

# 矿山生态修复方法及工程措施研究

方林 牡丹 李俊英

河南省自然资源监测和国土整治院, 河南 郑州 450016

**[摘要]** 采矿过程对环境有着较大的影响, 其破坏力不仅表现在对地表的破坏上, 还表现在对环境的严重影响上。在采矿作业中, 矿山占用了大量的农业用地, 这在不同程度上影响了植物生长; 其次, 由于长期开采会改变周围生态环境, 特别是环境污染, 不仅严重污染空气, 而且也污染地下水, 这违背了社会可持续发展的原则, 因此矿山生态系统的管理也要求我们不要忘记长期发展, 文章从当前利益出发, 提出了矿区环境恢复和生态环境修复及保护途径。

**[关键词]** 矿山; 生态修复; 工程措施

DOI: 10.33142/ec.v6i3.8010

中图分类号: X171.4

文献标识码: A

## Study on Ecological Restoration Methods and Engineering Measures in Mines

FANG Lin, DU Dan, LI Junying

He'nan Natural Resources Monitoring and Land Improvement Institute, Zhengzhou, He'nan, 450016, China

**Abstract:** The mining process has a significant impact on the environment, and its destructive power is not only manifested in the destruction of the surface, but also in the serious impact on the environment. During mining operations, mines occupy a large amount of agricultural land, which affects plant growth to varying degrees; Secondly, because long-term mining can change the surrounding ecological environment, especially environmental pollution, which not only seriously pollutes the air, but also pollutes groundwater, which violates the principle of social sustainable development. Therefore, the management of mining ecosystems also requires us not to forget long-term development. Starting from current interests, this article proposes ways to restore the mining area environment and restore and protect the ecological environment.

**Keywords:** mines; ecological restoration; engineering measures

### 1 进行矿山生态环境恢复治理的重要性

#### 1.1 采矿过程带来损坏

采矿过程对生态带来不可逆的损坏, 有关部门应及时采取措施予以制止。采矿带来的生态损坏主要来自以下方面。特别是, 采矿后留下的沉积物会造成地质灾害, 例如开采之后留下的矿洞, 以及土体变形和坍塌。首先, 露天开采将改变边坡的自然平衡, 导致土壤崩塌, 而矿渣开采将成为滑坡的物质基础; 其次, 矿物废水污染土壤。这些废水的化学成分往往比较复杂, 对环境释放出有毒气体, 环境管理容易退化; 最后, 由于采矿活动导致植被完全丧失, 矿山的生态系统往往无法通过自然影响恢复。植被的破坏可能产生土壤侵蚀、土壤损耗和污染物扩散的风险。

#### 1.2 恢复和管理矿区以保护土地资源

采矿对我国土壤生态的破坏主要来源在以下方面: 首先, 采矿将导致土体表面的破坏和坍塌, 导致生态完整性的丧失。此外, 采矿活动使地质结构容易受损, 对建筑结构的稳定性带来威胁, 也无法应对; 其次, 采矿业产生的固体炉渣和化工废水等污染物严重污染生态环境, 对人体有毒害作用。即使在自然调节下, 矿山植被恢复, 污染物会从环境中进入人体, 并在食物链中积累。因此, 开采过的矿床几乎不可能进行农业生产。矿山复垦管理有两个优点: 一方面, 矿山复垦管理消除了脆弱地形的自然平衡,

如矿区、工作区、边坡等。其他稳定矿床的地质结构提供了建筑用地; 另一方面, 矿山回收和清理将有助于清除固体废物, 处理有毒有害废水, 恢复采矿项目污染土壤的肥力, 恢复农业用地, 减少耕地短缺。

### 2 矿山地质及生态环境问题现状

#### 2.1 潜在地质灾害

露天开采矿山如果作业不规范, 基岩裸露, 岩石节理裂隙发育, 开挖时形成边坡陡峻, 破坏了原有的山体平衡和岩土体力学性能, 易导致局部的山坡失稳, 在采矿震动、雨水等长时间自然的作用下, 易形成崩塌、滑坡地质灾害。市域内矿山崩塌、滑坡地质灾害规模一般较小, 一旦发生, 主要威胁对象为采区内工作人员及机械设备或路过行人、附近耕作的村民, 发生后造成的经济损失较小。矿山地下开采如果开采深度较小, 采矿引起的岩层移动易波及地表, 当地表出现非连续性破坏时, 可能出现地面塌陷; 当采空区上方的外边缘区下沉值不相等, 地面向中心倾斜, 呈凸形, 使地表产生拉伸变形, 当拉伸变形超过一定值后, 地表可能产生裂缝。峨眉山市市域内矿山地面塌陷、地裂缝地质灾害规模一般较小, 一旦发生, 主要威胁对象为采空区上部建筑、耕地或林地, 发生后造成的经济损失较小。

#### 2.2 土地资源压占损毁

开挖时植被、表土被清理, 使得土壤的水土保持能力

降低。开采和弃土形成高陡边坡,在雨水冲刷剥蚀作用下,使得水土流失加剧,损毁了土地资源。矿山对土地资源的损坏分压占、塌陷和挖亏三类,其中压占为最主要的破坏形式,花岗岩矿山开采过程中的废弃物(废石、废渣、腐殖质、尾矿等)堆置占用了大面积场地,导致良田被过量占用,堆置场所原有生态系统遭受破坏。

### 2.3 水土气污染

矿区水资源污染主要是找矿、采矿活动,使地表水或地下水含酸性、重金属和有毒元素,也称为矿山污水。矿山污水会危及矿区周围河道、土壤,甚至破坏整个水系,影响居民生活及工农业用水。当有毒元素、重金属侵入食物链时,还会给人类健康带来潜在威胁。大气污染是由于露天采矿及地下开采工作面的钻孔、爆破及矿石、矿渣的装载运输过程中产生的粉尘,特别是废石场矿渣(如煤矸石)的氧化和自然释放出的大量有害气体,矿渣风化形成的细颗粒物、粉尘以及尾矿风化物等,在干燥气候与大风作用下会产生尘暴等灾害,这些都会造成矿区空气污染。土壤污染是因采矿对地面景观的破坏使矿区环境与周围环境不协调,矿山倾倒固体废弃物使沟壑、河道淤塞,泄洪不畅,甚至出现水患。

### 2.4 固体废物污染

固体废物污染已逐渐成为矿产生态资源集中的负担和问题。固体废物(包括废物和天然岩石废物)的污染程度仍然很高,这是矿山固体废物污染的关键因素之一。这是因为矿业公司缺乏环保意识、科学的采矿计划,没有重视固体废物造成的严重损害,也没有采取适当措施处理固体废物,因此开采人员在作业过程中随意处理固体废物。固体废物总量高,如果不及时处理矿井中残留的固体废物,它们会在原地堆积,不仅会覆盖周围大片土地,还会对地表植被等生物资源造成一定破坏,进一步加剧原本脆弱的生态环境,也会造成潜在的安全风险和事故。

### 2.5 废气排放较为严重,空气质量令人担忧

在矿产资源开发过程中,产生了大量的废气和粉尘,对下层环境造成污染。当矿工吸入废气和粉尘时,会引起呼吸道疾病,并对健康构成持续威胁。受天气影响,这些有害气体扩散到周边的大气中,并进一步扩大了受污染场地的面积。此外,采矿活动将产生含硫气体和其他污染性气体,空气中飘浮着大量可吸入颗粒物。当酸性气体上升时,会影响水蒸气并导致酸雨。酸雨造成的损害是多方面的,不仅对生态系统和设施,而且对人类健康都有直接和间接的影响。在采矿过程中,大量地质结构和生物遭到破坏,影响植物对空气的清洁能力,空气污染无法及时消除,空气质量令人担忧<sup>[4]</sup>。

## 3 矿山生态修复方法及工程措施

### 3.1 改善矿区土壤质量

提高采矿土壤质量是恢复环境的有效途径。目前,采

用化学、生物、物理等方法。特别是使用基于材料密度的技术来改善土壤特性意味着有效减少对土壤结构、水产养殖等的破坏。在完成每项工作后,工人必须填充修复的路面。这种方法不仅简单,而且价格低廉。充分发挥土壤种子库的作用和功能,尽快恢复矿区的环境功能。如果由于各种因素无法及时回填矿山,则必须保护土壤。此外,物理复垦方法可用于隔离土壤,也就是说,在某些情况下,物理方法可用于复垦。其他事项需要在实践中解决的问题是在使用隔离法后的一段时间内可能出现的差异,因此其范围相对有限。除了材料技术外,化学技术还可以有效改善土壤。具体来说,可以向土壤中添加足够的化学物质或养分,以有效提高土壤肥力和调节pH值,但化学技术的应用将受到地下水和暴雨等因素的影响。因此,应使用化学技术来控制其排放。

### 3.2 恢复林牧业发展

根据区域条件进行部分重建和使用。如果有些土地适合发展林业和畜牧业,则投资于恢复林业和畜牧业。在林业恢复发展之前,矿山可以种植经济作物和放牧,这不仅能提高土地利用效率,还能节约土地,恢复生态平衡,为以后放牧奠定生态基础。同时,为了保证林业和畜牧业的恢复及发展,必须对该地区的土壤和土壤质量进行系统的分析,必要时还应向其注入适当的有机物。此外,在牧场开发和恢复过程中,要控制该地区的放牧频率,确保绿色植被覆盖,避免过度放牧对环境造成二次破坏,促进生态系统恢复,提高造林的生态价值。

### 3.3 真菌定殖技术的应用

矿物残留物通常不含有土壤养分,这会影响植物的生长。真菌定殖技术的目的是恢复微生物群落,维持营养循环,并发展一个自动控制的生态体系。真菌因其与植物和微生物的生物相互依存牵制而受到广泛关注。蘑菇与宿主植物共存真菌为植物提供营养和水分,植物从真菌中获取碳水化合物。它们还可以保护载体植物免受各种病原体的侵害。在煤矿进行的另一项研究发现,干旱增加了菌落生产力,减少了干旱重量和养分含量。真菌种子密度的差异可能与植物特性和大气条件有关。真菌和植物基质的结合对于植物生长和创建独立的垃圾填埋场生态系统非常重要。真菌协同作用可以通过提高植物抗旱性和磷利用率来提高矿山生产力<sup>[4]</sup>。

### 3.4 土壤改良与植被恢复

复垦方向为植树种草复绿,先对场地进行平整覆土,以改善植被生长环境。对较平坦治理区与废石堆边坡,采用扒平后客土,最低要求为碎石土,客土厚度0.2m,路边土质边坡采用挖条带撒播草籽。裸露平台区与废石堆边坡采用植树+喷播草籽+覆盖椰丝草毯的治理措施。树种采用0.5m高带有营养袋的湿地松、荷树、无患子、泡桐树的树苗混交种植,草籽采用四季混合草种,根系发达、适生的多年生的宽叶雀稗、狗芽根、巴茅草、猪屎豆、木豆、常春油麻藤、巨菌草混合撒播草籽。

### 3.5 生态袋护坡。

该类护坡结构属于柔性生态边坡防护系统的重要组成部分,生态袋具有目标性透水不透土的过滤功能,既能有效防止土壤及其中营养成分混合物的流失,又能促进土壤中水分的正常流动,植物可穿透袋体自由生长,根系则进入工程基础土壤中,犹如无数根锚杆将袋体与植物主体进行锚固加强,植物生长时间越长,锚固作用愈加显著,实现了护坡和边坡永久加固的效果,大大降低了后期边坡工程维护费用,具有良好的经济效益。对存在地质灾害隐患的松散堆积边坡清理整平后采用生态袋护坡,以防止水土流失及崩滑流灾害。施工方式是将土装入生态袋中,用扎带或扎线封口,通过一定顺序码放,构成生态挡土墙,一方面可以通过植被起到绿化美化环境的作用,另一方面可以起到护坡的作用。

### 3.6 蓄排水措施。

堆积区易受冲蚀,需整体规划设计排水系统,有效解决水土流失问题。设计方案是沿坡顶后缘布置横向截水沟,不同高程水平的多级平台边缘布置纵向联络排水沟,治理区内地表径流通过纵横交叉的截排网络最终排向地势低洼处的管网或自然沟谷。截排水沟采取 C20 现浇混凝土,板厚 15cm,砂垫层厚 15cm,每隔 20m 留设一道伸缩缝,缝宽 2cm,缝内填塞沥青棉麻防渗。

### 3.7 挡土墙工程。

包括浆砌片石挡土墙、网箱挡土墙、混凝土挡土墙、钢筋混凝土挡土墙等,浆砌片石挡土墙是用砂浆胶结材料将块石凝为整体砌体,片石依靠砂浆的黏结力、摩擦力和自身重力,具备一定抗滑、抗倾覆能力,起到挡土效果。网箱挡墙设置在弃渣堆坡脚,起护坡作用,单箱长 2m,宽 1.2m,高 1.2m,采用  $\phi 8$  钢筋骨架与 4mm 镀锌钢丝网连为整体,两层石笼网间采用  $\phi 20$  插筋连接,外层填充大粒径砾石,内层填充小粒径小砾石,该挡墙方案能充分利用矿区废弃石材,节约材料和运输费。

### 3.8 完善相关法律法规

完善相关法律法规,全面推进矿区生态环境保护。目前,矿山环境保护法律法规仍不完善,追责制度不健全,应修订完善矿产环境生态法,制定矿山地质环境保护法规条例,着力解决立法问题,按照“谁开发、谁保护”“谁破坏、谁治理”及“谁治理、谁受益”的矿区地质环境保护原则,实行矿山开发地质生态环境保护的准入制度、矿区生态修复治理保证金制度及生态环境赔偿办法等具体措施。

## 4 效益分析

### 4.1 社会效益

历史遗留露天矿山地质环境综合治理项目其价值具

有间接性、潜在性和长久性的特点,主要表现在减灾、防灾方面,将对后续类似地质环境治理工程起到“示范工程”效应,有助于缓解露天采坑视觉污染与环境保护之间的矛盾,消除“三区两线”可视范围内视觉污染,适应经济社会可持续发展的战略要求。

### 4.2 环境效益

通过治理工程措施、植物措施,将通过改变微地形、增加地表植被,使植被生长的环境条件不断得到改善,可减轻项目区的矿山地质环境问题,使受损植被得到恢复,改善农业生产环境和矿区地质环境和生态环境,并提高当地居民的生存环境质量,降低矿山地质灾害所造成的人民生命财产损失,有利于人民群众安居乐业和社会稳定。

## 5 结语

一般来说,采矿是一项系统而复杂的工作,会造成许多地质灾害和环境污染。相关单位要深入分析,总结影响因素,熟悉矿业的实际情况,有针对性地采取措施,从根本上解决和消除问题。在地质灾害管理和环境管理过程中,要坚持“预防为主、综合治理”的基本理念,积极应用现代设施、设备和技术,不断更新矿山环境管理理念,充分协调矿山与环境的现有关系,为提高矿山生产效率和安全性奠定了良好基础,为环境可持续性发展提供了充分保障。

### [参考文献]

- [1]牛百强,张玉有.废弃矿山生态修复技术研究[J].能源与环保,2022,44(2):18-23.
- [2]胡振琪,赵艳玲.矿山生态修复面临的主要问题及解决策略[J].中国煤炭,2021,47(9):2-7.
- [3]郭冬艳,杨繁,高兵,等.矿山生态修复助力碳中和的政策建议[J].中国国土资源经济,2021,34(10):50-54.
- [4]张进德,郗富瑞.我国废弃矿山生态修复研究[J].生态学报,2020,40(21):7921-7930.
- [5]胡亮,贺治国.矿山生态修复技术研究进展[J].矿产保护与利用,2020,40(4):40-45.

作者简介:方林(1968.7-),毕业院校:成都地质学院,所学专业:水文地质与工程地质专业,当前就任职务:河南省自然资源监测和国土整治院,职务:职员,职称级别:高级工程师,牡丹(1981.6-),毕业院校:吉林大学,所学专业:地质工程,当前就任职务:河南省自然资源监测和国土整治院,职务:副主任,职称级别:工程师,李俊英(1972.12-),毕业院校:郑州地质学校,所学专业:水文地质与工程地质专业,当前就任职务:河南省自然资源监测和国土整治院,职务:职员;职称级别:工程师。