

# 西北干旱区矿山生态修复技术措施研究

鞠林雪

中化地质矿山总局地质研究院

DOI:10.32629/btr.v8i10.5083

**[摘要]** 西北干旱区矿山生态环境脆弱,开展生态修复意义重大。该区域自然气候干旱少雨、蒸发量大、昼夜温差大;地形地貌复杂,山地、沙漠、戈壁广布;土壤肥力低、盐碱化严重、质地疏松。矿山开发导致土地破坏、水资源污染、植被受损、生物多样性减少及地质灾害风险增加。针对这些问题,可采取土壤修复技术改善土质,运用植被恢复技术重建植物群落,通过水资源保护与利用技术保障用水,利用生态景观重建技术打造和谐生态。这些技术措施对西北干旱区矿山生态修复和可持续发展具有重要作用。

**[关键词]** 西北干旱区; 矿山生态修复; 技术措施

中图分类号: X171.4 文献标识码: A

## Research on Technical Measures for Mine Ecological Restoration in the Arid Region of Northwest China

Linxue Ju

Institute of Geological Research, General Bureau of Geology and Mineral Resources, China National Chemical Geology and Mine Bureau

**[Abstract]** The ecological environment of mines in the arid region of Northwest China is highly fragile, making ecological restoration of great significance. This region is characterized by arid and low-rainfall climate, high evaporation, and large diurnal temperature variation. Its terrain is complex, with widespread mountains, deserts, and gobi landscapes. Soil fertility is low, salinization is severe, and soil texture is loose. Mining activities have led to land degradation, water resource pollution, vegetation damage, reduced biodiversity, and increased geological disaster risks. To address these issues, soil remediation technologies can be used to improve soil quality, vegetation restoration techniques can be applied to reconstruct plant communities, water resource protection and utilization technologies can ensure water supply, and ecological landscape reconstruction techniques can be adopted to build a harmonious ecosystem. These technical measures play an important role in mine ecological restoration and sustainable development in the arid region of Northwest China.

**[Key words]** Arid Region of Northwest China; Mine Ecological Restoration; Technical Measures.

### 引言

西北干旱区蕴含丰富矿产资源,在国家资源保障中地位关键。然而,矿山开发带来的生态问题日益凸显,如土地退化、环境污染等,严重威胁区域生态平衡与可持续发展。在此背景下,探寻科学有效的矿山生态修复技术措施迫在眉睫。开展相关研究,不仅能改善西北干旱区生态环境,还能为资源开发与生态保护的协调发展提供理论支撑和实践指导,对推动该区域经济社会的绿色发展意义重大。

### 1 西北干旱区矿山概述

西北干旱区涵盖新疆、甘肃、宁夏、青海和内蒙古西部等地,是我国重要的矿产资源富集区。该区域蕴藏着丰富的煤炭、

石油、天然气、有色金属等矿产资源,在国家能源和资源供应体系中占据着举足轻重的地位。从资源分布来看,煤炭资源主要集中在新疆的准噶尔盆地、吐哈盆地以及宁夏的宁东地区等。这些地区煤炭储量大、煤质优良,是我国重要的煤炭生产基地。石油和天然气资源则主要分布在塔里木盆地、准噶尔盆地和柴达木盆地等,是我国西气东输等重大能源工程的重要气源地。有色金属方面,甘肃的金昌被誉为“镍都”,是我国最大的镍钴生产基地;新疆的阿勒泰地区则是我国重要的黄金、有色金属产区。然而,西北干旱区矿山开发也面临着诸多挑战。该地区生态环境脆弱,水资源匮乏,植被覆盖率低,生态系统自我修复能力差。矿山开发过程中,如露天开采、地下开采等活动,会对土地、水资

源和生态环境造成严重破坏。土地方面,会导致土地沙化、水土流失、土地塌陷等问题,使原本就稀缺的土地资源进一步减少<sup>[1]</sup>。水资源方面,矿坑排水会污染地表水和地下水,导致水资源短缺和水质恶化。生态环境方面,植被破坏会使生物多样性减少,加剧生态系统的脆弱性。此外,西北干旱区矿山开发还面临着交通不便、基础设施薄弱等问题。由于地理位置偏远,交通成本高,增加了矿山开发的难度和成本。同时,该地区经济发展相对滞后,技术水平较低,也限制了矿山开发的效率和质量。为了实现西北干旱区矿山资源的可持续开发和利用,必须加强生态环境保护 and 修复,提高资源开发利用效率,推动绿色矿山建设。这不仅有助于保护当地的生态环境,也有利于保障国家的能源和资源安全。

## 2 西北干旱区矿山生态环境特征

### 2.1 自然气候特征

西北干旱区矿山所处的自然气候特征显著,深刻影响着当地生态环境。(1)降水稀少是最为突出的特点。该区域深居内陆,远离海洋,湿润气流难以到达,年降水量普遍较低,大部分地区不足200毫米,部分地区甚至低于50毫米,干旱程度极高。(2)蒸发量大也是重要特征。由于光照强烈、气温较高,水分蒸发速度极快,加剧了干旱状况,使得土壤水分难以保持,植被生长面临严峻挑战。(3)昼夜温差大不容忽视。白天太阳辐射强,气温迅速升高;夜晚大气保温作用弱,气温急剧下降,昼夜温差可达十几摄氏度甚至几十摄氏度,对矿山周边的岩石风化、土壤结构等产生重要影响。(4)大风天气频繁。强劲的风力不仅会加速水分蒸发,还会携带沙尘,造成扬尘和沙尘暴等灾害,对生态环境和矿山生产造成不利影响。(5)气候大陆性强。冬冷夏热,季节温差大,冬季寒冷漫长,夏季炎热短暂,这种极端的气候条件增加了矿山生态修复和环境保护的难度。

### 2.2 地形地貌特征

西北干旱区矿山的地形地貌特征独特,对矿山生态环境有着深远影响。(1)山地广布是显著特征之一。众多山脉纵横交错,如天山、昆仑山、阿尔泰山等,这些山脉海拔较高,地势起伏大,不仅增加了矿山开采的难度,也影响着局部气候和生态系统的分布。(2)沙漠面积广大。像塔克拉玛干沙漠、古尔班通古特沙漠等,沙漠地区风沙活动频繁,沙丘移动对矿山设施和周边环境构成威胁,同时也限制了植被的生长和分布。(3)戈壁滩广泛分布。戈壁地表多为砾石,植被稀少,生态系统脆弱,在矿山开发过程中,容易造成土地沙化和水土流失等问题。(4)盆地地形较为常见。如塔里木盆地、准噶尔盆地等,盆地内部地势相对平坦,但气候干旱,水资源短缺,生态环境较为脆弱,矿山开发需充分考虑水资源的合理利用和生态保护。(5)局部存在峡谷和沟壑。这些地形在降水集中时容易引发山洪等地质灾害,对矿山的安全生产和周边生态环境造成破坏。

### 2.3 土壤特性特征

西北干旱区矿山土壤特性受区域气候与矿山活动双重影响,呈现出一系列独特特征。肥力方面,因降水稀少、植被稀疏,土

壤中有机质难以有效积累,微生物活动微弱,氮、磷、钾等养分含量低,保肥能力弱,难以支撑植物良好生长,限制了矿山周边生态植被恢复。盐碱化是突出问题,强烈的蒸发使地下水携带盐分上升至地表,盐分不断累积,土壤pH值偏高,形成大片盐碱地,抑制植物根系对水分和养分的吸收,导致植被覆盖率低,土地退化严重。质地多为砂质,颗粒大、孔隙多,通气性虽好但保水性差,水分易下渗和蒸发,加剧了干旱程度,且在风力作用下易形成沙尘,对周边大气环境造成污染<sup>[2]</sup>。结构上,缺乏良好的团聚体,稳定性差,矿山开采的扰动更破坏了原有的土壤结构,使土壤松散易侵蚀,引发水土流失和土地沙化,进一步恶化生态环境。此外,土壤微生物群落单一、活性低,影响了土壤物质循环和能量转换,不利于生态系统的自我修复和平衡。

### 2.4 矿山开发影响特征

西北干旱区矿山开发对生态环境产生深远影响,其影响特征体现在多个方面。土地资源破坏方面,矿山开采导致地表塌陷、土地沙化和水土流失,原本稀缺的土地资源进一步减少,加剧了土地退化问题。水资源污染与短缺问题突出,矿坑排水污染了地表水和地下水,破坏了水体生态平衡,同时地下水位下降加剧了水资源短缺,对矿山周边的生产生活造成严重影响。矿山开采活动摧毁了原有植被,导致生物栖息地丧失,生物种类和数量显著减少,破坏了生态系统的平衡和稳定性<sup>[3]</sup>。大气污染方面,扬尘和有害气体排放成为主要问题,大风天气加剧了扬尘污染,而矿山生产过程中产生的有害气体则对周边空气质量造成持续影响,威胁人类健康。地质灾害风险增加,矿山开采扰动了地层稳定,增加了滑坡、泥石流等地质灾害的风险,对矿山周边居民的生命财产安全构成威胁。此外,生态修复难度大也是一大特征,受干旱气候、脆弱生态系统等因素影响,矿山生态自我修复能力弱,人工修复难度大、成本高,需要长期持续投入。

## 3 西北干旱区矿山生态修复技术措施分析

### 3.1 土壤修复技术

西北干旱区矿山土壤修复技术对于改善矿山生态环境至关重要。(1)客土置换技术。将矿山受污染或贫瘠的土壤移除,换填肥沃、无污染的客土,能快速改善土壤的物理和化学性质,为植被生长提供良好的土壤条件,尤其适用于污染严重或土壤结构破坏严重的区域。(2)土壤改良剂添加技术。通过添加石灰、石膏、有机肥等改良剂,调节土壤酸碱度,增加土壤肥力和保水保肥能力。例如,在酸性土壤中添加石灰可中和酸性,提高土壤pH值。(3)生物修复技术。利用植物、微生物等生物的生命活动来修复土壤。一些耐重金属的植物可以吸收土壤中的重金属,降低土壤污染程度;微生物则可以分解土壤中的有机污染物,改善土壤生态环境。(4)物理修复技术。如深耕、松土等,能改善土壤的通气性和透水性,促进土壤微生物的活动,加速土壤养分的循环和转化,提高土壤质量。(5)土壤固化技术。对于一些存在滑坡、泥石流等地质灾害风险的区域,采用土壤固化剂将土壤固化,增强土壤的稳定性,防止土壤侵蚀和地质灾害的发生。

### 3.2 植被恢复技术

在西北干旱区矿山生态修复中,植被恢复技术是关键环节。耐旱植物筛选是基础,通过研究和实践,挑选出适合当地干旱环境的植物品种,如沙棘、梭梭、柠条等。这些植物具有强大的耐旱、耐寒和耐贫瘠能力,能在恶劣条件下扎根生长,为生态修复奠定基础。采用合理的种植模式也很重要,可采用草灌乔结合的立体种植模式。草本植物生长快,能迅速覆盖地表,减少水土流失;灌木根系发达,能固沙保土;乔木则可形成较为稳定的生态系统。同时,混播不同植物种子,能提高植被的多样性和稳定性<sup>[4]</sup>。植被养护管理不可忽视,在干旱区,灌溉是关键。采用滴灌、微喷灌等节水灌溉技术,既能满足植物生长需求,又能节约用水。此外,定期施肥、防治病虫害,可保障植物健康生长。建立植被监测体系,实时掌握植被生长状况,根据监测结果及时调整养护措施。还可通过人工干预,如补植、修剪等,促进植被群落的演替和发展,逐步恢复矿山的生态功能。

### 3.3 水资源保护与利用技术

在西北干旱区进行矿山生态修复,科学的水资源保护与利用技术是关键。(1) 矿山废水处理回用技术。通过物理、化学和生物方法对矿山废水进行处理,去除其中的重金属、悬浮物等污染物,使处理后的水达到回用标准,可用于矿山生产、植被灌溉等,提高水资源的循环利用率,减少对外部水资源的依赖。(2) 地下水保护技术。在矿山开采过程中,采取防渗、堵漏等措施,防止矿坑水渗漏污染地下水。同时,建立地下水监测系统,实时掌握地下水水位、水质变化情况,及时采取保护措施。(3) 集雨技术。利用集雨设施收集雨水,将其储存起来用于植被灌溉和其他生态修复活动。在干旱少雨的西北干旱区,集雨技术能有效增加水资源的供给。(4) 节水灌溉技术。采用滴灌、微喷灌等先进的节水灌溉方式,根据植物的需水情况精确供水,减少水资源的浪费,提高灌溉效率。(5) 水资源优化配置技术。综合考虑矿山生产、生态修复和周边居民生活用水需求,对水资源进行合理分配和优化配置,确保水资源的高效利用,实现生态、经济和社会效益的统一。

### 3.4 生态景观重建技术

在西北干旱区,矿山生态景观重建技术是让矿区重焕生机的关键。地形地貌重塑是基础,运用工程手段对开采造成的坑

洼、塌陷等地貌进行平整与修复,依据周边自然地形合理规划,使矿区与周边环境自然融合。比如将矿坑改造成人工湖,既改善了景观,又能蓄积雨水。植被群落构建至关重要,挑选适宜本地生长的耐旱、耐寒植物,采用科学的混交方式种植,形成稳定的植物群落。像种植沙棘、红柳等,不仅能防风固沙,还能为动物提供栖息地。生态廊道建设能增强生态系统连通性,在矿区与周边自然生态系统间建立通道,促进物种交流与迁徙,提升生态系统的稳定性和抗干扰能力<sup>[5]</sup>。景观小品设置可增添人文气息,结合当地文化特色,在矿区合理布置雕塑、亭台等景观小品,提升景观的观赏性和文化内涵。后期监测与维护是保障,建立长期监测机制,实时掌握生态景观的动态变化,及时调整修复策略,确保生态景观持续健康发展。

## 4 结语

未来,西北干旱区矿山生态修复需多管齐下。进一步加强多学科交叉研究,融合地质学、生态学、环境科学等知识,提高修复技术精准性与高效性。强化新技术应用,借助智能化监测实时掌握生态变化,通过生物技术创新提升修复效果。完善政策法规,营造良好投资环境,吸引更多社会资本参与。加强区域合作与国际交流,积极借鉴先进理念与经验。通过各方不懈努力,有望逐步实现西北干旱区矿山生态全面恢复,最终达成资源开发与生态保护和谐共生的理想局面。

### [参考文献]

- [1]曹思源,袁颖,张森,等.典型干旱区石灰岩矿山生态地质环境评价及修复治理[J].矿业研究与开发,2025,45(3):185-195.
- [2]任君为,陆慕秋.西北干旱区城市沟渠水系再生策略研究——以银川市中心城区为例[J].中国水利,2026(4):30-37.
- [3]殷亚秋,王敬,王京伟,等.草原生态脆弱区矿山生态环境问题及对策[J].金属矿山,2026(3):219-225.
- [4]潘昌祥,欧阳茜如,廖梦榆,等.西北干旱区沙漠化土地生态修复技术及沙产业的适用范围[J].中国沙漠,2023,43(5):155-165.
- [5]哈戍龙,李世清,郭敏楠,等.新疆屯宝矿区生态修复技术应用[J].能源与环保,2025,47(6):38-44.