

废弃矿山生态修复与综合治理技术探讨

王 美

山西省地质工程勘察院有限公司 山西 太原 030024

摘 要：废弃矿山作为人类活动留下的生态伤痕，对区域生态环境造成了严重破坏。本文探讨了废弃矿山生态修复与综合治理的重要性，分析了废弃矿山对生态环境的负面影响。介绍了物理、化学及生物修复技术在废弃矿山生态修复中的应用，以及地质灾害治理、生态恢复与绿化、水资源保护与修复、矿山废弃物资源化利用等综合治理技术。通过综合应用这些技术，可有效恢复废弃矿山的生态功能，提升区域生态环境质量，实现经济效益与生态效益的双赢。

关键词：废弃矿山；生态修复技术；综合治理技术

引言：矿山开采导致地表植被破坏、水土流失、地质灾害频发等问题，严重威胁着人类生存环境和自然生态平衡。因此开展废弃矿山生态修复与综合治理研究，对于恢复矿山生态功能、提升生态环境质量、促进区域可持续发展具有重要意义。本文将系统探讨废弃矿山生态修复与综合治理的关键技术，以期对相关实践提供科学依据。

1 对废弃矿山生态修复与综合治理的重要性

废弃矿山作为人类工业活动的遗迹，不仅留下了满目疮痍的自然景观，更对生态环境造成了深远的负面影响，对废弃矿山的生态修复与综合治理其重要性体现在以下方面：（1）恢复生态平衡。废弃矿山往往伴随着严重的土壤污染。长期的采矿活动导致土壤结构破坏、肥力下降，甚至可能含有重金属等有害物质。这些污染物影响土壤的生产力，可能通过食物链进入人体，对人类健康构成威胁。因此生态修复的首要任务是恢复土壤的健康状态，确保其能够支持植物生长和微生物活动，从而恢复生态平衡。（2）保护人类健康。废弃矿山还常常导致水体污染^[1]。矿山排水可能含有高浓度的重金属和酸性物质，对地表水和地下水造成污染，影响水质安全。水体修复不仅是为了保护水资源，更是为了维护水生生态系统的健康，确保人类和动植物的饮水安全。（3）防范地质灾害。由于采矿活动导致的山体破坏和土壤松动，废弃矿山常常成为滑坡、泥石流等自然灾害的潜在风险点。这些灾害威胁人类的生命财产安全，可能对周边地区的生态环境造成进一步的破坏。（4）推动可持续发展。从更宏观的角度来看，通过恢复废弃矿山的生态功能，可以增加生态多样性，提高生态系统的稳定性和抵抗力。这有助于应对气候变化等全球性环境问题，能为周边社区提供生态旅游、休闲等新的发展机遇，促进

经济的多元化和可持续发展。

2 废弃矿山对生态环境的影响

废弃矿山对生态环境的影响深远且复杂，涉及土壤、水体、大气及生物多样性等多个方面。长期开采活动导致土壤结构严重破坏，肥力大幅下降，甚至残留重金属等有毒有害物质。这些污染物影响土壤的自我恢复能力，通过渗透作用污染地下水，进而对地表水系统构成威胁，影响水质安全和生态系统的稳定性。土壤污染还可能通过食物链累积，对人类健康造成潜在风险。水体方面，废弃矿山往往伴随着酸性矿山排水问题。采矿过程中揭露的硫化矿物与水、氧接触后发生氧化反应，生成酸性废水，其中含有高浓度的重金属离子，如铁、锰、铜、锌等，以及硫酸盐等有害成分^[2]。这些废水未经处理直接排放，会严重污染周边河流、湖泊等水体，破坏水生生态系统，影响渔业资源，甚至对饮用水源构成直接威胁。采矿活动产生的粉尘、废气等污染物排放到大气中，不仅降低空气质量，还可能形成酸雨，进一步加剧土壤和水体的污染。露天开采形成的采坑和废石堆，在风力作用下易造成扬尘污染，影响周边居民的生活质量。生物多样性方面，废弃矿山破坏了原有的自然景观和生态系统，导致物种栖息地丧失，生物多样性下降。土壤污染和水体污染限制了植物的生长和动物的生存，一些敏感物种甚至面临灭绝的风险。

3 废弃矿山生态修复技术

3.1 物理修复技术

物理修复技术主要通过改变地表形态、土地利用方式以及地质景观等手段，恢复矿山区域的自然形态和地貌，减轻其对环境的影响，主要技术方法包括以下方面：（1）填平法。填平法是一种通过填充矿渣、煤矸石等废弃物来改变地表形态和地貌的方法。这种方法可以

提高土地利用效率,还能有效减少废弃物的堆积对环境造成的二次污染。在实际操作中,需要根据矿山的具体情况,选择合适的填充材料和填充方式,确保填充后的地表稳定、安全,并有利于植被的生长和生态功能的恢复。(2)土壤覆盖法。土壤覆盖法是在受损的地表上覆盖一层肥沃的土壤,以改善植被生长条件和土地生态功能。这种方法适用于矿山区域土壤贫瘠、缺乏有机质的情况。通过覆盖肥沃土壤,可以为植被的生长提供必要的养分和水分,促进植被的恢复和生物多样性的增加。同时肥沃土壤的覆盖还能减少水土流失,提高土地的保水保肥能力。(3)地形削减法。地形削减法是通过削减矿山区域的地形高度,来减轻其对环境的影响,同时增加土地利用面积。这种方法适用于矿山区域地形陡峭、易发生地质灾害的情况。通过削减地形高度,可以降低崩塌、滑坡等地质灾害的风险,提高矿山区域的安全性。削减下来的土石方还可以用于填充其他低洼地带,实现资源的合理利用。(4)贴岩法。贴岩法是在大风、干旱、缺土等困难立地的矿山治理区域铺设矿(块)石或岩石,以重建地质景观和生态环境。这种方法有助于控制区域扬尘,促进地被物种的自然入驻和修复。贴岩法恢复了矿山区域的地质景观,为植被的生长提供了稳定的基质,促进了生态系统的恢复。

3.2 化学修复技术

化学修复技术的核心在于通过精准添加化学物质,有效改善土壤结构,提升土壤质量,从而恢复其生态功能,技术方法如下:(1)营养元素添加法。该方法通过向受损土壤中加入有机肥料(如腐殖质)或专门的土壤改良材料,迅速补充了土壤所缺失的养分,显著增强了土壤的保水保肥能力。这一变化为植被的扎根生长提供了坚实的基础,促进了生态多样性的逐步恢复。这些改良材料还激活了土壤微生物群落,进一步提升了土壤的生态活力。(2)中和法。针对矿山开采过程中常见的酸性土壤问题,通过科学添加石灰、石膏等碱性物质,利用酸碱中和反应,有效降低了土壤的酸度,从而减轻了酸性物质对生态环境的负面影响。(3)吸附法。在矿山生态修复中,利用粘土、石灰、人工合成材料等高效吸附剂,可以迅速吸附并固定土壤和水体中的重金属、有机物等污染物,显著降低其浓度和毒性^[3]。这一技术尤其适用于污染程度较轻或需要迅速降低污染物浓度的区域,为生态环境的快速恢复提供了有力支持。

3.3 生物修复技术

生物修复技术是利用植物、微生物等生物体,改善矿山区域的生态环境和土壤质量,主要包括以下方面:

(1)植物修复。植物修复是利用具有抗逆性、快速生长和适应性强的植物,修复受损的生态系统。植物修复的主要目标是恢复植被,增强土壤稳定性,防止土壤沙化与水土流失,提高生态系统的自我调节能力。常见的植物修复方法包括抗逆植物种植、绿肥种植、灌木种植和森林建设等。这些植物不仅能适应矿山区域的恶劣环境,还能通过根系固定土壤、吸收养分和水分、促进微生物繁殖等方式,改善土壤结构和生态功能。(2)微生物修复。微生物修复是利用微生物的代谢活动,将污染物转化为无害物质或低毒物质。在矿山生态修复中,可以利用特定的微生物菌种,将重金属、有机物等污染物转化为无毒或低毒的物质。这种方法具有成本低、效率高、环境友好等优点。(3)综合生物修复技术。综合生物修复技术是将植物修复和微生物修复相结合,利用两者的协同作用,提高修复效果。在实际操作中,可以根据矿山区域的具体情况,选择合适的植物和微生物组合,进行联合修复。这种方法能快速恢复植被和土壤生态功能,提高生态系统的稳定性和生物多样性。

4 废弃矿山综合治理技术

4.1 地质灾害治理技术

地质灾害治理的核心在于消除矿区内明显的危岩体,确保开采面的整体稳定,并防止浮石滑落等安全隐患,技术方法如下:(1)危岩体清理。通过人工和机械结合的方式,对矿区内的不稳定石块进行清理。机械臂长工作范围内的石块,可采用炮锤和挖掘机进行清理;对于无工作面、高度较高的地方,则在绝对安全保障下采用人工清理。清理过程中,先处理松散、不稳定的石块,再逐步清理开采面及坡面的浮石,确保彻底消除地质灾害隐患。(2)削高填低与地形整理。在消除地质灾害隐患的前提下,采用削高填低的方式整理地形,尽量多地整理出可利用的平地资源。通过平整高位平台和低位平台,形成连续的、可利用的土地资源。(3)地质灾害防范技术。地质灾害防范技术包括对项目所在区域的地理构造、历史演变及灾害频发情况进行深入细致调查。在地震和泥石流频发区域,要增加地灾治理防范技术等级,采取更加严格的措施。在开采形成的边坡进行浮渣清理,利用微地貌局部小台阶覆土绿化,形成“点缀”景观,既美观又能起到挡土作用。

4.2 生态恢复与绿化技术

生态恢复与绿化是废弃矿山综合治理的核心环节,旨在恢复自然生物多样性,提升生态系统服务功能,技术方法包括以下方面:(1)土壤基层改良。土壤改良措施包括异地取土、废弃地改造和土壤增肥改良等。异地

取土是在不影响异地土壤的前提下,将适量土壤移至矿山受损区域进行修复;废弃地改造则是通过灌注泥浆和铺设粘土来形成人工隔水层,减少地面水下渗,防止废渣中剧毒元素的释放;土壤增肥改良则是通过添加有效物质来改善土壤的物理化学性质,加速植被演替和生态重建。(2)植被恢复技术。植被恢复技术包括选择合适的植物种类进行种植,以及采用科学的种植方法。在选择植物种类时,需考虑当地的气候特征、土壤含量和生物种类及适应性。在北方缺水且天寒的地区,植物选择上要考虑植物的耐干性和耐寒性,同时兼顾四季绿化效果。种植方法上,可采用断面底部和顶部种植爬山虎、边坡处种植杨树等策略,形成多层次、多品种的绿化体系。(3)生态恢复方案。生态恢复方案需结合具体区域、具体矿山、具体生态特征和气候条件等,制定生态结构合理的恢复方案。在华北地区,由于缺水且天寒,可采用耐旱耐寒的植物进行绿化,同时在整理出来的土地上大量种植狼尾草等经济作物,实现生态与经济效益的双赢。在南方地区,则可利用当地丰富的植物资源,构建多样化的生态系统。

4.3 水资源保护与修复技术

水资源保护与修复技术是废弃矿山综合治理中不可或缺的一环,其核心在于恢复和保护矿区水文系统的完整性,确保水质安全,促进水资源的可持续利用,技术方法如下:(1)水文系统恢复技术。通过构建人工湿地、恢复自然水系等措施,可以有效提升矿区的水文循环能力。人工湿地能够净化水质,能为水生生物提供栖息地,促进生物多样性恢复。结合地形整理,恢复自然水系,确保水流顺畅,减少水土流失,维护区域生态平衡。(2)水体净化与修复技术^[4]。针对受污染的水体,采用生物净化、化学沉淀、物理过滤等多种手段进行综合治理。生物净化利用水生植物和微生物的代谢作用,降解水体中的有机物和重金属;化学沉淀则通过添加化学试剂,使污染物形成不溶性沉淀物,从水体中分离出来;物理过滤则利用过滤介质截留悬浮物,改善水质透明度。(3)水资源循环利用技术。在矿区推广水资源循环利用系统,如雨水收集与利用、废水处理回用等,既

能节约水资源,又能减少废水排放对环境的污染。通过建设雨水收集设施,将雨水进行净化处理后用于矿区绿化、道路清洗等;对矿区产生的废水进行深度处理,达到排放标准后回用于生产或灌溉,实现水资源的最大化利用。

4.4 矿山废弃物资源化利用技术

矿山废弃物资源化利用技术是废弃矿山综合治理的创新方向,旨在将废弃物转化为有价值的资源,实现经济效益与生态效益的双重提升。固体废弃物综合利用技术针对矿山产生的废石、尾砂等固体废弃物,通过破碎、筛分、磁选等工艺,分离出有价值的矿物成分,用于建筑材料、道路基材等领域。将剩余部分进行无害化处理,作为土地复垦的填充材料,既解决了废弃物堆放问题,又增加了土地资源的有效利用。尾矿库生态修复与资源回收技术对尾矿库进行综合整治,通过建设防渗设施、生态护坡等措施,防止尾矿水渗漏和滑坡等安全隐患。利用生物浸出、化学提取等技术,回收尾矿中的有价金属元素,提高资源利用率。在尾矿库表面进行植被恢复,构建人工生态系统,提升尾矿库的生态功能。

结束语:废弃矿山生态修复与综合治理是一项复杂而艰巨的任务。通过综合运用物理、化学、生物修复技术以及地质灾害治理、生态恢复与绿化、水资源保护与修复、矿山废弃物资源化利用等综合治理措施,可以有效恢复废弃矿山的生态功能,提升区域生态环境质量。随着科技的不断进步和环保意识的日益增强,废弃矿山生态修复与综合治理将迎来更加广阔的发展前景。

参考文献

- [1]张思敏,徐俊,张少锋,等.废弃矿山生态修复与综合治理技术探讨[J].新疆有色金属,2024,47(6):3-4.
- [2]欧阳刚.矿山环境保护与生态修复探讨[J].城镇建设,2021(17):387-388.
- [3]姚琳.采煤沉陷区的生态修复与综合治理技术研究[J].科技与创新,2023(13):84-86.
- [4]张进德,郝富瑞.我国废弃矿山生态修复研究[J].生态学报,2020(21):7921-7930.