

露天矿山地质环境修复技术研究

——以程家冲露天矿为例

张亚伟¹, 何东文²

¹安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南

²襄阳地质基础工程有限责任公司, 湖北 襄阳

收稿日期: 2023年7月3日; 录用日期: 2023年8月4日; 发布日期: 2023年8月17日

摘要

矿产资源在人类文明建设和发展当中占据着十分重要的地位, 是化工以及重工业行业当中必不可少的基础条件。随着经济的高速发展, 矿石类资源不断被开发, 矿区周围地质环境和地貌景观遭到破坏, 同时开采过程破坏了土质结构, 导致地面坍塌、水土流失, 存在诸多地质灾害的隐患。针对这一问题, 同时为了贯彻二十大以来推动绿色发展, 促进人与自然和谐共生的理念, 以湖北省程家冲露天矿山为例, 通过勘察和测绘手段, 对矿山的高陡边坡、土地资源损毁、地形地貌破坏和含水层破坏等问题进行调查研究, 针对评价结果提出高边坡清理绿化、采坑绿化、渣场绿化、废弃建筑拆除、道路及工业场地绿化的生态修复治理方案。工程结束后, 消除了坡面带来的安全隐患, 增强了坡体的稳定性, 改善了周边居民的生存环境, 产生了一定的经济效益。可为同类型废弃矿山生态环境修复治理提供技术支撑和重要实践参考依据。

关键词

地质环境, 地质灾害, 露天矿山, 生态环境修复

Research on Geological Environmental Remediation Technology of Open-Pit Mine

—Taking Chengjiachong Open-Pit Mine as an Example

Yawei Zhang¹, Dongwen He²

¹School of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

²Xiangyang Geological Foundation Engineering Co., Ltd., Xiangyang Hubei

Received: Jul. 3rd, 2023; accepted: Aug. 4th, 2023; published: Aug. 17th, 2023

文章引用: 张亚伟, 何东文. 露天矿山地质环境修复技术研究[J]. 环境保护前沿, 2023, 13(4): 897-907.

DOI: 10.12677/aep.2023.134110

Abstract

Mineral resources occupy a very important position in the construction and development of human civilization, and are an indispensable basic condition in the chemical and heavy industry industries. With the rapid development of economy, ore resources have been continuously developed. The geological environment and geomorphological landscape around the mining area have been destroyed. At the same time, the mining process has destroyed the soil structure, resulting in ground collapse, soil erosion and many hidden dangers of geological disasters. On the one hand to solve this problem, on the other hand to implement the concept of promoting green development and promoting the harmonious coexistence of man and nature since the 20th National Congress of the Communist Party of China, taking Chengjiachong open-pit mine in Hubei Province as an example, through the means of investigation and mapping, the high and steep slope of the mine, the damage of land resources, the damage of topography and geomorphology and the damage of aquifer are investigated and studied. According to the evaluation results, the ecological restoration and treatment scheme of high slope cleaning and greening, mining pit greening, slag field greening, abandoned building demolition, and road and industrial site greening is put forward. After the completion of the project, the safety hazards brought by the slope are eliminated, the stability of the slope is enhanced, the living environment of the surrounding residents is improved, and certain economic benefits are generated. It can provide technical support and important practical reference for the ecological environment restoration and management of the same type of abandoned mines.

Keywords

Geological Environment, Geological Disaster, Open-Pit Mine, Ecological Environment Restoration

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/>



Open Access

1. 引言

矿产资源在人类社会的发展中占据着越来越重要的地位, 在化工、冶金、重工业及其他行业中也是不可缺少的基础条件, 在人们的日常生活和生产工作当中也得到了普遍应用。但随着经济社会的不断发展, 矿产资源的消耗量也在不断增长, 为了满足人们日常生活及社会生产能源需求, 很多矿山企业也进一步扩大开采量与生产产能, 大范围、高强度的矿产资源开采, 打破了原有的地质平衡。随着矿山资源的不断开发, 矿山一系列周边环境问题愈发明显, 如植被破坏、地面塌陷及滑坡等其白云岩及石灰岩等矿区在基建、开采过程中对周边环境造成不可逆的破坏, 矿区表层土的丧失或改变原有性质, 植被难以生存[1] [2]。矿产资源开发也会对周围地质造成严重影响, 严重的还会导致周围地质、地貌、地下水、植被资源被严重破坏, 诱发崩塌滑坡、泥石流等问题[3] [4]。习近平总书记在党的二十大报告中指出, 推动绿色发展, 促进人与自然和谐共生。尊重自然、顺应自然、保护自然, 是全面建设社会主义现代化国家的内在要求。必须牢固树立和践行绿水青山就是金山银山的理念, 站在人与自然和谐共生的高度谋划发展, 所以如何有效地防治矿山开发地质灾害问题成为重中之重。

废弃矿山生态环境修复治理的方法一是治理, 二是修复[5]。孙晓玲等提出了自然恢复、自然恢复与人工修复相结合、人工修复共 3 种废弃矿山生态修复模式[6], 刘慧芳等提出了多种“矿山生态修复+”

的模式[7], 陈永宝等在长江支流矿山生态修复综合利用中提出了宝贵建议[8], 国外的研究也体现出废弃矿山的危害与自然恢复的缓慢[9] [10], 因此矿山废弃地生态修复要考虑长期的潜在价值和深远的修复目标, 深结合成熟的人工修复技术, 更好的进行矿山废弃地生态修复[11]。在露天矿山开采后, 在众多场地类型中, 裸露的高陡边坡占比最大, 其次为废渣弃土场、尾矿和废石堆等。在开展露天矿山开采活动时, 需要先将表面的植被及覆盖层清除, 随后按照从上到下的顺序分段开挖。在采用这种方式开采时, 会改变矿区原有的地质结构和地貌条件, 并使得地形坡度变陡, 最终形成裸露的岩质坡面, 这种类型坡面结构上更容易发生岩土破碎、滚落石和崩塌等灾害问题。而开挖矿产类型的不同, 其开挖的方式也不同导致周围地质、地貌、地下水、植被资源被破坏的程度不同。因此, 在为了提高矿山安全性, 在保护露天矿山开采地区的生态环境时, 不仅需要开采区域以及周围受影响区域进行修复, 矿山环境修复治理模式应该更具有的针对性、普适性和过程性三方面特点[12]。本文结合襄阳市露天开采综合治理规划, 对襄阳市程家冲采石场进行现场调查, 从矿山生态角度对矿区内地质灾害的影响因素进行分析、研究。针对性提出生态修复建议, 以其为湖北荆襄地区后续类似矿山地质环境绿色治理工程提供了参考借鉴。

2. 矿山概况

矿区位于襄阳市汉江以南, 襄城区东北部, 距襄城主城区约 4 km, 东临汉江最近处 2.1 km。隶属襄城区余家湖街道钱营社区, 中心地理坐标为: 东经 112°08'26", 北纬 31°58'46", 矿区有简易公路通往襄城主城区, 焦枝铁路、G207 (老) 从矿区东部呈南北向通过; 二广高速、新 G207 国道则从矿区西部通过; 汉十高铁从矿区通过。区内交通十分便利(交通位置见图 1)。襄阳市属于北亚热带季风气候, 具有冬寒夏暑, 冬干夏雨, 雨热同期, 四季分明特征[13]。上世纪 80 年代开始程家冲石灰石矿为襄樊市第一水泥厂的石灰石原料矿山, 该矿山经多年的建设和发展, 石灰石年生产能力已达 9.8 万吨, 顶峰时期年生产能力曾达到 40 万吨。矿区内出露地层主要有震旦系上统陡山沱组、灯影组和第四系。矿山开采后形成的高陡边坡裸露, 原生植被被破坏, 采矿区域人类工程活动强烈, 植被不发育。2005 年, 襄阳市政府下令对周边采石场进行关停, 但早期采矿活动已对地质环境造成严重破坏, 形成的高陡边坡存在多处危岩体、危石等, 在不利因素作用下易产生崩塌、崩落等地质灾害。2015 年, 汉十高铁兴建, 汉十高铁呈东西向穿过矿区中央, 汉十高铁于 2019 年 11 月建成通车。目前建有两处铁路隧道涵洞, 隧道出入口及高铁沿线两侧形成的边坡已进行格构绿化。目前保留有铁路建设临时办公厂房、工棚、建筑石料堆场及部分弃土渣场, 对周边的生态地质环境影响较大。



Figure 1. Traffic position diagram of mining area
图 1. 矿区交通位置图

由于矿区存在多个高度和坡度较大的开采剖面, 且武西高铁呈东西向穿过废弃矿山矿区中心部位, 高铁沿线及安全范围均已进行了格构、绿化及安全保护工程设置。根据高铁安全保护规程及保障高速铁路的安全运行, 本区域的坡面生态修复工程不适宜动用爆破及其他重工程进行生态修复, 为制定后期的治理方案和治理措施实施带来了一定的困难。

3. 矿山地质环境影响评价

露天矿山开采易诱发滑坡、崩塌、泥石流等次生地质灾害。本废弃矿山产生的次生地质灾害主要是由于多年不规范矿山开采形成的高陡人工边坡以及矿山固体废弃物随意堆砌形成的不稳定堆积体所引起。边坡上有危岩、有崩塌等地质灾害隐患问题。结合国内针对矿山生态修复所颁布的《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》(DZ/T0223-2011) [14]等文件的相关要求, 对矿山边坡稳定性分析、地形地貌破坏情况生态等进行调查和评价。

3.1. 高陡边坡

3.1.1. 高陡边坡概况

采矿后形成的高陡边坡, 主要为开采终了边坡, 高陡边坡总体呈北西—南东向展布, 坡向南东至南西向, 延伸长度约 1814.5 m, 临空面中间高两侧低, 高差一般为 36.83~137.57 m, 中部边坡临空面最高达 110 m, 坡高 50~70 m, 坡度一般 52°~57°, 主要由 3 个采矿作业平台形成的高陡边坡组成, 采坑壁面积 121,729 m² (表 1, 图 2)。

Table 1. Geological characteristics of high and steep slopes list in abandoned mine

表 1. 废弃矿山高陡边坡地质特征一览表

边坡	坡向	总体走向	平均坡度	坡脚长(m)	坡宽(m)	坡高(m)	坡面基岩裸露面积(m ²)
BP1	230°	140°	55°	1200.8	8~116	148.37~290.8	92,567
BP2	265°	175°	55°	294.5	6~29	135.07~172.72	14,251
BP3	243°	153°	52°	319.2	8~62	139.81~212.63	14,911
合计				1814.5			121,729



Figure 2. Present situation of mining slope in mining area

图 2. 矿区开采坡现状全貌

出露岩性以陡山沱组浅灰-灰白色薄至厚层状白云质灰岩为主, 局部夹泥质页岩, 呈薄至中层状结构, 受区域构造作用, 岩体节理裂隙发育, 发育有多条贯穿性节理, 节理裂隙面多呈波状, 沿裂隙面偶有石英脉充填。边坡总体为斜向边坡, 主要结构面倾向与开采边坡走向斜交, 边坡总体较稳定。但由于不规范开采, 边坡表层岩体结构破碎, 坡体表面危岩体较为发育, 一般单个危岩体高约 2~20 m 不等, 宽约 15~20 m, 厚约 1~3 m, 总体积约 200 m³, 在降雨等因素影响下, 高陡边坡有危岩、危石有产生崩塌的安全隐患。

3.1.2. 高陡边坡稳定性分析

废弃矿山共有危岩体 7 处, 主要分布于 BP1 边坡, 危岩体目前均处于基本稳定-不稳定状态, 对主要危岩体 A1 和 A2 采用赤平投影法进行综合定性分析。

影响危岩体稳定性的主要为结构面, 稳定性判别原则为: ① 当结构面或结构面交线的倾向与坡面倾向相反时, 边坡为稳定结构; ② 当结构面或结构面交线的倾向与坡面倾向基本一致但其倾角大于边坡倾角时, 边坡为基本稳定结构; ③ 当结构面或结构面交线的倾向与坡面倾向之间夹角小于 45°, 且倾角小于坡角时, 边坡为不稳定结构。

从赤平投影图 3 可以看出危岩体上 L1、L3 组节理裂隙交棱线产状 182°∠34°, 交棱线倾向与坡面倾向夹角为 2°, 且交棱线倾角小于斜坡坡角, 受 L1 和 L3 两组裂隙切割后的楔形块体处于不稳定状态。

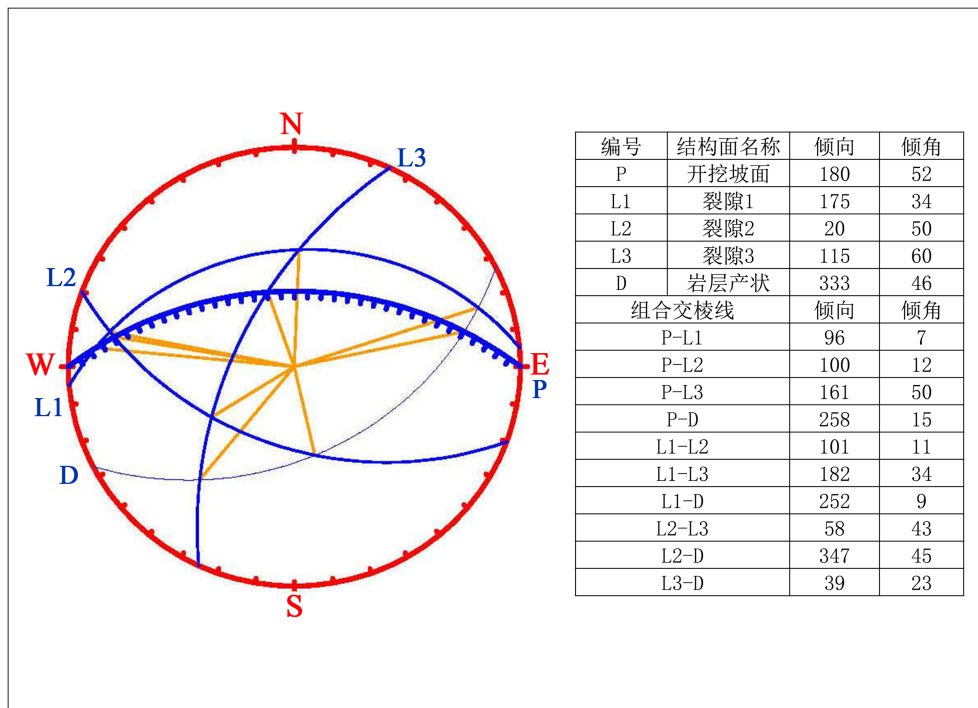


Figure 3. Stereographic projection relation diagram of A1 structural plane and slope

图 3. A1 结构面和边坡的赤平投影关系图

从赤平投影图 4 可以看出危岩体上 L1、L2 两组节理裂隙交棱线产状 234°∠37°, 交棱线倾向与坡面倾向夹角为 31°, 且交棱线倾角小于斜坡坡角, 受 L1 和 L2 切割后的楔形块体处于不稳定状态; L2、L3 两组节理裂隙交棱线产状 299°∠6°, 交棱线倾向与坡面倾向夹角为 34°, 且交棱线倾角小于斜坡坡角, 受 L2 和 L3 切割后的楔形块体处于不稳定状态。

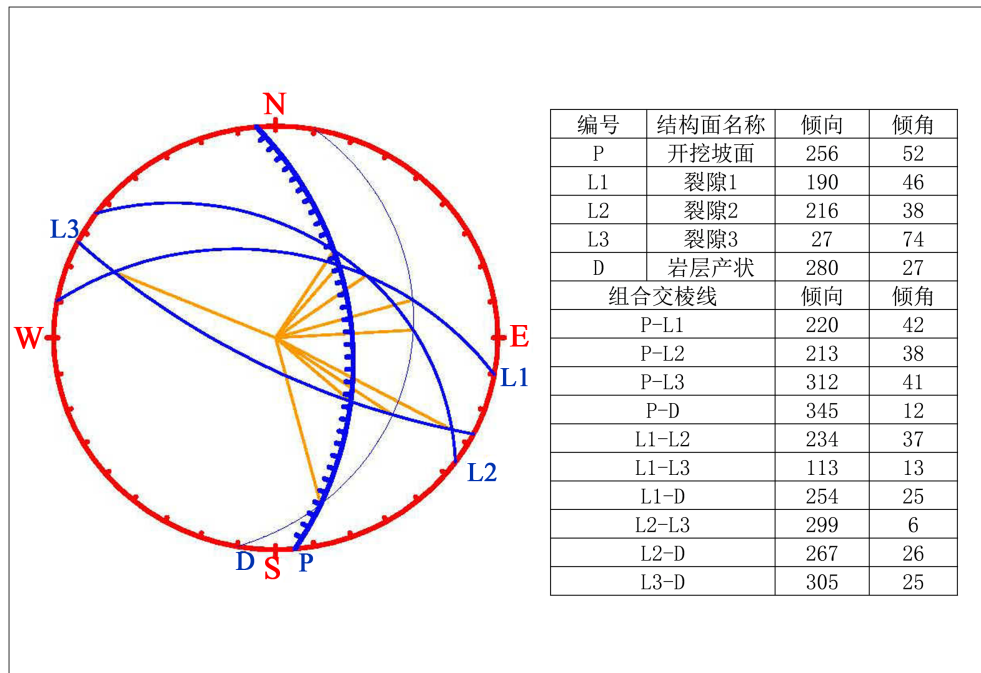


Figure 4. Stereographic projection relation diagram of A2 structural plane and slope
图 4. A2 结构面和边坡的赤平投影关系图

综上所述, 同时结合边坡岩体结构、完整程度等特征以及现场调查情况, BP1 边坡部分坡面受地层岩性、构造和开采扰动影响, 坡面表层岩体较破碎, 形成松动岩体, 危岩体物质主要为强-弱风化岩体, 岩体破碎, 节理裂隙较为发育。在外力作用下, 易沿底部临空面发生坠落式崩塌, 危岩体处于失稳发展过程之中。

3.1.3. 工业场地及弃渣

矿山工业场地对土地资源破坏主要表现为露天采场、排土场、矿山公路、工业广场等, 破坏方式主要为挖损和占用, 破坏土地类型主要为灌木林地。矿山采坑主要为采矿活动遗留的采矿作业面, 破坏土地总面积 264,228 m²。采矿及后期的高铁建设产生较多的废渣, 废渣多堆放在采区斜坡坡脚处及采坑边缘。弃渣、废渣堆放高度 0.5~3 m, 弃渣、废渣边坡小于 40°。弃渣、废渣堆场总体稳定, 但在强降雨冲下, 弃渣、废渣小颗粒会流入沟渠, 堵塞沟渠, 污染地表水体。

3.2. 土地资源损毁问题

采矿活动对土地资源占用破坏较大, 主要为露天采场破坏土地资源, 无序堆放废石废渣、工业场地及其它附属建筑等占用土地资源, 破坏方式主要为挖损与占用, 破坏占用土地类型主要为荒草地和灌木林地。

采矿占用破坏了土地资源。采矿活动对土地资源占用破坏较大, 主要为露天采坑破坏土地资源, 无序堆放废渣、矿山公路及工业场地等占用的土地资源, 占用破坏土地总面积 264,228 m²。其中露天采矿破坏土地 250,176 m², 汉十高铁建设破坏土地面积 14,052 m²。建筑垃圾占用土地面积 780 m², 矿山厂房及工业场地等占用土地面积 4779 m², 汉十高铁石料厂占地面积 6168 m²。废渣堆放占用土地 23,109 m², 矿山公路、厂房及工业场地等占用土地 4779 m²。其中高铁沿线及其保护区 14,052 m² 边坡已做格构及复绿。破坏占用土地类型主要为荒草地和灌木林地如图 5 所示。



Figure 5. Waste rock and slag cleaning area of abandoned mine
图 5. 废弃矿山废石废渣清理区

3.3. 地貌景观破坏问题

矿山为露天开采, 破坏了场地原始地形地貌, 三利达水泥厂采石场原为斜坡地貌, 坡度约 $25^{\circ}\sim 30^{\circ}$, 经过多年采矿, 矿山大部分地表植被已遭到破坏, 矿山地表原来坡度较缓的坡地、生长茂盛的植被已荡然无存, 形成高低不平的采坑, 采坑平面形态呈不规则状、马蹄状、状; 开采终了境界形成的高陡边坡基岩裸露, 原有地形地貌已面目全非, 原始地形地貌发生了较大变化, 形成了三个相对独立的露天采矿边坡和采坑, 坡体相对高差约 $18\sim 138\text{ m}$, 造成植被破坏, 严重破坏了当地的自然生态系统。

采坑由北向南总体走向北北西 - 南北 - 北西西的弧状, 由北向南坡向南西 - 西 - 北西向, 边坡切割高度 $27\sim 74\text{ m}$ 。采坑平面上总长度约 1814.5 m , 宽 $6\sim 116\text{ m}$ 不等, 采坑形成的坡面面积 $121,729\text{ m}^2$ (图 1 矿区开采现状)。矿区毗邻汉江, 周边为襄城区经济发展区域, 过度的矿山开采致使矿区表层土壤大部分剥离, 岩体裸露、弃渣、废渣无序堆放, 原生地形地貌遭到破坏; 后期的铁路建设临时工棚及临时堆放的建筑石料等, 与绿色生态景观形成了较大的反差, 与周边景观极不协调, 严重破坏了当地的自然生态系统, 使原始地形地貌发生了较大变化, 与整体和谐绿色生态景观形成了较大的反差, 破坏了自然地形地貌景观的同时产生极强的视觉逆差。另一方面对过往游客造成了极大的视觉污染, 严重影响了城市生态形象。

3.4. 含水层破坏问题

矿区水文地质条件较为简单, 仅存在降雨的影响, 露天采场内不易出现大规模涌水现象。矿业活动未抽取地下水, 地下水主要靠大气降水补给。由于矿区处于地表斜坡地带, 地表迳流条件好。岩溶又不发育, 降水的绝大部分都以地表迳流的形式排泄。极少部分下渗形成暂时性潜水。地下水的活动深度均高于最低侵蚀基准面, 地下水埋藏较深, 其水位水量严格受大气降水的控制。矿区分布的岩土层多为弱含水层, 地下水资源贫乏, 矿坑疏排水量较小, 受季节性影响而变化。矿石及围岩不含有毒组分, 矿山开采过程中不抽排地下水, 产生的“废水”很少, 采矿活动对矿区及周围水环境影响程度较轻。含矿层 $Z_2d_5^2$ 层和 $Z_2d_5^{1-3}$ 层相对含(透)水性较好; 第四系(Q_4)主要为残坡积层, 为弱—强透水层, 地下水类型为孔隙潜水。矿体位于当地侵蚀基准面以上, 自然排水条件较好, 易于疏干, 矿体节理裂隙较发育, 无矿坑突水问题, 对区域水资源环境影响较小。

4. 矿区环境治理模式及措施

依据《国土资源部办公厅关于做好矿山地质环境保护与土地复垦方案编报有关工作的通知》《矿山地质环境保护与土地复垦方案编制指南》[15] [16]等相关规范与措施要求,“一矿一策”因地制宜的原则。根据恢复治理区具体情况,坚持因地制宜、因害设防的原则,合理布局水土流失防治措施,选用当地适生的植物品种,提高措施布设的适宜性。矿山环境的恢复与治理恢复要坚持“以人为本”的原则,确保矿山地质环境不遭受由于矿山开采形成的边坡崩塌落石等地质灾害危害,对矿区生态治理恢复采取区块划分如图6所示。



Figure 6. Zone diagram of ecological restoration in mining area
图6. 矿区生态治理修复分区图

4.1. 治理总体方案

为了遵守高铁安全保护规程及保障高速铁路的安全运行,同时为了充分贯彻落实国家山水林田湖草生态保护修复工程中生态优先,绿色发展及自然恢复为主,人工修复为辅的保护修复原则及结合本地区的实际生态现状,本次生态修复工程重点部署在矿山采矿区形成的开采平台部分,坡面部分以自然恢复为主。

生态修复治理工程主要为高边坡清理绿化、采坑绿化、渣场绿化、废弃建筑拆除、道路及工业场地绿化和排水沟构筑。高边坡清理绿化主要采用清除高陡边坡上危岩、危石,采用藤本植物上爬绿化;采坑绿化主要对采坑进行宕底整形覆土后,播撒草籽(含灌木种子)绿化;渣场绿化主要对渣场进行整形、道路及工业场地拆除废弃建筑后覆土并覆土播撒草籽绿化。

4.1.1. 高陡坡面危岩、危石处理

主要对 BP1、BP2 高陡坡面上危岩、危石进行清除,由人工采用锄头、铁锹、洋镐等工具对坡面危岩、危石进行清理,消除地质灾害隐患。以清除采壁上上部强风化岩体块石,消除隐患为原则。根据周边环境条件采取适当的措施对坡面转角处及坡顶的棱角进行修整,把凹凸不平的地方大致整平,以清除坡面不稳定块石为主,同时为下一步坡脚绿化创造安全条件。清理土石方约 200 m²。坡脚采用种植穴及爬藤植物栽植的绿化方式,施工过程及施工完工后需在坡脚设置安全警示牌,严防坡面岩块坠落伤人的安全隐患。

4.1.2. 高边坡坡脚绿化

高边坡坡脚绿化工程措施主要为在边坡脚处机械开挖种植穴,种植乔木、爬藤植物、播撒草籽对坡脚、坡面部分进行绿化。1) 爬藤植物栽植:采用机械开挖种植穴,其中 BP1、BP2、BP3 坡脚处开

挖种植穴 1814 个。在种植穴内栽植爬藤植物, 爬藤植物选用爬山虎和油麻藤, 上爬绿化, 采用条形穴法, 穴距 1 m, 每穴 2 株、2 年生, 坡脚爬山虎和油麻藤相间栽植。约栽植爬藤植物 3628 株。2) 乔木植物栽植: 采用机械开挖种植穴。主要在 BP1、BP2 坡脚处采用选择的栎树与女贞树种树行相间的植入法种植。共种植栎树、女贞植物 4 行 1496 棵。3) 覆土: 种植土运抵现场后, 采取人工与机械相配合的方式进行覆土, 覆土厚度 20 cm, 厚度要均匀, 种植土质量要满足植物生长条件、符合植物生长要求的耕作土壤和人造土壤, 种植前根据土层有效厚度、土壤质地、酸碱度和含盐量, 采取相应的加土、施肥和改换土壤等措施。4) 播撒草籽: 采用灌草型绿化, 灌木采用紫穗槐、胡枝子、狗牙草、高羊茅等几种植物混播。

4.1.3. 采坑、废石渣场及工业场地清理及绿化

采坑、废石渣场及工业场地清理: 1) 采坑采用挖高填低方式进行整形, 整形前应对采坑内残存的可用建筑石料进行清运, 避免造成资源浪费, 低洼将堆放在坑缘及东侧路边废渣运至采坑回填, 回填后保证自然排水顺畅, 暴雨时不产生大面积水, 整形后斜坡坡度不大于 10° , 尽可能不留陡坎。2) 废石渣场先对废渣进行机械筛选, 筛选出可用于建筑块石, 对碎石边坡重新整理, 按下粗下细进行填筑。3) 工业场地采用机械配合人工拆除场区内废弃建筑, 包含破除水泥地坪、拆除砌体等, 并对场区进行整形。对工业场内存放矿料进行清运, 对矿区道路路边堆放废渣进行清理, 清理废渣可就近填筑于矿区采坑内。

采坑、废石渣场及工业场地绿化: 种植土运抵现场后, 采取人工与机械相配合的方式进行覆土, 种植前根据土层有效厚度、土壤质地、酸碱度和含盐量, 采取相应的加土、施肥和改换土壤等措施。种植土质量要满足植物生长条件、符合植物生长要求。覆土厚度 20 cm, 厚度要均匀, 种植土质量要满足植物生长条件。采用灌草型绿化, 选用紫穗槐、胡枝子、狗牙草、高羊茅等几种植物混播。

4.1.4. 截排水及蓄水措施

为防止水土流失, 防止南北侧山坡形成的汇流冲刷北侧堆土场底部, 需要在采坑废石渣场南侧及北侧山沟修建条排水沟, 即可以起到围挡土体的作用, 又能排除降雨形成的汇流, 防止水流冲刷堆土场坡脚形成滑坡、泥石流灾害。在治理区北侧靠公路一侧修建蓄水池, 蓄积雨水用于灌溉和养护。后期做好养护工作, 养护期为 3 个月, 养护用水为修建蓄水池蓄水, 水量水质有保证。

4.1.5. 影响因素

- 1) 道路交通: 矿区没有公共的道路通往外界, 有简易矿山公路与外界相连, 可作为施工道路。
- 2) 作业场地: 存在高空作业, 因此作业期间应做好高空防护安全措施。
- 3) 供水供电: 施工区无电力设施, 无供水系统, 需自备发电机, 运水车运水解决施工用水。

4.2. 生态修复效果分析

本次治理工程将主要对目前矿区范围内形成的高陡边坡、采坑、排土场边坡、矿山公路、矿山工业场地进行综合整治。拟采取边坡清理与藤本植物绿化 + 采坑整形植草绿化 + 工业场区拆除废弃建筑后整形植草绿化截排蓄水等生态修复治理工程措施。工程区内危岩、危石清理 300 m^3 , 栽植乔木 1496 棵, 株栽植攀缘植物 3628 株, 覆土 94165.91 m^3 , 喷播植草(灌木)籽 165125.18 m^2 。栽植湿地松 20,000 株, 排水沟修筑 840 m。通过生态修复治理工程的实施, 减轻矿山地质环境问题, 消除了安全隐患, 恢复矿山地表植被, 美化矿区生态环境, 使矿区的生态环境得到较大改善, 修复前后对比图如图 7、图 8 所示。



Figure 7. Before the ecological restoration of the mining area
图 7. 矿区生态治理修复前



Figure 8. After the ecological restoration of the mining area
图 8. 矿区生态治理修复后

5. 结论

1) 矿区周围的生态环境、地形外貌、含水层等往往在露天开采时受到不同程度的破坏, 遗留的陡坡、裸露的基岩剖面 and 弃渣堆积更是成为地质灾害隐患, 应针对性做出相应的治理措施。

2) 应充分贯彻落实国家山水林田湖草生态保护修复工程中生态优先, 绿色发展及自然恢复为主, 人工修复为辅的保护修复原则及结合本地区的实际生态现状制定相应的治理措施方案。

3) 程家冲矿山地质环境恢复治理项目具有一定的社会、环境、经济效益, 适应社会的可持续发展战略要求, 贯彻了推动绿色发展, 促进人与自然和谐共生的发展理念, 为后续类似矿山地质环境绿色治理工程提供了参考借鉴。

参考文献

- [1] 许晓明, 胡国峰, 邵雁, 等. 我国矿山生态修复发展状况及趋势分析[J]. 矿产勘查, 2022, 13(S1): 309-314.
- [2] 卞正富, 雷少刚, 金丹, 王丽. 矿区土地修复的几个基本问题[J]. 煤炭学报, 2018, 43(1): 190-197.
- [3] 梁鹏. 钢铁冶金企业煤气系统回收利用与优化管理[J]. 冶金管理, 2020(23): 141-142.

- [4] 谭绿贵, 陆三明, 王本伟, 张鑫. 矿山生态环境破坏与生态修复——以六安市矿山为例[J]. 皖西学院学报, 2004, 20(2): 45-48.
- [5] 武强, 刘宏磊, 赵海卿, 张萌, 刘守强, 曾一凡. 解决矿山环境问题的“九节鞭”[J]. 煤炭学报, 2019, 44(1): 10-22.
- [6] 孙晓玲, 韦宝玺. 废弃矿山生态修复模式探讨[J]. 环境生态学, 2020, 2(10): 55-58, 63.
- [7] 刘慧芳, 王志高, 谢金亮, 等. 历史遗留废弃矿山生态修复与综合开发利用模式探讨[J]. 有色冶金节能, 2021, 37(2): 4-6, 15.
- [8] 陈永宝, 刘翔, 王广禹, 等. 废弃露天矿山生态修复实践与展望——以宜昌市长江干支流两岸 10 km 废弃矿山为例[J]. 资源环境与工程, 2023, 37(1): 82-88.
- [9] Pensa, M., Sellin, A., Luud, A. and Valgma, I. (2004) An Analysis of Vegetation Restoration on Opencast Oil Shale Mines in Estonia. *Restoration Ecology*, **12**, 200-206. <https://doi.org/10.1111/j.1061-2971.2004.00323.x>
- [10] Xie, S., Yu, C., Peng, B., et al. (2022) A Re-Assessment of Metal Pollution in the Dexing Mining Area in Jiangxi Province, China: Current Status, Hydro-Geochemical Controls, and Effectiveness of Remediation Practices. *International Journal of Environmental Science and Technology*, **19**, 10707-10722. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03887-x>
- [11] 关军洪, 郝培尧, 董丽, 李雄. 矿山废弃地生态修复研究进展[J]. 生态科学, 2017, 36(2): 193-200.
- [12] 刘宏磊, 陈奇, 赵德康. 矿山环境修复治理模式探讨[J]. 煤炭工程, 2016, 48(S2): 91-95.
- [13] 张志, 杨金中, 张高华, 郭丽君. 生态文明视角下的湖北省东部矿山地质环境遥感调查与分析[J]. 中国地质调查, 2016, 3(5): 21-27.
- [14] 中华人民共和国国土资源部. DZ/T 0223-2011 矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [15] 国土资源部地质环境司. 国土资源部办公厅关于做好矿山地质环境保护与土地复垦方案编报有关工作的通知[EB/OL]. https://www.mnr.gov.cn/gk/tzgg/201701/t20170109_1992001.html, 2017-01-03.
- [16] 矿山地质环境保护与土地复垦方案编制指南[R]. 北京: 北京中华人民共和国国土资源部, 2016.