

# 治理小流域侵蚀产沙特征研究\*

王占礼 邵明安 张晓萍

(中国科学院水土保持研究所·陕西杨陵·712100)  
水利部

**摘要** 该文以纸坊沟流域为例,分析了治理小流域侵蚀特征、产沙特征及综合治理减沙效益。结果表明:流域侵蚀强度以中等以下为主,流域产沙主要来源于沟谷地的天然荒坡,流域综合治理具有明显的减沙效益。

中图分类号:S157.1

**关键词:** 治理小流域 侵蚀产沙特征

## A Study on Features of Erosion and Sediment Yield in Systematically Controlled Small Catchment

Wang Zhanli Shao Ming'an Zhang Xiaoping

(Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling District, Shaanxi Province, 712100, PRC)

**Abstract** The features of erosion, sediment yield and sediment reduction by the comprehensive controlling are studied in Zhifang gully catchment. It was showed that soil erosion in most area of the catchment is lower than the medium intensity, the sediment is mainly from the waste gully slope, and the sediment reduction of the controlled catchment is evident.

**Keywords:** governing small catchment; features of erosion and sediment yield

纸坊沟流域是国家“七五”、“八五”和“九五”科技攻关项目的治理示范区,经过多年的系统连续治理,面貌发生了巨大变化。总结研究这种经过系统治理的小流域侵蚀产沙特征,既可以深化对小流域土壤侵蚀的认识,又可以认识小流域治理效益,并可为实现流域生态经济效益的进一步提高提供科学依据。本文以纸坊沟流域为例,试图对治理后侵蚀、产沙特征和治理效益予以初步总结研究。

### 1 土壤侵蚀基本特征

纸坊沟属于延河支流杏子河下游的一级支沟,流域面积 8.27 km<sup>2</sup>。根据黄秉维先生的土壤侵蚀分区,属于黄土丘陵沟壑区第二副区。流域多年平均降水量 524.5 mm,降水往往以暴雨形式降落,有时 1 次暴雨量可占年总降雨量的 20% 以上。沟壑密度 8.06 km/km<sup>2</sup>。土壤类型主要为在黄土母质上发育的幼年土壤黄绵土。30 年代,流域内有良好的植被覆盖,50 年代破坏殆尽,70 年代开始造林种草,植被有了较大恢复和发展,林草覆盖率提高到 36.1%。流域人口密度 57.6 人/km<sup>2</sup>,土地利用结构长期以来表现为以种植业和养殖业为主的单一农业经营<sup>[1,2]</sup>。

#### 1.1 侵蚀类型与强度特征

(1) 土壤侵蚀类型有水力侵蚀与重力侵蚀两大类。土壤侵蚀方式有面蚀、鳞片状侵蚀、细

沟侵蚀、浅沟侵蚀、切沟侵蚀、崩滑侵蚀及泻溜侵蚀(表 1)。

表 1 纸坊沟流域土壤侵蚀面积统计(1990)<sup>[3]</sup>

强度等级	侵蚀模数/( $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$ )	分布面积/ $hm^2$	占全流域面积比例/%
微度侵蚀	< 1000	252.6	30.53
轻度侵蚀	1000 ~ 2500	78.7	9.51
中度侵蚀	2500 ~ 5000	185.16	22.38
强度侵蚀	5000 ~ 10000	141.57	17.11
极强度侵蚀	10000 ~ 20000	112.14	13.55
剧烈侵蚀	> 20000	57.21	6.91

全流域平均侵蚀强度为  $6\ 547\ t/(km^2 \cdot a)$ , 较治理之前的  $14\ 000\ t/(km^2 \cdot a)$  减少了  $7\ 453\ t/(km^2 \cdot a)$ , 已由极强度侵蚀减低到强度侵蚀, 说明水土保持综合治理已发挥了有效的作用。

## 1.2 土壤侵蚀空间分布特征

(1) 水平分异。表现为从上游到中下游侵蚀强度减弱。流域上游的正沟岔、阎家沟和大罗锅沟占流域总面积的  $1/4$ , 土壤侵蚀表现为极强度侵蚀和剧烈侵蚀。流域中下游主要为中度以下的侵蚀, 整个流域的轻度度侵蚀几乎全部分布在这里。这种水平分异是由于上游水土保持治理差、地形陡峭, 而中下游经过多年治理林草植被和梯田多集中于此, 有效地减低了土壤侵蚀。

(2) 垂直分异。由分水岭向下强度逐渐增大。侵蚀类型依次为: 片蚀带—细沟侵蚀带—细沟浅沟侵蚀带—切沟、悬沟、重力侵蚀带。侵蚀强度变化的比例关系为: 梁峁顶( $0 \sim 10m$ ): 梁峁坡上部( $10 \sim 50m$ ): 梁峁坡下部( $50 \sim 100m$ ): 沟谷坡(沟缘线至沟床) =  $1\ 8\ 16\ 22$ 。

(3) 侵蚀分布与村庄的关系。远离村庄地带, 沟深坡陡, 治理基础薄弱, 土壤侵蚀最严重, 是今后治理的重点部位。

## 1.3 沟间地和沟谷地的关系

据 1989 年 7 月 16 日的降雨资料推算, 流域内的土壤侵蚀沟谷地大于沟间地。沟谷地的面积占流域总面积的  $64.4\%$ , 侵蚀量则占全流域的  $81.9\%$ , 而沟间地只占  $12.6\%$ 。沟谷地侵蚀模数为  $33\ 168\ t/(km^2 \cdot a)$ , 沟间地为  $5\ 086\ t/(km^2 \cdot a)$ , 前者是后者的  $6.5$  倍。

## 1.4 土地利用和坡型对侵蚀的影响

其它条件相同时, 土地利用对侵蚀表现为: 农地 > 草地 > 林地, 侵蚀模数的比例关系为  $1\ 400\ 3\ 000 \sim 14\ 000\ 250 \sim 7\ 000$ 。其它条件相同时, 不同坡型的土壤侵蚀量为: 汇聚型 > 平直型 > 发散型, 其比例关系为  $6\ 4\ 1$ 。

## 2 产沙特征

根据纸坊沟流域的泥沙观测资料(于 1985 年始), 流域的产沙特征表现为: (1) 空间分布。通过使用  $^{137}Cs$  技术、径流推算及制图等方法研究一致表明: 该流域侵蚀产沙强度为沟谷地大于沟间地。沟谷天然荒坡占流域面积的  $23.6\%$ , 产沙量却占全流域的  $45.4\%$ 。沟间地产沙以坡耕地为主, 坡耕地面积(含水平沟种植的坡耕地)占全流域面积的  $20.3\%$ , 产沙量占全流域的  $30.3\%$ 。(2) 时间分配。表现为两个方面: 一是年内分布集中; 二是年内和年际变化大。(3) 年内分配。一方面年产沙量高度集中于 7、8 两月, 1985—1989 年间, 11 月到次年 3 月没有产沙。另一方面 1 年或多年的产沙主要是由于少数几次暴雨造成。1986—1990 年期间输沙总量主要由 4 次高强度暴雨造成, 输沙量占 5 a 总输沙量的  $84.5\%$ 。1989 年 7 月 16 日的大暴雨, 造成的

输沙模数  $60\ 165\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , 占当年的99.3%, 占5a总量的52.1%。次产沙模数及年产沙模数变化幅度大。1989年次暴雨最大输沙模数为  $16\ 670.7\text{t}/\text{km}^2$ , 而1987年仅  $19.3\text{t}/\text{km}^2$ 。1989年的年输沙模数为  $16\ 670.9\text{t}/\text{km}^2$ , 而1987年仅为  $28.6\text{t}/\text{km}^2$ , 1996年  $6.0\text{t}/\text{km}^2$ 。(4) 流域内坡面的泥沙输移比略小于1。通过使用 $^{137}\text{Cs}$ 技术对纸坊沟流域内的麦地沟小流域进行研究, 并将所选坡面上测算的总侵蚀量与总沉积量之差与总侵蚀量相除获得该小流域坡面的泥沙输移比为0.958。

### 3 综合治理减沙效益

#### 3.1 减沙效益估算方法

流域综合治理减沙效益分析以往采用的方法主要有水文法、水保法及流域对比法等。“七五”期间基于纸坊沟流域的实际情况采用了下列估算方法<sup>[1, 2, 6]</sup>。据该流域附近杏子河招安水文站实测资料统计和对该流域及其附近的3个流域的淤地坝泥沙淤积量进行调查, 求得治理前的流域年输沙模数约为  $14\ 000\text{t}/\text{km}^2$ 。

3.1.1 输沙模数比较法 利用纸坊沟流域把口站实测资料进行评价。由于“七五”期间5a的平均年降水量  $534.8\text{mm}$ , 仅比多年平均降水量  $541.2\text{mm}$ 少3.0%, 因而认为年平均雨量与治理前基本一致, 可不加雨量改正, 直接将5a实测计算的年平均输沙模数与该流域治理前的年平均输沙模数进行比较来分析。

3.1.2 水文法 利用次雨沙及次水沙相关关系进行评价。由于在把口站开始进行观测的1985年为多雨年, 全年共观测到20次降雨径流泥沙资料, 其中包括了6a观测期间出现的第2个高强度暴雨洪水资料, 有较好的代表性, 因此, 首先对这20次降雨产流产沙资料进行统计分析, 得出1985年治理水平下的次雨沙及次水沙相关关系, 然后根据这两个关系, 将“七五”期间观测到产沙的降雨及产流资料代入此2式, 求得相当于1985年治理水平下的输沙模数, 并将其与相应的实测输沙模数进行比较来评价相对于1985年治理水平下的减沙效益。

3.1.3 土壤侵蚀制图法 编制土壤侵蚀图, 通过地图量算获得流域的土壤侵蚀模数, 并以此代替产沙模数, 与治理前的年平均输沙模数进行比较来分析。流域土壤侵蚀模数的计算方法是将各等级侵蚀强度分级的中值进行相应面积的加权平均。

#### 3.2 减沙效益及分析

纸坊沟流域综合治理减沙效益分析采用几种方法互相验证, 得到了较一致的结果。

(1) 1986—1990年5a实测平均输沙模数为  $6\ 355.1\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , 与治理前相比, 5a平均减沙效益为54.6%, 与“六五”末期相比, 5a平均减少了49.2%, 其中主沟上游淤地坝拦沙占总减沙量的25.6%, 其余73.5%为坡面治理措施的作用。

(2) 采用1987年9月航摄的彩红外航片做为遥感信息源制图得到的全流域年平均产沙量  $6\ 546.7\text{t}/\text{km}^2$ , 较治理前减少了53.2%, 较“六五”末期减少了47.6%。

(3) 1989年产流及治理条件下产生的输沙模数  $16\ 782.95\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , 较1985年治理水平相应径流条件下的产沙减少55.8%。1990年降雨及治理条件下的产沙  $6\ 170.7\text{t}/\text{km}^2$ , 较

表2 土地利用与产沙关系

土地利用	面积比例/%	产沙量比例/%
未治理坡耕地	11.6	20.3
已治理耕地	17.9	13.0
林地	24.5	8.3
荒草地	25.2	44.2
人工、改良草地	10.3	4.8
非生产用地	10.6	9.3

1985 年治理水平及相应降雨条件下的产沙减少 48.2%。

(4) 土地利用与产沙。经过治理年产沙量为 64 646t, 各类土地利用与产沙的关系如表 2 示。这些数据在很大程度上反映了不同治理措施在减沙过程中发挥作用的大小。

#### 参 考 文 献

- 1 李壁成. 小流域水土流失与综合治理遥感监测. 北京: 科学出版社, 1995
- 2 杨文治, 余存祖. 黄土高原区域治理与评价. 北京: 科学出版社, 1992
- 3 中国科学院水利部西北水土保持研究所. 黄土高原综合治理试验示范专题地图集. 北京: 测绘出版社, 1991
- 4 中国科学院黄土高原综合科学考察队. 黄土高原地区土壤侵蚀特征及其治理途径. 北京: 中国科学技术出版社, 1990
- 5 武春龙, 江忠善, 等. 安塞县纸坊沟流域土壤侵蚀类型遥感制图. 水土保持通报, 1990, 10(4): 6—12
- 6 周佩华, 武春龙. 黄土高原小流域综合治理减沙效益的计算问题探讨. 水土保持通报, 1991, 11(1): 18—22
- 7 中国科学院水利部西北水土保持研究所茶坊课题组. 安塞实验区水土保持综合治理及减沙效益(英文). 见: 黄土丘陵沟壑区水土保持型生态农业研究(下册). 杨陵: 天则出版社, 1990
- 8 周佩华. 略述黄土高原水土保持的减沙效益问题. 水土保持通报, 1991, 11(2): 1—3
- 9 王玉宽, 王占礼, 等. 黄土高原坡面降雨产流过程的试验分析. 水土保持学报, 1991, 5(2): 25—31
- 10 孟庆枚. 黄土高原水土保持. 郑州: 黄河水利出版社, 1996
- 11 黄河水利委员会水土保持局. 黄河流域水土保持研究. 郑州: 黄河水利出版社, 1997
- 12 王玉宽. 小流域土壤侵蚀分布的定量研究[硕士论文]. 陕西杨陵: 中国科学院水利部水土保持研究所, 1990
- 13 杨明义.  $^{137}\text{Cs}$  法研究小流域土壤侵蚀与沉积空间分布特征[硕士论文]. 陕西杨陵: 中国科学院水利部水土保持研究所, 1997
- 15 蔡强国, 王贵平, 陈永宗. 黄土高原小流域侵蚀产沙过程与模拟. 北京: 科学出版社, 1998