

环境地质在矿山生态修复中的作用

唐霁轩

中化地质矿山总局山东地质勘查院

DOI:10.12238/jpm.v6i4.7939

[摘要] 本文探讨了环境地质在矿山生态修复中的重要作用机制。环境地质通过地质环境调查与评价，为生态修复提供科学依据；通过地质灾害治理，保障生态修复的安全性；通过土壤重构与水环境修复，改善生态系统的物质基础；并通过地质支撑促进生态系统重建。结合实际案例分析，本文总结了环境地质在矿山生态修复中的应用成效，并对未来发展趋势进行了展望。研究成果为矿山生态修复提供了理论支持和技术指导，对推动矿山生态修复的可持续发展具有重要意义。

[关键词] 矿山生态修复；环境地质；地质支撑；生态修复。

The role of environmental geology in mine ecological restoration

Tang Jixuan

Shandong Geological Exploration Institute of Sinochem Geological Mining

[Abstract] This paper discusses the important function mechanism of environmental geology in mine ecological restoration. Environmental geology provides scientific basis for ecological restoration through geological environment investigation and evaluation; ensures the safety of ecological restoration through geological disaster management; improves the material basis of ecosystem through soil reconstruction and water environment restoration; and promotes ecosystem reconstruction through geological support. Combined with the actual case analysis, this paper summarizes the application effect of environmental geology in mine ecological restoration, and prospects the future development trend. The research results provide theoretical support and technical guidance for the mine ecological restoration, and are of great significance to promote the sustainable development of the mine ecological restoration.

[Key words] mine ecological restoration; environmental geology; geological support; ecological restoration.

1 引言

随着工业化进程的加快，矿山开采对生态环境造成了严重破坏，包括土地塌陷、植被退化、水土流失、地质灾害频发等。矿山生态恢复已成为实现可持续发展的关键问题。作为一门关注地质环境与人活动之间相互作用的学科，环境地质学为矿山生态修复提供了重要的理论和技术支持^[1]。本文旨在探讨环境地质在矿山生态修复中的作用机制、应用实践及面临的挑战，以期能为矿山生态修复提供科学依据，推动资源型地区生态

恢复与可持续发展。

2 环境地质学基础与矿山生态修复

2.1 环境地质学基本概念

环境地质学关注自然地质环境与人活动之间的相互作用，旨在解决地质和生态问题，确保人类社会的可持续发展。以地质学为基础，结合生态学、环境科学和工程学等跨学科知识，研究地质环境的形成和演变及其对人类活动的影响。研究课题包括地质灾害的防治、地质环境的保护以及资源开发与环

境的协调。环境地质学强调地质环境的整体性与系统性，通过分析地质要素对生态系统的影响，为矿山生态修复、土地利用规划、城市建设和环境保护提供科学依据，是实现人与自然是和谐共生的重要学科支撑^[2]。

2.2 矿山生态修复的基本原理

矿山生态修复的基本原理是基于生态系统的结构与功能重建。首先，通过土地整治和土壤修复等措施恢复生态系统的物质基础，为生物创造适宜的栖息地。其次，根据生态演替规律，选择适合植被恢复的植物种类，促进生态系统的自我修复能力。同时，利用微生物和植物的协同作用，消除土壤污染，提高土壤肥力，增强生态系统的稳定性^[3]。此外，注重生态系统的整体性，通过构建生态廊道和栖息地，恢复生物多样性，实现生态系统功能的全面提升，使其与周边环境相协调，达到生态、经济和社会效益的统一。

2.3 环境地质在矿山生态修复中的作用机制

环境地质在矿山生态修复中的作用机制主要体现在以下几个方面^[4]：

（1）环境地质通过地质环境调查与评估，明确矿山开采对地形地貌、土壤结构、地下水系统等的影响，为修复工作提供科学依据。例如，通过分析采空区稳定性、边坡地质条件等，制定针对性的治理方案。

（2）环境地质技术在消除地质灾害隐患方面发挥关键作用。例如，采用锚杆锚索加固、注浆固体等技术，有效治理崩塌、滑坡等地质灾害，保障生态修复的安全性。

（3）环境地质为土壤与水环境修复提供技术支持。通过土壤重构、微生物修复等手段，改善土壤肥力和结构，同时结合同物理、化学和生物修复技术，治理水土污染。例如，接种丛枝菌根真菌可改善土壤微环境，增强植被抗逆性，促进生态系统的稳定。

（4）环境地质在生态系统重建中提供地质支撑。通过地貌重塑、植被重建和生态廊道构建，恢复矿山生态系统的整体功能。例如，采用“类壤土”基质技术重塑土层结构，为植物生长创造有利条件，显著提升植被覆盖率。

3 环境地质在矿山生态修复中的应用

3.1 矿山地质环境调查与评价

矿山地质环境调查与评价是矿山生态修复的基础环节，通

过全面调查和科学评价，为修复工作提供精准依据。

以河北省承德市鹰手营子矿区为例，该项目结合城市规划和人民生命财产安全需求，对矿区地质环境进行全面调查与评价。调查内容包括采空区分布、地形地貌破坏、地下水系统受损情况等，采用数值仿真技术分析采空区稳定性，精准识别地质灾害隐患。在此基础上，项目完成采空区治理面积 50 亩，矿山环境治理面积 22030 亩，建设了 2 处地下水水源点，有效改善了区域生态环境，为城市经济发展和人居环境优化提供了基础条件。通过地质环境调查与评价，该项目不仅明确了矿山生态修复的重点和难点，还为后续的生态治理措施提供了科学指导，成为资源枯竭型城市矿山修复的典型案列。

3.2 地质灾害治理与矿山生态修复

地质灾害治理是矿山生态修复的重要环节，通过工程与生态手段协同作用，消除安全隐患并恢复生态功能。例如，淮北市中湖矿山地质环境治理项目，采用“超前治理”施工技术对非稳沉区进行治理，消除了采煤塌陷地质灾害隐患。同时，该项目结合市政、水利、园林等建设工程，将采煤塌陷区改造为集生态修复、科学研究、文化创意、旅游休闲为一体的城市中央公园，实现了生态效益与社会效益的统一。

此外，江苏省园艺博览会工程通过国土空间综合整治与生态修复相结合的方式，对孔山、泥潭、太明湖三大露天矿场进行治理，成功将废弃矿山转变为生态景观区。这些案例表明，地质灾害治理不仅是矿山生态修复的基础，更是实现区域生态功能提升和可持续发展的关键。

3.3 土壤与水环境修复技术

矿山水土修复技术是矿山生态恢复的重要环节，旨在通过各种技术手段恢复土壤肥力和水质。土壤修复技术主要包括物理修复（如热解吸、电修复）、化学修复（如化学清洗、稳定和硬化）和生物修复（如植物修复、微生物修复）。热解吸技术通过加热使有机污染物挥发和分离，适用于石油碳氢化合物等有机污染物。植物修复利用生活在植物及其根系之间的微生物来吸收和分解污染物，适用于重金属和有机污染物。

水环境修复技术则包括原位和异位修复方法，如渗透反应墙、生物修复和化学氧化等。渗透反应墙是一种原位处理技术，通过墙体反应材料净化污染水体。此外，化学淋洗技术也常用于修复重金属污染的土壤和水环境。

这些技术的综合应用，能够有效改善矿山土壤和水环境质量，为生态系统的恢复提供基础。

3.4 生态系统重建的地质支撑

生态恢复的地质支撑是矿山生态恢复的关键环节，其作用贯穿矿山生态恢复的全过程。地质条件是调整地形地貌、改变地表形态以控制水土流失、创造有利于植被恢复条件的基础。例如，GeoFluv 模型基于流域单元，整合地貌学、水文学和生态学原理，通过构建稳健的坡面和沟道，恢复自然排水模式，促进生态系统恢复。

土壤恢复是生态系统重建的核心。采矿破坏了原有的土壤结构，而地质成土技术则利用物理、化学和生物手段促进土壤发育和成熟，为植被生长创造适宜的基质。例如，利用采矿产生的残留土壤作为成土基质，结合自然地质成土原理，可以迅速形成具有生态功能的土壤。此外，地质支撑还体现在地质灾害治理方面。矿山开采常引发崩塌、滑坡等地质灾害，通过锚杆锚索加固、注浆固体等技术，消除地质安全隐患，为生态系统的稳定性和安全性提供保障。

地质支撑还为生态修复后的土地利用提供科学依据。通过地质环境监测和评估，优化生态修复措施，提升生态系统的固碳能力和生态服务功能，助力矿山生态修复的可持续发展。

4 环境地质在矿山生态修复中的实践与展望

4.1 典型案例分析

以下以内蒙古国能准能集团黑岱沟露天煤矿生态修复项目为例，分析其成功经验。

黑岱沟露天煤矿地处生态脆弱的蒙、晋、陕三省（区）交界地带，开发初期面临水土流失严重、植被覆盖率低等问题。项目团队秉持“边开采、边修复”的理念，通过采复一体化模式，将煤炭开采与生态保护协同推进。一方面，采用先进的生态修复技术，如土壤重构、植被恢复和水土保持等措施，有效改善了矿区生态环境；另一方面，发展绿色经济，建设国家矿山公园，推动生态资源产业化。经过多年的努力，矿区植被覆盖率从不足 25%提高至 80%以上，土地复垦率达到 100%，成为西北生态脆弱区矿山生态修复的“中国样板”，并荣获“国家级绿色矿山”“中国最美矿山”等多项荣誉。

4.2 环境地质在矿山生态修复中的挑战与对策

环境地质在矿山生态修复中面临诸多挑战，主要包括复杂

地质条件下的多灾耦合问题、生态修复技术的局限性以及跨学科研究的协调难度。矿山开采引发的地质灾害具有耦合性，如采动裂隙导致地下水污染、地裂缝引发残煤自燃等，增加了治理难度。此外，生态修复理论技术仍需提升，例如植被重建中“优先选择乡土树种”的原则并非最优选择，且外来物种入侵与控制机制尚未完全明确。跨学科研究方面，地质环境治理涉及多学科，但各领域间协调难度大，信息整合成本高。

针对这些挑战，可采取以下几点对策：首先，加强多学科合作，构建地质环境保护“知识库”，整合不同学科的资源与知识，降低信息壁垒。其次，推动生态修复技术创新，结合 AI 等先进技术优化生态修复方案，提升生态系统的稳定性和修复效率。最后，完善灾害链研究，明确灾害耦合机理，构建从矿山开采到生态修复的全过程工作机制。

5 结论与建议

矿山生态修复是生态文明建设的重要组成部分，近年来取得了显著进展。随着国家对生态环境保护的高度重视，矿山生态修复的政策法规不断完善，技术创新进一步推进，市场需求不断增加。未来，矿山生态修复将更加注重通过技术创新和产业融合实现可持续发展，实现生态与经济的双赢。例如，生物修复技术的应用率不断提升，修复成本显著降低。同时，矿山修复与绿色产业的结合将成为趋势，如生态旅游、光伏产业等，为区域经济发展注入新动力。此外，矿山生态修复将与碳中和目标紧密结合，通过植被恢复和土壤改良提升碳汇能力，助力国家气候治理。矿山生态修复产业将在政策支持、技术创新和市场需求的共同推动下，实现更快发展，并为全球生态环境治理提供有益经验。

[参考文献]

- [1]杨翔，寇雨，唐光清.金属矿山地质灾害治理与生态环境修复技术研究[J].世界有色金属，2024，（23）：91-93.
- [1]寇雨，杨翔，唐光清.论废弃矿山地质环境影响评价与生态修复措施[J].世界有色金属，2024，（20）：223-225.
- [3]刘妍芬.矿山地质灾害治理及生态环境修复措施的应用探究[J].科技资讯，2024，22（19）：208-210.
- [4]蒙立洋.矿山地质生态环境修复策略剖析[J].世界有色金属，2024，（13）：115-117.