

# 矿山生态修复技术发展研究

柳儒

广东江铜桃林生态环境有限公司

DOI:10.12238/eep.v7i8.2229

**[摘要]** 随着中国经济向绿色低碳、高质量发展的方向转变,矿山生态修复作为绿色发展的重要组成部分,其市场需求和技术创新日益受到关注。本文旨在分析当前矿山生态修复技术的发展现状、面临的挑战、主要趋势以及未来发展方向。通过综述相关研究成果和案例,探讨矿山生态修复技术的创新路径、市场需求变化、政策支持以及产业链整合等方面,为矿山生态修复行业的可持续发展提供参考。

**[关键词]** 矿山; 生态修复; 修复技术

**中图分类号:** TD-9 **文献标识码:** A

## Research on the development of mine ecological restoration technology

Ru Liu

Guangdong Jiangtong Taolin Ecological Environment Co

**[Abstract]** With China's economic transformation towards green, low-carbon and high-quality development, mine ecological restoration, as an important part of green development, has received increasing attention in terms of market demand and technological innovation. The purpose of this paper is to analyze the current development status, challenges, major trends and future development direction of mine ecological restoration technology. By summarizing relevant research results and cases, it discusses the innovation path of mine ecological restoration technology, changes in market demand, policy support, and industry chain integration, etc., so as to provide reference for the sustainable development of the mine ecological restoration industry.

**[Key words]** mines; ecological restoration; restoration techniques

## 引言

矿产资源是国家经济发展的重要支撑,但长期的开采活动对矿山及周边生态环境造成了严重破坏<sup>[1]</sup>。矿山生态修复不仅是保护生态环境、实现可持续发展的必要手段,也是推动生态文明建设的重要内容<sup>[2]</sup>。近年来,随着公众环保意识的提高和政府对于生态环保工作的重视,矿山生态修复行业迎来了前所未有的发展机遇。本文将从技术发展趋势的角度,全面分析矿山生态修复的现状与未来。

### 1 矿山生态修复技术发展现状

#### 1.1 技术种类与应用

矿山生态修复技术主要包括物理修复、化学修复、生物修复以及综合修复等多种方法<sup>[3]</sup>。物理修复技术如土地平整、土壤覆盖等,主要用于改善地形地貌;化学修复技术如重金属固化/稳定化技术,主要用于处理土壤中的重金属污染;生物修复技术如植被恢复、微生物修复等,则通过生物作用促进生态系统的恢复,达到近自然修复的效果。综合修复技术则是将多种方法有机结合,以实现最佳修复效果。

#### 1.2 技术创新与突破

近年来,随着科技的不断进步,矿山生态修复技术不断创新与发展。例如,生物修复技术中的植被恢复技术,通过选育适应当地环境的先锋乡土植物,提高植被的抗逆性和生态适应性,有效促进了矿区的植被恢复。此外,微生物修复技术在原位基质改良的基础上,利用微生物的生化作用中和酸性并钝化重金属离子,低成本、高效地解决矿山堆体污染,已在矿山生态修复中得到了广泛应用,极大地提高了修复效果。

#### 1.3 市场规模与增长

据中研普华产业研究院发布的报告,我国现有的待修复矿山污染地块规模约为300万亩。基于保守估算,假设每亩地的修复成本在5万元至10万元之间,则我国矿山修复市场的潜在规模将高达约3000亿元人民币。随着国家对生态环保的重视程度不断提高,预计未来几年中国矿山生态修复市场规模将持续扩大。特别是随着政策支持和市场需求的增加,矿山生态修复行业将迎来更广阔的发展空间。

### 2 矿山生态修复面临的挑战

#### 2.1 技术难题与瓶颈

矿山生态修复技术在实际应用中仍面临诸多难题和瓶颈。例

如, 矿山土壤贫瘠、酸性淋溶水或重金属污染严重, 植被恢复难度大; 矿坑底部积水、边坡稳定性差等问题也制约了生态修复的效果。此外, 一些新技术如微生物修复技术、土壤改良技术等在实际应用中仍需进一步验证和完善。

#### 2.2 资金与资源投入不足

矿山生态修复需要大量的资金和资源投入, 但当前资金与资源投入不足是制约行业发展的主要因素之一。尽管政府加大了对矿山生态修复的投入力度, 但相对于庞大的修复需求而言, 仍显不足。同时, 企业和社会资本在矿山生态修复领域的参与度也有待提高。

#### 2.3 政策法规与标准体系不完善

虽然我国已经出台了一系列矿山生态修复相关的政策法规和标准规范, 但整体上仍不完善。政策法规的滞后性和标准体系的缺失, 导致矿山生态修复工作在实际操作中缺乏明确指导和规范, 影响了修复效果和市场秩序。

### 3 矿山生态修复技术发展趋势

#### 3.1 技术创新推动产业升级

随着科技的进步和环保意识的提高, 矿山生态修复技术将不断创新和发展。未来的技术创新将主要集中在以下几个方面: 一是新技术、新材料的应用, 如微生物修复技术、纳米材料等; 二是智能化、信息化技术的引入, 如遥感监测、GIS技术等; 三是多学科交叉融合, 如生态学、环境科学、材料科学等学科的交叉研究。这些技术创新将推动矿山生态修复行业的产业升级和高质量发展。

#### 3.2 多元化与专业化发展

随着市场需求的不断增加和竞争的不断加剧, 矿山生态修复行业将逐渐呈现出多元化和专业化的发展趋势<sup>[4]</sup>。一方面, 企业将根据市场需求和自身优势, 开展不同类型的矿山生态修复项目; 另一方面, 企业将通过专业化服务提升项目质量和市场竞争力。例如, 一些企业专注于土壤改良、植被恢复等领域的技术研发和服务提供; 另一些企业则致力于矿坑底部治理、边坡稳定加固等专项技术的研究和应用。

#### 3.3 跨界合作与资源整合

矿山生态修复涉及多个领域和环节, 需要政府、企业、科研机构等多方合作与资源整合。未来, 跨界合作将成为推动矿山生态修复行业发展的重要力量。通过跨界合作, 可以实现技术、资金、人才等资源的共享和优化配置; 通过资源整合, 可以形成更加完善的产业链和生态系统。例如, 政府可以与企业合作共同推进矿山生态修复项目; 科研机构可以与企业合作开展技术研发和成果转化; 金融机构可以为矿山生态修复项目提供融资支持等。

#### 3.4 可持续发展与绿色矿山建设

可持续发展和绿色矿山建设是未来矿山生态修复的重要方向。随着社会对环保和可持续发展的要求不断提高, 矿山企业必须转变发展方式, 实现绿色开采和生态修复。未来, 矿山生态修复将更加注重生态系统的整体恢复和重建; 将更加注重资源的

节约和循环利用; 将更加注重环境保护和经济效益的协调发展。通过建设绿色矿山, 实现矿山的可持续发展和生态修复的双赢。

### 4 案例分析

#### 4.1 大宝山矿生态修复实践

大宝山矿作为广东省的一个典型矿区, 近年来在矿山生态修复方面取得了显著成效<sup>[5]</sup>。包括种播结合、无覆土操作、原位基质优化及直接植被恢复等手段, 成功地在不改变原有地形地貌与土壤基本架构的前提下, 对土壤结构及其理化特性进行了温和而有效的改良, 进而显著提升了生态修复的整体效果。示范区在生态恢复实施4个月后, 即展现出了显著的生物多样性恢复成效, 植物成活率达90%以上, 重建植被系统中植物种类数目不低于10种, 有效改善了矿区生态环境和居民生活质量。

#### 4.2 江西德兴铜矿生态修复实践

江西德兴铜矿的矿山环境修复治理, 是矿山生态修复技术创新的典范<sup>[6]</sup>。在进行修复作业时, 重点聚焦于物理修复、土壤改良及植被恢复等方面, 旨在全面优化生态环境。而在地质环境治理方面, 则涵盖了边坡稳定、地下采空区处理及有害物质清除等多个关键领域。通过实施这些治理措施, 并辅以严密的监测与科学评估, 确保了种植效果的长期稳定性与可持续性, 从而有效优化矿山地质环境, 实现经济效益与社会效益的双重提升。

### 5 矿山生态修复技术发展相应举措

#### 5.1 多元化修复模式与跨界合作

针对不同类型的矿山和生态环境问题, 采用单一的物理、化学或生物修复技术往往难以达到最佳效果。因此, 未来将更加注重多种修复技术的综合运用和集成创新<sup>[7]</sup>。将矿山生态修复与产业发展相结合, 通过修复项目带动相关产业的发展和转型升级。例如, 发展生态农业、生态旅游等产业模式。加强生态学、环境科学、地质学、农学等相关学科之间的交叉融合和协同创新, 共同推动矿山生态修复技术的发展和應用。建立政府、企业、高校、科研院所和用户之间的紧密合作关系, 形成产学研用一体化的创新体系。通过资源共享、优势互补和利益共享等方式, 推动矿山生态修复技术的快速发展和应用推广。

#### 5.2 科技创新与成果转化

政府和企业需增加对矿山生态修复科研的投资, 支持科研机构进行研究。设立专项基金和科研项目, 鼓励科研人员开发新技术。建立科研平台和创新中心, 集中科研资源, 促进科研成果应用。选择典型项目进行技术示范, 推广先进修复技术。推动技术产业化, 培育有竞争力的修复企业。通过市场化和产业化, 实现技术的规模化和标准化应用。

矿山生态修复涉及的学科领域广泛, 包括生态学、环境科学、地质学、土壤学、植物学、动物学以及工程技术等多个学科。未来的研究将更加注重跨学科的合作与交流, 通过不同学科之间的知识融合, 形成新的研究思路和方法, 推动矿山生态修复技术的创新与发展。随着科技的快速发展, 一些新兴技术如遥感技术、无人机技术、3D打印技术等, 在矿山生态修复领域展现出巨大的应用潜力<sup>[8]</sup>。这些技术可以提高修复工作的效率和精度,

实现对修复区域的精准监测和管理。例如,利用遥感技术可以实时监测修复区域的植被覆盖和土壤质量变化;无人机技术可以用于地形测绘和植被种植等作业;3D打印技术则可以用于构建复杂地形的修复结构。

### 5.3 应对气候变化与生态修复

矿山生态修复过程中,通过植树造林、植被恢复等措施,可以增加生态系统的碳汇能力<sup>[9]</sup>。这些绿色植被能够吸收大气中的二氧化碳,减缓全球气候变暖的趋势。因此,矿山生态修复也是应对气候变化的重要措施之一。修复后的生态系统具有更强的气候适应性。它们能够抵御极端天气事件(如干旱、洪水等)的侵袭,减少自然灾害对环境的破坏。同时,健康的生态系统还能提供清洁的水源、调节气候等生态服务,为人类社会提供稳定的生存环境。

### 5.4 风险评估与长期监测

在矿山生态修复项目实施前,进行全面的风险评估工作。评估内容包括修复技术的可行性、修复效果的不确定性、潜在的环境风险等。通过风险评估,为修复方案的制定提供科学依据和决策支持。建立矿山生态修复项目的长期监测机制。对修复区域的生态环境进行定期监测和评估,包括土壤质量、水质、空气质量、植被生长状况等指标<sup>[10]</sup>。通过长期监测,及时了解修复效果的变化情况,为后续的修复工作提供数据支持和调整建议。

### 5.5 公众教育与意识提升

通过媒体、网络、社区活动等多种渠道,加强对矿山生态修复重要性的宣传,提高公众对环境保护的认识和参与度。通过生动的案例和故事,让公众了解矿山开采对环境的破坏以及修复工作的紧迫性和必要性。将矿山生态修复知识纳入学校的教育体系中,通过开设相关课程、组织实践活动等方式,培养学生的环保意识和责任感。鼓励学生参与到矿山生态修复的实际工作中来,亲身体验修复工作的艰辛与成就。建立有效的公众参与机制,鼓励公众对矿山生态修复工作提出意见和建议。通过设立热线电话、在线平台等方式,及时收集和处理公众的反馈信息,不断优化修复方案和工作流程。组织志愿者参与矿山生态修复工作,如植树造林、清理垃圾等。通过志愿者的实际行动,带动更多人关注和支持矿山生态修复事业。同时,志愿者活动也能为公众提供了解和学习环保知识的机会。

### 5.6 可持续管理与维护

矿山生态修复不是一蹴而就的过程,需要建立长效的管理机制来确保修复成果的持续有效。这包括制定科学的管理计划、明确管理责任主体、建立监测和评估体系等。通过长效管理机制的建立和实施,可以确保修复区域生态环境的稳定性和可持

续性。加强公众教育和参与是推动矿山生态修复可持续发展的重要手段。通过开展环保教育活动、举办社区会议和听证会等方式,提高公众对矿山生态修复的认识和参与程度。同时,鼓励公众积极参与到修复区域的日常管理和维护工作中来,形成全社会共同关注和支持矿山生态修复的良好氛围。

## 6 结论与展望

矿山生态修复作为绿色发展的重要组成部分,其技术发展趋势和未来发展前景备受关注。随着科技的进步和环保意识的提高,矿山生态修复技术将不断创新和发展;随着市场需求的增加和跨界合作的推进,矿山生态修复行业将呈现出多元化和专业化的发展趋势;随着可持续发展和绿色矿山建设的深入实施,矿山生态修复将实现生态效益、经济效益和社会效益的协调发展。未来,我们期待更多创新技术和成功案例的涌现,共同推动矿山生态修复行业的繁荣和发展。

### [参考文献]

- [1]王传久,陈文超.绿色矿山建设与矿山生态修复协同发展研究[J].现代矿业,2024,40(07):205-210.
- [2]王辉.矿山地质灾害治理及生态环境修复措施[J].中国金属通报,2024,(05):234-236.
- [3]严格.采石类废弃矿山国土空间生态修复碳效应研究[D].江西农业大学,2023.
- [4]黄恬恬.文旅融合视角下黄石国家矿山公园转型升级研究[D].中国地质大学,2023.
- [5]罗明,张世文,魏洪斌,等.基于IUCN《矿山生物多样性管理系列指南》的大宝山矿生态修复实践研究[J/OL].地学前缘,2021,28(4):90-99.
- [6]吴友吉.矿山地质环境治理与生态修复技术的实践探究[J].中国金属通报,2023(22):213-215..
- [7]胡振琪,赵艳玲.矿山生态修复面临的主要问题及解决策略[J].中国煤炭,2021,47(9):2-7.
- [8]太浩宇.多源数据融合的矿山地上地下三维实体模型构建方法研究[D].昆明理工大学,2023.
- [9]毛喆,杨涛涛,黄丽颖,等.“双碳”目标下的矿山生态修复技术研究进展[J].能源与节能,2023(6):119-122.
- [10]张艺严.矿区社会生态系统新型化机理与调控研究[D].中国矿业大学,2023.

### 作者简介:

柳儒(1994—),男,汉族,湖北襄阳人,硕士,技术研发工程师;研究方向:从事矿山生态修复的技术研究与工程应用研究。