

人类活动对黄土沟壑区小流域水沙影响的研究

李淼¹, 宋孝玉¹, 沈冰¹, 李怀有², 李超³

(1. 西安理工大学 水资源研究所, 陕西 西安 710048; 2. 黄河水利委员会 西峰水土保持科学试验站, 甘肃 西峰 745000; 3. 上海工程勘察设计有限公司, 中国 上海 201600)

摘要: 以西峰杨家沟小流域为研究对象, 研究了在降雨和人类活动的影响下, 黄土高原沟壑区小流域治理前后水沙变化。通过分析发现, 治理后流域内的人类活动使年均径流量比治理以前略有增加, 而年均输沙量却比治理以前大幅度减少。

关键词: 黄土高原沟壑区; 小流域; 水沙变化

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)05-0020-04

中图分类号: S157, X45

Influence of Human Activity on Water and Sand in Gully Region of Loess Plateau

LI Miao¹, SONG Xiaoyu¹, SHEN Bing¹, LI Huaiyou², LI Chao³

(1. Institute of Water Resources, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, Shaanxi Province, China;

2. Xifeng Experimental Station of Soil and Water Conservation, Yellow River Water Conservancy Committee, Xifeng 745000, Gansu Province, China; 3. Shanghai Construction, Survey and Architectural Design Ltd, Shanghai 201600, China)

Abstract: The variation of water and sand is studied under the influence of the rainfall and human activity, in the fore and after management of small watershed in gully region of the loess plateau. The analysis shows that the average annual runoff volume has a little increase due to human activities after management, but the average annual sediment production has greatly decreased.

Keywords: gully region of loess plateau; small watershed; variation of water and sand

控制水土流失, 积极开展水土保持, 已成为全世界普遍关注的重大环境问题和人类生存发展的问题^[1]。黄土高原水土流失不仅使区域土地生产力下降, 加剧干旱与风沙的发展, 造成农、林、牧业生产的全面衰退, 并使生态环境的总体遭严重破坏^[2]。陕北黄土高原的水土流失问题严重地制约着当地经济和社会的发展。

渭河流域开展了一系列水土保持工作, 近几年, 又进行了大规模的退耕还林还草建设, 取得了明显的效果, 然而, 对治理效果的定量评价, 仍然存在着复杂的问题。研究降雨条件下小流域的产沙产流的效益, 对于黄土丘陵沟壑区生态环境建设、农业可持续发展具有重要的理论和现实意义^[3]。目前, 国内外学者采用对比分析或水文模拟途径就森林植被、水土保持对径流的影响做了大量的探讨, 并取得了许多有益于森林植被保护和水资源合理利用的成果, 但对相关泥沙问题涉及较少^[4]。

限于黄土高原水土流失的严重性及其地理位置的特殊性, 以黄土丘陵沟壑区一条支沟(杨家沟)作为研究对象, 采用平行横向对比分析方法, 初步分析了

小流域水土保持的流域水文综合效应, 以期为黄土高原区域水土流失综合治理提供科学技术支撑^[5]。

1 研究区概况

南小河流域是泾河支流蒲河左岸的一条支沟, 属于典型的黄土高原沟壑区。流域面积 39.6 km², 在甘肃省庆阳市西峰区及后官寨境内, 海拔高度为 1 050 m~1 423 m。流域长 13.6 km, 平均宽 2.7 km, 流域面积 39.6 km², 干沟长 11.8 km, 比降 2.8%, 沟道密度 1.69 km/km²。年均降水 556.5 mm, 年均气温 9.3℃, 侵蚀模数 4 350 t/(km²·a)。

全流域由塬面、山坡、沟谷 3 部分组成。塬面集流线长, 汇水面积大, 主要为水力侵蚀; 山坡地形破碎, 坡度一般在 10°~20°, 主要为细沟侵蚀; 沟谷包括现代沟谷的谷坡和残存的缓坡地以及沟床, 谷坡的上、下部, 一般是 40°~60°的陡坡和大于 60°的悬崖、立壁, 谷坡中部多为 20°~30°的坡耕地, 沟谷侵蚀较为复杂, 水力侵蚀和重力侵蚀很剧烈。流域地质构造较为单一, 全部为黄土覆盖, 主要包括黄土状重亚黏土、红色黄土、黄土。

南小河沟流域于 1954 年开始设站观测, 主要研究流域所代表地区的水土流失规律以及各项水土保持措施的蓄水保土作用。该流域主要是以杨家沟作为监测点。

2 流域水沙变化

该流域杨家沟监测点为南小河沟中游左岸的一条支沟, 董庄沟是和杨家沟相邻的一条支沟, 流域面积和其它自然条件与杨家沟相似, 两支沟的径流、泥沙变化更能较好地反映流域的水沙变化。

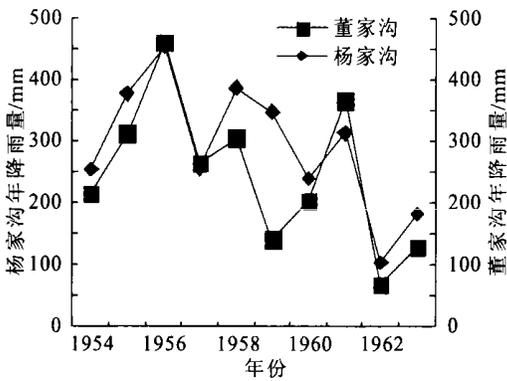


图 1 杨家沟、董庄沟不同年份降雨量变化

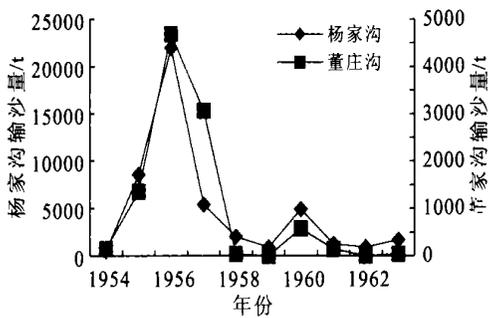


图 2 杨家沟、董庄沟不同年份输沙量变化

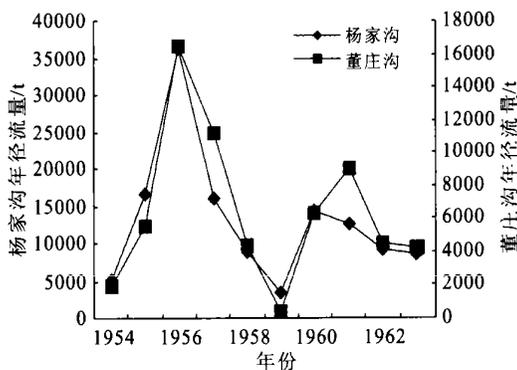


图 3 杨家沟、董庄沟不同年份径流量变化

图 1—3 为杨家沟、董庄沟不同年份降雨量、输沙量和径流量对照图。从图中可以看出, 杨家沟和董庄沟年降雨量、年输沙量和年径流量对应关系较好。降雨量的趋势基本平稳, 输沙量和径流量随着年份的递增逐渐减少, 只有在 1954 年发生大洪水时, 出现最高峰。充分说明越来越多的人类活动对径流量和泥沙量的影响越大。因此, 利用杨家沟 1954—1999 年径流、泥沙实测资料分析年径流量、年输沙量随时段变化, 可以近似反映杨家沟小流域水沙变化。

3 年输沙量与年径流量关系分析

杨家沟是南小河沟的一条支沟, 集水面积 0.87 km², 具有 56 a (1954—1999) 的实测径流泥沙资料, (资料欠缺 1964—1980)。年最大径流量 47420 m³, 出现在 1988 年, 年最小径流量 200 m³, 发生在 1985 年, 年最大输沙量 9816 t, 发生在 1988 年, 年最小输沙量 5 t, 发生在 1986 年, 多年平均径流量为 6353 m³, 多年平均输沙量 1309 t。图 4 为杨家沟年输沙量、年径流量对比变化。

由图 4 可见, 除 1956, 1988 年普降暴雨出现峰值外, 1954—1963 年杨家沟流域年径流量比较平稳。1981 年以后年径流量呈上升趋势, 年输沙量与年径流量对应关系较好。

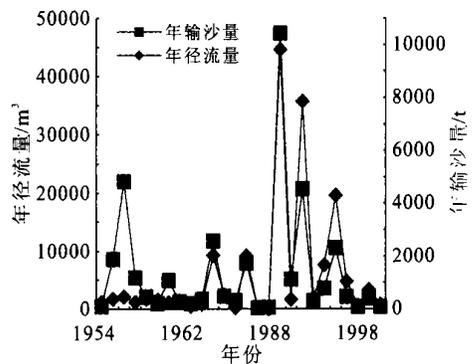


图 4 杨家沟年输沙量、年径流量对比

经拟合, 年输沙量与年径流量的相关方程为:

$$W_s = 0.2017 Q_{\text{年}} + 27.82 \quad (1)$$

(n = 26, r = 0.85)

式中: W_s ——年输沙量 (t); $Q_{\text{年}}$ ——年径流量 (m³)。

由图 5—6 可以看出, 杨家沟小流域 1981 年后, 年径流量、年输沙量与年降雨量的对应关系较差, 说明流域产沙产流除受降雨因素的影响外, 还受水土保持等人类活动的影响。

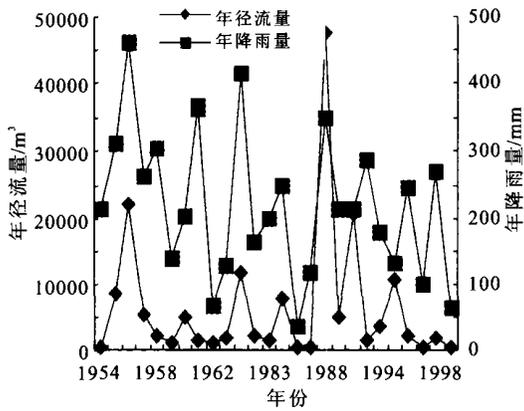


图 5 杨家沟年径流量、年降雨量对比

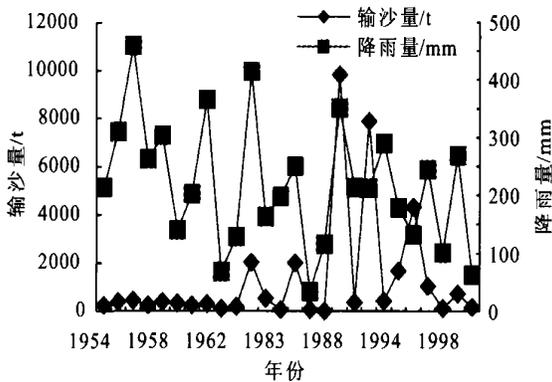


图 6 杨家沟年输沙量、年降雨量对比

4 降雨产流产沙模型

4.1 降雨产流模型

一般来说,降雨与径流的关系比较密切,本文选用年降雨量与年径流量建立如下回归模型:

$$Q_{\text{年}} = aP_{\text{年}} + b \quad (2)$$

式中: $Q_{\text{年}}$ —— 计算年径流量(m^3); $P_{\text{年}}$ —— 年降雨量(mm); a, b —— 常数。

由前文分析知,1963年以前人类活动的影响较小,用1954—1963年观测的资料进行相关分析,得到流域在非治理状态下的降雨径流回归模型:

$$Q_{\text{年}} = 42.368P_{\text{年}} - 50 \quad (r = 0.82) \quad (3)$$

由模型方程知,年径流量与年降雨量相关关系较好($r = 0.82$),该方能较好地反映流域非治理状态下的降雨产流规律。将1981—1986年、1992—1999年的降雨资料分别代入(3)式,即可得到流域在不同治理度下的减水量。

4.2 降雨产沙模型

降雨对产输沙的影响关系复杂,不同时段降雨量、暴雨强度、降雨历时等对流域产沙有着不同程度的影响。本文由于资料条件所限,选用年输沙量与年降雨量进行相关分析,建立如下相关方程:

$$W_s = a_4P_{\text{年}}^4 + 3P_{\text{年}}^3 + a_2P_{\text{年}}^2 + a_1P_{\text{年}} + a_0 \quad (4)$$

式中: W_s —— 计算年输沙量(t); $P_{\text{年}}$ —— 年降雨量(mm); a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 —— 常数。

经用1954—1963年的降水、泥沙实测资料进行拟合非治理状态下杨家沟小流域年输沙量与年降水量的关系曲线,可求得杨家沟小流域在非治理状态下降水与输沙回归关系式

$$W_s = 5E - 06P_{\text{年}}^4 - 0.0047P_{\text{年}}^3 + 1.526P_{\text{年}}^2 - 188.95P_{\text{年}} + 7295.6 \quad (r = 0.88) \quad (5)$$

式(5)相关系数 $r = 0.88$,说明年输沙量与年降雨量相关关系较好,将1981—1986年、1992—1999年的降雨资料代入(5)式,可求得流域在非治理状态下的年输沙量,然后与实测年输沙量对比,即可求得流域在不同治理度下的减沙量。

4.3 模型检验

为了进一步的探讨降雨和人类活动两个因素对水沙变化的影响,在回归分析的基础上进行了定量分析。

(1) 分析计算出实测系列各时段的平均值,将①(1981—1986)、②(1992—1999)时段和治理总时段的均值与时段iv(1954—1963)相比,求得各时段的综合水沙变化量。

(2) 计算理论系列的时段均值,并将其与第iv时段实测均值相比较,即可求得各时段因降雨因素变化而变化的水沙量。

(3) 从各时段综合水沙变化量中扣除因降雨变化的影响部分,即可求出人类活动影响的水沙变化量。计算结果见表1—2。

从表1—2的计算结果可看出,与非治理时段iv相比,流域在治理的①、②和治理总时段,年均径流量有所增加,而年均输沙量总的趋势在减少。表1表明,治理期内年均增加径流量 57.79 m^3 ,增加了1.01%,其中因降雨因素影响而减少的水量为 2635.16 m^3 ,减少46.13%,人类活动因素影响而增加的水量为 2692.95 m^3 ,增加了47.15%;表2数据表明,治理期内年均减少沙量 190.84 t ,减少了18.99%,其中因降雨因素影响而减少的沙量为 81.30 t ,减少了8.09%,而受人类活动因素影响减少的沙量为 109.54 t ,减少了10.90%。以上分析表明,1981以来流域内的人类活动使年均径流量比治理以前有所增加,而年均输沙量却比治理以前大幅度减少。

表 1 杨家沟年均水量变化定量分析

时段	实测均值	理论均值	综合减沙		降雨影响		人类活动影响	
			增加量/m ³	比例/%	增加量/m ³	比例/%	增加量/m ³	比例/%
iv	5711.88	5711.88	—	—	—	—	—	—
㉓	5946.33	3225.36	234.46	4.10	-2486.51	-43.53	2720.97	47.64
㉔	5593.00	2928.08	-118.88	-2.08	-2783.80	-48.74	2664.92	46.66
㉓+㉔	5769.67	3076.72	57.79	1.01	-2635.16	-46.13	2692.95	47.15

表 2 杨家沟年均沙量变化定量分析

时段	实测均值	理论均值	综合减沙		降雨影响		人类活动影响	
			减少量/t	比例/%	减少量/t	比例/%	减少量/t	比例/%
iv	1004.95	1004.95	—	—	—	—	—	—
㉓	776.33	933.99	228.61	22.75	70.96	7.06	157.65	15.69
㉔	851.89	906.53	153.06	15.23	98.42	9.79	54.64	5.44
㉓+㉔	814.11	923.65	190.84	18.99	81.30	8.09	109.54	10.90

5 结 论

通过分析, 人类活动因素对杨家沟小流域径流量和输沙量的影响较大, 在治理期间, 受人类活动因素影响而增加的水量占未治理前的 46.13%; 减少的年均输沙量占未治理前的 10.9%。1981 年以来, 流域内的人类活动使年均径流量比治理前有所增加, 年均输沙量比治理前大幅度减少。因此, 加快黄土高原沟壑区水土保持措施对于保水减沙具有明显的效益, 有利于黄土高原生态环境建设和农业可持续发展。

[参 考 文 献]

[1] 卢宗凡. 水土保持科学研究的基本思路[J]. 水土保持通报, 1994, 1(1): 7—11.

[2] 高荣乐. 黄土高原地区的水土保持与区域经济发展[J]. 水土保持通报, 1995, 15(5): 1—5.

[3] 高军侠. 黄土高原南部裸露坡耕地产流产沙试验研究[J]. 生态学杂志, 2004, 23(3): 138—140.

[4] 朱显谟. 黄土高原水蚀的主要类型及其有关因素(三)[J]. 水土保持通报, 1982, 1(4): 25—30.

[5] 王国庆. 黄土丘陵沟壑区小流域水土保持措施的水文效应[J]. 水土保持学报, 2002, 16(5): 87—89.

(上接第 19 页)

可见, 国际上惯用的以 0—100 cm 深度作为估算土壤碳库标准, 在研究覆盖巨厚黄土的黄土高原地区土壤碳库时值得商榷。

3 结 语

本文运用地统计学方法, 研究了该流域土壤总碳的空间分布特征, 并构建了采用连续土壤碳含量数据分层估算土壤碳储量的模型, 估算了全流域土壤总碳储量。结果表明, 砖窑沟流域土壤总碳含量总体上随着深度增加而减少, 同一深度层内土壤总碳含量沿梁峁顶部→梁峁坡→沟坝地依次减少。在研究黄土高原土壤碳储量时, 是否采用国际上通用的 0—100 cm 深度标准值得进一步探讨。

[参 考 文 献]

[1] Post W M, Tsung-Hung peng, Emanuel W R. The global carbon cycle[J]. American Scientist, 1990, 78: 310—326.

[2] King A W, Emanuel W R, Wullschlegel S D, et al. A

search of the missing carbon sink: a model of terrestrial biospheric response to land-use change and atmospheric CO₂ [J]. Tellus, 1995, 47B: 501—519.

[3] 潘根兴. 中国土壤有机碳和无机碳库量研究[J]. 科技通报, 1999, 15(5): 330—332.

[4] 王绍强, 周成虎, 李克让, 等. 中国土壤有机碳库及空间分布特征分析[J]. 地理学报, 2000, 55(5): 533—544.

[5] 段争虎, 刘新明, 屈建军. 中国土地沙漠化对大气 CO₂ 含量的影响[J]. 干旱区资源与环境, 1996, 10(2): 89—94.

[6] 贾宇平, 苏志珠, 段建南. 黄土高原沟壑区小流域土壤有机碳空间变异[J]. 水土保持学报, 2004, 18(1): 31—34.

[7] 贾宇平, 段建南. 黄土高原沟壑区小流域土壤碳酸盐碳的空间分布特征[J]. 干旱区地理, 2004(2): 166—170.

[8] 侯景儒, 尹镇南, 李维明, 等. 实用地质统计学[M]. 北京: 地质出版社, 1998.

[9] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999.

[10] 秦小光, 李长生, 蔡炳贵. 气候变化对黄土碳库效应影响的敏感性研究[J]. 第四纪研究, 2001, 21(2): 153—161.