

生态修复技术在露天矿山治理中的应用研究

毛福仁

山东省物化探勘查院

DOI:10.12238/gmsm.v7i5.1831

[摘要] 本论文旨在探讨生态修复技术在露天矿山地质环境治理中的应用,以期为露天矿山的生态恢复和地质环境治理提供科学依据和技术支持。首先分析了矿山开采活动对地质环境造成的破坏,包括地形地貌改变、露天采矿引发的地质安全问题、土地资源损毁、植被破坏等。在此基础上,提出了生态修复技术在矿山地质环境治理中的应用策略,包括地质安全隐患的消除、损毁土地的复垦、植被恢复等方面。通过案例研究,论文评估了不同生态修复技术在矿山地质环境治理中的应用效果,验证了多种生态修复技术的有效性,为露天矿山地质环境治理提供了技术参考。本论文对于推动露天矿山的生态修复和地质环境治理具有重要意义,并为相关领域的研究提供了新的思路和方法。

[关键词] 生态修复; 应用研究; 露天矿山; 地质环境治理

中图分类号: TD21 **文献标识码:** A

Research On The Application Of Ecological Restoration Technology In The Treatment Of Open-pit Mine

Furen Mao

Shandong Geophysical and geochemical Exploration Institute

[Abstract] The purpose of this paper is to discuss the application of ecological restoration technology in the treatment of open pit mine geological environment, in order to provide scientific basis and technical support for the ecological restoration and geological environment treatment of open pit mine. Firstly, the damage to geological environment caused by mining activities is analyzed, including the change of topography, geological safety problems caused by open pit mining, land resource damage, vegetation damage and so on. On this basis, the application strategy of ecological restoration technology in mine geological environment management is put forward, including the elimination of geological safety hazards, the reclamation of damaged land, vegetation restoration and so on. Through case study, the paper evaluated the application effect of different ecological restoration technologies in mine geological environment management, verified the effectiveness of various ecological restoration technologies, and provided technical reference for open-pit mine geological environment management. This paper is of great significance for promoting ecological restoration and geological environment management of open-pit mines, and provides new ideas and methods for research in related fields.

[Key words] Ecological restoration; applied research; open-pit mine; geological environment management

引言

山石资源开采对经济社会发展做出了很大贡献,但是随着山石资源开采的发展,引发的地质环境问题越来越突出,尤其是历史上长期无序的开采,造成山体、植被破坏严重,视觉污染严重,地形地貌、土地、植被等地质环境条件发生改变而使生态环境恶化,严重制约着地方经济的发展。如何采取科学有效的技术手段解决露天矿山开采引发的地质环境问题、修复生态环境,实现“青山绿水就是金山银山”的理念,践行人与自然和谐共生的理念,系统解决好资源开发与生态环境保护的关系,是目

前亟需解决的问题。

1 基本情况

泗水县曾家庄村北破损山体为前期开采建筑石材造成的山体破损、地形地貌景观破坏区。山石资源开采始于20世纪80年代末期,至2006年已全部关停,目前属历史遗留的无主小矿山群采区。开采岩层为太古宙泰山群太平顶组黑云母斜长石片麻岩和角闪石黑云母斜长石片麻岩,主要用于建筑用石料。采石场废弃后,未采取任何恢复措施和工程,开采露天采坑、开采立面、渣石堆等山石资源开采遗留物,造成严重的视觉污染,大量土地

的损毁,地形地貌景观的破坏,植被的破坏、生态环境的恶化,遗留的矿山地质环境问题突出,亟需解决。

2 存在的矿山地质环境问题

通过研究分析搜集到的以往资料,无人机高分辨率航摄影像和1:500大比例尺地形图测绘,以及对废弃矿山的现场调查分析,存在的主要地质环境问题有矿山地质安全问题、地形地貌景观的破坏、土地资源的损毁、植被的破坏。

2.1 矿山地质安全问题

山石资源开采破坏了山体原始均衡状态,露天开采形成的大面积高陡立面,加上边坡临空面大、卸荷裂隙发育,使边坡长期处于不稳定或欠稳定状态。在重力、强降雨、地震等内外地质应力作用下,易发生崩塌等地质环境问题,对附近居民和行人的生命财产安全构成严重威胁。

2.2 地形地貌景观破坏

露天采坑、废石堆、采石立面、工业广场为山石资源开采过程中造成的地形地貌景观的破坏,尤其是露天采坑和采石立面严重破坏了原有山体的地形地貌形态,视觉污染严重。区内有二三十处露天采坑,形状不规则、大小不一,开采深度十余米。区内南部七八处坑内有积水,水质良好,为周边农业灌溉和农副业养殖及其他用水。其他采坑内回填有加工石材产生的锯泥粉,呈灰白色,有积水。

区内北侧为秃山山脉,历史上因在山脚处开采山石资源,形成高差三四十米的陡立面,岩石裸露,无植被覆盖,视觉污染严重。采石立面沿山体走向展布,长度约1km,蜿蜒崎岖,在远处的公路上能看到破损的山体立面,视觉效果差。因历史上无序地开采山石资源,区内尚有因开采残留的三处山丘,周边山体已挖空,仅剩中间凸起的山头。

区内山脚以下有一长约500m的废石堆,因开采山石资源剥离的表层渣石土和废石料堆积而成的,高度约30m。废石堆为土石结合物,土石比约为3:7。

总之,区内大量的露天采坑、高陡采石立面、残丘、废石堆,凹凸不平,满地疮疤,区内地形地貌景观破坏极为严重。

2.3 土地资源损毁

露天采坑、废石堆、采石立面、工业场地等损毁单元不仅破坏了原生的地形地貌景观,也损毁了大量的土地资源。土地损毁方式主要是压占、挖损等,工业场地、废石堆为压占损毁,露天采坑、采石立面为挖损损毁。

工业场地主要包含破碎区、办公区、沉淀池等设施,由于房屋的建设和地面硬化的建设,压占部分土地被压实,亦造成砾石侵入量为>30%,土壤侵蚀程度高,属重度损毁。

废石堆损毁前未剥离表土,全部压实,堆积高度20~30m,土壤侵蚀程度高,属重度损毁。

露天采坑在平面形态多不规则,开挖深度十余米,边坡陡立,不平整,坑内有积水,土壤侵蚀程度高,属重度损毁。

采石立面边坡陡立,近乎垂直,岩石裸露,无表土覆盖,视觉污染严重,土壤侵蚀程度高,属重度损毁。

2.4 植被的破坏

区内原土地利用类型为耕地、林地、草地等,因山石资源开采,破坏了原来的土地利用类型,原生植被遭受破坏,成为现在的不毛之地,生态环境恶化严重。

3 废弃露天矿山生态修复模式

3.1 生态修复原则与总体目标

践行“青山绿水就是金山银山”的理念,生态修复秉承的原则是统筹兼顾、因地制宜、同时兼顾安全的原则、生态的原则、统一的原则、可持续发展的原则、经济的原则和严谨规范的原则。

针对项目区前期建筑用花岗岩石料开采造成的原始山体地形地貌的破坏、矿山地质安全问题、土地资源的损毁、植被的破坏等现状情况,通过地面调查、无人机高分辨率航摄影像和大比例尺地形测绘、矿山生态问题调查等工作方法,综合研究分析破损山体引发的生态地质环境及视觉污染问题,提出切实可行的治理方案;通过工程的实施,逐步解决治理区内矿山地质安全问题、消除地形地貌景观的破坏引起的视觉污染、生态地质环境问题等问题,逐步改善项目区内的生态地质环境,达到消除地质灾害隐患、重塑地形地貌、优化调整土地利用结构、提升生态环境、美化人居环境的目的。

3.2 废弃露天矿山生态修复模式

3.2.1 消除地质灾害隐患

区内采石立面高陡,节理裂隙发育,坡顶岩石破碎,采石立面上存在大量的危岩体,易发生崩塌地质灾害问题。因此,应采用人工、机械、解离等方式清除危岩体,消除地质灾害隐患。清除危岩体前须对防护对象做好安全防护,受威胁对象撤至影响范围之外,必要时设置防护设施。清除危岩体按照自上而下顺序、分区跳段方式并将坡面一次成型,每段施工长度不大于15m。清除危岩体后的边坡应至稳定岩面,不引发新的危岩体。清除危岩体后应修整坡面转角处及坡顶棱角,使坡面平整顺滑,无较大的凸起和凹陷,清除危岩体处坡面应与周围坡面连接平滑、协调。

对不宜采用清除措施的危岩体,宜采用加固的措施。加固工程应与周边环境相协调,弱化人工痕迹。

3.2.2 地形地貌重塑

(1) 残丘清理。区内残留3处山丘,其中有两处为独立残丘,一处与山体连接。在残丘清理过程中,应采用削坡卸载的方式,形成阶地坡地,坡度 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$,防止后续覆土流失。治理区高差40余米,地质岩性为泰山岩群二长花岗岩,地质基础稳定,宜采用长坡式阶地。残丘清理采用爆破法削坡,施工过程中坡面预留2m左右岩层采用人工或机械修整,防止坡面上产生新的危岩体,保证坡面稳定顺滑。同时,坡顶、侧边界与周边的山体自然衔接,防止形成陡坎。

(2) 坡面整形。对残丘进行清理过程中,靠近山体一侧进行坡面整形,为后续植被重建创造条件。整形后的坡面南北向坡度 15° ,东西向坡度 5° 左右,坡向 140° 。

(3)坡脚续坡。对区内的破损立面、采坑底部坡脚处进行渣土回填续坡,渣土来源于治理区山坡底部的渣土堆。将破损立面底部的渣土进行清理平整,续坡时依山就势,为稳定续坡体和防止后续坡面覆土流失,可在续坡体坡脚处修建毛石挡土墙,以设计挡土墙内侧底部开始向上续坡,续坡坡度 25° 。回填续坡为保证其稳定性,按照先低后高的顺序逐层回填并分层压实,不应顺坡倾倒,续坡回填后进行坡面整平,续坡回填压实系数大于0.9。回填时将大块度块石堆置在底层稳定基底,利用小块度块石、碎渣石填隙。

毛石挡土墙坐落在基岩上,施工前应将基础清理至基岩面,确保毛石挡土墙的稳定。设计挡土墙采用M15浆砌石结构,墙高1m,上顶宽0.5m,下底宽0.8m,面坡坡度1:0.3,顶部为0.10m厚C20砼压顶,挡土墙材料要求无裂纹、无风化,块石厚度不小于0.2m,强度不低于MU30,对墙面采用1:3水泥砂浆进行勾凸缝。保持毛石挡土墙的外部美观,弱化人工工程痕迹。

(4)蓄水池整形。区内南部有三处露天采坑相邻,形状极不规则,中间残余破损岩体,且采坑边坡岩石破碎,坑底常年有水,三处水面未连通,中间有两道石梁。设计将三处水面中间的石梁进行清理,清理至标高+140m,同时对采坑的四周边坡进行修整,使边坡坡面稳定顺滑。最终形成一个方形的蓄水池,后期用于灌溉水源,蓄水池周边安装防护网,防止人畜落水。

3.2.3覆种植土绿化

坡面整形施工完成后,在坡面上覆60cm厚种植土,种植土选用富含有机质、团粒结构完好的沙壤土,尽量选择腐殖土、耕植土或有机含量大于8%的种植土,保证种植土具有较好的通气、透水和保肥能力。土壤酸碱度(pH值)控制在7~8之间。种植土应符合环保要求,不得含有生活及建筑垃圾。

设计整理后的坡面上覆60cm厚种植土,考虑与治理区周边植被相协调,坡面上种植乔木与灌木相搭配的方式,乔木选择绿化树种以刺槐、蜀桧、黑松为主,灌木选择五叶地锦、荆条、连翘、紫穗槐等混搭点缀。施工过程中尽量保留治理区内现有的植被,特别是生长良好的乔木。

3.2.4修建梯田

在坡脚以下地势平坦的区域,地形坡度小于 10° ,宜修建梯田,复垦为耕地。田面宽度和田坎高度根据地面坡度大小选取,陡坡区田面8~15m,田坎高1.5~2.0m,缓坡区田面20~40m,田坎高1.2~1.5m;田面平整度不大于3度,外高内低,外略高,内滴水;田坎采用毛石砌筑,石坎需压顶,高5cm,宽30cm;梯田内侧开挖排水毛沟。坡麓处零散、小块梯田进行田块合并,按加权平均高程作为合并后的田块的设计高程,田块内挖填平衡。露头石头、块石、砾石等区域使用挖掘机开挖、移动、堆放,板岩、薄块岩

采用风镐和爆破法挖掘,坚硬的厚块岩石区用爆破方法挖掘,覆土厚度80cm,保证耕作层厚度应达30cm以上,有效土层厚度达到60cm以上。田面高差小于10cm,耕层 $>2\text{mm}$ 的砾石含量小于1%,心、底土层 $>2\text{mm}$ 的砾石含量小于5%。平整后覆土80cm,保证耕作层厚度应达30cm以上,有效土层厚度达到60cm以上。

4 矿山生态修复实施及预期效果

本项目通过县级人民政府依法处置剩余土石料资源来获取生态修复资金,全部用于历史遗留矿山生态修复工作。地方政府监管平台通过依法处置剩余土石料资源的方式可有效解决地方财政资金不足问题,同时也解决了困扰当地历史遗留矿山生态修复问题。

通过本次历史遗留矿山生态修复的实施,可有效消除区内的地质安全隐患,恢复地形地貌景观,修复生态环境,实现土地利用结构的优化提升,增加耕地面积,美化人居环境,提高当地居民生产生活质量。

[参考文献]

- [1]王志亮,李军,尚振.典型露天矿山生态修复模式探讨——以山东省归来庄金矿为例[J].山东国土资源,2023,39(6):26-31.
- [2]鲁峰,王强,韩新,等.黄河流域下游泰山区域生态地质环境问题及修复模式[J].山东国土资源,2022,38(3):63-69.
- [3]宋远霸,高运宝,杨本固,等.山东省日照市历史遗留矿山生态修复策略研究[J].山东国土资源,2023,39(12):33-38.
- [4]许庆福,梁东,乔庆伟,等.基于生态保护格局的省域国土空间生态修复策略:以山东省为例[J].山东国土资源,2022,38(4):74-80.
- [5]蒙永辉,许燕,王集宁,等.山东省矿山地质环境治理工作形势分析[J].山东国土资源,2016,32(9):26-29.
- [6]孙建强,何胜强,张晓亮.烟台市牟平区废弃矿山地质环境问题及生态修复治理措施[J].山东国土资源,2022,38(10):48-52.
- [7]张宪尧,魏开宝,薛林,等.矿山地质环境与生态文明建设研究[J].中国人口·资源与环境,2016,(S1):232-235.
- [8]刘传娥,李生清,胡靖爽,等.“双碳”战略下废弃露天矿山生态修复模式研究与实践:以山东省废弃露天矿山为例[J].山东国土资源,2022,38(9):40-44.
- [9]李军栋.关于矿山地质灾害防治与地质环境保护的探讨[J].世界有色金属,2019(22):130-132.
- [10]马明,王文斌,张振,等.历史遗留矿山生态修复策略——以山东省淄博市为例[J].山东国土资源,2023,39(2):74-78.

作者简介:

毛福仁(1980--),男,汉族,山东青岛人,大学本科,高级工程师,从事矿山生态修复、水工环地质、地质灾害治理工作。