

神府矿区采煤塌陷裂隙对坡面土壤水分及 植被生长状况的影响

李超¹, 刘文兆^{1, 2}, 宋晓强³

(1. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 陕西省水土保持局, 陕西 西安 710004)

摘要: [目的] 探究采煤塌陷裂隙(塌陷发生 2 a 之后)对坡面土壤水分和植被影响的过程与特征, 为采煤塌陷区域植被恢复与生态环境重建提供理论支持。[方法] 通过对神府矿区采煤塌陷产生的裂隙两侧的土壤容重, 土壤水分以及植被状况进行调查分析开展研究。[结果] (1) 采煤塌陷裂隙的出现会导致周边土壤松动, 致使土壤容重降低。(2) 在裂隙走向与坡向呈直角或接近直角的情况下, 裂隙的出现阻隔了正常的坡面径流, 裂隙下方由于接受径流变少而导致水分状况变差, 裂隙对于坡面土壤水分的影响大约在裂隙下方 3 m 的范围内; 在裂隙两壁处, 由于裂隙而出现新的表土面, 该处的蒸发效应强烈, 裂隙坡面的土壤含水量低于无裂隙坡面 (3) 裂隙坡面植被的地上生物量较无裂隙坡面低, 且越远离裂隙, 地上生物量恢复程度越高。[结论] 在不考虑其他因素的影响下, 裂隙的出现会使裂隙处以及下部坡面水分状况变差, 进而会对植被生长产生抑制作用。

关键词: 矿区塌陷; 土壤水分; 地上生物量; 坡地; 神府矿区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)06-0121-05

中图分类号: S157. 2, X143

文献参数: 李超, 刘文兆, 宋晓强, 等. 神府矿区采煤塌陷裂隙对坡面土壤水分及植被生长状况的影响[J]. 水土保持通报, 2016, 36(6): 121-125. DOI:10. 13961/j. cnki. stbctb. 2016. 06. 020

Effects of Mining-induced Slope Collapse Fractures on Soil Moisture and Vegetation in Shenfu Coal Mining Area

LI Chao¹, LIU Wenzhao^{1, 2}, SONG Xiaoqiang³

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi

712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Yangling, Shaanxi

712100, China; 3. Soil and Water Conservation Bureau of Shaanxi Province, Xi'an, Shaanxi 710004, China)

Abstract: [Objective] The effects of mining-induced collapse fracture occurrence (two years after collapse) on slope vegetation characteristics were demonstrated to provide theoretical support for revegetation and improvement of ecological environment in the coal mining subsidence area. [Methods] Soil bulk density, soil moisture and vegetation on two sides of collapse fractures in the Shenfu coal mining area were investigated and analyzed. [Results] (1) The collapse fracture occurrence made surrounding soil loose and thus resulted to the decrease of soil bulk density nearby. (2) In the case of fracture striking at right angle or close right angle to slope aspect, the fractures affected soil moisture about 3 m slope downward, as the water status in the slope downward part of the fracture became worse due to the intercepting effect of runoff. In the walls of the fracture, soil water content on fracture slope was lower than that the one on slope without fracture as a result of strong evaporation. (3) The aboveground biomass of the vegetation on the fractured slope lower than the one on non-fracture slope. The farther from the fracture, the higher of aboveground biomass revived.

收稿日期: 2016-04-12

修回日期: 2016-05-31

资助项目: 陕西省水土保持局重大水利科技项目“神府榆地区煤炭开采对地表植被影响研究(2013-2016)”; 国家自然科学基金项目(41571036)

第一作者: 李超(1992—), 男(汉族), 山西省晋中市人, 硕士研究生, 主要研究方向为环境生态。E-mail: 915902219@qq.com。

通讯作者: 刘文兆(1960—), 男(汉族), 陕西省乾县人, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事水文生态与流域管理研究。E-mail: wzliu@ms.iswc.ac.cn。

[Conclusion] If no other factors exist, the fracture occurrence can worsen soil moisture condition within it; and in the downward part, it can further inhibit the growth of vegetation.

Keywords: collapse by coal mining; soil moisture; aboveground biomass; sloping land; Shenfu mining area

煤炭是中国的基础能源,中国 95% 以上的煤炭开采为井工开采方式^[1]。随着煤炭资源的大规模开发,与煤炭资源开采有关的环境地质问题日趋严重,不仅威胁矿区土地资源的安全,还引发了一系列的生态环境问题^[2]。尤其是井采煤矿所造成的地面塌陷,已成为矿区危害范围广,危害程度大,延续时间长的一种环境地质灾害。采煤塌陷是指地下煤层开采形成采空区,采空区上部岩层在重力以及其他应力作用下发生冒落。冒落后,使得地表发生变形、破坏,形成一系列裂隙、塌落和地面沉陷等土地破坏^[3]。神府煤田是中国西部战略能源基地,煤炭储量巨大,但自矿区正式开采以来,不断有塌陷发生,再加上该区煤层埋藏浅,只有 40~100 m,煤层顶板基岩厚度变化较大,一般为 20~40 m,局部只有几米。基岩上部即为富水的萨拉乌苏组含水层,且与煤层分布一致,因而采煤塌陷势必对水环境产生影响^[4]。采煤塌陷使地表产生大量垂向裂隙或裂缝,这些裂隙不仅会增加土壤蒸发面和蒸发强度^[5-7],还会改变地表径流过程及方向,以优先流的形式入渗地下。从而改变坡面土壤中的水分分布状况,影响到植物生长。神府煤田开采中,如何防止塌陷发生,改造和利用塌陷后的微地面形态^[3,6],减弱塌陷对生态环境,包括地表植被的负面影响成为普遍关注的重要问题。本研究选取神府矿区采煤塌陷在地面形态改变上最突出的裂隙现象,调查测定其对土壤水分空间分布状况及土壤容重的影响,进而分析其与植被生长状况的关系,为采煤塌陷区域植被恢复与生态环境重建提供理论帮助。

1 试验区概况

试验地位于陕西省神木县,为典型的生态脆弱区。属于半干旱大陆性季风气候区,冬季干旱少雨,夏秋多雨,年均降水量 437.4 mm,其中 70% 以上的降水集中在 7—9 月,植被类型为干旱草原。地带性土壤为黑垆土,但由于长期遭受土壤侵蚀,已被绵沙土、新黄土等取代^[8-10]。该区域水蚀风蚀交错,土壤侵蚀强烈。

2 试验材料与方法

2.1 材料和方法

调查时间为 2014 年 10 月,地点位于神木侵蚀与

环境试验站周边的蛇圪塔村,选取的调查区域附近分布有 2 个井采煤矿,开采造成的地面塌陷约有 2 a。选取存在采煤塌陷裂隙的坡面进行调查测定,并在裂隙坡面附近选取坡度、坡向相同的无裂隙坡面作为对照。坡面土壤为绵沙土并伴有少许石子。裂隙坡面和无裂隙坡面坡向均为北偏西 43°,坡度为 20°。其中裂隙坡面裂隙平均宽度为 15 cm,裂隙平均错落高度为 26 cm,裂隙走向为北偏东 15°,裂隙与坡向夹角为 58°。不同塌陷产生的裂隙走向是多样的,所选取的裂隙走向因与坡向夹角较大而对坡面径流有显著的阻隔作用。调查坡面的植物主要为草本植物,包括冰草 (*Agropyron cristatum*)、紫花苜蓿 (*Medicago sativa*)、茵陈蒿 (*Artemisia capillaris*)、黄蒿 (*Artemisia scoparia*)、草木犀状黄芪 (*Astragalus melilotoides*)、沙打旺 (*Astragalus adsurgens*)、长芒草 (*Stipa bungeana*)、阿尔泰狗娃花 (*Heteropappus altaicus*)、艾蒿 (*Artemisia argyi*)、假苇拂子茅 (*Calamagrostis pseudophragmites*)、猪毛菜 (*Salsola collina*) 等植物,其中冰草与长芒草为优势种。

2.2 测定项目和方法

2.2.1 容重 在裂隙坡面沿坡向方向(即坡面径流方向)距离裂隙 0 (即裂隙两壁),0.5,1.0,1.5,2.0 m,并沿等高线在无裂隙坡面在同样高度位置处挖取土壤剖面,在 0—10 cm,10—20 cm 土层用环刀采集土样,每层设 3 组重复,测定土壤容重。

2.2.2 土壤水分 在裂隙坡面沿坡向方向距离裂隙 0,0.5,1.0,1.5,2.0,3.0,5.0 m 的地方用土钻法采集 0—1 m 深度土层土样,垂直间隔 10 cm;无裂隙坡面在同样高度采集土样,部位与裂隙上部、下部各个取样点一致。土壤含水量采用烘干法测定。

2.2.3 植物状况 在沿坡向距裂隙上下部各 1.0,3.0,5.0 m 的地方采用 1 m×1 m 样方对裂隙坡面以及无裂隙坡面的植物种类、数量、盖度进行调查,并采用收获法测定每个样方内的地上生物量,将样方内植物地上部分全部收获,带回实验室进行干生物量测定,先将植物在 105 °C 下杀青 30 min 后在 75 °C 下烘干至恒重进行称重。

3 结果分析

3.1 裂隙坡地及无裂隙坡地容重测定结果对比

裂隙坡面与无裂隙坡面 0—10 cm 土层容重一般

小于 10—20 cm 土层,但裂隙坡面 2 个层次的土壤容重在裂隙处均突然降低。

图 1 所示,裂隙坡面距裂隙两侧 0.5—2 m 范围内,0—10 cm 土层平均容重约 1.45 g/cm³,而裂隙处则为 1.29 和 1.40 g/cm³;10—20 cm 土层平均容重大约为 1.50 g/cm³,裂隙处为 1.38 和 1.39 g/cm³。而无裂隙坡面则无此现象,可见裂隙的出现会使裂隙

处土壤容重降低。

另有研究表明,在塌陷地区除了地表上出现的可见的裂隙之外,在土层内部还会存在比较小的裂隙,这种裂隙如果不开挖的话是发现不了的^[11-12],裂隙处土壤容重变小以及这种小裂隙的存在,改变了土壤结构,增大了土壤的导水率^[1],加强了塌陷坡面水分的下渗与蒸发能力。

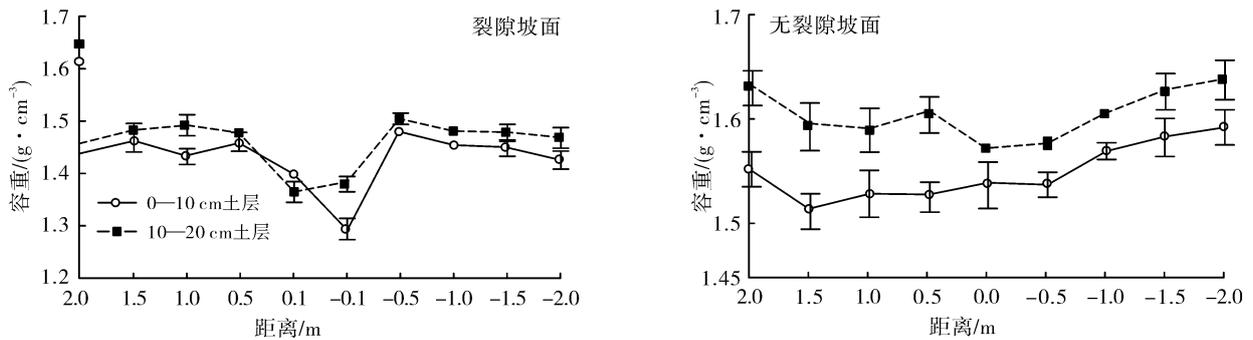


图 1 研究区裂隙坡面与无裂隙坡面的容重变化

3.2 裂隙坡地及无裂隙坡地水分对比

土壤水分测定时,发生降雨,为了消除试验期间降雨对测定结果的影响,对比雨前与雨后土壤水分坡面变化,发现试验期间降雨入渗深度小于 30 cm,因此选取裂隙坡面与无裂隙坡面 30—100 cm 土层作为分析对象。同时为消除两坡面土壤水分状况原有空间变异带来的影响,将无裂隙坡面与裂隙坡面在裂隙

上部 0.5~5 m 范围内 6 个位置处的 30—100 cm 土层含水量的算术平均值,即坡面平均含水量,作为参比标准(分母),将两坡面每一位置处的 30—100 cm 平均含水量与对应的坡面平均含水量进行比值计算,以此比值作为相对含水量,探究裂隙的出现是否会对坡面水分状况带来影响(计算结果详见表 1)。

表 1 裂隙坡面及无裂隙坡面 30—100 cm 土层土壤含水量及相对含水量

位置/m	裂隙坡面		无裂隙坡面		
	含水量/%	相对含水量	含水量/%	相对含水量	
裂隙上部	5.0	12.51	0.88	11.74	0.92
	3.0	15.81	1.11	14.65	1.15
	2.0	14.34	1.01	12.38	0.97
	1.5	15.08	1.06	12.89	1.01
	1.0	15.96	1.13	12.34	0.97
	0.5	11.38	0.80	12.36	0.97
	平均	14.18	1.00	12.72	1.00
裂隙	上壁	5.83	0.41	13.29	1.04
	下壁	5.56	0.39	13.29	1.04
裂隙下部	-0.5	13.37	0.94	14.37	1.13
	-1.0	11.97	0.84	14.31	1.12
	-1.5	11.96	0.84	13.61	1.07
	-2.0	11.18	0.79	13.04	1.03
	-3.0	12.47	0.88	14.01	1.10
	-5.0	13.96	0.98	15.56	1.22
	平均	12.48	0.90	14.15	1.14

通过比较两坡面在裂隙上部 6 个位置与下部 6 个位置的相对含水量均值,在无裂隙坡面,沿坡向自上而下土壤含水量呈现为增加的状态,平均值由 1 增加到 1.14;而裂隙坡面则呈现出与正常坡面不同的结果,平均值由 1 减少到 0.9。这表明采煤塌陷裂隙的出现会使坡面原有水分状况发生转变,裂隙下方的坡面土壤含水量由正常的增大趋势变为降低趋势。裂隙坡面在裂隙下部 2 m 位置处相对含水量 0.79,3 m 位置为 0.88,而在裂隙下部 5 m 位置处,裂隙坡面相对含水量具有较大回升,达到 0.98,说明裂隙改变坡面原有水分变化的趋势具有一定的距离范围,在本试验中该趋势范围达到裂隙下部大约 3 m。在裂隙两壁处,无论是平均含水量还是相对含水量,裂隙坡面均远小于无裂隙坡面相同位置,说明裂隙的出现使裂隙两壁处成为表土面,强烈的蒸发效应使该处土壤含水量远低于无裂隙坡面。

3.3 裂隙坡地及无裂隙坡地植被对比

同样按照上述方法对裂隙和无裂隙坡面地上生物量进行计算分析,计算结果详见表 2。由表 2 可知,裂隙坡面裂隙上下部相对生物量平均值分别为 1,0.80,无裂隙坡面上下部则为 1,1.06。裂隙下部坡面地上生物量较裂隙上部有较大程度降低,而无裂隙坡面则未出现此现象。

通过两坡面相同位置的地上生物量对比,发现无裂隙坡面地上生物量基本大于裂隙坡面相同位置,尤其是在裂隙处,裂隙坡面生物量达到最低值,在裂隙上部 1 m 与下部 1 m 分别为 169.68 和 168.46 g。而在裂隙坡面上下部 5 m 位置,地上生物量均较 1 m 处得到提升,即在裂隙坡面地上生物量随距裂隙距离的变化呈 U 形,越远离裂隙,生物量恢复程度越高。说明裂隙的出现会对植被生长产生抑制作用,并且越靠近裂隙,抑制作用越强。

表 2 裂隙坡面及无裂隙坡面地上生物量及相对生物量

位置/m	裂隙坡面		无裂隙坡面	
	地上生物量/g	相对生物量	地上生物量/g	相对生物量
裂隙上部	5	282.28	252.84	1.06
	3	232.88	242.46	1.02
	1	169.68	219.46	0.92
	平均	228.28	238.25	1.00
裂隙下部	1	168.46	219.46	0.92
	3	172.77	313.25	1.31
	5	207.75	222.92	0.94
	平均	182.99	251.88	1.06

将地上生物量与相应位置 0—40 cm 土壤含水量绘制散点图进行分析(图 2)。由图 2 可知,在裂隙处及其下部坡面,水分状况较差,平均含水量只有 11.35%,与正常坡面相比有一定程度降低,相应的地上生物量也处于较低水平。在裂隙上部以及无裂隙坡面土壤水分状况较好,平均含水量达到 15.30%,具有较高的地上生物量。通常情况下高的地上生物量对应高的耗水量,如果供水相同则会导致土壤含水量降低,但在本调查中并未展现出这种情况,这应当是坡面径流及微地形差异,来水情况复杂所致。在无裂隙坡面,植物地上生物量与土壤含水量虽然也为线性正相关,但其相关性未达到显著水平,这与高生物量伴随着较高的水分消耗有关。通过对比受裂隙影响坡面和正常坡面地上生物量与相应位置土壤水分状况,可以推断由于塌陷裂隙的出现而导致较差的坡面水分状况会成为植物生长的限制因素。

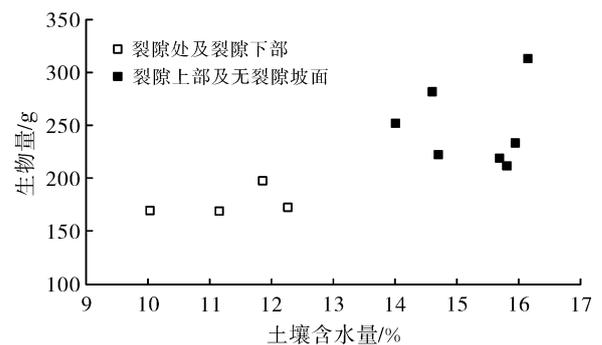


图 2 地上生物量与 0—40 cm 土壤含水量散点图

4 结论

(1) 采煤塌陷裂隙(调查塌陷年限 2 a)会引起裂隙周围土壤结构的变化,一定范围内,由于裂隙产生导致土壤松动,容重值降低,土壤孔隙度增大,土壤的水分下渗能力与土壤水分蒸发能力均得到加强。

(2) 在裂隙上部,裂隙的出现对于该部位土壤水分状况的影响不大;在裂隙下部,由于原有坡面径流受到阻隔,径流过程的改变使得该部位土体接受的来水量减少,土壤水分状况变差;在裂隙壁处,该部位土体成为表土层,土壤蒸发能力大大加强,裂隙坡面的土壤含水量远低于无裂隙坡面。本试验中裂隙对于裂隙下方土壤水分的影响大约在裂隙下方 3 m 的范围。但当坡面出现较多裂隙时,可以推断坡面水分状况将会更差。

(3) 裂隙坡面植被的地上生物量较无裂隙坡面低,且越远离裂隙,地上生物量恢复程度越高。由于裂隙出现而造成的裂隙处以及裂隙下部坡面较差的水分状况对于植被的生长产生了较强的抑制作用。

[参 考 文 献]

[1] 张发旺,侯新伟,韩占涛,等. 采煤塌陷对土壤质量的影响效应及保护技术[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(3): 67-70.

[2] Wu Quanyuan, Pang Jiewu, Qi Shanzhong, et al. Impacts of coal mining subsidence on the surface landscape in Longkou City, Shandong Province of China[J]. Environmental Earth Sciences, 2009, 59(4): 783-791.

[3] 张平仓,王文龙,唐克丽,等. 神府—东胜矿区采煤塌陷及

其对环境的影响初探[J]. 水土保持研究, 1994, 1(4): 35-44.

[4] 李连娟,榆神矿区矿山开发对水环境的影响及防治措施探讨[J]. 中国煤炭地质, 2005, 17(5): 47-49.

[5] 侯新伟,张发旺,韩占涛,等. 神府—东胜矿区生态环境脆弱性成因分析[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(3): 54-57.

[6] 侯庆春,汪有科,杨光. 神府—东胜煤田开发区建设对植被影响的调查[J]. 水土保持研究, 1994, 1(4): 127-137.

[7] 王兵,崔向慧,白秀兰,等. 荒漠化地区土壤水分时空格局及其动态规律研究[J]. 林业科学研究, 2002, 15(2): 143-149.

[8] 周文凤,晋陕蒙接壤地区水土保持的忧思[J]. 中国水土保持, 1993(2): 6-10.

[9] 高宇,樊军,彭小平,等. 水蚀风蚀交错区典型植被土壤水分消耗和补充深度对比研究[J]. 生态学报, 2014, 34(23): 7038-7046.

[10] 王建国,樊军,王全九,等. 黄土高原水蚀风蚀交错区植被地上生物量及其影响因素[J]. 应用生态学报, 2011, 22(3): 556-564.

[11] 赵红梅,张发旺,宋亚新,等. 神府东胜矿区不同塌陷阶段土壤水分变化特征[J]. 南水北调与水利科技, 2008, 6(3): 92-96.

[12] 赵红梅,张发旺,宋亚新,等. 大柳塔采煤塌陷区土壤含水量的空间变异特征分析[J]. 地球信息科学学报, 2010, 12(6): 753-760.

中国科技核心期刊 万方数据库收录
中国学术期刊网络出版总库 (CNKI数据库) 收录
中国农业机械化科学研究院主管 北京群众出版有限公司主办

农业工程

AGRICULTURAL ENGINEERING

国家新闻出版广电总局认定的学术期刊
中国科技核心期刊 (中国科技论文统计源期刊)

- 跟踪前沿研究
- 关注行业发展
- 报道创新成果
- 促进推广应用

主 要 目 录

综述与评析/装备与机械化信息与电气化/生物环境与能源
农副产品加工与贮藏/食品科学与工程/土木工程/土地资源管理/设计制造及理论研究
教学研究/农业与生物技术/农业经济管理/国外研究/专著点评/企业风采/行业动态

2017年双月刊 全年120元

地址: 北京德胜门外北沙滩1号16信箱 邮箱: 100083 电话: 010-64882380/3625
传真: 010-64870803 邮箱: nygc_2011@163.com d1ae2011@126.com

欢迎投稿 订阅 刊登广告

www.d1ae.com