

赣江中下游近 60 年水沙时空分布特征

肖 洋^{1,2}, 张文海², 张 颖²

(1.河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室,江苏 南京 210098;

2.河海大学水利水电学院,江苏 南京 210098)

摘要:基于赣江中下游 4 个代表水文站(吉安站、峡江站、樟树站、外洲站)60 多年的水沙时间序列资料,分析了赣江中下游水沙时空分布特征,探讨了水库滞沙、人为采砂、水土保持等人类活动对径流、输沙特性的影响。结果表明:年径流量整体上呈微弱增加趋势,受万安水库运行的影响,1990 年以后汛期径流量集中程度微弱降低;各站年输沙量在 20 世纪 50~80 年代没有明显变化趋势,进入 90 年代以后整体上呈逐渐降低趋势,1990 年汛期输沙量降幅最为明显,各测站下降幅度大小与水文测站距水库的远近有关;降雨量是影响年径流量的主要因素,水土保持和水库滞沙是年输沙量急剧下降的主要因素,而万安水库的蓄水拦沙作用和人为采砂是影响近期水沙条件的主要因素。

关键词:赣江流域;水沙时间序列;时空分布;水沙关系

中图分类号:TV14

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2014)06-0086-07

1 引言

赣江是长江八大支流之一^[1],鄱阳湖水系中最大的河流。近几十年来,人类活动对赣江中下游水沙过程逐渐产生了较明显的影响。例如:受水库运用的影响,上游来水来沙条件发生了变化;大规模无序人为采砂,河道大幅下切,水深加大,流速减小,河道输沙能力降低^[2];水土保持工作的有效实施,减少了流域产沙^[3]。因此,揭示人类活动对赣江径流特性、输沙特性及水沙相关关系的影响机理,探究水沙过程变化的根本原因,分析赣江水沙变化趋势,已成为赣江流域规划、合理开发、综合治理中迫切需要解决的问题。

研究者们利用不同分析方法对各流域水沙时空变化规律及影响因素开展了大量研究。许全喜^[4]等对近 50 年长江水沙变化规律进行的研究表明,1991~2002 年,长江干流各站径流量变化不大,输沙量明显减少;2003~2010 年,长江上游来沙减小趋势仍然持续,加之三峡水库蓄水拦沙作用,坝下游输沙量大幅减小,悬移质泥沙粒径沿程变粗。王延贵等^[5]通过对长江干、支流主要控制水文站点近 50 多年水文资料统计分析,总结

出长江输沙基本遵循“水多沙多、水少未必沙少”的走沙规律,随着人类活动影响的加剧,特别是水利工程建设,长江输沙明显减少,“大水少沙”的走沙现象近年来出现较多。高照良^[6]等通过对近 50 年黄河中游流域水沙过程变化研究,采用 Mann-Kendall 法和 Pettitt 方法对黄河中游风沙-丘陵渡区、典型丘陵区以及土石山林区 5 条典型流域进行分析,得出流域的径流量、输沙量呈显著减少趋势,并有较为一致的、显著的跃变时间,认为影响水沙变化的关键因素是水土保持措施的实施、水土流失治理及退耕还林(草)。赵广举^[7]等,采用线性回归、Mann-Kendall 检验、双累积曲线及小波变换等方法系统分析了黄河中游干流及支流渭河、汾河和无定河的 6 个主要水文站(头道拐、龙门、花园口、华县、河津、白家川)1950~2009 年的水沙序列,得出气候变化、降雨、水土保持措施(如退耕还林、草,梯田建设,水库淤地坝等工程)等人类活动是水沙变化的主要影响因素。前人研究表明,一系列人类活动对长江、黄河等大江大河水沙变化规律带来了较为复杂的影响,每一个流域由于自身特点不同,影响因素各异。

收稿日期:2014-08-09

基金项目:国家自然科学基金专项基金项目“流域水文过程变化机理与工程安全”(41323001);国家自然科学基金面上项目“涉河工程群对河流演变的累积效应及综合评估方法研究”(51279046)

作者简介:肖洋(1974-),男,贵州铜仁人,教授、博导,研究方向为河流泥沙工程。E-mail: sediment_lab@hhu.edu.cn

对赣江流域的研究,多见于对单一测站(点)径流量、输沙量时间序列的分析^[8-11],而对于反映流域水沙时空分布特性的多站点分析研究,还未见类似报道。本文以赣江中下游河段 4 个代表水文站(吉安站、峡江站、樟树站、外洲站)60 多年水沙时间序列为基础,研究人类活动影响下赣江中下游河段水沙变化特点及变化趋势,成果可望为评估人类活动对赣江水沙特性的影响和赣江的开发利用提供科学依据。

2 资料选取

赣江万安水库以下,沿程分布有吉安、峡江、樟树(石上)、外洲 4 个水文站。其中,吉安水文站基本汇集了赣江上游干流及东、西两岸主要支流的来水来沙,是赣江中下游来水来沙状况的控制点,同时位于万安水库下游,可供分析水库蓄水拦沙作用的影响;外洲站是赣江下游最后的控制站,反映赣江流域水沙总体变化。根据江西省水文局提供的基础数据,对上述水文站 62 年(1950~2011)日均径流量和日均沙量资料进行统计,对各站缺省资料进行插补,使吉安、峡江、樟树、外洲站均有 1950~2011 年连续资料。

3 赣江中下游水沙变化分析

赣江年径流量和输沙量丰富,外洲水文站以上集水面积 80 948 km²,约占江西省总面积的 50%,多年平均年径流量 686×10⁸ m³,最大年径流量 1 150×10⁸ m³(1973 年),最小年径流量 237×10⁸ m³(1963 年),最大与最小径流量比值为 4.85,汛期(4~9 月)径流量占年径流量 72.3%,其中 4~6 月占 49.2%。流域多年平均悬移质含沙量 0.165kg/m³,多年平均年输沙量 908.6×10⁴t,主要集中在汛期,4~6 月输沙量占全年的 65.9%。

3.1 水沙沿程变化

吉安以上河段河道水浅流急,东、西两岸各有诸多山区支流汇入,是赣江中下游河段水沙的主要来源区;吉安以下河段河面渐宽、水势和缓。吉安、峡江、樟树和外洲四个水文站多年平均水沙特征统计如表 1 所示。由表 1 可知,多年平均径流量和输沙量沿程均呈增加趋势,其中吉安以上流域来水量占外洲站多年平均径流量的 68.1%,与控制流域面积的比值 69.5%相当,而吉安站来沙量与外洲站多年平均输沙量的比值则高达 80.5%,表明赣江沙量主要来自上游地区,其余部分来自当地水产沙及支流汇入带来的泥沙。

3.2 水沙年代变化

各代表测站不同年代径流量、输沙量统计如表 2 所示。由表 2 可知,吉安站径流量年代变化比较平稳,最丰出现在 20 世纪 90 年代,与最枯 60 年代的年均径流量比值为 1.27,输沙量年代间变幅较大,最大的 80 年代与最小的 00 年代比值达到了 3.50,峡江、樟树、外洲站也有类似的变化规律。各年代年均径流量最大值均出现在 90 年代,年均输沙量最小值均出现在 00 年代,年均径流量最小值、年均输沙量最大值出现年代无明显规律。各站年均径流量最大值出现在 90 年代与赣江流域 90 年代以来降雨量增加以及 1998

表1 主要水文站水文特征统计表

Table 1 The hydrological data statistics of the major stations

站名	控制流域面积/km ²	多年平均径流量/10 ⁸ m ³	多年平均输沙量/10 ⁴ t
吉安	56 223	464.7	731.0
峡江	62 726	510.4	806.6
樟树	72 760	581.2	817.6
外洲	80 948	682.7	908.6

表2 各水文站不同年代径流量、输沙量统计

Table 2 The runoff and sediment discharge at the stations in the various decades

站名	吉安		峡江		樟树		外洲	
	径流量/10 ⁸ m ³	输沙量/10 ⁴ t	径流量/10 ⁸ m ³	输沙量/10 ⁴ t	径流量/10 ⁸ m ³	输沙量/10 ⁴ t	径流量/10 ⁸ m ³	输沙量/10 ⁴ t
1950~1959	453.4	849.0	468.3	1055.9	506.2	825.3	681.0	1083.0
1960~1969	414.4	833.6	450.6	996.3	525.5	905.9	615.3	1157.2
1970~1979	482.3	939.6	517.3	975.9	598.4	1091.7	708.3	1100.5
1980~1989	471.5	996.3	516.5	1004.4	602.4	1018.8	658.0	1069.2
1990~1999	524.4	450.3	587.8	536.3	666.7	627.5	772.4	612.2
2000~2011	445.7	284.9	495.4	326.5	549.2	293.3	663.1	373.6
多年平均	464.7	731	510.4	806.6	581.2	817.6	682.7	908.6

年发生的大洪水有直接的关系。各站年均输沙量在 90 年代降幅较为明显。由表 2 可见,吉安站年均输沙量在 50~80 年代趋于平稳,输沙量年代变幅最大值为最丰(80 年代)与最枯(60 年代)的差值为 $162.7 \times 10^4 \text{t}$,而 90 年代相对历史最丰年(80 年代)减少了 $546 \times 10^4 \text{t}$,峡江、樟树、外洲站分别也有类似的变化规律,相对各站历史最丰年分别下降 $519.6 \times 10^4 \text{t}$ 、 $391.3 \times 10^4 \text{t}$ 、 $545 \times 10^4 \text{t}$ 。万安水库蓄水运用和水土保持是导致各站在 90 年代年均输沙量有较大降幅的主要原因,00 年代各站年均输沙量继续下降,吉安峡江、樟树、外洲站 00 年代同比 90 年代年均输沙量分别减少 $165.4 \times 10^4 \text{t}$ 、 $209.8 \times 10^4 \text{t}$ 、 $334.2 \times 10^4 \text{t}$ 、 $238.6 \times 10^4 \text{t}$,原因除水库拦沙和水土保持外,还与 00 年代赣江流域中下游的大规模无序采砂有关。

3.3 水沙年内变化

赣江径流主要为降水补给,径流特征与降水特征相对应,输沙量主要集中在汛期,年内分配极不均匀。表 3 列出了汛期(3~7 月)、非汛期径流量和输沙量及其占全年比例,从表 3 看出 1950~1990 和 1991~2011 两子时段内汛期径流量占到全年 70.5% 和 64.8%,各站在第 2 时段的汛期径流量所占全年径流的比列均有所下降,各站下降比例分别为 5.4%、5.3%、5.4%、5.7%,下降比例不大,且并无明显沿程增减趋势,说明万安水库的运行,削减了汛期的径流量,增加了枯水期的径流量,在一定程度上减少了下游径流季节分配的不均匀性。两个时段汛期输沙量分别占到全年总量的 84.0% 和 81.1%,各站在第 2 时段的汛期输沙量所占全年径流的比例均有所下降,各站下降比例分别为 0.8%、0.3%、3.2%、2.9%,下降比例小于径流下降幅度,说明万安水库的运行也在一定程度上减少了下游输沙

量季节分配的不均匀性。

3.4 水沙变化趋势分析

3.4.1 径流量年际变化趋势分析

由赣江各站年径流量变化趋势如图 1 所示。从中可见,1950~2011 年各站年径流量的线性趋势回归方程斜率均为正值,表明 60 年来赣江中下游年平均径流量均呈微弱上升趋势,四站相比,吉安站与樟树站上升趋势相当,峡江站上升趋势相对最大,外洲站最小。吉安站和峡江站年径流量的最大值出现在 1975 年,樟树站和外洲站的最大值出现在 1973 年,四站年径流最小值均出现在 1963 年;经查看对应年份降雨量资料可知^[12],1963 年赣江流域年降水量最小,年均降水量为 1 140.4mm,1975 年流域年降水量大,年均降水量为 2 129.3mm,多年平均值为 1 638.3mm,径流变化与降水基本吻合。

3.4.2 输沙量年际变化趋势分析

图 2 为赣江各站年输沙量变化趋势。由图 2 可知,1950~2011 年各站年输沙量年际变化趋势大体一致,均呈明显下降趋势。其中,1958~1961、1968~1975、1980~1983 年输沙量位于趋势线的上方,年输沙量偏大,这可能与建国后森林的三次大破坏造成的水土流失有关:①1958~1962 年掀起的“大跃进”,大炼钢铁,大办粮食,大量砍伐森林,毁林开荒,森林植被遭到第一次大的破坏;②1966~1976 年“文化大革命”动乱期间,乱砍乱伐森林的事件时有发生,加之农业学大寨运动,采取不妥当的烧山全垦造林方法,森林遭受第二次大的破坏;③20 世纪 80 年代初,全省农村实行联产承包生产责任制,山林分给农户承包经营,林业实行“三定”政策,开始群众怕变,先砍树后分山,森林遭受第三次大的破坏。

表3 汛期、非汛期径流量和输沙量

Table 3 The runoff and sediment discharge in flood and non-flood seasons

测站	时段	径流量/ 10^6m^3			输沙量/ 10^4t		
		汛期	非汛期	汛期所占比例/%	汛期	非汛期	汛期所占比例/%
吉安	1950~1990	316.66	139.17	69.5	747.72	167.2	81.7
	1991~2011	309.04	173.35	64.1	293.82	69.30	80.9
峡江	1950~1990	325.64	173.35	69.6	816.09	170.56	82.7
	1991~2011	313.27	192.53	64.3	358.77	76.63	82.4
樟树	1950~1990	398.27	169.55	70.1	811.18	157.98	83.7
	1991~2011	390.61	213.45	64.7	370.85	89.57	80.5
外洲	1950~1990	468.80	196.50	70.5	918.35	174.7	84.0
	1991~2011	455.78	247.78	64.8	409.70	95.41	81.1

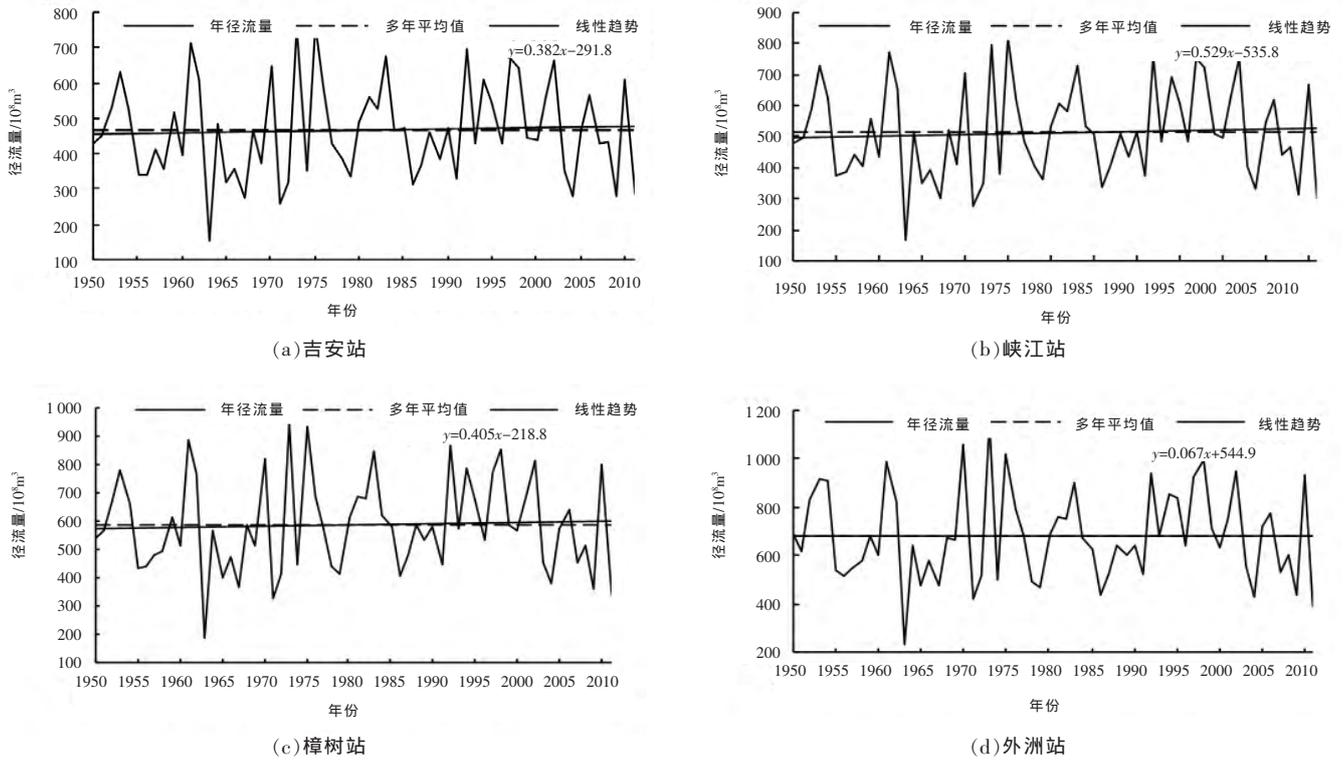


图 1 1950~2011 年各测站年径流量变化趋势图

Fig.1 The change of the annual runoff at the stations from 1950 to 2011

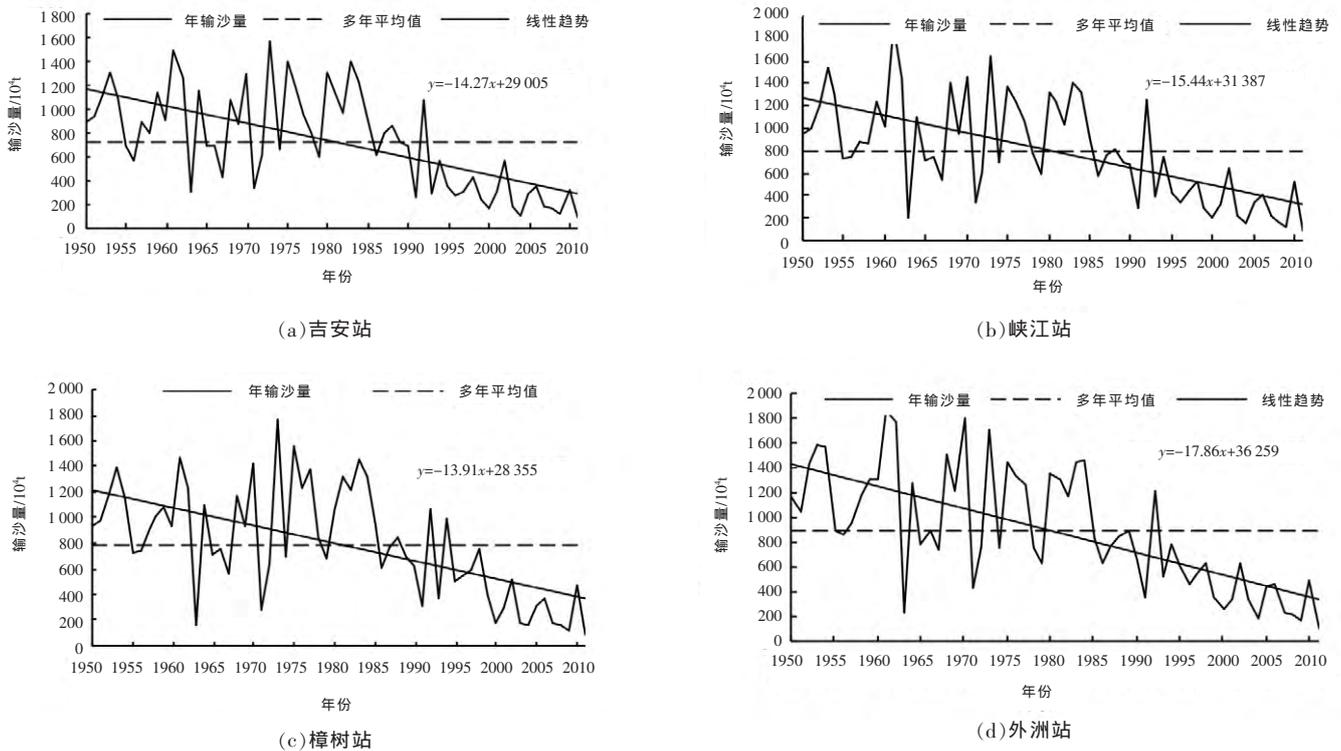


图 2 1950~2011 年各站年输沙量变化趋势图

Fig.2 The change of the annual sediment discharge at the stations from 1950 to 2011

1961~1966、1984~1986年输沙量发生急剧下降,以及1998年以后输沙量进一步持续下降的可能原因分别是:①1958~1966年是江西省水土保持工作的发展阶段,这一阶段,兴建了一大批山塘水库,建成拦砂坝450座,土石谷坊9万多座,营造水保林1200km²,经济林86.6km²,水平梯田46.7km²,治理水土流失面积约3000km²;②1982年国务院颁发了《水土保持工作条例》,把水土保持作为国土整理的一项重要内容;③90年代末00年代初,赣江中下游开始大规模无序人工采砂,导致河床下切,过水断面增大,流速减小,降低了水流的挟沙能力,输沙量逐年降低。

1990~1991年输沙量急剧下降,1991~1992年输沙量急剧增加,1992~1993年再次下降,这可能与来沙量和万安水库的运行方式有关:①1991年属枯水年,来沙量少,同时万安水库1990年8月24日建成运用,水库的拦沙作用进一步减少输沙量;②1992年赣江流域遇大洪水,年径流量是多年平均的1.5倍左右,来沙量也较大,汛期万安水库开闸泄洪,库区内的泥沙随洪水下泄,使下游4站的输沙量急剧增加;③1993年后,万安水库的拦沙作用对下游输沙量均有较明显

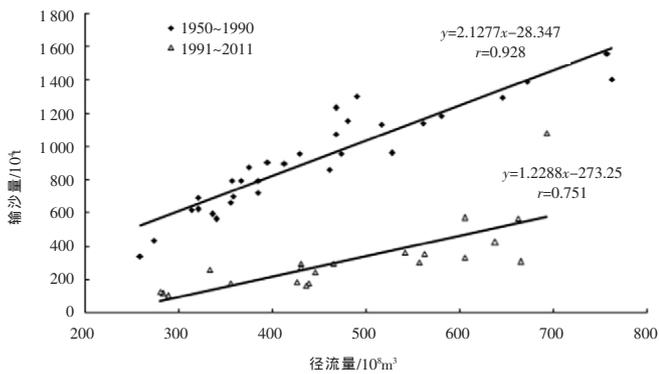
的影响。

1992~1993年之后,吉安、峡江、樟树、外洲四站输沙量的下降幅度分别为57.0%、52.4%、48.4%、39.4%,说明水库的减沙作用与水文测站距水库的距离有关,水库的减沙作用随距离增大而减小。

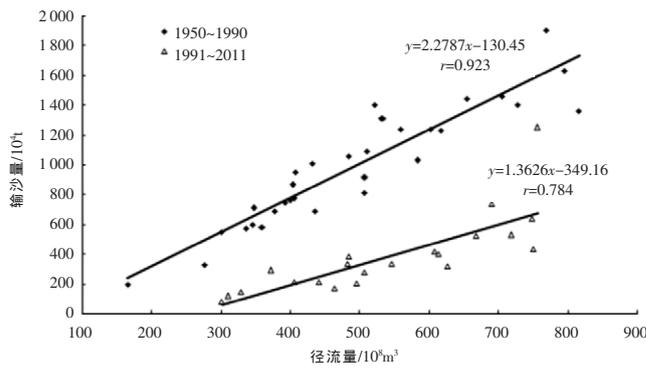
4 赣江中下游水沙关系变化

4.1 水沙相关分析

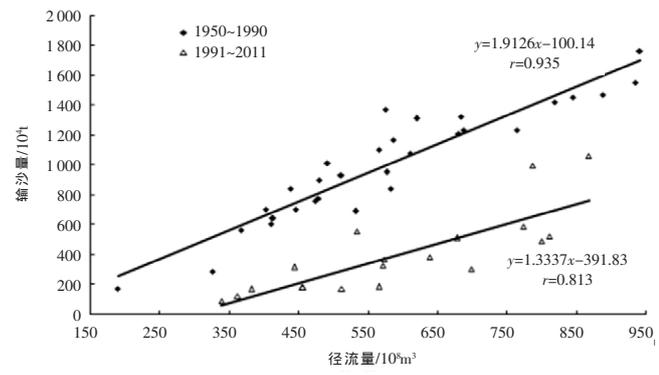
图3为赣江中下游各站1950~1990、1991~2011两个时段径流量与输沙量相关关系图。由此可以看出,各站在1950~1990年期间,水沙相关关系较好,吉安、峡江、樟树、外洲站相关系数分别到达0.928、0.923、0.935、0.892。1991~2011年期间,各站相关系数下降至0.751、0.784、0.813、0.786,径流量与输沙量的相关性变差,主要原因可能是万安水库蓄水运用对径流和输沙的调蓄作用。1950~1990期间,各站的水沙相关系数沿程无明显变化趋势,而1991~2011期间,水沙相关系数除外洲站外,呈沿程增加趋势,说明水库对下游各站水沙相关性的干扰作用随着水文站点距水库的距离增加而减少,外洲站水沙相关



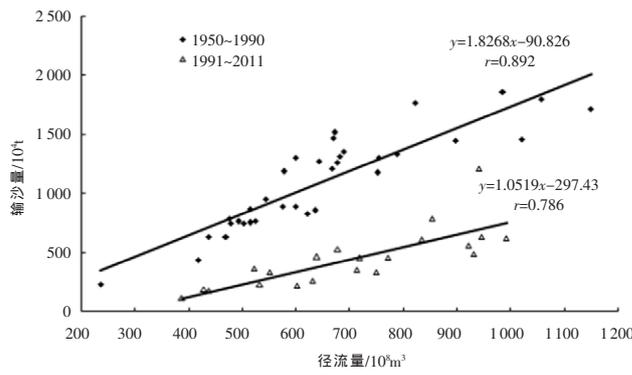
(a)吉安站



(b)峡江站



(c)樟树站



(d)外洲站

图3 各站径流量-输沙量相关图

Fig.3 The relationship between the runoff and sediment discharge at the stations

性变小可能与赣江中下游河段00年代大规模的无序采砂有关。

4.2 径流量、输沙量双累积关系

图4为赣江流域中、下游河段各站年径流量与年输沙量双累积曲线,由图可以看出,各站双累积曲线在累积年份1990年前均呈一条直线,而在1991年以后曲线斜率开始减小(向径流量轴向偏转),说明1990年是各站共同时间转折点,到1991年以后输沙量逐渐减小,与万安水库蓄水拦沙、水土保持、无序采沙导致下

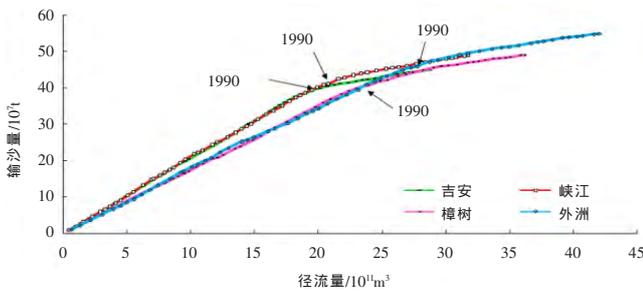


图4 1950~2011各测站年径流量-年输沙量双累积曲线

Fig.4 The double mass curve of the annual runoff and sediment discharge at the stations from 1950 to 2011

游河段水流中泥沙含量减少有一定的关系。

5 结论

基于赣江中下游4个代表水文站1950~2011年实测径流、输沙资料,分析了赣江中下游水沙时空分布特征,得出主要结论如下:

(1)赣江流域中下游水沙量时空分布不均,年内变化较大。吉安以上的来水量占外洲径流量的68.1%;输沙量占外洲站的80.5%,赣江沙量主要来自上游地区,1950~1990和1991~2011两个时段汛期输沙量占到全年70.5%和64.8%左右,两个时段汛期输沙量分别占到全年总量的84.0%和81.1%。万安水库运行后,在一定程度上减少了其下游径流和输沙季节分配的不均匀性,各站汛期径流量下降比例分别为5.4%、5.3%、5.4%、5.7%;输沙量各站下降比例分别为0.8%、0.3%、3.2%、2.9%。

(2)赣江中下游各站径流量年代变化比较平稳,最丰出现在20世纪90年代,最枯出现在60年代。各站年代输沙量在50~80年代基于平稳,而在90年代降幅最为明显,各站90年代输沙量同比历史最丰年下降了 546×10^4 t、 519.6×10^4 t、 391.3×10^4 t、 545×10^4 t,00年代各站年均输沙量继续下降,减小的幅度随距水库的

距离增大而减小。

(3)赣江中下游各站年际径流量呈微弱上升趋势,吉安站与樟树站上升趋势相当,峡江站上升趋势相对最大,外洲站最小,径流变化主要与降雨变化相吻合。输沙量年际间呈明显下降趋势。各站的年径流量与年输沙量双累积曲线均在1990年附近出现转折,输沙量在1991年后逐渐减小,这与万安水库蓄水运用、水土保持、无序采沙有关。

参考文献:

- [1] 杨荣清,胡立平,史良云. 江西河流概述[J]. 江西水利科技, 2003,29(1):27-30. (YANG Rongqing, HU Liping, Shi Liangyun. About the rivers in Jiangxi [J]. Jiangxi Hydraulic Science and Technology, 2003,29(1):27-30. (in Chinese))
- [2] 龚向民,李昆,万淑燕,等. 人类活动与赣江流域泥沙变化规律研究[J]. 江西水利科技, 2006, 32(3):24-27. (GONG Xiangmin, LI Kun, WAN Shuyan, et al. Study of the sand changing law in Ganjiang basin and mankind activity [J]. Jiangxi Hydraulic Science and Technology, 2006, 32(3):24-27. (in Chinese))
- [3] 龚向民,李昆,刘筱琴,等. 赣江流域水土流失现状与发展态势研究[J]. 人民长江, 2006, 37(8):48-50. (GONG Xiangmin, LI Kun, Liu Xiaoqin, et al. Research on soil-water loss status quo and development tendency in Ganjiang River basin[J]. Yangtze River, 2006,37(8):48-50. (in Chinese))
- [4] 许全喜,童辉. 近50年来长江水沙变化规律研究[J]. 水文, 2012,32(5):38-47. (XU Quanxi, TONG Hui. Characteristics of flow and sediment change in Yangtze River in recent 50 years[J]. Journal of China Hydrology, 2012,32(5):38-47. (in Chinese))
- [5] 王延贵,史红玲,刘茜. 水库拦沙对长江水沙态势变化的影响[J]. 水科学进展, 2014,25(4):1-10. (WANG Yangui, SHI Hongling, LIU Qian. Influence os sediment trapping in reservoirs on runoff and sediment discharge variations in Yangtze River[J]. Advances in Water Science, 2014,25(4):1-10. (in Chinese))
- [6] 高照良,付艳玲,张建军. 近50年黄河中游流域水沙过程及对退耕的响应[J]. 农业工程学报, 2013,6(3):99-105. (GAO Zhaoliang, FU Yanling, ZHANG Jianjun. Responses of streamflow and sediment load to vegetation restoration in catchments on the Lowess Plateau[J]. Transactions of the Chinese Societ of Agricultural Engineering, 2013,6(3):99-105. (in Chinese))
- [7] 赵广举,穆兴民,田鹏. 近60年黄河中游水沙变化趋势及其影响因素分析[J]. 资源科学, 2013,6(6):1070-1077. (ZHAO Guangju, MU Xingming, TIAN Peng. The variation trend of streamflow and sediment flux in the middle reaches of Yellow River over the past 60 years and the influencing factors [J]. Resources Science, 2013,6(6):1070-1077. (in Chinese))
- [8] 郑海金,方少文,杨洁. 近40年赣江年径流泥沙变化及影响因素分析[J]. 水土保持学报, 2012,2(1):28-32. (ZHENG Haijin, FANG Shaowen, YANG Jie. Analysis on evolution characteristics

- and impacting factors of annual runoff and sediment in the Ganjiang River during 1970–2009 [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2012,2(1):28–32. (in Chinese))
- [9] 高鹏,穆兴,民王飞. 近 60 年赣江水沙变化及其驱动因素分析[J]. *中国农村水利水电*, 2012,(1):56–63. (GAO Peng, MU Xing, MIN Wangfei. An analysis of streamflow and sediment discharge in Ganjiang River trend and driving force [J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2012,(1):56–63. (in Chinese))
- [10] 张颖,宋成成,肖洋. 近 50 年来赣江流域水沙年内分配变化分析[J]. *水文*, 2013,(3):80–84. (ZHANG Ying, SONG Chengcheng, XiaoYang. Variation of annual runoff and sediment distribution in Ganjiang River basin over past 50 years [J]. *Journal of China Hydrology*, 2013,(3):80–84. (in Chinese))
- [11] 肖洋,宋成成,张预定. 赣江外洲站近 50 年水沙变化规律[J]. *水利水电工程学报*, 2011,(4):126–130. (XIAO Yang, SONG Chengcheng, ZHANG Yuding. Variation of runoff and sediment load at Waizhou hydrologic station in Ganjiang River in the last 50 years[J]. *Hydro-Science and Engineering*, 2011,(4):126–130. (in Chinese))
- [12] 张伊,朱祥清,范银飞. 江西水利志[M]. 南昌:江西科学技术出版社,1995:132–138. (ZHANG Yi, ZHU Xiangqing, FAN Yinfei. *Jiangxi Water Conservancy* [M]. Nanchang: Jiangxi Science and Technology Press,1995:132–138. (in Chinese))

Spatial and Temporal Distribution Characteristics of Runoff and Sediment Discharge in Middle and Lower Reaches of Ganjiang River in Recent 60 Years

XIAO Yang^{1, 2}, ZHANG Wenhai², ZHANG Ying²

- (1. *State Key Laboratory of Hydrology–Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China*;
2. *College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China*)

Abstract: Based on runoff and sediment series data of nearly 60 years from 4 representative stations of Ji-an, Xiajiang, Zhangshu and Waizhou in the middle and lower reaches of the Ganjiang River, this paper analyzed the temporal and spatial distribution characteristics of runoff and sediment discharge. The results show that the annual runoff in the middle and lower reaches indicates a weak increase tendency. Affected by the Wan'an Reservoir operation, the concentration degree of flood season runoff had a slight decrease after 1990; There were no obvious change of the annual sediment discharge at the various stations from 1950s to 1980s, while there has been an obvious decline trend since 1990s, and there is correlation between the decline scale and distance from the reservoir for the various stations.

Key words: Ganjiang River; runoff and sediment time series; spatial and temporal distribution; sediment discharge rating

(上接第 80 页)

- Wenlu. Application of wavelet analysis in hydrology [J]. *Journal of Earth Science*, 2012,2(1):27–32. (in Chinese))
- [10] 马建琴,韩曦,夏军,等. 甘肃省气象干旱的多尺度时空变化综合分析[J]. *水电能源科学*, 2013,31(6): 29–32. (MA Jianqin, HAN Xi, XIA Jun, et al. Multi-scale temporal and spatial variation comprehensive analysis of meteorological drought in Gansu province [J]. *International Journal Hydroelectric Energy*, 2013,31(6):29–32. (in Chinese))

Change Analysis of Droughts and Floods in Yushu County of Qinghai Province

MA Jinti

(*Water Resources Department of Qinghai Province, Xining 810001, China*)

Abstract: Selecting precipitation data of Yushu County from 1953 to 2013, based on standardized precipitation index (S_{PI}), the drought and flood intensity, frequency distribution and periodic characteristics of Yushu County were studied by using the frequency analysis, wavelet cycle analysis and other methods. The results show that (1) there are different drought and flood indicator degrees between the three scales of standardized precipitation indexes (S_{PI-3} , S_{PI-6} and S_{PI-12}); (2) In recent 61 years, the occurrence probability of severe droughts is 2.1%, the occurrence probability of severe floods is 1.3%; (3) In Yushu County, the flood frequency will increase in next few years; (4) The precipitation changes with a primary period of 18a in Yushu County.

Key words: drought and flood situation; standardized precipitation index; cycle; evolution characteristics; Yushu County