

纸坊沟流域土壤侵蚀变化浅析

王磊, 钱鞠, 刘芬, 韩晓燕

(兰州大学 资源环境学院, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 该研究以平凉市纸坊沟流域为例, 应用双累积曲线法, 分析界定了流域 1981–1997 年大规模水土流失综合治理环境下土壤侵蚀变化出现差异特征的时间段。研究结果表明: 1981–1997 年流域水土流失及治理措施变化剧烈的分水岭年份为 1985–1986 年。1985 年以后, 随着治理面积的逐年增加, 综合治理程度的提高, 明显改善了流域降雨、径流和输沙的关系。同时分析得出流域降水、径流、治理程度与土壤侵蚀流失具有一定的线性回归相关关系。

关键词: 土壤侵蚀; 径流量; 输沙量; 纸坊沟流域

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)06-0100-04

Analysis of soil erosion change in Zhifanggou watershed

WANG Lei, QIAN Ju, LIU Fen, HAN Xiaoyan

(School of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Through the application of double summation curve, Zhifanggou watershed of Pingliang City was chosen as a research site to analyze the periods of discrepancy appearance of soil erosion character under the background of large-scale comprehensive water loss and soil erosion treatment from 1981 to 1997. The result indicated that soil and water loss condition and treatment changed sharply in 1985. Owing to the increase of treated area and the enhancement of comprehensive management extent, the relationship amongst precipitation, runoff and transported sand has been improved obviously since 1985. Meanwhile, It is also found that there is linear correlation between precipitation, discharge, treatment extent and soil erosion loss at a certain extent.

Key words: soil erosion; runoff; sand transport rate; Zhifanggou watershed

1 研究区域概况

1.1 流域自然环境特征

纸坊沟流域位于甘肃省平凉市城南, 地理坐标为东经 $106^{\circ}37' \sim 106^{\circ}42'$ 、北纬 $35^{\circ}26' \sim 35^{\circ}33'$, 流域总面积 18.98 km^2 , 属泾河干流一级支沟, 上游源于六盘山—太统山脉的虎狼山, 下游横穿平凉东城区入泾河干流, 海拔高程 $1365.00 \sim 2104.00 \text{ m}$, 相对高差 739.80 m , 主沟道长 15.77 km , 沟道平均坡降 4.34% , 土壤大范围上属于塬边及山坡黄绵土类, 小范围上从流域东南分水岭到西北主沟道出口依次分布有黑垆土、草甸土、红粘土、黄绵土、新积土五类土壤。多年平均年日照时数 2381 h , 多年平均气温 8.8°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年均积温 2935.1°C , 多年平均年降水量 548.7 mm , 多年平均年蒸发量 1499.2

mm , 年平均无霜期 142 d , 多年平均风速 $2 \text{ m/s}^{[1]}$ 。

1.2 水土流失与综合治理概况

纸坊沟流域土壤侵蚀主要为水蚀, 其次为重力侵蚀和风蚀, 由此而引起的水土流失面积 15 km^2 , 占流域总面积的 79% , 水土流失严重。按不同侵蚀单元加权平均计算得流域平均土壤侵蚀模数 $7472 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 得出流域年平均土壤侵蚀量 14.182 万 t , 折合 10.663 万 m^3 。

根据调查统计, 到 2004 年, 流域水土流失面积已治理 1221 hm^2 , 治理程度已达 81.4% 。其中人工植树 280.6 hm^2 , 人工种草 175.1 hm^2 , 修造梯田 718.8 hm^2 , 挖筑水平沟、鱼鳞坑、水簸箕等 74807 个, 修建涝池、水窖 580 处, 修建沟道谷坊、截水堰等 255 座, 修建小型水库 3 座、淤地坝 14 座, 淤积坝地 $56.28 \text{ hm}^2^{[2]}$ 。

收稿日期: 2012-07-21; 修回日期: 2012-08-13

基金项目: 兰州大学中央高校基本科研业务费专项资金资助(lzujbky-2012-142)

作者简介: 王磊(1984-), 男, 吉林怀德人, 硕士, 研究方向: 土壤侵蚀及水土保持。

通讯作者: 钱鞠(1973-), 男, 甘肃武威人, 博士, 副教授, 研究方向: 环境水文学与水资源保护、流域生态水文。

2 流域土壤侵蚀变化分析

2.1 土壤侵蚀变化的时间段界定

流域是一条河流的集水区域,同时也是工业、农业、能源开发及人类居住的聚集地^[3]。对一个流域而言,在一个时间段内,地形和地质因素随时间变化而改变是比较微弱的,而土地利用、径流量、输沙量因素变化相对明显。水土流失综合治理引起的土地利用格局变化是改变流域系统输入和输出(降雨和水土流失)关系的主导因素^[4]。

合理分析流域内不同水土保持治理措施条件下的土壤侵蚀规律及侵蚀效应,首先需要界定土壤侵蚀随时间推移而发生变化的时间段^[5]。因为径流量、输沙量是土壤侵蚀的直观表现,因此采用了双累积曲线法,通过分析降雨量-径流量、降雨侵蚀力-输沙量双累积曲线(图 1),径流量、输沙量单累积曲线(图 2),从降雨量-径流量、降雨侵蚀力-输沙量双累积曲线可直观地看出:降雨量-径流量、降雨侵蚀力-输沙量双累积曲线变化规律基本一致,1981-1997 年曲线变化呈线性直线变化,在 1985-1986 年处明显出现拐点,改变了原来的延伸方向,曲线变幅很小,径流过程与降水过程之间、降雨侵蚀力与输沙量之间明显分离(1996 年暴雨造成输沙量明显增大,造成 1996 年曲线明显波动)。

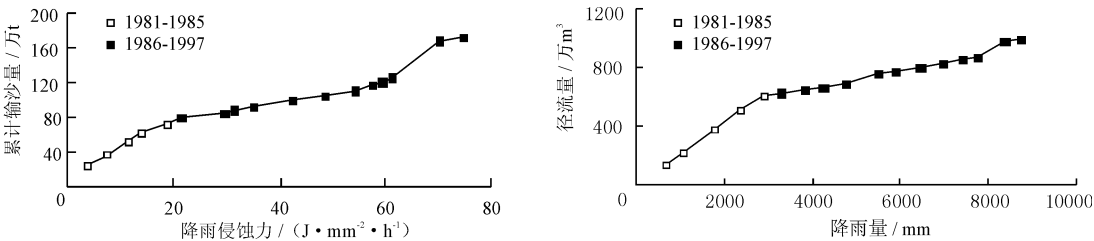


图 1 1981-1997 年纸坊沟流域年降雨侵蚀力—输沙量、降雨量—径流量双累积曲线

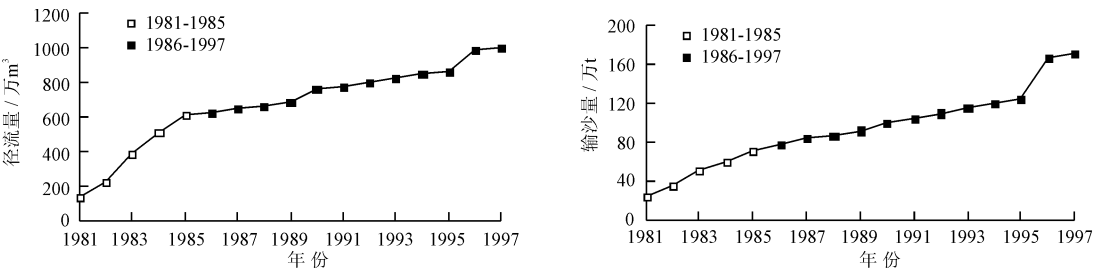


图 2 纸坊沟流域实测径流量、输沙量累积曲线

从径流量、输沙量单累积曲线图可看出:径流量与输沙量单累积曲线的变化趋势基本一致,1981-1985 年这一时段曲线上升趋势较明显,延伸趋势与线性直线基本重合,在 1985-1986 年处出现拐点,曲线延续趋势发生明显变化,不再继续沿线性直线方向上扬,而是位于线性直线之下。

综上所述,图中的曲线拐点,是在流域治理过程中存在着的一种变化,一种转折,一种差异,即径流、输沙与治理措施在同一时期同步发生变化,所以可以解释为治理措施是造成曲线变化的主导因素。治理前期的径流量随降雨增多而增长率较快,后期则增加较慢,治理措施与植被变化对径流输沙的影响效应增强。基于此特征,可以认为在 1981-1985 年之间是一种土壤侵蚀格局,而在 1985 之后

输沙量双累积曲线的变化特征^[6-7],来界定流域多年来土壤侵蚀规律发生变化的分界点。双累积曲线如果在某些年份出现明显的拐点,则反映出流域治理格局在该年份出现了明显的变化。依据纸坊沟流域 1981-1997 年的降雨量、径流量、降雨侵蚀力、输沙量的数据,建立相应的降雨量-径流量、降雨侵蚀力-输沙量双累积曲线(图 1),径流量、输沙量单累积曲线(图 2),从降雨量-径流量、降雨侵蚀力-输沙量双累积曲线可直观地看出:降雨量-径流量、降雨侵蚀力-输沙量双累积曲线变化规律基本一致,1981-1997 年曲线变化呈线性直线变化,在 1985-1986 年处明显出现拐点,改变了原来的延伸方向,曲线变幅很小,径流过程与降水过程之间、降雨侵蚀力与输沙量之间明显分离(1996 年暴雨造成输沙量明显增大,造成 1996 年曲线明显波动)。

是另一种土壤侵蚀格局。

流域治理可以改变径流过程,对地表产流有着直接的干扰作用^[8],对地表径流输沙过程将起到显著的调节作用。从纸坊沟流域年降雨量-径流系数变化图图 3 中可以看出,径流系数随降雨量的起伏变化而出现相一致的波动,从 1981-1997 年,径流系数总体呈现下降趋势:1981-1985 年年均径流系数为 0.10(±0.02),而 1986-1997 年年均径流系数仅为 0.03(±0.02),为进一步揭示流域水土保持综合治理前后土地利用对不同降雨年际流域产流的影响,对观测年份的降雨进行统计分析,得到前期即 1981-1985 年平均降雨量为 578.74 mm,平均产流为 62.54 mm,后期即 1986-1997 年平均降雨量为 473.81 mm,平均产流为 12.90 mm。后期降雨量较

前期有所减少,减少幅度为 18%,但对应的产流量减小幅度却巨大,为 79%。因此,分析认为纸坊沟流域后期水土保持措施实施后植被条件较好的土地利用时期较前期产流能力有所下降。

从纸坊沟流域年降雨量于输沙量变化图图 4 中可以看出,在相近降水-径流条件下,当降水较多时,流域水土保持综合治理治理后期(1986-1997)植被覆盖较多,裸地、坡耕地减少,此时期输沙量较治理前期(1981-1985)显著减少;当降水较少时,相近降水-径流条件下,流域水土保持综合治理治理后期(1986-1997)较前期(1981-1985)产沙量减少较少。纸坊沟流域植被覆盖率增加、坡耕地减

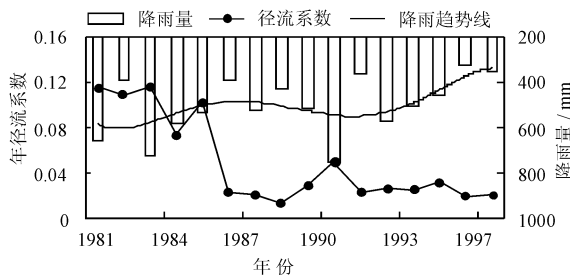


图3 纸坊沟流域年降雨量-径流系数变化图

2.2 流域降水、径流、治理程度与土壤侵蚀流失相互关系分析确定

依据流域多年实测水文资料,分析流域汛期降雨量与年土壤侵蚀流失量两者间相关性,由流域 1959-1997 年汛期降雨量与土壤侵蚀模数点绘的相关图图 5 分析知,汛期降雨量与土壤侵蚀模数成直线相关关系。计算得出得出纸坊沟流域汛期降水量与土壤侵蚀模数关系数学模型式为:

$$Y = 21.1994X - 788.826$$

利用方差比 F 值检验法检验。经计算得出汛期降雨量与土壤侵蚀模数回归关系显著性检验指标结果见表 1。

由表 1 计算结果知,纸坊沟流域汛期降雨量与土壤侵蚀模数回归关系式的均方比 $F = 12.132$,查《数理统计》中 F 检验的临界值得 $F_{0.01} = 7.35$, $F > F_{0.01}$,且 $P_F \leq 0.05$,表明分析确定的流域汛期降雨量与土壤侵蚀模数回归关系数学模型式具有一定回归关系。

由流域 1959-1997 年径流量与土壤侵蚀模数点绘的相关图图 6 分析知,年径流量与土壤侵蚀模数成直线相关关系,且关系密切。计算得出得出纸坊沟流域径流量与土壤侵蚀模数关系数学模型式 $Y = 897.6914X + 3252.85$ 。

少可以减少小流域产流、产沙和输沙,且减少程度与降雨量的大小相关^[9]。(由于 1996 年 7 月 26 日下午,沟内突降暴雨,10.6 h 降雨 138.2 mm,最大降雨强度 1.9 mm/min,形成洪水洪峰流量 6.65 m³/s、洪水总量 81.2 万 m³,冲刷淤积到纸坊沟一坝内的泥沙 12.83 万 t、八里庙水库坝内的泥沙 12.16 万 t,故输沙量特别大,为此图 3、图 4 中将 1996 年数据作为异常数据处理,没有在图中出现)。

1981-1997 年,纸坊沟流域水土保持综合治理措施格局变化,明显改变了降雨、径流及输沙量的关系,治理后期(1985-1997)与前期(1981-1985)土壤侵蚀特征存在明显的差异变化。

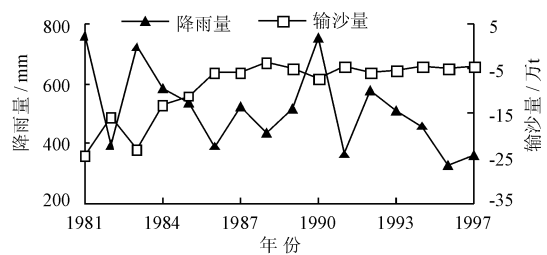


图4 纸坊沟流域年降雨量、输沙量变化图

利用方差比 F 值检验法检验。经计算得出径流量与土壤侵蚀模数回归关系显著性检验指标结果见表 2。

由表 2 计算结果知,纸坊沟流域土壤侵蚀模数与年径流模数回归关系的均方比 $F = 33.051$,查《数理统计》中 F 检验的临界值得 $F_{0.01} = 7.35$, $F > F_{0.01}$,且 $P_F = 0.01 < 0.05$,表明分析确定的流域土壤侵蚀模数与径流模数数学模型式具有一定的回归关系。

由流域 1959-1997 年各阶段治理度与土壤侵蚀模数点绘的相关图图 7 分析知,流域历年治理度与土壤侵蚀模数成线形相关关系,且关系密切。计算得出得出纸坊沟流域径流量与土壤侵蚀模数关系数学模型式 $Y = 16464.939 - 261.575X$ 。

利用方差比 F 值检验法检验。经计算得出流域历年治理度与土壤侵蚀模数回归关系显著性检验指标结果见表 3。

由表 3 计算结果知,纸坊沟流域土壤侵蚀模数与年治理度回归关系的均方比 $F = 43.315$,查《数理统计》中 F 检验的临界值得 $F_{0.01} = 12.2$, $F > F_{0.01}$,且 $P_F = 0.01 < 0.05$,表明分析确定的流域年流域土壤侵蚀模数与年治理度之数学模型式回归关系显著。

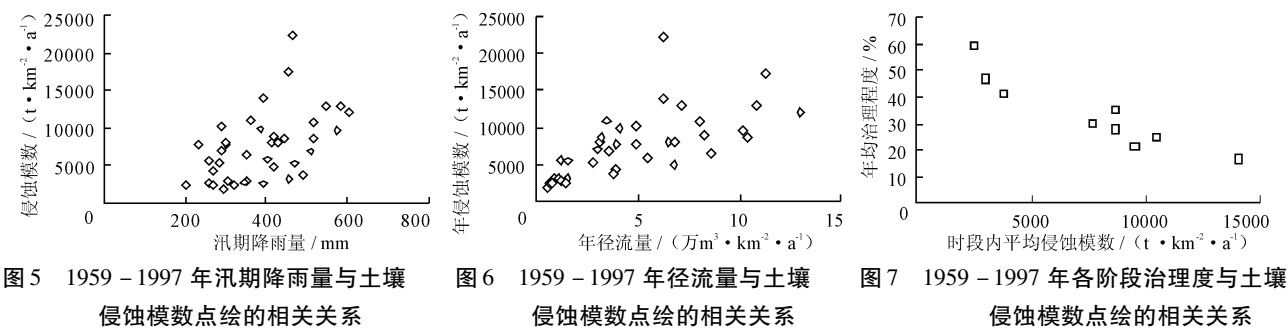


图 5 1959 – 1997 年汛期降雨量与土壤侵蚀模数点绘的相关关系

图 6 1959 – 1997 年径流量与土壤侵蚀模数点绘的相关关系

图 7 1959 – 1997 年各阶段治理度与土壤侵蚀模数点绘的相关关系

表 1 纸坊沟流域汛期降雨量与土壤侵蚀模数回归关系显著性检验指标计算结果表

变异来源	自由度 <i>f</i>	平方和	均方	均方比 <i>F</i>
回归部分 $0.019375^2 \sum (Y_i - 548.7)^2$	1	189634024.087	189634024.09	12.132
离回归部分 $\sum (X_i - 7472)^2$	37	578346481.811	15630985.99	

表 2 纸坊沟流域径流量与土壤侵蚀模数回归关系显著性检验指标计算结果表

变异来源	自由度 <i>f</i>	平方和	均方	均方比 <i>F</i>
回归部分 $897.69^2 \sum (X_i - 45070)^2$	1	362341657.722	362341657.722	33.051
离回归部分 $\sum (Y_i - 7472)^2$	37	405638848.175	10963212.110	

表 3 纸坊沟流域年治理度与土壤侵蚀模数回归关系显著性检验指标计算结果表

变异来源	自由度 <i>f</i>	平方和	均方	均方比 <i>F</i>
回归部分 $261.575^2 \sum (X_i - 34.12)^2$	1	99934984.556	99934984.556	43.315
离回归部分 $\sum (Y_i - 7540.89)^2$	37	16150010.240	2307144.320	

3 结 语

纸坊沟流域水土保持综合治理措施格局的变化,明显改变了降雨、径流和输沙量的关系。经分析,纸坊沟流域土壤侵蚀格局在 1985 – 1986 年出现了明显的拐点,治理后期(1986 – 1997)与治理前期(1981 – 1985 年)土壤侵蚀特征存在明显的差异变化。

纸坊沟流域汛期降雨量、径流量、年治理度与土壤侵蚀流失具有一定的线性相关关系,其中,年治理度与土壤侵蚀流失相关关系十分显著,表明纸坊沟流域水土保持综合措施效果显著,有效缓解了该流域水土流失严重现象。

参考文献:

[1] 毛泽秦. 纸坊沟流域近 50 年水沙特性及其变化研究[J]. 中水土保持研究,2010,17(3):264 – 268.

[2] 毛泽秦. 纸坊沟小流域综合治理成效及水土资源高效开

发利用模式[J]. 中国水土保持,2008,26(6):43 – 44.

[3] 吴 刚,蔡庆华. 流域生态学研究内容的整体表述[J]. 生态学报,1998,18(6):575 – 581.

[4] 赵芹珍,狄 超,贾志军. 王家沟流域土壤侵蚀变化时段分析[J]. 山西水土保持科技,2009,4(4):19 – 22.

[5] Poreba G J, Prokop P. Estimation of soil erosion on cultivated fields on the hilly meghalaya plateau, North East India[J]. Geochronometria, 2011,38(1):77 – 84.

[6] 张黎明,于东升,史学正,等. 江西鹰潭地区降雨侵蚀力及简易算法初探[J]. 热带作物学报,2005,26(1):98 – 102.

[7] 张有全,宫辉力,赵文吉,等. 北京市降雨侵蚀力计算方法与特征研究[J]. 中国水土保持,2007,27:23 – 26.

[8] Butt M J, et al. The combined effect of vegetation and soil erosion in the water resource management[J]. Water Resources Management, 2010,24(13):3701 – 3714.

[9] 余新晓,张晓明,李建劳. 土壤侵蚀过程和机制[M]. 北京:科学出版社,2009.