

文章编号:1004-8227(2008)02-0257-07

## 近 40 年来长江流域水沙变化趋势及 可能影响因素探讨

张 强<sup>1,2,3</sup>, 陈桂亚<sup>4</sup>, 姜 彤<sup>1</sup>, 任国玉<sup>2</sup>

(1. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008; 2. 中国气象局气候研究开放实验室, 北京 100081;  
3. 香港中文大学地理与资源管理系, 香港 新界 沙田; 4. 水利部长江水利委员会水文局, 湖北 武汉 430000)

**摘 要:**利用 Mann-Kendall 方法, 分析了近 40 年长江流域主要水文站点(长江干流水文站: 屏山站、宜昌站、汉口站与大通站; 支流水文站: 嘉陵江的北碚站和汉江的皇庄站)的流量及输沙率的变化特征。结果表明: ①长江流域流量与输沙量变化受人类活动(土地利用、水利设施建设等)与自然因素(如降水的时空变化)综合因素影响, 变化趋势表现出复杂性, 上、中、下游各有特点; ②长江流域屏山站以上流域输沙率有上升趋势(1~5 月份上升趋势达到 95% 的置信度水平), 这与上游河床坡度较大, 使泥沙不易沉积以及暴雨与降水增加有关; ③长江中下游输沙呈显著下降趋势。计算结果表明, 宜昌—汉口河段是长江流域泥沙主要沉积区, 加上葛州坝与三峡工程的建成与投入使用, 从而进一步使中下游输沙量呈下降趋势。由于下游降水增加, 使下游径流量自 1980s 以来有微弱上升趋势, 但未达到 95% 的置信度水平, 中上游流量变化不显著。对上、中、下游人为因素与自然因素对流域流量与输沙量的变化贡献率方面需要做进一步的研究。

**关键词:**输沙率; 流量; MK 趋势分析; 长江流域

**文献标识码:**A

流域系统是一个对气候变化与人类活动异常敏感的动态系统, 而水沙变化是最为活跃的部分。流域土地利用变化造成河道水沙变化, 从而引起流域洪灾强度与频度的变化, 这一现象已为人们所共识<sup>[1~4]</sup>。由流域水沙变化引起的流域地貌的变化已得到国内与国际河流地貌学者的高度重视<sup>[5~8]</sup>。长江流域的洪水灾害被称为中国的心腹之患, 1998 年大洪水, 引起了人们对长江流域气候变化、生态保护、水土保持、河道演变等诸多方面的广泛研究与讨论。有学者甚至认为, 长江流域水灾机率的增大, 基本上是与历史上地区开发的进程同步的。过度的垦荒引起严重的生态失控, 进而导致水土流失, 河湖淤塞, 加之围湖造田, 最终成为引发和加剧流域洪涝灾害的直接原因<sup>[9]</sup>。许炯心(2000)<sup>[10]</sup>则认为, 森林对全流域性长历时暴雨所造成的特大洪水的削减作用是有限的, 要解决洪水泥沙问题, 应该生物措施与工程措施并重。对长江流域水沙变化时空分布的研

究, 有利于理解长江流域不同河段、不同时段的水沙变化情况, 有助于对长江流域不同河段进行河道整治与洪水治理, 同时长江流域水沙变化也是关系到流域河势稳定、河道演变、江湖关系与水土保持等重大问题<sup>[10,11]</sup>。本文利用长江流域干流站屏山、宜昌、汉口与大通以及支流嘉陵江与汉江控制站长时段的流量与输沙率数据, 研究了长江流域近 40 年来水沙变化特征。

### 1 数据与研究方法

#### 1.1 数据

研究数据为长江流域 6 个水文站的月均流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) 与月均输沙率 ( $\text{kg}/\text{s}$ ), 6 个水文站点分别为位于长江干流的屏山、宜昌、汉口与大通与位于长江支流的北碚(嘉陵江流域)与皇庄(汉江流域)(详见表 1)。为使输沙率与流量变化对应起来进行研究,

收稿日期:2006-10-23; 修回日期:2006-12-04

基金项目:国家自然科学基金(批准号:40701015)、中国科学院南京地理与湖泊研究所所长专项基金(S260018)与中国气象局气候变化专项(CCSF2007-35)联合资助。

作者简介:张 强(1974~ ), 男, 山东省沂水人, 博士, 主要从事气候变化与洪涝灾害、长江流域河道演变与河道沉积物输移等研究。

E-mail: zhangqiang@nju.org.cn

表 1 长江流域 6 个水文站点水沙数据详表

Tab. 1 Sediment Load and Runoff Data of 6 Hydrological Stations of the Yangtze River Basin

站点名称	流域面积 (km <sup>2</sup> )	流量序列起始年份	输沙率序列起始年份
屏山站	485 099	1963~2004	1963~2004
宜昌站	1 005 501	1963~2004	1963~2004
汉口站	1 488 036	1963~2004	1963~2004
大通站	1 705 383	1963~2004	1963~2004
北碚站	62 226	1963~2004	1963~2004
皇庄站	67 076	1974~2004	1974~2004

时间序列统一为 1963~2004 年,数据序列完整、无缺失。皇庄站由于 1974 年以前输沙率数据缺失,故而截取时间序列为 1974~2004 年。

1.2 研究方法

本文用非参数 Mann-Kendall 分析方法<sup>[12]</sup>检测长江流域水沙变化趋势(下文简称 MK 法),MK 法是基于秩的非参数方法,由于其不要求所分析数据服从某一概率分布,且其趋势检测能力与参数趋势检测方法相同<sup>[13]</sup>,因而受到国际水文组织的认可<sup>[14]</sup>。设水文序列为  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ,  $m_i$  表示第  $i$  个样本  $x_i$  大于  $x_j$  ( $1 \leq j \leq i$ ) 的累计数。定义统计量:  $d_k = \sum_{i=1}^k m_i$  ( $2 \leq k \leq N$ )。在假定原序列随机且独立的前提下,  $d_k$  的均值与方差分别为:  $E[d_k] = k(k-1)/4$ ,  $Var[d_k] = k(k-1)(2k+5)/72$  ( $2 \leq k \leq N$ )。在时间序列随机独立的假定下,定义统计量  $Z_1: Z_1 = \frac{d_k - E[d_k]}{\sqrt{var[d_k]}}$  ( $k = 1, 2, 3, \dots, n$ )。

这里  $Z_1$  为标准正态分布,给定显著性水平  $\alpha$ (本文中  $\alpha = 0.05$ ),当  $|Z_1| > U_\alpha$ ,则表明序列存在明显的趋势变化。按时间序列  $x$  逆序  $x_n, x_{n-1}, \dots, x_1$ ,再重复上述过程,同时使  $Z_2 = -Z_1, k = n, n-1, \dots, 1$ 。  $Z_1$  与  $Z_2$  两条曲线在时间序列的某一部分发生交叉,交叉点则为突变点,如果突变点在 95% 置信水平直线之间,则突变时间在统计意义上是显著的。值得一提的是,一般水文、气候变化时间序列均存在一定程度的自相关性,而时间序列中自相关性的存在往往导致错误地估计 MK 趋势<sup>[15]</sup>,因而需要去除自相关性对 MK 趋势造成的影响。本文中将通过改变 MK 分析中方差值来实现去除序列中自相关性影响的目的,具体计算方法请参照文献<sup>[16]</sup>,限于篇幅在此不再赘述。

2 结果与讨论

2.1 屏山站输沙率与流量变化趋势分析

屏山站 1~4 月以及 12 月的月均输沙率呈上升趋势(图 1),在 1980 左右至 2004 年(12 月份上升趋势自 1990 年开始),这一趋势达到 95% 的置信度水平,其它月份输沙率变化趋势未达到 95% 置信度水平。屏山站冬季平均输沙率呈上升趋势,2000 年以后达到 95% 的置信度水平,与月输沙率的多年变化分析结果相一致。就年均输沙率而言,1980 年以后呈上升趋势,2000 年开始呈显著下降趋势,未达到 95% 的置信度水平。长江流域泥沙主要来自上游地区,近年来长江上游暴雨发生频率有增大的趋势<sup>[17, 18]</sup>,

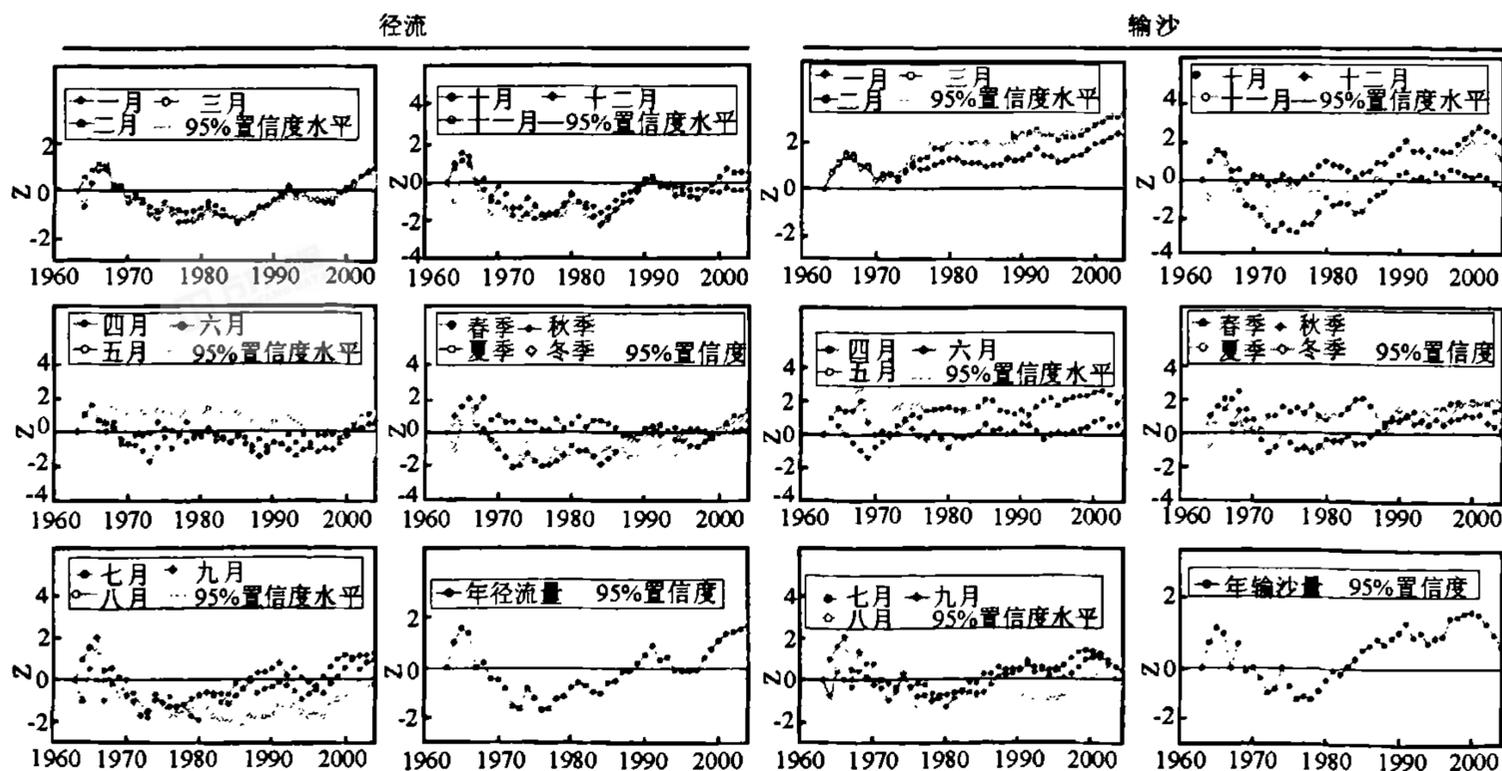


图 1 1963~2004 年屏山站输沙率与流量变化趋势分析

Fig. 1 Changes of Sediment Yield and Discharge of Pingshan Station During 1963~2004

从而使上游输沙率偏大。同时,屏山站以上流域河道坡度较大,对较粗颗粒泥沙不易在河道沉积,这也是一个重要因素。从流量变化来看,屏山站月均流量、季平均流量以及年均流量的年变化趋势均不显著(图 1)。从序列突变发生的时间来看(图略),2、3 与 4 月的输沙率变化突变时间为 1973~1975 年,5、6 与 8 月份无显著突变发生,其它月份突变发生在 1981~1985 年;季平均输沙率与年均输沙率突变发生时间则集中在 1981~1983 年,从总体上来讲,屏山站输沙率突变发生在 1970s 中期至 1980s 中期;月均流量突变主要集中在 1997~2000 年,个别月份流量突变发生时间较早,如 8 月份流量突变发生在 1968~1969 年,但从总体上来看,无论是月均流量、季平均流量还是年均流量的变化,其突变时间集中在 1990s 末期。

### 2.2 宜昌站输沙率与流量变化趋势分析

宜昌站输沙率则以下降趋势为主(图 2)。1~5、9~12 月的月均输沙率下降趋势在 1985 年以后均达到 95% 的置信度水平。其它月份趋势变化未达到 95% 的置信度水平。春季与冬季输沙率在 1985 年以后下降趋势均达到 95% 的置信度水平,秋季输沙率变化在 2000 年开始达到 95% 的置信度水平,夏季输沙率下降趋势不显著。而年均输沙率下

降趋势自 2000 年开始达到 95% 的置信度水平。长江出三峡峡谷后,由于河道坡度变缓,导致上游来的大量泥沙在沿程河道大量淤积。嘉陵江与岷江流域是长江上游重要产沙区,而这两个流域中上游年均降水与暴雨量呈显著下降趋势<sup>[18]</sup>,另外,在 1969~1979 年是水库发生显著作用的时段,由于水库的拦沙作用,使支流输沙量大大减少<sup>[10]</sup>。此为导致宜昌站输沙率呈下降趋势的原因之一。另外,河道坡度变缓,造成宜昌—汉口河段泥沙大量淤积,成为长江流域主要泥沙沉积区域<sup>[17]</sup>。5、9、11 月的月均流量变化(图 3)下降趋势显著(在 1970 年以后达到 95% 的置信度水平),其它月份流量变化趋势不显著,未达到 95% 的置信度水平。从季节平均流量变化来看,以秋季下降趋势显著,其它季节流量变化趋势不显著,年均流量下降趋势不显著,未达到 95% 置信度水平。从突变发生时间来看(包括月均流量和输沙率、季节平均流量和季节平均输沙率以及年均流量、年平均输沙率的变化),输沙率变化突变时间为 1982~1990 年,但 1~3 月输沙率突变发生时间较 10~12 月份相对较早;而流量变化的突变时间主要在 1920~1950 年;与输沙率突变发生时间相似,1~3 月份突变发生时间较 10~12 月份偏早,春季与冬季流量(输沙率)突变时间较夏秋两季早。

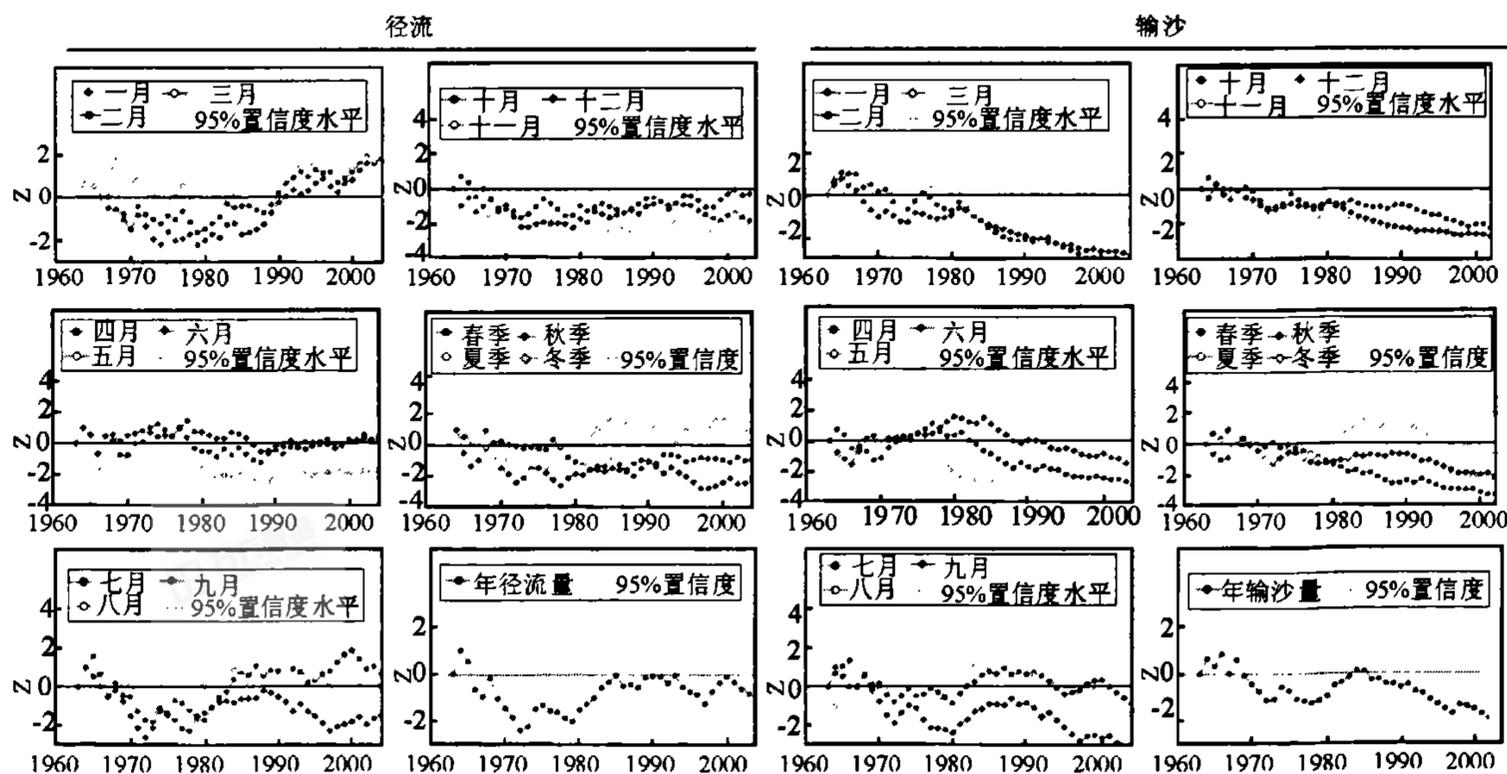


图 2 1963~2004 年宜昌站输沙率与流量变化趋势分析

Fig. 2 Changes of Sediment Yield and Discharge of Yichang Station During 1963~2004

### 2.3 汉口站输沙率与流量变化趋势分析

汉口站月均输沙率、季平均输沙率与年均输沙率变化均以下降趋势为主(图 3)。除 2、3、7 与 8 月份输沙率下降趋势不显著以外,其它月份下降趋势

在 1980 年以后均达到 95% 的置信度水平。夏季输沙率变化趋势不显著,其它季节输沙率下降趋势达到 95% 的置信度水平,而年均输沙率的变化在 1996 年以后达到 95% 的置信度水平。汉口站流量变化

与输沙率变化相比呈现出不同的变化趋势,1~3 月份汉口站月均流量有显著上升趋势,在 1990 年以后,上升趋势达到 95%的置信度水平,5 月月均流量在 1985 年以后达到 95%的置信度水平,其它月份流量变化趋势不显著。季平均流量变化不显著,年

均流量变化趋势也未达到 95%的置信度水平。流量变化突变发生时间则集中在 1952~1955 年,而输沙率变化突变时间相对比较分散,主要集中在 1978~1979 年与 1989~1992 年这两个时段,输沙率突变时间在冬春两季较夏秋两季早。

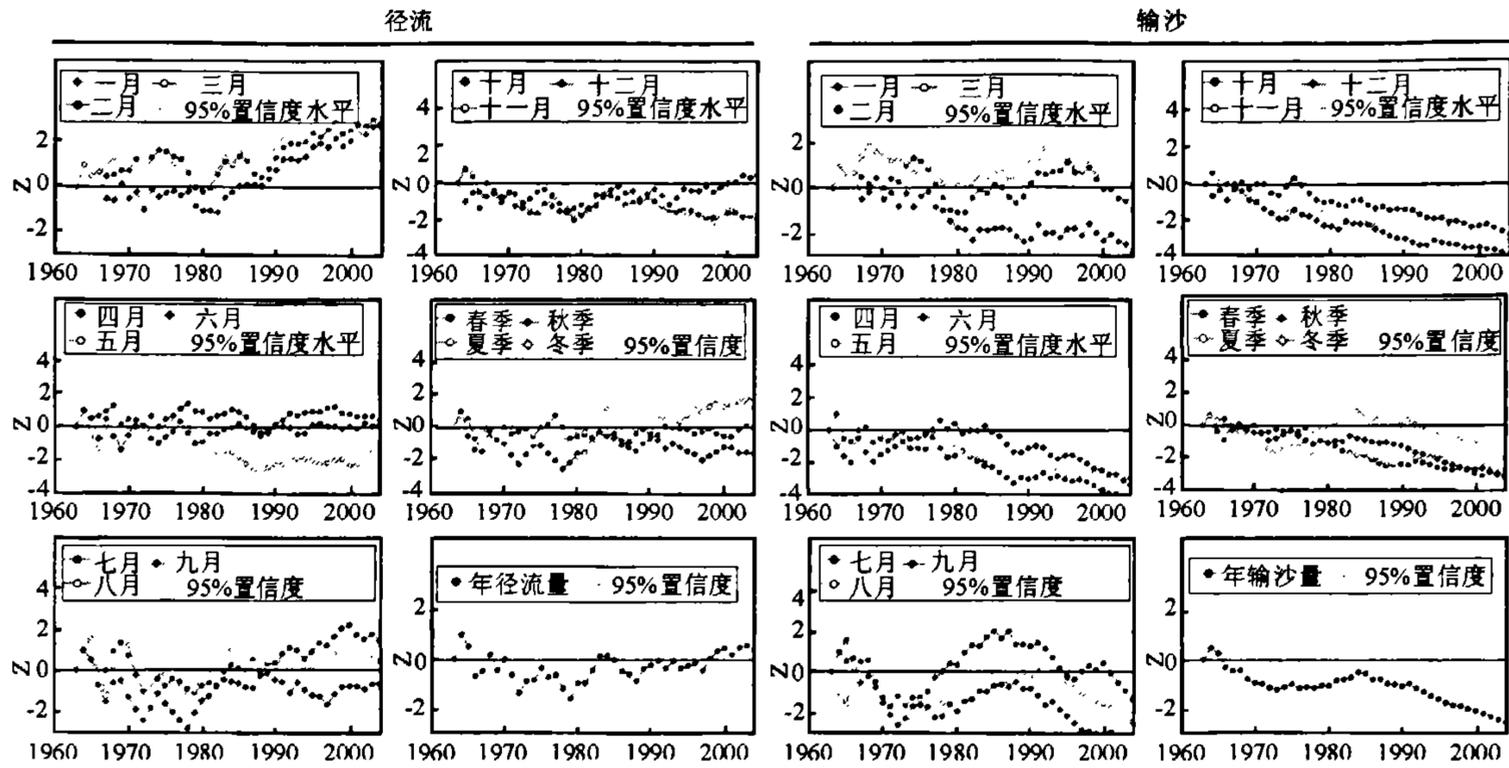


图 3 1963~2004 年汉口站输沙率与流量变化趋势分析

Fig. 3 Changes of Sediment Yield and Discharge of Hankou Station During 1963~2004

2.4 大通站输沙率与流量变化趋势分析

大通站输沙率变化(图 4)除 1~3、7 月的月均输沙率无显著变化趋势外,其它月份均有显著下降趋势,显著下降趋势开始时间均大致在 1975~1980 年;除夏秋两个季节外,大通站春季与冬季输沙率在 1970 年或 1992 年以后下降趋势均达到 95%的置信度水平。该站在 1995 年左右,输沙率下降趋势达到

95%的置信度水平,这是屏山、宜昌与汉口三站输沙率变化所不具有的特征。从流量变化来看(图 4),1~3 月月均流量自 1990 年开始的上升趋势达到 95%的置信度水平,其它月份流量变化趋势不显著。冬季流量变化自 1996 年左右上升趋势达到了 95%的置信度水平,其它季节流量变化不显著,年均流量变化趋势未达到 95%的置信度水平。

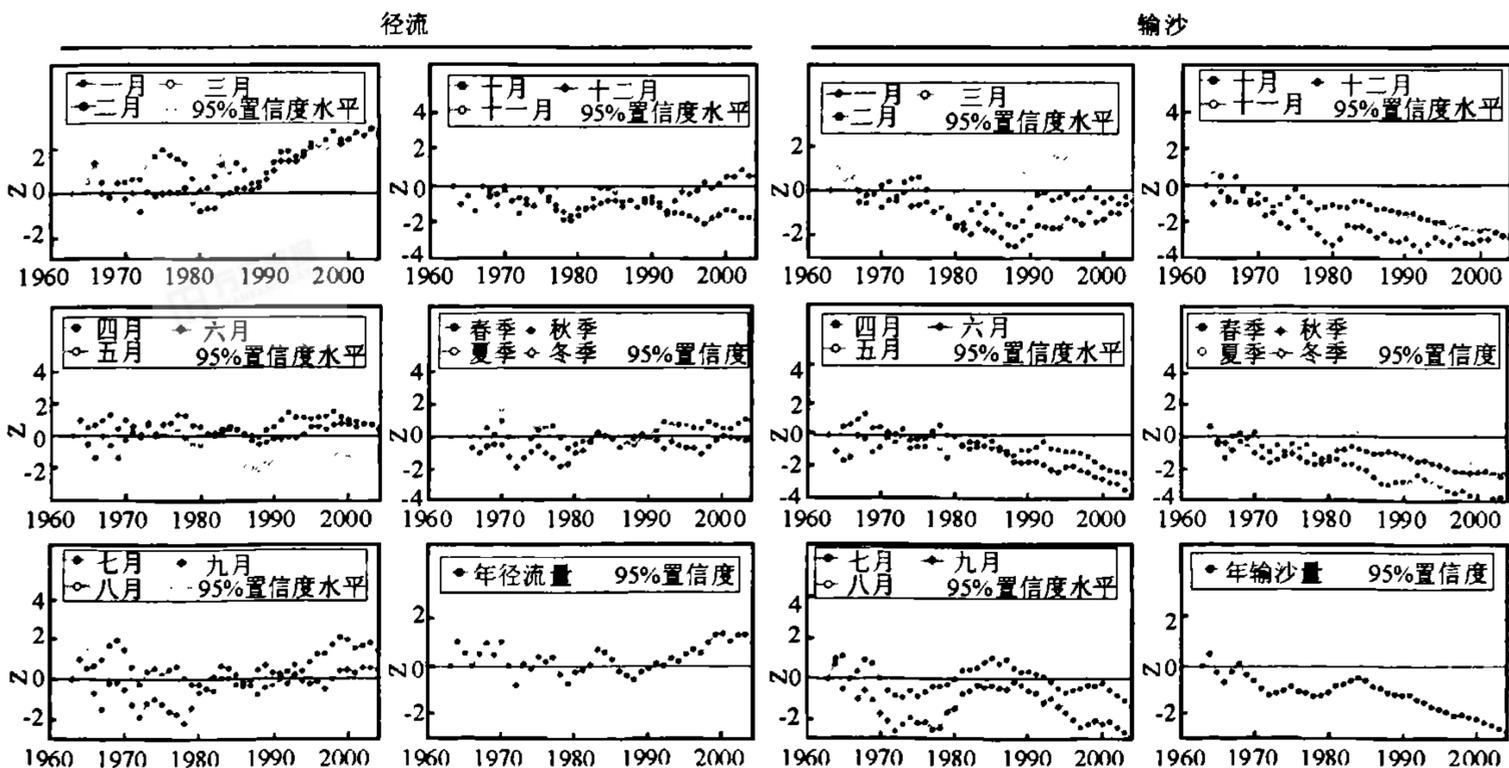


图 4 1963~2004 大通站输沙率与流量变化趋势分析

Fig. 4 Changes of Sediment Yield and Discharge of Datong Station During 1963~2004

但从总体上来讲,大通站流量均在 1980 年左右开始有上升趋势,但未达到 95% 置信度水平。有研究认为大通站流量特别是枯季流量有显著下降趋势<sup>[19]</sup>, 本文依据月均流量研究发现,大多数月份月均流量变化趋势均未达到 95% 的置信度水平,1 与 7 月径流量有显著上升趋势,年径流量变化在 1980 年以后有上升趋势,但未达到 95% 的置信度水平。由于下游无大的支流汇入,泥沙沿程沉积,造成输沙率减小,同时,随着长江下游两岸经济的发展,下游耗水量迅速增长,加上跨流域调水,造成枯季流量下降<sup>[19]</sup>,长江下游月均降水与暴雨量均呈上升趋势<sup>[18,20]</sup>,在一定程度上有利于下游流量增加,两者结合,从而使长江下游径流变化趋势不显著。

### 2.5 北碚站输沙率与流量变化趋势分析

北碚站是位于长江支流嘉陵江的控制站,其 1

~3、6、8、10 与 12 月的月均输沙量无显著变化趋势,其它月份输沙量均表现出显著下降趋势,显著下降开始时间分别在 1980 与 1995 年。冬季输沙率变化趋势不显著,其它季节则均有显著下降趋势,春季输沙率变化开始时间约在 1975 年左右,夏秋两季的显著下降趋势开始时间约在 1990 年左右。自 1990 年始,年均输沙率的变化表现出显著下降趋势。北碚站的月均流量、季平均流量均无显著的变化趋势,年平均流量有下降趋势,但未达到 95% 的置信度水平。从突变发生时间来看,输沙率变化突变发生时间集中于 1974~1975 年、1981~1985 年和 1993~1996 年 3 个时段,夏季与秋季输沙率变化的突变时间较春季与冬季为早。而流量变化的突变发生时间集中于 1994~2000 年这一时段(图 5)。

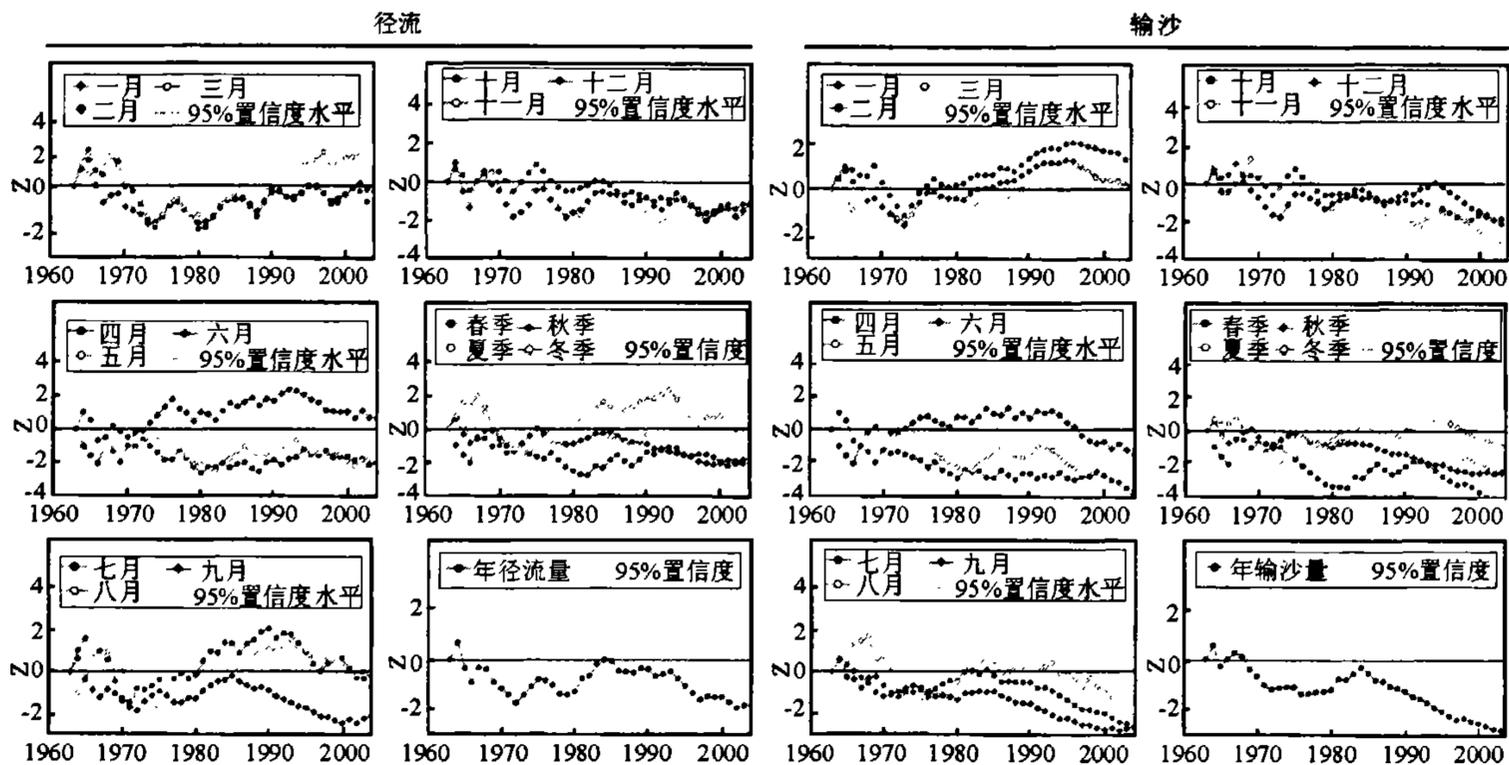


图 5 1963~2004 北碚站输沙率与流量变化趋势分析

Fig. 5 Changes of Sediment Yield and Discharge of Beipei Station During 1963~2004

### 2.6 皇庄站输沙率与流量变化趋势分析

皇庄站是位于长江支流汉江中游的控制站,其输沙率变化与前述几个站点相似,即以下降趋势为主(图 6)。其中,1~3 月份下降趋势不显著,其它月份自 1995 或 1985 年始,其下降趋势达到 95% 的置信度水平。自 1993 年左右始,夏秋两季的输沙率下降趋势达到 95% 的置信度水平。年均输沙率的变化自 1992 年始达到 95% 的置信度水平。皇庄站 1、2、6、12 月流量变化呈显著上升趋势,7 月与 10 月呈显著下降趋势,其它月份变化趋势不显著;流域在冬季有显著上升趋势,而其它季节流量变化未达到 95% 的置信度水平;年均流量没有显著的上升或者下降趋势,这可能是由丹江口水库对径流的调节造

成,增大枯季流量,减小汛期流量,从而减小了年径流量变化趋势。从突变发生时间来看,输沙率变化突变发生时间集中于 1988~1995 年;而流量变化突变发生时间与输沙率相似,集中于 1989~1991 年。流量变化受降水变化以及水库调节等因素的影响,长江上游部分地区暴雨量有上升趋势,年降水量也有上升趋势,但大部分地区降水变化趋势不显著。汉江与嘉陵江流域年降水量有下降趋势,而洞庭湖流域降水则有显著上升趋势,受综合影响,长江中游流量变化不显著,由于汉江流域上游降水有显著下降趋势,使皇庄站流量有下降趋势,但由于受丹江口水库的调节,加上汉江下游年降水量有上升趋势<sup>[18]</sup>,使汉江枯季流量有上升趋势。

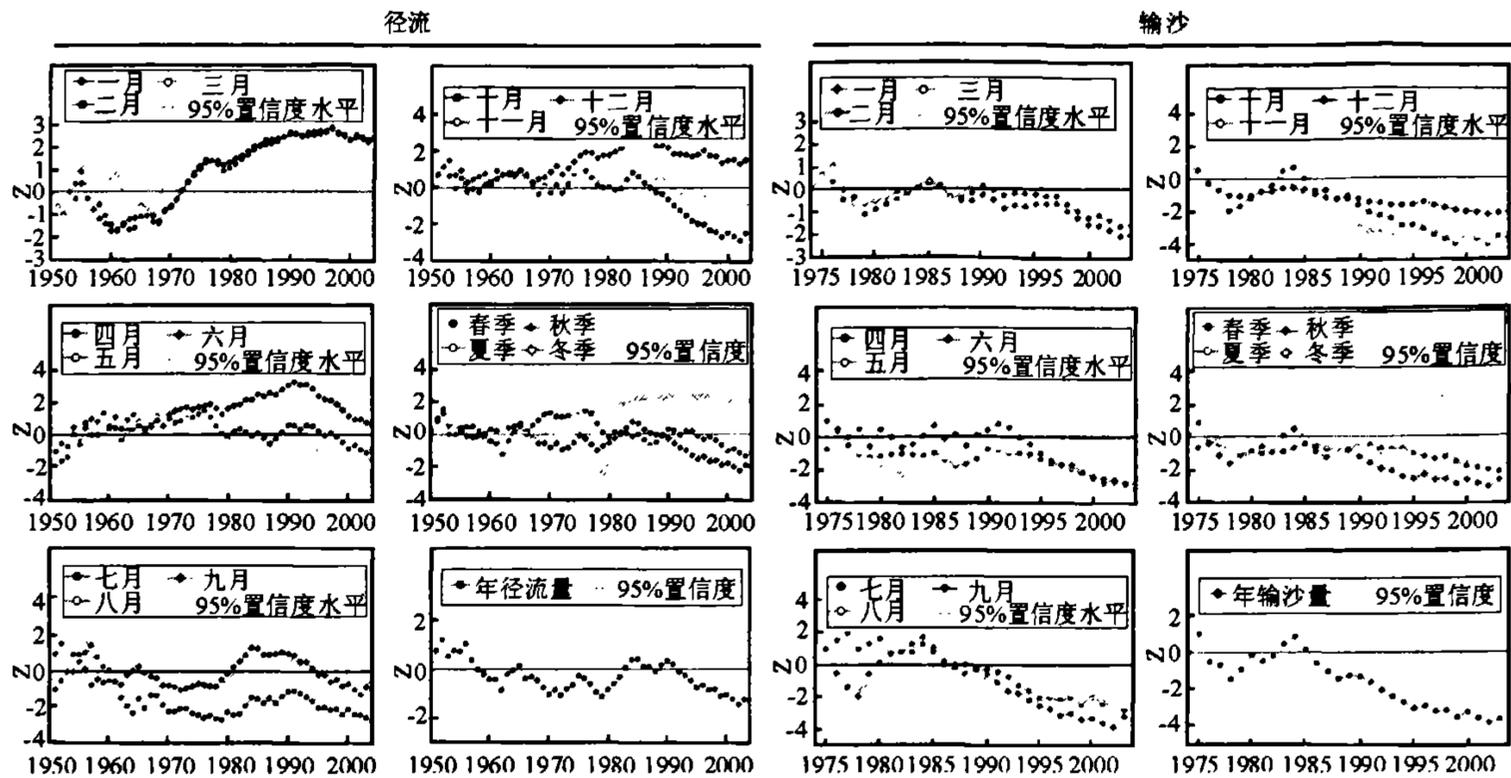


图 6 皇庄站输沙率与流量变化趋势分析

Fig. 6 Changes of Sediment Yield and Discharge of Huangzhuang Station

### 3 结论

本文运用 MK 趋势分析方法,分析了长江流域 6 个水文站近 40 年来的流量与输沙率序列,得出以下主要结论:

(1) 长江流域干流站上中下游流量、悬沙变化表现出不同的变化趋势。就流量来讲,大部分月份与季节流量变化趋势不显著,未达到 95% 显著性水平。但河道输沙变化趋势上游与中下游有着显著不同,上游(屏山站)冬季悬沙上升显著,而年输沙不显著。而中下游(宜昌站、汉口站与大通站)输沙率呈显著下降趋势。对支流而言(如本文中的嘉陵江与汉江流域),枯季流量有上升趋势,而夏季流量有下降趋势。而输沙率则呈显著下降趋势。

(2) 长江流域水库绝大部分在长江上游支流,干流主要有葛洲坝以及正在建设中的三峡工程,同时,上游来沙大多颗粒较粗,难以搬运,大量泥沙滞留在水库、支流河道以及干流河道中。水库对河道泥沙输运时空变化起到了重要的作用,从输沙率突变发生时间来看,与支流(如北碚站)及干流(主要是葛洲坝工程、三峡水利工程)的水库的建设时间有密切关系,一般要比水库建设及其投入的使用时间要延后 2~10 年的时间,这是因为泥沙在河道中输运的不连续性,延迟时间与泥沙颗粒粗细以及流域面积成反比关系<sup>[8]</sup>。

(3) 就长江流域径流与输沙率变化来讲,流量变化在上游地区以自然因素影响为主,中下游地区

以人类活动与自然因素影响相结合,而输沙率变化则受人类活动影响显著,特别是支流水库的建设与投入使用以及干流站点的葛州坝水库与三峡工程的建设与运行,使支流与干流的来沙被大量拦截,人类活动影响方面特别是水库对泥沙的滞淤作用明显,但水库对泥沙的影响,包括水库下游河道泥沙沉积—输运平衡、区域水沙汇入补偿等,是一个非常复杂的动态过程<sup>[20]</sup>,需要做进一步的研究。

### 参考文献:

- [1] Stover S C, Montgomery D R. Channel change and flooding, Skokomish River, Washington [J]. *Journal of Hydrology*, 2001, 243: 272~286.
- [2] Jay D, Simstad C A. Downstream effects of water withdrawal in a small, high-gradient basin: erosion and deposition on the Skokomish River delta [J]. *Estuaries*, 1994, 17: 702~715.
- [3] Lyons J K, Beschta R L. Land use, floods, and channel changes, Upper Middle Fork Willamette River, Oregon (1936~1980) [J]. *Water Resources Research*, 1983, 19: 463~471.
- [4] Macdonald A, Keller E A. In: Beschta R L (Ed.), *Erosion and Sedimentation in the Pacific Rim* [C]. IAHS Publication, 1987. 405~406.
- [5] Dade W B. Grain size, sediment transport and alluvial channel pattern [J]. *Geomorphology*, 2000, 35: 119~126.
- [6] Ferguson R I. Hydraulics and hydraulic geometry [J]. *Progress in Physical Geography*, 1986, 10: 1~31.
- [7] 施雅风, 张强, 陈中原, 等. 长江中游田家镇深槽的特征以及泄洪影响 [J]. *地理学报*, 2005, 60(5): 425~432.
- [8] 张强, 施雅风, 姜彤, 等. 长江中游马口—田家镇河段 40 年来河道演变 [J]. *地理学报*, 2007, 62(1): 62~71.

- [9] 刘沛林. 历史上人类活动对长江流域水灾的影响[J]. 北京大学学报(哲学社会科学版), 1998, 35(6): 144~151.
- [10] 许炯心. 长江上游干支流的水沙变化及其与森林破坏的关系[J]. 水利学报, 2000, (1): 72~80.
- [11] 殷瑞兰. 长江中游洪水水位变化初探[J]. 长江科学院院报, 2002, 19(1): 48~51.
- [12] Gerstengarbe F W, Werner P C. Estimation of the beginning and end of recurrent events within a climate regime [J]. *Climate Research*, 1999, 11: 97~107.
- [13] Serrano V L, Mateos V L, Garcia J A. Trend analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the period 1921~1995 [J]. *Physics and Chemistry of the Earth (B)*, 1999, 24 (2): 85~90.
- [14] Mitchell J M, Dzerdzevskii B, Flohn H, et al. Climate change [M]. WMO Technical Note No. 79, World Meteorological Organization, 1966. 79.
- [15] Yue S, Pilon P, Phinney B, et al. The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series [J]. *Hydrological Processes*, 2002, 16: 1 807~1 829.
- [16] Yue S, Wang C Y. The Mann-Kendall test modified by effective sample size to detect trend in serially correlated hydrological series [J]. *Water Resources Management*, 2004, 18: 201~218.
- [17] 李义天, 孙昭华, 邓金运, 等. 泥沙输移变化与长江中游水患 [J]. 泥沙研究, 2004, (2): 33~39.
- [18] Zhang Q, Jiang T, Marco G, et al. Precipitation, temperature and discharge analysis from 1951 to 2002 in the Yangtze Catchment, China [J]. *Hydrological Sciences Journal*, 2005, 50 (1): 65~80.
- [19] Chen X Q, Zhang E F, Xu J G. Large and episodic decrease of water discharge from the Yangtze River to the sea during the dry season [J]. *Hydrological Sciences Journal*, 2002, 47(1): 41~43.
- [20] 石国钰, 陈显维, 叶敏. 长江上游已建水库群拦沙对三峡水库入库站沙量影响的探讨 [J]. 人民长江, 1992, 20(5): 23~28.

## CHANGING CHARACTERISTICS OF SEDIMENT YIELD AND DISCHARGE DURING PAST 40 YEARS IN CATCHMENT OF THE YANGTZE RIVER

ZHANG Qiang<sup>1,2,3</sup>, CHEN Gui-ya<sup>4</sup>, JIANG Tong<sup>1</sup>, REN Guo-yu<sup>2</sup>

(1. Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 2. Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China; 3. Department of Geography and Resource Management, The Chinese University of Hong Kong, Shatin, NT, Hong Kong, China; 4. Changjiang Water Resources Commission, Ministry of Water Resources, Wuhan 430000, China)

**Abstract:** Trend of the sediment load and streamflow of Pingshan, Yichang, Hankou and Datong station along the mainstem Yangtze River and the Beipei station in the Jialingjiang River, the Huangzhuang station in the Hanjiang River was analyzed with the help of Mann-Kendall trend analysis. The results indicate that: ① The sediment yield of the upper catchment of the Yangtze River is in significant upward trend and is in downward trend in the middle and lower catchment of the Yangtze River; ② Various influencing factors combined to result in the complicated changing patterns of the sediment yield and streamflow in different parts of the Yangtze River catchment. Natural factors (e. g. precipitation changes) exerted more influences on streamflow changes in the upper catchment of the Yangtze River. In the middle and lower catchment of the Yangtze River, climatic changes and human activities (human use of water resources) combine to have impacts on streamflow variability; ③ Jump time of sediment yield is in good agreement of the time when the construction and function of water reservoir starts; ④ Water reservoirs exert more influences on the sediment yield changes and these influences are more obvious in the river catchment of smaller drainage area than in river catchment of larger drainage area; ⑤ Smaller riverbed slope leads to tremendous deposition of sediment yield in the middle catchment of the Yangtze River, which together with construction of Three Gorges Dam will further reduce the downstream discharge of the sediment yield in the middle and lower catchment of the Yangtze River.

**Key words:** sediment transport rate; discharge; Mann-Kendall trend; catchment of the Yangtze River