

澧水水沙变化特征及成因分析

刘 娜^{1,2}, 谢永宏¹, 张称意³, 邓正苗^{1,2}, 张 琛¹, 姚帮松⁴

(1.中国科学院亚热带农业生态研究所,亚热带农业生态过程重点实验室,洞庭湖湿地生态系统观测研究站,湖南 长沙 410125; 2.中国科学院大学,北京 100049; 3.国家气候中心,北京 100081; 4.湖南农业大学工学院,湖南 长沙 410128)

摘 要:以澧水控制站石门站和津市站多年长系列水文数据为基础,运用 M-K 趋势检验、小波分析和双累积曲线法等,分析了澧水水沙变化特性及其成因。结果表明:1960~2007 年澧水石门站和津市站的年径流量呈波动状态,无显著上升下降趋势,在 9a 尺度上有较显著的丰枯周期;月径流量表现为 1 月、2 月有明显增加的趋势,发生突变的时间为 1998 年,4 月、10 月有所减少,突变时间为 2004 年,其他月份无明显变化;年输沙量总体呈波动下降趋势,突变时间为 1998 年。进一步分析表明,径流量主要受降水量的调节,人为活动特别是水库建设是年内径流分配变化的主要原因,而输沙量则受到径流量、大型水库和水土保持工程的综合影响。

关键词:澧水;水沙变化;降水量;水库

中图分类号:S157;P467

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2014)02-0087-06

澧水是湖南省第四大河,流域跨湘鄂两省,地处长江之南,北以武陵山脉北支与湖北清江水系分水,南以武陵山脉南支与沅水分野,西起湘鄂山区,东临洞庭湖尾间,有北、中、南三源,以北源为主,自北源桑植县杉木界开始,沿途接纳溇水、漂水、道水和沔水等支流,流经石门、津市小渡口后注入洞庭湖。澧水全长 388km,流域面积 18 496km²,多年平均径流量 131.2×10⁸m³。虽然澧水是湖南四水(湘水、资水、沅水和澧水)中面积最小的河流,却是水土流失最为严重的流域,多年平均水土流失面积 5 904 km²,占流域面积的 31.8%^[1]。同时,澧水建有大型水库 4 座,总库容占多年平均径流量的 24.5%,也是四水中比例最高的。近年来,由于气候变化、人类活动等的综合影响,澧水流域水资源的时空格局也在发生深刻变化,降水、径流与洪水特性导致该流域洪灾发生频繁,灾害严重^[2-3],给澧水流域和洞庭湖区的防汛安全带来了巨大威胁^[4]。

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,其中水沙变化是最为敏感的因子,对流域地貌演变、河势稳定以及流域水生生态的演化都会产

生重要的影响,也一直是水土保持、水文水资源、水利工程影响等方面研究的重要内容。流域土地利用变化、大型水利工程建设等造成河道水沙变化,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,且水利工程的影响随河流特性、工程类型等存在一定差异^[5-9]。基于此,本文以湖南四水中水库规模相对较大、水文影响较为显著的澧水为例,通过 Mann-Kendall 趋势突变检验、小波分析和双累积曲线分析等方法探讨澧水水沙演变的突变性、规律性和趋势性,并对其成因进行了多要素分析,以期对澧水流域水资源管理,澧水尾间湿地生态环境保护提供依据。

1 数据来源和研究方法

1.1 数据来源

长系列水文数据来源于长江水利委员会和《长江泥沙公报 2003~2010》^[10],长系列降水量数据来源于中国气象局国家气候中心。本研究以澧水入洞庭湖的控制站津市站 1960~2007 的多年逐月径流量和石门站 1960~2007 年径流量和输沙量为基础,以分别代表澧

收稿日期:2013-04-10

基金项目:国家重大基础研究计划项目(2012CB417005);国家国际科技合作专项(2012DFB30030)

作者简介:刘娜(1989-),女,黑龙江庆安人,硕士生,主要研究方向为湿地水文生态。E-mail:liunaly@163.com

通讯作者:谢永宏(1973-),男,湖南永兴人,研究员,博士生导师,主要从事湿地生态研究。E-mail: yonghongxie@163.com

水流域上、中、下游的桑植、张家界和石门气象站 1961~2007 的月、年平均降水量作为澧水的降水量阐明了澧水流域的水沙变化及其成因。

1.2 研究方法

(1) 采用 Mann-Kendall 非参数秩次相关检验法 (以下简称 M-K 法) 检验径流量、输沙量时间序列的趋势和突变性, 具体计算方法参见任宗萍等人的文献^[11]。对于统计变量 Z , 当 $Z > 0$ 时, 为上升趋势; 当 $Z < 0$ 时, 为下降趋势。当 $|Z|$ 大于等于 1.28、1.64 和 2.32 时, 分别表示通过了信度 90%、95% 和 99% (即 P 值分别为 0.1、0.05 和 0.01) 的检验。用 M-K 法对时间序列进一步进行突变分析时, 定义统计变量: $UF_k = \frac{|S_k - E(S_k)|}{\sqrt{Var(S_k)}}$ ($k=1, 2, \dots, n$), 其中, $E(S_k) = k(k+1)/4$, $Var(S_k) = k(k-1)(2k+5)/72$ 。 UF_k 为标准正态分布, 若 $UF_k > U_{\alpha/2}$, 则表示序列存在明显的趋势变化。将时间序列再按逆序排列, 使 $UB_k = -UF_k (k=n, n-1, \dots, 1)$, UF_k 和 UB_k 在图中分别以曲线 C_1 和 C_2 表示, 如果 UF_k 和 UB_k 出现交点, 且交点在边界线之间, 则交点对应的时刻便是突变点开始的时间。

(2) 采用小波分析法揭示隐藏在时间序列中的变化周期性。小波分析是由 Morlet 提出的一种具有时频多分辨功能的方法, 它能充分反映系统在不同时间尺度中的变化趋势, 并能对系统未来发展趋势进行定性估计^[12]。本文利用小波系数实部等值线图来反映径流序列不同时间尺度的周期变化。

(3) 采用双累积曲线法检验径流量和输沙量变化的趋势转折点。双累积曲线是检验两个参数间关系一致性及其变化的常用方法。所谓双累积曲线就是在直角坐标系中绘制的同期内一个变量的连续累积值与另一个变量连续累积值的关系线, 它可用于水文气象要素一致性的检验、缺值的插补或资料校正以及水文气象要素的趋势性变化及其强度的分析^[13]。同时, 通过转折点的获取可以估计不同时段的变化量。

(4) 采用回归分析法阐明年、月降水量与年、月径流量的关系。分析方法涉及线性回归、二项式、指数方程、对数方程、幂函数等, 最后以最大的 R^2 值和最小的 P 值进行方程优选。

2 澧水的水沙变化特征

2.1 年径流量变化

津市站在 1960~2007 年的多年平均径流量为

145.3×10⁸m³, 总体呈波动状态, 无明显的上升或下降趋势, 最大值出现在 1980 年, 为 259.5×10⁸m³, 最小值出现在 2006 年, 为 69.3×10⁸m³。M-K 统计检验表明, 津市站径流量在 1960~2007 年未发生明显变化 ($Z=-0.73, P=0.23$)。石门站的结果与津市站的相似, 其多年平均径流量为 145.5×10⁸m³, 最大值出现在 1980 年, 为 251×10⁸m³, 最小值在 1992 年, 为 83×10⁸m³, M-K 统计显示无明显变化 ($Z=-0.68, P=0.25$)。运用小波分析对津市站和石门站的多年径流量进行周期性分析, 其结果是相似的, 即津市站和石门站的多年径流量总体上而言周期性不显著, 只在 9a 尺度上, 有一个相对显著的丰枯交替周期, 在 80 年代后期, 周期性较为显著 (图 1)。可见, 津市站和石门站的年径流量的总体演变规律是一致的, 40 余年来未发生明显变化。基于此, 后文的研究以津市站的月径流量和石门站的年输沙量为代表开展研究。

2.2 月径流量变化

从澧水津市站不同年代径流量变化可以看出 (图 2), 径流量年内分配极不均匀, 其规律是相似的, 即每年的 4~8 月为丰水期, 11 月到次年 2 月为枯水期, 3 月、9 月和 10 月可视为平水期, 平均径流量最大的为 7 月, 最小的为 1 月或 12 月, 最大值出现在 1983 年的 7 月, 为 86.75×10⁸m³, 最小值出现在 1988 年的 12 月, 为 0.91×10⁸m³。连续最大 3 个月径流量占全年径流量的 47.8%~54.6%, 除 1980s 出现在 6~8 月, 其他年代均出现在 5~7 月。

M-K 趋势检验表明, 1 月 ($Z=2.34, P=0.009$) 和 2 月 ($Z=2.26, P=0.01$) 的径流量有明显的上升趋势 (图 3 a, b), 且突变点发生在 1998 年。经计算, 1998~2007 在 1 月的平均径流量 (4.44×10⁸m³) 比 1960~1997 年 (2.59×10⁸m³) 增加了 41.7%; 同样, 1998~2007 年在 2 月的平均径流量 (5.22×10⁸m³) 比 1960~1997 年 (3.47×10⁸m³) 增加了 33.5%。4 月 ($Z=-1.64, P=0.05$) 和 10 月 ($Z=-1.80, P=0.03$) 有下降的趋势 (图 3 c, d), 其突变点为 2004 年, 计算结果表明 2004~2007 年在 4 月 (6.67×10⁸m³)、10 月 (4.0×10⁸m³) 的平均径流量比 1960~2003 年 4 月 (14.27×10⁸m³) 和 10 月 (8.58×10⁸m³) 的分别减少了 53.3% 和 53.4%。其他各月无明显变化 ($|Z| > 1.64, P > 0.05$)。可见, 虽然澧水的年径流量 40 余年来未发生明显趋势性变化, 但月径流量却发生了改变, 主要体现为枯水季节 (1, 2 月) 有所增加, 而丰水季节的前 (4 月)、后 (10 月) 有所减少。

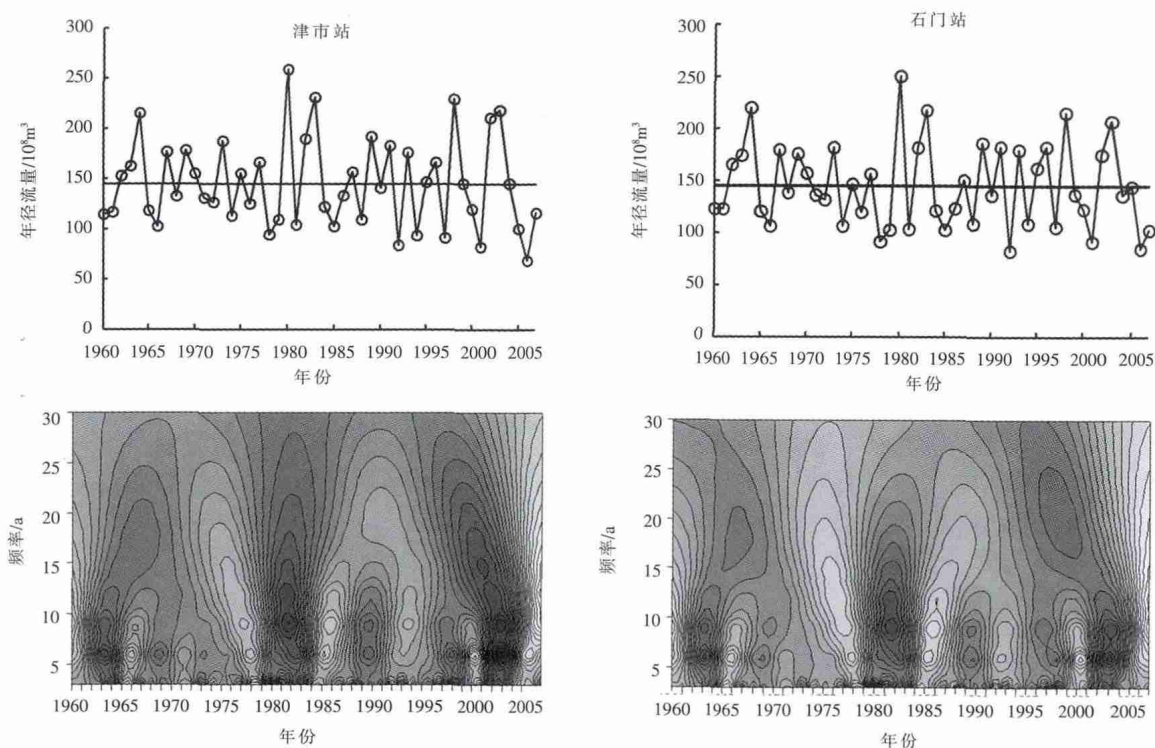


图1 1960~2007年津市站和石门站径流量变化和小波分析实部等值线图

Fig.1 The runoff changes at stations of Jinshi and Shimen from 1960 to 2007 and the real part isolines of wavelet analysis

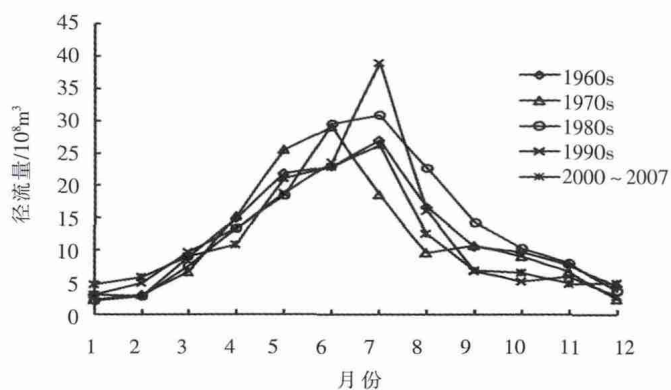


图2 澧水不同年代径流量年内分配的变化

Fig.2 Monthly allocation of annual runoff in the Lishui River basin in the various decades

2.3 年输沙量变化

石门站在1960~2007年的多年平均输沙量为 $382.1 \times 10^6 \text{ t}$, 总体呈波动下降趋势(图4)。年输沙量最大值出现在1982年, 为 $987 \times 10^6 \text{ t}$, 最小值出现在2001年, 为 $6.74 \times 10^6 \text{ t}$ 。M-K统计检验显示, 石门站47年来输沙量存在显著下降趋势($Z = -3.70, P = 0.0001$), 突变点出现在1998年, 且在2001年突破95%的置信区间。经计算, 1998~2007年的年平均输沙量($119.3 \times 10^6 \text{ t}$)比1960~1997年($451.2 \times 10^6 \text{ t}$)减少了73.6%。可见, 年

输沙量在40余年存在巨大差异, 且在1998年后下降趋势确立。

3 成因分析

3.1 径流量

流域内径流量的变化可能主要受降水量丰缺的影响^[14]。对澧水多年月降水量和月径流量、年降水量与年径流量间进行回归分析表明, 月降水量和月径流量间呈显著的二项式关系($R^2 = 0.8119, P < 0.001$), 年降水量与年径流量间则呈明显的线性关系($R^2 = 0.8657, P < 0.001$), 均表现出径流量随降水量的增加而增加, 即降水量越大, 径流量也越大(图5)。可见, 降水量是影响澧水径流量的最主要原因。

根据上文得出的结果, 1月和2月经流量在1998年发生突变后有增加趋势, 4月和10月经流量在2004年后有下降趋势(图3), 分别对这几个月份的降水量与径流量做双累积曲线, 结果发现降水量不是径流量产生变化的原因(双累积曲线的 R^2 值均达到了0.99, 统计检验达到0.001的信度水平), 故推断此突变应为人调控的结果。众多研究表明, 水利设施的建设极大改变了径流在流域上下游和季节的分配, 并

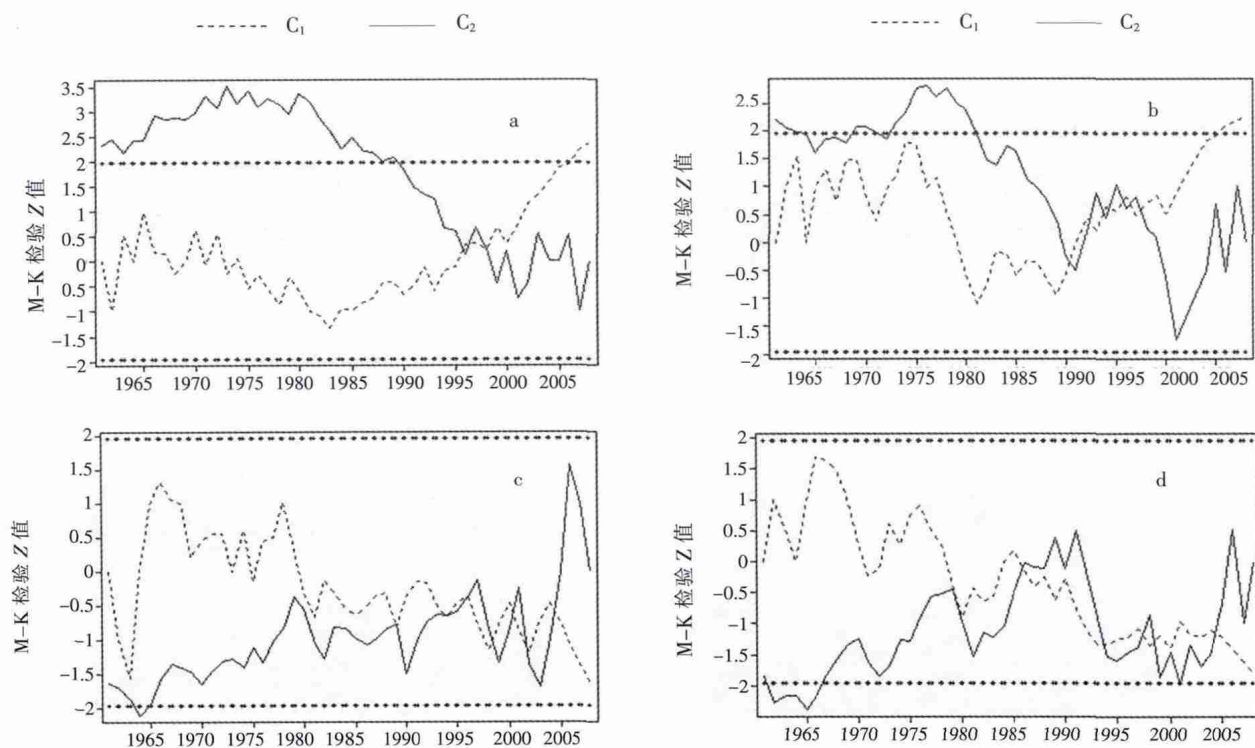


图3 1960~2007年津市站1月(a)、2月(b)、4月(c)和10月(d)径流量 M-K 检验统计值

Fig.3 Statistical values of M-K test for runoff in January(a), February(b), April(c) and October(d) at the Jinshi station from 1960 to 2007

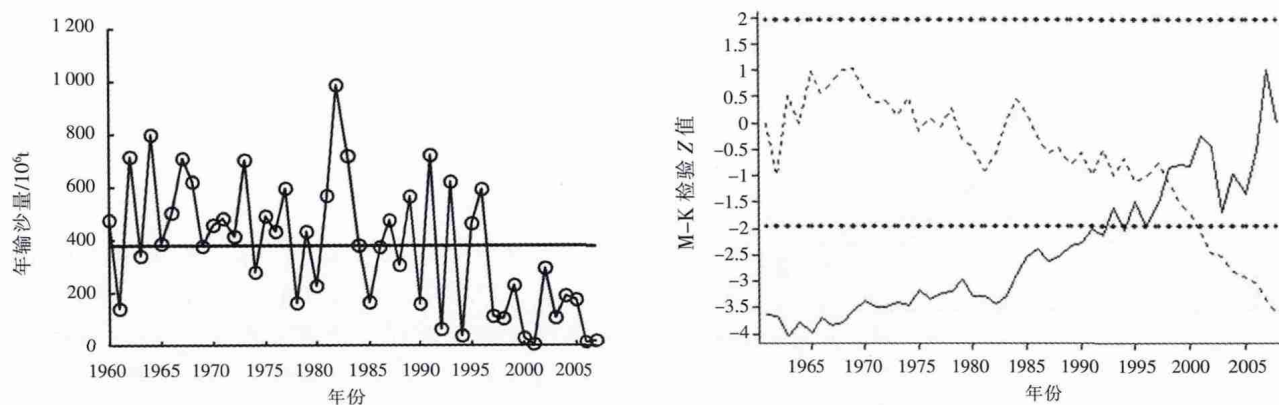


图4 1960~2007年澧水石门站输沙量变化及其 M-K 检验统计值

Fig.4 The changes of sediment discharge and its M-K test at the Shimen station of the Lishui River basin from 1960 to 2007

导致水情的巨大变化^[5,15-16]。截至2007年,澧水已建成大型水库4座,其中王家厂水库于60年代初建成,有效库容 $1.31 \times 10^8 \text{ m}^3$,相对较小,因此对径流影响不大,其次是1990s建成的鱼潭水库,其有效库容仅为 $0.47 \times 10^8 \text{ m}^3$,故影响也可以忽略,皂市水库建成于2007年,为本研究结束年份,因此对本研究结果的影响是非常有限的。同时,澧水流域库容最大的江垅水库于1993年立项建设,1998年建设完成下闸蓄水,是澧水流域防洪规划中第一个、也是最重要的骨干工程,正常蓄水

位236m,防洪限制水位210.6m,总库容 $17.41 \times 10^8 \text{ m}^3$,防洪库容 $7.4 \times 10^8 \text{ m}^3$,其总库容占澧水多年年均径流量的12.0%。江垅水库的建设主要起到防洪和发电的作用,1月和2月均属枯水期,为了发电需要,需要增加径流量以保证正常发电,为此江垅水库应为1月和2月经流量增加的原因。此外,由于江垅水库自正常投运以来,在来水偏少的情况下,汛期出现大量泄洪弃水,导致汛后又无水发电,汛后水库的蓄满率仅为2%,为此提出主汛期把握蓄水时机,在不影响工程防

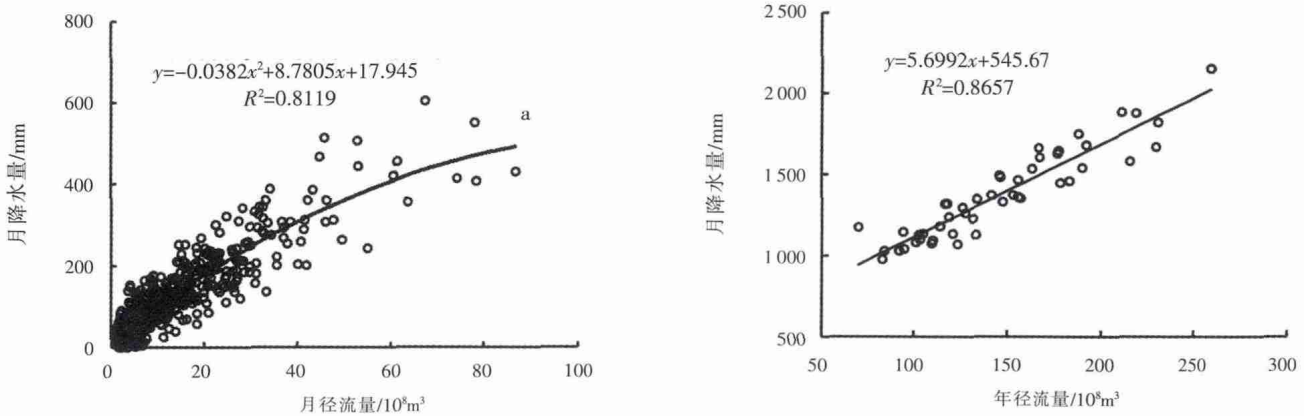


图5 澧水 1961~2007 年降水量与径流量关系

Fig.5 The relation between the rainfall and runoff in the Lishui River basin from 1961 to 2007

洪效用的前提下,采用“短历时超蓄、洪前预泄”方式拦蓄部分水量,尽可能多利用主汛期水量、充分利用水资源、争取更好的发电效益^[17]。从“汛前预泄腾库”的运行方式上讲,这是造成4月径流量减少的原因,而10月份径流量的减少则可能为枯水期发电蓄水所造成。可以认为,大型水利工程对径流的调节可能是各月份径流发生突变的主要原因。

3.2 输沙量

澧水输沙量的变化一方面受到径流量变化的影响,一方面与人类活动有关。泥沙移动是伴随水文而发生的自然现象,即年径流量对年输沙量的调控作用非常明显^[8]。统计分析表明,在某些特定时间段,石门站的径流量与输沙量有很好的对应关系(如1962~1969年,1971~1979年,1983~1997年),年径流量大,输沙量也大,而突变点发生在1998年。双累积曲线也对此进行了检验,发现转折期也是出现在1998年(图6)。这一突变时间与澧水最大水库——江垭水库建成下闸蓄水

时间存在高度的一致性。经双累积曲线趋势方程计算结果表明,1998~2007年间,澧水石门站共减少的输沙量为 $3\,192\times 10^6\text{t}$,年均减少 $319.2\times 10^6\text{t}$,为1960~2007年多年平均年输沙量的83.5%,减沙效应极其显著。其他研究也表明,人类活动特别是大型水库的建设对泥沙的滞淤作用非常明显^[14]。水库拦沙后输入下游的泥沙减少,水库蓄水滞洪,下游洪峰流量减少,挟沙能力降低,输沙量减少^[18]。因此,澧水输沙量的突然减少与江垭水库的建设存在密切关系。

此外,1980s以来湖南省广泛开展绿化造林、封山育林和生态公益林建设等活动,对于改善生态环境,维护澧水流域的生态安全具有重要意义。自1980年以来,桑植、慈利两县采取生物措施与工程措施相结合的办法,积极开展以小流域综合治理为重点的水土保持工作。先后完成了洪家关等6条小流域综合治理,治理面积达 $17\,000\text{hm}^2$,其中营造水保林 $13\,000\text{hm}^2$,经济林 $1\,600\text{hm}^2$,坡改梯 600hm^2 ,封禁 $1\,000\text{hm}^2$ 。治理区内年侵蚀量平均每平方千米减少 $3\,000\text{t}$,年均减少泥沙流失约 $48\times 10^6\text{t}$,大大地减轻了侵蚀强度^[19],使水土流失严重的现象得到遏制,生态环境得到改善,森林资源持续增长,为维护澧水源头的生态安全发挥了重要作用。可见,径流量、大型水库的调节和森林面积的增加对澧水输沙量减少的作用是不可忽视的。

4 结论

(1) 澧水1960~2007年径流量总体呈波动状态,无明显上升下降趋势,但在9a尺度有较显著的丰枯交替周期。月径流量主要是1月、2月在1998年后有显著增加趋势,4月、10月在2004年后有下降趋势;

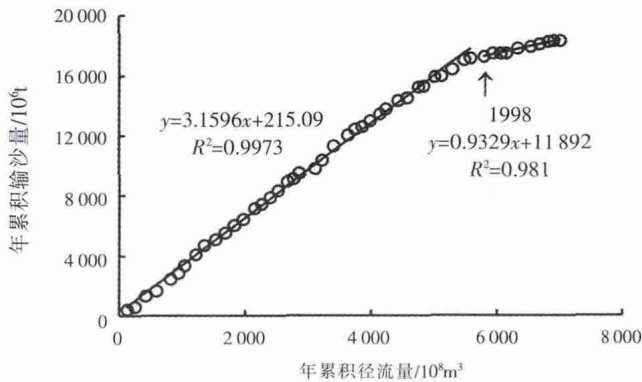


图6 澧水 1960~2007 年径流量与年输沙量双累积曲线变化

Fig.6 The double mass-curve for the annual runoff and sediment discharge in the Lishui River basin from 1960 to 2007

(2) 澧水 1960~2007 年输沙量总体呈波动下降趋势, 突变点发生在 1998 年;

(3) 径流量主要受流域降水量的控制, 但径流量年内分配的变化和年输沙量的减少主要受江垭水库建设的影响。此外, 水土保持工程的实施也是输沙量减少的重要原因。

参考文献:

- [1] 莫靖龙, 夏卫生, 罗轶. 澧水流域水土流失原因分析及保持措施初探 [J]. 安徽农学通报, 2009, 15 (5): 75-76. (MO Jinglong, XIA Weisheng, LUO Yi. Analysis of the causes of water and soil erosion and conservation measures of Lishui River basin [J]. Anhui Agriculture and Science Bull., 2009, 15(5): 75-76. (in Chinese))
- [2] 谢剑平. 澧水水文情势变化及防洪对策研究 [J]. 武陵学刊, 1996, 17 (6): 5-10. (XIE Jianping. Hydrological regime change and flood control countermeasures of Lishui River [J]. Journal of Wuling, 1996, 17(6): 5-10. (in Chinese))
- [3] 李景保, 刘晓清, 彭鹏. 澧水流域暴雨洪水的初步研究 [J]. 湖南师范大学学报 (自然科学版), 1996, 19 (4): 84-88. (LI Jingbao, LIU Xiaoqing, PENG Peng. Study on the storm flood in Lishui River basin [J]. Journal of Hunan Normal University (Natural Science), 1996, 19(4): 84-88. (in Chinese))
- [4] Jacky C. Sediment concentration changes in runoff pathways from a forest road network and the resultant spatial pattern of catchment connectivity [J]. Geomorphology, 2005, 68: 257-268.
- [5] 张强, 陈桂亚, 陈永勤, 等. 近 40 年来长江流域水沙变化及可能影响探讨 [J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17 (2): 257-263. (ZHANG Qiang, CHEN Guiya, CHEN Yongqin, et al. Changing characteristics of sediment yield and discharge during past 40 years in catchment of the Yangtze River [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2008, 17 (2): 257-263. (in Chinese))
- [6] 方春明, 毛继新, 鲁文. 长江中游与洞庭湖泥沙问题研究 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004. (FANG Chunming, MAO Jixin, LU Wen. Study on the Sediment Problem of Middle Reaches of the Yangtze River and Dongting Lake [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2004. (in Chinese))
- [7] 李景保, 王克林, 秦建新, 等. 洞庭湖年径流泥沙的演变特征及其动因 [J]. 地理学报, 2005, 60(3): 503-510. (LI Jingbao, WANG Kelin, QIN Jianxin, et al. The evolution of annual runoff and sediment in the Dongting Lake and their driving forces [J]. Acta Geographica Sinica, 2005, 60(3): 503-510. (in Chinese))
- [8] 谢永宏, 李峰, 陈心胜, 等. 荆江三口入洞庭湖水沙演变及成因分析 [J]. 农业现代化研究, 2012, 33(2): 203-206. (XIE Yonghong, LI Feng, CHEN Xinsheng, et al. Runoff and sediment discharge into Dongting Lake from Three Channels, Jingjiang River [J]. Research of Agricultural Modernization, 2012, 33(2): 203-206. (in Chinese))
- [9] 覃红燕, 谢永宏, 邹冬生. 湖南四水入洞庭湖水沙演变及成因分析 [J]. 地理科学, 2012, 32(5): 609-615. (QIN Hongyan, XIE Yonghong, ZOU Dongsheng. Changes of runoff and sediment discharge into Dongting Lake from the four rivers in Hunan Province [J]. Scientific Geographica Sinica, 2012, 32(5): 609-615. (in Chinese))
- [10] 水利部长江水利委员会. 长江泥沙公报, (2003~2009) [M]. 武汉: 长江出版社, 2003-2009. (Yangtze River Conservancy Commission of MWR. Yangtze River Sediment Bulletin, (2003~2009) [M]. Wuhan: Yangtze River Press, 2003-2009. (in Chinese))
- [11] 任宗萍, 张光辉, 杨勤科. 近 50 年延河流域水沙变化特征及原因分析 [J]. 水文, 2012, 32 (5): 81-86. (REN Zongping, ZHANG Guanghui, YANG Qinke. Characteristics of runoff and sediment variation in Yanhe River basin in last 50 years [J]. Journal of China Hydrology, 2012, 32(5): 81-86. (in Chinese))
- [12] 赵利红. 水文时间序列周期分析方法的研究 [D]. 南京: 河海大学, 2007. (ZHAO Lihong. Study of Analysis Methods for the Period of Hydrological Time series [D]. Nanjing: Hohai University, 2007. (in Chinese))
- [13] 穆兴民, 张秀勤, 高鹏, 等. 双累积曲线方法理论及在水文气象领域应用中应注意的问题 [J]. 水文, 2010, 30(4): 47-51. (MU Xingmin, ZHANG Xiuqin, GAO Peng, et al. Theory of double mass curves and its applications in hydrology and meteorology [J]. Journal of China Hydrology, 2010, 30(4): 47-51. (in Chinese))
- [14] 张信宝, 文安邦, D E Walling, 等. 大型水库对长江上游主要干支流河流输沙量的影响 [J]. 泥沙研究, 2011, 8(4): 59-66. (ZHANG Xinbao, WEN Anbang, D E Walling, et al. Effects of large-scale hydropower reservoirs on sediment loads in upper Yangzi River and its major tributaries [J]. Journal of Sediment Research, 2011, 8 (4): 59-66. (in Chinese))
- [15] 邹淑珍, 吴志强, 胡茂林, 等. 水利枢纽对河流生态系统的影响 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38 (22): 11923-11925. (ZOU Shuzhen, WU Zhiqiang, HU Maolin, et al. Impacts of hydraulic project on the aquatic ecological environment [J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2010, 38(22): 11923-11925. (in Chinese))
- [16] Chang J, Li J B, Lu D Q, et al. The hydrological effect between Jingjiang River and Dongting Lake during the initial period of Three Gorges Project operation [J]. Journal of Geographical Sciences, 2010, 20: 771-786.
- [17] 刘世军. 汛限水位动态控制在江垭水库的运用 [J]. 大坝与安全, 2006, 4: 19-22. (LIU Shijun. The application of dynamic regulation of flood control level in Jiangya reservoir [J]. Dam and Safety, 2006, 4: 19-22. (in Chinese))
- [18] 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, 23 (5): 23-28. (SHI Guoyu, CHEN Xianwei, Ye Min. The investigation of the effects of reservoirs built in Yangtze River upstream on the sediment of Three Gorges reservoir [J]. Yangtze River, 1992, 23(5): 23-28. (in Chinese))
- [19] 彭昌达. 澧水中上游张家界市境内水土保持生态建设探讨 [J]. 水土保持研究, 2000, 7(3): 54-55, 128. (PENG Changda. Discussion on the eco-construction of the water and soil conservation in the up-mid of Lishui River of Zhangjiajie [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2000, 7(3): 54-55, 128. (in Chinese))

参考文献:

- [1] 万众华, 武云志. 水质监测技术的应用解决方案 [J]. 中国水利, 2004,(1):32-33. (WAN Zhonghua, WU Yunzhi. Application and solution in water quality monitoring technology [J]. China Water Resources, 2004,(1):32-33. (in Chinese))
- [2] 刘洪燕, 赵辛. 河流水质自动监测系统建设与运行中常见问题分析 [J]. 干旱环境监测, 2005,19(3):181-183. (LIU Hongyan, ZHAO Xin. Analysis of problem in constructing and moving of auto-water quality monitoring system [J]. Arid Environmental Monitoring, 2005,19(3):181-183. (in Chinese))
- [3] 刘可为, 刘杰. 北方缓流水体水质在线自动监测系统采样口的设计思考 [J]. 中国环境监测, 2005,21 (5):43-44. (LIU Kewei, LIU Jie. Idea of design on sampling place of on-line water quality monitoring system of northern slow moving water body [J]. Arid Environmental Monitoring, 2005,21(5):43-44. (in Chinese))
- [4] 区晖. 水质自动监测系统运行过程中的质量保证和质量控制 [J]. 现代科学仪器, 2005,(3): 62-65. (Ou Hui. The quality assurance & quality control of the water quality automatic monitoring system in operation [J]. Modern Scientific Instruments, 2005,(3):62-65. (in Chinese))
- [5] 肖勇泉, 齐燕红. 突发环境事件应急处置中的监测支持 [J]. 环境监测管理与技术, 2005, 17 (2):4-6. (XIAO Yongquan, QI Yanhong. Monitoring support in emergency treatment of suddenly environmental accident [J]. Administration and Technique of Environmental Monitoring, 2005,17(2):4-6. (in Chinese))

Application of Micro-pollutants Emergency and On-line Monitoring Technology in Water Source of Pearl River

LIU Shengyu, LIU Xinyu, LI Yi, ZHANG Ying, ZHAO Yanlong, LI Shaozuo

(Monitoring Center of Pearl River Valley Aquatic Environment, Guangzhou 510610, China)

Abstract: Using UV technology, AquaPod Light and AquaPod case emergency instrument can monitor some normal and micro pollutants water quality parameters. As a good practicability technology, it can give alarm when some unknown pollutants are found. There are 17 pollutants monitoring models were built for the Pearl River Basin, and a real-time monitoring station was constructed in the water source of Zhuhai City. This system can monitor COD, TOC and nitrate. The conclusion indicates that the data deviation between the emergency and laboratory instrument have good uniformity.

Key words: micro-pollutant; emergency; on-line monitoring

(上接第 92 页)

Characteristics of Water and Sediment Discharge in Lishui River and Factor Analysis

LIU Na^{1,2}, XIE Yonghong¹, ZHANG Chengyi³, DENG Zhengmiao^{1,2}, ZHANG Chen¹, YAO Bangsong⁴

(1. Institute of Subtropical Agriculture, Key Laboratory of Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Dongting Lake Station for Wetland Ecosystem Observation and Research, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China; 2. University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China; 3. National Climate Centre, Beijing 100081, China; 4. College of Engineering, Hunan Agriculture University, Changsha 410128, China)

Abstract: Based on hydrological data of the Shimen and Jinshi stations from 1960 to 2007, the changing characteristics and causes of the runoff and sediment discharge in the Lishui River were investigated, using Mann-Kendall trend test, wavelet analysis and double mass analyses. The results show that the annual runoff changes of Shimen and Jinshi stations from 1960 to 2007 are obvious, but there is a significant wet and dry period alternation cycle in 9 year scale. The monthly runoff increases significantly in January and February with the abrupt point in 1998, while it decreases in April and October with the abrupt point in 2004. The annual sediment discharge has a downward trend and the abrupt point is 1998. The runoff in Lishui River was mainly controlled by the rainfall. However, the allocation of the annual runoff is mainly caused by the human disturbances, especially the construction of large reservoirs. The decrease of sediment discharge is influenced by the complex impacts of runoff, the construction of large reservoirs and soil and water conservation.

Key words: Lishui River; runoff and sediment discharge change; precipitation; reservoir