

矿山生态修复成效分析

申浩君^{1,2} 张煦^{1,2} 关健^{1,2}

1.河南省自然资源监测和国土整治院 河南郑州 450016

2.河南省地质灾害防治重点实验室 河南郑州 450016

摘要:我国矿山生态修复事业已有 30 年之余,相关指南、规范和标准不够完善,还存在对修复目标和问题的把控力度不够等问题。矿山生态目标不仅是实现矿山复绿和土地复垦,更重要的是实现生态系统可持续发展。在技术方法上,矿山生态恢复是一个长期的、综合的过程,要实现矿山生态系统稳定、健康发展,不能只关注阶段效果,更重要的是建立一个长期效果监测机制。矿山生态评价是矿山环境管理的重要内容,具有填补理论空缺、完善修复技术以及指导后续修复工作的意义。基于此,本文就矿山生态修复成效进行简要分析。

关键词: 矿山;生态修复;成效

Analysis on the effect of mine ecological restoration

Haojun Shen^{1,2} Xu Zhang^{1,2} Jian Guan^{1,2}

1. Natural Resources Monitoring and Land Consolidation Institute in Henan Province, Zhengzhou, Henan 450016, China

2. Key Laboratory of Geological Disaster Prevention in Henan Province, Zhengzhou, Henan 450016, China

Abstract: Our mine ecological restoration business has more than 30 years, the relevant guidelines, norms and standards are not perfect, but also the insufficient control of the target and problems of restoration. The ecological goal of mine is not only to realize mine greening and land reclamation, but also to realize sustainable development of ecosystem. In terms of technical methods, mine ecological restoration is a long-term and comprehensive process. In order to realize the stable and healthy development of mine ecological system, it is more important to establish a long-term effect monitoring mechanism rather than focusing on the stage effect. Mine ecological assessment is an important content of mine environmental management, which has the significance to fill the theoretical vacancy, improve the restoration technology and guide the follow-up restoration work. Based on this, this paper briefly analyzes the effect of mine ecological restoration.

Keywords: Mines; Ecological restoration; Effect

一、研究背景

矿山生态问题不仅严重影响了当地的生产生活,对整个生态系统也会产生由点到面、由区域到流域的影响,所以矿山生态系统修复是生态修复工作的重中之重,是深入打好污染防治攻坚战的重要构成内容。对此,国家高度重视矿山的生态建设与恢复。“十二五”以来,国家给予相关政策引导和资金支持,全国用于矿山生态系统修复资金超过 1000 亿元。党的十九大提出坚持“谁破坏、谁治理”“谁修复、谁受益”的原则,加快推进矿山生态修复;到“十四五”时期矿山生态环境治理修复的方向、重点任务、技术方法、实施模式等备受关注。我国矿山生态修复事业已有 30 年之余,相关指南、规范和标准不够完善,还存在对修复目标和问题的把控力度不够等问题。矿山生态目标不仅是实现矿山复绿和土地复垦,更重要的是实现生态系统可持续发展。在技术方法上,矿山生态恢复是一个长期的、综合的过程,要实现

矿山生态系统稳定、健康发展,不能只关注阶段效果,更重要的是建立一个长期效果监测机制。矿山生态评价是矿山环境管理的重要内容,具有填补理论空缺、完善修复技术以及指导后续修复工作的意义。同时,以矿山修复工作必要的修复检验作为考核标准,可以实现对矿山生态修复效果的检测,并能及时察觉和有效避免修复工作中的隐患。因此,矿山生态成效评估对矿山生态修复工作具有重要意义。为此,本文对矿山修复目标、矿山生态修复成效指标体系及矿山生态修复评价方法体系进行论述。综合考虑矿山生态系统社会-生态-经济的整体性,科学建立矿山生态修复指标体系和评价方法体系,实现对矿山生态修复成效的长期监测,对促进矿山生态的可持续发展具有重要意义。

二、矿山生态修复研究目标

矿山生态环境情况复杂,修复工程受矿山类型、开采方式以及技术和成本等因素的影响,难以实现矿山生态系统的

完全恢复。矿山生态修复成效评估的目的就是评估矿山生态修复目标的实现情况,因此应以制定的修复目标为基础对矿山生态进行修复成效评估。首先目标应符合修复区域的社会、经济、文化和生活需要,其次修复目标应尽可能简单,可以直观反映修复结果,并确保能够实现监测和评估。目前,国外采用安全、稳定、无污染和可持续土地利用四大目标体系进行评价。张绍良等人认为矿山生态恢复必须设定更高的目标,应与矿山资源的保护、环境友好型社会的建设以及改善民生和时代发展需要等相联系,推动矿山生态的可持续发展。白中科等人将矿山修复目标分为重塑矿山地貌、重构矿山土壤、重建矿山植被、再现矿山景观与丰富矿山生物多样性五个阶段。矿山生态修复是一个长期演化的过程,结合矿山实际情况和我国矿山修复国情,矿山生态修复工作应以维持当地生态系统稳定性与可持续发展为根本目标。

三、矿山生态环境修复路径

恢复生态学的提出:根据不同地区矿山生态系统退化的类型以及程度,可以采用恢复、重建和保护等不同的恢复方式。在自然条件下,矿山废弃地经过长久的自然演替,自身可以恢复生态原貌,但过于缓慢,矿山废弃地上的植被最少需要 50~100a 才能恢复。因此,可以基于恢复生态学原理,通过人工干预,在较短时间内恢复废弃矿区的自然环境。

1.在废弃矿山的生态环境修复工作中,最为重要的环节就是对废弃地进行精准的定位与评估,根据矿山废弃地自身条件以及社会功能需要等因素,确定矿山废弃地的生态修复策略,因地制宜地确定矿山修复方案。首先需要对矿山所处的地形、地貌特征进行调查研究;然后对该地区的地质特征进行研究,特别是岩层层序剖面特征;还要对该区域生态系统演变规律进行探究。

2.矿山废弃地的地质条件多数是土壤缺乏肥力,以及矿体残留岩石经分化后土地沙化严重,导致土地表层的沙土难以与植被融合,因此矿山生态修复的重点是土壤改良。土壤是具有固、液、气三相结构的一种复杂的生物地球化学物质,自然界的植物生长离不开土壤。土地表层是生态植被发育与生存的基体,若基体出现污染、滑坡及沙化等情况,则会破坏生态系统的平衡发展。基于自然地质成土母质的重要性和土壤发育的长期性,可以充分利用矿山已经拥有的熟化土壤和各种可能的成土材料,包括原始土壤、损坏土壤,风化煤、煤矸石等材料,采取物理、化学和生物措施促进土壤快速发

育和熟化,并在短期内形成期望土壤功能,达到自我可持续发展状态,然后在此基础上进行保土增肥,促进土壤固结,提升土壤营养成分含量,恢复耕种条件。其中,土壤的物理改良措施包括排土、换土、去表土、客土与深耕翻土。然而,多数矿山废弃地存在酸碱化倾向,重构过程中可加入硫酸氢盐、生石灰和有机肥等物质来调节其酸碱性。此外,还可以应用活性土壤生态修复技术,采用机械装置削坡和喷播的物理方法对矿山废弃地进行治理,提高土壤的储水和透气性能。

3.根据所调查的该矿区的气候带植物分布规律,合理选择人工建植的植物品种。可根据矿山废弃地的阴斜面、梯台和边坡等不同地区条件,种植合适的植被,优先选择固土封坡的旱生型草本群落,形成垂直型植被。有研究表明,苜蓿、泽兰、野菊、竹子等植物是矿山生态修复的优良植被,它们具有很强的适应性;水蜡烛、假俭草等草本植物对铜矿废弃地具有优良的适应性;禾本科和茄科对铅锌矿废弃地具有较好的适应性。该类植物对改善土壤理化性质和营养状况效果明显,可以将本地物种与先锋物种同时建植,这样可以恢复初期快速生长,形成有效的覆盖度,后期保障人工建植群落的多样性和稳定性。在亚热带植物群落中,较大的乔木树冠层下能够容纳较多的低矮植物,进而增强物种多样性。

4.水对植物的作用是能够让植物根部的土壤快速分解,促进植物生长,从而决定植被类型的分布,是影响生态环境修复的重要因素。天然降水是植被低成本获取水分的最简单方法,但不能保证废弃矿区治理前期植物生长所需水分的充足性和稳定性,因此还需采用人工浇灌等方法向矿区治理地补充相应的水要素,保障植被前期的正常生长,满足快速修复矿山生态系统的要求。

5.矿山植被建立以后,种群能否正常繁衍并自我更新,是矿山生态系统最终能否恢复成功的关键。土壤种子库是由土壤表层和土壤中所有具有生命力的种子综合组成的,也可以定义为存在于单位面积土壤中的有生命力的种子的总量,被称为植被的“进化记忆”,能反映植被的历史,也能驱动植被的将来,在物种共存和多样性维持方面扮演着重要角色。因此,植被恢复过程中要考虑土壤种子库损耗,关注种群能否形成成熟的种子、种群无性繁殖能力判断、土壤种子库的形成和发展、种子萌发与生长发育环境条件分析、种群之间的竞争和促进关系、外来物种的入侵过程等,必要时可以通过人为干预手段建立土壤种子库,以形成稳定的物种生态繁

行系统。矿山生态系统的修复需要时间的沉淀,将废弃矿山的生态系统恢复到自然、稳定的状态,这其中包括植被群落演替、土地性状的恢复等长久的过程。物种多样性作为植物群落的基本特征,能够很好地反映群落的稳定程度、发展阶段以及生境差异。因此,可利用物种丰富度、多样性等指标评估废弃矿区植被演替及生态环境的恢复程度,同时可以从修复后的自身稳定性、抵御外来物种入侵能力和恢复后物种间相互影响等方面对修复效果进行评价。然而,随着恢复时间的延长,判断评价矿山生态系统是否达到稳定状态,是需要进一步思考的问题。最后,应该注意减少或控制环境污染,以维持修复长期性,同时可因地制宜实施矿山美学景观再造,重建适合人类生存发展的良好环境。例如上海辰山矿坑花园,其总面积约 4.26hm²,原址是一处百年人工采矿遗迹——辰山采石坑。此外,国内矿山生态修复效果评价体系尚未健全,评价标准还不具备系统性,因此矿山生态环境修复后评价体系及标准也是未来行业着重研究的方向。

四、矿山生态修复成效

矿山生态修复是一个长期的过程,修复目标不能仅实现矿区复绿和土地复垦,而是实现矿区的可持续发展;不能只关注修复的阶段成果,更应关注矿区修复的长期成效监测。矿山生态系统是一个复杂的、具有多重因素的体系,各种环境因子之间以及与外界环境之间有着密切联系,很多因素之间不能用定量的方式进行独立对比分析,因而全面准确的反应生态修复成果效益成为一个重要问题。效益评价步骤如下:

1. 构建评价指标体系

科学构建评价体系是评价的重要基础,合理的评价体系关系着评价结果的准确与否。首先要分析生态修复对象,确定生态修复的目标;然后对研究区的环境影响因子和相应的评价指标进行定性和分类;形成基于环境因子相关性的分层结构;最后改进结构,建立能科学反映生态修复效益的指标体系。

2. 建立判断矩阵

建立判断矩阵是评价方法应用的基础。在评估过程中,根据不同环境因素的相关重要性进行标度和比较,构建判断矩阵并检验其一致性。

3. 求权重

根据测验结果,确定生态治理成效评价的总权重和排序,基于权重分配,确定生态修复各环境因素的重要性。

效益评价方法主要有层次分析法(AHP)、模糊数学法、模糊层次分析法(FAHP)、灰色关联度法、支持向量机法与BP神经网络等方法。目前使用最多的是层次分析法,该方法也常与模糊评价法结合进行综合利用,而支持向量机法和BP神经网络法在矿山生态修复成效评价中应用较晚。

4. 价值计算方法

价值计算方法主要是计算生态修复项目实施前后的生态系统服务价值,并比较实施前后的货币值,也可用于矿山生态修复成效的长期监测。生态安全价值主要包括防风固沙、空气净化、水质净化、洪水调蓄、土壤保持以及消解固废等价值;水源涵养、气候调节、固碳释氧以及维护物种多样性等功能价值反映矿山生态修复后的生态功能价值;生态景观价值可体现景观服务指标价值;矿山生态修复后提供的生态产品、旅游观光、增加就业等价值带动当地社会效益,符合生态系统的可持续发展。生态安全和生态功能指标价值可用替代费用法、影子工程法、机会成本法等方法计算;景观服务价值可用享乐价值法、费用支出等方法进行评估;可持续发展价值主要用市场价值法、旅行费用法和生态价值法进行评价。科学获取可以量化的指标,综合考虑物种修复等难以量化的指标。在评价过程中,部分指标可以直接测得或在统计资料中获取,但对于间接计算获取的指标数据,还缺少科学的、完整的、系统的计算体系。此外,生态系统具有复杂性,连续的数据集更能体现生态改善的效果。

矿山生态评估与长期监测受资金、劳动力和时间等因素的限制。首先要保证时间的充分性,可在 3~10 年间进行定期监测,建立实测数据的动态模型;其次,对矿山生态进行大面积调查和连续性评估,观测矿山生态动态变化过程;最后,根据矿山当地实际情况,叠加性分析数据,从而展现矿山生态系统的实际变化情况。

五、结束语

综上所述,矿山生态系统恢复的基本路径主要包括以下几个方面:a)调查矿区的生态环境;b)对矿区的土地进行复垦,增加土壤营养成分含量,恢复耕种条件;c)根据调查,选择最优的植被物种进行人工建植,形成较高的覆盖度和生物量;d)采用人工浇灌方法向修复地额外进行水要素补充,保障修复地植物的前期生长,从而缩短修复生态系统的时间;e)观察种群能否正常繁衍并自我更替,可以进行人为干预,促进土壤种子库的形成,实现种群的繁衍和自我更新;f)对

矿山生态系统是否达到稳定状态进行评价,将评价结果作为后续是否采取补播、施肥、覆膜、引种等措施的依据,推动矿山生态系统朝稳定方向发展,同时可因地制宜实施矿山美学景观再造,重建适合人类生存发展的良好环境。

参考文献:

- [1]孙晓玲,余振国,陈晶.以成效评价引导矿山生态修复理念提升[J].中国矿业,2020,29(10):166-172.
- [2]胡振琪.矿山复垦土壤重构的理论与方法[J].煤炭学报, 2022, 47(07): 2499-2515.
- [3]毛国力,程宏光,张璐璐,等.煤炭资源开发对生态环境的影响与对策分析[J].煤炭与化工, 2013, 36(12): 141-142.
- [4]刘传娥,李生清,胡靖爽,等.“双碳”战略下废弃露天矿山生态修复模式研究与实践[J].山东国土资源, 2022, 38(09): 140-144.
- [5]王云涛,曹颖,王宏斌,等.基于遥感与层次分析法的金属矿区矿山地质环境评价[J].城市地质,2015,10(S1):106-110.