

矿区地面塌陷治理中地形重塑与植被恢复协同研究

牛建鹏

新疆中矿智汇矿业科技有限公司

DOI:10.32629/gmsm.v9i3.2493

[摘要] 矿区地面塌陷治理不是单纯的场地平整或者单纯的绿化,它是一个地貌安全、土壤重构、水文调节以及植被群落修复等各方面的有机统一的整体。针对采煤沉陷区普遍存在的裂缝发育严重、坡面失稳、积水洼地、土壤贫瘠、植被退化等问题,在此基础上提出一种地形改造与植被恢复相结合的方法来研究二者之间的相互作用和影响。即地形改造首先要保证足够的安全距离、做好排水设施并且为后续植被生长创造良好条件,其次是根据改造之后的小地形特点、土层厚度、湿度情况以及使用目的选择合适的植物种类进行配置。这两者必须成为“地形—土壤—水分—植物—管护”链条才有可能使塌陷区治理更具有稳定性、生态性和可利用性。

[关键词] 矿区地面塌陷; 地形重塑; 植被恢复; 生态修复; 土地复垦

中图分类号: TD173 **文献标识码:** A

Synergistic Study on Topographic Reshaping and Vegetation Restoration in Ground Subsidence Remediation of Mining Areas

Jianpeng Niu

Xinjiang Zhongkuang Zhihui Mining Technology Co., Ltd.

[Abstract] The treatment of ground subsidence in mining areas is not merely an engineering process of leveling and greening, but an integrated restoration process involving landform safety, soil reconstruction, hydrological regulation and vegetation community recovery. Focusing on cracks, unstable slopes, waterlogged depressions, poor soil and vegetation degradation in coal-mining subsidence areas, this paper discusses the coupling mechanism between terrain reshaping and vegetation restoration. It is argued that terrain reshaping should first clarify safety boundaries, drainage patterns and habitat foundations, while vegetation restoration should be arranged according to microtopography, soil depth, water availability and future land-use functions. A continuous chain of terrain, soil, water, plants and maintenance is essential for improving the stability, ecological value and sustainable use of subsidence treatment projects.

[Key words] mining subsidence; terrain reshaping; vegetation restoration; ecological remediation; land reclamation

引言

我国矿产资源长期大规模开采导致矿区地面塌陷问题突出,由此引发的土地损毁、生态退化已成为制约区域可持续发展的重要因素。传统治理多采取工程回填与简单复绿的线性模式,工序衔接不足,效果难以长期维持。随着生态文明建设要求提高,矿区治理已从单一安全消险转向兼顾生态功能恢复和土地再利用。如何实现地形重塑与植被恢复的有机协同,成为提升塌陷治理质量的关键问题。本文从协同逻辑、地形重塑技术、植被恢复配置和实施路径四个层面展开讨论,以期对矿区塌陷地综合治理提供参考。

1 矿区地面塌陷治理的协同逻辑

矿区地面塌陷是由于地下采矿造成的采空区变形、覆岩移动和地表沉降引起,出现沉陷盆地、地裂缝、局部错台、季节性积水或土壤结构破坏等情况。传统治理方式一般只考虑工程措施与绿化相结合,在初期采用回填、削坡、排水沟等硬质工程措施,在后期再撒播草籽或植树以起到美化环境作用,虽然短期内看似有效,但由于坡面径流速度快、覆土薄、根系空间不足或者水盐运动等因素造成植物难以成活而导致失败。近年来关于采煤沉陷区的研究越来越多地注重开发与修复并重,在此基础上提出从安全治理、生态修复以及合理用地三者结合的角度出发的观点^[1]。

所谓协同并不是把地形重塑与植被恢复简单叠加,在一个

治理单元内需考虑目标、分区、工序以及评价标准等问题。地形重塑影响塌陷区坡度、坡向、汇水路线、洼地深度和土地利用类型等,是植被恢复的基础条件;而植被恢复通过根系固土、枯落物堆积、蒸散控制以及群落演替等作用又反过来提高重塑地形的抗蚀能力和稳定性。如果单纯追求平整而不关注微生境,或者忽视地形而盲目开展植被恢复工作,则会出现“能够种植但无法存活并且难以管理”的情况。因此,矿区治理必须把工程安全和生态过程统筹到一起进行整体规划。

2 地形重塑的功能定位与技术要点

地形重塑主要承担风险管控功能。对于裂缝密集、边坡较陡或沉降仍在发展地区,在监测评估基础上划分禁建区、限建区与可建区,采取裂缝填充、分层压实、削坡减载、阶梯式整形等方法消除较大风险隐患。高潜水位沉降区不应一概将所有水面填平,而应结合当地地下水位、雨洪情况及周边排水设施设置部分区域作为调蓄区,形成浅水湿地、缓坡岸线和便于管理排水沟相结合方式。也有专家提出,高潜水位采煤沉降区生态修复应当从水域重塑、人居环境改善、生态环境恢复等方面综合考虑^[2]。

同时,地形重塑应有利于土壤重构。煤矿塌陷地一般都存在表土流失严重、客土来源困难、矸石或粉煤灰基质透水性差问题,在仅薄覆土情况下种植,初期成活率较高,但之后因为根系发育不良,缺乏养分供给以及缺水等原因造成死亡。较为合理的做法是根据不同植被类型确定适当的耕作层厚度:草本群落可采用较薄耕作层,而对于灌木、乔木等需要较大根域空间;同时加入客土、改善基质、施用有机物等以改善土壤团粒结构。目前,土壤重构已从单纯利用固体废物发展到关注生态修复、养分循环及可持续发展^[3]。

此外,地形再造要形成丰富的小地形。塌陷治理不是要求所有的地块都要在一个水平面上,一个相同的斜度上。如果是以生态修复为目的,那么就可以有缓坡、浅沟、台地、浅塘及岛状高地等多种形态相互穿插分布,从而构成不同的水深、光照强度以及土壤厚度的小生境;如果是用于农业生产和将来作为建设用地,则需注意小地形的坡度、沉降程度和排水方向等,便于今后耕种或其他用途。而这些小地形的有无或再造都会增加生境的异质性,便于草本、灌木以及湿生植物多层次混种,也减少了雨季大量雨水集中对地面产生冲刷。

从参数设定来看,不能只重视“平整”,而忽视“过程”。坡面坡度、平台宽度、沟道断面以及岸线曲率等都应依据当地年降水量、土壤抗蚀能力以及后期植被类型确定;排水沟并非越直越好、越硬越好,在保证安全的基础上可合理布置缓坡草沟、生态截水带和小规模风砂池降低流速并截留泥沙。对于还在下沉期间的土地,应预留一定回旋余地,在关键位置设置沉降观测点以方便后期地形调整。这样既有利于保证工程安全,也有利于植物根系发育以及群落演替。

3 植被恢复的分区配置与群落构建

首先,从植被恢复的目标来看。植被恢复是在地貌上恢复可

以自行生存、管理方便、易于演替植物群落的基础上,应以适地适树、乡土树种优先以及多功能性为原则。塌陷区通常风蚀严重、土壤贫瘠、干旱或者是季节性积水等,在这些条件下应首先选择抗旱性强、耐贫瘠、防风固沙能力强、根系发达并且与当地自然植被一致的乡土草本、灌木及乔木种类而非只求速效、覆盖率高等。陕北地区采煤沉降区沙地植被恢复结果表明,沙地基质性质、水分条件以及所选植物种类都会影响到植被恢复效果,盲目造林不能达到预期目的^[4]。

其次,依据微地形划分区域进行种植。坡顶及台地种植耐旱草本、固氮灌木和浅根乔木,主要是为了防风固沙、保水保土;坡脚及沟谷汇水区种植耐湿草本、灌木带及湿地植物,在截留、沉降的同时还具有净化水质功能;浅水或季节性积水处种植挺水植物、湿生植物及岸边植物,避免因硬质护岸造成生物多样性降低。而拟规划为农田或果园的部分需用绿肥、豆科植物或覆盖作物培肥地力,在沉降完毕且土壤满足一定条件后开展农业生产。

最后,植被恢复要注意根系与土壤之间的良性互动,在采煤沉降区中由于土壤被压实、裂缝和水文条件的变化使得土壤团聚体稳定性变差,而植物根系、微生物活动以及枯落物添加能够为土壤提供有机物并且优化土壤孔隙度。有研究显示,植被恢复可以影响沉降区土壤团聚体稳定性进而增强其对侵蚀抵抗性和生态系统修复作用^[5]。所以,在治理时仅追求苗木成活率是不够的,还要考虑土壤中有有机质含量、团聚体构成、保水能力和群落覆盖度等一系列过程性因素。

4 地形重塑与植被恢复的协同实施路径

从操作上来说,按“调查评估—划分区域—地貌改造—土壤改良—植物种植—监控养护”的步骤进行。在调查评估环节应了解沉降变形、裂缝分布、地表水文、土壤情况、土地权属及周围用途等信息,不能一概而论。在功能分区环节要明确安全保护区、生态保护区、农林业结合区、旅游观光区和禁止开发区等不同区域,以利于后续实施时有所侧重。地貌改造环节也要考虑植物生长因素,在整坡时注意坡长和坡度,在洼地设置缓坡岸线,覆土时注意土层厚度均匀以及表层土质良好。

土壤改良与植被配置应紧密结合。工程整形完成后,立即进行表层疏松、覆盖、改良及临时防护,减少裸露时间;然后依据生境选择先锋草本、固土灌木和目标乔木,形成短期覆盖与长期稳定兼顾的群落结构。风沙区和干旱地区可先用草本覆盖、灌木固沙及保水剂缓解幼苗压力,高潜水位地区应先固定岸边及浅滩植物带,再逐步增加乔灌木比例,避免因“先硬化后绿化”导致根系空间不足。

监测管护是协同治理能否有效发挥的决定因素。塌陷区治理后地形并非固定不变,局部沉降、雨水冲刷、裂缝再现或植被枯死等现象不可避免。须定期检查,一般一年一次或在雨季加强巡查,对坡面冲刷、排水沟淤积、河岸崩塌、树木死亡或入侵植物扩散等问题及时解决。此外,单纯以绿化率作为评估标准不够全面,还需考虑地表稳定性、排水畅通情况、植被覆盖率、生物

多样性、土壤修复效果和景观连续性等因素。必要时可将无人机航测、样地调查以及土壤测试结合起来建立动态档案,以便于补植、清淤、坡面修复及后期使用方式变更。只有将管理贯穿整个工程建设期,协同治理才能真正达到预期效果。

5 结论

矿区地面塌陷治理难题是工程安全与生态修复之间关系复杂性问题。地形重塑对塌陷区划定安全范围、布置排水骨架、奠定生境基础起到重要作用;而植被恢复则是对群落进行重建并改善土壤条件以便固定地形重塑结果。两者交汇之处就是在治理初期确定不同区域目标、地形标准、土壤要求以及植物种类等问题,而不是让复绿成为工程完成后额外工作。

综合来看,地形重塑与植被恢复的协同并非两项技术的简单拼接,而是贯穿调查评估、功能分区、工程施工、生物措施和后期管护全过程的系统工作。只有在治理初期将安全目标、排水组织、土壤条件和植物配置纳入统一框架,并保持工程与生态的同步推进,塌陷区才能从受损场所逐步转变为安全、稳定且具有生态服务功能的复合型土地资源,为同类矿区治理提供可借鉴的技术路径。

[参考文献]

[1]孟庄涵,王玉涛,田延哲.采煤沉陷区治理修复与开发利用关键技术进展[J].煤田地质与勘探,2025,53(7):227-252.

[2]刘辉,朱晓峻,程桦,等.高潜水位采煤沉陷区人居环境与生态重构关键技术:以安徽淮北绿金湖为例[J].煤炭学报,2021,46(12):4021-4032.

[3]范静涛,陈伯恒,李悦,等.矿山生态修复土壤重构技术——从固体废物利用到生态恢复[J].环境工程技术学报,2025,15(6):2077-2087.

[4]王路,李锦明,吕扬,等.陕北采煤沉陷区沙地植被生态修复试验研究[J].中国锰业,2023,41(5):73-79.

[5]李文龙,刘美英,李雪,等.植被恢复对采煤沉陷区土壤团聚体稳定性的影响[J].煤炭科学技术,2022,50(11):222-229.

作者简介:

牛建鹏(1987--),男,汉族,甘肃定西市人,本科,副高,地质矿产-生态修复(地质环境部分),主要从事矿区生态环境现状及受损预测、矿区生态恢复治理技术研究工作。