

水土保持措施对小流域洪水过程的影响研究^{*}

王爱娟^{1,2}, 张平仓²

(1. 北京师范大学 地理学与遥感科学学院, 北京 100875; 2. 长江水利委员会长江科学院 水土保持研究所, 武汉 430010)

摘 要:采用小流域平行对比法, 分析研究小流域的次降雨洪水过程, 研究水土保持综合治理对小流域洪水的作用过程, 通过双环入渗法测定流域土壤入渗速率, 分析不同土地利用类型对土壤入渗速率的影响, 结果表明, 水土保持林草措施通过改变流域下垫面条件, 改善土壤的入渗性能并对洪水过程产生影响。

关键词:水土保持; 小流域; 洪水过程; 入渗

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)06-0018-03

Effects of Soil and Water Conservation Measures on Surface Runoff in Watersheds

WANG Ai-juan^{1,2}, ZHANG Ping-cang²

(1. School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Changjiang River Scientific Research Institute, Changjiang River Water Resources Commission, Wuhan 430010, China)

Abstract: In this paper, the effects of the soil and water conservation measures on surface runoff process in small watersheds were analyzed by the parallel observation in two comparable watersheds of Qinba mountainous region. The land cover is changed by the soil and water conservation and so the characteristics of infiltration detected by dual rings method is various in different land uses. All of these make the runoff process of the small watersheds changed.

Key words: soil and water conservation; small watershed; runoff process; infiltration

洪水灾害是当今世界上给人类带来损失最大的自然灾害之一, 尤其是我国所特有的自然条件和地理位置, 地形复杂、气候多样, 季风性气候特征显著, 年降水量十分集中, 这使得我国大部分地区处于洪水灾害的威胁之下, 洪涝灾害频繁且洪水量较大。水土保持是解决水问题根本性、战略性措施^[1]。水土保持措施可以改变治理区下垫面条件, 对暴雨洪水的洪峰、洪量具有一定的影响作用。研究下垫面对径流洪水的影响问题, 目前仍大量采用试验流域和代表流域两种途径。前者在国外是从 20 世纪 30 年代开始发展起来的, 我国也从解放初期开始建立了大量径流试验站并开展研究工作^[2-3]。选择秦巴山区两条代表小流域研究水土保持综合治理如何对洪水过程产生影响。

1 研究区概况

研究小流域鹦鹉沟流域和西沟流域位于秦岭东段南麓, 陕西省东南部的商南县境内, 地处长江的二级支流丹江中游地区。

鹦鹉沟小流域是商南县二期“长治”工程东北山流域的一条支沟, 位于县城东南约 2 km 处的城关镇五里铺村。流域面积 186 hm², 流域内主沟长 3 232.90 m, 最大主沟道比降 0.014 1 m/m, 流域最大坡面比降 0.332 3 m/m, 属于多边

形水系。流域大部分为低山丘陵地貌, 沟谷开阔, 最高海拔 824 m, 最低海拔 464 m。年平均降水量 736.8 mm, 其中 7-9 月三个月的降水量占全年降水量 50% 左右, 且多以暴雨形式出现, 年径流深 261.3 mm, 径流总量为 53.4 万 m³。流域内土壤以黄棕壤为主, 质地多为沙壤, 有机质、微量元素较缺乏。受地形、土壤、气候等因子影响, 植被类型以常绿阔叶落叶林为主, 人口密度为 359 人/km²。

治理前鹦鹉沟流域的土地利用状况为: 耕地 71.12 hm², 林地 61.63 hm², 荒山荒坡 47.7 hm², 水域 2.06 hm², 其它 3.15 hm², 分别占土地总面积的 38.3%, 33.2%, 25.7%, 1.1% 和 1.7%。在 71.12 hm² 耕地中, 有 25% 以上的坡耕地 30.8 hm², 10~25° 的坡耕地 19.13 hm², 10° 以下的 21.19 hm², 且全部分布在沟道中。土地利用结构不合理, 土地利用率低。自 2001 年鹦鹉沟小流域被列入商南县二期“长治”重点治理小流域以来, 采取了坡面治理措施和沟道治理措施相结合的治理方针。其中坡面治理以林草措施为主, 配以适量的工程措施, 采取的主要措施为在退耕的坡耕地和荒山荒坡山共实施了水保林 49.87 hm², 经济林 46.27 hm², 种草 10.8 hm²。工程措施为采用钢砼构件筑坎造田 8.93 hm²。沟道治理措施主要为在沟道内布置了 3.8 km 的路堤结合工程, 2.3 km 的防洪排涝工程, 改造沟台地 23.27 hm²。

^{*} 收稿日期: 2008-03-12

基金项目: 国家重点基础发展规划项目(2007CB407203); 长江上游水土保持委员会水土保持局项目(2004191-TB06)

作者简介: 王爱娟(1981-), 女, 宁夏人, 在读博士研究生, 研究方向土壤侵蚀。E-mail: wang-ai-juan@163.com

对比流域西沟小流域为商南县城关镇豹子河流域的一条小支沟,自然地理与鸚鵡沟类似。西沟流域面积 120 hm²,流域主沟长 2 557.9 m,最大主沟道比降 0.029 1 m/m,流域最大坡面比降 0.389 4 m/m,属于羽毛形水系。目前还没有进行任何水土保持治理,流域内荒山荒坡以及坡耕地的面积占到全流域总面积的 60 %以上。

2 研究方法

采用小流域平行对比的方法^[4],对上述两对比流域的 2005 - 2006 年实测洪水过程进行对比分析,研究水土保持综合治理对流域洪水过程的作用,并通过双环入渗法测定土壤入渗速率,分析水土保持综合治理对土壤入渗速率的影响。鸚鵡沟流域选择了 18 个测点,西沟流域 12 个测点,都分别分布在不同土地利用类型的坡底、坡中和坡顶。

表 1 对比流域典型洪水特征值

流域名称	洪 号	降雨总量/ mm	降雨历时/ min	最大雨强/ (mm·min ⁻¹)	降雨开始时间	产流开始时间	峰现时间	洪峰径流模数/ (m ³ ·km ⁻² ·s ⁻¹)	径流 系数
鸚鵡沟	2005-08-17	45.50	1380	0.18	1:00	1:30	4:00	1.59	0.425
西 沟	2005-08-02	48.60	900	0.41	1:00	5:40	8:10	3.39	0.567
鸚鵡沟	2005-08-19	32.40	1440	0.10	1:00	2:40	6:40	0.24	0.090
西 沟	2005-08-19	32.80	1440	0.15	1:00	2:40	5:40	0.62	0.148
鸚鵡沟	2006-07-04	28.60	360	0.45	8:10	9:40	14:00	1.02	0.214
西 沟	2006-07-04	28.60	360	0.45	8:10	9:20	11:00	1.84	0.434
鸚鵡沟	2006-07-20	30.00	60	0.90	18:00	18:30	19:20	0.10	0.032
西 沟	2006-07-20	30.00	60	0.90	18:00	18:20	18:50	1.62	0.111

从表 1 可以看出,在总降雨量和降雨历时相同或相近的情况下,已治理流域(鸚鵡沟流域)的产流时间和峰现时间均较未治理流域(西沟流域)延迟,且洪峰径流模数、径流系数也较西沟流域小。统计计算得出,水土保持综合治理能够有效延迟峰现时间 30 ~ 60 min,对于不同的降雨量、降雨强度,其削减洪峰流量的程度不同,削减洪峰流量 14 % ~ 90 %,径流系数降低 25 % ~ 71 %。

3.2 土地利用类型与入渗

入渗是影响地表产汇过程的重要指标之一,降雨到达地表后首先满足地表植被的截留、土壤入渗及填洼过程后才可能在地表产生径流。在外界条件均相似的情况下,地表土壤入渗能力决定了地表产流量的大小,而不同的土地利用类型对土壤入渗的影响作用不同,因此,研究流域内土壤的入渗空间分异规律对于流域产汇过程计算具有重要作用。

目前在研究土壤水分入渗过程中,常采用的 3 个指标是初始入渗速率、平均入渗速率和稳定入渗速率。其中初始入渗速率和平均入渗速率均与土壤初始含水量相关,与土壤的理化性质关系不大。而稳渗速率主要与土壤自身物理、化学性质有关,当达到稳渗速率时,土壤含水量已饱和,不影响土壤的入渗速率,因此,本文的分析主要针对土壤稳渗速率进行。研究流域(西沟和鸚鵡沟流域)内不同土地利用类型的土壤稳渗速率的变化情况如图 1。

从图 1 中可见,对于所研究的两条小流域来说,土地利

由于山丘区降水在空间上表现出很大的变异性,为使实测降雨数据能反映各个流域特点,根据流域面积大小,在研究流域内分别布设了雨量观测站各一个,并在流域出口设立了水位观测站。降雨量用 DSJ 2 型虹吸式雨量计观测,径流过程采用 SW40 型日记式水位计自动记录,必要时辅之以人工观测。

3 结果分析

3.1 对比流域典型洪水特征值的比较

分析统计研究流域内 2005 - 2006 年观测的降雨径流过程,选择 5 场共 4 组典型的降雨径流过程,根据各次降雨、洪水过程所测得的数据,为保证数据精度,以 10 min 为时段统计鸚鵡沟和西沟流域的 10 min 最大雨强、峰现时间、洪峰径流模数和径流系数等洪水特征值,如表 1 所示:

用类型的不同对土壤的稳渗速率有较大影响。总体而言,流域土壤入渗速率均呈现出林地 > 草地 > 沟台地 > 坡耕地 > 荒地的变化规律,这主要与不同土地利用对土壤有机质、团粒结构及孔隙度和容重的改变有关。林地在积累大量枯落物的情况下,由于凋落物的腐烂分解、灌丛草本植物的茂密生长、软体动物的栖息繁衍,土壤疏松,结构良好,稳定入渗速率较其它土地利用土壤稳渗速率大,达到 3.51 mm/min,为对照荒坡地入渗速率的 11 倍,土壤稳渗速率最大。

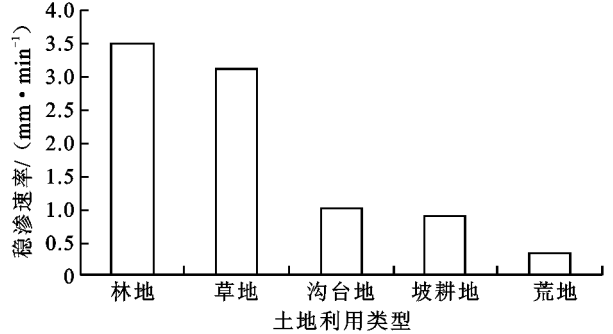


图 1 研究流域不同土地利用类型稳渗速率比较

天然草地或者人工草地随着植株的发育,根系在土中交织缠绕,土壤容重减小,孔隙度增大,其稳渗速率也较其它土地利用类型的土壤稳渗速率大。荒坡地由于失去人为的开垦种植,且地表缺乏植被的保护,逐渐板结,导致土壤有机质、团粒含量等减小,容重增大,并最终导致土壤稳渗速率的

减小。由此可见,水土保持林草措施对降雨径流的调节主要是通过增加入渗,减小径流来实现的,流域在采取综合治理后,土壤涵养水源能力普遍提高,因此,在狠抓基本农田建设的前提下,在坡耕地上配置适当比例的耕作措施和生物措施,将会收到更好的水土保持效益和生态效益。

3.3 土地利用类型对洪水的影响

治理流域坡面实施梯田林草等措施,植被覆盖度较未治理流域的要高,降雨时,治理流域的植被截流量大于未治理流域,且植被降低了雨滴对地表土壤的溅击作用,大大减轻了地表径流的冲刷作用,通过阻碍和截流,延长了径流时间和形成过程,减缓了径流速度,延缓了洪水灾害形成时间,为

受灾期的转移和逃离争取了时间。林地地表积累了较厚的枯枝落叶层,具有很强的截流水分和蓄水的性能,它可以削弱雨滴对土壤的直接溅击,还可以吸持降水,大大减少了地表径流的产生。林地土壤中根系的生长、穿插、死亡,增加了土壤孔隙度,特别是非毛管孔隙度,又有较多的有机质和水稳性团聚体,从而显著地提高了土壤的入渗能力,导致土壤贮水量提高。坡耕地改造为梯田后,可以有效地拦蓄降水,增加雨水资源的就地入渗,提高蓄水保土和抵御洪水灾害的能力。

对比治理流域(鸚鵡沟流域)与未治理流域(西沟流域)的土地利用类型如表 2:

表 2 对比流域土地利用类型比较

流域名称	利用类型	坡耕地	沟台地	林地	荒山	梯田	草地	总计
鸚鵡沟	面积/ hm^2	57	38	68	14	3	7	186
	百分数/ %	30.67	20.42	36.33	7.51	1.43	3.64	100
西 沟	面积/ hm^2	90	13	10	7	0	0	120
	百分数/ %	74.58	11.17	8.25	6.00	0	0	100

从表 2 中可以看出对比流域的土地利用面积和比例具有如下特点:(1)治理流域坡耕地的面积较小,不到未治理流域坡耕地百分数的一半;(2)治理流域林地的面积很大,占流域面积的 36.33%,而未治理流域只有 8.25%;(3)治理流域采取了水土保持措施改造坡耕地为梯田,并采取了林草措施,未治理流域无梯田和草地。

由于治理流域(鸚鵡沟流域)治理采取的林草措施如在退耕的坡耕地和荒山荒地共规划实施了林草措施,工程措施如采用钢砼构件筑坎造田 9 hm^2 ,减少了流域内坡耕地、撂荒地和难利用地的面积,提高了流域内的植被覆盖度。下垫面的变化势必会影响小流域内的径流量。另外鸚鵡沟还采取了沟道治理措施如在沟道内布置了 3.8 km 的路堤结合工程,2.3 km 的防洪排涝工程,改造沟台地,通过提高流域沟道的蓄水能力,增强流域抵御洪水的能力,一定程度上减少了洪水灾害发生。

4 结 论

通过分析土壤的入渗速率发现,流域土壤入渗速率均呈现出林地>草地>沟台地>坡耕地>荒地的变化规律,这主

要与不同土地利用对土壤有机质、团粒结构以及孔隙度和容重的改变有关。分析两条对比流域的洪水特征值及土地利用类型,结果发现:经过治理的鸚鵡沟流域汛期在降雨量、降雨强度相似的情况下,水土保持措施在减弱地表径流、延长洪峰历时、削减洪峰流量等方面发挥了明显的作用,这主要是由于水土保持综合治理林草措施提高流域内的植被覆盖度,改变了流域的下垫面条件,梯田及沟道治理等工程措施有效拦蓄降水,提高了流域的蓄水能力。

参考文献:

- [1] 穆新民,李锐.论水土保持在解决中国水问题中的战略地位[J].水土保持通报,1999,19(3):1-5.
- [2] 左仲国.下垫面变化对洪水及水资源的影响研究[D].南京:河海大学,2003.
- [3] 朱歧武,樊万辉,茹玉英,等.鳳南川流域水土保持措施减水减沙分析[J].人民黄河,2003,25(9):26-27.
- [4] 荆新爱,王国庆,路发金,等.水土保持对清涧河流域洪水径流的影响[J].水利水电技术,2005,36(3):66-68.