

我国高速公路生态边坡的建设及生态评价^{*}

郝岩松, 王国兵, 万福绪

(南京林业大学 江苏省林业生态工程重点实验室, 南京 210037)

摘要: 由于在保护边坡的稳定性和恢复生态环境等方面的重要作用, 高速公路生态边坡的建设在高速公路建设中越来越受到重视。然而, 生态边坡的研究和实践在我国还处于起步阶段, 还缺乏对生态学理论的贯彻与应用。首先对生态边坡进行了科学的定义, 然后对生态边坡的功能及我国现行高速公路边坡生态防护技术作了较完整的介绍, 并根据恢复生态学原理提出了科学的植物配置技术, 最后给出了评价生态边坡建设成效的一些建议, 以期能为我国高速公路生态边坡的建设提供一些借鉴与指导作用。

关键词: 生态边坡; 生态防护; 生态评价

中图分类号: X171.1; U412

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)04-0257-06

The Evaluation and Construction of Ecological Slope in China's Highway

HAO Ya-song, WANG Guo-bing, WAN Fu-xu

(Key Laboratory of Forestry Ecological Engineering of Jiangsu Province,
Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: Owing to the important functions in keeping the stability of slope and restoring the ecological environment nearby the highway, building ecological slopes along highways becomes more important. However, the ecological slope research and practice in China is still at an early stage. There is a lack of theoretical ecology of the implementation and application. In this paper, the definition of ecological slope is given out first, and then the building technologies of ecological slope are laid out. The principles of selecting plant species are also analyzed based on the principles of restoring ecology. Finally, some suggestions of ecological evaluation are given out according to the functions of ecological slope. It will provide the reference and guidance for building ecological slope.

Key words: ecological slope; ecological protection; ecological evaluation

1 高速公路生态边坡研究进展

1.1 生态边坡的定义

关于生态边坡, 目前还没有相关文献对其进行科学定义。本论文中, 我们定义生态边坡为: 各种人为力量(如修筑公路、铁路、矿山、水利水电工程、农业活动等)和自然力量(如侵蚀、滑坡、泥石流等)形成的裸露斜坡, 在生态学、工程力学、植物学、水力学等学科基本原理的指导下, 进行人工生态防护与修复后, 统称为生态边坡。作为生态边坡, 应具有一定

的生态功能, 包括稳固的边坡结构和与周围环境相协调的植被面貌, 能保护一定的生物和非生物资源, 对正常环境干扰和胁迫具有恢复弹性, 并能够在一定程度上进行自我生态维持与生态恢复。

建设高速公路不可避免地会产生边坡, 这类边坡一般地表裸露, 地质不稳定, 立地条件差, 尤其是一些石质边坡, 其生态系统难于自然恢复, 留下了水土流失的隐患, 严重影响道路交通安全和路域生态环境。据统计, 随着我国高速公路建设的发展, 每年形成的边坡面积达 2~3 亿 m^2 , 其中石质边坡面积

* 收稿日期: 2007-03-04 修稿日期: 2007-06-01

基金项目: 山东省交通厅重点项目“济青高速公路抗污染植物生态系统研究”资助(项目编号: 20030011)

作者简介: 郝岩松(1981-), 女, 在读研究生, 主要研究方向水土保持与荒漠化防治。

约 1 000~ 1 500 万 m^2 , 而且大部分分布在我国南方各省^[1]。

建设生态边坡不仅可以增加边坡的稳定性, 减少水土流失, 控制坡面径流, 防止洪水、滑坡和泥石流等自然灾害的产生, 而且对改良坡地土壤和水分状况, 保护或恢复边坡及其周围的生态环境, 扭转系统生境退化, 改善区域小环境都具有一定的功效。在传统的边坡工程中, 对边坡的处理主要是强调其强度功效, 却往往忽视了其对环境的破坏。生态边坡作为环境工程与岩土工程相结合的产物, 是随着社会经济的发展, 为解决经济建设与环境保护的矛盾应运而生的, 它兼顾了防护与环境两方面功效, 是一种很有效的护坡、固坡手段^[2, 3]。

1.2 高速公路生态边坡研究进展

发达国家在公路建设中十分重视生态环境保护的问题。在 20 世纪 30, 40 年代, 美国就已经意识到了保护生态平衡的重要性, 开始在公路边坡开展植被恢复工作。到 20 世纪 50 年代初期, 美国制定了相应法律, 要求新建公路必须进行生态恢复^[4]。从 20 世纪 60 年代开始, 随着高速公路的大规模修建, 美国、日本及欧洲一些发达国家和地区将生态保护和恢复措施纳入了高速公路建设之中。经过长期的研究和实践, 公路边坡的生态恢复技术逐渐发展与完善, 喷播技术等绿化新技术在稳定边坡、防止土壤侵蚀和恢复植被等方面得到了广泛应用。对于土质边坡, Donald 等(1996)系统地总结了业已存在的绿化方法, 他们把所有方法分为 2 类, 一类是单独利用植物对边坡进行防护绿化, 另一类是和护坡建筑物或土工材料配合对边坡进行防护和绿化, 并详细分析了每种绿化方法的技术细节、实用范围、优缺点和经济性^[5]。岩石边坡的防护绿化, 是在土质边坡绿化的基础上发展起来的, 它建立在岩石力学和喷锚结构的基础上。日本较早地改进了传统喷锚支护方法, 把防护和绿化有机地结合在一起, 于 1976 年首先开发出厚层基材喷射护坡技术, 创造出了喷射绿化方法。喷射绿化技术在日本得到不断的改进与完善, 已成为日本应用最为广泛的生态护坡技术。此外, 也有不少学者研究了植物对边坡稳定性的影响, 认为植物根系对边坡具有加固作用, 须根比大根更有利于土壤加固和抗剪强度的提高^[6-8]。近 10 a 来, 我国高速公路建设得到了巨大的发展。目前, 我国高速公路总里程已跃居世界第 2 位^[9]。过去对公路边坡的防护, 主要是采用单纯的工程防护技术, 如浆砌块石、干砌片石、喷射混凝土等。随着人们环境意识的提高, 对高速公路边坡的生态防护也日益重视起来, 边坡的综合防护技术得到了空前的发展。目前, 由交通部科学研究院主持的“公路路域生态工

程技术研究”已经分别在我国西南(云南)、西北(宁夏)、华中(湖北)、青藏高原区(青海)开展了扎实深入的研究, 在实体工程试验中纳入了边坡快速灌木化, 地方野生物种的全面筛选与使用, 路域野生花卉的试用等欧美日发达国家的先进理念^[10]。

我国的生态边坡防护技术, 主要是在引进国外先进技术的基础上加以实践与创新, 其核心是植被重建与恢复技术, 目前已在我国绝大部分高速公路上开展了应用与研究。例如陈兵等对云南元磨高速公路某试验边坡的草本植物配比及施工工艺进行了研究^[11], 杨兵等介绍了成南高速公路的边坡生态防护工程^[12], 赵德志等提出了适合贵州喀斯特地区公路石质边坡环境特点的植物配置模式和边坡防护与环境保护技术^[13], 王红娟对渝合及渝黔高速公路边坡的生态防护进行了研究^[14], 王海亮等对中国半干旱地区高速公路边坡的生态恢复技术进行了研究^[15], 赵警卫等对 7 种生态护坡在宁杭高速公路边坡的应用效果进行了初步分析^[9]。这些研究往往只是介绍了几种常见边坡生态防护技术在某一条高速公路不同路段上的具体应用情况, 尚无人对边坡防护绿化进行系统深入地研究。目前, 针对于我国高速公路生态边坡建设现状和存在问题的相关研究很少, 也缺乏对生态边坡植被恢复及生态效益的后期研究及科学评价, 如生态边坡对高速公路的生态环境是否有显著改善作用等。

2 高速公路生态边坡的功能

高速公路边坡生态防护的核心是保持生态平衡, 因此具有工程防护及其它防护类型不可取代的地位和作用。防止水土流失和恢复生态环境是高速公路边坡生态防护绿化的主要目的, 通过合理、科学的生态防护措施能有效地改善土壤结构, 促进植被自然恢复, 又能减少噪音、减弱太阳辐射、净化大气和调节小气候, 为司机及乘客提供安全、舒适的行车环境。

2.1 减少水土流失, 保持边坡稳定, 改善土壤质量

植被的地上部分可减少或防止降雨对地面的直接撞击溅蚀, 并通过截留降雨、延滞径流、增加雨水入渗等作用, 起到保持水土的作用。植物的垂直根系能穿过坡体浅层的松散土层, 锚固到深处较为稳定的岩土层中, 而植物的根系在土壤中盘根错节, 使边坡土体成为土与根系的复合材料。根系可视为带预应力的三维加筋材料, 使土体强度提高^[16], 增加了土壤的抗拉强度和抗剪强度, 起到了保护边坡稳定的作用。席嘉宾等研究发现, 在高速公路边坡, 以红豆草 60%+ 20% 无芒雀麦+ 20% 多年生黑麦草的混播组合方案进行护坡, 可减少 82.6% 的径流,

减少90.1%的冲刷^[17]。

植物的蒸腾作用和呼吸作用等生理过程可以改善边坡的微环境,有利于土壤微生物的生长和恢复。植物根系可以改良土壤结构和水气状况,起到防止土壤板结和沙化作用。

2.2 降低汽车尾气污染,减少噪音

高速公路边坡上的绿化树种和草本植物,可以有效地吸收声波、降低噪音,还可以减少太阳辐射、杀菌、减轻粉尘污染。据测定,在3~4级风力情况下,裸地上空空气中粉尘含量为草地上空空气中的13倍^[18]。一些植物特有的生理功能还可以吸收如SO₂、氮氧化物等汽车尾气中的有害气体,起到净化空气的作用。

2.3 恢复生态系统的结构与功能

高速公路的建设及边坡的开挖对周边的生态环境造成了严重的影响,有的造成大量的山体表土裸露,改变了原来的植被面貌以及动物的栖息环境,引起水土流失、生境破碎等生态问题。通过植被重建技术对边坡进行生态修复,诱导边坡生态系统的结构和功能趋向复杂化和完整化,使之达到与周边生态系统的协调一致。再结合生态廊道的建设,可增强边坡生态系统与周边生态系统间的交流与联系,减弱生境破碎对动物带来的不利影响。

此外,高速公路生态边坡还具有增加绿地面积、储存碳汇、减轻视觉疲劳、缓解心理压力等社会功能价值。

3 我国高速公路边坡的生态防护技术

在引进国外先进技术的基础上,通过不断的研究、创新和工程实践,我国高速公路边坡的生态恢复技术已取得了巨大的进步。边坡生态防护技术呈现形式多样化,对不同条件下的边坡也采取了更加灵活多样的防护措施。岩石边坡生态防护技术主要表现在湿法喷播技术的普及和客土喷播技术的推广,同时高速公路岩石边坡生态防护技术也趋于市场化^[9]。在植物配置方面也抛却了过去的纯粹植草模式,采用草-灌结合模式,完善边坡植被群落的结构与功能,并注重乡土植物的筛选应用和物种的多样性,以求做到“尊重自然”和“恢复自然”。

3.1 格构法

利用素混凝土、钢筋混凝土、浆砌条石等在坡面上构筑矩形、菱形、三角形等格构梁。这种方法不仅可以固定边坡土壤,而且可以在格构中填充一定厚度的开挖边坡的表层土壤栽种乔、灌木,以达到防风固沙、涵养水源的目的。在坡度大于40°时显现出其优势,但在坡度大于60°的坡面上施工较为困难,而且当建造格构梁用材与边坡地质硬度相差过大时

易造成格构变形、架空,甚至脱落。因此,在对边坡实施格构法生态恢复措施时,对于一些特殊情况的边坡应该开展变形稳定性研究^[19],以确定边坡变形对格构带来的不利影响,并及时找出消除与控制这种不利影响的方法措施。

3.2 立体植被土工网格

这种方法是在整平后的坡面铺设三维植被网格结构,网格的原料是高强度热塑树脂,并在立体结构中夹裹优良客土,不仅能有效地固定坡面土壤,而且为植物的生长提供了充足的养料和较为稳固的基质环境。因为立体网格法可以在没有植物覆盖的边坡表面形成良好的保护结构,及时保护裸露土壤不受风雨侵蚀,为草种的快速萌发创造有利的条件,因此最适合新挖边坡的初期防护,避免早期水土流失现象发生。这种方法操作过程简单,造价也不高,但一般只能对坡面的浅表层进行防护。

3.3 植被混凝土护坡技术

这种生态边坡技术在日本的研究处于国际领先,我国还处于试验与推广阶段。它是将土壤、混凝土、养分、保水剂、腐殖质以及草种按一定的比例混合后用喷锚设备喷射到坡面,并在表面覆盖防护层养护,待到种子萌发后揭去防护层使植物自然生长。利用这种方法可以在坡面上种植灌木和乔木,护坡效果优于单纯栽种草本植物,所以可用于较难绿化的石质坡面或表土层较贫瘠的坡面,但缺点是需要大量的人力进行初期养护工作。

3.4 藤类植物护坡技术

对于坡度比较大的陡坡、路堑以及岩质坡面,由于其特殊的地理环境和形状,通常的生态边坡技术较难或者甚至不能实施,这时可以考虑利用藤类植物的攀爬特性来遮蔽裸露的坡面或工程砌体,避免坡面裸露,以达到美化环境、增强视觉效果、在视觉上软化边坡的目的。在岩石边坡上配以绿色网罩,一方面防止岩石滚落,利用网罩本身的颜色增加景观效果,还有利于藤类植物攀爬。但这种方法的应用范围具有一定的局限性,植被类型单一,形成的群落不稳定,生态作用也不明显,常出现早期水土流失较严重的现象。随着植被的生长,防护效果会逐渐增强,当植被完全铺满后,防护效果较好。

3.5 植生带

这种方法是通过将植物种子或已成苗草皮,夹在多层无纺土工织物或天然纤维垫中,然后紧贴边坡表面进行覆盖。其优点是植生带的重量较轻,便于运输,且无纺织物本身也具有护坡作用,种子生长后根系穿过无纺布,与其交织在一起,形成一层抗冲刷防护层,护坡效果较好。适用于坡度较缓、坡表平整的土质或砂土类边坡。由于草类的生长需要一定

的时间,其早期常造成一定的水土流失,随着植物的生长,其护坡能力不断增强。其缺点是形成的植被类型单一,群落不稳定,景观单调,生态效益较低。

3.6 网袋法

网袋法护坡是将植物种子、肥料、土壤充分混合后装在纤维网或金属网袋中,然后固定在边坡表面上进行绿化的方法。这种方法适用于土石边坡和稳定岩质边坡,网袋内的土壤和肥料解决了边坡水土流失后土壤养分贫瘠的问题,能为植物种子的生长充足营养物质,后期植物错综缠绕的根伸出网袋就可以对边坡土壤起到固定作用,但初期的人工灌溉、养护也很重要。

3.7 挖沟护坡

按一定平面布置在边坡上挖沟或钻孔,然后在沟或孔体内填土进行绿化。这种方法避免了种子或幼苗随水土流失,为种子提供了相对平稳的生长基质。但在挖沟前要作好地形勘测工作,防止造成由于人工开挖而产生的土壤滑动和流失。此方法适合于硬度较大的土质边坡或稳定岩质边坡。

3.8 厚基质喷层技术

将植物种子、肥料、土壤和水充分混合后用湿式喷枪,通过压缩空气将其均匀喷洒在边坡表面上,使其形成 1~3 cm 厚的植被层,然后上面洒一层乳化石青来固定基质层并延缓水分的挥发,最后用纤维网、聚合物网或金属网固定,使植被生长层能稳定附着在边坡上,减缓雨水冲刷。这种方法机械化程度高、绿化速度快,草坪成长均匀且质量较好。适用于各类坡面条件较差的土质边坡、土石边坡和稳定岩质边坡。

3.9 液压喷播技术

对于一些地形复杂,工程施工困难、甚至人力不能及的陡坡,可采用液压喷播的方法。即将种子、肥料、水、土壤改良剂、粘和剂、保水剂等的混合物用喷枪均匀喷洒到坡面处。此方法对立地条件要求不严格、育苗时间短、成坪速度快,即喷即见成效、绿化效果好,但只能作为浅表层固坡。

此外,在我国高速公路边坡的生态防护技术中,还有香根草篱护坡技术、植被毯技术、废弃轮胎护坡技术、OH 液植草护坡技术、植被型多孔混凝土护坡技术等。

各种护坡方法虽然施工各不相同,但是具有相同的特征,即首先要确定合适的边坡结构形式,通过边坡设计以确保边坡的长期稳定性,其次是利用植被重建技术对边坡进行生态修复,使得修复后的边坡与其它自然生态系统一样具有自我调节与维持功能,并发挥相应的生态效应。对于岩质边坡,首先在防护的坡面必须有植物生长所必需的土层条件,然

后再采用液压喷播或撒播的方法植草。岩质边坡的各种防护方法比较接近,都是直接喷射含有草和灌木种子的混合物于坡面,喷射层既要有一定的稳定性,又要适宜于植物的生长。为了保障坡面植物能够长期稳定地生长,营造的外来土层或直接喷射层必须能够经受雨水的冲刷^[20]。

4 高速公路生态边坡植被构建技术

4.1 高速公路生态边坡植被构建的指导原则

保持水土和维持边坡的稳定性是生态边坡的主要功能之一。从这方面去考虑,生态边坡所构建的植物群落应该具有分布在不同层次上的发达根系,对坡体实行三维锚固作用植被的地上部分应茂密并能快速覆盖整个坡面,以便在工程后不久就能充分降低雨水对边坡的侵蚀作用。为了尽快恢复生态系统,首先应选择速生的先锋植物,为后续生长的植物创造条件^[21]。另外,高速公路边坡往往是岩石边坡,立地条件恶劣,土壤贫瘠,保水保肥性差。因此,所构建的植物群落要具有较强的抗旱性和耐瘠薄性。建议多采用有绿肥作用的豆科植物。此外,由于高速公路附近的小气候具有更为强烈的夏热冬冷的特点^[22],在选择植物时还要充分考虑其耐热性和抗寒性,尽量使冷、暖季节草种相结合。

坚持草-灌结合。植物群落的正向演替是由低级到高级,从简单到复杂。我们在对高速公路边坡进行生态修复时也应遵循自然规律。破坏后的坡地经草本植物一段时间的修复后,其水、肥、气、热等条件都有所改善,当这些条件能满足灌木生长时应积极培育一些灌木植物,充分利用灌木根系发达,保持水土能力强,郁闭效果好,寿命长等优点,做到浅根植物和深根植物相结合、豆科和禾本科植物相结合、草本与灌木植物相结合。如果条件允许,还可种植一些乔木树种。

加强对乡土植物的筛选应用。乡土植物是当地气候条件对植物长期选择、不断淘汰的结果,这些物种长期演化的生理特性使其很好地适应了当地的自然环境并占有一定生态位,能与其它生物协调发展,长期护坡效果较好,不易发生病虫害,需要相对较少的人工管护并且价格相对比较低,符合可持续发展的理念。由于外来物种对当地生态系统存在着潜在风险,极易造成生物入侵,破坏当地生态系统的平衡,甚至造成当地生物多样性的丧失。因此,最好不要引用外来物种。

兼顾生物多样性。生物多样性在一个生态系统中扮演着双重角色,它在静态平衡期维持着生态系统的功能特性(能量流和物质流),在生态系统遭到破坏后,起着对生态系统恢复的作用^[23]。生物多样

性丰富的生态系统其生物组成种类繁多而均衡,食物网纵横交织,其中一个种群偶然增加与减少,其他种群就可能及时抑制和补偿,从而保证生态系统具有很强的组织功能,将更稳定或更能抵御外界的干扰。另外,多样性的物种共存于同一生态系统,也有利于更好地利用生态系统中不同生态位中的可利用资源,强化了生态系统功能和过程的稳定性^[24]。如果一个生态系统包含足够丰富的草、灌、乔搭配,使物种间优势互补,可提高系统抵抗干旱和病虫害的能力,并可以增加生态系统空间层次结构多样性和景观多样性。通过研究发现,物种多样性丰富的草原群落比多样性小的群落更具有抗干旱的能力和恢复力^[25]。生态系统中的物种间竞争淘汰机制使边坡生态系统在人为诱导下加速演替过程,使其尽快与相邻的自然环境相协调。

4.2 我国高速公路生态边坡建设常用植物

护坡植物不仅要选择能适应当地气候条件的乡土植物,还应尽量选择成活率高、郁闭效果好、能抵抗严寒、耐高温、耐贫瘠、抗汽车尾气污染、防病虫害能力强、根系发达、寿命长且价格低廉的植物。我国在高速公路生态边坡建设过程中已筛选出许多优势植物种,并且经过后期证实长势良好。

在我国南方高速公路护坡植物中,常用草本植物有:狗牙根(*Cynodon dactylon*)、竹节草(*Chrysopogon aciculatus*)、钝叶草(*Stenotaphrum secundatum*)、圆叶决名(*Trifolium repens*)、香根草(*Vetiveria zizanioides*)、黑麦草(*Lolium perenne*)、高羊茅(*Festuca arundinacea* Schreb)、白喜草(*Paspalum natatum* Flugge)、结缕草(*Zoysia japonica* Steud)、苜蓿(*Medicago sativa*)常用木本植物有:毛叶丁香(*Subgenus ligustina*)、黄葛树(*Ficus virens*)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)、胡枝子(*Lespedeza cuneata*, G. Don)、迎春(*Jasminum nudiflorum* Lindl.)、杜鹃(*Rhododendron* spp.)、夹竹桃(*Nerium indicum*)、野山楂(*Crataegus pinnatifida*)、白檀(*Symplocos paniculata* (Thunb.) Miq.)、化香(*Playcarya srobilacea*)、冬青(*Ilex purpurea*)、蔷薇(*Rosa multiflora* Thunb)、黄荆(*Vitex negundo*)、木豆(*Cajanus cajan* (L.) Millsp.)、猪屎豆(*Crotalaria mucronata* Desv)、小叶女贞(*Ligustrum quiboui*)、多花木兰(*Magnolia* spp.)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)、车桑子(*Dodonaea viscosa* (Linn.) Jacq. Enum);常用藤本植物有:爬山虎(*Parthenocissus tricuspidata* (Sieb. et Zucc.) Planch.)、九重葛(*Bougainvillea spectabilis*)、常春藤(*Hedera helix*)、扶芳藤(*Euonymus fortunei* (Turcz.) Hand.-Mazz.)。

在我国北方高速公路护坡植物中,常用草本植物有:苍耳(*Xanthium sibiricum* Patrin)、芦苇(*Phragmites communis*)、羊草(*Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel.)、冰草(*Agropyron cristatum*)、蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)、苜蓿(*Medicago sativa*)、田旋花(*Convolvulus arvensis* L.)、草木樨(*Melilotus suaveolens*)、龙葵(*Solanum nigrum* L.)、碱茅(*Puccinallia scoparia*)、马蔺(*Iris ensata* Thunb)常用木本植物有:胡枝子(*Lespedeza cuneata*, G. Don)、黄荆(*Vitex negundo*)、怪柳(*Tamarix chinensis*)、杞柳(*Salix purpurea*)、金缕梅(*Hamamelis mollis*)、杜鹃(*Rhododendron* spp.)、高山柳(*Salix taiwanalpina* Kimura var. *takasagoalpina* (Koidz.) Ying)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、山杏(*Prunus armeniaca*)、丁香(*Syringa oblata*)常用藤本植物有:爬山虎(*Parthenocissus tricuspidata* (Sieb. et Zucc.) Planch.)、金银花(*Lonicera japonica* Thunb.)、葛藤(*Pteraria lobata* (Willd.) Ohwi)。

为了达到优美的景观效果,我国高速公路生态边坡建设中还选择了一些花色或叶色植物。这类植物有:美人蕉(*Canna indica*)、万寿菊(*Ageratum conyzoides*)、桔梗(*Platycodon grandiflorum* (Jacq.) DC.)、孔雀草(*Tagetes patula*)、紫叶李(*Prunus simonii*)、海棠(*Malus specabilis*)等。如波斯菊、孔雀草等在安楚高速公路边坡上有大量的应用^[26],万寿菊、桔梗等在宁杭高速公路边坡有一定的应用^[27]。

5 建议及展望

目前国内大部分高速公路生态边坡的建设只限于前期的措施与方法,而对建设后期生态恢复效果的重视程度不够。为了使生态边坡取得良好的经济效益、社会效益和生态效益,必须对生态边坡的后期效果进行科学评价,为新的高速公路生态边坡的建设提供科学指导作用。建议在进行生态边坡的建成效果评价时,可从以下几方面来探讨:

5.1 水土保持评价

边坡的稳定与否,直接影响到公路交通的安全。保持边坡的稳定性是建设生态边坡的主要目的之一。边坡的地质稳定性与边坡地质结构以及边坡坡度设计有关,是工程前期就应该注意的问题。而边坡的水土保持能力,则与植被覆盖有关,它最终可能影响边坡的地质稳定性,是边坡稳定性后期评价的主要指标,主要包括土壤的水土流失情况、特点、面积等。

5.2 土壤质量评价

土壤是植被恢复和群落演替的前提,是生态边坡建成的物质基础,决定着生态边坡演替的方向和进度。主要评价指标包括土壤的含水率和持水能

力、土层厚度变化情况以及土壤肥力指标等。在进行生态边坡建设时大多数边坡都进行了人工客土或是装填培养基,因此在揭示土壤肥力演变时,理化性质指标常缺乏敏感性,而有早期预警作用的土壤微生物量指标却具有很高的灵敏度,所以在建议用土壤微生物量作为土壤的肥力指标。

5.3 植物群落评价

长期以来,高速公路边坡的植被覆盖率常被作为生态边坡建设成功与否的唯一标准,这是非常错误的。边坡植物群落能否保持稳定并自我生态恢复,是建设生态边坡更为关心的问题。因此评价指标应包括物种的个体数量指标(如丰富度、密度、盖度、频度、高度、重量、体积)、物种的综合数量指标(如种的优势度、重要值、综合优势比)、群落郁闭度、群落层次结构和生物多样性指标等。

5.4 行车效果评价

提供优美、安全、舒适的行车环境,也是建设生态边坡的主要目的之一。把多种形式的植物景观合理的搭配起来,给司机创造一个良好的绿色视觉空间,减轻视觉疲劳,降低发生交通事故的几率。因此,可酌情发展行车舒适度和满意度指标,以评价生态边坡的建设。

在今后的公路边坡建设工作中,我们要着重贯彻生态边坡的理念,引进一些较优的护坡方法,注重人工诱导边坡植被的原生演替机制,落实切实可行的规划管理体制,把生态评价纳入相关政策法规,对生态边坡建设进行深入的研究与探讨。

参考文献:

- [1] 卓慕宁,李定强,郑煜基.高速公路生态护坡技术的水土保持效应研究[J].水土保持学报,2006,20(1):164-167.
- [2] 李旭光,毛文碧,徐福有.日本的公路边坡绿化与防护-1994年赴日本考察报告[J].公路交通科技,1995,2(12):59-64.
- [3] 张俊云,周德培,李绍才.岩石边坡生态护坡研究简介[J].水土保持通报,2000,20(8):36-38.
- [4] 李海芬,卢欣石,江玉林.高速公路边坡生态恢复技术进展[J].四川草原,2006,(2):34-38.
- [5] Donald H G, Robbin B S. Biotechnical and Soil Bioengineering Slope stabilization[M]. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1996.
- [6] Greenway D R. Vegetation and Slope Stability [A]. In: Slope Stability [M]. New York: Wiley, 1987.
- [7] Gray D H. Influence of vegetation on the stability of slope, proceedings [C]. International Conference on Vegetation and Slope. Oxford Institution of Civil Engineers, University Museum, 1994.
- [8] Nilaweera N S. Effects of tree roots on slope stability: the case of Khao Luang Mountain area, Thailand[D]. Bangkok: Asian Institution of Technology, 1994.
- [9] 赵警卫,芦建国,王荣华.七种生态护坡在高速公路边坡的应用效果[J].公路,2006,(1):201-204.
- [10] 王云,江玉林,崔鹏,陈学平.安楚高速公路禄丰段边坡生态防护技术[J].水土保持研究,2006,13(1):139-141.
- [11] 陈兵,李润生,甄晓云.云南元磨高速公路边坡生物防护设计[J].昆明理工大学学报,2002,27(6):151-157.
- [12] 杨兵,李武强.成南高速公路路堑边坡生态防护工程的施工及质量检验标准[J].公路交通技术,2004,(1):94-97.
- [13] 赵德志,张兰军,魏涛.贵州喀斯特地区公路边坡生态恢复的环境影响因子研究[J].公路交通技术,2005,(5):130-133.
- [14] 王红娟.渝合及渝黔高速公路边坡生态防护[J].西南园艺,2005,33(4):30-31.
- [15] 王海亮,张春禹,何凡.半干旱地区高速公路边坡生态恢复技术研究[J].内蒙古公路与运输,2006,(1):128-130.
- [16] 刘志明,李建中,张可能,袁军超.公路边坡工程中的植物生态防护技术[J].地下空间与工程学报,2005,1(7):1025-1028.
- [17] 席嘉宾,张惠霞.几种混播绿化组合对高等级公路边坡防护效益的研究[J].草业科学,2000,17(4):57-60.
- [18] 刘建秀,周久亚.草坪·地被植物·观赏草[M].南京:东南大学出版社,2001.1-3.
- [19] 赵华.边坡生态护坡结构稳定性分析及地基土的适宜性评价[J].地质灾害与环境,2003,14(4):47-50.
- [20] 吴艳红.生态防护技术在边坡防护工程中的应用[J].广东水利水电,2006,(3):12-14.
- [21] 邓辅唐,吕小玲,邓辅商.高速公路边坡生态恢复研究进展[J].中国水土保持,2005,(11):48-50.
- [22] 曹兵,宋丽华,何嘉,等.谈宁夏高等级公路、高速公路的绿化[J].中国园林,2001,(1):84-86.
- [23] Solbring O T. Plant traits and adaptive strategies: their role in ecosystem function[A]. In: Schulze E, Mooney H A, eds. Biodiversity and Ecosystem Function[C]. Berlin: Springer-Verlag, 1993. 97-116.
- [24] 许凯扬,叶万辉.生态系统健康与生物多样性[J].生态科学,2002,21(3):279-283.
- [25] Tilman D, Downing J A. Biodiversity and stability in grasslands [J]. Nature, 1994, 367: 363-365.
- [26] 孙乔宝,甄晓云,李文龙,等.云南安楚高速公路岩石边坡生态恢复植物适应性研究[J].公路交通科技,2005,22(8):155-158.
- [27] 姚宇,檀心福.生态防护技术在宁杭高速公路边坡防护中的运用[J].公路,2005,(3):89-92.