

## 露天矿山掌子面岩体裂隙复绿技术与绿化配置研究

郑爽

河北地矿建设工程集团有限责任公司, 河北 石家庄 050081

**[摘要]**以灰岩区裂隙生长的天然植被生长规律为基础,通过对基岩裂隙进行注射基质、雨水收集利用等方式重塑植物立地条件,提升掌子面绿化效果或自然恢复的能力。该技术进一步推动高陡掌子面修复技术的大幅度提升,提升高陡掌子面的上植物生长所需要的空间,具有突破性进展。推动北方干旱地区的矿山生态修复产业的进一步发展,增加绿化面积,改善生态环境。矿山生态修复工作的重视程度不断提升且修复技术也在不断创新,但是在进行修复工作时应与矿山实际情况进行综合考虑,合理选择生态修复技术并做好绿植配置工作,从而提升矿山修复水平。

**[关键词]** 矿山生态修复; 掌子面岩体裂隙复绿技术; 绿化配置

DOI: 10.33142/ec.v5i11.7155

中图分类号: X171.4

文献标识码: A

### Study on Greening Technology and Greening Configuration of Rock Fissure in Open-Pit Face

ZHENG Shuang

Hebei Geology and Mineral Construction Engineering Group Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050081, China

**Abstract:** Based on the natural vegetation growth law of fissure growth in limestone area, the plant site conditions are reconstructed by injecting matrix into bedrock fissure and collecting and utilizing rainwater, so as to improve the greening effect or natural recovery ability of face. This technology further promotes the substantial improvement of the repair technology of high and steep face, and improves the space required for the growth of plants on high and steep face, with breakthrough progress. Promote the further development of the mine ecological restoration industry in the arid areas of northern China, increase the green area and improve the ecological environment. The importance of ecological restoration in mines is constantly increasing and the restoration technology is constantly innovating. However, the restoration work should be comprehensively considered with the actual situation of mines, and the ecological restoration technology should be reasonably selected and the green plant configuration should be done well, so as to improve the restoration level of mines.

**Keywords:** mine ecological restoration; greening technology of rock fracture in face; greening configuration

#### 引言

在进行矿山开采过程中会给自然环境、土壤等方面带来不利的影响,若采用传统的修复方式无法保证修复工作效率与质量,因此现阶段在进行矿山生态修复过程中采用合理采用掌子面岩体三维裂隙基质注射修复技术,做好绿化配置工作,可以提升矿山修复质量与水平。

#### 1 掌子面国内外研究现状和趋势分析

目前,北方干旱少雨地区矿山生态修复主要呈现如下特征:

(1) 矿山生态修复工作开展了大量的治理工作,大多是集中在底部平台、渣堆、台阶以及工业场地区域的整治绿化,大部分的高陡掌子面未进行工程治理,尤其集中在 $60^\circ$ 以上高陡掌子面未进行治理。

(2) 高陡掌子面的治理难度大,主要体现在施工难度、施工成本高、后期管养难且成本高、边坡植物立地条件差,尤其是的灰岩区近乎直立的高陡掌子面成为刻不容缓的攻坚难题。

(3) 高陡掌子面主要治理的手段主要有开台阶放坡、客土喷播、种植孔、人工堆坡、生态袋覆盖、攀爬植物遮

挡及上述手段组合等,在河北省灰岩区适宜性受到极大制约,存在很多问题。

(4) 目前对高陡掌子面绿化研究主要集中在工程措施和植物种类的研究。例如如何开采台阶、如何扩大植生孔、如何采用容器存土以及耐旱植物等方面的研究。总结为就是如何让土上山,种何种植物能存活。对如何基岩微裂隙、雨水收集管养以及提高绿化速度方面研究不足。

综上所述,目前提高高陡掌子生态修复过程中植物的立地条件成为关键的技术难题。通过本次研究课题,采用基岩裂隙内注入植物生长基质,雨水收集利用,来实现扩大植物生长立地条件的空间,提升补水管养的能力,改变掌子面温度特征,最终实现掌子面植物群落的修复,具有重要的研究意义。

#### 2 掌子面岩体裂隙生态修复治理研究内容

以灰岩区裂隙生长的天然植被生长规律为基础,通过对基岩裂隙进行注射基质、雨水收集利用等方式重塑植物立地条件,提升掌子面绿化效果或自然恢复的能力。本次试验岩体裂隙进行生长基质注射、补水,开展“裂隙基质注射+植生孔”、“裂隙基质注射+客土喷播”和“裂隙基质

注射+植物种子喷播薄层”三种模式试验。主要研究内容如下:

### 2.1 灰岩区裂隙生长天然植物规律研究

研究灰岩区天然植物种类、空间分布、根系发育特征、土壤特征以及所处岩体裂隙发育特征、充填情况;研究已有工程措施、植物措施的优缺点,从植物特征、土壤特征以及管养方面进行对比;开展必要的天然植物培育、土壤重构以及快速绿化方法研究。

### 2.2 岩体裂隙注射植物生长基质研究

研究岩体裂隙注射基质的方式、方法、工艺以及相关设备;研究注射基质的物质组成、不同配比、流体物理学特征以及对植物生长适宜性研究。

### 2.3 集水补水管养系统研究

对试验区降水特点、地表径流以及补水管养方式开展研究,建立岩体裂隙试验区的补给管养通道,实现人工、天然管养相结合。

### 2.4 现场试验及监测

通过基质注射、集水补水管养系统技术与植生孔、客土喷播、植物种子浆液喷播相结合,开展现场试验;对不同工况、工法进行监测,主要监测掌子面温度、湿度、植物生长情况、坡面恢复能力、植物群落变化情况;通过数据分析,与植生孔、客土喷播原有技术进行对比,优化工程措施建议。

### 2.5 技术体系研究

通过本次试验,研究“基于掌子面岩体三维裂隙生态修复技术”体系,形成技术手册、指南或标准规范。

## 3 掌子面岩体裂隙生态修复治理研究方法

本次研究采用的主要有野外调查与调研、物探、室内试验、野外初步试验、现场试验、数据监测和室内综合研究分析。

### 3.1 野外调查与调研

对灰岩区植物特征、所处基岩裂隙发育特征、土壤特征、试验区基岩裂隙特征、已有相关工程措施及植物措施开展调查调研,总结其规律。野外调查 30 天。

### 3.2 物探

采用地质雷达和声波测试对试验区基岩裂隙进行测量,确定基岩裂隙发育密度、深度等情况,并结合野外调查进行基岩裂隙分类。

### 3.3 室内试验

(1)天然土样化验:采集天然植物生长土壤进行组成特征分析,采集化验天然土样 30 件。

(2)注射基质测试:对注射基质的物质组成、不同配比、流体物理学特征及植物生长适宜性测试。

(3)野生植物苗木培育:对天然野生植物(例如皂角)市场上不多见的植物进行育种试验、育苗试验。

(4)生态棒人工培育:对植生孔试验所需要的植物,

根据孔径、深度采用提前培植土壤、种植苗木,用无纺布袋作为容器,形成种植棒,直接插入种植孔内,提高成活率、缩短缓苗时间、促进苗木根系发育,达到快速绿化效果。

(5)植物种子喷播薄层测试:对“裂隙基质注射+植物种子喷播薄层”三种模式中“植物种子喷播薄层”的组成、不同配比、物理力学特征以及植物适应性进行初步室内试验分析,确定最佳方案。

### 3.4 现场试验

本实验主要采用三种方法进行试验:“裂隙基质注射+植生孔”、“裂隙基质注射+客土喷播”和“裂隙基质注射+植物种子喷播薄层”三种模式试验。

#### (1)“裂隙基质注射+植生孔”模式现场试验

“裂隙基质注射+植生孔”模式现场试验是通过机械打种植孔,采用孔内注射植物生长基质,增加生存空间;利用岩壁后缘设置集水槽、补水孔进行雨水收集补给以及人工补给方式,提高管养能力和效率;最终达到掌子面植物群落整体恢复。

①基岩裂隙:选择矿山生产形成的掌子面原生裂隙或人工爆破形成的裂隙较发育或发育的坡面,作为植物生长所需要基质的储存空间。

②集水槽及补水通道:在掌子面后缘开设集水槽,用于收集上游雨水或人工补水;采用机械在集水槽底部成钻孔,孔内放置蛭石,形成补水通道;将集水槽内水源通过补水通道深入基岩裂隙补给种植孔内至植物生长。

③储水蛭石:孔内蛭石具有吸水、储水功能,增加补给水源的持续性。

④种植孔及植物:在掌子面基岩上人工机械钻进开凿种植孔,孔内覆土种植植物,本次实验采用人工培育生态植物棒代替覆土种植植物措施。

⑤注射基质:将植物所需要的土、有机肥、保水剂等物质粉碎至粉末状,制作浆体注入孔内,渗入岩体裂隙内,增大之生长所需要的空间。

#### (2)“裂隙基质注射+客土喷播”模式现场试验

“裂隙基质注射+客土喷播”模式现场试验是通过在岩壁后缘机械成孔,注射植物生长所需要的基质,通过裂隙渗透,在坡面形成一定厚度基质层。该基质层与客土喷播形成的基质层共同作为植物生长的营养空间,提升客土喷播的绿化效率和质量。后缘设置集水槽与钻孔相连,形成补水通道,达到收集雨水、人工补水的管养方式,减少后期管养投入。

①基岩裂隙、集水槽、储水蛭石、补水通道与“裂隙基质注射+植生孔”模式现场试验功能相同;本次补水通道为基质注射所用钻孔,投放储水蛭石,作为补水通道。

②客土喷播:本次试验以工程中常用挂网客土喷播为试验对象,拟采用双层网、单层网两种方式,并对喷播基质进行改良。通过基质注射和补水措施,对比绿化效果、

绿化稳定性。

③注射基质：将植物所需要的土、有机肥、保水剂等物质粉碎至粉末状，制作浆体注入孔内，渗入岩体裂隙内，形成层状基质层。该基质层与客土喷薄的基质层共同为植物生长提供营养空间。

(3)“裂隙基质注射+植物种子喷播薄层”模式现场试验

“裂隙基质注射+植物种子喷播薄层”模式适用于基岩裂隙非常发育基岩面，以基岩面为界，进行内外裂隙注浆的方式，建立植物生长所需要的一定厚度的基层。在岩壁后缘机械成孔，注射植物生长所需要的基质，通过裂隙渗透，在坡面形成一定厚度基质层。在基岩表层进行含有植物种子的浆体注射，深入表层裂隙一定深度，并在表层形成薄层基质。以内外双层基质为植物生长基质，通过后缘补水通道补给水源，达到调节坡面温度、湿度，促进坡面自然恢复的功能。

①基岩裂隙：与前两种模式要求不同的是，表面裂隙非常发育，且有一定的张开宽度。

②集水槽、补水通道、储水蛭石与“裂隙基质注射+客土喷播”模式现场试验功能相同；本次补水通道为基质注射所用钻孔，投放储水蛭石，作为补水通道。

③植物种子喷播薄层：以植物种子、土壤、有机肥、秸秆、保水剂、粘结剂等粉末为主要材料制作浆体，喷射表层裂隙，深入裂隙一定深度，并在表层形成一定的基质层。拟喷射两次，间隔时间为一年。

④本项技术可以与攀爬植物相结合，坡面基质层可以作为攀爬植物生根基质，为攀爬植物生长提供坡面生长营养空间，促进其坡面生根，实现接力生长。

### 3.5 数据监测

对试验区布置监测点，对各种实验手段进行效果监测、参数变化监测、植物生长状态监测、不同措施对比监测。

(1)试验区掌子面本地环境摸底，包括温度、湿度、岩体裂隙情况、植物情况、周边生态情况等。

(2)试验区掌子面的温度、湿度、绿化植物生长情况、植被变化、植物群落演变情况、土壤特征变化情况等。

(3)不同试验措施运行效果情况以及是否退化、基质层是否脱落、补水措施运行效果监测等。

(4)监测方法采用埋设温度湿度传感器、定期测量、定期影像拍摄、土样采集及化验、人工巡查记录等方式。

## 4 生态修复中绿化植物配置措施研究

### 4.1 合理选择绿色植被

(1)具有良好的生态效应

矿山生态修复过程中，选择绿化植被时应与矿山综合情况进行结合，从而保证所选植被的使用性，提升植被成活率的同时保证植被覆盖效果，提升稳定性，从而满足矿山生态修复效果，达到矿山生态修复目标。

(2)确保植物的多样性

植物的多样性主要包括植物种类的多样性、遗传的多样性、生态环境的多样性等方面。矿山的生态系统、生态结构相对简单，但是从某些方面来看整体生态系统也比较脆弱，会受到不同病虫害的侵袭。因此为了给绿色植被创造良好的生态环境，会应用大量的杀虫药剂，采用这种方法不仅无法对成本进行控制同时也会给自然生态环境带来较大的威胁。因此在进行矿山生态修复过程中，要想提升矿山生态系统的稳定性应增加植被种植种类，并合理应用化学药剂，减少对环境的污染，同时可以实现对成本的有效控制。绿化植物种植时，应保证所选植物的多样性，可以采用乔木、灌木、草本植物混合种植的方式，利用多种植物构建生物群落系统，避免绿化植物的单一性，从而确保绿化植物群落系统的稳定性，构建多种植物生态系统圈，并保证生态系统的稳定性，得到良好的生态修复效果<sup>[1]</sup>。

(3)合理应用先锋植被，确保稳定性

当矿山土壤比较贫瘠时，应先将土壤性质进行优化，提升有机土的使用量，可以采用先锋植被，如豆科类植物，此类植物可以起到良好的固氮作用，利用植物根瘤菌生物进行固氮，从而提升土壤中氮的含量。先锋植被生长速度较快、产量较大且扩散能力较强，可以在缺水土壤或是沙漠化地区生长，所以生长能力也较强。先锋植物具有明显的喜钙性，当土壤中自然肥力、营养元素不达标时，土壤中的钙、碱量会增加，从而保证喜钙植物的成活率。先锋植物还具有一定的抗旱能力，可以在缺水、干旱的环境中生长，植被的生理特征在改变后可以更好的使用缺水、干旱环境；先锋性植物还可以在岩性结构层中生长，也就是可以在岩石中生长，植物根系在生长过程中可以扎根到岩石中并可以从岩石缝隙中得到养分与水分。从而可以提升矿山生态修复进度并可以更好的使用生长环境，因此可以大力推广先锋植物并扩大种植面积。

### 4.2 做好绿化植物配置工作

(1)做好本地植物与外来植物的结合工作

矿山生态修复植被修复最初阶段，多会采用外来植物进行生态修复工作，同时还应采用科学的方式对植物生长环境进行改善；同时还应根据情况合理选择本地植物，在后期进行矿山生态修复过程中应充分应用本地植物，从而保证植物生态群落的稳定性。本地植物可以更好的适应当地土壤条件、地质环境、气候环境，而其本地植物在长期生长过程中，可以与本地其他植物形成更加稳定、和谐的植物生态系统。矿山生态修复绿化植被配置过程中，应以本地植物为主，在应用本地植物后可以更好的促进当地植被系统发展，同时应更好的显现出地方特点，形成具有本地特色的绿色景观。

(2)采用多层次配置原则

在进行矿山绿化植被配置过程中，应做好各类植被的

配置工作,合理选择植被种类并充分结合树丛,将立体结构与平面结构进行结合。在了解植被习性后进行合理布置并做好植被配置工作,充分发挥出植被的绿色生态功能与景观欣赏功能。从空间角度考虑,植被配置过程中多采用错层次配置方式,选择不同种类的植物。通常情况下以乔木、灌木、草本植物为主,保证整体植被群的稳定性并减少外界因素的干扰。矿山生态修复绿化植被配置时采用多层次配置方式可以提升植物的层次感、观赏效果。其中,乔木通常为植被系统的基本骨架,采用灌木对植被空间进行填充,将草本植物作为植被群落背景。采用此种配置方法后可以提升矿山植被配置的整体性、立体化、层次感。乔木配置时应充分利用其形态、树形并协调好与景观间的关系。灌木可以对植被系统色彩进行丰富,对灌木进行合理配置可以提升植被群落的整体感,使整体结构更加丰满。此外,在进行植物配置时还应合理控制间隔,设计造型,层次分明并协调好植物色调,提升绿化植物配置效果<sup>[2]</sup>。

### (3) 做好绿色植被分区

绿色植被分区是在相应的种植位置中,根据植被种类、地理条件等将植被种植位置进行合理的划分,对植被进行分区,在保证植被内部结构一致性的基础上,使其具有一定的规律。在了解植被分布要求、组合要求后将植被进行分区处理。矿山生态修复植被分区具有重要的意义,在进行植被分区时应先了解植被根系情况、环境适应能力、植被生长要求等方面的内容,并按照规律做好总结工作。同时,植被分区时应应对地理环境进行综合考虑。此外,植物分区可以提升当地土地利用效率并可以指导当地农业生产,同时可以对生态环境保护区域、自然环境保护区域进行合理的划分。植被分区时应遵循地域差异性原则并明确植被特点,并不是根据环境特点进行区域划分。根据植被特点进行区域划分时,应考虑植被群落类型、群落类型组合方式。当天然植物被破坏后,在进行植物补种时也应考虑植被分区原则。植被分区是将植被类型作为依据,与植被分类有一定区别。首先,从对象角度来看植被分类的对象以植被为主,而不是一个地区,植被类型为区域划分的主要依据。其次,植被区域分区时应保证空间的整体性、连续性,植被分类并不具备此特点。最后,一个分区单位中还包括各种植被类型、组合形式,一种植被类型可以种植到不同的区域中。在对种植地点土壤条件、光照条件等进行了解后合理进行植被分区,然后合理选择植被种类,

确保植被种类可以更好的使用当地种植条件、气候环境、土壤条件,提升植被成活率<sup>[3]</sup>。

## 5 解决的关键问题与主要创新点分析

### 5.1 主要解决的关键问题:

- (1) 提升高陡掌子面生态修复植物立地条件。
- (2) 通过向岩体裂隙进行基质注射,增加植物生长所需要的营养空间。
- (3) 通过补水系统实现雨水收集利用,优化人工补水管养措施,提高管养能力和效率。
- (4) 通过基质注射、补水系统,改善掌子面坡面温度、湿度等生长环境,提高植被生长环境,促进坡面自然恢复,加快植物群落修复。

### 5.2 主要创新点

- (1) 应用岩体裂隙作为植物生长的基质储存空间,为植物生长提供更大的营养空间。
- (2) 建立集水补水管养系统,提升雨水利用率,优化人工管养措施。
- (3) 采用基质注射、集水补水措施,改善坡面物理特征,提高自然恢复能力。

## 6 结语

通过分析研究可知,随着绿色矿山理念、生态矿山建设理念的深入发展,矿山生态政策的不断完善,在进行矿山生态环境修复与绿化配置工作时,更多新方法、新技术、新措施也得到了广泛的应用。同时,在进行矿山生态修复过程中还应做好植被恢复工作,构建多样性植被生物系统,并综合考虑社会经济发展、生态系统完善情况,为当地居民创建良好的生态环境。有效的矿山生态修复工作可以将矿山环境进行优化,并提升矿山生态系统的稳定性,同时合理应用绿化配置方式还可以提升矿山植被成活率,提升矿山生态修复工作质量,促进绿色矿山发展。

### [参考文献]

- [1] 黄祺. 矿山生态修复技术和绿化植物配置方案[J]. 绿色科技, 2020(24): 201-202.
  - [2] 兰俊斌. 浅析矿山生态修复技术和绿化植物配置原则[J]. 现代园艺, 2020, 43(24): 147-148.
  - [3] 孙晓玲, 韦宝玺. 废弃矿山生态修复模式探讨[J]. 环境生态学, 2020, 2(10): 55-58.
- 作者简介: 郑爽(1990.6-)女, 河北地质大学, 勘查技术与工程, 河北地矿建设工程集团有限责任公司, 工程师。