

降雨侵蚀力对露天矿排土场边坡水土流失的影响研究

吴丽萍¹, 郑海峰², 吴国玺¹, 张铁毅², 王铁军¹, 董 宏²

(1. 内蒙古自治区水利科学研究院, 内蒙古 呼和浩特 010050;

2. 神华准格尔能源有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯 010300)

摘 要:降雨侵蚀力反应降雨引起的土壤侵蚀潜在能力,是水土保持研究中的主要指标之一。以露天煤矿排土场不同覆盖类型边坡为研究对象,分析了日降雨侵蚀力与边坡侵蚀的关系。结果表明,从控制坡面径流深来看,降雨侵蚀力的作用受到了乔灌木和灌木配置的显著影响,其产生的坡面径流仅为对照区的 42.9%和 52.6%。从控制坡面侵蚀量来看,三种植物配置措施都具有显著减少功能,土壤侵蚀量仅为对照区的 2.3%~6.7%。降雨侵蚀力与边坡水土流失量存在线性正相关,其中坡面径流深对降雨侵蚀力的响应快于土壤侵蚀量。

关键词:降雨侵蚀;径流深;侵蚀量;露天矿排土场;半干旱地区

中图分类号:S157 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0852(2018)04-0001-05

1 引言

降雨侵蚀力反映了由降雨引起的土壤侵蚀潜在能力,是构建水土流失预测模型的最基本因子之一^[1]。其特点是通过定义减少了雨量小、频次高的小降水事件干扰,便于在水土流失地区进行预判分析^[1,2]。从相关的研究特点来看,以降水侵蚀力时空分布、影响因素及对植被分布的影响等较多。如,殷水清等^[3]通过对降雨侵蚀力空间插值分析,指出黄土高原降雨侵蚀力由东南向西北递减趋势;信忠保等^[4]研究了近 50a 黄土高原侵蚀性降水的时空变化特征,得出引起变化的主要原因在于夏季风变化的影响;李静等^[5]从地貌类型的角度研究了降水侵蚀力空间分布,解释了地形再分配的影响机制。黑岱沟露天煤矿位于黄土高原核心区域,采煤过程中剥离堆积的排土场成为影响矿区及周边地区环境的主要源区之一^[6-8]。由于排土场堆积过程有严格设计,标准的平台和边坡坡度控制以及植物治理措施,使其成为区域水土流失研究的量化验证对象^[7,9]。从引起的水土流失问题来看,研究主要集中在两个方面:一是针对排土堆的侵蚀与产沙规律、平台与边坡土壤侵蚀

特征等开展的研究^[9,10];二是针对排土场堆积平台和边坡的工程堆积体物理力学性质和边坡稳定性等方面进行研究^[11,12]。在这些研究中,排土场平台或边坡的性质被予以了高度关注并有较多的研究结果,但是有关降雨侵蚀力对排土场边坡水土流失影响的研究相对较少,有些研究涉及到了植被与降雨侵蚀力的关系,但也对植物配置对降雨侵蚀力响应涉及较少^[9]。

因此本文在已有研究的基础上,选取不同植被配置类型的排土场边坡为研究对象,分析降雨侵蚀力对其的影响,拟验证的关键问题是降雨侵蚀力变化和不同植物配置与边坡水土侵蚀的量化关系,为干旱、半干旱地区大型露天矿区排土场基于水土流失控制的人工植被恢复最佳模式选择提供依据。

2 研究区概况与研究方法

2.1 研究区概况

研究区位于内蒙古自治区鄂尔多斯市准格尔旗东部的黑岱沟露天煤矿。地理坐标为 111°10'~111°25'E, 39°25'~39°59'N,面积 55km²(见图 1)。气候属于中温带半干旱大陆性气候,年平均气温为 5.3~7.6℃;多年

收稿日期:2017-05-08

基金项目:神华集团科技创新项目(SHJT-04-02-5)

作者简介:吴丽萍(1961-),女,内蒙古呼和浩特人,研究员,本科,主要从事水土保持与生态恢复研究。E-mail: huanpingwlp@126.com

平均降水量 408mm,其中 60%~70%集中在每年的 7~9 月;年蒸发量为 1 824.7~2 896.1mm。研究区内非地带性土壤(黄绵土)分布广泛,其中粉粒占 64%~73%,粘粒占 17%~20%。优势植物以油松(*Pinus tabulaeformis*)、柠条(*Caragana intermedia*)、山杏(*Armeniaca sibirica*)和无芒雀麦(*Bromus inermis*)等人工引进种为主,裸露边坡以铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*)和白藜(*Chenopodium album*)等当地植物为主。

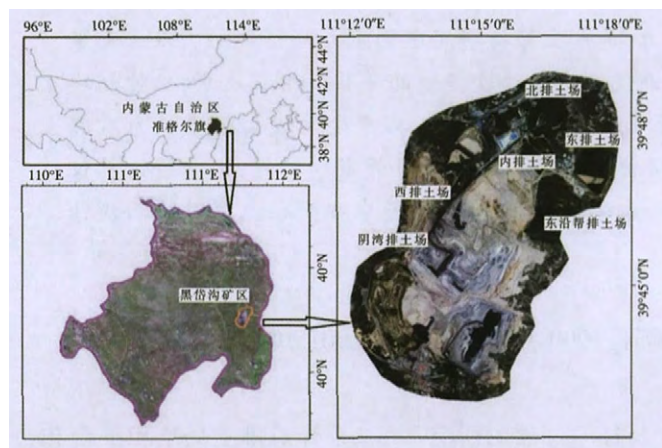


图 1 研究区位置图

Fig.1 The location of the study area

黑岱沟露天煤矿于 1992 年建成投产。在开采过程中矿区共设有北排土场、东排土场、东沿帮排土场、阴湾排土场、西排土场和内排土场 6 处(见图 1)。排土场标高分布在 1 200~1 320m 之间。在排土场治理过程中主要以防治水土流失为目标,采用乔、灌、草多种组合。采用的植物种有油松、山杏、柠条、无芒雀麦、沙打旺(*Astragalus adsurgens*)和紫花苜蓿(*Medicago sativa*)等。本文实验布置在北排土场,该小区从 1995 年开始治理,到 2003 年完成,累计完成治理面积 147.96hm²。未治理对照区设在阴湾排土场。

2.2 研究方法

2.2.1 径流小区设置与观测

径流小区设置在北排土场的西坡面(1993 年开始植被恢复),径流对照区设置在阴湾排土场(见图 1)。在每种植被类型和对照区上设长 20m、宽 5m 径流小区 3 个,共 12 个。每个小区用 PVC 板材做隔离材料,在坡面下方平台修汇水池并配有塑料遮布。为了与气象站日降水数据对应,在径流小区入池口设分流调节阀,如降水过程超过晚 24 点,则关闭入池阀,打开侧阀将径流小区水量排到池外,同时用塑料遮布盖住汇水

池。在汇水池最低处设排水口,一次降水过程测定后,将水、泥沙排干。

实验是在 2014 年和 2015 年的 5~10 月份进行观测(排除降雪干扰),期间如果发生连日降水事件,则只选择最完整一天的测定数据参与分析。

2.2.2 边坡特征与植被配置

排土场堆积有严格的标准,每一堆积层高 15m,边缘留 15m 水平平台,坡面坡度控制在 35°(±1°)。排土场经过 2~3 年的重力沉积后开始植物治理,由于采用严格的工程施工管理,不同坡向在植被建设和工程施工中没有区别。在本文选定的北排土场植物治理 22 年形成了稳定边坡面植被层。对照区设立在阴湾排土场,经过了 2 年的重力沉积。

植物治理坡面包括了乔木(油松)+灌木(山杏)+草本(无芒雀麦)模式、灌木(山杏)+草本(无芒雀麦)模式和单一草本(无芒雀麦)模式。其中,乔木和灌木的造林密度为 3m×3m,行间种草垄距为 0.4m,共 6 垄;单一草本垄距都为 0.4m。经过 22 年治理 3 种植物配置坡面植被盖度都达到了 75%以上,加之地表枯落物积累几乎没有裸露地面。对照区坡面为重力沉积后的裸坡有少量的铁杆蒿、白藜生长,植被盖度<1%。

2.2.3 降雨侵蚀力

在降水导致的土壤侵蚀研究中,地形、土壤、植被、降水等是研究中考虑的关键因子。在本文实验中,研究区集中在很小范围内且经过标准化排土堆砌,地形、土壤类型基本一致,所不同的是植被和降雨量的差异。因此,选取不同人工植被类型和日降雨侵蚀力指标进行分析。降雨侵蚀力计算:

$$R_i = \alpha \sum_{n=1}^m (P_n)^\beta \quad (1)$$

$$\alpha = 21.586 \cdot \beta^{-7.1891} \quad (2)$$

$$\beta = 0.8363 + 24.455 \cdot P_{y12}^{-1} + 18.144 \cdot P_{d12}^{-1} \quad (3)$$

式中: R_i 为第 i 个月时段的降雨侵蚀力值 ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$); $n=1, 2, \dots, m$, 为某个时段内的侵蚀性降雨天数(本文指每年 5~10 月); P_n 为时段内第 n 天的侵蚀性降雨量,侵蚀性降雨指日降雨量 $\geq 12\text{mm}$ 的降雨,若日降雨总量不足 12mm,则以 0mm 计算; α 与 β 为模型参数; P_{y12} 为日降雨量 $\geq 12\text{mm}$ 的多年平均雨量(本文采用 2000 年~2015 年平均值); P_{d12} 为日降雨量 $\geq 12\text{mm}$ 的日平均雨量(一年中侵蚀性降雨的日雨量总和与对应日数的比值)。利用上式可直

接估算日降水量超过 12mm 的降雨侵蚀力值。

日降雨量数据选用距黑岱沟最近的薛家湾气象站数据,坡面土壤侵蚀状况采用径流深(mm)和土壤侵蚀量(kg/m²)2 个参数来进行分析。不同治理措施对之间的显著性差异分析采用 ANOVA 方法在 SPSS 中完成。

3 研究结果

3.1 降水量与侵蚀性降水量日变化

在观测期内,2014 年发生降水为 64d,2015 年为 60d(见表 1)。

表1 研究期间降水统计学特征
Table1 The statistic characteristics of the rainfall during the study period

年份	<5mm	5~10mm	10~25mm	>25mm	合计	>12mm
降水天数	37	14	12	1	64	10
2014 累积 降水量	52.1	102.5	207.8	35.8	398.2	147.7
侵蚀监测 天数	3	9	10	1	23	10
降水天数	44	8	7	1	60	8
2015 累积降水量	56.4	61	115.6	32.1	265.1	211.5
侵蚀监测天数	3	5	7	1	15	8

从发生侵蚀性雨量(>12mm)天数来看(见表 1),2014 年和 2015 年分别为 10d 和 8d,累积侵蚀性雨量分别为 211.5mm 和 147.7mm。其中,在 2014 年 6 月 24~25 日、8 月 12~13 日、9 月 22~23 日和 2015 年的 6 月 28~29 日、9 月 29~30 日发生了连续降水事件,因此

在上述时段只选择最完整一天的测定数据参与分析。在二年的监测中共获得有效天数为 38d(见表 1),侵蚀性降雨量的有效观测共 16d(次)。此外,对大于 12mm 降雨量与对应的降雨侵蚀力 ANOVA 分析表明,二者之间没有差异(Sig.<0.001),且关联系数为 0.993。说明采用降雨侵蚀力替代降水量具有极高可靠性。

3.2 降雨侵蚀力与边坡土壤侵蚀的关系

从降雨侵蚀力与边坡径流的关系来看(见表 2),植物坡面治理对侵蚀性降雨所引发的径流具有明显的减少功能。从效果来看,乔灌木配置效果最好,灌木次之,单一草本相对最低,分别是对照边坡的 49.58%、56.56%和 65.92%。ANOVA 分析表明,除对照边坡与草本覆盖边坡径流深之间没有显著性差异($P=0.002$)外,与其它 2 种类型都有显著性差异;三种植物措施治理的边坡之间没有显著性差异,它们的 P 值最小也为 0.032。

表2 不同人工植物配置边坡土壤侵蚀特征
Table2 The soil erosion characteristics of the slope with different artificial vegetations

		对照	乔灌木	灌木	草本
径流深 /mm	最小值	2.98	1.80	1.88	3.00
	最大值	12.56	6.22	7.09	8.40
	累积值	119.01 ^a	59.00 ^{bcd}	67.31 ^{bcd}	78.45 ^{abcd}
侵蚀量 /kg·m ⁻²	最小值	2.54	0.03	0.04	0.12
	最大值	4.19	0.11	0.13	0.37
	累积值	52.79 ^a	1.13 ^{bc}	1.23 ^{bc}	3.85 ^d

注:表中累计值上角字母有相同者,表示二者无显著性差异($P>0.001$)。

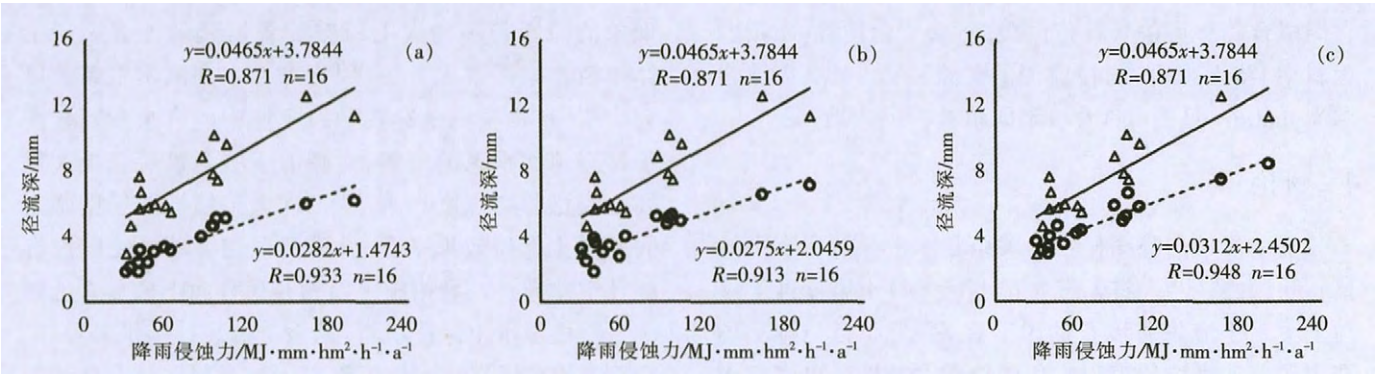


图 2 日降雨侵蚀力与坡面径流深的关系(a,乔木+灌木+草本;b,灌木+草本;c,草本;图中实线为对照,虚线为不同植物措施,下同)
Fig.2 The relationship between the daily rainfall erosivity and runoff deep at the slope (a. tree with shrub and grass; b. shrub and grass; c. grass)

进一步的降雨侵蚀力与边坡土壤径流深的趋势分析表明(见图 2),在不同类型覆盖类型边坡二者之间都有较好的线性关系。从 R 值显著性检查结果明显可

以看出,在研究期间侵蚀性降雨量的有效观测数据共 16d(次),则 R 在 0.001 水平上的阈限值为 0.742,都小于图 2 中拟合回归方程 R 值,说明拟合趋势可信。从

变化趋势特点(回归方程斜率)来看,对照边坡斜率为 0.047(见图 2a),大于 3 种植物治理边坡;其中,乔灌木

与灌木边坡的变化斜率基本相同,都约为 0.028(图 2b、c),单一草本治理边坡略高,斜率为 0.031(图 2c)。

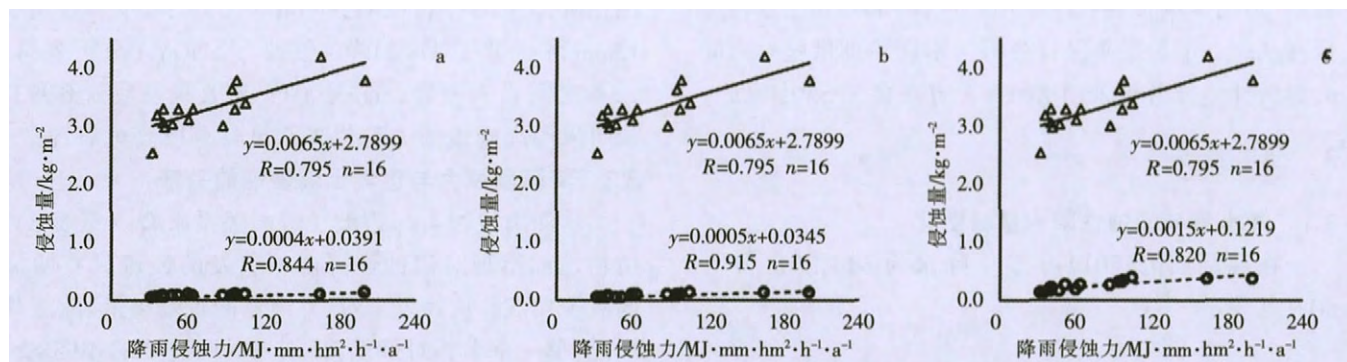


图3 日降雨侵蚀力与坡面土壤侵蚀量的关系

Fig.3 The relationship between the daily rainfall erosivity capacity and soil erosion amount at slope

从减少土壤侵蚀量的效果来看(见表2),不同治理措施分别为对照边坡的 2.14%(乔灌木)、2.33%(灌木)和 7.29%(单一草本),说明各种植物治理措施都有极显著的减弱降雨侵蚀力功能。此外,ANOVA 分析表明对照边坡与其它 3 种植物治理边坡都存在显著性差异($P < 0.001$);在不同措施中,同样表现为灌木治理与乔灌木治理边坡之间没有显著性差异($P = 0.499$)。所以从减缓降雨侵蚀力的角度来看,乔灌木和灌木配置是优先选择。如果考虑成本,灌木是首选。因为其与乔灌木配置没有显著性差异。

对降雨侵蚀力与边坡土壤侵蚀量关系的进一步分析表明(见图3),在对照和不同植物措施治理边坡中,二者之间同样有较好的线性关系。从 R 值显著性检查结果来看($R_{0.001,14} = 0.742$),都小于图3中的 R 值,说明它们拟合趋势可信且置信度极高。从变化趋势(回归方程斜率)特点来看,与径流深的关系一致,对照边坡斜率为 0.0065(见图3a)大于不同植被治理边坡。

4 讨论

土壤侵蚀与降雨侵蚀力关系是水土保持研究中的核心问题之一^[3,4]。露天煤矿排土场边坡土壤侵蚀不仅与土壤水土流失所涉及的因子有关^[7,10],而且与排土场堆积平台和边坡的工程堆积物物理力学性质也密切相关^[8,12]。特别是人工植物配置减缓降雨侵蚀力作用,不仅对露天煤矿排土场环境治理具有重要意义,而且对于水土保持工程和流域治理所产生的生态效益分析和区域水土流失机理研究提供了极好的场所^[13,14]。

从降水雨量和降雨侵蚀力的发生天数分布特点来

看,在黑岱沟露天煤矿年降雨天数在 60~64d(见表1),其中达到侵蚀性降雨量($>12\text{mm}$)天数在 8~10d,占降雨量发生天数的 13.3%~15.6%。虽然 2 年中侵蚀性降雨量发生次数所占比例较低,但是从降雨量来看具有较高的比例,大于 12mm 的降雨量分别为 211.5mm 和 147.7mm,分别占年降水量的 48.0%和 50.75%。此外,从产生土壤径流和侵蚀的降雨量天数($>5\text{mm}$)来看以 10~25mm 为主,发生概率在 43.0%~43.5%;其次为 5~10mm,在 33.3%~39.2%;而大于 25mm 降雨量每年只发生了 1 次(见表1)。

从降雨侵蚀力导致的排土场边坡水土流失特征来看,乔灌木配置边坡具有最佳减少边坡径流深和土壤侵蚀的功能,趋势方程斜率在二组关系中(见图2、3)都最小,灌木配置边坡次之,单一草本最低。导致这种现象的原因与不同人工植被配置引起的土壤表层土体被植物根系改变有关,因为对乔木和灌木根系的研究表明,植物根系的存在导致土壤中的含水量明显高于没有植物根系的土壤,而高的土壤含水量会极大提高土壤抗剪强度^[15-16]。从不同人工植被配置措施之间的水土保持效果来看,乔灌木区与灌木区之间没有统计学差异,二种措施可以相互代替而不会显著地影响人工植被水土保持功能。从表2的统计结果来看,单一草本治理区在坡面径流深方面与对照区没有显著差异(相差 40.56mm,占对照区的 65.92%),但在土壤侵蚀量方面存在显著差异(相差 48.94 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$,占对照区的 7.29%)。所以露天矿排土场如果承担向下游地区提供水源的功能,则单一草本治理是优先选择;因为其比乔灌木和灌木区分别多增加径流深 19.45mm 和

11.14mm, 而坡面土壤侵蚀量仅分别增加了 2.72kg/m² 和 2.62kg/m²。

从降雨侵蚀力对排土场边坡径流深和土壤侵蚀量影响的比较来看(见图 2、3), 在对照、乔灌木和单一草边坡, 降雨侵蚀力对坡面径流深的关系要比坡面土壤侵蚀量密切(R 值偏大); 而在灌木区, 降雨侵蚀力对上述二个指标的相差无几(分别为 0.913 和 0.915)。产生这种差别的原因同样与植物根系对土壤抗剪切力重塑有关^[16]。

5 结论

在半干旱草原区露天矿排土场, 降雨侵蚀力导致的水土流失过程受到不同植被配置方式的显著影响。

(1) 从控制坡面径流深来看, 降雨侵蚀力的作用受到了乔灌木和灌木配置的显著影响, 其产生的坡面径流仅为对照坡面的 42.9% 和 52.6%。

(2) 从控制坡面侵蚀量来看, 三种植物配置措施都能显著减少降雨侵蚀力产生的水土流失现象, 土壤侵蚀量仅为对照的 2.3%~6.7%。

(3) 在 4 种坡面类型中, 降雨侵蚀力与坡面径流深拟合直线的斜率大于其与土壤侵蚀量的斜率, 说明坡面径流深对降雨侵蚀力的响应快于土壤侵蚀量。

参考文献:

- [1] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning[M]. Agriculture Handbook, 1978:537.
- [2] 谢云, 章文波, 刘宝元. 用日雨量和雨强计算降雨侵蚀力[J]. 水土保持通报, 2001,21(6):53-56.(XIE Yun, ZHANG Wenbo, LIU Baoyuan. Rainfall erosivity estimation using daily rainfall amount and intensity[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2001,21(6):53-56. (in Chinese))
- [3] 殷水清, 谢云. 黄土高原降雨侵蚀力时空分布 [J]. 水土保持通报, 2005,25(4):29-33. (YIN Shuiqing, XIE Yun. Spatial variations and seasonal distributions of rainfall erosivity on Loess plateau [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2005,25(4):29-33. (in Chinese))
- [4] 信忠保, 许炯心, 马元旭. 近 50a 黄土高原侵蚀性降水的时空变化特征[J]. 地理科学, 2009,29(1):98-104. (XIN Zhongbao, XU Jiongxin, MA Yuanxu. Spatio-temporal variation of erosive precipitation in Loess plateau during past 50 years [J]. Scientia Geographica Sinica, 2009, 29(1):98-104. (in Chinese))
- [5] 李静, 刘志红, 李锐. 黄土高原不同地貌类型降雨侵蚀力时空特征研究[J]. 水土保持通报, 2008,28(3):124-127. (LI Jing, LIU Zhihong, LI Rui. Temporal and spatial characteristics of rainfall erosivity with different geomorphology types on the Loess plateau[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2008,28(3):124-127. (in Chinese))
- [6] 冯建宏. 我国露天煤矿开采环境问题及防治对策研究 [J]. 中国矿业, 2002,11(6):61-64.(FENG Jianhong. Study on environmental problems raised by China's open cut coalmine mining and prevention & mitigation measures [J]. Mining of China, 2002,11(6):61-64. (in Chinese))
- [7] Peng Xudong, Shi Dongmei, Jiang Dong, et al. Runoff erosion process on different underlying surfaces from disturbed soils in the three gorges reservoir area, China[J]. Catena, 2014,123:215-224.
- [8] 史东梅, 蒋光毅, 彭旭东, 等. 不同土石比的工程堆积体边坡径流侵蚀过程[J]. 农业工程学报, 2015,31(17):152-161. (SHI Dongmei, JIANG Guangyi, PENG Xudong, et al. Runoff erosion process on slope of engineering accumulation with different soil-rock ratio[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015,31(17):152-161. (in Chinese))
- [9] 陈海迟, 丁占强, 杨翠林. 降雨特性与排土场边坡水力侵蚀的关系[J]. 内蒙古农业大学学报, 2011,32(2):103-108.(CHEN Haichi, DING Zhanqiang, YANG Cuilin. Rainfall characteristics and dump slope relationship between water erosion [J]. Journal of Inner Mongolia Agriculture University, 2011,32(2):103-108. (in Chinese))
- [10] 张乐涛, 高照良, 李永红, 等. 模拟径流条件下工程堆积体陡坡土壤侵蚀过程[J]. 农业工程学报, 2013,29(8):145-153. (ZHANG Letao, GAO Zhaoliang, LI Yonghong, et al. Soil erosion process of engineering accumulation in steep slope under simulated runoff conditions [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013,29(8):145-153. (in Chinese))
- [11] Fredlund DG, Krahn J. Comparison of slope stability methods of analysis[J]. Canadian Geotechnical Journal, 1977,14(3):429-439.
- [12] 李树武, 聂德新, 刘惠军. 大型碎屑堆积体工程特性及稳定性评价[J]. 岩石力学与工程学报, 2006,25(2):4126-4131. (LI Shuwu, NIE Dexin, LIU Huijun. Engineering property of a large-scale elastic accumulation body and its stability evaluation [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2006,25(2):4126-4131. (in Chinese))
- [13] 李学勤, 管延海. 浑江中上游流域水土流失变化规律分析[J]. 水资源保护, 2011,27(6):67-78. (LI Xueqin, GUAN Yanhai. Analysis of changes of soil and water losses in middle and upper reaches of Hunjiang basin[J]. Water Resources Protection, 2011,27(6):67-78. (in Chinese))
- [14] 张洪波, 俞奇骏, 王斌, 等. 径流还原计算中淤地坝拦蓄水量还原计算方法 [J]. 水文, 2016,36(4):12-18. (ZHANG Hongbo, YU Qijun, WANG Bin, et al. Calculation method for impounded water by warping dam in natural runoff calculation [J]. Journal of China Hydrology, 2016,36(4):12-18. (in Chinese))
- [15] Roering J J, Schmid K M, Stock J D, et al. Shallow land sliding, root reinforcement, and the spatial distribution of trees in the Oregon coast range[J]. Canadian Geotechnical Journal, 2003,40:237-253.
- [16] Abdi E, Majnounian B. Quantifying the effects of root reinforcement of Persian Ironwood (Parrotia persica) on slope stability; a case study: hillslope of Hyrcanian forests, northern Iran[J]. Ecological Engineering, 2010,(36):1409-1416.

(下转第 24 页)

- LONG Cuilin. A study on water-holding capacity of litter layer of different Karst vegetations in the central region of Guizhou province [J]. *Journal of Southwest University (Natural Science)*, 2009,31(8):98-102. (in Chinese))
- [21] 吴鹏,崔迎春,丁访军,等. 茂兰喀斯特森林主要演替群落枯落物的水文特性[J]. *林业科技开发*, 2012,26(5):62-66. (WU Peng, CUI Yingchun, DING Fangjun, et al. Study on hydrological characteristics of litter in major successional communities in the Maolan nature reserve of Karst areas [J]. *Forestry Science and Technology Development*, 2012,26(5):62-66. (in Chinese))
- [22] 孙佳美,余新晓,李瀚之,等. 模拟降雨下枯落物调控坡面产流产沙过程及特征研究[J]. *水利学报*, 2017,48(3):341-350. (SUN Jiamei, SHE Xinxiao, LI Hanzhi, et al. Runoff and sediment yield process and characteristics research on litter slopes in simulated rainfall[J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2017,48(3):341-350. (in Chinese))
- [23] 张芝萍,杨均科,胡海波. 人工降雨条件下毛竹林地表枯落物固土防蚀效应[J]. *林业科技开发*, 2012,26(2):68-71. (ZHANG Zhiping, YANG Junke, HU Haibo. Soil erosion resistant and water resorting of bamboo forest litters under simulation rainfall conditions[J]. *China Forestry Science and Technology*, 2012,26(2):68-71. (in Chinese))

Influence of Litter Coverage on Surface Runoff and Soil Erosion in Karst Area

ZHOU Qiuwen, LI Xuan, GUO Xingfang

(School of Geography and Environment Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract: The influence of litter coverage on surface runoff and soil erosion are significant, but the characteristics of this in the Karst area are not yet clear. By doing indoor artificial simulated rainfall experiment with taking quality of litter layer and rain intensity as its influencing factors, the influence of litter layer on surface runoff and soil erosion in Karst area were studied. The results show that: (1) In the case of no litter coverage, there are no surface runoff. When rain intensity is 40 mm/h and there are surface runoff with other higher rain intensity; And, with the increase of rain intensity, the initial runoff time advance and surface runoff and sand producing both increased. (2) In the case of there are litter coverage, the initial runoff time delay. When rain intensity is 40 mm/h, litter coverage influence initial surface runoff significantly, but the influence become less obvious when rain intensity become higher. (3) The effect that litter cover reduce soil erosion is significant. When rain intensity is 90 mm/h, the efficiency of litter protecting sand is about 99%, and which is 94% when rain intensity is 140 mm/h. These results suggest that litter coverage in Karst area plays an important role in delaying surface runoff and reducing soil erosion.

Key words: litter; surface runoff; soil erosion; Karst area

(上接第 5 页)

Influence of Rainfall Erosivity on Soil Loss in Slope Dump of Opencast Colliery

WU Liping¹, ZHENG Haifeng², WU Guoxi¹, ZHANG Tieyi², WANG Tiejun¹, DONG Hong²

(1. *Water Conservancy Science Research Institute of Inner Mongolia, Hohhot 010050, China;*

2. *Shenhua Group Zhungeer Energy CO., LTD, Erdos 010300, China)*

Abstract: Rainfall erosivity, which stands for potential ability of soil erosion inducing by rainfall, is one of the major indicators in the water and soil conservation study. For best understanding the effects of the different artificial vegetation restoration methods on the side slope of mine dump, this paper analyzed the relation between slope erosion and rainfall erosivity. The results show that the erosivity was significantly influenced by trees with shrub and grass and the shrub with grass, and slope runoff depth were 42.9% and 52.6% of the contrast plots respectively. Three collocations had significantly decreased the effect and the amount was 2.3%-6.7% of that in the contrast plot. There was a positive correlation between the erosivity and the runoff and the amount, and the runoff response to the erosivity changing was more quickly than the amount.

Key words: rainfall erosivity; runoff depth; soil erosion amount; dump of opencast colliery; semi-arid area