

矿山地质生态环境恢复治理技术探究

王晓斌 吴 昊

中国地质调查局烟台海岸带地质调查中心 山东 烟台 204000

摘 要：矿山地质生态环境恢复治理技术是保障矿山可持续发展与生态平衡的关键。该技术针对地质结构破坏、土壤退化与污染、水资源污染及生物多样性损失等问题，综合运用边坡稳定、土壤改良、水资源保护及生物多样性恢复等先进技术。通过精准治理与科学管理，旨在恢复矿区的自然生态功能，提升生态服务功能，保障生态安全。未来，加强技术创新、完善政策支持和促进社会动员将是推动矿山地质生态环境恢复治理工作持续发展的重要方向。

关键词：矿山地质；生态环境；恢复治理技术

引言：矿山开采在推动经济发展的同时，也对地质生态环境造成了深远影响，地质结构受损、土壤污染加剧、水资源质量下降及生物多样性丧失等问题日益凸显。面对这一严峻挑战，探索并应用有效的恢复治理技术显得尤为迫切。本文旨在全面剖析矿山地质生态环境恢复治理的关键技术，分析其实施效果与挑战，并展望未来发展趋势，以期构建绿色、可持续的矿山生态环境提供理论支持与实践指导。

1 矿山地质生态环境破坏现状分析

1.1 地质结构破坏

矿山开采过程中，大规模的挖掘和爆破作业对地质结构造成了严重的破坏。边坡失稳和山体滑坡是其中最为直观且危险的现象。随着矿体的开采，山体内部的应力平衡被打破，加之雨水侵蚀和风化作用，边坡土壤和岩石的支撑力减弱，极易发生滑坡。这些滑坡不仅威胁着矿区工作人员和周边居民的生命安全，还可能导致交通中断、河流堵塞等严重后果。此外，废弃矿坑和采空区的存在也是地质结构破坏的重要体现。这些区域由于失去支撑，地表容易形成塌陷或沉降，进一步加剧了地质结构的不稳定性。

1.2 土壤退化与污染

矿山开采活动对土壤的影响同样不可忽视。采矿过程中，表层土壤被剥离，导致土壤养分流失，土壤结构破坏。同时，采矿废弃物如废石、尾矿等含有大量的重金属和有害物质，这些物质在雨水淋滤和风化作用下逐渐渗入土壤，造成土壤重金属污染和酸碱度失衡。土壤理化性质的改变不仅影响了土壤的生产力和农作物的生长，还可能通过食物链对人类健康造成潜在威胁。重金

属污染具有持久性、累积性和难降解性等特点，一旦进入土壤环境，将长期存在并对生态系统构成严重威胁。

1.3 水资源污染

矿山开发活动对水资源的影响主要体现在废水排放和水质污染方面。矿山废水主要包括采矿废水、选矿废水和冶炼废水等，这些废水中含有大量的重金属、悬浮物、酸碱物质等污染物。未经处理或处理不达标的废水直接排放到地表水体或渗入地下水系统，将严重污染水源，影响水质安全。特别是酸性矿井水和尾矿水，由于其含有大量的硫酸盐、重金属离子等有害物质，对水体的污染尤为严重。这些污染物不仅破坏了水体的生态平衡，还可能通过灌溉、饮用等途径进入人体，对人类健康造成危害。

1.4 生物多样性损失

矿山开采对生物多样性的影响是全方位的。首先，植被破坏是最直接的影响之一。采矿活动需要清理地表植被以暴露矿体，这导致植被覆盖率大幅下降，生物栖息地破碎化。植被的减少不仅削弱了生态系统的服务功能，如水土保持、气候调节等，还加剧了土壤侵蚀和水土流失等问题。其次，野生动物栖息地的丧失和食物链的断裂使它们的生存面临严重威胁。一些珍稀濒危物种的栖息地可能因此受到严重破坏甚至完全消失，导致种群数量锐减甚至灭绝。此外，采矿活动产生的噪声、粉尘等污染物也会对野生动物造成干扰和伤害，进一步加剧了生物多样性的损失。

2 矿山地质生态环境恢复治理技术探究

2.1 边坡稳定技术

边坡稳定是矿山地质生态环境恢复治理的首要任务之一，直接关系到矿区及周边地区的安全。目前，边坡稳定技术主要包括生物护坡法和工程措施两大类。（1）生物护坡法：该方法通过种植植被来增强边坡的稳定

通讯作者：吴昊，19970130，男，汉族，江西抚州，本科，中国地质调查局烟台海岸带地质调查中心助理工程师，水工环专业方向。

性,主要包括植物护坡和植被恢复两种方式。植物护坡利用植物的根系固土作用,减少水土流失,提高边坡的抗滑能力。植被恢复则注重恢复边坡的生态功能,通过选择合适的植物种类和科学的种植技术,使边坡逐渐恢复自然植被覆盖,形成稳定的生态系统。生物护坡法具有经济、环保、长效等优点,已成为边坡治理的重要手段。(2)工程措施:在边坡稳定性极差或生物护坡难以满足要求的情况下,需采取工程措施进行加固。常见的工程措施包括削坡、降坡、支挡结构等。削坡和降坡通过减少边坡高度和坡度来降低滑坡风险;支挡结构如挡土墙、抗滑桩等则通过提供额外的支撑力来增强边坡的稳定性。这些工程措施通常需结合地形地质条件、经济条件及环境保护要求综合考虑,以实现最佳的治理效果^[1]。此外,边坡监测与预警系统的建立也至关重要。通过安装传感器、摄像头等设备,实时监测边坡的变形、应力等情况,及时发现潜在的安全隐患并采取措施加以防范。同时,建立预警机制,一旦监测数据出现异常,立即启动应急预案,确保人员安全和环境安全。

2.2 土壤改良与修复技术

土壤改良与修复是矿山地质生态环境恢复治理的重要环节。针对矿山土壤存在的养分丢失、pH值变化、重金属污染等问题,可采用多种技术进行治理。(1)表土覆盖与回填技术:将未受污染的表层土壤覆盖在污染土壤上或回填到废弃矿坑中,以减少污染物与植物的直接接触,促进植被恢复。该方法操作简单,成本较低,但需注意覆盖土壤的厚度和质量以保证治理效果。(2)物理法与化学法基质改良:包括隔离法、电动力学修复和化学固定剂等。隔离法通过铺设隔离层来阻止污染物向土壤下层和地下水扩散;电动力学修复利用电场作用促进污染物在土壤中的迁移和转化;化学固定剂则通过化学反应将污染物固定在土壤中,降低其迁移性和生物有效性。这些方法具有针对性强、效果显著的特点,但需注意对环境的二次污染问题。(3)生物改良技术:微生物修复利用特定的微生物降解或转化土壤中的污染物;植物修复则通过种植具有吸收、积累或转化污染物能力的植物来净化土壤。生物改良技术具有环境友好、成本低廉等优点,但治理周期较长且受环境条件限制较大^[2]。

2.3 水资源保护与治理技术

矿山废水处理和循环利用是保护水资源、减少环境污染的重要措施。针对矿山废水中含有的重金属、悬浮物、酸碱物质等污染物,需采用科学的处理技术,以确保水质达标后排放或回用。(1)废水处理与循环利用技术:通过物理、化学和生物等方法对废水进行处理,

去除其中的有害物质,使其达到排放标准或满足回用要求。物理处理如沉淀、过滤等可去除废水中的悬浮物和部分胶体物质;化学处理如中和、氧化还原等可调节废水的pH值,去除重金属离子等有毒物质;生物处理则利用微生物的代谢作用将废水中的有机物降解为无害物质。处理后的废水可用于矿区内的灌溉、除尘等用途,实现水资源的循环利用。(2)地下水污染防治与修复:对于已经受到污染的地下水,需采取有效措施进行防控和修复。防控措施包括建立地下水监测网络,及时发现污染源头并切断污染途径;修复技术则包括抽水处理、原位修复等。抽水处理是通过抽取受污染的地下水并进行处理,以减少污染物的扩散;原位修复则是在不抽出地下水的条件下,通过注入修复剂、激发微生物活性等方式在污染原地进行修复^[3]。(3)生态补水与湿地恢复:为了恢复和改善矿区的生态环境,可进行生态补水,通过引入清洁水源补充地下水或地表水,增加湿地、河流等水体的水量。同时,加强湿地保护和恢复工作,通过种植水生植物、构建人工湿地等措施,提高湿地的净化能力和生态服务功能,为野生动物提供栖息地,促进生物多样性恢复。

2.4 生物多样性恢复技术

生物多样性恢复是矿山地质生态环境恢复治理的最终目标之一。通过植被恢复、野生动物栖息地恢复与保护以及生态系统服务功能提升等措施,逐步恢复矿区的生态平衡和生物多样性。(1)植被恢复与生态重建:选择合适的植物种类和科学的种植技术,在废弃矿坑、边坡等区域进行植被恢复。通过种植本地物种或引入适应性强的物种,提高植被覆盖率和生态稳定性。同时,加强生态重建工作,构建多层次的生态系统结构,提高生态系统的自我修复能力和抗干扰能力。(2)野生动物栖息地恢复与保护:在植被恢复的基础上,为野生动物提供适宜的栖息地和食物来源。通过构建生态廊道、设置保护屏障等措施,减少人类活动对野生动物的干扰和破坏。同时,加强野生动物监测和保护工作,及时发现并处理威胁野生动物生存的问题。(3)生态系统服务功能提升:通过恢复治理措施的实施,提高矿区的生态服务功能。如通过植被恢复和水资源保护改善水质、调节气候;通过湿地恢复和生物多样性保护提高土壤保持能力、提供生态景观等。这些功能的提升将有助于实现矿区的可持续发展和生态文明建设。

3 问题与挑战及未来发展趋势与应对策略

3.1 当前矿山地质生态环境恢复治理面临的问题

在矿山地质生态环境的恢复治理过程中,尽管已经

取得了一定的成就,但仍面临着诸多问题和挑战,这些问题严重制约了治理效果的进一步提升。(1)技术瓶颈与难题:首先,技术瓶颈是当前恢复治理工作面临的主要难题之一。尽管已经发展出多种治理技术,但在实际应用中仍存在诸多不足。例如,针对不同地质条件和污染程度的矿山,如何精准选择和组合治理技术以实现最佳效果,仍是一个待解决的问题。此外,一些新技术的研发和应用成本较高,限制了其推广和应用。在土壤修复方面,重金属污染的深度处理仍是一大难题,需要研发更加高效、经济的处理技术。在水资源保护方面,如何有效去除废水中的低浓度污染物,以及如何实现废水的高效循环利用,也是亟待解决的技术问题。(2)资金与政策支持不足:资金短缺和政策支持不足是制约恢复治理工作的另一大瓶颈。矿山地质生态环境的恢复治理需要大量的资金投入,包括技术研发、设备购置、施工建设等多个方面。然而,由于资金来源有限,很多项目难以得到充足的资金支持,导致治理效果不尽如人意。同时,政策的制定和执行也存在一定的滞后性,无法为恢复治理工作提供有力的政策保障。例如,缺乏针对矿山环境恢复治理的专项法律法规,使得治理工作的推进缺乏法律支撑;另外,现有的政策激励机制不够完善,难以激发企业和个人参与治理的积极性。(3)社会认知与参与度不高:社会认知度低和公众参与度不足也是当前恢复治理工作面临的问题之一。由于矿山环境恢复治理工作的专业性和复杂性,很多公众对其了解不够深入,甚至存在误解和偏见。这导致公众对治理工作的支持度和参与度不高,难以形成全社会共同参与的良好氛围。此外,由于缺乏有效的社会动员机制,企业和个人在治理工作中的作用没有得到充分发挥,难以形成合力推动治理工作的深入开展。

3.2 未来发展趋势与应对策略

面对上述问题和挑战,我们需要从技术创新、政策完善和社会动员等方面入手,制定应对策略以推动矿山地质生态环境的恢复治理工作取得更大成效。(1)技术创新与发展方向:未来,我们应继续加强技术创新和研发力度,针对当前存在的技术瓶颈和难题进行攻关。一

方面,要加强跨学科合作与交流,融合生态学、环境科学、材料科学等多领域知识,推动新技术、新方法的研究和应用。另一方面,要注重技术的实用性和经济性,降低新技术应用的成本和风险,提高其推广应用的可行性。同时,要加强科技成果的转化和应用示范工作,通过典型案例的示范效应带动整体技术水平的提升。(2)政策与制度完善建议:在政策层面,我们应加快完善相关法律法规和制度体系建设。一方面要制定更加严格的环保标准和监管制度以规范企业的生产行为和排放行为;另一方面要出台更加优惠的政策措施如税收优惠、财政补贴等以激励企业和个人积极参与恢复治理工作。此外还应建立健全生态补偿机制通过经济手段来补偿因生态环境保护而遭受损失的利益相关者从而增强其参与治理的积极性。(3)社会动员与公众参与机制:为了提高社会认知度和公众参与度我们需要建立更加有效的社会动员机制。一方面要加强宣传教育工作通过各种渠道和方式向公众普及矿山环境恢复治理的重要性和紧迫性提高公众的环保意识和参与度;另一方面要建立公众参与机制如设立公众参与平台、组织公众参与活动等让公众能够直接参与到治理工作中来发表意见、提出建议、监督实施等从而真正实现共治共享的局面。

结束语

矿山地质生态环境恢复治理技术的深入探索与实践,对于促进矿区可持续发展、维护生态平衡具有重要意义。通过综合应用各类恢复治理技术,我们能够逐步修复受损的地质结构,改善土壤与水资源的质量,重建生物多样性。面对未来,需不断创新治理手段,加强政策引导与社会参与,形成矿山环境治理的合力,共同守护地球家园的绿水青山,实现经济发展与环境保护的双赢。

参考文献

- [1]李进波.基于岩土工程的矿山地质环境治理设计思路研究[J].湖北农机化,2019(22):188-189.
- [2]韩长云.环境影响评估方法对矿山地质环境恢复治理方案的影响[J].世界有色金属,2019(17):192-193.
- [3]郜会东,王满.构建山西省矿山地质环境治理恢复长效管理机制的思考[J].华北自然资源,2019(04):114-115.