

历史遗留废弃矿山生态修复植被配置模式优化研究

吴启增 郭军兵

河南省资源环境调查三院有限公司

DOI:10.32629/eep.v9i6.3235

[摘要] 植被恢复是生态修复中的关键部分,其配置模式科学与否会直接给修复效果、系统稳定性带来影响。本文在充分梳理当下废弃矿山植被修复实践状况的基础上,找到了现有植被配置模式于适地性、多样性、功能性、可持续性等方面所存在的问题。接着结合生态学原理、土壤改良技术、区域气候特征,给出了一个“立地条件—植物特性—功能目标”三位一体的植被配置优化框架。这项研究成果能够为我国废弃矿山生态修复提供理论支撑、实践路径。

[关键词] 废弃矿山; 生态修复; 植被配置; 适地性

中图分类号: TD167 文献标识码: A

Research on Optimization of Vegetation Configuration Model for Ecological Restoration of Abandoned Mines Leftover Areas

Qizeng Wu Junbing Guo

Henan Resources and Environment Investigation Third Institute Co., Ltd.

[Abstract] Vegetation restoration is a key part of ecological restoration. The scientificity of its configuration model will directly affect the restoration effect and system stability. Based on a thorough review of the current practice of vegetation restoration in abandoned mines, this paper identified the problems existing in the current vegetation configuration model in terms of adaptability, diversity, functionality, and sustainability. Then, combined with ecological principles, soil improvement techniques, and regional climate characteristics, an integrated vegetation configuration optimization framework of "site conditions - plant characteristics - functional goals" was proposed. This research result can provide theoretical support and practical paths for the ecological restoration of abandoned mines in China.

[Key words] Abandoned mines; Ecological restoration; Vegetation configuration; Adaptability

引言

历史上遗留的废弃矿山,其生态系统出现了比较严重的退化情况,而植被恢复在整个生态修复过程中属于关键部分。在目前的实际操作当中,植被配置方面存在着一些问题,像是模式比较单一,对于当地环境的适应性不足,功能目标也不够清晰明确等,这些问题对修复成效、系统稳定性都产生了制约。本文的目的在于提高植被的成活率,加快群落的演替速度,增强生态系统的服务功能,从而为废弃矿山的科学修复提供理论方面的支持、实践的途径。

1 废弃矿山地立地条件特征与植被适应性分析

1.1 典型废弃矿山地立地条件特征

1.1.1 土壤理化性质退化特征

历史遗留废弃矿山在长期开采和扰动过程中,原有土壤结构遭到严重破坏,普遍呈现出理化性质显著退化的特征。部分矿区还存在酸化、盐碱化或重金属富集等化学污染问题,进一步抑

制植物种子萌发与幼苗存活。这种极端贫瘠且不稳定的土壤环境,成为植被恢复的首要障碍,也对植物种类的选择提出了更高的抗逆性要求。

1.1.2 微地形与水文条件限制

废弃矿山区域由于采掘活动常常形成各种地貌形态比如陡坡、深坑、台阶或者堆积体等,其微地形复杂多变稳定性不好。这些人工形成的地貌增加了水土流失的风险,还让局部小环境呈现出差异。在没有有效保水措施时,植被难以得到持续的水分供应,特别是在干旱季节,水分胁迫成为限制植物定植与生长的关键因素。因此,修复过程中要充分考虑微地形改造与水文调控的协同作用。

1.1.3 区域气候与生物气候区划影响

植被恢复所取得的成效,在相当程度上会受到区域宏观气候背景、生物气候区划特征的制约。不同的气候带,对于温度、降水、蒸发量还有无霜期等方面,有着比较明显的差别,这会直

接对植物的物候节律、生长周期、群落演替方向产生影响。另外,生物气候区划决定了本地乡土植物资源的组成、分布格局,只有充分尊重区域的生态本底,优先选用适生性强且生态位匹配的乡土物种,才能够建立稳定、可持续的植物群落。

1.2 植物种类筛选原则与适应性评价体系

1.2.1 先锋物种与建群种的功能定位

废弃矿山生态修复刚开始的时候,先锋物种起着改善恶劣生境、启动生态演替的重要作用。这类植物一般有耐贫瘠、耐干旱、耐重金属或者强光照等特点,可以在极端条件下迅速定植并初步覆盖地表,能有效减少水土流失,还能通过凋落物积累和根系活动慢慢改良土壤结构与养分状况。随着环境条件变好,建群种渐渐介入并形成相对稳定的植物群落主体,其作用不光是维持生态系统结构,还在于提高生物多样性、增强系统稳定性与服务功能。所以在植被配置中要明确区分先锋物种的“破局”作用和建群种的“固本”功能,科学安排引入的时间顺序与空间布局,达成从短期覆盖到长期稳定的转变。

1.2.2 抗逆性、固土性、速生性等关键指标

在筛选植物种类时要依据废弃矿山特定的立地条件来设定多维评价指标。抗逆性作为基础,它所指的是植物对于干旱、贫瘠、强酸碱、重金属胁迫等不良环境耐受能力的指标。固土性和水土保持成效有着直接关联,它是通过发达的根系结构、较强的土壤锚固力来体现,能够有效防止坡面发生侵蚀、滑塌。速生性有利于在短时间内形成植被覆盖,抑制扬尘并且调节微气候,还能够为后续的物种建立出合适的生长环境。这三项指标并非相互孤立,而是相互联系并且协同发挥作用的。理想的修复植物需要在这三个方面取得平衡,不但要在恶劣条件下存活,而且要快速发挥生态功能,为群落的正向演替奠定基础。

1.2.3 乡土植物优先原则及其生态优势

在植被恢复的实践进程当中,优先选用乡土植物已然成为一种大家都认可的观点。乡土植物历经了漫长时间的自然选择过程,已经高度适应了当地的气候、土壤、生物环境等条件,拥有更强的生存竞争能力、生态稳定性。它的根系能够与本地的微生物群落形成良好的共生关系,这样有助于土壤养分的循环、结构的重建工作,乡土物种跟其他的本地生物,像传粉昆虫、鸟类等等之间存在着天然的生态联系,这对于恢复完整的食物网、生态系统功能是非常有利的。另外,使用乡土植物能够避免外来物种入侵所带来的风险,降低后续管护方面的成本,还能够体现出地域的生态文化特色。所以,在建立废弃矿山植被配置模式之际,应当把乡土植物当作核心资源库,在充分评估其生态功能的基础上展开科学的组合、优化配置。

2 现有植被配置模式的问题诊断

2.1 配置模式单一化与生态风险

当前废弃矿山植被修复中普遍存在配置模式高度同质化的现象,往往局限于少数几种速生草本或单一灌木的大面积播种或栽植。这种“一刀切”式的做法虽能在短期内实现地表覆盖,却忽视了生态系统结构的复杂性与功能的多样性。长此以往,

不仅修复效果难以持久,还可能因生物多样性低下而引发新的生态风险,背离生态修复的根本目标。

2.2 适地适树原则执行不到位

“适地适树”是生态恢复的基本准则,但在实际操作中常被忽视或简化处理。部分项目在未充分调查立地条件的情况下,盲目照搬其他地区或类似工程的经验,直接套用既有的植物种类与配置方案,导致所选物种与当地土壤、水分、光照及微气候等环境因子严重不匹配。例如,在强酸性或重金属污染严重的区域种植普通绿化树种,或在陡峭干旱坡面使用需水量大的植物,结果往往是成活率低、生长不良,甚至造成二次扰动。此外,对同一矿区内部微立地差异(如阳坡与阴坡、坡顶与沟谷)缺乏精细化识别与响应,进一步削弱了植被配置的针对性与有效性。

2.3 功能目标模糊与后期管护缺失

许多植被修复项目在规划设计阶段缺乏清晰、可量化的生态功能目标,仅以“绿化”或“复绿”为最终导向,忽视了水土保持、生物多样性提升、碳汇功能增强或景观游憩价值等多元目标的协同实现。功能定位不清直接导致植物选择与配置结构偏离实际需求,难以支撑长期生态效益。与此同时,项目实施后普遍缺乏系统性的后期管护机制,包括定期监测、补植补播、病虫害防控及人为干扰管控等措施缺位。植被在初期定植后若无持续干预,极易因竞争劣势、动物啃食或自然演替偏差而退化。更严重的是,部分工程将验收作为终点,后续管理责任不明,造成“重建轻管”的恶性循环,使前期投入的生态效益大打折扣,甚至前功尽弃。

3 植被配置模式优化框架构建

3.1 “立地—植物—功能”三位一体优化逻辑

3.1.1 基于立地分类的分区配置策略

废弃矿山区域内部环境异质性强,不同地段在土壤质地、坡度坡向、水分条件及污染程度等方面存在显著差异。因此,植被配置必须首先开展系统性的立地分类,将修复区域划分为若干具有相似生态限制因子的单元。在此基础上,针对每一类立地单元制定差异化的植被恢复策略,做到“一区一策”。例如,对土层较厚、水分条件较好的区域可优先引入建群种,而对裸岩多、保水能力差的陡坡则应以耐旱先锋草本为主。这种分区配置不仅提升了植物与环境的匹配度,也避免了资源浪费和修复失效,为后续群落稳定演替奠定空间基础。

3.1.2 基于生态功能目标的植物组合设计

植被配置不应仅追求绿化覆盖,更需围绕明确的生态功能目标进行科学设计。根据修复区域的定位,如以水土保持为核心、以生物多样性恢复为导向,或兼顾景观游憩价值,有针对性地选择具备相应功能特性的植物种类进行组合。例如,水土保持型配置强调根系发达、冠层密集的物种搭配;生物多样性导向则注重乔灌木多层次结构与花果期交错的物种协同。通过功能导向的植物组合,不仅能实现多重生态效益的协同提升,还能增强群落的稳定性与自组织能力,使修复成果更具可持续性和系统韧性。

3.2多层次复合配置结构设计

3.2.1草—灌—乔复层结构的构建时序

废弃矿山生态修复需遵循自然演替规律,科学安排草本、灌木与乔木的引入时序,逐步构建稳定的复层植被结构。初期以耐逆性强、生长迅速的草本植物为主,快速覆盖地表,抑制侵蚀并改善微环境;随后在土壤条件初步改良的基础上,适时引入适应性灌木,发挥其固土护坡和提供遮荫的作用,为后续乔木定居创造有利条件;待立地环境进一步稳定后,再逐步植入乡土乔木树种,形成具有垂直结构和生态复杂性的森林群落。这种分阶段、递进式的构建策略,既尊重生态恢复的客观规律,又能有效规避因过早引入高阶物种而导致的成活率低下问题,保障修复过程的连续性与系统性。

3.2.2功能互补型植物群落搭配机制

建立在多层次结构之上,要着重关注植物种类之间的功能互补、生态协同,防止简单盲目地堆积。把具有不一样生态位、生理特性、服务功能的物种进行合理搭配,促使互利共生、资源利用高效的植物群落得以形成。比如说,将固氮植物跟需氮量大的速生种搭配在一起,能够提高土壤肥力,深根性植物与浅根性植物组合能够增强不同土层的固持能力,常绿物种和落叶物种交错配置有助于维持全年覆盖、景观稳定性。这种依据功能互补的搭配机制,一方面强化了群落在水土保持、养分循环、抗干扰等方面的综合效能,另一方面也推动了生物多样性的自然恢复,让修复后的生态系统更具韧性、自我维持能力。

3.3技术支撑体系集成

3.3.1土壤改良与基质重构技术耦合

废弃矿山常常面临着土壤贫瘠、结构遭到破坏、污染等诸多问题,仅仅依靠植物自身去适应,很难达成有效的恢复,需要借助工程手段和生物手段共同推动土壤环境的系统性修复工作。土壤改良不只是包括有机质添加、酸碱调节、养分补充等基础举措,还得结合基质重构技术,像采用客土覆盖、铺设人工基质层或者填充生态袋等办法,重新建立具有良好持水保肥能力的植物生长介质。重点是要把改善物理结构和调控化学性质有机地结合起来,塑造出利于根系发育、微生物活动的微环境。

3.3.2微灌与保水材料辅助下的节水配置

在水资源匮乏或者季节性干旱特征显著的矿区,水分胁迫常常成为限制植被恢复的关键要素。基于此情形,需将节水理念融入植被配置的整个过程之中,借助微灌系统跟保水材料的协

同运用,达成水资源的高效运用目的。微灌技术能够依照不同区域、植物的需求精确供水,防止传统漫灌带来的浪费与侵蚀问题,而保水材料像高分子吸水树脂、生物炭或者多孔矿物等,则能够有效提高土壤的持水能力,在降雨或者灌溉之后慢慢释放水分以供植物吸收利用。两者相结合不但减轻了干旱期的水分压力,而且还降低了管护成本,特别适合坡度大且保水能力差的废弃矿地。

3.3.3智慧监测平台支持下的动态调整

植被修复属于一个漫长且动态的进程,会受到气候波动、物种竞争、人为干扰等多种因素的作用,静态的设计方案很难应对复杂多变的情况。所以,需要引入智慧监测平台,将遥感影像、物联网传感器、无人机巡查、地面调查等多种来源的信息整合起来,对植被的生长状态、土壤墒情、群落结构、生态功能进行实时追踪。依据监测得到的数据,能够及时辨别退化区域、评估配置成效,并且动态调整补植方案、管护措施或者功能目标。这种“监测—评估—反馈—优化”的闭环管理机制,让植被配置从一次性工程转变为适应性治理,提高修复系统的响应能力、长期稳定性,促使废弃矿山生态修复朝着精细化、智能化的方向发展。

4 总结

本研究深入分析了废弃矿山植被配置中存在的适地性欠佳、结构单一、功能弱化等一系列问题,并提出一种优化配置模式,该模式以立地分类作为基础,将功能导向当作核心,把复合结构作为载体。此项研究成果不但丰富了矿山生态修复的理论模式,还为全国同类地区给出了能够复制且推广的技术路径、管理策略。

[参考文献]

- [1]周志方,尚依然.矿山生态修复基金:分权管理模式与会计核算流程[J].会计之友,2026,(12):9-19.
- [2]柴成富,于磊,张咪咪,等.融合多源数据的历史遗留废弃矿山生态修复智能监管研究[J].测绘通报,2026,(S1):22-26.
- [3]连伟炜,张伟锋,刘允佳,等.矿山废弃地生态修复与土地利用转型研究进展[J].现代矿业,2026,42(5):211-216.

作者简介:

吴启增(1987--),男,汉族,河南开封人,共产党员,研究生,工程师。研究方向:地质水工环。