

山西省葛铺煤矿弃土弃渣径流泥沙研究^{*}

景 峰¹, 张学培¹, 郭汉清², 赵陟峰¹

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 山西农业大学 林学院, 山西 太谷 030801)

摘 要: 通过人工降雨模拟实验, 对岚县葛铺煤矿堆土场、弃渣场及原状地貌耕地的径流量和泥沙量进行了系统的研究。结果表明, 在降雨量相同的情况下, 不同下垫面条件下的径流量与泥沙量的排序为: 堆土场> 弃渣场> 耕地; 随着降雨量和坡度的增大, 各地类径流量和泥沙量也随之增大。并且针对实际情况, 对该矿区未来的水土流失防治技术进行了探讨。

关键词: 径流量; 泥沙量; 堆土场; 弃渣场; 人工降雨试验

中图分类号: S157 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2007)04-0061-03

The Study of Runoff and Sediment by Artificial Rainfall in Gepu Coil Mine of Shanxi Province

JING Feng¹, ZHANG Xue-pe¹, GUO Han-qing², ZHAO She-feng¹

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;
2. Forestry College of Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China)

Abstract: Runoff and sediment of soil accumulated place, residues place and cultivated land are studied through artificial rainfall simulation in LanXian GePu coal mine. The results show that the runoff and sediment volume is accumulated soil place> residues place> cultivated land under the same overland flow. The runoff and sediment volume increased with the increase of the overland flow and slope. And in light of actual conditions, the future of mining area of soil erosion control techniques is discussed.

Key words: runoff; sediment; soil accumulated place; residues place; simulated rainfall

葛铺煤矿工业场地位于岚县城南的岚河边, 由于煤矿开发过程中忽视了环境问题, 大量松散弃土弃渣堆置在沟坡、河道等位置, 造成严重的水土流失, 不仅给煤矿的发展带来了不可估量的损失, 而且对周边居民的生活造成了很大的影响。本文就葛铺煤矿弃土弃渣处修建径流小区, 对其侵蚀产沙规律进行了野外冲刷模拟实验研究, 并对其未来的水土流失防治措施进行了探讨。

1 研究区概况

1.1 地形地貌

葛铺煤矿工业场地位于岚县城南的岚河边。风井场地、弃土弃渣场、排矸场地、临时施工场地均位

于煤矿井田区, 属典型的黄土丘陵沟壑区。整个项目区地貌为黄土丘陵沟壑区, 海拔 800~1 200 m。项目区丘陵起伏, 沟壑纵横, 地形支离破碎, 据山西省水土保持规划资料, 土壤侵蚀模数大于 10 000 t/(km²·a), 根据水土流失强度划分标准, 属黄土高原剧烈侵蚀区。

1.2 土壤与植被

根据成土因素、成土过程和土壤属性, 葛铺煤矿项目区的土壤类型主要为灰褐土, 沙粒含量较高, 通透性好, 总体土壤肥力低下, 抗蚀性差, 加之干旱频繁, 植被覆盖度低, 水土流失严重。项目区植被属暖温带干旱草原植被类型。由于干旱的原因, 植被稀

^{*} 收稿日期: 2007-03-28 修稿日期: 2007-06-10
基金项目: 中国西部现代荒漠化技术集成研究与示范(863 计划)(2004AA649380)
作者简介: 景峰(1983-), 男, 硕士, 主要研究方向: 水土保持与荒漠化防治。E-mail: panda-0356@163.com

疏,主要人工树种有杨树、刺槐等用材林和红枣、苹果、梨等经济林,天然灌木以沙棘、虎榛子、黄刺梅为主,天然草本以艾蒿、黄花蒿、米芑蒿为主,天然植被覆盖度 20%~40%。

1.3 水文状况

项目区地表水系属汾河水系。岚河是汾河的一级支流,距煤矿工业场地北段不足 100 m,是项目区最主要的地表水资源。汛期 7,8 两个月,占年降水量的 47.1%,且会出现短历时暴雨,降雨历时 10 h 以上的出现次数占 7%,3~10 h 占 27.0%,3 h 以下的占 66%。暴雨平均强度 10~20 mm/h 的出现次数占 32.2%,大于 20 mm/h 的占 9.7%,小于 10 mm/h 的占 58.1%。

1.4 气候特征

岚县属暖温带大陆性季风气候,冬季受西伯利亚高原冷气团控制,夏季受海洋季风影响,冬季寒冷少雪,春季干燥多风,夏季炎热多雨,秋季凉爽短暂。据县气象站多年观测资料表明岚县年平均气温 8.5℃,极端最高气温 38.5℃,极端最低气温 -28.3℃。年平均风速 1.0~2.5 m/s,最大风速 27 m/s,主导风向为西北风。多年平均降水量 450 mm。

1.5 社会经济

葛铺煤矿矿区涉及葛铺、曲立 2 个行政村,总户数 343 户,总人口 1 267 人,耕地面积 277.1 hm²,人均 0.219 hm²。据调查,2002 年人均产粮量为 340 kg,人均纯收入 805 元(见表 1)。此地区离县城较近,便于经营小本买卖,经济状况较好。

表 1 煤矿项目区 2002 年社会经济情况调查表

序号	村名	户数	人口/ 户	耕地面积/ hm ²	人均产粮/ kg	人均 纯收入/元
1	葛铺	175	652	152.4	350	815
2	曲立	168	615	124.7	329	794

表 2 径流小区自然概况

径流小区号	土地利用类型	植被盖度/ %	土壤类型	坡度/°	坡向/°
1	耕地 15°	25	灰褐土	17	北偏 70
2	耕地 15°	25	灰褐土	17	北偏 70
3	堆土场 30°	0	黄土母质	30	北偏 330
4	堆土场 30°	0	黄土母质	29	北偏 300
5	堆土场 45°	0	黄土母质	44	北偏 95
6	堆土场 45°	0	黄土母质	43	北偏 95
7	弃渣场 30°	0	煤矸石及砂石	30	北偏 15
8	弃渣场 30°	0	煤矸石及砂石	31	北偏 20
9	弃渣场 45°	0	煤矸石及砂石	44	北偏 85
10	弃渣场 45°	0	煤矸石及砂石	43	北偏 95

1.6 堆土场及弃渣场

堆土场由采区土壤运输堆积而成,原来的土体和煤层上的覆岩层经过剧烈扰动混合后,以松散堆积状态,堆置在内外堆土场,形成人工巨型松散堆积地貌景观,相对高度 3~5 m,整体坡面稳定角 35°,平均容重 1.301 g/cm³,含水量 12.26%;弃渣场是由采区各种废弃物品组成,主要以煤矸石为主,相对高度为 20~25 m,整体坡面稳定角 41°左右,平均容重 1.409 g/cm³,含水量 6.2%。土壤容重经历了由表层到深层逐渐增大的过程。在耕地、堆土场和弃渣场相同土层深度之间进行比较,其排序为:弃渣场>堆土场>耕地。在耕地,不同深度的土层含水量各不相同,总变化规律为:表层少,随深度的增加含水量不断增大,至犁底层达到最大,此后又有所减少。而堆土场,由于土层相对均一,各层土壤含水量变化与耕地相比,变化不明显。弃渣场的土壤含水量变化规律是:表层(0~10 cm)较大,下层(10~40 cm)经历了一个由低到高含水量逐渐增加的过程。

2 研究方法

依据水土流失监测的规范及实地勘测,人工降雨试验小区设 30°和 45°堆土场,30°和 45°弃渣场及参照地块 15°耕地,5 个类型区,每种类型区各布设 2 个重复实验,共 10 个径流小区。以当地平均雨强 20 mm/h 为恒定雨强,观测 20 mm,30 mm,50 mm 不同降雨量在坡度分别为 30°和 45°左右的堆土场、弃渣场及耕地引起的水土流失情况;同时对不同的土地利用类型进行土壤水分和容重的测定,以期得出在不同时空情况下土壤侵蚀的背景值和扰动后的侵蚀量,通过比较和对照,为以后研究和治理土壤侵蚀提供必要的依据。

在设置径流小区时, 按照《水土保持监测技术》进行: 首先选择能代表区域环境特征的地段; 其次要考虑环境因素的极端情况, 以使设置的小区涵盖和适应各种情况^[2]。径流小区面积定为 2 m×6 m, 小区周边利用塑料布砖块围护, 下部设集流槽。先使用量筒测出收集到的径流量, 然后使用滤网将泥沙滤出, 晒干, 再进入烘箱进行烘干, 最后测出其重量即泥沙量。

在做人工降雨时, 从降雨量控制入手。在恒定雨强下, 对小区进行不同雨量的人工降雨。同时考虑到黄土高原降雨产生径流或冲刷主要是大雨以上的降水造成的, 一般小雨不会产生径流也不会产生冲刷。故确定对中雨、大雨和暴雨进行实验对比。首先用量筒较精确地量出每次雨型对应的雨量, 然

后使用自制降雨器对各个小区进行均匀降雨。
10 个径流小区自然概况调查具体见表 2。

3 分析及讨论

3.1 降雨量标准

由于水土保持的实际情况, 从控制降雨量入手, 根据降雨量来确定雨型^[3]。(见表 3)。

3.2 土壤侵蚀强度分级标准

土壤侵蚀强度是指地壳土壤在自然营力和人类活动综合作用下, 单位面积和单位时段内被剥蚀并发生位移的土壤侵蚀量, 根据侵蚀模数, 将土壤侵蚀强度分为微度, 轻度, 中度, 强度, 极强度, 剧烈 6 个级别^[4](见表 4)。

表 3 降雨量标准						
mm						
微雨	小雨	中雨	大雨	暴雨	大暴雨	特大暴雨
< 1	0~ 10	10~ 25	25~ 50	50~ 100	100~ 200	200 以上

表 4 侵蚀强度分级标准						
级别	微度	轻度	中度	强度	极强度	剧烈
侵蚀模数/ (t·km ⁻² ·a ⁻¹)	< 200, 500, 1000	(200, 500, 1000)~ 2500	2500~ 5000	5000~ 8000	8000~ 15000	> 15000
平均流失 厚度/mm	< 0. 15, 0. 37, 0. 74	(0. 15, 0. 37, 0. 74)~ 1. 9	1. 9~ 3. 7	3. 7~ 5. 9	5. 9~ 11. 1	> 11. 1

3.3 实验数据收集及整理

葛铺煤矿堆土弃渣地面组成物质与原状地貌截然不同, 整体为松散状, 径流向四处流动, 无固定流

路, 局部积水, 而且在弃渣场内还有土内径流现象产生。故在该地水蚀, 风蚀, 重力侵蚀等侵蚀类型均有可能发生^[6]。经过数据收集, 整理如下:

表 5 不同雨型及小区下的径流量和泥沙量						
径流小区号	中雨(20 mm)		大雨(30 mm)		暴雨(50 mm)	
	径流量/ ml	泥沙量/ g	径流量/ ml	泥沙量/ g	径流量/ ml	泥沙量/ g
1	0	0	1670	63. 9	11960	510. 0
2	0	0	2200	90. 0	10150	570. 1
3	1560	357. 5	2650	1040. 5	7600	4380. 0
4	1340	351. 2	2490	994. 3	8060	4590. 0
5	1960	454	3000	1580. 0	9100	5430. 0
6	1750	392. 8	2920	1435. 9	8520	5375. 4
7	1020	119. 8	3250	361. 4	5340	604. 0
8	1100	131. 6	3410	345. 6	5170	559. 0
9	1320	201. 5	3730	495. 4	6460	816. 0
10	1400	179. 7	3770	467. 5	6570	888. 3

由表 5 推出耕地、堆土场(30°和 45°)、弃渣场(30°和 45°) 这 5 种小区的平均径流量和平均泥沙量(见表 6)。

3.4 结果分析

在降雨初期, 降雨对地表物质具有分选作用, 首先将较为细小的沙土和小砾石溅起冲走, 随着降雨

的进行,较大的砾石逐渐失去支撑,在溅蚀和重力侵蚀的共同作用下,逐渐崩塌脱落,并顺坡面径流而下。葛铺煤矿的堆土场与弃渣场表面松散的物质为

本次试验提供了丰富的径流和泥沙来源,因此相比耕地,所产生的径流泥沙量较大,为当地造成了严重的土壤侵蚀^[7]。

表 6 不同雨型下各小区的平均径流量与泥沙量

径流小区号	中雨(20 mm)		大雨(30 mm)		暴雨(50 mm)	
	径流量/ml	泥沙量/g	径流量/ml	泥沙量/g	径流量/ml	泥沙量/g
耕地	0	0	1935	76.95	11055	540.1
堆土场 A	1450	354.4	2570	1017.4	7830	4485.0
堆土场 B	1855	423.4	2960	1508.0	8810	5402.7
弃渣场 A	1060	125.7	3330	353.5	5255	581.5
弃渣场 B	1360	190.6	3750	481.5	6515	852.2

注: A- 坡度为 30° 的小区; B- 坡度为 45° 的小区

3.4.1 不同下垫面在不同流量下的泥沙量

由表 6 可以明显地发现堆土场、弃渣场在经过降雨后所产生的泥沙量与耕地所产生的差异极显著,尤其是在暴雨情况下,堆土场产生的泥沙量远远大于耕地。中雨量情况下,耕地的泥沙量很少,几乎不受到侵蚀,堆土场和弃渣场的泥沙量也不大,随着雨量的加大,3 个地区的泥沙量逐渐增大,其中堆土场的增幅最大,弃渣场的增幅最小。3 地的泥沙量的排序为:堆土场> 弃渣场> 耕地。这主要是由 3 个地点的物质构成不同引起的。耕地土壤富含有机质,其土壤物理性状较好,颗粒间的粘结力强,土壤抗蚀性与抗冲性好,不易被侵蚀^[8];堆土场主要组成物质为黄土,整体为松散状,颗粒间基本已无粘结力,抗蚀性与抗冲性很差,故侵蚀量最大;弃渣场的物质主要为煤矸石及砂石,较之堆土场其颗粒大而且粗,所以,径流产沙量较之堆土场,相对要小些。同时,坡度也对泥沙量的大小有一定的影响,随着坡度的增加,泥沙量随即增加,因此坡度的治理不可忽视。

3.4.2 不同下垫面在不同流量下的径流量变化

由表 6 可以发现堆土场、弃渣场在经过降雨后所产生的径流量与耕地所产生的差异极显著,尤其是在中雨情况下,耕地几乎不产生任何径流。随着降雨量的增加,径流量逐渐增大。其中耕地在中雨和大雨时径流量都很小,暴雨时的径流量突然增大,为三者最大,这是由于在降雨初期,耕地的土壤物质物理性状较好,能较好的吸收降雨,此时径流的产生主要依靠超渗产流,当降雨量逐渐增大为暴雨时,其田间持水量逐渐达到饱和,加上其表面呈糊状,严重阻碍水流的下渗,此时的径流产生已经由先前的超渗产流变为加剧的超渗产流和蓄满产流的结合,故径流量为三者中最大;弃渣场的物质主要为煤矸石及砂石,其颗粒组成相对来说要粗一些,结构中有较多的架空现象,入渗量较大,径流产生主要为超渗产流,故其径流量增幅为三者中最小;堆土场在中雨、大雨、暴雨情况下的径流量都很大,是因为其整体为

松散状,在降雨初期,由于溅蚀坡面变为糊状,导致其下渗能力大大减弱的原因^[9]。同时,坡度也与径流量成正比,随着坡度的增加,径流量也随之增加。

4 结 论

(1) 本文利用降雨量标准,侵蚀强度分级标准等理论对实验所得数据进行了讨论与分析,并得出相应的结果,径流与泥沙的产生规律基本相同。

(2) 随着降雨量的增加,3 种土地类型的径流量与泥沙量都呈增加趋势;并且随堆土场和弃渣场坡度的增加,径流量和泥沙量有增加的趋势,所以应重点治理坡度较大的堆土区和弃渣区,以防止因降雨特别是暴雨而形成的径流泥沙。

(3) 在 3 种土地类型中,通过对其径流泥沙量的探究,研究其治理方法,在切实可行的前提上,以恢复矿山植被为重点,以改善矿区生态环境;增强山区的生态涵养功能,实现可持续发展为目标。以最小的代价获取最大的效益。

5 思考与建议

通过实验,可以看出岚县葛铺煤矿需要进行水土流失防治工程^[10]。堆土弃渣防治以挡土墙等工程措施为主,同时采取土地整治和植被恢复相结合的综合防治措施。其中主要是植被恢复与重建技术,土地整治恢复(即土地复垦)等。

大型矿区开采带来的水土流失问题,因其涉及面广,且处在不断变化之中,成为矿区水土流失治理的巨大难题,所以如何处理好经济效益、安全保障与生态保护三者的关系,寻找最佳结合点是一个值得长期探索的重大课题^[11];与此同时,煤矿通过植被恢复与重建技术,建设成“工业生态旅游区”也是一个重大课题,应进行长期探索。鉴于该区植被破坏严重、堆土弃渣土壤贫瘠、水分缺乏的状况,建议要加大矿区植被恢复的小区试验研究,从中筛选合适的乔、灌、草、藤植物种类,提高植被恢复的成功率。

(下转第 73 页)

分布等;主题图层主要有:水系、渠系、水库、水电站、涵洞、渡槽等。在 supermap objects 中,通过矢量化这些地图以点、线、面数据集的形式在数据源中分层管理,每一图层包含地图的不同部分,相关数据集叠加在一起就组成了一个地图。地图对象又可以根据不同数据值(范围、独立值)进行渲染,或创建专题对象显示数据值。可以创建单值、分段、等级符号、点密度等专题图,其中统计专题图又包括面积图点状图、柱状图、三维柱状图等。

Supermap objects 把对地图的基本操作(放大、缩小、漫游、选择、全幅显示等)都封装在 Supermap 控件内,简化了操作。在应用操作中,只需要设置 Supermap 的 Action 属性状态,就可以进行相应操作。

(4)灌区供需水平衡分析功能。采用 COM 组件技术实现农业供需水预测及平衡分析模型与系统无缝集成,对灌区在不同典型年(降水情况)、不同保证率(来水)及不同灌溉方式(充分灌溉和非充分灌溉)组合情况下,预测农业可供水与需水以及它们之间的余缺量,在此基础上对水平年进行农业供需水平衡分析,揭示灌区农业供需水盈亏程序,以期对灌区水资源合理配置提供基础与依据。

3 结 论

(1)本系统探讨并实现了用 GIS 的方法管理水资源,以灌区水资源与农业供需水平衡分析为模型,运用组件式技术进行 GIS 的集成二次开发,将 SuperMap Objects 的核心控件作为 ActiveX 控件嵌入应用程序,通过调用对象的方法和设置其属性完成应用程序,实现宝鸡峡灌区水资源管理信息系统。

GIS 技术的引入,改变了传统的 MIS 仅有数据管理,报表输出信息的形式,提供了直观的查询方式,便捷的制图功能,并将水资源专业模型与系统集成,将灌区信息管理上升到决策系统,提高灌区管理智能。

(2)全球定位系统(GPS)采用距离交会法可以便于用户高速,高精度的求得所在地的三维坐标,遥感技术(RS)的发展为编制出诸如土壤类型,植被类型和地貌类型等反映水循环环境的各种专题图和获得诸如大气降水,云系分布等反映水循环状态的动态数据提供了可能^[6],而 GIS 的发展则为管理、处理、分析这些不同状态的,不同时空分布的资源动态数据提供了动态保证。3S 技术的结合为解决灌区水资源和水环境动态数据的管理,灌区的规划、管理、评价提供支持。

参考文献:

[1] 陶海冰,丁香阳. VB+ MapInfo 的 GIS 软件高级开发在兰江水文的应用[J]. 浙江工业大学学报, 2003, 31 (5): 562- 566.

[2] 陈锁忠,常本春,黄家柱. 水资源管理信息系统[M]. 北京: 科学出版社, 2006.

[3] 张行南,王晓航. 基于 GIS 的水资源综合规划信息管理系统数据库研究[J]. 南水北调与水利科技, 2006, 4 (2): 36- 38.

[4] 朱志良,陈东明. VB 与动态数据库[J]. 计算机系统应用, 1998, (12): 52- 53.

[5] 邱林,王文川,徐冬梅. GIS 在灌区水资源调度管理中的应用[J]. 华北水利水电学院学报, 2005, 26(3): 7- 9.

[6] 左其亭,王中根. 现代水文学[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2006.

(上接第 64 页)

参考文献:

[1] 李文银,王治国. 工矿区水土保持[M]. 北京: 科学出版社, 1996. 1- 2.

[2] 刘震. 水土保持监测技术[M]. 北京: 中国大地出版社, 2004. 56- 70.

[3] 马秀玲,刁瑛元,吴钟玲. 农业气象学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996. 65- 70.

[4] 张洪江. 土壤侵蚀原理[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003.

[5] 王礼先,朱金兆. 水土保持学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005. 280- 298.

[6] 王文龙,李占斌,等. 神府东胜煤田开发建设弃土弃渣冲刷试验研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 68- 71.

[7] 岳红光,曲艳杰. 用人工降雨法研究产生径流时间[J]. 吉林水利, 1998, (11): 12- 14.

[8] 林大仪. 土壤学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002. 96- 101.

[9] 刘俊民,余新晓. 水文与水资源学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003. 56- 57.

[10] 王礼先. 水土保持工程学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003. 68- 70.

[11] 陈善沐. 紫金山大型铜金矿动态开采水土保持措施补充整合探讨[J]. 水土保持学报, 2004, 18(4): 196- 189.