

治山防災的 節能減碳工法

李膺讚

木構造是一種由木材或木質材料所構成的結構體，利用森林產物「疏伐材」興建各種木構造用於治山防災，可發揮節能減碳的功效。

從 18 世紀工業革命開始，全球二氧化碳排放量就不斷攀升，大氣中溫室氣體濃度於 1950 年後節節升高，加速全球暖化與各地氣候改變。全球暖化使海平面上升，增加海水倒灌的機會，對棉花、黃瓜、稻米、玉米的產量造成影響。而近年來全球氣候異常情況加劇，各地高溫頻創紀錄，暴雨、土石流、洪氾淹水等災害頻傳，人命傷亡及財產損失都相當嚴重，各國政府莫不以永續發展與節能減碳為施政目標。

本文說明政府在國有林地內的集水區，在充分考慮節能減碳與環保原則下，就近利用森林產物「疏伐材」興建的木構造，以取代傳統上以鋼筋與混凝土為材質的治山防災設施的情況。

木構造的應用

木構造物是一種由木材或木質材料所構成的結構體。木材是碳素的儲藏庫，具有省能源、易加工的特性，且廢棄後可再加工使用，因此有效利用木材對於地球環境助益甚大。

我國森林面積覆蓋率達 60%，但木材的自給率卻很低。根據台灣區合板製造輸出業同業公會的資料，2010 年針闊葉木材國產量約 4%，絕大部分都是進口材。因此，為降低木材產品的碳足跡，如何增加我國森林產物並有效利用已是重要的議題。又政府訂定未來 10 年希達成木材自給率 3%（即 18 萬立方公尺）的目標，而逐年增加國有人工林疏伐面積及促進疏伐材的有效利用，就是達成目標的重要手段。

木材是碳素的儲藏庫，具有省能源、易加工的特性，且廢棄後可再加工使用，因此有效利用木材對於地球環境助益甚大。



疏伐作業為的是促進森林的活化（圖片來源：種子發）

疏伐材是指由疏伐所生產的木材，疏伐作業為的是促進森林的活化，針對人工林施以適當強度的砍伐、修枝、栽植密度調整等育林撫育措施。適時合理的疏伐不但可得到品質優良的林木生長環境，增加單位林地的林木生長量，過程中也可得到多量中小徑的疏伐木。尤其重要的是，疏伐作業對於森林碳吸存量、林地生物多樣性、減少病蟲害與火災等都有助益。

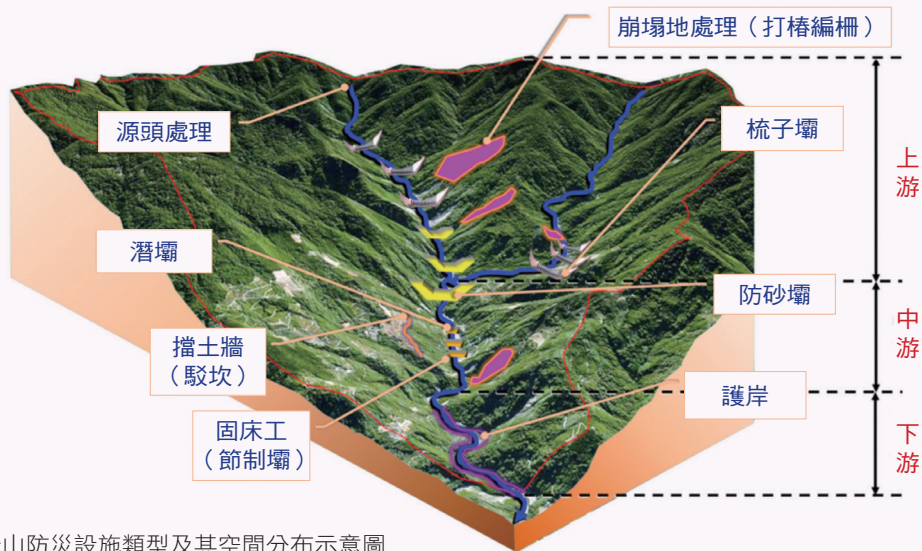
我國人工針葉林面積以柳杉 29,002 公頃所占比率最高，因此國內疏伐材來源以柳杉、紅檜及香杉為大宗。挑選其中形質良好的疏伐木，經過防腐處理，可當作土木用資材應用於各種公園、景觀設施，對於生活環境的改善也有幫助。

近 15 年來，政府陸續推動生態工法，以往常見的混凝土工程設施漸漸被土、石、



林地疏伐情形及疏伐木妥善分類堆置於林道側

**政府陸續推動生態工法，
以往常見的混凝土工程設施漸漸被土、石、木材等天然資材所取代。**



國有林治山防災設施類型及其空間分布示意圖

木材等天然資材所取代，特別是經營管理強調引導大眾親近原始自然環境的國家森林遊樂區。藉由建造各式木質的護欄、護坡、步道、涼亭等結構物，以逐步親水公園化，透過木材溫潤的表面、自然分布的紋路，以及質樸的色調，讓遊客感到溫暖親切與自然舒適。

此外，政府針對森林集水區經營以及為改善土砂災害所需興建以混凝土為材質的擋土牆、防砂壩、節制壩、護岸、固床工等，在充分考慮節能減碳的效益下，近10年來多有就近利用疏伐材以木構造來興建，尤以森林遊樂區或自然遊憩資源豐富的周邊道路與溪流環境應用最廣。

與混凝土相較，使用木材做為構造物的材料，不但可以調和環境，營造景觀的自然美，其多孔隙與粗糙度較高也有助於建構生態友善環境，減少因混凝土入侵而干擾生物棲地的自然狀態，木材本身並有固定大量碳素，減少二氧化碳排放等積極的貢獻。惟木構造的壽命較短，自然狀態下



打樁編柵完工（上）及完工後1年植生綠覆穩定進入（下）。



坑溝節制壩可減輕逕流沖刷



防砂壩後蓄砂空間具減災功能

約 10 ~ 15 年材質會逐漸腐朽劣化。因此，適時的維護、監測及補強是木構造設施延壽的不二法門。

治山防災設施傳統做法

國有林地 160 萬公頃占我國總面積達 44%，大部分是覆蓋茂密良好的森林，有涵養水源、調節水量、安定土砂、澄清水質等功能，對於颱風豪雨的侵襲有相當耐受力。但也有其極限，尤其近 20 年來全球氣候變遷下我國極端降雨的出現頻率遽增，加以台灣山區地形異常陡峭，河川平均坡降遠遠超出世界平均值，導致降雨逕流挾帶土石快速向下移動，土石流、崩塌、道路坍方交通中斷、地滑、水源濁度高使自來水停水等複合性災害也就伴隨而來。

由於集水區內上、中、下游等流域的地形環境不同，災害類型也不相同，因而治山防災的設施類型與工法也隨著因地制宜而有差異。

上述治山防災設施的傳統做法主要是以混凝土及鋼筋為材料，其製造過程從河川開採砂石、石灰石礦區開採水泥原料，再經一系列的繁複工序，與木材的製造相比耗費能源較高，單位體積的重量又遠高於木材，運輸至工地的過程中產生的碳排放量也較大。因此，以輕質的國產疏伐木材替代混凝土，便是推動節能減碳的可行選項。據估算，製造每立方公尺混凝土所排放的二氧化碳量是 440 公斤，而生產等量木材的排碳量僅 66 公斤。

木構造治山防災設施

森林區治山防災的治理目標主要在抑制林地二次沖蝕崩塌，調節土砂下移避免淤高河道，減緩洪峰流量及減輕土石災害等。同時在安全基礎上，考量生態工法使設施朝材質自然化、構造物緩坡化、低矮化、多孔隙化等方向設計，讓周遭生態棲地不因人為設施的入侵而過度干擾生物的生存活動，疏伐材的導入運用恰能符合上



河道兩岸木格框護岸內填石塊鞏固兩岸以抵抗沖刷



述生態工程設計的原則。以下以集水區的空間分布位置分類，介紹木構造治山防災設施及其功能。

上游的災害類型多是崩塌裸露地，坡度往往非常陡峭且位處偏遠，車輛與大型施工機具無法到達，因此以材料輕量化工法如打樁編柵或單排木擋土柵穩定坡面，加速植生進入裸露坡面。

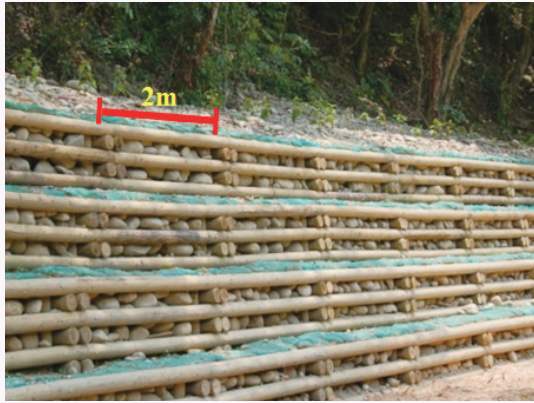
中游的災害類型是大量土砂占據河道導致通洪斷面不足，以及河道嚴重沖刷造成兩岸流失與邊坡崩塌。採用橫向構造物如防砂壩、節制壩（坡度陡、溝寬較小處）、潛壩等來緩和坑溝與野溪的縱向坡度，以調節土砂的縱向移動。此外，林道（林木經營作業區的服務道路及森林遊樂區聯外道路）及步道上下邊坡的擋土牆（駁坎）是維持道路穩定安全的必要設施。

下游常見的災害類型是野溪土石流或溪水沖刷攻擊，導致溪岸崩坍、土壤流失，宜採用縱向護岸設施恢復溪岸穩定，維持土地合理使用，避免土石持續崩坍至溪床阻礙水流通暢。



林道上邊坡混凝土地錨拉力牆以原木裝飾外觀

各類以混凝土為材料的構造物，外觀生硬，視覺上與周遭自然環境格格不入。遊客活動頻繁的森林遊樂區或自然步道周邊，基



堆疊式木構造擋土牆



坑溝上的節制壩與固床工

於安全考量雖仍採用混凝土材質的治山防災設施，惟可利用原木剖半或木材加工後所剩餘的木飾片（弦切片）貼附於混凝土表面予以裝飾美化。除因自然原野風格可提升環境美感外，產生的粗糙表面也有助於各類動植物的攀爬進出與附著生長，是工程上的生態友善措施。

就節能減碳的效益來說，以逐階往內退縮的堆疊式柳杉材木構造格框擋土牆為例，每 2 公尺為木構造單元的擋土牆與混

凝土製擋土牆相比，能減少二氧化碳排放量達 1,354 公斤之多，可發揮工法減碳及木材碳儲存的預期效益。

李膺讚
行政院農業委員會林務局

