

ECOLOGICAL RESTORATION AND
RECONSTRUCTION TECHNOLOGY AND

ECOLOGICAL RESTORATION AND RECONSTRUCTION TECHNOLOGY AND
PRACTICE OF HIGHWAY SLOPES IN MOUNTAINOUS AREA

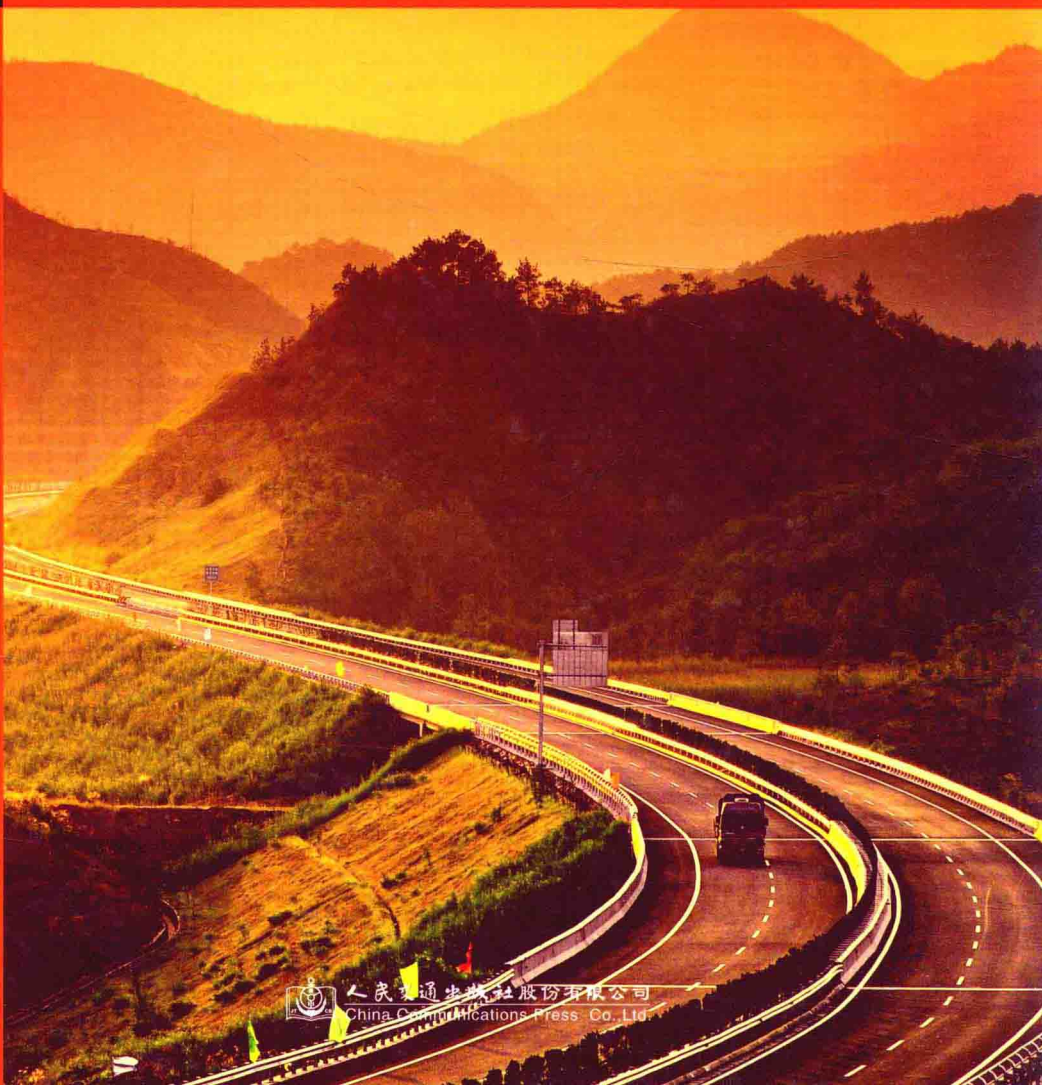


山区高速公路边坡生态恢复 与重建技术及实践

刘东明 李作恒 王丙兴 赵文忠 等 编著



PRACTICE OF HIGHWAY SLOPES IN MOUNTAINOUS AREA



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

山区高速公路边坡生态恢复 与重建技术及实践

刘东明 李作恒 王丙兴 赵文忠 等 编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书详细介绍了高速公路边坡生态恢复与重建的关键技术及施工工艺,梳理了编者近年来在参考国内外先进技术的基础上,在山区高速公路边坡生态恢复与重建实践中,应用团粒结构剂、利用农业废料等材料对喷播基质进行的改良,并对已实施的高速公路边坡生态恢复的实例进行总结和分析。

本书可作为从事高速公路边坡生态治理相关工作的工程技术人员参考用书,也可供高等院校、科研机构从事相关研究的科研工作者使用。

图书在版编目(CIP)数据

山区高速公路边坡生态恢复与重建技术及实践 / 刘东明等编著. — 北京:人民交通出版社股份有限公司, 2016.4

ISBN 978-7-114-12982-7

I. ①山… II. ①刘… III. ①山区道路—高速公路—边坡—生态恢复—研究 IV. ①U418.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 085893 号

书 名:山区高速公路边坡生态恢复与重建技术及实践

著 作 者:刘东明 李作恒 王丙兴 赵文忠 等

责任编辑:杜 琛 邵 江

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京盛通印刷股份有限公司

开 本:720×960 1/16

印 张:19.5

字 数:320千

版 次:2016年4月 第1版

印 次:2016年4月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-12982-7

定 价:68.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

编 委 会

主 任 邢福武

主 编 刘东明 李作恒 王丙兴 赵文忠

副主编 陈红锋 王发国 王 俊 严慧玲 何蓉蓉

湛金锁 张永夏 唐小清

编 委 (按姓氏笔画)

王丙兴 王发国 王 俊 付 琳 叶 文

刘东明 刘晓青 刘 远 池长加 李作恒

何蓉蓉 严慧玲 张永夏 易绮斐 赵文忠

唐小清 袁晓初 崔煜文 湛金锁

设计图 池长加 袁晓初

摄 影 刘东明 王发国



前 言

我国高速公路进入快速发展阶段,尤其是近 10 年来,全国年通车里程达到 6000km,截至 2015 年底,我国高速公路通车里程已达 12 万 km,稳居世界第一。在山区或山岭重丘区建设公路,通常通过增加桥隧比来减少对山体的开挖,但由于线形等因素,难免进行边坡开挖,由此产生的对环境的负面影响,越来越受到社会的普遍关注,如水土流失、塌方滑坡,造成山区或山岭重丘区的环境分割,降低该地区的生物多样性等。因此,恢复与重建公路边坡植被以及路域景观,是山区或山岭重丘区公路建设中不可回避的问题,也是公路建设工程中不可或缺的重要内容。选用适宜的植物种类,应用先进的(适宜的)高速公路边坡生态恢复技术工艺,在较短时间内恢复高速公路边坡植被,重建高速公路路域景观,使与之相关的水土流失、塌方滑坡、行车环境、道路灾害以及噪声等问题得到较好的解决,从而减少由于高速公路建设所产生的对环境的负面影响。

如何成功恢复与重建高速公路边坡植被,使高速公路建设在保护生态环境的前提下,更好地支持我国经济建设、保持环境健康和可持续发展,是摆在建设者面前的重要课题。而高速公路边坡生态恢复的关键在于所采用的恢复技术工艺和所使用的边坡生长基质适合所选植物的生长,所选的植物种类能够长时间在边坡上安全地生长。

在河北省交通运输厅科技计划项目“山区高速公路边坡安全与生态恢复技术研究”(Y-2012133)课题支持下,编者结合多年从事高速公路边坡生态恢复与重建的实践,编写了本专著。

本书简要回顾了国内外高速公路边坡生态恢复技术的研究进展,重点阐述了山区高速公路边坡生态恢复与重建的理论,边坡的土壤恢复重建、植物种类选择及植物群落的恢复与重建,最后梳理总结了边坡生态恢复与重建的关键技术,并以广梧(河口至平台段)、邢汾高速公路为例,详细介绍了山区高速公路边坡生态恢复技

术在实践中的应用情况。

如何科学合理地从高速公路沿线调查到的诸多植物种类中正确地筛选出适合高速公路边坡生态恢复与重建的种类,普遍的做法是凭借主观判断来进行选择,没有定性、定量地对植物种类进行比选,往往造成边坡上恢复的植被容易退化或植被恢复失败。层次分析法(Analytic Hierarchy Process,简称AHP)是将与决策总是有关的元素分解成目标、准则、方案等层次,在此基础之上进行定性和定量分析的决策方法。本书简要地介绍了应用层次分析法对植物种类进行筛选评价的方法。还介绍了应用群落学理论分析自然植物群落组成结构对边坡植物群落配置的启示,通过分析植物物种间的关系、重要值等因子,指导对所选植物种类如何进行植物配置的有关问题,实现坡面近自然的植物群落。

各章节的编写分工如下:第一章由刘东明、王俊、李作恒与王丙兴编写;第二章由刘东明、严慧玲编写;第三章由刘东明编写;第四章由严慧玲、刘东明与李作恒编写;第五章由严慧玲、刘东明与赵文忠编写;第六章由刘东明编写;第七章由刘东明编写;第八章由刘东明、王丙兴与严慧玲编写。全书由刘东明统稿后,由本书编委会四位主编共同审阅。

本书的出版得到了河北省高速公路邢汾管理处、广东云梧高速公路有限公司、广佛肇高速公路有限公司等单位的大力支持。同时,编写过程中,中国科学院华南植物园邢福武研究员、陈红锋博士/研究员等给予了热情地指导。另外,本书在编写过程中还参考和引用了国内外有关书籍和文献,以及相关专家、学者的研究成果,在此表示衷心的感谢!

由于编写时间仓促,书中难免存在不足或错漏之处,恳请同行、专家和读者批评指正!

编著者

2015年12月



目 录

第一章	高速公路边坡生态恢复概论	1
第一节	边坡生态恢复的概念	2
第二节	高速公路边坡生态恢复的必要性和功能	5
第三节	高速公路边坡生态恢复相关理论	11
第四节	高速公路生态恢复目标与评价	20
第二章	高速公路边坡生态恢复研究进展	23
第一节	国外公路边坡生态恢复研究进展	24
第二节	国内高速公路边坡生态恢复研究进展	28
第三节	高速公路边坡生态恢复发展思路	32
第三章	高速公路边坡土壤恢复与重建	37
第一节	高速公路边坡土壤概述	38
第二节	高速公路边坡土壤恢复与重建	51
第三节	高速公路边坡表土利用	59
第四章	高速公路边坡生态恢复与重建植物种类筛选	63
第一节	植物种类筛选原则与依据	64
第二节	高速公路边坡植物综合筛选方法	68
第三节	高速公路边坡生态恢复常用植物种类	72
第四节	高速公路生态恢复与景观绿化植物	78

第五章	高速公路边坡植物群落恢复与重建	107
第一节	高速公路边坡植物群落常见类型	108
第二节	自然植物群落对边坡植物群落恢复的启示	111
第三节	高速公路边坡植物群落恢复	119
第六章	边坡生态恢复与重建关键技术	129
第一节	一般边坡的生态恢复与重建技术	131
第二节	高陡边坡植被恢复技术	153
第三节	种子预处理技术	175
第四节	边坡植物的养护管理	178
第七章	高速公路边坡生态恢复实践 ——以广梧高速公路河口至平台段为例	181
第一节	工程项目概况与项目区自然资源	182
第二节	沿线植被资源调查与分析	184
第三节	恢复边坡植被的可行性分析	191
第四节	边坡生态恢复与重建实例与分析	194
第五节	其他区域的植被恢复与景观绿化	204
第八章	高速公路边坡生态恢复实践 ——以河北邢汾高速公路为例	209
第一节	项目概况与项目区自然资源	210
第二节	沿线植被调查与分析	214
第三节	恢复边坡植被的可行性分析	223
第四节	边坡生态恢复植物种类的筛选研究	230
第五节	边坡植物群落配置研究	239
第六节	边坡生态恢复与重建案例分析	257
附录1		263
附录2		270
参考文献		288

第一章

高速公路边坡生态 恢复概论



高速公路作为国家现代化标志的重要基础设施之一,在国家或地区经济发展中起着重要作用,高速公路的发展在很大程度上体现了一个国家的经济发展水平,已经成为国民经济以及现代生活的重要组成部分。

高速公路不仅要满足交通运输安全、快捷的功能,而且要求景观优美怡人,与大自然相协调。随着高速公路的跨越式发展,尤其是目前山区高速公路的快速发展,对促进山区经济的发展起着重要作用,带来了巨大的经济效益,但同时也不可避免地对生态环境造成破坏,形成大量新的岩土裸露,引发严重的生态问题,如破坏了原有的植被覆盖层、导致大量的次生裸地以及严重的水土流失、动物栖息地破坏、土地分割、滑坡等现象,加剧了生态系统的恶化,给高速公路沿线环境带来了严重的影响。据测算,在山区建设高速公路 1km,形成的裸露坡面面积可达 5 万~7 万 m^2 。仅 2013 年高速公路建设累计新增土壤破坏面积 $3.53 \times 10^4 \text{hm}^2$ (徐国钢, 2015)。边坡生态恢复与重建已成为高速公路建设的重要组成部分。

裸露的边坡不仅有损路容,而且易受雨水冲刷、侵蚀,从而造成水土流失,甚至引起塌方或滑坡等灾害,也威胁公路的安全。如何恢复和重建高速公路边坡植被,是建设生态型高速公路和实现可持续发展亟须解决的一个课题。

第一节 边坡生态恢复的概念

一、生态系统与退化生态系统

生态系统是指一定的空间内生物的成分和非生物的成分通过物质的循环和能量的流动互相作用、互相依存而构成的一个生态学功能单位(尚玉昌, 2010)。它包括特定区域内的生物(植物、动物、微生物)、生物赖以生存的环境,以及生物和环境之间的相互作用。生物按其在生态系统的作用划分为不同功能群(如初级生产者、食草动物、食肉动物、分解者、固氮生物、传粉生物)。生物赖以生存的外部环境分为土壤或基质、大气、水体、水分、天气、气候、地形地貌、坡向、土壤肥力状况、盐分状况等[国际恢复生态学会(SER), 2004]。一个边坡可以是一个生态系统,或

整条高速公路是一个生态系统。

退化生态系统指的是生态系统在自然、人为或二者共同干扰下形成的偏离自然状态的生态系统(任海等, 2004)。与原有的自然生态系统相比,退化生态系统的结构和功能发生质变,主要表现为生物多样性降低、生产力下降、结构的稳定性降低、生态效益下降、生态系统服务功能减弱或丧失等特征(章家恩, 徐琪, 1999)。干扰的类型、强度和频度在很大程度上决定着生态系统退化的方向与程度。人为干扰可直接或间接地改变生态系统退化的方向和过程,人为干扰往往对生态系统造成不可逆的变化和不可预料的生态后果。高速公路建设施工过程中,由于大量边坡的开挖,对局部地貌、土壤和自然资源产生巨大的负面影响,形成了大面积的裸露和不稳定的边坡,极易引起滑坡、边坡坍塌、土壤侵蚀和水土流失等自然灾害。同时,公路建设极大地破坏了沿线的原生植被,致使生物多样性丧失,并将原有生境分割为孤立的斑块,致使生境破碎化。这种退化的高速公路边坡生态系统严重影响了公路安全和路域的生态环境,极易造成生态灾害,急需进行路域生态恢复。

退化生态系统的生态恢复是在遵循自然规律的基础上,通过人类活动的干预,改变生态系统退化的关键因子,帮助退化、受损或毁坏的生态系统恢复的过程,设法使退化生态系统的结构和功能恢复到其原来的正常轨迹,重新获得健康并有益于人类生存或生活的需要(章家恩, 徐琪, 1999; SER, 2004; 任海等, 2010)。同时,退化生态系统的恢复还需适当的技术,具有经济可行性,且能被社会接受。可见,生态恢复不仅仅关乎生态科学,还与社会决策、经济学、自然评估、政策和规划、教育等一系列社会和哲学问题关系密切(Allen, 2003)。关于生态恢复的定义和范畴,不同的研究机构 and 恢复生态学者有着不同的认识。国际恢复生态学会认为,生态恢复是恢复受损生态系统的多样性和动态,维持生态系统的健康和更新。Hobbs 和 Norton (1996) 认为,生态恢复是重建某区域历史上有的植物和动物群落,而且保持生态系统和人类的传统文化功能的持续性的过程。Allen 等(1995)认为,生态恢复是使受损生态系统的组成、结构和动态回复到先前自然状态的一种尝试。生态恢复可被看成生物因子、土壤因子、气候因子、时间和生态管理共同作用的过程,其广义原则需考虑现有生态因素,采用本地种,使用本地的生物材料,并有针对性地选用土壤改良、水分控制和植被管理的技术(Box, 1996)。总的来看,生态恢复实践的开展主要在于恢复极端退化的生境,提高土地的生产能力以及提升受保护景观和提高生产力景观的保育价值。

二、边坡生态恢复的概念

高速公路建设过程中受损或被破坏的边坡,一般地表裸露且不稳固,立地条件差,特别是石质边坡,难以通过自然演替的过程进行恢复,或者依靠自然力量进行自身修复需要相当长的时间。因此,需要借助人工措施来恢复受损的生境和植被。由于植被在提高高速公路边坡稳定性和恢复生态环境方面发挥重要作用,边坡生态恢复在高速公路建设过程中逐渐受到重视。高速公路边坡生态恢复的核心是植被的重建和恢复,其关键过程主要包括坡面基础工程、植物种类选取和植被重建技术(张荣芝等,2012)。目前,随着我国经济的快速发展和高速公路建设的长足进步,以及人们对可持续生态环境的需求日益提高,高速公路边坡的绿化和恢复由最初单纯的“工程防护”“边坡植草”“生物防护”“生态防护”逐渐发展到如今具有工程防护和其他防护类型不可替代的地位和作用的“生态恢复”。经过长期研究和恢复实践,高速公路边坡生态恢复技术逐渐得到发展和完善。

关于高速公路边坡生态恢复的定义范畴,郝岩松等(2007)认为,通过生态恢复,建成具有稳定的边坡结构、与周边环境相适应的植被、抗干扰的恢复力,以及自我生态维持和恢复等特点和具有一定生态功能的生态边坡。李海芬等(2006)认为,通过生态防护,在受损边坡上构建一个具有生长能力的功能系统,生态系统的自组织和自我修复等功能来实现边坡的稳定和生态恢复,达到减少水土流失,维持生态平衡的目的。有效结合植被恢复措施和工程防护措施,是增加边坡的稳定性和改善生态环境的有效手段。

生态恢复是帮助退化、受损或毁坏的生态系统恢复的过程,它是一种旨在启动及加快对生态系统健康、完整性及可持续性进行恢复的主动行为。人类活动能直接或间接导致生态系统退化、受损、变形,甚至完全毁坏,因而要对其进行修复(任海等,2008)。生态恢复是相对生态破坏而言的,其概念源于生态工程或生物技术,是通过人工设计和恢复措施,在受干扰破坏的生态系统的基础上,恢复和重新建立一个具有自我恢复能力的健康的生态系统(包括自然生态系统、人工生态系统和半自然半人工生态系统)(Lewis R. R.,1989)。边坡生态恢复,是以恢复生态学、植物学、水土保持学等为指导,国外有 Biotechnique, Soil bioengineering, Vegetation 或 Revegetation 等名称。1994年举行的以植被护坡为主题的首次国际会议,把植被护坡定义为“用活的植物,单独用植物或者植物与土木工程和非生命的植物材料相结合,以减轻坡面的不稳定性及侵蚀”。国内有植被护坡、植物固坡、坡面生态工程、坡面植被恢复、边坡绿化、边坡绿化防护等称谓。

边坡生态恢复早期是恢复边坡土壤和植被,经过一定的时间后,边坡上的土壤、植被以及其他生物就构成了一个边坡生态系统。虽然边坡生态恢复首先是恢复边坡的植被,植被恢复是生态恢复的关键步骤,但是通过人工设计和恢复措施,恢复和重新建立了一个可持续演替发展、健康的生态系统。

高速公路边坡生态恢复是以现代恢复生态学原理作指导,对因工程建设而遭受生态破坏的边坡,通过人工设计和恢复措施,恢复和重新建立了一个可持续演替发展、健康的生态系统,进而达到稳定边坡、保持水土、改善和美化环境,提高高速公路沿线的生态环境质量,使高速公路更好地为经济建设服务。其主要手段是通过对破坏了的边坡立地条件和周围植被进行调查分析,科学合理选择植物,利用适宜的工程技术措施,快速建立或恢复边坡植被,最终通过植物群落的自然演替,朝着地带性顶级植物群落的方向发展。

归纳起来,高速公路边坡生态恢复即为对边坡结构、功能和生物多样性和可持续性的全面恢复。

第二节

高速公路边坡生态恢复的必要性和功能

一、边坡生态恢复的必要性

边坡生态恢复的目标是通过人工的方法,在边坡上创造良好的条件,恢复与重建边坡植被,促进边坡群落发展成为由当地物种组成的完整生态系统。

1. 边坡水土保持的需要

裸露的边坡容易导致水土流失,植被的一项基本功能就是水土保持。因此,恢复边坡植被,目的是让边坡植被发挥植被特有的护坡功能。边坡植被主要通过植物根系的力学效应和植被的水文效应来提高边坡浅层土体的稳定性以及对表层水土的控制(周德培, 2003; 张永兴, 2008)。

1) 浅根的加筋作用

边坡坡面土层具有一定倾斜度,在重力的影响下易受外界条件的作用而失稳、滑移和流失,如雨水冲刷的作用等。植物的根系在土中盘根错节,使边坡成为土与

根系的复合体。植物的浅根可视为具有预应力效果的三维加筋材料,能提高边坡土体强度。

2) 深根的锚固作用

植物的垂直根系穿过坡体浅层的松散风化层,锚固到深处较稳定的岩土层上,起到预应力锚杆的作用。植物根系在土体中的分布交错复杂,与土体共同作用组成复合结构,在这种深根—土体复合结构中,根系具有较高的抗拉强度和锚固力,对土体具有很好的锚固作用,且以提高土体的约束力,抵抗土体的滑移,从而提高土体强度。许多树木的垂直根系能穿越边坡表层的松散土层,扎入较深处的稳定岩层或土层中,限制边坡土体向坡脚移动,以预应力方式锚固边坡,有利于加固边坡。禾草、豆科植物和小灌木在地下 0.75~1.5m 深处有明显的土壤加强作用,而树木根系的锚固作用可能影响到地下更深的岩土层(周德培, 2003)。一般来讲,根的抗拉强度可高达 70MPa 左右,大部分根的抗拉强度为 10~40MPa。试验表明,根的直径越细,其抗拉强度和抗拔力越高,直径 2~5mm 的各种类型的根,其抗拉强度为 8~80MPa (Wu, T.H., 1979)。

3) 降雨截留,削减溅蚀的作用

降雨可分为两部分:一部分降雨直接穿过叶阴空隙落到地面,即自然降雨;另一部分降雨称为截水,即落在植物上的那部分降雨,由于叶面的脉络对流过的水滴有分割效应,使水滴变小。经过叶系后,水滴的动能、体积均减小,从而使水滴对地表的冲击大为减弱。这在一定程度上减缓了雨水对地表的冲击力,相对提高了土体的表面刚度。其中截留的水流可分为茎流和叶流。茎流可以导致雨水的分流,其分流量会因植物枝茎与坡面的不同夹角(茎角)而不同。当茎角为 50° ~ 70° 时,茎流量最大,例如草。对于那些茎径较大的植物,茎角的影响就不是很明显。设计希望用于边坡恢复的植物有较大的茎流量,雨水最终可以沿着茎和叶汇流到地面上。研究表明,当树枝的倾角为 60° 时,80% 的截水量为茎流。截流量与茎流量的差值即为叶流量(周跃, 2000)。周德培等研究认为,植被截留量随着降雨量的增加而增大,而后又随着降雨量的增加而逐渐趋于稳定并最终达到饱和。对于确定的植被、植被覆盖度及其叶面积指数,最大截留降雨量是一个常数(周德培等, 2003)。史立新等的研究指出,在小到中雨条件下,植被的截留作用更加明显,随着降雨量的增加,林冠的截留损失率减小,降雨量与截留损失量呈幂函数反相关关系(史立新等, 1997)。

雨滴的溅蚀是雨滴对地面的溅击作用,它是水蚀的一种重要形式,而植物能够拦截高速落下的雨滴,通过地上茎叶的缓冲作用,消耗掉雨滴大量的动能,并且能

使大雨滴分散为小雨滴,从而把雨滴的动能大大降低。当植物相当旺盛时,可以明显削弱甚至消除雨滴的溅蚀(单炜等,2007)。陈开圣等通过对植物护坡机理进行分析,认为植物抗冲刷的作用是非常大的,根系可以降低土壤容重,增加非毛管孔隙度,它可使表层土壤的抗冲力提高17~33倍,且植物茎叶及枯枝落叶通过削减雨滴溅蚀及抑制坡面径流冲刷的方式减弱坡面水流的侵蚀作用,保护坡面不受水流侵蚀,并可改善土质(陈开圣等,2011)。

4) 降低坡体孔隙水压力

边坡的失稳与坡体水压力的大小有着密切关系。降雨是诱发滑坡的重要因素之一。植物通过吸收和蒸腾坡体内水分,降低土体的孔隙水压力,提高土体的抗剪强度,有利于边坡的稳定(周德培,2003)。

5) 控制土粒流失

地表径流带走已被滴溅分离的土粒,进一步可引起片蚀、沟蚀。植被能够抑制地表径流并削弱溅蚀,从而能控制土粒流失(周德培,2003)。边坡植被的凋落物也有利于保持水土,枯枝落叶层的水土保持效率可以达到80%(解炎,2003)。

此外,植物还起到类似过滤器的作用,即阻碍沉淀物随雨水而流失。植物越密,过滤作用越明显,决定过滤效率的主要因素是草茎的密度、形状和回弹力。一般来讲,贴近地面的植物越多,过滤效果越明显(封金财,2003)。

2. 保护生态环境的需要

我国是个多山的国家,有2/3国土地处山区或丘陵地区,截至2013年底,我国的森林覆盖率只有21.63%(全球平均31%)(第一财经网站,2014年2月25日)。同时,我国是地质灾害发生严重的国家,水土流失面积占国土面积的51%,其中水力侵蚀面积 $182.6 \times 10^4 \text{ km}^2$,在这样的地理条件下,13亿人口从事工农业生产必然带来巨大的环境压力。山地的农业开发,各种工程(如公路、铁路、水利、矿山及工业民用建筑等)的大规模建设会造成一系列的环境问题,其中最突出的是破坏了当地原有植被,形成大面积不同程度裸露的边坡(或坡地),这些边坡的存在进一步增加了水土流失、滑坡、泥石流的发生强度,也造成局部小气候的恶化及生物链的破坏等生态灾害。随着经济的高速发展和基本建设的飞速开展,开矿、筑路、水利等工程逐年增加,全国每年因此而新增的水土流失面积达1万 km^2 ,其中大部分是边坡水土流失(李建伟,2007)。道路修筑等工程造成的表土层的流失,将导致生态恶化和更频繁的洪水、干旱和沙尘暴。因此,恢复边坡植被,重建边坡生态系统,是保护路域生态环境的唯一手段。

二、边坡植被的功能

高速公路边坡的生态恢复与重建是保障边坡稳定、提高行车安全的重要措施,也是延续被分割的生物多样性和景观价值的有效手段,是高速公路建设的重要组成部分。

1. 保障边坡稳定,提高行车安全

植物根系交织形成了巨大的根系网络,在土壤表层形成网状结构,将其周围土壤缚紧,加固斜坡;植物通过吸收和蒸腾坡体内水分,降低土体孔隙水压力,提高土体的抗剪强度,有利于边坡坡体的稳定(宋云, 2004)。植物的枯枝落叶在地面形成松散覆盖层,植物的根系在土壤中形成了大小不一、纵横交错的孔道,可增强土壤透水能力,相应地减少了坡面径流,防止水土流失,稳固路基,保护路面。另外,通过边坡生态恢复和中央分隔带的植物种植可形成绿色屏障,吸收和降低行车的噪声,多方位反射太阳光和灯光,从而达到降低噪声、强光对行人、驾驶员的辐射干扰,缓解驾驶员大脑及眼睛的疲劳,保证行车的安全。

2. 保护周边现有植被和生物多样性

高速公路建设尤其是路线经过山区时,由于边坡的开挖,使山体表层大面积的植被遭到破坏,导致植物群落内出现坚硬陡峭的裸地,植物群落的连续性被打断,在降雨、风等外部因素的直接影响下,将导致林缘部土壤下滑倾斜,或进一步引发次生灾害,从而导致更大面积的植被遭到破坏,生物多样性丧失。为此,通过在边坡上营造植物群落,以延续周边既有植被的生物多样性。

3. 恢复边坡自然生态系统的多样性

因地制宜地营造适合边坡立地条件的植物群落,恢复自然生态系统的多样性。通过构建植物群落,恢复被切断(分隔)的生态系统的连续性。

4. 保护生态环境,恢复和重建边坡景观

通过边坡生态恢复与重建技术,可以迅速恢复公路建设中被破坏的植被,有利于保护生态环境。边坡植物的存在,为各种小动物、微生物的生存繁殖提供了有利的环境,完整的生物链将逐渐形成,被破坏的环境也慢慢地恢复到接近原先的状态。植物具有的修复功能,能降低环境中的各种污染,如植物通过光合作用吸收大气中的二氧化碳,放出氧气,净化空气,改善大气环境。

高速行驶的车辆,由于燃油的燃烧,向空气中释放热量,升高大气温度,降低大气湿度,恶化公路小气候。通过边坡生态恢复和其他如中央分隔带、互通立交区、服务区等区域的植物种植,可以明显地降低道路温度,提高道路湿度,有效地降低夏季太阳的辐射热对路面的升温作用,改善路域小环境。据试验(刘德荣,2000),炎热的夏天,水泥地面温度高达 38°C 时,草坪面温度可保持在 24°C ,太阳照射到地面的热量约50%被草坪草蒸腾所吸收。在夏季,通常草坪地表温度比裸地低约 8°C ,高温时数可缩短2~3小时;冬季温度则高 $1\sim 4^{\circ}\text{C}$ 。通过在边坡上营造植物群落,保持与周边植被景观的连续性,避免在整体景观效果中产生不和谐感。

根据公路所处区域的气候条件,通过对边坡、碎落台、路肩、中央分隔带、互通立交区等区域的植物的组合配置,选用乔木、灌木、草本、藤本植物合理搭配,利用植物的观赏性,如株形、花的大小、颜色、叶片的季相色彩变化等,有机地融入高速公路边坡中,构建具有地带性以及美学特征的高速公路植被景观。车辆穿行于郁郁葱葱、生机盎然的绿色环境中,驾驶员和乘客均感到心旷神怡、视野开阔、安定和谐。

三、工程护坡与植被护坡的优缺点

采取工程加固措施,对减轻坡面修建初期的不稳定性 and 侵蚀方面效果很好,作用非常显著。然而,随着时间的推移,岩石的风化,混凝土的老化,钢筋的腐蚀、强度降低,效果也越来越差。而采用植被护坡则与此相反,开始作用非常弱,但随着植物的生长,植物的繁殖,强度增加,对减轻坡面不稳定性 and 侵蚀方面的作用会越来越大。而且,能够恢复由于人类工程建设所破坏的生态环境。

当然,植被护坡也有其局限性,如植被根系的延伸使土体产生裂隙,增加了土体的渗透率;又如植物的深根锚固仍无法控制边坡更深层的滑动,若根延伸范围内无稳定的岩土层,则其作用便不明显,若遇大风雨则易连根拔起。对于高陡边坡,若不采取工程措施,植物生长基质也难于附着于坡面,植物当然无法生长。因此,植被护坡技术应与工程措施相结合,发挥二者各自的优势,可有效解决边坡工程防护与生态环境破坏的矛盾,既保证了边坡的稳定,又实现坡面植被的快速恢复,达到人类活动与自然环境相和谐。

1. 单纯工程护坡及其不足

1) 工程护坡

单纯工程护坡,国内外通用的方法有抹面、喷浆、石砌护面,以及喷混凝土、浆