

# 一种公路岩质边坡挂渣复绿施工技术

黄文锋, 郑晶星, 陈健华

(南方电网调峰调频发电有限公司工程建设管理分公司, 广东 广州 510630)

**摘要:**公路岩质边坡路基石方开挖易造成挂渣。该文利用烟斗区和堆石区划分挂渣分布状态,采用坡面清理、表土推送与摊铺、土石渣翻铺、刨穴、象草种植、自然养护的先后工序对梅州抽水蓄能电站上下库连接公路 K3+700~K3+900 段岩质边坡挂渣进行复绿。结果表明:象草茎秆生长快,1年内挂渣区获得较好的绿化覆盖率;根部发育快速,吸水好,抗旱性强,起筋材加固作用;坡面稳定,未发生塌方,水土保持效果良好。

**关键词:**水土保持;绿化覆盖率;象草种植;岩质边坡;挂渣

抽水蓄能电站地处山区,发电构筑物主要由上水库、下水库、输水发电厂房系统等组成,上下库连接公路是上水库和水道厂房施工的交通要道。当上、下水库之间距高比小,公路沿线边坡坡度大时,在岩质边坡上开挖形成路基,易造成挂渣。挂渣处堆积物空隙率高。当受雨水影响,石屑、中砂、细砂和粉末所填充的空隙易被冲刷,挂渣存在进一步扩散的风险。以上状况将对安全文明和生态环境造成影响,需及时稳定处理并复绿。

抽水蓄能电站上、下水库库区林区清理主要包括植被和表土两大部分,其中表土一般按 30~60 cm 厚度清理。表土富含有机物和微生物,是天然种植土料。为此,该文在利用表土铺摊、土石渣翻铺填充挂渣空隙基础上,刨穴种植须根系草种,对梅州抽水蓄能电站(以下简称“梅蓄电站”)上下库连接公路 K3+700~K3+900 段岩质边坡挂渣进行复绿。

## 1 施工技术

### 1.1 挂渣分类

岩质边坡挂渣可分为 2 类,第 1 类不均匀堆积在岩坡原有凹凸不平的位置,此类位置存在节理空隙、裂隙或穴坑等,称之为烟斗挂渣区(简称“烟斗区”),所分布挂渣一般较少,厚度为 10~20 cm;第 2 类经岩坡滑动至下方缓坡堆积,称之为堆石挂渣区(简称“堆石区”),所分布挂渣较多,平均厚度一般大于 50 cm,占挂渣总量 70%以上。

### 1.2 施工准备

#### 1.2.1 边坡清理

路基形成后,需立即将岩坡上的危石和块石挂渣清撬、刨挖,清理至堆石区,消除下一阶段工作的安全隐患。若路基外边缘设计线存在临空部位,采用锚杆混凝土补缺。

#### 1.2.2 表土推送

表土运至路堑外边缘附近卸装后,利用装载机将表土向岩坡外推送。表土沿岩面滑送至边坡下方,在烟斗区形成薄层覆盖,覆盖厚度为 10~20 cm;在堆石区缓坡形成厚层覆盖,覆盖厚度一般为 50 cm 以上。

#### 1.2.3 便道施工

基于安全考虑,便道修筑的施工机械选择应重点考虑爬行能力强、操作回转半径大、挖掘深度大的履带式挖掘机,当坡度较大,不建议使用小型装载机和运输车辆。通常路基施工的履带式挖掘机极限爬行坡比为 0.7,下行坡角不宜大于 30°。便道修筑前应对履带式挖掘机极限能力进行评估,施工便道修筑过程中利用表土推送至堆石挂渣区,通过履带式挖掘机边修筑边推进的方式逐渐进入边坡下方。便道路基压实采用履带式挖掘机来回碾压,确保挖掘机安全进出。

### 1.3 土工处理

考虑到覆盖层较薄,覆盖在烟斗区的表土可利用小铲进行人工翻铺,确保土石混合,厚度控制为 10~20 cm。覆盖在堆石区表土可利用挖掘机多次翻铺,使松散的表土经翻铺后充分填充至石渣空隙,其铺摊厚度可根据坡度控制。

### 1.4 草种选择

草种选择遵循以下原则:①在岩坡上的土石渣内植草需保证根系进入岩坡节理空隙或裂隙,在土坡面上的土石渣内植草需保证根系进入原坡面土层,充分发挥根部筋材作用;②所选草种根部可有效吸收土石渣水分,促进土石渣有效固结,紧密黏结;③所选草种成苗速度快,成苗后茎秆发达;④为减少后期养护,所选草种需考虑耐干旱耐贫瘠。

## 2 工程应用

### 2.1 工程介绍

梅蓄电站上下库连接公路长7.2 km,按3级公路设置,K3+700~K3+900段在未开展路基石方开挖前为岩质陡坡,边坡岩体类型为Ⅱ类,该段路基是制约电站整段公路具备通车条件的最关键部位。

该段路基石方开挖完成后,在边坡下方形成了分布面积约16 000 m<sup>2</sup>、总量约6 000 m<sup>3</sup>石方挂渣。在确定坡面挂渣基本进入稳定状态后,进行了危石清理,其中,烟斗区石渣厚度为0.1~0.2 m,堆石区挂渣厚度为0.4~0.7 m。结合地形地质条件和挂渣分布,图1显示了路基石方开挖正立面,包含上、下边坡植被区、路基开挖区、岩面光滑区、烟斗挂渣区、堆石挂渣区,表1为各区状态。

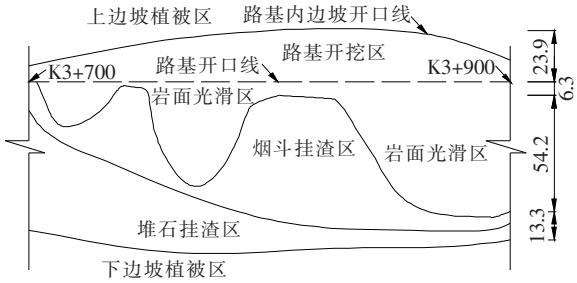


图1 路基石方开挖正立面(单位:m)

表1 各区状态

区域	状态
上边坡植被区	内边坡开口线以上,坡比[1:2.5,1:1.8],女贞灌木生长茂密,夹有蒲桃、老鼠矢、冬青等,少量生长成乔木
路基开挖区	石方开挖后为岩质路堑,路基包含排水沟和路肩宽度8.5 m,内边坡控制在[1:0.75,1:0.3]
岩面光滑区	光滑坡面,坡比[1:1.1,1:0.8],无挂渣
烟斗挂渣区	岩质边坡粗糙面,坡比[1:1.3,1:1.1],存在节理空隙或裂隙等,烟斗区存留挂渣厚度10~20 cm
堆石挂渣区	清理后坡比[1:1.8,1:5],石渣堆积在原坡面Ⅰ类土层上,挂渣厚度30~80 cm
下边坡植被区	堆石挂渣区外,坡比[1:3.5,1:2.4],女贞灌木生长茂密,夹有马占相思、冬青、石楠等,少量生长成乔木

### 2.2 施工准备

#### 2.2.1 机械试验

结合表1提供的坡度,采用施工设备为36 t的履带式挖掘机沿堆石区修筑便道,爬坡试验在山下石渣临时堆放区进行,石渣最大堆高为3 m,长度根据坡度试验调整。试验结果显示:在松渣区域,当坡比小于1:6,履带式挖掘机处于操作手控制范围;当坡比处于[1:6,1:5],随坡度上升,操作手下行控制越来越困难,履带式挖掘机下行出现打滑次数越来越多;当坡比大于1:5,履带式挖掘机超出操作手控制范围,经自下而上多次压实后方可控制。石渣覆土翻铺压实后,履带式挖掘机极限爬行坡比为1:1.37,下行坡度极限为1:1.45。以上结果表明:在坡比为[1:1.8,1:1.5]的堆石挂渣区,表土覆盖挂渣后,采用压实缓慢推进修筑,可逐渐进入边坡下方,但在坡比接近1:1.5的区域,便道修筑必须更加谨慎,创造条件将便道坡比调低。

#### 2.2.2 便道修筑

便道修筑前,人工对岩坡面存在安全隐患的块石和挂石进行清除。表土运输至路肩后,利用装载机向下推送,表土经岩面光滑区向下滑动,在烟斗挂渣区形成薄层覆盖,厚度约为10 cm,后向下滑动至堆石挂渣区,形成厚度为50~70 cm的不均匀覆盖。堆石区的便道修筑利用履带式挖掘机自上而下按20 m长度翻铺,再利用履带对土石渣来回碾压密实,坡度控制在1:1.8以下,确保挖掘机安全进出。

### 2.3 表土摊铺

复绿施工前,烟斗区土石渣采用人工简易翻铺,土石渣厚度控制在20 cm范围内。堆石区土石渣采用履带式挖掘机翻铺,摊铺厚度控制在1 m范围内。

### 2.4 植被配置

根据第1.4节原则,按就地取材,选择了象草和山毛豆进行比较。考虑到象草在接近原烟斗岩面和堆渣区下原坡面土层表面种植的状态下,象草茎秆可成为

主根,主根发育后须根发达,可向四周土石渣、岩面节理空隙和裂隙或原坡面土层内扩散,同一主根吐苗后发育成多根茎秆,快速获得绿化覆盖;同时考虑到山毛豆前期生长偏慢,价格偏高;施工选择了刨穴法种植象草,其中,烟斗区刨穴深度为 20 cm,堆石区刨穴深度为 1 m,种植间距为 50 cm;部分便道未撒播,表土覆盖压实后采用自然复绿。

### 3 复绿结果

为避免雨水冲刷影响,保证边坡稳定,植草工作在 2019 年 1 月干旱天气全部完成。

#### 3.1 绿化覆盖率

抽样统计表明:因雨水偏少,直至 3 月底,象草开始吐苗,成苗 2~3 株,高度为 2~6 cm,绿化覆盖率 30%。4 月至 5 月中旬雨水开始偏多,茎秆高度加快生长,至 5 月中旬末,茎秆高度为 25~32 cm,幼苗成株,另有 2~3 株幼苗生成,茎秆共 4~6 株,绿化覆盖率 51%。5 月下旬至 6 月上旬出现 5 个自然日降雨量为 50~69 mm 的暴雨,未发现土石渣塌方,说明象草具有良好的吸水和缓散雨水的作用。伴随阵雨天气,至 7 月底绿化覆盖率达到 67%;至 9 月底各株茎秆高度为 72~93 cm,另有 3~4 株幼秆生成,茎秆共 7~10 株,绿化覆盖率达到 86%。9 月底至 12 月初,电站工区未发生降雨,异常干旱,未发生枯萎。至 12 月中旬,各株茎秆高度超过 1.2 m,秆内水分充足,茎秆达 12 株以上。最终绿化覆盖率达 98%,复绿效果良好。

#### 3.2 根须

根须在烟斗区进入岩坡节理空隙和裂隙、在堆石区进入原坡面土层是判别土石渣是否稳定的主要条件。自然养护期内检查发现,在贴近土石渣底部种植的条件下,2 个月后根须大部分在土石渣内部的土中发育良好,少量根须向烟斗区的节理空隙、裂隙和堆石区的原坡面 I 类土层内发育。3 个月后进入雨季,在烟斗区,雨水带部分夹泥进入烟斗区节理空隙,根须向其内部发育逐渐增多;在堆石区,根须扩展进入 I 类土,4 个月后根须生长良好。

#### 3.3 自然养护

2019 年 1 月施工完成后为春节期,2 月至 3 月干旱早期未采取人工养护。4 月后开始雨水充足,全程采用了自然养护方式。经检查,无论是烟斗区还是堆渣区,象草复绿处理后边坡一直处于稳定状态,最终取得理想的效果。

## 4 结论

公路岩质边坡开挖形成岩质路堑易造成挂渣,通过采用坡面清理、表土推送与摊铺、土石渣翻铺、刨穴、象草种植、自然养护的先后工序,对梅蓄电站上下库连接公路 K3+700~K3+900 段岩质边坡挂渣进行复绿,取得以下结论:

(1) 岩质边坡路基开挖应尽量减少挂渣,当挂渣复绿采用机械施工,施工便道修筑前需做好施工机械能力评估。

(2) 复绿施工前应对挂渣情况进行分类,明确各区挂渣底部原坡面状态,以便于施工机械能力评估和便道推进。

(3) 抽水蓄能电站工程建设过程中,表土清理后单独存放使用有利于边坡挂渣复绿,并可将其推广使用至其他开挖裸露部位。

(4) 象草根系发达,成苗后茎秆生长快,多而密,吸水散水、加固土石渣能力强,是岩质边坡挂渣复绿的有效草种。

#### 参考文献:

- [1] 童云深. 山区高速公路工程弃渣与生态保护[J]. 公路, 2013(12).
- [2] YangSun, Jinsong Huang, WeiJin, et al. Bayesian Updating for Progressive Excavation of High Rock Slopes Using Multi-Type Monitoring Data[J]. Engineering Geology, 2019, 252: 1-13.
- [3] 刘兴荣, 崔鹏, 王飞, 等. 不同粒径级配条件下工程弃渣泥石流启动机理研究[J]. 工程地质学报, 2018(6).
- [4] 王武生. 绿色公路建设理念在长益高速公路扩容工程中的应用[J]. 中外公路, 2019(1).
- [5] 应世明, 陈辉辉, 侯兆隆. 鹤大高速公路长白山地区表土利用和植被保护技术研究[J]. 公路, 2016(6).
- [6] 程睿. 我国高速公路工程建设期内表土资源综合利用技术实践[J]. 公路, 2019(11).
- [7] 吴帆, 陈洪凯. 高陡岩质边坡植被绿化技术研究[J]. 公路, 2017(4).
- [8] 王侗, 陶双成, 孔亚平. 表土在彭湖高速公路低缓边坡生态恢复中的应用[J]. 生态学杂志, 2012(1).
- [9] 马建, 孙守增, 芮海田, 等. 中国筑路机械学术研究综述[J]. 中国公路学报, 2018(6).
- [10] 姚娜, 易显凤, 丘金花, 等. 四种南方豆科灌木饲料在华南地区的比较试验[J]. 草业科学, 2017(4).