

1955—2009 年澧水流域径流泥沙演变及影响因素

刘碧维¹, 宋楠¹, 耿胜慧², 陈茜¹

(1. 湖南省水利水电勘测设计研究总院, 湖南长沙 410007; 2. 湖南省水利水电职业技术学院, 湖南长沙 410131)

摘要: 为了掌握澧水长时间序列的径流泥沙演变规律, 运用 Pearson 相关系数法分析了 1955—2009 年澧水年径流量和年输沙量。结果表明: 近 55 a 来澧水年径流量没有发生明显变化, 而年输沙量呈显著下降趋势, 并在 1983 年发生了突变。通过分析降雨、径流及输沙量之间的变化关系可知, 在 1955—2009 年澧水年降水量无明显变化的情况下, 人为因素是年输沙量显著减少的主要因素, 水土保持综合治理和水利工程拦沙导致澧水进入洞庭湖的泥沙量每年相应减少约 4.59×10^6 t。

关键词: 径流量; 输沙量; 影响因素; 澧水

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)06-0360-04

中图分类号: P333.1

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2014.06.069

Evolution Characteristics and Impacting Factors of Annual Runoff and Sediment in Lishui River During 1955—2009

LIU Bi-wei¹, SONG Nan¹, GENG Sheng-hui², CHEN Xi¹

(1. Hu'nan Hydro&Power Design Institute, Changsha, Hu'nan 410007, China;

2. Hu'nan Technical College of Water Resources and Hydropower, Changsha, Hu'nan 410131, China)

Abstract: Using the Pearson correlation coefficient method, annual runoff and sediment were analyzed in order to find out the evolution characteristics and its impacting factors in the Lishui River during 1955—2009. The results showed that the annual runoff had no obvious change during this period, while the annual sediment transportation appeared significant decline trend, and had sudden change in the year of 1983. The relationship between precipitation, runoff and sediment transportation variation were analyzed, it turned out that human activities were the main reason causing the sediment transportation descent when the annual precipitation has no obvious change during 1955 to 2009. Thus, the sediment from the Lishui River to the Dongting Lake decreased by 4.59×10^6 t every year accordingly.

Keywords: runoff; sediment transportation; impacting factor; Lishui River

澧水是湖南省四大河流之一, 流域内暴雨径流量大, 荒山迹地多, 地质构造运动活跃, 为湖南省水土流失严重地区之一^[1]。随着人类活动不断增强, 洞庭湖各主要支流的径流量和输沙量发生了显著变化, 引起了国内学者的关注。他们针对洞庭湖流域的径流泥沙变化特征、演变规律和驱动因素开展了一系列研究^[2-7]。然而, 以往的研究主要集中在洞庭湖全流域上, 以澧水单个流域水沙演变为对象的研究相对较少。因此本研究采用 Pearson 相关系数法对澧水年径流量及年输沙量的演变规律进行分析, 研究气候变化(主要为降水)和人为活动(主要是水土保持综合治理)两大因素对澧水年径流量和年输沙量的影响, 以

期为深入认识澧水乃至洞庭湖流域水沙演变规律提供思路 and 参考。

1 流域概况

澧水发源于湖南省桑植县杉木界(北源), 流经桑植、张家界、慈利、石门、澧县、津市等县市, 于小渡口注入西洞庭湖, 全长 390 km, 流域面积 18 583 km²。该流域主要支流有溇水、澧水、道水和沔水。澧水流域属亚热带季风湿润气候区, 气候温和, 雨量丰沛, 四季分明, 光照充足; 年平均温度 16—18 ℃, 多年平均降水量 1 200~1 600 mm。流域内由于大气环流和复杂地形的影响, 降水量年内变化大, 且集中程度高,

收稿日期: 2013-05-22

修回日期: 2013-07-21

资助项目: 湖南省水利科技推广补助经费项目“湖南澧水流域水土流失与生态环境研究”[湘水科技(2008)147-1]

作者简介: 刘碧维(1972—), 女(汉族), 湖南省衡阳市人, 本科, 高级工程师, 研究方向为土壤侵蚀与水土保持。E-mail: 260813895@qq.com。

通信作者: 宋楠(1987—), 男(汉族), 河南省郑州市人, 硕士, 研究方向为土壤侵蚀与水土保持。E-mail: songnan198711@163.com。

4—9月降水量占年总量的72%~78%。位于桑植境内的八大公山年均降水量可达2300mm,是湖南省三大暴雨区之一。流域内植被主要分布在渠水、娄水、澧水北源源头区,广大中下游区植被稀少,生态效益低下^[8]。流域范围内山高坡陡,河流纵坡较大,断层发育,河谷深切,总体地势西北高,东南低^[1]。

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源

年径流量和年输沙量选用澧水流域把口站三江口水文站1955—2009年同步资料;年降水量选用1955—2009年五道水、凉水口、南岔、大庸、溪口、三江口、石门7个雨量站逐年降水数据(图1)。由于雨量站站网密度水平较低,本研究采用泰森多边形法计算澧水流域的面平均降雨量^[9],资料均来自湖南省水文局。

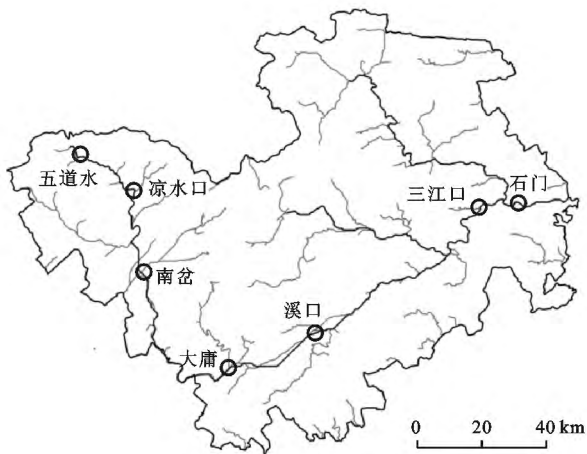
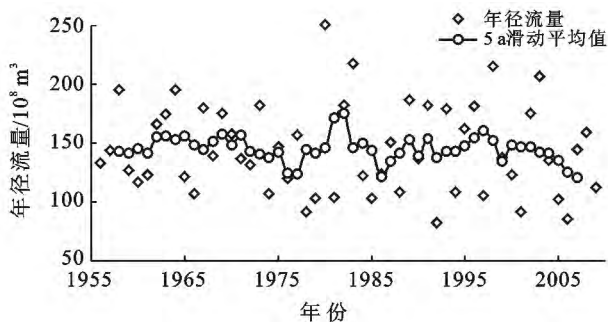


图1 研究区雨量站示意图

2.2 研究方法

运用 Pearson 相关系数法来检验降水、径流、输沙与年份的相关关系。Pearson 相关系数描述了两定



距变量间联系的紧密程度, Pearson 相关系数 r 是反映两随机变量线性相关性的统计量, $r > 0$ 表明两变量正相关, $r < 0$ 表明两变量负相关, r 的绝对值越大表明相关性越强。其表达式为:

$$r = \frac{\sum(X-\bar{X})(Y-\bar{Y})}{\sqrt{\sum(X-\bar{X})^2 \sum(Y-\bar{Y})^2}} = \frac{l_{XY}}{\sqrt{l_{XX}l_{YY}}}$$

对于样本容量为 n 的两样本序列, 在已知自由度 $\nu = n - 2$ 和给定显著性水平 α 的情况下, 可通过查相关系数表的方法对 r 进行显著性检验, 若 $|r|$ 大于相关系数检验值, 则拒绝原假设 H_0 , 即认为两变量线性相关是显著的; 否则就接受原假设 H_0 , 即认为两变量线性相关性不显著^[10]。

3 结果分析

3.1 径流泥沙变化情况

3.1.1 年径流量和输沙量序列的趋势性分析 根据澧水流域把口站三江口水文站1955—2009年输沙量和径流量数据, 点绘其年径流量、年输沙量及相应5a滑动平均值序列(图1)。

由图2可以看出, 澧水流域年径流量和年输沙量年际波动很大, 但呈现基本一致的变化规律, 即大水大沙。但由于其随年际波动变化现象明显, 从中并不能直观地看出其变化规律。

为了探寻年径流量和年输沙量随年份的长期变化规律, 本文借助于 Pearson 相关系数法对年输沙量和径流量进行趋势显著性检验。经计算, 澧水1955—2009年年输沙量和径流量的 Pearson 相关系数 r 分别为-0.35和-0.09。取显著水平 $\alpha = 0.01$, 则自由度 ν 为53时相应的检验临界值 $t_\alpha = 0.345$ 。由于输沙量 $|r| > t_\alpha$, 因此, 澧水流域近55a来年输沙量在0.01显著性水平上呈现明显下降趋势, 而年径流量没有明显的变化趋势。

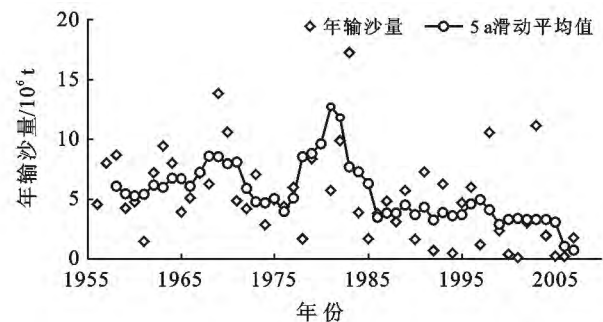


图2 1955—2009年澧水流域年径流量和年输沙量年际变化

3.1.2 年径流量和输沙量序列的阶段分析 降水—输沙双累积曲线常被用于检测输沙在年际间波

动变化规律。即如果它们之间斜率变大, 即同样降水量所对应的输沙量增多, 也就是说区域输沙增强, 而

斜率变小即意味着同样降水所造成的流域输沙量在减少^[11]。绘制澧水流域累积降水量和累积输沙量关系曲线(图 3)可以发现,澧水流域双累积曲线在 1983 年之前基本呈直线,但之后曲线斜率明显减小,说明澧水流域从 1983 年开始,其输沙强度开始下降。根据曲线斜率的变化可将澧水流域年降水—输沙相关关系分成 1955—1983 年和 1984—2009 年 2 个时段。

降水—径流双累积曲线常被用于检测径流量在年际间波动变化规律。即如果它们之间斜率变大,即同样降水量所对应的径流量增多,也就是说区域径流增强,而斜率变小即意味着同样降水所造成的流域径流量在减少。绘制澧水流域累积降水量和累积径流量关系曲线(图 4)可以发现,澧水流域双累积曲线在近 55 a 来基本呈直线,说明澧水流域近 55 a 来径流强度维持不变。

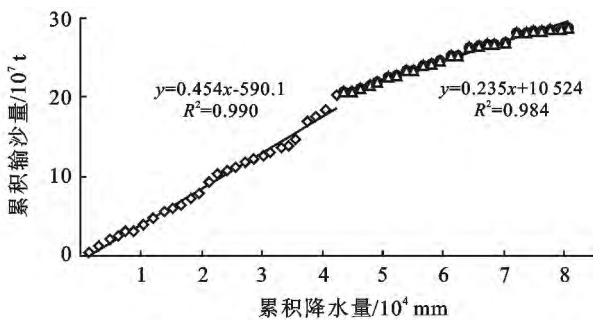


图 3 澧水流域年降水量和年输沙量双累积曲线

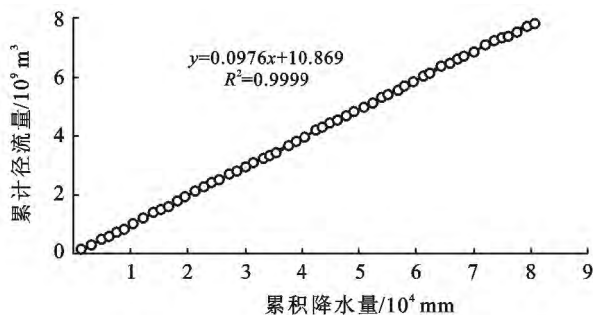


图 4 澧水流域年降水量和年径流量双累积曲线

3.2 澧水径流泥沙演变的驱动力分析

影响流域径流量和输沙量的因素可分为自然和人为因素,其中又以气候(主要是降水)和人类活动(如水利工程)对径流、泥沙的变化影响较大^[12]。

3.2.1 降水对澧水径流泥沙演变的影响 降水是流域产流产沙的动力条件,其大小与时空分布决定了流域径流量和输沙量的大小。在一定地表条件下,降水量越大流域径流量和输沙量也越大。也就是说,流域径流量和输沙量的变化与降水量的变化趋势基本一致,只有在局部地区受水土保持拦沙和水利工程蓄水

等人为因素的影响时才会呈现出不一致的变化趋势。

收集 1955—2009 年五道水、凉水口、南岔、大庸、溪口、三江口、石门 7 个雨量站点逐年降水数据,采用泰森多边形面积加权后得到澧水流域年降水量年际变化情况(图 5)。由图 2、图 4 可以看出,近 55 a 来澧水年径流量与年降水量变化的一致性较好,而年输沙量与年降水量变化的一致性较差。进一步借助 Pearson 相关系数法对年降水量进行分析,结果表明,过去 55 a 澧水流域年降水量并没有明显变化,不存在明显趋势($r = -0.024, p > 0.1, n = 55$)。同时澧水输沙量呈明显减少趋势,故可以认为研究期内降水量对澧水流域输沙量影响不显著。

3.2.2 水利水保工程对澧水径流泥沙演变的影响

澧水年径流量在时间序列上(1955—2009 年)下降趋势不明显,这表明澧水水系发育较好,产水量大,因生产生活发展引起的工农业、居民用水量增加尚未对澧水河流水文特征及其系统功能产生根本性影响,入湖径流量未发现显著变化;澧水入湖输沙量在时间序列上(1955—2009 年)呈明显减少趋势,在降水量没有增加的情况下,其减少的主要原因是水土保持综合治理和水利工程拦沙等人为因素的作用。对水利水保工程的实地调查印证了上述结论。从 1980—2000 年,澧水流域已相继完成“七五”期间拟定的八条小流域共 403 km² 的治理工作。其中,生物措施治理了 79.6 km²,工程措施控制泥石流面积 0.48 km²,坡改梯 2.3 km²,封山育林工作也得到了基本落实;完成了“长防”工程共 2.92 × 10⁵ hm² 的营林任务,全面改造、改种 1.20 × 10⁵ hm² 的油桐林;水土流失区的轻度流失和剧烈流失的面积得到了基本控制、改善和治理,其中,强度流失区治理了 40%,中度流失区治理了 50%。

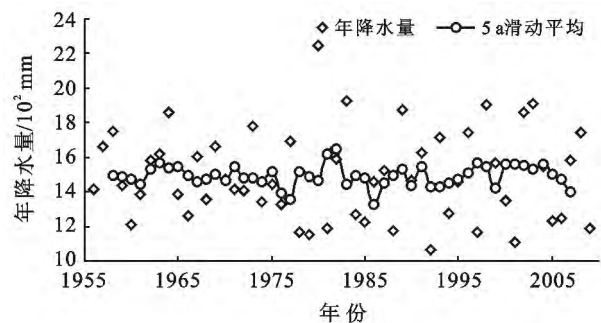


图 5 1955—2009 年澧水流域年降水量年际变化

为发展农田水利,澧水流域修建了一些大、中、小型水库等蓄水工程,截止 2009 年 12 月底,澧水流域已建大、中、小型水库 9 000 余座(大型水库 2 座,中型水

库 22 座),其中澧水流域最大的两座水库江垭水库(库容 $1.74 \times 10^9 \text{ m}^3$)和皂市水库(库容 $1.44 \times 10^9 \text{ m}^3$)分别于 1999 年 5 月和 2008 年 4 月建成蓄水,对减少澧水入湖泥沙量发挥着重要作用。

在水土保持综合治理和水利工程建设等人为驱动力的综合作用下,澧水入湖泥沙量每年相应减少约 $4.59 \times 10^6 \text{ t}$ 。

4 结 论

(1) 近 55 a 来澧水年径流量没有发生明显变化,而年输沙量呈显著下降趋势。根据阶段性分析结果,认为澧水泥沙的演变过程(1955—2009 年)可分为 2 个阶段,即 1955—1983 年和 1984—2009 年 2 个阶段。

(2) 对澧水水沙演变的驱动力分析结果表明,近 55 a 来澧水年径流量与年降水量变化的一致性较好,而年输沙量与年降水量变化的一致性较差。由于澧水年降水量无明显变化趋势,故可认为其年输沙量显著减少的主要原因是人为作用,水土保持综合治理工程的实施和水利工程拦沙导致澧水入湖泥沙量每年相应减少约 $4.59 \times 10^6 \text{ t}$ 。

(3) 1983 年澧水年输沙量发生突变的主要原因是澧水流域自 20 世纪 80 年代初开展了以小流域综合治理为模式的大规模水土流失治理,水土保持治理初显成效,加之一些水利工程的兴建有效拦截了部分泥沙。

(4) 在前人对洞庭湖全流域水沙变化研究的基础上,本文以澧水单个流域为研究对象,揭示了澧水

流域径流泥沙的演变规律,并对其变化的影响因素进行了分析。由于澧水流域地形复杂,引起水沙变化的原因众多,今后需对其进行进一步论证。

[参 考 文 献]

- [1] 李景保. 澧水流域物质侵蚀强度及其迁移特征[J]. 水土保持学报,1990,4(2):62-69.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 王铁生. 洞庭湖水系河流泥沙量的初步研究[J]. 水土保持通报,1982,2(4):48-56.
- [5] 张祥志. 洞庭湖水沙特性和泥沙淤积分析[J]. 华东师范大学学报(自然科学版),1996,42(1):63-69.
- [6] 邹文发. 洞庭湖泥沙沉积与土壤侵蚀[J]. 中国水土保持,1992,13(6):18-21.
- [7] 黎昔春,张水云. 洞庭湖的泥沙输移特性[J]. 泥沙研究,2003,48(4):73-76.
- [8] 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.
- [9] 杨玮,韦宏鹤. 利用泰森多边形法分析汾河流域中段降水量[J]. 山西水利,2006,22(2):72-73.
- [10] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,1999:69-72.
- [11] 郑海金,方少文,杨洁,等. 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,2012,26(1):28-31.
- [12] 丁文峰,张平仓,任洪玉. 近 50 年来嘉陵江流域径流泥沙演变规律及驱动因素定量分析[J]. 长江科学院院报,2008,25(3):23-27.