

煤矿露天开采对土地资源的破坏及对策研究

——以黑岱沟为例

辛 凯, 柴晨晖*, 秦越强, 张 鑫, 李朋元, 岳喜能

中国地质调查局廊坊自然资源综合调查中心, 河北 廊坊

收稿日期: 2022年8月22日; 录用日期: 2022年12月27日; 发布日期: 2023年1月3日

摘 要

煤矿露天开采会对环境造成影响主要有土地资源破坏、地貌景观损毁、含水层破坏及地质灾害四个方面, 其中最主要的问题就是对土地资源的破坏, 随着煤炭开采的发展, 土地资源的破坏也越来越被重视。本文以黑岱沟为例, 首先分析现阶段煤炭开采对土地资源的破坏, 然后分析其影响, 并提出针对性的一些建议和防治措施, 降低煤矿露天开采中对周边环境造成的影响。

关键词

煤矿露天开采, 土地资源破坏, 生态环境

Study on the Destruction of Land Resources Caused by Open-Pit Mining in Coal Mines and Its Countermeasures

—Taking Heidaigou as an Example

Kai Xin, Chenhui Chai*, Yueqiang Qin, Xin Zhang, Pengyuan Li, Xineng Yue

Langfang Natural Resources Comprehensive Survey Center, China Geological Survey, Langfang Hebei

Received: Aug. 22nd, 2022; accepted: Dec. 27th, 2022; published: Jan. 3rd, 2023

Abstract

Open-pit coal mining will have an impact on the environment in four aspects: land resources destruction, landscape destruction, aquifer destruction and geological disasters, among which the

*通讯作者。

most direct problem is the destruction of land resources. With the development of coal mining, the destruction of land resources is more and more serious. Taking Heidaigou as an example, this paper first analyzes the damage of coal mining to land resources at the present stage, then analyzes and influences, and puts forward some targeted suggestions and prevention measures, so as to realize the sustainable development of coal resources mining and reduce the impact of open-pit coal mining on the surrounding environment.

Keywords

Open-Pit Coal Mining, Destruction of Land Resources, The Ecological Environment

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. 引言

我国是煤炭开采和消费的大国，煤炭资源作为主要能源又占一次能源消费总量的 60% 以上。正是由于我国对煤炭的高度依赖，促使煤炭生产连年快速上升，2000~2013 年煤炭产量以每年增加 100~300 Mt 的速度连续增长，由于国家经济结构和能源结构调整，2014 年煤炭产量才首次出现负增长，在 2016~2020 年间煤炭产量又以平均 100 Mt 的速度呈增长趋势，而在 2016~2020 年间煤炭产量又以平均每年 100 Mt 的速度增长(图 1)。而煤炭总产量中约 14% 是由露天矿生产的，煤炭露天开采发展极为迅速。露天煤矿在开采出大量煤炭资源为国民经济做出贡献的同时，也对矿区生态环境造成了巨大影响，最直接的影响就是占用和破坏大量土地、破坏生态环境[1]。煤矿露天开采中形成的大面积采坑及排土场，不仅会占用大量的土地，并且煤矿开采还会对地表的植被进行破坏，破坏了地表土壤结构，影响周边土壤的肥力，从而导致植被种类和数量的减少，影响周边生态环境，打破区域上的生态平衡，造成对土地，植被等破坏，加速生态环境的退化与脆弱程度，使矿区整体环境质量越来越差[2]。黑岱沟煤矿是我国第一大露天煤矿，开采面积大，开采深度最深处可达 150 m，对土地资源破坏明显，近年来我国推动山水林田湖生态保护修复工作工程试点，开展绿色矿山建设等工作，使我国矿山土地资源保护与恢复取得了一定的成效，且我国于 2022 年发布矿山生态修复技术规范系列文件，部分矿山对土地资源恢复做了大量的工作，代表着我国土地资源保护与恢复技术的显著提升，通过对黑岱沟露天煤矿开采现状进行分析和对环境影响的监测，找出露天开采破坏土地资源与环境影响的关系，为露天矿土地资源生态环境防治提供依据。

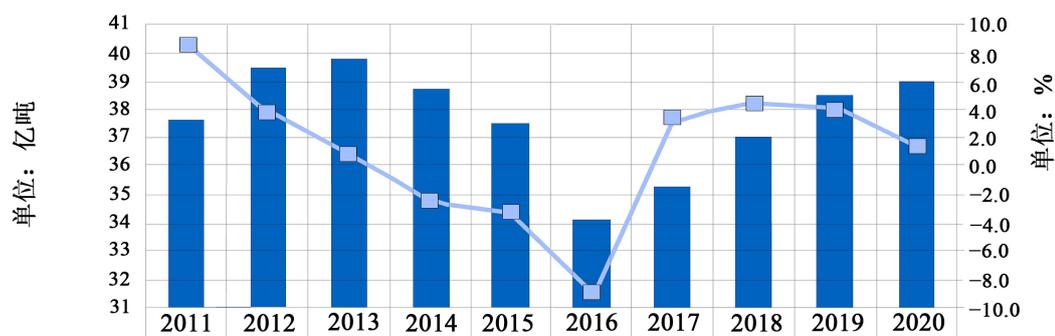


Figure 1. Trend chart of annual coal production in China

图 1. 我国的煤炭年产量趋势图

2. 黑岱沟露天煤矿概况

2.1. 地理位置及交通

黑岱沟露天煤矿位于准格尔煤田中部行政区划属内蒙古自治区鄂尔多斯市准格尔旗管辖(图 2), 中心点坐标东经 111°17'13"北纬 39°45'11"。北部距呼和浩特市 127 km, 东南部距黄河万家寨水利枢纽工程 49 km, 西部距鄂尔多斯市 120 km。

准格尔旗交通位置图

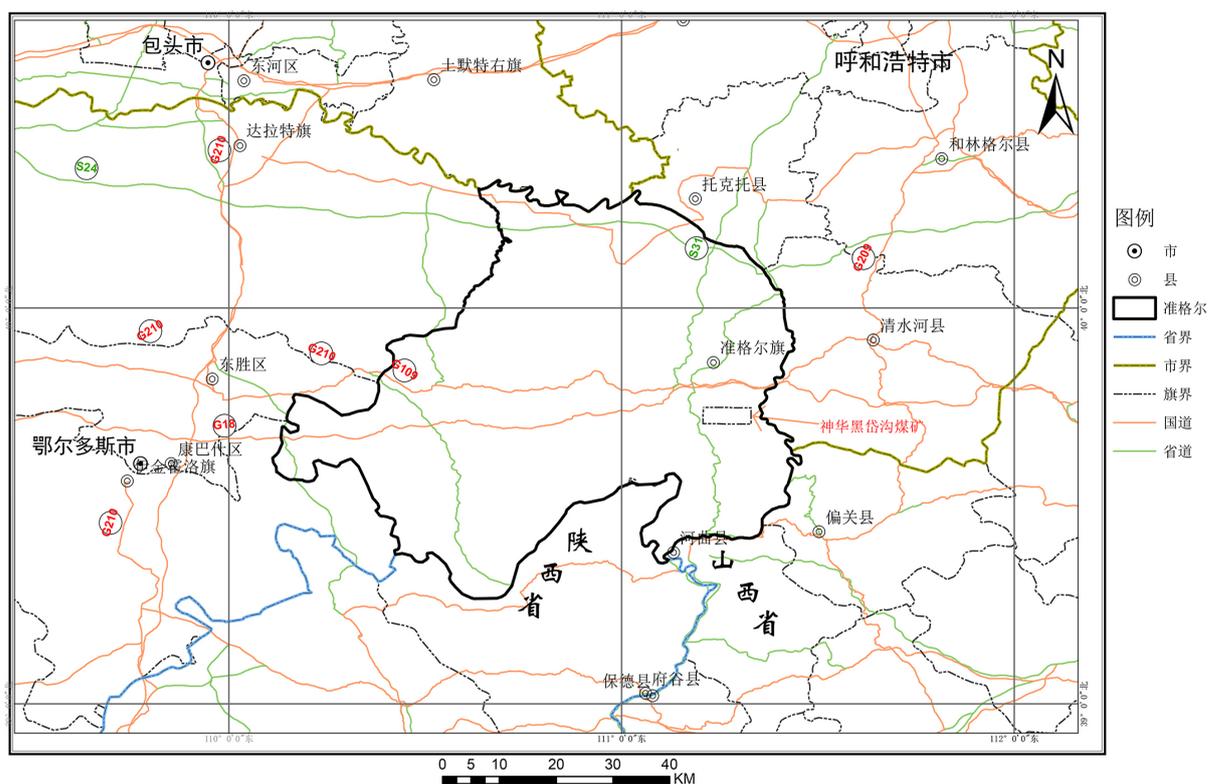


Figure 2. Traffic location map of Jungar Banner

图 2. 准格尔旗交通位置图

2.2. 矿山地质条件

黑岱沟露天煤矿位于准格尔煤田中部, 隶属于中国神华集团准格尔能源有限责任公司, 含煤地层为二叠系下统山西组和石炭系上统太原组, 其古地理环境属近海内陆盆地型, 夹矸岩性主要为粘土岩、炭质泥岩, 还见有砂岩的透镜体。上部黄土层的平均厚度为 49 m, 中部砂岩等岩石层的平均厚度为 56 m, 下部煤层的平均厚度为 28.8 m。黑岱沟露天煤矿的设计开采范围 42.36 km², 可采原煤储量 14.98 亿吨, 服务年限 75 年。

露天采区水文地质条件是以裂隙岩层为主的水文地质条件, 涌水量补给来源主要为大气降水。

2.3. 黑岱沟煤矿露天开采对土地资源破坏现状

黑岱沟露天煤矿邻近黑岱沟村, 地形东北高西南低, 土地破坏类型主要为露天采场对土地的挖损和

工业广场、排土场对土地资源的压占。经遥感及野外调查,矿区占用和破坏土地面积约 26.46 km² (图 3、图 4)。其中露天采坑、排土场占地面积约 18.56 km², 中转场地占地面积约 4.85 km², 矿山建筑占地面积约 0.64 km², 固体废弃物堆放占地面积约 0.82 km², 土地复垦治理占地面积约 1.59 km²。矿区主要是西北部采场和外排土场对土地破坏及对地形地貌景观影响严重。

黑岱沟煤矿开采方式为露天开采, 矿山开采对土地资源破坏现状及类型主要表现在露天采坑的挖损和排土场、工业场地对土地资源的挖损压占, 对土地资源破坏及地形地貌景观损毁程度比较严重。矿山可开采范围露天采场底部走向平均约 7.8 km, 倾向宽度平均约 5.09 km, 预计挖损面积约 40.25 km²。露天开采活动使原来的山坡山脊地形发生了变化, 形成了高 70 米~100 米, 边坡角度在 30 度~40 度之间的高陡坡面[3], 采坑地表及植被全部剥离, 形成一个裸露的人工采坑, 生态系统遭到破坏。黑岱沟煤矿开采中对矿区及周边生态环境影响比较严重, 使一些生物功能彻底缺失, 对原来的地形地貌景观也有比较严重的损毁[4]。



Figure 3. Remote sensing image map and satellite map of Heidaigou open-pit coal mine. (A) Pit; (B) Dump; (C) Reclamation governance; (D) Mine construction

图 3. 黑岱沟露天煤矿遥感影像图及卫星图。(A) 采坑; (B) 排土场; (C) 复垦治理; (D) 矿山建筑



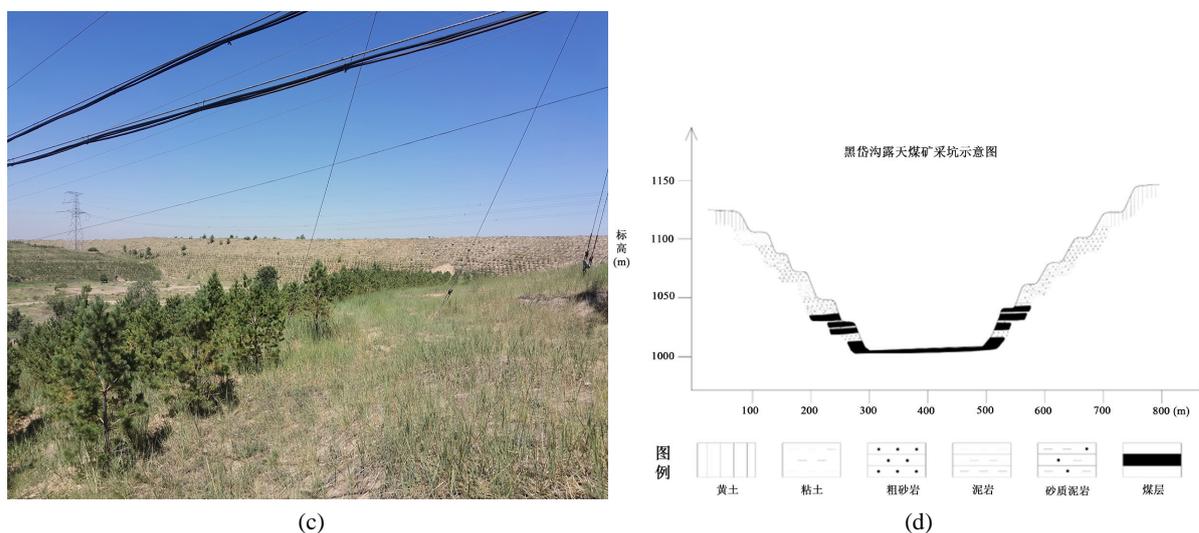


Figure 4. (a) Mining site inside the pit; (b) Drainage yard and mine road; (c) Partial map of mining reclamation; (d) Schematic diagram of Heidaigou open-pit coal mine

图 4. (a) 矿坑内部开采现场; (b) 排土场及矿区道路; (c) 矿区复垦局部图; (d) 黑岱沟露天煤矿采坑示意图

3. 黑岱沟煤矿开采对土地资源损毁预测与评估

矿区土地损毁主要是露天开采地面工程建设和采矿活动对土地造成的损毁，使土地原有的土地利用类型发生变化。露天开采损毁土地主要为内、外排土场、露天采场、工业场地、表土存放场、矿区道路。采场损毁方式为挖损，内、外排土场损毁形式为先挖损后压占，工业场地、表土存放场、矿区道路损毁形式为压占[5]。对矿区的土地损毁进行预测与评估，评价的内容主要包括压占土地的范围、面积和程度等。

矿区土地损毁、地貌景观破坏评价是矿区开发活动引起的矿区土地质量变化程度的评价，各评价因子暂无准确的标准和划分值，根据相似矿区统计数据，参考相关文献及学科实际经验数据，将各级影响因素的等级标准划分表如下[6]。

1) 挖损

露天采区对土地的破坏为挖损破坏，挖损土地评价标准表如下(表 1)。

Table 1. Evaluation factors and grading criteria for the degree of damage to excavated land

表 1. 挖损土地破坏程度评价因素及等级标准表

评价因子	评价等级		
	轻度破坏	中度破坏	重度破坏
挖掘深度	≤5 m	5~10 m	>10 m
挖掘面积(km ²)	林地或草地 < 0.02; 未利用地 < 0.1	耕地 < 0.02; 0.02 < 林地或草地 < 0.04; 0.10 < 未利用地 < 0.20	基本农田 > 0; 耕地 > 0.02; 林地或草地 > 0.04; 未利用地 > 0.20
挖损土层厚度	≤0.5 m	0.5~2 m	>2 m
边坡角度	≤35°	35°~60°	>60°
质量分值	1	2	3
权重分值	0~100	101~200	201~300

2) 压占

露天开采对土地的压占损毁程度评价标准表如下(表 2)。

Table 2. Impact factors and grading criteria for the evaluation of the degree of land occupation damage

表 2. 土地压占损毁程度评价影响因子及等级标准

损毁类型	评价因子	评价等级		
		轻度损毁	中度损毁	重度损毁
压占 (排土)	压占面积(km ²)	林地或草地 < 0.02; 未利用地 < 0.1	耕地 < 0.02; 0.02 < 林地或草地 < 0.04; 0.1 < 未利用地 < 0.2	基本农田 > 0; 耕地 > 0.02; 林地或草地 > 0.04; 未利用地 > 0.2
	排弃(存放) 高度(m)	≤3.0	3.0~6.0	>6.0
	边坡坡度	≤25°	25°~35°	>35°
	排弃物质性状	砂土	砾质	岩石
	权重分值	0~100	101~200	201~300
压占 (建筑)	压占面积(hm ²)	林地或草地 < 2; 未利用地 < 10	耕地 < 2; 2 < 林地或草地 < 4; 10 < 未利用地 < 20	基本农田 > 0; 耕地 > 2; 林地或草地 > 4; 未利用地 > 20
	建筑物高度(m)	<5 m	5~10 m	>10 m
	地表建筑物类型	砖瓦结构、彩钢结构	钢结构	钢筋混凝土结构
	边坡坡度	≤5°	5°~30°	>30°
	权重分值	0~100	101~200	201~300
压占 (道路)	面积(hm ²)	<1	1~5	>5
	路基宽度(m)	≤4.0	4.0~6.0	>6.0
	路面高度(cm)	≤10	10~20	>20
	路面材料	土路	砂石路	硬化道路
	车流量	小	较大	大
	权重分值	0~100	101~200	201~300

根据调查,老采坑及其周边工业场地范围内原土地利用主要以采矿用地、道路、村庄为主,有林地、河流、耕地次之,矿山至今已损毁及压占土地面积约 23.00 km²。矿区损毁土地评价单元分为内、外排土场,露天采场,中转场地,工业场地,固体废弃物,矿区道路,矿山修复治理复垦区[7]。经初步评价各单元对土地资源破坏均为严重,可见采矿活动对土地资源的破坏影响程度较为严重。

4. 黑岱沟煤矿开采对水土环境污染现状分析与预测

根据调查及取水样水质资料分析,矿区各类污染物浓度满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III 类标准要求,水质均达标,水质较好;矿区建设期间遗留的渣土基本为原状表土,对土壤无污染,土壤环境质量较好。矿区区内废水循环利用程度可达 90%以上,几乎不产生废水,对地表水影响较小。但是在一定的降雨下,堆存的煤矸石、废石经雨水淋溶后可能产生淋溶水,其中部分有害物质将溶解于雨水并随雨水渗入土壤、流入地表水中,从而可能对土壤及地表水造成一定的影响,影响程度主要取决

于淋溶水中的物质成分和大气降水的酸碱度等多种因素。因此，预测矿山后期开采中对水土环境污染有一定的轻微影响。

5. 治理对策及研究

5.1. 对露天采场的治理

通过对黑岱沟露天煤矿土地资源破坏调查的现状和预测评估可知，矿山工业活动在露天开采区域原生的地形地貌景观和破坏最为严重，整体对水土环境的污染程度比较轻。主要的地质环境问题就是损毁压占土地和破坏植被生物，露天开采形成的边坡在受到岩体风化和开采活动中爆破、打钻等因素的影响，边坡会发生崩塌(或滑坡)等地质灾害[8]。

在矿山开采结束后，可以通过局部削坡减载和砌筑截排水设施能够提高露天边坡的稳定性；对边坡及平台采用蓄土槽、填土、植树等措施进行治理，逐步恢复露天采场的生态环境，同时也能防止边坡岩体进一步风化，确保边坡长期稳定[9]。

并且，还可以对边坡实施长期监测，采用 RTK 实时监测基准点的变化，还可以运用 InSAR 监测边坡的变形，及时对边坡进行修复治理。

5.2. 对排土场的复垦

矿山排土场采用一层煤矸石一层黄土的顺序进行堆砌，不仅达到排矸、排土一体化，还对废石进行了处理，但是要考虑土壤的结构，要集地质、采矿、环境、土壤、地球化学、水保、生态、植物等多专业于一体，优化排土的方法、覆土的工艺，树立可持续发展的观念，统筹安排。

对排土场边坡复垦，把上覆不同黄土厚度生长的植物进行一个比较，结合最大程度的节约复垦费用，分析出 50 m 厚度黄土层植物生长较好，覆土后还要满足保水排水的稳定性，做到小雨不外排，大雨可截流疏排。然后考虑覆土后会形成滑坡、泥石流，选择本地适应性较好的沙棘、苜蓿、杏树、油松作为复垦的植物，采用篱笆的形式栽培，增强边坡的稳定性，防止水土的流失[10]。具体操作步骤如下：

首先利用柠条、沙柳编制成网格状矩形篱笆，再通过 4 角上锚桩将其固定于坡面。然后在这个网格空间内种植上苜蓿、沙棘。利用立体的网状格造，增加对坡面径流的有效阻拦率，不仅增强边坡的稳定性，还起到很好的蓄水保墒的作用，防止水土的流失，加速坡面绿化速度和效果。

其次将煤矸石添加微生物菌剂，搭配不同的有机原料，可以制成不同理化性质的生态基质，运用这些方法技术对排土场顶部的土壤进行改良，改良后在排土场的顶部种植经济农作物或者牧草，根据不同的植物，进行不同的改良方法。例如，豆科植物需要氮类元素，就可以施些粉煤灰和固氮的肥料进行改良土壤肥力，加速土壤的熟化[11]。并且运用粉煤灰，煤矸石等这些废弃物，不仅合理处置了这些废弃物，还降低了复垦的成本。

5.3. 预期效果

通过一系列的工作，争取达到排土场边坡的坡度降到安全角度以下，以消除崩塌隐患；对已经处理的边坡进行复绿，在边坡的面积范围内种植绿色植物，使其在进一步保持稳定的同时，美化环境，对土地增肥，即添加有效物质，使土壤的物理化学性质得到改良，从而缩短植被演替和生物多样性过程，加快矿山损毁的土地资源恢复[12]。对以挖掘损毁的露天采坑进行回填覆土，恢复为原有土地资源的基础上，种植植物，一般选择适应性强、生长速度快、抗逆性强的本土树种。应根据不同地区气候条件选择不同植物，有利于加快矿山重金属污染的修复进程。

6. 结论

矿山露天开采主要引发的环境地质问题是土地资源破坏、地形地貌景观损毁及地质灾害安全隐患。可以通过边坡监测、排土场复垦等措施,降低地质灾害发生的可能性,并在矿山开采结束后,通过一系列的环境治理、土地复垦等措施,对周边的生态环境进行治理修复。逐步恢复原有土地资源,减少水土流失,改善和恢复矿区地质环境,实现资源环境的可持续发展,建立长效监管机制,加强生态环境和地质灾害监测监控,加强工程实际功能与生态效益的监测监管,保证后期恢复的效率及效果。

基金项目

中国地质调查局项目《鄂尔多斯市准格尔旗煤碳矿集区生态修复支撑调查》(编号: DD20208078)。

参考文献

- [1] 陈胜华, 李海珍. 煤矿区破坏土地资源的调查与评价初探[J]. 煤炭技术, 2000(4): 49-51.
- [2] 梁洪有, 陈俊杰. 煤矿开采对土地资源的破坏及对策研究[J]. 煤炭技术, 2006(6): 1-3.
- [3] 孙臣鹏. 露天矿开采地质条件及对地质环境的影响[J]. 世界有色金属, 2021(7): 52-53.
- [4] 黄忠伦. 煤矿开采对土地资源的破坏及对策研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2018(1): 92, 94.
- [5] 颜建东, 李玥. 采煤活动对土地资源影响的现状及其可持续发展——以山西焦煤集团东曲煤矿为例[J]. 中小企业管理与科技(上旬刊), 2019(8): 56-57.
- [6] 刘翔. 陕北煤矿井工开采对土地破坏程度的分级[J]. 矿业安全与环保, 2015, 42(6): 117-119, 123.
- [7] 李成, 彭捷, 陈建平, 等. 陕西省矿山地形地貌景观损毁现状及修复技术[J]. 灾害学, 2019, 34(4): 143-147, 152.
- [8] 李昊阳, 赵志芳. 矿山开发引起的地形地貌景观破坏变化趋势研究——以武定钛铁矿区为例[C]//第十三届全国数学地质与地学信息学术研讨会. 第十三届全国数学地质与地学信息学术研讨会论文集. 2014: 168-173.
- [9] 侯健. 西湾露天煤矿建设项目环境评价及生态保护策略研究[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2018.
- [10] 孙维然. 露天矿生态修复与景观营造策略研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2019.
- [11] 冀伟珍. 渭北煤矿区开采沉陷对土地资源的破坏及防治对策[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安科技大学, 2010.
- [12] 夏寿亮, 吴明轩, 赵英拓. 抚顺东露天矿绿色矿山可持续发展形势分析[J]. 露天采矿技术, 2017, 32(7): 74-76.