

挡土翼工法在石质边坡生态恢复中的应用研究

周顺涛¹, 辜彬¹, 蔡胜¹, 寒烟²

(1. 四川大学 生命科学院, 四川 成都 610064; 2. 成都天琅科技有限责任公司, 四川 成都 610045)

摘要: 如何增强客土土体抗侵蚀性和稳定性, 对石质边坡生态恢复建设有着重要的意义。提出了挡土翼工法的设计技术出发点以及具体施工工法, 并在庆丰生态治理工程中对挡土翼的实际生态恢复效能进行监测。监测结果发现石质边坡生态恢复采用了挡土翼工法坡面比未采用挡土翼工法坡面先锋植被建立时间快, 土体侵蚀情况明显减少, 坡面土体厚度可增加 4~7 cm, 极具推广应用价值。

关键词: 石质边坡; 边坡防护技术; 挡土翼工法

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2009)02-0188-04

中图分类号: S157, F301

Application of Soil Protecting Wing Technics in Restoration of Lithoid Slope

ZHOU Shun-tao¹, GU Bin¹, CAI Sheng¹, HAN Yan²

(1. College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610064, China;

2. Chengdu Tianlang Science and Technology Ltd., Chengdu, Sichuan 610064, China)

Abstract: It is important to enhance soil body erosion resistance and stability in the lithoid slope ecological protection. This paper proposes the designed principle and concrete construction of soil protecting wing technics. This technics was tested at Qingfeng ecological protection project, the result shows that the rock slope using soil protecting wing techniques restored more quickly, soil body erosion evidently decreased and the soil body can add 4 to 7 cm thickness more than that of not using soil protecting wing technic. So, the soil's protecting wing technics has a great value of extension and application.

Keywords: lithoid slope; slope protection technique; soil protecting wing technics

人类对自然资源的开采行为以及工程建设过程中对岩土的开挖堆填行为, 都会产生大量边坡, 而在剧烈的土地扰动和高速的岩土挖垫下形成的边坡, 直接导致景观和生态环境的急剧退化甚至破坏^[1]。如何恢复被破坏的生态环境是当今的热点问题, 而其中占据重要地位的研究内容是石质边坡的生态恢复。

石质边坡(尤其是在高陡边坡)缺乏植被生长的条件, 坡面土体缺乏支撑稳定性^[1]。目前, 国内石质边坡生态恢复主要有客土喷植技术、厚层基材技术(TBS)、植被混凝土技术、喷混植生技术等^[2], 这些技术大致都是锚固三维网与厚层客土喷播, 即将网面(常用镀锌铁丝网和 PVC 钢网)直接锚定、覆盖于坡面上后, 将客土、水泥、糠、磷肥、有机肥、复合肥、保水剂、土壤稳定剂等与水按一定比例配成厚层基材以增加坡面土体的稳定性^[3]。但由于网面与基质结合不紧密, 以及其无法控制土体内部渗透水的方向与流速, 渗透侵蚀的防护作用较弱。这几种生态恢复方案没有很好地解决在石质边坡植物防护体系尚未成形

的情况下, 坡面的客土土体稳定性问题^[4]。因刚施工的边坡坡面没有植被的覆盖(一般为施工后的两个月), 坡面土体对强降雨的抵御力低, 土体表面雨水汇集面形成面流或细流。然而在较干旱地区, 少有的降雨又因为石质边坡客土层薄, 土层中渗透水缺乏阻挡, 流动过快, 植物吸收时间短而不能充分利用, 形成了水资源的浪费并且将增加后期养护费用。在实际施工中有时会使用保水垫(即利用稻草或高粱束编结成的底垫置于底层)作为底层保水的措施, 但加大了生态恢复施工难度同时增加成本, 也有使用在客土基材中增加粘结剂含量的方法维持基材的稳定性, 但随之而来会引起土壤的严重板结。而使用混凝土型框技术不仅影响生态恢复的美观性同时也无法使目标区域与周边环境一致和谐。

为了既能起到良好的边坡防护作用, 又能改善生态环境, 体现自然美, 综合考虑各方面的因素, 提出了一种效果好, 符合我国国情的边坡防护技术——挡土翼工法, 可进一步提高石质边坡生态恢复的效果。

收稿日期: 2008-10-19

修回日期: 2008-11-19

资助项目: 浙江省国土资源厅项目(2006 重大-002)

作者简介: 周顺涛(1982-), 男(汉族), 硕士研究生, 重庆市人, 研究方向为生态工程。E-mail: zhou987020@163.com.

通信作者: 辜彬(1959-), 男(汉族), 博士, 博士生导师, 四川省成都市人, 研究方向为生态工程。E-mail: gu406@sohu.com.

1 挡土翼工法介绍

石质坡面本身不具备植物生长所需要的条件,要求人工为植物生长营造一种良好的环境,其中的关键是使人工制造的土体具有相当的稳定性,并且抗雨水的侵蚀能力较强,在坡面发展起植被后,靠植物根系与土壤之间的附着力以及根系之间的相互缠绕来达到加固边坡的目的^[5]。但在边坡生态恢复工程初期,坡面没有植物根茎叶的保护,抵御雨水的侵蚀完全依靠边坡生态恢复工程采用的临时方法与工艺,甚至有些地区是“靠天吃饭”,即天气状况保持长期稳定才施工作业,这种方法局限性非常大。我国许多地区雨季集中,降水量和降水强度较大。在雨水较多地区,石质边坡生态恢复工程中常常出现土体沿石质坡面滑动的局部溜滑进而形成条沟甚至大面积滑坡的现象。在这种情况下,除了在边坡表面和浅层设置排水沟、暗沟外,尚需在边坡的深层埋设排水管沟,以降低边坡土中的孔隙水压力,减少边坡下滑力矩并保持边坡的抗滑稳定性^[3]。这无疑增加了边坡生态恢复工程设计与施工的难度,耗工耗时。鉴于这种情况,挡土翼工法以其自身的特性很好的解决了石质边坡生态恢复初期自身防护性低,土体稳定性差的问题。

1.1 挡土翼结构

挡土翼由翼板和锚杆两部分构成,基本结构见图 1。挡土翼设计的基本要点为:根据具体坡面情况,翼板规格灵活设定,翼板宽应小于坡面土体的设计厚度,翼板长针对坡面的石坡沟壑而设定,应与石坡沟壑的长基本一致;翼板平面设计为波浪形,可增加翼板与土壤间的摩擦力,材质可用铁、钢、铝板以及合成材料板,承载力应大于设计土层相应厚度的分力。根据坡面土体的分力进行计算可知挡土翼承载力 F ,使坡面土体除了基材间的内摩擦力保证其稳定外,还有挡土翼的承载力对基材形成支撑(如图 2 所示)。锚杆以螺纹钢等坚硬的材质作为支撑,长度规格根据具体情况灵活设定,锚杆长必须保证锚杆末端能延伸至岩石稳定层。挡土翼翼板和锚杆焊接牢固。可挡土翼翼板表面漆有防腐漆,顶部有塑料管套,可增强其抗腐蚀性。

1.2 技术出发点

(1) 由翼板增大了边坡土体与坡面的接触面积,并承担了大部分的土壤侧向压力,从而增大了土壤与坡面的土体抗剪强度。浅层土体溜塌一定程度上得到了遏止。

(2) 挡土翼纵向交错的坡面排布通过改变土体内部的渗透水的流向(如图 3 所示)可减慢土体内部的渗透水的流速。

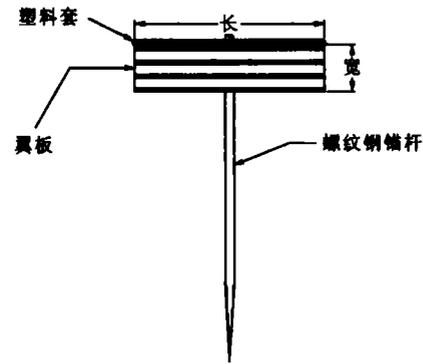


图 1 挡土翼标准图

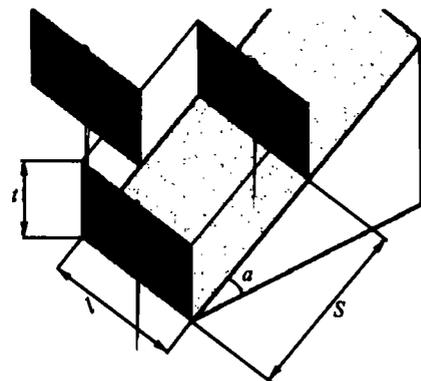


图 2 挡土翼的力学作用

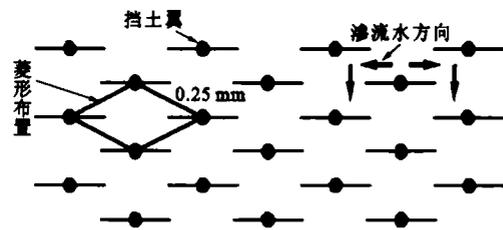


图 3 挡土翼菱形布置示意图

(3) 大量的工程实践和室内试验都表明,土体的破坏大多数是剪切破坏^[6]。在坡面坡度较大的情况下(大于 1:1 坡比)土体与坡面相接的地方由于法向应力小,摩擦力相应较小,仅仅依靠土体的自身阻抗固土固坡非常困难^[6]。挡土翼对土体形成支撑可有效防止在高陡边坡上出现的坡面土体溜塌和滑坡的现象。承载力的大小是由挡土翼的材料所决定的。根据坡面的实际情况与坡面基材的密度即可选用相应材料使用。设坡面基材密度为 δ ,坡面夹角为 α ,挡土翼翼板长为 l ,翼板宽为 t ,如(图 3)两翼板竖向布置的距离为 s ,则挡土翼材料选用变形力大于: $F = m g \sin\alpha = \delta l t s g \sin\alpha$ 即可达到设计土体的抗剪强度。用挡土翼对土体的承载力代替土壤自身难以保证的抗剪强度,使其能够稳定附着于岩石边坡的土体基本厚度更厚,后期养护更简便,景观更自然美观。对无法栽种植物的高陡边坡地带,采用挡土翼工法优势更为明显。

(4) 施工难度低。除部分极陡边坡(大于 1:1 坡比)还须挂网外,大部分坡面可直接通过挡土翼构建出稳定土体的立体架构,从而减少了挂网和锚定两步极耗工时的步骤,在布置挡土翼后即可进行喷播作业。

(5) 植被形成后,根系发达的草本植物根系网,将坡面上植物、挡土翼和表层土壤(或岩石)紧紧的连在一起,比植物根系直接附着在边坡岩壁上具有更强大的稳定性。

1.3 挡土翼工法的施工

(1) 挡土翼安装的方向性和稳定性是挡土翼产生功效的首要保证。挡土翼翼板应垂直于坡面安装,翼板下沿尽可能贴近坡面。锚杆固定可以采用先在坡面上打锚孔,再安装挡土翼,在坡面有影响挡土翼安装的裂隙但又必须安装挡土翼的地方可以采用往锚孔里灌水泥砂浆的方法使挡土翼固定。挡土翼的排布形状为菱形排布。

(2) 在岩石边坡地质灾害处理后不可能有绝对平整的坡面,存在石质沟壑。在降雨时,土体中的渗透水会因重力作用而汇集在这种沟壑底部流动,极易引起土体失稳溜塌,故挡土翼在石质边坡布置除遵循菱形排布外,还应排布在沟壑底部形成阻挡(如图 4 所示)。

(3) 挡土翼的安装密度根据具体地质条件设定。在坡度大,坡面滑的区域安装的挡土翼可适度密集。

2 工程应用

2.1 工程概况

庆丰采石场开采已久,原有植被全部被破坏,形成了宽 300 m 多,高近 140 m 的高陡边坡,裸露岩体达 $7.0 \times 10^4 \text{ m}^2$ 。边坡区山体呈近南北向展布,最高峰火龙岗海拔 194 m,属海岛丘陵地貌。场地东侧山体边坡最高点高程为 141 m,山体自然坡度一般为 $25^\circ \sim 32^\circ$,近山顶及坡麓地段较缓,为 $10^\circ \sim 15^\circ$;人工边坡坡度 $40^\circ \sim 70^\circ$,局部直立或倒坡。山前平地地势西低东高,高程为 7~10 m。由山前坡麓向西,逐渐过渡到滨海平原。

庆丰采石场位于舟山市定海区东南部,气候属于北亚热带南缘季风海洋性气候,年平均温度 16.3°C ,年均降水量 1 292.5 mm,全年平均风速 3.4 m/s。冬季有寒潮、初夏有梅雨、夏秋之交有台风暴雨的主要灾害性气候特点,不利于水土保持,植被恢复工作有一定的难度^[7]。

在地质灾害治理工作结束后,首先进行了清坡整理,分级削坡,最终形成 14 个人工阶梯,即 14 个工程坡。施工方在 $5^\circ \sim 11^\circ$ 坡坡面采用了挡土翼工法,其中 5° 坡的倾角为 39° ,非高陡边坡,故只有部分边坡坡面设置了挡土翼。 $12^\circ \sim 14^\circ$ 坡面未设置挡土翼。

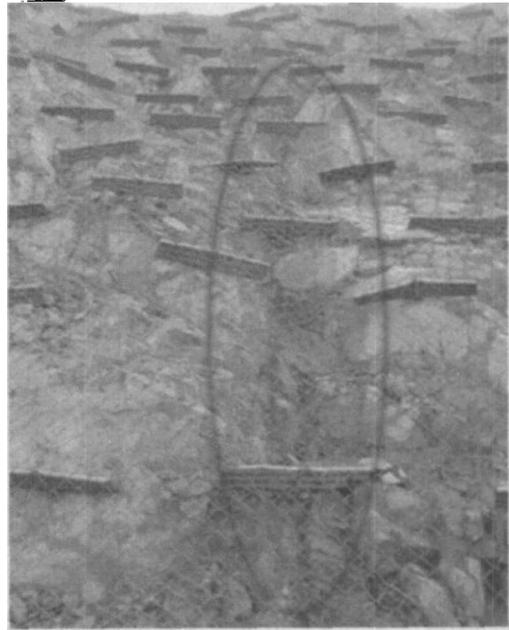


图 4 挡土翼在石质边坡沟壑中的设置方法

采用客土喷播与挡土翼工法结合的设计生态恢复治理方案具体步骤是:清理坡面→安置挡土翼→铺设坡面铁丝网→打锚钉固定坡面铁丝网→客土干拌添加草种后与有机基材、粘结剂、保水剂、肥料、酸碱调节剂按一定比例混合,经过机械充分搅拌均匀后加水拌合,输送至高压喷射机→向边坡喷射生态材料→洒水养护→结束。

2.2 挡土翼效能测试

测试是与施工同步进行的,于 $6^\circ \sim 11^\circ$ 坡制作 8 组共 32 个监测点,每组 4 个监测点,采用 $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ 样方在测试坡施工后的 2 个月时间中进行坡面溜塌数量监测记录。 $12^\circ, 13^\circ$ 坡两组未采用挡土翼工法,作为对照组;挡土翼组是采用 $6^\circ \sim 11^\circ$ 坡,监测时期经历舟山地区降雨量最大的 9 月下旬至 11 月上旬,最大 24 h 雨量达到 600 mm。

2.3 测试结果

相应监测点水土流失状况如表 1 所示。

(1) 在坡度更陡的 $6^\circ \sim 11^\circ$ 坡,客土土体的厚度稳定在了 11.8~15.0 cm,比 $12^\circ \sim 13^\circ$ 坡客土土体的 7 cm 左右的厚度明显增加。

(2) 安装了挡土翼的坡面可抵御降雨量达 600 mm 的暴雨,出现极少溜塌,而与之对应的 $12^\circ, 13^\circ$ 坡的坡面由侵蚀产生的溜塌与较大冲沟数量则相对较多,每个监测点都出现严重的水土流失的情况。

(3) 在喷覆厚层基材与草种后,采用了挡土翼工法的坡面 70 d 左右后坡面植被覆盖率达到 80%,而未采用挡土翼的 12° 坡, 13° 坡则因为水土流失严重,并且在监测期内不断出现严重的水土流失,无法达到覆盖率 80%。

表1 具有挡土翼的监测点水土流失状况

工程坡位	坡比	下垫面	4个监测点土体被侵蚀产生的溜塌与较大冲沟数量/个				坡面植被覆盖率达到相应比率时间/d		厚层基材平均厚度/cm
			A	B	C	D	70%	80%	
			13#	1:1.25	岩石	3	7	2	
12#	1:1.25	岩石	4	3	5	2	50	无法达到	8.4
11#	1:1	岩石	0	0	0	0	40	50	12.5
10#	1:1	岩石	0	0	0	1	40	75	13.4
9#	1:1	岩石	0	1	0	1	40	78	11.8
8#	1:1	岩石	0	0	0	0	45	69	15.0
7#	1:1	岩石	0	0	1	0	40	70	12.4
6#	1:1	岩石	0	0	1	0	40	70	12.5

3 讨论

在实际的效能测试中看到,未采用挡土翼的坡面客土土体只能保证7~8 cm左右的厚度,大量的工程实践证明这也是在高陡石质边坡生态恢复中客土土体能保证的最大厚度,是高陡石质边坡生态恢复的瓶颈,严重阻碍了生态恢复工程的长期有效性。它在石质边坡(尤其是在高陡边坡)的生态恢复工程初期控制水土流失能力有限。挡土翼工法在边坡土体的内部起支撑作用,将整个坡面土体与内部渗透水的侧向压力分布到了每个挡土翼上,同时挡土翼与坡面纵横交错的排布方式使得土体内部的渗透水流动方向不断改变,极大地减小了渗透破坏作用,从而增加土颗粒间的连接强度,可有效地减少水土流失。采用了挡土翼工法的坡面比未采用挡土翼的坡面植物生长快,概因为采用了挡土翼,使坡面土体稳定,草种与营养元素更不易流失,有效地保证了土体的稳定性,为植被的生长创造了优越的条件。

具体而言,挡土翼工法应用于岩石边坡以及工程建设过程中岩土的开挖堆填后的护坡工法,具有如下优点。

(1) 挡土翼制作材料简易,价格低廉,省时省力,大多数坡面可省略传统客土喷播工法中挂铁丝网的施工步骤,施工快捷;并且与传统的喷锚、浆砌片石骨架、水泥骨架等措施相比,不但生态效益明显,经济效益也十分显著,具有材料成本较低的优点。

(2) 挡土翼材料强度高,抗腐蚀力强的特性使其具有较长的有效时间保证坡面土体的稳定性,有充足的时间形成多样性植被,建立自然群落结构,从而能够抵御强降雨的威胁。

(3) 挡土翼具有的对土体的超强支撑及稳定作用,使得其能在高陡边上稳定的土体的厚度更大,能保护土壤中营养元素不致流失,利于植被的正常演替,并可支持高大乔木的生长,使得挡土翼工法在高陡边坡的生态恢复工程中有不可替代的功用。

(4) 挡土翼工法不破坏坡面整体景观,仅仅在坡体内部产生作用。

[参 考 文 献]

- [1] 杨俊杰,王亮,郑建国,等.生态边坡客土稳定性研究[J].岩石力学与工程学报,2006,25(2):414-422.
- [2] 郭和蓉,卢小良,廖宗文,等.香港石质边坡生态恢复方法探讨[J].草业科学,2006,9(21):83-86.
- [3] 董志良,丁铁军,邱青长,等.浅析环境岩土工程及其锚固三维网生态护坡[J].边坡工程,2006,11(9):60-63.
- [4] 王铁桥.边坡绿化技术及其施工方法选择[J].中国水土保持科学,2006,(4):148-149.
- [5] 宋林旭,汪婷,周明涛,等.灌木在边坡生态防护中的作用[J].中国水土保持,2005(7):34-35.
- [6] 熊燕梅,夏汉平,李志安,等.植物根系固坡抗蚀的效应与机理研究进展[J].应用生态学报,2007,18(4):895-904.
- [7] 王奇志,辜彬,寒烟,等.舟山市庆丰废弃采石场的植被恢复方案探讨[J].中国水土保持,2006(6):34-35.