

生态修复技术在废弃矿山治理中的应用

张梦雪¹ 薛冰^{2*} 李建¹

1. 山东省第一地质矿产勘查院; 2. 山东省物化探勘查院

摘要: 废弃矿山生产领域通过严格贯彻落实生态文明建设理念, 对新时期废弃矿山生态环境污染防治攻坚内容提出了全新要求, 强调废弃矿山生产领域必须加强对废弃矿山生态环境保护以及修复问题的重视程度, 尤其要加强对废弃矿山的生态修复与综合治理。针对此, 本文主要以废弃矿山生态修复治理为例, 对相关技术方法以及实践措施进行研究与分析, 以供参考。

关键词: 废弃矿山; 综合治理; 生态修复技术; 应用分析

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.23.116

引言

近些年来, 为更好地打响污染防治攻坚战, 部分废弃矿山在开展过程中以及闭坑之后, 对矿区及其周边生态环境所产生的破坏影响相对明显。如不合理的开采活动会对区域地下水分布造成破坏影响, 容易引发水土流失、植被退化等一系列生态环境问题。再加上大多数废弃矿山在闭坑之后并未得到及时生态恢复与重建处理, 尤其是对于立地条件相对恶劣的边坡坡面而言, 很容易诱发一系列生态环境问题出现。目前, 为加强废弃矿山生态环境治理以及修复水平, 相关单位主动将生态修复理念以及相关技术内容应用于废弃矿山综合治理当中, 通过利用科学合理的技术手段, 可有效增强废弃矿山生态环境修复效果, 具有重要的可行性价值。

一、废弃矿山生态保护修复的理论基础

(一) 废弃矿山生态保护

废弃矿山生态保护修复治理技术是指运用生态学原理和工程技术方法进行矿区植被恢复的一种技术手段。其目的在于改善环境质量, 维护生态平衡, 实现经济可持续发展, 促进人类社会文明进步。在我国, 随着经济社会快速发展和工业化进程加快, 生态环境遭到严重破坏, 严重影响到人民群众生活质量。因此, 必须采取切实有效措施加强生态环境保护与建设, 大力推进生态环境治理工作, 而要搞好生态环保就离不开水土保持。同时, 由于矿产资源开发对环境破坏日益严重, 许多地方都不同程度地存在着水土流失问题。如何做好废弃矿山生态保护修复工作, 已成为当前迫切需要研究解决的重大课题。这是摆在我们面前亟待解决的一大难题, 废弃矿山生态修复具有必要性。废弃矿山生态保护修复对于提高资源利用率、减少环境污染有着重要意义。“生态”是指自然环境中人与自然协调统一的关系和规律, 是一种动态概念。废弃矿山生态保护修复过程实质上

就是一个维护自然生态环境良性循环的过程。所谓废弃矿山生态保护修复, 就是指为了恢复废弃矿山生产活动所造成的不利影响, 使之逐步向有利于人类生存发展方向转化, 并实现社会经济持续稳定发展的一项系统工程; “修复”是对受损环境进行恢复或改善以达到新的平衡状态, 即生态系统健康水平不断提高的过程和结果。其核心是要保持矿区生态系统结构完整, 功能正常发挥, 保证生态系统内部物质循环顺畅, 从而满足人们日益增长的物质需求, 创造出更加美好的生活环境。因此, 必须坚持科学发展观, 正确处理好生态效益与经济利益的辩证关系。废弃矿山生态保护修复是一种新型的环境保护与治理手段, 它既不同于传统的环境治理方法, 又有别于一般意义上的生态重建技术。它要求在遵循可持续发展原则下, 把生态学原理应用于废弃矿山开发建设全过程中, 通过系统的综合治理, 最终形成人工复合生态系统, 废弃矿山生态保护修复工程。其目的就是维持生态平衡, 协调人、资源、环境三者之间的关系, 促进人与自然和谐相处。

(二) 废弃矿山生态修复的相关理论

废弃矿山生态修复具有系统性和复杂性等特点, 需要综合考虑多种因素。因此, 废弃矿山生态修复必须建立在对自然生态环境全面了解的基础上。主要包括: 矿区自然地理条件、矿产资源状况以及矿业活动与自然环境的相互联系。这些方面都是影响废弃矿山生态系统稳定运行的重要因素。我国废弃矿山生态修复的现状分析废弃矿山生态修复工程已经开展了近20年时间, 但是由于种种原因, 目前我国废弃矿山生态修复工作还存在着一些问题。如缺乏统一有效的指导政策; 资金投入不足; 技术水平有待提高等等, 废弃矿山生态修复势在必行。废弃矿山生态修复要坚持因地制宜原则、以人为本原则、效益优先原则和整体优化原则; 同时还要兼顾经济利益和生态效益。这就要求我们必须重视废弃矿山生态修复过程中所涉及的各种不同主体之间的关系及相互作用, 协调好各有关主体间的关系。在此基础上对整个废弃矿山生态修复工程实施过程中应遵循的相关法律制度和具体政策措施提出建议。并以此作为制定废弃矿山生态修复方案的基本依据。此外, 还需注重政策支持, 加大资金扶持力度, 提高全民环保意识, 营造良好舆论环境。只有这样才能实现资源的可持续利用和人类社会的健康发展。目前我国废弃矿山生态修复存在着一些问题: 如缺乏科学规划和系统布局, 破坏了原有自然生态体系, 使其失去应有的稳定性等。山生态保护修复治

理技术应以系统论为指导，按照“预防为主，防治结合”的方针进行设计。

二、废弃矿山生态环境保护现状及修复难点分析

（一）废弃矿山生态修复技术现状

1. 废弃矿山生态修复技术的基本思路

（1）从地质环境出发，遵循自然规律和经济规律，对矿业活动所产生的污染物质进行综合控制和管理，恢复或改善生态环境；并针对不同类型矿区提出相应的修复方案。主要包括采用多种技术手段和方法，加强土地复垦工作，防止水土流失及重金属污染等方面的内容。其中，土壤调理剂是最常用的手段之一，可以增加土壤结构，促进植物生长。同时，通过采取一系列工程措施和生物措施，达到减少污染物排放总量，降低环境污染程度的目的。

（2）在不影响废弃矿山正常生产运行条件下，最大限度地提高经济效益和社会效益。针对目前我国矿产资源开采过程中存在的问题，提出了相应的对策建议。如：严格按照“三优先”原则开展矿业开发活动，完善废弃矿山环境治理与保护制度，实行矿业权有偿取得与流转机制，加大投入力度，改善投资环境。加快经济结构调整步伐，强化环境保护意识。根据实际情况对废弃矿山进行恢复重建，使之既满足安全采矿要求又能产生较好的社会和经济效益。

（3）合理选择修复模式。以生态恢复理论为指导，因地制宜制定治理方案；建立科学有效的监测体系，保证各项工作顺利实施；因此，应将环境保护与矿业开发相结合，把保护矿产资源作为首要目标，实行“以矿养业”方针，坚持走循环经济道路。加大科技投入力度，加快技术创新步伐，改善废弃矿山环境质量。积极推广绿色开采技术，强化资源综合利用，大力发展多种经营产业。加强管理，确保资金使用效益最大化；做好环保宣传工作，营造良好的企业文化氛围；采用多种方式综合治理废弃矿山环境，实现矿区生态环境建设可持续发展。

2. 废弃矿山生态修复技术实施

（1）对废弃矿山生态修复理论进行探讨和实践总结研究，为进一步完善生态修复理论提供依据。在充分调查分析我国废弃矿山地质、地理、气候等条件基础上，确定了“以工程治理为主、生物措施为辅”的生态修复原则，并将其具体落实到各类废弃矿山中去。初步形成了较为完整的理论体系，包括基本理论框架。从不同角度阐述了各种生态修复措施及其作用机理。同时，针对目前存在的问题提出了今后废弃矿山生态修复工作需要加强研究的方向。这些内容是今后深入研究的重点课题，制定出我国废弃矿山生态修复规划方案，根据国内外废弃矿山生态修复研究成果及实践经验，结合我国废弃矿山实际情况，提出了适合于我国国情的废弃矿山

生态修复模式与方法。

（2）建立了我国废弃矿山生态系统评价体系。采用层次分析法确定各指标权重，利用模糊数学理论对其进行定量处理。运用模糊综合评判法建立起一个比较系统的废弃矿山生态修复效果评估指标体系。将此体系应用到某铁矿生态修复项目中进行实证分析。该评价模型不仅能全面反映废弃矿山生态环境状况，而且还具有较好的可操作性。在此基础上，初步形成了一套较为完整的我国矿山生态修复效果评价体系。为科学地、合理地选择和构建我国矿山生态修复模式奠定了基础。

（3）开展废弃矿山植被恢复试验并取得阶段性成果。通过大量的野外实地调查以及室内试验测试，系统地研究了我国废弃矿山土壤理化性质变化特征。提出了一种适合于我国矿区环境特点的矿山土壤改良方法——微生物法；揭示了植物生长与土壤环境之间的关系；总结出不同类型废弃矿山植被恢复能力的差异及其原因；提出了适宜的植被重建技术；建立了一套比较系统的废弃矿山生态系统评价指标体系。综合运用多学科的知识 and 先进科学技术，开展废弃矿山生态修复示范应用研究。

（二）难点分析

废弃矿山生态修复与重建是新时期矿区生态环境保护与植被恢复工作需要重点考虑的难点问题。结合以往的生态修复经验来看，大多数露天矿裸露边坡植被通常会采取公路边坡植被恢复技术进行生态修复与重建处理。如比较常见的客土喷播技术、植生袋法以及三维植被网喷播技术等。上述技术内容在高速公路边坡生态修复与重建工作当中良好成就，具有重要的指导价值。而对于废弃矿山生态恢复与重建工作而言，所面临的生态修复难点较多。其中，在生态恢复以及重建技术的选择上，应该主动结合矿区地质条件、气候条件以及开采现状进行综合选择与深入分析。并且在分析的同时还需要对边坡高度、坡面角以及矿体结构特征进行重点把握。通过综合衡量多项影响因素，合理选取生态重建技术。结合当前实际情况来看，在开展废弃矿山综合治理工作中，大多数人员并未充分考虑边坡矿体结构空间特征以及生态环境修复实际需求，在生态重建技术以及修复方法的选择上还是存在不妥当问题，导致最终生态修复效果未达到预期。

三、新时期废弃矿山治理常见的生态修复技术分析

（一）边坡坡面生态修复技术

对于废弃矿山而言，因其边坡坡面立地条件相对恶劣，导致废弃矿山所面临的生态修复难点问题较多。从客观角度上来讲，生态修复质量好坏在一定程度上会对废弃矿山生态修复以及环境治理效果产生决定性影响。与国外发达国家相比而言，我国在边坡生态修复技术应用研究方面还是存在较多短板问题，并未完全形成适于

本国废弃矿山生态修复特点的理念方法。虽然我国研究起步相对较晚，但是在技术改造以及创新优化速度方面还是相对较快。

结合实际情况来看，关于露天矿生态修复技术的应用选择通常会借鉴客土喷播技术、植生袋法等，并且在原有技术基础上研发出藤本护坡技术、植物纤维毯防护技术等。根据应用反馈情况来看，通过合理配置与应用上述技术内容基本上可以为闭坑后的废弃矿山边坡坡面提供良好的修复条件。

（二）作业平台生态修复技术

与坡面生态修复工作相比而言，作业平台生态修复相对容易一些。究其原因，主要是因为作业平台作为露天矿边坡的重要组成部分，平台相对平缓，比较利于栽植或者种植植物。并且通过合理栽植与种植，基本上可以有效减少水土流失现象。结合以往的生态修复经验来看，大多数人员通常会选择在平台外边缘位置处修建挡墙设施，并在其内侧覆土后完成木本栽种工作。或者也可以播种草本植物，达到良好的生态修复效果。目前通过利用上述生态修复方法，基本上可以取得良好的水土保持效果，有效减少了水土流失等地质灾害问题的出现，并且在一定程度上实现了废弃矿山复绿目标。以某废弃的废弃矿山为例，工作人员通过对废弃矿山作业平台进行覆土回填等一系列操作，基本上实现了永久生态防护目标。并结合立地条件适宜栽种乡土植物，有效改善了废弃矿山绿化景观效果。需要注意的是，工作平台生态修复虽然相对容易一些，但是也有可能受到土壤缺乏以及土壤贫瘠等不良因素的影响而出现生态修复质量效果不佳的问题。针对此，建议在附图处理之后，应该及时进行土壤改良以及培肥工作。在此基础上，制定科学合理的水土流失防治方案，减轻地质灾害扰动影响。

（三）排土场生态修复技术

排土场基本上可以理解为露天矿开采过程中所形成的松散堆积体，多由岩石与土壤共同组成。因这部分松散堆积体结构相对松散且植被覆盖度较低，再加上土壤理化性质较差，在强降雨以及爆破震动等因素影响下，很容易发生地质灾害问题。目前，为进一步加强废弃矿山生态修复治理水平，相关人员需要将排土场修复作为重点开展工作。从客观角度上来讲，合理修复排土场生态环境，对于改善当地生态系统环境具有重要的可行性价值。结合实际修复经验来看，关于排土场的生态修复处理多是采取土壤重构以及蓄水截流整地等进行实现。并在此基础上利用植被配置优化模式，进一步增强生态修复效果。结合生态修复反馈情况来看，通过利用上述技术方法以及措施手段基本上可以有效改善土壤理化性质，同时也可以大幅度加植被盖度，可行性价值较强。

（四）矿区道路生态修复技术

矿区道路作为矿区生态恢复与重建规划设计的重难

点问题，明确强调相关设计人员必须立足于生态环境保护理念以及生态修复技术规程，重点针对矿区道路生态修复问题进行统筹部署。一般来说，矿区道路相对平坦，可以为生态修复工作创造良好平台。为防止矿区道路存在滑塌隐患问题，在前期规划设计中，应该优先在道路内侧设置排水沟。现场施工完成之后，可采取覆土后栽植或者种植乔灌木等方式，达到良好的生态修复效果。需要注意的是，上述所使用的生态修复方法更加适用于没有经过混凝土硬化的矿区道路环境当中。如果情况相反，继续使用上述修复技术往往会严重增加修复难度。因此针对混凝土硬化矿区道路生态修复工作而言，建议相关人员应该重点针对道路两侧绿化问题进行统筹部署。并科学设计防排水系统加以维护，确保道路畅通性。

四、废弃矿山生态修复技术的发展及成效

废弃矿山生态修复技术的发展对促进我国矿业可持续发展具有重要意义，其主要体现在：

（1）加快了矿产资源开发进程，为经济社会快速发展提供能源保障。但同时也带来一系列问题：资源浪费严重，环境污染加剧等。因此必须加强废弃矿山生态修复工作，以实现社会经济与环境协调发展。废弃矿山生态系统是一个复杂系统，影响因素众多。目前我国废弃矿山生态修复中存在一些亟待解决的问题，需要进一步完善政策法规，健全监管机制，优化资源配置。加强宣传引导，普及生态文明观念，提高公众参与程度，构建多元化融资渠道。通过采取合理有效措施，使废弃矿区恢复到良好的状态，确保国民经济又好又快地发展。

（2）改善生态环境，减少地质灾害的发生和危害；降低灾害损失，提高人民生活水平。要坚持以人为本，树立科学发展观，加大环保力度；强化环境保护意识，增强全民保护环境的责任感和使命感；积极推行清洁生产，建立绿色矿山环境，建立健全法律法规体系，保护生物多样性，维护生态平衡；保持水土，防止水土流失，防治荒漠化，保证农牧业生产安全；保护湿地生态系统，建设美丽中国。从而实现人与自然和谐相处，构建和谐社会。保护土地，维护耕地红线。

结语

我国废弃矿山众多，虽然已经进行了部分修复，但整体修复效果不明显，生态修复的功能未能充分体现。本文分析了我国矿区废弃地修复过程中存在的一些问题，并提出了几项行之有效的生态修复方法，以期为我国矿区废弃地生态修复和综合高效利用提供借鉴。

参考文献

- [1] 习近平. 推动我国生态文明建设迈上新台阶[J]. 资源与人居环境, 2019(3): 6-9.
- [2] 张万虎, 袁海梁. 废弃矿山废弃物及地表污染土生态修复研究[J]. 化工管理, 2021(20): 32-33.