长江入河口区水沙通量变化规律*

沈焕庭 张 超1) 茅志昌

(华东师范大学河口海岸国家重点实验室 上海 200062)

提要 根据大通站 1950—1985 年的水、沙实测资料,运用统计分析方法研究长江人河口区水、沙通量的季节性变化、年际变化以及水、沙通量之间的关系。结果表明,长江入河口区的水 沙通量有明显的季节性变化,其中沙通量的变化更为显著;丰水年很少连续出现,枯水年有 75% 以连续两年的形式出现;多沙年的出现形式有1年出现一次的,也有2—3年出现的,少沙 年基本上以连续2—3年的形式出现;水沙通量间的相关性较差,其中细颗粒泥沙通量与水通 量间基本上无相关性。

关键词 长江 河口 径流通量 悬沙通量

学科分类号 P343.5

每年经长江注人东海和黄海的物质通量巨大,深入研究这些物质通量的变化规律,不 仅对研究长江河口的演变及对东、黄海环境的影响有重要意义,且有助于对全球陆海相互 作用、物质循环与物质迁移转化的了解(ELOISE Science Plan, 1994; IGBP, 1993)。与长 江河口人海物质通量的有关问题已进行过不少研究(Milliman *et al*, 1983, 1985; Shen *et al*, 1983; 沈焕庭等, 1986a, 1986b),但很多问题有待作深入研究。本文将着重研究长 江入河口区水、沙通量的季节变化、年际变化以及水、沙通量之间的关系,可为进一步研究 长江入海水、沙通量提供前提条件。

1 资料

本文所用的资料为大通水文站(枯季潮区界,离口门约 640km)的资料,在计算中采用 的流量资料年份为 1950 年 1 月—1985 年 12 月,输沙率资料的年份为 1951 年,1953—1985 年,两者都包括多年年平均值、各月月平均值; 悬移质级配资料年份为 1956 年、1959— 1967 年、1971 年、1974 年、1976 —1985 年。在级配资料处理中,粒径划分按现有资料统一 采用 0.007、0.01、0.025、0.05、0.1、0.25、0.5mm 等级别。由于个别年份只有 0.005mm 而无 0.007mm,故通过内插化成统一的 0.007mm 的形式。另外有部分年份的少量级配缺测,在 统计时不参加计算。

2 长江入河口区径流通量变化

2.1 年际变化

* 国家自然科学基金资助项目, 49736220号. 沈焕庭, 男, 出生于1935年8月, 教授, 博士生导师, E-mail:htshen@ sklec. ecnu. edu, cn

1) 现工作单位为沈阳辽宁省河务局,邮编:110003

收稿日期:1998-08-23,收修改稿日期:1999-12-18



图1 各年年平均入海流量



根据实测年平均流量所绘的累积经验频率曲线,可按频率 75% 和 25% 来划分水文 年,即 25% 以下为丰水年,75% 以上为枯水年,两者之间的为中水年。统计表明,丰水年很 少连续出现,枯水年中 75% 是以连续两年的形式出现的,中水年的最长持续时间可达 4 年。

2.2 季节变化

长江入河口区径流的年内分配不太均匀,有明显的季节性变化。从各月平均流量的多年平均值来看,最大月平均流量出现在7月,为48 600m³/s,最小月平均流量出现在1月,为10 400m³/s,两者比约为4.67。最大3个月(6.7.8月)的径流占全年径流量的39%。从5—10月为洪季,其径流量占全年的71.1%,11月至翌年4月为枯季。其径流量占全年的28.9%。

从多年的月平均流量序列来看,各年的年内起伏有单峰和双锋两种主要形式,其中年 内起伏以明显的单峰形式出现的年份约占总年数的 58%,而以明显的双峰形式出现的年 份约占总年数的 22%。对于双峰形式,两峰之间波谷所对应的月份在各年是不同的,在 5—9月的各个月份都有出现的可能。在多年的月平均流量序列中,最大值为 84 000m³/s, 出现在 1954年的 8月,最小值为 6 730m³/s,出现在 1963年的 1月,两者比值达 12.48。另 外,对于各年的月平均流量的年内变幅而言,可用该年年内最大月平均流量和最小月平均 流量的比值 *K*来反映,经统计可知,*K*的最大值为 9.14(1962—1963年),最小值为 2.34 (1972—1973年)。

3 长江入河口区悬沙通量变化

3.1 年际变化

长江每年挟带入河口区的悬沙总量的多年平均值为4.7亿t,相应的悬沙通量为 14.91t/s,最大和最小的年均入河口区悬沙通量分别为21.4t/s(1964年)和10.8t/s(1972 年),相应 K 值分别为 1.435 和 0.724, 二者比值为 1.98。另外,年均入河口区悬沙通量序列 的 C_r值为 0.152, C_s值为 0.504。各年的年均入河口区悬沙通量如图 2 所示。从图 2 中还可 以看出,当曲线中某点穿过表示均值的虚线后,其后几个相继点都在虚线的同一侧,也就 是当一个通量值大于平均值后,其后的一个或几个通量值也大于平均值,或当一个通量值 小于平均值后,其后的一个或几个通量值也小于平均值,由此可初步推断该序列有一定的 相依性。



Fig.2 Variation in mean annual sediment flux

多沙、中沙及少沙年可按年平均输沙通量的累积频率曲线以频率 25% 和 75% 来划 分。这两个频率相应的悬沙通量值在图 2 中分别以两条不同的虚线来表示。多沙年出现 的形式比较多样,有 1 年出现一次的,也有连续 2 年或 3 年都为多沙年的情况,少沙年基本 上以连续 2—3 年的形式出现。

3.2 季节变化

长江入河口区悬沙通量的年内分配极不均匀,从多年平均的角度来看,最大月平均悬 沙通量为 39.80t/s(7月份),最小月平均悬沙通量为 1.14t/s(1月份),两者的比值高达 34.9,最大 3个月(7、8、9月)的输沙总量占全年输沙总量的 57.9%,洪季 6个月的输沙量可 占全年的 87.45%。另外,悬沙通量的年内分配是不对称的,夏、秋季节的悬沙通量较大,而 春季的悬沙通量较小,冬季的悬沙通量最小。

在月均悬沙通量的多年时间序列中,各年的月均悬沙通量的年内起伏除单峰(约占64%)和双峰(约占24%)外,还出现了多峰形状(约占12%)。在该序列中最大月平均悬沙通量值为59.6t/s,出现在1981年7月份;最小值为0.23t/s,出现在1963年2月份,两者比值高达259.13。对于各年悬沙通量的年内变幅而言,最大 K值为1963年的205,最小 K值为1973年的17.6。

3.3 悬沙颗粒级配变化

从长江入河口区悬沙的多年平均颗粒级配图(图 3)中可以估算出多年平均的中值粒径 D₅₀约为 0.024mm。D₅₀ 是一个非常重要的参数,它反映的是非均匀沙的总体粗细状况, D₅₀大就说明在该泥沙颗粒组成中粗颗粒所占的比重大,在各年的年均中值粒径中最大值为 1983 年的 0.042mm,最小值为 1956 年的 0.014mm,两者相差 0.028mm。图 3 是 1976—

1985年的逐月中值粒径的时间变化图,从中可以看出:(1)D₅₀的年内波动起伏很大,各年 年内出现峰值的次数多为2-3次,最多可达5次(1982年),这说明D₅₀变化的因素比较复 杂。(2)D₅₀的最大值多出现在春季(4、5月份),秋季(如10月份)的D₅₀较大,而夏季的某 些月份(如7月或8月)的D₅₀反而下降,这一点在各年都有所反映,D₅₀的最小值多出现在 冬季,故可以认为长江入河口区泥沙中细颗粒泥沙所占的份额在冬季和夏季的部分月份 要比在春、秋季大。





3.4 不同粒径的悬沙通量

把悬沙粒径大小分为5组,分组情况及各组泥沙主要部分所属类别见表1。

Tab. 1 Classification of the suspended sediment grain size		
分组号	粒径范围(mm)	主要部分所属类别
1	D<0.007	
2	0.007 <d<0.010< td=""><td>细粉砂</td></d<0.010<>	细粉砂
3	0.010 <d<0.025< td=""><td>中粉砂</td></d<0.025<>	中粉砂
4	0.025 <d<0.050< td=""><td>粗粉砂</td></d<0.050<>	粗粉砂
5	D>0.06	极细砂或细砂

表1 悬沙粒级分类表

对于极细粉砂及粘土组(1组),其多年平均悬沙通量为 2.61t/s,相应的年平均输沙量 为 0.82 亿 t,年均悬沙通量的最大值为 1956 年的 6.56t/s,相应的年平均输沙量为 2.07 亿 t, 最小值为 1960 年的 0.75t/s,相应的年平均输沙量为 0.24 亿 t,相应 K值分别为 2.511 和 0.287, K_{max}/K_{mm}为 8.75。在这 5 组中,年均悬沙通量的多年变幅最小的是 3、4 组,即中、粗 粉砂组,其 K_{max}/K_{mm}分别为 2.92 和 2.29;多年变幅较大的是 2、5 组,其 K_{max}/K_{mm}分别为 4.81 和 4.51,故多年变幅最大的为 1 组。另外,各组年平均悬沙通量的多年变化形式差别较大, 颗粒较细的各组(1、2、3 组)的年平均悬沙通量的多年变化形式有些类似,但与较粗的泥沙 (4、5 组)之间的差别较大,特别是与粗粉砂组(4 组)相比,基本上是反相的。

对各组悬沙通量的年内分配进行多年平均计算可知,前4组悬沙通量的分配形式基本相同,在7、8、9月份的悬沙通量最大,其他月份的通量值比其小得多,第5组的分配形式

稍有不同,主要是春、秋季悬沙通量仍保持较大的数值,特别是 10 月份(图 4),这是造成 D₅₀值春、秋季节较大的主要原因。在各组的月平均悬沙通量的多年逐月时间序列中,除粗 粉砂组(4 组)外各组的月平均悬沙通量在不少年份的夏季都有较大的起伏波动,而 4 组其 通量在夏季的变化是比较平稳的。



图4 多年平均的1(左图)、5(右图)组悬沙通量的年内分配

4 水、沙通量之间的关系

4.1 年均通量

多沙年出现在丰水年的机率很小,而多出现在中水年,其出现机率高达 75%;少沙年 多出现在枯水年,其出现机率为 62%。另外,有 25% 的少沙年虽然出现在中水年,但该年 的年平均流量接近中、枯水年的流量分界线,如 1951 年、1976 年。少沙年的出现形式与枯 水年相似,多数以连续 2 年或 3 年形式出现。

4.2 通量的年内分配

水、沙通量年内分配的共同特点是都有明显的季节性变化,所不同的是月平均悬沙通 量的年内变幅比月均流量的年内变幅大得多,而且其年内分配更不对称,秋季(9、10月份) 的入河口区悬沙通量比春季(4、5月份)的人河区悬沙通量要大。各分组悬沙通量也有同 样的特点。对于月均通量的多年时间序列而言,悬沙通量不但在峰值大小的多年分布上 与流量序列不同,而且在许多年份中月均悬沙通量峰值出现要比月均流量的峰值出现时 间稍有滞后。另外,月均悬沙通量序列值在许多年份内起伏较大。

4.3 径流通量序列与各分组悬沙通量序列

通过各年年均流量 K值与各组年均悬沙通量 K值的对比可发现,两者的差别很大,这 种差别对较细的悬沙特别明显。将 1976—1985 年逐月月均流量值与同时段各分组月均悬 沙通量进行比较,也可以看出较细颗粒分组的悬沙通量与流量的变化模式有很大的不同, 而较粗颗粒分组的悬沙通量与流量的变化模式之间有很多相似之处。

为了得到一个更清楚的结果,现作出年均流量和各组年均悬沙通量的关系图(图 5), 从中可知年均流量和较细的泥沙(1 组)的年均悬沙通量之间基本上不存在相关关系,较粗 泥沙(5 组)的年均通量与年均流量之间相关关系虽较差,但从总体上看,其年均悬沙通量 有随年径流增大而增大的趋势(3 组)。各组泥沙合在一起使得年径流和年输沙总量的相

Fig.4 Annually averaged sediment flux distribution of Groups 1(Left) and 5(Right)

关性较差(4组)。



图5 水、沙通量年均值之间的关系

Fig.5 Relations hips between annual water discharge and sediment flux

从月均流量和各月均悬沙通量关系可知,流量和较粗泥沙(5组)的关系较好,当泥沙 粒径由大变小时,各分组悬沙通量与月均流量相关性递减,至1组极细粉砂和粘土组,可 以认为其与月均流量基本上无相关性。

5 结语

5.1 长江入河口区的水、沙通量均有明显的季节性变化,沙通量的季节性变化幅度和不 对称性比水通量更为明显。

5.2 丰水年很少连续出现,而枯水年有 75% 是以连续两年的形式出现,中水年的最长持续时间可达 4 年。

5.3 多沙年出现的时间比较复杂,有1年出现一次的,也有连续2年或3年出现的。少沙年基本上是以连续2--3年的形式出现。

5.4 不同粒级年均悬沙通量的多年变幅有较大差异、中、粗粉沙组变幅最小,细粉沙和极 细沙或细沙组变幅较小,极细粉沙及粘土组的变幅最大。

5.5 年均水沙通量之间的相关性较差,尤其是细颗粒悬沙通量与水通量间基本上不存在相关关系。多沙年多出现在中水年,出现机率约为75%;少沙年多出现在枯水年,出现机

_____ _____ 率约为 62%。

参考文献

沈焕庭,李九发,朱慧芳等,1986a. 长江河口悬沙输移特性. 泥沙研究,1:1—13 沈焕庭,朱慧芳,茅志昌 1986b. 长江河口环流及其对悬沙输移的影响. 海洋与湖沼,17(1):26—35

CADEE N, Drinkers J, 1994. ELOISE Science Plan. Netherlands, 10--45

海

IGBP, 1993. Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ). IGBP Report, No.25. Stockholm, 1-39 Milliman J D, Shen H T, Yang Z et al, 1985. Transport and Deposition of River Sediment in the Changjinag Estuary and Adjacent Continental Shelf. Cont Shelf Res, 4:37-45

Milliman J D & Mead R H, 1983. World-wide Delivery of River Sediment to the Oceans. J Geol, 91:1-2 Shen H T, Li J F, Zhu H F et al, 1983. Transport of Suspended Sediment in the Changjiang Estuary. Proc Int Symp Sediment Cont Shelf Spec Ref to the East China Sea. Beijing: China Ocean Press, 1:389-399

PATTERNS OF VARIATIONS IN THE WATER AND SEDIMENT FLUXES FROM THE CHANGJIANG RIVER TO THE ESTUARY

SHEN Huan-ting, ZHANG Chao[†], MAO Zhi-chang

(State Key Lab of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai, 200062) [†](Liaolin River Maragement Bureau, Shengang, 110003)

Abstract According to the field measurements of runoff and sediment at the Datong hydrological station in the period from 1950 to 1985, a statistical approach is applied to study the seasonal and yearly variations in water and sediment fluxes to the estuary and their relationship. The result shows that: (1) an apparent seasonal variation of water and sediment fluxes exists, especially the suspended sediment flux; (2) the flood years seldom occur in succession and 75% of the dry years takes place every two years; (3) the recurrence interval of high sediment years happens once a year or 2-3 years while that of low sediment fluxes. Moreover, there is almost no correlation between fine grained sediment flux.

Key words Changjiang River Estuary Water flux Suspended sediment flux Subject classification number P343.5