赣江流域水土保持生态建设减水减沙效益评价

涂安国，杨 洁，李 英，莫明浩，廖轶群

（江西省水土保持科学研究所，江西 南昌 330029）

摘 要：利用赣江流域 1956—2008 年年降雨量和赣江控制站外洲水文站年径流量和年输沙量资料，采用水文分析法计算赣江流域近 30 a 水土保持生态建设的减水减沙效益。结果表明，赣江流域治理后期 1984—2008 年水土保持生态建设年均减沙量为 5.70×10^6 t，年均减沙效率为 48.57%。随着水土保持措施的生效，减沙率有逐年上升而后稳定的趋势，2008 年减沙率达 80.54%；赣江流域水土保持生态建设对流域年径流总量减少不明显，后期径流量反而会有所增加。水土保持生态建设能增加流域土壤入渗，减少地表径流，削减洪峰流量，延长汇流时间，起到防洪减灾效果。

关键词：水土保持；减水减沙效益；水文法；赣江流域

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2013)05-0148-04 **中图分类号**：P333.4，TV141.3

Effects of Runoff and Sediment Reductions by Soil and Water Conservation Measures in Ganjiang Watershed

TU An-guo, YANG Jie, LI Ying, MO Ming-hao, LIAO Yi-qun

(*Jiangxi Provincial Institute of Soil and Water Conservation, Nanchang, Jiangxi* 330029, *China*)

Abstract: By using hydrological method, the data of annual rainfall, runoff and sediment from 1956 to 2008 were used to calculate the effects of runoff and sediment reductions by soil and water conservation measures in Ganjiang watershed during the recent 30 years. Results show that the average annual sediment into the Poyang Lake was reduced by 5.7 million tons and sediment reduction was about 48.57% after taking soil and water conservation measures. With the role of the soil and water conservation measures played, sediment reduction rate had increased year by year and then held a stable trend; and sediment reduction rate was 80.54% in 2008. The decrease in annual total runoff was not obvious, while runoff at late stage was increasing. Ecological construction by soil and water conservation could increase the watershed rainfall infiltration, reduce surface runoff, reduce peak flows, extend the convergence time, and play an important role in flood control and disaster mitigation.

Keywords: soil and water conservation; effect of runoff and sediment reduction; hydrological method; Ganjiang watershed

赣江流域是我国南方水土流失严重地区之一，其中赣江上游尤为严重。赣江流域水土保持工作从 1980 年兴国县塘背河小流域列入全国首批水土保持综合治理试点小流域开始，至今已有 30 a 余的历史，先后实施了赣江上游国家水土保持重点建设工程，国家农业综合开发水土保持项目，鄱阳湖流域水土保持重点治理一期工程等一批水土保持重点防治工程。水土保持生态建设效益评价是水土保持措施方案及政策可行性评价的依据[1]，但目前对赣江流域水土保持生态建设工程实施的效益仍未进行系统的评价，并且以往的定性研究多于定量研究。本研究采用水文分析法，对赣江流域水土保持生态建设的减水减沙效益进行定量分析，以期为该流域水土保持生态工程建设提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 流域概况

赣江为鄱阳湖流域第一大河，发源于石城县，自南向北流经赣州、万安、吉安、樟树等 20 多个县市至南昌市分 4 支注入鄱阳湖，主河全长 823 km。流域范

收稿日期：2012-10-09 修回日期：2013-01-12

资助项目：水利部公益性行业专项经费项目“水土流失面源污染对鄱阳湖水质影响研究”(201001055)；江西省优势科技创新团队计划项目“基于水土保持的鄱阳湖流域水环境安全研究”(20115BCB29022)

作者简介：涂安国(1983—)，男(汉族)，江西省余干县人，硕士，助理工程师，主要从事水土保持与流域生态环境研究。E-mail：tag20@163.com。

围涉及赣州、吉安、萍乡、宜春、新余等市所辖的 44 个县,入湖控制站外洲水文站以上集水面积 80 948 km^2,约占江西全省面积的 50%。

赣江流域属亚热带季风湿润气候区,春夏之交多梅雨,秋冬季节降雨较少,春寒、夏热、秋旱、冬冷,四季变化分明,春秋季短,冬夏季长,结冰期短,无霜期长。流域多年平均降水量 1 626.8 mm,平均气温约 18 ℃,多年平均蒸发量约 1 550 mm。赣江水量丰沛,平均年径流量 6.87×10^{10} m^3(外洲站),流域多年平均径流深 849 mm。径流的年内、年际变化巨大,连续 4 个月最大径流量均发生在 4—7 月,其量约占年径流的 58%～61%,最小月值多出现在 1 月,比重小于年值的 3%。

据江西省第 3 次土壤侵蚀遥感调查,赣江流域现有水土流失面积 15 523.44 km^2,占流域总面积的 19.92%,占鄱阳湖流域水土流失面积的 48.72%。其中轻度流失面积 5 810.16 km^2,中度流失面积 4 824.2 km^2,强度及强度以上的流失面积 4 898.08 km^2。据赣江外洲站统计,赣江流域多年平均输沙量 9.21×10^6 t,平均含沙量 0.132 kg/m^3,输沙模数为 136 t/km^2[2]。截至 2007 年,赣江流域上游水土保持重点治理工程已完成综合治理面积 234 485.4 hm^2,其中修筑水平台地 1 519 hm^2;营造水保林 79 723.6 hm^2;开发经果林 19 658.5 hm^2;种草 9 671.3 hm^2;封禁治理 124 844.4 hm^2;修筑塘坝 388 座,谷坊 6 069 座,蓄水池 941 座;开挖水平竹节沟 10 341.5 km。

1.2　数据来源

选择 1956—2008 年赣江流域外洲水文站的径流泥沙和流域内主要气象站的降水资料作为研究的基础数据。其中赣江流域外洲水文站输沙量和径流资料来源于江西省水文局,流域内降水数据来源于江西省气象局提供的流域内 14 个气象站逐年数据。

1.3　研究方法

水土保持减水减沙效益计算方法可分为“水文法”和“水保法”[3]。由于赣江流域现仍缺少对各单项水土保持措施减洪减沙效益的有效监测和对水保治理措施质量的评价,应用“水保法”基础数据欠准确,难以进行精确定量分析,因此,这次研究采用“水文法”对赣江流域水土保持生态建设减水减沙效益进行计算。“水文法”是利用流域水文泥沙观测资料分析水土保持减水减沙作用的一种方法,其优点是建立的模型比较直观、简单,计算也较方便,在目前水文资料精度的情况下,对于大面积水沙变化计算不失为一种有效方法。“水文法”主要有经验公式法、双累积曲线法、不同系列对比法、单位毫米有效降雨产流产沙量对比分析法和径流系数还原法五种水文分析方法[4]。本次研究主要应用以下两种方法。

(1) 双累积曲线法。根据治理以前赣江外洲水文站 1956—1983 年的实测资料,经回归分析求得累积降水量与累积径流量和累积输沙量的线性相关方程,将治理后赣江外洲水文站 1984—2008 年的累积降水量值分别代入方程中,求得累积径流量和累积输沙量的模拟值,然后与同期实测值比较,即得减水减沙作用。

(2) 不同系列对比法。将 1984—2008 年赣江外洲治理后[5]水文站实测年均径流量和输沙量与 1956—1983 年治理前实测年均径流量和输沙量的直接对比。

2　流域水沙特性分析

2.1　流域水沙变化趋势分析

图 1 表示外洲站 1956—2008 年的年径流量和年输沙量随时间的变化。赣江流域入湖径流和泥沙年内分布极不均匀,尤其是输沙量,月入湖泥沙极值比值达 36 以上。赣江年径流量和输沙量一般从 1 月开始逐月增加,至 6 月最大,然后逐月减少,至 12 月达到最小输沙量。汛期 4—9 月输沙量占全年的 83.99%,其中 4—6 月输沙量占 65.82%;赣江入湖泥沙和降水量、径流量年内分配基本一致。

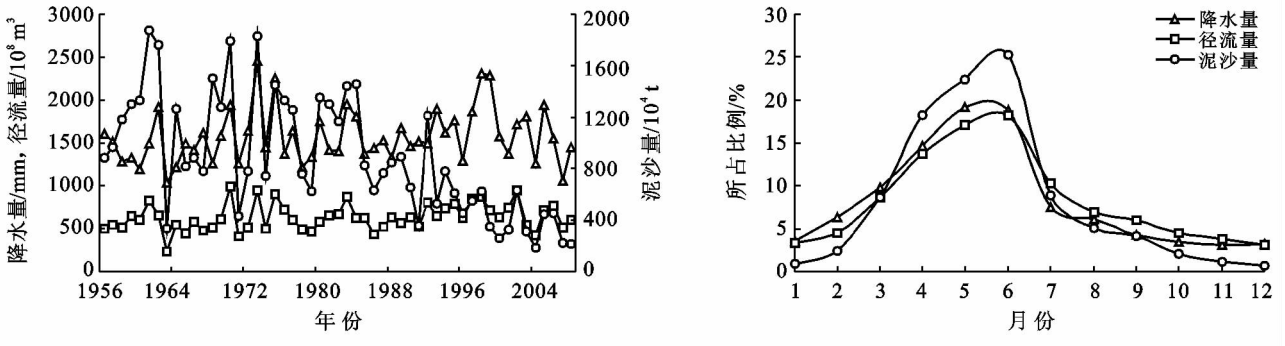


图 1　1956－2008 年赣江外洲站水沙演变过程

赣江流域多年平均入湖年径流量和泥沙量年际变化幅度较大。流域入湖年径流量 1963 年最小，1970 年最大，极值比为 4.2，变异系数为 0.25；入湖年输沙 2004 年最小，1961 年最大，两者极值比达 10.25，变异系数为 0.5。Mann—Kendall 统计检验显示，1955—1966 年赣江外洲站入湖输沙量处于增长的趋势（图 2），尤其是在 1956—1961 年呈逐年增加的趋势。1986—2008 年输沙量呈减少的趋势，并且在 1995 年通过了 95%的置信度检验，输沙量减少趋势显著。赣江外洲入湖径流总体呈增加趋势，尤其是 1997 年之后，其增加趋势达到 95%以上显著性水平，其中 1962，1981 和 1986 年径流增加量产生了突变。

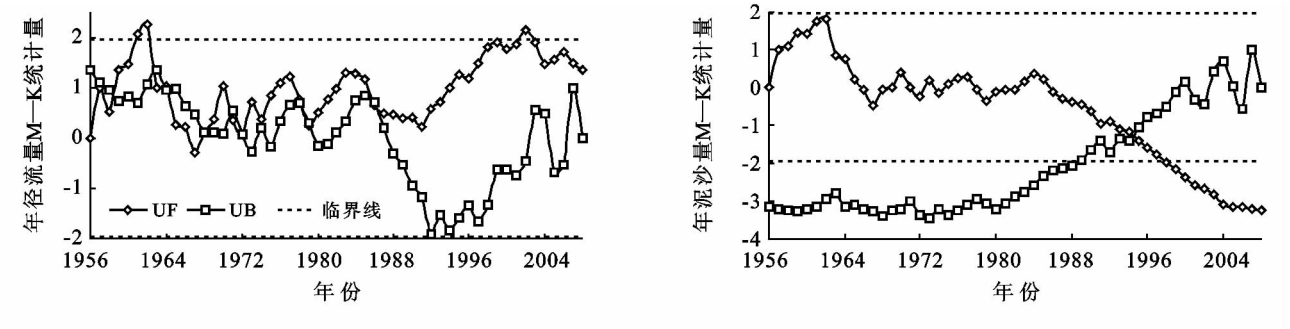


图 2 赣江外洲站 1956－2008 年径流量 M－K 统计(95%置信区间)

2.2 流域水沙关系及其影响因素分析

降水变化是引起径流量变化的直接原因，而径流量与输沙量有着较为密切的关系。对外洲站 1956—2008 年年径流量和年输沙量与降水量进行相关性分析的结果表明，赣江流域年径流量、输沙量与年降水量均呈良好的正相关，显著性水平达 99%以上，表明赣江流域来沙量主要取决于来水量的大小，即降水量大，径流量大，产沙量也大。

为进一步揭示赣江流域水土保持生态建设对流域水沙关系的影响，点绘累积年输沙量与累积年径流量关系图（图 3）。河流水沙的变化主要受气候变化所决定的自然因素和人类活动两方面的作用。在正常情况下，输沙累计值虽有波动，但不会有系统偏离，累计年径流与累计年输沙量的关系应为一直线；若该直线在某一时间发生偏转，则表明降水以外的人类活动对年输沙量产生了影响。

人类活动对水沙变化的影响主要体现在流域水土保持措施的实施、修建水利工程及工农业用水等水资源开发利用等方面。

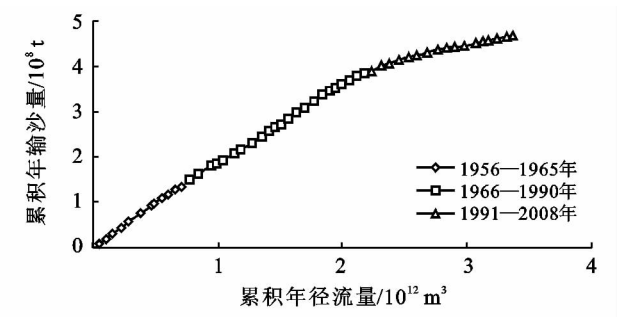


图 3 1956－2008 年外洲站年径流量－年输沙量双累计曲线

由图 3 可以看出，外洲站输沙量—径流量双累积曲线主要有 2 个转折点，第 1 个在 1965 年，第 2 个在 1990 年，由此将曲线分为 3 个阶段。流域覆被作为下垫面要素的重要组成部分对径流和泥沙的变化有着重要的影响，植被，特别是森林植被，可以起到蓄水、保水、保土作用，削减洪峰流量，增加枯水流量。从 1966 年开始的十年动乱期间，赣江上游水土保持和森林保护工作遭到破坏，森林砍伐殆尽。赣江自 1983 年以来加强水土保持和兴建水利工程，截止到 2007 年，赣江流域共修建 107 座中型以上水库，总库容 7.50×10^{9} m^3[6]，从而改变了赣江水文规律，尤其是赣江的泥沙变化规律。万安水库自 1989 年设立以来，每年平均淤积量达 2.34×10^{4} t，每年拦截赣江上游来沙量 40%，这些泥沙均淤积在水库库区[7]。

3 水土保持效益分析

3.1 流域降水产流产沙模型建立

近 30 a 来，赣江流域内开展了大规模的水土保持工作，使流域下垫面发生了巨大的变化，这种变化在水沙方面可以通过实测资料的变化来反映，可通过建立双曲线水文模型推算水土保持措施的减水减沙效益。此次研究资料分析系列为赣江外洲 1956—2008 年，依据人类活动对产沙影响的程度及水保措施实施的阶段，将分析时段划分为 1956—1983 年治理前期和 1984—2008 年治理后期。对赣江流域外洲站 1956—1983 年累积年降水量与径流量和输沙量的累积值分别进行拟合，得到拟合曲线方程：

$Q=0.393P-216.09$ （$R^2=0.999\,1$， sig. $F=0$）

$S=0.751P+228.37$　($R^2=0.999\ 1$,　sig. $F=0$)

式中:Q——累计年径流量(10^8 m^3);P——累计年降水量(mm);S——累计年输沙量(10^4 t)。

3.2　效益计算与分析

将赣江流域 1984—2008 年年降水量的累积值分别带入上述曲线方程,计算得到外洲站 1984—2008 年累积径流量和输沙量的模拟值,与同期实测累积值进行比较得到 1984—2008 年累积径流和输沙的减少量。计算结果(图 4)显示,赣江流域在水土保持生态建设的初期 1983,1984 年产沙量增加,而之后产生明显的减沙效益,2008 年减少入湖泥沙 9.08×10^6 t,减沙率达 80.54%。但流域水土保持生态建设对径流的减少却不明显,反而后期有所增加。

利用不同系列对比法研究结果显示,1956—1983 年赣江流域年均降水量为 1 556.1 mm,外洲站年平均径流量为 6.09×10^{10} m^3,输沙量为 1.17×10^7 t。而治理后期 1984—2008 年赣江流域年均降水量为 1 569.67 mm,外洲站年平均径流量为 6.61×10^{10} m^3,输沙量为 6.03×10^6 t,减沙效率为 48.57%,但径流量却有所增加,这一结果和双累积曲线法计算结果相似。

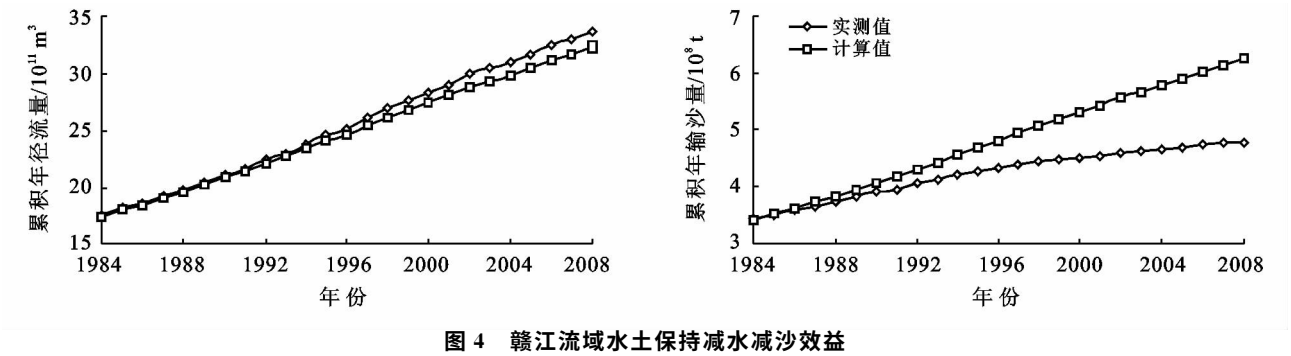


图 4　赣江流域水土保持减水减沙效益

赣江流域水土保持建设对入湖径流不但没减少,反而在后期有所增加,这是因为赣江流域为我国南方红壤地区,该地区的水土保持会明显增大壤中流和地下径流在径流中的比例[8]。水土保持生态建设能改变流域产、汇流的下垫面,通过森林植被的林冠截留,枯枝落叶层和水土保持工程措施的拦蓄,增加土壤入渗,减少地表径流,削减洪峰流量,延长汇流时间,起到防洪减灾效果,但对总的入湖径流量却没有减少。程冬兵等[9]对江西红壤坡地研究结果显示,年均地表径流与地下径流调配比值百喜草覆盖、百喜草敷盖和裸露对照处理分别为 1/51.7,1/35.5 和 1/1.4。植被的作用减少了地表蒸散使得流域出口径流量增大,这与鄱阳湖流域在气温上升背景下蒸散量呈现显著下降趋势相吻合[10]。

4　结 论

(1) 近 50 a 来,赣江入湖径流呈增加趋势,而泥沙呈减少趋势,水沙的变化主要受气候变化和人类活动两方面的作用。人为活动,尤其是水利水保工程措施对流域入湖泥沙有极为重要的影响。

(2) 赣江流域水土保持生态建设前期泥沙的产生会有所增加,但在措施生效期后能够有效减少流域输沙量,治理后期 1984—2008 年平均减沙 5.70×10^6 t 左右,减沙效率为 48.57%。随着水土保持措施的生效,减沙率有逐年上升而后稳定的趋势,2008 年减沙率达 80.54%。

(3) 赣江流域水土保持生态建设对流域年径流量的影响不大,后期径流量会有所增加。但水土保持生态建设能增加土壤入渗,减少地表径流,削减洪峰流量,延长汇流时间,起到防洪减灾效果。

[参 考 文 献]

[1] 陈万铃. 水土保持综合效益及治理措施的探讨[J]. 中国水土保持,1992(8):46-48.

[2] 龚向明,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.

[3] 王存荣,冉大川. 三川河流域水沙变化水文分析[J]. 水土保持通报,2002,22(6):16-19.

[4] 王冉冉. 水土保持措施对水资源与水环境的影响研究[D]. 大连:大连理工大学,2009.

[5] 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):28-32.

[6] 熊小群,杨荣清. 江西水系[M]. 武汉:长江出版社,2007:1-94.

[7] 欧阳球林,程洪,龚向民. 赣江河流悬移质泥沙与水土流失的耦合关系动态分析[J]. 水土保持通报,2007,27(6):134-137.

[8] 尹忠东,左长清,高国雄,等. 江西红壤缓坡地壤中流特征研究[J]. 西北林学院学报,2006,21(4):47-49.

[9] 程冬兵,张平仓,杨洁. 红壤坡地覆盖与敷盖径流调控特征研究[J]. 长江科学院院报,2012,29(1):30-34.

[10] 郭华,姜丹,王国杰,等. 1961—2003 年间鄱阳湖流域气候变化趋势及突变分析[J]. 湖泊科学,2006,18(5):443-45.