

# 边坡植被恢复技术体系及应用模式

郟凤超<sup>1</sup>, 彭国涛<sup>2</sup>, 许小娟<sup>1</sup>, 辜彬<sup>1</sup>

(1. 四川大学 生命科学学院 四川 成都 610064 2. 四川大学 建筑与环境学院, 四川 成都 610207)

**摘要:** 对边坡植被恢复技术方法进行分类, 介绍了挡土翼工法的延伸工法—挡土匣新型工艺等各类边坡植被恢复技术方法的作用方式、特性及适用范围, 在此基础上提出了边坡植被恢复技术体系, 并针对边坡地质构造和岩性、边坡构成特点与规模特征等提出了相应边坡植被恢复工程技术方法组合和选择模式。

**关键词:** 边坡植被恢复; 技术体系; 方法组合

**中图分类号:** S 729.29 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)19-0127-04

环境污染和生态破坏是人类面临的重大社会问题之一, 项目开发与环境保护兼顾是经济可持续发展的重大课题。对于工程建设来说, 合理利用资源、保护资源、保护环境是必须正视和认真对待的问题。在铁路、公路、水电等工程建设中, 经常要开挖大量边坡, 边坡的开挖破坏了原有的植被覆盖层, 导致出现大量的次生裸地以及严重的水土流失现象, 加剧了生态系统的退化。

## 1 边坡植被恢复存在的问题

“人类活动与自然和谐共处, 经济发展与环境保护

协调并进”是人类生存和发展的基本要求<sup>[1]</sup>。公路、铁路、水电等基础设施建设工程施工中, 无疑将带来生态环境的破坏。虽然目前边坡绿化水平逐渐提高, 但也存在着不少问题。

### 1.1 边坡植被恢复技术方法多, 不成体系

边坡植被恢复目前没有统一的标准和规范, 在技术应用中存在着一系列问题。虽然边坡植被恢复技术方法多, 但相应的使用条件不清, 技术方法的性能存在局限性, 没有具体说明适用范围。导致业主、监理、施工等工程技术人员无法对边坡植被恢复技术进行选择。

### 1.2 边坡植被恢复技术在实际应用中存在单一性、片面性

现在还没有边坡植被恢复技术的系统规范, 也没有边坡植被恢复技术的国家技术标准, 所以针对不同对象、不同条件, 工程技术人员皆采用同样的复绿技术方法。没有对边坡植被恢复技术方法进行分类及进行方法组合, 因此有必要对边坡植被恢复技术方法进行分

**第一作者简介:** 郟凤超(1986), 女, 在读硕士, 研究方向为生态城市园林设计与工程。

**通讯作者:** 辜彬(1959), 男, 博士, 教授, 研究方向为生态恢复与生态工程。E-mail: amakusa@126.com。

**基金项目:** 浙江省国土资源厅资助项目(2006-002)。

**收稿日期:** 2010-06-10

## Analysis of Enzyme Activity of Protective System in *Dahlia pinnata* Cav Petals During Senescence

KAN Xue-qin, SUN Yue, SU Mei, ZHOU Li-li, XU Wen-fei, TAN Jian-zhong

(Department of Horticulture, School of Architecture and Urban Environment, Soochow University, Suzhou, Jiangsu 215123)

**Abstract:** To investigate the physiological-biochemical character related to the senescence of ornamental *Dahlia pinnata* Cav, the protein expression level and protective enzymes activity were analyzed by using the petals in different flowering periods. The results showed that the content of soluble protein decreased continuously, and the expression of CAT first increased and then decreased during the petal senescence. At the same time, the activity of CAT and SOD rose first and then fell, which changed in different periods. However, the activity of POD had an opposite change tendency compared with that of CAT and SOD. Base on the results, it can be concluded that SOD, CAT and POD may be the key enzyme to scavenge reactive oxygen in different periods of *Dahlia petal* senescence, respectively.

**Key words:** *Dahlia pinnata* Cav; senescence; two dimensional electrophoresis; protective enzyme activity; catalase

类、体系化,有针对性的做技术方法组合。

## 2 边坡植被恢复技术体系

就边坡植被恢复技术中存在的问题,把边坡植被恢复技术进行体系化是十分有意义的。针对不同施工对象,不同边坡环境条件,把各类边坡植被恢复技术方法进行体系化。第一,可以有效解决工程技术人员在施工技术方法选择中的盲目性和笼统性,使工程技术人员能有依据可依,对不同类型的边坡采用相应的边坡植被恢复技术。第二,可减少在工程施工中的资源浪费,避免单一技术方法引起的边坡植被恢复质量问题。

边坡植被恢复技术涉及到基质及其稳定方法、植物品种的选配、植物栽植方法技术等。目前国内外边坡植被恢复技术方法从形式上分为三大类<sup>[3]</sup>。即有网方法、有格方法和制成品方法(图1)。

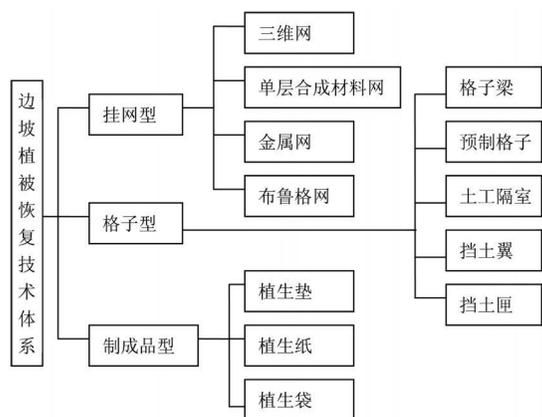


图1 边坡植被恢复技术体系

### 2.1 有网方法

有网方法是指在植被恢复技术中采用挂网的稳定基质,防止表层风化岩石脱落的方法。所采用的网有合成纤维网、金属网等,与网相对应形成不同的绿化方法。

2.1.1 三维网 由合成纤维制成的、网眼直径2~4cm的不可降解网。一般由2~4层网构成,表层网成波浪起伏形,有利于增加表土与网的摩擦力,起到固定表土的作用。该方法一般用于岩层风化的边坡,铺网之后覆上岩土,用液力喷枪播种。

2.1.2 单层合成材料网 用于具有土壤条件中的边坡或强风化边坡。网眼直径3~4cm,在实际使用中有2种方式<sup>[3]</sup>。一是直接铺设于坡面,然后喷附2~5cm的岩土或有机基材再播种;另一种方法是将其置于岩土或有机基材的表面,防止表层水土、植物种子等的流失。

2.1.3 金属网 基本材料为镀锌铁丝,网眼为3~5cm的编织网。为了防止锈蚀可采用镀塑处理,国外也有用不锈钢丝,使用寿命可达30年。很少用焊接网,因为它柔性不够,对起伏不平的岩石坡面,编织网的适应性强。

金属网适宜在岩质陡边坡使用,与之相应的使用方法是厚层有机基材喷附法。

2.1.4 布鲁格网 布鲁格网主要用于工程防护,兼有绿化的功能。由1m×2m或2m×3m的钢绳构成骨架网,结点处由锚杆锚固,依靠结点处的扣栓可向岩面施加预应力,骨架网内为网眼5~10cm的铁丝网<sup>[4]</sup>。该网直接置于岩土表面,可有效防止浅部破体,抑制崩塌和落石。铺设布鲁格网后即可进行植被恢复。

### 2.2 有格方法

有格方法是采用钢筋混凝土现场浇筑或预制件在坡面上形成1m×1m~2m×6m的格子状构造物,以防止浅层岩层的风化侵蚀与滑塌。格子内可以回填植壤土20~30cm然后植草或栽植木本植物。

2.2.1 格子梁 一种常见的边坡防护与植被恢复相结合的方法,形式多样。其中自由格子梁,可以适用坡面的各种地形状况,现场浇筑,施工简单,效率高,在日本应用较广。厚度一般为25~35cm,为回填植壤土创造了很好的条件。

2.2.2 预制格子 在工厂里按一定的规格制成模具,用混凝土浇筑形成预制件。形状有菱形、四边形和十字形。有的带有锚固装置如十字形预埋件等。

2.2.3 土工隔室 有塑料或合成纤维制成的格子,直径10~30cm,格子状态多样,有菱形、四边形、圆形等,起固土作用。

2.2.4 挡土翼工法 应用于岩石边坡以及工程建设过程中岩石的开挖堆填后的护坡工法。挡土翼制作材料简易,价格低廉,省时省力,经济效益也十分显著。挡土翼具有对土体的超强支撑及稳定的作用,使得其能在高陡边上稳定的土体厚度更大,能保护土壤中营养元素不流失,利于植被的正常演替,并可支持高大乔木的生长<sup>[5]</sup>。

2.2.5 挡土匣工艺 挡土匣工艺是针对裸露岩石边坡凹凸不平,特别是存在大的裂缝处的地方,是在挡土翼的基础上发展、创新的一种工艺。根据具体地形设计不同夹角、弧度的挡土匣,用锚杆固定,然后在挡土匣的上面附上种植土及混合植被种子,也可以在挡土匣的下面喷附粘性基质材、种植土及混合植被种子,加大挡土匣的植被面积。此工艺是对工程中出现的特殊地形而采取的一种改进方法,解决了挡土翼工艺在此种地形下应用的弊端,减少岩石裂缝处大流量雨水的冲刷,更有利于对植被土的保护和植被的生长。挡土匣呈弧形,根据具体坡面情况,挡土匣规格灵活设定,挡土匣的宽度(一般≥0.75m)应小于坡面土体的设计厚度,长与石坡沟壑的宽度基本一致。以锚杆作为支撑,二者焊接牢固,锚杆直径15mm,长度50~100cm,随地形变化,匣板外侧有一条钢型支撑框,用来缓解匣板的承重力,其

长度为匣板的长度,宽度为30 cm,厚度为3 mm,匣板内部为小弧形的、凸起的纹路,纹路的方向为匣板长度的方向或斜向,菱形布置,以增大土壤和匣板的摩擦力。挡土匣布置:沿坡面从上往下按一定距离设置挡土匣,锚杆打入的角度与水平线夹角15°。特别适用于高陡边坡或垂直边坡,形成植生基质。

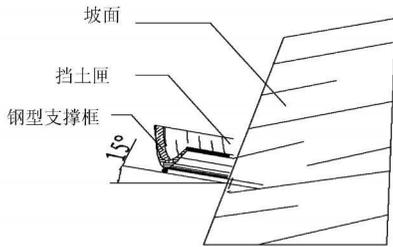


图2 挡土匣工艺

### 2.3 制成品方法

在工厂,将肥料、种子等以一定工艺附着在介质上,形成制成品。使用时将产品铺设于目标体表面,稍加固定即可。包括植生垫、植生纸、植生袋等。

### 3 边坡植被恢复技术方法选择模式

为体现“经济合理,自然美观”的边坡植被恢复理念,搞好边坡绿化,确保边坡稳定、安全。搞好环境,要深入了解边坡破坏的形式与机理,针对不同工程对象的土质、水文、气候等特点,灵活采用不同的护坡方式及针对型的技术措施,加强施工方式的管理,建安全之路、建生态之路、建优美之路。

边坡构成情况是复杂的,首先是坡度不同:有缓坡、陡坡和高坡之分。坡面又可分为硬质岩、软质岩、风化岩,另外还有混凝土坡面等。根据不同的边坡类型和地形、地貌及土壤选择合适的施工方法,要从点、线绿化,推进到面的立体绿化,应该设法使草坪与树木类混生生长,设法引进那些早期生长较快的外来草种,收集并调查本地区生长较好的乡土树种<sup>[9]</sup>。针对各种不同的边坡绿化方法,如何对其进行选择,如湿喷法,优点是施工速度较快,但其施工的坡面坡度应在50°以下,超过50°不能保证喷植厚度,即不能保证质量。而干喷法施工速度相对较慢,但用于高陡边坡能保证质量。因此,不能笼统的说哪一种方法好,哪一种方法差。问题是首先要科学地确定它们的使用范围,然后根据工程的实际情况选择合适的技术方法。

表1 基于边坡生态恢复工程的边坡分类

分类依据	名称	简述
坡质	岩质边坡	由岩石构成,无土壤 由砂土、砂性土、黏性土等构成,土粒径<2 mm的土壤颗粒含量达100%(以生土为主,有机物含量低,肥力较差 <sup>[7]</sup> )
	土质边坡	
风化程度	微风化	坚硬岩石,浸水后,大多无吸水反映
	弱风化	较坚硬岩石,浸水后,有轻微吸水反映
	强风化	较软岩石,浸水后,指甲可刻出印痕
	全风化	极软岩石,浸水后可捏成团
坡度	缓坡	坡度小于15°
	中等坡	坡度15°~30°
	陡坡	坡度30°~60°
	急坡	坡度60°~90°

表2

边坡复绿施工技术方法

技术方法	施工机械	适用坡形与坡质	技术特征
液压喷播	泵式液体喷射机	坡度<30°的土质边坡或土石边坡	施工效率高,技术含量高,成本低,省工时。添加黏合剂,植被形成覆盖前有防护作用,但抵抗雨水冲刷能力较弱
客土喷附	气动式灰料喷射机或泵式泥浆喷射机	坡度中等(30°~50°为宜)的土质边坡和石质边坡	土壤改良和种子播散一次性完成,机械化程度高,施工周期短,工作效率高 <sup>[8]</sup> 。添加黏合剂,植被形成覆盖前有较好防护效果,抵抗中等强度雨水冲刷
有机质喷附	灰浆喷射机	坡度<60°的土质边坡和石质边坡	植生基质层厚,喷播速度快,适用范围广,种子发芽自然均匀
植生带	固定绳、锚钉或竹签子	填方边坡或土质挖方边坡及坡度<45°的土质边坡	精细播种,薄膜育苗,养分供给均匀,施工省时省工,操作简单,棉网状植生带覆于坡面表面,植被形成覆盖前防护效果好
植生垫	土筛、搅拌机、洒水车	坡度<35°土质边坡或强风化岩石边坡	固土能力强,化学成分稳定,抗老化能力强,操作方便,施工速度快,工程造价低但土层较虚,植被形成覆盖前防护效果差
植生袋	锚杆或固定桩、刚性防护骨架	各类土质边坡、石质土质边坡和岩石边坡	具有固土、保墒、调温、保肥多种生态效应,制作简单,施工方便,适用范围广 <sup>[9]</sup> 。点状分布,自身防护效果好。但坡面整体防护效果差
三维网	主锚钉、辅锚钉	岩层的风化边坡	表层网成波浪起伏形,有利于增加表土与网的摩擦力,起固定表土的作用
单层合成材料网	锚钉	具有土壤条件的边坡或强风化边坡	将其置于岩土或有机基材的表面,防止表层水土、植物种子等的流失
金属网	主锚钉、辅锚钉	适宜在岩质陡边坡使用	对起伏不平的岩石坡面,编制网的适应性强
布鲁格网	主锚钉、辅锚钉	石质土质边坡或岩质边坡	直接置于岩土表面,可有效防止浅部破体,抑制崩塌和落石
土工格室	锚钉	坡度<30°的土质边坡或风化岩质边坡	伸缩自如,运输方便,化学性能稳定,较高的侧向限制和防滑防变形
挡土翼	锚杆	坡度较陡的岩质边坡	制作材料简易,价格低廉,省时省力,经济效益十分显著
挡土匣	锚杆	裸露凹凸不平的岩石边坡	减少岩石裂缝处大流量雨水的冲刷,有利于对植被的保护和植被的生长

表 3 各类型边坡对应的植被恢复施工方法

边坡类型	复绿技术类型	施工方式	建议
岩质缓边坡	制成品型+挂网型	三维网喷播+客土喷播+植生袋	坡度较缓,但需添加客土。大大缩短了植被建植的工艺流程,为乔、灌、草综合植物群落的恢复奠定了基础。
岩质弱风化中等边坡	格子型+挂网型	金属网喷播+土工隔室+有机质喷播	为了保证有机质在岩石坡面上的稳定性,有机质喷播时要与高强度镀锌金属网锚固坡面结合在一起。
岩质强风化中等边坡	挂网型+制成品型	三维网喷播+植生垫+客土喷播	植生垫与三维网施工的结合,必须保证网垫与坡面结合紧密。植生垫内客土喷播的厚度一定要大于植生网垫的厚度。
岩质陡边坡	挂网型+格子型	金属网喷播+挡土翼+挡土匣+有机质喷播	陡峭和坚硬的坡面要求人工恢复的土壤层具有重量轻、有一定厚度等特点,故采用有机质喷播,另外针对陡峭岩层难固土特点,采用布置挡土翼,省时省力,经济效益好。
土质缓边坡	格子型+制成品型	三维网喷播+植生带+液喷喷播	液喷喷播对边坡表层土壤肥力等的改良作用有限,因此用于土质较松软、肥力较好的边坡效果显著,常先铺设三维网并覆土再实施液喷喷播。
土质中陡边坡	挂网型+制成品型	单层合成材料网+布鲁格网+客土喷播+植生袋	植被在坡面形成覆盖之后,植物的根系与材料网纵横交错,在坡上形成由植物叶、茎、根系和材料网组成的三维空间防护层,并于坡面紧密结合为1个有机整体。
土质陡边坡	格子型+制成品型	有机质喷播+植生袋+格子梁	基材固定稳定,经济性好。对于边坡坡度较大时,植生袋技术要结合防护骨架格子梁、混凝土框架等防止土层滑落的方法一起使用。

首先从生态恢复和重建的角度研究边坡分类,目的是为了全面了解坡面的特点,以便选取适当的边坡植被恢复技术与施工方法(表1)。

其次,再根据生态恢复效果和技术特征对常用边坡施工技术方法进行归纳(表2)。

最后,根据生态、景观、安全及经济性的原则,可以针对各种边坡类型分别选用不同的技术,各类型边坡宜选用的植被恢复技术施工技术见表3。

#### 4 结语

边坡植被恢复工程是保护和改善生态环境,促进人与自然和谐发展与经济社会可持续发展的重要组成部分。总之来讲,在边坡植被恢复工程中,应该以“恢复植被,保护生态”为目的,坚持“顺应自然,该绿则绿,该黄则黄”的原则。对于地理位置、自然环境、气候条件不同和边坡类型的不同,选择不同的植被恢复技术和施工方法,使其既能保证边坡的稳定安全,又能达到恢复植被的目的。通过边坡植被恢复工程的实施,营造绿色生态景观,改善自然生态环境,控制边坡水土流失,形成生态

环境的良性循环。

#### 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: 3-12.
- [2] 辜彬,王丽. 露天开采矿山生态环境治理的基本理论与方法[J]. 中国水土保持科学, 2006(12): 134-137.
- [3] 于燕华,艾应伟,辜彬,等. 铁路路堑边坡植被恢复调查研究[J]. 北方园艺, 2008(8): 94-98.
- [4] 王奇志,辜彬,寒烟,等. 舟山市庆丰废弃采石场的植被恢复方案探讨[J]. 中国水土保持, 2006(6): 34-35.
- [5] 周顺涛,辜彬,蔡胜,等. 挡土翼工法在石质边坡生态恢复中的应用研究[J]. 水土保持通报, 2009(4): 188-191.
- [6] 潘树林,王丽,辜彬. 论边坡的生态恢复[J]. 生态学杂志, 2005, 24(2): 217-221.
- [7] 张俊云,李绍才. 岩石边坡植被护坡技术(2)—厚层基材的组成特性[J]. 路基工程, 2000(5): 4-6.
- [8] 徐剑飞,陈洪来. 环境保护工程中边坡绿化技术应用[J]. 水力发电, 2009(2): 43-53.
- [9] 顾卫,江源,余海龙,等. 人工坡面植被恢复设计与技[M]. 北京:中国环境科学出版社, 2009: 76-140.

## Study of Technology System of Slope Vegetation Recovery and its Application Models

KUAI Feng-chao<sup>1</sup>, PENG Guo-tao<sup>2</sup>, XU Xiao-juan<sup>1</sup>, GU Bin<sup>1</sup>

(1. College of Life Science, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610064; 2. College of Architecture and Environment, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610207)

**Abstract:** The technology and methods of slope vegetation recovery was classified, the new kind of technology, soil lock, and the mechanism, characteristic, application range of various kinds of slope vegetation recovery was introduced. Based on that suggested a technology system of slope vegetation recovery. According to the geologic structure and lithology of slope, the constituent characteristic, the characteristic of scale, suggested the corresponding combinations and selective models of slope vegetation recovery.

**Key words:** slope revegetation recovery; technology system; combined method