Fig. 2 Typical regimes of the fork reach

本世纪以来河床变化具有如下特点:

**1. 分汉口段与南北港基本上处于相对平衡状态** 除大洪水后一段时期外, 分汉口段容积大致保持在 26—29 亿立方米, 有一定变幅。南北港容积总和为 24.5 亿立方米左右, 变幅不大。

**2. 南港和北港河床变化总趋势呈现此消彼长** 本世纪以来, 南港容积由 1910 年 10 亿立方米至 1958 年增为 15.1 亿立方米, 继而减少至 1971 年为 12.3 亿立方米。呈现先增大后减小过程。大致相应于上述时间, 北港由 14.3 亿立方米减少至 11.5 亿立方米, 继而增大至 12.5 亿立方米。呈现相反的变化过程。1980 年以后, 南港容积又有增大趋势, 北港容积则减小。

**3. 分汉口段平面摆动具有明显周期性** 过去我们提出<sup>[1]</sup>, 南北港分流点在浏河口至吴淞口间上下摆动, 本世纪周期约 60 年, 变幅达 22 公里。比较摆动过程的典型河势(图 2), 更明显地反映出摆动的周期性。大致 1915 年至 1947 年为主槽北摆时期, 其南侧形成沙滩, 使南港上口呈封堵状态。1947 年至 1976 年为主槽南摆时期, 其北侧扁担沙下延, 使北港上口呈封堵状态。1976 年至今, 重现 1915 年以后的演变趋势。

**4. 南北港容积变化与分汉口主槽摆动基本呼应, 同样也显示一定周期性** 总趋势是: 分汉口主槽北摆, 深泓指向北港, 北港容积减小, 对应的南港容积扩大; 分汉口主槽南摆, 则变化趋势相反。1976 年以后, 分汉口主槽北摆, 约至 1980 年前后, 北港容积开始减小, 南港容积出现扩大, 只是时间稍落后于分汉口变动。

以上这些特点都符合于一般汉道演变规律, 因而应从汉道演变中寻求分汉口摆动的原因。

## 二、河床演变原因分析

### (一) 南北港沙量和潮量分配

#### 1. 输入南北港泥沙量的估计

分汉口段具有如下特点: (1) 平面形态不对称。七丫口附近的深槽位于南侧, 大片的扁担沙位于北侧, 水流进入南港比较顺直, 进入北港则较弯曲; (2) 河床物质较粗, 滩地以粗粉沙为主, 中值粒径为 0.1—0.15 毫米, 含粘土成份不多, 抗冲性较差; (3) 该河段除新桥水道上段以外, 落潮流的流速和历时都是大于涨潮流的, 泥沙的运移方向以向下游为主, 落潮流主线上的输沙强度最大。在上述背景下, 当进入南北港的落潮水流的方向、强度和分流点发生调整和改变时, 使主槽发生摆动和输至南北港的泥沙分配发生改变:

在主槽南摆时期(1947—1976 年), 进入南北港的落潮主流沿浏河至石洞口间的南侧通过, 顶冲中央沙头, 冲刷的泥沙沿中央沙两侧向下输移, 南港接受的泥沙多于北港。根据地形图计量分析, 1958 年至 1979 年, 累计冲刷量为 6.75 亿立方米, 其中进入南港为 4.11 亿立方米, 进入北港为 2.64 亿立方米。南港为北港的 1.56 倍。这一分配可大致反映主槽南摆时的输沙特征。

在主槽北摆时期(1915—1947 年), 分流点上提, 主槽北摆, 主流冲刷扁担沙, 冲刷的泥沙部分输至北港, 部分仍停留在主槽南侧。鉴于本河段处于平衡状态, 河床容积长期稳

定于某一值,从扁担沙冲刷进入北港的泥沙应在主槽南侧有相等量的淤积。因而主槽南侧有浏河沙、中央沙头等暗沙,封堵南港上口。假定因平衡输入北港的这部分淤积量与主槽南摆时冲刷的泥沙量相等,则在主槽北摆时输入北港的泥沙量同样为 6.75 亿立方米,输至南港的泥沙量可略而不计。

由此可见,在本世纪出现的摆动周期中,输至南北港的泥沙总量达 13.5 亿立方米,其中分配到北港为 9.39 亿立方米,占下泄总量的 70%,北摆时期为 6.75 亿立方米,南摆时期为 2.64 亿立方米;南港为 4.11 亿立方米,占下泄总量的 30%,主要出现于南摆时期。表明在数量上北港多于南港,在时间分配上南港是时断时续的。

## 2. 南北港潮量分配及近期变化

(1) 落潮量分配比变化 表达潮量分配通常用某一汉道潮量占其总潮量之比,以百分率表示。以南港为例,设  $\bar{V}$  为平均落潮量,  $A$ 、 $T$ 、 $v$  分别为落潮流时平均过水面积、平均历时和平均流速;下标  $s$  代表南港,  $N$  代表北港。则南港落潮量分配比为:

$$\frac{\bar{V}_s}{\bar{V}_s + \bar{V}_N} \times 100\% = \frac{\bar{V}_s}{\bar{V}_N \left( 1 + \frac{\bar{V}_s}{\bar{V}_N} \right)} \times 100\%,$$

其中

$$\frac{\bar{V}_s}{\bar{V}_N} = \frac{A_s}{A_N} \times \frac{T_s}{T_N} \times \frac{v_s}{v_N}.$$

表明落潮量分配主要决定于面积、历时和流速三者比值之乘积。可以想像,在一定河床地形条件下,三者之变化主要决定于上游径流量和口外潮差(图 3),关系还是比较明确的。在大通流量 30 000 立方米秒(按接近多年平均流量 29 300 立方米秒)和平均潮情况下,1971—1978 年比 1958—1963 年期间,南港落潮量减少 10%。

通过面积、历时和流速比值变化分析表明,多年的历时和流速比值变化不大,而面积比却相差较大。1958—1963 年期间南港面积为北港的 1.15 倍,1971—1978 年减少为 0.9 倍。对比近期河床变化,可以认为,近年来南港淤积是造成落潮量减少的主要原因。

(2) 涨潮量分配比变化 由于南北港汉道直接入海,径流量影响已不太显著,涨潮量

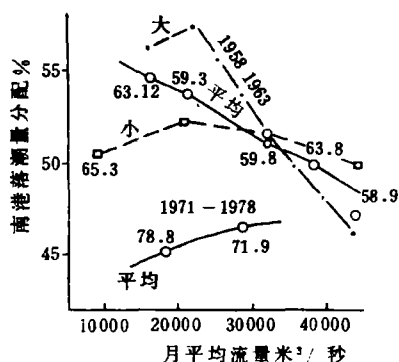


图 3 落潮量分配与大通流量关系

Fig. 3 Relation between the ebb volume distribution of South Waterway and mean discharge at Datong Station

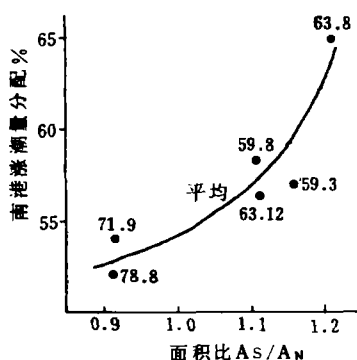


图 4 涨潮量分配与南港面积比关系

Fig. 4 Relation between the flood volume distribution of South Waterway and Sectional area ratio of South Waterway to North

分配受外海潮差和过水断面控制(图4)。可以看出,由于近期南港淤积,使1971—1978年比1958—1963年的涨潮量减少8%。

应予指出,由于测验断面位于南北港中部,距分汉口尚有一定距离,涨落潮量基数较大。如将其推算到分汉口附近,则其对应的减小值还应增大。

(3) 净泄量分配比变化 河口净泄量可一定程度反映径流量。其变化趋势与落潮量变化基本一致(图5)。在大通流量30 000立方米秒和平均潮条件下,南港1971—1978年比1958—1963年的净泄量减少20%。

### (二) 南北港冲淤变化原因

综上所述,在分汉口主槽南摆时期,输至南港的泥沙多于北港,因而引起南港断面积减小,涨、落潮量和净泄量都减小;与此相应的北港应增大。从南港泥沙输移过程可知:1959至1963年中央沙和刘河沙先后冲开,泥沙开始进入南港,直到1969年前后才推移到口门<sup>[4]</sup>,1971年南港容积达到最小。故1971—1978年的南北港的断面积分配比和潮量分配比可以大致反映分汉口主槽南摆影响的结果。如果按泥沙由分汉口下泄至口门的历时逆推,则1958—1963年的南北港的断面积分配比和潮量分配比应可代表1947年以前的分汉口主槽北摆影响的结果。

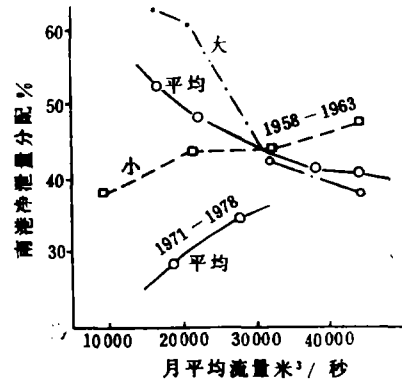


图5 净泄量分配与大通流量关系

Fig. 5 Relation between the net flow Volume of South Waterway and mean discharge at Datong Station

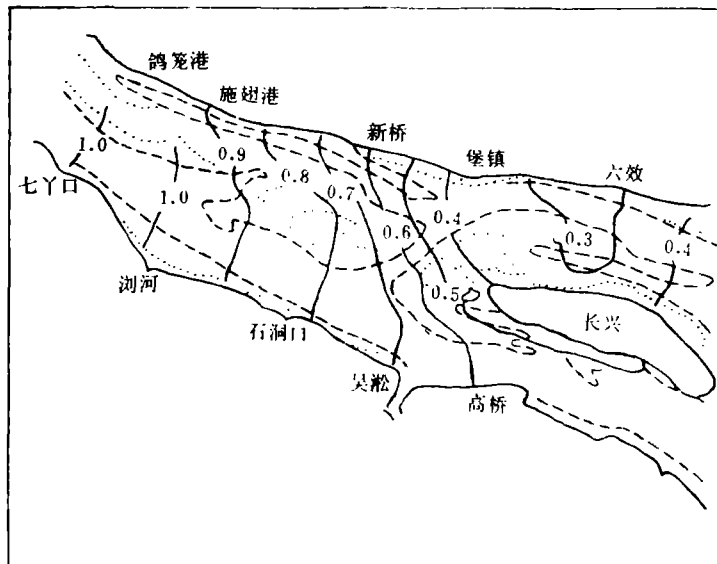


图6 低潮位瞬时等水位线

Fig. 6 Isopleth of Water Stage at low tide in fork reach

表 1 分汉口主槽摆动对南北港的影响

Tab. 1 The effect of main Channel Oscillation on South-North Waterway.

数量 类别		汉道	南 港		北 港	
		摆动期	北摆	南摆	北摆	南摆
输沙总量(亿米 <sup>3</sup> )			—	4.11	6.75	2.64
断面积分配(%)			53.5	47.4	46.5	52.6
潮量分配 %	落潮量		51.6	46.6	48.4	53.4
	涨潮量		58.1	53.6	41.9	46.4
	净泄量		44.5	35.5	55.5	64.5

说明: 潮量分配比按大通流量 30 000 米<sup>3</sup>/秒和平均潮计

从表 1 可以看出,无论南港北港,凡是接受泥沙较多时断面积分配和潮量分配都比接受泥沙较少时期小。这符合一般汉道演变规律,表明分汉口摆动对南北港直接带来的影响。

### (三) 分汉口段摆动原因

由于 1971—1978 年期间,南港涨、落潮量和净泄量都比 1958—1963 年减少,北港对应的潮量得到增大。汉道水流分配改变必然会引起分汉口流路的重新调整,使主槽摆动。但是,问题是能否肯定它是近期分汉口变动的主要原因,还需要了解分汉口水流分配的调整过程和河床摆动过程是否相吻合。为此进一步分析了连续观测的潮位测站资料。

分汉口段的潮波基本上属前进波性质。表达落潮流的平均比降可以通过汉道上口为低潮位时的比降来描述(图 6)。可以看出进入北港的落潮流比降大于南港,横比降是南高北低。这就反映了近期主槽北摆,横向水流切割扁担沙的动力特征。

分汉口的横比降,实际上可以通过南北港上口的高桥和堡镇两站的低潮位差来表达(图 7)。可以看出,除了 1960 年前后于中央沙根部一度出现的新崇明水道,使水流和河床淤积有利于高桥短期低潮位抬高以外,一般说来,在大通年平均流量相同时,1968 年以前的高桥低潮位低于堡镇约 10 厘米,1973 年以后,高于堡镇约 10 厘米(按:如果考虑 1968 年以前南港落潮量分配比较多和 1973 年以后分配比较少,则上述差值还要大些)。1968 年至 1973 年为横比降变动的过渡时期。

进一步比较北港堡镇低潮位,1968 年以前与 1973 年以后的基本相同,唯南港的石洞口、高桥和横沙三站在上述时间里都有不同程度抬高,尤以高桥站更为突出。高桥至横沙的低潮位差值 1973 年以后比 1968 年以前增大约 15 厘米(图 8),而石洞口至高桥的低潮位差值并未增大,反而略有降低。表明 1968 年以前南港接受的泥沙骤增,河床淤积严重,1968 年至 1973 年的过渡时期为南港淤积后期。正因为如此,使落潮流纵比降增大,低潮位沿程向上增高,南港上口产生壅水,引起石洞口至高桥低潮位差值减小。联系到图 6,估计壅水的影响范围达到浏河口以上,形成南高北低的横比降,使七丫口以下的落潮主流向北港偏转,从而改变南北港潮量分配比。可见横比降改变与南港淤积,以及和潮量分配比改变都是密切关联的。

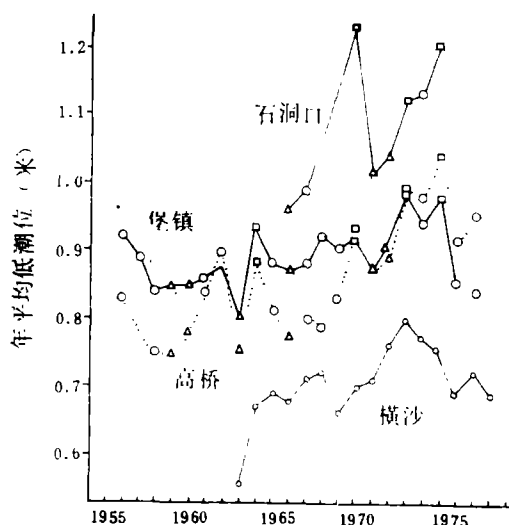


图7 南北港主要测站年平均低潮位变化

Fig. 7 Mean annual low water stage hydrograph at the main stations in South-North Waterway.

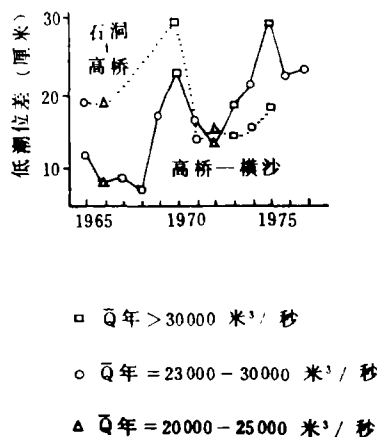


图8 纵向低潮位差变化

Fig. 8 Variation in longitudinal differences of mean annual low tide.

1968年以前的横比降方向是北高南低,1973年以后是南高北低。前者起于何时,无资料可查;从中央沙和浏河沙于1959年至1963年先后切开,随后演变成中央沙南水道,河床的变动与当时横比降方向吻合的。而横比降方向的南高北低是始于1968—1973年,在扁担沙中部和下部于1973年和1980年先后切开,形成南门通道和新桥通道,河床变动时间约落后于横比降调整时间大约5年左右,是符合于一般规律的。表明引起河床变动的动力性质和时间都是与河床变化相当吻合的。

以上说明了一个道理:引起分汉口近期摆动的原因是下游南北港水流阻力对比的变化。近期变化的直接原因是南港淤积。通过横比降变动过程与分汉口摆动过程比较,进一步证实了这个结论。过去常认为暗沙封堵的汉道阻水作用比较突出,主流是指向通畅汉道的,这是误解,它不仅背离实测的水文资料,而且很难对1973年以后的分汉口河床变动提出合理的解释。

#### (四) 南北港汉道演变机理的探讨

南北港汉道演变过程是:分汉口摆动引起输主南北港水量和沙量在时间上和空间上变化,造成汉道河床此消彼长;后者反过来又影响分汉口水流条件改变,使分汉口主槽摆动。可能会有这样的问题:哪一个是原因?哪一个是结果?要回答这个问题,需要将分汉口和南北港作为相互联系的一个整体考虑。看来引起变化的根本原因不是来自外部,而是由长江口输水输沙要求决定的。因为分汉口主槽摆向一汉后,有利于该汉接受较多泥沙,河床出自输水输沙要求,通常总是要增大比降,加大流速。在南北港汉道很长和外海水位固定条件下,增大比降,就使该汉道上口壅水高度增大,出现横比降,潮量分配比减小,河床淤积。而另一汉道上口常呈暗沙封堵状态,床沙质不易进入;潮量分配比又是呈增大的变化,遂使河床冲刷。这就表明,为了把水流和泥沙输送出海,保持河口平衡,通过使上口有暗沙封堵的汉道河床冲刷,要比冲刷上口有泥沙补给的汉道容易。另一方面,再

看分汉口泥沙补给情况,在上口暗沙封堵的汉道潮量分配比增大时,河床出现冲刷,纵比降将减缓,暗沙上下游水位差增大,有利于暗沙切割下移;同时由于分汉口河身广阔,滩地组成疏松,为了适应分汉口横向流量的增大而改变流路,也易于把该汉道上口的暗沙冲刷下移。由于这样原因,使该汉道由冲刷转向淤积,原上口通畅的一汉,由淤积转为冲刷。由此可见,分汉口主槽摆动和汉道的相互消长,正是出于长江口本身维持输水输沙平衡的需要。而主槽摆动还必需具备对水流约束能力差的边界条件。至于与演变过程联系的摆动周期,显然就决定于泥沙的输移。

### 三、结 论

分汉口段和南北港是相互联系的一个整体。分汉口主槽摆动引起输至南北港泥沙分配变化,造成汉道此消彼长,而后者反过来又引起分汉口段水流条件的改变,造成主槽摆动。产生这些变化的根本原因在于长江口维持输水输沙平衡的需要。分汉口河身宽广,滩地物质疏松,是摆动的先决条件。至于摆动周期则决定于泥沙输移。

1976年以后,分汉口河槽北摆的直接原因是:由于它的前期分汉口主槽南摆,主流顶冲中央沙头,冲刷掉的泥沙输至南港多于北港,南港河床淤积,断面积减小,涨、落潮量和净泄量分配比都减小,沿程向上低潮位抬高,南北港上口横比降方向呈南高北低,进入北港的落潮水流增大。

### 参 考 文 献

- [1] 上海航道局等,长江口航道治理,第一集,147—167,1981。
- [2] 陈吉余等,海洋学报,1(1),103—111,1979。



## FLUVIAL PROGRESS OF THE FORK AND BRAIDED CHANNEL AND ITS EFFECTS ON EACH OTHER IN THE SOUTH- NORTH WATERWAY OF THE YANGTZE ESTUARY

Zhong Xiu-cheng

(East China Technical University of Water Resources)

### Abstract

The South-North Waterway is a main fork reach of Yangtze River, it consists of three regions: (1) the fork reach; (2) the main braided channel; (3) the mouth bar region.

Based on the historical charts and hydrological surveys, this paper deals with the characteristics on the distribution of discharge and bed material load transported and analyzes fluvial process of the fork and braided channel.

The paper points out that the oscillation of the main channel in the fork reach brings about the change of the transported bed material load distribution ratio in the South-North Waterway, thus causes the banks in the South-North Waterway subject to scouring and silting, Furthermore it also causes the flow condition changes in the fork reach and conversely makes the main channel oscillates.

According to the analysis, the basic reason which causes all of the changes described above is that the equilibrium condition between the flow and sediment transportation is destroyed. In addition, wide river bed and sandbank with characteristic loose material boundary condition of channel in fork reach are other reasons.