

试分析水利工程中生态护坡技术的应用

董永望

准格尔旗水利事业发展中心，内蒙古自治区鄂尔多斯市，010300；

摘要：生态护坡技术是水利工程项目建设的重要环节，也是提高水利工程建设质量的重要举措。生态护坡技术主要是利用生物与土工作业相结合，降低水土流失速度。本文重点分析水利工程生态边坡防护特点，结合水利工程项目建设案例，重点分析生态护坡技术的应用措施，通过对不同类型生态护坡技术的实际应用研究，总结出适用于水利工程的生态护坡技术，希望对从事相关工作人员予以参考和借鉴。

关键词：水利工程；生态护坡；应用研究

DOI：10.69979/3029-2727.25.09.045

水利工程是基础设施建设的重要组成部分，主要是起到农业灌溉、供水与防洪作用，其对于区域社会和经济发展具有重要意义。在传统水利工程项目建设中，其护坡方式存在施工成本高的特点，且对于周边生态环境产生重要影响，而生态护坡技术则可以降低施工成本与难度，提高水利工程建设质量，对于生态环境与水资源保护起到重要作用，是实现可持续发展的重要施工技术。

1 水利工程生态边坡防护基本特点

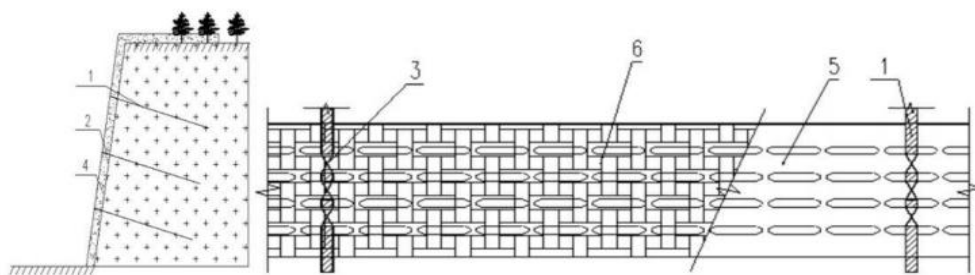
1.1 材料和结构特点

在传统水利工程项目建设中，其采用的主要护坡方式为砌石、混凝土或钢筋混凝土等结构，这些施工技术虽然能起到防护作用，但工期和成本投入较大，对于周边自然生态和水资源环境影响较大^[1]。例如，砌石护坡需要施工单位开采和运输大量的石料，会对周边山体产生较大破坏，如施工地点处于平原地区，还需要通过运输石料，对于周边交通道路造成极大破坏。混凝土或钢筋混凝土结构护坡虽然具有使用寿命长的特点，确保坝体能够正常使用，但具有施工周期长的特点，施工单位需要花费大量的时间与金钱建设护坡，且混凝土会受到

自然环境影响，一旦水利工程附近自然环境或水文条件发生变化，极容易对护坡产生严重影响。钢筋混凝土护坡具有较强的抗冲击性，能够应对恶劣自然环境，但施工难度和成本难以有效控制。

1.2 生态护坡防护技术特点

生态护坡技术主要是利用隔板，可以形成多层防护结构，从而对坝体起到保护作用，该项技术具有适应性强的特点，主要是采用土工织物或玻璃纤维等材料，具有施工简单特点，对于周边环境的影响较小。施工单位只需要投入少量人力、物力资源，就可以完成护坡施工任务。相对于传统护坡技术，生态防护技术也可以根据施工要求，利用土工合成材料完成护坡施工需求，能够利用双向拉伸土工格栅+单向拉伸土工格栅双层结构，有效提升隔挡拉伸强度，施工人员只需要将隔挡结构和锚杆有效连接，可以减少赖扎带施工程序，只需要简单利用单向拉伸土工格栅横隔挡，通过连接锚杆方式，完成不同隔挡的连接作用任务，使不同隔挡可以面对水流冲击。施工单位也可以在上层增加土工合成材料，避免隔挡中的土挤出，其对于护坡整体结构也具有加固作用，具体结构详见图1。



1-锚杆;2-横隔挡;3-连接结构;4-客土层;5-下层连接层;6-上层覆盖层

图1 土工合成材料横隔挡架构示意图

1.3 支护结构特点

采用土工合成材料横隔挡方式,支护机理大致可以划分为三部分:首先,锚固作用。该护坡技术主要是利用锚杆,实现底层土工格栅与边坡表面有效固定,能够将客土下滑力传递到稳定的土层中,避免客土出现松动或滑落情况,整体性提升护坡的稳定性。其次,承托作用。该护坡技术主要是利用双层横隔挡施工方式,避免客土出现挤出现象,能够有效固定客土,对于客土具有良好的承托作用^[2]。最后,包裹作用。土工合成材料横隔挡技术可以对顶层土、底层土与横隔挡进行有效包裹,使每个隔挡中的客土单元固定,确保护坡整体结构的稳定性。

1.4 体系组成特点

边坡生态防护技术主要是由 GFRP 锚杆、土工格栅网、双向格栅横隔挡等组成,不同的设施会起到不同的作用,最终起到坝体固定和防洪作用。其中,锚杆主要是将边坡表面的作用有效传递,使边坡表面作用力深入岩石层中,避免边坡表面土层发生松动情况。施工单位在选择锚杆的同时,应尽量选择玻璃纤维增强复合材料,这样可有效提升锚杆的抗腐蚀作用,不会因为金属锈蚀问题,造成整体结构松动情况。GFRP 锚杆还具有较强的施工优势,能够降低锚杆施工周期,施工成本也能得到有效控制。针对底层和顶层土的土工格栅网施工,其主要作用在于固定客土,避免客土出现流失情况。底层土工格栅主要是利用摩擦力,将表层设施固定在坝体上,在通过锚杆固定表层土,其主要是针对客土重力问题。上层覆盖层主要是起到客土固定作用,能够防止客土出现挤出情况,是直接面对水流的重要施工环节,可以和底层格栅形成完整的结构,使边坡能够正常使用。

2 生态边坡技术实际应用案例研究

2.1 工程项目概况

本文中的生态护坡技术应用案例位于东部某省,地处山地和丘陵地形,地质结构相对稳定,周边有大型废弃矿山,但经过数十年开采后,矿产资源逐渐枯竭,目前处于停产状态。该矿区属于露天开采方式,在地表上形成巨大的矿坑,但矿坑海拔较低,这与周边地形形成显著特征^[3]。由于该地区地质结构相对稳定,但地形地貌相对复杂,这使得项目施工难度较大,传统边坡施工技术无法满足设计要求,施工单位在获得建设权后,对周边地形、水文和地质结构进行全面调查,最终采用生态护坡施工技术,以此来完成坝体防护作用。

2.2 影响因素

施工单位在组织设计和施工方案时,发现周边地形对于边坡施工产生较大影响,各种作用力相互集中,尤其是客土稳定性与植物生长情况,一旦没有采用针对性措施,将会给后续的施工和使用造成直接影响。施工单位在了解这些影响因素后,组织技术和施工力量,开展小范围实验工作,重点研究基岩边坡客土稳定情况,结合当地的气候条件,在诸多适合植物中选择符合当地气候条件的种类,以此来改善项目施工条件。由于边坡会受到周边岩体的影响,通过对项目施工区域岩层结构分析发现,这些岩石属于风化类型,如直接采用传统施工方式,将会影响到项目施工寿命,给后续的边坡维护工作造成重要影响,在综合水文条件,最终得出项目实验方案。

首先,施工单位应开展边坡坡度现场实验工作,了解不同坡度对于生态护坡的影响,这方面需要结合多方面数据分析,并进行多坡度时间工作。由于施工现场地形和水文条件较为复杂,在坡度实验需要搭建大量的设施,尤其是脚手架,在清理完基岩后,方可开展钻机,清理钻孔、插设锚杆等作业,按照项目设计要求,分别铺设护坡各项设施,以此来收集项目实验数据^[4]。其次,由于客土基材层总体呈现流动状态,这要求护坡坡度不能过高,否则对于客土固定将产生较大影响,使护坡的抗冲击性下降。最后,施工单位在开展护坡方式实验工作中,应根据现场地形地貌,设计出立方体土工格栅单元体结构,还需要注意单元结构的大小测试,如扩大则会造成客土发生滑落或松动情况,如过小则会造成施工成本增加,影响项目施工进度。

2.3 实验方案

为降低生态护坡技术实验成本,施工单位可以采用计算机模拟和室内模型实验方式,现行计算好各项实验数据,根据模型的实际测试结果,加强不同数据的收集和分析工作,重点研究边坡坡面结构实验工作,模拟不同水文和气候条件,分析坡面在不同环境下的实际情况^[5]。在收集到坡面数据后,就需要采用植被种类实验数据,施工单位应调取当地的气候和植被生长数据,了解不同植被对于生态边坡运行情况的影响,还要根据不同边坡的水文条件,这样才能收集到详细的实验数据。由于边坡防护单元尺寸也会影响到最终的使用效果,施工单位应对不同尺寸的防护单元进行逐一测试,技术人员可以根据常见的生态护坡技术尺寸,分别开展各项实验工作,可以设置为 0.5m、1m、1.5m 尺寸,并对实际效果进行有效监测,具体的测试数据如表 1 所示。

表 1 现场实验布置表

序号	防护方式	固土结构单元体大小	坡段划分	边坡坡度
1	方体防护结构	1.5m×1.5m	I、Ⅶ	60°
2	方体防护结构	1m×1m	Ⅱ、Ⅲ、Ⅵ	65°
3	方体防护结构	0.5m×0.5m	Ⅳ、Ⅴ	75°

2.4 实验过程

由于项目建设区域岩层条件存在差异性,施工单位要提前组织好实验方案和人员,现场搭建脚手架,清理出基岩的风化石,避免对后续的实验工作产生影响。当所有实验准备工作已经完成后,需要对按照实验方案要求,将基岩护坡划分为不同实验区域,标记好相关数据,避免对实验结果产生影响^[6]。

3 结果分析

施工单位针对生态边坡实验工作,应按照工程设计方案开展,重点测试顶层、底层土工格栅受力情况。由于格栅具有较强的弹塑性特点,这就会造成边坡出现受力不均问题,施工单位可以模拟不同情况的实验场景,测试出不同防护方式的实际应用效果,具体测试数据详见表 2。

表 2 不同防护方式可防护边坡角度范围

防护方式	横隔挡间距 (cm)	客土厚度 (cm)	可防护边坡角度范围 (°)
无防护	-	10	0-56
边坡生态防护	200	30	0-50
边坡生态防护	200	25	0-52
边坡生态防护	150	30	0-56
边坡生态防护	150	25	0-60
边坡生态防护	100	30	0-68
边坡生态防护	100	25	0-68

生态护坡技术主要是利用植被的固定功能,从而实现保护水利设施的作用。施工单位应从待选的植物种类中,选择不同的植物开展实验工作,但需要结合客土与自然生态环境。由于本项目地处于东部地区,施工单位按照不用植物生长所需条件,选择不同的客土厚度。按照草本、灌木与乔木种类,分别开展各项实验工作。最终得出草本植物生存厚度应高于 10cm,生长厚度应保持在 20~30cm;灌木生存厚度应高于 20cm,生长厚度至少要达到 30cm,乔木生存厚度应高于 30cm,生长厚度需要维持在 50cm 以上。根据不同植被生长条件分析发现,综合项目施工建设的成本控制要求。在明确项目施工方案后,施工单位应组织技术人员开展验证工作,根据项目施工要求,组织人力、物力入场,为大规模施工奠定坚实基础。

4 结语

综上所述,本文主要结合实际应用案例研究,研究生态护坡技术的实际应用效果,通过对比多种实验方案和数据后,最终选择出适合本项目施工的生态护坡技术,完成水利工程项目设计要求。施工单位组织人力认真研究生态护坡技术的基本特点,做好施工现场的调查工作,采用针对性措施,提高土壤保持和植被生长能力,减少项目施工对周边自然生态环境影响。在项目施工期间,施工单位采用现场数据收集方式,发现生态护坡技术具

有较强的应用优势,最终得出草本植被生存厚度应高于 10cm,生长厚度应在 20~30cm 范围内,灌木植被生存厚度应高于 20cm,生长厚度至少要达到 30cm,乔木生存厚度应高于 30cm,生长厚度需要保持在 50cm 以上。

参考文献

- [1] 李超,吴书培. 河道生态护坡技术在水利工程施工中的应用研究[J]. 治淮, 2025, (03): 54-56.
- [2] 伍铭杰. 基于三维网防护技术与混播的生态护坡方案设计与评价[J]. 广东水利水电, 2025, (02): 66-70.
- [3] 夏宇. 现浇网格生态护坡工艺在边坡修复中的应用研究[J]. 中华建设, 2025, (02): 101-103.
- [4] 银丽彩. 河道生态护坡施工技术要点及其在水利工程中的应用研究[J]. 水上安全, 2024, (24): 25-27.
- [5] 王海霞. 水利工程中河道生态护坡施工技术的融合应用及关键点分析[J]. 数字农业与智能农机, 2024, (11): 71-73.
- [6] 井翔翔. 水利工程中的河道生态护坡施工技术应用研究[J]. 工程技术研究, 2024, 9(13): 87-89.

作者简介: 董永望 (1984.10-), 男, 汉族, 内蒙古自治区准格尔旗人, 大学本科, 水利工程师 (中级), 研究方向: 露天煤矿矿山复垦边坡治理和生态修复。