



airiti

水泥產製與環境 — 新城山礦場 植生綠化工法

陳志賢／亞洲水泥花蓮製造廠 首席副廠長

游象麟／亞洲水泥花蓮製造廠 工程師兼主任

吳偉誠／亞洲水泥花蓮製造廠 助理工程師

水泥產業與礦業有著密不可分的關係，其中礦業開發初期大都涉及山坡地的破壞，尤其在露天礦場的開發行為中，對環境的影響最明顯可見的是植被遭到破壞。近年來台灣經濟快速成長，民眾漸漸重視環保議題，故礦區開發除資源有效利用外，更首重水土保持及環境保育工作。

亞泥花蓮廠新城山礦場位在立霧溪出海口，礦區面積約 400 公頃，與聞名遐邇的太魯閣國家公園相鄰，每年由蘇花公路與中橫公路到此觀光人潮達眾多，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 育工作已逐漸重視生態觀點，提升為景觀復原、維護自然生態復育功能及內涵等。如何使開發行為對於景觀衝擊降到最低，以及採掘跡地植生、綠化及復舊，乃是永續經營上一大難題與挑戰。

前言

亞泥自 1974 年取得礦業權開採迄今，為合理利用大理石礦源，避免不當的開採，先後聘請德、日等外國地質及採礦專家，詳查礦藏之蘊藏，引進最先進的採礦技術，並規劃整體開發計畫，同步執行植生復舊，以降低對環境衝擊。本公司于設立廠礦之初，即已深切瞭解環境保護與景觀維護的重要，因此特別與國內植物學者、林業機構及自然生態專家等合作，對於本地區附近天然林、石灰岩地植物群落進行植被調查，並擬定開採後景觀復舊與生態綠化的技術圭臬，在開採的同時逐步復原礦區生態，恢

復大自然的面貌。為顧及礦場之營運對於環境保護、水土保持與周遭景觀的衝擊，本礦場除採用露天階段式開採，開採後又可立即種植植被，等階段性開採告一段落，植生綠化已有顯著成果，降低景觀衝擊。

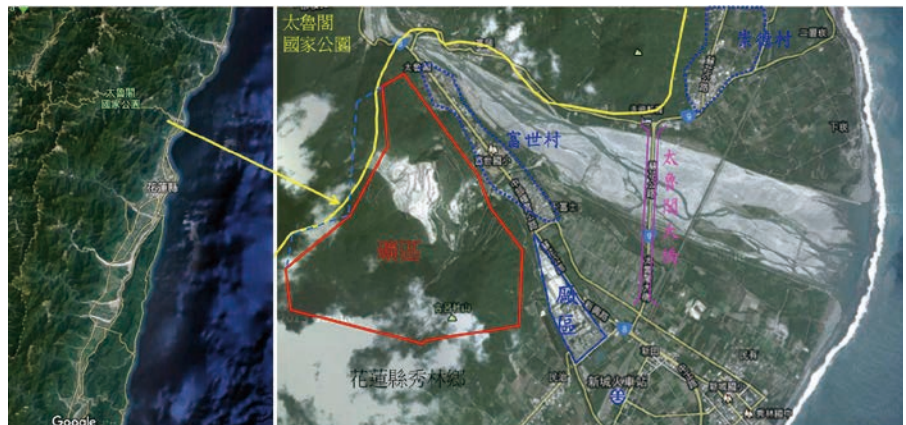


圖 1 新城山礦場交通位置

亞泥仿自然植生造林法

由於亞泥植生綠化不斷精進走在業界前端，於 1981 年即與中興大學水土保持工程研究所建教合作，由該所教授群共同策劃本礦場水土保持計畫及教導並移轉具有水土保持功能的植生技術。於 1990 年起先後又與中華民國工程環境學會及中華民國自然生態保育協會合作，針對礦區附近天然林、石灰岩地植物群落進行植被調查，記錄植物種類、頻度、密度及優越度，建立此區植被由先驅、營建及優勢樹種之演替調查資料，分析石灰岩地區土壤物化性及有益植物生長之微生物種類，據以建立生態綠化計畫，從而自 400 餘種原生植物中選定 87 種做為植生綠化景觀復舊樹種，以進行苗木繁殖、培育、健化及現地客土改良、植栽施肥、養護灌溉之管理工作，改善植物生長環境及朝向極相演替，誘導、加速植物提早建立優勢及穩定之植被社會，使礦山儘速恢復自然生態，因此亞泥也依據這計畫藍圖執行了數十年迄今。

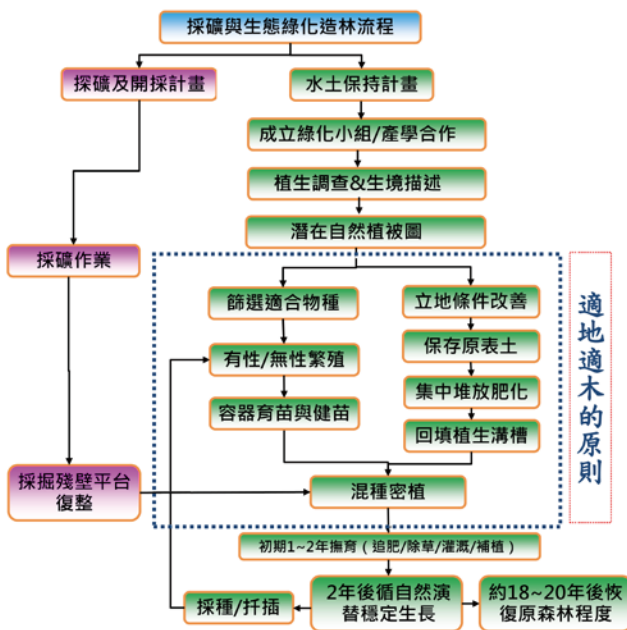


圖 2 新城山礦場植生復育計畫

成立綠化小組

聘當地部落具有環保及園藝專長之人員成立「綠化小組」，建立苗木繁殖方法、容器育苗系統及有益土壤微生物之接種技術，從事種苗繁殖、培育、健化、植栽、灌溉、施肥及除草維護等工作，以「生態綠化」工法進行植生復舊工作。



圖 3 綠化小組工作情形

設立育苗室

育苗室提供播種及扦插繁殖，設置加壓噴霧及定時控制之仿自然霧灌溉化設備，促使種苗迅速成長、提高種苗品質及出栽存活率，年可產四萬餘株，除了自給自足外，基於敦親睦鄰的理念，並捐贈大量苗木供鄰近學校及社區種植以共同美化生活環境。



圖 4 亞泥育苗室



圖 5 溫室內採自動控制溫、濕度

健化苗木

設立健化場以增強幼苗的抗旱、抗貧疾、耐曝曬及競生能力，再將已健化的幼苗換置大型容器，促使苗木發育成樹，以利植栽。於容器內的基材加入菌根菌使成樹根系發育完全，再移植現場，不受節氣的變化全年植栽，存活率在 85% 以上。



圖 6 穴植管完整根系



圖 7 穴植管戶外健化



圖 8 健化場採容器育苗

現場客土植栽

依據行政院農業委員會 2003 年公告的水土保持技術規範，第 184 條露天礦場之最終殘壁邊坡原則如下：原料礦場（白雲石、大理石、石灰石）每階段高度為 10 m 以下、平台寬度 5 m 以上，如以預剝式保留者，平台寬度 4 m 以上，殘留邊坡 75°以下。

新城山礦場以預剝式的方式採礦，故將殘留階段訂為高 10 m，寬 4 m，殘留跡仰角 53°，邊坡仰角 75°。另外為了永久性、穩定性及經濟性等因素，在殘壁上採取平整炸法（Smooth wall blasting）使壁面平整、穩健、不受過裂損傷，可以防止殘壁崩落，免卻人工擋固設施。

殘留壁階段平台，以破裂機配合怪手，沿殘留階段之走向挖掘平台內側深約 1.2 m，寬約 1.5 m 之植生溝槽，並放置客土以利種植木本植物，進行植被恢復。



圖 9 礦場植栽完成情形



圖 10 礦場植栽 1 個月情形



圖 11 礦場植栽 1 年情形



圖 12 礦場植栽 3 年情形



圖 13 礦場植栽 5 年情形

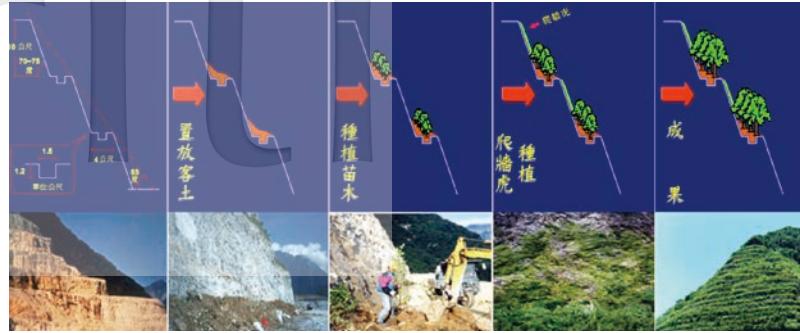


圖 14 植生溝客土槽綠化工法

首創植生土包快速綠化工法

傳統客土槽植生工法約需 5 年植被生長期，可達覆蓋率 80%，惟面對民眾對環保意識日漸高漲，傳統客土槽植生工法已無法符合民意急迫視覺景觀之要求，新城山礦場位於蘇花公路目視可及之景觀敏感區，為加速綠化減少景觀衝擊，研發植生土包工法加速綠化，植生網袋放置客土及草種後，堆疊於坡面並輔以岩釘固定，可即時改善裸露岩面外觀，2 個月後草叢遍生，1 年半



圖 15 植生土包綠化工法施工前



圖 16 植生土包綠化工法施工後

後植生經自然演替從草本、灌木到喬木林，樹高約 1 ~ 3m，可達快速綠化之效；該工法獲政府各相關主管機關肯定及表揚，並獲澳洲政府推崇為礦場綠化的典範。

國際永續發展典範礦場

亞洲水泥公司長期以來致力於礦區植生綠化復舊，其技術屢受國內外政府機構、學界與同業肯定；2004 年 APEC 峰會時，經濟部以亞泥新城山礦場之綠化復舊成果，向世界各國展示報告；2008 年 5 月日本全國石灰石礦業協會組團，對亞泥新城山礦場植生綠化努力與成果極為讚賞，並刊載於日本「石灰石」會刊，文中載錄『亞泥對綠化極為努力且具體成效，目前日本石灰石礦山殘壁，尚未有綠化如此有成之礦山』，同年 11 月日本資源素材學會 10 名教授再度慕名參訪；2011 年澳洲政府『礦業永續發展』出版品“A Guide to Leading Practice Sustainable Development in Mining, Australian Government.”登載亞泥新城山礦場綠化復舊實績，為典範礦場供礦業同業為楷模。

植生復育成果

在遙測在環境監測上的應用，常態化差異植生指數（Normalized Difference Vegetation Index, 簡稱 NDVI）是用來監測綠色植物最常用到的遙測資料，在礦區植被



圖 17 2008 年日本「石灰石」會刊登載亞泥新城山礦場綠化實績

The Hsin-Chen Shan quarry terrain is very steep rising from SL120m to SL140m within only 1000m horizontal distance. In accordance to this unique topography, A.C.C. introduced a rapid shaft transporting system from Japan in 1978, the first quarry to utilize this type of shaft system in Taiwan mining history. With this successful experience, the quarry constructed the second 300m depth vertical shaft to match cement plant expansion project in 1988.

Crushed limestone is directly dumped into the vertical shaft, to eliminate the need of almost 5 kilometres of hauling by trucks. In addition to the transportation saving, the shaft system also has the advantage of reducing the dust pollution from truck fleets and preserving the original landscape amenity.

This system reduces the area of exposed benches markedly. The upper excavated out benches (the final berms) are replanted with trees immediately after mining. The combination of an underground and sealed conveying system reduces dust and noise over the length of 1.3 km conveying system from quarry to cement plant.

Evidence of recolonisation of several species including cobra and other snakes, boars and monkeys back to the once quarried area, illustrates the success of this reclamation method.

The quarry has mined out 130 million tonnes of limestone since 1974. After mining to the pit bottom, i.e., 120mSL, there will be a 30-40 hectares open ground for public use. Some visitors have expressed the view that the reclaimed final benches are even better looking than the original land surface.



Figure 5.28 - Comparison of benches ten years apart

* contributed by: Lawrence Hu, ACC

A GUIDE TO LEADING PRACTICE SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN MINING

165

圖 18 201 年澳洲政府出版品登載亞泥新城山礦場綠化復舊實績

復育的研究上，可以克服傳統人力調查礦場殘留壁植生復育工作所遇到耗費大量人力、時間、及無法大規模且全面性的調查等問題。

經研究在現地樣區調查與遙測技術大面積 NDVI 分析，可得知隨著復育時間的增加，復育區 NDVI 的平均值增加，標準差減小，顯示復育時間越久植物生長情形相對越穩定。

在現地調查初步發現採掘跡植被復育區 5 年以上均可發現野生動物排遺，由此推測「亞泥仿自然的造林法」根據各植物社會演替序列之順序，判定潛在植被發展傾向，提供潛在原生優勢物種為選種育苗的策略成功，又出栽樹種多樣化且以混種密植的方式營造植物生態社會，使復育區在後續植被演替提供足夠多樣性環境。

結論

近年來民眾環保意識抬頭，企業社會責任與環境保育議題已是每一企業永續經營之首要課題。亞洲水泥

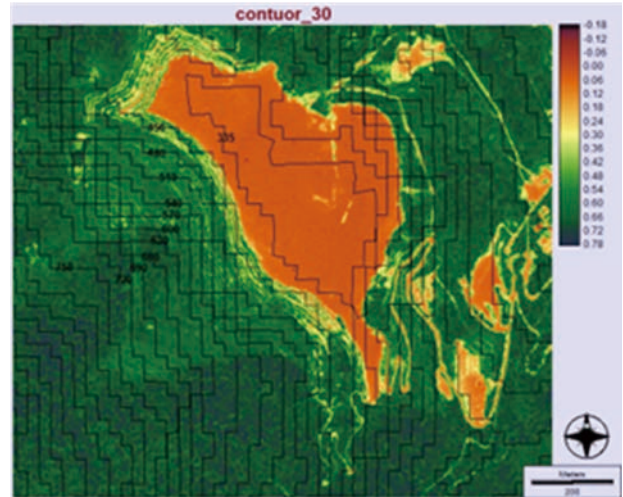


圖 19 礦場 NDVI 分佈影像 (福衛二號)



圖 20 台灣山羊排遺

公司秉持永續經營理念，採取整合性的環保策略，將礦山植生綠化技術推廣移地保育，發展休閒林園與蝴蝶園區，並持續關懷弱勢族群及繁榮地方，進用當地優秀人力，並提供多元就業機會及協助當地人就業，歷經時代的種種環保考驗，始終秉持著「工業發展與環境保護並行不悖」的理念，跟進時代腳步，投注各項環保改善，尤以礦區植生綠化景觀復舊廣獲國內外一致好評，獲得政府各項環保獎項，進而吸引許多國外水泥業、礦業同業、學者組團前來考察，以吸取相關經驗，開啟企業經營環保跨領域多面向的交流。未來亞洲水泥仍將本著企業永續發展的精神、背負社會責任，戮力推動復育計畫，並將實際綠化復育技術與經驗推廣至國內其他礦場，祈能改善國內礦業日漸趨微之困境。

參考文獻

1. 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。
2. 張詠智 (2008)，亞泥新城山礦場陡坡植生包復育工法及其植被之研究。國立花蓮教育大學生態與環境教育研究所碩士論文。
3. 吳偉誠 (2011)，遙測技術監測礦區殘留壁植被復育之研究—以亞泥新城山礦場為例，鑛冶，第 55 卷，第四期。