

TBS 植被在边坡防护中的应用

王建民, 王彩红

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066)

摘要:安徽绩溪抽水蓄能电站在建设过程中,将 TBS 植被技术大量应用于边坡防护中,用以替代传统拱形骨架防护、框格梁混凝土等边坡防护措施,其安全风险降低并具有一定的价格优势,使整个电站的生态环境得到了有效的改善,在日后各类工程建设边坡处理中,TBS 植被防护必将成为环保和贴近自然的边坡防护措施。介绍了 TBS 植被在边坡防护中的应用。

关键词:TBS 植被;边坡防护;安徽绩溪抽水蓄能电站;应用

中图分类号:TV7;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)03-0071-04

1 概述

随着经济的飞速发展,水利、水电、公路、高铁等各类大型工程项目在全国范围陆续上马实施,这类工程项目在修建过程中不可避免地要大面积开挖山体、形成裸露的边坡。在传统的边坡防护中,土质边坡的防护形式多为拱形骨架支护、网格梁防护及护面墙等,这类边坡防护形式虽然能达到绿化效果,但劳动强度大且大量施工人员处在边坡上作业,施工成本高,安全隐患大;而岩质边坡防护形式多为喷锚支护,直接造成边坡生态环境不可逆的结果。安徽绩溪抽水蓄能电站工程近 10 万 m² 全、强风化及中等风化岩质边坡最初的设计防护形式为拱形骨架支护、网格梁防护及护面墙等,工程建设过程中,各参建单位高度重视边坡生态环境的恢复,最终确定将这些边坡防护形式调整为 TBS 植被防护,从而使整个电站的生态环境得到了有效改善,亦降低了工程造价。

2 实施 TBS 植被护坡的几个关键技术问题

TBS 植被护坡技术是使用经改进的混凝土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,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工程技术。通过植被根系的力学加固和地上生物量的水文效应达到护坡和改善生态环境的目的。TBS 植被用于边坡防护工程施工遇到的几个关键技术问题为:

(1)厚层基材是该项技术的关键,厚层基材由绿化基材(简称 GBM)、纤维、植壤土三部分组成,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、植壤土和水组成,其技术指标的确定是关键。

(2)确定适宜 TBS 植被防护边坡坡比与岩质条件的边界条件,为施工范围的应用与推广提供依据。绩溪抽水蓄能电站施工情况表明:TBS 植被防护适合于坡比不陡于 1:0.75 的全风化、强风化及中等风化岩质边坡。

(3)绿化植物的选择及配比参数的确定是 TBS 植被防护的另一关键技术,是体现日后效果的前提,应做到与当地植物生态相适宜且生长条件好,并可达四季常青最好。

(4)TBS 植被防护施工工艺与养护方法的确定。TBS 植被防护前期施工时间较短,但最终效果要看过程养护的方法是否得当和及时。

3 施工工艺及方法

3.1 工艺流程及基质配合比

(1)TBS 植被防护工艺流程见图 1。

(2)基质配合比。

每 100 m² 坡面(按 10 cm 厚度计)基质配合比见表 1。施工用水根据喷射情况进行调整,以达到既能粘结在岩面上、又不致产生流淌为宜。

以上为理论建议配比,可根据实际土质及坡面情况做适当调整。

3.2 施工方法

3.2.1 施工准备

TBS 植被防护的主要准备工作有料场及拌和站场地确定、施工用水及资源配置与坡面清理等。

(1)料场及拌和场地。

收稿日期:2017-04-23

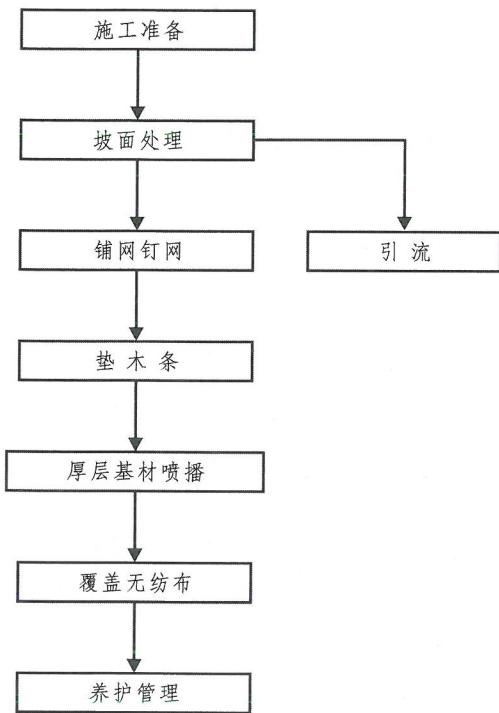


图 1 TBS 植被防护工艺流程图

表 1 每 100 m² 坡面 (按 10 cm 厚度计) TBS 基质配合比表

序号	材料名称	单位	用量	产地
1	泥炭土	m ³	2~2.5	东北吉林
2	过筛腐植土	m ³	13~15	本地种植土
3	植物纤维	kg	400	浙江长兴
4	粘合剂	kg	1.5~2	北京
5	种子	g	10~30	国内及国外
6	缓释复合肥	kg	3~5	杭州

生产料场的位置根据边坡施工范围确定,以靠近和集中为原则。料场主要堆放施工种植土、草纤维、泥炭土等大件物资,还要根据施工强度设置 1~2 台 JZC350 型滚筒搅拌机集中拌和基质,采用农用车(5 t)转运的方式将其运输到预喷播的边坡下。所有材料集中堆放,雨天采用塑料布覆盖保护。

(2) 施工用水。

施工用水采用边坡施工附近的冲沟常流水,但需保证日常用水量,若水量供应难以保证,需寻找稳定的水源,采用布置供水管路和多级泵提供动力、设置蓄水池等措施,以保证 TBS 植被防护施工及日后长期养护过程中的用水需要。在边坡顶部铺设 φ63 PE 管道作为主供水管道,φ50 及 φ25 作为分管分流浇灌边坡后期植物,保障植物的正常需水。

(3) 班组配置。

根据分区工程量大小及其分布情况,为便于组织均衡生产、连续施工协调管理,实现各施工段之间的平行流水作业并考虑进场队伍的技术施工能力和安全保证,每个班组配齐铺网、锚杆和喷播三个专业工种的人员,按铺网——锚杆——喷播流水作业需要逐段进行,具备规模后开始 TBS 喷播作业,待坡面锚杆全部结束后,所有前置工作作业人员转为喷播和养护作业。

3.2.2 施工方法

(1) 坡面处理。

绩溪抽水蓄能电站边坡岩体多由粗斑粒花岗岩组成,其表层剥落严重,个别边坡在马道及坡脚处表层脱落物堆积严重,局部厚度达 30 cm。采用人工铲除堆积体、出露边坡原貌的方法修整坡面。对于个别坡面浮石、危石较多的,采用人工携带小型工具逐个清理的方式;为防止块石滚落到坡脚公路上,在坡脚设置钢管护栏,绑扎脚手片拦挡,护栏上悬挂警戒牌。为确保道路行车安全,公路施工段前后 30 m 各放置一套警示告示牌,夜间安放反光安全锥,并在主要设备上设置安全警示灯等。对于边坡清理下来的浮渣,采用农用车将其及时清运至指定的弃渣场。

(2) 铺网与钉网。

铺网:网片采用 PVC 铁丝网,单片网材的尺寸为 2 m × 20 m,长度根据需要裁剪,坡顶延伸 30~50 cm 并用桩钉固定。坡顶固定后,自上而下铺设,左右两片之间搭接宽度约为 10 cm,可根据坡面平整度适当进行调整,以最终搭接不拉裂为准。

钉网:网材固定采用灌浆锚杆 + 贴面锚钉相结合的方式。

锚杆钻孔作业平台采用座板式安全带吊主绳 + 副绳配自锁防坠器的形式,既保证了施工的精度和可操作性,又保证了安全和可靠性。

固定锚杆设置于各网片搭接处,深度为 100 cm,间距为 2 m × 2 m,孔内注入水泥砂浆固定。

钻孔采用 YL18 型手风钻,钻孔进尺采用渐进轮替法。开孔时采用 L = 50 cm 钻杆先行钻入,待钻杆进尺到位后,拔出短钻杆,更换 L = 120 cm 长钻杆继续钻进至设计深度,TBS 植被防护锚杆结构见图 2。

贴面锚钉锤击到底,遇阻碍处采用电锤适当

引孔,将锚杆植入起贴面作用,深度为35 cm。

根据坡面的实际情况,在坡面起伏较大的区域采用“L”形φ6钢锚钉,长度为8~15 cm,起张网作用。所有钉网作业工作均采用人工悬吊安全绳、佩戴安全带、手持小型风钻结合电锤完成。贴面锚杆结构见图3。

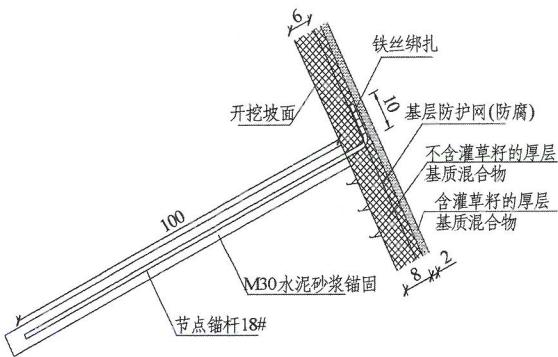


图2 TBS植被防护剖面图

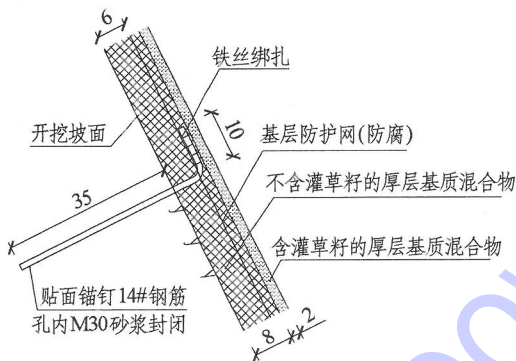


图3 贴面锚钉剖面图

(3) 垫木条。

坡面钉网结束后,为了增加坡面的粗糙度并保证基质在坡面停留的稳定性以及便于基质厚度的控制作业,根据坡面的实际情况,在坡面与网材之间梅花形布置木条。木条尺寸依据坡面的具体情况适当调整。边坡网片、锚杆(钉)、垫木条效果见图4。

(4) 引流。

在前期坡面渗水调查的标记点处采用打孔或人工掏挖的方式形成孔洞,在其内部插入排水管,用水泥砂浆封闭孔口,以保证渗水全部排到排水管内,排水管由渗水口引流到坡脚,从而起到保护坡面免受冲刷的作用。

(5) 厚层基材的喷播。

钉网等工序完成后进行厚层基材的喷播。将

粘合剂、植物纤维、泥炭土、种植土、复合肥、种子等混合干料按比例搅拌均匀后用喷射泵和空压机将干料送至喷射管口,在喷射管口将混合土与适量的水混合后喷射在坡面和铁丝网上,采用水量控制,使喷射在岩面上的基质稠度达到既能粘结在岩面,又不致发生流淌为宜。施工喷射一次性完成,现场喷播厚度、均匀度、种子密度等应满足要求。厚层基材喷播效果见图5。



图4 边坡铺设完成的网片、锚钉(杆)及垫木条



图5 厚层基材喷播施工

植物种子的选择:

针对绩溪地区气候、水文条件、边坡现状及施工时间,为了保证坡面具有良好的生态效果并发挥水土保持作用,降低养护时间和管理强度,最大可能地体现立体景观与长久的多物种生态群落,最终确定的物种群落为灌草型,具体选择的植物种子如下:

冷季型草本:高羊茅(2 g/m²);

暖季型草本:百喜草(3 g/m²)、狗牙根(1 g/

m²);

豆 科:紫花苜蓿(1 g/m²);

灌木类:紫穗槐(2 g/m²)、胡枝子(1.5 g/m²)、马棘(1.5 g/m²)、多花木兰(2 g/m²)、刺槐(1 g/m²);

花 类:野花组合(1 g/m²)。

(6) 覆盖无纺布。

厚层基材喷播完成后,在喷播的表面覆盖单层无纺布,采用 U 型铁钉固定,以减少降雨对厚层基材的冲刷,同时减少边坡表面的水分蒸发,从而进一步改善种子的发芽与生长环境。

(7) 养护管理措施。

喷播结束后,即进入正常的养护管理阶段,主要工作内容为浇灌与施肥。

① 浇灌养护。

6~9 月期间:边坡基质中的植物处入萌动、发芽阶段,除雨季外,应保持边坡湿润,将浇水频率控制 1~2 次/d;待所有物种完全出苗并趋于成熟时可适当减少养护浇水的频率,改为 1 次/d 或 1 次/(2~3) d,视具体情况而定。遵循“间干间湿”原则。

10 月~次年 3 月期间:边坡植物逐渐进入冬季休眠准备期,部分植物会呈现叶片发黄、脱落现象,最终到完全休眠状态;只有部分当地入侵的冬季物种与高羊茅等勉强见绿,此时,为了保持一定效果,采用补充水份的方法进行调整,频率为 1 次/周。

次年 4~6 月期间:种植区气温逐步回升,冬眠的植物逐渐苏醒,为了加速植物的返青速度并提高返青率,干旱季节将浇水频率控制为 1 次/3 d。进入梅雨期后不再浇水。

次年 7~9 月期间:当地虽然进入了干旱炎热的夏季,但边坡植物基本度过了一个自然水文年,成熟度提高,根系发达,抗冲刷性增强,保持浇灌 2 次/周即可。

次年 10 月后:边坡植物经历了一个完整的水文年,部分植物的各种习性基本适应了当地气候环境,形成了较为稳定的植被群落存活于边坡上,少部分植物完成护坡使命后逐渐被淘汰,当地野生植物也顺势侵入而形成群落,如此遵循了自然界“优胜劣汰”法则。根据实际情况,适当调整浇灌水量。

② 施 肥。

边坡的立地条件严酷,保水保肥能力较差,施肥对边坡植物的生长就显得尤为重要。但是,为了使各种植物能够达到平衡生长的状态,种间竞争正常,最终达到边坡植物多样性群落,必须适当调整好施肥种类和施肥量,把握好施肥季节和施肥时间,合理调整肥料在植物间的供需关系。根据边坡的实际情况与选择植物的特性等进行综合考虑后决定采用以下四种施肥方式。

断奶肥:边坡植物趋于成熟时,采用人工手播的方式施撒硫酸钾型复合肥 N:P:K = 15:15:15,用量为 8 g/m²,撒施后及时跟踪浇透水一次,以防烧苗,追肥时由专人看管,水量为不多不漏,施肥时间为 9 月底。

越冬肥:植物进入冬天前,必须储存足够的越冬能量,采用人工手播的方式施撒硫酸钾型复合肥 N:P:K = 16:16:16,用量为 10 g/m²,撒施后及时跟踪浇透水一次,施肥时间为 11~12 月。

返青肥:次年 5 月,春季气温回升,雨水渐增,对植物的生长重新创造了良好的条件,枯黄、植物的休眠状态被打破而进入返青期。为了使植物及早从逆境中解脱并提高返青率,必须施撒返青肥,用量为 5 g/m²,硫酸钾型复合肥 N:P:K = 15:15:15。

夏秋肥:施工区夏秋进入雨季,必须施肥以提高植物的抗性,特别是抗倒伏性与抗病性,为此,施撒以上肥料,用量为 10 g/m²,施肥应保证均匀,不多撒、不漏撒,施肥后及时洒水或雨前撒施。边坡 TBS 植被防护初步效果见图 6。



图 6 边坡 TBS 植被防护效果初现

混凝土浇筑完毕 12 h 内应采取养护措施。可对混凝土表面采用覆盖和浇水养护,井壁侧模拆除后悬挂草带或麻袋并浇水养护,每天浇水次数应满足能保持混凝土处于湿润状态的要求。

模板的拆除应根据各部位的特点,按规范规定的混凝土需达到的强度要求决定模板拆除时间,防止因抢进度提前拆模,进而影响混凝土的外观质量。对于首仓混凝土底模,待调压井阻抗孔、大井衬砌完成后方能拆除模板。

3 应用情况

悬臂锚杆支撑衬砌混凝土施工技术在由中国水电五局承建的喜儿沟水电站调压井工程中成功应用,圆满完成了调压井大井和阻抗孔衬砌钢筋 150 t、混凝土 3 000 m³、橡胶止水带 600 m 等主要工程量,减少了人员、设备窝工,解决了施工中调压井井内与其下面压力管道的施工干扰,降低了安全隐患,加快了工程的施工进度,节约了工程成本。该施工技术开创了新的思路,具有显著的科

(上接第 74 页)

(1)深化安全教育,强化安全意识。工地操作人员必须持证上岗,做到上岗必有证,无证不上岗,严禁无证上岗操作;工作人员上岗前必须进行技术培训和安全教育,牢记“安全第一”的宗旨,安全员坚持持证上岗。

(2)每月定期检查工地一次,平时进行不定期检查,做到及时发现隐患、及时整改。

(3)双保险安全保护。选择坡顶直径 8 cm 以上牢固、可靠的乔木做为两根尼龙机制安全绳($\varphi 18$ 、破断拉力为 29.7 kN)的悬挂点,将安全绳系于树干根部;对于个别边坡坡顶无可靠、安全的乔木,需在坡顶线向外不少于 2 m 处采用风钻钻孔,插入 $\varphi 25$ 钢筋,注浆固定,有效深度不小于 1 m,横向间距不小于 50 cm 处、以同样的方式钻孔插筋做为顶部固定点,一根安全绳做为主绳,将作业人员的安全带与坐板连接其上,另一根做为副绳,采用自锁防坠器(型号 $\varphi 18 \sim \varphi 28$)将作业人员连接,最终形成双保险双点悬挂支撑体系,保证作业人员的安全。作业人员使用该锚杆前,由项目安全员进行检验,确认其安全可靠。

(4)TBS 边坡防护在其施工过程中,为确保道路通行安全,在各作业面前后 50 m 处设置安全警示牌,必要时安排专职人员进行安全警戒。施

技进步意义,经济社会效益显著。

4 结语

近年来,我国水利水电工程建设发展迅速,在建工程的数量和规模都达到了前所未有的水平。而悬臂锚杆支撑装置施工技术不仅实用于竖井、斜井等水利水电工程,还实用于线型、圆型工程中所有竖向承重的岩土工程。依托工程申报的《调压井阻抗孔悬臂锚杆支撑装置》还荣获 2012 年国家实用新型专利授权。该技术成熟,使用材料均为工地现有材料,能结合系统锚杆和随机锚杆施工,成本较低,易于操作,能够有效降低钢管脚手架的搭拆与其它支撑承重的人工费用并提高工作效率,减少上下施工面的干扰,加快施工进度。

作者简介:

张黎(1983-),男,贵州三穗人,处长,工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;

袁幸朝(1985-),男,湖南隆回人,工程师,从事水电工程科技管理工作。
(责任编辑:李燕辉)

工过程中加强边坡坡顶巡视,避免边坡落石伤人。

5 结语

安徽绩溪抽水蓄能电站路基边坡、高边坡原设计方案为采用拱形骨架防护、框格梁混凝土,但开挖揭露的路基边坡地质情况多数为强、中等风化岩质,边坡自稳性较强。鉴于拱形骨架防护需在边坡、高边坡上运送大量片石,材料运送难度大,成本较高,施工进度缓慢且安全隐患较大;框格梁混凝土在坡面上由大量工人进行钢筋制安及模板固定,混凝土入仓难度大,成本高,最终决定采用 TBS 植被防护工程技术用以成功替代拱形骨架防护、框格梁混凝土,将安全风险降低并具有一定的价格优势,与浆砌石拱形骨架防护相比可节省投资 20% ~ 30%,与框格梁混凝土防护相比节省投资比例更大,为零成本恢复植被。可以期待,在日后各类工程建设边坡处理中,TBS 植被防护必将成为逐渐替代传统浆砌石护坡、框格梁混凝土及部分岩质边坡喷锚防护的、最环保和贴近自然的边坡防护措施。

作者简介:

王建民(1986-),男,河南新乡人,项目总工程师,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

王彩红(1986-),女,甘肃兰州人,助理工程师,从事水利水电工程施工经营管理工作。
(责任编辑:李燕辉)