

# 岩质边坡植被护坡技术在深圳的应用研究

潘树林<sup>1,2</sup>, 何 鹏<sup>3</sup>, 兰虎林<sup>4</sup>, 辜 彬<sup>4</sup>

(1. 宜宾学院 矿业与安全工程学院, 四川 宜宾 644007; 2. 长江水环境教育部重点实验室宜宾研究基地, 四川 宜宾 644007;

3. 四川大学 水利水电学院, 四川 成都 610064; 4. 四川大学 生命科学学院, 四川 成都 610064)

**摘 要:**在自然环境条件下, 岩体(特别是硬岩)裸露难以依靠自然恢复岩面生态, 而人工干预是岩质边坡生态恢复的有效技术途径。基于生态护坡技术和植被群落构建思想, 根据边坡修复中采用不同的生态护坡技术和植物物种选择而呈现出多样的恢复效果, 从边坡特点与护坡技术、植生基材设计与配比、植物配置和植被群落构建的关系等方面, 对深圳岩质边坡人工生态恢复工程案例进行研究, 以期对深化深圳边坡生态恢复工作、创新边坡生态恢复工程技术、提高工程设计水平具有促进作用; 同时, 也可以进一步丰富边坡植被恢复理论, 完善边坡修复工程的实践经验。

**关键词:**岩质边坡; 植被护坡技术; 深圳

**中图分类号:**TU 985.12<sup>+</sup>9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)10-0108-05

边坡生态防护技术的发展经历了漫长的过程, 而国内对这方面的研究仍处于起步阶段。因而如何根据具体的边坡情况选择合适的护坡技术, 利用最少的投入收获最大的环境、社会、经济效益成为亟待解决的问题。而现有的岩质边坡评价体系不能很好地为工程的开展提供指导。为此, 该研究主要结合深圳地区人工边坡的特点, 分析总结近年来深圳地区人工修复工程的实际案例, 深入系统地分析岩质边坡修复技术的不同方法, 从可持续发展和环境生态的角度, 初步分析不同修复技术对恢复生态平衡的作用, 以期达到分析不同修复技术的优劣从而最大程度地发挥人工边坡修复的优势, 有效地解决边坡工程防护与生态环境的矛盾, 促进生态环境的可持续发展; 同时为政府推广和完善不同边坡的修复方法提供参考, 切实满足国家的环保政策和方针, 促进我国边坡生态修复技术的发展与国际同步。

## 1 调查地概况

深圳盐田港属亚热带海洋性气候。年平均温度 22.4℃(极端高温 38.7℃、极端低温 0.2℃), 平均年降雨量 948.8 mm、年平均日暴雨量 282 mm(极端暴雨量 385.8 mm), 年平均台风 416 次, 多集中在 4~9 月, 尤其

7~9 月多台风暴雨。深圳盐田港广泛分布着花岗岩、变质岩、石英砂岩、变质粉砂岩、板岩、炭质板岩、砂砾岩、花岗质砾岩以及在这一时期侵入的火山岩。区域内大多为断裂构造, 并伴有褶皱<sup>[1]</sup>。

在这种条件下, 由软岩组成的坡体必然易于风化, 致使残积层不易积存, 且新挖风化岩风化速度比较快, 所以在丰沛雨水及暴雨冲蚀下, 容易产生坍塌和边坡滑坡等地质灾害。由于该地区全年降雨量多, 所以破碎岩石组成的山坡, 因为断裂发育处地下水丰富, 常导致滑坡及错落等地质灾害。因此, 深圳地区对边坡工程稳定性要求较高, 而尽快恢复自然生态平衡才是解决问题的根本。

## 2 深圳市边坡植被护坡技术

随着深圳市大规模地兴建基础设施, 导致因开山采石和取土而形成了众多的裸露山体缺口, 造成了城市及周边自然景观的不协调, 同建设园林式、花园式的深圳国际性城市的目标极不一致。近年来, 深圳在裸露山体缺口治理方面, 主要采用喷混植生、生态笼砖修复、人工植生盆(槽)、客土喷播、厚层基材喷附等多项边坡治理技术, 解决了深圳在裸露石壁上恢复植被的技术难题, 取得了明显的成效。

### 2.1 喷混植生技术

喷混植生技术是一种综合环保技术, 以生物学、岩石工程力学、土壤学、园艺学、肥料学、环境生态学等学科为基础, 以成孔物质的合理配置为核心, 创造一个既能满足植物生长发育需要, 又使种植基质不会被雨水等

**第一作者简介:**潘树林(1970-), 男, 四川宜宾人, 硕士, 副教授, 现从事生态环境与边坡植被恢复等方面研究工作。E-mail:pslytq@yahoo.com.cn。

**责任作者:**辜彬(1959-), 男, 四川成都人, 博士, 教授, 现从事边坡生态工程研究工作。E-mail:amakusa@126.com。

**收稿日期:**2012-02-29

冲刷的多孔性的稳定结构,使固、液、气三相物质在建植层处于基本平衡的状态。喷混植生技术的理论依据是生物学和工程力学,主要是利用锚杆加固铁丝网和客土掺混粘合剂技术,先将有机物质、肥料、土壤、粘结材料、保水材料、植物种子等干料充分混合,然后加水调匀,再采用专用机械喷射到岩面上,形成具有连续空隙的硬化体,厚度一般在 10 cm 左右。喷混植生技术的种子能够在空隙中生长发育,且 10 cm 厚度的硬化体可起到防止雨水冲刷的作用,进而达到植被恢复、提高景观效应、环境保护的目的。喷混植生技术把景观绿化和边坡防护紧密结合起来,使工程绿化与保护环境取得重大突破。

## 2.2 生态笼砖边坡复绿技术

生态笼砖边坡复绿技术是一项早在日本、香港等地应用的陡壁绿化技术,该技术具有施工绿化速度快,适用范围广(可对 75°以上的陡壁进行绿化)、绿化效果好等优点,但工程造价较高。生态笼砖边坡复绿技术主要利用工厂生产配制的栽培基质同粘合剂一起压制成砖状土坯,之后在砖坯上播种草、花、灌等植物种子,经过一定时间养护,砖坯内就长满絮状草根而形成绿化草砖,然后将草砖装入过塑网笼砖内,最后形成绿化笼砖,再将笼砖固定在岩质坡面上,就达到了即时绿化的效果,它解决了 75°以上的岩石边坡绿化难题。

## 2.3 客土喷播技术

该技术是按一定比例将土壤、种子、肥料、有机基材、保水剂、粘结剂、酸碱调节剂等混合作为植物生长的基础,然后通过机械搅拌均匀,再使用空气压缩机和柱塞泵喷射到坡面上形成植物生长所需的土壤层,在种子发芽且生长成坪后,可使边坡生态系统快速修复,有效保护边坡。客土喷播的目标是重建坡面植被生态系统,是一种生态护坡技术,与传统技术相比,生态效益非常明显,且仅是传统浆砌片石造价的 30%,经济效益十分显著。

## 2.4 人工植生盆(槽)种植绿化法

人工植生盆(槽)技术是直接利用石壁微凹地形,或在裂隙发育的石壁上打锚杆,用高强度砂浆砌石或砼(轻质树脂)浇筑成盆(槽)状的植生工程,回填种植土种植爬藤、灌木或乔木的坡面绿化技术。根据植生工程的形状和建造工艺不同可分为植生盆和植生槽。该技术适用于景观影响度一般或较轻的石壁。

## 2.5 厚层基材喷附植被护坡复绿技术

边坡厚层基材喷附植被护坡复绿技术是指按设计厚度将厚层基层混合物喷射到岩石坡面上,利用地上生物量的水文效应、植被根系的力学加固等,起到改善生态环境与生态护坡的目的。主要适用于非高寒地区,年降水量在 600 mm 以上的边坡,如稳定的坡度在 1:0.3

的硬质边坡、开挖的土质边坡、软质岩石边坡等。

## 3 东湾废弃采石场整治工程案例

以上边坡植被护坡技术在深圳姑婆角边坡、富源石场、联发石场、雷公山石场、松子坑一号石场、东湾废弃采石场、深华废弃采石场、科威石场、布吉军区采石场、盐田港九径口岩石边坡等多个项目中得到了成功应用,现以东湾废弃采石场为例说明边坡生态治理技术的应用。

### 3.1 工程概况

东湾废弃采石场位于深圳市盐田区深盐公路旁,深圳市独立坐标系 X:22.34~21.80;Y:134.20~134.50。坑口面积 59 420 m<sup>2</sup>,采石开挖形成的变质岩石质边坡面积 35 681.3 m<sup>2</sup>,平均高差在 60 m 以上,坡度 47°~64°,石质边坡上有 3 股常年流水。坑口内岩石为变质岩。坑口内地表物质以变质岩石壁为主,坑口左侧的边坡为变质岩风化粗砂,只有高边坡顶部未扰动的地表为侵蚀赤红壤。坑口内植被主要是人工种植的马尼拉草坪和次生的芭茅草、葛藤等。坑口内地表大部分石质边坡为未风化基岩,基本不存在水土流失或水土流失轻微,迹地地表物质为花岗岩碎屑或花岗岩风化粗粒,透水性较好,大部分已被次生芭茅草和藤本植物覆盖,水土流失为微度,只有左侧边坡部分坡面存在中度沟蚀。每年土壤侵蚀模数为 500~2 500 t/km<sup>2</sup>,年均土壤侵蚀量为 51.00 t。

### 3.2 工程治理方案

东湾采石场责任范围 50 487 m<sup>2</sup>,其中边坡面积 48 946 m<sup>2</sup>,迹地面积 1 541 m<sup>2</sup>。15 665.3 m<sup>2</sup>有台阶的岩质边坡,采取植生槽(盆)种植首冠藤、爬山虎、穿破石等藤灌植物。20 016 m<sup>2</sup>无台阶或少量台阶石壁(坡脚 6 m 以上)采取喷混植生,草种为百喜草、画眉草、狗牙根,间种灌木穿破石,能够修建植生槽(盆)的,采取植生槽(盆)种植首冠藤爬山虎、穿破石。4 341.1 m<sup>2</sup>土质边坡采取修排水沟和坡面整地措施,种植灌木、藤本、草。选择首冠藤、凌霄、九里香、小叶紫薇、花叶女贞等园林品种加以美化。8 924 m<sup>2</sup>石质边坡以上裸露土质边坡,采取人工植香根草并间种穿破石,绿化和稳定边坡。1 541 m<sup>2</sup>缓坡迹地穴状种植乔木银合欢。修排水沟长 690 m。在陡壁的坡顶修建蓄水池 1 个,充分利用坡面沟道常年流水,建立喷混植生和植生槽的人工灌溉设施。在豆粕坡脚坡面纵向排水沟出口处修消力池 1 个。

### 3.3 植物配置措施

3.3.1 植物品种选择 坑口立地条件差,具有石质边坡坡度较大,坡面为变质岩;土质边坡为泥质砂岩,土层较薄;有机质含量极低,保水保肥性能差等特点。因此,选择植物品种要求其生物学特性必须与坑口立地条件相

适应,具备耐瘠薄、耐干旱、根系发达、自我繁殖更新能力强。选定的乔木:银合欢;灌木:穿破石、叶紫薇、花小叶女贞、九里香;藤本:首冠藤、爬山虎、凌霄;草本:百喜草、画眉草、狗牙根、香根草。

3.3.2 植物密度设置 一是植生槽种植藤本、灌木:采取藤木、灌木3排平行种植,靠石壁种植2排藤本,1 m种5株,靠外侧种植1排灌木,每米3株;二是乔木种植:乔木为品字形穴状种植,株距2 m×2 m;三是园林种植:种植花叶女贞作为植物绿篱,株行距0.2 m×0.2 m,种2排;坡面陡坎垂直绿化种植凌霄、首冠藤,株行距0.2 m×0.2 m,各种1排;图案造景,九里香株行距0.2 m×0.2 m,小叶紫薇株行距0.3 m×0.3 m;四是灌、草混种:灌木株行距1 m×1 m,香根草为条带种植,株行距为0.2 m×0.5 m,草种采取撒播,标准为20 g/m<sup>2</sup>。

#### 3.4 生态恢复现状

所选择的植物都表现出了良好的适应性,使整个坡面的郁闭度达到95%。香根草、狗牙根、百喜草、画眉草长势良好,强壮的根系明显提高边坡的稳定性;藤本植物爬山虎、凌霄、首冠藤,攀爬长度达到了1.8 m左右;灌木穿破石、小叶紫薇、花叶女贞、九里香穿插应用于整个坡面,增加了坡面植物物种丰富度和生物多样性,物种的景观变化对应于四季的变化有明显的反映,景观空间结构圆滑,形成了具有良好生态效益和景观效益的灌木层植物群落;乔木银合欢形成具有一定冠幅的乔木层。乔、灌、草、藤本的综合应用,体现了自然生态的和谐并且与景观相协调,不仅加强了岩体的稳定性,还营造了独特的公路边坡景观(图1)。



图1 东湾废弃采石场整治工程效果

### 4 边坡植被护坡技术分析

植物护坡技术具有近自然型、成本低、养护要求低、施工简单等优势,固坡作用突出,为我国各类边坡(山地斜坡、江河湖库堤岸、海岸坡岸、城市河网等)的侵蚀控制和生态修复提供了新的工程技术和方法。其中,土壤生物工程的护坡植物形成的河岸景观比较单一,有时密集生长的护坡植物导致生物多样性可能降低;复合式生物稳定技术对河岸的稳固作用最有效,护坡植物杞柳生长良好,但成本和施工难度较高,且石笼、土工布等人工

基质不适合其它本地植物的生长,导致植物群落结构单一、多样性较低。在实际工程设计中,生态护坡技术可以整合运用,发挥各自优势,以获得坡岸生态修复的最佳效果。

#### 4.1 喷混植生技术

喷混植生关键技术就是低碱性粘结剂及与有机物料的最佳配比,乔灌草种的配置及分层喷播技术,喷混基料基本性质及主要强度指标,施工工艺改造技术,高陡边坡喷混植生技术的具体实施。施工时,首先对坡面进行修整,清除坡面上不稳定的石块,保证坡面稳定;其次利用专用的客土喷播机将按比例混合后呈干粉状的种植基材和种子、肥料等的混合物喷播到坡面上;然后利用无纺布或草帘进行覆盖,待植物种子发芽生长后,进行后期养护管理。该技术可以有效地解决裸露边坡的生态植被恢复难题,形成稳定的植被覆盖和良好的生态系统,从根本上减弱由于土石采挖对环境所带来的恶劣影响。但目前从整体情况来看,喷混植生技术还不完全成熟,施工进度慢,绿化成本高,适应不了规模化生产,许多关键技术还有待进一步研发。

#### 4.2 客土喷播技术

进行边坡生态恢复通常都要进行回填(或换填)客土,并对其土壤进行改良处理,特别是对挖方边坡的处理尤为重要。纵观多少公路边坡经常出现“一年绿、两年黄、三年死亡”的问题,主要是忽略了路域客土土壤的改良,只是简单地把草种洒播在缺少土壤或土壤肥力极差的客土表面所致。回填(或换土)的客土土壤改良处理的方法通常有2种,一是添加土壤改良剂处理技术;二是施加肥料处理技术。该技术具有良好的社会效益与生态效益。它能使边坡涵养水源,减少水土流失,又能净化空气,起到保护生态、美化环境的作用。

#### 4.3 生态笼砖技术

生态笼砖技术的特点可以绿化90°以下的石山、石壁等边坡的绿化治理见效非常快,在工程结束时就达到了绿化的效果。生态笼砖技术的优点,一是牢固耐久(据香港有关部门鉴定,可持续30 a之久)、水土保持性能良好、抗冲刷防滑坡作用明显;二是砖坯能持久供给植物所需养分;三是绿化笼砖可作为乔木和灌木根系的固定物,极大地增强了植物抗风雨的能力,随着时间的推移,植物根系与笼砖、岩面连成一个网状结构。同时,还可利用笼砖空隙,栽种灌木和乔木,使绿化更具持久性、多样化和自然性。

#### 4.4 厚层基材喷附技术

厚层基材喷附技术的关键在厚层基材。它是植被种子与根系生长发育的基础,能够保证植被长期生长所需的养分和水分。岩石边坡厚层基材喷射护坡工程一



般可节省投资的 20%~30%，一是对于岩质边坡，在护坡高度<8 m 时，虽然工程造价比浆砌片石高 0.41~24.36 元/m<sup>2</sup>，但是，当护坡高度在 10~20 m 时，其造价就要低 11.56~71.44 元/m<sup>2</sup>，为浆砌片石造价的 67.22%~88.44%；二是对于土质边坡，当护坡高度在 4~20 m 时，按综合平均计算，就比浆砌片石工程造价低 13.84%。厚层基材喷附技术的环境效应主要有：它能够截留降雨和减弱溅蚀，并控制土粒流失。有研究表明：对于 30°的边坡，在 200 mm/h 的降雨强度时，如果草坪覆盖度为 31%、60%、91%、100%，那么土壤的侵蚀度就相应为 100%、40%、11%、0%；能够修复被破坏的生态环境；能够降低噪音和光污染，起到保证行车安全的作用。有研究表明，20 m<sup>2</sup>的草坪就能减少噪音 2 dB；能够降解有机污染物，起到净化大气和调节小气候的作用。

5 结论与建议

5.1 结论

5.1.1 边坡特点与护坡技术的选择 岩石边坡具有较强的异质性，不同于土质边坡，它没有有机质、氮、磷等营养元素的积累，不具备植被生长所必需的土壤环境，加之水热容量小，造成生态因子变化激烈与频繁的特殊生态环境，同时复杂的岩石类型与地质类型也增加了进行生态防护的难度。因此，要综合考虑边坡的地理位置、走向，边坡的坡面特征以及微地形方面的差异等，以便在边坡植被恢复和植被护坡工程中选择合理的生态护坡技术。岩石边坡生态治理技术特征见表 1。

表 1 深圳岩石边坡人工修复典型生态护坡技术特征

生态护坡技术	适用的边坡特性	技术特点及优势
人工植生盆/槽技术	坡度较大，坡面不平整，石壁微凹或破碎裂隙发育的边坡	在微凹外口开拓平台，用砖或碎石砌筑植生盆/槽，利用坡面凹凸地形优势修复边坡
回填客土技术	适于挖方边坡，土壤的有机质层被破坏，心土层或母质层外露，土壤理化性质很差的边坡	通过回填客土进一步改善原有边坡土壤特性，适于植被恢复的需求，工程操作简单
生态笼砖技术	针对坡度大于 75°石壁边坡	解决了急陡边坡植被修复的问题，具有较好的保水、保肥能力，易于后期管理
喷混植生技术	一般适用于坡度相对较平缓的边坡，同时在坡脚以及坡面的平台等处可用	可迅速改善边坡土壤，利于边坡植被快速恢复，施工简便易行，成本较低

5.1.2 植生基材设计与配比 植生基材是将有机基材和植被种子混合并搅拌均匀，按照预先设计和一定比例配制的边坡植被恢复人工土壤。土壤是植物生长所必备的物质基础，那么在边坡修复过程中植生基材的设计和配比就关系到植物能否持续、高效、优良的生长，进而对整个边坡植被的恢复产生重要的影响。种植土一般选择粘土、黄土或沙土，但它们的肥力又不足，常用方法

是用其它肥土按 1：1 配合使用。常用谷壳、锯木屑及经充分发酵的家畜肥料等作为有机质，其作用主要是保证土壤的通气性和增加土壤肥力。多采用缓释俄罗斯复合肥作为化学肥料，鸡粪和家畜粪作为有机肥。常用化学粘合剂和普通硅酸盐水泥作为粘合剂，但应严格控制水泥的用量。加入一定的土壤改良剂来调节土壤的酸碱度。此外，加入 pH 缓冲剂等调节喷混基料的酸碱性，使其 pH 处于适合植物生长的 6.8~7.2。种质基质材料配比见表 2。

表 2 种植基质材料配比

材料种类	材料名称	单位	1 m <sup>2</sup> 使用量
土壤	园土或肥土	L	50
	沙土、沙壤土或黄土	L	50
	糠壳	L	3
	锯木屑	L	3
	蘑菇肥	L	20
肥料	长效氮肥	kg	0.05
黏合剂	特定	kg	5~8
保水剂	进口或国产	kg	0.006
水		L	30~50
pH 缓冲剂	碱性中和因子	kg	适量

5.1.3 植物配置和植被群落构建 边坡植被恢复的要求不仅局限在植被快速简单地覆盖在边坡上，而是更注重边坡生态环境修复的整体性以及和周围环境的协调一致性。因此，边坡植被恢复过程中，对植物选择和配置，以及营建植被恢复后错落有序的植物群落景观显得尤为重要。边坡修复应各方面综合考虑，以期达到最理想的生态环境恢复效果。植物种子的选择要根据当地的地质条件、气候环境等特点进行选择。植物种子的选择一般应具备：对土质要求不高，适应气候条件强。耐酸、耐碱、耐寒冷、耐高温、耐干旱等，生长能力强；根系发达，茎秆低矮、枝叶茂盛、生长快、绿期长，能够迅速覆盖地表；生根性强，成活率高，并能够吸收深层水分和养分，有效固土；价格低廉、管理粗放、无需养护、无病虫害与杂草竞争性强。在边坡植被恢复中，植物群落构建思想是以生态学的自然植被和群落演替的基本理论为依据，选择乡土树种，即当地自然植被中的主要乔、灌木种类，应用容器育苗等“模拟自然”的技术和方法，通过人工营造与植被自然生长的完美结合，超常规、低造价地建造以地带性植被类型为目标，群落结构完整、物种多样性丰富、趋于稳定状态、后期完全遵循自然规律的“少人工管理”绿地<sup>[2]</sup>。这样的植物群落的形成在人工条件下也要经历一个自然演替的过程。这个过程分为 3 个阶段：首先，是快速覆盖地表的草本植物组成的先锋植物群落；然后，形成灌草结合的相对稳定植物群落；最后，建成以乔木为主，乔、灌、草结合的目标群落。这样的群落才是最稳定的，它不仅可以克服草被的退化，而且可以为整个环境创造巨大的生态效应。人工型的植

物群落具有自我调节功能,群落内各种植物之间共同生存的生态机制,能加快乔木的快速生长和抑制灌木过快生长,提高系统自我净化功能,防止人为破坏,尤其是地被的破坏,促进群落向自我维持机制和稳定型机制发展。

## 5.2 建议

5.2.1 实行安全监督管理 山体岩质边坡整治工程大多为高空作业,施工过程中极易发生安全事故,为此必须对施工安全进行严格的监督管理,一方面要督促施工单位建立完善的安全管理制度,同时要加强现场的安全监督,发现问题及时处理,确保施工安全。施工管理中实施项目经理负责制,项目部严格执行 ISO9001 质量管理体系规定,实行岗位制度,以制度作为管理依据,以安全、质量、进度为管理目标,精心组织施工,胜利完成任务。

5.2.2 综合多项工艺 工程措施中选用多种施工工艺,相互独立又合作,个别地段可以灵活地进行多重施工工艺。生物措施中采取乔、灌、草相结合进行综合治理,以保证前期的近期效果和后期的长远效果。

5.2.3 更新陡壁绿化的观念 对坡度小于 70°的石质边坡采用喷混植生技术绿化能够取得理想的治理效果;但要求对石壁进行百分之百绿化是有一定困难的。特别是在 75°以上的石壁进行绿化,一是施工难度较大,设计措施难以实施;二是虽能取得一定成效,但整体视觉效

果还是不佳。对此可以采用别的方法,例如用于公益广告、宣传刻字,雕像或予以保留。

5.2.4 确保工程施工 服从业主的正确领导、关心和大力支持,通过监理公司的协调管理,加强与当地政府和村民的协调及沟通,营造良好的施工氛围。

5.2.5 加强后期养护管理 山体边坡和其它一些废弃采石场治理完成后,一般约需 3~5 a 时间才能恢复自然生态,而现在设计管养期仅为 1~2 a,竣工后如何管养是一大难题。因业主无人又无专项资金,无法承担后期的管养工作,建议以后适当地加大后期管养费用,延长施工单位的管养期限,确保治理效果。

生态护坡技术和植物群落构建思想,这些已趋于成熟的理论和实践经验可用于今后的边坡修复综合治理工程。边坡植被修复中,在全面考虑边坡特点基础上完善生态护坡技术,注重种植基材的选择和配比以及植物配置和植被群落构建,加深对边坡修复生态学意义的理解,进一步创新边坡植被修复的设计思想和理论,使边坡修复设计水平得到显著提高,实现社会、经济、环境、自然的和谐发展。

## 参考文献

- [1] 兰虎林,李家祥,彭国涛,等. 关于深圳几个岩质边坡生态恢复案例的探讨[C]//全国公路生态绿化理论与技术研讨会论文集,2009:170-174.
- [2] 蔡胜,辜彬,杨晓亮,等. 浙江省废弃采石区植被重建后物种多样性研究[J]. 水土保持通报,2009(5):201-205.

# Study on Application of Rock Slope of Vegetation Slope Protection in Shenzhen

PAN Shu-lin<sup>1,2</sup>, HE Peng<sup>3</sup>, LAN Hu-lin<sup>4</sup>, GU Bin<sup>4</sup>

(1. School of Mining and Safety Engineering, Yibin University, Yibin, Sichuan 644007; 2. Director of Yibin Research Base, Key Lab of Yangtze Aquatic Environment, Ministry of Education, Yibin, Sichuan 644007; 3. College of Water Resource and Hydropower, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610064; 4. College of Life Science, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610064)

**Abstract:** In natural conditions, the exposed rock surface, especially hard rock, is hard to just rely on natural restoration, and human intervention is the most effective methods of ecological restoration. Based on the thoughts of Ecological Slope Protection and Vegetation Communities Construction, according to the different recovery effect lead by the application of different slope protection technologies and different choice of plant species, from the point of slope characteristics and slope protection, vegetation ratio and designations of substrate, relationship of vegetation communities and plant configuration, several project cases of rock slope artificial ecological restoration in Shenzhen were studied. The analysis was significant for deepening the slope Ecological Restoration in Shenzhen, creating new ecological engineering technologies, and could also promote improving engineering design level. Besides, the theory of slope vegetation, and perfect the experience of slope repair works were further enriched. Based on the Shenzhen engineering practice of Slope Protection, five advices for the design and construction management were proposed.

**Key words:** rock slope; vegetation slope protection; Shenzhen city