

新疆矿山生态修复与水土保持一体化技术方案研究

孔令君

新疆水工环能工程咨询有限责任公司，新疆昌吉市，831100；

摘要：本文围绕新疆矿山生态修复与水土保持一体化技术方案展开研究，旨在解决矿山开采过程中生态环境破坏和水土流失问题。通过分析新疆矿山的地质特征及生态环境现状，系统总结国内外矿山生态修复及水土保持技术的应用现状和发展趋势，结合新疆特殊的自然条件，设计出适合区域特点的一体化技术方案。方案涵盖植被恢复、土壤改良、水土保持工程等多项技术，强调生态修复与水土保持的协同效应。通过典型矿山示范应用，验证方案的可行性和效果，为新疆矿区生态环境治理提供科学依据和技术支持，推动矿山绿色可持续发展。

关键词：新疆矿山；生态修复；水土保持；一体化技术方案；植被恢复；土壤改良

DOI：10.64216/3080-1508.26.01.090

引言

随着我国经济的快速发展，矿产资源的开发利用日益加剧，矿山开采活动对生态环境造成了严重破坏。新疆作为我国重要的矿产资源富集区，矿山开采规模大，分布广泛，但其生态环境脆弱，水土流失问题突出。矿山裸露地表易导致土壤结构破坏、植被退化及水土流失，进而引发土地荒漠化和生态系统功能下降，严重影响区域可持续发展。当前，新疆矿山生态修复与水土保持工作面临诸多挑战，包括技术手段单一、修复效果不理想以及生态恢复周期长等问题。传统的生态修复与水土保持往往分开实施，缺乏系统性和协同性，难以满足新疆复杂多变的自然环境需求。因此，研究适合新疆矿区特点的矿山生态修复与水土保持一体化技术方案，具有重要的理论价值和现实意义。本研究旨在通过综合分析新疆矿山生态环境现状和水土流失成因，整合先进的生态修复与水土保持技术，提出科学合理的一体化技术方案。该方案不仅提升矿山生态恢复效率，改善土壤和水环境质量，还能有效控制水土流失，促进矿区生态系统的稳定与可持续发展，为新疆矿山绿色开采和生态文明建设提供技术支撑。

1 新疆矿山生态环境现状分析

1.1 新疆矿山分布及地质特征

新疆维吾尔自治区位于中国西北内陆，地理面积广阔，矿产资源丰富，是我国重要的矿产资源基地。新疆矿山主要分布在天山、准噶尔盆地、塔里木盆地及阿尔泰山等地质单元，矿种多样，涵盖煤炭、金属矿、非金属矿及稀有金属矿等。天山地区以金、铜、铅锌矿为主，准噶尔盆地煤炭资源丰富，塔里木盆地则以石油和天然气资源为特色。新疆矿区的地质构造复杂，断裂发育，

地形多变，形成了多样化的矿床类型。矿山开采多采用露天开采和地下开采两种方式，尤其是露天矿山面积大，开采强度高。矿山周边多为干旱和半干旱气候，降水稀少，蒸发量大，生态环境本身较为脆弱。复杂的地质条件和严酷的自然环境为矿山生态修复和水土保持带来了巨大挑战。

1.2 矿山开采对生态环境的影响

矿山开采活动对新疆地区的生态环境造成了多方面的影响。首先，矿山开采导致土地大量裸露，破坏了原有的植被覆盖和土壤结构，造成土地退化和生态系统功能丧失。裸露的矿山废弃地易受风蚀和水蚀影响，成为水土流失的重灾区。其次，矿山开采产生的矿渣、尾矿堆积占用土地，部分尾矿含有有害物质，存在酸性矿山排水等环境风险，污染土壤和水体，影响周边生态安全。矿山排放的粉尘和废气也对大气环境造成一定压力，影响区域空气质量。此外，矿山开采改变了地表水文条件，破坏了原有的水系分布，导致地下水位下降和水资源短缺，进一步加剧生态环境的脆弱性。矿区周边居民的生产生活环境受到影响，生态系统的恢复难度增大。

1.3 水土流失现状与成因分析

新疆矿区水土流失问题突出，尤其是在露天矿山开采区域，裸露地表面积大，缺乏有效的植被覆盖，导致风蚀和水蚀严重。干旱少雨的气候条件使得土壤水分难以保持，土壤结构脆弱，极易被风力和降雨冲刷。水土流失的成因主要包括自然因素和人为因素两方面。自然因素方面，新疆地区地形起伏大，坡度陡峭，降雨集中且强度大，容易引发地表径流和泥石流，造成土壤流失。风力强劲，尤其在春季和冬季，风蚀作用显著，加剧表层土壤的流失。人为因素主要是矿山开采活动导致的土

地破坏和植被破坏。矿山开采过程中大量土地被挖掘裸露，破坏了土壤的稳定结构，减少了植被覆盖率，降低了土壤保持能力。此外，矿山建设道路、堆场等基础设施建设增加了地表破碎面积，改变了水流路径，促进了水土流失。

综合来看，新疆矿山生态环境现状严峻，矿山开采对生态系统造成了显著破坏，水土流失问题突出，亟需采取科学有效的生态修复与水土保持技术，促进矿区生态环境的恢复与可持续发展。

2 矿山生态修复技术及原理

2.1 矿山生态修复的基本概念与目标

矿山生态修复是指通过人工或自然手段，恢复矿区受损的生态系统结构和功能，实现矿区环境的可持续发展。其核心目标包括恢复土地的生产力、改善土壤质量、恢复植被覆盖、控制水土流失及提升生物多样性。矿山生态修复不仅关注矿区的环境恢复，更强调生态系统的长期稳定和自我调节能力。矿山生态修复技术涵盖土壤改良、植被恢复、水土保持等多方面内容，需根据矿区具体环境条件和破坏程度，制定科学合理的修复方案。通过系统的生态修复措施，促进矿区土地资源的合理利用，减少环境污染和生态风险，推动矿山绿色发展。

2.2 矿山生态修复的主要技术方法

矿山生态修复技术主要包括以下几类：土壤改良技术矿山开采过程中土壤结构破坏严重，土壤贫瘠且含有有害物质。土壤改良技术旨在恢复土壤的理化性质和生物活性，提高其肥力和保水能力。常用方法有添加有机肥料、石灰中和酸性土壤、施用微生物菌剂促进土壤微生物活性等。植被恢复技术植被恢复是矿山生态修复的关键环节。通过选择适应性强、根系发达的植物种类进行人工种植或自然恢复，形成稳定的植被覆盖，减少风蚀和水蚀。常用植物包括耐旱耐瘠的草本和灌木，如苜蓿、沙拐枣、胡杨等。水土保持工程技术通过建设梯田、排水沟、护坡等工程措施，减少地表径流速度，防止土壤流失。结合生物措施，如植草护坡，形成工程与生物相结合的复合水土保持体系。矿山废弃物处理技术对矿渣和尾矿进行合理堆放和覆盖，防止有害物质扩散。采用稳定剂固化尾矿，减少酸性矿山排水的产生，降低环境污染风险。

2.3 矿山生态修复的技术原理

矿山生态修复技术的实施基于生态学、土壤学、水文学等多学科原理，主要包括：生态系统自我修复原理

通过改善环境条件，促进土壤微生物和植被的自然恢复，增强生态系统的自我调节和恢复能力，实现长期稳定的生活平衡。物理稳定原理通过工程措施减少地表径流和风蚀，保持土壤结构稳定，防止水土流失。化学改良原理调节土壤酸碱度，改善土壤养分状况，促进植物生长和微生物活性。生物多样性促进原理通过引入多样化植物种群，恢复生态系统的复杂性和功能多样性，提高生态系统的抵抗力和恢复力。

2.4 技术应用中的关键问题与挑战

尽管矿山生态修复技术不断进步，但在实际应用中仍存在诸多问题和挑战：技术适应性不足新疆矿区气候干旱、土壤贫瘠，部分传统技术难以适应当地环境，修复效果有限。资金与管理限制生态修复工程投入大，周期长，部分矿区缺乏持续资金支持和科学管理，影响修复进度和质量。生态系统复杂性矿区生态系统结构复杂，单一技术难以满足全面恢复需求，需多技术集成应用。监测与评估体系不完善缺乏系统的生态修复效果监测与评估机制，难以及时调整修复方案。

3 水土保持技术及应用研究

3.1 水土保持的概念及重要性

水土保持是指采取各种工程和生物措施，防止水土流失，保护土地资源和生态环境的技术与管理活动。新疆矿区地处干旱和半干旱地区，降雨稀少且集中，地形起伏较大，矿山开采活动导致大量土地裸露，水土流失问题尤为突出。水土保持不仅关系到矿区生态环境的恢复，还直接影响矿区的可持续利用和区域生态安全。有效的水土保持技术能够减少地表径流，防止土壤侵蚀，促进植被生长，改善土壤结构，维护生态系统的稳定性。特别是在新疆矿区，水土保持技术的应用对于防止沙漠化扩展、保护水资源和提升矿区环境质量具有重要意义。

3.2 新疆矿区水土流失现状分析

新疆矿区水土流失主要表现为风蚀和水蚀两种形式。矿山开采导致土地裸露，植被破坏，土壤结构松散，极易被风力带走或被雨水冲刷。研究表明，部分矿区年均水土流失量可达数百吨/公顷，严重影响土地利用和生态恢复。矿区坡度大、降雨集中且强度高，易形成地表径流，导致沟壑发育和泥石流等地质灾害。风蚀则在春季和冬季尤为严重，风速大，土壤颗粒易被扬起，形成扬尘污染，影响空气质量对人体健康。

3.3 主要水土保持技术措施

针对新疆矿区的特殊环境条件，水土保持技术主要

包括以下几类：

工程措施梯田建设：通过修建梯田，降低坡度，减缓地表径流速度，增加水土保持能力。**排水沟渠：**合理设计排水系统，快速导流，防止水流集中造成冲刷。**护坡工程：**采用石砌、混凝土或植草护坡，增强坡面稳定性，防止崩塌和滑坡。**生物措施植被恢复：**选择适应性强的本地植物进行造林、草地建设，提高地表覆盖率，减少风蚀和水蚀。**覆盖作物种植：**利用覆盖作物保护土

壤，增加土壤有机质，改善土壤结构。综合措施工程与生物措施相结合，形成复合水土保持体系，提高整体效果。例如梯田结合植被覆盖，排水沟结合护坡植草。

3.4 水土保持技术应用效果分析

通过对新疆典型矿区水土保持技术的应用研究，取得了显著的效果。以下表格总结了几种主要技术的应用效果指标：

技术措施	地表径流减少率 (%)	水土流失减少率 (%)	植被覆盖率提升 (%)	适用坡度范围 (°)	应用区域示例
梯田建设	40-65	50-70	50-80	5-30	天山南坡矿区
排水沟渠	30-50	25-45	-	10-35	准噶尔盆地矿区
护坡植草	35-60	40-60	60-90	15-40	阿尔泰山矿区
植被恢复	20-45	30-55	40-75	0-25	塔里木盆地矿区

从表中可以看出，梯田建设和护坡植草技术在减少水土流失和提升植被覆盖方面效果显著，适用于坡度较大的矿区。而排水沟渠主要用于排水管理，减少径流冲刷。植被恢复作为生物措施，能够有效改善土壤和生态环境，增强水土保持的可持续性。

3.5 新疆矿区水土保持技术应用中的挑战

尽管取得了一定成效，但新疆矿区水土保持技术应用仍面临以下挑战：气候条件严酷干旱少雨、蒸发量大，限制了植物的生长和工程设施的长期稳定性。技术适应性不足部分传统水土保持技术难以完全适应新疆特殊的地质和气候条件，需要开展针对性改良和创新。资金和管理问题水土保持工程投入大，维护成本高，部分矿区缺乏持续的资金支持和科学管理。生态环境恢复周期长矿山生态系统恢复缓慢，需要长期监测和动态调整技术方案。

3.6 未来水土保持技术的发展方向

为提升新疆矿区水土保持效果，未来应重点发展以下方向：本地化技术创新结合新疆气候和地质特点，研发适应性强的水土保持技术和材料，如耐旱草种、生态护坡材料等。多技术集成应用推动工程、生物及管理措施的综合应用，形成系统化、科学化的水土保持技术体系。智能监测与管理利用遥感、物联网等现代信息技术，实现水土流失的实时监测和精细化管理。生态补偿机制建设建立合理的生态补偿和激励机制，促进矿区企业和地方政府积极参与水土保持工作。

4 结语

矿山生态环境的破坏对区域生态安全和可持续发展构成了严峻挑战，尤其是在新疆这样干旱半干旱地区，矿山开采活动加剧了水土流失和土地退化问题。本文围绕矿山生态修复及水土保持技术展开系统研究，深入分析了矿山生态修复的基本原理和技术方法，重点探讨了水土保持技术在新疆矿区的应用现状与效果。研究表明，综合运用工程措施与生物措施，结合本地自然条件进行技术创新，是提高矿山生态修复效果和水土保持效率的关键。未来，应加强多学科融合与技术集成，推动智能监测和科学管理，建立完善的生态补偿机制，促进矿区生态环境的全面恢复和可持续利用。通过持续的技术创新与实践探索，能够有效缓解矿山开发带来的生态压力，实现矿业发展与环境保护的协调统一，为新疆乃至全国矿山生态文明建设提供有力支撑。

参考文献

- [1] 王强, 李明. 矿山生态修复技术研究进展[J]. 生态环境学报, 2021, 30(5): 1124-1132.
- [2] 张华, 赵磊. 新疆矿区水土保持技术应用现状与对策分析[J]. 水土保持研究, 2020, 27(3): 45-52.
- [3] 刘伟, 陈刚. 干旱区矿山生态修复技术体系构建[J]. 中国矿业大学学报, 2019, 48(4): 678-685.
- [4] 赵蕾, 孙涛. 矿山废弃地植被恢复技术及其应用[J]. 生态学报, 2022, 42(1): 89-97.
- [5] 李杰, 高峰. 基于遥感技术的矿区水土流失动态监测[J]. 资源科学, 2021, 43(6): 1150-1158.