

台湾西南部刺竹林更新与泥砂控制工法

张俊斌 林信辉

(中兴大学水土保持学系 台湾台中)

摘 要 刺竹目前占台湾西南部泥岩地区之绿蔽率达 80% 以上, 虽为早期最主要之适生造林树种, 但其具有排他性, 造成林下地表植物不易入侵。此外, 刺竹之耗水量大(蒸散量大), 且根域保水力差, 茎干丛生于坡顶之风摇作用与浅层性须根系型特性, 使竹林地区易造成坡面基脚侵蚀或坡面崩滑之情形。若为水土资源保育之长远考量, 泥岩地区刺竹林之林相更新或竹林地复层植被之建立, 有其必要性与迫切性。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。本研究拟以泥岩整体环境重建构想, 提出泥岩地区刺竹林地林相更新与复层植被建立之构想, 并配合简易之淤砂控制工法, 包括坡脚连续式植生土堤淤泥措施、坡脚连续式复层植栽土堤淤泥设施、淤泥植物栅工程、裸坡坡趾植生石笼与控式农塘配合湿地植被营造等配置工法。进行相关试验与评估, 期望对泥岩坡面裸化、冲淤过程以及植被坡面保育功能等适宜性整治有所了解与助益, 进而对持续扩张之泥岩裸露地加以控制, 并建立一套具体可行之方式。初步结果显示东南向的裸坡冲蚀量最大, 受当地之日照与气候变化影响颇巨, 而冲蚀下的淤泥, 造成第一道土堤内之植栽存活率减少。因此, 就地取材的连续性拦阻、泥砂冲蚀控制及生态环境之营造, 已颇具功效。

关键词 泥岩地区 林地更新 泥砂冲蚀控制

The Methods of Thorny Bamboo Renewal and Sediment Control on the Mudstone Area in South-western Taiwan

Chun-Pin Chang Shin-Hwei Lin

(Department of Soil and Water Conservation, Chung-Hsing University Taichung Taiwan)

Abstract Thorny bamboo was the previously most important afforestation tree in the mudstone area of Taiwan and its' canopy density have been arrived 80%. Statistics reference show that the thorny bamboo have some negative effects for slope conservation. In order to improve their effectiveness of soil erosion control and consider sustainable management for ecological environment, the bamboo forest should be revegetated 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 develop-

ment 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, the research 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, forestland renewal and sediment control methods, considering the ecology management as a whole. This plan will set up a watershed (experiment plot), to study the control of soil bareness, sediment pollution control and ecological restoration methods of the mudstone area.

Key words mudstone area forestland renewal sediment control

1 前言

台湾省西南部泥岩地质分布辽阔,其范围涵跨嘉义、台南与高雄等县市,总面积达1 000余 km^2 ,占台湾面积的3%。在地质上,本地区以上新世之南化泥岩(即上、下部古亭坑层)及更新世之关庙层(即二重溪层与六双层)的分布最广。固地质年代轻,岩石胶结不良,遇水很快迅速崩解。又因受过过度压密作用,当压力消除或受雨水洗淋时,由自身减压所造成之裂隙,导致雨水向泥岩内部迅速渗入,使岩质软化,易造成土壤侵蚀及流失。根据调查,裸露坡面之年冲蚀深度约6~8 cm,最高甚至可达10 cm以上,为台湾地区最易冲蚀之土壤。

泥岩地区基于地质及气候先天的不良因素,再加上不当的开发与土地利用下,大面积之表土裸露,造成严重的土壤冲蚀、水患,以及大量淤砂致使河流及水库之蓄水功能锐减。故需做全面性之规划整治,配合植生方法,以达生态绿美化及水土保持功效,对泥岩地区之开发利用实有其积极推动及迫切之必要。泥岩人为开发坡面之冲蚀、坍滑或自然裸坡之泥沙淤积等灾害,系大多数人对于泥岩问题的所知范围。事实上,多位专家、学者之研究指出,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,对于泥岩淤砂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全面性处理为规划之考量。选取乌山头水库集水区內一面积约50 hm^2 之红泉坑集水区,施行整体治理措施,同时进行相关试验研究及评估,期望对泥岩冲蚀控制与灾害防止建立一具体可行之示范。西南部泥岩地区早期造林树种有柚木、铁刀木、刺竹等,其中刺竹约占全部造林面积80%,但由于目前大面积刺竹林地之负效应(排他性、保水力差、风摇作用与须根系且同层等)之因素,再加上地区性之不当土地利用行为,更亦使大面积之表土流失益形严重。再者,刺竹之落叶量大,且大多与邻近道路之牧地狼尾草群生,旱季时易造成区域性火灾。因此,有关刺竹生态林地更新之建立与相关试验之评估,对于改善刺竹林地上述之负面因子以及泥岩地区冲蚀、淤砂与坡面保育等合理性整治将有所助益。

2 规划设计与研究项目

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)

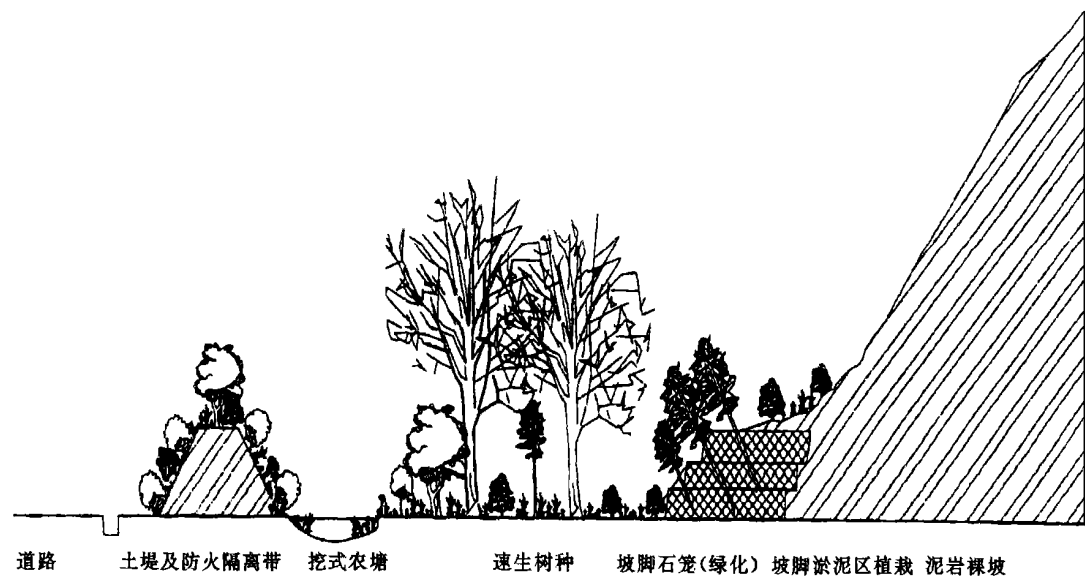


图1 泥岩自然坡整治示意图

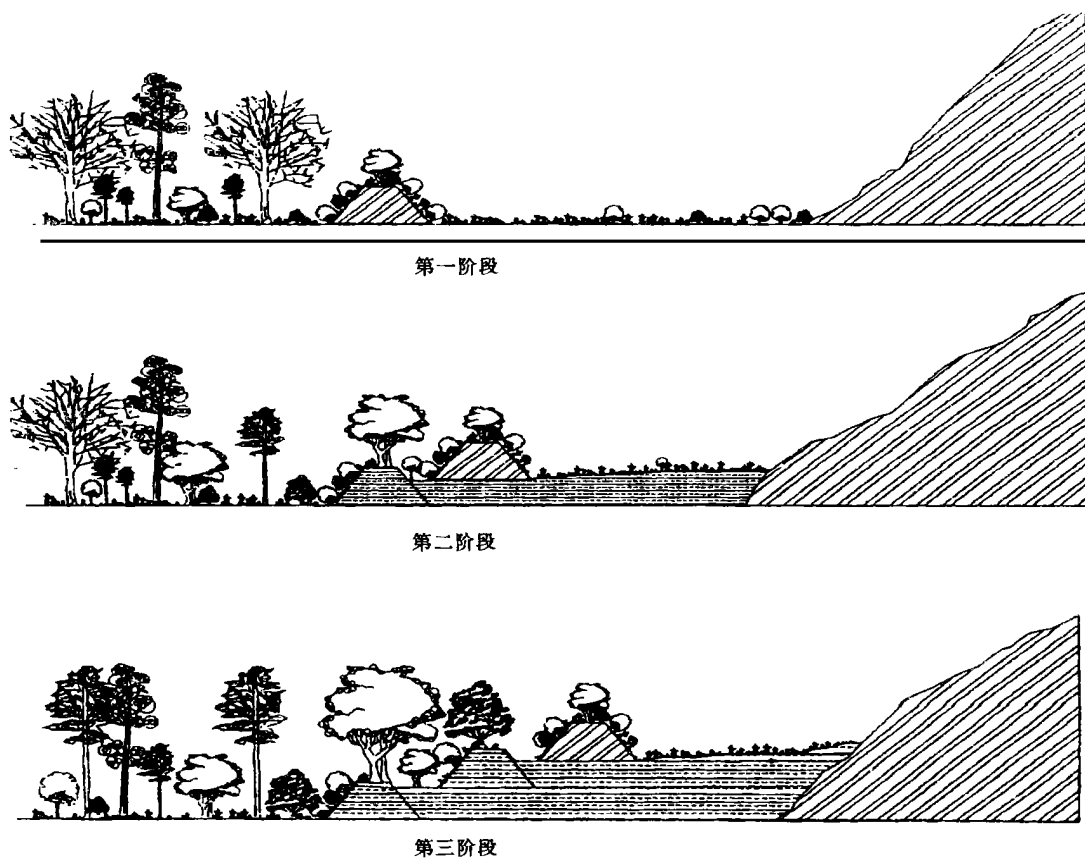


图2 自然坡渐进式土堤设置及配合绿化方法示意图

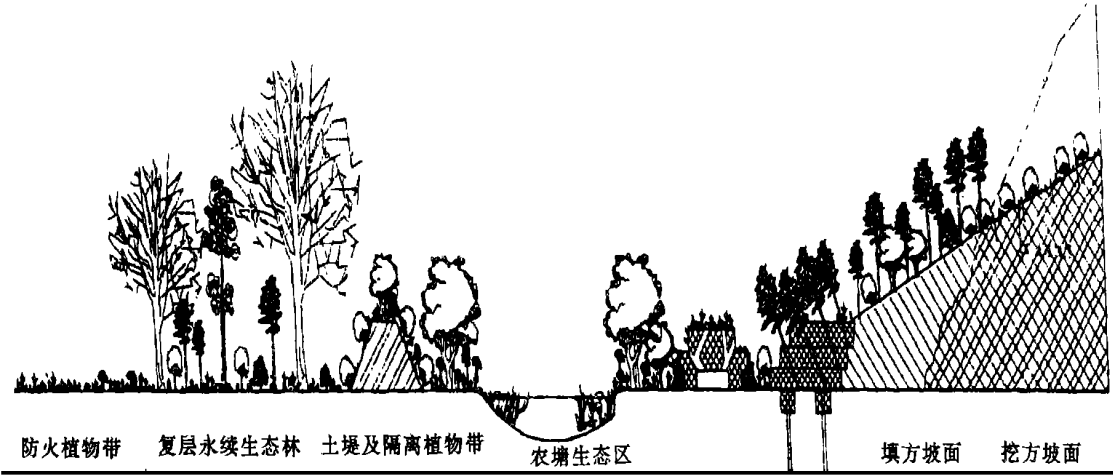


图 3 泥岩地区整体生态系营造与泥砂控制示意图

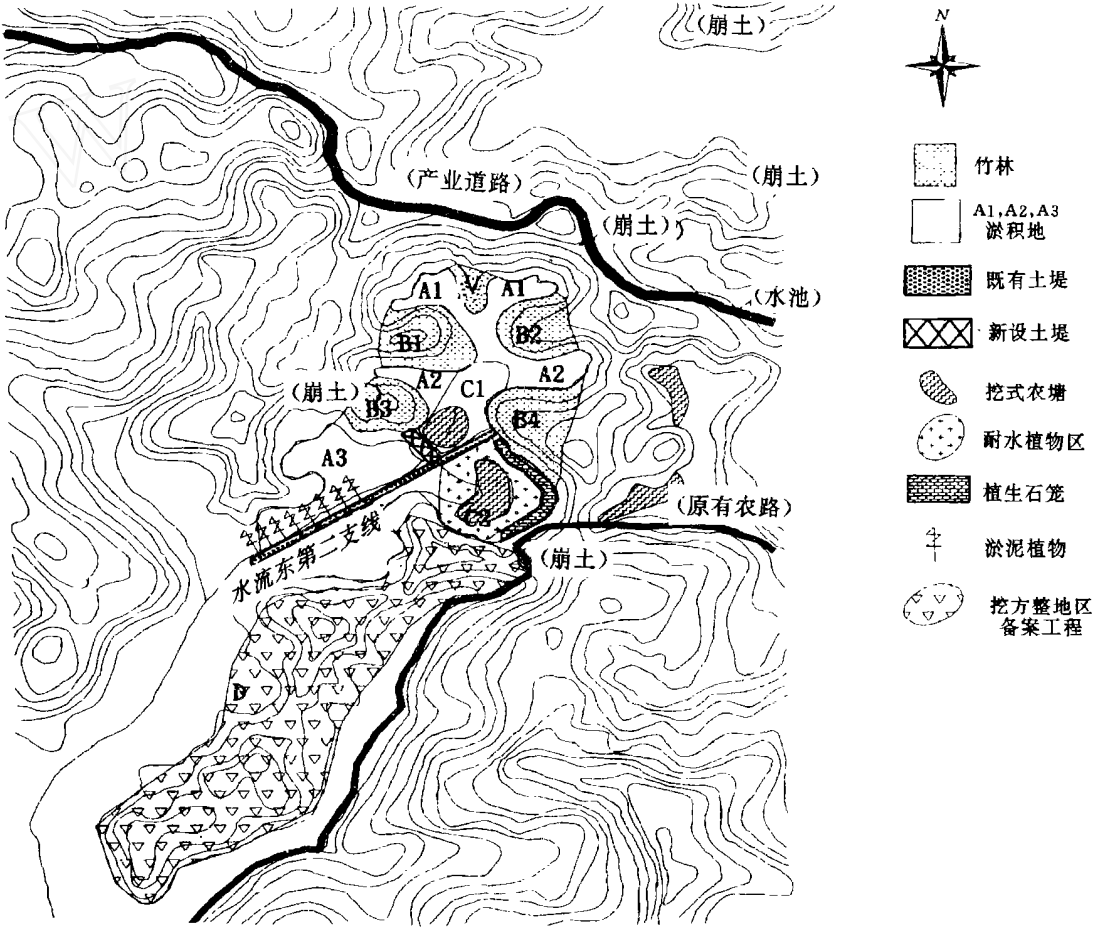


图 4 台南县六甲乡红泉坑头泥岩整治工法配置图

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

考量,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泥砂控制工法。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。

泥岩裸露区面积辽阔,由于历经数10年人们不合理土地利用,地表受侵蚀情况极为严重,地形崎岖起伏,环境条件极为恶劣,治理工作之施行不但困难度高,亦很难有立竿见影之效果。针对此一环境特性,首先进行整体规划,订定整治之策略目标,再按部就班,分阶段施行治理及配合植生措施。整治方式可分为泥岩自然裸露坡面整治如图1所示,自然裸露坡面渐进式土堤设置如图2所示,泥岩区整体生态系营造配置如图3所示。

本研究选择紧临为山头水库区之水源保育区。区内地质属上新世的砂岩、泥岩、页岩所组成,表层土壤为砂页岩细质地石质土。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 50 hm^2 之小集水区。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,如图4所示。

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形态特性,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,刺竹林对泥岩区域环境具有如下几项负面影响因子。

(1) 刺竹枝干笔直高耸易受风摆而造成泥岩坡面之界面坍塌、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,刺竹林下因此空旷,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,成为泥岩地区火灾频仍之火源。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集水区为试验地,进行刺竹林

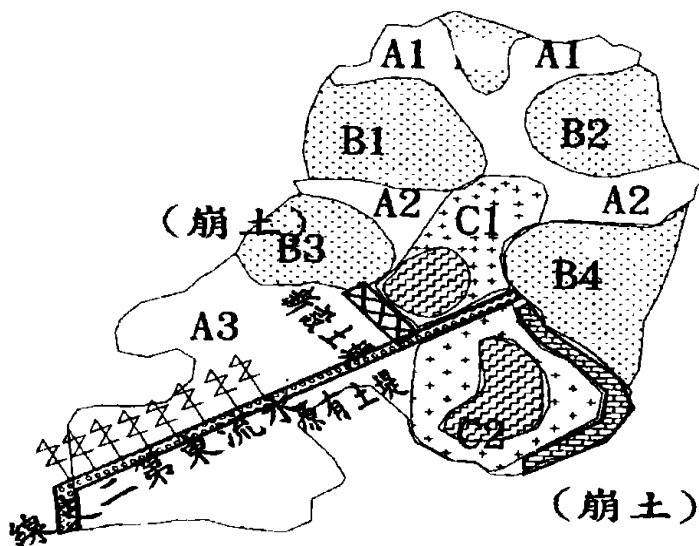


图5 红泉坑头刺竹林林相更新配置图

相更新试验。本年度延续上年度之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 多年刺竹之四座各自独立丘陵(如图 5 所示), 其施行以下 4 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), 面积的 $1\,000\text{ m}^2$, 坡向 N 44 E, 坡度 38° 。

刺竹林隔丛地上部间伐(B3 区), 面积约 600 m^2 , 坡向 N 58 E, 坡度 37° 。

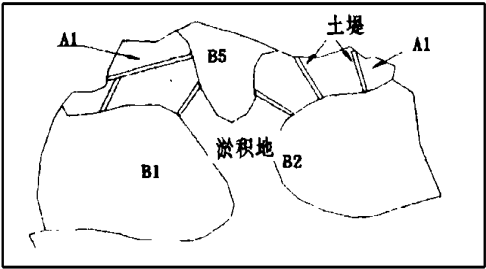
刺竹林地上部枝干皆伐后, 全区高密度复层植被植栽(B4 区), 面积约 $1\,200\text{ m}^2$, 坡向 N 38 W 坡度 29° 。

原林相保留作为对照区(B2 区), 面积约 800 m^2 , 坡向 N 82 W, 坡度 32° 。

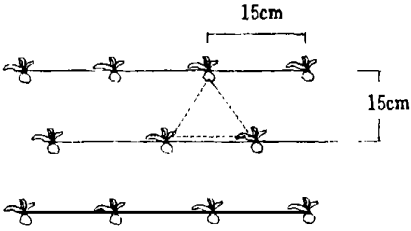
于上述 4 种刺竹林相更新之不同处理区内之坡面上, 每隔约 10 m 或地貌突出线, 由坡脚至坡顶间隔 4 m, 将 100 cm 长之直径 0.5 cm 之钢筋桩钉入土壤内 40 cm, 每一区之坡面钉二排, 总计约 80 支钢筋桩。由此, 藉以观察不同林相更新处理后之坡面土壤冲蚀、淤积、坡面稳定度与地质之变化与差异。观测由 1998 年 9 月开始, 每隔约一个月或大雨后, 即进行调查。

2.2 泥沙冲蚀控制方法

(1) A1 区坡脚连续式植生土堤淤泥措施(如图 6)。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, 以发挥握里淤积土、锚定、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。



A1 区小土堤配置示意图



草苗插植示意图

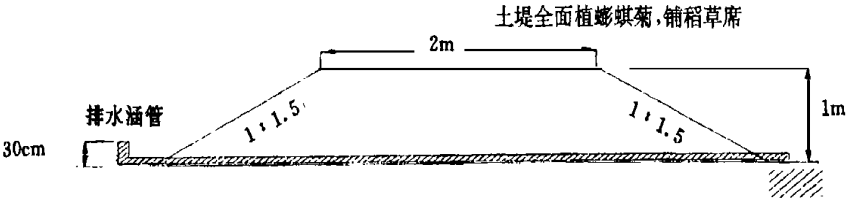


图 6 A1 区连续式植生土堤配置图

(2)A2区坡脚连续式复层植栽土堤淤泥措施(如图7)。本工程运用就地取材于原地土方于坡脚处植筑密集土堤,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碍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相容性观察。

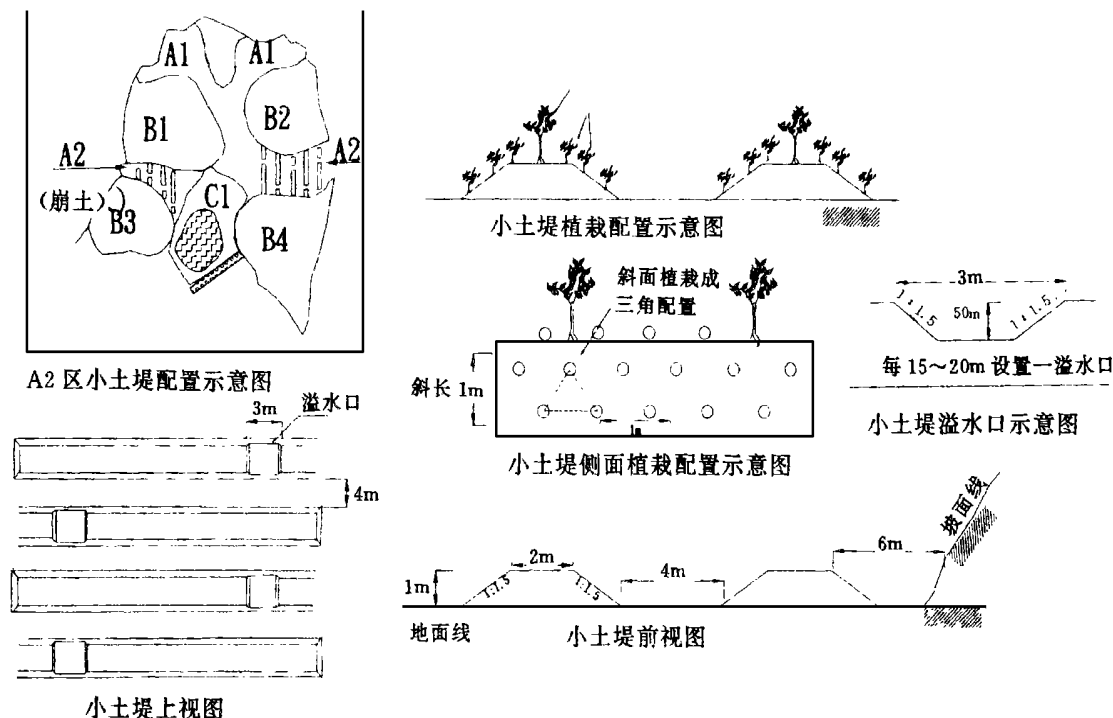
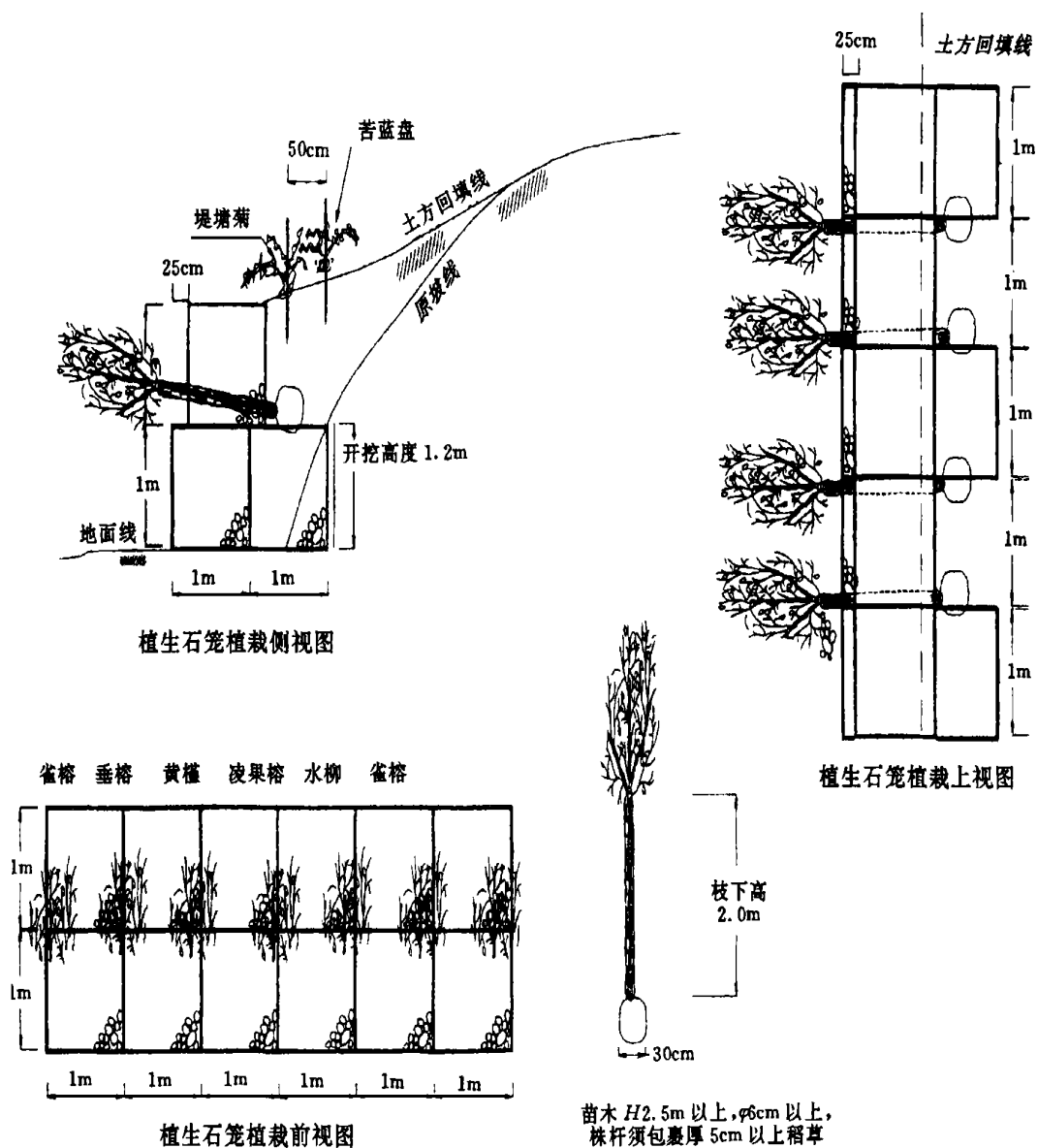


图7 A2区连续式复层植栽土堤配置图

(3)A3区淤泥植物栅工程(如图8)。本网位处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3种一组成分A、B两组,隔行密植于8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。

(4)B4区裸坡坡趾植生石笼(如图9)。泥岩坡脚受汇聚地表水流激烈淘刷,导致坡面快速缓退,引发坡面崩坍,而形成陡削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低于一般正常标准。

本植生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



C2 区耐水植物植栽配置示意图

图9 植生石笼示意图

3 初步结果与讨论

泥砂灾害频繁一直是泥岩分布区域最迫切亦是最难解决的问题。因此, 泥岩整治规划有必要先对影响泥砂之潜在因素(如地质、地形、地貌、流路特征、植被形态等)加以观察研究, 进而充分掌握泥砂之生产、运输与堆积等现象和特性, 并求得每一阶段之量化资料, 以作为研拟整治工法及评估整治成效之依据。

3.1 林相更新观察区

于上述4种刺竹林相更新之不同处理区内(B1至B4区)之坡面上,每隔约10m或地貌突出线,由坡脚至坡顶间隔4m,将100cm长、直径0.5cm之钢筋桩钉入土壤内40cm,每一区之坡面钉二至三排总计约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。观测由1998年9月开始,每隔约一个月或大雨后,即进行调查,目前各区观测已有些许差异,冲淤互见,变化颇大,可能与经林相更新处理后,植物社会歧异度大,地下根系作用造成土壤膨胀或是植物与观测桩之拦阻作用。惟尚待持续观测,以综合分析探讨。

3.2 裸露坡面观察

本研究以钢筋观测桩观测试验区泥岩裸露坡面之侵蚀情形。为避免加速裸坡破坏,乃以电钻孔后,再放入观测桩于冲积坡测部、脊线和底部。每一坡向之裸露坡面由坡脚至坡顶每隔4m设置一支,三个坡向共计约80支。目前已有初步结果,如表1所示。由初步观测结果可知,东南向之裸露坡面冲蚀量最大(+4.95cm),可能受当地气候影响之故。仍需进一步与降雨持续时间和雨晴频度相比较。此初步结果,可解释在西南部泥岩地区,南向坡面较易侵蚀,且裸露的面积亦较大。

表1 裸露坡面平均冲蚀记录表

坡向	1998.08.14	1998.09.10	1998.11.18	1999.02.03	1999.03.03
S60 E	+ 1.05	+ 2.57	+ 3.66	+ 4.71	+ 4.95
S50 W	+ 0.20	+ 0.51	+ 1.71	+ 1.89	+ 2.11
S30 W	+ 0.72	+ 1.23	+ 2.34	+ 2.42	+ 2.76

注: "+" 表示侵蚀。

3.3 淤积区观察

于A1、A2、C1与A3淤积区内随机分布钉入钢筋桩于土壤内,以观察植栽区域内之土壤冲淤情形。目前因水路冲蚀,各观测点冲淤互见,仍需进一步持续观测。

3.4 植生入侵、演替调查

为了解林相更新处理后,植被入侵演替情形,于竹林皆伐区、隔丛皆伐区与皆伐后复层区,因其林相简单,且大多为地被植物,故仅采用直线横截法,每隔10m调查植物之覆盖度和频度。调查所得之资料依相对密度、相对频度及相对覆盖度之总和计算重要值指标,为其中地被植被之线截法调查,因草本之走茎或爬藤类交错生长,相对密度之计算有实质之困难,故其重要值指数暂以相对频度及相对覆盖度计算之。各区(B1至B4区)处理后(1998年5月)之植生调查结果与各区处理后4个月(1998年9月),调查结果相比较,可知已有大量之蔓藤类强势入侵及构树、野桐、山盐青、咸丰草、昭和草、艾纳香等先驱植物入侵。目前仍需持续观察各区之植生情形,作为日后植物入侵、植生演替之差异比较以及适生植物之筛选。

3.5 植栽存活率调查

泥岩地区大量植栽之导入,有助于改善目前植物相愈渐稀少及微气候失调之现象。因此红泉坑头整治区大量植栽(约4000株)之导入,其存活率可作为日后导入植物之筛选与应用。栽植后经6个月存活率之调查结果表2、表3所示。由调查表可知,苦蓝盘、冬青菊无论是栽植总存活率或是各区之存活率皆高达97%以上,显示此二植物之适生性良好。A1区之存活率最低(66%),可能是因A1区处第一线,裸露坡面大量之冲蚀与淋洗出之盐分所导致。而影响存活率之原因为栽植时生育基盘未妥善改良、羊只动物啃食与人为之破坏。

表 2 各区植栽存活率调查

植 物	A 1 区		A 2 区		A 3 区		C 1 区		C 2 区		B 4 区		植生石笼区		存活率 %
	活	死	活	死	活	死	活	死	活	死	活	死	活	死	
水黄皮	10	5	4	1	30	10	17	1			7	1			79.1
棱果榕	5	2	7	1	25	3					8	1	19	8	81.0
刺桐	16	4	9	0	28	2					6	0			91.9
雀榕	13	7	8	0	32	4	1	0			7	0	21	7	82.0
柳树							9	6					16	12	58.1
垂榕	3	1											17	10	64.5
桑椹	9	4	5	1	16	4					2	0			78.0
茄苳	8	14	3	5	8	5	7	2			5	2			52.5
黄槿	13	3	7	2	20	8	15	3			8	1	23	5	79.6
铁刀木	7	16	4	4	18	15	3	6			5	2			46.3
臭娘子	15	5	7	2	21	4	11	3			3	1			79.2
春不老	9	3	8	2	24	5	4	2			6	3			77.3
九芎	8	2	5	1	7	1	5	2			5	1			81.1
福建茶	8	5	5	6	20	5					5	1			69.1
榄李	8	3					8	1							80.0
落雨松	3	1					6	4							64.3
榄仁	3	1					8	5							64.7
五梨脚	2	1					2	0							80.0
轮伞草					10	60	46	30	30	47					38.6
草海桐							55	5	120	3					95.6
苦蓝盘			60	2	80	4	150	2	111	1	17	2			97.4
文珠兰			10	15	60	40	140	30	116	3					78.7
长穗木			130	20	100	4			3	1	17	5			89.3
提塘菊			75	15	60	10									84.4
芦苇							46	15	38	55					54.5
冬青菊	13	2					130	5	113	1					97.0
雨豆树			3	1			17	3							83.3
马缨丹			40	10	100	5					18	5			88.8
存活率(%)	66.03		81.6		77.7		84.6		82.7		82.6		69.6		

注: 栽植日期 1998 年 5 月至 7 月, 调查日期 1999 年 2 月 5 日

表 3 各区各栽植植物之存活率调查

植物	A 1 区	A 2 区	A 3 区	C 1 区	C 2 区	B 4 区	植生石笼区
水黄皮	66.7	80.0	75.0	94.4		87.5	
棱果榕	71.4	87.5	89.3			88.9	70.4
刺桐	80.0	100.0	93.3			100.0	
雀榕	65.0	100.0	88.9	100.0		100.0	75.5
柳树				60.0			57.1
垂榕	75.0						62.9
桑椹	69.2	83.3	80.0			100.0	
茄苳	36.4	37.5	61.5	77.7		71.4	
黄槿	81.3	77.7	71.4	83.3		88.9	82.1
铁刀木	30.4	50.0	54.5	33.3		71.4	
臭娘子	75.0	77.7	84.0	78.6		75.0	
春不老	75.0	80.0	82.7	66.6		66.7	
九芎	80.0	83.3	87.5	71.4		83.3	
福建茶	61.5	45.5	80.0			83.3	
榄李	72.7			88.9			
落雨松	75.0			60.0			
榄仁	75.0			61.5			
五梨脚	66.6			100.0			
轮伞草			14.3	60.5	38.9		
草海桐				91.7	97.5		
苦蓝盘		96.7	95.2	98.7		89.5	
文珠兰		40.0	60.0	82.3	97.5		
长穗木		86.7	96.1		75.0	72.3	
提塘菊		83.3	85.7				
芦苇				75.4	40.9		
冬青菊	86.6			96.3	99.1		
雨豆树		75.0		85.0			
马缨丹		80.0	95.2			78.3	

注: 栽植日期 1998 年 5 月至 7 月, 调查日期 1999 年 2 月 5 日。

4 结论与建议

(1) 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、泥砂控制、改善区域微气候及减低土壤冲蚀等功能较低。因此, 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。

(2) 泥岩地因保水能力差, 旱季过长, 造成植物缺水, 不易存活。因此, 对于裸露坡面冲蚀的控制, 则是利用连续式土堤、控式农塘等设计, 营造植物有利之生育环境为目的, 使能增加植栽之存活率。而在早期对泥岩坡面处理方法之理念上, 大多偏重于直接对裸露的坡面进行工程或植生之处理, 以进行植被重建。近年来, 逐渐采用迂回的方式, 即针对冲蚀而下的淤泥进行处理, 经过连续式土堤的拦阻、过滤, 营造出适合植物之生活环境, 再由植物的入侵生长, 向裸露坡面推进, 达到植被重建、泥砂控制之目的。

(3) 由刺竹生理特性及林地特征之实地观察研究, 显示刺竹林对于泥岩出露面积的扩大、泥沙量的生产与整体的环境生态均有负面影响, 因此刺竹林地的更新或地被植物的重建工作皆有尽速施行的必要。而泥砂灾害频繁一直是泥岩治理最迫切亦是最难解决的问题, 本研究以就地取材的工法, 配合耐掩埋耐旱、耐盐植物材料的导入, 将泥砂移运流路粗糙化, 籍以减缓流速, 达到截留土砂蓄积水分之目的, 使多数泥砂能于规划的地点内发生沉积。

(4) 泥岩分布带恶劣的地质与气候特性, 使施設其上的排水沟、挡土墙、路基等土木结构之毁损率偏高, 有效使用年限亦还低于一般正常标准, 此一问题对泥岩整治工作影响极大。而此种情形可藉由配合适宜植物材料之水分调节、遮蔽或覆盖保护功能并配合适宜之土木结构工程予以改善, 故有必要对植生石笼之可行性进行更深入之研究。

(5) 邻近西南部泥岩分带之都会区年年逢雨成灾, 每年需花费庞大经费进行灾害抢救及河道疏浚, 此种抑止性处理方式无法达到全面保育之功效, 且造成泥岩自然裸露区域扩大之原因十分复杂, 不仅环环相扣并互为因果。因此, 故欲解决此一存在已久且日益恶化之问题, 应施行泥沙源头区域性整体治理, 才能一并解决持续裸露、生态减少与气候失调等问题。

参考文献

- 1 林信辉, 张俊斌 台湾西南部泥岩裸露地区现况调查及其植生复育对策, 第一届海峡两岸山地灾害与环境保护研讨会论文集, 1998, 412~ 417
- 2 O liia, O. G , Reddy, K. R. and Stites, D. L. Influence of Drain on Soil Phosphorus Forms and Distribution in A Constructed Wetland, Ecological Engineering, 1997, 9, 3, 157~ 169

作者简介

张俊斌: 中兴大学水土保持学系博士班研究生。

林信辉: 中兴大学水土保持学系教授兼系主任。