

生态防护技术在公路边坡工程中的应用研究

王友顺

(驻马店市公路管理局, 河南 驻马店 463000)

摘要: 边坡生态防护技术是基于边坡防护及生态修复双重目的而衍生的技术。文中分析了公路边坡生态防护的功能及机理,探讨了公路边坡生态防护设计原则,介绍了常用边坡生态防护技术的特点;并采用层次分析法,根据边坡生态防护功能构建了防护效果评价指标体系,提出了边坡生态防护效果综合评分方法及等级划分标准。

关键词: 公路;边坡;生态防护;生态修复;评价体系

中图分类号:U418.9

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2017)05-0123-04

公路建设中通常不可避免地形成大量裸露边坡或山崖断面,不仅会改变公路沿线的自然地貌特征,还会造成沿线生态环境破坏。传统的公路建设通常只注重公路的交通功能,而忽视对公路边坡环境的保护,这不仅会导致严重的水土流失等生态问题,还可能诱发滑坡、泥石流等地质灾害,增加公路运营成本。而且随着经济水平的提高,人们对生态环境的要求及关注度日益提升。因此,现阶段的公路建设不仅要满足交通运输的功能要求,还要做好沿线环境的保护与修复,努力建设绿色、低碳的生态型公路。生态防护技术不仅有利于保证边坡的稳定,还能美化环境、修复生态,具有高效、环保、经济的优势,边坡的生态防护已成为公路建设中环境保护的重要措施。该文对生态防护技术在公路边坡中的应用进行系统阐述,为工程应用提供参考。

1 边坡生态防护的功能及机理

公路边坡生态防护利用植物或植物与工程材料相结合的方式实现边坡稳定和防护。与常规工程护坡相比,该技术除具有边坡防护功能外,还具有生态功能、景观功能及改善行车状况等功能。

1.1 边坡防护功能与机理

边坡防护是公路边坡生态防护最基本和最主要的功能,目的在于防止边坡水土流失、失稳、滑坡或坡面塌陷等病害。为实现边坡防护,边坡生态防护技术综合考虑工程护坡与植被护坡的功能,以工程防护为受力框架,结合植被所具有的土体加固及防止水土流失的效用防治外界因素综合作用下的边坡破坏。边坡生态防护中,植被所发挥的防护作用主要体现在植被的水文效应和植物根系的力学效应两

方面,其内在机理见图 1。

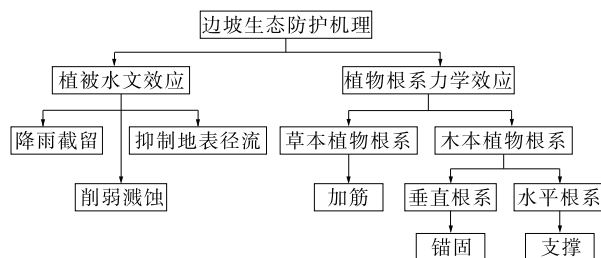


图 1 边坡生态防护机理

边坡植被的水文效应是指植被的存在能有效截留降雨、削弱降雨对边坡的溅蚀、抑制地表径流,极大改善降雨条件下边坡的稳定性。植物根系在边坡防护中发挥的作用主要包括加筋、锚固、支撑三方面。草本植物的根系通常位于浅表土层,其植物浅根系的延伸能形成根系—土体的三维加筋复合材料,提高土体的抗剪强度,大幅提高边坡浅表土层的稳定性。木本植物的根系通常分为垂直根系和水平根系,其水平根系在边坡土体中延伸生长,形成具有一定强度的根网,能极好地固结与支撑根际土体;垂直根系通常向深处生长,能很好地锚固到深处较稳定的岩土层上,通过水平根系与垂直根系的牢固连接,最终将水平根系所支撑的根际土体锚固到深处较稳定的土体,提高边坡中浅层土体的稳定性。总体而言,植物根系具有良好的固土性能,能有效提高边坡土体的抗剪强度,改善边坡的稳定性。

研究表明,边坡失稳破坏与土体的孔隙水压力过高密不可分。而边坡植被生长过程中会通过其根系源源不断地吸收水分,降低土体内的孔隙水压力,进而改善边坡的稳定性。

1.2 生态与景观功能

公路建设往往伴随边坡开挖或填筑,必然对公路沿线的生态环境和自然景观造成严重破坏。采取边坡生态防护措施,可较大程度恢复公路沿线的植被,并利用植物群落作为生物的栖息地,促进公路沿线生态环境的修复,降低公路系统对生态环境的破坏。同时,边坡生态防护还是公路与周边环境的缓冲带,能有效削弱公路交通运输中的噪声污染、悬浮颗粒物污染及有害气体等对周边环境的影响。此外,边坡生态防护通过合理搭配乔木、灌木及草本植物,能使裸露的边坡重新恢复绿色,丰富公路沿线的景观环境,将公路边坡打造成人工与自然相结合的风景区。

1.3 改善公路通行功能

采取边坡生态防护措施提高公路沿线的地表绿化率,能改变气流条件,降低风速,减小风沙危害;公路边坡植被覆盖率的提高,能减缓公路路面温度变化幅度,降低路面温度,从而延缓沥青的老化,改善公路的使用质量。此外,通过合理搭配植被系统,能改善公路交通的安全性,提高公路的通行能力。如采用视线诱导植物指示线形的变化;采用遮光植物防止夜间行驶中对面车辆灯光引起的炫目;在公路隧道外侧种植明暗适应植物,能帮助驾驶员缩短车辆进入隧道后对明暗急剧变化的适应时间;种植缓冲植物,当车辆与公路沿线构造物发生碰撞时能降低对车辆和乘客的损害。

2 边坡生态防护原则及技术

2.1 边坡生态防护原则

边坡生态防护技术的关键在于长久地发挥植物的生态功能,促进公路沿线生态系统的恢复。为此,实施边坡生态防护时应遵循生态学原理,合理选择护坡植物,着眼于构建和谐有序、稳定的植被群落。制订边坡生态防护方案时通常应遵循以下原则:遵从植物生态习性,因地制宜;遵从生态位法则,优化植物配置;遵从互惠共生原则,协调植物关系;遵从生态多样性原则,构建自然群落结构。

(1) 遵从植物生态习性,因地制宜。植物的生态习性是指植物生长对周边环境如气候、土壤、地形地势及生物等生态因子的要求及适应能力。其中:气候因子主要指温度、水分、光照、空气等;土壤因子主要指土壤的物理、化学性质,土壤的质地、结构,土壤的有机质、无机盐含量,土壤的酸碱度等;地形地

势因子主要指地势的起伏、海拔高度、坡向、坡度等间接生态因子;生物因子主要指其他生物对植物的影响。生态因子决定植物的生长、发育、繁殖的各个环节,决定植被能否顺利形成并长久维持。如果外界环境不符合植物的生态习性,植物就难以生长甚至退化。因此,边坡生态防护时应综合考虑环境生态条件,因地制宜地选配植物品种,合理种植。

(2) 遵从生态位法则,优化植物配置。生态位是指每个个体或种群在种群或群落中的时空位置及功能关系。生态位法则是指生态系统中每个物种拥有独特的角色和地位,占据一定空间并发挥相应功能,而亲缘关系接近、具有同样生活习性的物种不会在同一地方竞争同一生存空间。因此,采取边坡生态防护时,除需考虑植物本身的生态习性外,还应充分考虑自然群落中各物种的生态位特征,做好各物种在空间、时间及资源等方面的生态位协调配置,合理配置物种,发挥物种间的协调作用,避免不同植物间发生直接竞争,从而促进生态系统的修复,提升边坡防护的生态功能及景观功能。

(3) 遵从互惠共生原则,协同植物间关系。植物生长期间,不仅从土壤中吸收水分和养分,还向土壤中分泌分解产物,根茎腐解也会为土壤增加碳、氮及其他生物养料。当两种植物的分泌物与腐解物有利于对方的生长发育时,二者间存在互惠共生关系;反之,当两种植物的分泌物或腐解物抑制对方生长时,二者间存在偏害共生关系。因此,为保证生态群落的协调性与永久性,在选配植物物种时应高度重视协同植物间的关系,发挥不同植物间的互惠共生关系,促进生态群落的形成和发展。

(4) 遵从群落多样性原则,构建自然群落结构。生态学研究表明,生物多样性对于生态群落的稳定具有至关重要的作用,生物多样性指数越高,群落内的植物链网越复杂,生态群落抵抗环境变化或群落内种群波动等方面干扰的能力越强,生态群落系统越稳定。因此,为保证边坡生态防护系统的永久性,应合理配置乔木、灌木、草本植物,建造乔—灌—草多层次复合植物群落结构,营造稳定的坡面生态群落体系。

2.2 边坡生态防护技术

近年来,随着公路边坡植被保护及修复需求的提升,工程边坡生态防护技术得以不断发展和改进。目前,国内常用的公路边坡生态防护技术及其适用范围见表1。

表 1 公路边坡工程常用生态防护技术

生态防护技术	立地条件	适应坡度
撒播或穴栽技术	壤土、黏土	缓坡、斜坡
植生袋防护技术	土质、石质	缓坡、斜坡
液压喷播技术	土质、石质	缓坡、斜坡、陡坡
客土喷播技术	石质	缓坡、斜坡、陡坡
混喷植草技术	土质、石质	缓坡、斜坡、陡坡
植被砼技术	土质、石质	缓坡、斜坡、陡坡
TBS 防护技术	土质、石质	缓坡、斜坡、陡坡
三维植被网防护	土质	缓坡、斜坡、陡坡
土工格室植草防护	土质	缓坡、斜坡
钢筋砼框架—植被防护	土质、岩质	缓坡、斜坡、陡坡

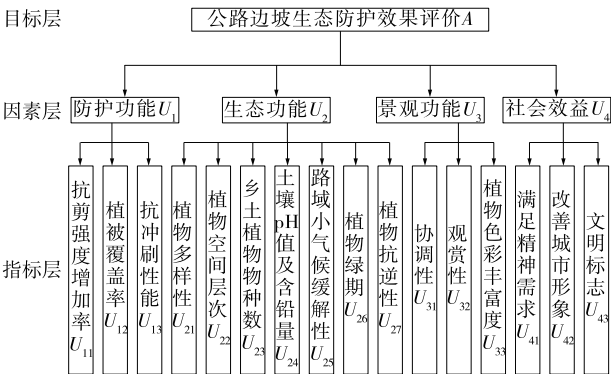
3 公路边坡生态防护评价体系

尽管近年来边坡生态防护技术得以快速发展,但由于施工工艺、质量控制等方面缺乏科学的规范标准,其防护效果参差不齐。开展边坡生态防护效果研究并建立相应评价指标体系,有利于推动边坡生态防护技术水平的提高。

目前,层次分析法结合模糊综合评价法是进行边坡生态防护效果定量评价的常用技术,其基本思路是先建立评价指标体系并对各评价指标进行量化,再分层次构建判断矩阵,继而分层次对各因素进行模糊评价,得到评价对象的综合模糊评价结果。

3.1 公路边坡生态防护评价指标体系

根据层次分析法的思想,将公路边坡生态防护评价指标分为目标层、因素层和指标层。根据公路边坡生态防护所具有的功能,通过工程调研和专家咨询,建立图 2 所示公路边坡生态防护效果评价指标体系。



3.2 评价指标的量化

为便于进行公路边坡生态防护效果定量评价,

对各评价指标进行无量纲化处理。对于定量评价指标 $x_{ij} \in [A_{ij}, B_{ij}]$, $B_{ij} > A_{ij} > 0$, 按式(1)作无量纲化,即将评价指标 $x_{ij} \in [A_{ij}, B_{ij}]$ 无量纲化成 $y_{ij} \in [0, 5]$ 。

$$y_{ij} = \begin{cases} 5 & x_{ij} < A_{ij} \\ (x_{ij} - A_{ij}) / (B_{ij} - A_{ij}) & x_{ij} \in [A_{ij}, B_{ij}] \\ 0 & x_{ij} > B_{ij} \end{cases} \quad (1)$$

对于定性评价指标,先将其分为(好,较好,中等,差,较差)五级,对应的评价分值为(5,4,3,2,1);再通过专家考核确定各定性评价指标的评级,根据其评级得到无量纲化评分。

3.3 公路边坡生态防护评价方法

采用层次分析法进行边坡生态防护效果评价,根据相应层次各指标的相对重要性确定判断矩阵A。以一级指标 U_1 为例,其判断矩阵为:

$$A = \begin{bmatrix} U_1 & U_{11} & U_{12} & U_{13} \\ U_{11} & x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ U_{12} & x_{21} & x_{22} & x_{23} \\ U_{13} & x_{31} & x_{32} & x_{33} \end{bmatrix} \quad (2)$$

若 U_{1i} 与 U_{1j} 相比重要性相同,则 x_{ij} 赋值 1;若高一级,则赋值 2;若高二级,则赋值 3;若 U_{1i} 比 U_{1j} 重要性等级低,则赋值为相应值的倒数。

根据判断矩阵,通过归一化求取判断矩阵的特征 $W = [W_1 \ W_2 \ W_3]$,并按式(3)计算判断矩阵的最大特征根 λ_{\max} ,由式(4)计算一致性指标 CI 。若 $CI \leq 0.1$,则判断矩阵A的一致性良好。若判断矩阵A满足一致性检验,则其特征向量W即为各因素的权重指标。

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i} \quad (3)$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

通过上述方法分层次进行指标评价、构建判断矩阵、计算权重指标,最终得到公路边坡生态防护效果综合评价得分。根据评价指标的综合评分结果将边坡防护效果划分为 I、II、III、IV、V 级,划分标准见表 2。

表 2 公路边坡生态防护效果等级划分标准

综合评分	防护效果等级	综合评分	防护效果等级
>4	I	$2 \sim 3$	IV
$3.5 \sim 4$	II	<2	V
$3 \sim 3.5$	III		

4 结论

(1) 公路边坡生态防护主要具有边坡防护、生态修复、景观美化、改善公路通行等功能。

(2) 公路边坡生态防护主要利用植被的水文效应及植物根系的加筋、锚固、支撑作用,达到防止边坡水土流失、失稳、滑坡或坡面塌陷等病害的目的。

(3) 公路边坡生态防护设计中应遵从植物生态习性、因地制宜,遵从生态位法则、优化植物配置,遵从互惠互生原则、协调植物关系,遵从生态多样性原则、构建自然群落结构的原则。

参考文献:

- [1] 汤绍阳.生态防护在高速公路大型岩石边坡中的应用研究[J].中国水运:下半月,2014,14(3).
- [2] 李志清,胡瑞林,吴礼舟,等.生态防护在高速公路护坡中的应用研究[J].工程地质学报,2005,13(2).
- [3] 孙东泽,彭茜.铁路路基边坡绿化与生态防护技术[J].铁道建筑,2014(12).
- [4] 王荣华,赵警卫.我国高速公路边坡生态防护研究进展及发展趋势[J].公路,2007(11).
- [5] 王建军,姜虎,余葵.子午岭林区公路边坡生态防护技术的应用研究[J].交通科技,2014(2).
- [6] 孔令元.暴雨地区路堤边坡生态防护工程实例及措施分析[J].公路交通科技:应用技术版,2013(11).
- [7] 周立荣,向波,周德培.红层软岩生态防护坡面抗冲性现场试验研究[J].西南交通大学学报,2006,41(2).

- [8] 孔嵘,王桂尧.几种边坡生态防护形式对雨水入渗影响的试验研究[J].中外公路,2014,34(1).
- [9] 王桂尧,钟峥.两种新型生态防护方法模拟边坡冲刷的试验研究[J].中外公路,2014,34(5).
- [10] 邹新军,赵明华.岩质边坡生态防护现场试验研究[J].土木工程学报,2011,44(增刊2).
- [11] 景志远,张春禹,张皎,等.生态防护在公路边坡防护中的应用[J].交通标准化,2014,42(3).
- [12] 王皓.高速公路边坡生态防护技术分析[J].交通建设与管理,2014(10).
- [13] 刘俊樊,熊潇.高速公路边坡生态防护效果评价指标研究[J].公路交通技术,2011(6).
- [14] 陈芳,李书琴,赵百磊.高速公路路基边坡生态防护效果评价[J].公路交通技术,2015(2).
- [15] 芦建国,于冬梅,宁常,宁杭高速公路边坡生态防护综合评价[J].中国园林,2010(11).
- [16] 赵百磊,郑元冰.山区高速公路路堑边坡生态防护评价指标分析[J].公路与汽运,2013(4).
- [17] 龙凤,李绍才,孙海龙,等.岩石边坡生态护坡效果评价指标体系及应用[J].岩石力学与工程学报,2009,28(增刊1).
- [18] 侯永盛,王桂尧.土工布边坡生态防护结构的抗冲刷室内模拟试验研究[J].公路与汽运,2014(6).
- [19] JTG D30—2004,公路路基设计规范[S].
- [20] 陈向波.高速公路边坡生态防护技术及其应用研究[D].武汉:武汉理工大学,2005.

收稿日期:2017—05—10

(上接第55页)

息、零担快运、接驳、多式联运,专线、货源、电商及政府、口岸、行业协会、交通监管、海关、码头、货运站等信息整合起来,建立开放、兼容和共享的智慧物流平台,加强信息平台接口标准的制定与推广。

(2) 跨界整合信息。推动制造业、商贸业与物流业联动,整合运输供需信息,促进相关产业与物流业深度融合。

6 结语

甩挂运输是串联运输业诸多制度的链条,是运输领域的有效抓手,其发展程度关系到整个运输业。该文通过对甩挂运输发展中制度因素的分析,提出了以推动甩挂运输的发展为切入点,不断破除制度障碍,降低运输的制度性成本,推动运输业健康快速发展的建议。

参考文献:

- [1] 交运发[2009]808号,关于促进甩挂运输发展的通知[S].
- [2] 李亚茹.提高道路运输的有效途径:甩挂运输[J].公路交通科技,2004,21(4).
- [3] 魏际刚.运输业发展中的制度因素[M].北京:经济科学出版社,2003.
- [4] 中国物流与采购联合会,中国物流信息中心.2016年物流运行情况分析与2017年展望[EB/OL].<http://www.chinawuliu.com.cn/lhkhx/201703/10/319687.shtml>,2016—03—10.
- [5] 交运发[2016]232号,交通运输部等十八个部门关于进一步鼓励开展多式联运工作的通知[S].
- [6] 谭小平.欧美多式联运发展的经验与启示[J].交通建设与管理,2016(4).

收稿日期:2017—03—24