

黄土丘陵区小流域暴雨时空变化特征分析^{*}

王玲玲^{1,2}, 刘明元³, 李伟伟⁴, 杨春霞¹

(1. 黄河水利科学研究院, 郑州 450003; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100; 3. 新野县水利局, 河南 新野 473500; 4. 郑州大学 环境技术咨询工程公司, 郑州 450003)

摘 要:了解黄土丘陵区暴雨时空变化特征,有利于深入研究土壤侵蚀机理。利用雨量站控制条件较好的桥沟小流域资料,统计分析了该流域 30 min、60 min、120 min 和 150 min 时段降雨及次降雨空间变化的关系,时段降雨分布同次降雨分布的内在联系以及次降雨的时空变化过程。结果表明,当分析时段达到一定长度以后,时段降雨对次降雨分布具有一定的代表性;降雨空间变化程度的相关距离关系随距离的增加而减弱,从时间上看,暴雨中心位置是不断变化的。

关键词:暴雨; 时空分布; 小流域; 黄土丘陵区

中图分类号: P426. 616; P426. 614

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)01-0225-03

Characteristic Analysis of Rainstorm Temporal and Spatial Variability on Small Catchments in Loess Hilly Region

WANG Ling-ling^{1,2}, LIU Ming-yuan³, LI Wei-wei⁴, YANG Chun-xia¹

(1. Yellow River Institute of Hydraulic, YRCC, Zhengzhou 45003 China; 2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dry Land Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Water Conservancy Bureau of Xinye County, Xinye, He'nan 473500, China; 4. Environmental Technology Consulting Engineering Company of Zhengzhou University, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: In order to better understand the temporal and spatial characteristics of rainstorm in loess hilly region, using small watershed data of Qiaogou, the relationship between 30 min, 60 min, 120 min, 150 min period and rainfall were statistically analyzed. Furthermore, the temporal and spatial variations of rainfall and the intrinsically link between rainfall and period rainfall were studied. The results showed that when the period reaches a certain length, the rainfall is distributed fairly representatively by period rainfall; With the increasing of distance, the relativity of rainfall between rainfall stations weakened. With the change of time, the center location of rainstorm is constantly changing. All the results were useful to understand the mechanism of soil erosion further in-depth.

Key words: rainstorm; temporal and spatial distribution; small watershed; Loess hilly region

在干旱半干旱的黄土丘陵区,暴雨类型特征、时空变化过程是影响流域产汇流、产输沙空间变化的主要因素之一^[1],如何定量地描述这些特征,已成为该地区流域侵蚀模拟计算中的基本问题^[2]。本文以黄土丘陵区雨量站控制条件较好的小流域为对象,研究了该流域的暴雨类型、时段降雨同次降雨分布的内在联系以及时段降雨的时空变化过程,为进一步深入认识流域土壤侵蚀机理提供了基础。

1 研究流域及资料概况

选择桥沟流域为研究对象。桥沟是裴家沟流域的一级支沟,流域面积 0.45 km²,主沟长 1.4 km,流域内现布设径流站 3 个,自记雨量站 4 个。

暴雨雨型是影响土壤侵蚀的主要因素之一。以往研究表明^[3],暴雨类型主要分为 A、B 和 C 三种,其中 A、B 型暴雨是引起土壤侵蚀的主要暴雨。选择

^{*} 收稿日期:2008-08-16

基金项目:水利部公益性行业科研专项(200701035);黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室基金(10501-235)

作者简介:王玲玲:(1975-),女,河南博爱人,硕士,从事土壤侵蚀与环境治理研究。E-mail:wlingling99@yahoo.com.cn

1986 - 1996 年 36 场暴雨进行统计分析。统计结果表明,36 场暴雨中 17 场为 A 型暴雨,占 47.2%,B 型暴雨 13 场,占 36.1%,C 型暴雨 6 场,占 16.7%。

2 时段降雨与次降雨的关系

时段降雨分布与次降雨的关系,反映了降雨的

内部结构特征,用来进一步分析和确定具有代表性的降雨空间频率分布特征。取桥沟流域自记雨量站资料比较齐全的 10 场暴雨,对其时段降雨分布与次降雨分布进行了相关分析。分析采用各站次降雨量与其不同时段雨强的对应空间序列进行。相关分析结果见表 1、图 1。

表 1 相关分析结果

| 不同时间降雨 | 次降雨量 | 30 min 降雨 | 60 min 降雨 | 120 min 降雨 | 150 min 降雨 |
|------------|----------|-----------|-----------|------------|------------|
| 次降雨量 | 1 | 0.478 | 0.689 * | 0.800 ** | 0.912 ** |
| 30 min 降雨 | 0.478 | 1 | 0.762 * | 0.562 | 0.649 * |
| 60 min 降雨 | 0.689 * | 0.762 * | 1 | 0.904 ** | 0.807 ** |
| 120 min 降雨 | 0.800 ** | 0.562 | 0.904 ** | 1 | 0.892 ** |
| 150 min 降雨 | 0.912 ** | 0.649 * | 0.807 ** | 0.892 ** | 1 |

*. 表示达 0.05 水平显著; **表示达 0.01 水平显著,下同。

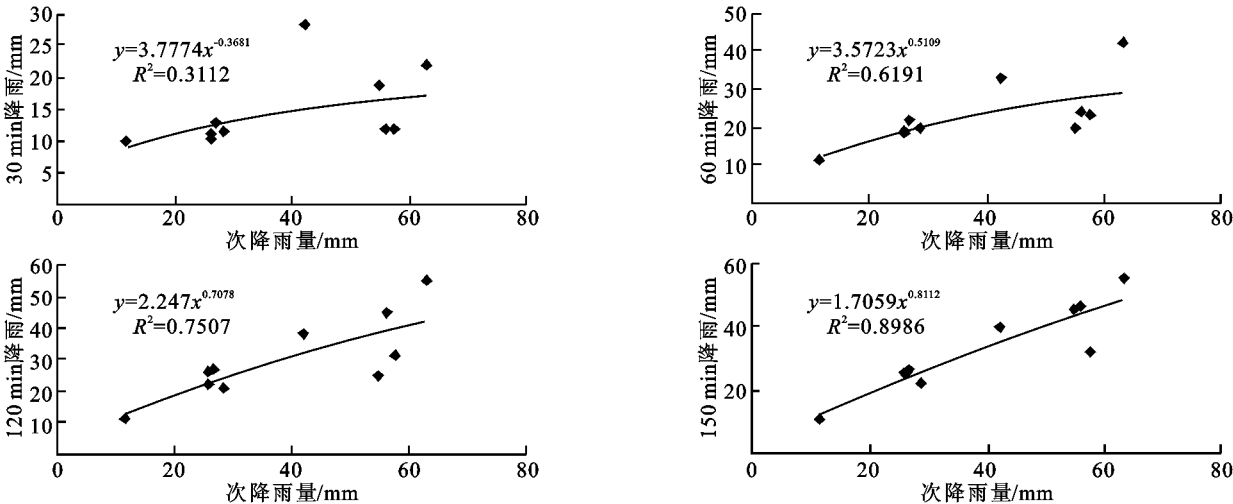


图 1 不同时段降雨和次降雨之间的关系

分析结果表明:(1) 4 个时段的降雨分布与次降雨分布的相关水平波动较大,次降雨和 30 min 时段降雨量的相关性在 0.05 水平只有 0.478,而次降雨和 150 min 时段降雨的相关性在 0.01 水平达到 0.912。说明随着时段雨量增加,时段降雨分布对次降雨分布的影响增强,表现在主雨峰期,各时段的相关关系均较好。(2) 从表 1 可以看出,随着时段的加长,相关系数的增加幅度减小。120 min 和 150 min 时段的相关关系比较接近。说明在黄土丘陵区,降雨历时一般较短,当分析时段达到一定长度以后,对次降雨分布就具有一定的代表性。

3 降雨时空特征分析

3.1 降雨空间变化的结构特征

所谓空间结构应指降雨在流域内任一点降落的特性同流域尺度的关系。但一般认为,空间结构是指流域内任意两点降雨的差值与其各自的绝对位置 (X, Y, Z) 无关,而只与其相对距离 |d| 有关,因此,本文主要通过相关距离加以分析,以能够定量反映

其空间变化的结构特征。

对桥沟流域,对各雨量站的次降雨进行相关分析计算,相关分析结果见表 2。其相关距离关系如图 2。

表 2 各雨量站的次降雨相关系数

| 雨量站 | 桥沟 1 | 桥沟 2 | 桥沟 3 | 桥沟 5 |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 桥沟 1 | 1 | 0.992 | 0.960 | 0.950 |
| 桥沟 2 | 0.992 | 1 | 0.978 | 0.964 |
| 桥沟 3 | 0.960 | 0.978 | 1 | 0.986 |
| 桥沟 5 | 0.950 | 0.964 | 0.986 | 1 |

从图 2 和表 2 可以看出,相关系数随着距离的增加而减小,反映流域降雨空间变化程度的相关距离关系随距离的增加而减弱。同时,降雨空间结构的变化,不仅仅只是距离的函数,它还与研究的参考点有关,实质是与流域地貌和高程,以及雨量站的位置有关。

3.2 降雨的时空变化过程

3.2.1 降雨空间插值 由于流域内的雨量站是散点布设于流域面上,在进行降雨时空分析时,必须采用适当的方法对降雨观测值进行空间离散(时间步长为 0.5 h),本次研究中采用反距离权重插值方法

对流域的实测降雨进行插值^[4] (时间步长为 0.5 h), 反距离权重方法的通用方程是:

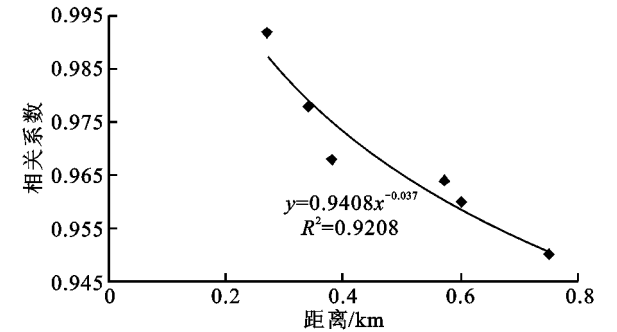


图 2 次降雨相关距离图

$$P(Z) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{d_i(x,y)^u}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i(x,y)^u}}$$

式中: Z_i ——控制点 i 的 z 值; d_i ——控制点 i 与点 0 间的距离,表示由离散点 (x_i, y_i) 至 $P(x, y)$ 点的距离; $p(z)$ ——要求的待插点的值。参数 u 为距离的方次,取值在 1.0 至 6.0 之间,本研究取为 2.0。

3.2.2 降雨时空变化过程 应用 ARC/INFO 软件对插值后的降雨空间分布进行绘制^[5],可得到直观的暴雨分布图。结合流域实测的流量过程线,对该流域暴雨特征进行分析。以 1996-07-05 和 1997-07-29 场洪水作为代表,分析桥沟流域的降雨时空过程(图 3,4)变化特征。

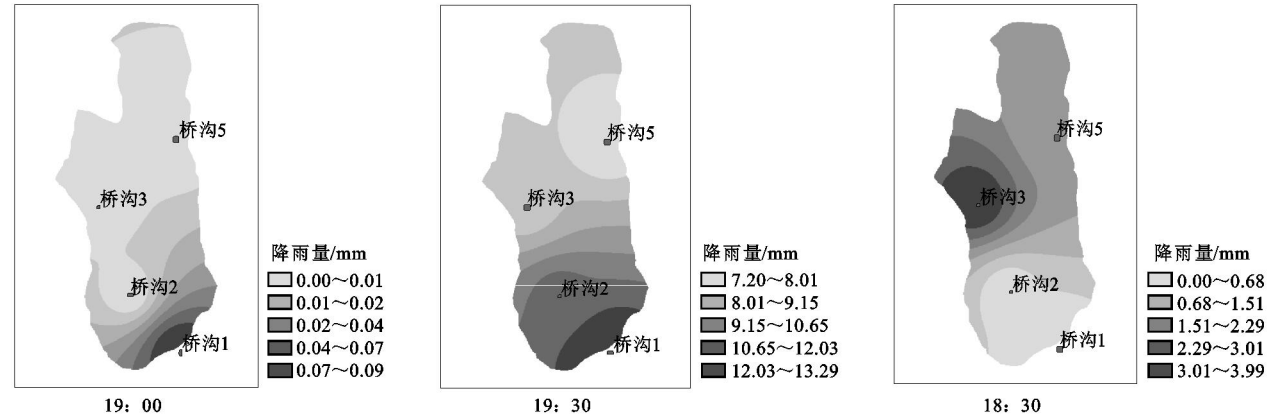


图 3 1996-07-05 降雨时空变化过程

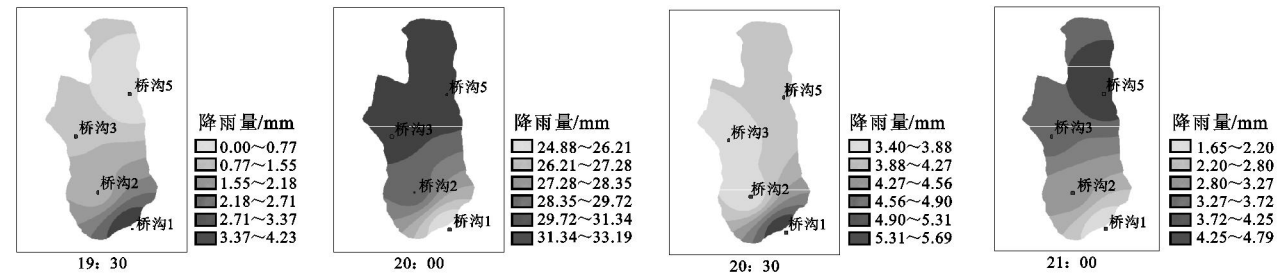


图 4 1997-07-29 降雨时空变化过程

由图 3,4 可以看出,一个流域上每次降雨的暴雨中心位置并不是固定的,而是不断变化的,由此也就造成了流域土壤流失过程复杂多变。因此,在建立土壤流失预测模型过程时,要考虑建立基于水动力学过程的分布式土壤流失模型,才能反映整个流域的降雨 - 径流 - 泥沙过程。

4 结 论

- (1) 以桥沟流域为研究对象,分析了流域暴雨类型特征,分析结果表明,该流域暴雨类型以 A、B 型为主,是引起流域土壤侵蚀的主要外营力之一。
- (2) 分析桥沟流域时段降雨与次降雨之间的关系,结果表明,随着时段的增加,时段降雨分布对次降雨分布的影响增强,当分析时段达到一定长度以后,对次降雨分布就具有一定的代表性。

(3) 分析降雨时空变化过程结果表明,降雨空间变化程度的相关距离关系随距离的增加而减弱,并从时间过程来看,次降雨的暴雨中心位置是不断变化的,这一变化是引起流域土壤侵蚀过程复杂多变的重要因素之一。

参考文献:

[1] 张汉雄. 黄土高原的暴雨特性及其分布规律[J]. 地理学报, 1983, 38(4): 416-425.

[2] 李长兴, 沈晋, 范荣生. 黄土地区小流域降雨空间变化特征分析[J]. 水科学进展, 1995, 6(2): 127-132.

[3] 焦菊英, 王万中, 郝小品. 黄土高原不同类型暴雨的降水侵蚀特征[J]. 干旱区资源与环境, 1999, 13(1): 34-42.

[4] 朱会义, 贾绍凤. 降雨信息空间插值的不确定性分析[J]. 地理科学进展, 2004(2): 35-43.

[5] 汤国安, 杨昕. ARC/INFO 空间分析实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 260-264.