

# TBS 技术在严寒地区边坡防护中的应用

铁朝虎<sup>1</sup>,洪彰华<sup>1,2</sup>,左亚西<sup>1</sup>,党超军<sup>1</sup>

(1.中国三峡建设管理有限公司,四川 成都 610041; 2.武汉大学 水利水电学院,湖北 武汉 430072)

[关键词] TBS 技术;严寒地区;边坡防护;基材配置;植物种选择

[摘要] 为了探索严寒地区边坡生物防护模式,将厚层基材(TBS)技术引入呼和浩特抽水蓄能电站边坡生物防护治理工程中,以此实例介绍了TBS工艺流程及寒冷地区边坡防护植物的选择,对绿化后的植被生长情况进行了跟踪调查。结果表明,只要合理选择防护物种和初期进行认真养护,TBS工艺在严寒地区边坡生物防护中完全可以达到预期效果。

[中图分类号] S157 [文献标识码] A [文章编号] 1000-0941(2018)01-0022-03

## 1 项目区概况

呼和浩特抽水蓄能电站(以下简称“呼蓄电站”)是内蒙古自治区建设的第一座大型水电项目,位于呼和浩特市东北部,距离呼和浩特市20 km。呼蓄电站所在地属中温带季风性半干旱气候区,具有冬长夏短、寒暑变化急剧的特征,冬季漫长且严寒,可长达5个月。据呼和浩特市气象局、武川县气象局实测资料统计,当地年平均气温6.5℃,极端最低气温-37.0℃,冻土期长达5个月;年降水量300~400 mm,降水量较少且季节分配极不均匀,主要集中在夏季,6—9月降水量约占年降水量的70%以上,冬季降水极少,尤其是1、2、12月降水量一般都在10 mm以下,且降水量年际变化很大;受气温和风力的影响,春、夏季蒸发量大,冬季蒸发量小,且蒸发量远大于流域降水量<sup>[1]</sup>。当地土壤类型较丰富,共有土类11个、亚类20个,其中灰色森林土有机质含量较高,是电站上水库区的主要土壤类型,灰褐土有机质含量低,是电站地下系统区及下水库区的主要土壤类型。

优化水土保持措施和工程量设计,充分考虑实施措施的针对性、可行性和经济性,以期用较小的投入获得较大的水土保持效益。

### [参考文献]

- [1] 王白春,刘雅丽,舒怡,等.新时期西北黄土高原区水土流失防治思路[J].中国水土保持,2016(9):16-18.  
[2] 尹亚坤.黄土丘陵沟壑区水土保持生态系统效益评价[J].人民黄河,2013(2):67-69.

呼蓄电站安装单机容量300 MW机组4台,总装机容量1 200 MW,电站平均水头521 m,于2010年4月主体工程开工,2014年11月第一台机组发电,2015年7月4台机组全部投产发电。施工期间,因施工占地、开挖量大,对原地貌、植被影响或破坏较强烈,水土流失严重,开挖和占压土地的面积即扰动地表面积共371.46 hm<sup>2</sup>,包括永久征地200.85 hm<sup>2</sup>、临时占地170.61 hm<sup>2</sup>。扰动部位主要包括枢纽区、渣场区、料场区、施工公路区、施工营地场地区、水库淹没影响区和移民安置区等<sup>[2]</sup>。考虑到工程所处的地理位置(大青山自然保护区内),以及坡面开挖后,面层在自然气候作用下存在风蚀和崩塌的可能,极易形成水土流失,对道路安全、施工区及周边生态环境带来严重影响,决定在水土保持工程措施和一般植物措施的基础上,引入TBS技术进行边坡防护。呼蓄电站拟实施TBS(Thick-layer base material spraying)措施区域边坡较陡,坡度在1:0.5~1:2之间,局部1:0.25,边坡高度基本在15~90 m,主要为施工区道路边坡,部分边坡全部为裸露岩石,部分较缓边坡有泥杂石松散覆盖层。

- [3] 景立新.光伏发电项目水土保持措施体系设计与实施方案[J].中国水土保持,2016(11):42-43.  
[4] 刘刚,申义贤,裴华,等.输变电工程水土保持措施设计探讨[J].中国水土保持,2011(11):20-22.

[作者简介] 郑树海(1973—),男,河北蔚县人,高级工程师,从事水土保持与环境保护等管理工作。

[收稿日期] 2017-08-10

(责任编辑 孙占锋)

## 2 TBS 技术简述

TBS 技术是使用喷射机将拌和均匀的厚层基材混合物按设计厚度喷射到岩石坡面上, 以实现边坡植被快速恢复、保证作业面水土保持及生态恢复效果, 是集岩土工程学、植物学、土壤学、肥料学、高分子化学和环境生态学等多学科于一体的综合技术。TBS 技术是通过植被根系的力学加固和地上生物量的水文效应共同作用达到护坡和改善生态环境的目的。厚层基材的配置是该项技术的关键。厚层基材由绿化基材(简称 GBM)、纤维、植壤土三部分组成, 其中绿化基材是植被种子生长发育、根系发展的基体, 由有机质、生物菌肥、粗细纤维、pH 值调整剂、全价缓释肥、保水剂、消毒剂、植壤土和水等组成, 作用是保证植被长期生长所需的养分和水分平衡。

TBS 技术主要适用于年降水量  $\geq 600$  mm、连续干旱时间  $\leq 50$  d、非高寒地区具有不同地质、水文及气候条件的岩石边坡<sup>[2]</sup>。而呼蓄电站位于高寒地区, 年降水量少且季节分配极不均匀, 为了验证能否成功应用 TBS 技术, 呼蓄电站组织相关单位进行了试验研究, 成功克服了寒冷地区应用该技术在基质材料配置、植物种类比选、施工关键技术及养护方面的难题, 取得的成果可为严寒、干旱地区 TBS 技术应用提供参考。

## 3 严寒地区 TBS 关键技术

### 3.1 基质材料的配置

厚层基材的配置要根据边坡地理位置、边坡角度、岩石性质、绿化要求等确定水泥、砂壤土、腐殖质、保水剂、长效肥、混凝土绿化添加剂、混合植物种子和水的组成比例。施工时一般第一次先对岩石基础面喷射泥浆 2 cm 左右(不含植物种子), 第二次再将混合有种子的基材喷播在其表面。这样做的原因在于避免植物种子埋深过大不易发芽, 保证其喷射在基材表面 1~2 cm 内, 并且有利于厚层基材稳固地附着在边坡基础面上。基材的选择一般应具备以下条件: 保墒效果好, 有充足的养分; 具有一定的黏结强度, 能附着在基岩面上不会垮塌或剥落; 基材应提供适宜植物的生长环境; 基材厚度一般为 8~10 cm。第一次、第二次选择的基材配合比见表 1、2。

表 1 第一次基材配合比

技术编号	基材名称	10 m <sup>2</sup> 用量
TBS01	生植土	0.4 m <sup>3</sup>
TBS02	水泥	12.5 kg
TBS03	厚层基材	20 kg
TBS04	腐殖质	0.1 m <sup>3</sup>
TBS05	水	0.338 m <sup>3</sup>

表 2 第二次喷播基材配合比

技术编号	植物名称	用量(g/m <sup>3</sup> )
TBS06	早熟禾	100
TBS07	紫花苜蓿	100
TBS08	白三叶	50
TBS09	多年生黑麦草	50
TBS10	刺槐	50
TBS11	多花木兰	50

### 3.2 植物种类比选

植物种类的选择在呼蓄电站边坡恢复中尤为关键, 必须因地制宜, 选择能适应当地气候和土壤条件的植物种, 具体应符合: 适应当地气候条件, 抗逆性强, 抗旱抗寒; 根系发达, 扩展性强; 耐贫瘠, 低养护, 可粗放式管理; 种子发芽力强, 容易更新; 种子种类丰富, 具有种类多样性, 并且多年生, 满足固土要求。根据王文唐等在《北方地区冷季型草坪草种选择及管理》中的研究, 适合北方地区的冷季型草种有草地早熟禾、粗茎早熟禾、高羊茅、紫羊茅、多年生黑麦草、一年生黑麦草等。充分考虑呼蓄电站水文、气候、土质等条件, 调查当地(严寒干旱地区)植物生长特点, 为体现植被多层次、立体型、自然生态的特点, 研究确定以苜蓿、羊草、黑麦草、波斯菊等草本和紫穗槐、荆条等先锋灌木为固土护坡先锋植物, 以沙棘、胡枝子、柠条等乡土乔灌木为中、长期优势植物, 建植乔、灌、草复合群落。该群落在水土保持功能、群落生产力、景观绿化效果, 以及促进自然演替方面均较以往的边坡植草方式有明显优势<sup>[3]</sup>。

### 3.3 主要施工工艺和施工方法

(1) 主要施工工艺流程: 施工准备→坡面清理→规划放样→锚杆钻孔→安装锚杆、注浆→安装镀锌铁丝网→拌和、喷射基质混合物(含草籽)→养护。

(2) 主要施工方法: ①施工准备。施工前期准备工作包括引进专业施工队伍, 准备施工用水电、材料、机械设备, 建设材料储备场地等。②坡面清理平整。根据现场实际情况清除坡面危浮石及杂物, 适当对不平顺的区域进行人工整理, 尽量保持边坡平顺, 并避免倒角和坑洼的出现, 因为倒角和坑洼不利于基层的稳固、植被的生长和种子再生。部分倒角部位直接做裸露处理。喷基材后应避免凹处出现积水, 防止冲刷导致基质流失。对坡面原有的植被做必要的保护和保留。③规划放样。根据设计图纸, 对拟施工的坡面进行锚杆钻孔定位, 先定上下两行孔, 再拉线定坡面上的孔, 采用手风钻(或电钻)钻眼、插竹钎的方法标定孔

眼。由质检员根据地质情况对易坍塌、滑坡的特殊区域适当加密孔眼或加长、加粗锚杆,并报监理工程师批准,然后标定位置。④锚杆钻孔。按设计规划放样,以间排距 100 cm 梅花形布置锚杆孔位。锚杆为  $\Phi 12$  钢筋,长度 1.0 m,锚杆孔垂直岩面钻进,孔深 85 cm,孔径 50 mm,锚杆外露端头弯折 10 cm 与铁丝网绑扎固定。采用 YT-28 手风钻打孔。⑤安装锚杆。采用“先注浆后插锚杆”的方法施工,M30 水泥砂浆固定锚杆,水泥砂浆灌注饱满密实。⑥安装镀锌铁丝网。固定网采用 14# 镀锌铁丝网,网孔 5 cm $\times$ 5 cm,网宽 2 m、长 20 m。挂网应在锚杆可受力后进行。铁丝网必须张拉紧,网间搭接宽度不小于 10 cm,网材在坡顶外缘延伸不少于 20 cm,并间隔 30 cm 用铁丝绑扎牢固,保证网与网间连接牢固、网与坡面间距离一致。安装锚杆、铁丝网时应保证铁丝网处于厚层基质 2/3 处,这样有利于网面基材混合物的厚度一致及稳定。对于固定后坡面依然凹凸度较大的区域采用直径 6 mm、长度 10 cm 的小铆钉固定,将网材与坡面间距离控制在 3~5 cm。⑦拌和、喷射基材。采用搅拌机将所需材料拌和后,用空压机加压对边坡进行喷植,喷植时按照自下而上的顺序,喷头与基础面尽量垂直,偏角宜控制在 20° 以内,以减少回弹量。⑧养护。喷播后早期要勤养护,并覆盖草垫子,提温保温,确保种子早发芽早生根。种子发芽后,适当覆盖遮阳网,遮阳网与锚筋固定,以防止大风吹坏。植被养护的重点在坡顶和坡底。在坡顶处要保持坡顶基层的湿润,如出现植物叶面发黄、叶尖卷曲或基质干燥的情况应立即分析原因,对其进行喷洒灌溉或补充肥料。养护中结合附近水源情况,安装永久喷淋管路,管路采用  $\Phi 40$ 、 $\Phi 20$  多种接口分级安装旋喷头,旋喷头在边坡上按照 4 m $\times$ 4 m 梅花形布置。养护需控制水量,防止浇水过多造成坡底基层内部形成“壤内流”,侵蚀基材混合物中小颗粒及淋失养分,同时过多的水会影响坡底植物根系的呼吸,形成烂根<sup>[4-5]</sup>。

#### 4 实施后的效果

通过在交通洞口两侧、河道两侧和上水库进口部位进行试验,呼蓄电站 TBS 技术应用取得了成功,从设计理念到植物配置和施工工艺均可以为严寒地区边坡防护及生态恢复工程的设计和施工提供借鉴。经历近两年的生长期后,TBS 措施实施效果良好,实施后绿化恢复率达 80%~90%,此后将根据气候情况确定养护强度和频次,以实施后期自然生长。

(1)绿化景观效果。厚层基材配方合理,边坡植物生根快、长势旺。护坡植物在抗旱、抗病虫害方面表现出良好的性能,草种中增加格桑花等,草花、草灌相搭配,具有良好的景观绿化效果(图 1)。



图 1 河道边坡绿化效果

(2)水土保持效果。喷射完成后经养护 48 h,植被层就会产生一定的强度,6 d 后就能抵抗暴雨冲刷(100 mm/h)。通过对厚度和密度的严格控制,植被混凝土水分渗漏较少,有利于岩石坡面和植被混凝土之间的胶结。混凝土绿化添加剂的使用,一方面解决了水泥大量使用带来的强碱性和高水化热对草种发芽与生长的不利影响,另一方面解决了通常植被基材层在烈日暴晒下发生龟裂引发雨水集中渗透导致植被基材层脱落坍塌的问题。实践证明,经过风吹雨打、严寒酷暑的植被混凝土植物生长态势良好,没有发现裂缝和脱落现象。

#### [参考文献]

- [1] 潘宁,钟进,康建民,等.呼和浩特抽水蓄能电站可行性研究报告[R].北京:北京国电水利电力工程有限公司,2005:7.
- [2] 李彩霞,贾洋海,张继伟,等.内蒙古呼和浩特抽水蓄能电站水土保持设施验收技术评估报告[R].杭州:中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司,2016:10.
- [3] 王文唐,柳原.北方地区冷季型草坪草种选择及管理[J].内蒙古农业科技,2004(增刊1):194-195.
- [4] 彭云.浅析 TBS 植被护坡技术在岩石边坡防护中的应用[J].建筑,2009(7):53-54.
- [5] 王元.岩石边坡 TBS 植被护坡设计与施工[J].公路交通技术,2004(5):127-129.

[作者简介] 铁朝虎(1981—),男,河南安阳市人,工程师,硕士,主要从事抽水蓄能电站建设管理、施工新技术等方面的研究。

[收稿日期] 2017-06-08

(责任编辑 李杨杨)