

皖西南大沙河流域水沙变化及其与人类活动的影响

张建春¹, 史志刚², 蒲慎远²

(1. 杭州师范学院人文学院, 浙江 杭州 310036; 2. 安徽省水利厅, 安徽 合肥 230022)

摘要: 安徽省大别山区是我国水土流失较为严重的地区之一, 水土流失使山丘区的生态环境日趋恶化, 给人民生活带来了严重的危害。以大沙河 1970—2000 年不同洪枯水期水沙变化特征及其与人类治理前后变化的关系研究说明, 大沙河流域从 20 世纪 80 年代以来由于人类活动的影响, 河流输沙量和产沙模数均大大降低, 枯水期水量上升, 说明, 水土流失发生了明显的变化。通过数学模型定量的计算了大沙河流域人类活动对泥沙输移减少的贡献率平均为 65.6%, 而同期径流和降雨对泥沙减少的贡献率平均则为 34.4%。因此, 在大沙河流域采用生物和工程措施治理水土流失是非常重要的。

关键词: 水沙变化; 大沙河; 人类活动影响

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)01-0006-04

中图分类号: TV142, P333

Runoff and Sediment Variations Due to Human Activities in Dashahe Watershed of Southwest Region of Anhui Province

ZHANG Jian-chun¹, SHI Zhi-gang², PU Shen-yuan²

(1. School of Humanities, Hangzhou Teacher's College, Hangzhou 310036, Zhejiang Province, China;

2. Water Conservancy Department of Anhui Province, Hefei 230022, Anhui Province, China)

Abstract: Soil and water loss is now a major environmental problem in the Dabie mountain area of Anhui Province, which results in ecological and environmental degradation, and is harmful to local people's life and production. Based on the long-term hydrologic records of the Dasha River, authors analysed the human effects on the hydrological regimes in different times since 1970. Results show that human activities significantly reduce flood and sediment discharge and increase runoff in a dry season. The average contributive ratio affecting soil erosion by human activities is 65.6%, and at the same period the contributive ratio by runoff and rainfall is 34.4%. So, it is necessary to adopt the biological and engineering measures to solve soil and water loss problems in the Dasha River.

Keywords: runoff sediment variation; Dasha River; human activities effect

安徽大别山区不仅是全省也是长江流域水土流失严重的地区之一。水土流失不仅使山丘区的生态环境日趋恶化, 且还极大地制约着工农业生产和山丘区经济和社会的可持续发展, 给人民生活带来严重的危害。从 80 年代开始, 特别是进入 90 年代, 安徽省在大别山地区积极开展水土流失综合防治工作, 治山治水, 治穷治愚, 加快了山丘区人民脱贫致富的步伐。经过 20 a 的小流域治理, 大别山区的水土流失在一定程度上得到控制, 植被覆盖率提高, 河流泥沙减少, 自然灾害发生的范围和程度降低, 水保工作取得了显著的成效。因此, 在宏观尺度上探讨流域治理前后不同时期人类活动所引起的植被变化对洪水和枯水径流以及河流泥沙特征的影响, 对科学的分析流域水保的成效及流域防洪减灾具有重要意义。

1 大沙河上游人类活动影响的历史过程

大沙河系长江下游菜子湖水系的一级支流, 发源于大别山南坡安庆市岳西县魏岭乡丛毛尖, 海拔 1 465 m, 在潜山县沙河埠出口; 沙河埠以上山溪型河流为其上游, 源短流急, 长约 59.2 km, 流域面积为 460 km²。20 世纪 50 年代初期, 大沙河流域森林覆盖率为 60%, 由于人为因素的影响, 到 20 世纪 60—70 年代森林覆盖率最低下降到 20%。据 1982 年调查, 大沙河上游全区水土流失面积达到 396 km², 占上游总土地面积的 86%, 大沙河多年平均输沙模数为 453 t/km², 森林覆盖率只有 30%, 是安徽省也是长江流域高输沙河流, 年平均泥沙流失量达 1.80 × 10⁶ t。1983 年大沙河流域上游被列为安徽省水土保

收稿日期: 2004-10-27

资助项目: 安徽省水利厅课题资助(2001-11); 杭州师范学院引进人才基金(010301)

作者简介: 张建春(1964-), 男(汉族), 南京市人, 博士, 教授。主要从事生态学及旅游与水土资源应用、管理与开发研究。电话(0571) 88823879, E-mail: zhangjianchun@263.net。

持三大重点治理片之一。自 1984 年开始治理, 至 90 年代中期已完成 9 条小流域共 180.74 km² 的治理任务。通过十几年的治理, 大沙河流域生态环境以及河流洪枯水量、输沙量均发生了较大的变化, 不同治理期人类活动的影响深刻。

2 洪水特征的变化

砍伐森林将增大洪水流量, 减少枯水流量, 增加河流输沙量^[1]。反之, 植树造林, 增加地表覆盖, 则会减少洪水流量和河流泥沙, 相应的增加枯水流量。根据大沙河水文站历年洪峰与汛期降雨随时间的变化关系(图 1), 可以看到, 洪峰流量的点据有一定的变化趋势, 由图 1 中 A, B, C 所示。20 世纪 70 年代洪峰流量趋势性变化不大(直线 A), 这可能与同期上游水库的建设, 对洪峰流量的调节作用有关。进入 80 年代洪峰流量有所增加并保持到 80 年代末(直线 B)。到 90 年代, 从整体上, 洪峰流量是下降的(直线 C), 并低于 70 年代的水平。但有趋势表明, 进入 90 年代末, 洪峰流量有上升的趋势。洪峰流量的这一变化与同期降雨因子的影响并非直接相关, 因为, 从图 1 汛期降雨量与同期 A, B, C 三个阶段相比并没有发生太大的变化。特别是 20 世纪 80 年代, 汛期降雨量没有明显增大, 而是由于人为因素的影响, 前期砍伐森林对洪峰流量的增加起了较大的作用。

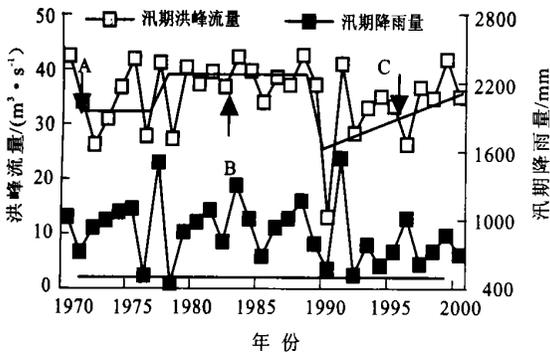


图 1 沙河埠站历年洪峰与汛期降雨变化

1983 年以前即治理前与治理后相比, 洪峰流量呈现下降的趋势, 而 70 年代波动变化较大。说明, 80 年代以后, 水土保持的治理措施取得了较大的成效。

3 枯水径流的变化

为了进一步说明人类活动所引起的森林覆盖的变化对河水流量乃至输沙量的影响, 我们点绘了年最小流量以及 1—3 月平均流量与当年月均流量比值的年际变化(见图 2)。由图 2 可见, 年最小流量 20 世纪 70 年代呈明显的下降趋势, 进入 80 年代趋于稳

定, 到 80 年代后期有较大幅度的提高, 到 90 年代中期和末期枯水期径流量又开始回升, 而同期非汛期的降雨量在下降。这说明 90 年代中后期以后, 大沙河流域的水土保持以及植被和生态环境的恢复有了较大的改善。图 2 表明, 70 年代比值呈下降趋势, 80 年代开始上升, 90 年代初由于 1991 年的特大洪水因素, 使枯水期流量上升, 但从 1995 年开始, 1—3 月平均流量与年平均径流量的比值还是以上升为主。

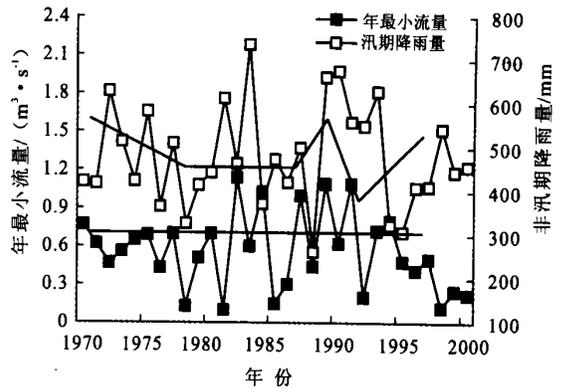


图 2 大沙河年最小流量与非汛期降雨量变化

4 大沙河河流泥沙与流域侵蚀产沙的变化

据点绘的大沙河沙河埠站历年最大 30 d 洪量与年输沙量的关系、最大 30 d 洪量与产沙模数的关系及年径流深与产沙模数的关系(图 3—4)可知, 年输沙量和产沙模数均为 70 年代位置高于 80 年代, 80 年代位置高于 90 年代, 说明 50 年代末和 70 年代的森林破坏明显增大了相同洪量和径流条件下的输沙量和产沙模数; 特别是 90 年代, 在相同洪峰流量和径流深下, 大沙河流域输沙量和产沙模数均大大低于 70 年代和 80 年代, 说明大沙河流域地区 90 年代以来生态环境质量在改善, 水土流失状况明显变化。

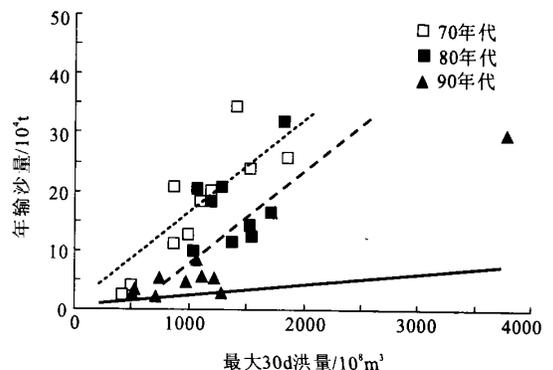


图 3 大沙河最大 30 d 洪量与年输沙量的变化

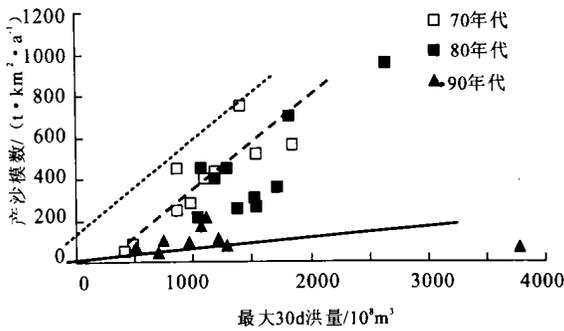


图 4 大沙河最大 30 d 洪量与产沙模数的变化

此外,根据输沙量与流量的双累积曲线和输沙量与含沙量的年际变化(图 5)可以看出:输沙量和流量在 70 年代、80 年代和 90 年代均呈现出不同的趋势。图 5 表明,随着径流量的增加,输沙量也保持增加,但还是阶段性的变化,特别是进入 90 年代以后,输沙量随径流量的增幅比 70 年代和 80 年代减小,这说明,人为水保措施及生态环境的改善对河流泥沙的影响增大,流域水土流失减小。

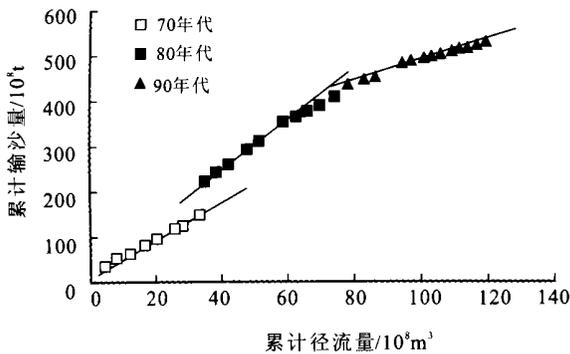


图 5 沙河埠站径流—泥沙双累积曲线

5 大沙河不同降雨雨型和人类活动对泥沙输移的影响

如果从不同雨型的角度分析泥沙的输移(表 1),由表 1 可知,在少水年份,治理前每年输沙量均在 1.8×10^5 t 以上,输沙模数也在 $400 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 以上,治理中与治理后每年输沙量降为 1.0×10^5 t 以下,输沙模数也在 $217 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 以下;在中型雨年与偏大型雨年输沙量和输沙模数治理前与治理后均发生较大变化。通过治理,输沙量与输沙模数普遍降低,说明水土保持的效果是非常明显的。

6 大沙河流域水土流失人为因素影响的定量分析

由于流域水土流失的强度在很大程度上取决于人类活动的程度及降水与径流的大小。徐建华、艾南

山认为流域侵蚀和产沙量可以用产沙函数来表示^[2],即:

$$Y = Mf(G, H) \quad (1)$$

式中: Y ——输沙量; M ——人类活动的程度; G ——径流量; H ——降水量; M, G, H ——时间 t 的函数。如果要定量的分析人类活动和降雨、径流等因素对水土流失的作用,可对式(1)进行全微分处理,并用差分方程代替微分方程,则人类活动在水土流失中的作用与贡献率可表示为:

$$M = (\Delta G/G)/(\Delta Y/Y)$$

而径流与降水对泥沙变化的贡献率则为:

$$W = (\alpha \times \Delta G/G + \beta \times \Delta H/H)/(\Delta Y/Y)$$

式中: α, β ——径流产沙弹性系数和降水产沙弹性系数。

表 1 1970—2000 大沙河不同雨型情况下的输沙量

雨型	年份	雨量/mm	治理情况	输沙量/ 10^4 t	输沙模数
偏小型 (1 000~ 1 400 mm)	1971	1 138	未治理	20.0	435.0
	1982	1 275	未治理	18.4	400.0
	1985	1 156	治理中	10.0	217.0
	1990	1 247	治理中	6.4	139.0
	1992	1 069	治理中	4.5	98.7
	1995	1 029	治理后	5.2	113.0
	2000	1 156	治理后	5.6	121.7
中型 (1 400~ 1 800 mm)	1970	1 440	未治理	34.6	752.0
	1973	1 500	未治理	18.5	402.0
	1980	1 425	未治理	16.3	354.0
	1989	1 456	治理中	14.2	309.0
	1993	1 410	治理后	8.3	179.0
偏大型 (> 1 800 mm)	1969	1 817	未治理	32.2	7000.0
	1983	2 040	未治理	44.1	958.0
	1991	2 064	治理后	29.8	648.0

注:表中输沙模数单位为 $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。

由于径流与降水的产沙弹性系数与所研究流域的地貌形态、植被覆盖度和土壤类型等有关,通过直接的方法获取比较困难,因此,徐建华、艾南山^[2](1988)采用了输沙量、径流量与降水量的灰色关联分析的方法,较好地解决了径流与降水的产沙弹性系数 α 与 β 的问题。设 r_{01} 和 r_{02} 为输沙量对降水量和径流量的灰色关联度,则通过推导可得:

$$\alpha = r_{01}/(r_{01} + r_{02}); \beta = r_{02}/(r_{01} + r_{02})$$

现以大沙河流域 1975—2000 年降水量、径流量及输沙量的变化为例,探讨大沙河流域人类活动对水土流失的影响。由于历史的原因,从 20 世纪 60 年代中期至 80 年代初期,大沙河流域山林遭到了多次破

坏, 水土流失不断加剧, 直至 1982 年, 才开始开展小流域治理^[3]。

因此, 大沙河流域人类活动的影响可分为 3 个相近的时间段, 即 1975—1983 年为治理前阶段; 1984—1992 为治理中阶段; 1993—2000 为治理后阶段。治理中和治理后阶段是大沙河流域经过治理生态环境

发生变化的时期, 在这一时期大沙河流域共治理了 9 条小流域 180.74 km², 占应治理面积的 82.93%, 全区平均输沙模数由 400 t/(km²·a) 下降到 245 t/km², 同期向下游输沙年平均减少 6.30 × 10⁴ t, 减轻了 33%, 减沙成效十分显著。各时期降水量、径流量和输沙量变化情况见表 2。

表 2 大沙河流域(1970—2000 年)各时段输沙量、径流量及降水量

时 段	平均降雨量/mm	平均径流量/10 ⁸ m ³	平均输沙量/10 ⁴ t	平均输沙模数/(t·km ⁻²)
治理前(1975—1983)	1454.9	4.28	20.84	453.0
治理中(1984—1992)	1412.2	4.25	14.19	308.5
治理后(1993—2000)	1193.9	2.78	4.58	99.6

由表 2 可得

$$\Delta Y/Y = (4.58 - 20.84)/20.84 = -78.02\%;$$

$$\Delta G/G = (2.78 - 4.28)/4.28 = -35.05\%;$$

$$\Delta H/H = (1193.9 - 1454.9)/1454.9 = -17.94\%$$

而径流量与降水量的产沙弹性系数 α 与 β 可通过 1975—2000 年降水量与径流量的变化对输沙量变化的灰色关联度(r_{01} , r_{02}) 求得:

$$r_{01} = 0.32804, r_{02} = 0.39282$$

$$\text{故: } \alpha = r_{01}/(r_{01} + r_{02}) = 0.4551;$$

$$\beta = r_{02}/(r_{01} + r_{02}) = 0.5449$$

因此, 大沙河流域人类活动影响程度增长率为:

$$\begin{aligned} \Delta M/M &= (\Delta Y/Y - \alpha \times \Delta G/G - \beta \times \Delta H/H) \\ &= -52.29\% \end{aligned}$$

而大沙河流域人类活动对流域减沙效益的贡献率为:

$$M = (\Delta M/M)/(\Delta Y/Y) = 67.02\%$$

径流和降雨对大沙河流域减沙效益的贡献率为:

$$\begin{aligned} W &= (\alpha \times \Delta G/G + \beta \times \Delta H/H)/(\Delta Y/Y) \\ &= 32.98\% \end{aligned}$$

上述分析可见, 大沙河流域水土流失和生态环境从治理前(1975—1983 年)到治理后(1993—2000 年)人类活动对流域减沙效益的贡献率为 67.02%, 降雨和径流对流域减少泥沙的贡献率为 32.98%。

同理, 如果估算治理后(1993—2000 年)与治理中(1984—1992) 人类活动的影响, 则有:

$$M = (\Delta M/M)/(\Delta Y/Y) = 64.25\%;$$

$$\begin{aligned} W &= (\alpha \times \Delta G/G + \beta \times \Delta H/H)/(\Delta Y/Y) \\ &= 35.75\% \end{aligned}$$

通过上述二期大沙河流域水土保持和生态环境治理可估算出, 人类活动对大沙河流域泥沙输移减少

的贡献率平均为 65.6%, 而同期降雨和径流对流域泥沙减少的贡献率为 34.4%。

上述说明, 经过 20 世纪 80 年代的治理, 大沙河流域水土流失的减轻 34.4% 归因于降雨和径流等自然因素的影响, 而人类的各种水土保持措施和生态恢复工作对泥沙减少的贡献率是 65.6%。这一结论应该还是比较符合实际的, 也符合从事水土保持工作的专业人员的估计。

由上述分析可知: 大沙河地区 20 世纪 80 年代初及其以前严重的水土流失产生的原因, 不仅包括地形、降雨、地质构造和地表组成物质、森林植被等自然因素的影响, 同时, 还包括人为因素的影响, 特别是政策失调与生产建设不当产生的新的水土流失^[4]; 而在改变大沙河流域水土流失的过程中, 人类活动的影响是至关重要的。

通过十几年的治理, 当地群众认识到大沙河流域水土流失的综合治理要以“生物措施为主, 工程措施为辅, 能源措施跟上, 农业措施要考虑”为防治指导思想, 以小流域为单位, 注重经济、生态和社会效益的综合发挥, 力争彻底改变山区贫穷落后的面貌。

[参 考 文 献]

- [1] 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.
- [2] 徐建华, 艾南山. 水土流失因素定量分析的数学模型[J]. 水土保持学报, 1988, 2(2): 1—7.
- [3] 张建春, 史志刚. 安徽潜山沙堤防护生物措施优化配置试验研究[J]. 水土保持学报, 2001, 15(2): 30—32.
- [4] 张建春, 魏翔, 史志刚, 等. 皖江淮分水岭东部降水变化与池河流域输沙关系研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(1): 116—119.