

# 绿色矿山背景下矿山土壤修复技术探析

田静成 刘新

黑龙江省生态地质调查研究院 黑龙江 哈尔滨 150100

**摘要:** 本文探讨了绿色矿山背景下矿山土壤修复技术。首先分析了采矿过程对土壤的损坏,包括土壤结构破坏、肥力下降、重金属污染和水土流失等。接着阐述了矿山土壤修复技术的分类及特点,涵盖物理、化学和生物修复技术,如客土法、化学淋洗法、植物修复法等。

**关键词:** 绿色矿山; 矿山土壤修复; 物理修复; 化学修复; 生物修复

引言: 随着对环境保护的日益重视,绿色矿山建设成为矿业发展的必然趋势。然而,采矿活动不可避免地对矿山土壤造成严重破坏。土壤结构被破坏,肥力下降,重金属污染以及水土流失等问题严重影响了生态环境和周边地区的可持续发展。在此背景下,研究矿山土壤修复技术具有重大现实意义。

## 1 绿色矿山背景下矿山土壤修复技术的重要性

### 1.1 采矿过程带来损坏

采矿活动犹如一把双刃剑,在为经济发展提供重要资源支撑的同时,也给生态环境带来了难以逆转的破坏。其一,露天开采会极大地改变边坡的自然平衡状态。这不仅会导致土壤崩塌,而且开采后留下的矿洞以及堆积的矿渣还会成为滑坡的潜在隐患。露天开采使原本稳定的土体表面遭受严重破坏,生态的完整性被无情地打破。其二,矿物废水成为土壤污染的重要源头。这些废水的化学成分极为复杂,常常会释放出有毒气体,使得周边环境迅速恶化,环境管理面临巨大挑战。废水的肆意排放会使土壤遭受严重污染,土壤的生态功能逐渐丧失。其三,采矿活动对植被造成了毁灭性打击。植被的完全丧失会引发一系列问题,如土壤侵蚀加剧、土壤损耗严重以及污染物扩散速度加快。矿山的生态系统一旦失去植被的保护,很难通过自然的力量恢复如初。

### 1.2 恢复和管理

面对采矿过程带来的诸多破坏,积极进行恢复和管理刻不容缓。首先,采矿导致的土体表面破坏和坍塌,使得地质结构变得脆弱不堪,不仅对建筑结构的稳定性构成严重威胁,而且难以通过自然调节恢复。通过有效的恢复和管理措施,可以逐步消除矿区、工作区、边坡等脆弱地形的自然失衡状态,稳定矿床的地质结构,为建筑提供安全的用地条件。其次,采矿业产生的固体废渣和化工废水等污染物,对生态环境造成了极大的污染,甚至对人体具有毒害作用。即使在自然调节下,矿

山植被得以恢复,但污染物仍可能通过环境进入人体,并在食物链中不断积累。经过开采的矿床往往难以进行农业生产,而矿山复垦管理则具有显著优势。一方面,矿山复垦管理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,使原本荒废的土地重新具备农业生产的能力,有效缓解耕地短缺的问题。另一方面,通过科学合理的恢复和管理,能够为生态系统的重建创造良好条件,促进生物多样性的恢复,实现人与自然的和谐共生<sup>[1]</sup>。

## 2 矿山土壤破坏的主要形式及影响

### 2.1 土壤结构破坏

矿山开采过程中,如露天开采、地下开采等,会对土壤结构造成直接破坏。大型挖掘设备的使用、矿石的堆积和搬运等活动,导致土壤颗粒被压实、孔隙度降低,土壤通气性和透水性变差。土壤结构的破坏使得植物根系难以生长,影响土壤中水分和养分的循环,降低了土壤的肥力和生产力。

### 2.2 土壤肥力下降

矿山开采过程中,大量的土壤被剥离和搬运,导致土壤中的有机质、氮、磷、钾等养分流失。同时,开采活动还会破坏土壤中的微生物群落,影响土壤的生物活性,进一步降低土壤的肥力。土壤肥力的下降使得植被难以生长,加剧了矿山生态环境的恶化。

### 2.3 重金属污染

矿山开采过程中,矿石中的重金属元素如铅、汞、镉、铬、砷等会随着废渣、废水的排放进入土壤,造成土壤重金属污染。重金属在土壤中难以降解,会长期积累并通过食物链传递,对人体健康造成潜在威胁。此外,重金属污染还会影响土壤中微生物的活性和植物的生长发育,破坏土壤生态系统的平衡。

### 2.4 水土流失

矿山开采活动破坏了地表植被和土壤结构,使得土

壤的抗侵蚀能力降低,容易引发水土流失。水土流失不仅会导致土壤肥力下降,还会造成河道淤积、水库库容减少等问题,影响周边地区的生态环境和农业生产。

### 3 矿山土壤修复技术分类及特点

#### 3.1 物理修复技术

##### 3.1.1 客土法

客土法是一种较为常见的矿山土壤物理修复技术。其主要原理是将未受污染的土壤覆盖在受污染的土壤上,通过增加土壤厚度和改善土壤质地,降低土壤中污染物的含量。这种方法操作相对简单,能够在较短时间内见到明显的修复效果。

在实际应用中,客土法可以有效地减少土壤中重金属、有机物等污染物对植物生长的影响。新覆盖的未受污染土壤为植物根系提供了良好的生长环境,有利于植被的恢复和生态系统的重建。然而,客土法也存在一些明显的缺点。首先,需要大量的未受污染土壤,这在很多地区可能难以获取。寻找合适的客土来源不仅需要耗费大量的时间和精力,还可能增加修复成本。其次,大量取用未受污染地区的土壤可能会破坏当地的生态环境,引发新的环境问题<sup>[2]</sup>。因此,在采用客土法进行矿山土壤修复时,需要谨慎考虑客土的来源和数量,尽可能减少对周边环境的影响。

##### 3.1.2 土壤置换法

土壤置换法是将受污染的土壤挖走,换上未受污染的土壤。这种方法可以彻底去除土壤中的污染物,为植物生长和生态系统恢复创造良好的条件。对于污染严重、难以通过其他方法修复的土壤,土壤置换法是一种较为有效的选择。但是土壤置换法工程量大,成本高。挖掘和运输受污染土壤需要大量的机械设备和人力投入,同时还需要妥善处理被挖走的污染土壤,以免造成二次污染。处理污染土壤的方法通常包括填埋、焚烧等,但这些方法也存在一定的环境风险和成本问题。另外换上的未受污染土壤也需要进行质量检测和管理,确保其符合生态修复的要求。

##### 3.1.3 物理分离法

物理分离法是利用物理原理将土壤中的污染物分离出来。常见的物理分离方法包括筛分、浮选、磁选等。这些方法适用于处理土壤中的重金属等污染物,通过物理手段将污染物与土壤颗粒分离,从而降低土壤中污染物的含量。对于重金属污染的土壤,物理分离法可以根据重金属与土壤颗粒的物理性质差异,如密度、磁性等,将重金属从土壤中分离出来。物理分离法对于有机污染物的去除效果较差。有机污染物通常与土壤颗粒结

合较为紧密,难以通过物理方法分离。此外,物理分离法的处理成本较高,需要专业的设备和技术人员。设备的运行和维护也需要一定的费用,这增加了土壤修复的成本。

#### 3.2 化学修复技术

##### 3.2.1 化学淋洗法

化学淋洗法是利用淋洗剂将土壤中的污染物溶解、洗脱出来。淋洗剂通常是一些化学试剂,如酸、碱、螯合剂等。这些试剂能够与土壤中的污染物发生化学反应,将污染物溶解在淋洗液中,然后将淋洗液进行处理,去除其中的污染物。化学淋洗法适用于处理土壤中的重金属和有机污染物。对于重金属污染的土壤,淋洗剂可以与重金属形成可溶性的络合物,将重金属从土壤中洗脱出来。对于有机污染的土壤,淋洗剂可以溶解有机污染物,使其从土壤中分离出来。化学淋洗法具有处理效果好、速度快等优点,可以在较短时间内降低土壤中污染物的含量。如果淋洗剂的使用不当,可能会破坏土壤的结构和生态功能,影响植物的生长和生态系统的恢复。同时处理淋洗液也需要一定的成本和技术要求。淋洗液中含有大量的污染物,需要进行专门的处理和处置,以防止对环境造成污染。

##### 3.2.2 化学固定法

化学固定法是通过添加化学试剂,将土壤中的污染物转化为稳定的形态,降低其生物有效性和迁移性。常用的化学固定剂包括石灰、磷酸盐、硅酸盐等。这些固定剂能够与土壤中的污染物发生化学反应,形成稳定的化合物,从而将污染物固定在土壤中。化学固定法适用于处理土壤中的重金属污染物。通过固定重金属,可以减少重金属对植物和土壤生物的毒性,降低重金属的迁移性,防止重金属污染扩散。化学固定法具有操作简单、成本低等优点,不需要大量的设备和人力投入。随着时间的推移和环境条件的变化,固定的污染物可能会重新释放出来,对环境造成潜在威胁。因此,在采用化学固定法进行土壤修复时,需要定期监测土壤中污染物的稳定性,确保修复效果的持久性。

##### 3.2.3 氧化还原法

氧化还原法是利用氧化剂或还原剂将土壤中的污染物氧化或还原为无害物质。氧化剂如过氧化氢、高锰酸钾等可以将有机污染物氧化分解为二氧化碳和水等无害物质。还原剂如硫酸亚铁、亚硫酸钠等可以将重金属污染物还原为低价态,降低其毒性和迁移性。氧化还原法适用于处理土壤中的有机污染物和部分重金属污染物。对于有机污染的土壤,氧化还原法可以快速有效地将有

机污染物分解为无害物质,提高土壤的质量。对于某些重金属污染的土壤,氧化还原法可以改变重金属的价态,降低其毒性和迁移性。氧化还原法需要使用化学试剂,可能会对土壤造成二次污染。处理成本也比较高,需要专业的设备和技术人员。另外氧化还原反应的条件较为严格,需要控制好氧化剂或还原剂的用量、反应时间和温度等因素,以确保反应的有效性和安全性。

### 3.3 生物修复技术

#### 3.3.1 植物修复法

植物修复法是利用植物对土壤中的污染物进行吸收、转化、降解或固定的一种修复技术。植物通过根系吸收土壤中的污染物,并将其转运到地上部分进行代谢和积累。一些植物还可以通过分泌酶、有机酸等物质,促进土壤中污染物的降解和转化。植物修复法具有成本低、操作简单、无二次污染等优点。与物理和化学修复方法相比,植物修复不需要大量的设备和化学试剂,对环境的影响较小。同时植物修复还可以改善土壤结构、增加土壤肥力、提高生态系统的稳定性。植物修复法的修复周期较长。植物的生长和代谢过程相对缓慢,需要较长时间才能有效地去除土壤中的污染物。植物修复对土壤中的污染物浓度是有一定的限制。如果污染物浓度过高,可能会对植物造成毒害,影响修复效果。并且要选择适当的植物品种,不同的植物对不同的污染物具有不同的修复能力,需要根据土壤污染的类型和程度选择合适的植物进行修复。

#### 3.3.2 微生物修复法

微生物修复法是利用微生物对土壤中的污染物进行降解、转化或固定的一种修复技术。微生物可以通过代谢作用将有机污染物分解为二氧化碳、水和无害的无机物。对于重金属污染的土壤,一些微生物可以通过吸附、沉淀等方式将重金属固定在土壤中,降低其生物有效性和迁移性。微生物修复法具有处理效果好、速度快、成本低等优点。微生物具有强大的代谢能力和适应性,可以在不同的环境条件下生长和繁殖<sup>[3]</sup>。微生物修复可以针对特定的污染物进行修复,具有较高的针对性和有效性。微生物修复法对土壤环境条件要求较高。微生

物的生长和代谢需要适宜的温度、湿度、pH值等环境条件。如果土壤环境条件不适宜,可能会影响微生物的生长和修复效果。还要选择合适的微生物菌种。不同的微生物对不同的污染物具有不同的降解能力,需要根据土壤污染的类型和程度选择合适的微生物进行修复。

#### 3.3.3 动物修复法

动物修复法是利用土壤中的动物对土壤中的污染物进行吸收、转化或固定的一种修复技术。一些土壤动物如蚯蚓、蜗牛等可以通过吞食土壤中的污染物,并将其在体内进行代谢和转化。动物的活动还可以改善土壤结构,增加土壤通气性和透水性,促进植物的生长和微生物的活动。动物修复法具有成本低、操作简单等优点。与物理和化学修复方法相比,动物修复不需要大量的设备和化学试剂,对环境的影响较小。动物对土壤中污染物的吸收和转化能力相对较弱,难以彻底去除土壤中的污染物。同时动物修复对土壤中的污染物浓度有一定的限制。如果污染物浓度过高,可能会对动物造成毒害,影响修复效果。此外,要选择适当的动物品种。不同的动物对不同的污染物具有不同的修复能力,需要根据土壤污染的类型和程度选择合适的动物进行修复。

结束语:在绿色矿山背景下,矿山土壤修复技术至关重要。通过对采矿过程中土壤损坏形式的认识,我们明确了修复的紧迫性。各类修复技术各有特点,应根据实际情况选择合适的方法。我们需不断探索创新修复技术,加强技术研发和管理,提高修复效果,实现矿业与环境的协调发展,为子孙后代留下一个美丽、可持续发展的生态环境。

#### 参考文献

- [1]李顺立,兰娜.矿山地质环境保护与治理恢复技术探究[J].环境与发展,2020,32(01):105+107.
- [2]张生祥,寇正中,崔可.浅析矿山生态环境恢复治理存在的问题及改进措施[J].资源节约与环保,2020(07):132-133.
- [3]夏伟强,王瑞龙,朱兆友,崔涵.植被恢复与矿山生态修复的理论与实践[J].中国金属通报,2023(10):216-218.