

國立東華大學自然資源與環境學系

碩士論文

指導教授：張惠珠 博士

亞泥新城山礦場陡坡植生包復育工法
及其植被之研究

*The study of vegetation bag method and its vegetation restoration on final
slope in Asia Cement Corporation Shin-Chen Shan Quarry*



研究生：張詠智 撰

中華民國一〇〇年七月

國立東華大學
學位論文授權書

※說明※

本授權書請撰寫並簽名後，裝訂於紙本論文書名頁之次頁。

本授權書所授權之論文為立書人在國立東華大學自然資源與環境學系 _____ 系所
_____ 組 99 學年度第 2 學期取得 碩 士學位之論文。

論文名稱：亞泥新城山礦場陡坡植生包復育工法及其植被之研究

指導教授姓名：張惠珠 博士

學生姓名：張政智

學號：9608005

授權事項：

一、立書人具有著作財產權之上列論文全文資料，基於資源共享理念、回饋社會與學術研究之目的，非專屬、無償授權國立東華大學及國家圖書館，得不限地域、時間與次數，以微縮、光碟或數位化等各種方式重製散布、發行或上載網路，提供讀者非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

二、上述數位化公開方式如下：(若未勾選下表，立書人同意視同授權校內、外立即公開。)

| 校 內 | 校 外 | 說 明 |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> 立即公開 <input type="checkbox"/> 於 1 年後公開 <input type="checkbox"/> 於 3 年後公開 | <input type="checkbox"/> 立即公開 <input type="checkbox"/> 於 1 年後公開 <input type="checkbox"/> 於 3 年後公開 | 未立即公開原因： <input type="checkbox"/> 申請專利(案號：) <input type="checkbox"/> 因隱私權需要(請指導教授附函說明特殊原因) |

三、授權內容均無須訂立讓與及授權契約書，授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。

| | | | |
|---------------------------------------|---|----|---------------------|
| 具有本論文 著作財產權 人共同簽名 (親筆正楷) |  | 日期 | 中華民國 100 年 7 月 25 日 |
|---------------------------------------|---|----|---------------------|

學位考試委員會審定書

國立東華大學 自然資源與環境學系
研究生 張詠智 君所提之論文

亞泥新城山礦場陡坡植生包復育工法及其植被之研究
(題目) The study of vegetation bag method and its vegetation
restoration in final slope in Asia
Cement Corporation Hsin-Chen Shan Quarry

經本委員會審查並舉行口試，認為
符合碩士學位標準。

| | | |
|-------------|------------|----|
| 學位考試委員會召集人 | <u>徐國士</u> | 簽章 |
| 委員 | <u>黃瑞祥</u> | 簽章 |
| 委員 | <u>張惠珠</u> | 簽章 |
| 委員 | | 簽章 |
| 指導教授 | <u>張惠珠</u> | 簽章 |
| 系主任 (所長) | <u>劉榮三</u> | 簽章 |

中華民國 100 年 6 月 28 日

謝 誌

在離校 20 餘年後，以逾不惑之齡進入研究所就讀，再次重拾書本體驗讀書的樂趣與壓力，在這四年期間與所上老師們、同學、學長姊、學弟妹一起學習的時光及同學們的青春活力還有熱情，讓我心境上感覺年輕許多，這些都是我在研究所生涯中最美好的體驗。

本文能趕在這學期完成，需要感謝的人很多。首先要感謝我的指導教授張惠珠博士，她給我鼓勵也給我壓力，所以能在一次又一次的討論中，加緊論文的進度，使本文得以完成，這份宏恩銘記在心。本文的完成還要感謝口委黃瑞祥博士及徐國士博士，給我諸多重要且寶貴的意見，經修正補充，使論文內容更加充實。

在課堂上，要感謝懿如老師、光中老師、成華老師給我撰寫論文的寶貴意見，使我在進行研究及寫作上更加進步。也要感謝國書、志銘、世昌、瑞君等同學對我的關照與鼓勵，偉宇、宏昌、偉誠等學弟在研究所學習期間，提供諸多協助。

既要工作又要兼顧讀書的我，總有不便之處，感謝公司長官張廠長、何首席副廠長、胡主任的體諒，在時間上不影響工作情況之下，給予我方便請假。同事們游副主任、王股長、建宏等，在論文寫作上提供意見及經驗，還有感謝常年的工作夥伴周明佼先生，他創新的植生包工法構想，並負責施工，提供本論文很好的研究素材及楊文益先生等人協助植被調查。最後，最要感謝的人是愛妻犧牲小我，照料剛出世的小女愷玲及家庭，使我感到欣慰，有她在背後默默的支持，更讓我有充裕的時間做研究。是攻讀學位，也是在職進修，酸甜苦辣盡在其中。

俗語說：「把吃苦當做吃補」，最後終能獲得甜蜜的補償。除了有研究上的獲益外，也讓我領略到一件事，就是凡事要勇於接受挑戰，只要能堅持到底，到最後就有機會成功，與在奮鬥中的學弟妹們共勉。謹以這份研究成果獻給大家，並願大家分享我的喜悅。

詠智 謹誌 2011 年 7 月

摘要

本研究地點位於花蓮縣亞洲水泥公司新城山礦場之東北方坡面，海拔高度介於 427-305 公尺。為縮短景觀復舊時效，2006 年亞泥綠化小組研發陡坡植生包復育工法進行裸露面之植被復育。為瞭解植生包復育工法之復育成效，分別選取施工後三個月、六個月、一年及三年坡面進行樣區調查。

結果在三個月之樣區有木本植物 13 種，草本植物 60 種，總覆蓋度達 75.5%；在六個月之樣區有木本植物 11 種，草本植物 36 種，總覆蓋度達 104.6%；一年之樣區有木本植物 8 種，草本植物為 26 種，IVI 值以構樹最高，青芋麻次之。總覆蓋度達 135%；三年之樣區有木本植物 12 種，草本植物為 21 種，IVI 值以山黃麻最高，構樹次之，總覆蓋度達 143%。

本工法在施工後三個月植被已具景觀美質成效，六個月後植被覆蓋度已達 100%，施工一年後，植被外觀不僅覆蓋度超過 100%，平均樹高可達 2.12 公尺，且植群成為以構樹、青芋麻、山黃麻等先驅樹種為主的次生林，施工三年後，植被外觀不僅覆蓋度超過 100%，平均樹高可達 2.48 公尺，植群以山黃麻等優勢先驅樹種為主之次生林並達複層林，且本工法植被組成物種與表土來源之天然林植被物種多相同。

本工法與慣行之殘留壁平台植生槽工法比較，以施工 1 年後之成本效益分析如下：本工法成本較貴，單價 1200 元/ m²，以金錢換取時間；就植被組成而言，喬木類以山黃麻、構樹、血桐為主，植被已完全覆蓋裸地。殘留壁平台植生槽工法，價格便宜，單價 388 元/ m²，以時間換取成效；植被組成以血桐、九芎、山黃麻為主；植被覆蓋面呈帶狀，岩壁遮蔽略見成效。兩種工法施工 1 年後之植被組成皆為次生林。總體而言，二者效益各有利弊，可供同業參考。

關鍵詞：植生包、礦場、植被復育

Abstract

The study site locates in Asia Cement Corporation Sin-Chen Shan Quarry northeast final limited slope, altitude between 427-330m. To shorten the landscape restoration and time need, Asia Cement Greening team developed the vegetation bag method on quarried out wall for restoration in 2006. The purpose of this study is to investigate the effectiveness of the vegetation restoration from the sampling slots for the period of 3-months, 6-months, 1-year and 3-years.

The results were that 13 species of woody plants and 60 species of herbs, with a total coverage of 75% in 3 months plots; 11 species of woody plants, 36 species of herbs, with a total coverage 104% in 6 months plots; 8 species of woody plants, average trees height 2.12 m, 135% coverage, and 26 species herbaceous in 1-year plots; 12species of woody plants, average trees height 2.48 m, 143% coverage, and 21 species herbaceous in 3-years plots. Although the number of species seems to be decreased, the vegetation became a secondary forest.

The vegetation bag method made a green landscape in 3 months plots. The vegetation reached a total coverage over 100% in 6 months plots. A year later, landscape or coverage was satisfied. The dominant tree species were *Broussonetia papyrifera*、*Boehmeria frutescens* and *Trema orientalis*, and the vegetation became a young secondary forest. Three years later,the most dominant tree species is *Trema orientalis*, and vegetation became a three-layered secondary forest.

Finally,from 1-year plots of both the vegetation bag method and the rock wall platform vegetation method were compared, to understand the effectiveness of vegetation restoration. The former cost are expensive, prices are 1200 dollars/m² , the later price are cheaper, 388 dollars/m²,however, the former save time ; both have similar dominant species,which are shade- intolerant pioneer species of secondary forest. .

Key word: vegetation bag 、quarry 、vegetation restoration

目錄

| | |
|---------------------|-----|
| 謝誌 | I |
| 摘要 | II |
| Abstract | III |
| 目錄 | IV |
| 表目錄 | VI |
| 圖目錄 | VII |
| 第一章 緒論 | 1 |
| 第一節 研究動機 | 1 |
| 第二節 研究目的和問題 | 3 |
| 一、目的 | 3 |
| 二、問題 | 3 |
| 第三節 名詞釋義 | 3 |
| 一、陡坡 steep slope | 3 |
| 二、植生包 vegetaion bag | 4 |
| 三、植生 vegetaion. | 4 |
| 四、復育 restoration. | 4 |
| 第二章 文獻探討 | 7 |
| 第一節 植生復育的理論基礎 | 7 |
| 一、植生 | 7 |
| 二、復育的定義 | 8 |
| 三、植生復育 | 10 |
| 第二節 植生復育實例 | 15 |
| 一、植生復育方法 | 15 |
| 二、植生復育案例 | 15 |
| 第三節 礦區整復的資源再造與利用 | 18 |
| 一、國外案例 | 18 |
| 二、國內案例 | 20 |
| 第四節 亞泥植生復育介紹 | 21 |
| 一、植生工法 | 21 |
| 二、亞泥礦區歷年進行植生復育相關研究 | 30 |
| 第三章 研究方法 | 33 |
| 第一節 研究基地概述 | 33 |
| 一、氣候 | 34 |
| 二、地形地質 | 35 |

| | |
|---|-----------|
| 第二節 研究流程及架構 | 36 |
| 第三節 研究方法 | 38 |
| 一、陡坡植生包復育工法 | 38 |
| 二、植被調查方法 | 41 |
| 三、陡坡植生包復育工法與慣行殘留壁平台植生槽工法之比較 | 42 |
| 第四章 研究結果 | 43 |
| 第一節 陡坡植生包復育工法技術的檢討 | 43 |
| 第二節 陡坡植生包復育工法實施後 3 個月、6 個月、1 年及 3 年之植被 | 44 |
| 一、3 個月樣區 | 44 |
| 二、6 個月樣區 | 45 |
| 三、1 年樣區 | 47 |
| 四、3 年樣區 | 49 |
| 五、植生包復育工法施工後三個月、六個月、一年及三年之植被比較 .. | 52 |
| 第三節 殘留壁平台植生槽工法與陡坡植生包復育工法之比較 | 54 |
| 第五章 結論與建議 | 57 |
| 第一節 結論 | 57 |
| 一、陡坡植生包植生復育工法 | 57 |
| 二、陡坡植生包復育工法植被 | 57 |
| 三、礦區整復的資源再造與利用 | 58 |
| 第二節 建議 | 58 |
| 一、植被復育監測 | 58 |
| 二、後續研究 | 58 |
| 參考文獻 | 61 |
| 一、中文部分 | 61 |
| 二、英文部分 | 63 |
| 三、網路部分 | 64 |
| 附錄 | 65 |
| 附錄一 捲揚機吊掛植生包作業 | 65 |
| 附錄二 三個月樣區植物名錄 | 68 |
| 附錄三 六個月樣區植物名錄 | 74 |
| 附錄四 一年樣區植物名錄 | 79 |
| 附錄五 三年樣區植物名錄 | 83 |

表目錄

| | | |
|-------|--|----|
| 表 2-1 | 國外礦區整復的資源再利用案例彙整表 | 18 |
| 表 2-2 | 國內礦區整復的資源再利用案例彙整表 | 20 |
| 表 2-3 | 礦區植生工法比較表 | 30 |
| 表 3-1 | 花蓮富世氣象站 2004 年 6 月-2009 年 7 月氣溫及降雨量統計資料表.... | 34 |
| 表 4-1 | 陡坡植生包復育工法優、缺點分析表 | 43 |
| 表 4-2 | 3 個月樣區植物覆蓋度表..... | 45 |
| 表 4-3 | 6 個月樣區植物相對覆蓋度表..... | 46 |
| 表 4-4 | 1 年樣區木本植物各項介量表..... | 48 |
| 表 4-5 | 3 年樣區木本植物各項介量表..... | 51 |
| 表 4-6 | 陡坡植生包復育工法植被 3 個月、6 個月、1 年及 3 年之比較表 | 53 |
| 表 4-7 | 殘留壁平台植生槽工法與陡坡植生包復育工法一年成效分析表 | 54 |

圖目錄

| | |
|----------------------------------|----|
| 圖 2-1. 客土槽內種植木本耐旱之樹種羊蹄甲、樟樹 | 22 |
| 圖 2-2. 羊蹄甲生長最佳 | 22 |
| 圖 2-3. 邊坡壁腳腹地植生工法爬牆虎生長迅速 | 23 |
| 圖 2-4. 客土槽內種植台灣蘆竹及爬牆虎生長情形 | 23 |
| 圖 2-5. 懸臂樑植生槽工法施工情形 | 24 |
| 圖 2-6. 客土植生後 10 年之綠化情形 | 24 |
| 圖 2-7. 噴漿工法施工情形 | 25 |
| 圖 2-8. 噴植後百慕達草成長情形 | 25 |
| 圖 2-9. 陡坡上編柵 | 26 |
| 圖 2-10. 拌合田菁種子 | 26 |
| 圖 2-11. 編柵客土植生 3 個月後成果 | 26 |
| 圖 2-12. 裸露邊坡進行丈量 | 27 |
| 圖 2-13. 噴漿工法施工情形 | 27 |
| 圖 2-14. 植物成長情形 | 27 |
| 圖 2-15. 沿階外緣挖掘客土槽並且放置客土 | 28 |
| 圖 2-16. 岩壁孔穴植密花芋麻、五節芒、賽芻豆等 | 28 |
| 圖 2-17. 最終殘留階段客土植生圖 | 29 |
| 圖 2-18. 最終殘留階段客土植生成果 | 29 |
| 圖 2-19. 階段平台上有眼鏡蛇棲息 | 29 |
| 圖 2-20. 階段植生平台上之山豬窩 | 29 |
| 圖 3-1 亞泥礦場位置圖 | 33 |
| 圖 3-2. 富世氣象站氣候圖 | 34 |
| 圖 3-3. 研究流程圖 | 36 |
| 圖 3-4. 植生包 | 38 |
| 圖 3-5. 亞泥礦場陡坡植生包復育工法流程圖 | 40 |
| 圖 3-6. 殘壁植生包復育工法側面示意圖 | 41 |
| 圖 4-1. 3 個月樣區植被生長情形 | 45 |
| 圖 4-2. 6 個月樣區植被生長情形 | 47 |
| 圖 4-3. 1 年樣區木本植物成長平均高度 | 48 |
| 圖 4-4. 1 年樣區植被生長情形 | 49 |
| 圖 4-5. 3 年樣區木本植物成長平均高度 | 51 |
| 圖 4-6. 3 年樣區植被生長情形 | 52 |
| 圖 4-7. 殘留壁平台植生槽工法與植生包復育工法之實際成效對照 | 55 |

第一章 緒論

本研究旨在探討亞泥礦區裸露陡坡的植生工法與植被復育成效。在本章中，首先敘述研究動機與目的、研究問題，其次再針對本研究所使用到的重要名詞加以定義，以利討論。

第一節 研究動機

亞泥花蓮廠新城山礦場位在立霧溪出海口的南岸，面積約 441 公頃，礦場區外緊鄰太魯閣，太魯閣國家公園是國際級觀光景點，由國家公園舉辦大型休閒活動之效益評估—以太魯閣國家公園國際馬拉松及峽谷音樂節為例統計數據顯示每年由蘇花公路與中橫公路到此觀光人潮達 1,200,000 人次（黃文卿，2005），礦場局部裸露殘壁影響景觀，因而使亞泥礦區植被復育更顯迫切。

過去採礦注重水土保持，以做好礦區防災工作，而植生綠化為水土保持工作的一環，隨著時代的進步，台灣的礦區復育工作已逐漸重視生態觀點（許玲玉，2002），提升為景觀復原、維護自然生態復育功能及內涵等。

台灣自 1980 年代即開始有對採礦跡地植被復育的相關研究，在林信輝

（1993，1994）一系列的研究中指出石灰岩採掘跡地植生復育中常使用的樹種為密花苧麻、山芙蓉、羅氏鹽膚木、台灣赤楊等陽性樹種；邱創益（2003）對採掘跡地（含最終殘壁）的生態綠化技術研究指出，陡峭岩壁的綠化建議種植三裂葉蟛蜞菊、台灣葛藤、五節芒、台灣蘆竹等植材，在植生工法方面建議採用穴狀直播配合種子點播法或鋪網客土噴植法等。此外，在國內外停採礦區經過地景資源復育而再造成成功的案例不少，如國外奧地利薩爾斯堡的地下鹽洞、美國西部的鬼城、加拿大溫哥華的布查花園，英國的風景湖、國內有瑞芳金瓜石、高雄半屏山等，此等礦區資源整復再造與利用的案例，值得參考。

亞泥一向注重環保及水保，為做好礦區植生綠化及邊坡穩固，早期曾委託中興大學水土保持系林信輝(1980)在新城山礦區進行水土保持植生試驗，試驗結果以九芎、相思樹、爬牆虎等存活率最佳，又本礦區自 1988 年起一直採用殘留壁平台植生槽工法，然而，在樹種選擇方面為考慮適地性及多樣性，故委託中華民國工程環境學會陳玉峰（1991）進行礦區採掘跡之生態綠化研究，其研究結果建議以潛在植被與自然演替理論為基礎（Miyawaki, 2004），選擇適合當地的原生樹種育苗，以混植方式出栽苗木進行採掘跡地綠化，經過 10 餘年後，為瞭解其復育成效，李佩怡（2007）對亞泥採掘跡植被復育進行研究，研究結果指出出栽 1 年後，植被呈現以陽性樹種血桐、九芎、山黃麻為主的幼木狀，株高 2~3m，灌木及地被植物平均覆蓋度約為 70%，出栽五年後，樹已成林，樹高 4~8 m，以銀合歡、相思樹為優勢樹種，出栽 10 年後，樹高 6~10 米，高度夠且樹冠相連，已具遮蔽殘壁的效果，唯優勢樹種並非原來預期的演替後期的潛在樹種（張惠珠、張成華、李光中，2008）。

近年礦場因開採區東側 L5-427 段（註一）以下產生之裸露岩壁，為大眾在北迴鐵路及蘇花公路目視所及，裸露面顯著，為加速植生綠化成效，使裸露面快速綠化，因此綠化小組自行研發新工法名為「陡坡植生包復育工法」，針對裸露之岩壁進行綠化，經試驗效果良好，故繼續擴大範圍，至 2011 年春季已進行至 L5-305 段。

陡坡植生包復育工法是一種可以收到立竿見影的新工法，本研究藉由植生包復育工法，描述植生包復育工法技術及探究植生包復育工法之成效，包括(1)植被物種多樣性及綠化效果。(2)成本效益分析(與慣行之殘留壁平台植生槽工法比較)。以供大家參考。

註一、L5-427 段、L5-305 段係分別指新城山採礦場東側區域編號之 L5 階段平台，平台海拔高度 427 m、305 m。

第二節 研究目的和問題

本研究旨在探討亞泥新城山礦場透過陡坡植生包復育工法對陡坡植生復育之成效，將具體的研究目的與問題敘述如下：

一、目的

岩壁陡坡植生包復育工法是一種可以收到立竿見影的新工法，然對此工法缺乏相關研究，因此本論文除描述植生工法外，擬藉由實地調查礦區採掘殘壁之陡坡植生包復育工法施工三個月、六個月、一年後及三年後的植被概況，植被組成、結構及演替情形，並將亞泥陡坡植生包復育工法與採掘殘留平台植生槽工法比較，探討礦區陡坡植被復育相關技術、理論和成效。

二、問題

本研究擬探討下列問題：

透過植被調查以了解陡坡植生包復育工法之植被復育成效：

- (一)、植被復育三個月、六個月、一年後及三年後植被物種多樣性為何？
- (二)、植被復育三個月、六個月、一年後及三年後的成效為何？
- (三)、與殘留壁階段平台植生槽工法比較，成本、植被物種多樣性、植群結構及植被覆蓋為何？

第三節 名詞釋義

一、陡坡 steep slope

本文所稱之陡坡為依水土保持技術規範將礦場殘留階段訂為高 10 m，寬 4 m，殘留跡仰角 53° ，上邊坡仰角 70° 至 75° ，亞泥在礦場採取平整炸法(Smooth wall blasting) (註二) 所產生之陡坡，為了使壁面平整、穩健、不受過裂損傷，可以防止殘壁崩落，以求陡坡永久性、穩定性之穩固。

註二、平整炸法係指預先在預裂孔中置炸藥，引爆後沿預裂孔爆破形成 1-2cm 寬之預裂縫，使後續主爆孔爆破時，在爆破範圍外之岩石因受預裂縫保護而平整。

二、植生包 vegetaion bag

本文所指植生包，係為一個由塑膠線編織成的網袋(60 cm×50 cm，每袋裝土重量約 27-30 kg，網袋有 0.5 cm寬的網目)內裝土壤來自礦區附近或礦區開採前之表土，因內含植物種子，故稱植生包，植生包透水，但土壤不會流失，草木種子可由網目萌芽長出，且可往下扎根。

三、植生 vegetaion

「vegetation」有植生、植被等譯名，均係日文譯名，乃指植物群落，並當作植物社會進行研究(劉崇瑞、蘇鴻傑，1983)。本文中在討論復育時稱植生；在討論植物生態時者則稱植被。

四、復育 restoration

復育(Restoration)已被用作一個概括性的術語，包含整復(Reclamation)、修復(Rehabilitation)、復植(Revegetation)和重建(Reconstruction)等含意。本研究將強調主體(生態系統)的一種狀態，其實現方式包括自然恢復與人為恢復且包含整復、修復、再植和重建等含意，詳見第二章。

(一)、整復(Reclamation)

指在嚴重破壞或是難以恢復的地區，例如：採礦地區，主要的目的包括穩定地勢、地區的恢復，使基地適合當地之狀況及結構，對於生態恢復到近似破壞前的水平。

(二)、修復(Rehabilitation)

指按照土地破壞的情況和事先的規劃和利用計畫，逐漸恢復或建立一種持續穩定並與周圍環境和人為景觀價值相協調的相對永久用途。

(三)、復植(Revegetation)

為在曾經有過植被的立地上重新建立植被或恢復原有的植被覆蓋。

(四) 重建 (Reconstruction)

「重建」是指在不可能或不需要再現生態系統原貌的情形下，營造一個不完全雷同於過去，甚至是全新的生態系統。

第二章 文獻探討

台灣是個多山海島，有豐富的植被景觀及礦產資源，適合礦業開發，採礦工作除了需要優良的開採技術，同時也要對開採過後進行必要的措施，如做好水土保持防災及自然景觀生態維護，本章分以下三節，第一節探討植生復育的定義與理論，第二節探討植生復育的工法實例，第三節探討礦區整復的資源再造與利用。

第一節 植生復育的理論基礎

一、植生

植生 vegetation 又譯為植被，是地球表面所覆蓋的植物的總稱，(劉和義，1997)。指地表面所生長之高等植物包括草類、蕨類、灌木及喬木等。植物生態學者劉棠瑞、蘇鴻傑(1983)在「森林植物生態學」一書中，「vegetation」有植生、植被等譯名，均係日文譯名，乃指植物群落，並當作植物社會進行研究。為方便進行相關探討及書寫閱讀，在討論復育時稱植生；在討論植物生態時者則稱植被。

在探討植生復育時潛在植被最重要，有關潛在植被的探討中應先定義潛在植被。所謂潛在植被係指某一個地點如果仍保有充足的種源並加以適當的保護，植物社會將隨著時間的腳步逐漸演變，經過數十年或數百年，最後達到成熟森林的階段，如此所形成的植物社會，稱為潛在植被(郭城孟，1992)。中國學者達良俊、許東新(2003)也認為潛在自然植被是人類活動的影響干擾被停止後，在地區的氣候、土壤和地形等環境條件影響下，所能發展形成起來的自然植被類型。宮脇博士對潛在植被(Potential vegetation)定義為在一個特定地區若不再有任何的外力干擾，其最終所自然形成的植物社會就是潛在植被(引自賴明洲，2006)。

二、復育的定義

有關復育的定義，國際生態復育學會The Society for Ecological Restoration international以下簡稱SER。SER（2004）將「Restoration」定義為修復人為破壞的一個歷程(Process)，藉以達到原有生態系多樣性(diversity)和動態性(dynamics)。此定義的尺度較為寬廣，較具實際之效用。但是回顧國內外文獻，復育的定義有一些類似的相關術語，如Reclamation、Rehabilitation、Revegetation、Reconstruction等字彙，都具有與復育部份相同或類似的意義，中文名稱更常混淆不清，因此必須藉此一一釐清。

（一）、Restoration 復育

SER認為生態復育是幫助生態整體(Ecological Integrity)恢復和管理的過程；生態整體包括生物多樣性、生態過程和結構、區域和歷史的環境、以及永續的耕作實踐等的臨界變異範圍(Jackson et al, 1995)。中國學者白中科、趙景陸、朱蔭湄(1999)及張厚華、傅德志、孫谷疇(2004)認為恢復生態學是研究如何修復於人類活動引起的原生生態系統生物多樣性和動態損害的一門學科。馬彥卿(1999)認為與自然界相和諧的人工生態系統，其實質是“生態恢復”(Ecological restoration)。

國內學者呂光洋(1999)及王鑫等(2005)對此字彙翻譯為復原，指透過經營手段使某一生態系恢復到原來的狀態。近年國內學者賴明洲(2006)則認為復育(Restoration)已被用作一個概括性的術語，包含整復(Reclamation)、修復(Rehabilitation)、再植(Revegetation)和重建(Reconstruction)等含意。強調主體(生態系統)的一種狀態，其實現方式包括自然恢復與人為恢復。

在從事禁採補償之礦區資源復育監測計畫(張惠珠、張成華、李光中, 2008)；楊懿如(2009)在代表性生態系經營管理—礦業用地回收後生態復育計畫第一期

及經濟部礦務局（2009）在「建立水土保持示範礦場-礦區土地復育研究計畫等報告中均採用 restoration 譯為「復育」，對復育看法相同。

綜合以上學者的論述，復育（Restoration）已被用作一個概括性的術語，包含整復（Reclamation）、修復（Rehabilitation）、復植（Revegetation）和重建（Reconstruction）等含意。本研究將強調主體（生態系統）的一種狀態，其實現方式包括自然恢復與人為恢復且包含復育、整復、修復、復植和重建等含意。

（二）、Reclamation 整復

” Reclamation” 中國譯為復墾，指盡可能按照採礦前土地的地形、生物群體的組成和密度進行恢復，同時包括可恢復與原生物群體相近的其他生物群體。1998年11月中國國務院頒發的《土地復墾規定》對“土地復墾”一詞的界定是：“土地復墾指對生產建設過程中，因挖損、塌陷、壓占造成破壞的土地，採取整治措施，使其恢復到可利用狀態的活動”（白中科、趙景陸、朱蔭湄，1999）。

SER（2004）整復通常是趨向有用的目的，主要包括土地的公共安全，保證，美質改善，常用在北美洲及英國被開採的土地中。近年李佩怡（2007）、張惠珠、張成華、李光中（2008）將 Reclamation 翻譯為整復，指在嚴重破壞或是難以恢復的地區，例如：採礦地區，主要的目的包括穩定地勢、地區的恢復，使基地適合當地之狀況及結構，對於生態恢復到近似破壞前的水平。

本研究將 Reclamation 譯為整復。

（三）、Rehabilitation 修復

SER（2004）指修復為在歷史或已存在的生態系的一個根本焦點作為模型或參考，強調生態系過程、生產力和服務的補償。SER 更進一步說明修復係指土地依照預定之土地規劃與利用計畫恢復至一特定型態及生產力，恢復計畫可以與破壞前雷同，也可以在對社會更有利的程度上進行更換。故修復 Rehabilitation 指按照土地破壞的情況和事先的規劃和利用計畫，逐漸恢復或建立一種持續穩定並與周圍環境和人為景觀價值相協調的相對永久用途。礦區生態重建所追求的主要目標不是

原始的環境，而是符合人類需求和價值取向。生態修復包括地貌重塑、土體再造和植被恢復與生產力提高的連續過程。涉及自然、社會、經濟。故不僅需要引用傳統的技術體系，而且需要研製原地貌土地整治的新技術，持續穩定人工生態系統而不退化。（白中科、趙景陸、朱蔭湄，1999）。

「修復」強調人類對受損生態系統的重建與改進，強調人的主觀及主動積極性，且更具有實踐意義（賴明洲，2007）。

（四）、Revegetation 復植

SER（2004）定義復植為在荒地上使用原來植被成份再植，可以只需要建立一個或少數物種。Lund（2002）指出復植（Revegetation）為在曾經有過植被的立地上重新建立植被或恢復原有的植被覆蓋。FAO於2002對Revegetation係指再植通常不具商業目的，但通過植被恢復可增加農牧業收入或遊憩價值，還可減少土壤侵蝕。

（五）、Reconstruction 重建

劉海龍（2004）將重建定義為根據目前的環境特點，以人為設計一個與環境相似的生態系統，這個方法是比較現實可行的。賴明洲（2006）翻譯為「重建」是指在不可能或不需要再現生態系統原貌的情形下，營造一個不完全雷同於過去，甚至是全新的生態系統。

上述復育相關定義，本研究統一將Restoration譯為復育，Reclamation譯為整復，Rehabilitation譯為修復，Revegetation譯為復植，Reconstruction譯為重建。

三、植生復育

植生復育即是復植，在聯合國氣候變遷組織（簡稱UNFCCC）稱植生復育活動，通常在立地條件惡劣或嚴重土地退化、自然演替較緩慢的立地上進行，可通過人工直播或栽植樹木、灌木、豆科植物和草本植物的方法，使植被恢復覆蓋並增加土壤有機質，並促進植被的自然演替（張小全、侯振宏，2003）。國內早期的

植生復育多為水土保持植生綠化，為方便取得植材種源，因此多採用外來種速生植物進行護坡植生，然近年來已提升為景觀生態內涵與水土保持並重的植生理念，工法推陳出新，日新月異。為了探討植生復育，分項說明(一)、植生復育的定義。(二)、土壤種子庫。(三)、宮脇生態造林法。(四) 礦山整復 (reclamation)。

(一)植生復育的定義

邱創益 (2005) 在有關礦區水土保持與植生復育講習會中，定義植生復育為生態綠化，生態綠化是在裸露坡面上，選用適於當地生長且防災效果大的鄉土植物，配合有效的基礎設施，可造成與鄰近植群相調和，達到生態環境保育及國土保安目的。桃園縣政府出版有關坡地植生工程與資材應用手冊 (2008) 中，定義植生復育為依地區之氣候及土壤條件，選擇適宜當地環境之植物，以有效之植生方法與復育資材，快速造成複層之植被。

綜合上述，我們可以說植生復育是生態綠化中的重要方法之一，目的是以植生方法對受傷之大地做最自然的復舊，早期綠化求快速及高覆蓋率，選擇外來之物種，因過於強勢，長期優勢卻無法達到植群演替之效，易造成植物生態演替失衡之浩劫。

為增進植群演替，恢復原有植物生態景觀，可採用土壤種子庫應用在植生復育工作上，進而產生適宜當地環境之植群。

(二)、土壤種子庫

Major & Pyott (1966) 認為一個完整植物社會的描述，應包括其埋藏的活力種子。儲存在土壤及其上枯落植物體中有活力之種子稱為土壤種子庫 (Soil seed bank)。因其為植群組成決定因素之一；尤其在一個遭干擾的生育地，其種子庫物種與當地植群的組成極為相似。而對於闡明植物社會之演替趨勢或干擾後的立地更新情形，土壤種子庫的研究極為重要。Thompson and Grime (1979) 則指出，任何植物社會的種子庫，通常包括了暫時性及持久性兩類，屬於暫時性種子庫之植物，其種子活力常不超過一年者，而種子存活時間超過一年者，即稱持久性種子

庫。Whitmore (1983) 更進一步分析在熱帶地區先驅樹種種子可埋藏在土壤中而維持較久的活力，因體積通常較小，常形成持久性種子庫；而成熟森林樹種種子體積通常較大，具有比較多養分，雖有利於在鬱閉林下發芽，且不須光照，但是該類種子壽命通常不超過一年，而形成短暫性種子庫。

林文智 (2004) 在台灣南部多納針闊葉林土壤種子庫與森林更新研究中認為無論是熱帶雨林、溫帶林或寒帶林均有利用土壤種子庫為主要更新來源之一。郭幸榮 (2005) 在森林生態復育之理論與實例研究中，描述種子庫的發芽過程，指出崩塌坡面的土壤堆積區，原理藏在土壤深層的種子，會隨著土壤移動而有短暫曝光或露出土壤表面的機會，進而解除休眠及發芽。賴明洲 (2007) 針對崩塌地噴植地區植物初期生長對侵入演替機制影響之研究中，認為土壤種子庫，一般而言以回填表土是最有效的措施，因為表土是物種重要的種子庫，故能夠為植被復育提供重要的種源。

在採礦廢棄地生態系統的恢復中，礦地基質的改良尤為重要，而以採礦地範圍內的表土進行覆蓋，除了改善基質外，因為表土是重要的種子庫，也是生態系統的基質與多樣性的根本，而種子庫本身可視為潛在植被。

將潛在植被理論融入植被復育，進而達到原有天然林，首推日本著名生態學家宮脇昭教授所創的宮脇生態造林法，敘述如下：

(三)、宮脇生態造林法

日本著名生態學家宮脇昭教授提出“近自然森林”建設理念，有關理論稱為新演替理論(New succession theory)，是植被恢復的一種新理念(Miyawaki, 2004)。

宮脇造林法以植被生態學理論，運用大量的植被基礎研究資料，結合日本傳統的神社林觀念造林，在 1993 年，Miyawaki, Fuliwara 和 Osawa 等人總結了這種造林方法，並命名為“宮脇環境保護林造林法”(Reconstruction for environmental protection forest by Miyawaki's method)，簡稱“宮脇造林法”。“宮脇造林法”應用潛在植被和演替理論，強調和提倡用鄉土樹種建造環境保護林(Miyawaki,

A.& Golley ,F.B. , 1993；達良俊、許東新，2003；賴明洲，2006)。從 1970 年開始提倡並實施營造環境保護林到 2001 年，日本已經有 600 多個地區應用宮脇造林法。這理論強調了植被的恢復為減少人為干擾（張厚華、傅德志、孫谷疇，2004）。王任卿、藤原一繪、由海梅（2002）亦認為該方法依據潛在自然植被和演替理論提倡和強調用鄉土樹種重建鄉土森林植被（Native forest with native trees），目的是能夠在較短的時間內恢復當地森林生態系統。該法廣泛應用和推廣，除在日本外，也在東南亞、南美洲熱帶地區的 300 多個地點獲得成功。在中國以 1997 年起首先在北京進行了嘗試，被應用於長城周邊的荒山綠化造林，此後陸續在馬鞍山被應用於礦地的植被復育，徐州、青島、寧波等市則作為高速公路兩側綠帶建設的一種方法。

達良俊、許東新（2003）應用宮脇造林法，進一步指出採用建“複層林”有植物的自然侵入，所以自然物種多樣性高；喬、灌、草屬次結構完整；生物量高出草坪達數十倍。由於多種類鄉土種的組合，抗病蟲害和自然災害的能力強，植群相對穩定，不會出現種植單一種而引發大面積的病蟲害，並可完全遵循自然生長規律，無需長期的人工管理，這種以生態學群落演替和潛在自然植被理論為基礎，選擇當地鄉土種，應用容器育苗等“模擬自然”的技術和手法，通過人工營造“近自然森林”即是宮脇造林法。其特點整理如下：1. 用該方法營造的森林是環境保護林，而不是用材林和風景林。2. 造林用的種類是鄉土種類（Native tree species），主要是建群種類（Canopy tree species）和優勢種類（Dominant species）。3. 成林時間短（To shorten the time span）20~50 年，4. 管理簡單等。

植被復育是礦山整復的重要課題，在實務上礦山整復不只是恢復當地森林生態系統，也希望能提供農業使用及其他用途。

（四）礦山整復（reclamation）

礦山土地復墾（整復）工作發展緩慢，中國直到八十年代末，為因應土地復墾（整復）工作的迫切性和重要性，相繼頒布了《土地復墾規定》、《土地復墾技

術標準》等一系列相關法規條例，為落實土地復墾（整復）工作，一些科研院所和企業單位也都做了大量的理論研究和生產實踐工作。“復墾”一詞，其主要含意是賦予復墾地以農業使用價值及持續發展。開採後土地治理和恢復是礦山土地復墾加速生態演替過程；在做法上為：1、篩選耐旱、耐瘠薄的速生先鋒植被，迅速達到保持水土的目的。2、進行土壤基質改良。3、採用微生物技術，增加礦土中微生物活性，還原土壤生態系統。4、在土壤改良後，培植多種作物與果樹，因地制宜的綜合利用礦山。中國學者馬彥卿（1999）認為將礦山土地復墾（整復）視為採礦工程的繼續，在採礦時就要考慮復墾（整復）的要求，實現邊採礦邊復墾（整復），達到復墾（整復）成本最低，效果最好，因為土地復墾使地表樹木蔥郁、綠草茵茵、作物茁壯，如此控制了地表逕流和水土流失，而且起到了淨化空氣、降低噪聲的作用。良好的植物生態進而引來彩蝶飛舞、鳥雀聲鳴的盎然景象，沒有了以往老礦區那種採礦後所出現滿目瘡痍的景象。因此，復墾（整復）地之生產能力和水土保持效果是國內外土地復墾（整復）工程效果評價的主要內容。張信寶（2004）說，理論上只要有足夠長的時間，退化坡地的植被可以自然恢復為破壞前的狀態。

綜合前人文獻，可知植生復育為依地區之氣候及土壤條件，選擇適宜當地環境之植物，以有效之植生方法與復育資材，快速造成複層之植被。而土壤種子庫以回填表土是最有效的措施，因為表土是物種重要的種子庫，故能夠為植被復育提供重要的種源。宮脇造林法的“近自然森林”是以生態學群落演替和潛在自然植被理論為基礎，選擇當地鄉土種，應用容器育苗等“模擬自然”的技術和手法，通過人工營造與植被自然生長的完美組合，目的是能夠在較短的時間內恢復當地森林生態系統。

第二節 植生復育實例

植生復育係指重建當地天然林的復育，植生復育的方法，過去文獻多以植生工法稱之。以下為植生工法之種類及國外內植生復育案例探討：

一、植生復育方法

植生復育方法可分播種法、栽植法及植生誘導法，其主要目的在應用人為導入植物的方法，快速造成植物覆蓋坡面，以減少沖蝕、涵養水源之效，若於基地較為不良處，可配合打樁編柵、栽植槽等因地制宜措施，以達到植生導入之成效。陳意昌、林信輝(2005)在介紹礦區植生工法時針對植生方法分述如下：

(一)、播種法：將植物種子以撒播、噴植(直接噴植、鋪網客土噴植等)、植生帶鋪植、植生袋包覆等方法，均可稱為播種法。

(二)、栽植法：

1. 樹木栽植：可分為成木栽(移)植、苗木栽植、育苗袋苗木穴植、含土球苗木栽植、裸根苗栽植等，可以用插枝或埋幹栽植，例如柳樹、榕樹、九芎、黃槿。可以分株式埋根栽植葎草、葛藤類、竹類等。

2. 草類栽植：覆蓋-草皮鋪植、莖播。穴植-等高栽植、育苗袋穴植、土壤袋植草。扦插-百喜草、奧古斯丁草、百慕達草等。

(三)、植生誘導法：

先期基礎安定或沖蝕控制後，導入具潛在種子之土壤任其自然演替。

二、植生復育案例

(一)、國內植生復育案例

以下列舉國內礦場之植生復育案例及優勢植物種類。

1、高雄縣阿蓮鄉大岡山環球水泥之石灰石捨石場(陳意昌等，2005)。

該礦場採後經人為整坡及土壤改良後，主要種植芒果，生長良好，而在坡腳附近種植桃花心木及赤桉等木本植物，在自然生長中以木本植物木芋麻最優勢，草本植物以五節芒最優勢。數年後自然植群演替後，木本入侵優勢種為木芋麻(密花芋麻)、山黃麻最優勢，草本為美洲闊苞菊最優勢。

2、台北市廢棄煤礦捨石場

煤礦捨石場主要植物種類經調查，木本植物為野桐、白匏子、食茱萸、烏白、饅頭果、構樹等較陽性樹種外，亦有屬於演替後期的植物山豬肉、香楠、紅淡比等出現，可演替形成台灣中北部典型亞熱帶闊葉樹植群。草本以五節芒最優勢。(陳意昌等，2005)。

3、新竹玉山石礦場

邱創益、陳慶雄、謝杉舟(1992)在進行新竹玉山石礦場植群調查結果中，採掘跡自然植群木本植物以山鹽青最優勢，次為山水柳(密花芋麻)、山芙蓉、野桐，草本植物以五節芒、台灣蘆竹為優勢種。而在礦區捨石場以人工種植的相思樹生長較佳，次為山水柳(密花芋麻)、山鹽青，草本植物以五節芒、台灣澤蘭。

4、台泥和平石礦場(邱創益，1996)。

本礦區在辦公室附近及礦區殘壁曾於民國70年至78年間實施植生綠化工作，在採台採掘跡地種植有台灣赤楊、茅草、銀合歡，山谷地種植有蟛蜞菊、銀合歡、賽芻豆，在坑口石渣推置場上種植有蟛蜞菊、銀合歡，新闢道路邊坡種植銀合歡、台灣赤楊、蟛蜞菊等植物，另在辦公室、修理機房、宿舍區域或卡車道路兩側等地方，種植有楓樹、變葉木、鐵莧紅、聖誕紅、羊蹄甲、黃榕葉、麵包樹、桂花、墨西哥柏、石榴、九重葛、杜鵑、相思樹、木麻黃等多為外來種種樹種進行綠美化工作。並於79年在南端採台栽植蔓藤類如蟛蜞菊、葎草、蔓榕、蒔蘿、姬牽牛、龍舌蘭、山葡萄、射干、馬鞍藤等多為外來種，其中以馬鞍藤、姬牽牛之存活率最低。喬木類有赤桉、光臘樹、構樹、大葉赤榕，生長較好，唯數量過少，不能做為觀察是否能適生在該地區。灌木類外來種有福祿桐、變葉木、

威氏鐵莧、軟枝黃蟬、杜鵑、榕樹、馬櫻丹、聖誕紅等，此樹種為外來植物，為使其生長情形較佳，常須撫育、施肥等管理，始可達到綠化之效果。

邱教授指出適宜該礦區綠化之鄉土植物：適生木本植物喬木類以九丁榕、九芎、樟樹、野桐、大葉楠、相思樹等；灌木類以山水柳、小葉桑、山鹽青、駁骨丹、山芙蓉等為宜，草類則以五節芒與狼尾草為宜。

由以上例子，適生植物多屬亞熱帶廣泛分布之陽性先驅樹種，另外，外來種也常被大量運用在礦場的植生復育。

(二)、國外礦場植生復育案例

1. 愛沙尼亞露天油頁岩礦場。Margus Pensa et.al(2004)

在愛沙尼亞露天開採的油頁岩礦場，Margus 等比較四種生長 30 年林分樣區，包括：(1)自然林、(2)*Pinus sylvestris*(赤松)、(3) *Betula pendula*(白樺樹)和(4)*Alnus glutinosa*(赤楊)等人工林。研究結果提出赤松、白樺樹及赤楊(固氮樹種)，皆為適合在愛沙尼亞露天油頁岩礦場生長之樹種。

2. 中國露天煤礦平朔礦場

該礦場進行復墾實驗方案，採用適宜當地條件的草、灌、喬、農作物、藥用植物等。生長優良的草本植物類有直立黃芪又稱沙打旺(*Astragalus adsurgent*)、紫花苜蓿 (*Medicago sativa*)、紅豆草(*Onobrychis vicaifolia*)、草木樨(*Melilotus sp.*)、無芒雀麥(*Bromus inermis*)、披碱草(*Elymus dahuricus*)、扁穗冰草(*Agropyron cristatum*)、蜀葵(*Althaea rosea*)。生長穩定適應良好的灌木植物類有沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、沙荃又名桂香柳(*Elaeagnus angustifolia*)、沙柳(*Salix cheilophila*)、火炬樹(*Rhus typhina*)。改良惡地環境效果顯著表現優異的喬木類植物有油松(*Pinus tabulaeformis*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)。農作物有燕麥、大豆、馬鈴薯等品質優良。藥用植物以甘草、枸杞、連翹等適應性強、生長較優(李川普、白中科，2000)。

從以上案例看來，在愛沙尼亞露天開採的油頁岩礦場，赤松、白樺樹及赤楊(固

氣樹種)，皆為陽性樹種。在中國露天煤礦平朔礦場採用的則為適宜當地條件的草、灌、喬、農作物、藥用植物等，物種較多元多樣，不但注重生態也考量民生需求，進而提高礦區利用價值。

第三節 礦區整復的資源再造與利用

根據林奴嬪(1987)的研究，英國是最早由政府來推動全國性礦區整復工作，當時以簡單的綠美化為重點，對自然生態景觀的恢復幫助不大，1960年英國有關單位及民眾開始注意土地生產力、土地再利用及景觀生態等因子，整復的目標轉向為「完成一適當的土地再利用計畫」。1963年法國的 Parc des Buttes—Chaumont，現今為法國伯特林修蒙公園，是一個礦區整復的例子，該地區原為法國十八世紀重要的採石場，重建前為一座石灰石礦廢棄地。如今國內外皆有此等礦區整復的資源再造與利用的案例，值得參考，茲舉例如下：

一、國外案例

英國、加拿大、美國、奧地利等國之整復土地資源再造與利用，很早就有相關的法令規定，如英國的風景湖、加拿大溫哥華的布查花園、美國西部的鬼城、奧地利薩爾斯堡的地下鹽洞等都是，挪威的礦業小鎮之羅雷斯則提報為世界文化遺產地，這些都是礦區經過地景整復而再造成功的案例，如表 2-1：

表 2-1 國外礦區整復的資源再造與利用案例彙整表

| 國家 | 礦區名稱 | 內 容 | 資料來源 |
|-----|--------------------|--|-----------------|
| 奧地利 | 薩爾斯堡 (Salzburg) | 薩爾斯堡 (Salzburg) 是產鹽巴之堡，意譯就是「鹽堡」。早在 2500 年前，該區就是靠生產岩鹽而發跡的，因此奠定了它的經濟基礎，形成了聚落，逐漸都市化。鹽礦區占地很廣，哈萊茵 (Hallein) 是最古老的岩礦之一，如今在薩爾斯堡一帶某些 | (許玲玉、盧築筠，2009)。 |

| | | | |
|-----|---------------------------------|---|-----------------|
| | | 舊時的採礦坑洞，目前已開發並從事觀光用途。其中以艾本基(Ebensee)附近的鹽山是遊客造訪的景點。鹽山山麓有一座史前博物館，館內介紹當地岩鹽的採掘及發現的古文化。 | |
| 美國 | 鬼城 (ghost town) | 美國西部廢棄小鎮—鬼城(ghost town)，有許多早期採金開發過程中所廢棄的礦場。這些採礦跡地經過改頭換面，透過歷史旅遊的興起獲得了重生，成為觀光旅遊的景點；以猶他州的賓漢峽谷礦山(Bingham Canyon Mine)為例，有號稱世界最大的露天礦坑型銅礦山，設有解說員專門辦理礦場之旅的導覽；礦區旅遊活動的項目之一是參觀「復育與環境計畫」，包括清洗廢棄礦渣與植生造林。 | (許玲玉、盧築筠，2009)。 |
| 英國 | 米爾頓郡立公園 (Milton County Park) | 劍橋大學東北方的米爾頓郡立公園(Milton County Park)，是一座以小湖泊著稱的休閒賞鳥景點。這座湖泊原本是一個開採礫石的礦坑，經復育後，成為郡立國家公園的風景湖，也因此發展成為野生動物棲息地、自然公園，同時成為地方上重要的遊憩用地。 | (許玲玉、盧築筠，2009)。 |
| 加拿大 | 布查德花園 (Butchart Garden) | 布查德花園(Butchart Garden)原來是一座石灰岩礦場，自1888年開採石灰岩，建廠生產水泥；當石灰岩都挖的差不多時，1904布查德夫婦運用肥沃的客土放置於採掘場上，將荒蕪的廢棄礦坑改成低窪花園專植玫瑰，之後就慢慢擴充迷人的羅斯噴泉、玫瑰園、日本庭園與義大利花園等；讓廢棄的礦坑復活了，成為鮮花盛開的花園，也讓布查德花園成為世界聞名的花園，這是一個由礦場演變為舉世聞名最美花園的典範之一。 | (許玲玉、盧築筠，2009)。 |
| 挪威 | 羅雷斯 | 挪威的羅雷斯原本是一座山城，從17世紀開採銅礦而興起，前後長達333年。1977 | (Jones,2007)。 |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | 年停採後，該城鎮保存了 80 間有院子的木屋，木屋外觀呈現黯色，給人中古世紀的感覺，這些故有建築物反應出當地居民礦業與農業生活產業的形式與內涵。1980 年登錄為世界第一批文化遺產之一，1994 年起羅雷斯亦成為第一批受到國際監測的世界遺產之一。 | |
|--|--|---|--|

二、國內案例

在國內停採礦區經過整復的資源而再造成功的案例，列舉瑞芳金瓜石、高雄半屏山等說明如表 2-2。

表 2-2 國內礦區整復的資源再利用案例彙整表

| 國內礦區 | 內 容 | 資料來源 |
|--------|--|-------------|
| 瑞芳金瓜石 | 金瓜石是一個因「金銅礦業」發展而吸引移民聚集的礦業聚落，礦山的開採與歷史演變造就了黃金傳奇，儘管當地採金、銅礦已經沒落，但豐富的風土民情與文化特質，如今已演變為觀光、藝術、文化勝地。「金瓜石及週遭文化景觀」於2003年被行政院文建會評選為台灣地區12處具有登錄為世界遺產潛力的地點。如今亦有「黃金博物館」的成立。 | (張雅娟，2003) |
| 高雄半屏山 | 高雄的半屏山早期是由軍方、水泥公司、與中油所共同管轄，一般人是無法一探究竟的。直到 1997 年水泥公司的採礦權停止後，2000 年才對外開放。半屏山曾是國內重要的石灰礦區，經長期採礦的結果，原有自然生態遭嚴重破壞，隨後進行礦區植生綠化。半屏山之西北麓由高雄市政府設置半屏山自然公園，並於 2006 年由高雄市政府規劃並成立半屏湖自然公園。如今已成為高雄人爬山健身踏青的好所，更成為鄰近學校豐富的大自然教室。 | (維基百科，2008) |
| 雍來生態園區 | 位於陽明山國家公園內的雍來生態園，原 | (李宛澍，2007) |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>是一座廢棄礦場，自2005起由台灣環境資訊協會和陽管處合作，以生態工程進行棲地復育，使停採後的礦區獲得良好的環境整復，並以生態工程將邊坡變緩，成為適合動植物活動的緩坡地型。經過復育後的雍來礦場遺址，除了生態核心區，亦有提供休憩、教學的遊憩區，和緩衝區。此個案成為廢棄礦區再利用的成功經驗之一。</p> | |
|--|---|--|

第四節 亞泥植生復育介紹

一、植生工法

研究者在亞泥礦區從事植生復育，歷年進行植生綠化之區位與採用工法，包括

- (一)、交通道：1.交通道設立植生槽工法。2.邊坡壁腳腹地植生槽工法。3-A 岩釘鑽埋及編整植生槽工法。3-B 懸臂樑植生槽工法。4.壁面噴植工法。
- (二)、陡坡裸地：5.陡坡編柵植生工法。6.高次元團粒綠化基材噴塗工法。
- (三)、最終殘留壁：7.殘留階段之設計及植生孔穴植生工法。及 8.殘留壁階段平台 設立植生槽工法，詳述如下：

(一)交通道

1、沿交通道設立植生槽工法(何恒張，1989)

施工期間與規模：從民國 75 年到 77 年間進行沿交通道完成之面積約 1.5 公里長。

工法：利用破碎機將岩盤鑿成深 1 公尺 x 寬 1 公尺 x 長 3 公尺之岩槽，可於客土槽內種植木本耐旱之樹種，如木麻黃、羊蹄甲、赤桉、樟樹、烏白等植物綠化。如圖 2-1、圖 2-2 所示

效果：以羊蹄甲效果最佳，木麻黃、赤桉生長雖快但不抗風，樟樹生長緩慢。目前因為沿交通道綠化植被覆蓋良好，沒有新裸露地供繼續進行此工法。



圖 2-1.客土槽內種植木本耐旱之樹種羊蹄甲、樟樹



圖 2-2. 羊蹄甲生長最佳

2、邊坡壁腳腹地植生工法

施工期間與規模：從民國 76 年到 78 年間進行沿交通道完成之路段約 200 公尺長。

工法：選擇路面較寬處距壁腳約 1.5-2 公尺處，構築約 1 公尺高之石堤內部填入客土及緩效肥料稻殼作為植生生長基盤。(何恆張，1989)

植生槽內可分三層之種植

第一層：馬纓丹、密花苧麻。

第二層：羊蹄甲、木麻黃、菩提樹。

第三層：爬牆虎為主台灣葛藤、牽牛花、賽蜀豆為輔，以增添遮蔽率。

效果：羊蹄甲、爬牆虎效果最佳。如圖 2-3 所示

目前因為沿交通道綠化植被覆蓋良好，沒有新裸露地供繼續進行此工法。將

來採礦若有新闢交通道出現需要進行植生綠化時，再參考運用並對樹種選擇上做一些汰換改良。



圖 2-3. 邊坡壁腳腹地植生工法爬牆虎生長迅速

3、垂直壁面植生工法

A. 岩釘鑽埋及編整植生槽工法

施工期間與規模：從民國 78 年間進行，沿交通道完成長度約 10 公尺。

工法：在路窄或岩壁垂直無法安置客主槽的狀況下，在壁腳高 2 到 3m 處，以鑿岩機鑽深 50cm，每隔 50~60cm 一孔，並且在孔內投入膨脹樹脂將 1 吋之鋼筋插入並混合固定，即可焊接成植生槽，再塗柏油防銹，在槽架內則鋪 PE 布以利客土。種植台灣蘆竹，伴植爬牆虎以利生長攀緣如圖 2-4。

效果：78 年春移株 40 株之爬牆虎，成活 34 株情況良好。唯此種方式客土容量有限。所以另以下法 R.C.懸樑客主槽取代之。此外本項工法施工難度高成效有限，將來不再考慮使用。



圖 2-4. 客土槽內種植台灣蘆竹及爬牆虎生長情形

B. 懸臂樑植生槽工法

施工期間與規模：從民國 78 年間進行沿交通道完成 1 處，長度約 20 公尺。

工法：在岩壁半腰鑽孔，預埋鋼筋 1 吋*4 根，並且繫筋成懸臂樑，然後以每隔 2m 一根懸樑，樑長 1m，立模澆灌 3000psi 混凝土。樑間則跨以厚 15cm*寬 100cm*長 200cm 之 R.C 板，並且前緣組立之 R.C 板以為盛土，每 m 可置放客土 1m³ 之體積量，種植爬牆虎等攀緣植物。如圖 2-5、圖 2-6 所示

效果：初期爬牆虎成長良好，但後來銀合歡生長較強勢。因為本工法施工難度高，成效雖然顯著，但施工繁複，不易大面積採用。



圖 2-5. 懸臂樑植生槽工法施工情形



圖 2-6. 客土植生後 10 年之綠化情形

4、壁面噴漿植生工法

施工期間與規模：民國 77 年間進行沿交通道完成 1 處，面積約 400 平方公尺。

工法：將沃土篩分 5mm 以下，加膠合劑、砂、肥料、稻殼及種子拌合用噴漿機噴布岩壁厚 5-10cm。如圖 2-7、圖 2-8 所示

效果：因土硬密緻植物無法深根且噴土易被沖刷掉，土薄供木本植物成長及支撐有限。施工費 500 元/m² 價貴，不再採用。



圖 2-7. 噴漿工法施工情形



圖 2-8. 噴植後百慕達草成長情形

(二) 陡坡裸地

5、陡坡編柵客土植生工法

施工期間與規模：民國 85 年間選定 L3 外邊坡進行編柵客土工法，面積約 800 平方公尺。

工法：人工在陡坡上編柵在編柵完成後即予客土，客土時將沃土及種子拌合，拌合後的沃土吊運編柵處傾卸沃土一緩坡帶以索道及吊桶潑撒。如圖 2-9、圖 2-10 所示。

效果：選用植物為田菁以其生長快密度高故本工法成效顯著、快速，是不錯的工法，將來會繼續採用。如圖 2-11 所示。



圖 2-9. 陡坡上編柵。



圖 2-10 拌合田菁種子。



圖 2-11 編柵客土植生 3 個月後成果。

6、高次元團粒綠化基材噴塗工法

高次元團粒綠化基材噴塗工法又叫 SF 綠化工法，它所噴出的植生基材能深入泥漿間隙，然後形成團粒反應，並與石礫密切附著，並能長期維持濕潤狀態的生育基盤，是一種適合在邊坡快速植生綠化及穩固裸露邊坡的工法，

施工期間與規模：民國 85 年間選定二號隧道上方裸露邊坡進行噴塗工法，面積約 1500 平方公尺。

工法：先在裸露邊坡進行丈量，劃分成數個小區域做為噴佈範圍，另將沃土、團粒劑、安定劑、養生材及種子拌合成噴植基材，再用吹付機噴布噴植基材時帶動將纖維線一起均勻噴布裸露邊坡上厚約 5cm。使用植物種子計山荻、鮑荻、赤楊、山水柳、銀合歡。如圖 2-12、圖 2-13 所示。

效果：選用植物為山荻(*Lespedeza bicolor*)、鮑荻(*Lespedeza daurica*)、赤楊、

密花芋麻、銀合歡，半年後植物成長以山荻生長最快，鮑荻密度最高，銀合歡次之。施工費 680 元/m²。本工法價貴，僅觀察半年難做評估，將來已不再採用。如圖 2-14 所示。



圖 2-12 裸露邊坡進行丈量



圖 2-13 噴漿工法施工情形



圖 2-14 植物成長情形

(三)、最終殘留壁

7、殘留階段之設計及植生孔穴植生工法

期間與規模：民國 77 年間進行殘留階段岩壁孔穴植生，完成面積約 300 平方公尺。

工法：在階段上方 5 公尺高處每隔 1.5 公尺之水平間距以 1 公尺之垂直高交互排列，鑽孔向內傾斜 45° 以利水份儲存置育妥苗之植生袋及生長基材，使日後成長綠化覆蓋加速。另下方 5 公尺高之部分則在段腳以石塊砌成高 1.5 公尺之人造台階，底

寬幅 3 公尺，俾利用怪手堆放客土，使植物生長加速。又在平台外緣 1 公尺處，以破裂機配合怪手，沿階外緣挖掘客土槽並且放置客土，以利種植木本植物，可使裸露之岩壁加以遮蔽。如圖 2-15 所示。採用鄉土植物諸如構樹、九芎、山芙蓉、相思樹、白雞油樹、楠木等本土植物。而草木植物則以五節芒、蘆竹、台灣葛藤、密花苧麻等，另配以外來植物如賽芻豆、木麻黃、赤桉、營多藤、爬牆虎等植物。

效果：因孔穴生長腹地窄小，故以耐旱之鄉土植物、台灣蘆竹、密花苧麻等先行育苗再移植至孔穴內成效較佳。密花苧麻 2~3 公分高，移植之成活率高達 75-80%，一年後可長至 40~50 公分，可使岩壁裸露面減少。然而因對岩壁遮蔽效果有限，已不再採用。如圖 2-16 所示



圖 2-15 沿階外緣挖掘客土槽並且放置客土



圖 2-16 岩壁孔穴植密花苧麻、五節芒、賽芻豆等

8、殘留壁階段平台設立植生槽工法

施工期間與規模：民國 79 年間進行，殘留壁階段平台挖植生槽客土造林，累計完成面積約 21 公頃。

工法：沿殘留階段之走向，以破裂機配合怪手於平台內側挖深約 1.2 公尺，寬約 1.5 公尺之植生槽客土後供栽植木本植物。可遮蔽裸露之岩壁。客土土質選用肥沃之壤土。在本礦場內設有客土肥化場一座，堆置大量沃土作為綠化客土，客土表面撒播豆科植物田菁加以覆蓋，以增加土壤基肥，再用化學肥料 3kg/1m³ 肥料量之比例充分混拌後，用卡車及挖土機載運客土回填植生溝，並施長效有機肥料。

以挖土機將客土與有機肥料拌合以肥化土質、撥平供植生綠化。

有機肥料：乾豬糞. 施用量 $15\text{kg}/\text{m}^3$ 。

化學肥料：過磷酸鈣及複合 5 號. 施用量各 $3\text{kg}/\text{m}^3$ 。

此外，於殘留階段平台之客土槽內每隔一公尺種植葡萄科爬牆虎，該植被頗俱耐旱、耐貧之特性，容易向上攀爬生長。

效果：1. 爬牆虎對於客土槽內植栽的樹苗不具勒殺，種植一年後，最高有 3 公尺之生長，同時該植物具有吸盤，可將枝條強力吸附在岩盤上，可防止落石發生，頗俱保安功能。

2. 而種植之喬木植物 5 年後可達高達 5 公尺並有自由播遷來的喬木灌木藤本與草本植物，是一種以循序漸進的原則，希望達到對自然環境之復育、本土植物保育及降低養護成本(張育誠，1995)。類似自然林林中並有眼鏡蛇、山豬窩之發現顯示，不僅綠化有成也使野生動物重返棲地顯示仿自然生態植生方式成功。此法已大量採用及推廣。本礦區發現哺乳類、鳥類、爬蟲類、蝴蝶、兩棲類等豐富的動物生態。如圖 2-17、圖 2-18、圖 2-19、圖 2-20 所示



圖 2-17 最終殘留階段客土植生成果。



圖 2-18 最終殘留階段客土植生成果。



圖 2-19 階段平台上有眼鏡蛇棲息。



圖 2-20 階段植生平台上之山豬窩。

回顧歷年礦區植生工法,製成簡表以供參考,復育成果以其中第 8. 殘留壁階段平台設立植生槽工法最具成效(如表 2-3)。

表 2-3 礦區植生工法比較表

| 工法名稱 | 實施期間 | 成本 | 效果評估 |
|---------------------|---------|----------------------|-------------------|
| 1. 沿交通道設立植生槽工法 | 75-77 年 | -- | 可增加交通道綠意。 |
| 2. 邊坡壁腳腹地植生槽工法 | 76-78 年 | -- | 增加遮蔽率效果快。 |
| 3-A 岩釘鑽埋及編整植生槽工法 | 78 年 | -- | 防蝕效果較差。不再採用。 |
| 3-B 懸臂樑植生工法 | 78 年 | -- | 具有綠化效果。但工程大。不再採用。 |
| 4. 壁面噴植工法 | 77 年 | 500 元/m ² | 價高。效果有限不再採用。 |
| 5. 陡坡編柵植生工法 | 88 年 | 500 元/m ² | 價高。效果快。 |
| 6. 高次元團粒綠化基材噴塗工法 | 85 年 | 680 元/m ² | 價高。不再採用。 |
| 7. 殘留階段之設計及植生孔穴植生工法 | 77 年 | -- | 岩壁綠化效果有限。不再採用。 |
| 8. 殘留壁階段平台設立植生槽工法 | 79 年-至今 | 380 元/m ² | 最具植被復復、保育效果。 |

綜上所述,回顧歷年礦區植生工法,可了解該礦區植生情況及成效。

二、亞泥礦區歷年進行植生復育相關研究

亞泥在民國 69 年委託中興大學水土保持系建教合作進行礦場水土保持、邊坡植生覆蓋率試驗。試驗結果以爬牆、營多藤、賽芻豆、濕地松、薩爾瓦多銀合歡生長最佳(林信輝等,1981)。經過十年後該廠為做好礦場自然景觀生態植生復育工作,在民國 79 年與中華民國工程環境學會訂定花蓮縣新城山亞泥礦場採掘跡之生態綠化研究合作計劃,分由黃瑞祥博士、林讚標博士及陳玉峰博士執行,在植被調查與分析方面,從礦跡地附近及原生林植物社會,其植物物種近 400 種,其分別之植物社會之類型,歸納如下:(一)初生、次生植被有:白茅社會、兩耳草社會、紫花霍香薊、野苧蒿 — 奧菟社會、假毛蕨 — 五節芒社會、密花芋麻 — 五節芒社會、血桐社會、九芎 — 五節芒社會、構樹社會。(二)原生植被:1. 太

魯閣櫟 — 青剛櫟社會。2. 糙葉榕 — 大葉釣樟社會。3. 大葉楠社會。4. 台灣蘆竹社會、車桑子社會。建議亞泥採用潛在植被太魯閣櫟，青剛櫟，大葉楠等植物社會物種復育(陳玉峰，1991)。本計畫接著由黃瑞祥(1991)花蓮縣新城山亞泥礦場採掘跡之生態綠化研究，其研究為接續陳玉峰博士之植被調查與分析為基礎，進行植生復育技術指導，成果為：1、迅速復育受干擾地區之植被，短期內減少二次水土流失及景觀破壞之損失。2、改善苗木殖育系統，採自行苗木植育生產系統，大量培育原生綠化苗木，節省苗木外購費用，提高苗木品質及出栽存活率，可達短期植生復舊目標。3、順應並引導區域性植群之演替與建立。符合生態法則且具有環境保全之功能，綠化成本低、管理費少、抗害力強等優點的自然林型。成效卓著斐然，引起國內環境生態復育學者注意，並進行相關研究。

民國 95 年張惠珠博士帶領研究生，進行“礦區採掘殘留平台植被恢復之研究——以亞洲水泥新城山礦場為例”，調查採掘殘留平台 1、5、10 年樣區做為植被復育研究。研究結果顯示亞泥的植被復育，對於生態恢復可到達近似破壞前的水平為 Reclamation 的程度(李佩怡，2007)。

第三章 研究方法

本章共分三節，第一節 研究基地概述；第二節 研究流程及架構；第三節 樣區植被調查方法。

第一節 研究基地概述

本研究調查樣區位在臺灣島東部花蓮縣新城山山區內，新城山標高1440 m，面對立霧溪出海口。由於大理石礦脈優良，形成水泥之絕佳原料，因此亞泥在此設廠採礦，自高度760 m左右開始開採，目前開採到305 m處。樣區座標：北緯24°08'，東經121°37'，海拔高度介於427-305公尺，橫向水平距離約330公尺如圖3-1。



圖3-1 亞泥礦場位置圖

資料來源：google map(2008)

一、氣候

溫度及雨量是構成一地區氣候的最重要因素，本研究區域之溫度、雨量資料參考鄰近礦區之花蓮富世氣象站2004-2009年，整理如表3-1，資料繪製成Walter的氣候圖（引自金恆鑣等譯，2007）如圖3-2。

表 3-1、花蓮富世氣象站 2004 年 6 月-2009 年 7 月氣溫及降雨量統計資料表

| 月份 | 一月 | 二月 | 三月 | 四月 | 五月 | 六月 | 七月 | 八月 | 九月 | 十月 | 十一月 | 十二月 | 年均溫 |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| 平均氣溫(°C) | 17.7 | 18.6 | 19.3 | 21.7 | 24.5 | 25.8 | 27.8 | 27.5 | 26.7 | 24.6 | 21.7 | 18.9 | 22.9 |
| 平均降雨量(mm) | 66.8 | 90.6 | 94.7 | 90.9 | 220 | 247.1 | 380.6 | 393.3 | 494.2 | 207.1 | 145.4 | 122.7 | 年雨量 2553.4 |

資料來源：中央氣象局花蓮富世氣象站，2004-2009

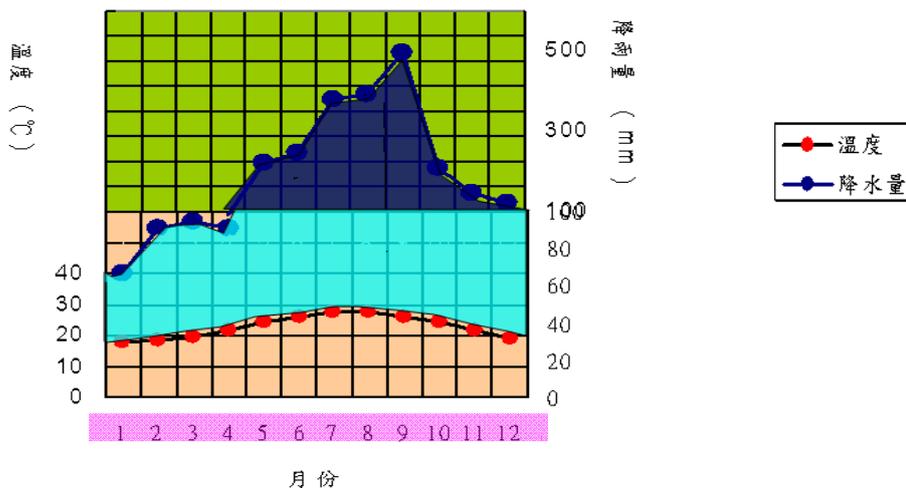


圖 3-2、富世氣象站氣候圖(2004-2009)

根據柯本氏之命名，各月最低月溫 18°C 以上，而各月雨量超過 60mm ，為熱帶多雨型氣候（引自劉崇瑞、蘇鴻傑，1983），從本研究之氣象資料來看，研究區較接近此型氣候。氣溫以七月、八月最高達 27.5°C 以上，偶因高溫產生之短期乾旱，因值雨季而獲紓解。五月至十月為雨季，以九月雨量最高近 500mm ，有利植物成長，且礦區位於立霧溪出海口南側，常吸收大量來自太平洋上空飄來之雲

層，雲層匯聚溼氣，常使植被獲得滋潤而利於成長，故亞泥新城山礦場植被復育除了盡人事外，並有適宜的天候與地利。

二、地形地質

新城山礦場地形西高東低，由新城山東北與東南兩個相連的山脊構成，而呈向東北出口之集水區，整體地形略呈中央低兩側高之地勢。礦區坡度以55~100%（六級坡）佔55.12%為最多，坡度>100%（七級坡）佔31.70%為次。礦區內溪溝陡急，河床乾涸且無太多沉積物，大多裸露出岩磬；礦區西南標高820m以上之石灰石分佈地區較陡峭，礦區東南側砂質片岩與片麻岩地區則地形較緩，常為風化粘土及植生所覆蓋。

新城山礦場地質主要以先第三紀大南澳群變質岩之石灰石（大理石）、綠色片岩、千枚岩、絹雲母片岩及片麻岩等構成，其中以石灰岩分佈佔全礦區面積 2/3。礦區內出露之岩層由鑑而上包括屬開南岡層片麻岩、長春層底部砂質片岩、綠色片岩與結晶石灰岩等，其中綠泥石片岩僅呈薄層分布，且局部有尖滅現象。岩層走向約呈東北—西南方向延伸。

本地區之地層屬均斜構造，大理岩礦床之成因係石灰岩經動力變質起再結晶作用而成，生成於先第三紀後期，大理石顏色呈淺灰至深灰色，結晶細料至中粒，石質緻密。礦床分為南北兩處，北處之結晶石灰岩賦存海拔 100 公尺以上地帶，地層走向大致 N18-45° E，向西北傾斜 18-45°，西側較陡為 45-68°，厚達 900 公尺。南處之石灰岩分佈於海拔 70-200 公尺之間，其上盤由片麻岩覆蓋，東南側傾沒沖積臺地，走向 N50-75° E，朝西北傾斜 15-40°。

第二節 研究流程及架構

本文實施流程，如圖3-3所示：

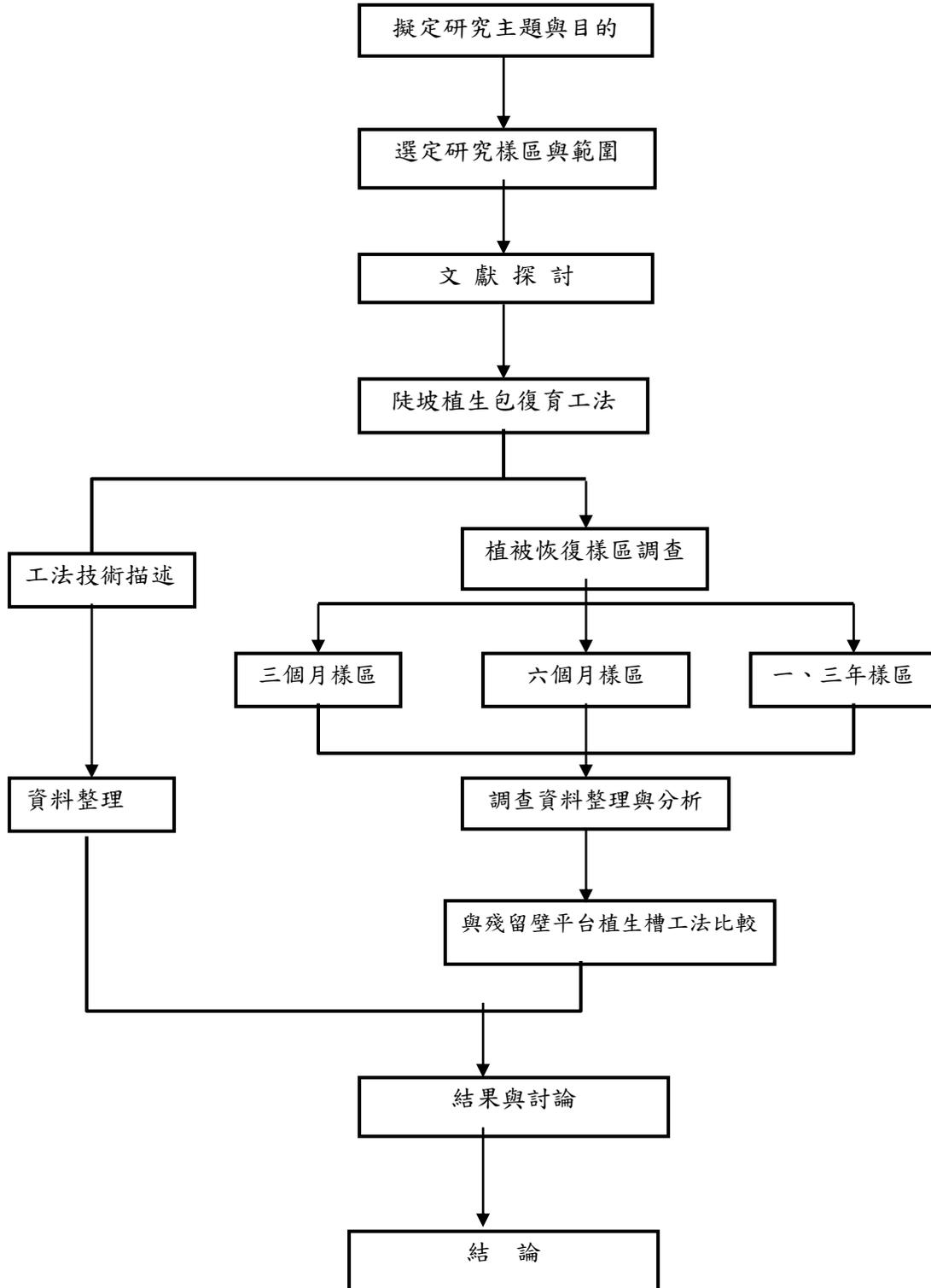


圖 3-3、研究流程圖

本文進行過程可分為計畫階段、選定研究樣區與範圍階段、植被恢復樣區調查與資料分析階段、撰寫論文等四個階段，茲將本文實施流程說明如下，整理如圖3-3所示：

一、計畫階段

依據研究動機與目的，蒐集國內外相關的書籍、期刊與論文等資料加以歸納整理，以瞭解本文之理論基礎與相關研究後，再與指導教授研討與修正，確立研究架構與方向。

二、選定研究樣區與範圍階段

確定研究主題後，依據本研究目的及相關文獻並確定正式的研究項目及選定研究樣區與範圍。

三、陡坡植生包復育工法樣區調查與資料分析階段

本研究之樣區為三個月、六個月、一年、三年等樣區進行調查，並於調查完成後，進行統計分析，將各樣區之資料輸入電腦，利用excel 6.0 版對所調查記錄之資料進行統計分析及探討。

四、論文撰寫階段

研究者依據資料分析之結果進行解釋以及綜合討論，將研究的結果歸納出結論，完成論文之撰寫。

第三節 研究方法

一、陡坡植生包復育工法

(一)、植生包

本文所指植生包，係為一個由塑膠線編織成的網袋(60 cm×50 cm，每袋裝土重量約 27-30 kg，網袋有 0.5 cm寬的網目) 見圖 3-4，內裝土壤來自礦區附近或礦區開採前之表土，因內含植物種子，故稱植生包，植生包透水，但土壤不會流失，草本種子可由網目萌芽長出，且可往下扎根。

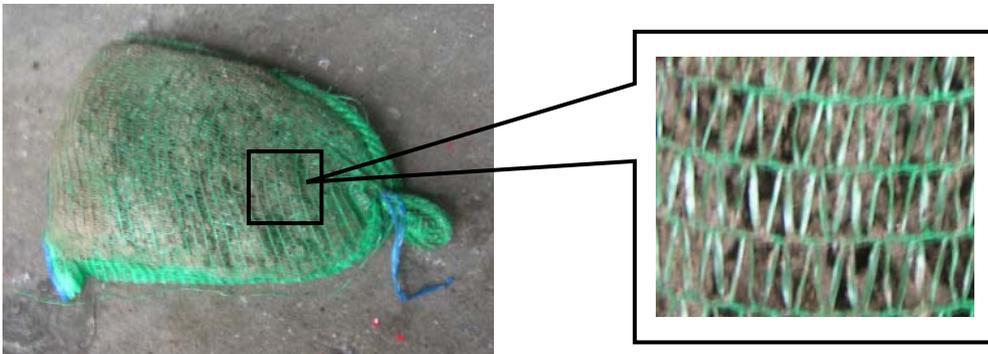


圖 3-4 植生包。

(二). 植生包用土與肥份

1. 植生包用土來源

取自古呂社山即礦區東側 1km 附近之林緣路旁或空地之表土，地表因荒置多年而形成草生地，其比鄰之林緣植被組成：

喬木樹種有山黃麻、構樹、血桐、蟲屎、野桐。灌木樹種為青芋麻、樹薯等。地被草本為大花咸豐草、牛筋草、車前草、兩耳草、大黍、小花蔓澤蘭、小花牽牛、蓖麻、姑婆芋、山芋等。

故植生包用土中含有上列植物種子或繁殖體，實為天然種源庫。

2. 植生包主要肥份

製作植生包使用之肥料為發酵過的乾豬糞，係與地方養豬場合作回收的豬糞，採用乾豬糞肥化客土，乾豬糞每年約用 3000 包，幫地方解決環保問題。乾豬糞經中央商檢局分析其主要肥分，氮 3.67%、磷 2.15%、鉀 0.18%。

(三)、施工法

1. 施工期間與規模：民國 95 年底進行至今，從 L5-427 段至 L5-305 段累計完成面積約 2 公頃。

2. 工法：

(1)首先在殘壁上採取預裂式平整炸法，使壁面平整，殘壁高度訂立 10 m，平台寬 4 m，上邊坡仰角 75°。

(2)將植生包搬運至殘壁現場，分批裝籃以捲揚機吊運至殘壁壁面，依吊運距離長短不同，每次約可吊運 30-48 包，再配合人工從殘壁壁角由下往上進行疊砌高 5m。

(3)當植生包進行疊砌至 5m 高時，為加強植生包疊砌之穩固，在殘壁 1/2 高度處，施打一排橫向密集鋼筋，每支鋼筋總長 60 cm，斜插 30 cm 深，間隔為 30 cm，以支撐殘壁上半部植生包的重量，再從鋼筋上方繼續往上疊砌至疊滿殘壁，使堆疊的植生包更加穩固，鋼筋可耐用 15 年以上。植生包疊砌完成後，如圖 3-6，經過一段時間，潛藏植生包土壤內的種子開始發芽成長，進而達到植被復育，水土保持，景觀美質等多項功能。

(4) 陡坡植生包復育工法流程如圖 3-5

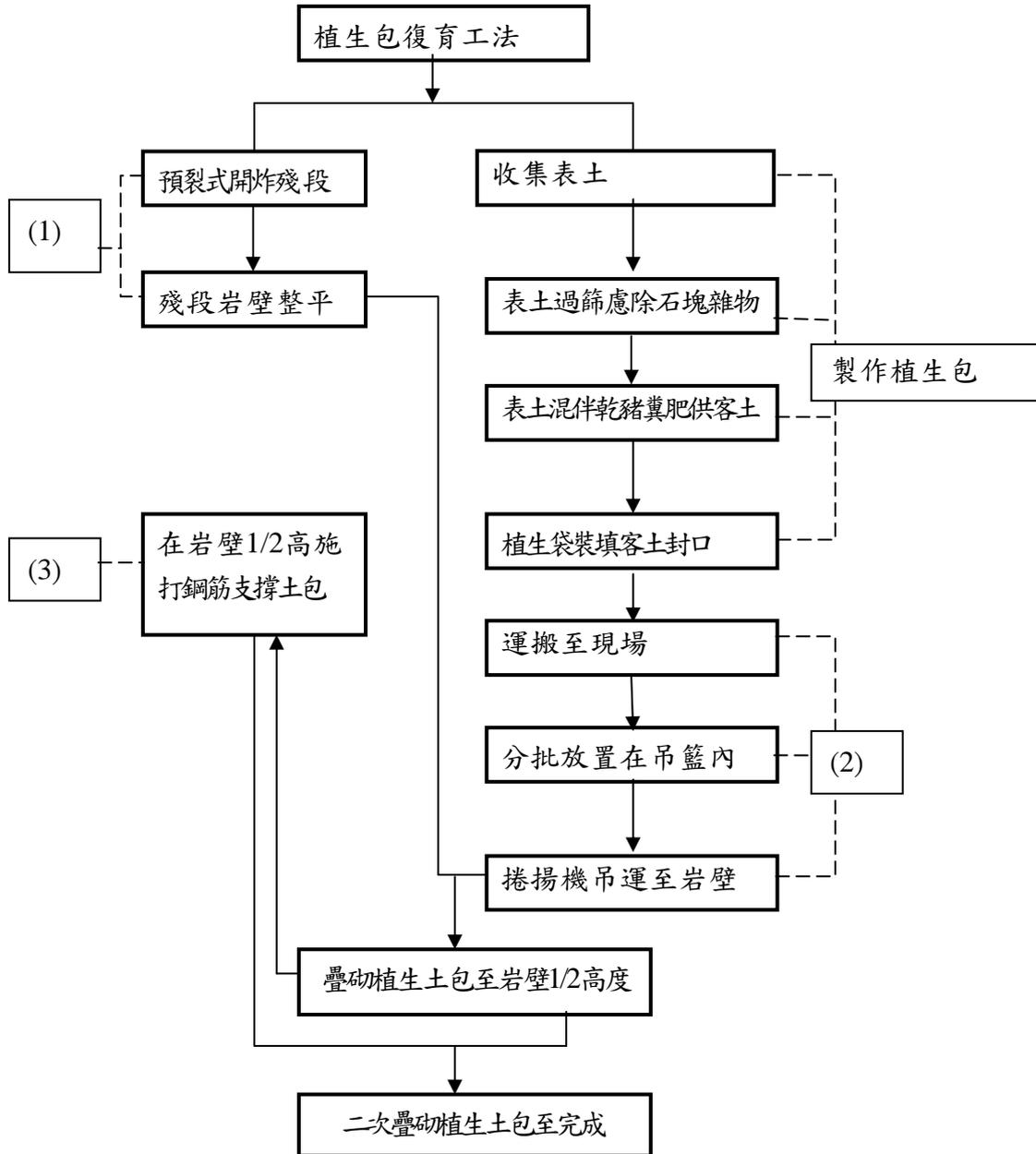


圖 3-5、亞泥礦場陡坡植生包復育工法流程圖

(5). 亞泥最終殘段陡坡植生包復育工法示意，如圖 3-6。

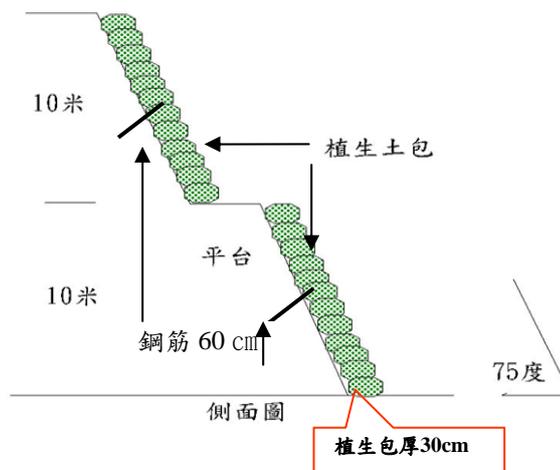


圖 3-6 殘壁植生包復育工法側面示意圖

二、植被調查方法

(一)、樣區設置

採多樣區法 (multiple-plot method) 於每個欲調查的採掘殘留跡坡面各設置 20 個連續 10 m × 2 m 的小樣方，綜合成一個面積為 400 m² 的樣區，符合亞洲東部亞熱帶地區常綠闊葉林最小面積 400-800 m² 的經驗值 (宋永昌, 2001)。在施工三個月、六個月、一年之坡面，各取樣 400 m²，三年樣區為一年樣區之延續，合計為 1200 平方公尺。採掘殘留跡坡面總面積 7650 平方公尺。取樣比為 16%。

(二)、調查項目

於三個月及六個月樣區調查植物種類、數量及覆蓋度，於一年及三年樣區調查植物種類、數量及覆蓋度外，對於木本植物調查其樹高、胸徑、密度、頻度等。

(三)、調查資料分析

計算及比較各樣區植物種類、覆蓋度，對一年及三年樣區木本植物計算其相對密度、相對頻度及相對優勢度。各介量計算方式如下：

相對密度 (Relative density) = 某植物之密度 / 所有植物密度之總和

相對頻度 (Relative frequency) = 某植物之頻度 / 所有植物頻度之總和

相對優勢度 (Relative dominance) = 某植物優勢度 / 所有植物優勢度總和

平均重要值指數 (IVI) = 相對密度 + 相對頻度 + 相對優勢度 / 3

相對覆蓋度 (Relative coverage) = 某植物覆蓋度 / 所有植物覆蓋度總和

藉由調查資料之分析以了解植被概況。

三、陡坡植生包復育工法與慣行殘留壁平台植生槽工法之比較

針對陡坡植生包復育工法與慣行殘留壁平台植生槽工法比較，項目包括成本、植被物種多樣性、植群結構及植被覆蓋等方面進行比較。

第四章 結果與討論

本章分為三節。第一節陡坡植生包復育工法技術的檢討，第二節為各樣區植被概況與復育成效，第三節為陡坡植生包復育工法與殘留壁平台植生槽工法之比較。

第一節 陡坡植生包復育工法技術的檢討

本工法技術分為植生包製做、吊運植生包、疊砌植生包。從採用小型挖土機快速裝填含天然種子之表土，每日可裝填約 600 個植生包。接著以捲揚機吊運，依距離長短不同可吊運約 30-48 包/次，可配合不同地形調整作業面。最後再以 2 人工一組沿殘壁下方平台處，由下往上平鋪交叉疊砌，增加穩固性。以 30 個植生包約可疊 1 m² 面積，600 個植生包約可疊砌面積約為 20 m²。

本工法在全區經莫拉克颱風（98/8）及芭瑪颱風（98/10），礦山十天內累積雨量約 1,300 公厘考驗，邊坡無崩塌且植被未受損傷，顯示植生包工法穩固邊坡的優點。陡坡植生包復育工法優、缺點分析如表 4-1。

表 4-1、陡坡植生包復育工法優、缺點分析表

| | 優點方面 | 缺點方面 |
|---|--------------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 施工後，遮蔽陡坡效果能快速達成，且景觀美質效果大。 | 施工成本較高，難全面取代慣行之殘留壁平台植生槽工法。 |
| 2 | 因陡坡疊植生包，使植生面積增加，可攔截及涵養的水更多，故水土保持功效大。 | 植生包重達近 30 公斤，作業時，全靠人工進行疊砌，因此較費工。 |
| 3 | 植生面積增大，將可容納更多的植被，增加覆蓋面積。 | |
| 4 | 土層較噴漿工法厚，保水保肥性較高，有利木本植物成長。 | |
| 5 | 植生包可藉由吊運作業進行邊坡植生，能克服不便車輛搬運地形之限制。 | |

第二節 植生包復育工法實施後3個月、6個月、1年及3年之植被

本節以3個月樣區、6個月樣區之植被物種多樣性及覆蓋度；1年樣區及3年樣區之植被物種多樣性及木本植物各項介量加以描述，最後再以各樣區之覆蓋度、草本物種、木本物種及其相對優勢度加以比較，以了解陡坡植生包復育工法之植被復育情形。

一、3個月樣區

樣區位於採掘殘留平台 L5-377 階段，2008 年 4 月完工，2008 年 7 月進行野外取樣調查。

(一) 植被物種多樣性

由於有適宜的溫度雨水滋潤下，及植生包所含的沃土，使在3個月樣區植物種子多已萌發生長，此期間，可辨識出木本植物幼苗有山黃麻、血桐、蟲屎、野桐、白孢子、銀合歡、食茱萸、構樹、小葉桑、山芙蓉、青芋麻、密花芋麻、羅氏鹽膚木計 13 種及草本紫花霍香薊、台灣澤蘭、大花咸豐草、金腰箭、野茼蒿、小花蔓澤蘭、刀傷草、昭和草、苦苣菜、紫背草、馬唐、大黍、棕葉狗尾草、香附子、象草、兩耳草、牛筋草、地毯草、狗尾草、芒稗、紫花酢醬草、睫穗蓼、野萹、洋洛葵、小葉冷水麻、葉下珠、山苦瓜、大飛揚草、夏堇、紅花野牽牛、車前草、臭杏、火炭母草、姑婆芋、雙輪瓜、馬利筋、克菲亞草、倒地蜈蚣、龍葵、乞食碗、台灣何首烏、青葙、三角葉西番蓮、狗尾草、小飛揚草、揚波、蓖麻、含羞草、燈籠草、葎草、木瓜、毛西番蓮、刺莧、葶藶、通泉草、草木樨、蕃茄、金午時花、山芋、田菁計 60 種。木本植物約 5 公分高，草本植物成長約 30-45 公分高。植被成長已初具成效如圖 4-1。

草本植物種類雖多，但多為一年生陽性之菊科及禾本科植，假以時日上述木本植物將成優勢而草本植物勢微。

(2) 覆蓋度

本樣區以草本植物生長最快速，覆蓋度總合為 75.50%，以牛筋草 46.20% 最優勢，次為刺莧 15.40%、大花咸豐草 8.20%，木本植物初期成長較慢，植株小，覆蓋度較低，其中僅以山黃麻略為顯著如表 4-2。

表 4-2 三個月樣區植物覆蓋度表

| 物種名稱 | 覆蓋度 (%) |
|---------|---------|
| 牛筋草 | 46.20 |
| 刺莧 | 15.40 |
| 大花咸豐草 | 8.20 |
| 山黃麻(木本) | 2.00 |
| 紫花藿香薊 | 2.05 |
| 龍葵 | 1.15 |
| 揚波(木本) | 0.25 |
| 含羞草 | 0.25 |
| 總覆蓋度 | 75.50 |



圖 4-1、三個月樣區植被生長情形

二、6 個月樣區

樣區位於採掘殘留平台 L5-397 及 L5-387 階段，2007 年 1 月完工，2008 年 7

月進行野外取樣調查。

樣區外觀植被茂密，總覆蓋度已達 100%。

(一) 植物物種多樣性

在 6 個月樣區植被生長茂密。木本植物有青苧麻、山芙蓉、山黃麻、密花苧麻、馬桑、構樹、水麻、銀合歡、小葉桑、蟲屎、野桐計 11 種。草本植物有大花咸豐草、昭和草、茵陳蒿、小花蔓澤蘭、紫花藿香薊、加拿大蓬、苦苣菜、野苧蒿、大黍、剛莠竹、五節芒、白背芒、馬唐、棕葉狗尾草、象草、兩耳草、芒稷、葎草、車前草、龍葵、扛板歸、小葉灰藿、山苦瓜、揚波、球蕨、臭杏、刺莧、洛葵、乞食碗、麟蓋鳳尾蕨、小毛蕨、波葉山馬蝗、草木樨、冇骨消、火炭母草、小葉冷水麻計 36 種。

木本植物高約為 1-1.2 公尺，草本植物高約 1 公尺，已形成茂密的草生地。木本植物持續長高，草本植物多已開花結果，植被覆蓋茂密，樣區內有許多蝴蝶飛舞，景觀生態豐富如圖 4-2。

(二) 覆蓋度

本樣區以草本植物生長最快速，覆蓋度總合為 104.6%，顯示有多層次之覆蓋，覆蓋度以大花咸豐草 39.75% 最高，次為龍葵 18.75%、葎草 15.50%，木本植物以構樹 6.25% 最高，次為青苧麻 5.25%，為日後植被主要組成樹種如表 4-3。

表 4-3、六個月樣區植物相對覆蓋度表

| 物種名稱 | 覆蓋度 |
|----------|--------|
| 大花咸豐草 | 39.75 |
| 龍葵 | 18.75 |
| 葎草 | 15.50 |
| 揚波 (木本) | 8.75 |
| 構樹 (木本) | 6.25 |
| 青苧麻 (木本) | 5.25 |
| 冷水麻 | 5.00 |
| 野苧蒿 | 2.40 |
| 山黃麻 (木本) | 2.00 |
| 紫花藿香薊 | 1.75 |
| 茵陳蒿 | 1.25 |
| 總覆蓋度 | 104.6% |



圖 4-2 六個月樣區植被生長情形

三、1 年樣區

樣區位於採掘殘留平台 L5-367、L5-377 階段，2007 年 5 月完工，2008 年 7 月進行野外取樣調查。

樣區外觀木本植被茂密，總覆蓋度已超過 100%。

(一) 植被物種多樣性

在 1 年樣區植被生長茂密。木本有構樹、青芋麻、山黃麻、銀合歡、血桐、野桐、山芙蓉、小葉桑等 8 種。草本有大花咸豐草、紫花藿香薊、昭和草、小花蔓澤蘭、棕葉狗尾草、剛莠竹、牛筋草、兩耳草、大黍、五節芒、台灣葛藤、龍葵、菸草、山苦瓜、冇骨消、海金沙、扛板歸、揚波、野牽牛、火炭母草、小毛蕨、球蕨、蓖麻、月桃、山芋、臭杏、等 26 種。

木本植物平均約 2.12 公尺高，最高單株為構樹達 4 公尺高，次為山黃麻達 3.5 公尺高、青芋麻達 3 公尺高如圖 4-3。植被呈密林狀態，植被總覆蓋度達 135%。地被一年生草本植物在演替後，於密林下多已乾枯腐朽成腐植質，僅有少數零星植株分佈其中如圖 4-4。

木本植被物種組成與陳玉峰（1991）調查之次生植被如密花芋麻 — 五節芒社

會、血桐社會、九芎—五節芒社會、構樹社會等相似。顯示一年樣區植被恢復達次生林狀態。

(二) 1 年樣區木本植物各項介量

1 年樣區相對密度以構樹最高，次為青苧麻、山黃麻。相對頻度以構樹最高，次為青苧麻、銀合歡。相對優勢度以構樹最高，次為青苧麻、山黃麻。IVI 指數以構樹最高，次為青苧麻、山黃麻。顯示本區植被概況以構樹為優勢樹種的次生林，其灌木層的主角為青苧麻，伴生樹種皆為陽性的先驅樹種如山黃麻、銀合歡、血桐、野桐、山芙蓉、小葉桑等如表 4-4。總體而言，物種雖減少但覆蓋度、樹高、植相皆令人滿意。

表 4-4 1 年樣區木本植物各項介量表

| 樹名 | 頻度 | 出現的區數 | 總區數 | 相對頻度 | 相對密度 | 相對優勢度 | IVI 指數 |
|-----|------|-------|-----|---------|---------|---------|---------|
| 構樹 | 100% | 20 | 20 | 27.03% | 30.34% | 49.17% | 35.31% |
| 青苧麻 | 100% | 20 | 20 | 27.03% | 45.72% | 32.53% | 35.09% |
| 山黃麻 | 30% | 6 | 20 | 8.11% | 16.03% | 14.52% | 12.89% |
| 銀合歡 | 75% | 15 | 20 | 20.27% | 4.49% | 0.91% | 8.56% |
| 山芙蓉 | 25% | 5 | 20 | 6.75% | 1.50% | 0.94% | 3.06% |
| 血桐 | 30% | 6 | 20 | 8.11% | 1.50% | 1.77% | 3.79% |
| 野桐 | 5% | 1 | 20 | 1.35% | 0.21% | 0.15% | 0.57% |
| 小葉桑 | 5% | 1 | 20 | 1.35% | 0.21% | 0.02% | 0.53% |
| | 370% | | | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |

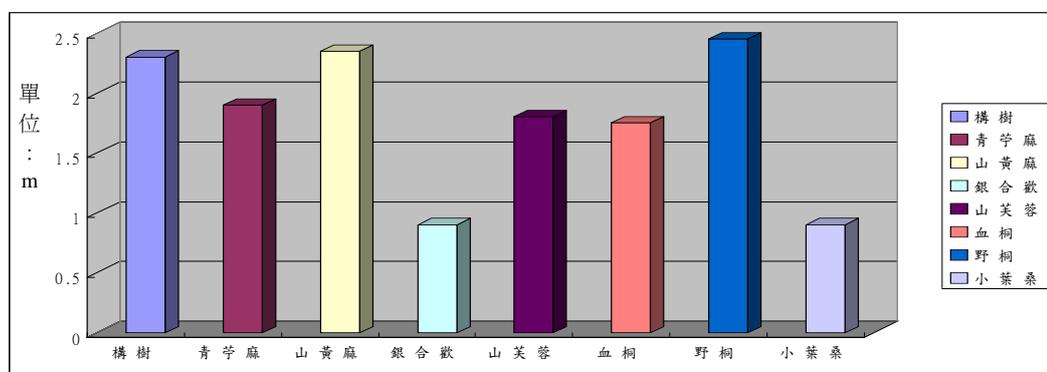


圖 4-3 木本植物成長 1 年平均高度



圖 4-4 一年樣區植被生長情形

四、三年樣區

樣區位於採掘殘留平台 L5-367、L5-377 階段，2007 年 5 月完工，2010 年 8 月進行野外取樣調查。本樣區為原來 1 年樣區之延續。

樣區外觀木本植被茂密，覆蓋度已超過 100%。

(一)、植被物種多樣性

在 3 年樣區植被生長扶疏。木本植物包括喬木山黃麻、山芙蓉、羅氏鹽膚木、血桐、野桐、蟲屎、構樹、銀合歡等及灌木青苧麻、密花苧麻、小葉桑、杜虹花等 12 種。草本有大花咸豐草、小花蔓澤蘭、白花藿香蓟、棕葉狗尾草、剛莠竹、兩耳草、大黍、五節芒、白背芒、象草、芒稷、地毯草、台灣葛藤、賽芻豆等、海金沙、麟蓋鳳尾蕨、小毛蕨、生根卷柏、月桃、長穗木、姑婆芋 21 種。木本植被產生林隙使地被草本植物恢復茂密。

木本植物平均約 2.48 公尺高，與一年樣區平均樹高 2.12 公尺高，相差不大，可能受限於植生包土壤厚度 30cm，無法提供更充裕的養份、水份

有關。本區平均樹高 3 公尺以上者有山黃麻 3.25 公尺、羅氏鹽膚木 3.7 公尺、野桐 3.25 公尺、銀合歡 3.14 公尺如圖 4-5。最高單株為銀合歡達 4.7 公尺高，次為山黃麻達 4.5 公尺高。銀合歡從鄰近區域播遷而來，為豆科樹種，耐旱、耐貧瘠、生長勢強、分蘖性高、種子壽命長等，成為優勢樹種，此與李佩怡 (2007) 殘留壁平台植生槽工法一年之結果相似。

總覆蓋度平均為 143%，植被外觀為複層林 (如圖 4-6)。山黃麻是一種嗜陽且生長快速的低海拔次生林先驅樹種，樹高常可達 7 公尺以上，在樣區內之山黃麻最高單株為 4.5 公尺，由於生長在陡坡且植生包土壤僅 30cm 厚，且石灰石地區多不保水，水分亦因滲漏而流失，諸多不利成長因素，然植生包可截留雨水，減緩水流失而供陡坡植物成長，此類大喬木將來能否繼續快速成長大樹，其後續生長有待觀察。目前山黃麻取代了較不耐陰之構樹及青芋麻，產生之林隙，將有利附近天然林天然下種及天然更新，樣區位置海拔 500 公尺以下，未來植被是否朝楠榕林方向演替，有待後續研究。

本樣區植生包之 PE 網袋，經自然風化作用後，已經分解破裂，而被草本層、灌木層及喬木層等植被所層層覆蓋，發揮穩固土層及水土保持功效。

(二)、木本植物各項介量

3 年樣區相對密度以山黃麻最高，次為青芋麻、構樹。相對頻度以山黃麻最高，次為青芋麻、構樹。相對優勢度以最高山黃麻，次為構樹、銀合歡。IVI 指數以山黃麻最高，次為構樹、青芋麻。顯示本區植被概況是以山黃麻為優勢樹種的次生林，其灌木層的主角為青芋麻，伴生樹種亦皆為陽性的先驅樹種如血桐、銀合歡、山芙蓉、小葉桑等如表 4-5。

表 4-5 3 年樣區木本植物各項介量表

| 樹名 | 頻 度 | 出現的區數 | 總區數 | 相對頻度 | 相對密度 | 相對優勢度 | IVI 指數 |
|-------|------|-------|-----|--------|--------|---------|---------|
| 山黃麻 | 100% | 20 | 20 | 18.87% | 45.00% | 67.60% | 43.82% |
| 構 樹 | 90% | 16 | 20 | 16.96% | 11.00% | 17.30% | 15.09% |
| 青芋麻 | 95% | 17 | 20 | 17.92% | 17.00% | 2.10% | 12.34% |
| 銀合歡 | 70% | 13 | 20 | 13.21% | 8.00% | 4.30% | 8.50% |
| 血 桐 | 60% | 10 | 20 | 11.32% | 6.00% | 3.30% | 6.87% |
| 山芙蓉 | 40% | 8 | 20 | 7.55% | 5.00% | 3.20% | 5.25% |
| 小葉桑 | 30% | 5 | 20 | 5.66% | 3.00% | 0.40% | 3.02% |
| 羅氏鹽膚木 | 15% | 3 | 20 | 2.83% | 2.00% | 1% | 1.94% |
| 密花芋麻 | 10% | 2 | 20 | 1.89% | 2.00% | 0.10% | 1.20% |
| 野 桐 | 10% | 2 | 20 | 1.89% | 0.70% | 0.40% | 1.00% |
| 杜虹花 | 5% | 1 | 20 | 0.94% | 0.40% | 0.20% | 0.51% |
| 蟲 屎 | 5% | 1 | 20 | 0.94% | 0.30% | 0.10% | 0.45% |
| | 530% | | | 100% | 100% | 100.00% | 100.00% |

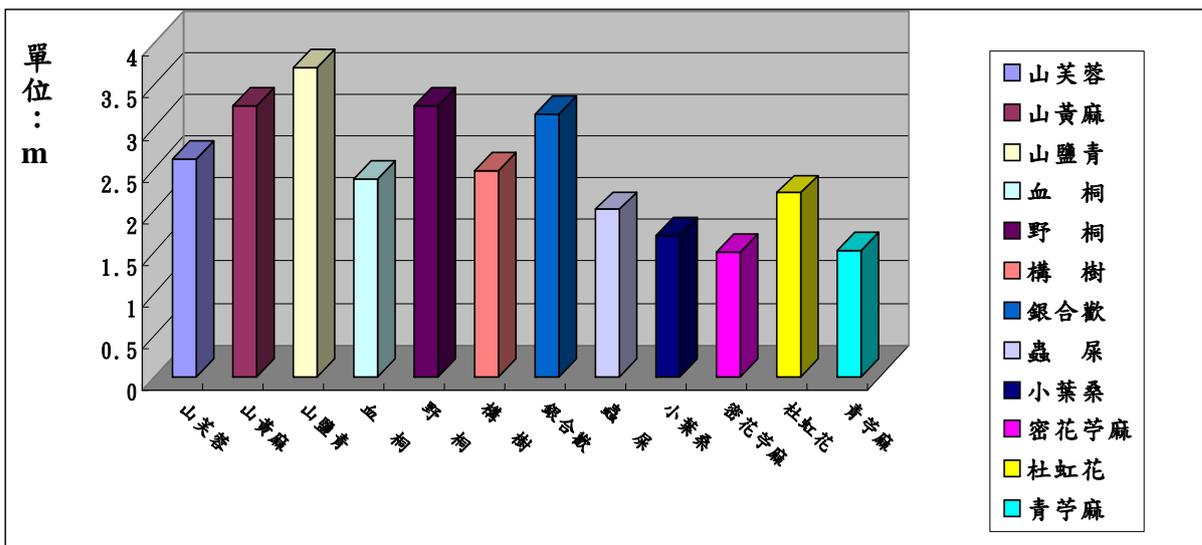


圖 4-5、三年樣區木本植物成長平均高度



圖 4-6 三年樣區植被生長情形

五、植生包復育工法施工後三個月、六個月、一年及三年之植被比較

比較施工三個月、六個月、一年及三年植被樣區：覆蓋度以六個月、一年及三年樣區較佳。植被物種以三個月樣區最多，次為六個月樣區，一年及三年樣區，木本植物與本植物互有增減，然物種總數相差不大；在一年樣區植被經一年時間成長，多數草本植物已被木本植物演替取代；從相對優勢度來看，一年樣區之木本植物成為優勢種，植被外觀已形成次生林的雛型，施工三年後，植群以山黃麻等先驅樹種為主並達複層林最佳。如表 4-6。

表 4-6 陡坡植生包復育工法植被三個月、六個月、一年及三年之比較表

| 項目 | 三個月 | 六個月 | 一年 | 相對 優勢度 | 三年 | 相對 優勢度 |
|---------|----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1. 覆蓋度 | 75% | 100% | 135% | | 143% | |
| 2. 草本物種 | 60 種 | 36 種 | 26 種 | | 21 種 | |
| 3. 木本物種 | 13 種 | 11 種 | 8 種 | | 12 種 | |
| | (幼苗 5cm) | (幼苗 1m) | (樹高 2.1m) | | (樹高 2.5m) | |
| 4. 木本種類 | 構樹 | 構樹 | 構樹 | 49.17% | 山黃麻 | 67.60% |
| | 青苧麻 | 青苧麻 | 青苧麻 | 32.53% | 構樹 | 17.30% |
| | 血桐 | 山黃麻 | 山黃麻 | 14.52% | 銀合歡 | 4.30% |
| | 山黃麻 | 蟲屎 | 血桐 | 1.77% | 血桐 | 3.30% |
| | 蟲屎 | 銀合歡 | 山芙蓉 | 0.94% | 山芙蓉 | 3.20% |
| | 銀合歡 | 山芙蓉 | 銀合歡 | 0.91% | 青苧麻 | 2.10% |
| | 野桐 | 野桐 | 野桐 | 0.15% | 羅氏鹽膚木 | 1% |
| | 小葉桑 | 小葉桑 | 小葉桑 | 0.02% | 小葉桑 | 0.40% |
| | 食茱萸 | 馬桑 | | | 野桐 | 0.40% |
| | 山芙蓉 | 水麻 | | | 杜虹花 | 0.20% |
| | 密花苧麻 | 密花苧麻 | | | 密花苧麻 | 0.10% |
| | 白匏子 | | | | 蟲屎 | 0.10% |
| | 羅氏鹽膚木 | | | | | |
| 4. 植被外觀 | 草地 | 草地 | 次生林 | | 複層林 | |

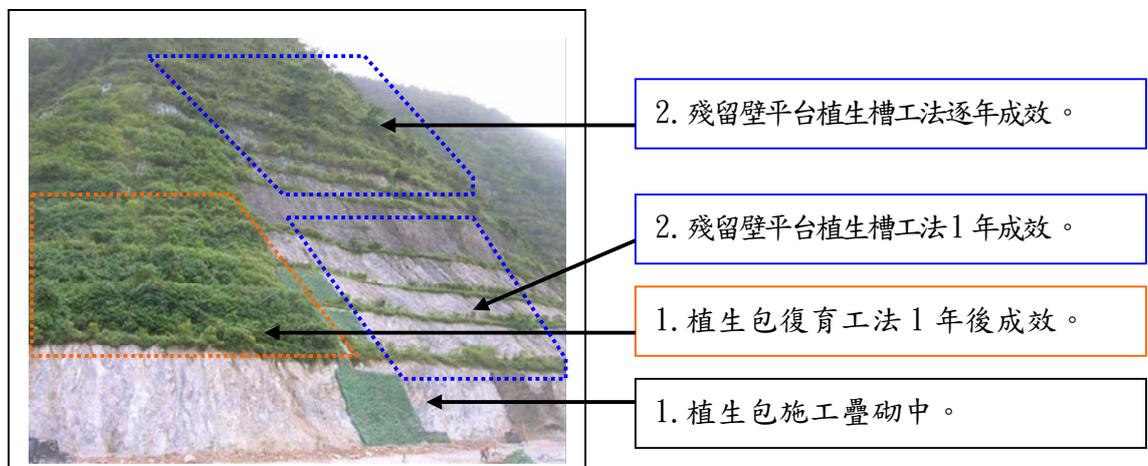
第三節 殘留壁平台植生槽工法與陡坡植生包復育工法之比較

以慣行之殘留壁平台植生槽工法和陡坡植生包復育工法，在施工後一年作比較，比較項目包括成本、植被物種多樣性及植群結構（李佩怡，2007）及植被覆蓋如表 4-7。

表 4-7 殘留壁平台植生槽工法與陡坡植生包復育工法一年成效分析表

| 工法 | 殘留壁平台植生槽工法 | 陡坡植生包復育工法 |
|---------|---|--|
| 植生方式 | 苗木栽植 | 植生土包種子庫 |
| 成本 | 價格便宜，單價 388 元/ m ² ，以時間換取成效。 | 採捲揚機作業，價格貴，單價 1200 元/ m ² ，以金錢換取時間。目前改以挖土機吊運土包，費用降低為單價 600 元/ m ² 。 |
| 植被物種多樣性 | <p>木本植物 33 種，草本植物 30 種。</p> <p>木本植物有樟葉槭、青楓、羅氏鹽膚木、台灣馬桑、桉木、茄苳、細葉饅頭果、血桐、野桐、細葉蚊母樹、台灣肉桂、相思樹、銀合歡、九芎、烏心石、山芙蓉、構樹、垂榕、榕樹、小葉桑、肯氏蒲桃、白雞油、食茱萸、無患子、大葉溲疏、通條樹、紅皮、山黃麻、朴樹、青芋麻、密花芋麻、杜虹花、駁骨丹 33 種，多為人工種植。</p> <p>草本植物有鱗蓋鳳尾蕨、小毛蕨、密毛小毛蕨、非洲鳳仙花、紫花藿香薊、茵陳蒿、大花咸豐草、大頭艾納香、加拿大蓬、野苧蒿、田代氏澤蘭、台灣澤蘭、小花蔓澤蘭、苦苣菜、苦滇菜、一枝香、紅花野牽牛、三角葉西番蓮、串鼻龍、雞屎藤、龍葵、台灣蘆竹、剛莠竹、五節芒、象草、甜根子草、白背芒、月桃、漢氏山葡萄、禿懸鈎子 30 種。</p> | <p>木本植物 8 種，草本植物 26 種。</p> <p>木本植物為當地天然之優勢種有構樹、青芋麻、山黃麻、銀合歡、血桐、野桐、山芙蓉、小葉桑。</p> <p>草本植物有大花咸豐草、紫花藿香薊、昭和草、小花蔓澤蘭、棕葉狗尾草、剛莠竹、牛筋草、兩耳草、大黍、五節芒、台灣葛藤、龍葵、菸草、山苦瓜、有骨消、海金沙、扛板歸、駁骨丹、小花牽牛、火炭母草、小毛蕨、球蕨、蓖麻、月桃、山芋、臭杏、等 26 種。</p> |
| 植群結構 | 喬木類有血桐、九芎、山黃麻等為大宗。灌木類為山芙蓉、野桐。 | 喬木類有山黃麻、構樹、血桐。灌木類為青芋麻、山芙蓉。 |
| 植被覆蓋 | 1 年後喬木成長高度達 2.5m 以上，覆蓋面呈帶狀，岩壁遮蔽略見成效。 | 1 年後喬木成長高度達 2.12m，植被覆蓋率達 100%，呈密林狀態。 |

從上表所述，成本方面以殘留壁平台植生槽工法之單價為 388 元/ m² 較便宜。就植被物種多樣性而言，以殘留壁平台植生槽工法之木本植物 33 種, 較陡坡植生包復育工法木本植物 8 種多, 主因為殘留壁平台植生槽工法人工種植樹苗物種多，而陡坡植生包復育工法物種來源為天然土壤種子庫，物種較少。植群結構方面殘留壁平台植生槽工法之喬木類為血桐、九芎、山黃麻等為優勢；而陡坡植生包復育工法山黃麻、構樹、血桐為優勢，兩種工法相同的物種有山黃麻、血桐、山芙蓉，顯示天然植被物種差異並不大。植被高度方面，殘留壁平台植生槽工法之木本植物，因為採人工種植苗木且苗木在苗圃已經培養 1 米以上之高度，故其木本植物平均略高於陡坡植生包復育工法。但陡坡植生包工法之植被覆蓋率達 100%，呈密林狀態，顯然優於殘留壁平台植生槽工法甚多。陡坡植生包復育工法雖較貴，但能收到立竿見影之效，而殘留壁平台植生槽工法，雖然需時較久但較便宜，因此，兩種工法都會繼續進行，其實際對照如圖 4-6。



4-7 殘留壁平台植生槽工法與陡坡植生包復育工法之實際成效對照

第五章 結論與建議

第一節 結論

本章針對亞泥岩壁陡坡植生包復育工法的執行，探究植被恢復的成效，依施工後不同時期，設調查樣區 3 個月、6 個月、1 年後及 3 年後的組成與結構，探討植被恢復之成效，獲得以下幾項結論：

一、陡坡植生包植生復育工法

(一)、礦場採掘跡之陡坡坡度達 70°，腹地狹小，植生復育以穩固邊坡水土保持為設計重點，採用植生包復育工法具水保、邊坡穩固又能達到植被復育等多項功能，

然而本工法成本高是缺點，可再研發其他較低成本又快速綠化工法。

(二)、本工法在全區經 2009 年 8 月莫拉克颱風及同年 10 月的芭瑪颱風來襲，礦山十天內累積雨量約 1,300 公厘考驗，邊坡無崩塌且植被未受損傷，顯示植生包工法穩固邊坡的優點。

二、陡坡植生包復育工法植被

(一)、本工法在三個月樣區植物種子多已萌發生長，此期間，可辨識出木本植物 13 種及草本 60 種。六個月樣區總覆蓋度達 100%，樣區內有許多蝴蝶飛舞，景觀生態豐富。一年樣區植群自行演替成以先驅樹種為主的次生林，植被優勢物種以構樹、青苧麻及山黃麻最優勢，三年樣區植被以山黃麻為最優勢物種，取代了較不耐陰之構樹及青苧麻，產生之林隙，將有利附近天然林天然下種及天然更新，樣區位置海拔 500 公尺以下，未來植被可能朝楠榕林方向演替。

(二)亞泥多年來從事礦區植被復育，就復育之程度而言，陡坡植生包復育工法樣區內之植被組成，多為礦區內次生林陽性的先驅樹種如構樹、山黃麻、血桐、野桐、山芙蓉、小葉桑等；而取之蘊含豐富種子庫之表土植生包進行植被復育，

不需額外種植草木，就能復育良好天然植被，且植被組成物種與原來的表土來源之天然林植被物種多相同。植生包復育工法的復育精神與宮脇造林法利用潛在植被創造天然林的精神相同。在植群生態系恢復程度為復育（restoration）。

據SER(2004)所言，生態復育為將受損或被破壞之生態系試圖回到該生態系歷史軌跡的歷程。通常在極度破壞後的生態系很難回復到原來的狀態，亞泥礦場採用植生包復育工法，以維護礦場自然生態景觀，產生自然次生林，為回到原來生態系歷史軌跡的某個點，且植被覆蓋與生態功能皆有相當程度之回復。

三、礦區整復的資源再造與利用

研究者經文獻探討，參究礦區環境背景不一，各國對植被整復的資源再造與利用各不相同，在國外有布查花園提供觀光休閒，中國為復墾除了注重生態也兼植蔬果以利民生，國內因多山為注重水土保持及景觀生態，植被復育盡量回復原狀或應有的覆蓋，減少裸露及增加礦場邊坡之安全。雖作法不一，國內礦場也可考慮進一步朝觀光、解說教育、生態保育等多元化經營。

從以上結論，分別對從事礦區植被復育工作提出下列建議：

第二節 建議

一、植被復育監測

近年來採用衛星影像結合NDVI(常態化植生指標)分析，研究礦區植被復育成效，了解植生生長情況（張惠珠、張成華、李光中，2008），不但能監測植物的生長情況，也同時可監測地表裸露變遷的情形，此作法可提供於亞泥進行追蹤植被復育成效參考。

二、後續研究

(一)、環保策略

礦區良好的植生復育，可以提昇企業在國際上的競爭力，因此，可針對植生復育後之減碳議題，進行相關研究可行性，以了解環保成效，提升環境品質，持續為地球減碳工作努力。

(二)、植被復育理論案例研究

在台灣，礦場屬於較特殊的開發環境，礦場內因不同立地條件採用不同復育工法及復育目標，宜以復育 (Restoration)、整復 (Reclamation)、修復 (Rehabilitation)、復植 (Revegetation) 和重建 (Reconstruction) 等詞彙來加以區分，並以復育目標的是否達成，評估礦場復育的成效。

從本文中，已了解到亞泥礦場植被復育，在陡坡植生包復育工法程度上已達復育 (Restoration) 的程度；而在採用階段平台植生槽工法之復育程度可界定為整復 (Reclamation) 的程度。然而在修復 (Rehabilitation)、和重建 (Reconstruction) 等方面，仍缺乏研究實例供參考，實有賴學界朝此方向研究，藉由分析復育工法及復育目標等加以界定，提供更多的案例研究，將有利於實務上的應用及相關環境規劃參考。

參考文獻

一、中文部分

王任卿、藤原一繪、由海梅(2002)。用鄉土樹種重建當地森林—宮脇森林重建法介紹。植物生態學報。26：133-139 頁。

王鑫等(2006)。台灣劣化土地環境(採礦跡地)之鑑定，整治及復育策略研究(I)。國科會研究計畫報告。

白中科、趙景陸、朱蔭湄(1999)。試論礦區生態重建。自然資源學報，14(1)，35-41 頁。

呂光洋(1999)。生態系重建及棲地復原。生物多樣性訓練保育論文集：111-117 頁。

宋永昌(2001)。植被生態學。上海：華東師範大學出版社。

何恆張(1989)。環境保護措施簡介。亞洲水泥公司。

李川普、白中科(2000)。露天煤礦土地復墾與生態重建。科學出版社。

李佩怡(2007)。礦區採掘殘留平台植被恢復之研究—以亞洲水泥新城山礦場為例國立花蓮教育大學生態與環境教育研究所碩士論文。

金恆鑣等譯，2007。生態學概念與應用第三版。台北市：麥格羅希爾。

林信輝(1980)。新城山礦區水土保持植生試驗。中興大學水土保持系研究。

林信輝(1993)。石灰石礦區植生復育之研究(II)。國科會研究計畫(NSC82-0409-B005-063)。

林信輝(1994)。石灰石礦區植生復育之研究(III)。國科會研究計畫(NSC83-0409-B005-082)。

林信輝(1994)。石灰石礦區植生工法與礦區植物。經濟部礦業司。

洪富文、邱創益(1992)。和平水泥專業區綠帶及廠區植生復舊之研究期末報告。經濟部工業局台灣省林業試驗所。

- 林文智等 (2004)。台灣南部多納真闊葉林土壤種子庫與森林更新。台灣林業科學 19(1)：33-42 頁。
- 林蚊嬪 (1987) 地表採礦區景觀復育之研究-以三義地區陸上砂石開發計畫為例。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。
- 邱創益、陳慶雄、謝杉舟 (1992)。和平水泥專業區綠帶及礦區植生復舊之研究。經濟部工業局。
- 邱創益 (1996)。台泥和平石礦場植生試驗。國立屏東技術學院水保系教授。
- 邱創益 (2003)。陡峭岩壁與礫石層之生態綠化技術。泥岩生態工法研討會論文集。25-53 頁。
- 邱創益 (2005)。水土保持計畫與技術規範之實務分析講習會論文輯，行政院農委會水保局。
- 桃園縣政府 (2008)。坡地植生工程與資材應用手冊。桃園縣政府出版。
- 馬彥卿(1999)。礦山土地復甦與生態恢復。有色金屬。51(3)。
- 張小全、侯振宏 (2003)。森林退化、森林管理、植被破壞和恢復的定義與碳計量問題。林業科學。39(4)。
- 張育誠(1995)。花蓮亞泥新城山礦場植生復舊現場報導。大自然季刊，95-99。
- 張信寶 (2004)。造林困難地區植被恢復的科學檢討及建議。人民長江。35(10)。
- 張厚華、傅德志、孫谷疇 (2004)。森林植被恢復重建的理論基礎 北京林業大學學報。26(1)。
- 張惠珠、張成華、李光中 (2008)。禁採補償之礦區資源復育監測計畫。太魯閣國家公園管理處委託研究報告。
- 張雅娟(2003)。礦業山城的歷史記憶與生活空間研究—金瓜石紀實。南華大學環境與園藝研究所碩士論文。
- 郭幸榮(2005)。森林生態復育之理論與實例。台灣林業 31(1)：46-54 頁。
- 郭城孟 (1992)。生態綠化與潛在植被。造園季刊，11：40-41 頁。

許玲玉(2002)。從地景保育的觀點探討大油坑停採礦區之再造利用。國立台灣大學地理環境資源研究所碩士論文。

許玲玉、盧築筠(2009)。礦區土地復墾與再利用。科學發展，440：38~45頁。

陳玉峰(1991)。花蓮縣新城山亞泥礦場採掘跡之生態綠化研究。亞洲水泥公司。

陳意昌、林信輝(2005)。礦區植生工法、生態綠化與棲地改善。礦區規劃開發與自然生態工法宣導會。經濟部礦務局。

黃文卿(2005)。國家公園舉辦大型休閒活動之效益評估—以太魯閣國家公園國際馬拉松及峽谷音樂節為例。內政部營建署太魯閣國家公園管理處自行研究報告。

黃瑞祥(1991)。花蓮縣新城山亞泥礦場採掘跡之生態綠化研究。亞洲水泥公司。

達良俊、許東新(2003)。上海城市“近自然森林”建設的嘗試。中國城市林業，(2)：17-20頁。

經濟部礦務局(2009)。建立水土保持示範礦場—礦區土地復育研究計畫 2/3。

楊懿如等(2009)。代表性生態系經營管理—礦業用地回收後生態復育計畫第一期。內政部營建署太魯閣國家公園管理處研究報告。

劉和義(1997)。墾丁國家公園植物生態。內政部營建署墾丁國家公園管理處出版。

劉海龍(2004)。採礦廢棄地的生態恢復與可持續景觀設計。生態學報，(2)：323-329頁。

劉崇瑞、蘇鴻傑(1983)。森林植物生態學。台北市：台灣商務印書館。62-71頁。

賴明洲(2006)。國土復育的基礎—植被復育的生態工程。永續校園環境規劃與生物棲地營建生態工程研討會，東海大學。

二、英文部分

Clements F. E. (1916). Plant succession, an Analysis of the Development of Vegetation, vol. 1. Carnegie Institution of Washington Publication, Washington.

FAO. (2002). Proceedings of Expert Meeting on Harmonizing Forest-related Definitions for Use by Various Stakeholders. Rome, 23-25, 1-48.

- Jackson, Laura L, Nikita Lopoukine, Deborah Hillyard (1995). Ecological restoration: a definition and comments. *Restoration Ecology*, 3(2): 71-75.
- Lund, H G. (2002). Review of published definitions of degraded forestland, devegetation and related terms and antonyms. Gainesville, VA: Forest Information Services.
- Major, J., Pyott, W.T., 1966. Buried, viable seeds in two California bunchgrass sites and their bearing on the definition of a flora. *Vegetatio* 13, 253-282
- Margus Pensa, Arne Sellin, Arne Luud and Ingo Valgma (2004). An Analysis of Vegetation Restoration on Opencast Oil Shale Mines in Estonia. *Restoration Ecology* Vol.12 No.2, pp.200-206.
- Miyawaki, A. & Golley, F. B. (1993). Forest reconstruction as ecological engineering. *Ecological Engineering*, 2, 333-345.
- Miyawaki, A. (2004). Restoration of living environment based on vegetation ecology: Theory and practice. *Ecological Research*, 19, 83-90.
- Thompson, K., Grime, J.P., 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology* 67, 893-921.
- Whitmore, T. C., 1983 Secondary succession from seed in tropical rain forest. *Forest Abstracts* 44(12) : 767-779。

三、網路部分

- google map (2008). 花蓮縣新城鄉。取自 <http://maps.google.com.tw>
- SER (2004). In *The SER International Primer on Ecological Restoration* (Section 10). Retrieved from 取自 <http://www.ser.org>
- 李宛澍(2007)。廢棄礦區再利用 生態復育帶來新生命。荒野溼地庇護中心。取自 <http://home.wetland.tw/refuge/center.htm>
- 維基百科(2008)。高雄半屏山。取自 <http://zh.wikipedia.org/wiki>

附錄

附錄一 捲揚機吊掛植生包作業

1. 捲揚機應用

捲揚機可以取代因環境特殊，交通不便之限制，將貨物吊掛搬運至指定位置，採用吊掛搬運方式可分為架空式、弧形架二種。本礦場採用架空式吊掛進行陡坡植生包疊砌作業。

2. 捲揚機

本礦場採用單槽式動力引擎捲揚機，捲筒規格為 57cm(W)*25cm(H)*180cm (π)，變速器為五段旋轉變速。捲揚機檔速操作視吊拉重量而定，配合側向吊索摺角 ($\angle 90^\circ$) 做為擺設捲揚機位置，以便目視觀測整個階段陡坡面之吊籃上下滑動情形，作業中應隨時注意橫索、縱索及其他配件摺角是否異常、吊索是否疲勞，如有異常應及時停止作業，進行處理以排除問題。操作捲揚機需隨時控制吊籃速度，勿超載及過拉產生危險，以保護現場作業人員之安全。

3. 索道裝設

索道依地形斟酌安裝鋼索分別為：橫索、縱索、拉索、調整索、摺角索、安全副索(保護橫索)、滑輪調整用索。並配備吊輪用具分別為：吊升輪、吊索輪、摺角輪、側角輪。

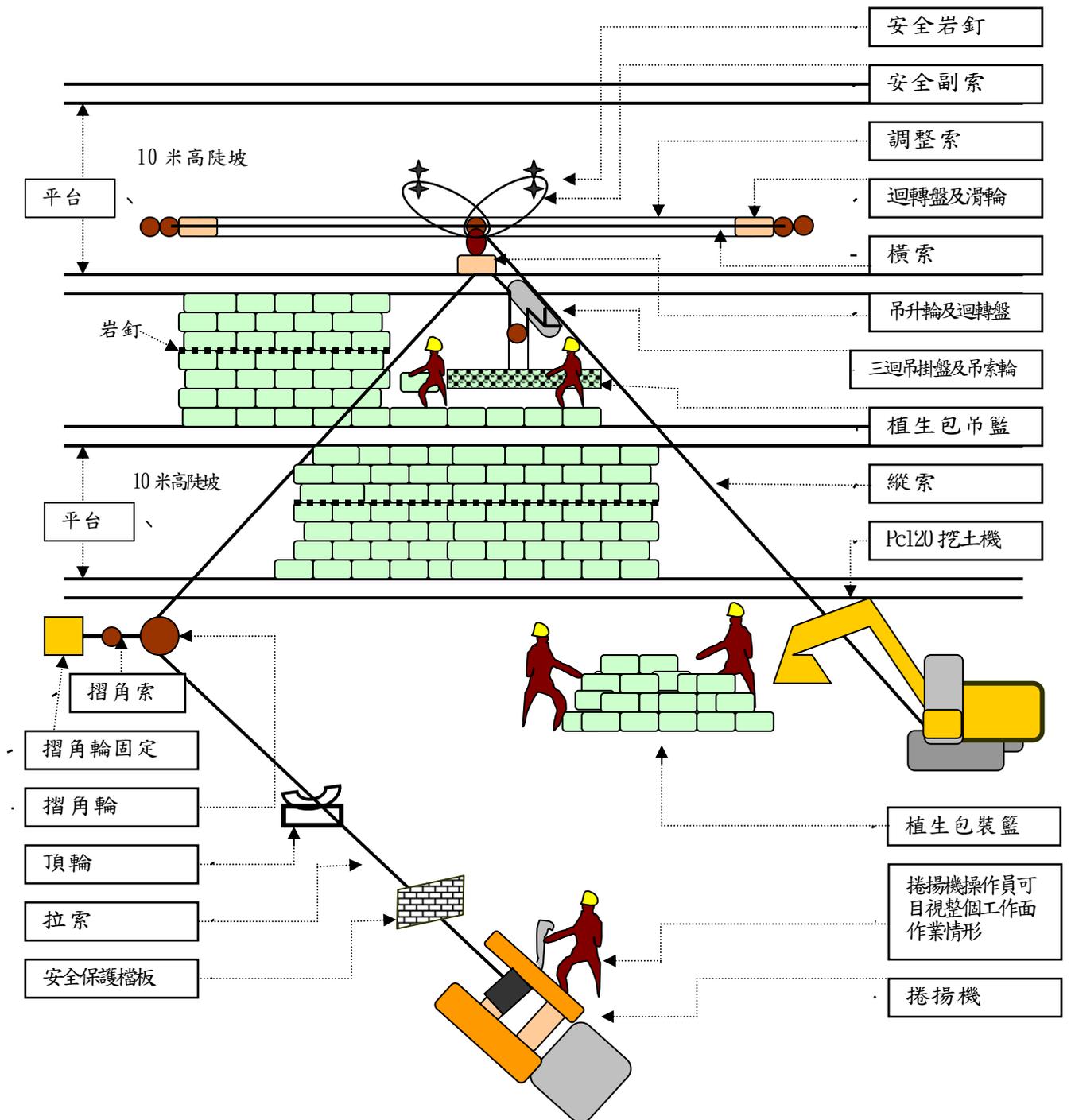
以上使用之鋼索及滑輪種類係以配合吊掛植生包為設計考量，參照吊掛植生包 26kg*50 包，重量約 1 公噸以下之設計支撐強度。橫索、縱索加以分別說明如下：

- (1)、橫索規格為 3/4*6+1(6 分)，做為支撐拉索、縱索用。為配合現場吊掛面積，橫索架設長度以一次施工完成作業為計算主，需視而定選用橫索足夠做吊掛安全考量，固定橫索以穩固兩側基礎定位選擇極為重要，不容差錯導致工安

發生。

- (2)、縱索規格為 9/16*6+1(4.5 分)，此規格為支撐吊掛植生包 1 噸以下之強度，在縱索下緣以 PC120 挖土機固定，才能支撐吊籃放置植生包吊拉至指定位置。

捲揚機操作陡坡植生包吊運、疊砌作業示意圖解如下



附錄二 三個月樣區植物名錄

木本植物：

1. Anacardiaceae 漆樹科

- 1.) *Rhus javanica* L. var. *roxburghiana* (DC.) Rehd. & Wilson. 羅氏鹽膚木

2. Euphorbiaceae 大戟科

- 2.) *Macaranga tanarius* (L.) Mull.-Arg. 血桐
3.) *Mallotus Japonicus* (Thunb.) Muell.-Arg. 野桐
4.) *Mallotus paniculatus* (Lam.) Muell. Arg. 白匏子

3. Malvaceae 錦葵科

- 5.) *Hibiscus taiwanensis* S. Y. Hu. 山芙蓉

4. Mimosaceae 含羞草科

- 6.) *Leucaena glauca* (L.) Berth. 銀合歡

5. Moraceae 桑科

- 7.) *Broussonetia papyrifera* (L.) L'Herit. ex Vent. 構樹
8.) *Morus australis* Poir. 小葉桑

6. Rutaceae 芸香科

- 9.) *Zanthoxylum ailanthoides* Siebold & Zucc. 食茱萸

7. Ulmaceae 榆科

10.) *Trema orientalis* (L.) Blume. 山黃麻

11.) *Melanolepis multiglandulosa* (Reinw.) Reich. f. & Zoll. 蟲屎

8. Urticaceae 蕁麻科

12.) *Boehmeria frutescens* Thunb. 青苧麻

13.) *Boehmeria densiflora* Hook.& Arn. 密花苧麻

草本植物：

1. Amaranthaceae 莧科

1.) *Amaranthus spinosus* L. 刺莧

2.) *Amaranthus viridis* L. 野莧

3.) *Celosia argentea* Linn. 青葙

2. Araceae 天南星科

4.) *Alocasia odora* (Lodd.) Spach. 姑婆芋

5.) *Colocasia esculenta* Schott. 山芋

3. Asclepiadaceae 蘿藦科

6.) *Asclepias curassavica* Linn. 馬利筋

4. Boraginaceae 紫草科

7.) *Heliotropium indicum* L. 白花狗尾草

5. Brassicaceae 十字花科

- 8.) *Rorippa indica* (L.) Hiern. 葶藶
6. Caricaceae 番木瓜科
- 9.) *Carica papaya*. 木瓜
7. Chenopodiaceae 藜科
- 10.) *Chenopodium ambrosioides* L. 臭杏
8. Compositae 菊科
- 11.) *Ageratum houstonianum* Mill. 紫花藿香薷
- 12.) *Bidens pilosa* L. var. *radiata* (Bl.) Sherff. 大花咸豐草
- 13.) *Conyza sumatrensis* (Retz.) Walker. 野茼蒿
- 14.) *Erechtites valerianaefolia*(wolf ex Rchb) DC. 昭和草
- 15.) *Ixeris laecigata* (Bl.) Sch.-Bip. ex Max. 刀傷草
- 16.) *Emilia sonchifolia* (L.) DC. 紫背草
- 17.) *Sonchus arvensis* L. 苦苣菜
- 18.) *Eupatorium formosanum* Hayata. 台灣澤蘭
- 19.) *Mikania micrantha* H. B. K. 小花蔓澤蘭
- 20.) *Synedrella nodiflora* (L.) Gaert. 金腰箭
9. Convolvulaceae 旋花科
- 21.) *Ipomoea obscura* (L.) Ker-Gawl. 紅花野牽牛
10. Cucurbitaceae 瓜科

- 22.) *Diplocylos palmatus* (L.) C. Jeffrey. 雙輪瓜
- 23.) *Momordica charantia* Linn. var. *abbreviata* Ser. 山苦瓜
11. Cyperaceae 莎草科
- 24.) *Cyperus rotundus* L. 香附子
12. Euphorbiaceae 大戟科
- 25.) *Chamaesyce thymifolia* (L.) Millsp. 小飛揚草
- 26.) *Euphorbia hirta* L. 大飛揚草
- 27.) *Phyllanthus urinaria* Linn. 葉下珠
- 28.) *Ricinus communis* L. 蓖麻
13. Family Lythraceae 千屈菜科
- 29.) *Cuphea carthagenensis* (Jacq.) Macbrids. 克菲亞草
14. Gramineae 禾本科
- 30.) *Axonopus compressus* (Sw.)P. Beauv. 地毯草
- 31.) *Digitaria sanguinalis* (L) Scop. 馬唐
- 32.) *Eleusine indica* (L.) Gaertn. 牛筋草
- 33.) *Echinochloa crusgalli* (L.) P. Beauv. 芒稈
- 34.) *Paspalum conjugatum* Berg. 兩耳草
- 35.) *Panicum maximum* Jacq. 大黍
- 36.) *Pennisetum purpureum* Schumach. 象草
- 37.) *Setaria palmifolia* (Koen.) Stapf. 棕葉狗尾草
- 38.) *Setaria viridis* (L.) P. Beauv. 狗尾草

15. Leguminosae 豆科
- 39.) *Melilotus suaveolens* Ledeb. 草木樨
- 40.) *Sesbania cannabiana* (Retz.) Poir. 田菁
16. Loganiaceae 馬錢科
- 41.) *Buddleja asiatica* Lour. 揚波
17. Malvaceae & nbsp 錦葵科
- 42.) *Anredera cordifolia* (Tenore) van Steenis. 洋洛葵
- 43.) *Sida cordifolia*. 金午時花
18. Mimosaceae 含羞草科
- 44.) *Mimosa pudica* L. 含羞草
19. Moraceae 桑科
- 45.) *Humulus scandens* (Lour.) Merr. 葎草
20. Oxalidaceae 酢醬草科
- 46.) *Oxalis corniculata* L. 紫花酢醬草
21. Passifloraceae 西番蓮科
- 47.) *Passiflora foetida* Linn. var. *hispida*. 毛西番蓮
- 48.) *Passiflora suberosa* L. 三角葉西番蓮

22. Plantaginaceae 車前草科

49.) *Plantago major* L. 車前草

23. Polygonaceae 蓼科

50.) *Polygonum longisetum* De Bruyn. 睫穗蓼

51.) *Polygonum chinense* L. 火炭母草

52.) *Polygonum multiflorum* Thunb. Var. *hypoleucum* (Ohwi) T. S. Liu, S.S.
Ying & M.J.Lai. 台灣何首烏

24. Scrophulariaceae 玄參科

53.) *Mazus pumilus* (Burm. f.) Steenis. 通泉草

54.) *Torenia fournieri* Lind. 夏堇

55.) *Torenia concolor* Lindl. 倒地蜈蚣

25. Solanaceae 茄科

56.) *Lycopersicon nesculentum*. 蕃茄

57.) *Physalis angulata*. L 燈籠草

58.) *Solanum nigrum* L. 龍葵

26. Umbelliferae 繖形科

59.) *Hydrocotyle nepalensis* Hook. 乞食碗

27. Urticaceae 蕁麻科

60.) *Pilea microphylla* (L.) Liebm. 小葉冷水麻

附錄三 六個月樣區植物名錄

木本植物：

1. Coriariaceae 馬桑科

- 1.) *Coriaria japonica* A. Gray subsp. *intermedia* (Matsum.) Huang &
Huang 馬桑

2. Euphorbiaceae 大戟科

- 2.) *Mallotus Japonicus* (Thunb.) Muell.-Arg. 野桐

3. Malvaceae & nbsp 錦葵科

- 3.) *Hibiscus taiwanensis* S. Y. Hu. 山芙蓉

4. Mimosaceae 含羞草科

- 4.) *Leucaena glauca* (L.) Berth. 銀合歡

5. Moraceae 桑科

- 5.) *Broussonetia papyrifera* (L.) L'Herit. ex Vent. 構樹
6.) *Morus australis* Poir. 小葉桑

6. Ulmaceae 榆科

- 7.) *Trema orientalis* (L.) Blume. 山黃麻
8.) *Trema orientalis* (L.) Blume. 蟲屎

7 Urticaceae 蕁麻科

- 9.) *Boehmeria frutescens* Thunb. 青苧麻
- 10.) *Boehmeria densiflora* Hook.& Arn. 密花苧麻
- 11.) *Debregeasia orientalis* 水麻

草本植物：

1. Amaranthaceae 莧科

- 1.) *Amaranthus spinosus* L. 刺莧

2. Chenopodiaceae 藜科

- 2.) *Chenopodium ambrosioides* L. 臭杏
- 3.) *Chenopodium serotinum* Linn. 小葉灰藿

3. Compositae 菊科

- 4.) *Ageratum houstonianum* Mill. 紫花藿香薷
- 5.) *Artemisia capillaries* Thunb. 茵陳蒿
- 6.) *Bidens pilosa* L. var. *radiata* (Bl.) Sherff. 大花咸豐草
- 7.) *Conyza sumatrensis* (Retz.) Walker. 野茼蒿
- 8.) *Erechtites valerianaefolia* (Wolf ex Rchb) DC. 昭和草
- 9.) *Conyza canadensis* (L.) Cronq 加拿大蓬
- 10.) *Sonchus arvensis* L. 苦苣菜
- 11.) *Mikania micrantha* H. B. K. 小花蔓澤蘭

4. Caprifoliaceae 忍冬科

- 12.) *Sambucus chinensis* 冇骨消
5. Cucurbitaceae 瓜科
- 13.) *Momordica charantia* Linn. var. *abbreviata* Ser. 山苦瓜
6. Gramineae 禾本科
- 14.) *Digitaria sanguinalis* (L) Scop. 馬唐
- 15.) *Echinochloa colona* (L.) Link. 芒稷
- 16.) *Paspalum conjugatum* Berg. 兩耳草
- 17.) *Panicum maximum* Jacq. 大黍
- 18.) *Pennisetum purpureum* Schumach. 象草
- 19.) *Setaria viridis* (L.) Beauv. 棕葉狗尾草
- 20.) *Microstegium ciliatum* (Trin) A. Camus. 剛莠竹
- 21.) *Miscanthus floridulus* (Labill.) Warb. ex Schum. & Lauterb. 五節芒
- 22.) *Miscanthus sinensis* Andersson var. *glaber* (Nakai) J.T.Lee 白背芒
7. Leguminosae 豆科
- 23.) *Desmodium sequax* 波葉山馬蝗
- 24.) *Melilotus suaveolens* Ledeb. 草木樨
8. Loganiaceae 馬錢科
- 25.) *Buddleja asiatica* Lour. 揚波
9. Nephrolepidaceae (L.) Trimen. 腎蕨科
- 26.) *Nephrolepis auriculata* (L.) Trimen. 球蕨

10. Malvaceae 錦葵科

27.) *Anredera cordifolia* (Tenore) van Steenis. 洋洛葵

11. Moraceae 桑科

28.) *Humulus scandens* (Lour.) Merr. 葎草

12. Plantaginaceae 車前草科

29.) *Plantago major* L. 車前草

13. Polygonaceae 蓼科

30.) *Polygonum chinense* L. 火炭母草

31.) *Polygonum perfoliatum*. 扛板歸

14. Pteridaceae 鳳尾蕨科

32.) *Pteris vittata* L. 麟蓋鳳尾蕨

15. Solanaceae 茄科

33.) *Solanum nigrum* L. 龍葵

16. Thelypteridaceae 金星蕨科

34.) *Cyclosoeus acuminata* (Houtt.) Nakai ex H. Ito 小毛蕨

17. Umbelliferae 繖形科

35.) *Hydrocotyle nepalensis* Hook. 乞食碗

18. Urticaceae 蕁麻科

36.) *Pilea microphylla* (L.) Liebm. 小葉冷水麻

附錄四 一年樣區植物名錄

木本植物：

1. Euphorbiaceae 大戟科
 - 1.) *Macaranga tanarius* (L.) Mull.-Arg. 血桐
 - 2.) *Mallotus Japonicus* (Thunb.) Muell.-Arg. 野桐

2. Malvaceae & nbsp 錦葵科
 - 3.) *Hibiscus taiwanensis* S. Y. Hu. 山芙蓉

3. Mimosaceae 含羞草科
 - 4.) *Leucaena glauca* (L.) Berth. 銀合歡

4. Moraceae 桑科
 - 5.) *Broussonetia papyrifera* (L.) L'Herit. ex Vent. 構樹
 - 6.) *Morus australis* Poir. 小葉桑

5. Ulmaceae 榆科
 - 7.) *Trema orientalis* (L.) Blume. 山黃麻

6. Urticaceae 蕁麻科
 - 8.) *Boehmeria frutescens* Thunb. 青苧麻

草本植物：

1. Araceae 天南星科
 - 1.) *Colocasia esculenta* Schott. 山芋

2. Caprifoliaceae 忍冬科
 - 2.) Sambucus chinensis 有骨消

3. Chenopodiaceae 藜科
 - 3.) Chenopodium ambrosioides L. 臭杏

4. Compositae 菊科
 - 4.) Ageratum houstonianum Mill. 紫花藿香薷
 - 5.) Bidens pilosa L. var. radiata (Bl.) Sherff. 大花咸豐草
 - 6.) Erechtites valerianaefolia(wolf ex Rchb) DC. 昭和草
 - 7.) Mikania micrantha H. B. K. 小花蔓澤蘭

5. Convolvulaceae 旋花科
 - 8.) Ipomoea obscura (L.) Ker-Gawl. 紅花野牽牛

6. Cucurbitaceae 瓜科
 - 9.) Momordica charantia Linn. var. abbreviata Ser. 山苦瓜

7. Euphorbiaceae 大戟科
 - 10.) Ricinus communis L. 蓖麻

8. Gramineae 禾本科
 - 11.) Eleusine indica (L.) Gaertn. 牛筋草
 - 12.) Paspalum conjugatum Berg. 兩耳草

- 13.) *Panicum maximum* Jacq. 大黍
- 14.) *Setaria viridis* (L.) Beauv. 棕葉狗尾草
- 15.) *Microstegium ciliatum* (Trin) A. Camus. 剛莠竹
- 16.) *Miscanthus floridulus* (Labill.) Warb. ex Schum. & Lauterb. 五節芒
9. Leguminosae 豆科
- 17.) *Pueraria montanus* (Lour.) Merr. 台灣葛藤
10. Loganiaceae 馬錢科
- 18.) *Buddleja asiatica* Lour. 揚波
11. Nephrolepidaceae (L.) Trimen. 腎蕨科
- 19.) *Nephrolepis auriculata* (L.) Trimen. 球蕨
12. Polygonaceae 蓼科
- 20.) *Polygonum chinense* L. 火炭母草
- 21.) *Polygonum perfoliatum*. L. 扛板歸
13. Schizaeaceae 海金沙科
- 22.) *Lygodium japonicum*(Thunb.)Sw. 海金沙
14. Solanaceae 茄科
- 23.) *Solanum nigrum* L. 龍葵
- 24.) *Nicotiana tabacum* L. 菸草

15. Thelypteridaceae 金星蕨科

25.) *Cyclosoeus acuminata* (Houtt.) Nakai ex H. Ito 小毛蕨

16. Zingiberaceae 薑科

26.) *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burt & R. M. Sm. 月桃

附錄五 三年樣區植物名錄

木本植物：

1. Anacardiaceae 漆樹科

1.) *Rhus javanica* L. var. *roxburghiana* (DC.) Rehd. & Wilson 羅氏鹽膚木

2. Euphorbiaceae 大戟科

2.) *Macaranga tanarius* (L.) Mull.-Arg. 血桐

3.) *Mallotus Japonicus* (Thunb.) Muell.-Arg. 野桐

4.) *Meiamolepis multiglandulosa* (Reinw.) Reich.f.&Zoll. 蟲屎

3. Malvaceae & nbsp 錦葵科

5.) *Hibiscus taiwanensis* S. Y. Hu. 山芙蓉

4. Mimosaceae 含羞草科

6.) *Leucaena glauca* (L.) Berth. 銀合歡

5. Moraceae 桑科

7.) *Broussonetia papyrifera* (L.) L'Herit. ex Vent. 構樹

8.) *Morus australis* Poir. 小葉桑

5. Ulmaceae 榆科

9.) *Trema orientalis* (L.) Blume. 山黃麻

6. Urticaceae 蕁麻科

10.) *Boehmeria densiflora* Hook.& Arn. 密花芋麻

11.) *Boehmeria frutescens* Thunb. 青芋麻

7. Verbenaceae 馬鞭草科

12.) *Callicarpa formosana* Rolfe 杜虹花

草本植物：

1. Araceae 天南星科

1.) *Alocasia odora* (Lodd.) Spach. 姑婆芋

2. Compositae 菊科

2.) *Ageratum conyzoides* L. 藿香薊

3.) *Bidens pilosa* L. var. *radiata* (Bl.) Sherff. 大花咸豐草

4.) *Mikania micrantha* H. B. K. 小花蔓澤蘭

3. Fabaceae 豆科 (碟形花科)

5.) *Macroptilium atropurpureum* DC. 賽芻豆

4. Gramineae 禾本科

6.) *Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv. 地毯草

7.) *Echinochloa colona* (L.) Link 芒稷

8.) *Microstegium ciliatum* (Trin) A. Camus. 剛莠竹

9.) *Miscanthus floridulus* (Labill.) Warb. ex Schum. & Lauterb. 五節芒

- 10.) *Miscanthus sinensis* Anderss var *glaber* (Nakai) J.T.Lee 白背芒
 - 11.) *Panicum maximum* Jacq. 大黍
 - 12.) *Paspalum conjugatum* Berg. 兩耳草
 - 13.) *Pennisetum purpureum* Schumach. 象草
 - 14.) *Setaria viridis* (L.) Beauv. 棕葉狗尾草
-
5. Leguminosae 豆科
 - 15.) *Pueraria montanus* (Lour.) Merr. 台灣葛藤
-
6. Pteridaceae 鳳尾蕨科
 - 16.) *Pteris vittata* L. 麟蓋鳳尾蕨
-
7. Schizaeaceae 海金沙科
 - 17.) *Lygodium japonicum*(Thunb.)Sw. 海金沙
-
8. Selaginellaceae 卷柏科
 - 18.) *Selaginella doederleinii* Hieron 生根卷柏
-
9. Thelypteridaceae 金星蕨科
 - 19.) *Cyclosoeus acuminata* (Houtt.) Nakai ex H. Ito 小毛蕨
-
10. Verbenaceae 馬鞭草科
 - 20.) *Stachytarpheta urticaefolia* (Salisb.) Sims. 長穗木
-
11. Zingiberaceae 薑科
 - 21.) *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burt & R. M. Sm. 月桃