

废弃矿山生态修复模式与开发利用实践

张 杨

中化地质矿山总局地质研究院, 北京 100101

[摘要] 废弃矿山作为我国在矿产资源开发过程中遗留下的生态环境问题, 已经成为影响生态安全、地方经济和社会发展的的重要因素。废弃矿山的生态修复与合理开发利用是当前亟须解决的课题。文中分析我国废弃矿山生态修复现状, 探讨了不同修复模式的特点与应用, 结合废弃矿山开发利用的实践路径, 提出了生态修复与开发利用协同推进的策略, 为推动废弃矿山的可持续发展提供理论支持。

[关键词] 废弃矿山; 生态修复; 修复模式; 开发利用; 协同推进

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14709

中图分类号: X171.4

文献标识码: A

Ecological Restoration Model and Development and Utilization Practice of Abandoned Mines

ZHANG Yang

Geology Institute of China Chemical Geology and Mine Bureau, Beijing, 100101, China

Abstract: Abandoned mines, as an ecological and environmental problem left over from the development of mineral resources in China, have become an important factor affecting ecological security, local economy, and social development. The ecological restoration and rational development and utilization of abandoned mines are urgent issues that need to be addressed. The article analyzes the current situation of ecological restoration of abandoned mines in China, explores the characteristics and applications of different restoration models, and proposes a strategy for the coordinated promotion of ecological restoration and development utilization based on the practical path of abandoned mine development and utilization, providing theoretical support for promoting the sustainable development of abandoned mines.

Keywords: abandoned mines; ecological restoration; restoration model; development and utilization; collaborative promotion

引言

废弃矿山是指经过矿产资源开采后, 未进行有效修复或长时间未得到合理利用的矿区。由于开采活动的长期影响, 废弃矿山往往形成了严重的生态环境问题, 如土地沙化、水土流失、生物栖息地破坏等, 这不仅损害了生态环境, 也影响了地方的经济发展。近年来, 随着环境保护意识的增强和社会对可持续发展的需求, 废弃矿山的生态修复与开发利用成为亟待解决的课题。

1 我国废弃矿山修复治理现状

1.1 法律法规及政策

随着矿产资源开采的规模不断扩大, 废弃矿山所带来的环境问题逐渐成为一个亟须解决的重要课题。为应对这一挑战, 国家已经相继出台了多项法律法规, 明确了废弃矿山治理的要求。例如, 《矿山生态环境保护与恢复治理条例》明确了矿山生态保护的基本准则, 并对矿山关闭后的修复措施作出了规定。《矿产资源法》对矿山企业的环境保护责任进行了规定, 要求其在资源开采过程中采取相应的修复措施, 最大限度地减少环境负面影响。伴随“绿色矿山”政策的推行, 废弃矿山修复工作的力度进一步加大, 政策中规定矿山企业必须实施生态恢复, 推动矿区的生态环境修复。此外, 政府还设立了专项资金, 为废弃矿山的修复项目提供财政支持, 从而缓解了地方政府和企业

的资金压力。

1.2 我国废弃矿山及生态修复概况

由于许多矿区在开采后未能及时进行修复, 生态环境遭受了严重破坏, 资源被浪费, 影响了生态环境及周围居民的生活质量。废弃矿山的数量庞大, 且所面临的生态问题极为复杂, 特别是在一些矿产资源开采密集地区, 水土流失、土地沙化、生态功能丧失等问题广泛存在。尽管国家与地方政府已经开展了一些修复工作, 但整体修复进展缓慢, 效果远未达到预期。修复工作滞后的原因包括资金不足、技术缺乏以及管理体系不完善等。特别是历史遗留的矿山, 面临着更加复杂的污染问题, 如重金属污染、酸性矿山排水等, 这些问题的解决仍然困难重重。为了加快废弃矿山的修复进程, 除了需要加大资金投入外, 技术创新与管理模式的优化也显得尤为重要, 只有通过多方协同, 才能实现有效的修复。

1.3 废弃矿山生态修复技术

废弃矿山的生态修复技术涵盖了多个方面, 其中水土保持、植被恢复与污染治理是修复工作的关键内容。水土保持技术在矿山修复过程中具有基础性作用, 特别是对裸露土地, 水土流失问题较为突出。通过采取诸如修建防护林带、增设水土保持设施等措施, 可以有效减少水土流失的风险, 为土地的生态恢复提供条件。在植被恢复方面,

通过合理选择适宜的植物种类并进行科学种植,能够改善土壤结构、恢复生物多样性,促进矿区生态环境的复原。近年来,施用有机肥料与土壤改良剂等技术措施逐渐取得了显著成效,矿区绿化和植被恢复进程得以加快。然而,在污染治理方面,尤其是土壤污染与地下水污染的修复,依然面临较大挑战^[1]。矿山土壤中的重金属污染、酸性矿山排水等问题的治理技术,尚未能完全解决这些问题。尽管在水污染治理方面,人工湿地与水生植物净化等技术方法取得了一定进展,改善了水质,但在土壤污染修复方面,现有技术仍未达到理想效果。

2 废弃矿山生态修复模式

2.1 自然修复模式

自然修复模式依托自然过程,通过减少人为干预,使生态系统逐步恢复,核心在于植物自然繁殖、降水和土壤演替等自然力量的作用,促进植被生长以及土壤的自然改善。与其他模式相比,成本较低且避免了人为干扰。然而,修复效果的显现通常较为缓慢,且修复过程的时间较长,可能需要数年或更久,才能看到明显改善。在生态环境较为恶劣的矿区,例如土壤贫瘠、水源缺乏的地方,修复的难度更大,甚至可能无法完全恢复。因此,适用这种模式的地区往往是生态条件相对稳定的地方,诸如一些草地或山地。

2.2 工程修复模式

工程修复模式通过人工手段进行生态恢复,主要包括填埋废弃矿坑、改良土壤、植被恢复等措施。例如,填埋技术能够有效填补矿坑,避免水土流失;土壤改良通过增加有机物和改良剂,提升土壤的肥力与水分保持能力;通过植被恢复技术,种植适宜的植物覆盖裸露的土壤,减少风沙侵蚀,促进生态修复。这一模式的显著优点是能够迅速恢复生态环境。然而,工程修复也存在不容忽视的缺点,尤其是其高昂的成本,往往使修复工作面临经济压力。同时,人工干预可能会引发一定的生态扰动,影响修复效果的稳定性。因此,为确保这一模式的成功实施,必须精心设计修复计划,并进行有效的管理与规划,以减少不必要的生态影响。

2.3 生物修复模式

生物修复模式的核心在于通过种植适应性强的植物,改善土壤的水分保持能力,或通过微生物降解污染物,减少土壤中的有害物质。其主要优点在于成本低,且对生态环境的干扰较小,能够维持生态系统的自然功能。然而,这种修复方式的周期较长,通常需要较长的时间,才能看到明显效果。在矿区环境较为复杂、恶劣的地方,修复进程可能会更加缓慢,且受到诸多因素的影响,如土壤质量、气候条件等^[2]。为了确保修复效果,选择适应性强的植物或微生物显得尤为重要。尽管生物修复模式具备可持续性和较低的成本,但其修复周期长以及对环境的依赖,使其在某些复杂环境中的应用受到制约。

2.4 复合修复模式

复合修复模式综合利用自然修复、工程修复与生物修

复等多种技术,通过灵活的组合达到最佳的修复效果。在这一模式中,矿区的初步修复往往通过工程修复措施进行,如填埋矿坑、改善土壤等;随后,结合生物修复技术,种植适应性植物或使用微生物分解污染物,进一步改善生态环境。随着修复工作的深入,人工干预逐渐减少,矿区生态系统逐步恢复自我修复能力。复合修复模式具有较强的灵活性,可以根据不同矿区的具体情况进行调整,特别适用于规模较大、环境复杂的废弃矿山修复。通过综合多种修复手段,能够迅速改善矿区的基础生态条件,并长期维持生态系统的自我修复能力。尽管这一模式具有较大的优势,但在实际应用中,需要高水平的技术支持和精细化的管理,以确保各修复技术的协调性与整体效果。

3 废弃矿山开发利用的实践路径

3.1 生态旅游开发模式

废弃矿山在生态修复后,通常呈现出独特的矿坑湖、岩石群、悬崖等景观,这些自然资源为旅游开发提供了独特的优势。而矿区遗留下的历史遗迹,也为文化旅游提供了额外的资源,使游客能够探索矿山的背景。生态旅游固然能推动地方经济发展、提供就业机会及改善基础设施,但若开发过度或游客过多,则可能加剧环境压力。过度的游客量会导致植被破坏、水土流失,甚至加剧水源污染等问题。为此,开发过程中必须采取严格的控制措施,限制游客流量,确保矿区的生态景观及其环境得到有效保护。

3.2 农林业生产利用模式

废弃矿山在经过生态修复后,能够有效恢复土地的生态功能,通过种植适宜的农作物或树木,既能提高土壤的肥力,又能实现土地的经济增值。选择适应性强的植物或耐贫瘠土壤的树种,能够改善土壤质量,并为矿区带来经济收益^[3]。废弃矿山的土地往往存在重金属或其他有害物质,因此,在修复过程中必须采取科学有效的方法,避免污染对植被生长的影响。土地治理的完备性决定了农林业利用模式的成功与否。通过系统的土壤修复和管理,农林业模式不仅能恢复生态环境,还能为地方经济提供可持续的增长点。

3.3 工业用地再利用模式

一些废弃矿山可通过修复后转化为工业用地,特别是在矿区周边具备良好交通和基础设施的条件下。废弃矿山土地的再利用,能显著提升其经济价值,为地方产业提供发展空间。多数废弃矿山位于交通便利、基础设施完备的区域,经过修复后,这些土地可用于工业开发,具有较大的市场潜力。在矿区的开采过程中,生态环境已受到一定程度的损害,因此在后续的开发中,应确保不对已经修复的生态环境造成进一步破坏。在开展工业开发前,必须进行全面的环境影响评估,确保土地适宜开发,并在开发过程中采取必要的修复措施,避免产生新的环境问题。此外,应采用绿色技术与清洁生产模式,减少开发过程中的资源消耗与污染,保障工业用地开发的可持续性。

3.4 城镇化建设用地的开发模式

随着城市化进程的加速,土地资源日益稀缺,废弃矿山提供了可利用的土地资源,可以有效缓解土地紧张问题,并为城市发展提供所需空间。土地修复工作不仅需恢复其生态功能,还必须符合城镇化建设的用地要求。在开发前,必须对土地质量进行严格评估,确保其符合建设标准。开发时,应优先考虑生态保护措施,避免对修复后的土地以及周围环境造成进一步的负面影响。实施绿色建筑标准与节能减排技术,能够有效减少城镇化开发过程中的环境负担,确保城市建设与生态环境的和谐发展。

4 生态修复与开发利用的协同推进策略

4.1 政策支持与法律保障

为有效推进废弃矿山的生态修复与开发利用,政府应完善相关法律法规,建立更加健全的法律框架,确保修复过程中各方的职责与义务明确。同时,应在税收优惠、资金支持等方面出台激励措施,鼓励社会资本积极参与。政府应设立严格的监督机制,确保所有修复工作都能在符合生态环境保护标准的前提下进行。通过定期检查与进度跟踪,可以及时发现问题,进行有效的调整,确保修复措施的持续性与长远有效性。此外,政府应加强修复项目的评估,以确保修复工作在各阶段的目标能够得以实现。

4.2 技术创新与模式优化

必须加大对修复技术的研发投入,探索新型修复材料与先进技术,提升修复效率与质量。随着技术的不断进步,能够有效提高矿区修复的质量,减少修复过程中对环境的负面影响。单一的修复方法无法满足所有矿山的实际需求,尤其是在环境复杂、生态系统脆弱的矿区。因此,需结合矿区的具体情况,采取多种修复方式,并设计个性化的修复方案。多种修复技术的协同作用,如工程修复与生物修复的结合,将能最大程度提高修复效果。随着智能化技术的引入,修复工作能够实现更高的精准度与可控性。通过智能化监控与数据分析,不仅能够实时评估修复进展,还能快速调整修复方案,以确保最终的修复效果。科技的进步,必将推动矿山修复工作朝着更高效、精准的方向发展。

4.3 社会资本参与机制

在废弃矿山修复与开发的过程中,通过公私合营(PPP)模式,可以有效吸引社会资本参与,这对于解决资金不足与技术瓶颈等问题具有重要意义。社会资本的参与,不仅能够提供所需的资金支持,还能够带来先进的技术与管理经验,从而提高项目的实施效率^[4]。在社会资本的参与过程中,应注意通过政府与社会资本的良好合作,避免过度开发带来的负面影响。通过建立有效的合作机制,既能够确保修复项目的资金投入,又能避免生态环境受到二次破坏。社会资本的参与,也促使政府在政策执行过程中更加注重生态保护与经济效益之间的平衡。此外,政府、企业与社会资本三方共同参与修复与开发工作的机制,能够有

效推动废弃矿山的资源化利用。在这种模式下,不仅修复工作能够得以高效推进,同时也能促进地方经济的发展,实现生态效益与经济效益的双赢。

4.4 可持续发展目标与评估体系

废弃矿山的生态修复与开发利用应秉持可持续发展的原则,确保在实现生态恢复的同时,也能促进经济效益的增长。为此,建立科学合理的评估体系显得尤为重要。该体系应对修复进展、资源利用效率以及社会效益进行全面评估,确保修复过程符合可持续发展目标。评估体系不仅有助于对修复效果进行监控与调整,还能够及时发现问题,采取有效措施进行整改。通过对修复工作的定期检查与评估,可以确保修复项目在各阶段均能按计划推进,并不断优化修复策略。在修复过程中,评估结果为决策提供了依据,确保修复效果的持续性与稳定性。同时,评估体系应注重长远目标的实现,确保废弃矿山的生态修复与开发利用能够在生态、经济、社会多个方面产生正向的影响。建立完整的评估机制,不仅有助于持续改进修复策略,还能在实践中不断调整,推动废弃矿山修复工作向更加高效、可持续发展的方向发展。在政策、技术、资本与评估体系的多方协同作用下,废弃矿山的修复与开发利用将实现长远的效益。

5 结语

废弃矿山的修复与开发是一项系统性工程,涉及生态环境恢复、资源再利用以及地方经济可持续发展等多个层面。通过结合自然修复、工程修复、生物修复以及复合修复等技术手段,矿山的生态环境得到了有效修复。与此同时,结合生态旅游、农林业生产以及工业用地再利用等开发模式,废弃矿山的综合价值得到了最大程度的发挥,有效推动了地方经济的可持续发展。各方应加强合作,形成合力,共同推动废弃矿山的修复与开发,实现生态环境修复与经济效益的双重目标,为我国的可持续发展目标提供坚实支持。

[参考文献]

- [1]梅振然,赵中秋,杨侨,等.我国金属矿山废弃地生态修复研究进展及趋势分析[J].中国矿业,2024,33(10):102-118.
- [2]康向阳,周玉县,字勇,等.基于多层次模糊评价法的青海木里废弃矿山生态修复评估研究[J].中国非金属矿业导刊,2024(5):71-75.
- [3]张凯,王丛林,王绍平,等.某大型凹陷露天铁矿坑生态环境综合治理途径探讨[J].现代矿业,2024,40(10):210-213.
- [4]李聪聪,王佟,赵欣,等.高原高寒矿区生态修复中的煤炭资源保护技术[J].煤田地质与勘探,2024,52(11):1-11.

作者简介:张杨(1987—),女,主要从事地理信息系统、水文地质、环境地质工作,工程师。