

公路边坡生态防护技术的应用与效果评估

刘士进

湖北交投建设集团有限公司市政分公司 湖北 武汉 430073

【摘要】：公路工程建设会造成原有的地表植被和土体结构遭到破坏，引起边坡水土流失、坡面坍塌、生态退化等现象。生态防护技术以固土稳坡、修复生态、美化环境为主要特点，逐渐取代传统的硬质护坡技术，成为公路边坡治理的主要方式。本文主要论述常见公路边坡生态防护技术的原理及适用场合，结合工程实践对各种技术的应用要点进行分析，从防护稳定性能、生态修复效果、经济社会效益等角度建立评价体系，通过实际工程数据进行效果评价，总结技术应用中存在的问题并提出改进措施，为公路边坡生态防护工程提供一定的参考。

【关键词】：公路边坡；生态防护；技术应用；效果评估；生态修复

DOI:10.12417/2811-0528.26.16.051

引言

公路基础设施建设过程当中，路基开挖、山体整平等施工会造成长时间的裸露边坡破坏了原有地形地貌以及生态平衡。裸露边坡土体松散、抗冲刷能力差，在降雨、风力、地质应力的作用下很容易发生水土流失、坡面滑塌等病害，不但影响公路通行安全，还会造成区域植被破坏、土壤贫瘠化等生态问题。传统的浆砌片石、混凝土护坡等硬质防护方式虽然具有较好的结构稳定性，可以有效地防止边坡地质灾害的发生，但是存在生态破坏严重、景观效果差、后期维护费用高等缺点，不能满足当前公路绿色建设的需求。生态防护技术是以边坡稳定为依托，以生态修复为主导，把岩土工程和生态工程原理结合起来，达到边坡安全防护和生态恢复的统一。目前生态防护技术种类繁多，根据不同的地质、坡度、气候条件来选择边坡的防护方式。为了充分发挥技术应用的价值，保证工程质量，开展技术应用分析和效果量化评价有重大的现实意义。

1 常见公路边坡生态防护技术及应用要点

1.1 植物护坡技术

植物护坡是生态防护的基础技术，主要原理依靠植物茎叶截留雨水、减弱径流冲刷，依靠植物根系固定土体、提高边坡抗剪强度，达到固土、保水、生态修复的效果。该技术操作简单、成本低、生态效益好，主要有植草护坡、灌木穴植、藤本植物护坡等。植草护坡适合于坡度小于30度、土质肥沃、光照充足的地方，施工时选用本地耐旱、耐贫瘠、根系发达的草本植物进行混播，以提高植被覆盖的均匀性。灌木穴植多用在坡度适中、土层较厚的边坡上，用草本和灌木搭配种植来形成多层植被群落，提高边坡生态稳定性。藤本植物护坡是利用藤本植物攀附生长的特点，将裸露的岩质边坡逐渐覆盖上植被，达到恢复生态的目的。

1.2 土工复合护坡技术

土工复合护坡技术把土工材料和植被种植结合起来，利用土工网格、生态草袋、加筋麦克垫等材料加固坡面土体，克服了单一植物护坡前期固土能力差的缺点，实现了工程防护和生态绿化相结合。该技术抗冲刷能力好，施工速度快，适合于土质松散、降雨量大的地区修建公路边坡。施工时先对边坡坡面进行平整压实，铺设土工加筋材料并固定牢固，防止材料松动滑移，然后进行覆土、播种、养护。土工材料可以消散雨水冲击的动能，抑制坡面土壤流失，给植物种子萌发和根系生长提供稳定的环境，当植被成型之后，植被根系和土工材料形成复合固土结构，大大提高了边坡的整体稳定性。

1.3 基材喷播护坡技术

基材喷播护坡为高强度生态防护技术，主要适用于岩质边坡、强风化边坡和坡度大的不稳定边坡。技术原理就是将种植土、有机肥、缓释肥料、植物种子、纤维稳定剂等材料按照一定比例混合，用专业的喷播设备均匀喷洒到坡面上，形成厚度一致、透气保水的有机基材层，给植被生长提供良好的基质。该技术可以解决岩质边坡土层贫瘠、不能直接种植植被的问题，基材层附着力好、抗冲刷性能好，可以迅速实现坡面绿化。施工核心要点是准确控制基材配比和喷播厚度，常规喷播厚度控制在8~10厘米之间，根据区域气候选择深浅根系植物种子，提高边坡长期防护效果。

2 公路边坡生态防护效果评估体系构建

为了客观、全面地评价生态防护技术的应用价值，抛弃单一的外观评价方式，本文从工程安全、生态修复、经济适配三个方面建立综合评价体系，选择量化指标进行效果评价，用某山区公路边坡防护工程实例进行分析。该工程边坡总长2.3km，分为土质边坡和岩质边坡，坡度在二十到四十五度之

间,区域降雨集中,水土流失风险大,分段使用三种主流生态防护技术施工。

2.1 评估指标选取

评估指标以科学性、实用性、可量化为原则进行选择。工程安全方面有边坡稳定情况,土壤侵蚀量,坡面抗冲刷性能;生态修复方面有植被覆盖度,植被群落完整程度,土壤改良成效;经济方面有施工成本,后期运维费用,工程使用寿命。用多种指标的综合判断来判定防护技术的应用效果。

2.2 各类技术应用效果对比评估

根据工程完工后12个月的监测数据,对三种生态防护技术的应用效果进行量化比较,具体数据见表1。

表1 具体数据结果

防护技术类型	植被覆盖率(%)	土壤侵蚀模数(t/km ² ·a)	边坡稳定率(%)	单位施工成本(元/m ²)	年均运维成本(元/m ²)
植物护坡技术	82.6	620	92.3	28.5	3.2
土工复合护坡技术	88.3	415	97.8	45.2	2.1
基材喷播护坡技术	95.1	280	99.2	68.8	1.5

2.3 综合效果分析

从工程安全角度出发,基材喷播护坡技术边坡稳定率最高,土壤侵蚀模数最小,可以有效地抵御强降雨的冲刷,适合于高坡度、岩质不稳定边坡。土工复合护坡技术稳定性较差,

综合防护性能较好,适用于大部分常规公路边坡。单一植物护坡前期固土能力差,边坡稳定性低,只适合于地形条件较好的平缓土质边坡。

从生态修复角度来讲,基材喷播技术可以迅速形成完整的植被群落,植被覆盖率最高,基材层还可以不断改善土壤结构,提高土壤肥力,生态修复效果最好。土工复合护坡的植被生长环境比较稳定,植被长势比较均匀,生态恢复的速度比较快。植物护坡植被成型周期长,前期生态覆盖效果差,但是后期植被自然演替能力强。从经济上来说,植物护坡施工成本最低,运维成本略高,经济性最好,适合大面积平缓边坡防护。

2.4 优化应用对策

优先选择本土植被品种,根据边坡土质、坡度、降水条件搭配深浅根系、乔灌木结合的植被体系,提高植被存活率和群落稳定性,防止外来物种入侵。规范施工工艺流程,控制基材配比、喷播厚度、材料固定等主要工序,落实施工全过程质量控制,保证防护结构稳定。建立常态化后期养护机制,在植被幼苗期做好水肥管理、病虫害防治、缺苗补植工作,植被成型后定期巡查维护,延长防护工程使用寿命。推行组合式防护技术,根据复杂的地质边坡,把土工材料、基材喷播、植被种植技术的优势结合起来,创建复合型生态防护体系,满足各种边坡防护的需求。

3 结语

生态防护技术较好地解决了传统硬质护坡生态性差的问题,是公路边坡治理的最佳方案之一。不同的生态防护技术具有不同的防护性能、生态效益和经济效益,平缓土质边坡优先选用植物护坡技术,常规边坡选用土工复合护坡技术,高坡度岩质边坡选用基材喷播防护技术。工程实践要根据边坡地质状况、区域环境、造价预算等实际情况来选择合适的防护措施,规范施工流程,加强养护管理,创建起综合防护体系,从而有效提高边坡的稳定性,修复区域生态环境,促进公路工程绿色可持续发展。

参考文献:

- [1] 贾海鹏.公路工程施工中边坡生态防护技术研究[J].运输经理世界,2025,(31):26-28.
- [2] 黄志强.公路边坡生态防护技术研究[J].中华建设,2025,(11):174-176.
- [3] 楼华锋,刘泽,马哲,等.公路边坡加筋麦克垫生态防护技术及应用[J].建筑机械化,2025,46(10):171-175.
- [4] 岳企哲.高速公路边坡生态防护技术研究[J].交通世界,2025,(07):109-111+122.