

## 小集水区生物多样性工程之设计

张俊斌<sup>1</sup>, 孙明德<sup>2</sup>, 黄鼎超<sup>1</sup>, 谢志楷<sup>1</sup>

(1. 台湾中州技术学院; 2. 台湾中兴大学, 台湾 台中 402)

**摘 要:** 依据国际生物多样性公约, 世界各国从 1992 年以来, 在环境保育利用与经营管理上, 无不以生物多样性之规划设计为考虑。因此, 为了集水区的水土资源保育与生态永续经营之长远目的, 台湾特殊地之泥岩地区刺竹林之林相更新或竹林地复层植被之建立, 有其必要性及迫切性。然有关泥岩地区之相关试验研究虽多, 但目前对于持续扩大之自然裸坡则尚无良好对策与方法。以小集水区整体环境重建构想, 提出小集水区生物多样性之设计, 并配合土木工程之生态复育工法。经调查研究结果之泥岩坡面裸化、冲淤过程以及植被坡面保育功能等适宜性整治有所更深入了解与助益, 且可对持续扩张之泥岩裸露地加以控制, 提供一套具体可行之生态复育方式。经多年之调查结果, 已显现其生物多样性效果, 而就地取材的连续性拦阻及生态环境之营造, 以及改善当地微气候之生物多样性营造方式, 并可在小集水区进行区域生态足迹追踪, 进而达到可预期之生态需求。

**关键词:** 生物多样性; 生态足迹; 生态复育; 生态工法技术

中图分类号: X176

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)06-0007-06

## The Design for Biodiversity Engineering Methods in the Small Watershed

ZHANG Jun-bin<sup>1</sup>, SUN Ming-de<sup>2</sup>, HUANG Ding-chao<sup>1</sup>, XIE Zhì-kai<sup>4</sup>

(1. Department of Landscape Architecture, Chung-Chou Institute of Technology, Zhanghua 510, Taiwan;

2. Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan, China)

**Abstract:** To improve their effectiveness of soil erosion control and consider sustainable management for ecological environment, the bamboo forest should be revegeted or have its vegetation structure changed. The serious erosion and damage happened in mudstone area were always resulted from characteristically abominable geological conditions, local climate types and abuse of land development. The datum show that the soil at this area is the most and the easiest erosive in Taiwan. Sediment yield in rivers of this area consequently increases and has reached the highest rank comparing with main rivers in the world. In order to solve mudstone problems of biodiversity and soil erosion, this study intend to collect all the research papers and revegetation methods that had done in the natural and cutted slope of mudstone areas during the past years, and assess their effectiveness and suitability in four years' period. Therefore, this study will integrate vegetation engineering, forest aspect renovation, ecological restoration, eco-technology and biodiversity engineering, considering the ecology management as a whole. This plan will set up a small watershed, to study the control of soil bareness, sediment pollution control, ecological restoration and ecological footprint methods of the mudstone area.

**Key words:** biodiversity; ecological footprint; ecological restoration; eco-technology

### 1 前言

泥岩之冲蚀、坍滑或自然裸坡之泥沙淤积等灾害, 系大多数数人对于泥岩问题的所知范围。事实上, 根据多位专家、学者(李等, 1994; 蔡, 1994; 林等, 2003; 张等, 2002; Lin and Chang, 1999)之研究指出, 泥岩分布带常年遭受严重地表冲蚀, 已导致区域性微气候异常干旱, 造成火灾频仍、植生演替迟缓, 甚至部分地区呈现逆向演替情形等, 整体环境劣化之问题, 亦可能造成目前西南部泥岩地区裸露面积不断扩张之要因。

鉴于过去泥岩地区之整治, 常以土木抑止工程施行局部控制, 或单一植生方法之坡面处理方式, 对于泥岩淤沙等灾害改善之成效较低, 因此本计划有关泥岩自然裸坡区之整治, 即以整体环境重建与生态复育的生物多样性为规划之考虑。于 1998 年选取台湾南部乌山头水库集水区內一面积约

30 hm<sup>2</sup> 之红泉坑独立小集水区, 施行整体治理措施, 同时进行相关试验研究及评估, 已对泥岩冲蚀控制与灾害防治建立一具体可行之示范。

### 2 研究方法与规划设计

由于目前占西南部泥岩大面积之刺竹林, 其本身及单一林相所造成之种种问题(排他性、林下植生不易、耗水量大且根域保水力差, 茎干之风摆作用浅层性同根层须根系与生物歧异度小)常造成泥岩地区坡面基脚侵蚀, 坡顶滑落与林下地表严重之冲蚀。因此, 就生态永续经营之长远考虑, 需藉由目前泥岩之优势植物(刺竹、银合欢等)为过渡植物, 进行复层林相之重建与生态复育工法。除了能使泥岩之表层获得更绵密的植生覆盖及保护, 同时能藉由复层林在土壤中之错综复杂且深浅不同之植物根系发挥固土、锚定及网结土壤, 而达地边

坡稳定的效果。并藉由所形成的多样化且覆盖率大的常绿林相,可改善刺竹及银合欢等对目前泥岩地区所造成的环境生态平衡的破坏,并经由诱鸟、诱蝶植物的导入,可形成丰富的生态,亦有助于野生生物栖息环境之营造。本研究选择紧临乌山头水库区之水源保育区。区内地质属上新世的砂岩、泥岩、叶岩所组成,表层土壤为砂叶岩细质地石质土。区域内有种植 20 年生左右之刺竹以及长枝竹林之缓坡地、防砂坝淤泥地、木麻黄林与大叶桃花心木造林地及土堤农塘农路等。为具典型泥岩地区环境特性,且面积达 30 hm<sup>2</sup> 之小集水区,如图 1 所示。在本区域内进行刺竹林地之更新、泥沙冲蚀控制及生态复育方法与各种坡面之冲淤与植生调查。

2.1 刺竹林地之更新

刺竹林为泥岩地区主要造林植物,占造林面积 80% 以上,面积极为辽阔,因此刺竹林之生理特性及林地之型态特性,对西南部地区环境生态具有关键性影响。且由多位学者专家之观察发现(张与林, 1999; 张, 2002), 刺竹林对泥岩区域环境具有: (1) 刺竹株干笔直高耸易受风摆而造成泥岩坡面之接口坍塌、崩塌; (2) 茂盛致密之根系及高蒸散率之生理特性,使刺竹强悍的略夺了其林内之水分、养分资源,使其它植物无法入侵存活,刺竹林下因此空矿,不仅植物相单调,亦严重影

响区域内昆虫动物之族群生态; (3) 刺竹旱季时调节性大量落叶之生理机制,成为泥岩地区火灾濒仍之火源,几项负面影响因子。而藉由刺竹林地的有效更新处理,改善上述目前之负面因子,将有助于西南部地区整体之环境生态营造。因此,为试验刺竹林区林相更新后之植生复育情形与对坡面保育之影响,选择台南县六甲乡红泉坑头小集水区为试验地,进行刺竹林相更新试验。刺竹林林相更新之规划,针对红泉坑集水区中选取已栽植 20 余生刺竹之四座各自独立丘岭(如图 2 所示),其施行以下四种不同处理后之植被演替与坡面保育效果。刺竹林地上部枝干皆伐后,不施行任何处理(B1 区),面积约 1 000 m<sup>2</sup>,坡向 N44°E 坡度 38°。刺竹林隔丛地上部间伐(B3 区),面积约 600 m<sup>2</sup>,坡向 N58°E 坡度 37°。刺竹林地上部枝干皆伐后,全区高密度复层植被栽植(B4 区),面积约 1 200 m<sup>2</sup>,坡向 N38°W 坡度 29°。原林相保留作为对照区(B2 区),面积约 800 m<sup>2</sup>,坡向 N82°W 坡度 32°。于上述 4 种刺竹林相更新之不同处理区内之坡面上,每隔约 10 m 或地貌突出线,由坡脚至坡顶间隔 4 m,将 100 cm 长之直径 0.5 cm 之钢筋桩钉入土壤内 40 cm,每一区之坡面钉二排,总计约 80 支钢筋桩。由此,藉以观察不同林相更新处理后之坡面土壤冲蚀、淤积,坡面稳定度与地质之变化与差异。

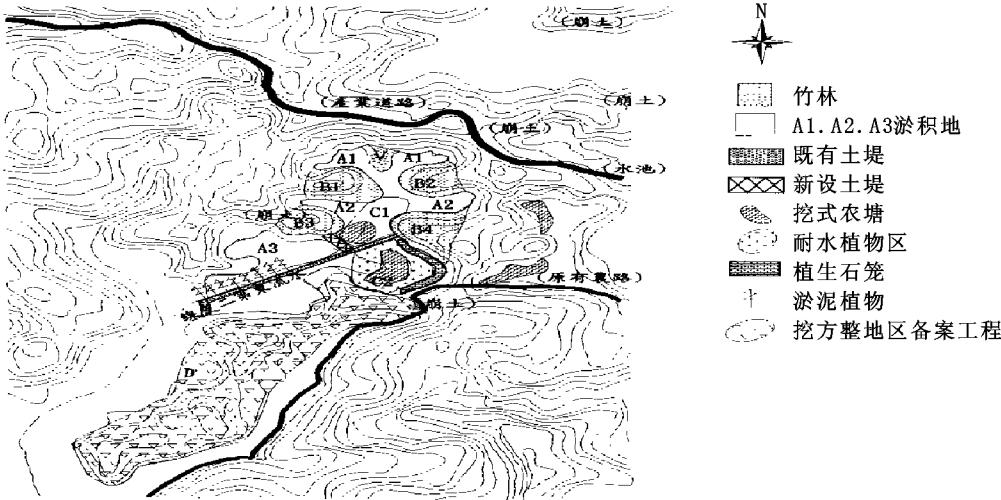


图 1 小集水区生物多样性工程配置图

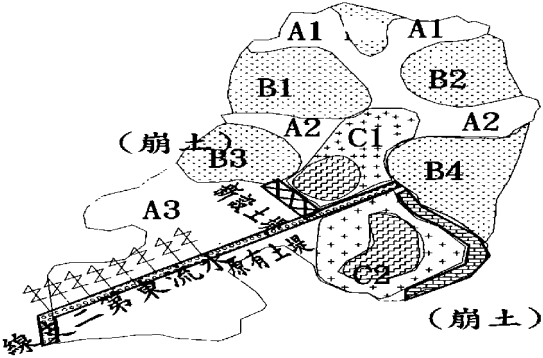


图 2 刺竹林林相更新配置图

2.2 泥沙冲蚀控制与生态复育方法

生态复育作业应如何兼顾生态系功能的维持与解决灾害之工程结构,是现今坡地开发与集水区经营之重要课题。近年来,越来越多的报告指出,适当的适林方式能在“生态系复育”及“社会经济利益”间达成双赢(张等, 2002; Oliia, 1997)。即适当的作业模式及造林树种选择,可使原生植物在造林木庇荫下天然更新,部分研究甚至发现,造林木可催

化原生树种的更新及林分演替速度。

综合已发表的台湾地区及国外研究报告,造林对森林演替与原生植物更新之催化作用是经由下列方式达成:

- (1) 造林木能在短期间内增加枯枝落叶量及改善土壤化学性质及林地的微气候环境。
- (2) 造林木可吸引鸟类、野生动物之停驻与栖息,增加原生植物种子传播机会。
- (3) 禾草、蔓藤类等妨碍原生植物种子发芽和幼苗建立之植物,会因造林木遮荫而减少其密度。

兹因大多数造林树种为需旋光性高之植物,其生长快速,且能迅速改善林地之物理及化学性质,林相更新时若能适当辅育各层(上、中、下层)之植物,更新林的演替速度将较未造林之干扰地迅速,物种组成多样性亦高。因此在红泉坑头之生态复育方式,包含裸坡扩张防止、泥砂流出控制与整体生态环境营造,其方式为下列各项处理。

2.2.1 坡脚连续式植生土堤淤积措施

本工程运用就地取材以原地土方,于坡脚处填筑多道土堤,分段截留地表径流水,并采用竖管溢水口迟缓水流速,并使多数泥沙沉积于坡脚土堤内有效减少泥沙流出量。淤积

区并栽植多种生长快速不同根系形态之本土木本生态植物,以发挥握裹淤积土、锚锭、稳固坡脚与生态营造之多样化功能。此设计亦可作为追踪观察竖管排水口之设置位置、数量

与管径之探讨;土堤之间距、高及斜率探讨;淤积地生态植物生长观察及筛选与土堤面之地被植物材料保护功能探讨。

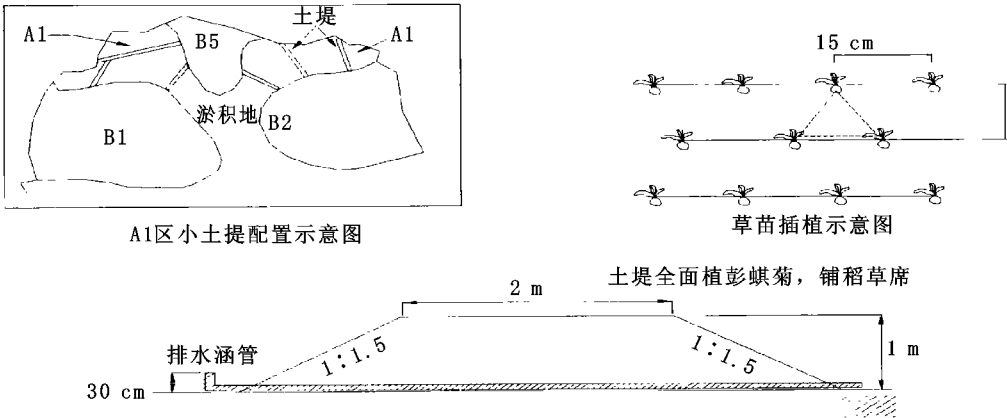


图3 A1区连续式植生土堤配置图

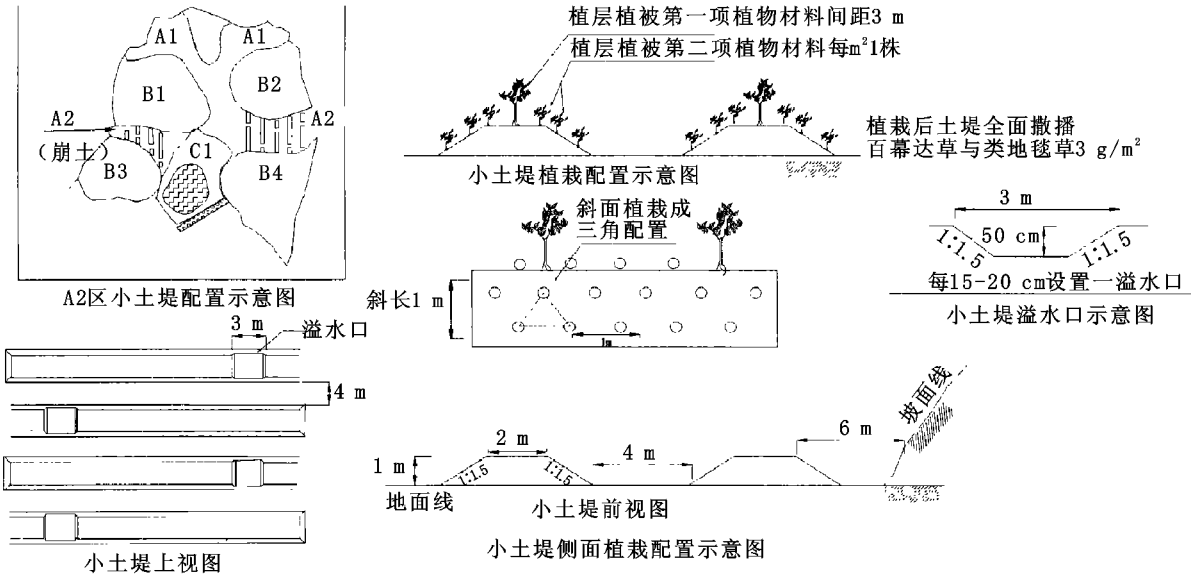


图4 A2区连续式复层植栽土堤配置图

2.2.2.2 坡脚连续式复层植栽土堤淤泥措施

本工程运用就地取材于原地土方于坡脚处填筑密集土堤,采开口式溢流口,土堤面复层植被,植栽本区土堤作用功能同A1区。泥岩淤积地由于土质密实,使多数木本植物大多无法存活或生长不良,本规划A1、A2两区采不同植栽配置,即希望藉此对泥岩淤积地土地利用研拟一经济可行改善方法。此设计亦可作为有开口或溢水口之可行性评估与复层植被植物生长势与兼容性观察。

2.2.2.3 淤泥植物栅工程

本区位处A1、A2区之下游段,为一开阔平坦之腹地,设计以钢筋桩配合萌芽桩,竹片编栅,铺截泥网设置成八道截泥栅,另选取6种耐淹埋植物,以三种一组分成A、B两组,隔行密植于八道栅体中及栅前端部,而后随植物的成长,其所能发挥之截泥高度亦随之增加,被淹埋于淤泥中的植物株体,分解后可有效改善淤泥土质之理化性状,利于本土之植物入侵生长,或其它农作运用,发挥多功能特色。此设计亦可作为编栅高度及间距之探讨;不同植物材料萌芽桩之成活率评估与不同淤泥植物生长势观察筛选。

2.2.2.4 裸坡坡趾植生石笼

泥岩坡脚受汇聚地表水流激烈冲刷,导致坡面快速缓退,

引发坡面崩塌,而形成陡峭岩坡的基脚侵蚀现象,系泥岩自然裸坡雨季时最严重之冲蚀破坏机制,因此如何稳固泥岩坡面基脚实为泥岩整治工程中首要解决之项目。往昔泥岩坡脚稳定措施多以重力式挡土墙及石笼为主,惟由历年来调查资料均发现这些纯以土木工程处理之坡脚稳定措施,不仅毁损率偏高,且在泥岩特殊的地质与天候环境中,这些工程结构的有效使用年限均远低于一般正常标准。本植生生态石笼即为改善此一缺失而设计之措施藉选取多种生命力强,生长快速,根系发达之木本植物,透过生育基盘营造与块石间隙的植栽手法,将石笼工程设施与植物合为一体,不仅排除两者各别使用时之缺失,将其各自优点结合,尤其导入之木本植物根系锚定、固土与网结之特性,更有助发挥永续稳固坡脚之功能。此设计亦可作为追踪观察栽植植物成活率与生长势观察与泥岩裸坡坡长与植生石笼高度及施設位置之最佳配比探讨。

2.2.2.5 挖式农塘配合湿地植被营造

西南部泥岩分布区之年降雨量高达2500mm,应属地表植被茂密,气候润湿之舒适环境,然而由于泥岩地质抗蚀性弱不具含水层,近80%以上之降雨水,多成地表径流无谓流失,地表裸露空矿植被稀疏致年蒸发量高达1600mm以上,丰沛降雨水之有效率低,使得区域内几乎终年处于干

旱、缺水状态,水为一切生物之重要构成元素,水资源的经常性匮乏,导致泥岩分布区整体环境条件因而更形劣化。

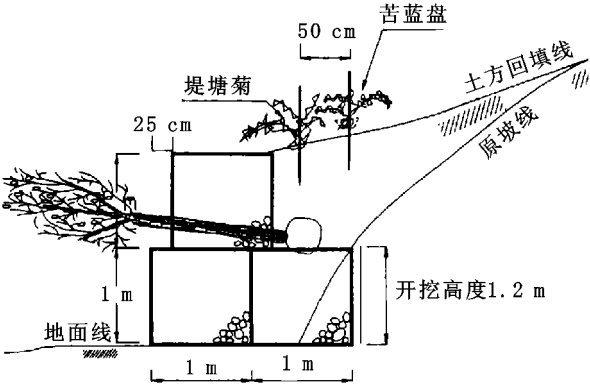


图 5 植生生态石笼示意图

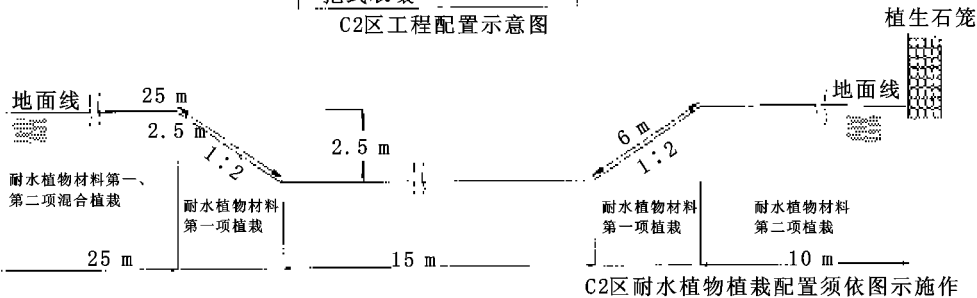
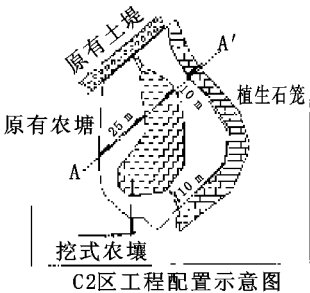


图 6 C2 区湿地植被营造配置图

(B) 堤塘菊、马缨丹、苦蓝盘、月桃、长穗木, 计 5 种。每  $1\text{ m}^2$  植一株(规格  $H\ 30\text{ cm}$  以上袋苗), 每种需数量相等均匀混植。

(C) 地被植物: 百慕达、类地毯草种子撒播  $3\text{ g}/\text{m}^2$ 。

(2) 耐水植物: (施工位置- C1, C2 区)。

(A) 水黄皮、水柳、茄冬、黄槿、刺桐、榄仁、海茄冬、榄李、臭娘子、五亨跖、雨豆树、落萼松, 计 12 种, 每  $3\text{ m}^2$  植一株(规格  $H\ 1.5\text{ m}$  以上,  $W\ 40\text{ cm}$ ), 每种需数量相等均匀混植。

(B) 文珠兰、苦蓝盘、草海桐、冬青菊、莎草、甸草 3 株以上、芦苇丛(3 株以上)(规格  $50\text{ cm}$  以上袋苗)(6 种, 每种需数量相等均混植。

(3) 小土堤面植物(施工位置- A1 及原有土堤): 蜚蜞菊苗插植。

(4) 堤距行间植物(施工位置- A2 区): 蜚蜞菊苗及百慕达草、类地毯草种子撒播。

(5) 植生石笼植物: 雀榕、垂榕、黄槿、棱果榕、水柳计 5 种( $H\ 2.5\text{ m}$  以上,  $\varnothing 6\text{ cm}$  以上,  $W\ 40\text{ cm}$ ), 株干需包裹厚  $5\text{ cm}$  以上稻草, 土团直径不得小于  $30\text{ cm}$ , 间距每  $1\text{ m}^2$  株。

(6) 石笼淤泥植物: 堤塘菊、苦蓝盘( $H\ 30\text{ cm}$ ), 每  $\text{m}^2$  植 6 株, 各三株。

(7) 淤泥植物棚(施工位置- A3 区):

本挖式农塘, 即为改善此问题而设置前置泥沙控制措施, 确保有效高容量, 将雨水尽量贮留集水区, 并于水域周边营造高郁闭度之湿地林相, 使集水区之微气候能获得有效改善。目前农塘周围已有大量白茅、烟火苔、五节芒、艾纳香、山烟草、冬青菊等入侵, 其中以烟火苔为最大优势, 而微气候之测定与改善情形仍在观测中。

2.2.6 植物材料及设计理念

泥岩地区现有之植物, 为了要适应其恶劣之地质与气候, 大多具有耐旱、耐盐、耐水之特性。因此, 要在泥岩地区导入植物, 除需考虑耐旱、耐盐等之海边植物, 尚须加强其生育基盘之营造与诱鸟、诱蝶植物之导入, 以增加生物之歧异度。

(1) 复层植被植物: (施工位置- A1, A2, A3 及 B4 区)。

(A) 水黄皮、棱果榕、刺桐、雀榕、桑椹、茄冬、黄槿、铁刀木、臭娘子、九芎、春不老、小叶厚壳树(福建茶), 计 12 种, 每  $3\text{ m}^2$  植一株(规格  $H\ 1.5\text{ m}$  以上,  $W\ 40\text{ cm}$ ), 每种需数量相等均匀混植。

(A) 萌芽桩: 黄槿、榕树、九芎、破布子、棱果榕计 5 种。 $\varnothing 6\text{ cm}$  以上,  $H\ 1.2\text{ m}$ , 入土端削尖处理(入土深  $80\text{ cm}$ , 出土  $40\text{ cm}$ )。

(B) 淤泥植物: 蜚蜞菊苗插植, 每  $1\text{ m}^2$  50 元(含养护、补植)、苦蓝盘( $H\ 50\text{ cm}$  以上袋苗)、芦苇或芦竹(3 株 1 丛,  $H\ 50\text{ cm}$  以上袋苗)、冬青菊( $H\ 50\text{ cm}$  以上袋苗)、月桃(3 株 1 丛,  $H\ 50\text{ cm}$  以上袋苗)、堤塘菊( $H\ 50\text{ cm}$  以上袋苗)。

(8) 诱鸟植物(食用部位)

(A) 春不老(果): 麻雀、白头翁、红嘴黑鹇

(B) 雀榕(果): 绿绣眼、白头翁、红嘴黑鹇、珠颈斑鸠、台湾蓝鹊、白环鹦嘴鸟、黄眉柳莺

(C) 棱果榕(果): 白头翁

(D) 水柳(花): 白头翁

(E) 芦苇(果): 麻雀、尖尾鸫、斑鸠

(F) 长穗木(花): 乌头翁

(G) 马缨丹(果): 乌头翁、白头翁

(H) 刺桐(花): 乌头翁、绿绣眼

(I) 茄冬(果): 白头翁、麻雀、赤腹鸫、白耳画眉

(J) 桑椹(花、果): 白头翁、麻雀、绿绣眼、五色鸟、铅色水鸫、小弯嘴鹛

(K) 九芎(果): 绿绣眼、赤腹山雀、白头翁、尖尾鸫、薮鸟

(9) 诱蝶植物(蜜源植物)

- (A) 马缨丹: 凤蝶类、粉蝶、淡黄蝶、青斑蝶、蛱蝶、三线蝶、小灰蝶、弄蝶等
- (B) 长穗木: 凤蝶类、粉蝶、端红蝶、紫斑蝶、蛱蝶、三线蝶、弄蝶等
- (C) 黄槿: 凤蝶类、粉蝶、小灰蝶
- (D) 铁刀木: 凤蝶类、粉蝶
- (E) 刺桐: 凤蝶类、小灰蝶
- (F) 苦蓝盘: 凤蝶类
- (G) 棱果榕: 黄蝶、粉蝶
- (H) 堤塘菊: 粉蝶、小灰蝶
- (10) 诱蝶植物( 食草植物)
- (A) 月桃: 黑弄蝶属
- (B) 铁刀木: 黄蝶类、凤蝶类
- (C) 雀榕: 粉蝶
- (D) 马缨丹: 凤蝶类、粉蝶、淡黄蝶、小灰蝶等

### 3 结果与讨论

泥岩地区之坡面灾害, 导因于其特殊之地质土壤条件与区域微气候之相互恶性循环, 植被形态与人为土地开发利用等( 林与张, 1999; 张等, 2001; 张等, 2002)。对于日益严重之泥砂灾害问题, 应从根本做起, 减少大面积之土地开发及更新不佳林相, 以改善土壤条件及区域微气候, 在植被型态方面, 目前占泥岩地区绿蔽率约 80% 之刺竹, 其具有排他性, 易造成林下植生不易及生物量减少。此外刺竹之耗水量大且根域保水力差, 茎干丛生于风化层之坡顶, 与浅层性须根特性; 致发生坡面崩滑与基脚侵蚀等现象。逐渐更新刺竹林与营造复层植被, 将有助于改善日益恶化之泥岩环境问题。在泥岩整体整治方面, 林信辉( 1997, 1998) 亦认为, 泥岩地质与环境条件特性迥异于一般地质状况, 然而 20 年来施用于泥岩之治理工法、材料、规范等均一直引用一般地质工程之范畴, 忽略两者间之显著差异性, 应系治理工作无法显现成果之主因, 且泥岩分布区之主要造林树种, 刺竹、相思树、柚木等林木, 均有林冠郁闭度不足或根系无法有效握裹土壤等问题, 致使对洪峰延时、水源蓄积、改善区域微气候及减低土壤冲蚀等功能较低, 未来有必要导入复层植被生态林相之方法, 逐步实施林相更新, 方能根本解决泥岩地区之问题。

#### 3.1 植生坡面处理区之冲蚀

由于各区之坡度介于 29~ 38°, 差异不大, 因此其坡面冲蚀观测值可作为坡面不同处理后之土壤保育之探讨。惟各区植物与桩对坡顶冲蚀下之泥砂有不同之拦阻作用, 使得由坡顶至坡脚观测桩有冲淤互见之情形, 是以本研究之各观测区之冲蚀深度, 乃由各区观测值, 平均而得, 结果如表所示。

由表得知, 各区之平均冲蚀深度, 初期变化较大, 但随著时间之增加, 有逐渐下降之趋势, 惟 B2 区( 林相保留区) 之变化不大, 大约维持在 1.5 cm 左右, 且其冲蚀量与各区有明显之差距。各区之冲蚀深度以 B4 区( 皆伐后复层植被) 0.15 cm 最小, B1 区( 皆伐区) 0.25 次之, B2 区 1.95 最大, 此与各区之植生覆盖率、种类及坡向等应有密切之关系。若以冲蚀量之多寡作比较, 则坡度 32° 之 B2 区( 林相保留区), 每年 1 hm<sup>2</sup> 约产生 195 m<sup>3</sup>( 331.5 t, 以泥岩平均密度 1.7 g/cm<sup>3</sup> 计算) 之泥沙冲蚀量, 而坡度 38° 之 B4 区( 皆伐后复层植被), 每年 1 hm<sup>2</sup> 约产生 15 m<sup>3</sup>( 25.5 t) 之泥砂冲蚀量, 两者相差约 13 倍之多。若各区之冲蚀深度, 再与同时期之间隔降雨量比较, 可知各区在春夏季( 3~ 7 月) 时, 降雨量多, 坡面覆盖率高时, 有减缓之趋势, 惟 B2 区( 林相保留区) 之土壤冲蚀深度反而遽增。是以此区影响土壤冲蚀之主要因子, 与降雨量及地表覆盖率有密切之关系。

经统计分析得知, 各区之冲蚀量皆与间隔降雨量达到高

度相关( person 相关系数分别为 B1 区 0.78, B2 区 0.92, B3 区 0.91, B4 区 0.80), 且皆达 1% 之显著水平, 可知降雨量是造成各区冲蚀量大小之主因, 且以 B2 区( 刺竹林相保留区) 最为显著, 亦即是降雨量影响此区最为严重。在各区冲蚀量差异性之比较方面, 各区亦达 1% 之显著水平, B1 区与 B4 区之相关系数为 0.94( *t* 值为 6.92), 而 B2 与 B3 之相关系数为 0.99( *t* 值为 5.3) 属最高。此结果可知, B2 区与 B3 区之冲蚀情形较相似, B1 区与 B4 区之冲蚀情形亦较相似, 再比对各区之冲蚀情形, 林相保留区( B2 区) 与隔丛间伐区( B2 区) 此二区之冲蚀深度明显高于其它区, 而搭配各区之地表状况( 植生覆盖、入侵植物数等)。

表 1 不同植生处理坡面之平均冲蚀深度与降雨量

处理区	B1 区	B2 区	B3 区( 竹林	B4 区( 皆伐后	间隔降雨量
日期	( 竹林皆伐区)	( 竹林保留区)	隔丛间伐)	复层植被)	/ mm
1998-09-10 1998	0	0	0	0	0
1998-11-18 1998	0.21	0.34	0.29	0.13	222.6
1999-01-20 1999	0.03	0.25	0.25	0.02	24.6
1999-03-02 1999	0.02	0.19	0.18	0.02	12.4
1999-05-05 1999	0.03	0.26	0.23	0.025	86
1999-07-22 1999	0.17	0.96	0.82	0.15	858.8
1999-09-08 1999	0.16	0.91	0.8	0.17	723.2
1999-10-24 1999	0.07	0.23	0.21	0.04	183.6
2000-01-09 2000	0.035	0.15	0.145	0.024	38.6
2000-02-13 2000	0.06	0.27	0.26	0.04	20
2000-03-28 2000	0.065	0.28	0.27	0.046	27
2000-04-30 2000	0.08	0.18	0.145	0.046	124
2000-05-27 2000	0.09	0.19	0.15	0.04	135.2
2000-06-10 2000	0.06	0.2	0.16	0.03	160.8
2000-08-29 2000	0.15	0.89	0.77	0.11	694.8
2000-10-17 2000	0.07	0.25	0.23	0.05	211.2
2000-11-30 2000	0.04	0.11	0.1	0.02	0.4
2001-01-16 2001	0.048	0.26	0.25	0.042	16.3
2001-02-22 2001	0.051	0.28	0.27	0.046	49.4
2001-04-02 2001	0.053	0.29	0.28	0.048	56.7
2001-05-17 2001	0.054	0.32	0.31	0.03	58.6
2001-07-05 2001	0.18	0.85	0.75	0.12	1003
2001-08-13 2001	0.09	0.28	0.26	0.07	317
2001-09-06 2001	0.07	0.79	0.66	0.04	445.4
2001-10-27 2001	0.10	1.01	0.87	0.07	909.4
2001-10-16 2001	0.05	0.25	0.24	0.03	17.8
2002-01-17 2002	0.03	0.33	0.31	0.03	2.4
2002-03-04 2002	0.04	0.31	0.29	0.02	5.8
2002-05-05 2002	0.05	0.29	0.25	0.03	8
2002-06-26 2002	0.08	0.25	0.22	0.05	237.2
2002-08-26 2002	0.14	0.82	0.79	0.11	611.4
2003-01-26 2003	0.06	0.45	0.4	0.04	173.5

注: 降雨量资料由邻近试验区之水利处王爷宫测站与嘉南农田水利会西口测站, 平均而得, 惟 1999 年 6 月后, 乃以试验区自行架设之 D1.2e 气象资料自动收集器, 收集降雨资料统计而得。

#### 3.2 入侵植物调查

由地表植生覆盖率与植物种类, 可知在各区处理前, 刺竹林下之地表植生覆盖率相当低, 仅达 30% 左右, 但在处理后一段时间, 各区之地表植生覆盖率与植物种类, 已有明显增加, 证明刺竹林对其林下之植生入侵有排他性。其中在植生覆盖率与植物种类方面以 B4 区( 刺竹林留伐后, 施以复层植被) 之植生入侵速度最快, B1 区( 皆伐区) 次之, B2 区( 林相保留区) 则无多大之变化, 试区之雨量大都集中在 5 月~ 10 月, 占总雨量 80% 左右, 而 11 月至翌年 4 月为干旱季, 植物生长受阻, 部份天南星科植物, 如巨花蒟蒻与姜科植物, 如绢毛闭鞘姜, 则呈休眠状态度过此干旱期。在此干旱期各处

