
研究
简
报

阜新煤矿区次生裸坡土壤抗冲性动态变化

潘德成¹, 李海燕², 吴祥云², 宋品玉³, 邓春晖⁴, 齐鹏春¹, 张丹丹²

(1. 辽宁省水土保持研究所, 辽宁 朝阳 122000; 2. 辽宁工程技术大学 资源与环境工程学院, 辽宁 阜新 123000; 3. 阜蒙县农业综合开发办公室, 辽宁 阜新 123100; 4. 辽宁省朝阳市科技情报研究所, 辽宁 朝阳 122000)

摘要: 为探讨煤矿区次生裸坡的稳定性, 采用径流含沙量和土壤抗冲系数分析方法, 对阜新孙家湾煤矸石山的 6 个典型坡面的表层土壤进行了抗冲性试验。结果表明, 矿区次生裸坡不同坡向、不同坡位的径流含沙量和土壤抗冲系数存在较大差异, 且均存在一定的动态变化规律。在土壤冲刷过程中, 初始径流含沙量均较大, 之后呈规律性骤减, 并逐渐趋于稳定。与对照样地相比, 矿区次生裸坡的总径流含沙量少, 但衰减速度较快, 至冲刷第 2 min 后基本趋于稳定。不同样地径流含沙量与时间之间显著服从于幂函数关系; 土壤抗冲系数的变化是随着冲刷时间的延长呈现出先缓慢后快速增大趋势, 且前 10 min 的抗冲系数表现为: 矿区次生裸坡 > 对照样地。不同样地的土壤抗冲系数与时间之间显著服从于指数函数关系。

关键词: 煤矿区; 次生裸坡; 抗冲系数; 动态变化

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)06-0203-04

中图分类号: S152.4, S157.1

Dynamic Changing on Soil Anti-scourability of Secondary Bare Slope in Fuxin Coal-mining Area

PAN De-cheng¹, LI Han-yan², WU Xiang-yun², SONG Pin-yu³,
DENG Chun-hui⁴, QI Peng-chun¹, ZHANG Dan-dan²

(1. Liaoning Institute of Soil and Water Conservation, Chaoyang, Liaoning 122000, China;
2. College of Resources and Environment Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning 123000, China; 3. Fumeng County Comprehensive Agricultural Development Office, Fuxin, Liaoning 123100, China; 4. Institute of Scientific and Technical Information of Chaoyang, Chaoyang, Liaoning 122000, China)

Abstract: The stability of secondary bare slope was studied by adopting the methods of runoff sediment concentration and anti-scourability was analyzed in 6 sample plots of Sunjiawan coal-mining area in Fuxin City. The results showed that the anti-scourability existed significantly difference in mining secondary bare slope, and had the regular rules of dynamic changing. In the initial, the overall changing trend of runoff sediment concentration was larger, then sharply reduced in regular, and then stabilized. Compared with natural soil, its sediment concentration was less and decreased faster. There was an obvious power function regression relationship between the sediment concentration and the scouring time in different plots. The overall trend of anti-scourability coefficient was increasing gradually with the time. The anti-scourability coefficient in the secondary bare slope was larger than that of natural soil in the initial 10 min. The relationship between the anti-scourability coefficient and time followed the exponential equation obviously.

Keywords: coal-mining area; secondary bare slope; anti-scourability coefficient; dynamic changing

矿区次生裸地是指矿业生产过程中产生的弃土废渣及受重金属污染而失去经济利用价值的土地。它是一种极端裸地, 植被稀少, 水土流失严重^[1]。对于煤矿来说, 煤矸石是煤炭生产过程中所必然形成的固体废弃物, 矸石的排出量约为原煤的 10%~30%。

据有关资料统计^[2-3], 全国工业固体废弃物最多的是煤矸石, 历年累计煤矸石排出量约 3.0×10^9 t, 占全国工业固体废料的 30%。且限于经济技术等原因, 目前我国矸石的利用率还不到 30%, 大量的废弃煤矸石不断堆积形成煤矸石山, 已累计占用土地近 5 500

收稿日期: 2012-11-28

修回日期: 2013-01-22

资助项目: 国家科技部科技支撑计划项目“采煤废弃地水土保持与生态修复关键技术应用研究”(2006BAD03A0203)

作者简介: 潘德成(1968—), 男(汉族), 河北省沧州市人, 博士, 研究员, 主要从事水土保持及矿山环境工程研究。E-mail: pdc6165@126.com。

通信作者: 吴祥云(1962—), 男(汉族), 辽宁省辽阳市人, 教授, 博士生导师, 主要从事矿区废弃地生态修复理论与技术研究。E-mail: wuxyun2003@yahoo.com.cn

hm²,且今后每年我国排放矸石仍达 3.0×10^8 t,约占用地面积 300~400 hm²。降水是造成矿区次生裸坡土壤侵蚀的主要因子,矿区次生裸坡的水土流失的强度大,并常伴有滑坡等次生地质灾害,给当地生态环境造成极大破坏^[4-5]。近年来我国矿区水土流失的理论与实践研究虽然取得显著成绩,但对矿区次生裸坡自然风化土壤的动态侵蚀规律的研究尚显不足,缺乏指导性的定量分析成果。因此,以阜新煤矿典型的次生裸坡为研究对象,开展矿区次生裸坡土壤抗冲性的动态规律研究,将对科学评价我国矿区次生裸坡水土流失与生态治理方略具有重要的理论和现实意义^[6-8]。

1 研究区概况

研究区位于辽宁省阜新市,地理坐标为北纬 $41^{\circ}41'$ — $42^{\circ}56'$,东经 $121^{\circ}01'$ — $122^{\circ}56'$ 。属北温带半

干旱大陆性季风气候,四季分明,雨热同季。近 50 a 平均降水量 481 mm,蒸发量 1 765.9 mm。秋冬春季降水少且多风,夏季高温,雨量集中,且常以大雨的形式出现,约占全年的 60%。阜新年均气温 7.8℃,最低气温 -28.4℃(1966 年),最高气温 40.6℃(1972 年)。相对湿度 59%。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 3 341.4℃。无霜期 154 d^[9]。

以阜新市孙家湾煤矸石山坡面(地理坐标为北纬 $41^{\circ}58'28''$,东经 $121^{\circ}40'39''$)为研究对象,根据矸石山不同的坡向和坡位,分别在矸石山阳坡和阴坡的上、中、下坡位进行选点,共选取 6 个具有代表性的样地。对照样地选在阜蒙县平安地镇,为自然丘陵类型,地理坐标为北纬 $42^{\circ}30'$,东经 $121^{\circ}56'$,共选取丘陵林地、丘陵耕地和天然崖壁 3 个对照类型^[10]。样地概况详见表 1。

表 1 研究区样地概况

研究对象	样地位置	样地属性	风化年限/a	土壤状况	植被类型	植被盖度/%	坡度/(°)
矸石山阳坡	上部	石土边坡	20	土少,碎石砾多	草	17.5	35
	中部	石土边坡	20	土、石砾、大块矸石	草	35.0	35
	下部	石土边坡	20	土、少量碎石	草	45.0	35
矸石山阴坡	上部	土石边坡	20	土多,石砾少	灌—草	60.0	35
	中部	土石边坡	20	土多,石砾少	灌—草	80.0	35
	下部	原土风化边坡	20	土质,疏松	灌—草	85.0	35
对照坡面	丘陵林地	天然形成	—	褐土	大扁杏	50.0	3
	丘陵耕地	天然形成	—	褐土	玉米	60.0	5
	天然崖壁	天然形成	—	褐土	无	0	90

2 研究方法

土壤抗冲性是研究土壤水土流失的重要指标。从泥沙动力学原理出发,用径流含沙量(g/L)和抗冲系数两个指标来分析土壤的抗冲性。径流含沙量采用稳定水流对土壤样品冲刷 10 min,用水桶收集冲刷过程的径流泥沙进行采样、烘干、称重,在冲刷开始后前 4 min 内每 1 min 采集 1 次,以后每 3 min 采集 1 次。土壤抗冲系数 M (为每冲走单位干土重所需的水量和时间的乘积)计算公式为:

$$M = (T \cdot L) / W$$

式中: M ——土壤抗冲系数 $(\text{L} \cdot \text{min}) / \text{g}$; T ——冲刷历时(min); W ——冲失干土重(g)。土壤抗冲系数可直观反映水蚀过程中土壤抗径流冲刷破坏能力的大小。

土壤抗冲性试验采用改进的原状土冲刷水槽法,每个样点 0—10 cm 原状土采用长宽高分别为 20 cm \times 10 cm \times 10 cm 的方型环刀取土样。试验选择冲刷

坡度为 35° ,设计供水流量水平为 3 L/min,其它见参考文献^[10—12]。

3 结果与分析

3.1 径流含沙量的动态变化

从图 1 可以看出,各样地的径流含沙量存在明显差别,且自然对照的径流含沙量总体大于矸石山,说明因组成矸石山的物质为矸石风化物,大颗粒较多,可被水流冲刷的小颗粒含量较少而导致径流含沙量小;在矸石山的 6 个样地中,阳坡的径流含沙量大于阴坡,这与阴坡的风化程度较阳坡强烈,植被盖度较高有关^[13-14];对于阳坡,径流含沙量表现为:下坡位(37.55 g/L) > 中坡位(35.67 g/L) > 上坡位(13.41 g/L),且下坡位和中坡位的径流含沙量相似,明显大于上坡位,表明中、下坡位因矸石风化程度好,细颗粒较多,而导致径流含沙量高于上坡位;对于阴坡,径流含沙量表现为:上坡位(19.94 g/L) > 下坡位(11.79 g/L) > 中坡位(6.20 g/L),表明在阴坡的不同坡位除

了矸石风化程度外,植被盖度对径流含沙量的影响更显著。矸石山的 6 个样地和自然对照的 3 个样地的径流含沙量的曲线又存在较为一致的变化规律,即它们的初始径流含沙量均较大,之后骤减,到一定的时刻逐渐趋于稳定,矸石山样地的径流含沙量是到第 2 min 后基本趋于稳定,而自然对照则是到第 4 min 后

才趋于稳定。表 2 的相关分析表明,不同样地土壤径流含沙量 y 与时间 t 之间存在显著的多项式回归关系,且显著服从于回归方程:

$$y = at^b$$

式中: a, b ——多项式系数,相关系数 R^2 为 0.685~0.982,达到显著相关水平。

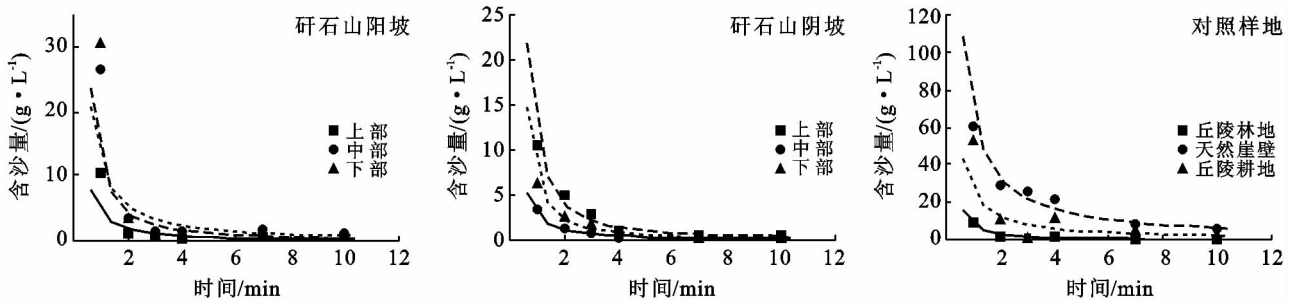


图 1 研究区不同样地径流含沙量变化

表 2 冲刷试验径流含沙量变化回归参数

回归系数	矸石山阳坡			矸石山阴坡			对照样地		
	上部	中部	下部	上部	中部	下部	丘陵林地	天然崖壁	丘陵耕地
a	1.437	2.470	2.472	2.397	1.055	1.959	2.053	4.203	3.237
b	-1.288	-1.194	-1.473	-1.454	-1.233	-1.587	-1.506	-1.032	-1.089
R^2	-0.820	-0.851	-0.833	-0.978	-0.956	-0.982	-0.957	-0.980	-0.685

3.2 土壤抗冲系数的动态变化

从图 2 的土壤抗冲系数与冲刷时间相关性曲线可以看出,矸石山不同坡面、不同坡位的土壤抗冲系数,以及 3 个对照样地的土壤抗冲系数均存在较大差异,阳坡整体抗冲系数小于阴坡,表明阴坡因矸石风化程度较阳坡高,植被盖度较高而使抗冲系数相对较大^[13-14]。阳坡的不同坡位的抗冲系数表现为:上坡位 $(6.43 \text{ (L} \cdot \text{min)/g}) >$ 中坡位 $(2.53 \text{ (L} \cdot \text{min)/g}) >$ 下坡位 $(2.45 \text{ (L} \cdot \text{min)/g})$,这可能与阳坡的上坡位矸石颗粒较中、下坡位大,而耐冲刷有关;阴坡不同坡位的抗冲系数表现为:中坡位 $(16.30 \text{ (L} \cdot \text{min)/g}) >$ 下坡位 $(15.07 \text{ (L} \cdot \text{min)/g}) >$ 上坡位 $(5.00 \text{ (L} \cdot \text{min)/g})$,这可能与阴坡中、下坡位

的植被覆盖度较上坡位高,植被根系对土壤抗冲系数有明显加强效应有关^[13-14]。6 个矸石山样地和 3 个对照样地的土壤抗冲系数总体存在较为一致的变化趋势,表现出随着冲刷时间的延长,抗冲系数逐渐增大,曲线呈先缓慢后快速增大的趋势,且前 10 min 矸石山的抗冲系数大于自然对照。通过表 3 的回归关系分析表明,矸石山的土壤抗冲系数 y 与时间 t 之间显著服从于方程:

$$y = t^2 / (a + bt^2)$$

式中: a, b ——回归系数。复相关系数 R^2 在 0.455~0.987 之间,其中只有天然崖壁的相关系数相对较小,但也达到显著水平。

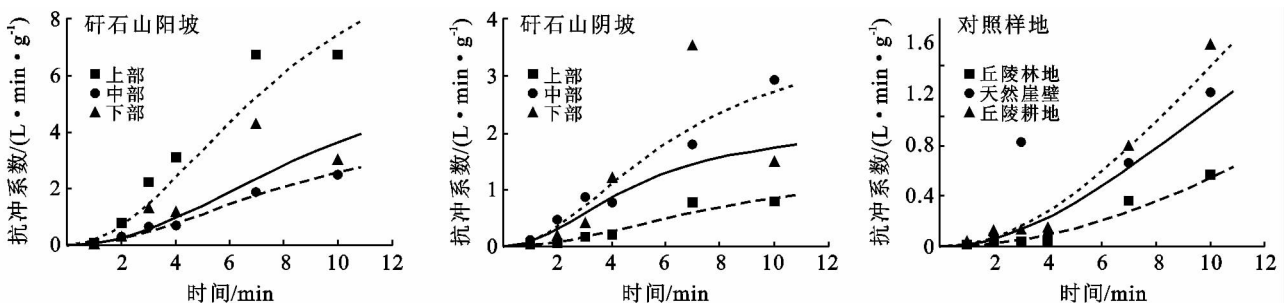


图 2 研究区土壤抗冲系数与冲刷时间相关性曲线

表 3 矸石山不同坡面和坡位土壤抗冲系数与冲刷时间回归参数

回归系数	矸石山阳坡			矸石山阴坡			对照(CK)		
	上部	中部	下部	上部	中部	下部	丘陵林地	天然崖壁	丘陵耕地
a	5.430	17.435	14.550	48.270	10.457	11.471	55.265	66.390	172.279
b	0.080	0.216	0.130	0.708	0.262	0.459	0.149	0.250	0.137
R^2	0.907	0.986	0.647	0.934	0.947	0.455	0.973	0.566	0.963

4 结论

(1) 采用径流含沙量和抗冲系数对矿区次生裸坡土壤的抗冲性进行了分析。结果表明,不同样地、不同坡向、不同坡位的径流含沙量和抗冲系数存在较大差异,但其动态变化规律存在相似趋势,其中径流含沙量的总体表现为初始含沙量均较大,之后骤减,到一定时刻后逐渐趋于稳定,矸石山样地的径流含沙量是到第 2 min 后基本趋于稳定,而自然对照则是到第 4 min 后才趋于稳定。不同样地的径流含沙量 y 与时间 t 之间显著服从于幂函数关系;抗冲系数总体变化是随着冲刷时间的增长,抗冲系数呈现出先缓慢后快速增大趋势,前 10 min 矸石山的抗冲系数大于自然对照。不同样地的土壤抗冲系数 y 与时间 t 之间显著服从于指数函数关系,该公式结合径流含沙量指标,可直观地用来判断各样地土壤抗冲能力的大小,并用来判断引起滑坡和石流灾害的可能性。

(2) 由于自然降雨的作用,导致矸石山上坡位的细小颗粒被冲到中下坡位,使剩余的矸石粒径较大,土层较薄,不利于植被的直接恢复,且遇暴雨容易形成土石流而对中下坡位造成危害。因此矸石山阳坡的中、上坡位和阴坡的上坡位,是水土流失的多发地和重灾区,是工程措施治理的重点;矸石山阴坡的中、下坡位虽然风化土层相对较好,但仍面临严重的水土流失,是实施工程措施与植被措施的重点。

[参 考 文 献]

[1] 卞正富,许家林,雷少刚.论矿山生态建设[J].煤炭学

报,2007,32(1):13-19.

- [2] 杨主泉,胡振琪,王金叶,等.煤矸石山复垦的恢复生态学研究[J].中国水土保持,2007(6):35-36.
- [3] 付梅臣,吴淦国,周伟.矿山关闭及其生态环境恢复分析[J].中国矿业,2005,14(4):28-31.
- [4] 孙泰森,白中科.大型露天煤矿废弃地生态重建的理论与方法[J].水土保持学报,2001,15(5):55-59.
- [5] 吕春娟,白中科,陈卫国,等.黄土区大型排土场植被根系的抗蚀抗冲性研究[J].水土保持学报,2006,20(2):35-38.
- [6] 高国雄,高保山,周心澄,等.国外矿区土地复垦动态研究[J].水土保持研究,2001,8(1):98-102.
- [7] 李海波,李克顺,李亚东.我国矿业废弃地复垦现状及对策分析[J].环境科学与技术,2005,28(6):59-60.
- [8] 潘德成.矿区次生裸地水土保持与生态重建技术探讨[J].水土保持应用技术,2009(4):23-25.
- [9] 江行久.阜新地区农业水文气象特点及开发利用[J].东北水利水电,2001(1):13-19.
- [10] 潘德成,吴祥云,李海燕,等.阜新煤矿区次生裸坡土壤抗冲性比较分析[J].辽宁工程技术大学学报,2010,29(4):678-681.
- [11] 史东梅,陈晏.紫色丘陵区农林混作模式的土壤抗冲性影响因素[J].中国农业科学,2008,41(5):1400-1409.
- [12] 黄龙.海州露天矿排土场边坡土壤抗冲性空间变异性特征[J].亚热带水土保持,2011,23(1):1-5.
- [13] 庄家尧,张金池,林杰,等.安徽省大别山区上舍小流域植被根系与土壤抗冲性研究[J].中国水土保持科学,2007,5(6):15-20.
- [14] 潘德成,吴祥云,张丹丹.植物根系对露天矿排土场边坡抗冲性的影响分析[J].水土保持应用技术,2010(3):3-5.