

# 边坡生态修复技术探讨

徐冬冬

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 大规模矿山开采形成的大量高陡裸露边坡与周围秀美的生态环境极不协调, 针对边坡进行生态修复治理显得尤为重要。本文简要阐述了边坡生态修复原理及植被选择的原则, 探讨并比较了各种边坡生态修复技术的适用条件、优缺点等。工程实施过程中, 应根据边坡的特性选择一种或多种技术组合。

[关键词] 边坡; 植被选择; 生态恢复; 挂网客土喷播; 高次团粒; 挡土翼

[中图分类号] X171.4 [文献标志码] A [文章编号] 1008-5122(2022)03-0078-04

DOI: 10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2022.03.017

## 0 前言

矿产资源大规模开采为当地经济发展作出了重大贡献, 但随着开采规模不断扩张, 矿山开采带来的生态环境问题日益凸显, 采矿形成的高陡裸露边坡远观呈现一片白色, 与周围秀美的景色形成强烈反差, 极不协调。开展边坡生态修复, 需要采用生态技术+岩土工程措施, 在保证边坡稳定的基础上修复受损的生态系统。本文系统介绍了边坡生态修复的原理、植被选择和技术方法等, 为同类边坡生态修复治理提供借鉴。

## 1 边坡生态修复原理及植被选择

### 1.1 边坡生态修复原理

边坡生态修复是结合工程措施和生物措施, 通过在边坡上营造适合植被生长的基盘, 依靠植物根茎与营养土间的附着力以及根茎间的盘结来达到加固边坡、增强坡表抗冲刷能力, 修复边坡受损的生态系统的技术<sup>[1]</sup>。

### 1.2 植被选择

植被选择应综合考虑自然条件、极端气候等, 优先选择具有抗耐性、易存活的速生植物, 以便更好地

改善土质, 为后续植物的生长创造有利条件, 使边坡的生态系统更快地恢复<sup>[2]</sup>。植被选择应遵循的原则如下:

1) 边坡的植被生存条件恶劣, 有毒有害物质含量高, 因此应选择对干旱、盐碱等具有抵抗力、对有毒有害物质耐受范围广、抗逆性强、容易成活的植物<sup>[2]</sup>。

2) 为适应当地气候条件, 优先选择优良的乡土植物, 也可引进外来速生植物, 但不能抑制其他物种的生存或将其他物种杀死。

3) 根据边坡立地条件, 选择易于生根、根系发达、分生能力强、具有抗耐性且能长时间覆盖坡面的植物。

4) 选择植物时, 应兼顾生态效益、经济效益和社会效益, 优先考虑在边坡坡面上自然生长的植物。

5) 避免只选择一种植物, 应选择两种及其以上植物进行混植, 以达到边坡生态系统多样性的目的<sup>[3]</sup>。

## 2 边坡生态修复技术

### 2.1 栽植+攀爬植被恢复技术

在高陡岩质边坡坡面自然状态下, 植物无法生长, 可采用边坡表面覆盖金属网+坡底种植池栽、乔、灌、草、攀爬植物方式进行坡面生态恢复。该技术适用于坡度 $>65^\circ$ 且不进行削坡处理的岩质边坡, 具有成本低、施工工期短, 但生态恢复效果慢等特点。其边坡生态修复断面如图1所示。

### 2.2 台阶绿化技术

台阶绿化技术主要目的是降低边坡坡度, 创造生态修复空间。在边坡上修建若干台阶, 平台宽

[收稿日期] 2022-02-24

[作者简介] 徐冬冬(1984—), 男, 河北保定人, 硕士, 工程师, 主要从事土壤修复、矿山生态修复治理、地质灾害治理等技术工作。

[引用格式] 徐冬冬. 边坡生态修复技术探讨[J]. 有色冶金节能, 2022, 38(3): 78-81.

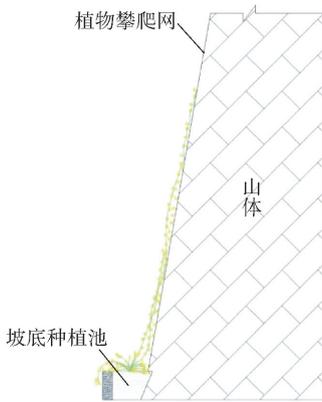


图1 栽植+攀爬植被生态修复断面示意图

4~8 m, 台阶高度10~15 m。为达到保持水土的目的, 平台向内略微倾斜, 平台外侧边缘修建挡土墙, 内侧边缘修建排水沟, 平台上覆土种植乔、灌、草本植物, 平台外侧攀缘植物下垂, 平台内侧攀缘植物向上爬。该技术适用于坡度 $>1:1$ 、坡高 $>20$  m、地质条件稳定或具有台阶微地形的坡面。该技术需要采用分级削坡等岩土工程措施, 保证了边坡的稳定性, 具有绿化效果好、治理成本较高等特点。台阶绿化技术治理断面如图2所示。

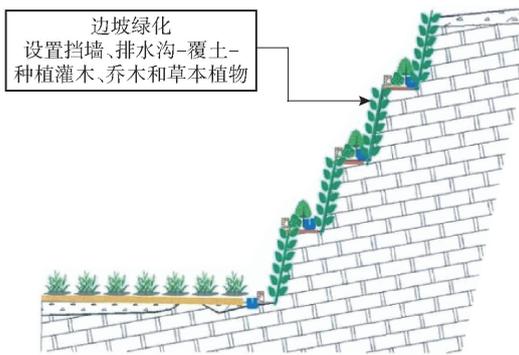


图2 台阶绿化断面示意图

### 2.3 挂网客土喷播技术

挂网客土喷播技术是采用专用喷播机将混合好的基质材料(包括植被种子、纤维覆盖物、水、粘合剂、肥料等)喷播到挂有镀锌铁丝网或格栅网的裸露坡面上, 从而形成均匀的基质覆盖层的技术。植被恢复后, 发达的根系可通过基材深入岩体节理裂隙中, 从而达到永久固坡、美化环境的双重目的<sup>[4]</sup>。该技术适用于坡度为 $1:1 \sim 1:0.5$ 、高度 $\leq 100$  m的稳定土质、岩质边坡。该技术操作简单, 缩短了坡面植被建植流程, 节省了人力、财力, 但为了达到生态修复效果, 需要进行多次喷播。

### 2.4 高次团粒喷播技术

高次团粒喷播技术主要以岩质边坡、土质边坡、

裸露坡面等为治理对象, 使用富含有机质和黏粒的客土材料, 在喷播瞬间客土材料与团粒剂混合发生团粒反应, 形成与自然界表土相同的“土壤培养基”优粒结构, 使边坡快速形成理想的植物群落<sup>[5]</sup>。由于团粒结构具有保水性、透气性等优势, 高次团粒喷播技术主要应用于自然条件下植物生长困难的地方, 如岩质和土质边坡、瘠薄地、酸碱性土壤、干旱地带、海岸堤坝等, 适用于坡度 $<65^\circ$ 的边坡。该技术具有灌草结合、施工周期短、后期养护工作量少、可快速实现绿化效果等特点, 应用范围较广。

### 2.5 钻孔绿化技术

钻孔绿化技术主要针对高陡边坡采用藤本植物修复, 可分为大孔植藤绿化、小孔植藤绿化及鸟巢复绿技术。这三种绿化方法均在陡坡坡面上钻凿直径及深度不等的钻孔, 在孔中填入配置好的培养基, 种植藤类植物, 并且人为干预爬藤的覆盖方向。该技术适用于硬土质、风化程度高、坡度范围 $60^\circ \sim 80^\circ$ 的岩质边坡, 具有技术简单、成本低、应用范围广等优势, 但施工难度大, 绿化率低。

### 2.6 挡土翼技术

挡土翼由翼板和锚杆两部分构成。翼板可增大边坡土体与坡面的接触面积, 并承担大部分土壤的侧向压力, 从而增大土壤与坡面的土体抗剪强度, 使得浅层土体溜塌现象在一定程度上得到遏制; 而挡土翼在坡面上纵向交错的排布可概括土体内部的渗透水流向, 进而减慢土体内部的渗透水流速<sup>[6]</sup>。正是基于以上特点, 挡土翼为岩质坡面植物的生长提供了植生条件, 待植被形成后, 发达的根系网将坡面上植物、挡土翼和岩石紧紧地连在一起, 提升了边坡的稳定性。

挡土翼具有支撑土体、保持水土稳定、防止水土流失等作用, 为植被的正常生长提供立地条件, 适用于坡度较大的岩质边坡, 不仅可支撑草本、灌木生长, 还可支撑高大乔木。挡土翼材料具有制作简易、价格低廉、省时省力、经济效益显著等特点, 但翼板需做防腐处理。挡土翼技术现场布置及治理后效果如图3所示。

### 2.7 植被纤维森林毯技术

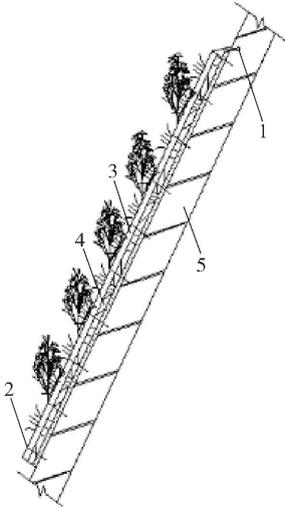
植被纤维森林毯技术是通过锚钉将森林毯固定在坡面, 然后在森林毯上种植植物, 在其顶端设置滴灌, 用植物营养液灌溉养护植物的边坡绿化方法。植被纤维森林毯为乔、灌、草提供生长空间和生长条件, 植物根系通过毯子最后扎根于边坡内。采用该



图3 挡土翼现场布置图

技术,能够在没有植物生长条件的各种类型边坡上种植乔灌木植物。

该技术适用于高陡岩质边坡,具有成本低、工期短、见效快、可反季节种植、稳定性强、模块化和坡面平整度适应强等优势。森林毯技术断面如图4所示。



1 - 滴灌管; 2 - 锚钉; 3 - 草、复苏植物、苔藓层或藻类层; 4 - 森林毯的基质层; 5 - 边坡

图4 森林毯技术断面图

## 2.8 植被混凝土技术

植被混凝土技术是采用特定混凝土配方和种子配方对边坡进行防护和绿化的新技术。植被混凝土中的水泥、土、腐植质、保水剂、长效肥、绿化添加剂、混合植绿种子和水的组成比例要根据边坡地理位置、边坡角度、岩石性质、绿化要求等确定<sup>[5]</sup>。

该技术适用于坡度  $> 60^\circ$  的岩质边坡、土质边坡、盐碱地边坡、混凝土边坡等。核心基材为绿化添加剂,它能有效中和水泥碱性,调节 pH 值,降低水化热,增加基材孔隙率,提高透气性,建立土壤微生物和有机菌繁殖环境,加速基材活化,保障植被混凝土具备保水、保肥功能。该技术在完成边坡生态复

绿的同时解决了边坡的浅层防护问题。植被混凝土技术的植被以草本或小灌木为主,短期绿化效果好,但后期养护成本高,根系浅,固土护坡能力弱。

## 2.9 长条生态袋绿化技术

长条生态袋绿化技术利用锚杆将充填土的生态袋固定在陡坡上,抗老化的连接袋相互连接形成整体柔性结构,在生态袋内外立面采用混播、喷播、压播、插播进行绿化,形成整体的生态柔性挡土结构,植物根系通过这种新型软体边坡自由生长,进入岩土基层,从而达到绿化效果<sup>[7]</sup>。该技术适用于各种稳定坡度  $45^\circ \sim 90^\circ$  的土质、岩质边坡。该技术简单,成本较低,适用范围广,可快速实现绿化效果,但后期养护成本高。

## 2.10 各技术适用条件及优缺点

上述各种生态修复技术的适用条件、优劣见表1。此外,边坡生态修复的技术还有很多,如直接覆土绿化技术、鱼鳞坑蓄土绿化技术、生态毯绿化技术、飘台绿化技术等。在工程实践中,应根据边坡立地条件、投资、工程工期等情况选择适宜的生态修复技术,可单独应用某种边坡生态修复技术,也可多种技术组合应用,并辅助相应的配套措施,如截排水、挡墙、土石方工程等。

## 3 结束语

实践证明,边坡生态恢复的新技术、新方法很多,适用条件和范围各不相同,工程实施过程中,应根据边坡的特性选择一种或多种技术组合,才能发挥其经济和效益价值。边坡生态恢复应采用多元化技术着力于稳定边坡、实现边坡生态美观等来解决边坡生态修复问题,从而有效达到边坡生态系统的平衡。

### [参考文献]

- [1] 李均容. 边坡的生态恢复探析[J]. 现代园艺, 2019(8): 152 - 153.
- [2] 陈惠琴, 韦华丽. 浅谈边坡的生态恢复[J]. 河南农业, 2020(2): 38 - 39.
- [3] 朱宝晨, 王涵. 矿山生态修复措施及合理的植物配置探讨[J]. 魅力中国, 2021, 23: 378 - 379.
- [4] 刘安富, 徐冬冬, 乔雄彪, 等. 挂网客土喷播技术在石材矿岩高陡边坡植被恢复中的应用[J]. 有色冶金节能, 37(6): 60 - 63.
- [5] 胡光鹏, 魏森. 高次团粒喷播技术与植被混凝土喷播技术的比较[J]. 科教导刊(电子版), 2015(11): 152.

表1 边坡生态技术适用条件对比

编号	技术方法	适用条件	技术优势	缺点
1	栽植 + 攀爬植被恢复技术	适用于坡面坡度 > 65°, 且不准备放坡的岩质边坡	成本低、工期短	绿化效果慢
2	台阶绿化技术	适用于坡率 > 1:1, 坡高 > 20 m 稳定坡面或具有台阶微地形的坡面	降低边坡坡度, 保证边坡稳定性, 创造了绿化空间	土石方工程较大, 成本较高
3	挂网客土喷播技术	适用于坡率在 1:1 ~ 1:0.5 稳定土质、岩质边坡	缩短植被建植流程, 节省人力、财力, 操作简单	不适宜超高陡边坡, 需要多次喷播
4	高次团粒喷播技术	适用于 < 65° 岩质和土质边坡等	应用范围广, 快速构建生态群落, 防止水土流失, 透水性好	短期绿化效果稍慢
5	钻孔绿化技术	适用于坡度在 60° ~ 80° 硬土质、风化程度高的岩质边坡	适用范围广, 技术简单, 成本较低	施工难度大, 绿化率较低
6	挡土翼技术	适用于坡度较大的岩质边坡	挡土翼制作材料简易, 价格低廉, 省时省力, 经济效益显著	翼板需做防腐处理
7	植被纤维森林毯技术	适用于各种类型岩质边坡	成本低、工期短、见效快、可反季节种植、稳定性好	坡面生态恢复必须有土壤
8	植被混凝土技术	适用于 > 60° 的岩质边坡, 包含土质边坡、盐碱地边坡、混凝土边坡等	护坡度、抗冲刷能力强, 透水性差, 短期绿化效果快	应用范围局限, 养护费用高, 固坡能力弱
9	长条生态袋绿化技术	适用于坡度范围 45° ~ 90° 各种稳定的土质或岩质边坡	适用范围广, 施工技术简单, 成本较低, 可快速实现绿化效果	后期养护成本高

[6] 周顺涛, 辜彬, 蔡胜, 等. 挡土翼工法在石质边坡生态恢复中的应用研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(2): 188 - 191.

[7] 郑立明, 于帅, 刘永. 露天矿山边坡生态环境治理技术研究及评价[J]. 河北地质, 2019(3): 21 - 25.

## Discussion on Slope Ecological Restoration Technologies

XU Dong-dong

**Abstract:** Large-scale mining has resulted in a mass of high steep exposed slopes, which stand out incongruously against surrounding beautiful eco-environment, making ecological restoration of these slopes particularly important. In this paper, the principles of slope ecological restoration and vegetation selection were elaborated on; discussion and comparison were made on the applicable conditions, advantages and disadvantages of various slope ecological restoration technologies, which provided reference for slope ecological restoration and management. One or more technical combinations should be selected. according to the characteristics of slope during engineering implementation.

**Key words:** slope; vegetation selection; ecological restoration; soil spraying seeding; higher-middle order granule; retaining wing