

生态护坡技术在软弱岩土边坡治理中的应用效果分析

梁 坤

山西金地源地质科技有限公司 山西 太原 030000

摘 要: 伴随生态文明理念日益普及,在传统以混凝土、浆砌石等硬质材料进行边坡防护中由于其对自然环境造成切割及破坏而不能适应社会经济持续发展需要背景下,生态护坡技术出现并逐渐被广泛采用。生态护坡技术是结合工程力学稳定性与生态学原理的一种新方法,在软弱岩土地质条件下发生滑坡事故频发地区起到良好作用。本文主要对生态护坡技术应用于软弱岩土边坡防治效果进行研究。文中首先介绍了软弱岩土边坡工程地质特征及其失稳原因,然后介绍了生态护坡技术概念以及类型;随后从力学加固作用、水文调节作用、生态恢复能力和美观性四个方面对其总体应用情况进行详细讨论;最后分析了影响其应用效果的主要因素即植物种类选择、结构形式、施工技术和养护管理等问题。目的在于为更好地推广使用生态护坡技术提供一定借鉴意义。

关键词: 生态护坡; 软弱岩土边坡; 应用效果; 力学加固; 水文调控

引言

边坡稳定性与人民生命财产安全密切相关,也影响重大工程建设。由风化残积土、破碎带等组成的软弱岩土边坡由于强度低、遇水易软化而成为滑坡、崩塌频发地区。传统治理方法以重力式挡墙、抗滑桩、锚杆框架梁及混凝土喷护等刚性措施为主。这类方法虽能一定程度上控制边坡变形,但会阻断坡面物质与能量交换,形成“景观破坏”,破坏生态环境,且存在老化与维护困难等问题。因此,生态护坡技术被提出。这不是单纯的植草绿化,而是通过结合工程措施和植物措施的方法达到长期稳定且有利于生态正向演替的目的,体现了“尊重自然、顺应自然、保护自然”的理念,实现工程安全与生态健康的和谐共生。但是,对于这种技术在软弱岩土边坡的应用效果还需要进一步的研究来阐明其作用机理、效益以及适用范围等。基于此,本文从多个角度出发,建立一套综合评价生态护坡技术应用效果的理论体系,为今后在不同地质条件下合理使用生态护坡技术和有效设计提供参考指导。

1 软弱岩土边坡的特性与生态护坡技术概述

1.1 软弱岩土边坡的工程地质特性与失稳机理

软弱岩土边坡的基本特点是力学性能低以及水敏感性强。其岩土体中颗粒之间胶结不良,内聚力(c 值)很小,主要是靠摩擦力来维持平衡;孔隙度高、透水性差别很大,在雨水入渗后容易出现局部饱和和区域从而产生静、动水压力;受水作用后物理力学性质大大降低,比如黏性土膨胀、砂土液化、泥岩软化等。因此其失稳形式以浅层滑移、表层溜坍以及局部塌落为主^[1]。而造成其失稳的原因主要是由于降雨:雨水入渗增加了岩土体

重力,降低了有效应力和抗剪强度;一旦入渗强度大于排水能力,则会出现临时性饱和地区以及超孔隙水压力,进一步削弱抗滑力;另外坡面上方径流冲刷、侵蚀剥蚀坡脚和表面使得边坡外形改变从而减少抗滑力臂最终导致失稳发生。所以对其进行处理就要解决深层次整体稳定性和浅部水土流失问题。

1.2 生态护坡技术的核心内涵与分类体系

生态护坡技术是集岩土工程、水土保持学、植物学、生态学等多个学科知识于一体的综合技术手段。它以一种由工程骨架(或者基材)和植物根系所构成的复合加筋体为基础,在短期内给定足够的机械支撑力的同时,在长期内给予植物生长所必需的微环境支持,达到近期安全、中期稳定、远期生态效果的目的。根据不同的结构特点及作用机理的不同,可以将生态护坡技术分为如下几种类型:(1)植被混凝土/植生袋/植生毯类:在一种特殊的基材中(例如含有保水剂、粘结剂、肥料的土)播种植物种子后形成的具有一定厚度和强度的生长层,用于坡度较小、整体稳定的坡面;(2)格构梁+植被类:在坡面上布置钢筋混凝土或浆砌石格构梁,将整个坡面分成若干个小单元,在每个格构中回填种植土并种植草木。格构梁起主要的支挡和表层稳定作用,而植被起到固土、美化以及改善局部小气候的作用;(3)三维植被网/土工格室+客土喷播类:用一种人工合成高分子材料制成的三维网垫或者蜂窝状格室固定在坡面上,里面装有改良客土,然后进行喷播绿化。这种方法能够有效地限制客土,避免其在初期因降雨而流失,有利于植物生长;(4)柔性加筋生态挡墙类:使用土工格栅、土工布等柔性材料逐层包裹种植土形成加筋土挡墙,墙面可以直接种植草

坪也可以放置植生袋。由于它的柔性更能适应地基的不均匀沉降。

2 生态护坡技术的多维应用效果分析

生态护坡技术价值在于它所具有的全方位效益不是单纯的安全性所能概括。下面从四个方面进行阐述：力学、水文学、生态学以及美学。

2.1 力学加固效应：复合加筋与浅层稳定

生态护坡的基本目标是保证边坡的力学稳定性，在此基础上发挥的作用有两个方面。首先是有形工程骨架所起的挡土作用。无论是格构梁、土工格室还是柔性加筋结构，都是一定的刚度或者半刚性的骨架体系，可以有效限制坡面岩土体侧向位移，提高边坡整体抗滑稳定性。尤其是对有浅层滑坡危险的软弱边坡而言，这样的骨架能够把可能发生的滑动体分成若干小块，大大增加了发生滑动所需要的功，从而阻止滑动。其次有植物根系所起到的微细加筋作用。这是生态护坡与单纯的工程措施最大的不同点。植物根系在成长过程中，就像是众多天然“生物锚杆”，穿过并且固定周围的小颗粒^[2]。这些根系之间互相交错增加了土粒间的结合力，而根土接触面上产生的摩擦力也明显增强了土体的抗剪强度。部分研究表明，茂密根系可使浅层土体抗剪强度显著提高。这种加筋作用是不断的、自适应的过程，随着植物的成长而加强，并且具有自我修复功能——如果有一些根系被破坏，新的根系会很快补充这个位置。所以生态护坡提供了一个活的、不断强化的加固方式，这对要长期使用的边坡非常有利。

2.2 水文调控功能：截留、入渗与消能

水是引起边坡失稳的重要因素，因此良好的水文控制对于边坡安全至关重要。而生态护坡正好具备优良的水文控制功能。一是截留降雨水延缓产生径流。坡面上的植被冠层可以截留一定比例的降水，使水分蒸发回到空气中，减少落到坡面上的雨水量。更重要的是，植被以及枯枝落叶等形成的地面覆盖物大大提高了地面粗糙程度，减慢坡面上径流速度和流量，延长汇流时间，从而减轻径流对坡面冲刷作用。二是促进入渗、补给地下水。健康植被根系疏松土壤，提高土壤孔隙性和透水性，使更多雨水渗入坡体内，而非形成地面径流，从而减少水土流失，同时也可对地下水资源进行有效补充，改善局部气候条件。而且植物通过蒸腾作用不断从土壤中吸取水分并排向大气，起到“生物泵”作用，降低了坡体内地下水位以及孔隙水压力，从根本上缓解水对于边坡稳定性的影响^[3]。三是消能防冲。无论是植被茎叶对雨滴撞击缓冲，或者是根系—土壤组合对径流阻滞，都有显

著能量耗散效果。这样原本有较大冲刷能力快速流动径流经过生态护坡后，其动能大量消耗，因而不能够把坡面表层土壤冲走，保持边坡形态。

2.3 生态修复能力：重建生物群落与恢复生态功能

生态护坡的最终目的是修复由于人为活动或者自然灾害破坏的生态环境，在此基础上进行生态修复，它主要表现在几个方面，在物种上，选择适合当地生长的本土植物，乔、灌、草相结合多层次植被可以迅速覆盖裸露地面，给昆虫、鸟类及其他动物创造生存条件以及食物来源从而促进生物多样性恢复，在群落上，建立起来的植被群落不是一成不变的，而是随着自然演替规律发展越来越稳定越来越复杂最后达到最优状态，前期先锋草本植物可迅速固定土壤改变局部环境，之后灌木入侵并占主导地位起到更好保护作用同时提供更多生态位，最后是大树出现构成接近自然森林。这是一种自发式自我维持过程。因此使护坡具有很强的生态弹性和可持续性，在功能上，恢复植被可以起到保持水土、美化环境、吸收二氧化碳释放氧气、调节小气候等重要作用，这对于改善当地甚至更大范围生态环境都有巨大作用，所以生态护坡也就不仅仅是一种工程防护措施而是整个国家生态修复体系中一个组成部分。

2.4 景观美学价值：融合自然与人文

相比于冰冷、乏味的混凝土护面，生态护坡通过一年四季不同的颜色变化、丰富的层次以及勃勃的生机，大大提高了工程美观性。它可以很好地把人造建筑物融入周围环境之中，使工程痕迹消失无踪，达到“虽由人作，宛自天开”。这给人以美的享受同时也满足人们对大自然向往的心理需求。而在高速公路上、城市公园或者景区等地对于美观度有较高要求地方，生态护坡由于其良好的美观效果而被优先考虑。它体现了一种人与自然环境和谐相处、共同繁荣的先进思想理念。

3 影响应用效果的关键因素

虽然生态护坡技术有诸多优点，但是它并不是说可以自然达到预期的效果，而是受到很多方面的影响。

3.1 植物选型的科学性与适应性

植物是生态护坡的灵魂。选择合适的植物对整个工程起到决定性作用。理想的护坡植物需要要有以下几个特点：第一是具有很强的适应性，在当地干旱、贫瘠、阳光强烈、炎热或者寒冷等恶劣环境中能够生存；第二是有很深的根系，可以固定土壤并且增强土壤强度；第三是易于生长繁殖并能够不断补充自身以占据地面，形成稳定的群体；第四是生态相容性，在本地应用地方树种，不使用外地引进易造成入侵的植物破坏当地生态环境。植物

配置要符合群落生态学的原则,做到乔、灌、草、藤相结合,形成多层次、多结构的整体来发挥最大的生态效果以及防护作用。

3.2 结构设计的合理性与匹配性

工程结构是生态护坡的“骨架”,而设计应根据边坡实际情况,包括地质条件、坡度、高度以及作用力进行合理选择。对较高的、地质条件较差的软弱岩土边坡,一般需设置格构梁、锚杆等较深部加固措施作为主要骨架;而在缓坡或者只有表层问题的情况下,则可以使用三维网、植生袋等轻型结构。同时,在设计时也要考虑到有利于植物生长的因素,例如留有足够的覆土厚度、有良好的排水通道、有合适的微地形等。工程措施与植物措施要相互配合,而不是简单叠加。

3.3 施工工艺的规范性与精细化

生态护坡施工是一项复杂的系统工程。从坡面平整、基材改良、骨架铺设到植物种植或者喷播,每一步都是十分重要的。比如客土的比例(土壤、有机质、肥料、保水剂、粘结剂等比例)对植物成活率及初期长势有着决定性作用;喷播是否均匀以及是否完全覆盖对植被建植起着至关重要的影响;最初的养护工作(如浇水、遮阴、病虫害防治等)是让植物安全度过其软弱幼苗期的重要保障。任何一个步骤出问题都会导致项目失败^[4]。所以要有一套详细施工方案并且要有技术过硬人员来完成。

3.4 后期管养的持续性与系统性

生态护坡并不是一次性工程,在其建成后1-3年甚至更长时间里,特别是植被还未形成良好覆盖度、根系还不健全情况下,必须进行长期、系统养护工作。这其中包括

浇水、施肥、补种、修剪及对工程本身进行巡视和维修等。只有这样,才能让植物群落顺利度过establishment时期,从而形成稳定的自我维持生态系统。否则,就会出现植物死亡、水土流失等问题,造成之前所做努力白费。

4 结语

生态护坡技术对于软弱岩土边坡具有良好的应用前景:利用工程骨架及植物根系进行复合加筋提高结构稳定性;利用植物对雨水进行拦截、下渗、蒸发以及耗能等起到良好的水文控制作用;促进新的植物群落形成从而启动生态正向演替并恢复其服务功能;并且提升景观美观度。这是一种以安全、生态、景观为目标的设计理念,符合现代边坡工程发展的趋势。为了更好地发挥其作用,今后的研究应当加强以下几方面的工作:进一步开展根系-土体力学机理的研究工作;建立适用于不同地区的乡土植物选择库;结合智能化监测技术和物联网技术来实现智能养护;健全相关的设计规范和标准。只有这样,生态护坡技术才能真正地服务于国家安全同时也为祖国的大好河山添上浓墨重彩的一笔。

参考文献

- [1]杜技能,王中珏,段继琪,等.生态护坡理论及技术研究现状综述[J].水利与建筑工程学报,2023,21(6):211-220.
- [2]陈禹嘉.综合生态护坡技术对某河堤段安全稳定整治的影响分析[J].黑龙江水利科技,2023,51(3):72-74+113.
- [3]于文君.基坑、挡墙、土钉墙、三维生态护坡等施工技术浅析[J].江苏建材,2022,(6):87-89.
- [4]陈飞,罗特,钱乾,等.生态护坡技术在河道与公路边坡工程中的应用综述[J].水利水电快报,2022,43(8):108-113.