

# 长沙市公路边坡生态防护技术探讨

文东新, 徐海青, 谢忠球

(中南林业科技大学, 湖南 长沙 410004)

**摘要:**以长沙市市区公路主干线的边坡为研究对象,对公路边坡生态防护技术现状进行了调查研究。结果表明,长沙市公路边坡生态防护技术主要有植物护坡、土工格室植草护坡、框格结构植草护坡、三维植被网护坡、多种护坡技术结合等,指出其分布、适用范围、常用的绿化植物种类及优缺点。在此基础上提出对应的改善措施及建议。

**关键词:**公路;边坡防护;生态防护技术

**中图分类号:**S731.8

**文献标志码:**A

**文章编号:**1001-7461(2012)05-0184-05

## Road Slope Ecological Protection Technology in Changsha

WEN Dong-xin, XU Hai-qing, XIE Zhong-qiu

(Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China)

**Abstract:** Technologies of ecological protection of the slopes besides the main roads in Changsha, China were investigated. The investigation demonstrated that the protection technologies included protections by planting vegetations, planting grass in geotechnical grids or gridiron structure, establishing three-dimension vegetative nets, and multiple combinations of different measures. The technologies above mentioned were reviewed from the aspects of distribution, adaptive range, vegetation species, and advantages & disadvantages. Measures for improvement and related suggestions were put forward.

**Key words:** road; side slope protection; slope bioengineering protection technology

随着经济文化的快速发展,城市的规模和发展迅速壮大,城市的建设发展不再局限于经济建设,“生态园林城市”建设已经逐渐成为人们关注的焦点。生态园林城市建设是塑造美化城市形象的重要手段,而公路作为重要的交通设施,其安全稳定性及景观的美化应当作为重点。长沙市优越的自然环境条件、丰富的植物资源、深厚的历史文化背景为创建生态园林城市奠定了基础。

在公路边坡防护中,加强监测、监督和治理,延长道路的使用寿命的同时,公路景观建设应确保边坡的生态环境与周围的环境相协调,以达到保护生态,美化城市环境,建设生态园林城市的目的。

边坡生态防护(Slope Bioengineering Protection)是指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的固坡措施<sup>[1]</sup>,也就是指生物防护或者生物防护与工程防护或其它防护措施相结合的一种防护技术。

城市建设中,大量的开发建设工程破坏了原有的地貌形态和植被系统,形成大面积裸露的坡面,若不及时治理,恢复植被,将会加剧水土流失,降低边坡稳定性,增大恢复公路边坡植被的难度<sup>[2]</sup>。生态护坡工程成本低,护土固坡效果好,能有效地减少水土流失,最大限度恢复和改善公路生态环境。

## 1 长沙市概况

长沙市为湖南省会,其地理位置为 111°53′~114°15′E、27°51′~28°40′N 之间。全市总面积 1.18 万 km<sup>2</sup>,其中市区 1 450 km<sup>2</sup><sup>[3]</sup>。

长沙市地处亚热带,气候温和湿润,物种丰富多样,四季分明,历年最高气温达 43℃,最低气温零下 12℃。多年平均降雨量为 1 483.6 mm,降水主要集中在 4—7 月<sup>[4]</sup>。适宜的气候为植物生长和植被恢复提供了良好的条件。

长沙市位于湘江下游,境内地表水系发达。湘江由南向北贯穿全境,境内长度约 75 km。市域有着丰富的地形地貌,地貌形态主要以低山、丘陵、岗地和冲积平原为主。地下水则主要埋藏于湘江和浏

阳河的河漫滩和各级阶地的砂、卵石层中。长沙区内的地带性土壤以红壤为主,长沙市郊的土壤以花岗岩发育的红壤为主<sup>[5]</sup>。

## 2 长沙市公路边坡生态防护调查研究方法

### 2.1 技术路线

长沙市公路边坡防护技术研究技术路线如图 1 所示。

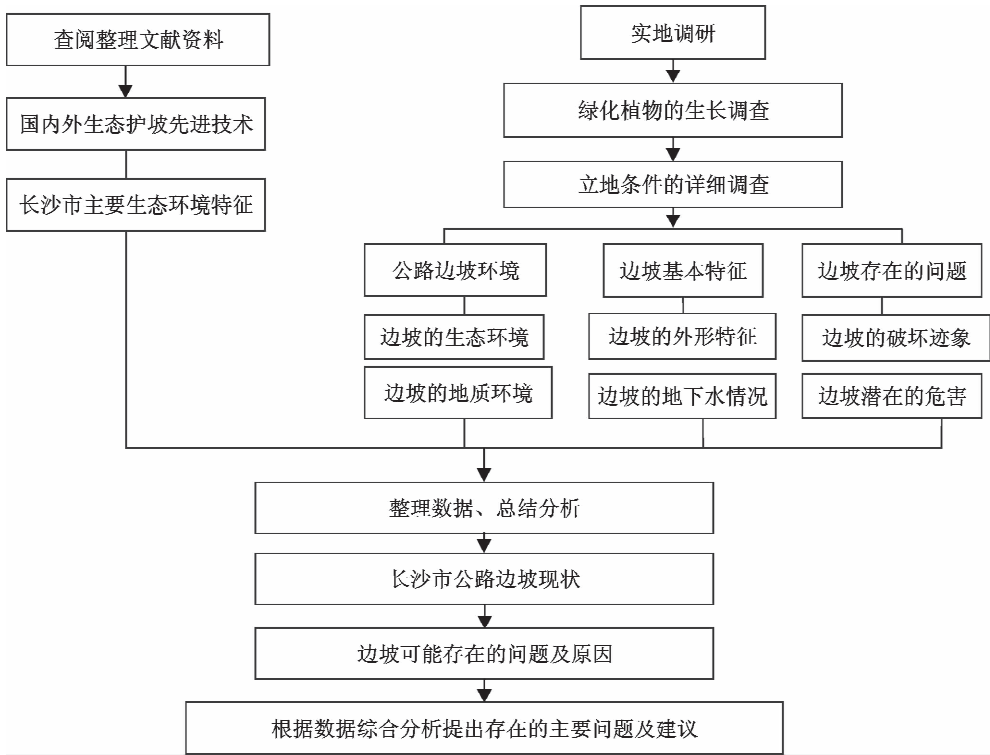


图 1 技术路线

Fig. 1 Technology diagram

### 2.2 研究方法

立地条件的详细调查主要是针对长沙市城区(芙蓉、天心、岳麓、开福、雨花 5 个区)公路主干线的边坡展开实地调查,拍摄照片,收集公路边坡的相关资料,利用 GPS 设备对于公路边坡位置进行准确定位。本次调查是针对长沙市城区公路边坡生态防护技术应用现状展开的一次普查,全面了解掌握长沙市公路边坡生态防护技术应用情况。根据调查的目的采用方形样地,样地面积和数量根据边坡大小而定,一般面积为 200~400 m<sup>2</sup>。对样地的地质环境、植物盖度、生长状况、植物配置等开展详细调查。

针对野外调查设计了长沙市公路边坡调查表,调查的主要内容包括边坡的地理位置、地质环境、生态环境,边坡的基本特征和边坡现状等资料,为改善长沙市公路边坡的生态环境提供依据。对采集数据进行归纳整理,判断边坡稳定性、边坡的绿化情况,

并采取相应的治理措施和管理措施。最后将边坡调查点的地理信息转换为 KMZ 格式的文件,可在谷歌地球软件中打开,可直接掌握调查边坡的地理位置、分布情况、周边的生态环境及边坡属性及多媒体资料等,利于掌握不同边坡的空间分布规律及与环境的关系,制定相应的护坡技术及管理对策。

## 3 结果与分析

### 3.1 长沙市城区公路边坡现状

我国目前采用以土壤侵蚀强度分级标准作为水土流失轻度分级标准<sup>[6]</sup>,土壤侵蚀强度以土壤侵蚀量划分为基准,有多种计算土壤侵蚀量的方法,但在实际调查中很难测定土壤侵蚀量,特别是城市土壤侵蚀量的测定,因此本研究采用三级诊断法<sup>[7]</sup>中的分级标准(表 1)。

表 1 水土流失强度分级标准

Table 1 Soil erosion intensity classification standards

流失原因	评价项目	分级标准		
		I 级较轻	II 级一般	III 级严重
开发区（边界相对封闭式）	植被覆盖率/%	>50	30~50	<30
	斜坡高差/m	1~2	>2	>3
	平台面积/hm²	1~4	>4	>6
开发区（边界开放式）	植被覆盖率/%	50~70	30~50	<30
	斜坡高差/m	1.0~1.5	1.0~2.0	>2.0
	平台面积/hm²	<1.0	1~4	>4
采石场	尾砂防护距离/m	>500	200~500	<200
	坡度/(°)	<30	30~38	>38
	高差/m	<30	3~8	>8
建设开挖面	岩石特性	坚硬风化壳	裂隙发育的半风化物	全风化破碎带、堆积残积物或松散土
	坡度/(°)	<15	15~25	>25
自然流失	植被覆盖率/%	>75	30~75	<30
	措施或流失特征	有挖穴水平条带	侵蚀沟不明显	明显侵蚀沟

据调查所得的边坡地质环境、生态环境、作用因素等因素综合分析边坡的稳定性<sup>[8-9]</sup>，划分为稳定、较稳定、不稳定和极不稳定 4 个等级，结合边坡水土流失强度，将边坡防护效果分为优秀、良好、一般和较差 4 个级别。本次公路边坡调查点总计 91 个，涵盖了长沙市城区所有生态防护边坡。由表 2 数据可以分析出长沙市边坡防护的总体效果较好。

表 2 边坡防护效果分类

Table 2 Classification of side slope protection results

	调查点/个	所占比例/%
优秀	32	37
良好	35	38
一般	22	12
较差	12	13

调查中发现长沙市公路边坡运用植物种类少，配置形式单一，四季景观变化差异不大，缺乏观赏性。公路边坡植物多以杜鹃、香樟树、红花继木、山茶树等为主，对乡土树种引用不多。应注重乡土树种的合理应用，增加景观丰富度。

少数植被群落生长状况差，公路边坡主要破坏形式为坍塌、滑坡等，这与疏于养护管理有一定的关系，但其主要成因为坡面径流浸润冲刷及地下水位变化导致深层土壤浸润塌陷，大多发生于土质疏松的边坡。人为因素影响也是成因之一，边坡开挖建设过程中不注重环境保护，造成了后期恢复其稳定性和生态环境的困难。少数公路边坡因立地条件困难，地理位置偏离城市中心，未进行及时的治理保护，造成恶劣的生态环境，影响城市美观及居民生活。

调查的 91 个边坡中，高陡边坡 70 个，占 75%，大多数分布在市郊，多数为在开发建设工程中形成；低缓边坡 21 个，占 25%，大多数分布在市区，以植

被护坡为主。85%的边坡为人工边坡、土质边坡。坡面形态以直形为主，其次是凹形、复合形、阶形和凸形。土壤以沙壤土为主。土壤侵蚀方式以水力侵蚀、重力侵蚀为主，35%的边坡水土流失强度为中度以上。大部分边坡稳定性较好，可能失稳因素为雨水冲刷、重力、人工加载、人工开挖等，80%的影响因素为人工加载、人工开挖坡脚坡面等人为因素。

3.2 长沙市城区主要公路边坡防护技术特点分析

1) 目前国内的主要生态防护技术<sup>[10-11]</sup>为植物护坡、三维植物网护坡、土工格室植草护坡、浆砌片石骨架植草护坡、以及栽植木本植物护坡等。根据调查研究长沙市公路边坡的主要生态护坡技术为植物护坡、土工格室植草护坡、框格结构植草护坡，以及三维植被网护坡、多种护坡技术结合等形式。

在长沙市公路边坡防护中主要应用的树种有香樟树(*Cinnamomum camphora*)、复羽叶栎树(*Koeleruteria bipinnata*)、广玉兰(*Magnolia grandiflora*)、雪松(*Cedrus deodara*)、杜英(*Elaeocarpus sylvestris*)、桂花(*Osmanthus fragrans*)、石楠(*Photinia serrulata*)、紫叶小檗(*Berberis thunbergii*)、栀子(*Gardenia jasminoides*)、红花继木(*Lorpetalum chindensevar · rubrum*)、山茶花(*Camellia japonica*)、八角金盘(*Fatsia japonica*)、杜鹃(*Rhododendron simsii*)、金叶女贞(*Ligustrum Vicaryi*)、雀舌黄杨(*Buxus sinica*)、云南黄馨(*Jasminu mesnyi*)、地毯草(*Axonopus compressus*)、百慕达草(*Cynodon dactylon*)、扶芳藤(*Euonymus fortunei*)、迎春(*Jasminum nudirlorum*)、美国凌霄(*Campsis radicans*)、凌霄(*C. grandiflora*)凤尾竹(*Bambusa glaucescens*)、苦竹(*P. amarus*)等。

结合国内外生态防护技术研究及收集到的数

据,总结分析了以上几种护坡技术的最优植物配置、适用范围及优缺点(表 3)。

表 3 长沙市城区公路边坡主要生态护坡技术特点

护坡技术	所占比例/%	最优植物配置	适用范围及存在的问题
植被护坡	35	乔木:香樟树、复羽叶栎树、广玉兰、雪松;灌木:红花继木、杜鹃、金叶女贞、雀舌黄杨;地被植物:地毯草;竹类:凤尾竹	在坡度低缓的土质边坡上坡面防护效果好;边坡防护效果良好,操作简单、生态性好;结合实际情况,宜于应用在城市核心区。缺点是植被养护管理难度大,需长期保持植被稳定性,护理费用高。
框格结构植草护坡	55	乔木:复羽叶栎树、柏树;灌木:石楠、黄杨、红叶李、红花檵木等;地被植物:地毯草;藤本植物:迎春花	适合坡率 1∶1.5~1∶1.0 的土质边坡或强风化岩质边坡。边坡防护效果优秀,适合难于绿化、贫瘠的边坡。护土固坡效果好,易保持边坡稳定。缺点是施工难度大,成本较高,植被成活率较低。
三维网植被护坡	5	地被植物:百慕大草或地毯草	适合坡率为 1∶1.25~1∶1.50 的稳定边坡。抗径流冲刷,施工简单,质量高,防护效果好。缺点是前期还起不到保持水土的作用,易受外来物种的侵入。
多种护坡技术结合	5	乔木:广玉兰、香樟树、雪松、杜英;灌木:石楠、杜鹃、紫叶小檗、黄杨;地被植物:地毯草;藤本植物:凌霄	适合各种边坡,主要形式为石笼网、干砌或浆砌挡土墙结合以上各种措施护坡。边坡防护效果优秀,适宜在复杂边坡及市郊实施。

长沙市主要的框格结构植草护坡<sup>[12]</sup>为方形、菱形、鱼鳞状等形状的框格植草,结合乔木、灌木、藤本植物等植被护坡。框格结构植被护坡更适合长沙市湿润多雨的气候,抗雨水冲刷力大,且据相关研究表明<sup>[13]</sup>,植草护坡技术存在的局限性不利于长远的保持边坡稳定性。因此框格结构植草护坡技术在长沙市应用相对较广。

三维植物网护坡技术在长沙市应用相对较少,据相关调查研究表明<sup>[14]</sup>,该护坡技术成本低,操作简单,抗雨水冲刷能力强,护土固坡效果好,适合应用于气候湿润多雨的长沙市公路边坡。在实际应用中,不足之处是生长初期植物群落结构过于单一,易

受外来物种的侵入,但在植被稳定后护坡效果显著。

调查中发现位于远离城市中心的公路边坡,大多现状较差,需加强管理、监测和治理。市中心附近的边坡,除了少数的因地质、建设工程及其他人为因素遭到破坏的边坡外,大多数公路边坡的现状优秀。部分公路边坡由于缺乏完善的养护管理及监督监测制度,部分边坡的框格陈旧、断裂、沉降,植被衰退等现象未及时治疗,降低了边坡防护效果。

2)整体看长沙市公路边坡植被搭配较合理,植被生长状况良好。根据收集到得气候资料及调查所得的数据,总结分析了长沙市常用的绿化植物、适用范围及优缺点(表 4)。

表 4 长沙市公路边坡常见绿化植物特点

类型	常见植物种类	优缺点	适用范围
乔木	香樟、广玉兰、桂花、杜英、雪松、石楠、女贞、水杉、日本晚樱、复羽叶栎树、红叶李、合欢、银杏、红枫、杉木、蒲葵等	大多数喜温暖湿润环境,耐寒耐阴、深根性植物;适应性强,生长速度快,抗风力强,景观效果好。不足之处是易加重边坡荷载,利于滑坡等灾害发生	边坡坡率小于 1∶1.8 的土质边坡。土壤要求条件相对较好,一般栽植在坡脚、下边坡及坡顶处
灌木	含笑、山茶花、红花继木、火棘、黄杨、冬青卫矛、枸骨、八角金盘、四季桂花、栀子花、小叶女贞、金叶女贞、杜鹃、木芙蓉、月季、连翘、迎春、紫叶小檗、雀舌黄杨等	喜温暖湿润环境,大多数喜充足的光照;成活率相对较高,根系发达,抵抗能力强,寿命长,生态效益好。不足之处是对土壤条件较高,成本较高	边坡坡率 1∶3~1∶1 的土质边坡或有浅层土壤的岩质边坡,适合丛植或群植
藤本植物	常春藤、扶芳藤、美国凌霄、云南黄馨等	生长迅速,适应性强,萌芽能力强,附着能力强,景观覆盖效果好,养护管理简单。不足之处是早期生长较慢,护坡效果不理想;品种单一,乡土特色不明显	适合应用在硬质边坡或已建有挡土墙、土工格室等构造的边坡,利于丰富生态环境
地被植物	地毯草、百喜草、百慕达草、细叶结缕草等	适应性强,生长迅速,成坪速度快;耐踏性强,耐贫瘠;水土保持作用好。不足之处是前期生长易受病虫害、缺水等灾害,养护管理费用高	植草护坡适用于坡率<1∶1 的低缓稳定的土质或强风化的岩质边坡。操作简单,成本低
竹类	苦竹、凤尾竹、粉单竹等	生长快,成才早;观赏性高,易繁殖,根系发达,固土护坡效果好	边坡坡率<1∶1 的边坡,对土壤要求不高。适合丛植或群植

#### 4 建议

1)优化植物的选择和配置。近年来,长沙市城市化发展迅速,城市范围不断扩展<sup>[15]</sup>。人们对于生

态环境的要求逐渐提高,植物的选择应遵循适应性强、抵抗能力强,易粗放管理,优先考虑乡土树种等原则<sup>[16]</sup>。植物配置易多样化合理搭配,既保持了植被系统的稳定性,亦可丰富城市景观。

根据长沙的降雨量大,气候湿润的特征,在植物的选择中应注重植物的气候适应性、土壤适应性和抗病性,抗侵蚀冲刷、易粗放管理等。采取的工程措施应以增强边坡的边坡稳定和边坡坡面的抗侵蚀冲刷为重点。综合边坡稳定性及景观效应,框格结构植草护坡技术效果最好,搭配的植物群落以香樟树、女贞、红花继木、杜鹃、金叶女贞、木芙蓉、雀舌黄杨及云南黄馨最佳。

2)加强监督监测和植被养护管理。边坡防护工程中缺乏相应的技术规范、标准,在工程实施和后期的监测管理很难统一,造成工程后期质量较差,严重影响护坡工程的效果。应建立统一完善的技术规范及监督监测机构,保证工程的养护管理到位,达到最佳的防护效果。

长沙市地区气候温暖湿润,植物种类丰富,为建设生态园林城市创造了良好的条件。植被的养护管理至关重要,直接影响边坡防护效果,应加强对植被的病虫害以及杂草、外来物种的清除等的管理。

在所调查的公路边坡中,植物群落配置简单,植物种类数量较少;应用的植物种类单一缺少变化,使用频率最高的物种是香樟、复羽叶栎树、广玉兰、红花继木、紫叶小檗、金叶女贞、杜鹃、栀子花、山茶花等;后期植被疏于维护管理,外来物种侵入、病虫害、人为破坏等造成植被生长状况较差。

植物的维护管理应正确处理乡土树种与外来物种的关系,使它们共同发挥作用,提高植物的适应性和城市景观的观赏性。后期植被维护应定期检查,及时补植、修理、治理病虫害及清除外来物种。

5 结论与讨论

在对长沙市城区公路边坡生态防护现状的调查研究中,边坡生态防护技术应用广泛,景观效果和生态效益显著,但生态护坡技术应用还不够成熟,植物选择配置、养护管理、技术应用等存在很多问题。

植物选择过于依赖外来物种,乡土树种引用较少。公路边坡生态防护固土护坡效果较好,但植物配置较简单,生物多样性低,降低了城市景观性和欣赏性。

生态防护技术以框格植草护坡、植草植树护坡为主,技术形式单一,在建设中缺乏科学指导,对新技术应用很少。

护坡工程的后期监督管理存在很大的问题,例如管理滞后、管理不善等,造成植被得不到及时修复,边坡失稳等,导致边坡生态防护工程的防护达不到预期效果,也影响了护坡技术的应用推广。因此,在研发生态防护技术的同时,应重视完善相应的规范制度,提高边坡防护的质量。

参考文献:

[1] 周德培,张俊云. 植被护坡工程技术[M]. 北京:人民交通出版社,2003.

[2] 钱国超,唐述虞,景春,等. 高速公路环境景观设计[M]. 北京:人民交通出版社,2009.

[3] 万方珍. 长沙市城市生态园林建设战略研究[J]. 湖南林业科技,2004,31(4):72-73.

[4] 郭俊秀. 长沙[M]. 北京:华艺出版社,1991.

[5] 高冠民,窦秀英. 湖南土壤地理区划[J]. 华南师范大学学报,1987,21(2):291-297.

GAO G M,DOU X Y. Soil division in Hunan Province [J]. Journal of Central China Normal University,1987,21(2):291-297. (in Chinese)

[6] 庄秀琴,苏典南. 泉州市主要坡地水土流失现状调查与对策探讨[J]. 亚热带水土保持,2005 (1):48-53.

[7] 陈发扬. 城市水土流失强度分级标准商榷[J]. 中国水土保持,1999(3):30.

[8] 祝玉学. 边坡可靠性分析[M]. 北京:冶金工业出版社,1993.

[9] 朱海英. 浅谈公路路基边坡防护方法及重要性[J]. 山西建筑,2008,34(13):288-289.

ZHU H Y. Discussion on the protection methods and importance of highway subgrade slope [J]. Shanxi Architecture, 2008,34(13):288-289. (in Chinese)

[10] 杨伟,黄俊生,余海生. 公路边坡稳定性评价方法及滑坡防治措施[J]. 筑路机械与施工机械化,2007,24(4):1-4.

YANG W,HUANG J S,YU H S. Assessment method of highway slope stability and measurement for landside control [J]. Road Machinery & Construction Mechanization,2007,24(4):1-4. (in Chinese)

[11] 徐国刚,赖庆旺. 中国西南道路边坡生态治理的实践[J]. 草业科学,2002(1):66-68.

XU G G,LAI Q W. Practice of ecological control of highway slope in southwest China [J]. Pratacul Tural Science,2002(1):66-68. (in Chinese)

[12] 王海辉,何益文. 公路边坡防护方法研究[J]. 山西建筑,2009,35(32):287-288.

WANG H H,HE Y W. Protection method for slope of road [J]. Shanxi Architecture,2009,35(32):287-288. (in Chinese)

[13] 王佳妮. 生态护坡的局限性及副作用研究[D]. 昆明:昆明大学,2005.

[14] 杨玉金,田耀武,郑根宝. 等. 濮鹤高速公路边坡植被生态防护效果分析[J]. 西北林学院学报,2006,21(1):28-32.

YANG Y J,TIAN Y W,ZHENG G B, et al. Effects analysis of puhe freeway slope vegetation ecological protective [J]. Journal of Northwest Forestry University,2006,21(1):28-32. (in Chinese)

[15] 王茂林,秦莉萍. 长沙市景观生态规划设计初探[J]. 湖南林业科技,2009,37(3):78-79.

[16] 王慧芳,罗承德. 高等级公路边坡绿化植物材料选择初探[J]. 四川草原,2004(3):53-55.

WANG H F,LUO C D. Preliminary study on plants selection about the slope afforestation of highway [J]. Journal of Si-chuan Grassland,2004(3):53-55. (in Chinese)