

## 植被护坡现状与展望

方 华, 林建平

(广州地理研究所, 广州 510070)

**摘 要:** 阐述了植被护坡的功能和发展历史。指出随着社会经济的发展, 植被护坡的功能已从单纯的护坡转向护坡与景观改善并举, 并且在有些情况下, 以景观改善为主要目的。介绍了目前植被护坡在土质边坡、岩质边坡和水体边坡应用的主要类型与优劣, 提出植被护坡存在的问题和植被护坡的发展方向。

**关键词:** 植被护坡; 水土流失; 景观

**中图分类号:** S157. 43

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2004)03-0283-03

## Slope Vegetation: Present Situation and Its Prospect

FANG Hua, L N Jian-ping

(Guangzhou Institute of Geography, Guangzhou 510070, China)

**Abstract:** The function and history of slope vegetation is stated. The point of view that with the social economic development, the function of slope vegetation has changed from slope protection to both slope protection and landscape improving, or sometimes, mainly for landscape improving is set forth. The main styles and its characteristics of vegetation on soil slope, rock slope and fluctuation belt of reservoir are introduced, the problems are discussed and the development trend is put forward.

**Key words:** slope vegetation; soil and water loss; landscape

随着社会经济的发展, 水利枢纽、铁路、公路、机场等基础设施建设迅猛发展<sup>[2]</sup>; 在一些地区, 采石产业等也得到了长足发展<sup>[3]</sup>, 出现了许多开挖回填的裸露边坡, 破坏了原有自然植被, 产生边坡冲刷、浅表层滑动或景观破坏等问题。传统的护坡方法, 如挡土墙护坡、干砌块石封闭护坡等都难以恢复自然植被, 不利于环境保护和生态平衡。植被护坡是利用植被涵水固土的原理稳定岩土边坡同时美化生态环境的一种新技术, 是涉及岩土工程、恢复生态学、植物学、土壤肥料学等多学科于一体的综合工程技术<sup>[1]</sup>。它除了护坡功能之外, 还具有美化与改善环境的功能, 越来越为人们所倡导和应用。本文拟就植被护坡的历史、现状作一概述, 对其发展提出一点看法, 以期对植被护坡的进一步发展提供借鉴。

### 1 植被护坡的发展简历

植被护坡的历史源远流长。最早有记载的植被护坡应用出现在 1591 年的中国<sup>[4]</sup>。在如此久远的年代, 柳树等已用于河岸边坡的加固与保护。在 17 世纪, 中国就利用植被护坡技术保护黄河河岸。1633 年, 日本人采用铺草皮、栽树苗的方法治理荒坡, 成为日本植被护坡的起源。到了 20 世纪 30 年代, 这种生物途径首次引入中欧, 得到迅速发展并在欧洲盛行, 主导着世界植被护坡的研究与应用。20 世纪 60 年代以后, 植被护坡技术已推广到世界许多国家。在北美, 植被护坡

运用历史可以追溯到 1926 年, 而且承袭了中欧的经验, 主要致力于与农林业和道路建设有关的侵蚀控制。在英国, 这个方法始于 20 世纪 40 年代末, 用于陆地景观的稳定、堤岸和交通线路边坡的稳定等<sup>[5]</sup>。欧美国家主要是围绕着防止坡面遭受雨水侵蚀的目的而进行, 主要应用于公路边坡的植被防护及河堤防护。液压喷播技术自 20 世纪 50 年代发明后用于植被护坡, 至今已获广泛应用。

植被控制侵蚀作用的定性研究始于 20 世纪 20 年代, 而定量研究直到 60 年代才见报道<sup>[25]</sup>。近 30 年来, 有关植被在斜坡保护中的应用、评论越来越多。

植被护坡技术在中国始于 20 世纪 50 年代, 主要用于水土保持和防风固沙。尽管中国的应用目的与其它地区的并不完全相同, 但采取的植被护坡原理与方法却是基本相同的。从上世纪 70 年代开始, 植被护坡在中国得到了进一步的发展。随着经济的发展和人民生活水平的提高, 人们对环境的要求也越来越高, 在中国的一些地区, 特别是经济发达地区, 植被护坡已从单纯的水土保持转向水土保持与景观改善的结合, 有些地方, 景观改善已成为植被护坡的重要方面<sup>[3]</sup>。

然而, 植被护坡形成一门学科, 还是近十几年的事, 至今还没有一个固定成形的术语, 英文有称 Biotechnique, Soil bioengineering, Vegetation 或 Revegetation 等, 国内也有植被护坡、植被固坡、坡面生态工程等名称<sup>[1, 23]</sup>。

收稿日期: 2004-05-11

基金项目: 广东省自然科学基金项目(970791); 广东省科技攻关项目(C40705, 2003B40401); 广州市科技攻关项目(2002C13G0111)联合资助

作者简介: 方华(1967- ), 安徽省绩溪县人, 硕士, 副研究员, 主要从事资源与生态环境研究。

## 2 植被护坡的功能

植被护坡的主要作用在于植被根系的土壤增强作用,它是植被稳定土壤的最有效的机械途径。它加强土壤的凝聚力,通过根系的机械束缚增强根系土层的总体强度,提高滑移抵抗力<sup>[6]</sup>。与工程护坡相比,植被护坡具有自我修复和持久作用、低能耗低物耗、费用-效益综合优势、环境兼容性等特点<sup>[23]</sup>,当植被结构与工程结构联合使用时,两者能够相互加强,相互补充,其最突出的特点是具有生物生态学属性,其结构在发生坡面不稳定时可以调整自身状况来适应坡面变化,维持较高侵蚀控制能力,持续发挥抗蚀护坡的工程潜能<sup>[23~25]</sup>。植被护坡的功能可以从以下几个方面说明:

### 2.1 护坡功能

#### 2.1.1 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。在植被覆盖的斜坡上,植物相互缠绕的侧向根系形成具有一定抗张强度的根网,将根际土壤固结为一个整体;同时垂直根系的浅层根际土层锚固到深处较稳定的土层上,更增加了土体的稳定性。禾草、豆科植物和小灌木在地下 0.75~1.50 m 深处有明显的土壤加强作用,树木根系的这种作用则可影响到地下 3 m 甚至更深的土层<sup>[1,24]</sup>。

#### 2.1.2 浅根的加筋作用

植物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。

#### 2.1.3 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的关系。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。

#### 2.1.4 降雨截留,削弱侵蚀,控制水土流失的作用

植被能拦截高速下落的雨滴,减少能量及土粒的飞溅;另一方面,由于植被的覆盖,减少雨滴对地面的打击力,增加雨水滞留;同时,由于植被根系的存在,对土壤具有固结作用,增加土壤水下渗,而且根系分泌物及腐殖质对土壤具有粘结作用,减少土粒冲刷与淋溶,有效减少水土流失。

### 2.2 环境与景观的改善功能

边坡植物的存在使得人工环境逐渐恢复为自然环境,为生物的生存和繁衍提供了有利的场所。植物吸收大气中的  $\text{CO}_2$ ,放出  $\text{O}_2$ ,能够稀释分解、吸收和固定大气中有害物质,包括大气中的金属和非金属粉尘,具有净化大气的作用,还能缓冲局部水热环境,调节小气候。交通工程中应用植被护坡,还可以降低噪声和光污染,提高行车安全系数。

植物通过其固有的色彩、形态、风韵等个性特色和群体景观效应体现出悦人的美感。季节的变化,光线、气温、风、雨等作用于植物,使植物呈现出朝夕不同、四时互异、千变万化、丰富多彩的景观变化,提升了环境的景观功能与价值。

## 3 植被护坡的主要应用类型与现状

植被护坡已经在公路、矿山和河道堤防等多种边坡广泛应用<sup>[10~14]</sup>。根据岩土特性,可以将边坡分为土质边坡、岩质边坡等;水体岸坡因为干湿交替的特殊性质,其植被恢复具

有特殊性<sup>[20]</sup>。

### 3.1 土质边坡植被护坡

#### 3.1.1 铺草皮护坡

铺草皮护坡是较常用的一种护坡绿化技术,是将培育的生长优良健壮的草坪,铲起并运至需要绿化的坡面,按照一定的大小规格重新铺植,使坡面迅速形成草坪的护坡绿化技术。它具有成坪时间短、护坡功能见效快、施工季节限制少等的优点。

#### 3.1.2 播植草被护坡

播植草被护坡,就是采用营养袋草苗和草种点播等方式相结合,不仅具有绿化的作用,而且还可以根据设计要求,组合成各种不同的图案,具有景观美化的作用。

#### 3.1.3 植生带护坡

植生带是采用专用机械设备,依据特定的生产工艺,把草种、肥料、保水剂等按一定的密度定植在可自然降解的无纺布或其它材料上,并经过机器的滚压和针刺的复合定位工序,形成的一定规格的产品。

植生带建植草坪,是草坪建植中的一项新技术,在国外应用较早,我国在 20 世纪 80 年代开始试制和应用<sup>[1]</sup>。目前,植生带已广泛应用于城市园林绿化中。

植生带护坡具有以下特点:植生带置草种与肥料于一体,播种施肥均匀,数量精确,草种、肥料不易移动;植生带具有保水和避免水流冲失草种的性质;草种出苗率高,出苗整齐,建植成坪快;采用可降解的材料;体积小,易运输,施工方便。

#### 3.1.4 液压喷播植草护坡

液压喷播是将草种、木纤维、保水剂、粘合剂、肥料、染色剂等与水的混合物通过专用喷播机喷射到预定区域建植草坪的绿化技术。

液压喷播植草发展于普通草坪绿化,采用液压喷播技术,使播种、覆盖等多种工序一次完成,提高了草坪建植的速度和质量。我国于上世纪 90 年代开始引进液压喷播技术,经过 10 多年发展完善,已广泛应用于公路、铁路、堤坝等绿化工程。

它具有机械化程度高、技术含量高、施工效率高、成坪速度快和草坪均匀等特点。

#### 3.1.5 三维植被网护坡

三维植被网,亦称固土网垫,是以热塑性树脂为原料,经挤出、拉伸等工序形成相互缠绕,在接点上相互熔合,底部为高模量基础层的三维立体结构网垫。三维植被网护坡是在铺草皮护坡存在易受强降雨或常年坡面径流形成冲沟,引起边坡失稳和滑塌缺陷的基础上发展起来的。它具有固土性能好、消能作用明显、网络加筋突出、保温功能良好等优点。已在三峡工程和东深供水工程等项目应用中<sup>[7~9]</sup>。

### 3.2 植被护坡应用于岩质边坡

岩质边坡的立地环境特点是不具备植物生长所需的土壤、水分和养分。因此必须采取工程措施,提供植物生长所需的条件,例如坡面铺设一定厚度而且较好肥效的客土等。对于高陡边坡,还必须采取其它工程措施,以确保客土稳定地附着于表面。目前公路边坡、采石迹地等岩石边坡的植被护坡方法主要有以下类型:

#### 3.2.1 喷草法

它是指采用混凝土喷射机把基材与植被种子的混合物按照设计厚度均匀喷射到需防护的工程坡面的绿色护坡技术,使坡面喷附一层结构类似于自然土壤且能够贮存水分和养分的植物生长所需的基层材料,解决岩石边坡无法生长植物的难题。

这种方法绿化覆盖快,早期效果好,适用于坡度较平缓的半风化岩质坡;但用于未风化的岩质边坡时,至今仍未能解决基质与岩石的粘合问题,容易形成“两张皮”,引起基质与草皮的脱落。

### 3.2.2 飘台法

在高陡的岩质边坡上,按等高线以一定的角度安装或现场浇筑水泥(预制)板,形成种植槽。在种植槽内装填具有一定土壤肥力的种植土,在种植土内种植灌、藤、草等植物。优点是适用面广,可因地制宜,当插板密度大时,复绿时间短;缺点是当飘台截面积小时,土壤体积小,保水能力差,乔灌木的生长受到限制。这种方法已经应用于岭南采石边坡的绿化和贵州高速公路岩石边坡绿化等。

### 3.2.3 燕巢法

在开采面上以悬挂燕窝状预制件或在修筑种植穴的形式,创造植物生存的环境,栽植各种植物,达到复绿效果。此方法的优点是因地制宜,施工灵活,特别是在应用于坡面起伏的岩壁时,能有效利用微地形,创造适宜植物生长的环境;此方法与其它方式同时使用时,能弥补其它复绿方式的不足。缺点是土壤体积小,保水能力差,且需要继续破坏石壁。珠海板樟山森林公园石壁复绿采用这种方法取得了成功。

### 3.2.4 阶梯法

将开采面设计为阶梯状,或根据岩壁自然的凹凸面,在每一级阶梯平台上修筑种植槽,栽植乔木或上攀下垂植物,形成稳定的植被生态系统,达到复绿效果。这种方法复绿效果较好,但土石方工程量大,台阶不宜过高,施工难度大,适用于高标准的石壁复绿。深圳市要求各现有采石场均须按台阶式设计开采和复绿,取得良好效果。

### 3.3 植被护坡在水体边坡的应用

植被用于河岸的防护有着悠久的历史,在中世纪,法国、瑞士的运河河岸就采用栽植柳树的方法来防护,我国在1591年就有通过栽种柳树来加固与保护河岸的记载<sup>[1]</sup>。一直以来,河岸带退化生态系统的恢复与重建受到广泛的重视并开展了大量的工作<sup>[15~19]</sup>。张建春等<sup>[17]</sup>对比了大别山麓河岸带荒滩地与生态重建后的河岸带滩地生态系统,认为重建后的河岸带滩地生态系统具有固滩防冲,防风消浪和改善小气候的效能。我国沿海地区利用种植芦苇、红树林、大米草和互花米草等来防护海岸,特别是利用互花米草在广东、浙江、上海、江苏和山东等省市的海岸线上推广种植,很多地方已成带连片<sup>[21]</sup>。

水库消涨带是指随水库水位涨落不时出没的岸带<sup>[20,22]</sup>。

### 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] 王连新. 新型护坡方法——土工网复合植被护坡[J]. 水利水电快报,1998,19(15):30-32
- [3] 方华,欧阳育林,林建平,等. 采石场生态整治的技术与行政措施[J]. 水土保持研究,2004,11(1):171-173
- [4] Lee IW Y. A review of vegetative slope stabilization[J]. J. Hong Kong Inst. Of Engineer, 1985, 13(7): 9-12

(下转第292页)

淹露交替造成消涨带立地环境的极端变化,使消涨带的植被恢复成为一个世界性难题<sup>[20]</sup>。广州地理研究所林建平研究员领导的课题组成功地解决了这一难题,并在中国华南地区几大水库进行了大面积的应用推广,有效控制了水土流失,改善了景观效果,取得了显著的生态效益和社会效益<sup>[20]</sup>。

## 4 植被护坡存在的问题

目前植被护坡存在的主要问题有以下几个方面:(1)由于在植被恢复的初期,草本对边坡的适应性往往优于乔灌木,因而采用单一或者混合草种的情况多于采用乔灌木。其结果往往是前期效果不错,但植被系统相当脆弱,容易遭受破坏;(2)栽植草本植物时,过多地引进国外草种,对于乡土草种的选择利用与开发注意不够,可能会引发新的生态问题;(3)尽管越来越多的人关注植被护坡这一生物学途径,其方法和原理也在世界范围内得到迅速的发展和应用,但是到目前为止,它还基本上处在定性的和经验的发展阶段,对它的理论认识还落后于它的基于工程概念的实践<sup>[26,27]</sup>。

## 5 植被护坡展望

植被护坡虽属于一个年轻的领域,但它的应用已有相当多的积累,已有很多研究成果和文献记载。随着社会经济的进步,植被护坡市场潜力的进一步释放,将有力促进植被护坡科学的发展。在不远的将来,不断的研究和应用实践将会进一步完善植被护坡的科学基础,使其实用性与科学性进一步融合,并扩大和加深其工程应用的理论内涵和应用范围。

植被护坡的发展趋势,主要有以下几个方面:在重视边坡稳定与维护功能的同时,越来越强调植被护坡的生态环境效益与景观改善功能,综合考虑藤、草、灌、乔、花等多种植物,形成既具有护坡功能,又具有优美和协美学价值的坡面生态景观;进一步加强植被护坡与工程措施的结合,并努力寻求在创造植被生存环境的过程中,尽量减少人工雕刻的痕迹,即未来的植被护坡将更加重视提高生物措施的技术水平以减少对工程措施的依赖。例如,研究出一种植物生长基质,使之既能牢固附着于岩体表面,又能满足植物生长,同时便于施工,是植物护坡需要进一步研究的课题之一<sup>[1]</sup>;进一步加强选择适应于植被护坡的植物品种与品种组合,特别是乡土植物品种,对其进行适应性培育与品种改良;四 进一步加强植被护坡的理论研究,这方面的工作主要包括植被根系与边坡表层相互作用关系的研究,边坡植被的演替研究,植被护坡的生态环境效益研究等,不断充实植被护坡的理论基础,使其更好地服务于植被护坡的应用;加强植被护坡的标准化与规范化研究。虽然植被护坡已有很多的应用,但到目前为止,仍未有统一的设计与施工规范。广州市在治理南沙开发区采石场时,制定了“广州市南沙开发区采石场复绿工程技术规范”,是一种有益的探索。

- 科技, 1994, (2): 2- 13
- [4] 杨双保, 潘德乾 小陇山林区林地立地类型划分与林地质量评价的研究[J] 甘肃林业科技, 2000, 25(4): 20- 26
- [5] 郑镜明 建立地方森林立地分类、评价系统的基本方法[J] 中南林业调查规划, 1994, 49(3): 12- 16
- [6] 王斌瑞, 高志义, 刘荃忱, 等 山西吉县黄土残塬沟壑区刺槐数量化立地指数表的编制及其在造林立地条件类型划分中的应用[J] 北京林学院学报, 1982, (3): 116- 128
- [7] 何方, 王承南, 何柏, 等 中国油桐林地土壤类型及立地分类与评价的研究[J] 经济林研究, 1996, 14(1): 20
- [8] 费晓霞 扎文其汗无林地立地类型划分及评价[J] 内蒙古林业调查设计, 1998, (S1): 57- 59
- [9] 马建路, 宣立峰, 刘德君 用优势树全高和胸径的关系评价红松林的立地质量[J] 东北林业大学学报, 1995, 13(2): 20- 27
- [10] 陈昌银, 覃金平, 覃杰, 等 公安县江滩森林立地质量评价与应用的初步研究[J] 湖北林业科技, 1994, (4): 20- 25
- [11] 骆期邦 南岭山地森林立地分类、评价研究[M] 长沙: 林业部中南林业调查规划设计院, 1990
- [12] 李志先, 邓绍林 林朵林场杉木立地分类及质量评价研究[J] 广西农业大学学报, 1995, 14(3): 230- 234
- [13] 潘磊, 唐万鹏, 史玉虎 袁传武长江中游(湖北段)江岸带立地分类与评价[J] 湖北林业科技, 2002, (3): 12- 17
- [14] 陶吉兴, 杨雄鹰 黑杨派南方型无性系立地质量数量化评价[J] 浙江林学院学报, 1996, (4): 384- 391
- [15] 北京林学院 数理统计[M] 北京: 中国林业出版社, 1980 262- 270
- [16] 孟宪宇, 葛宏立 云杉异龄林立地质量评价的数量指标探讨[J] 北京林业大学学报, 1995, 17(1): 1- 9
- [17] 陈永富, 杨彦臣, 张怀清, 等 海南岛热带天然山地雨林立地质量评价研究[J] 林业科学研究, 2000, 13(2): 134- 140
- [18] 钱喜友, 侯静波, 权崇义, 等 天然次生林立地质量评价的研究[J] 防护林科技, 2001, 46(1): 21- 23
- [19] 张晓丽, 游先祥 应用“3S”技术进行北京市森林立地分类和立地质量评价的研究[J] 遥感学报, 1998, 2(4): 292- 297
- [20] 唐跃 思茅用材林基地立地质量评价[J] 北京林业大学学报, 1992, (7): 115- 119
- [21] 刘明国, 何富广, 刘颖 辽西河滩地杨树立地质量代换评价及适地适树的研究[J] 沈阳农业大学学报, 1994, 25(2): 183- 189

---

(上接第 285 页)

- [5] 周跃, Watts D. 欧美坡面生态工程原理及应用的发展现状[J] 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(1): 79- 85
- [6] 黄丽, 丁树文, 董舟, 等 三峡库区紫色土养分流失的试验研究[J] 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(1): 8- 13
- [7] 王连新 土工网复合植被护坡法在三峡工程中的应用[J] 人民珠江, 1999, (4): 38- 39
- [8] 王连新 新型护坡方法——土工网复合植被护坡[J] 水利水电快报, 1999, (15): 30- 32
- [9] 庄美琪, 姜仲连 锚固土工网复合植被护坡理论与应用[J] 人民珠江, 2002, (2): 39- 41
- [10] 刘秀峰, 唐成斌 高等级公路生物护坡工程模式设计[J] 四川草原, 2001, (1): 40- 43
- [11] 田卫军 公路建设项目水土保持方案编制有关问题的思考[J] 水土保持通报, 2000, 20(3): 31- 34
- [12] 郭文军, 刘仍奎, 曾学军 生物工程对提高路基安全稳定的研究[J] 中国安全科学学报, 2000, 10(4): 1- 5
- [13] 刘桂元 浏阳磷矿边坡植物护坡试验研究[J] 冶金矿山设计与建设, 1997, 29(6): 58- 61
- [14] 孙江民, 张群英, 王文秀等 河道堤防植物护坡综述[J] 黑龙江水专学报, 1998, (2): 67- 69
- [15] 张建春, 彭补拙 河岸带研究及其退化生态系统的恢复与重建[J] 生态学报, 2003, 23(1): 56- 63
- [16] 陈吉泉 河岸带植被特征及其在生态系统和景观中的作用[J] 应用生态学报, 1996, 7(4): 439- 448
- [17] 张建春, 史志刚, 彭补拙 皖西大别山麓河岸带滩地重建与植被护坡效能分析[J] 山地学报, 2002, 20(1): 85- 89
- [18] 张建春, 史志刚 河岸带及其生态重建研究[J] 地理研究, 2002, 21(3): 373- 383
- [19] 张建春, 史志刚 安徽潜山沙堤防护生物措施优化配置试验研究[J] 水土保持学报, 2001, 15(2): 30- 32
- [20] 方华, 陈天富, 林建平, 等 李氏禾的水土保持特性及其在新丰江水库消涨带的应用[J] 热带地理, 2003, 23(3): 214- 216
- [21] 张馥桂 生物工程在海岸防护、促淤应用的简介[J] 海洋工程, 1994, 12(2): 93- 94
- [22] 陈天富, 林建平, 冯炎基 新丰江水库消涨带岸坡侵蚀研究[J] 热带地理, 2002, 22(2): 166- 170
- [23] 周跃 植被与侵蚀控制: 坡面生态工程基本原理探索[J] 应用生态学报, 2000, 11(2): 297- 300
- [24] 王代军, 胡桂馨, 高洁 公路边坡侵蚀及坡面生态工程的应用现状[J] 草原与草坪, 2000, (3): 22- 24
- [25] 周跃, Watts D. 坡面生态工程及期发展现状[J] 生态学杂志, 1999, 18(5): 68- 73
- [26] Coppin, N. J. Richards IG Use of Vegetation in Civil Engineering[M] Butterworths: C R I A, 1990
- [27] Morgan, R. P. C, Rickson, R. J. Slope Stabilization and Erosion Control- a Bioengineering Approach [M] London: E and FN SPON, 1995