

台湾泥岩集水区整体生态经营策略之研究

张俊斌<sup>1</sup>, 李明儒<sup>2</sup>, 刘大根<sup>3</sup>

(1 台湾中兴大学水土保持学系, 台中 402; 2 台湾澎湖技术学院休闲事业管理系; 3 北京市水土保持工作总站, 北京 100036)

摘要: 台湾泥岩为全省山坡地灾害中最难整治的地区, 素有台湾坡地之癌的恶地称谓。其特征为干旱时坚硬, 热胀冷缩易呈片状剥落, 潮湿时则泥泞滑落, 以致水土灾害频繁。而在裸露坡面, 年平均冲刷深度更高达 7.5 cm, 犹以东南坡向最严重。在生态方面, 由于裸露面积迅速扩大、植被纯林化与栖地破坏, 造成区域生态之失衡, 生物歧异度遽减及微气候异常等。因此, 汇整十几年来各方专家学者之经验与成果, 拟就泥岩地区主要之冲蚀控制、水土保持工程与生态复育、监测方法加以配合, 提出泥岩集水区整体生态经营与治理之相关问题对策。

关键词: 泥岩地区; 集水区; 生态复育

中图分类号: X 171.1 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2002)03-0103-06

Study on Whole Ecological Management of Watershed  
in Taiwan Mudstone Area

ZHANG Jun-bin<sup>1</sup>, LI Ming-ru<sup>2</sup>, LIU Da-gen<sup>3</sup>

(1 Department of Soil and Water Conservation, Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan, China;

2 Department of Leisure Management, Penghu Institute of Technology, Penghu 880, Taiwan, China;

3 Beijing Soil and Water Conservation Center, Beijing 100036, China)

**Abstract:** Due to the difficult control of soil and water conservation, the mudstone area in the Taiwan has always had a bad name “cancer of slope land” to represent its poor environmental condition. For the bare slope, the average erosion depth is above 7.5 cm and data show that Southeastern aspect having the higher soil loss (9.5 cm). The ecological system in this area, ecological unbalance occurred in mudstone areas in Taiwan due to the bare area increase, improper land use, and vegetation one type and habitat disturbance. Therefore, considering the ecological management as a whole, some erosion control of vegetation method and engineering methods were taken and ecological evaluated in mudstone area.

**Key words:** mudstone area; watershed; ecological restoration

1 前言

目前台湾泥岩主要出露于西南部麓山带、东部海岸山脉南端之利害以及恒春半岛等, 而西南部是泥岩分布面积最广之处, 其范围北起嘉义, 南至高雄, 西起台南县六甲、官田、新化、关庙以至高雄冈山, 东缘则自台南县之关子岭、北寮、玉井、南化以至高雄旗山、涵盖面积超过 1 000 km<sup>2</sup>。航照调查资料显示 1967 年裸露面积 2 532.58 hm<sup>2</sup>, 至 1987 年增加成为 3 836.28 hm<sup>2</sup>, 而到 1997 年以 Landsat TM 卫星影像分类判释, 泥岩裸露面积扩大为 11 179.5 hm<sup>2</sup>(周, 1997), 十几年间迅速增加 3 倍之多, 显示泥岩裸露面积扩大有加速恶化之情形, 而 1999 年“9·21”大地震后, 更有大量之泥岩出露于地表。再者, 由于泥岩地质年代轻, 土壤岩石胶结不良, 遇水迅速崩解, 又因受过度压密作用, 当压力消除或受雨水洗淋

时, 由自身减压所造成之裂隙, 常导致雨水向泥岩内部迅速渗入, 使岩质软化, 更易造成土壤侵蚀及崩塌。裸露坡面之年冲蚀深度约 7.5 cm 且以东南向之 9.5 cm 最高, 为本省最易冲蚀之土壤(张等, 1999), 亦造成其地区河川之泥沙含量增高, 其侵蚀模数远高于世界主要河川, 如表 1 所示, 因而使西南部水库(白河、尖山埤、鹿寮溪、曾文、乌山头、盐水埤、虎头埤与阿公店)之淤积率更严重如表 2 所示, 是以, 其所造成之灾害损失亦逐年增大, 所以泥岩地区之相关整治措施就显著相当急切与重要。

在土地利用方面, 西南部泥岩区的土地使用型态除建筑用地外, 大致可分为保安林地、承租地、私人农地及裸露地。其中以保安林地所占的面积最大, 全区早期(1940 年)均以造林为主, 其中以刺竹最多, 约占造林地总面积的 80%, 现今由于其水土保持之负面效应已不再造刺竹林。其它主要树

<sup>1</sup> 收稿日期: 2002-05-01  
作者简介: 张俊斌, 男, 台湾中兴大学水土保持学系博士候选人; 李明儒, 台湾澎湖技术学院休闲事业管理系讲师; 刘大根, 北京市水土保持工作总站工程师。

种为相思树、柚木、铁刀木、银合欢、大叶桃花心木及光腊树等。对裸露地而言,除一些入侵植物,如银合欢、艾纳香、冬青菊、苦蓝盘及牧地狼尾草等优势植物外,木本植物甚少,植被覆盖度小,因此土地使用度甚低。

表 1 世界主要河流与台湾西南部泥岩地区河川年输砂量

流域	面积 / km <sup>2</sup>	年输砂量 / 10 <sup>6</sup> t	侵蚀模数 / ( t · km <sup>-2</sup> )	年平均深度 / mm
二仁溪	350	12	36110	29.74
曾文溪	1176	31	26457	21.82
黄河	752400	16040	24800	1.67
浊水溪	3115	63	20014	17.08
永定河	50800	0.81	19900	1.67
恒河	955000	14.51	15190	1.27
红河	119000	1.30	10920	0.91
长江	1807200	4.78	2800	0.23
密苏里河	1370000	2.18	1590	0.13
尼罗河	2978000	1.11	370	0.03

表 2 台湾地区主要水库淤积率统计

水库名称	淤积率/ %	水库名称	淤积率/ %
西势	14	日月潭	10
石门	15	白河	36
宝山	2	尖山埤	62
大埔	48	鹿寮溪	62
永和山	3	曾文	10
明德	19	乌山头	51
德基	7	盐水埤	68
谷关	58	虎头埤	40
石冈	17	阿公店	40
雾社	29	凤山	10

## 2 泥岩地区环境变迁与植生困难之探讨

台湾西南部泥岩,因其劣化之特殊土质与地区性微气候(旱雨季分明,暴雨集中)互为因果循环作用下,使得水土保持问题丛生。兹分述如下:

### 2.1 泥岩地区之生态变迁

泥岩地区因常年遭受严重地表冲蚀,植生覆盖度低等情形,已逐渐导致区域性微气候异常,使得地表干燥、缺水、火灾频传,亦造成生物歧异度逐渐稀少、植生演替迟缓、生态循环滞等现象。

### 2.2 泥岩地区之微气候

本区位于北回归线之南,年均温为 26℃,最热年均温高达 30℃,为全省之冠,全年气温超过 30℃ 以上的月份或日数亦为全省之冠。雨量集中且旱季长。降雨集中在 5~10 月,尤其夏季 6、7、8 三个月,即占总雨量 80%,而 11 月至翌年 4 月长达半年几为干旱季,雨量不到 20%。植物经过长期反复的干旱现象,初生植物根系受到严重伤害,如图 1 所示。降雨强度大,夏季气温高,蒸发散量大(夏季日蒸发量高达 10 mm),且降雨强度相当大,强烈的雨滴打击坡面,更造成表土严重侵蚀,植物生长基盘不稳定,如图 2 所示。

### 2.3 泥岩土质之基本特性

2.3.1 回胀崩解与坡面崩坏现象 泥岩坡面在回胀、崩解之交互作用下,风化层产生相当多的龟裂,待风化层发展至一定深度时渗水性增加,而水往往沿着裂隙及植物根系渗过

风化层而停留于风化层与新鲜泥岩接口上,造成风化层沿着接口滑动形成平面破坏,导致植生基盘整个崩坏之现象。

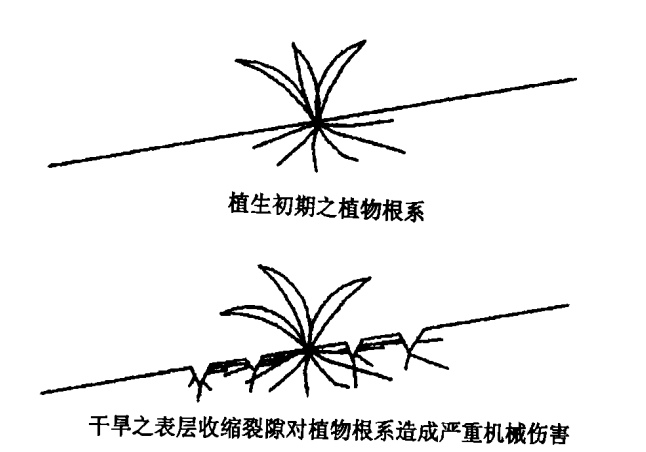


图 1 泥岩坡面植生发育问题

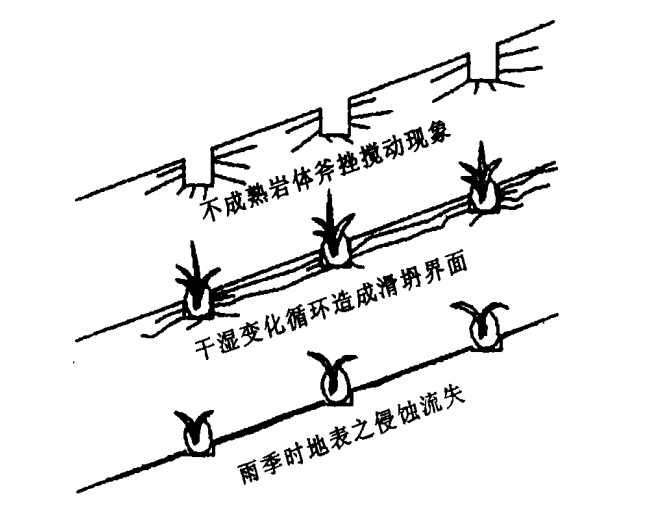


图 2 泥岩坡面冲蚀之植生问题

2.3.2 泥岩 pH 值高,Na 盐含量高 泥岩之 pH 值较高, Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup> 等易以氢氧化物或碳酸盐类存在,致有效性养分含量低,植生不易。再者,由于 Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup> 等易形成沉淀,致 Na<sup>+</sup> 以更优越的活动性聚集黏土片附近,增加了泥岩遇水扩散之能力,而其典型之理化性质如表 3 所示。

2.3.3 坡度陡、硬度高 泥岩裸露坡面其表面持续之冲刷,常呈刃岭状,大多已超越过自然植生复原之界限坡度(35°),如图 3 所示。而其硬度之高(平均 28 mm),更造成根系发展受阻,植物生长困难。

### 2.4 泥岩加速裸露之诱因

台湾西南部泥岩至 1997 年以 Landsat TM 卫星影像分类判释,扩大为 11 179.5 hm<sup>2</sup> 其中以田寮乡裸露面积最大占 27.1%,其次为左镇乡 13.4%,10 年间激增 3 倍之多,近年来中北部亦有泥岩逐渐露出,显示泥岩裸露面积扩大有

加速恶化之情形。其原因不外为:

表 3 泥岩土壤理化性质

成分	田寮	红泉坑
pH	8.52	8.8
E. C. / ( $\mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	1264	792
O. M. / %	0.81	0.5
P / ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	0.49	1.5
K / ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	105	1.43
Na / ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	369	750
Ca / ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	2458	4836
Mg / ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	212	121
Zn / ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	2.3	0.09
Cu / ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	0.8	0.08
Fe / ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	408	2.3
Mn / ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	32.9	1.2
Texture	SiC	SiL
Density / ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	2.2	2.15
Soil moisture / %	5	4
Specific gravity / %	2.7	2.65
Porosity / %	16	17
Solid phase ratio	72	73
Liquid phase ratio / %	9	8
Air phase ratio / %	19	19
Aeolian soil hardness / ( $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ )	15	17
Parent rock hardness / ( $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ )	50	52

p. s. 1: SiC is silty clay, P. S. 2: SiL is silty loam.

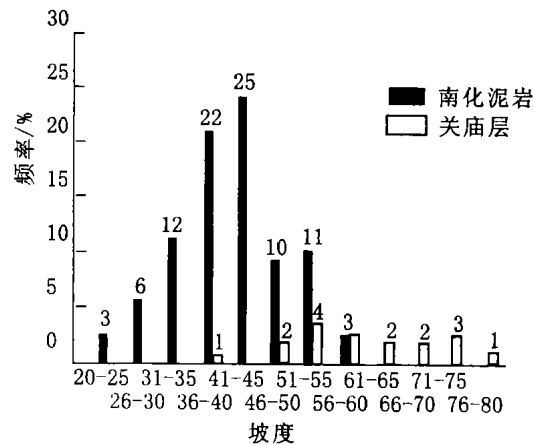


图 3 南化泥岩及关庙层裸露边坡坡度分布图

2.4.1 道路开发造成扰动破坏 山区产业道路之开辟, 挖填大量之土方, 扰动原有之边坡稳定。由于泥岩地质条件恶劣, 部分地区水土保持措施缺乏或执行不易, 致上部覆盖层坍落, 堵塞边沟导致路基受径流侵蚀而破坏, 引发大面积坍方滑动, 更加速泥岩出露, 逢雨成灾, 不但影响道路正常功能, 所引发之冲蚀, 崩坍极为严重。

2.4.2 造林不当与植被纯林化 泥岩地区早期主要造林树种为刺竹, 约占造林面积之 80%, 但刺竹林其高郁闭度及分布于地表的致密根系, 掠夺了其外围所有植物生存之水土资源, 使其林下几乎寸草不生。旱季时因其生理机制的调节作用而大量落叶, 常导致火灾的发生。由于刺竹林下缺乏地被植物及枯枝落叶层的遮蔽保护, 水分容易散失, 其在涵蓄水源, 调节水量, 洪峰延迟等作用上较差。如此单纯林相所产生之问题除水土冲蚀外, 亦造成环境生态平衡的严重破坏, 而

其中又以毒他性银合欢最为严重, 其以惊人的结子量及优异自播性和恶地环境忍受力, 在本区之荒废地、淤积地等均形成强势植群, 使其它植物尤其系原生植物遭到毁灭性淘汰。由现地调查中发现本区域近 1 040 km<sup>2</sup> 土地上, 仅剩南化乡部分山区及内门马头山尚有部份原生林及次生林外, 其它区域大部分为纯林化之入侵植物或造林植物所占据, 此亦凸显了泥岩分布带上生态系的脆弱性, 以及其潜伏之环境生态系危机。

2.4.3 果园经营管理之问题 果园大多位于表土覆盖层较厚之丘陵地, 地势陡。经野外调查发现果园管理问题颇多, 且受农村劳力不足与高龄化影响, 农民对果园管理有份依赖化学药剂现象, 其中尤以除草剂不当使用问题最为严重。

2.4.4 生态环境之污染 泥岩范围内之高雄县内门、旗山、田寮、燕巢等乡镇之缓坡丘陵带, 部分曾受垦殖而造成表土流失。而泥岩出露较严重之区域, 因地面已不适宜种植经济作物, 农民改从事饲养鸡、鸭、猪、羊者, 原耕地任其荒废并作为放牧鸡、鸭、羊之处所, 此种农地利用型态的全面性改变, 对这些区域的环境生态带来了极大冲击。

### 3 泥岩地区之适宜水土保持方法

泥岩地区脚稳定措施多以混凝土挡土墙(硬式)与石笼(软式)为主, 其中又以混凝土挡土墙占多数, 但每逢雨季混凝土挡土墙损毁率相当高, 多数系肇事因于基础受水流掏空或软化沉陷及土体水压宣泄不良所致。由于泥岩坡脚稳定措施系坡面安定与道路畅通之所系, 因此对泥岩地区挡土墙之设置须依其立地特性, 如地质结构、坡面水文条件等而采不同于一般地区之设计对策, 才能发挥其功效。泥岩边坡之整地与应注意事项为(1)坡度应缓于 1:1.5; (2)每 5~7 m 高差应设置阶段平截水沟; (3)坡面阶段平台之宽幅不宜小于 3 m; (4)阶段平台须采内斜且斜度应在 5% 左右; (5)坡面等高方向约 30 m 间距, 应设置一纵向防渗蚀混凝土排水沟。

#### 3.1 泥岩地区主要应用之坡面保育工法

依现场调查及相关资料汇集所得, 主要应用坡面保育工法如下:

表 4 泥岩地区水土保持方法

项目	坡面排水工程	基础安定工程	坡面植生工程	农地水土保持
主要工法	喷浆水泥沟	整坡(坡度与坡面整理) 坡趾稳定工程 蛇笼与箱笼 土堤、土坝 生态石笼	植生袋铺植	挖式农塘 (竖管排水) 蓄水农塘
	坡顶截水沟		肥束网袋铺植	
	阶段排水		植生带(毯)铺植	
配合工法	坡面纵向排水	R. C 混凝土沟 浆砌石沟 草沟 涵管排水 预铸排水沟	铺网喷植	山边沟(配合安全排水) 果园覆盖、敷盖 阶段跌水
			菱形铁框	
			混凝土型框	
			预铸框	
		加劲挡土墙 被覆式挡土墙	草皮喷植	
			打桩编栅	
			草苗栽植	
			林木栽植	

#### 3.2 泥岩地区植生绿化工程

- 施用于泥岩人工整坡之植生工法应具下列之特性:
- (1)施工过程中应尽量减少挖穴, 开条沟等造成坡面搅动之措施。
  - (2)施工后应能立即产生防止表面雨水侵蚀之效能。

(3) 施工后能改善该坡面立地条件,营造稳固之植物生长基盘,防止施工目的种子(或发芽后)受冲蚀流失滑落之现象。

常用之工法为植生带(毯)铺植、肥束网带铺设配合喷轻质植生材料、打铁桩编防蚀网栅植生工法、格梁地锚护坡植生等。

4 泥岩集水区之整体生态复育对策

4.1 冲淤平衡与溪流整治

流经西南部泥岩区之溪流,如正发生河道加速冲蚀时,必须以源头小集水区为整治单元,配合各种植生工法及坡脚稳定工程,修正其坡度,只要减缓坡度,让泥岩表面剥落之土壤停留于坡面,则可恢复植生,再依序而行,自然可将砂源减至最低。在泥岩溪床构筑潜坝或防砂坝如上游泥沙供应量不足,而下游坡度较陡,泥沙供输不平衡的情况,会形成坝基下游加速冲蚀现象。如为保护坝基淘空再于下方构筑潜坝保护,反而会造成愈刷愈深现象并引起两岸崩坍,对沿岸土地非常不利,故构筑连续性潜坝或防砂坝,应先做整体性规划,选择河床坡度平缓之处由下而上逐年做系统性的整治。

4.2 裸露地之分期渐进处理

泥岩地区属特殊敏感之环境区域,经数十年不合理之土地利用,地表所受侵蚀情况极为严重,地形崎岖起伏,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生态绿化植生措施。整治方式可分为泥岩自然裸露坡面整治如图 4 所示,泥岩区整体生态系营造配置如图 5 所示。

4.3 现地自然资材与混合工法之应用

混凝土坝与土坝、土堤之综合运用为最适宜工法,也最具特色;本工法为待防砂坝淤积浮覆宽广之新生地,在其新生地纵向计算排水道实际需要断面在其两侧,以土堤稳定流路,于适当距离,在设施跌水与土堤,待淤满后再层层构筑而上,以控制径流,避免冲击两岸,缩短距离,增加可利用面积,达到纵向控制之目的;至于横向控制,则在排水道两侧,于适当距离,填筑 1 m 左右之土坝,待淤满后再层层构筑而上,则可区分利用新生地,栽植枣子、甘蔗、椰子等经济作物,收获特别多。于接近坡面处则设置林带,以稳定坡脚,排水道土堤及坝身应植草。此种工法最大之优点即是各层土堤间的构筑,系利用淤满后再分年分期完成,可节省土方经费,同时纵向与横向均有效控制,达到以最少经费而达到最佳之成果。而为营造泥岩生态复育工程,应用之植物材料不仅要考虑耐旱耐淹等适生性,亦应导入诱鸟诱蝶植物以吸引各类生物:

(1) 泥岩坡脚淤泥缓冲带植物:苦蓝盘、月桃、提塘菊、田菁、夹竹桃、黄荆。

(2) 泥岩填方坡脚植物:水黄皮、铁刀木、九芎、雀榕、提塘菊、苦蓝盘、马缨丹、相思树、白水木、构树、草海桐。

(3) 坡脚石笼绿化应用植物:垂榕、雀榕、黄槿、刺桐、石栗、木棉。

(4) 坡脚绿带植物:赤桉、垂榕、木棉、雀榕、铁刀木。

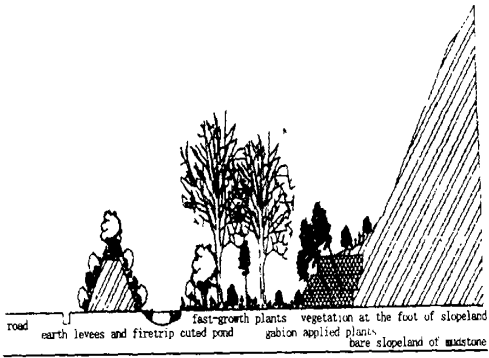


图 4 泥岩自然裸露坡面整治

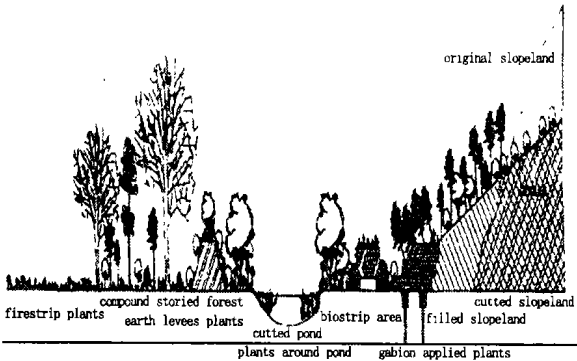


图 5 岩区整体生态系营造配置

(5) 生态永续林植物:

乔灌木: 棱果榕、雀榕、构树等桑科植物、相思树、铁刀木、水黄皮等豆科植物、臭娘子、朴树、乌臼、苦楝、马缨丹、九芎、山芙蓉、龙眼、土芒果、番石榴。地被植物: 百慕达、百喜草、罗兹草、赛乌豆、蜆蜆菊。

(6) 土堤植物: 百喜草、蜆蜆菊、百慕达草、白茅、长穗木、山芙蓉、月桃、马缨丹、日本女贞、悬钩子、春不老、七里香。

(7) 农塘周边植物: 水岸交界处为莎草、芦苇、水柳、水同木、黄槿、茄。土堤周边: 春不老、桑槿、棱果榕、构树、铁刀木、马兜铃、雀榕。

4.4 土地利用型态之管制与限制

台湾西南部的泥岩地区土地利用方式,依据地形的位置,主要可分为两种:一种是陡坡上的土地利用方式,主要是以竹林与杂木林为主;另一种主要是以冲积平原上为主,主要是以果园、蔗田为主。基本上就土地利用角度而言,如此的土地利用并不影响边坡的水土保持功能,主要是由于边坡一经裸露,就极难回复原有植生覆盖良好的状况,造成表土冲蚀严重,且不断造成裸露面积的扩大。另外,部分曾受垦殖而造成表土流失与泥岩出露严重之区域,因地面已不适宜种植作物,农民改从事饲养鸡、鸭、猪、羊,其中羊只放牧地区,植

物茎叶经羊啃食后, 多数即无法存活, 造成本区广大荒废地, 植物相稀疏单调, 且鸡、鸭、猪及鱼的圈养处, 除将原丰富的生态系破坏外, 鸡、鸭、猪的排泄物更严重污染河溪, 对环境生态带来了极大冲击。

4.5 生态环境规划与监测

利用卫星影像, 以红光及红外光波段来计算植生复育前后之植生指数变化, 而了解复育之植物成长及健康状况, 另一方面, 则以监督性分类方法判释出地面之土地覆盖利用类别, 了解并比较复育前后之崩塌地及植被之空间分布状况, 并计算地景生态指针, 来解释生态变异。此外, 比较复育前后与各类地景之间的关系, 以分析研究泥岩地区内地景结构的变化及了解地景生态意义。再者, 进一步地结合植生指针及现地调查之各项环境因子作综合性之探讨, 以评估植生复育前后之生态效益。其流程如图 6 所示。

5 结 语

泥岩地之自然环境与其植生或工程处理方法, 对植生分布、演替与其生态系有密切的关系, 此可直接反应于地理时空位置上及整体生态指数上。因此, 泥岩集水区整体生态整治结合地景生态之规划评估, 可应用于泥岩地之不同处理方式对该区生态或植物群落位置所造成之影响。本研究针对台湾西南部泥岩地区, 提出整体生态整治与水土保持植生工程等配套方法, 期能提供未来从事生态规划等之土地利用管理

及空间决策时, 所需之参考依据。

(1) 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, 营造植物有利之水土生育环境为目的, 俾能增加栽植之存活率。

(2) 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, 泥沙控制之目的。

(3) 邻近西南部泥岩分布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, 故欲解决此一存在已久且日益恶化之问题, 应提列大型整体性集水区全面整治计划, 才能一并解决持续裸露、生态减少、气候失调等问题。

(4) 由实地调查及资料收集整理过程中发现, 泥岩裸露区之问题牵涉广泛而且复杂, 另外泥岩分布区之地目与土地权属之管理机关众多, 致使过去泥岩治理工作推展成效受限, 未来整治工作有赖于各机构能充分沟通, 协调合作方能使此一关乎数百万民众生命财产安全之恶地治理工作顺利施行。

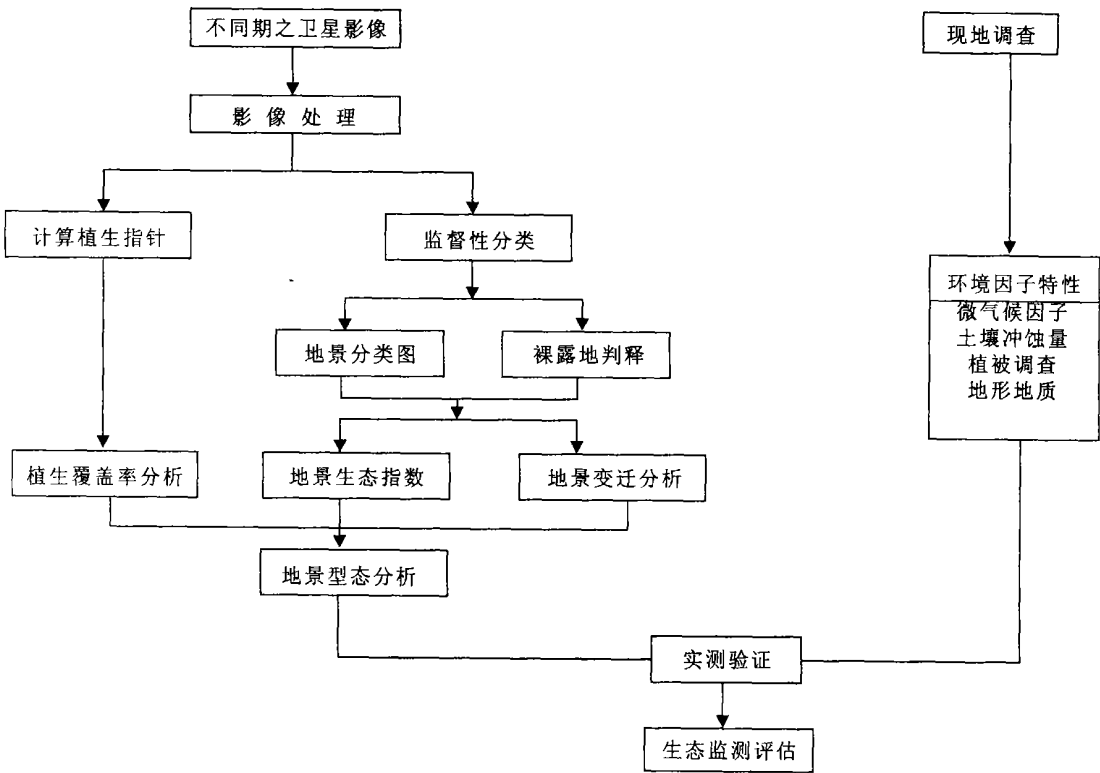


图 6 生态规划评估流程图

(5) 近 20 余年来泥岩治理大体以土木工程设施为主, 部分地区常有土木施行之处(如道路设施), 反而扩大恶化之情形, 因此有效而永续生态之泥岩整治措施应以植生复育配合

土木工事之集水区整治为主。

(6) 泥岩系一为各方认定之特殊地质, 近年来随着灾情的持续扩大更有"地癌"之封号, 其地质与环境条件特性迥异

于一般地质状况由此可见,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。

(7) 泥岩裸露区中有多种已驯化之外来入侵植物,如银合欢、藤菊、牧地狼尾草、天竺草等,具强势入侵及排他性机制,严重侵害本土植物生存空间,其中牧地狼尾草及天竺草群落每于旱季即全株枯干,成为本区域火灾频仍之原因之一,因此未来能否有效控制这些植物入侵与扩散,系生态修复工作成败之主要因素。

(8) 泥岩分布区之早期主要造林树种,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,有必要导入复层植被生态林相之方法,及具有C3与CAM型转换机制以适应泥岩恶劣天候与土壤环境之冬青菊、苦蓝盘适生植物,逐步实施林相更新,方能根本解决泥岩地区衍生之水土保持环境之问题。

(9) 卫星影像之分辨率有日益提升之进步,是以未来可利用高分辨率的卫星影像或多光谱航空摄影来分析大面泥岩地之土地变迁,植群分布及其空间之结构,并以生态指针加以评估其生态效益,亦可建立多次不同时期之泥岩地或其不同植群变迁之数字化资料,并加入不同处理工法之生态变迁以及植群之生长量、生物量、土地利用及土壤冲蚀等之相关性,将可更完整了解区域泥岩地或大面积之生态系统。

#### 参考文献:

- [1] “环境绿化协会”. 1997年水土保持、植生绿美化—西南部泥岩绿化整治规划(期末报告)[R]. “台湾省政府农林厅水土保持局”, 1997, 1—99.
- [2] “环境绿化协会”. 1998年水土保持、植生绿美化—西南部泥岩地区绿美化示范及规划(期末报告)[R]. “台湾省政府农林厅水土保持局”, 1998, 86.
- [3] 李 . 泥岩植生保育的成功一例—土堤植生环境绿化[Z]. 1994, 21: 39—41.
- [4] 李德河, 纪云曜, 田坤国. 泥岩之基本特性及泥岩边坡之保护措施[J]. 地工技术, 1994, 48, 25—47.
- [5] 周天颖. 泥岩裸露地监测调查及数据库建置[R]. “台湾省政府农林厅水土保持局”, 54.
- [6] 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[A]. 第一届海峡两岸山地灾害与环境保育研讨会论文集[C]. 1998, 412—417.
- [7] 林信辉, 张俊斌. 气候变迁对泥岩地区主要造林树种耗水量之影响[J]. “中华水土保持学报”, 2000, 31(3): 171—181.
- [8] 林信辉, 高齐治. 西南部泥岩地区刺竹根力特性之研究[J]. “中华水土保持学报”1999, 30(1): 1—12.
- [9] 林信辉, 郭张权. 泥岩挖方坡面植生工法之土壤保育功效探讨[J]. “中华水土保持学报”30(1): 187—205.
- [10] 林信辉, 张俊斌. 泥岩地区植被建立与生态修复工法之设计[A]. 第八届大地工程学术研讨会, 屏东: 1999年8月18—20日.
- [11] 林务局农林航空测所. 台湾省西南部泥岩(青灰岩)裸露地面积航测调查[R]. 1998, 59: 1—17.
- [12] 邱创益, 叶庆龙. 泥岩裸露边坡植生复旧之研究[A]. 泥岩边坡工程研讨会论文集[C]. 1994, 101—125.
- [13] “经济部水资会”. 台湾地区蓄水设施水量营运统计分析[K], 1991.
- [14] 陈时祖. 台湾西南部地区泥岩坡地冲蚀特性之研究(一)[R]. “行政院国家科学委员会”防灾科技报告. 1984, 73—70号 2—3.
- [15] 蔡光荣. 西南部泥岩地区之灾害特性与植生保育[Z]. “环境绿化协会”, 1994, 21, 2—26.
- [16] 钱宁, 万兆惠. 泥砂运动力学[M]. 科学出版社, 1983, 2.
- [17] 董金进. 早期阿公店水库集水区水土保持之回顾[J]. 环境绿化, 1994, 27—30.
- [18] 张文章. 泥岩地区蚀沟控制土袋坝之应用[J]. 环境绿化, 1994, 21: 48—53.
- [19] 张俊斌, 林信辉. 台湾西南泥岩刺竹林更新与泥砂控制工法[J]. 水土保持研究, 1999, 6(3): 88—99.
- [20] 张俊斌, 林信辉. 台湾西南泥岩刺竹林更新与泥砂控制工法[J]. 水土保持研究, 1999, 6(3): 88—99.
- [21] Oliia, O G, Reddy, K R, Stites, D L. Influence of drain on soil phosphorus forms and distribution in a constructed wetland[J]. Ecological Engineering, 1997, (3): 157—169.
- [22] Shin-Hwei Lin, Chun-Pin Chang. Environment problems and revegetation methods on the mudstone area in south-western taiwan[A]. Proceedings of The First Asia-Pacific Conference On Ground and Water Bioengineering for Erosion Control and Slope Stabilization[C]. 1999, 223—231.