

# Research on Ecological Restoration Methods of High and Steep Slopes of Abandoned Mines

Ju Jiang

The Sixth Geological Brigade of Sichuan Province, Luzhou, Sichuan, 646000, China

## Abstract

With the continuous development of China's mining industry, a large number of abandoned mines and their steep slopes have caused serious impacts on the environment and ecology. It is crucial to carry out ecological restoration work on the high and steep slopes of abandoned mines. The paper is based on practical investigation and detailed data analysis of high and steep slopes in abandoned mines, and summarizes the commonly used ecological restoration technologies, including engineering restoration, biological restoration, and other comprehensive restoration methods. Engineering restoration mainly includes slope stability treatment, soil improvement, and drainage system construction; Bioremediation focuses on vegetation restoration and ecosystem reconstruction, emphasizing the use of adaptable local plants for vegetation configuration; Comprehensive restoration combines engineering and bioremediation measures, emphasizing the improvement of diversity and ecological benefits.

## Keywords

abandoned mine; high and steep slope; ecological restoration

## 废弃矿山高陡边坡生态修复方法研究

江炬

四川省第六地质大队, 中国·四川 泸州 646000

## 摘要

随着中国矿业不断发展,大量被抛弃的矿山及其陡峭斜坡对环境生态造成了严重的影响,如何在废弃矿山高陡边坡进行生态修复工作非常关键。论文研究基于对废弃矿山的高陡边坡的实际考察和详细的数据分析,概述了当前被常见使用的生态恢复技术,包括工程性修复、生物修复以及其他综合性修复方法。工程修复主要包括边坡稳定性处理、土壤改良及排水系统建设等;生物修复则以植被恢复和生态系统重建为核心,强调选用适应性强的本地植物进行植被配置;综合修复则结合工程和生物修复措施,注重多样性和生态效益的提升。

## 关键词

废弃矿山;高陡边坡;生态修复

## 1 引言

近年来,随着社会对生态环境的日益关注及国家环保措施的执行,众多的新兴生态修复方法已被应用于废弃矿山的高陡边坡修复中。但是,在具体执行时,如何基于不同矿山和斜坡的真实情况来选定最恰当的修复方式,仍然是一个极具挑战的难题。因此,有必要对当前流行的生态修复策略进行深入的分、总结和对比研究。论文针对废弃矿山上的高陡边坡作为主要的研究焦点,旨在对当前的生态恢复手段进行详尽的梳理和分析,以深入了解其在不同环境状况下的实际应用效益与适应性。

## 2 废弃矿山高陡边坡生态修复的理论基础

### 2.1 生态修复的基本概念

生态修复是通过人为因素的介入,来恢复被破坏生态系统的基础构造和功能性,从而使该系统重新获得自我维护和自我调节的功能。为确保生态系统的健康及持续性得到恢复,生态修复的目的是赋予它丰富的生态服务价值,如土壤的维护、水资源的保护以及生物多样性的维护等。中国的众多废旧矿区都面临着各种级别的生态环境挑战,特别是山体滑坡这一灾害经常发生,对当地民众的日常生活和工作造成了严重的威胁。对废弃矿山的陡峭坡度进行生态修复时,核心任务是确保坡面的稳定、恢复植被、提升土壤品质、减少水土流失,以及减轻地质事故所带来的潜在风险。因此,必须从多个方面出发,以明确最适合这一地区的生态修复方案,并针对可能出现的各类问题制定有效的解决措施,以达到良好的生态恢复表现。

【作者简介】江炬(1988-),男,中国四川泸县人,本科,高级工程师,从事水文地质、工程地质与环境地质研究。

## 2.2 边坡稳定性理论

在废弃矿山中，对于高陡边坡的生态恢复，边坡的稳定性一直是核心议题之一。鉴于其破损的机制相当复杂，目前还没有一个完善且高效的解决技术与策略。边坡的稳定性受到多种因素的共同作用，其中这些因素如地质条件、气象特点、土质及植物盖区都起到了决定性的作用。不同地理位置和不同环境状况下，形成了具有各自特色的边坡失稳现象，基于这些特点进一步发展了一系列评估手段。关于边坡的稳定性，现有的理论研究主要关注如何各种因素会改变边坡的稳定状态和这些因子间的相互作用。这些努力的核心目标是利用先进的科学手段和方法提高边坡的稳定性，进而减少滑坡、崩塌等地质灾害带来的风险。如今，主要针对二维场景的模型研究是主流。另外，有关边坡稳定性的学说也强烈强调了植被覆盖在这一方面的关键作用。植物根部有助于增强土壤对剪切作用的抗性，进而提升边坡稳定性。植物的存在能有效地通过减少地表径流和提高土地水分的含量，从而降低了土地滑坡的风险。

## 2.3 植被恢复和生态系统重建理论

在处理废弃矿山的急剧斜坡区域时，植物的复原以及生态系统的重建是生态修复过程中至关重要的一环。植被的恢复涉及对植物的培育和管理，这可以帮助在受损的生态中重建植物社区，并进而增进其生态作用并为生态提供的服务功能。生态系统的修复主要集中在因自然因素或人类干预导致退化的生态系统上。重构生态系统涉及实施一整套综合性的战略手段，以重建其结构和功能，确保它具有再生自我保养与自我调节的潜在能力。土壤学主要探究土壤所具备的物理、化学以及生物属性，并深入了解土壤与植物及生物的交互特性。植物的生长和产量受到土壤养分含量的直接影响。在修复废弃矿山陡峭边坡的植被时，土壤改良工作被视为一项至关重要的措施。根据矿区的不同类型，其土壤展示了各具特色的特点。采矿作业对土地造成了深远的影响，使得土壤的品质大大降低，这进一步导致了植物很难茁壮发展。因此，为了复原被侵蚀的土地环境，必须实施一套行之有效的修复措施。通过应用有机肥、改良器和微生物菌剂，可以对土壤结构进行优化，提高其肥力和微生物的活跃度，进一步加强土壤的保水和肥力特性，同时为植物创造更为理想的生长环境。

## 3 废弃矿山高陡边坡生态修复技术

### 3.1 工程修复技术

#### 3.1.1 边坡加固措施

目前，锚固技术广泛应用于增强岩土体的机械稳固性和对抗变形的能力。锚杆支撑作为一种广泛应用的加固方法，其主要通过在斜坡上钻孔，再插入钢筋或锚杆，随后采取注浆固定的方式，从而增强斜坡的稳定性。目前流行的锚杆类型包括预应力锚索、锚化剂、锚具，还有灌浆等多种。这种

技术方法对于不同种类的边坡非常合适，尤其是由岩石构建的边坡。岩土体的内在构造和地下水流的影响可能会在一定程度上产生形变，因此必须进行适当的加固手段以提升其结构承载能力。作为关键的稳固方法，挡土墙的设计是为了在斜坡的底部或中央位置抵御来自土壤和岩石的横向压迫，进一步防止滑坡和坍塌的发生。这些工程加固方法主要都是传统的，但喷锚技术能够提升岩土材料的抗剪强度。常用于挡土的墙体结构有多种，包括重力式挡土墙、加筋土结构的挡土墙和桩柱挡土墙等几个不同类别。至今，喷锚支护与预应力锚索锚固成为两种主流的方法。除了上述方法，应用喷射混凝土技术和使用钢筋网的技术也已被广大地区所接受和采纳。通过在斜面上喷涂混凝土并搭配钢筋网络，能够高效地对斜面加固，进而防止岩石遭受风化或坍塌的损害。采用喷锚技巧是一种创新的建设方式。这项技术常被用于处理软岩和土壤的坡度<sup>[1]</sup>。对于陡峭的高岩石边坡，其由于低强度和受到自然条件的影响，通常需要采纳其他的保护措施，比如喷射锚珠或使用锚索。格构锚杆支护策略是通过转化钢筋或预应力钢绞线为网格结构，进而运用锚固手段在斜坡上进行固定，这样形成了一个强化的网络结构，进而增强了斜坡的总体稳定性能。格构锚拥有出色的抗拉特性和变形潜力，这使其能够有效对抗滑坡的推力和横向力量，进一步改进了坡体的受力模式，增强了边坡的安全系数，并降低了工程总成本。这种加固措施特别适用于大型和不规则形状的边坡工程。对于工程实施起来比较困难的地区，可以采用植生袋修复技术。这种技术可以通过将植物和土壤装入专用的植生袋中，然后再将植生袋铺设在需要修复的区域从而促进植物的快速恢复。这种植生袋不仅能够有效防止水土流失还能改善土壤结构，从而可以提升生态系统的稳定性。

#### 3.1.2 土壤改良技术

土壤改良技术的主要目标是，通过改善土壤的物理、化学及生物特性，以增强其土壤肥力与构造，从而刺激植物的茁壮成长并增进斜坡的生态稳定性。在执行农业生产的过程中，为确保作物的产出而同时维护土地的水分，必须合理地地为耕地提供施肥。应用有机肥是土壤改进多种策略中的一个选项，通过补充成熟的有机肥料，如堆肥或厩肥，可以增加土壤的有机物质、肥沃度，进而调整土壤的结构，从而提高其保水和保肥能力。使用有机肥能提升土壤中的营养成分，同时减少重金属在土壤里的遗留。借助于使用石灰、石膏、蛭石等土壤改良材料，能够有效地调和土壤的酸碱状态，提升土壤的物理特征，并对植物生长产生积极影响。在有机肥和无机肥的联合使用过程中，主要使用由有机与无机物质组成的复合肥可以明显地改善土壤的性能。微生物菌剂在土地中的使用越来越受到人们的关注，利用固氮菌、磷溶解菌等能对土地产生正面影响的微生物，能够增强土壤微生物种群的健康，进一步增进土地的肥沃度和植物的生长环境。

## 3.2 生物修复技术

### 3.2.1 植被选择与配置

在生物修复的过程中,选择植被和如何布置它们被认为是至关重要的环节。在植物恢复的阶段中,挑选适当的植物种类是最重要的起始环节,需要筛选那些对本地气候、土质和周围环境高度适应的植物种群,以便它们能在严苛的条件下稳定生存和茁壮成长。各个地区都应该根据其实际情况选取适合的种植方案,并依据具体需求做出恰当的调整<sup>[2]</sup>。

### 3.2.2 土壤恢复与改良

在生物修复的各种技术领域,土壤复原与改进被认为是至关重要的部分。生态恢复过程中,对自然或人造的各种地形进行人为改变,能够增强其生态系统的作用和稳固性,进而支持人类社会的经济向可持续方向发展。被弃置的矿山斜坡的土壤通常贫瘠,构造松散,营养成分匮乏,这样的情况很难满意地满足植物生存和生长的基本需求。种植草地或灌木不仅能有效优化土壤的物理和化学特性,而且能促进植物根系的生长发育,进而增加植物的生存率和总体产量,实现生态系统的全面恢复。为了修复植被,改善土壤质量被认为是最关键的措施之一。土壤品质提升的关键措施涵盖了有机肥料的使用、施加土壤改良剂和使用微生物菌剂等多个方面。有机肥是一种混合了有机和无机元素的物质,它能够显著地提升土壤里的有机物质以及氮、磷、钾这些元素,这对于植物吸收营养元素是有益的,从而帮助实现了土壤的生物优化。采用成熟的有机肥不仅可以有效地增加土壤中的有机物浓度和营养含量,还有助于调整和优化土壤结构,增强其对水分和肥料的保护能力。应用无机肥料有助于提高土壤的含水量并降低水土的流失幅度。利用石灰、石膏和蛭石等土壤改性药物能够有效地平衡土壤的酸碱度,从而优化土壤的物理特质,并促进植被的生长。通过采用微生物菌剂,能够显著降解有机污染物,实现对污染物质的安全处理,从而减少对生态环境造成的潜在损害。我们能够利用诸如固氮菌、磷溶解菌这样的有益微生物,来优化土壤中的微生物群落,进一步提升土壤的营养质量,并为各种植物创造一个更为健康的生长环境。

## 3.3 综合修复技术

### 3.3.1 工程与生物措施的结合

在实践中的修复过程中,依赖一种工程手段或生物方

法进行修复,通常难以达到预先设定的效果。因此,要进行修复,必须融合多种工程技术和不同的修复策略。借助结合工程修复与生物修复的技术手段,我们有能力实现两者之间的优势相互补充,以便提高修复工程的成效。在执行道路工程时,将工程修复技巧与之融合,可以不仅加速施工过程,还有助于确保工程的品质达标。例如,在强化斜坡的施工时,加入植被的恢复策略可以增加斜坡的稳定度以及其对生态的功能贡献。在建设排水系统时,将植物与水土保持结合的策略有助于大大减少水土流失,并增强斜坡的生态稳固性<sup>[3]</sup>。因此,为了充分发掘技术修复和生物修复两者的潜力,必须对它们进行合理的组合和搭配。在土壤改进项目中,采用微生物菌剂有助于改善土壤结构和提高肥力。此外,它也有助于植物的健康成长,从而增强了土壤恢复的有效性。

### 3.3.2 多功能生态系统的构建

在综合修复技术的演进中,构筑具备多功能的生态系统始终是中心的追求和目标。从系统的角度,我们对多功能生态系统进行了分类以及定义了它们的深层含义。通过对多种植物、动物、微生物及非生物环境的精心管理,我们有能力创建一个多方面和多功能的生态体系,这将进一步提升生态系统的多变性、产出效益与稳定性。各种类别的植物都具备它们特有的生态条件和适应性机制,这在一定程度上能够应对人类对多样生态环境的需求。一个多功能的生态环境不仅要具备土壤保护的能力,还要能妥善维护水资源和生物多样性,这样可以确保在生态、经济和社会三个方面达到和谐的发展。

## 4 结语

综上所述,对废弃矿山高陡边坡进行生态修复是一项漫长且颇为繁重的任务,这需要所有参与方的齐心协力和不懈的努力。未来随着科技持续前进和管理框架逐步优化,在高陡边坡的生态修复方面肯定会获得更突出的成果。

### 参考文献

- [1] 韩帅,惠淑君,孙强,等.基于地质安全评价的废弃矿山高陡边坡生态修复技术研究[J].华东地质,2023,44(2):216-227.
- [2] 凌秀权.长袋法在废弃矿山高陡岩质边坡生态修复中的应用[J].环境生态学,2023,5(2):61-64.
- [3] 杜占吉,李帅.徐州市废弃采石场高陡岩质边坡生态修复研究[J].地下水,2020,42(6):3.