

# 刍议废弃矿山边坡钻孔植草施工技术

石 桥， 曾 建， 仵 凌 丰

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610037)

**摘 要:** 废弃矿山边坡钻孔植草施工技术是利用高空锚杆钻机+蜘蛛人在高陡的岩质边坡上钻孔, 利用人工将提前培育好的植生棒装入孔内。这项施工技术不仅快速、经济, 而且绿化效果初期就能显现出来。

**关键词:** 钻孔植草; 蜘蛛人; 高空锚杆钻机; 植生棒; 施工技术

中图分类号: X3; X5; X4; X38

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2022)05-0082-03

## Discussion on Construction Technology of Drilling and Planting Grass in Abandoned Mine Slope

SHI Qiao, ZENG Jian, WU Lingfeng

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD., Chengdu, Sichuan, 610037)

**Abstract:** Drilling and planting grass technology on the abandoned steep mine rock slope is using aerial drilling machine and "spider man" to drill holes, then loading the pre-cultivated planting bag into the hole. Not only this construction technology is efficient and economical, but also the greening effect can be seen at an early stage.

**Key words:** Drilling and planting grass; "spider man"; Aerial drilling machine; Planting bag; Construction technology

## 1 概 述

某工程项目地处衢江区上方镇境内, 上方镇依托丰富的矿产资源和交通便利条件大力发展钙产业, 形成了从“原料采掘-原料冶炼-生产加工”相对健全的钙产业链条。但由于不规范开采与加工造成严重的环境污染, 裸露的边坡与窑址不同程度地存在地质环境危害与地质灾害隐患, 同时压占大量的土地, 造成土地资源的极大浪费。

该工程建设内容包括矿山生态修复工程以及矿地及未利用坡地连片复垦工程。综合治理范围为 7 259.17 亩, 其中边坡支护及生态修复总面积为 10 08744 m<sup>2</sup>, 植草孔内苗木种植数量达 180 余万株。阐述了针对废弃矿山边坡钻孔植草采用的施工技术。

## 2 植草施工方案研究

### 2.1 国内目前针对废弃矿山边坡采用的主要生态修复措施

(1) 客土种子喷播技术。

① 适合于坡度 < 45° 的边坡; ② 对于风化岩边坡, 客土种子喷播技术需铺设三维网。为满足三

维网铺设施工条件, 边坡应满足以下要求: 挖方边坡应完成该级边坡工程施工, 在边坡开挖达到设计要求后, 于平台截排水和平台封闭施工前进行; 填方边坡应在该级边坡回填施工完成、边坡整坡工程结束之后进行<sup>[1]</sup>。

(2) 喷混植生技术。喷混植生技术可以分为挂网和不挂网两种, 其具体适用范围应满足下列要求: 挂网喷混适用于坡度 45°~70° 且绿化覆盖率要求大于 90% 的岩质陡坡快速绿化; 不挂网喷混适用于坡度 < 45° 且绿化覆盖率要求不高 (60% 以上) 的岩质斜坡或陡坡绿化<sup>[2]</sup>。

(3) 植生网和植生毯垫技术。适用于坡度 < 45° 的土壤贫瘠岩质边坡的生态恢复, 施工前应平整边坡。

(4) 植生袋技术。适用于坡度 45°~75° 的土壤贫瘠岩质陡坡的生态恢复, 施工前应平整边坡。

(5) 植生盆技术。适用于岩石坚硬、岩面不平整、裂隙和微地形充分发育的岩质陡坡, 最适宜坡度为 50° 左右的边坡; 施工前, 应平整边坡, 清理松石。

(6) 飘台种植槽技术。适用于坡度 > 60° 的中

收稿日期: 2022-07-10

等风化和微风化的岩质陡坡或特陡坡,需利用脚手架现浇混凝土种植槽板<sup>[3]</sup>。

## 2.2 对项目周边城市废弃矿山边坡成功的生态修复项目进行实地调查

在接受衢江区上方镇全域土地综合整治及生态修复工程—EPC工程施工总承包任务委托后,项目部派出技术人员随同由衢江区自然资源和规划局组织的考察团对项目周边临近的生态修复试点城市——湖州长兴和浙江萧山等地进行了实地考察,以期将这些试点城市的成功、先进的经验用于该项目。

经实地考察发现:湖州长兴生态修复项目虽然达到了基本恢复原生态的目的,但该项目区地处低缓丘陵地带,山高普遍在几十米以内,采用的工艺是“自上而下削坡加喷混植生”,这种工艺在国内已经很成熟且项目经过多年运营,人为施作的植物群落已与周边环境相适应<sup>[4]</sup>。

而杭州萧山生态修复项目虽然修复后未能完全恢复到原生态,但边坡的绿化率也达到了百分之九十以上,基本上看不到人为处理过的痕迹,其采用的工艺是“自上而下削坡+防腐板材平台(或者混凝土框格梁)加植生袋”,这种工艺工期长、费用高。

## 2.3 技术创新

由于该工程具有以下特点:①边坡支护及生态修复面积大,边坡最高达100多m,且多处边坡呈倒悬或直立边坡,不适宜采用人工为主的作业方式;②所处位置地质条件复杂,为典型的喀斯特地貌,溶洞较多且地下水较为丰富。另外,由于上方镇以前有多家钙企,经济利益关系错综复杂,历史遗留问题较多且施工区紧邻居民区,不适于大范围的削坡开挖及石方爆破施工;③由于以前矿山边坡的不规则开采,石方爆破开采过程中未设置马道,爆破后的坡面也未进行排危清理及支护,现状坡面多处存在浮石、倒悬体及较为明显的卸荷裂隙等地质灾害隐患;④工期紧、任务重,从地块移交到地块完工仅有5个月的时间。

综上所述,采用湖州长兴及杭州萧山等地的经验明显不适于该项目。因此,项目部会同浙江大学科研人员签订合作协议,对不适宜开挖的高陡废弃矿山边坡生态修复这一技术的重难点进行研讨,创新采用了“锚杆+挂主动网+钻孔植草”

施工工艺,其绿化效果在一年后取得初步成效,同时使废弃矿山边坡的地质灾害隐患也得到了有效治理。

## 3 钻孔植草施工技术

该工程使用的岩石坡面钻孔植草施工技术经济适用、安全环保,从根本上解决了传统工艺占地广、投资大、工期长等问题。阐述了钻孔植草施工技术的要点及其需要注意的事项。

### 3.1 钻孔植草的设计参数

根据设计图纸,钻孔植草的设计参数为:钻孔的孔径为90mm,深度为70cm,底部埋设营养土0.5m,营养土配比为:30%草炭土、1%保水剂、5%缓释肥、2%珍珠岩、3%蛭石、44%腐殖土、5%微生物(根瘤菌)等<sup>[4]</sup>,钻孔布置按照1.5m(纵向)×1.5m(横向)排布,孔位呈梅花型设置。

### 3.2 高空锚杆钻机的使用

鉴于该工程植草孔数量大,若采用常规搭设脚手架的方式施工,不仅工期长、成本高,而且现状坡面危岩体及浮石较多,在排危及清坡过程中,大块的岩石砸落在脚手架上会对架上的作业人员造成安全威胁。

项目部经综合研究分析、在兼顾成本及安全可控的情况下自主研发了高空锚杆钻机,极大程度地实现了“以机换人”的目标,降低了安全风险。高空锚杆钻机的功效可以达到0.7m×160孔/台班,相当于6~7台YT-20手风钻的工作效率。其采用的是远程遥控高空钻孔,自带喷雾系统,有效钻孔高度在45m以内,且雨天施工不受影响。另外,高空锚杆钻机前置的高清摄像头可以对危岩体进行深入的排查并凿除,从根本上解决了排危人员的安全这一技术难题。同时,视频信息也可以通过手机端联网项目部,从而解决了地块多且分散、安全管控难度大这一难题。

### 3.3 植生棒的采用

由于该工程植草孔数量多,因此,钻孔后如何在不损伤苗木的前提下快速将培育成活的苗木随同营养土一起放入孔内是该工程的又一难点。另外,由于废弃矿山边坡整治施工工期仅为5个月,而大的地块边坡面积约为5万m<sup>2</sup>,平均每百m<sup>2</sup>植草孔数量为144个,仅一个地块植草孔的数量即达7.2万个,总数达180余万个,若采用人工逐孔运土、装土、装苗,需要投入大量的人力与物力。

为进一步降低施工成本,项目部借鉴了蘑菇种植技术,采用机器缝制好的无纺布袋装入提前配备好的营养土及苗木、种子,由人工扎口制作成植生棒先在地面进行培育,待到适宜的种植季节利用卷扬机将植生棒转运至利用系统锚杆搭设的临时作业平台,由人工装入孔内。

需要注意的是:植草孔体积小,可容纳的营养土有限,为确保植物成长所需的养分及安装方便,可先用机械将底部 25 cm 左右的营养土压实,然后再采用人工装剩下的 25 cm 营养土、苗木及种子,必要时,可在后期养护施工中喷洒营养液;袋口不宜扎的太紧,以便于孔内安装即可;由于植生棒内的苗木安装前处于幼苗的出生阶段,安装植生棒需注意轻拿轻放,保护好苗木。

### 3.4 钻孔植草的施工

对于 45 m 高度以下的植草孔,采取高空锚杆钻机配  $\varphi 90$  mm 钻头在边坡上直接钻孔;对于 45 m 以上高度的植草孔,利用蜘蛛人(即人工挂安全绳在坡面上进行作业)手持 YT-20 手风钻在坡面上钻孔。由于植草孔分布较为分散、锚固点多次移动费工费时,对于平顺部位的边坡需提前布设好系统锚杆及对应的支撑钢绳,利用张拉好的支撑钢绳作为移动式锚点;由于人工在钻孔过程中会对边坡岩体表面造成一定程度的扰动,若坡面岩体不完整,会出现大小程度不一的掉块现象,将对钻孔、装袋人员的人身安全造成一定的威胁。因此,对于倒悬体及岩体完整性差的边坡部位,不仅需要提前布设好系统锚杆及对应的支撑钢绳,还需要铺设好钢绳网及格栅网张拉缝合完毕后可作为人工钻孔的临时着力点,如此实施,即便在钻孔施工过程中出现掉块,也可以将其限制在主动网内,而不会对施工人员造成安全威胁。

待钻孔满足设计要求并经监理工程师验收合格后采用人工及时安装植生棒。若钻孔完成的季节不适宜苗木生长,可先采用不透水的材料对孔口进行封堵,待到适宜的季节再开口安装植生棒。营养土必须严格按设计配比进行并做好检查、验收等工作。

对于 45 m 高度以上边坡孔内植生棒的安装,由于植生棒的直径为 80 mm,大于主动防护网的孔网尺寸,因此,在其安装过程中需临时解开部分格栅网,待植生棒安装完成后再用钢丝或新

的格栅网重新进行缝合。

### 3.5 钻孔植草施工需要注意的事项

由于该方案属于创新工艺,因此,项目部会同浙江大学科研团队共同在实施前进行了原地试验,试验得出的结论是:钻孔的倾角宜控制在  $25^\circ$  以内,孔深控制在 50 cm 即可。若钻孔倾角过大、孔深太深,养护水及雨水极易顺着坡面渗入孔内,将致孔内土体的水分达到饱和状态而不易蒸发,也容易造成孔内苗木的死亡;若孔深太浅,营养土保水性差,苗木易枯死且新生的苗木容易被雨水冲走。

该工程植草孔的钻孔布置方案按照 1.5 m (纵向) $\times$ 1.5 m (横向)及 0.85 m (纵向) $\times$ 0.85 m (横向)两种方式排布,孔位呈梅花型设置。经试验分析,采用 1.5 m 间排距时,会因生长环境的差异导致局部生长条件差的孔内苗木死亡而降低整个坡面的绿化覆盖率,从而导致后期的养护施工难度加大;而采用 0.85 m 的间排距,则整个坡面的绿化效果在初期就能凸显出来。

对于岩体破碎的部位,为避免岩体表面重复扰动,可适当增大植草孔孔径及间排距;对于倒悬体及阴山部位,由于其日照不足,植被幼苗不易成活,宜采用喜阴的成品苗木且需加强人工养护<sup>[5]</sup>;对于阳山部位,由于营养土体积小、保温效果不理想,受夏季岩体升温快影响,不利于苗木的成活,需加强洒水养护。洒水前应按比例适当补加营养液。

另外,该工程所处地段多为灰岩,岩体内多发育程度不一的溶洞,且因岩石的碱性重,安装植生棒前需将孔内的岩粉及积水清除干净,营养土配比可适当添加弱酸性物质。

### 3.6 安全保障

安全绳的锚固点应在坡顶就近寻找完整稳定的岩体,采用钻孔灌注砂浆锚杆的方式设置锚固点,每个作业工人挂三绳(即作业绳、安全绳、保险绳)自上而下进行作业,上层加固完成后方能进行下层作业,且锚固点需派专人进行照看、维护。

高温时段钻孔施工人停、机不停,在减少安全风险的同时还可避免人员中暑的现象出现。

采用可视化管理,做到摄像头全覆盖、远程监控等措施,杜绝了违章作业的发生。

(下转第 128 页)



(1)通过对油循环管路系统的流阻损失和推力轴承内部损耗的计算绘制装置特性曲线,再根据镜板泵特性曲线和装置特性曲线确定镜板泵实际运行工况点,将该工况点作为设计工况点,可以确保推力轴承高效运行。

(2)通过镜板泵特性曲线和装置特性曲线确定镜板泵实际运行工况点,实现镜板泵油循环系统性能预测,提高推力轴承运行的稳定性。

(3)采用的基于数值模拟的推力轴承镜板泵油循环冷却系统的流体动力特性预测方法可保证油循环系统的安全性、可靠性和稳定性,减少试验和缩短产品开发周期。

#### 参考文献:

- [1] LAI X, ZHANG X, CHEN X, et al. Hydrodynamic design of thrust ring pump for large hydro turbine generator units [J]. The International Journal of Fluid Machinery and Systems, 2015, 8(1): 46-54.
- [2] GON, CALVES D, COUSSEAU T, GAMA A, et al. Friction torque in thrust roller bearings lubricated with greases, their base oils and bleed-oils[J]. Tribology International. 2017(107): 306-319.
- [3] 卢德平. 大型水轮发电机推力轴承油槽内流场分析和结构

优化[D]. 哈尔滨工业大学. 2010.

- [4] 杨仕福,黄智欣. 仙居抽水蓄能电站发电电动机推力轴承及镜板泵外循环结构[J]. 东方电机. 2014, 4: 53-58.
- [5] 卢珍,赖喜德,张翔,等. 集油槽喉部面积对镜板泵性能影响[J]. 水力发电, 2013, 39(11): 34-37.
- [6] YOSHIMOTO S, SUGANUMA N, YAGI K, et al. Numerical calculations of pressure distribution in the bearing clearance of circular aerostatic thrust bearings with a single air supply inlet [J]. Journal of Tribology, 2007, 129(2): 384-390.
- [7] 冯震宙,高行山,刘永寿,等. 某型飞机燃油系统数值建模方法与仿真分析[J]. 飞机设计, 2007, 27(5): 65-71.
- [8] 梅星新. 基于 FLOWMASTER 的空调冷水管网系统仿真 [D]. 江苏大学, 2014.
- [9] 王福军,白绵绵,肖若富. Flowmaster 在泵站过渡过程分析中的应用[J]. 排灌机械工程学报, 2010, 28(2): 144-148.
- [10] 王福军. 计算流体动力学分析—CFD 软件原理与应用 [M]. 清华大学出版社, 2004.
- [11] 严登丰. 泵与泵装置特性预测[J]. 排灌机械工程学报, 2012, 30(3): 315-323.

#### 作者简介:

廖 姣(1993-),女,四川邻水人,研究生,工程师,从事水轮发电机组机械检修;  
刘 彬(1989-),男,四川泸县人,研究生,工程师,从事水轮发电机组机械检修。  
(责任编辑:吴永红)

(上接第 84 页)

## 4 效果

边坡修复前与修复后的效果见图 1、2。



图 1 修复前示意图



图 2 修复后效果图

## 5 结 语

该废弃矿山边坡钻孔植草工程施工历时 5 个月即通过验收,绿化效果获得验收专家组的一致好评。钻孔植草这一全新施工技术不仅规避了超高脚手架搭拆的安全风险,而且经济性及适用性较强,所取得的经验可供类似工程参考借鉴。

#### 参考文献:

- [1] 雷海清,柏明娥. 矿山废弃地植被恢复的实践与发展[M]. 北京:中国林业出版社,2010.
- [2] 赵方莹,孙保平. 矿山生态植被恢复技术[M]. 北京:中国林业出版社,2009.
- [3] 周启星,魏树和,张倩茹等. 生态修复[M]. 北京:中国环境科学出版社,2006.
- [4] 林先贵. 土壤微生物研究原理与方法[M]. 北京:高等教育出版社,2010.
- [5] 焦居仁. 生态修复的要点与思考[J]. 中国水土保持,2003, 21(2):5-6.

#### 作者简介:

石 桥(1981-),男,湖北宜昌人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;  
曾 建(1976-),男,四川都江堰人,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;  
件凌丰(1986-),男,河南南阳人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。  
(责任编辑:李燕辉)