

陕西省彬长矿区水土流失与地质灾害的关系初探

张勇^{1,2}, 王亚峰³, 赵晓光¹

(1. 西安科技大学, 陕西 西安 710054; 2. 陕西省水利厅, 陕西 西安 710004; 3. 咸阳市水利局, 陕西 咸阳 712000)

摘要: 煤炭开采造成矿区水土流失加重。矿区环境地质灾害类型复杂, 危害严重。以陕西省彬长矿区(位于长武、彬县和旬邑 3 县境内)为例, 在阐述该矿区水土流失程度及特征的基础上, 分析了其水土流失与环境地质灾害的关系; 煤矿区水土流失往往以地质灾害为成因, 地质灾害加重了水土流失的程度。总结了矿区滑坡型、崩塌型、泥石流型、地面塌陷型水土流失 4 种类型及其特点, 提出了矿区地质灾害防治思路及治理对策。针对采空区、地表塌陷、地裂缝、弃渣场等煤矿区废弃地, 应采用复垦成套工艺技术, 减少水土流失的场所, 同时严格控制弃土弃渣的堆放, 避开水流路线, 修建拦挡设施。边坡开挖要采取顶部排水及底部支护。

关键词: 水土流失; 煤矿区; 地质灾害; 防治对策

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)05-0305-04

中图分类号: S157

Relationships Between Soil and Water Loss and Geological Disasters in Binxian—Changwu Mining Area of Shaanxi Province

ZHANG Yong^{1,2}, WANG Ya-feng³, ZHAO Xiao-guang¹

(1. Xi'an University of Science and Technology, Xi'an, Shaanxi 710054, China;

2. Shaanxi Provincial Department of Water Resources Management, Xi'an, Shaanxi

710004, China; 3. Water Conservancy Bureau of Xianyang City, Xianyang, Shaanxi 713500, China)

Abstract: Coal exploration and mining may lead to aggravated soil and water loss. Environmental geological disasters in a coal mining area are always complicated in type and scale and can cause serious damages and harms. By taking the Binxian—Changwu Mining Area as an example, the relationships between soil and water loss and environmental geological disasters are analyzed based on the analysis of degree and characteristics of soil and water loss in the mining area. Geological disasters are generally responsible for soil and water loss and aggravate the degree of soil and water loss. Accordingly, four main types of soil and water loss, as well as its characteristics, are classified, which are landslip, collapse, mudslide and ground subsidence. From the analysis, the ideas and countermeasures are proposed for controlling geological disasters in the mining area, i. e., using a set of reclamation techniques, reducing the number of sites with soil and water loss, strictly regulating the pilling-up of waste soil and residue by avoiding water flow rout and building blocking wall, and carefully digging side slope

Keywords: soil and water loss; coal mining area; geological disaster; controlling countermeasures

陕西省地域南北狭长, 地质地貌条件复杂, 极易诱发各类地质灾害的发生。全省南北气候差异显著, 年降水量 400~1 200 mm, 且在时空上分布极不均匀。这些条件使得陕西生态地质灾害种类繁多, 水土流失严重。据陕西省国土资源厅制定的《陕西省 2010 年地质灾害防治方案》, 全省地质灾害类型主要有滑

坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地面沉降和地裂缝, 可划分出 23 个地质灾害易发区, 总面积 $1.004 \times 10^5 \text{ km}^2$, 占全省国土面积的 48.8%。截至 2013 年 7 月底, 全省地质灾害隐患点 9 305 处, 其中滑坡 5 664 处, 崩塌 2 784 处, 泥石流沟 396 条, 地面塌陷 278 处, 地裂缝 183 处, 直接威胁人口达 50 万人, 威胁房屋 31.6 万余间。

收稿日期: 2013-06-05

修回日期: 2013-06-13

资助项目: 陕西省水利科技项目“陕西煤矿区生态修复关键技术研究”(2012-1)

作者简介: 张勇(1974—), 男(汉族), 陕西省陇县人, 博士研究生, 高级工程师, 主要从事水土保持与生态环境综合治理工程研究。E-mail: sxzy2008@aliyun.com。

通信作者: 赵晓光(1965—)男(汉族), 陕西省西安市人, 教授, 博士生导师, 主要从事水土环境过程、矿山环境保护与生态恢复领域研究。E-mail: 898678322@qq.com。

陕西省渭北地区黄土深厚,年降雨集中,植被稀疏,生态脆弱,但该区域煤矿资源富集,开采历史较长,区域经济社会发展对资源开发的依赖程度相对较高。地处该区域的彬长矿区,近年来在大规模的资源开发和工程建设中对地质环境保护重视不够,人为地诱发滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等地质灾害,进一步加剧了矿区水土流失。

1 彬长矿区概况

彬长矿区位于陕西省西北部的长武、彬县和旬邑 3 县境内,矿区面积约 1 270 km²,属黄土丘陵沟壑区及黄土高原沟壑区。矿区除少数地带为基岩出露的土石山区外,基本上被黄土覆盖,塬区黄土盖层厚度多在 250 m 左右,周边沟壑密集沟坡陡峻,相对高差约达 200 m^[1]。矿区地质构造形态为北西缓倾的单斜构造,倾角 2°~8°,断层稀少,煤系地层及煤层基本沿区内平缓向斜分布。

矿区特殊的地貌类型和典型的暖温带半干旱大陆性季风气候特征,造成矿区内沟壑纵横,植被稀少,加之泾河横贯矿区中部,境内地表水系发育,流水侵蚀强烈,水土流失严重,生态环境质量脆弱,是黄河中游水土流失重点区域之一^[2]。

近年来矿区实施以煤炭建设为主的经济开发战略,导致矿区范围内环境地质灾害事件频繁发生,环境状况急剧恶化,水土流失面积占全区面积的 81.4%,侵蚀模数 2 546 t/(km²·a),其中黄土沟壑农

业区 2 451 t/(km²·a),平均冲刷深度 1.6 mm,黄土沟壑工矿区 3 367 t/(km²·a),平均冲刷深度 2.3 mm,土石山区地面较为完整或植被较好,水土流失较轻,年侵蚀模数小于 500 t/(km²·a),平均冲刷深度小于 0.1 mm。

根据《陕西省生态功能区划》,彬长矿区属于黄土高原农牧生态区中的彬长黄土残塬农业区,同时也是国家级重点治理区,陕西省人民政府公告的水土流失重点治理区和重点监督区。

2 彬长矿区水土流失强度及特征

煤炭开采过程中对土地的挖损、塌陷和压占都会造成水土流失,开挖会造成边坡的失稳,形成滑坡;弃土弃渣如果堆放在沟道里为泥石流的发生提供了大量的松散物质;煤矿矿抽和排地下水导致地下水位大幅度下降,土壤湿度减小,植被退化。另外,因煤矿的开发建设,相应的辅助设施如公路、建筑物等使矿区的生态环境发生较大的改变,导致地表剥离,植被破坏,造成水土流失加剧。

2.1 水土流失程度

在此用土壤侵蚀强度来反映水土流失程度,根据水利部水土保持监测中心制定的《全国土壤侵蚀遥感调查技术规程》中侵蚀强度分级参考指标,彬长矿区土壤侵蚀涵盖了微度、轻度、中度、强度和极强度 5 个土壤侵蚀强度等级,其土壤侵蚀类型统计面积如表 1 所示。

表 1 土壤侵蚀类型面积统计

| 土壤侵蚀强度 | 面积/ km ² | 占总面积 比例/% | 分布 |
|---------|------------------------|--------------|----------------------------------------|
| 微度水力侵蚀 | 483.00 | 41.00 | 黄土塬与河流阶地 |
| 轻度水力侵蚀 | 64.00 | 5.40 | 北部的四郎河以北,中部的黑河以南,南玉子周边,南部的水筛河周边的黄土梁 |
| 中度水力侵蚀 | 84.00 | 7.10 | 北部的四郎河以南,中部的黑河与红崖河周边,南部的水筛河、水筛沟一带的黄土谷坡 |
| 强度水力侵蚀 | 545.00 | 46.40 | 广泛分布于黄土谷坡 |
| 极强度水力侵蚀 | 0.77 | 0.07 | 零星分布于北部胡家河以南泾河沿岸的黄土谷坡 |

通过对矿区土壤侵蚀的环境统计分析,本区为水力侵蚀区,土壤侵蚀强度较大,以强度为主,西部土壤侵蚀强度大于东部。

2.2 矿区水土流失特征

(1) 水土流失过程的不均衡性。煤矿造成的水土流失不像原生侵蚀那样按自然侵蚀规律发生发展,而是具有突发性。因为在煤矿建设的不同时期,造成水土流失的程度不同,有时强烈有时轻微。一般是开始建设时有十分严重的水土流失,到生产时期则保持

一个相对稳定的侵蚀量级。

(2) 水土流失危害的潜在性。除部分地面扰动外,更长期的是通过对地层、地下水等的影响,间接使地面植被退化,地面塌陷,从而加剧了水土流失,具有潜在危害。

(3) 水土流失成因以地质灾害为主。矿区水土流失主要为滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等环境地质灾害类型,其特点明显,具有显著的区域和矿区叠加特征。

3 彬长矿区环境地质灾害形成与水土流失关系

彬长矿区环境地质灾害多,分布广,危害严重,与水土流失密切相关的地质灾害主要有滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等。

3.1 滑坡与水土流失

滑坡是一定自然条件下的斜坡,由于受自然和人工等因素的影响,部分土体或岩体在重力作用下,沿着一定的软弱面或带,整体、间歇地以水平位移为主的变形现象。滑坡是矿区一种常见的环境地质灾害,对处于黄土丘陵沟壑区和黄土高原沟壑区的彬长矿区来说,滑坡是规模大,危害重,成因及性质又较复杂的一种环境地质灾害现象。导致矿区滑坡的原因主要为:(1)矿区原地貌生态环境恶劣,暴雨汇集形成径流快,下切力强,致使沟头发生滑坡;(2)沟坡比降大,一般都在10%以上;(3)沟崖临空大,坡体临空失稳易形成滑塌;(4)汛期雨水多,地下水位升高,诱发滑坡;(5)地下开采引起的地面变形,破坏了斜坡原始应力状态形成滑坡^[3]。通过分析可以发现,彬长矿区滑坡的产生原因除降雨、地下水位的变化、面蚀作用以外,人类采矿及建设的影响非常明显。

3.2 崩塌与水土流失

崩塌(又称崩落、垮塌或塌方)是较陡斜坡上的岩、土体在重力作用下突然脱离山体崩落、滚动,堆积在坡脚(或沟谷)的地质现象。彬长矿区基本为黄土覆盖,由于特殊的地理、气候条件,区内沟壑纵横,自然陡坡多,且斜坡多由晚更新世和中更新世黄土层组成,垂直节理发育。

据分析,在不考虑人为因素影响条件下,原生黄土质地比较致密坚硬,坡度大于 50° ,相对高度在30 m以上易发生崩塌;次生黄土结构比较松散,坡度在 40° 左右即会发生崩塌。彬长矿区内崩塌灾害的产生于斜坡的边缘,主要是由于斜坡应力的释放,形成与陡坡平行的卸荷裂隙,随着物理风化而日渐扩大,并受节理、开采沉降裂缝等,以及切坡、采矿等人类工程活动的影响^[4]。经研究分析,彬长矿区崩塌灾害的孕育与发生,时间上取决于季节性降水过程,空间上取决于人类工程活动(采石、采煤、切坡)等外部诱发扰动因素,但均与严重的水土流失有关。

3.3 泥石流与水土流失

泥石流是发生在山区沟谷中或坡地上的一种饱含大量泥沙、石块的固液两相混合流体,其往往突然暴发,浑浊的流体沿着陡峻的山沟前推后拥,奔腾而下,在很短时间内将大量泥砂、石块冲出沟外,在宽阔

的堆积区横冲直撞、漫流堆积,常常给人类生命财产造成重大危害。严重的水土流失,加之倾倒在沟谷中由于采矿产生的大量剥离弃土,为泥石流的产生准备了大量的松散物质来源,遇到夏季集中、较强的降雨,叠加造成矿区泥石流的发生,是矿区水土流失愈来愈重的主要原因。

3.4 地面塌陷与水土流失

彬长矿区开采历史较长,开采区域不断扩大,煤炭开采后形成的采空区逐渐出现不同程度的地面变形,形成地面裂缝和沉陷等,致使房屋毁坏、窑洞变形、破坏道路、耕地或工程设施,同时诱发滑坡等斜坡地质灾害,加速了矿区水土流失。

从实际调查与观测资料分析,彬长矿区地面塌陷有以下特点:(1)下沉系数大,较非黄土覆盖区增大28%,初采下沉系数可达0.85以上;(2)移动角大,一般冲击层移动角 45° ,而矿区黄土层移动角一般在 $53^{\circ}\sim 64^{\circ}$;(3)地表移动变形周期短,传递速度快,地表最大下沉主要发生在活跃期阶段;(4)在梁峁沟谷斜坡带易诱发山体滑坡等重力型地质灾害,在塬上平坦区表现为下沉盆地。分析研究表明,地面塌陷灾变过程,主要是水力作用对地表的冲刷过程,相对于滑坡、泥石流等地质灾害而言是一个缓慢的过程。地面塌陷的发生,与降雨导致的水土流失密切相关,但也与斜坡条件、地面植被条件等因素相关。一般来说,开采深度越浅,坡面越破碎,水土流失越严重,发生地面塌陷的几率越大。

总之,彬长矿区环境地质灾害成因复杂,分布广,滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等地质灾害的形成过程与水土流失密切相关。易发生崩塌、滑坡的区域,也易发生泥石流,只不过泥石流的暴发要多一项必不可少的降雨条件。再者,崩塌、滑坡的物质经常是泥石流的重要固体物质来源。崩塌、滑坡还常常在运动过程中直接转化为泥石流^[5],或者崩塌、滑坡发生一段时间后,其堆积物在一定的水源条件下生成泥石流^[5],即泥石流是崩塌和滑坡的次生灾害。泥石流与崩塌、滑坡有着许多相同的促发因素。在彬长矿区,由于地质灾害发生的规律性和周期性,灾害频繁的区域也是水土流失最为严重的区域。

4 彬长矿区水土流失防治思路及对策

4.1 矿区水土流失防治思路

从彬长煤矿区水土流失与地质灾害关系看,水土流失治理必须以防治矿区地质灾害为核心,从预防(制度管理)和工程措施防治两方面入手。

(1)严格控制弃土弃渣的堆放,避开水流路线,

修建拦挡设施;边坡开挖要慎重对待,采取顶部排水及底部支护,如果可能引起失稳要及时停止。

(2) 针对采空区、地表塌陷、地裂缝、弃渣场等煤矿区废弃地^[6],采用复垦成套工艺技术,将其资源化,减少水土流失的场所。复垦时从水土保持的角度设计排水系统,采取带状分阶采掘和分阶排土,控制水土流失的松散物质来源。适地适时合理利用工程措施、植物措施、临时拦挡措施,控制流失环节。

(3) 采取生物及微生物措施,提高复垦土地的生产力及土壤质量,从农业技术角度防治水土流失。

(4) 开展矿水土流失动态监测与分析评价,准确预测和综合评价煤矿水土流失的程度、强度、危害及其对周围区域的影响,指导矿区的水土保持工作。

4.2 矿区地质灾害防治对策

(1) 强化对采煤活动的全过程管理。主要是做好煤炭资源勘查、煤矿设计、矿区基建和生产、煤矿闭坑 4 个阶段全过程的综合防治,使矿山生态环境向良好转化,实现资源开发与环境保护的协调发展。

(2) 因地制宜,因害设防,综合治理。矿区地质灾害防治是一个复杂的系统工程。地域不同,地质灾害的成因和规模也不同。彬长矿区地貌类型多,气候复杂,在制定防治方案时,应根据具体的灾害现状及防治目的,因地制宜,采取灵活多样的防灾措施,实行综合治理。对面蚀为主的水土流失防治,生物措施效果显著,而坡面工程、沟道工程等工程措施对滑坡、崩塌、泥石流等重力侵蚀效益显著,因此,要针对彬长矿区的灾害发生实际情况,分类综合治理。对灾害严

重、危害较大的区域,要优先开展工程治理,利用一些骨干工程,尽快控制灾害的发展趋势,然后开展生物措施,使其功能互补,达到最佳治理效果。

(3) 采用先进技术,实施绿色矿山生态重建工程。从水土保持入手,以改善矿区生态环境和生产生活条件为目标,做好生物治理的规划设计^[7],根据具体的地貌和地形特点,合理配置林型、树种、草类,实行山、水、林、田综合治理。推行乔、灌、草并举的治理原则,做到宜乔则乔,宜灌则灌,宜草则草,乔灌草合理配置,农牧林渔相结合。要十分珍惜节约水资源,引进喷、滴、防渗等节水灌溉技术,确保恢复治理成效。

[参 考 文 献]

- [1] 张勇,张安虎.彬长矿区水土流失特征分析与水土保持关键问题[J].陕西水利,2012(4):163-164.
- [2] 张安虎,张勇.陕西彬长煤矿区水土流失成因分析与水土保持思路及对策[J].陕西水利,2013(4):158-159.
- [3] 杨梅忠,巨天乙,马东民,等.彬长矿区环境地质灾害的分析预测[J].煤矿环境保护,1999(5):62-63.
- [4] 宋世杰.煤炭开采对煤矿区生态环境损害分析与防治对策[J].煤炭加工与综合利用,2007(4):44-48.
- [5] 殷坤龙,张桂荣.地质灾害风险区划与综合防治对策[J].安全与环境工程,2003,10(1):32-35.
- [6] Xu Fulin, Tao Shu. Lake ecosystem health assessment: indicators and methods [J]. Water Resource, 2001, 35(13):3157-3167.
- [7] Vallentyne J R, Munawar M. From aquatic science to ecosystem health: A philosophical perspective [J]. Journal of Aquatic Ecosystem Health, 1993,2(4):231-235.
- [3] 黄维,邓祥征,何书金,等.中国气候变化对县域粮食产量影响的计量经济分析[J].地理科学进展,2010,29(6):677-683.
- [4] 文琦.陕北农牧交错区生态环境影响因素评价[J].干旱地区农业研究,2009,27(1):206-211.
- [5] 何毅,王飞,穆兴民,等.渭河流域降水和气温的时空特征分析[J].水土保持通报,2012,32(4):102-105.
- [6] 丁金梅,延军平.近 50 年陕甘宁地区气候变化特征分析[J].干旱区资源与环境,2007,21(6):124-129.
- [7] 宋春桥,游松材,柯灵红,等.藏北高原典型植被样区物候变化及其对气候变化的响应[J].生态学报,2012,32(4):1045-1055.
- [8] 孙建国,王涛,颜长珍.气候变化和人类活动在榆林市荒漠化过程中的相对作用[J].中国沙漠,2012,32(3):625-630.
- [9] 马永欢,周立华,朱艳玲,等.近 50 年来盐池县土地沙漠化驱动因素的时间变化[J].干旱区研究,2009,26(2):249-254.
- [10] 张小川,车文强.宁夏盐池县社会经济与环境协调发展的策略分析[J].自然资源学报,1989,4(2):158-168.
- [11] 王秀红,谢国勋.宁夏盐池县生态退耕前后农资投入时空分析[J].中国农学通报,2001,27(32):211-215.

(上接第 289 页)