

行政院農業委員會
水土保持局
與您一起打拼

行政院農業委員會水土保持局
南投市中興新村光華路6號
http://www.swcb.gov.tw

ISBN 978-986-01-5650-8
00500
9789860156508

坡地生態水池規劃參考手冊

行政院農業委員會水土保持局 編印

SWCB-97-061

坡地生態水池規劃參考手冊

Manual of Ecological Pond on Slopeland



行政院農業委員會水土保持局 編印
Soil and Water Conservation Bureau , COA
中華民國97年12月

坡地生態水池規劃參考手冊

Manual of Ecological Pond on Slopeland

行政院農業委員會水土保持局　編印

中華民國 97 年 12 月

序

水土保持局近年來積極推動水土資源保育，對於坡地生態保育相關議題，投注相當多的心力。為防止並減輕坡地開發利用可能造成環境的負面衝擊，增加坡地水資源涵養與污染防治，以合乎生態工程理念，運用自然資材達到防災、減災及生態保育之作法，亦為政府各單位所提倡與推廣。其中，生態水池之規劃與設置，即是符合生態工程理念的具體呈現。

生態水池係利用現地區域水文及氣候條件，規劃適宜之水域面積、合理水深、適當形狀、不透水底質、自然平緩的邊坡、純淨水源、多樣性孔隙，並藉由在地的經營管理協助，維持完整動態生態體系的水池，以達到具有洪峰調節、水源保育、水質過濾、微氣候調節、生態復育、景觀營造以及農業灌溉等多元化功能。

鑑於現行各界對於坡地生態水池之規劃，尚無確切之參考依據，本手冊分別針對生態水池之功能型態、生態水池規劃、生態水池設計、應用資材之規劃設計、生態水池監測及維護管理、生態水池解說教育等分別說明其原理、種類與方法，最後並彙整介紹台灣地區具坡地保育功能之生態水池代表性案例，期能提供未來水土保持工作人員參考應用。

行政院農業委員會水土保持局

局長 吳輝龍 謹誌

目錄

目錄 I
表目錄 III
圖目錄 III
第一章 緒論 1
一、生態水池之定義 1
二、生態水池之功能 1
三、生態水池之類型 6
四、生態水池之棲地環境 12
第二章 生態水池規劃 14
一、生態水池基本環境生態調查 14
二、規劃目標與設置地點 14
三、生態水池規劃基本考量 17
四、生態水池建置要項與規劃原則 24
五、水質自淨原則 25
六、景觀生態營造原則 30
第三章 生態水池設計 33
一、生態水池形狀結構與配置設計 33
二、水體結構及流量控制 38
三、池岸及池底設計 45
四、護岸種類與適用性 47
五、水池平面及水深設計 49
六、水質自淨系統設計 51
七、水域及水際棲地野生物之考量設計 53
八、植栽配置與植栽設計 54
九、生態水池景觀設計 80
第四章 應用資材之規劃設計 85
一、主要應用資材之種類 85
二、植物材料之規劃設計原則 85
三、植生木樁(萌芽樁)材料之設計 88
四、石材類之規劃設計原則 90
五、木材材料規劃設計原則 94
六、再生材料規劃設計原則 97
第五章 生態水池監測及維護管理 100
一、生態水池與周遭環境之關聯性 100

二、監測項目及方法.....101
三、維護管理原則.....109
第六章 生態水池解說教育.....112
一、生態水池相關名詞釋義.....112
二、解說牌設置及設計.....121
三、步道設置及設計.....125
參考文獻.....129
附錄一 生態水池常見動物名錄.....132
附錄二 生態水池常見動物照片錦集.....140
附錄三 生態水池常見水生植物名錄.....151
附錄四 生態水池整體規劃案例介紹.....152

表目錄

表 1-1 各類污染物在濕地之處理機制----3
表 2-1 生態水池基本生態環境調查項目及說明---- 14
表 2-2 農村地區主要水源供給之類型---- 19
表 2-3 自然淨化處理系統與傳統廢水處理技術之比較表---- 23
表 2-4 各區位之規劃原則---- 24
表 3-1 生態水池之空間排列與配置設計---- 36
表 3-2 生態水池主要護岸類型(例)---- 48
表 3-3 具景觀生態保育功能性之陸域植栽建議(例)---- 68
表 3-4 台灣地區常見水生植物之應用(例)---- 74
表 4-1 濱水帶主要植生木椿暨其活體枝條---- 89
表 4-2 常用之石材類別與產地---- 92
表 4-3 木材加工區分---- 94
表 4-4 設施地點對木材的影響---- 95
表 4-5 土木用木材之特性---- 97
表 5-1 各類型生態水池建議監測項目表----102
表 6-1 美國國家公園解說牌系統規格表----124

圖目錄

圖 1-1 生態水池之功能類型----5
圖 1-2 台南縣龍崎鄉泥岩地區之農塘與排洪用豎井----7
圖 1-3 泥岩地區之農塘、耕地與周邊景觀----7
圖 1-4 牛埔泥岩水土保持教學園區之農塘景觀----7
圖 1-5 泥岩地區農塘排洪用豎井之景觀設計----8
圖 1-6 滯洪沉砂水池(台中科學園區)----9
圖 1-7 高屏溪人工濕地景觀---- 10
圖 1-8 羅東運動公園之水生植物區生態景觀---- 12
圖 1-9 生態水池之棲地環境與代表性物種示意圖---- 13
圖 2-1 生態水池設置地點選擇流程圖---- 17
圖 2-2 農村地區水循環示意圖---- 18
圖 2-3 利用山澗湧水建置之生態水池(苗栗縣頭屋鄉獅潭社區)---- 21
圖 2-4 仿自然淨水系統示意圖---- 27
圖 2-5 生態水池景觀生態營造意象圖---- 31
圖 3-1 生態水池之基本結構示意圖---- 34
圖 3-2 生態島可創造濕地的微地形變化---- 34
圖 3-3 不規則的水域邊緣可改善對生物棲息地及水質---- 35

圖 3-4 水路域交界帶之之設計示意圖 ---- 35
圖 3-5 桃米坑樹蛙亭生態淨化池(左:施工前；右:施工後) ---- 40
圖 3-6 台南市成功大學生態淨化池 ---- 40
圖 3-7 水池沿岸之坡度設計(右側設計較佳) ---- 46
圖 3-8 鳥類與蜻蜓於水邊活動情形 ---- 54
圖 3-9 喬木於水邊生長形態 ---- 55
圖 3-10 木本植物於濱水帶生長情形 ---- 56
圖 3-11 地被植物(越橘葉蔓榕) ---- 56
圖 3-12 水生植物(印度莕菜) ---- 56
圖 3-13 紡錘形植物造型 ---- 57
圖 3-14 圓柱形植物造型 ---- 57
圖 3-15 散形植物造型 ---- 58
圖 3-16 圓形植物造型 ---- 58
圖 3-17 垂枝形植物造型 ---- 59
圖 3-18 特殊形植物造型 ---- 59
圖 3-19 植栽顏色配置實例 ---- 60
圖 3-20 觀葉植物(楓香) ---- 61
圖 3-21 觀果植物(雀榕) ---- 61
圖 3-22 觀花植物(台灣欒樹) ---- 62
圖 3-23 觀姿植物(正榕) ---- 62
圖 3-24 運用優型樹單植示意圖及實例 ---- 62
圖 3-25 雙植示意圖及實例 ---- 63
圖 3-26 三植之形式示意圖及實例 ---- 63
圖 3-27 群植示意圖及實例 ---- 64
圖 3-28 列植示意圖及實例 ---- 64
圖 3-29 群植聚集效果示意圖 ---- 65
圖 3-30 複層植栽設計示意圖 ---- 66
圖 3-31 緩坡陸域濱水帶植栽設計示意圖與實景(宜蘭縣梅花湖)---- 67
圖 3-32 中等坡陸域濱水帶植栽設計示意圖與實景(台南縣龍崎泥岩地區)---- 67
圖 3-33 陡坡陸域濱水帶植栽設計示意圖與實景(宜蘭縣梅花湖)---- 68
圖 3-34 原生樹種混植示意圖 ---- 69
圖 3-35 原生速生樹種(例) ---- 70
圖 3-36 水生植物類型示意圖 ---- 70
圖 3-37 漂浮植物生長情形 ---- 71
圖 3-38 浮葉植物生長情形 ---- 71
圖 3-39 沉水植物生長情形 ---- 72
圖 3-40 挺水植物生長情形 ---- 72
圖 3-41 濱水植物生長情形 ---- 73

圖 3-42 生態水池生態島設計類型示意圖(左：固定式、右：漂浮式)---- 76
圖 3-43 生態島現地照片 ---- 76
圖 3-44 生態浮島現地照片 ---- 76
圖 3-45 植栽結構會影響水流方向示意圖 ---- 77
圖 3-46 水池內外棲地植栽多樣性示意圖 ---- 78
圖 3-47 生態水池複層混植示意圖 ---- 80
圖 3-48 水池整體景觀配置示意圖 ---- 81
圖 3-49 水陸域交界處植栽生長情形 ---- 83
圖 4-1 生態水池應用石材(例)---- 94
圖 5-1 水質調查情形---- 102
圖 5-2 溶氧度計、酸鹼度/電導度計---- 103
圖 5-3 2100P 攜帶型濁度計 ---- 103
圖 5-4 水樣採集情形---- 103
圖 5-5 土壤採集及電導度試驗---- 104
圖 5-6 植生調查工具---- 105
圖 5-7 清除水草情形---- 111
圖 6-1 解說牌與觀賞者位置示意圖---- 123
圖 6-2 解說牌設置實例---- 125
圖 6-3 步道配置實景---- 128

第一章 緒論

一、生態水池之定義

(一) 廣義定義

廣義的生態水池（ecological pond），泛指「以水域為主體，由動物、植物、微生物、土壤共同組成具完整動態生態體系的水池，包含人為與自然、永久或短暫、靜止或流動的水域」，故廣義之生態水池係指在生物與非生物結構物之間，達到動態平衡的生態系統。水域及其周邊之生物環境元素在長時間演替、無人為干擾的情形下，有可能達成生物與結構物組成的平衡及穩定，大部份的半自然與人工水池在週期性之水文變化、氣候變化及人為干擾後，經過一段時間後，生物與非生物結構組成亦可達成短期性之生態系平衡狀況，例如農田、台地之埤塘及校園水池等 (內政部營建署，2005)。

(二) 狹義定義

狹義的生態水池，係指依水池周邊區域水文及氣候等構成條件，規劃適宜之水域面積、合理水深、適當形狀、不透水底質、自然平緩的邊坡、純淨水源，並與當地植物構成多樣性之棲地環境，以提供動物生存的空間，並藉由適宜的經營管理下以維持動態生態系的水池 (內政部營建署，2005)。

二、生態水池之功能

在完整的水資源生態網絡中，生態水池扮演重要節點的角色，節點本身具有生態能量聚集效應，可提供生物棲息、遷徙、短暫停留的空間；透過節點的串連，亦可形成生物遷徙、能量流動之路徑。相對於大區域水循環系統，各節點的水域可自成一完整的微系統，其可影響區域性的水循環系統運作，增進水循環的穩定性。

生態水池所具備的功能，會因其建置型態、區位與環境條件之不

同，而呈現多樣性之面貌，其可能為單純的景觀遊憩或空間體驗，亦可提供生物之棲地與庇護野生物，或具有防災與滯洪之功能。有關不同類型生態水池保育功能類型，茲分述如下：

(一) 洪峰調節

在山坡地、河川流域內之洪氾平原或高灘地等易受洪水淹漫的區域，可選擇適當地點設置滯洪型的生態水池，不僅能在暴雨期間有效降低河川的洪峰水位，亦可維持河川生態系統的正常運作與穩定性，並可作為下游住民、財產的第一道屏障。另山坡地開發地區易生土砂災害，需依水土保持規範中之規定設置沉砂滯洪池，以達到減少土砂外流以及洪峰調節之功能，如圖 1-1(A)。

(二) 水源保育

水池是地下水層補注的重要來源之一，有時水池與地下含水層相連接，水池水體可能直接滲入地下含水層，利用入滲作用補充地下水源。許多天然或人為的水聚集地，都是重要的水資源，如埤塘、圳溝、河川、湖泊及水庫等。故水池的形成多與地表或地下水文有密切關係，對於水資源的補注扮演關鍵性的角色，如圖 1-1(B)。

(三) 水質過濾

具有豐富植物相及充足水源之生態水池，土壤中的微生物相當活躍，可利用本身的過濾、沉澱及吸附等物理性作用，配合氧化還原、沉澱、吸收及離子交換等化學反應過程，以及微生物的生物分解、同化作用及植物吸收等生物性作用，將生活污水、工業廢水及垃圾滲出水等點源污水，及雨水排水、農業灌溉排水及礦區排水之中非點源污染性廢水中的有機物質、懸浮固體、營養鹽物質、油脂及重金屬，去除或轉換成較不具有毒性的物質，如圖 1-1(C)。

表 1-1 各類污染物在濕地之處理機制

污染物種類	濕地之處理機制
懸浮固體	過濾、沉澱
有機物	微生物分解、光化學氧化、沉澱過濾
氮	水解、硝化、脫硝揮發、吸附、生物吸收
磷	吸附、生物攝取、離子沉澱
致病原（細菌、病毒、原生動物、寄生蟲）	沉澱、吸附、過濾、自然死亡或被掠食、紫外光殺菌、植物根部份泌抗菌物質
重金屬	離子交換與有機物沉澱過濾、生物吸收與吸附
硫化物	吸附、植物吸收、微生物氧化還原

(資料來源：坡地生態水池多元化保育功能之研究，2007)

(四) 微氣候調節

根據行政院農業委員會利用遙測衛星進行水田監測比對的結果，在每年五月份的初夏時節，水田平均溫度較附近都會區約低 8℃，較裸露土壤或道路約低 5℃；冬天時，水田則可吸收太陽輻射熱，形成「暖房」效果。由於水田的區域性質與生態水池性質相近，故在生態水池周邊區域之平均溫度較周邊人造土地型態為低，如圖 1-1(D)。

(五) 生態復育

生態水池另一功能即為孕育與復育生態資源。西元 1865 年由英國生物學家史溫侯，在高雄的大水塘發現水雉，但隨著都市開發，水雉於高雄地區近似絕跡，藉著各地方環保團體積極遊說下，於民國 92(2003)年在高雄市蓮池潭畔開闢洲仔濕地公園，至今已經超過 100 種鳥類到此棲息繁殖或渡冬，可作為都會生態濕地的典範，圖 1-1(E)。在復育植物方面，自從在陽明山夢幻湖發現台灣特有的稀有水生植物「台灣水韭」，因此劃設為保護區，後因水位下降及強勢物種入侵台灣水韭之生存空間，後來藉由管理單位以人為方式移除強勢水生植物，經過近半年的努力，目前夢幻湖生態保護區已成功復育台灣水韭之族群。

(六) 景觀營造

目前台灣地區很多公園綠地，常以人工水池配合周邊景觀植栽設計增加柔性和美感，然大部份設施，仍多以流水、噴泉、石組表現，甚至規劃為水生植物觀賞池，圖 1-1(F)。近年來配合教育部提出「永續校園推廣計畫」，許多中小學甚至到大專院校，於校園內設置兼具景觀功能之生態水池，進行生態棲地的營造，提供物種保存、棲地保育、休閒遊憩以及生態解說教材。

(七) 農塘生產

位於花蓮縣光復鄉馬錫山腳下的馬太鞍濕地，是一處天然濕地景觀，也是世居馬太鞍部落阿美族人傳統生活區塊。12 公頃的濕地提供部落生活所需，過去居民以此濕地來捕魚，利用竹枝等素材建構起三層式的捕魚器材，大魚進入不易游出，小魚則可自由進出繁衍後代，具有生態保育概念，該種捕魚方式稱為「巴拉告」，圖 1-1(G)。



A 滯洪型生態水池(台南縣柳營旭山村)



B 大型土壩蓄水保育
(台南龍崎)



C 小型水質過濾池
(南投桃米里)



D 水稻田灌溉水池據微氣候調節功能
(台北市內湖七星農田水利會)



E 具生態復育功能之水池
(高雄市洲仔濕地公園)



F 具景觀營造功能之生態水池
(新竹縣北埔鄉綠世界)



G 灌溉用農塘水池
(花蓮馬太鞍濕地)

圖 1-1 生態水池之功能類型

三、生態水池之類型

生態水池的種類繁多，因不同功能建置目的大略分為蓄水灌溉、滯洪防災、濕地保育以及觀光遊憩等四大類型。整體生態水池之基本構造則以沉澱池、滯洪池、前池、緩流池(氧化池)、後池(尾池)之型態為主，並在池岸及池中搭配水生植物的配置，以增加生態多樣性。原則上各類型之生態水池營造，均包含有上述之七項功能，僅因不同的類型所著重之功能也不盡相同。其主要目的說明如下：

(一) 蓄水灌溉型

灌溉型水池為農村常見之設施，一般多設置於農作物集中區域，結合水圳及灌溉溝渠間的串流，達到循環供水之目的。常見之蓄水灌溉型設施包括灌溉水圳、農塘、溝渠等，一般農作依賴的是引自溪流之中上游之灌溉水圳，部份農作則利用低窪地區興建農塘自然蓄水，再將農塘內的水引至農田中；旱作則因作物所需水量較少，多數仰賴自然降雨，部份則透過農塘之建置達到灌溉之目的。

位於台南縣龍崎鄉牛埔村的農塘，即為本類型典型案例。由於當地土質屬於泥岩，土壤物化特性加上氣候特徵，以及長期以來該地遭受自然力作用、人為干擾所造成的表土沖蝕、地力耗損、土砂災害以及農業用水短缺等環境保育問題相當嚴重，使得整體區域發展的土地利用、災害防治、產業振興、人口外流等社會經濟問題浮現。

由於泥岩地區在自然地理上呈現特殊的地形地貌特徵，在土地利用與人文發展上亦顯示出獨特的產業結構與聚落型態，自民國 87 年起，行政院農業委員會水土保持局分期以生態工程，對該地進行土壩土堤設置、裸露坡面植生等水土保持工作。在坡面穩定方面，採用擋土設施、坡面穩定工法以及排水構造物等，在農地利用上，則以土堤、土壩及農塘蓄水等方式，解決表土沖蝕、蝕溝及灌溉用水等問題。 同時龍崎鄉公所亦配合在集水區內設置步道及涼亭等

休閒設施，將原本宛如月球表面的荒涼景象，轉化成為生機盎然的綠洲，吸引眾多野生動植物棲息，逐漸形成融合自然與人文的泥岩地區農村社區景觀。龍崎鄉牛埔村的轉變，不僅在區域景觀上呈現獨特性與連續性，其自然體驗與區域特色亦強化地方產業。詳圖 1-2 至圖 1-5 台南縣龍崎鄉泥岩地區之農塘。




圖 1-2 台南縣龍崎鄉泥岩地區之農塘與排洪用豎井




圖 1-3 泥岩地區之農塘、耕地與周邊景觀




圖 1-4 牛埔泥岩水土保持教學園區之農塘景觀




圖 1-5 泥岩地區農塘排洪用豎井之景觀設計

(二) 滯洪防災型

本類型水池主要用來降低因開發山坡地而增加下游地區洪峰流量之衝擊，藉由坡地水池蓄水體積及出口設計而達到降低洪峰流量、遲滯洪峰到達時間或增加入滲；若其出水口高於池底，亦能達到污染及泥砂控制之目的。此外，水池由於多設置於人口密集之聚落、林木茂盛及大面積之草生區，需較大面積之規劃，尋覓自然凹地加以土壤改良，透過自然降雨，可強化水池蓄水保水的功能，達到防災保全的效益。平時亦可調節環境微氣候，改善過度乾燥之環境，並提供野生動物良好棲地，對於提供林火發生時之消防用水、阻擋林火蔓延等亦有助益。

本類型水池典型案例為中部科學工業園區之排水防洪措施與生態滯洪池(圖 1-6)。位於台中大度山山麓下的台中中科園區，屬於坡地地形，為了提供園區廠商及下游居民的環境安全，中科籌備處規劃運用生態工程建造了完善的水土保持工程設施，依現地地形分為多個排水分區，主要由道路邊溝、截流箱、涵管等排水設施，將地表逕流集中後匯入滯洪池，經調節後再導引至既有區外排水路。滯洪設施完成後，在豪大雨來臨時可以調節水路流量、蓄存大量雨水再排放至下游地區，並可以提供攔砂沉降的空間，以保護園區內環境及下游居民之安全。再加上池身、池底皆保留紅土礫石等材料，藉由礫石本身優良的透水性以利水迅速排出；並導入適合之植

栽，配合週邊環境施做木棧道、步道、生態棲息島、藝術雕塑區以及各種運動場地，營造成為滯洪公園綠地，讓原本單調之工程設施，變成園區人員和附近居民休閒運動的好去處，並提供一片綠地讓動物過境棲息，寄望成為一科技與生態和平共生的榜樣。



滯洪沉砂池全景(一)



滯洪沉砂池全景(二)



平時蓄水高度



豪雨來時蓄水情形)



安全圍籬設施



草溝出水口

圖 1-6 滯洪沉砂水池(台中科學園區)

(三) 濕地保育型

人工濕地具有淨化水質及生態保育功能，係將生態工程應用於污水管理的一種自然淨化程式，在操作上無需曝氣、攪拌、加壓等人為動力，亦不需添加化學藥劑、介質單體附著物等人造物質，具有省能源、低成本、無二次污染、不破壞生態，及不受進流水水質與水量影響之優點，因此於社區、小集居區周邊利用低窪地或閒置空地設置人工濕地進行社區廢水自然淨化，除可達到環境保護功能，並兼具蓄水與景觀美化效果；對於利用人工濕地淨化之水，亦可做為社區綠美化植栽澆灌之用。改善防洪之排水路，透過景觀、水土保持工程設施，不僅增加蓄水、防洪功能，於排水路交會處如設置水池，亦有滯洪與提供動植物棲地之效果。

高屏溪右岸舊鐵橋人工濕地為本類型案例，水域面積約 30 公頃，部分作為淨水處理，其餘部分為自然濕地保育之棲地環境。行政院環境保護署、經濟部水利署第七河川局及高雄縣政府為改善高屏溪高莖作物充斥及河川髒亂現象，藉由河岸生態復育，重新塑造自然生態環境，於高屏溪右岸舊鐵橋建置人工濕地，底部有土壤或其他介質提供植物附著生長，於濕地環境中種植各類型水生植物如挺水性、浮葉性及漂浮性水生植物，藉由引水進入濕地，經由沉澱、曝氣及與植物根系接觸以達到淨化效果。





圖 1-7 高屏溪人工濕地景觀

(四) 觀光遊憩型

利用景觀手法建置生態水池，除提供基本蓄水、淨化水質及消防功能外，亦可改善原本單調的林地、草生地或旱作地景觀，並透過周邊景觀休憩設施之導入、步道建置，形塑適宜地方居民從事休閒活動之場所，達到生態水池建置多重目標。利用現有水池進行景觀再造計畫，重塑昔日農村風華；配合位於步道或階地旁之防災型水池進行功能改善，塑造具多重效益之生態水池。

本類型代表案例為宜蘭縣羅東鎮西郊之羅東運動公園，園區占地 47 公頃，前身為一片寬廣無際的水稻田，在宜蘭縣府規劃下架構出傳統中國庭園和日本風味，園區設計以地景、水景、運動設施、植栽等，其理念乃結合台灣本土特色及蘭陽風情，以蘭陽溪水為基礎架構，反應蘭陽平原多雨及豐富地下水的親水環境。公園內濕生植物區之平面配置以「陰陽」太極圖為基本構思，蓮花與自然池表示「陰」，而以明亮的木棧道及開放性涼亭為「陽」之象徵。


公園內之生態島


穗花棋盤腳


池中鴛鴦活動情形


紅冠水雞棲息情形

圖 1-8 羅東運動公園之水生植物區生態景觀

四、生態水池之棲地環境

生態水池所包含之水域與陸域棲地環境中，具有樹林、灌木、草生地、草澤、水生植物、水域等多樣性環境，可提供魚類、鳥類、昆蟲、小型哺乳類、兩棲爬蟲類、無脊椎動物及各類植物良好的棲息環境，其中陸域樹林為中小型哺乳類、鳥類、兩棲類、爬蟲類、無脊椎動物、昆蟲幼蟲之棲息環境；林木果實為鳥類、松鼠科哺乳類食物，樹葉、樹枝、樹液、花蜜為昆蟲的食物來源；樹幹為部分鳥類、飛鼠築巢的空間；周邊草叢為小型哺乳類、水鳥、兩棲類(蛙)、爬蟲類(蛇、龜)、蜻蜓、螢火蟲、無脊椎動物棲息、覓食的場所；草類葉子亦為昆蟲幼蟲的食草、果實為食穀鳥類的食物來源；落葉、落果、碎屑物質提供水域藻類、水生昆蟲和魚類食物的來源。水生植物則提供水鳥、兩棲類(蛙)、爬蟲類(龜)、魚類、蜻蜓、無脊椎動物、水生昆蟲

棲息、覓食的場所。棲息地示意如圖 1-9，生態水池常見動物名錄及照片，如附錄一及附錄二。



圖 1-9 生態水池之棲地環境與代表性物種示意圖

第二章 生態水池規劃

一、生態水池基本環境生態調查

為評估水池整體生態系結構與功能運作的價值，需進行水池區域及周邊環境特性與生態資源調查，藉以協助建立明確之設置目標，及對不同階段之區域管理有所助益。生態水池規劃所需取得的生態環境資料，包含基地概況、水質水量、生態調查、棲地評估及功能分析等，其內容說明如表 2-1 所示。

表 2-1 生態水池基本生態環境調查項目及說明

調查項目	說明
1.基地概況	瞭解生態水池周邊環境及水域之邊界狀況，以及因季節性與每年的氣候變化所產生之環境屬性，特別於基地內之動態變化。
2.水文調查	就基地內外水移動型態的整體調查，從基地內水的供給源流動到儲積處，評估水池在水文調節方面的功能。另為瞭解逕流水之集中與儲存、水位變動和地下水補注與水池水域間的關係，應將集水區及水池點位等資料繪製在圖資上，以供以後規劃設計之參考。
3.水質調查	有系統的收集區域內水文監測點之水體樣本，分析化學物質循環與收支情形，評估生態水池之水域環境指標。
4.生態調查	在群落生態學方面，利用 GIS 資訊系統及考慮物種種類豐度、多樣性、營養結構等資料，評估野生生物物種及其棲地的利用。在景觀生態學方面，包括水域之變化，水體之流動所產生之環境差異調查，景觀結構分析(包括塊區的大小、形狀、廊道連接性、邊緣效應和景觀格局等)。
5.棲地評價	調查特定地點的靜態（單位面積的水生生物、植物數量及多樣性等）和動態（植物生產力、水位變化、化學物質循環與物種族群間消長等）的可變因素，建置生態水池內之主要環境棲地特徵。
6.水池功能與利用	為教育、研究、遊憩和美學享受等目的，分析水池區域之功能，最好用區域中不同地點共同有效的調查清單來評估。並使用景觀視覺品質偏好的分析，協助建立規劃標準。

(資料來源：坡地生態水池多元化保育功能之研究，2007)

二、規劃目標與設置地點

(一) 規劃目標

在確保水池基本功能的前提下，生態水池的設置應因地制宜，選擇具備生態水池基本構成條件之基地，在最少人為干擾與設施改造的條件下，促進其功能的發揮。在提升生態水池多元化功能的考

量上，除既有功能的完整發揮外，可藉由部份設施或環境條件的調整，兼及其他相容的附屬功能，但仍以不損及主要功能為原則，並藉由生態水池之設置，以期能達成下列目標：

1.匯集地表逕流及截蓄保水，達到水土保持和滯洪功能。

2.增加蓄水功能，提供灌溉、養殖等用水。

3.增加林地安全防護，成為具生態概念的防災設施。

4.利用過濾與沉澱作用，達成水質淨化並涵養水源。

5.調節周邊環境微氣候，改善環境品質。

6.提高農作產量與品質，增加農民收益與所得。

7.結合景觀意象與視覺體驗，提供休閒、遊憩場所。

8.營造動植物棲地環境，達到自然生態保育效益。

(二) 設置地點

在選擇設置生態水池之地點時，可依下列考量重點，進行規劃。

1.集水區之地表逕流水匯流處可提供充足的水源，增加水池的自淨與循環能力，且可有效符合「截取上游逕流、儲蓄潔淨水源」的功能。

2.部份林木集中區或草生地需水量大，且於冬季容易乾旱造成火災，生態水池之設置可即時提供水源並可阻隔火勢蔓延。

3.利用現有之低窪地或谷地，地形地貌不需大幅改變即可節省開挖水池之經費並降低地貌之破壞程度，以減低現有生態系統之平衡。

4.在水量來源充沛但無水池等施設蓄水處，為避免造成水資源之浪費，可建置水池蓄接大量之雨水，供乾旱期使用。

5.水池之建置地點，必須要有活水源頭，最好具備多種水源，以提供穩定水源，避免枯水期缺水。

6.沿道路旁且有休憩設施及休憩景點，生態水池之可及性高，可提供多功能之使用。

7.水域周邊生物豐富度高，水池之構置有助於生物多樣性保育與水域棲地生態系之穩定。

8. 生態水池雖有自淨能力，如可配合當地居民維護管理者，將可增加水池壽命。

9.土地較易取得之公有土地，或居民配合意願高之地區，水池之設置可易於後續之維護管理。

10.周邊已有類似水池或農塘，經整理後可加強蓄水性，環境保育及生物多樣性功能之地點。

11.位於農作集中區，可結合現有水圳溝渠，可利用回歸水源循環保水：農作集中區需求灌溉水量較大，生態水池設置可符合經濟效益。

12.原有農塘、濕地或水池可經改善恢復其原有功能者。已完成水池設置但久未管理維護者，可藉由簡易清理恢復其功能。

13.有明確的管理單位，可提供規劃設計、施工與完工後維護管理之相關資訊者，可參考持續監測水池並利用紀錄的相關資料，增加生態池的認知，作為後續維護管理與設計改善依據。

14.相關生態棲地或物種調查資料完善者:可利用棲地物種調查資料，評估環境敏感區位，易於生態復育地規劃之進行。

根據以上原則，繪製生態水池設置地點選擇流程圖提供參考，如圖 2-1。

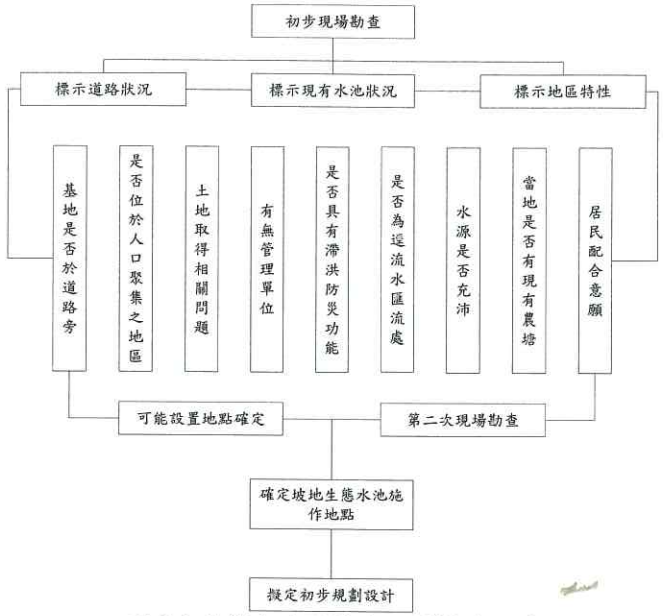


圖 2-1 生態水池設置地點選擇流程圖

三、生態水池規劃基本考量

就水土保持專業領域範疇，生態水池的環境構成與功能設定可概分為以灌溉養殖、滯洪保水、兼及休閒遊憩與水質淨化功能之農村地區的生態水池，以及以生態復育與環境保全為主要目標之坡地保育處理地區之生態水池。茲分別說明其規劃時基本考量要項。

(一) 農村地區之生態水池規劃

1.農村地區水資源利用之考量

農村大部份位於人口較為分散之非都市土地，污水下水道較難全面設置，生活污水若未經妥善處理任意放流，不僅造成水質污染，亦會破壞農村景觀。然以工程方式，如活性污泥法或過濾池等方式淨化污水，不僅需要較高之營造及維護成本，且需要較高之操作技術。但由於農村地區土地可利用面積較廣，農村污水

可利用先排入沉澱池、過濾池、氧化池一級處理後的水，再流入生態水池進行二級自淨方式。

農村水的來源主要為雨水、山澗水、湧泉水、地下水及生活用水，由於農村因灌溉而需求較多的水量，故埤塘、灌溉管道、水圳等多為農村常見之景象。農村之水池除可有效淨化排放污水外，亦為儲存水資源之最佳場所，改善地方生態與環境景觀、緩和氣候高溫現象、降低排水設施營造成本。有關農村常見之水循環詳如圖 2-2，生態水池水源供給之形式如下表 2-2。

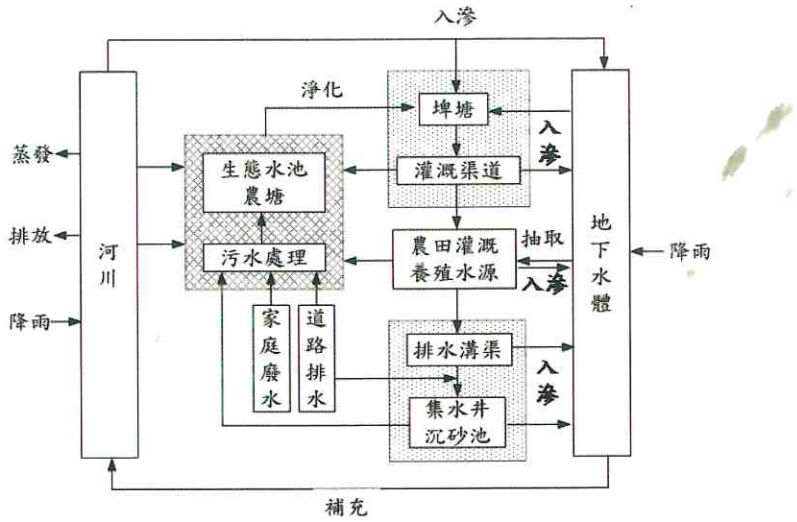
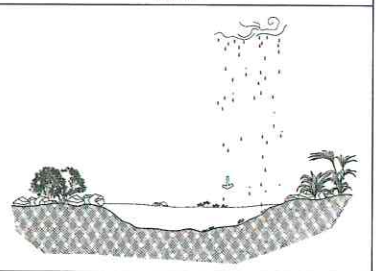
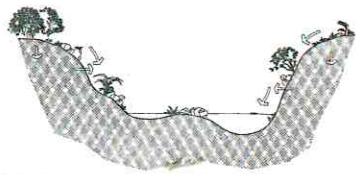
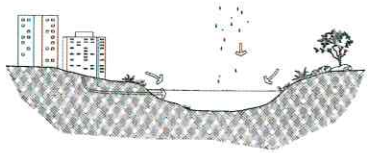
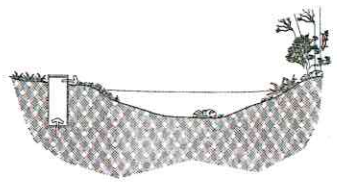


圖 2-2 農村地區水循環示意圖

表 2-2 農村地區主要水源供給之類型

來源類型	概述	圖示
1.降雨蓄水	利用天然凹地或人工挖鑿之水池直接蓄積降雨之雨水，以達到蓄水之目的。	
2.山澗泉水及坡面逕流	利用天然凹地蓄積坡面之逕流水或湧水，並加以涵養保蓄、做為水池用水。	
3.生活廢水	利用小聚集居家旁之空地設置水池或人工濕地，引入生活廢水，進行水質淨化處理，並可有效利用淨化之水進行灌溉使用。	
4.地下水源	透過鑿井方式以汲取地下水源建置水池，或於地下水位較高之地面人工挖掘，使其低於地下水位而形成窪地。	

(資料來源：坡地生態水池多元化保育功能之研究，2007)

2.農村地區水域空間規劃之考量

就農村整體水資源利用與水域空間的規劃而言，包括流動水域(如水溝、小溪、河川等)與靜止水域(如濕地、水池、農塘等)，水域空間提供不同類型的棲地環境，孕育多樣化的動植物，為生態景觀系統中最重要的空間元素。因此塑造健康、優美、親近及符合生態的水域環境，將可協助活絡農村經濟發展。依據開發規模與用地推估，若為改善水利系統增加灌溉水源，一般旱作在耕作上，配合發展之灌溉型的生態水池，其水池開發規模面積大約 0.2 公頃；為了提供山坡地之居民日常使用和保護下游居民的安全，則發展具有蓄水、防洪及沉砂功能之生態水池，其水池規模面積可依照水土保持技術規範中沉砂滯洪池之相關規定，不但可以減少乾旱時期缺水和洪水災害的問題，更可以在山坡地創造休閒、生態的綠色景緻。

由於轉作高經濟作物所需要之水量多，需水量幾乎達到 400 立方公尺/天，生態水池的開發規模較大，必須選取較大之面積作為蓄水池，約為 0.5 公頃；而轉型休閒農業之經營模式，生態水池的開發需求則偏重景觀美質的追求與生態保育，開發規模則視休閒農場分區劃設加以規劃。

3.符合近自然環境之生態水池規劃

相對於都市化地區的高度人工化，自然度較高的農村或原野地區應依循當地環境特色，依生態工程設計原則，在生態水池設計時，應考量配置之因地制宜性、材料使用之就地性、生物路徑之通暢性、設施之透水性與多孔性、植栽之複層性、緩衝空間之必要性、鄰里社區之安全性等。設計前需對現地進行全盤瞭解，盡量避免周遭環境之破壞，並以大環境的角度作為設計生態水池之參考。

一座符合近自然環境之坡地生態水池，應同時考慮其環境條

件與設定之功能，二者相輔相成，才能確實達成設計目標，且提高環境支援生態水池功能之效果。如圖 2-3。



圖 2-3 利用山澗湧水建置之生態水池(苗栗縣頭屋鄉獅潭社區)

(二) 坡地保育處理地區之生態水池規劃

因台灣地區山坡地每逢豪雨季節常發生洪水災害，年平均降雨量高達 2,515 公釐。由於降雨時空分佈不均，常造成地區性水源不是不足就是淹水，影響產業生產與民眾生活用水，因此有必要在山麓帶攔截地表逕流，由上而下設置連續式滯洪池，或利用休耕農地暫時作為滯洪池，以蓄積洪峰降雨。

此外，利用生態性護岸、透水性鋪面和栽植濱水植物等工法，除可減輕洪水災害外，亦成為動植物棲息地，使滯洪池逐漸成為防洪型生態水池，在不影響滯洪功能下，發展成為生態遊憩用地，以營造出具休閒、觀光、教育且自然保育的環境。有關建置坡地保育目的之生態水池應注意原則臚列如下：

1.具生態概念之防災設施

於山坡地沿著等高線方向設置截水溝。或利用現地既有之農塘，可減少地表逕流並攔截洪峰流量；在地勢較緩的山谷野溪，由上至下設置連續式滯洪池，可減輕洪水災害，亦可使蓄積的雨水入滲到地下，補充地下水。

2.減少地表逕流及截蓄保水

以往位於坡地聚落之開放空間，如廣場、停車場、人行步道、農路等，常採用不透水鋪面施作，造成地表喪失良好的入滲與保水能力，減弱滋養植物的能力與生物棲息空間，也無法發揮大地自然調節氣候的功能。設施承受極大的負擔，形成低窪地區每到大雨即淹水的窘境。藉由增加基地的透水環境的規劃，配合廣設貯留入滲水池或滯洪池的設計，將可增加大地之水循環能力、改善生態環境、調節微氣候、緩和氣候高溫化現象，以及降低排水設施建造成本。

3.水質自然淨化處理

由於台灣地區之污水下水道建設方案，皆以都會區作為優先實施地點，預計至 2011 年為止，台灣地區之污水下水道普及率預估可達 36%。然而此項建設所需費用非常龐大，非一般農村地區或坡地保育地區所能負擔，如利用自然淨化處理方式來淨化生活污水，不僅降低工程費及後續維護費用，亦可營造生物多樣性棲息環境和景觀美化功能。有關傳統污水處理與自然淨化處理系統比較，詳表 2-3。

4.生態水池設計應進行相關生態調查，並依據所調查之生態水池附近生態資料、關鍵影響物種，擬定棲地改善及復育規劃原則，對於原有棲地環境良好的生態水池，應減少人為的破壞及人工建物的導入。對不同生物種類的影響，及不同物種的棲地需求，例如蜻蜓幼蟲需要有挺水性植物，攀附其上進行羽化；小水鴨喜歡使用草生地、草澤的環境；台灣藍鵲喜歡天然林、次生林、竹林。故水池之規劃應維持或設計多樣性的棲息地環境，如不同的植被類型、不同水深等。

5.在坡地開發地區或工程施作之基地，若原濕地棲地可能受到破壞或水域生物之生存、生活受到危害應依據迴避、縮小、減輕、補償等可行方案加以評估，以做為是否人工建置棲地復育目的

之生態水池之考量依據。但生態水池導入工程設施之影響情形有其複雜性，在施工前、中、後，應配合相關類群生物的監測，才能有效了解施工的影響及工程建設的效益。

表 2-3 自然淨化處理系統與傳統廢水處理技術之比較表

項目	自然淨化處理系統	傳統污水處理技術
處理機制	整體生態系統之物理、化學與生物功能	分別利用物理、化學、生物方法
化學物質之添加	不需要	視單元添加，如消毒，pH 值調整
營養鹽去除	去除含碳氮有機物及部份含磷有機物	僅去除含碳有機物
污染物去除速率	慢	快
受氣候影響	多	少
處理時間	長	短
處理水質	以溶解性有機物為主	固體性及溶解性有機物
所需面積	大	小
所耗能源	少(太陽能為主)，或僅需抽水一次動力	多(電能為主)，曝氣，大多數單元均需動力
初設成本	低	高
操作維護成本	低，無需專業化廢水處理人員，只需定期檢查水路流通、垃圾撿拾、瞭解水生植物生長與收割等情形	高，需廢水處理專職人員，定期設備維修、操作參數及條件監控、活性污泥問題與對策、污泥處置
專業知識	僅具基本知識	需專業知識
生態性	接近	無
結構	利用既有的自然窪地或人工開挖	鋼筋混凝土槽體或人工構造物
機械設備	較少量之抽水幫浦	較多量之抽水幫浦、鼓風機、散氣設備、污泥脫水機、加藥幫浦、攪拌機、過篩機
功能	二級、三級處理	一、二、三級處理
化學藥劑需求	無	消毒藥劑、污泥調理劑
資源利用的獲益	農作物、植物、養殖物	污泥
污染物去除速率	時間較長，需依據水池面積深度植栽不等	時間較短
額外效益	野生動物棲息、景觀美化、生態環境教育	—
衛生問題	蚊媒控制	臭味控制、污泥處置

項目	自然淨化處理系統	傳統污水處理技術
景觀	自然生態	人工建築物
親水性	佳(景觀池)	無

(資料來源：仿林瑩峰等，2004)

四、生態水池建置要項與規劃原則

生態水池在設計時需考慮到的層面相當廣泛如水源取得、水深規劃、面積大小、形狀結構配置等種種因素，針對主要考量因素可參考表 2-4。

表 2-4 各區位之規劃原則

項目與區位	規劃設計原則
水源	生態水池之水源可利用雨水、環境逕流、自然湧泉三種基本形式給水，最好具備多種水源，以提供穩定水源，避免枯水期缺水。除此之外，應設法使其清潔與穩定，進水管道及出水管道以隱藏方式設計；池中及岸邊植物視其生長及競爭情形隨時做必要之整理，俾利維持水流之順暢。
水深	以安全考量為主，大部份池面水位以不超過 60 公分為原則，且應具有變化，在 10~60 公分間配置不同之比例。如為有利於較多魚類棲息過冬，可於池中間區域保持小區域水深 100 公分之深水區，深淺水區之比例視生態水池環境條件與設定目標而定。
面積	水池面積宜不小於 150 平方公尺，以維持最基本的生態系能量與物質循環之穩定性。對於面積大於 8,000 平方公尺之水體，則較適合以湖泊生態系視之。
形狀	設計不規則的邊緣，可增加水池的邊緣效益，有助於增加生物對棲息地之選擇性；池岸為重要的生態轉換地區，應盡量維持多樣化的水岸環境，栽植豐富的岸邊水生植物，以提供鳥類及動物築巢、休憩、繁殖的隱蔽屏障。如果有足夠的空間，可考量設計成數個不同大小的水池，各水池以小水道連接，可創造水流或高差的效應。
池底	除滯洪池外，設計具有蓄水功能之生態池應具備不透水池底，一般以含 40%黏土之土壤約 30~60 公分鋪底壓實，可達防止入滲之效果。充分壓實可達部份防漏效果，不宜使用水泥或磁磚等，並於池底挖溝、堆石、堆木塊、放置多孔隙材料等做成深淺不一，具有變化之地形，提供水生生物利用之選擇。
植栽	依不同水深，栽植原生之挺水、沉水及浮葉等植物，岸邊栽種耐水之濱水之原生地被、灌木及喬木，並應使植物、枯枝落葉和水體有最多的接觸面。
池岸	水岸之邊坡坡度應介於在 5~35°之間為宜，超過 35°時需配合坡面穩定設施，並以自然之土壤、木材或天然石塊砌成，營造動物喜歡之緩和邊緣，如無特殊目的切勿設置成垂直堤岸或使用水泥、磁磚，尤應注意邊坡要維持多孔隙性及多變化性，以利動物之活動及棲息隱蔽。

項目與區位	規劃原則
堆置物	池底及池岸應配合現地地形局部調整，可放置枯木、石堆、枯竹，並使部份沉入水中，部份設置為直立之棲木，部份自岸上自然倒入池中便於水棲昆蟲及魚蝦生存，亦可形成水陸兩棲動物之天然通路及水鳥之駐足點。
生態島	面積大於 0.2 公頃之生態水池，可考慮設置生態浮島，以豐富環境樣貌與機能；生態島可以固定或漂浮方式設計，並混合種植多樣化植物，包括喬木。如果空間不夠大，亦可以浮水植生栽植槽取代生態島。
利用及保護	應將水池區分為利用區及保護區，保護區應占水池三分之一以上。並應禁止人為干擾或進入，讓各種野生動植物有適當之生長及隱蔽處所。親水利用區，應考慮最大承載量之問題，避免利用過度，接近及利用通道應在水池邊緣通過，切忌由中間切斷池面。另外，在使用上應有明確之利用目標及規劃，例如教學、展示、物種蒐集、保存等，否則很容易變成一個使用率偏低的奢侈品或荒廢池。
流動水	流動之水聲及噴霧對某些動物具有吸引力，可以人工抽水造成循環水流或流動水域，或利用抽水馬達造成之震動效應亦可減少水域中藻類大量滋生。
日照	池面大部份之面積每天應維持適當之光照，以利各種動植物繁殖生長，池邊可種植親水性的喬木或灌叢，但要避開高大的人為建築物。
多功能設計	附屬構造物設計應期具有多功能用途，以減少物資、能量之耗費。例如水岸段砌石塊，可以排列成多孔隙生態空間或石塊休息椅或石塊隔離帶，並製造多變化之視覺效果，木材亦可同此設計。
緩衝帶設置	規劃設置緩衝帶，可提供攔截污物、防止表土沖刷、環境構成轉換與水際生物棲息空間，緩衝帶縱深應依據現地環境條件與緩衝帶設置目的而調整。
其他材料	儘量利用當地再生或永續性材料，也儘量利用簡單、耐久的建造方式，以備損壞時，一般居民、員工、師生都可以自行修復及更換，以符合就地取材與 DIY 原則。

(資料來源：整理自水生植物手冊，2007)

五、水質自淨原則

水質自然淨化系統係將人工生態水池系統是將生態工程技術運用於廢水或廢水管理及處理上的一種自然淨化程序，具有省能源低成本、無二次污染及兼具改善社區環境的功能。其面積夠大更能提供野生動物(如鳥類、兩棲類等)作為棲息地，亦可提供社區居民休憩及學生生態教學研究之場所。其淨化之水質可回收再利用，如灌溉經濟作物或花草及清洗街道。根據北美人工濕地處理系統之研究，對民生污水之污染物 BOD_5(生物需氧量)、TSS(總懸浮物質)、NH_4-N(氨氮)、N(氮)、P(磷)具有相當不錯之去除效果。BOD_5 去除效率介於 69-74%、

TSS 去除效率介於 70-79%、NH_4-N 去除效率介於 25-54%。

1. 土地處理：利用自然土壤中的物理、化學、生物程序除去污水中的污染物。
2. 土壤處理：如一般土堆、隔絕式土堆、深溝或滲流坑、蒸發滲漏式等處理。
3. 濕地處理：包括水生植物(如：香蒲、藻類)吸收或過濾水中有害物質。
4. 礫間處理：利用石礫間的為生物分解氧化污濁物，為半永久性處理設施。

其中濕地系統處理法主要以種植濕地植物來進行淨化過程，一般常種植生長適應力強之水生植物，如蘆葦、香蒲、布袋蓮、浮萍、空心菜、水芙蓉、竹葉菜、狼尾草、巴拉草等，唯由於部分屬侵略性強之外來植物，植物栽植時亦須考慮其整體植生群落之相互作用等。在水力負荷 1.8 公分/天下，對魚塭廢水 COD(化學需氧量)和氨氮的去除率可達 50%以上，對 SS(懸浮物質)及磷去除率約在 80%左右。在 5 天水力停留時間下，處理生活污水，經長期操作，發現對 BOD_5 有去除效果；氮在濕地系統的硝化與脫硝效果良好，TN(總氮)約可減少 30%;對正磷酸鹽的去除與種植的植物有關，浮水植物(如布袋蓮、浮萍)因生長迅速，約可去除 23%，挺水植物(如香蒲)效果較差，約只有 9%之去除率，如圖 2-4。

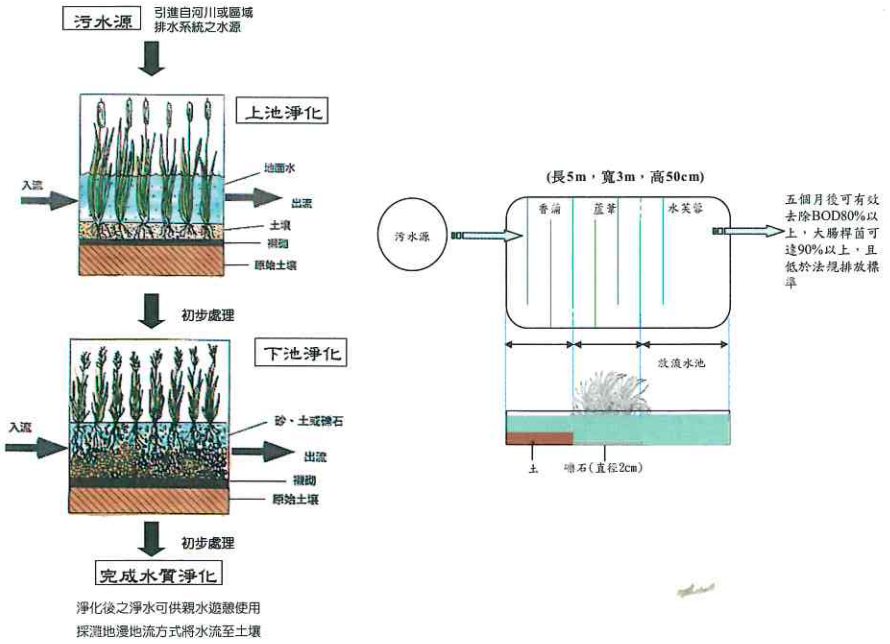


圖 2-4 仿自然淨水系統示意圖

(資料來源：蔡淑美提供)

(一) 生態池水質自淨作用之程式及機制

1.沈澱作用

污水在流入生態池後，由於流速減緩，挾帶懸浮性顆粒之動能降低，使水中所含之懸浮性污染物沈澱於池底，形成淤積底泥，具有污水處理過程之沈澱池功能。

2.過濾作用

生態水池之底層土壤對污水具有過濾功能。藉由土層內顆粒孔隙對污水中細小顆粒之阻絕、滯留作用，具有污水處理過程之砂濾床處理功能。水慢流於水層、砂礫及植物體間隙所進行的物理沉降及過濾作用，可有效去除懸浮物及微生物。

3.吸附及吸收作用

生態水池之底層土壤或汙泥中之顆粒具有吸附或吸收有機污染物及臭味物質的功能。

4.離子交換作用

生態水池之底層土壤顆粒表面經常帶有不同電荷之離子，可與污水中之離子性污染物（重金屬及各類鹽類）或營養鹽（銨離子、硝酸鹽或磷酸鹽）進行離子交換作用，藉以去除重金屬及各種鹽類污染物。在懸浮固體、底泥、砂礫、植物體及有機物碎片表面進行的吸附及離子交換作用，有助於磷酸鹽及重金屬之去除。

5.氧化還原作用

由於供氧及耗氧的速率不同，在生態水池之表層或其內水生植物的根部表面及濕地底層分別產生好氧及厭氧環境，使其具有不同之氧化還原電位。於好氧環境下，高的氧化還原電位將促使污水中的污染物進行氧化作用，反之則發生還原作用。氧化還原作用可改變污染物之化學性質，使其轉變為較易於進一步處理或無害性的產物。在適當的氧化還原電位及 pH 條件下進行沉澱沉積或合成等化學反應，有助於鐵及錳金屬離子及磷酸鹽之去除。

6.代謝分解作用

生態水池內存在有大量可利用污水中之有機污染物及營養鹽進行代謝作用之微生物，並將其分解為無害或分子構造較簡單之代謝產物。微生物中之細菌為主要的分解者，真菌次之。而生態水池中之原生動物，主要扮演捕食者角色，以平衡細菌之數量。微生物中的藻類為生態環境中之初級生產者，可於光合作用中釋出氧氣，並於代謝作用中吸收污水中之無機營養鹽，均有助於淨化水質。植物及微生物(藻類、細菌及真菌)的攝取作用，可有效去除氮(氨氮及硝酸氮)、磷及重金屬。至於附著於植物根莖

或砂土介質表面及存在底泥中的微生物，可進行有機質之礦化作用、含氮化合物之氨化、硝化及脫硝以及同化作用，去除含氮化合物。

7.太陽照射的輻射線作用，可去除病原菌，亦為自然自淨作用之一環。

8.水生植物作用

水生植物可藉由光合作用釋出氧氣及吸收無機營養鹽，位於水面下之根莖部份可以提供細菌生長所需之介質，根部可以提供氧氣做為細菌分解污染物之用。此外，水生植物位於生態水池水面上之莖葉等部份具有減少日照強度、降低水溫，以及防止優養化現象。某些水生植物（如布袋蓮）亦發現具有吸收重金屬的功能。

(二) 水質自淨系統配置原則

1.採用簡單的生態水池設計，維持高自然度，避免使用太過複雜的技術。

2.以低維護、好管理的基本思維進行設計，並以自然材料來進行構築。

3.生態水池面積應依據淨化處理水量、水質及水生植物處理能力而定。

4.考量最嚴苛的環境條件與生態逆境，以因應洪水、暴雨及乾旱等極端自然災害之侵擾。

5.生態水池應設置必要之繞流設施，將超出設計處理容量之進流水予以繞流，並設置溢流管道以控制設計之最大水深。

6.生態水池設計與現地景觀環境諧調，以維持整體景觀之連續性。

7.生態池水設計應賦予環境自然演替的機會與時間，最終達成自給自足的生態系統，基本上以無需人工維護管理為原則。

8.生態水池以仿生態概念出發，避免過度人工的設計方式與材料運用，最終以還原自然運作狀態為目標。

9.生態水池設計以採用自然能源為原則，諸如太陽能運用、坡度、高程差造成重力水流之利用以及風力利用均屬之。

10.為提高污染去除率，生態水池可配合環境地形與設計流路，設置適當區隔之前池與後池，提供污染物與土砂沉澱之機會。

11.生態水池儘可能以較高長寬比設計，以防止短流。

12.生態水池位於鄰近聚落或人口稠密處所，必要時可放養攝食蚊蟲幼蟲之魚類，進行蚊蟲控制，如蓋斑鬥魚。

13.入流口及出流口應設石堆或其他消能設施，避免水流沖刷。

六、景觀生態營造原則

(一) 景觀設施

為使生態水池設施能融入現地環境，並發揮設定之功能，景觀生態環境之營造與經營當以尊重現地自然特徵為重點(其配置流程如圖)，配置原則分項說明如下：

1.前池：池邊外緣以自然石塊配合水面之景觀，設置木棧道與解說設施。資材方面，應以當地現有的石材、木材或植物材料為上選。

2.戲水景觀溪流：河道設計上底層鋪大卵石後再覆以小卵石填縫，使河道兼具過濾效果，並利用植栽去除水中雜質。

3.尾池：池邊外緣進行親水植栽及以一般濕地意象為景觀之配置，設置小水塘、生態島、小半島、河岸、土墩砂堆等不同之

地表形態，以呈現自然之生態演替。



圖 2-5 生態水池景觀生態營造意象圖

(資料來源：蔡淑美提供)

(二) 景觀生態營造原則

1.規劃設計過程之基礎環境調查為辨識生態水池設置地點的環境資源，應儘可能包含顯著的環境作用，並依不同環境特色與環境需求，設定生態水池的功能，使生態水池成為環境組成的一部份，並發揮強化環境或修補環境的積極效果。

2.生態環境的塑造、復育或修補需以現有環境條件為基礎，明顯改變環境構成或貿然導入外來元素，均可能產生明顯、持續或甚至無法恢復的不利影響。

3.生態水池的棲地營造不僅在水池的水域環境，也必須包括與水域環境具有相互依存關係的水邊過渡帶及陸域空間，使構成完整的生態網絡與食物鏈。

4.生態廊道為構成動物遷徙、躲藏、覓食之通路，也是促成基因流通的管道，於生態水池周邊環境，應儘可能使生態廊道形成相互連通的網絡，以豐富環境之樣貌，特別是植被群落之完整性與連結性。並藉由食物鏈底層生物之生存繁衍，逐步吸引蟲魚鳥獸等動物進入。

5.自然環境具有自我調節及自然修復能力，在一定條件下，透過時間之演替過程，可逐漸達成可接受的穩定平衡狀態；人工構造物或設施的導入，應視為時間條件不許可或防止立即災害之權宜之計，可藉由自然修復途徑恢復的條件下，儘可能減少人工設施之介入。

6.為營造生態水池及其周邊環境的多樣性，並創造可吸引生物進駐的理想棲地，應思考適生生物生命週期中各階段的生存條件與環境需求，儘可能滿足其生存、覓食、庇護與繁衍所需之環境條件，以加速自然演替的可行方法。

7.為發揮生態水池的環境體驗及教育功能，必要的導引及解說設施、休憩設施亦應以自然工程概念進行設計，就地取材與因地制宜以及自然能源的利用為其基本原則。

8.順應生態水池及其周邊環境之變化，如池體之水位變化、植物復育演替之變化等，人工輔助設施以彈性設計為原則，可以隨環境變動而調整，或經由移動、重組構成新功能設施等，以適應環境變遷。

第三章　生態水池設計

一、生態水池形狀結構與配置設計

(一) 基本形狀特徵與設計考量

1.生態水池之基本結構

生態水池結構基本可分為前池(上池)、主池及尾池(下池)三部分。許多舊有水池大多只包含主池部分，導致其沉澱除污功能無法完整發揮，故建議未來設置之水池，可以此前池、主池及尾池三大部分進行規劃。

(1) 前池(或稱上池)，可減低進入水域之逕流能量，處理泥砂沉澱也因此可減少水中微粒含量。

(2) 主池係主要蓄水水域，為水質淨化，生物棲地庇護之場所。

(3) 座落於水池水域出口的尾池(或稱下池)可做為調節水位，維持適當之水體容量，減少池內沉澱物和漂浮有機物質再釋放之數量(圖 3-1)。

2.生態島之設置

生態水池之水域面積較大（面積約大於 0.2 公頃）時，可於水中設置生態島：

(1) 水池內部錯綜複雜的水道和生態島可促進水的貯留，藉由增加水流所經歷時間，可有效減少洪峰流量和提昇水質。

(2) 生態島具有水體之隔離，可提供鳥獸庇護區，使野生生物遠離食肉動物和人類干擾。做為水鳥的棲地時，以不規則形狀的島嶼較佳，因為其形狀和增加的邊緣提供不同的範圍，使空間的利用增至最大極限。

(3) 生態島之地形變化，可減少其背風區域受風之衝擊，創造

微地形變化，也可減少污染沉澱物再懸浮和流動到下游的機會（圖 3-2）。

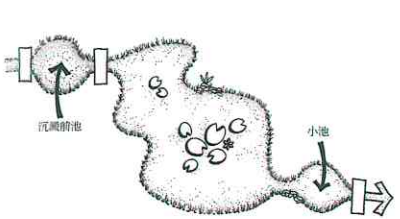


圖 3-1 生態水池之基本結構示意圖

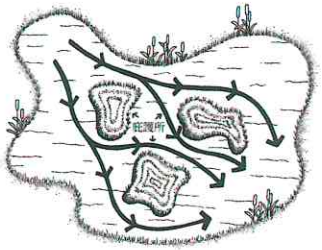


圖 3-2 生態島可創造濕地的微地形變化

3.水池寬度

(1) 水池入口處加寬，可促使水流均勻分散及減低流速。

(2) 若為建構蓄積逕流、沉澱物及污染物等功能的生態水池，出口處可小於主池寬度的 1/3。

(3) 若為下游野生生物營養和生育場所的生態水池設計，寬出水口可促進水流均勻分佈，為較佳之設計。

(4) 理論上，長寬比宜大於 2：1（3：1～4：1 更佳），其對污染物質的移除來說是最有效的。在成本考量及移除污染物的效用間之平衡點時，可採用最理想的比例為 2.5：1。

4.水池排列方向

透過東-西向的排列方式，可以增加南面水岸地帶之照光機會，增加南北岸植生差異所造成之棲地多樣性。

(二) 水陸域交界帶之規劃原則

設計不規則的水陸域交界線，可增加水池濕地的邊緣效益，對增加生物的棲息地及改善水質，有甚大的助益(圖 3-3）。其規劃原

則如下。

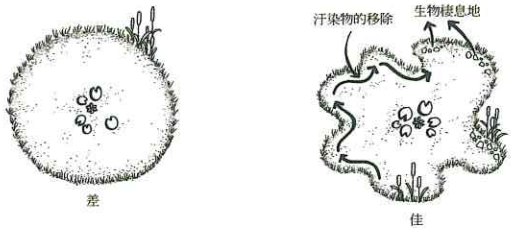


圖 3-3 不規則的水域邊緣可改善對生物棲息地及水質

1.模仿自然系統，避免矩形的水槽、堅硬的邊緣、單一規則的型態等不佳或過度的工程設計。

2.基於美學觀點與沉澱物的移除考量，可利用弧形邊緣。另水池邊緣規劃時應設法消除角落的直角，避免產生死水。

3.如果水域沿岸有土壤沖蝕的可能，高地之逕流導入水池前需加以控制以及設計保護措施。

4.如基地條件適宜，可設計將逕流排入植生緩坡地或密緻草地，以取代沉澱前池的功能。

5.為了防止干擾水鳥棲息，建立密集的沿岸灌木和完整的植生帶是必需的。

6.沿岸植被可提供遮蔭、緩衝空間、保護脆弱野生生物棲地及過濾非點源污染等功能（圖 3-4）。

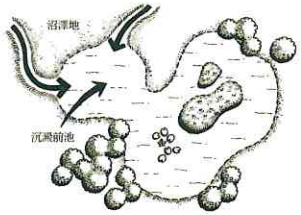
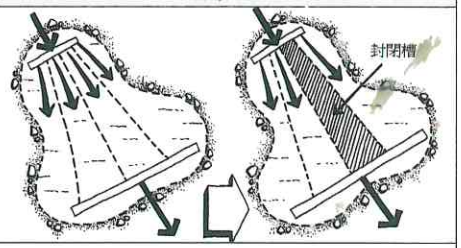
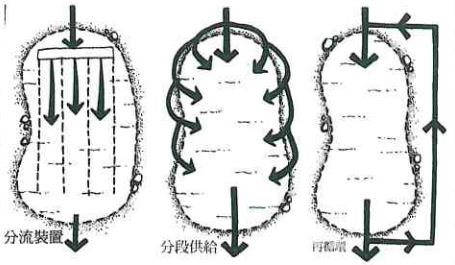


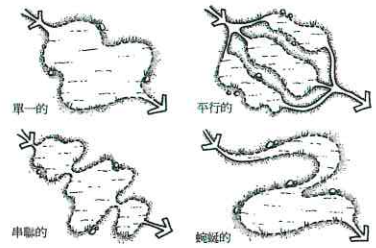
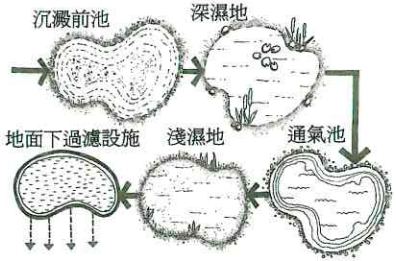
圖 3-4 水路域交界帶之之設計示意圖

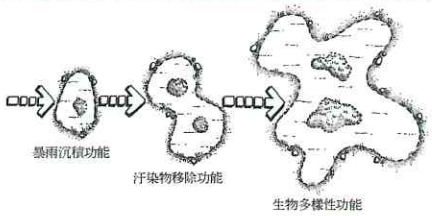
(三) 空間排列與配置

生態水池之空間排列與配置，以包含多槽式設計為佳。考量水流設計與處理槽之連接、系統類型的交替配置、建構生物多樣性以及組合多功能，並結合周圍景觀之人工生態水池系統等多樣目標，如下表 3-1。池中堆置物可放置枯木、石堆、枯竹、土墩砂堆堆置物可部份沉入水中，部份設置為直立之棲木或棲息平台，部份自岸上自然倒入池中或拋石，以便於水棲昆蟲及魚蝦生存，亦可形成水陸兩棲動物之天然通路及水鳥之駐足點。

表 3-1 生態水池之空間排列與配置設計

設計項目	說明	圖示
多槽式的水池設計	由多槽式設計所組成的小池，水域之操作及維護管理較容易進行，例如當某些小池暫時停工、打掃或改種等必要的工作時，不至於中斷全部的處理系統。且獨立的槽具有額外的利益，即限制植物病害的擴張或是有毒物質的溢出。	
水池之供水設計	1.分流裝置：由同方向的數個小水池所組成。水池的長寬比愈小(寬度增加時)，入口水流分散就會變為愈均等。 2.分段供給：沿著處理水池較長邊的多個輸入點供水，可將分散之污染物均勻地累積集中，避免污染物擴散。 3.再循環處理：可增加水流的滯留時間來移除污染物質，乾旱時期可以維持足夠的水流及補償蒸散量的流失。	

設計項目	說明	圖示
水流系統交替配置	透過生態水池之重複性設計，達到深淺池底、高低流速交替連結之計畫目標。	
建構生物多樣性系統	建構不同池底深度、不同水流狀況之生態水池，水生植物種類與植群類型會增加，也可增加野生動物多樣化的棲地。	
組合多功能之生態系統	開放水面的水池和地面下過濾設施等多層次之功能設計組合，將增加生態水池設計成功的可能性。經過濾處理過的水可入滲至地下，可增加地下水補注。	
結合周圍景觀系統	結合水池周邊多樣的自然特徵及周圍景觀特質，綜合規劃生態水池配置，提供更進一步的利益。	

設計項目	說明	圖示
多樣目標的考量	生態水池之設計需要考慮多樣性之功能，不宜將數個水池合併為單一的生態水池系統。如暴雨蓄積、污染物移除、生物多樣性功能等所需設計之水池形狀、大小均不同，應考慮其多樣目標之組合設計。	

(資料來源：整理自林信輝與張俊彥，2005)

二、水體結構及流量控制

(一) 生態水池水體結構

生態水池水體結構主要包括前池(上池)、主池(過濾淨化池)及尾池(下池)，可依現地地形直接連通，亦可以明渠或管路連通。

1.前池(上池)：設置目的在於調節進入生態水池之水質及水量，同時亦兼具沉砂池功能，前池為匯集水源之入流地點，應具有緩和流速、沉降污物、分散水流入主池之功能。設施設計重點包括：

(1) 設置目的在於截取污水至主池進行水質淨化，其設計容量應依據該生態水池可淨化處理功能而定。

(2) 匯入之污水具大型漂流物或雜質時，應於入流口設置攔污柵或攔污網，並配合清污平台方便清理。

(3) 為彈性調節入流水量，可於前池設置控水閘門，閘門以手動為原則。閘門前端應結合繞流設施，以防鄰地漫淹。

(4) 前池應具有沉降污物功能，可配合緩流設施降低進流水流速，縮短污物沉降時間。為便於沉澱污物之清理，前池池底以單向傾斜設計，使沉澱物集中於池底一側。

(5) 為降低流速以求增加沉澱量，前池之出口處宜設置T形多孔管或遍植高莖類濕地植物以分散水流。

(6) 前池主體可利用砌石、原木、枕木或竹料等自然材料構築；池底以透水性設計，藉池底土壤加速污水之淨化效能。

2.主池：為生態水池之構成主體，藉由池底多孔隙礫石層與池中栽植水生植物之綜合作用，達成淨水目標。設施設計重點包括：

(1) 池岸以多孔隙之石材構築而成，可作為生物附著及滋長基盤。

(2) 池底鋪設礫石層，作為挺水植物固定介質，並作為池底生物附著及滋長之基盤，提升生物淨化水質功能。

(3) 藉由前池設施平均分散進水，使生態水池整體發揮除污效果。

(4) 利用生態島、土墩或以固定或移動式人工竹木排柵阻滯水流或改變水流方向，藉以緩和流速，延長水質淨化時程。

(5) 藉由池底高程變化，規劃成具蜿蜒效果之低水位期蜿蜒水道，以延長水質淨化時間，以因應枯水期汙染濃度增高之問題。

(6) 池底以透水鋪面構成，利用土壤淨化效果來分擔污染處理負荷。

(7) 水池內水生植物之植栽如以除汙、水質淨化為目的，其覆蓋面積以占約 50%水池面積為宜。

(8) 兼採地下流水質淨化系統時，池底部份掘深，並填置碎石濾層及細砂，使污水於濾層間流動，進一步淨化水質。



圖 3-5 桃米坑樹蛙亭生態淨化池(左:施工前；右:施工後)



圖 3-6 台南市成功大學生態淨化池

3.尾池(下池)：為匯集上游過濾淨化池之處理過之水，轉接排放至出流口之設施，應具有沉降或攔截水面漂流物、消能、平均分散水流之功能。設施設計重點包括：

(1) 尾池主體可利用砌石、原木、枕木或竹料等自然材料構築，開挖土壁與新設池壁間隙填置卵塊石、碎石。

(2) 為避免尾池進水口流速過大，以致翻攪底層土砂、底泥，尾池之池底應施作襯墊層；襯墊層可直接以碎石鋪設，厚度約 15 公分，並施以適度震動壓實，碎石表面孔隙再鋪設小石子填補。

(3) 尾池池底亦可以用鋪塊石、石板、原木排柵、竹編排柵、

檳榔幹編柵等方式或於上述構造底層敷設防沖蝕網材，做為池底防蝕構造。

(4) 尾池池底可仿照前池池底單側傾斜之方式，使沉澱物集中於池底一側，或於單側角落下挖集污井，以方便清理。

(5) 尾池出水口流速過大，有沖蝕之虞時，應於下游水道加設護坦，護坦做法可仿照尾池池底之鋪塊石、石板、原木排柵、竹編排柵、檳榔幹編柵等方式，或採用箱籠蓆墊做法。

(6) 尾池出水口加設攔污柵或攔污網，以阻截未沉澱之水面漂流物。

(二) 流路設計

生態水池水質淨化之流路設計，主要在確保處理過程中水流之順暢與處理歷程之控制，必要時擔負部份水質處理任務，以延長處理時間，分擔主體生態水池之處理負荷，提高水質淨化效果。流路之構成包括進水管道、涵管、蜿蜒自然水道、繞流設施及溢水設施等。蜿蜒自然水道及繞流設施均可擴充鄰近之淹漫區，作為豐水期繞流之蓄洪區。流路設計可依水淨化過程分為前池處理、淨化池處理與尾池處理三階段，流路設計重點在銜接上述三階段之水流與水量，以下分別就流路構成之設施項目，分項說明其設計要點：

1.進水管道

(1) 進水管道於接近前池部份可適度放寬，以減緩水流，有助污染物及懸浮質之沉降。

(2) 前池前端開口可配合進水管道之放寬做法，以緩坡方式逐漸下凹至前池下游設計高程，可進一步降低入流流速。

(3) 前池側牆以前寬後窄方式構築，有利於沉澱物質之集中，並方便清理。

(4) 進水管道與前池入水口高程應儘可能一致，以避免落差造成紊流，翻攪池底沉積底泥或污物。

2.蜿蜒自然型水道

(1) 蜿蜒自然型水道可依現地地形單獨設置，用以銜接前池、主池與尾池，或利用主池內之池底高程變化，設計為枯水期低水位之淺流水道，藉以延長淨水歷程。

(2) 水道渠底以卵礫石鋪築，除可減緩水流，並可進行沉澱、吸附及吸收、離子交換、氧化還原等水質淨化過程，可視為生態水池之延伸。

(3) 以水道之池底坡降控制水流速度，可有效延長水流歷程。

(4) 水道中間設置擋水或滯洪設施，於水量大時可存蓄部份污水，達成疏解效果。

(5) 水道以生態工程設計，並栽植水生植物，提高水質淨化效果。

(6) 水道內植栽密度與種類亦影響水流流速與流向，可藉不同配植型態以減緩流速。

3.繞流設施

(1) 設置於生態水池系統之前池上游，配合控水閘門或可控制流量堰等調節設施，於暴雨期發揮分流效果，繞流設施應銜接既有排水管道，或預先留設之洪氾區。

(2) 繞流管道依據設計流速，可分別採取草溝、草溝底加設卵塊石底層、草溝底及側壁加設卵塊石等近自然型態，或以竹、木、檳榔桿等自然資材配合土袋包，構築引水管道，或單獨以土袋包配合打木樁固定方式構築。

(3) 繞流水道以依現地地形具排水功能之水路調整為佳，不宜以大規模整地挖溝方式構築，以免明顯變更現地排水模式。

(4) 為提升繞流水道之分流效果，可依據管道坡度，間隔設置擋水板或小型滯洪土壩，分段發揮遲滯及蓄洪效果。

4.溢水設施

(1) 依據生態水池設計蓄水量決定溢水口高程，考慮極端之暴雨量使溢水口無法及時宣洩時之有效出水高。

(2) 為免溢水孔口堵塞，溢水口設計除應於前端加設濾網或攔污柵等過濾設施外，並應視需要設置一處以上。

(3) 溢水設施應銜接有效繞流設施或預先留設之淹漫區域，避免造成鄰地之洪泛災害。

(4) 溢水口高程應較淹漫區域之設計蓄水高程為高，避免他處積水回灌。

(三) 進出水口設計

1.進水口加寬，可促使水流均勻分散及減低流速，維持池內水流及水質穩定分佈。

2.若為發揮蓄積逕流、沉澱物及污染物等功能，出口處設計可小於水池寬度的 1/3，以方便緩和流速、發揮沉澱阻截功能。

3.若考慮作為野生生物營養和生育場所等功能的設計，下游出水口以較寬的出水口促進水流均勻分佈，係較佳之設計。

4.進水口及出水口可結合前池及尾池設計，以確保進出流水流速不致造成沖刷，同時具有沉澱懸浮物質之效果。

5.進水口以高落差方式設計，可增加水中溶氧量，並營造局部深潭，具多重棲地改善效果，惟應注意勿過度淘刷，影響池底穩

定。

6.如出水口流速過大時，可設置護坦減緩水流衝擊，減少出流口下游災害。

(四) 流量與流速控制

1.水池水量變化大時，應以水量控制方法調節，以維持生態水池保持一定水位區間，穩定生態水池於恆定環境條件。

2.流量調節方法可利用設置閘門、可控制流量堰、溢流管等方式調節多餘水量；於枯水期利用移動式輸水管系統，機動補充水源，上述輸水管路可利用現地竹材構築。

3.調節閘門及可控制流量並配合周邊水池或事先劃定淹水區設置，以截蓄多餘水量。

4.利用排水管道使多餘水量繞道，就近排放至區域排水系統，避免生態水池超過負荷。

5.可結合上述淹水區及繞流設施，共同形成具滯洪效果的臨時蓄水區。

6.依生態水池設計水量及蓄水水位，設置溢水管路，溢水管入口應設置過濾設施，避免水面漂流物阻塞。

依據上述原則，負責流量控制之前池基本配置構想，應符合下列設計要點:

(1) 進水渠前端放大以減緩流速；

(2) 前池底逐漸加深以匯積沉降污物；

(3) 設置控水閘門調節入流量；

(4) 設置出水槽與分水管平均分散水流；

(5) 設置護坦防止沖刷。

三、池岸及池底設計

(一) 池底防滲設計原則

1.以黏土成分占40%以上之黏土壓實構成30～60公分厚之防漏底層，上覆細砂級配及覆土層，覆土厚度可依據實際需要調整。

2.於池底挖溝、堆石、堆木塊、放置多孔隙材料等，以構成具有深淺變化之池底地形，提供不同水棲生物選擇利用。

3.池邊1～2公尺斜坡可配合緩衝帶，預留為潮間帶及透水區。透水區一般不施作黏土防水層。

4.為提供泥鰍、鰻魚、鱔魚等底棲水族棲息，或提供小型水生生物或小魚躲藏，池底可安置竹製沉床、梢工或空心竹筒，作為魚槽或棲身庇護所。

5.生態水池有水質淨化需求時，應配合水質處理設計，鋪設卵礫石層，另於水質淨化作法乙節說明。

6.以滯洪為主要目的之生態水池，應配合當地之水文資料進行呆水位之設計，維持水池中常年有水的狀態。

(二) 池岸坡度設計

1.縱向坡度

水流之縱向平均坡度以不超過 0.5～1.0%為原則，為了要維持入口到出口之水深設計，可沿縱向剖面方向設計數個小於 0.2 公尺深之淺水區。

(1) 在水陸域交界處，其水域及陸域之坡度可使用相同坡度進行規劃，避免坡度劇烈變化。

(2) 在陡坡之地區，為了增加植物的生存空間，可將水池水域

縱分成一連串的深淺不一之槽（小池），以防止水積聚在濕地之下游端中間部位。

2.坡度之配置

(1) 生態水池沿岸坡度之設計應以 1：3~1：5 為原則，以提供野生動物簡易的通道，如圖 3-7。

(2) 因逕流流入水池而導致沖蝕或滲漏之情形應設法避免，因為少數的水生植物需要永久的淹水條件。

(3) 水位變化較大之區域應盡量避免，以防止對兒童的危害。取代性的作法是構築邊緣溝渠，保護開放水面使其免於受到沿岸植物之侵入。

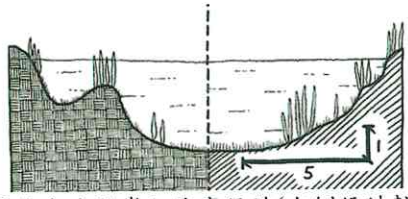


圖 3-7 水池沿岸之坡度設計(右側設計較佳)

(三) 池岸保護工法設計原則

一般在進行工程整治之細部設計時，工程設計人員常習慣以左右岸對稱形式設計護岸，但生態水池之自然池岸，其左右岸通常是不對稱的形式，如以對稱方式進行護岸設計，容易使水域棲地單一化，或阻斷原有動植物之生長移動及繁衍通道。因此，護岸工程設計時，應盡量採用對環境生態較為友善之材料與工法，以減低工程構造物對環境之傷害。有關生態水池護岸之設計原則，簡述如下：

1.水岸之邊坡應平緩，並以自然之土壤、木材或天然石塊構成，營造具動物親和力之緩和邊緣，避免設置成垂直堤岸或使用水泥、鋼骨等人造材料，尤應注意邊坡應維持多孔隙性及多變化性，以利動物之上下及棲息隱蔽。

2.池岸坡度 1：3~1：5 之間較適合水棲動物進出，各階段高差並應維持在 15 公分以下。

3.池岸陡峭區位應考慮以階段式台階取代，以營造緩和漸變邊坡。

4.以砌石方式構成護岸時，儘可能以乾砌石方式為之，背填料應利於植物生長之材質，以促進池岸植生復育。

5.池岸孔隙之營造，應考慮不同生物棲息躲藏之空間需求，以不規則、大小不一的多樣化組成，提供各類水棲生物棲息。並可配合埋置竹製沉床、竹筒、梢工等方式，結合池岸設施，豐富棲地樣貌。

6.為因應水位變化及水量消長，避免池岸因枯水期而過度裸露，或因漲水漫淹造成陡坡軟化崩坍，池岸以順暢緩坡構築為宜，或因應地形變化，局部保留部分陡坡，配合水瀑、落差工等設施，創造落水聲音及多氧區效果以吸引水生動物。

7.為提供觀察者就近親近水體，可配合池岸設施，設置親水棧道、觀察平台、解說設施等，其構築方式及材料儘可能與池岸一致。

四、護岸種類與適用性

生態水池在進行細部設計，應滿足現地水文條件之要求，以能維護或營造原有生物棲息繁衍之棲地環境為目標，儘量採用對環境較為友善之材料及工法。唯因國內之水文條件一般較為嚴苛，豐枯水量差異甚大，工程人員進行設計時為一大考驗。為利基層工程人員設計時能有所參考，縮短工程設計時間，僅就蒐集整理常用之池岸類型，依其可適用範圍、水文條件限制、可塑造之生態環境、提供之生態功能及預期成果等加以說明，如表 3-2。惟實際生態水池設計時仍應配合現地情況做局部調整。

表 3-2 生態水池主要護岸類型(例)

方法	說明	
乾砌石護岸	1. 適用於需防止滲流水滲入池岸坡面且流速小之地區，尤其可防止池岸坡面受滲流水侵入後產生管湧淘空破壞。 2. 砌石護岸可作為擋土牆阻擋池岸坡面後方之土壓力，且砌石之縫隙可提供兩棲類、爬蟲類等生物棲息躲藏環境可提供動植物棲息之用 3. 表面具有自然的景觀。 4. 砌石護岸建置時可以較緩之坡度以及較低之高度進行設計，可提升生物親水之效果。	
拋石護岸	1. 原則適用於中、低流速、沖蝕小、縱坡平緩之池段。 2. 工址周圍石材之供應無慮。 3. 考慮生態性，其拋石縫隙可供動物棲息及植物生長。	
混凝土砌石護岸	1. 包括混凝土砌石護岸、漿砌石護岸、混凝土蓆墊砌石護岸等。 2. 混凝土砌石護岸較乾砌石護岸結構穩固，可適用於土質較差且崎嶇不平之池岸。 3. 適用於須防止滲流水滲入池岸坡面之地區；尤其可防止坡面受滲流水侵入後產生管湧淘空破壞。	

方法	說明	
木樁捲包護岸	1. 適用於人工濕地、生態水池、水岸護坡或低流速河道。 2. 可用於需緊急處理之暫時性護岸，且其具有重覆性高及施工迅速等特性。 3. 不適用於沖蝕嚴重之區域。 4. 可用於社區親水性高之水池或景觀需求較高之地區。 5. 護岸具低矮化、透水化及自然化特性。	
植栽護岸	1. 適用於池岸局部沖蝕流失、現場石材料源稀少、重型機械不易到達施工地段，且位於岸坡較緩流速較低之區域，可採用之。 2. 乾季，施工初期需加強植生維護，使根系深入岸坡土壤，有效提供抓地力，提高固土功能。	
木排樁護岸	1. 適用於非水力攻擊面之岸坡及岸基局部沖蝕流失，現場石材料源稀少，機械不易到達施工之區域。 2. 考慮木材之耐府性可在靜水域或流速較低時，可採用之。 3. 木樁可使用疏伐材做為材料。	

(資料來源：修改自坡地生態水池多元化保育功能之研究，2007)

五、水池平面及水深設計

(一) 水池平面設計

1.水池之平面配置，在土地限制條件較小情況，以 3：1 至 4：1 長寬比之水池形狀可發揮較佳生態作用機制；然在同時考量土地經濟效益時，生態水池整體形狀以約為 2.5：1 長寬比之長橢圓形最具經濟效果。

2.如生態水池重視水質淨化功能，其池底最理想之縱向坡度約為 1：1000，藉以創造緩流以延長水質淨化時間。

3.在地形許可條件下，生態水池配置方向以東西向為較佳，可提供長向水域充足的南向日照，並促成南北向池岸植被之差異性。

4.池岸形狀應求不規則、彎曲且多變化，避免平直、單調、整齊之形狀。

5.水池儘可能依現地地形區劃，避免大規模挖填或改變地形。

6.在空間許可範圍內，可考量設計成數個不同大小水池，水池間以小水道連接或獨立，藉以創造水流流速或高差變化的效果。

7.為避免形成水流死角，水流流路以緩和曲線設計，消除直角或袋狀水域形狀。

8.儘可能以蜿蜒形態增加池岸長度，擴充與陸域空間接觸之機會，以創造多樣化池岸環境構成之條件。

9.配合水中生態島、土墩砂堆等地形變化，可營造富變化之流相。

10.水中生態島與池岸距離約 4~5 公尺，可提供水棲動物安全庇護所，避免陸域動物之侵擾。

11.生態島應具有緩和坡面，方便水生動物上下移動，並應具備適當棲息空間，配合植栽以吸引動物棲息。

(二) 水深設計

1.水池深度應以安全考量為主，池面水位一般以平均不超過 60 公分為原則，在 10 公分～60 公分深度間配置不同之比例，形成多變化的水深。

2.為利於較多魚類棲地空間且提供魚類渡夏越冬，可於池中保持小區域 100 公分以上之深水區，以確保適宜之水溫。

3.充分利用池岸及池底高差，並配合流路寬窄變化，創造淵、瀨、深潭、淺灘，營造多樣化水體空間，以豐富水池生物相。

4.生態島與池岸間深度維持在 100 公分以上，以阻絕肉食陸域動物對棲息水族的捕食。

六、水質自淨系統設計

生態水池的水質自淨系統可歸納為「面」系統及「線」系統，或依需要兩者彈性調整組合。

(一) 面的系統

1.表面流系統(free surface flow system，FSF)，

模擬天然濕地的環境狀態，底部為不透水土壤層，並高密度種植挺水性植物，根生於水底，葉伸出水面，例如燈心草、鹹草、蘆葦、香蒲等，使其約佔 50% 表面積，進流水則在濕地表層開放性流動，當水流經植物的莖及根部可行淨化作用。

2.地下流系統(sub-surface flow system，SSF)

窪地槽體，充填可透水性砂土或碎石作為介質，以此支持挺水性植物的生長，進流水被迫在表層下的砂土間流動，以達到淨化作用。

另生態水池若配合不同的水生植物處理，則可區分為漂流性植物處理系統、沉水植物處理系統、挺水植物處理系統及多階段水生植物處理系統等。

(二) 線的系統

「線的系統」主要是連結生態水池或由生態水池延伸之主排水路或管道，包括：曝氣法、伏流淨化法、礫間接觸法及接觸材填充水路淨化法，茲說明如下：

1.曝氣淨化法

為了提高水路中的溶氧量，可於水路內設置介質，例如塊石、碎石、蚵殼等介質材料，並善用地形營造跌水功能，以增加水流擾動及微生物附著的面積，加速水中生物化學的氧化過程，提高污染物質的去除率。

2.礫間接觸淨化法

在排水路內放置粒徑約為 5 至 15 公分，深度介於 10 至 20 ㎝的礫石層，並使表面水流深度維持在 10 公分，藉著礫石層的高比表面積提供微生物附著滋長，以提高水質淨化功能。

3.接觸材填充水路淨化法

本法與礫間接觸淨化法的原理一樣，選擇具有高比表面積的接觸材，例如蜂巢板、網狀濾材、繩狀濾材、高孔隙骨材等，並置於水路之中，以供生物膜附著生長，提高水質淨化功能。

4.層流淨化法

增加排水路的寬度，以降低水深(約 10 公分左右)，可促進水中顆粒沉澱及曝氣效果。上述水質淨化方法均可依據需要，彈性組合配置於生態水池主體及周邊，構成水質淨化系統。

(三) 水質淨化設計

1.以 5~10 公分卵石、3~7 公分木炭、2~5 公分細石與穩定面層之細紗網，由下而上構成的池底結構，具水質淨化及活化作用。

2.曝氣設施可設置於前池，用以提高污水中溶氧濃度，以供土壤及水中好氣性微生物進行好氧分解作用。曝氣方式可以跌水、T形多孔管增加曝氣機會。

3.水流流速高之地點，為避免邊坡或進水口下游受到水流沖刷，

可採用設置集水井跌水或蛇籠之方式因應。

4.充分利用水生植物根莖之水質淨化作用與土壤入滲、礫石層過濾、堆積、微生物作用機制，延長水質淨化時間，增加污水與上述介質之接觸機會。

5.於水量條件許可下，將生態水池區分為數個小池，利用進出水口高程、可控制流量堰控制溢流水位，以延長污水處理時間，或利用地形，於小池間設置蜿蜒水道，亦可達成遲滯效果。

七、水域及水際棲地野生物之考量設計

1.哺乳動物

若生態水池緊臨大面積且自然度高的環境，又能將人為干擾降至最低時，可吸引中大型哺乳動物利用，除了可提供豐富的植物、種子、果實、魚類、昆蟲、螺貝類和蝦蟹等無脊椎動物作為其覓食地外，亦可提供中大型哺乳動物飲水、洗浴的棲地；生態水池周邊的灌木叢和草生地可提供以植物根莖或種子給小型哺乳類作為食物及棲地之用(如月鼠、巢鼠和小黃腹鼠等嚙齒目動物)，而水池周邊豐富的昆蟲和其他無脊椎動物也可能吸引台灣鼩鼱等食蟲目動物。綜合來說，哺乳動物對生態水池的利用情形是由水池周邊樹林和草生地等棲地的面積和自然度以及人為干擾的程度所決定的。

2.螢火蟲

荒草地或草叢可供螢火蟲的食物蝸牛生長繁殖。創造石縫空隙可供螢火蟲躲藏，過強燈光將影響螢火蟲求偶，應予避免。

3.昆蟲(蜻蜓、豆娘等)

適合於 30 公分以內淺水域，種植沉水、挺水植物供蜻蜓幼蟲生活、取食。設置枯枝立木等棲木，供成蟲停留或幼蟲羽化。

4.鳥類(水鳥、留鳥、候鳥)

營造遮蔽性高且水域寬闊空間供水鳥棲息。鳥類飲水區需水質需乾淨，且有供鳥類站立之岩石或樹枝。水鳥覓食區，水深在 30 公分以內。鳥類洗澡區，水深 10 公分內。

5.水棲動物(蓋斑鬥魚)

平靜無水流之流域為蓋斑鬥魚最佳生活環境，並應種植漂浮植物，供繁殖及庇護。

6.兩棲類(蛙類)

有孔隙岩石堆疊可提供蛙類躲藏。30 公分以內淺水灘可供成蛙求偶及孵卵之用。

7.爬蟲類(台灣原生烏龜)：

需有 15 公分以內淺水灘，供烏龜覓食、生活。需有 30 公分深水區，供烏龜活動躲藏。另需提供岩石或樹枝、浮木供其日曬。



圖 3-8 鳥類與蜻蜓於水邊活動情形
(左：小白鷺；右：麻斑晏蜓)

八、植栽配置與植栽設計

(一) 植物之基本形態

1.植物之生活型

植物個體類型為最重要的視覺特色之一，可影響空間尺度、

組合趣味和整體的設計架構，故在選擇植栽前應先研究之。依植物類型可將植物區分如下：

(1) 喬木類

- 大喬木：具有明顯主幹者，且樹木高度在 12 公尺以上屬大喬木。如落羽松(外來種)、茄苳、穗花棋盤腳等植物。
- 中喬木：具有明顯主幹，樹木高度在 6~12 公尺屬中喬木，如：水黃皮、水柳、九芎等植物。
- 小喬木：具有明顯主幹，且樹木高度約為 4.5~6 公尺，如：豬母乳、水楊梅、風箱樹、水社柳等植物。




圖 3-9 喬木於水邊生長形態

(2) 灌木類

- 高灌木：無明顯主幹或主幹甚短者，高度約為 2~4.5 公尺，某些種類之葉片可延展至地面，本分類植栽包括台灣山芙蓉、水麻等。
- 中灌木：無明顯主幹或主幹甚短者，約為 1~2 公尺，葉片延伸至地面或稍高於地面，本分類植栽包括台灣馬醉木、風箱樹等。
- 低灌木：無明顯主幹或主幹甚短者，高度約在 1 公尺以下，30 公分以上，如苦林盤、甜藍盤等。




圖 3-10 木本植物於濱水帶生長情形
(左圖：垂柳；右圖：水柳)

(3) 蔓藤植物

須靠吸盤、卷鬚、吸附根或莖本身等攀附他物才能向上生長之植物，如地錦、絡石等。

(4) 地被植物

泛指覆蓋於地面，其高度為 15~30 公分的植物，如狗牙根、類地毯草、越橘葉蔓榕等植物，如圖 3-11。

(5) 水生植物

喜生長在有水環境和濱水潮濕地上的植物。如聚藻、水禾、荷花、耳葉鴨跖草等，如圖 3-12。



圖 3-11 地被植物(越橘葉蔓榕)



圖 3-12 水生植物(印度苦菜)

2.植物個體之造型

植物除了本身的形狀之外，另可透過修剪的技巧，以及日照的方向來改變植物的外貌；不同植物造型分述如下：

(1) 紡錘形(fastigiated)

為狹長聳直，逐漸向上尖細之形狀。可引導人們的視線垂直向上。樹木本身及其周圍的空間給人一種垂直高聳的感覺。與較低矮、較圓或延伸、平展等造型比較，此形的植栽可當作一焦點。在應用上宜少量種植，以免造成太多的視覺焦點，而使得設計過度密集，圖 3-13。

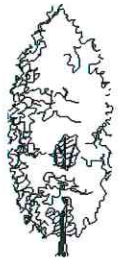




圖 3-13 紡錘形植物造型

(2) 圓柱形(columnar)

與紡錘形類似，惟圓柱形之頂點為圓形而非尖形，與紡錘形有相似的設計考量，如圖 3-14。

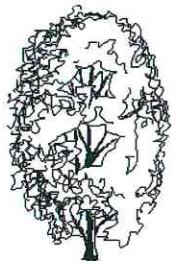




圖 3-14 圓柱形植物造型

(3) 散形/水平形(spreading/horizontal)

植物的寬度和高度相近，呈現水平生長的特性，給人一種寬闊伸展的感覺。此分類的植栽如水黃皮、茄苳等，圖 3-15。





圖 3-15 散形植物造型

(4) 圓形或球形(round/globular)：

外表為圓球形，是最常被使用的造型之一，重覆使用會產生統一致性。外形上給人柔和感，因此可應用於調和其他外形較強烈之樹木，本分類植栽如正榕、樟樹等，圖 3-16。





圖 3-16 圓形植物造型

(5) 垂枝形(weeping)

外觀具有明顯的下垂或下彎枝條，引導視線向下，可用於引導視線向下延伸的水岸邊緣。常用於彎曲水體的周圍凸顯水的流動質感，如垂柳，圖 3-17。

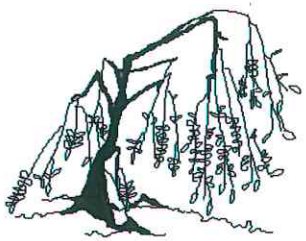




圖 3-17 垂枝形植物造型

(6) 特殊形(picturesque)

具有獨特的外貌，最好設置在設計中明顯的位置。但需要注意的是，應儘量避免在同一個地方種植二株以上，以避免失去主景，本分類植栽如蘇鐵、台灣海棗等，圖 3-18。





圖 3-18 特殊形植物造型
(左：蘇鐵、右：台灣海棗)

3.植物之顏色

顏色不同的植物會使觀賞者有不同的感受，隨著季節的變遷而產生不同的變化，最明顯的變化就是植物葉、花、果、樹幹、樹皮顏色的改變。植物顏色的差異在應用上需注意事項如下：

(1) 植物葉、花、果等部位隨時間變化的情形在設計時需要加以考量。

(2) 植物的顏色直接影響到人們對戶外空間的感覺及情緒，如明亮的顏色使人有振奮或快樂之感，而陰暗的顏色則給人

感傷的感覺。

(3) 暗綠色令人有穩重的感覺，同時使空間變得安靜祥和。需要注意的是，如果過度使用會使人產生憂鬱之感。

(4) 深色調的植物具有向觀賞者移動的效果，相反的，淺色調則有遠離觀賞者視線的效果。

(5) 將深色調的植物置於底層可以使植栽組合產生穩定感，而淺色調的植物置於上層則產生輕快感。

(6) 屬於深色調的植物可作為其它淺色調或鮮豔色澤材料的背景。

(7) 如果想要種植色彩鮮明的植物，最好大面積的種植在開闊且日照充足的區域，如果種植在陰暗的區域，就無法彰顯其鮮明的色彩。









圖 3-19 植栽顏色配置實例

4.觀賞價值

設計者可利用植物器官，如葉、果實、種子、花朵或外觀的美感運用於設計中，提供觀賞者不同的視覺享受，其分類如下：

(1) 觀葉

主要以葉形特殊或顏色奇特為欣賞訴求，如無患子、糙葉樹、鵝鑾鼻蔓榕、血桐、台灣杪欏、楓香、青楓、台灣長春藤、江某、八角金盤等，如圖 3-20。

(2) 觀果

植栽的果實顏色、造型吸引觀賞者視線，且吸引野生動物食用，如雀榕、台灣欒樹、海檬果、珊瑚樹、淡綠葉衛矛、魯花樹、毛苦參、小葉桑、山桐子、止宮樹等，如圖 3-21。



圖 3-20 觀葉植物(楓香)



圖 3-21 觀果植物(雀榕)

(3) 觀花

植物開出色彩鮮豔的花朵，或是散發出獨特的香氣吸引觀賞者，如白花水龍、半邊蓮、台灣欒樹、長穗木、紫花鳳仙花等(圖 3-18)。

(4) 觀姿

植物整株具有獨特的造型，如台灣二葉松、刺桐、榕樹、茄苳、台灣朴樹、樟樹、烏心石、台灣海棗、山櫻花、杜英、

楓香、水黃皮等，如圖 3-22 及圖 3-23。



圖 3-22 觀花植物(台灣欒樹)



圖 3-23 觀姿植物(正榕)

(二) 植栽配置類型

1.植物材料的組合手法

(1) 單植

單植主要是將株型態優美之喬木或灌木種植在主要入口、交會點，以造成視覺吸引效果，可以表現樹木本身的美感，因此又稱為優型樹的種植方式，如圖 3-24。





圖 3-24 運用優型樹單植示意圖及實例

(2) 雙植

雙植亦稱對植，即在軸線兩側各種一株(或一行)同型同種的樹木，若是想種植不同的樹種，則要考慮不同樹種的比例。因為左右對稱，可顯示井然有序的感覺如，圖 3-25。

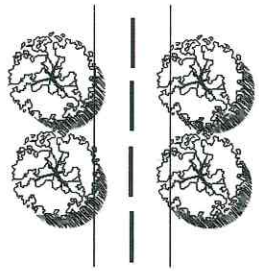
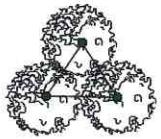




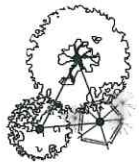
圖 3-25 雙植示意圖及實例

(3) 三植

三植係最基本的組合方法，所有複雜的植栽組合，都是從三植方式發展而成。三植的組合方式又可分為三種；即正三角形(為一般的組合方法)、不等邊三角形(較正三角形自然)，及二、一分配。此法可產生延伸效果及視覺的好奇感，但不宜分開太遠，以免破壞整體感，如圖 3-26。



(正三角形)



(不等邊三角形)



(二、一分配)



圖 3-26 三植之形式示意圖及實例

(4) 群植

群植就是以 1~2 種喬木為主體，與其它喬木及灌木搭配，形成較大面積的樹木群體。群植最能表現出植物天然的生長狀況，大多以樹叢為背景，或是在一大片綠地的邊緣種植如，圖

3-27。

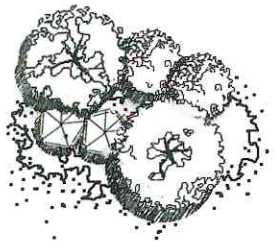




圖 3-27 群植示意圖及實例

(5) 列植

沿著線形的空間以行列方式種植的植物稱為「列植」，列植大多沿著直線或曲線以等距離的間距方式栽植，如圖 3-28。





圖 3-28 列植示意圖及實例

2.植物配置類型之應用

前述有關植物本身的特性，日後選用植物栽種時，可用來選擇適合的植物種類。但在配置植物時提供幾項原則供參考，俾呈現出調和之韻律感。

(1) 植栽行間距和生長空間的大小，應在種植植物前，瞭解樹苗和成樹間之的特性，以避免種植空間過小。

(2) 單植除了要選擇一棵獨特的植物外，也可以將此植物種植在較稀疏的植物叢中，以突顯其特色。

(3) 三植的種植方式為選擇相同或相似的植物，以不等邊三角形的配置型式種植，其中，最高的樹種應置於中央，避免呈現階梯狀的組合。

(4) 植物群植的數目以奇數為佳。群植可以產生強烈的整體感，但若太分散，會產生散漫雜亂的感覺。

(5) 利用群植方式種植植物時，需預留適當的成長空間，否則植物會因沒有適宜的空間而導致生長發育不良，如圖 3-29。



圖 3-29 群植聚集效果示意圖

(6) 若種植之初對於植物生長空間沒有適當掌握，應在植物生長的過程中，進行移除動作，如此才能使植物有合適的空間生長。

(7) 植物的組成與配置，除了要與組成中的植物調和外，也應與其他設施元素和造型調和。

(8) 植物體本身是有生命的，需要適時且持之以恆的照顧和維護才能使植物生長良好，如適時澆水、施肥、修枝及清除雜草等。

(三) 陸域植栽設計

1.複層植栽設計

生態水池之陸域植栽設計，包括池岸外緣之緩衝帶與其延伸

之腹地。為呈現陸域植栽與水際空間之環境連續性，配置設計以喬灌木小苗複層混植為主，如圖 3-30。植栽植物種類著重於減碳功能性與兼具視覺效果的景觀性考量，篩選原生且適生之植栽。

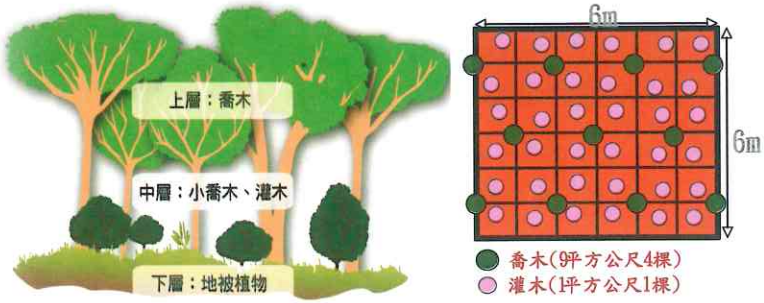


圖 3-30 複層植栽設計示意圖
(左圖：植栽預期成果；右圖：小苗密植配置圖)

2.濱水帶腹地空間大小之考量

依據水池護岸結構體之坡度及岸邊之腹地空間大小，植栽種類之選擇與配置設計應有所不同。一般而言，於陡坡邊坡擁有的腹地較小，而平緩之邊坡則有較大之腹地，如岸邊有足夠之腹地時，可利用喬木植栽增加綠蔭與生物棲地。在腹地較為不足之水岸，可斟酌種植藤類植物使水岸增添色彩與親和性。腹地現有植被儘可能保存，局部裸露區位應以現地植物補植。陸域之腹地周邊栽種親水之原生地被、灌木及喬木，構成複層式植被，創造逕流匯入水池前之緩衝與攔截淨化機會，並提供林間動物棲息、躲藏與繁衍空間。

(1) 緩坡陸域濱水帶：在較緩之邊坡及較寬大之陸域濱水帶腹地，可採用較為豐富之植栽配置形式，可搭配挺水植物、濱水植物和地被植物，形成多層次之植栽配置。無論在景觀美化或生態上都較為有利，甚至可發展岸際遊憩活動等，如圖 3-31。



圖 3-31 緩坡陸域濱水帶植栽設計示意圖與實景(宜蘭縣梅花湖)

(2) 中等坡陸域濱水帶：在中等坡度之邊坡及次寬大之岸邊腹地，同樣可採用豐富之植栽配置形式，並綜合搭配挺水植物、地被植物和濱水植物，形成多層次之植栽配置。但其植栽選用之種類及活動發展的自由度上就較單調，如圖 3-32。



圖 3-32 中等坡陸域濱水帶植栽設計示意圖與實景(台南縣龍崎泥岩地區)

(3) 陡坡陸域濱水帶：如需在陡峭之邊坡及狹窄甚至缺乏之緩衝帶腹地設置生態水池。其周邊可採用護岸與固土能力較佳之濱水植物的配置，減少其土砂之流失。又因其周邊腹地較小，其植栽種類之選用較少，並須配合護岸工法進行規劃，如圖 3-33 所示。



圖 3-33 陡坡陸域濱水帶植栽設計示意圖與實景(宜蘭縣梅花湖)

3.景觀生態保育功能上之考量

植栽選擇應以原生、多樣性、適生性、具生態功能等原則設計。考量植栽之觀花、觀果等景觀性以及蝶類食草、蜜源及誘鳥、造林、保育等生態功能性，篩選出生態水池當地適生之原生植栽，避免以純林的方式栽植。建議植栽種類(例)如表 3-3。

表 3-3 具景觀生態保育功能性之陸域植栽建議(例)

樹種	生長習性	花期	花色／果色	生態功能
山櫻花	喬木	2-3月	紅	誘鳥、蜜源
厚葉石斑木	喬木	2-4月	白	蜜源
苦楝	喬木	3-4月	白-紫／綠-黃	誘鳥、蜜源
流蘇樹	喬木	3-4月	白	種源保育
白雞油(光蠟樹)	喬木	4-5月	白	平地造林樹種
九芎	喬木	7-8月	白	蜜源
山芙蓉	喬木	7-10月	白-粉紅	蜜源
台灣欒樹	喬木	9-10月	黃／粉紅	蜜源
山黃梔	小喬木	4-6月	白／綠-黃	食草、蜜源
野牡丹	灌木	3-9月	紫	蜜源
華八仙	灌木	4-6月	白	食草、蜜源
白飯樹	灌木	7-9月	白／白	誘鳥
玉葉金花	灌木	4-9月	黃＆白(襯葉)	蜜源
杜虹花	灌木	5-6月	紫	食草、蜜源
月橘	灌木	8-9月	白／紅	食草、蜜源
苦林盤	灌木	4-9月	白	蜜源

(資料來源：本研究團隊整理)

4.減碳功能性之考量

(1) 植栽建議採用原生速生喬木，藉由速生喬木生長快速且能大量儲碳的特性，可有效且快速吸收空氣中的二氧化碳，達到減碳之效果。

(2) 在植栽配置上建議採用先驅性與非先驅性原生速生樹種混植的方法(如圖 3-34)。先驅植物係指自然森林受干擾後先驅生長的樹種，其特性為需光性較高，可短期內成蔭，通常為森林演替初期的主要樹種；非先驅性樹種較為耐陰，樹齡較長，通常為演替中期至後期的主要樹種。混植先驅性與非先驅性原生速生樹種除了可提升減碳效果外，亦能營造森林自然演替的意象。

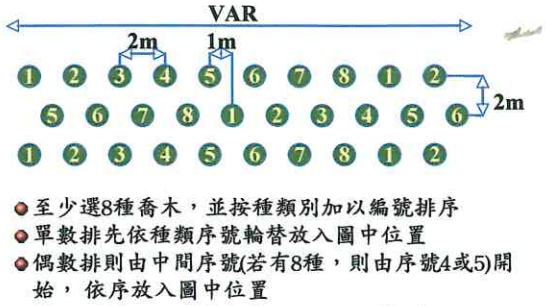


圖 3-34 原生樹種混植示意圖



先驅性速生樹種：山黃麻



先驅性速生樹種：構樹



非先驅性速生樹種：無患子



非先驅性速生樹種：鵝掌柴

圖 3-35 原生速生樹種(例)

(四) 水域植栽設計與植物之應用

1.水生植物之屬性分類

水生植物依據植物體成熟開花時，所呈現其葉片與水面的相對位置和生活習性，可分為下列五種(如圖3-36)，其習性分述如下：

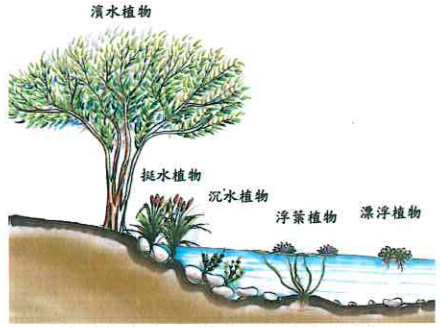


圖 3-36 水生植物類型示意圖

(1) 漂浮植物

漂浮植物的葉子漂浮於水面，但根系並沒有固著於泥土中，而是漂浮於水中，且根系是細長且柔弱的，或者已經完全退化，所以植物體本身會隨著水流動而四處漂移。漂浮植物喜愛生長在靜水域環境，一般而言，在流動水域中較難見到其蹤跡，且無性繁殖機制非常旺盛，可迅速地將整個水面鋪滿，如

青萍、水萍、槐葉蘋等，如圖3-37。



圖 3-37 漂浮植物生長情形
(左：青萍；右：水萍根系)

(2) 浮葉植物

指葉片自由漂浮於水面上，根系或地下莖固著在水下土壤層之水生植物。浮葉植物之葉片會因生活期而有不同的形狀變化。這類型植物根部所需要的氧氣經由葉片的氣孔傳遞供應，故其葉柄會隨著水的深度增加而迅速成長，以適應環境中的水位變動，例如台灣萍蓬草、南國田字草等，如圖3-38所示。



圖 3-38 浮葉植物生長情形
(左：南國田字草；右：台灣萍蓬草)

(3) 沉水植物

係指植物體完全或大部分沉沒於水中生長，根系固著在水下土壤層之水生植物，開花時，花沒於水中或挺出水面。植物體表面沒有或不具有發達的防止水分蒸散的構造，因此，植物體的地上枝一旦離開了水域，往往會快速失水、凋萎，甚至死亡，如金魚藻、水蘊草等，如圖3-39。

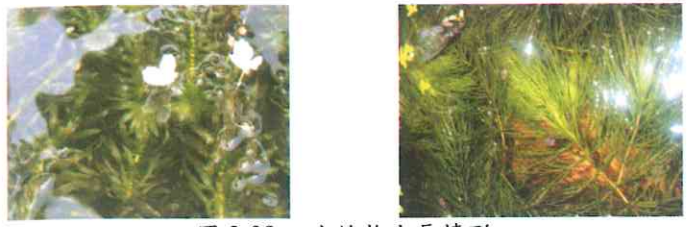


圖 3-39 沉水植物生長情形
(左：水蘊草；右：金魚藻)

(4) 挺水植物

挺水植物通常生長在水深50公分 至1公尺 左右之淺水區，其根系固著在水下之土壤層，莖葉的一部分或大部分伸出水面的植物。挺水植物的根系發育情形隨種類而不同，大多具有走莖或根莖形態，其根系所需之氧氣係外界空氣經由莖葉內的通氣組織傳遞供應，如異葉石龍尾、香蒲、大安水蓑衣等，如圖3-40。



圖 3-40 挺水植物生長情形
(左：香蒲；右：大安水蓑衣)

(5) 濱水植物

濱水帶植群通常係指河岸區域一條具有生命力的綠帶，藉由不同植物組成，連接了乾燥高灘地與濕潤的水域，並且控制兩者間的水分、沉澱物與有機營養物的傳遞。發展完整的河溪或水域環境，具有茂盛且多樣化的帶狀濱水帶，隨著流域的範圍、水域水位之高低、季節的變化以及植生演替變遷之過程，水體所影響濱水帶的範圍亦有顯著的差異，如水柳、穗花棋盤

腳等，如圖3-41。



圖 3-41 濱水植物生長情形
(左：水柳；右：穗花棋盤腳)

2.水生植物材料之選擇與應用

根據上述水生植物之生長習性以及功能，水域地區應用植物種類選擇之考量要點以及建議植栽如下：

(1) 植物生長後之景觀：植栽選種須具高歧異度，植群設計應包含濱水植物、挺水植物、沉水植物、浮葉植物、漂浮植物等。

(2) 植物生長效率：考慮不同形式的植物生長型態與生長速率，包括相互競爭、入侵、生產及自然的生物入侵等，均會影響水池的機能及外貌。

(3) 植物之耐水性：濱水植物與挺水植物對水淹沒深度與淹沒時間之容忍性有極大的不同。

(4) 健化植栽之應用：植物健化即指階段性的提高植物萌芽與繁殖之容易度。由苗圃移植到生態水池水域之植栽，因其土壤水分條件不同，初期生長不易，故需將苗木移植至施工地點附近進行健化處理，以增加其萌芽和繁殖的容易度，提高抗病性等。

表 3-4 台灣地區常見水生植物之應用(例)

植物類型	植物名稱	代表植物照片
沉水植物*	聚藻、石龍尾、馬藻、水王孫、小茨藻、苦草、絲葉狸藻、東方茨藻、瘤果篦藻、水蘊草、台灣篦藻等。	 水蘊草  聚藻
浮葉植物	田字草、芡實、台灣萍蓬草、白花水龍、台灣水龍、小菱菜、龍骨瓣菱菜、印度菱菜、空心菜等。	 田字草  印度菱菜
漂浮植物*	槐葉蘋、青萍、紫萍、水鱉、水萍等。	 青萍  水萍
挺水植物	開卡盧、紅辣蓼、紅蓼、田蔥、荸薺、單葉鹹草、莞、蒲、香蒲、水蕨、鐵毛蕨、水紅骨蛇、水馬齒、長梗滿天星、石龍芮等。	 開卡蘆  香蒲
濱水植物	水柳、水社柳、筆筒樹、過溝菜蕨、月桃、野薑花、構樹、黃槿、九芎、茄苳、穗花棋盤腳、大冇榕等。	 水柳  穗花棋盤腳
岸邊石縫植物	過溝菜蕨、腎蕨、生根卷柏、石菖蒲、鐵線蕨、海金沙、越橘葉蔓榕、紫萁、木賊、姑婆芋等。	 腎蕨  越橘葉蔓榕

＊上述沉水、漂浮植物材料之利用，使用時應考量維護管理之可行性，特別是生長快速或在水中大量生長可能影響水質或棲地品質時，須謹慎考慮。

(五) 水陸域交界帶(緩衝帶)植栽設計

緩衝帶為陸域與水域之轉換點，為導入動物之理想廊道，其植栽規劃原則如下：

1.藉由多層次植栽之阻截效果，營造具攔污、過濾與吸附作用的

植栽濾床，形成具一定縱深的緩衝帶。

2.緩衝帶坡度控制在 1：3 比例以下，不得已時可考慮階段式設施，分段設置平台，平台高度控制在 15~20 公分以下，以緩坡化、低矮化的化整為零方式，構成較順暢之生物通道，提供小型動物及昆蟲上下運動空間，平台高度小於 15 公分旨在考慮昆蟲跳躍、垂直爬升時，藉由草莖高度提供必要遮蔽保護。

3.緩衝帶區域一般以透水性鋪面為原則，以自然滲漏方式提供順暢之介質轉換機制；為促進植物復育，可加鋪約 30 公分砂質壤土改善植生基盤。

4.緩衝帶植生設計以採取複層式為原則，營造多層次、多物種生物組成環境，構成具韌性的林緣效果，以強化對自然逆境之抵抗能力。

5.緩衝帶坡度較大區域考慮設置緩流設施，依等高線植草或設置連續矮柵及排樁等防止表土沖蝕。

6.緩衝帶之縱深、植生密度、植生種類之配置與池岸坡度、土壤質地、地下水位、輔助截流設施之有無等相關，需視實際環境條件，以及期望之緩衝效果進行設計。

(六) 生態浮島之功能與植栽設計

1.生態島設計可依景觀、生態、排洪、除污、水池面積等水池條件及功能需求，設計固定式生態島或生態浮島，可提供較低干擾的棲地，提供以水鳥為主的水生動物棲息(如圖 3-42 至圖 3-44)。生態浮島之設計，除水質改善之目的外，可在不妨礙暴雨排洪需求且不受洪水沖刷破壞下，順應水位自然浮動，建構綠色且蘊含豐富生態之生態浮島，同時兼具景觀效益。

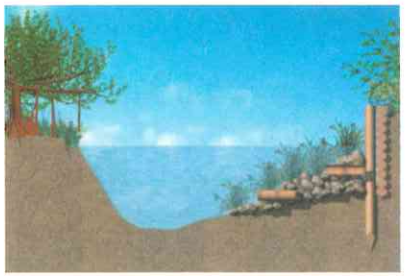




圖 3-42 生態島設計示意圖(左：固定式、右：浮島式)



圖 3-43 生態島現地照片



圖 3-44 生態浮島現地照片

2.人工浮島的浮力來自於人工載體，載體的選用需具有可靠性、維修簡便、具設計與施工彈性、耐候性佳等特點。一般最常採用各種不同管徑的 PVC 管材組裝成為漂浮載體。而一般用於海岸或湖泊沿岸小型碼頭的組合式浮動碼頭系統，也可以做為人工浮島的架構骨幹，其可靠性與施工維護的便利性更在 PVC 管之上。

3.設置於生態水池內的生態浮島，由於植物並未生長於土壤機質之中，因此植物需要的所有養分需由水體之溶解物質中吸收獲得，類似農業上的水耕系統，故需評估污水水質是否適合選用之水生植物生長發育，必要時需設計輔助初期發育的基質材料。

4.生態浮島植栽材料之選擇

(1) 生態浮島濕地系統主要由挺水型水生植物所構成，針對高污染濃度的水質條件，蘆葦、香蒲、茳芏鹹草、水毛花等耐污能力強、根系健壯、發育迅速生長旺盛的種類都是很

好的選擇。

(2) 另搭配大安水蓑衣等同樣具良好耐污染能力且初期生長率高、覆蓋性佳的大型雙子葉挺水植物，則可加快浮島上水生植物族群的發育穩定。

(3) 當主要植群發育穩定後，可於浮島內側水質較佳的區域增加中小型挺水植物的栽植，如窄葉澤瀉、多花鴨舌草、大葉石龍尾、野慈姑等，以提高生物多樣性與景觀美感。

(4) 另外亦可在中央區域降低載體底部高度，設計較深水的環境，栽植沉水與浮葉型水生植物，像是水王孫、圓葉節節菜、苦草、金魚草、田字草、台灣萍蓬草、菱菜類等水生植物，創造更自然的濕地景觀與生態系統。

(七) 植栽之空間與區位配置設計

植栽空間的形式安排在創造水池機能、功效及美質上扮演重要角色，有關其設計策略如下：

1.水路：植栽結構會影響水流流速方向，因此亦會影響植物吸附污染物質效果，設計時應避免難以管理維護的角落或死水區，特別是低水位時，植株較高之挺水植物或濱水植物對水流之影響，如圖 3-45。

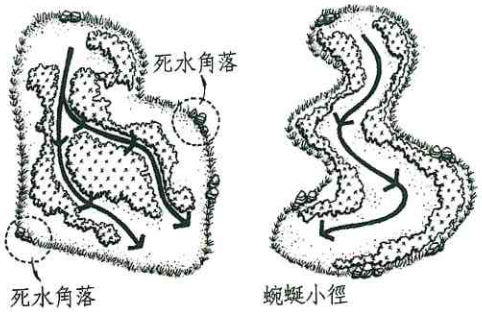


圖 3-45 植栽結構會影響水流方向示意圖

2.棲地：可透過在生態水池內部或周邊配置各式不同的植物組成形式，以及建立結構高度複雜的植生區域，增加生物之多樣性。例如將挺水植物散佈於開放水域、水道或淤泥灘中，比建立幾個不同的大型生物棲地中心更能促進生物多樣性，如圖 3-46。

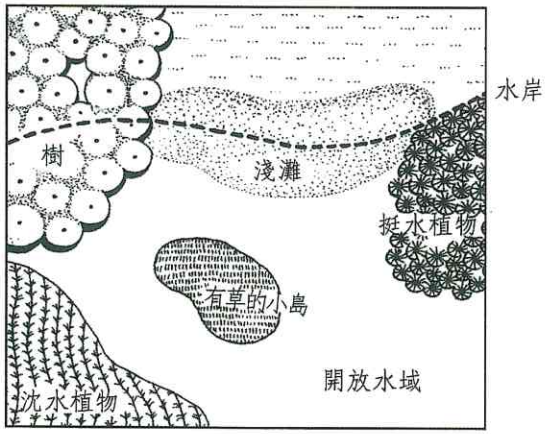


圖 3-46 水池內外棲地植栽多樣性示意圖

3.水域：植物適應水池水位深度大小，因種類而異。在常見之設計案例中，大約 5~10 公分的水域深度對一般濱水植物較為理想，而挺水植物則以水深低於 30 公分較佳。漸進式的引水入生態水池能保護水池內部，且使得植物能逐漸適應環境。有些植物需在污染源排入之前生長良好，才能達到污染物排除的功能。有些植物需要水的波動，但初期需控制水位變化直到植物生長良好。

4.整體空間視覺：不同植栽的視覺空間、色彩、開花季節、空間的安排與協調，都是相當重要的美學考量。生態水池之栽植配置需輔以創作性之園藝想像力，建立植栽與地形地物之整體形相。

(八) 栽植方法與維護管理

1.生態水池植物之栽植方法與類型，包括人為規劃特殊植物種類的植栽區、含種子土壤之混合物促進演替生長、植物地下莖或塊莖之扦植或整株植物之苗植等。如果種植範圍大於 1 公頃，使用種子材料較為經濟(雖然種子發芽生長之過程較難預料)，容器或泥炭盆栽的植物有較高的存活率，勝過裸根移栽的植物，因此目前較常用容器苗栽植(雖最初的價錢較高，但其通常最終較為經濟)。

2.間距：種植密度因植栽種類而異，挺水性植物大約 1 株/平方公尺，較小之草花植物則以 2 株/平方公尺惟符。為補償預期自然死亡、水流的破壞及來自野生生物所造成的損失，可增加栽植密度與植苗(扦苗)之大小。某些植物具侵略性，可能需要被迫完全地種植在盆內。

3.植栽季節：植栽季節需配合植物之生理狀況及水域之水文條件，如果來不及種植，可延緩至翌年栽植。

4.沉水植物之維護管理：為固定並確保水域植物固著及生長良好，可採用纖維網束或泥炭盆栽植。

5.浮葉植物之維護管理：浮葉植物具降低水溫及遮蔽日照效果，提供水生動物棲息躲藏空間，部份浮葉植物可作為魚類食物，為構成生態水池完整植物群落的重要元素，惟浮葉植物蔓延快速，應配合植物管理措施一併考量。為防止浮葉植物過度蔓延，遮蔽日照，應保留部分開放性水域，可採用浮索、繩索、竹竿等攔截設施，圍束浮葉植物於一定範圍生長，方便植物生長管理與控制。

6.肥料之管理：肥料應避免使用易流失之化學肥料，應以低生產力為設計標的，在植栽穴底下置入有機肥或緩效肥料，可限制

藻類繁殖。

7.自生植物之應用：在某些案例中發現，自生的植物種類能促成水池超過 90%的覆蓋和物種多樣性，但依鄰近的種子來源與傳播途徑、現有植被、濕地建造的時間及土壤類型而有所差異。除非為加速自然植被的再生，才採用人工種植方法。

九、生態水池景觀設計

兼具景觀休憩功能的生態水池，其設計重點在強調結合生態與親水概念，水域空間以沉水、浮葉、飄浮、挺水等類型水生植物複層栽植，搭配濱水區域喬木、灌木、地被植物（包括濕生植物）複層混植，營造多樣生態棲地，吸引蜻蜓等昆蟲、兩棲類以及水鳥進駐，讓使用者融入豐富多樣的水陸交替棲地，除利用自然生態構成元素間的相互作用，以呈現生態之運作機制與美質，輔以必要景觀休憩設施，以強化生態水池之安全性與親水性，賦予環境教育之功能，如圖 3-47 及圖 3-48。

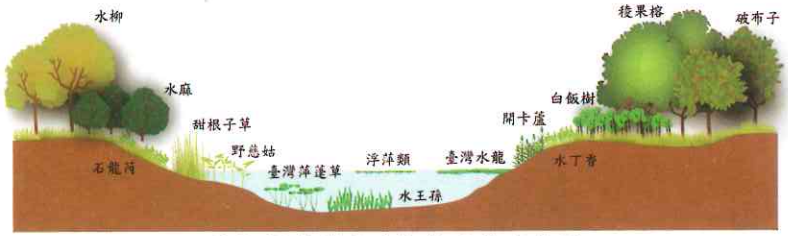


圖 3-47 生態水池複層混植示意圖

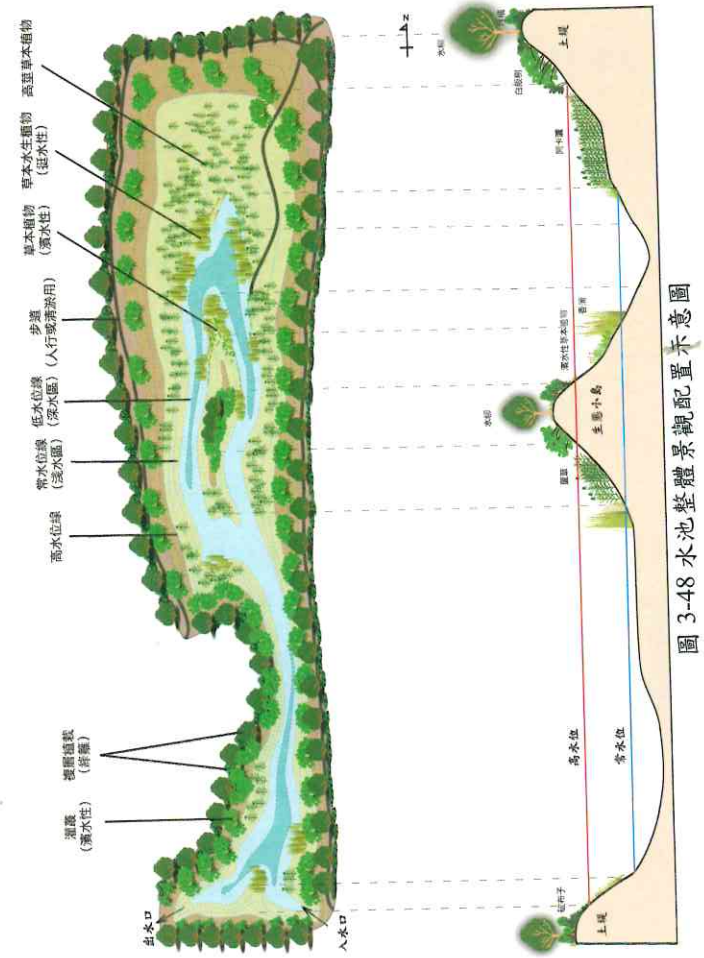


圖 3-48 水池整體景觀配置示意圖

此外生態水池景觀設計可概分為陸域、水際、水域三部份，設計方法分述如下：

(一) 陸域

1.選擇平坦區域設置聚集、停留及解說據點，視需要增設休憩座椅、遮陽設施及解說設施。

2.水池外緣之集水區域可分段設置橫向截流溝，預先沉降逕流雜質、土砂，降低池體淤積機會。為維持景觀連續性，截流溝以草溝形式為原則，或以現地卵塊石填置，發揮存蓄、遲滯及滲漏效果。

3.緩衝帶親水步道以現地木、石材質構成，以充分融入現地環境；舖面以透水性設計為原則，除舖面底層強化透水性外，舖面材質間留設空隙以利植物生長，緩和舖面之生澀感。

4.高差較大之地點設置為人行通道，可藉由高程變化增加空間及步行趣味性，高差較小之平順緩衝帶，留供在地生物通路，避免人行動線與動物遷移路徑相互重疊或干擾。

(二) 水陸域交界處

水陸交界之區域應考慮豐枯水期之水面高程變化與乾濕交替對構造物之不利影響，運用材料及設施型式緩和上述干擾：

1.位於高水位以下之設施基礎部份，儘可能以耐水材料構築，以大塊石或乾砌塊石做為設施基礎，必要時以混凝土構造設置於低水位以下部份，低水位以上仍以石材砌造。

2.為避免影響水生動植物棲息空間，並反映高低水位變化之條件，可採取浮動式構造、如浮台、舟橋、竹筏等型式，代替固定式棧台、棧橋，可隨水位變化調整高程，另可創造水際動物棲息、庇護空間。

3.陸域與水際交接設施可採取階段踏步或斜坡連接，使用塊石護

岸，可以營造多孔隙空間，藉以提供兩棲類、爬蟲類等生物棲息躲藏環境，同時兼具保護水岸，減少不同水位對邊坡的衝刷，必要時採用樞接接合（hinge）方式營造隨坡面調整之斜坡道，因應坡面局部變化。

4.水際景觀設施應設置簡易扶手、圍欄，提高通行及佇留安全性，並儘可能降低量體，以維持完整景觀通視性。

5.灌溉式農塘水池可配合地形設置龍骨水車；池岸水深較深處可設置水車增加景觀趣味性。

6.生態池水位變化較小，故濱水植物選擇著重於濱水棲地營造的原生種植物。



圖 3-49 水陸域交界處植栽生長情形

(三) 水域

為提供親水效果，水域景觀設施以人行通道與佇留點設施為主，並應與水域環境融合，採用現地或自然材料構築，配合水生植物之遮蔽效果，創造多層次水域景觀。

1.固定式水域通道包括棧橋、跳石、條石等型式，應儘可能減少基礎數量及量體，提供較大水域面積，並降低人工構造物對水體的影響。對水量變化較大之水池，固定式通道較無法反映水位變化條件限制，枯水期常造成設施明顯出露與親水性不足缺點。

2.浮動或移動式通道型式有浮台、舟橋等，可因應水位高低變化

維持親水性，為提高安全性，可採用錨式固定拉索、浮筒配合拉索以及橫向固定索形式提高穩定性。

3.水域休憩設施包括休憩涼亭及平台或可採取浮動方式，以竹筏、浮筒木平台、舟橋型式以增加趣味性。

4.為提升水質淨化功能與景觀豐富性，營造多樣棲地型態，浮島設計為可嘗試方式之一；水生植物選擇著重於除汙能力，藉由組合式浮島栽植水生植物，一方面增加以植物根系吸收水中氨氮與磷淨化水質，另方面增加水域景觀層次，提高視覺豐富度，同時提供水生動物如水鳥及水鴨等棲息繁衍據點。

5.生態島為豐富生態水池樣貌的重要元素，池中儘量預設 1～3 個緩坡且彎曲的生態島，並混合種植多樣化植物。於空間受限條件下，亦可以植生竹筏取代生態島。

6.生態水池之景觀設計應避免過度設計，以維持自然生態環境之親合力；景觀設施除採用現地或自然材料構築外，應儘在可用範圍內縮小量體。由於景觀設施與使用者之接觸機會高，亦應納入設施使用年限及無障礙設施之考慮。

第四章　應用資材之規劃設計

一、主要應用資材之種類

生態水池應用資材之選用，除應考慮設計目的及材料特性外，亦應著重在於其生態價值與效益之評價，因應特定生物棲地重建維護或不同整治區域之保育等目的，並同時考量其材料對環境再生復育可能造成之正面及負面影響。正面影響包括提高環境之生物量、豐多度與多樣化；負面影響則包括活體材料之侵略行為、材料生產過程中能源消耗、材料散逸溶出物質對生態環境之影響、材料遭災害破壞作用後衍生物對環境或其生物之影響、以及材料朽化殘留對環境之影響等。資材之靈活組合運用是為達到維護人與自然共存之環境完整性、自然環境資源的永續經營與利用之目的，是故材料之應用不能只評估其絕對的優缺點，需因地制宜，兼顧安全與生態之雙重目的。

二、植物材料之規劃設計原則

(一) 功能性考量

植物材料選用應以能達成工程目標為優先考量原則，植生後續生長的適用性及適應性，影響施工後的工程效益。因此，以植物材料達到棲地環境復育及安全性時，應考慮之因子如下：

1.植生工程目的及基地立地條件

生態水池之施工基地多為水域及陸域的轉換地帶，周邊植生受水理之影響甚大，故植栽的選擇上必須考慮適地性較強之植物。在進行植栽設計時，除了考慮上述材料條件外，水源涵養、水質過濾、邊坡穩固及自然環境保育等要素也應加以重視。植生工程之作業系統依其規劃目的及設計類型而異，其主要目標設定應再以水質過濾以及攔阻泥砂為主，再者以營造生物多樣性之型態，促進生態系之機能為輔。至於一般工程施工地區或生態工程構造物施作地點，因實際植生地點之環境條件與原坡面差異甚大，故需依工程整治後之坡度、土壤硬度、坡腳坡面保護措施等條件，選取適用之植物材料。

2.植物生長特性

由於植生工程的規劃設計與施作對象漸趨多樣化，更顯現了植物生長特性與植生工程的成效的相關性。部份植生工程施作地區之立地條件惡劣、環境應力變化極大，特別在水池水位或水量變化較大之地區，植栽設計及相關植物材料之配合，需透過嚴謹的植栽選種及環境適應性檢測。

(二) 生態性考量

1.原生植物之應用

考量生態之理念，植生材料選用宜先以本地（原生）種植物為主。外來植物之引進，常具有高生殖率與高散佈能力，可在新的生育地迅速建立族群，進而侵略本地植物的生存環境，引起生態系失衡的問題。如能預先瞭解該生態系原有植物的分佈狀況、可能產生之時間序列變化及生態演替之潛在動態，將可以配合上述植生選用原則，將可有效達成植生工程的效益。植栽選用可多利用區域特有之植物種類或台灣特有種，並積極研發及推廣，使此類植生材料得以量產運用；除此之外，亦可優先應用自然存在於基地上的本地(原生)植物，並盡可能選用能夠提供生物食源、供應生物能量、物質交換循環及提供棲地環境等條件的植物材料。

2.生物多樣性保育之觀點

考量生物多樣性保育之觀點，主要評估重點為動植物棲息環境的營造、植物的生長能力與生物多樣性保育，如需應用外來植物，應就其對生態系的可能影響程度及生物多樣性所構成的威脅，進行研究及風險評估分析，並以生態干擾度最低之植物為

主。植物材料導入後，受到影響的範圍不僅是植生施工地區，亦需考慮是否會干擾區域性系統之遺傳特性。例如由高海拔地區引進的植生綠化植物，可能擾亂集水區下游之濱水帶植生，如經判定其可能有侵略屬性時，生態水池施工地域應特別嚴加禁止，若需採用時，須有適當的防範措施以防止其外移；引進與本地種不同品種之植物時，宜注意與地域自生種的漸滲性雜交問題。若引進的植物與認定為保育之本地種間有可能發生浸透性雜交之顧慮者，宜避免作為該地區之植生材料。

(三) 經濟性考量

1.低施工成本

減少施工成本，善用天然資材與現地植物資源，利用施工基地現地植物，可以說是生態施作理念最經濟的方法之一。因此植栽材料經濟性評估應考慮植生導入方法及植生材料的市場狀況。

2.低維護管理

植生維護管理是植生工程完成後植生是否能長期維持或發揮生態效益最主要的關鍵。選擇低維護管理的植生種類，可以有效控制養護頻率以節省經費。

3.自然演替機制

植生工程應保護基地原有之植被生態並儘可能以複層混植方式種植當地原生植物或潛在優勢植物，利用自然演替機制達成長期生態環境的穩定平衡。生態水池中的植生基礎工程決定後，宜以較多的人工方式導入構成綠化目標之植物，這些植物或為先驅者或為日後永續或半永續存在者，因此植物材料導入之初應慎重考慮植物之種類、地域性及自然演替之機制，以避免破壞及干擾原有之生態系統。

三、植生木樁(萌芽樁)材料之設計

植生木樁(萌芽樁)為邊坡打樁編柵植生工法之主要應用植物材料，在一般土壤挖填方坡面、崩積土或淺層崩塌坡面具有改善坡度、防止沖蝕並造成其他導入植物生長之環境功能；若將植物木樁用於水池邊坡，如特別在水位變化較大或水流較易衝擊之地點，則植生木樁既可以穩固河岸又具快速植生保育之功效。

一般來說，台灣地區植生木樁之最適工期，北、中、南雖稍有差異，但以三月到四月份最為合適，目前台灣地區主要常使用之植生木樁中，可供水池濱水帶現地打樁及能萌芽生長之植物種類，主要為九芎、黃槿、水柳、茄苳、稜果榕等，如表 4-1。一般而言，萌芽樁萌芽時間約 3～7 天，約 2~3 個星期左右長根；但仍需經 3 個月時間作為觀察期，以確認其新芽是否繼續生長，才得以判定其存活與否。

表 4-1 濱水帶主要植生木樁暨其活體枝條

樹種	特性與規格	打樁照片	植生木樁單株情形	植株全景
黃槿	常綠喬木，樹高 4~10 公尺。喜生長於沿海低地、河溝堤岸，具耐鹽性。			
水柳	中喬木，高可達 15 公尺，徑 20～40 公分，生育於較濕地，不擇土壤，耐旱及耐浸水性均強。			
茄苳	常綠大喬木。喜強光照和濕潤土壤，耐水濕，常見於平地至山麓、山谷疏林濕地或水邊。為速生樹種。			
稜果榕	常綠喬木，性喜較濕地，不擇土壤。木樁萌芽生根容易，但木質較脆弱、易斷，不利於直接打樁入土。			
九芎	落葉喬木，陽性植物。耐水性、耐旱性強，根系健壯。			

(資料來源：修改自林信輝，生態工程材料之選擇與應用)

四、石材類之規劃設計原則

(一) 天然石材選用

1.常用石材之種類

依土木、水利與建築等工程常用岩石種類，可將上述三大類天然石材概分為砂岩、花崗岩、安山岩、凝灰岩、板岩、大理石類與蛇紋石類(經濟部中央標準局，1985)等六大類。原則以採取工地現場石材利用為主，惟為配合結構強度、景觀需求，常需使用外運之石材。茲將常使用之石材說明如下：

(1) 砂岩：為水成岩中的堆積岩，類別甚多，屬於中等硬度，由於吸水性稍大，故稍易風化，石質緻密，稍呈鬆軟，易於施工，屬準硬岩類。

(2) 花崗岩：為火成岩之一種，粗粒狀石理，種類眾多，現多以一般規格尺寸由國外進口，結晶顆粒大小因產地的不同，有若干差異；硬度較大，吸水率較低，惟耐熱力較差，比重介於 2.6-2.75 間，屬硬岩類。

(3) 安山岩：為火山岩的噴出岩，種類甚多，大多均可做為土木、造景之用，以陽明山石及北新庄石最負盛名，具有優異的耐火性，比重介於 2.65-2.75 間，性質堅硬，抗風化力強，其耐久性，屬硬岩類。

(4) 凝灰岩：為火成岩之一種，質地甚鬆軟，採石、施工均較容易，多屬於中硬度軟岩，耐火性較強，吸水較大，易於風化，屬軟岩類。其餘尚有板岩類及大理石類等，惟一般皆於景觀工程使用之。

(5) 板岩：板岩是由頁岩輕度變質而成的，顆粒非常細密、均勻，岩面摸起來，十分光滑，顏色多為黑灰色。在光線照射之下，石板面上會閃出黑亮的光澤。板岩很容易劈裂成

一片一片的平薄石板。

(6) 大理石：是建築石材的一種，其結晶顆粒由細粒至粗粒均有之，顏色為白色、白地黑紋、灰色、黑色等，或因含有色物質，呈斑駁狀、潑墨狀、雲霧狀、脈紋狀。礦物成分以方解石為主，遇到酸就會發泡起反應。

石材之使用依工程地區之自然環境而定，原則以現地出產之石材之主，以收與環境相融之效。惟亦需配合工程結構物強度要求而擇選適當之石材，以達安全穩定之結果。若需外購石材，台灣石材主要產地如表 4-2 所示。

表 4-2 常用之石材類別與產地

硬度	石材	料原產區
硬岩	花崗岩	金馬地區
	安山岩	陽明山、觀音山、基隆山
	石英岩	高屏溪古河岸
準硬岩	砂岩	陽明山、內湖、龍洞、復興鄉
軟岩	凝灰岩	中和春秋墓園、深坑、南港
	大里石	東部
	板岩	南橫

(資料來源：林信輝，生態工程材料與應用)

一般工程使用之石材，以其硬度及抗拒破壞力高低概分為硬岩、準硬岩、軟岩。生態水池之設置，其主要結構體因需考慮土壓、水壓、滲流等作用力，一般以採用比重大、硬度高之硬岩及準硬岩石材為主。惟為配合景觀、植生等視覺變化亦可配合使用軟岩，以收與自然環境融合之功效。

2.石材之外觀

工程結構物使用石材構築時，一般係取石材之耐久性、抗風化、易與自然環境融合，可降低工程結構物對自然環境乏衝擊等條件，石材原料之取用除需達到前述之一定理化性質外，尚需注意石材之外觀、形態、均勻度、穩定度及色調與環境調合等因素。

一般而言，在生態水池營造的原則下應保持周邊環境之型態，減少人工不必要之雕琢，儘量使用與原有自然環境容易相容之石材，以保留其生態水池之美。

3.石材之採掘與加工

石材運用設計時一般分為兩大類：

(1) 原形石面(自然石面)石材運用：

本類型石材為直接取用礦區出產之原石材，不經加工切割，取其原石自然石面，易與環境融合之特點，依其產地可分

及水系。

山系原形石：為埋於土中經採掘挖出之石材，表面較粗糙，峻角多，色調一般較偏棕黃色系。

水系原形石：為出露後，經溪流滾洗作用之石材，表面細緻，較圓滑，色調一般呈原石色及偏灰白色系。

(2) 整形石面(人工剖面加工)石材運用：

本類石材為採取原石，經人工切割整理成一規格尺寸之石材，取其人為加工後成一定大小之尺寸、整齊之特性，以設計所需或直或橫或方或圓之鋪設疊砌求其型狀之美。依其加工場所可分為礦區加工及工程現場加工二者：

礦區加工：由採石礦區採掘石礦後切割加工成規格尺寸，再運至工程現場，施工時僅需少部份修整即可使用之。

場區加工：工程場址即產有原石，可加工處理，於現場僱工切割加工整理後使用之，一般量少現場石源豐富時可考慮之。

3.石材(乾砌石材料)之選用原則

乾砌施作之定義為堆砌之砌石與砌石交界面間無任何材料作為膠結，僅依靠砌石與砌石交界面之摩擦力作為滑動之抵抗。而砌石材料之選擇以下五點原則進行考量：

(1) 石料以天然卵石與不規則形狀塊石為主，而部分開採之條石與塊石等亦可斟酌利用。石材須質地堅硬，不受風化，無裂縫、頁岩夾層及其他結構上之缺點者，但其應用之材料以人工或機械採自河床河岸之天然卵塊石為準。

(2) 石料如花崗石、大理石、蛇紋石、砂岩、石英岩等，須無裂痕、破損缺角，色澤須大致相等且潔淨而堅實之質料。

(3) 長徑應為橫徑之 1.2~1.8 倍，厚度應為橫徑之 1/2 以上。所有條石或石板得為天然加工石材，其形狀略成四方形、長方形或磚形，但厚度至少 5 公分～10 公分以上。

(4) 土石流地區之塊石做為砌石材料時，應特別注意其可能後續風化與層面裂解之情形。

(5) 天然石材表面加工處理：表面加工處理之種類及程度，應依照設計圖所示。



圖 4-1 生態水池應用石材(例)

五、木材材料規劃設計原則

(一) 木材加工種類

土木工程使用之木料種類有原木或加工後之材料等。土木工程使用之木材主要形狀如表 4-3。

表 4-3 木材加工區分

區分	模式圖(橫斷面)	加工方法
(1)原木		原木素材或僅經過剝皮處理
(2)鼓形		削去原木兩側成鼓狀
(3)半切割		將原木自樹心對半切割

區分	模式圖(橫斷面)	加工方法
(4)削三面		有一材面全無鋸痕
(5)押角		原木四面各削去部分，橫斷面呈四方形
(6)圓柱加工材		將原木以圓柱加工機，加工成直徑均一的原木（有時由角材加工）

(資料來源：林信輝等，生態工程使用調查、評估及替代材料開發之研究，2004)

(二) 木製構造物施設地點之選擇

木製構造物若設置於河川、坡面、農地、公園等場所，依其設置地點之環境條件對木材之影響及利用方法，則可區分如下表 4-4。

表 4-4 設施地點對木材的影響

設置地點(環境條件)	設置條件對木材之影響	主要利用方法	案例
地中	若完全設置於地中的情況，因呈缺氧狀態而不易腐朽。但若建置於地表下10~30公分處則易於腐朽。	基礎樁 過濾材	
水中	完全設置於水中的情況，因溫度較低且呈缺氧狀態，所以不易腐朽。	沉床工 護岸用木排樁	
地面	為重複乾燥濕潤之地點，營養補給容易，所以因腐朽較快劣化。	坡面保護工 防護柵 標識 看板 解說牌	

設置地點(環境條件)	設置條件對木材之影響	主要利用方法	案例
水面	為重複乾燥濕潤之地點，容易因腐朽發生劣化與龜裂。	護岸工 親水步道 漂浮式生態島	
地上	容易遭受日照、降雨、風等氣象條件影響，容易產生變色、龜裂等，其腐朽乃是造成劣化的主要原因。	防護柵 支柱 步道	

(資料來源：本研究團隊整理)

自然界中由於木材會腐爛及分解，即使防腐處理可以增加耐久性，但仍無法避免腐朽。木製構造物之耐久性除了木材材料耐久性能之外，亦因其所設置環境條件之不同而互異。因此，在木製構造物設計施工時，應先考量木材腐朽之問題，在計劃階段就必須針對其耐用年限加以檢討。

依據上述木材材料之特性，木製構造物在以下之情形，可使用不作防腐處理之木材。

1. 在逕流量較少且沒有土石流災害之地點，施作之護岸工、整流工等構造物，待木材腐朽時，其間植生之繁茂生長可達預期替代功能者。
2. 背面土石量較小之坡面擋土構造物，待木材腐朽時，可利用植生之繁茂生長替代其功能者。
3. 編柵工、條狀工等坡面保護工之地點，藉由植生的繁茂生長防止坡面侵蝕且可替代其功能者。
4. 設置於地中之基礎樁或設置於水中之構造物等較難腐朽，可預期較有長期之效果者。
5. 假設工程用防護柵、緊急工程構造物，供作暫時使用者。

(三) 木材材料特性與應用

土木工程用木材，外觀上具有一般天然材料之親和性，景觀設計上不會對環境造成負面影響等之優點，其優缺點及其對策分別整理，如表 4-5。

表 4-5 土木用木材之特性

特性區分	優點	缺點	補救方法
景觀性	1. 融入周遭之自然環境。 2. 係天然素材不影響環境。 3. 外觀上具有素材本身之溫馨感。	木材本身之差異性較無整齊一致之景觀。	可配合植物栽植或使用植生木樁，使其萌芽後可與周邊景觀融合
材質性	1. 本身係有機材料易腐化成土壤。 2. 比重小、強度大。 3. 導熱、導電性小。 4. 對噪音的吸收性大。 5. 易發現材質之缺陷。 6. 廢棄物處理容易。 7. 更新容易。 8. 可貯存二氧化碳。	1.易腐朽、劣化。 2.材質強度不均一 3.易發生龜裂、扭曲。 4.易著火燃燒。	1.防腐處理 2.視工程種類設置地點、環境而選擇適宜工法。
施工性	1. 富屈撓性。 2. 施工期限不受限。 3. 運搬加工容易。	材料大小受限制	可依材料特性選定適用工法
供給性	材料取得容易.	不易取得大量均一材料	可依材料特性選定適用工法
經濟性	施工簡單		

(資料來源：林信輝，生態工程材料之選擇與應用)

六、再生材料規劃設計原則

目前世界先進國家之廢棄物處理方式，以採零廢棄、資源再生為主流。依環保署公告之資源回收再利用法及其施行細則，再生利用係指改變原物質形態或與其他物質結合，可供作為材料、燃料、肥料、飼料、填料、土壤改良等用途或其他經中央事業主管機關認定之用途，使再生資源產生功用之行為。

再生材料如混凝土再生材料、焚化廠底灰、牡蠣殼、爐石、廢棄輪胎、鋸木屑(太空包)、污泥等，因其產量頗具規模並具骨

材與植生等利用價值，因此可作為材料初步選擇與設計之考量。再生材料設計原則如下：

1.再生材料選用需與自然環境相容，成為生態環境之一部分，再生材料作為生態水池利用資材時需考慮其物理、化學與生物特性。作為替代骨材需考慮其水力導度、強度、耐酸鹼性及溶出物之特性與潛勢反應特性外，除考慮工法與可能自然生物分解外，另需考慮材料可能溶出元素離子對現地動植物與棲地等可能造成之潛在影響。

2.再生材料選用需能增加生物棲地之多樣性，使棲地生物多元化與增加歧異度，利用再生材料物理外形特性、孔隙度與水力導度等，以利於各類型動植物棲息生長，並考慮其微量溶出元素作為動植物營養鹽來源之可行性。

3.再生材料選用需能提昇棲地復育時間與空間效益及其演化調適功能，考慮能增進棲地時間與空間之復育效益，並建立環境生態食物鏈之完整性。

4.再生材料選用需能促進人工濕地生態效益，利用再生材料之物理、化學與生物特性，作為生態水池基石與景觀生態規劃需求。考慮有利於微生物與植物馴化於當地環境，進而有利於吸收營養鹽元素及污染物之去除。

5.再生材料選用需避免污染生態環境，再生材料通常含有重金屬與其它可能污染物質，因此需考慮其溶出離子可能對動植物生態環境之毒性反應。

6.再生材料選用可增加離岸水下設施之強度，考慮再生材料之物化性與工程特性，以增進離岸水下之結構工程強度。

7.再生材料選用需能促進資源保育、生態旅遊與生態保育等功能，再生材料使用需能符合景觀生態需求，並確保增進

資源生態保育與旅遊需求等功能。

8.再生材料選用需能與各類生物相容，並能促進其棲地之整體性與連續性，再生材料需與動植物及環境相容，能促進其棲地之完整與連續性。

9.再生材料選用需避免阻斷物種遷移與原有生物廊道，並確保能量流與質量流之循環順暢，避免阻斷與破壞物種遷移與生物廊道。

10.再生材料選用需進行環境風險影響評估與生命週期評估(LCA)，以減少對人類、動植物等物理、化學與生物環境之衝擊，再生材料使用應進行相關溶出物之特性與強度檢測，並評估其生態環境與人類健康之環境風險，以及其對土壤、水域、空氣、社會經濟環境與工程品質等之影響，並減少使用可能帶來對人類與生態環境之衝擊。

第五章　生態水池監測及維護管理

一、生態水池與周遭環境之關聯性

1.在種源、生物遷徙途徑、現有植被構成、土壤類型等條件許可下，生態水池周遭植被以人工植生導入輔助入侵演替，造成自然植被結構為原則，以充分融入環境。

2.物種引進應以本地物種為原則，儘可能避免外來物種之入侵或不經意導入；營造自然野生物遷徙廊道，必要時以小規模選擇性放養泥鰍、馬口魚、蓋斑鬥魚、七星鱧魚、鱧魚、貢德氏蛙、盤谷蟾蜍、黑眶蟾蜍、澤蛙、拉杜希氏蛙、金線蛙、虎皮蛙、各種蜻蜓幼蟲（水蠆）等原生物種為原則。

3.外來種入侵可分別以持續撿拾、食餌誘引及天敵防治等方式去除。

4.流動水之水聲及瀑布所形成之多氧區域，對某些動物具有吸引力，應利用現地高程變化，以重力流方式，創造具上述效果之據點，吸引水生動物進駐。

5.生態水池之區位如屬地下水位高或有湧泉地區，可維持穩定水源供應及適時補助，並降低水分下滲速率。

6.水質污染，尤其是有毒物質及重金屬污染，明顯影響水生生物生長，應確保水質為可接受標準狀態。

7.不同種生物有其可容忍的酸鹼值範圍，不同的酸鹼值亦可能復育不同的生物族群；其次，水中溶氧量不足將導致水中動物因氧氣不足而死亡，溶氧量過高可能導致魚類病害。建議水體之pH值維持在6~8之間，水中溶氧量控制在6~8(毫克/升)間。

8.池面大部份之面積每天應維持適當之光照，以利各種動植物繁殖生長，池邊可種植樹冠幅大之親水性喬木或灌叢，以提供遮

蔭效果，降低水溫。

9.應將水池部份環境敏感區位劃定為保護區或隔離區，限制人為干擾或進入，以提供各種野生動植物適當之生長及隱蔽處所；一般保護區應占水池三分之一以上。有親水利用之考慮時，亦應顧及最大承載量(maximum carrying capacity)，避免過度的人為活動，降低水池之生態效能。

10.儘量採用當地且具永續性材料，同時運用簡單、耐久的營建工法，以備損壞時可自行以簡易工具修復及更換。

11.基地進出路徑應避免阻斷或干擾水流，並儘可能遠離生態池水體，避免不必要的通過性交通造成干擾或污染。

13.鄰地之污排水是否納入生態池，應以水體自淨能力與經濟效能綜合考量，並事先進行污染水質調查，確定導入之污水為生態池可處理範圍。

二、監測項目及方法

(一) 監測項目

由個別生態試驗池設定之目標功能，以及發揮功能所需具備的環境條件，彙整出可依評估的環境影響因素，作為生態水池監測之項目。由於環境作用的依存特性，不同功能之環境影響因素可能有部份重疊，經整合不同生態水池之主要及次要功能後，臚列建議之監測項目據以執行監測作業。各生態試驗池之監測項目詳見表 5-1。

表 5-1 各類型生態水池建議監測項目表

功能類型	建議監測項目
蓄水灌溉	水質、水量、淤砂量、動植物相
滯洪防災	水質、水量、淤砂量、動植物相、表土沖蝕
濕地保育	水質、水量、動植物相、水溫與地表溫度、氣溫、濕度
觀光遊憩	水質、水量、動植物相、水溫與地表溫度、氣溫、濕度

(資料來源：坡地生態水池多元化保育功能之研究，2007)

(二) 監測儀器與方法

1.水質

水質之調查項目包含可在現地量測之溶氧含量(DO)、導電度(EC)、酸鹼值(pH 值)、水溫、化學需氧量(COD)與濁度(Turbidity)；及需在實驗室進行之生化需氧量(BOD_5)及營養鹽(nutrient)等。



圖 5-1 水質調查情形

使用於現地的水質監測儀器包括溶氧計、酸鹼度/導電度計、攜帶型濁度計、COD 量測計等，於現地採樣點測定，並讀取讀數。生化需氧量(BOD_5)則需於現地採樣，攜回實驗室依 BOD_5 檢測規範進行分析。



圖 5-2 溶氧度計、酸鹼度/電導度計



圖 5-3 2100P 攜帶型濁度計





圖 5-4 水樣採集情形

2.土壤

土壤調查項目及調查方法包括：

(1) 粒徑分析：於現地採取土樣，攜回實驗室進行土壤粒徑分析，可結合篩分析與比重計分析獲得土壤粒徑分佈曲線；其中篩分析適用於停留於 10 號篩上粗顆粒土壤的粒徑分析，可求得粗顆粒土壤之粒徑分佈曲線；比重計分析適用於通過 200 號篩之細粒料土壤，由土壤顆粒在水中的沉降速度推估粒徑大小，再由不同沉降時間的液體單位重推估累積通過百分比，結合上述二者關係，即可求得顆粒粒徑及累積通過百分比之粒徑分佈曲線。

(2) 酸鹼值：將土壤與蒸餾水以 1：3 混合置放 30 分鐘後，再以 pH meter 測定之。。

(3) 有機質含量：於現地採取土樣，攜回實驗室進行有機質含量分析，透過有機質氧化及化學試劑滴定過程，計算氧化

前後氧化劑差值，計算有機質含量。

(4) 滲透係數：以滲透筒法測定土壤飽和導水率，在單位水壓梯度下，通過垂直於水流方向的單位土壤截面積的水流速度，量測土壤滲透係數。本法可在田間進行測定，但易受下層土體性質的影響。

(5) 土壤含水量：將現場採得土樣置入烤箱，以取得土樣乾重，並與土樣原有重量相較，求得土壤含水量。





圖 5-5 土壤採集及電導度試驗

3.植物調查

常用的植物相調查有樣區取樣調查法、穿越線法、沿線調查法及目視記錄法等四種；包括定性(Qualitative)及定量(Quantitative)調查。定性以種(Species)為基礎，鑑定植物之種類；定量則為植物社會介量之調查，如株數、優勢度等及代表植物組成複雜程度之種歧異度。由於生態水池監測內容與水體流路、植物與水體間之距離分佈關係較為明顯，具備線型變化的特徵，建議採用穿越線法(Line transect, Strip)進行植物調查，較能呈現植物與水體間空間分佈、種群與數量的變化情況。穿越線數可依調查面積之大小、植物社會之多樣性、環境變化的幅度或人力資源的充足與否等條件彈性增減穿越線數量或長度，較能適應不同試驗池之環境條件差異，採取相同調查方法，獲得調查數據的相容性與一慣性。監測過程中，以植物之數量、密度、生長情況以及在不同水

域分佈情形為重點；其次，植物演替消長的種群變化，如原有植生之種群變化、入侵植物種類及數量、分佈水域等，則為長期持續觀察的重點。植生調查工具如下：

(1) 筆記本和筆：紀錄所觀察到的植物名錄以及周顛的環境等事項。
(2) 相機：可藉由相機完整紀錄植物所呈現的生長形態。
(3) 望遠鏡：遇到較遠之植株可利用望遠鏡觀察之。
(4) 植物圖鑑：用來比對查詢所見到的物種。
(5) 夾鍊帶：蒐集植物標本及樣體之用。
(6) 布尺及剛尺：用來量測植物之徑長以及株高。
(7) GPS：定位之用，便於未來後續調查。



圖 5-6 植生調查工具

4.動物調查

(1) 魚類調查：蒐集當地魚類生態及當地生態保育團體或個人調查之相關資料，如魚類分佈、繁殖狀況、產卵地點、放流地點、漁獲量等，作為魚類調查之生態基礎資料；現地調查方式有直接觀察法、捕捉法等方式，如水深超過 80 公分之深水域則以手拋網、潛水及釣魚法補充採集。

(2) 陸生與兩棲類動物調查：生態水池與其周邊地區陸生與兩棲類動物調查，可採直接觀察記錄法、箱籠捕捉法及以動物排遺、食繭、叫聲、活動跡象等方式間接獲得動物調查

資料。

(三) 監測作業配置

依據個別生態試驗池的監測項目以及現地情況，分別配置監測儀器之位置與採樣點，作為未來監測作業的參考。個別試驗池的監測項目或許不同，但在主要觀察項目重要性的輕重，對於一般的環境影響因素仍為必要的監測內容，因此於配置圖上仍以列舉之所有監測項目作為配置的內容，未來監測作業可考量人力、經費與時間等客觀因素，再作適度調整或簡化。

各別監測項目的基本構想與配置原則說明如下：

1.水質監測：水質採樣點設置於進、出水口、淺水及深水區，或流速變化區域各取採樣點，以明瞭池內流路的水質變化狀況。其次配合池底淤積監測，進行水深變化量測。

2.土壤監測：於水際、陸域鄰近池岸及遠離河岸三處各取土樣，做為研判生態水池影響土壤結構與組成的基本資料。

3.表土沖蝕監測：於設定之坡頂、坡面及坡腳各打設具有刻度沖蝕樁，記錄表土沖蝕及淤積程度。

4.池底淤積監測：於進出水口、主要流路路徑固定距離、次要流路關鍵點分別以直尺測定水深，用以繪出底泥淤積情況。

5.植物相監測：分別於生態試驗池之長軸向及短軸向設置截線，沿截線一定寬度進行植物種類及數量記錄，藉以明瞭植物之種群變化與消長。對於不規則池體，可適度增加截線數量。

6.動物相監測：配合植物調查，分別記錄魚類及陸棲、兩棲類物種及數量以及各物種分佈情況。

7.周圍環境因素監測：包括生態池周邊地區的氣溫、濕度、風速、空氣懸浮粒子、日照等基本環境因素，以季為單位進行量測記

域分佈
生態

近地點與相對不受生態水池影響的遠距地
瞭生態水池可能造成的微氣候變化，並作
水域與陸域環境變化的比照。

應隨未來實地設置狀況與環境變異程度做
與數量亦應隨現地條件及監測需求酌予調
地點，各據點記錄格式一致為原則。

(四) 監測頻率

監測頻率依監測項目可能影響生態試驗池功能目標之程度，以及研究資源的限制條件為綜合考量，以能顯示環境變遷的循環週期為期距，建議可以「季」為單位，進行持續性監測記錄；於颱風、暴雨等足以明顯干擾季節性週期變化之獨立事件發生後，進行補充調查，以明瞭獨立事件對環境週期變化及環境作用之累積效應之干擾程度。

(五) 生態試驗池監測資料之運用

由於環境影響因素相互作用的結果，構成複雜的環境作用影響機制，不易由個案監測分析成果獲得普遍性適用的規劃設計準則，唯有透過研究個案完整而持續的資料記錄彙整與廣泛的類似案例比對分析，逐步建立生態水池基礎資料庫，作為後續研究的基本資料。

1.監測資料彙整

(1) 環境基礎資料之基準值建立

施工前之現地環境調查，記錄生態試驗池的環境構成現況，為衡量環境變遷與生態池效能的基準值，應於改變環境現況前，儘可能依據未來監測項目，分項詳細記錄；唯生態水池之環境隨季節、豐枯水期與獨立水文事件、不預期之人為干擾等因素息息相關，短期間即可能有明顯變化，因此環境基準值

之建立，除透過實地調查取得即時資料外，現地長期的環境資訊收集工作，將有助於建立較為可信的環境監測基準值。

(2) 完工後之基礎資料調查記錄

延續前述基礎調查的採樣點、調查方法、頻率、項目、單位與格式，進行完工後之基礎資料調查記錄，並儘可能維持基礎調查之人員編組，以降低調查作業之人為偏差，使與基礎調查初始資料連結，透過持續的調查記錄，構成施工前、後與運作過程的環境變遷監測紀錄，作為生態水池功能評估之依據。

(3)持續監測紀錄之彙整

持續監測紀錄之有效性，有賴監測構想的連續；在調查頻率、項目、單位與格式上應力求一致，使調查成果具備空間與時間的連續性，構成可相互比對印證的長期研究資料庫。對獨立事件之影響分析，建議分採短期效應與長期效應看待，短期效應著重在單一事件誘發的明顯作用，用以解釋監測值急遽變化的效應；長期效應則著重在環境自我修復之週期與對環境穩定性之影響。

2.監測資料比對分析

生態水池之監測重點與其設定之主要功能相關，於個案之監測資料整合分析時，除應維持調查方法、頻率、項目、單位與格式上之聯貫性外，在環境基礎條件類似，但設定之環境或其他機能不同時，亦應思考由於設定目標之不同，產生效益評估上的差異；因此個案間之監測資料分析，除在環境條件之比對上研究其差異性，亦需要思考設置生態水池之多元預期效益間的輕重緩急。

3.監測資料運用

監測資料之連續性與完整性以及個案間資料的互通性，可擴

大資料的運用價值，制訂規劃設計準則，效果將更為顯著；唯在資料未能及時擴充與連結前，仍可藉由環境因素之交叉分析，逐步釐清單一環境影響因素之作用。

三、維護管理原則

在自然生態系統中，天然水池屬於生態演替之過度環境，在自然演替下常因環境之變遷而自然陸化或消失；而人工之生態水池如要長期維持其景觀生態功能，則需要進行維護管理工作。因此，針對生態水池之經營管理，提出下列原則供日後管理單位參考。

(一) 組織及人力

1.維護人力

(1) 生態水池在純自然狀態下不需要任何的維護人力，若是人為控制或仿自然的生態水池，就需要經常性的維護人力，去除過度繁衍的動植物以及必要性的清除底泥、腐質物等。此維護管理工作必須是持續性的，也需要長期的維護經費支持，一旦經費短缺可能造成水池管理維護停止。

(2) 應有專門之維護管理組織或人員，並擬定管理維護計畫，長期參與生態景觀水池之管理維護，必要時應邀請專家提供意見及作法。

2.維護頻率

(1) 適時的人為介入可減少維護管理成本，而管理頻率隨水池的條件而有所差異，通常在穩定生態系統的水池，維護管理的頻率次數可降低，建議以一個星期維護一次為最佳狀況，此外民眾參與的程度越高，可降低維護管理成本，減少惡意破壞行為。

(2) 生態水池周邊之使用，應有明確之利用規劃，例如教學、

生態觀察、休憩、展示、物種蒐集保存或攝影等，否則很容易變成一個使用率偏低的狀態。

(二) 水質管理

1.控制水量

考慮乾濕季節變動，調整水位高低，維持水池出流量及進流量之平衡，必要時可設置閘門。

2.水質監測

常態性水質監測計畫(約一個月一次)，至少須持續二年。颱風、豪大雨過後需立即進行監測，瞭解洪水對生態水池之影響。

3.維持水源清潔

定期(約 3~5 年)清除水中底部沉積物。水體濁度過高，缺乏日照，會不利於沉水植物生長。

4.控制水質 pH 值

大部份水生植物屬於「嫌鈣水生植物」以及「酸性水生植物」，故水質之 pH 值應盡量為弱酸性或中性狀態。此外池中之亞硝酸及氨，過量將導致水中魚類死亡，故需定期加以檢測之；另可藉池水中的微生物分解，去除此兩種有害化學物質。

5.水源及水量應設法使其清潔與穩定。

6.水生植物繁殖極快，可充分利用機關、學校或社團交換等方式，相互支援，可節省植栽購買費用。

7.定期清除水面漂浮物及異流排水口雜物。

(三) 池岸及土壤管理

1.水岸管理

可進行一年兩次至三次的除草工作，主要是針對禾本科生長強勢的種類，如李氏禾及兩耳草，以免影響其他植物的生長。

2.枯枝落葉的處理

過多的枯枝落葉會影響水質變化，可做適度的修除，但仍須保留部份做為水生動物之隱藏或棲息場所。

3.水池池岸之土壤應避免被沖刷而流失，應修復水池周圍崩塌處。

4.池底亦應有足夠之土層，除可供植物生長以及動物躲藏之外，亦可提供水中微生物棲息繁衍。此外，池底亦應保持多樣化質地，包含土壤及大小不一的石塊，營造多樣化之環境以供更多生物棲息。

(四) 生物之管理

1.如種植外來植物，應侷限於特定區域，避免其擴大蔓延；如發現其擴大蔓延或非規畫引入之外來植物，應立即移除，維持水中生態平衡。

2.池中及岸邊植物，視其生長及競爭情形隨時做分次分區整理，以維持多樣化之水池生態性。

3.定期監測並移除外來物種，並且嚴禁放生。外來入侵種動物如福壽螺、吳郭魚及螯蝦等動物，均會破壞池內之水生植物，應隨時避免其入侵，如發現有入侵情形，應予以移除。



圖 5-7 清除水草情形

第六章　生態水池解說教育

一、生態水池相關名詞釋義

生態水池(Ecological pond)係指依水池周邊區域水文及氣候等構成條件，規劃適宜之水域面積、合理水深、適當形狀、不透水底質、自然平緩的邊坡、純淨水源，並與當地植物構成多樣性之棲地環境，以提供動物生存的空間，並藉由適宜的經營管理協助維持動態生態系的水池。其相關名詞釋義如下。

(一) 水文部分

1.水文循環 (hydrologic cycle)

地球上的水藉由陽光的熱能所產生的蒸發作用，轉換成水氣傳送到大氣層中，大氣層中的水氣再經由凝結（雲、霧）與降水（雨、雪）的形式回到地表，最後經由河流或地下水的途徑匯入海洋，形成一個永續的循環，稱為水循環。一個水分子由大海中蒸發進入大氣層中，再落回地面，流入海洋，完成一個循環大約需要九天（實際所需的時間要看水分子經過的路徑而定）。

2.逕流(runoff)

到達地面之降水(precipitation)，其中一部分在地表面或地下流動至農塘河道、湖泊或海洋之行為，稱為逕流。其中降水在地表面流動之部分稱為地表逕流(surface runoff)，而在地表下流動之部分稱為地下逕流(subsurface runoff)，一般若未特別註明，逕流所指通常為地表逕流。

3.漫地流 (overland flow)

漫地流又稱地表逕流，係流經地表的流水，通常發生於地表入滲速率較小的地區，發生時機則以降雨強度大於地表入滲容量時為最常見。水分以漫地流的方式可流至集水區出口，而成為溪

河、水池直接逕流的主要部分，尤以淺山丘陵地區最為顯著。

4. 入滲 (infiltration)

入滲係指水分自地表面進入土壤之現象或作用；而滲漏則指土壤中之水分，特別是大孔隙存在之土層中，水分得以靠重力而向下移動之作用現象。

5. 地下水位 (groundwater table)

地下水係指在地表以下至不透水層以上所儲蓄或流動的水稱之，而區隔飽和含水層與不飽和層之界面，稱為地下水位或地下水面。

6. 保水性 (water retentivity)

指土壤水分保持能力的持性。土壤的保水性受土壤孔隙構造影響，以 pF－水分曲線表示。土壤中水分由粒子表面的吸著力（表面保水）以及粒子周圍的毛細管力（間隙保水）來保水。土壤孔隙徑愈小，保水力愈大，而大孔隙則可排除重力水。以植物生長而言，土壤應兼有保水性及排水性。

(二) 水質部分

1. 水質 (water quality)

人類日常利用的水，直接或間接地取自河川、湖泊與地下水。這些人類能利用的水的性質，決定的用途。水的性質可分為物理、化學與生物性。物理性質一般是指溫度、固體物量及溶解的氣體；化學性質包括導電度、酸鹼性、化學需氧量、溶解鹽類及營養鹽；生物性質指含微生物種類與數量。而這些性質並非獨立存在，而是相互影響下呈現水的性質。

2. 化學需氧量 (chemical oxygen demand, COD)

水中化學需氧量指水中有機物氧化成 CO_2 及 H_2O 時所需的總需氧量。COD 試驗被廣泛地用於工業廢水分析，尤其在調查測定及控制廢水流入到水池水域或下水道系統上更具價值。

3. 生物需氧量 (biological oxygen demand, BOD)

以喜氣性細菌氧化分解水中之有機物，其所需消耗之氧氣量表示之，用以判定水質汙染程度。係指於一定時間內，在一定的溫度下，有機物因受微生物的作用而氧化，所消耗的氧量。通常以 20℃下培養 5 日之 BOD，即 BOD 表示廢水有機污染程度，單位為毫克/升。

4. 氮循環(nitrogen cycle)

經過分解的無機物，必須轉換為另一種可供利用的形式，如大多數植物只能從硝酸鹽中得到所需要的氮，所以蛋白質經分解產生的氮或氨鹽就必須氧化成亞硝酸鹽進並轉換成硝酸鹽。

5. 水污染 (water pollution)

指水因物質、生物或能量之介入，而變更品質，致影響其正常用途或危害國民健康及生活環境。水體在自然狀態中，有一定的空氣溶解到水中，為支持水中生物呼吸的主要來源，其中最重要的指數是溶解氧(DO)，外來物質進入水體後，可以被微生物分解，被溶解氧氧化，這都要消耗一定的溶解氧，這叫做水體的「自淨能力」，如果外來物質太多，溶解氧被完全消耗，就是超過了水體的自淨能力，水中生物會因缺氧窒息死亡，或中毒，這就是污染狀態。水中的污染物通常可分為三大類，即生物性、物理性和化學性污染物。生物性污染物包括細菌、病毒和寄生蟲。到目前為止，有關致病細菌和寄生蟲的研究較多，且已有較好的滅活方法。但對致病病毒的研究尚不夠充分，也沒有公認的病毒滅活要求標準。物理性污染物包括懸浮物、熱污染和放射性污染。其

中放射性污染危害最大，但一般存在於局部地區。化學性污染物包括有機和無機化合物。隨著痕量分析技術的發展，至今從源水中檢出的化學性污染物已達 2500 種以上。

(三) 工程部分

1. 生態島(ecological island)

生態島係泛指在水域中構築，可達到生態保育、棲地復育功能之小型島嶼，本手冊中生態島與生態浮島皆屬之。

2. 生態浮島

主要係指設置浮台供植物生長，植物之根系則仍深入水中吸收水中之養分(即污染物)，以達淨化水質之目的，其去除水中污染物之原理與浮水性植物表面流式之人工濕地相似。此外，也可提供池中兩棲類動物棲息場所。

3. 農塘(farming pond)

一般係指築堤式蓄水農塘。在低窪地區或溪流選擇適當地點，構築堤壩攔蓄地表逕流，提供農業等用水之設施。其目的在於提供人畜日常用水以及灌溉、養殖、病蟲害防除用水，提供休閒、遊憩場所，並且改進週邊生態環境及美化景觀。

4. 開挖式農塘(hole type pond)

於平地以挖方之方法建置一低窪地，以方便儲水，提供人畜日常用水、灌溉、養殖等用途之埤塘。

5. 涵管 (culvert)

為埋設於地下之排水管路，亦可作為灌溉管路使用。涵管與暗渠或橫向排水孔最大不同在於其本身並無收集地下滲流水之功能，此等構造物主要係將地表排水系統或地下排水系統所排出

之水量，為引導至主要排水溝渠或河川過程中，可能必須通過道路或其他設施，而無法由地面構築溝渠；或受地形限制必須使地表排水路轉入地下時，所構築之地下排水管路。

6. 暗渠(underdrain)

指埋設於地下之排水管路，主要功能乃在收集地表滲入土中之入滲水或土層中之滲流水，使之沿管路得以迅速排出，避免土壤含水太高或地下水位迅速升高。為使土壤中水分得以進入暗渠中，因此暗渠設計通常必須選擇透水性較佳材料，以使土壤中水分能快速滲入暗渠中。

(四) 景觀生態部分

1. 生態指標 (ecological indicators)

物化環境因子可控制生物之出現或成活，故某一生物之存在，對物化環境即具有指示作用，此等生物可稱之為生態指標或指標生物。

2. 濕性演替 (hydrarch succession)

或稱濕生演替。新生地之含水量，變化極大，視其形成原因而異，如為濕地、水池之淤積或洪水平原之浮現，則在開始時，土壤含水量常達飽和，在湖水和河水未完全消失前，即有水生植物出現而開始演替之過程。此種由水面開始之演替，稱為濕性演替。

3. 廊道 (corridor)

指景觀中與相鄰兩邊環境不同之線性或帶狀結構，例如河流、道路、防風林帶等。廊道之功能包括棲地(habitat)、通導(conduit)、過濾(filter)、供給源(source)及儲積(sink)。

4. 景觀結構 (landscape structure)

係指一種空間分布的型態、景觀元素之空間排列情形，或為不同生態系統的空間關係，更準確地說，就是構成生態系統的大小、形狀、數量、類型及相關的能量、物質和物種的分布。

5. 棲地 (habitat)

指動植物個體、族群、群落生活之環境區域或生育場所。一般泛指物種能於該地區生長、捕食、繁衍的適當環境或相對應的空間單位。崩積地、礫石灘地、挖方坡面等微地形等亦屬棲地種類，其表層土壤或植生基地也是植物棲地要素之一。

6. 草澤 (marsh)

河川水域受到中上游集水區水源與挾帶土石匯流於下游河段，部分寬廣河域形成沼澤濕地與浮覆地，沼澤濕地與水域因水流較緩，有些因泥砂淤積自成封閉的壺洞(pothole)，親水性植物或水生植物便慢慢移殖至此形成族群，而產生濕地生態體系。並提供內陸水域動植物不同的生育環境。在此生長的植物也扮演重要的角色，例如緩衝水流強度、減少對河岸沖刷、穩固土壤與保護野生物。草澤主要之植物以禾本科、蓼科、莎草科植物為主，包括開卡蘆、蘆葦、鋪地黍、水燭等。

7. 林澤 (swamp)

又稱沼澤林。其以木本植物佔優勢的濕地，台灣地區之林澤以紅樹林最具代表性。

8. 濕地 (wetland)

「濕地」一詞源自英文 wetland，是由「wet」(潮濕)和「land」(土地)兩詞所組成。濕地自成一個生態系統，位於陸地生態系統（如森林或草原）與水生生態系統（如海洋或河流）之間的過渡帶(ecotone)。

狹義的濕地定義是陸地與水域之間的過渡地帶；廣義的定義則是把地球上除了海洋(水深 6 公尺以上)外的所有水體都當作濕地。如國際濕地公約（Ramsar, 1971）對濕地的定義為：凡是包含草澤(marsh)、林澤(swamp)、泥澤或水域等，不論是自然或是人為、暫時或是永久、其水體是否流動、是否有鹽分，甚至海水深度在潮位時不深過 6 公尺之地區。

9. 食物網 (food web)

指生態系內各生物族群能量流動或食物鏈傳遞路徑之現象。在食物鏈中，各級生物死後經腐化變為細菌之食物或植物製造食物之原料，故不同食物鏈可組合成食物環，很多食物環交叉重疊而形成食物網。通常生態系內食物網越複雜則生態系越安定。

10. 食物鏈 (food chain)

地球上的能源直接或間接依靠日光供給，綠色植物可轉變日光能成化學能，而植物可為動物所食用，草食性動物可供肉食性動物所食用，於是基於營養的關係而將環境中的各種生物聯繫起來，成為食物鏈。食物鏈即生物利用原始能源，產生能量的傳遞過程。越簡單越不安定。

11. 濱水帶 (riparian zone)

濱水帶為陸域及水域間的過渡地區，常指河岸區域一條具有生命力的綠帶，由不同植物組成，連接了乾燥高灘地與濕潤的水域，並且控制兩者間的水分、沉澱物與有機營養物的傳遞。發展完整的河溪具有茂盛且歧異的帶狀濱水帶，細小的間歇流則具有狹長細小的線狀濱水帶，隨著流域的範圍、季節的變化以及植生演替邊遷的過程，影響的範圍亦有顯著的差異。圈外有關濱水帶範圍因地而異，在歐洲國家常為距河岸 3-200 公尺之範圍。

12. 喜水植物 (phreatophyte)

又稱嗜水植物。一般陸生植物之水分供應主要依靠地表附近土壤層中之所謂土壤含水量(soil water)，亦即植物根系吸收在土粒間隙之水分，以供植物生理作用之需。但有些植物根系可以伸展至地下含水飽和帶或毛細管水作用之邊緣，以直接獲取充足水分供應，滿足其生理作用之需，這種需水性甚高植物即稱為嗜水植物。

13. 水生植物（hydrophyte, aquatic plant）

水生植物顧名思義是以水為生存及生長媒介之植物。狹義上是指植物的生活史必須在有水環境下完成，亦即該植物一生都必須生活在水中，且能長出適應水域生長之根系與葉片型態構造。廣義上則包括生活史上有一時期生長於水中或生長於飽和含水量之土壤上之濕生植物。這類型水生植物不見得要生長於有水環境中，但最少供其生長之土壤必須是在潮濕狀態下或是土壤飽和含水量必須維持在水生植物可以生存的最低限度上。目前較為人所接受的水生植物定義，包含了下列數種型態的植物：

(1) 終其一生都是生活在水面下，並且可以順利完成其完整生活史的植物。如：金魚藻、水蘊草等。

(2) 根系及葉面皆漂浮在水面上生活並且能自然繁衍的植物。如：青萍、槐葉萍等。

(3) 至少有部分的莖、葉是必須完全依附水的條件或可以適應完全的水生環境而生活的植物。如：苦草等。

(4) 在生活史的某一時段是必須生活在絕對潮濕的土壤或是水中的植物。如：水燭等。

(5) 根系可以完全適應水中環境且莖葉能自然生長的植物。如：南國田字草、蓴等。

14. 外來種 (exotic species)

當人類活動日益頻繁且跨越天然地理屏障，海空陸交通便利，許多生物經由人類活動行為（農業或貿易行為引入偷渡、具娛樂及觀賞價值、生物防治、科學研究所需、原來棲地改變等），刻意或不經意被攜至原產地以外的其他地方，此些生物稱之為外來種生物。據國際自然及自然資源保育聯盟(International Union for the Conservation of Natural and Natural Resources, IUCN)於2000 年公布之定義為：「一物種、亞種乃至於更低分類群，並包含該物種可能存活與繁殖的任何一部分，出現於自然分布區域及可擴散範圍之外」。外來種的影響可分經濟與生態部分，在生態方面難以估計損失，且影響層面廣，需耗費極大人力及金錢彌補防治，亦會間接影響經濟部分。

15. 原生植物 (native plants)

指存在於自然分布區域內之物種，或稱為本地植物 (native plants)，本地植物在內涵上略有較小自然分布區域之情形。有時亦稱為鄉土植物，但鄉土植物之定義較不嚴謹，故較不使用。如台灣二葉松、烏心石、山鹽青、月桃、草海桐等。本地植物如僅分布於台灣地區，稱為台灣特有植物。如台灣欒樹、山芙蓉、台灣海棗、台灣澤蘭等。

16. 紅樹林 (mangrove)

係指生長於河海交會口，經常蔚成密林的紅樹屬植物，以及相關棲息於該密林內各種生物所構成的特殊生態系統。台灣常見的紅樹林植物有水筆子、海茄苳、欖李與五梨跤等，而棲息的生物以招潮蟹與彈塗魚為代表。另伴紅樹林植物則指能於潮間帶生長，也可以在陸地非鹽土上生長的兩棲性木本植物，常見的有黃槿，台灣海桐，水黃皮，海檬果等。

二、解說牌設置及設計

解說標誌為生態旅遊、解說教育之重要設施，其深入園區，提供遊客自導式旅遊、深入瞭解環境之重要工具，也是宣導設施功能、自然生態、人文資源重要又直接的方式，其形式、造型需為全區系統化處理，並以簡潔及機能需求為原則。

(一) 基地解說教育系統設計要點

確認保存濕地或人工輔助建構生態水池的需求，並規劃通行設施及解說計畫，幫助大眾親近與了解水池、濕地。在解說教育系統設計時應考慮下列事項：

1.基地屬性與基地評估

基地地圖應標示未來結合解說步道系統的特殊生態及人文重要地區、環境敏感區以及適合解說設施區域的步道網路。

2.可及性

審慎地配置步徑、瞭望塔、野生生物觀察遮蔽和平台、停車場和木棧道，可以帶領人們親近水域濕地。

3.解說牌

使用圖示配合上文字的解說牌，可以有效的連接人與濕地間的互動。在資金有限的條件下，步徑地圖可標出最顯著的特徵，相當於遍佈濕地內為數有限的指示牌。

4.解說資料

將水池、濕地的資訊利用小冊子、報告、幻燈片、影片、模型或是藉由學校的課程和旅遊指南，幫助大眾瞭解濕地規劃的目標。

(二) 解說牌之設置與設計原則

1.設置原則

解說牌在設置時需具備整體系統計畫，版面內容需結合生態、動植物、歷史、文化、美學等專業資料，確認解說標的、設置方位及版面角度，並與周圍環境整體設計。其主要設置原則如下：

(1) 系統化

全區牌誌應力求系統化，減少不必要之差異性。包括材質、型式、尺寸皆應先有整體系統規劃。

(2) 減量設計原則

不要為設牌誌而做牌誌，應考量整體牌誌與整體解說服務系統的協調做最合理的分配。且儘量與欄杆扶手、圍籬共構，降低量體與材質之複雜性。

(3) 配合環境

配合解說目的，解說牌誌設計應充分利用環境優點如景點、歷史文化、自然資源等。材質應考量與整體環境景觀的協調。選定位置時，應留意與參觀動線及遊客觀賞位置之關係。

(4)配置方位與維護管理

除解說牌誌本體之外，尚包括供短暫停留之空間、步道系統等相關輔助設施，需整體考量，各輔助設施單元間之尺度大小、協調性及結合度，以提供完善之解說功能。而牌誌系統建立後應考量區域環境特性與後續的更換維修。

2.設計原則

(1) 文字及形式設計重點

解說牌在設置時應採用能引起遊客注意之設計手法，如明

顯易見的版面設計，運用讓人立即產生聯想甚至令人感動或震憾的標題，並能切中主題，做生動扼要的說明，配合周邊環境限制選擇適當的材質、尺寸、型式，使解說標的能完整且長期地表達出來；再針對珍貴及稀有之景物解說方面，解說牌應與解說務有適度之距離或阻隔，以減少破壞。

(2) 基座設計重點

基座之設計形式、尺度、材質應配合現地環境，避免誇張造型。設施設置地點以距觀賞者 60～120 公分之間為最佳視距範圍為；解說牌亦可設置於草皮上，唯其內容及字體應考量以易讀簡單為原則。解說牌可呈 30°或 45°設置，提供較為舒適之閱讀角度。而牌面寬度(W)與設置距離之關係如下(圖 6-1)：

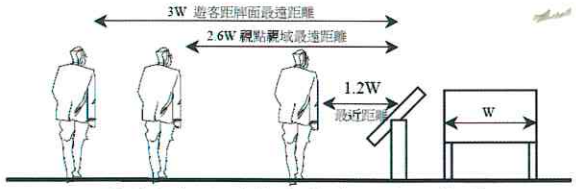


圖 6-1 解說牌與觀賞者位置示意圖

(資料來源：2003，國家公園設施規劃設計規範及案例彙編)

表 6-1 美國國家公園解說牌系統規格表

形式	低層型			直立型			
	懸桁式	傳統式	單框式	單板式	佈告式	群集式	涼亭式
版面大小							
90W×60h	◎	◎	◎				
105W×60h	◎	◎	◎				
90W×120h				◎	◎	◎	◎
60W×60h	◎	◎	◎				
15W×28h	◎	◎	◎				
版面角度							
30°	◎	◎	◎				
45°	◎		◎				
無特別設定角度				◎	◎	◎	◎
基座顏色							
棕灰色	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
深棕色	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
固定方式							
固定於地面上	◎	◎		◎	◎	◎	◎
錨釘於岩石上	◎	◎		◎	◎	◎	◎
石構造	◎	◎	◎				
固定於欄杆上			◎				
可移動式	◎	◎					
插座式	◎	◎		◎	◎	◎	◎
固定於牆面			◎	◎	◎		

(資料來源：修改自 2003，國家公園設施規劃設計規範及案例彙編))



圖 6-2 解說牌設置實例

三、步道設置及設計

(一) 步道設計原則

1.坡度愈陡(>15%)，步道寬度應儘可能縮減，避免逕流集中沖蝕以及工程造價與爾後維護費用之提高。

2.坡度愈陡，步道長度應儘可能縮短，並評估可能改道的替代方案。

3.木棧道或橋樑應儘可能應用在水池、濕地、排水路、溪流及其他有必要設置之環境敏感地帶。

4.當步道出現嚴重或明顯之干擾性破壞而無法以自然或植生處理時，應採取強制或主動性的補救措施。

5.原草皮或植生之步道，一旦出現地表土壤裸露之情形，即應採取管制及補救措施來穩固土壤流失，並提供自然復育機會。

6.步道應避免逕流水於路面縱向流動，應儘可能利用兩側排水淺溝將步道地表逕流排除，並考慮水流動能與步道坡度，每隔適當距離施作橫向排水。橫向排水應注意出水口處邊坡處理及消能。

7.步道在設計時常見未實際測量步道坡度而導致高估或低估坡度之現象，或未確切掌握排水方向或水流方向，使步道下方土壤流失，造成不穩。

8.使用木製階梯或木棧道時，木料的選擇錯誤亦或不當之維護管理，導致使用年限不如預期等。

(二) 步道設計(濕軟處)應注意事項

1. 周邊區域排水檢討，找出造成排水沖刷或積水原因。

2.避免使用含有有機質(如枯枝、腐草樹葉)、淤泥、黏土等作為步道回填材料。

3.儘可能使用碎石或破碎岩層混合土壤等加強土壤本身承受力，同時讓多餘水分透過土壤團粒空隙排除。

4.地工材料的輔助使用

(1) 土壤基質改良或挖除不適合土方(泥土、泥炭土等)。

(2) 利用塊石空隙或排水軟管加速積水排除。

(3) 地工材料配合原木樁、疏伐材等使用

(4) 加勁格網配合排水良好的土壤團粒化材料或透水性材料。

(三) 步道設計(轉彎處)應注意事項

步道轉彎處，無論變換方向往上爬坡或往下坡，都將造成該處土壤特別容易受到沖蝕、擾動，而造成嚴重地表沖蝕現象。

一般而言，步道超過7~12%坡度，常會造成沖蝕現象，其改善建議如下：

1.利用平台做為轉換空間，亦即儘可能加大上下坡的緩衝空間，並以中央為最高點向四方做洩水坡度，以避免逕流帶走鬆動泥土。

2.上坡道接近平台處(約 7.5 公尺範圍)的坡度應小於 5~10%，同時應於步道上做向外洩水坡度約 5%，將水排出步道。

3.下坡道處通常須要有擋土設施(乾砌塊石、格柵木樁、地工材料)保護。如屬土壤較為鬆動需適當加以夯實。步道本身洩水坡度約 5%，往外側排水至下邊坡。

4.佈置適當的阻擋設施物或植栽以避免造成更嚴重的沖蝕。

5.鋪面採用塊礫石、碎石土壤或原木橫格，以減緩人行速度而減輕對步道面的衝擊。

(四) 步道周邊植栽設計

在進行步道植栽設計時，需先與有經驗的設計者或相關植物生態專家進行諮詢與現地調查，以不破壞當地生態為優先考量，選用適合該地點之原生植栽種子或樹苗進行植生。而開發區域兩旁已生長或馴化之灌木、地被乃至草種(莖)及地表壤土、腐葉等可做適當收集及貯藏可用為植生之肥料。施工後需嚴密監控(新)開發區域的復育情形與沖蝕控制。

(五) 步道表面材料選擇

步道表面之材料選擇需針對所要提供的目標及使用者類型、預算及維護費用之限制、步道所在位置的地形環境特性等條件進行篩選使用。



圖 6-3 步道配置實景

參考文獻

1. 中部科學工業園區開發籌備處，2006，探索滯洪池-中科水土保持解說手冊，中華水土保持學會。
2. 內政部營建署，2005，生態水池研究案，內政部營建署委託研究報告。
3. 內政部營建署，2006，營造台灣生態水池調查評估與規劃設計操作手冊，內政部營建署編印。
4. 石栢岡，2006，人工浮島水生植物交互作用對水質淨化之影響，國立台灣大學生物環境系統工程學研究所碩士論文。
5. 行政院公共工程委員會，2004~2005，生態工法材料使用、評估及替代材料開發之研究。委託研究計劃成果報告，中華民國環境綠化協會。
6. 行政院農委會水土保持局，2003，野溪生態調查及棲地改善模式之建置。委託研究計畫成果報告，國立中興大學。
7. 行政院農業委員會水土保持局，2004，集水區生態資源調查手冊。
8. 行政院農業委員會水土保持局，2006，生態工程設計圖說手冊暨案例彙編，委託研究計畫成果報告，國立中興大學。
9. 行政院農業委員會水土保持局，2006，農村簡易污水生態淨化池圖冊編製，研究計畫成果報告。
10. 行政院農業委員會水土保持局，2007，水生植物手冊，水土保持植物解說系列(二)。
11. 行政院農業委員會林務局，2007，以木構造辦理國有林地治理工程之研究。委託研究計畫成果報告，中華民國環境綠化協會。
12. 行政院農業委員會林務局，2007，國有林生態工法之研究。委託研究計畫成果報告，蘭陽技術學院。
13. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心，2003，青青河畔--桃米里常見植物 100 選(一)，財團法人新故鄉文教基金會。
14. 李蕙宇，2001，生態園之水棲生物之棲地營造，國立台灣大學園藝所碩士論文。
15. 林信輝、張俊彥，2005，景觀生態與植生工程規劃設計，明文書局。
16. 林信輝主編，2003，台灣地區自然生態工法個案圖說彙編，行政院農業委員會、中國環境綠化協會編印。
17. 林信輝主編，2004，水土保持植生工程，高立書局。

18. 林信輝主編，2006，水庫濱水帶植物，經濟部水利署編印。
19. 林春吉(編著)，2005，台灣的水生與濕地植物，綠世界出版社。
20. 林瑩峰、荊樹人編著，2004，人工濕地生態工法在水污染防治上的應用及案例，2004 生態工法案例編選集，P.419-498，行政院公共工程委員會。
21. 林鎮洋、陳彥璋、吳明聖(編著)，2004，河溪生態工法。明文書局。
22. 邱文彥編著，2004，人工濕地及其景觀生態之應用，2004 生態工法案例編選集，P.389-418，行政院公共工程委員會。
23. 侯錦雄、陳宏宇、林文毅編著，2005，農村水環境的景觀復育與生態設計，中華水土保持學報 36(4):401-412。
24. 張文賢編著，2005，建立人工濕地設置與操作作業程序技術之研究，行政院公共工程委員會專案研究計畫成果報告。
25. 張明雄編著，2001，淡水魚類資源調查方法與技術，野生動物資源調查手冊(pp.87-117)，行政院農業委員會特有生物研究保育中心。
26. 張俊彥、洪佳君、曾心嫻 譯，2001，景觀建築及土地使用計畫之景觀生態原則(Dramstad, W. E., Olson, J. D., and Forman,T. T.原著)，地景企業股份有限公司。
27. 張尊國、陳江河，2004，生態工法設計之初探，河川運用生態工法提昇水質之效益評估研討會，台灣大學生物環境系統工程學系。
28. 陳意昌、孫明德、劉昌文，2005，以生態自然淨化處理農村污水之探討，水土保持研究，12(4)：200-210。
29. 彭國棟編著，2008，自然保育概論-生物多樣性及物種保育，華立書局。
30. 游進益，2006，河川水質淨化現地處理工法理論與實務，河川污染整治規劃及執行訓練班講義，行政院環境保護署。
31. 黃智峰，2005，水生植物在人工濕地淨化作用之探討，國立台灣大學生物環境系統工程學研究所碩士論文。
32. 蔡仁惠，2000，水生態廊道—忠孝東路台北科大案例，生態工法理論與實務研討會論文集，經濟部水資源局。
33. France, R. L., 2002. Wetland design: Principles France, R. L., 2002. Wetland design: Principles and practices for landscape architects and land-use planners, New York-London: W. W. Norton.
34. Hammer, D. A. (Ed.) 1989. Constructed Wetlands for Wastewater Michigan. U.S.Treatment: Municipal, Industrial, and Agricultural.

Lewis Publishers,

網路資料

1. http://bbs.dhps.tp.edu.tw/~93001/photo_seven/page_01.htm
2. http://www.wiko.com.tw/ponds/CKU.htm
3. http://x4.net.vnu.edu.tw/~tbgweb/cgi-bin/leobbs.cgi
4. http://myweb.hinet.net/home6/cote
5. http://www.wretch.cc/album/uca&page=2
6. http://myweb.hinet.net/home15/mountainbird/959.htm
7. http://myweb.hinet.net/home15/mountainbird/949.htm
8. http://bearbearsimon.spaces.live.com/photos/
9. http://www.epa.gov/owow/wetlands/construct/Lakeland
10. 環境保護署網站，http://www.epa.gov.tw。

附錄一 生態水池常見動物名錄

一、生態水池常見哺乳動物名錄

目	科	中文名	學名
齧齒目 RODENTIA			
	松鼠科 Sciuridae		
		赤腹松鼠	*Callosciurus erythraeus*
	鼠科 Muridae		
		田鼷鼠	*Mus caroli*
食蟲目 INSECTIVORA			
	鼴鼠科 Talpidae		
		鼴鼠	*Mogera insularis*
翼手目 CHIROPTERA			
	蝙蝠科 Vespertilionidae		
		摺翅蝠	*Miniopterus schreibersii fuliginosus*
		東亞家蝠	*Pipistrellus abramus*
		高頭蝠	*Scotophilus kuhlii*

二、生態水池常見鳥類名錄

目	科	中文名	學名
鸊鷉目 PODICIPEDIFORMES			
	鸊鷉科 Podicipedidae		
		小鸊鷉	*Podiceps ruficollis*
鸛形目 CICONIIFORMERS			
	鷺科 Ardeidae		
		黃小鷺	*Ixobrychus sinensis*
		栗小鷺	*Ixobrychus cinnamomeus*
		夜鷺	*Nycticorax nycticorax*
		黃頭鷺	*Bubulcus ibis*
		小白鷺	*Egretta garzetta*
雁形目 ANSERIFORMES			
	雁鴨科 Anatidae		
		小水鴨	*Anas crecca*
鶴形目 GRUIFORMES			
	三趾鶉科 Turnicidae		
		棕三趾鶉	*Turnix suscitator*
	秧雞科 Rallidae		

		白腹秧雞	*Amaurornis phoenicurus*
		紅冠水雞	*Gallinula chloropus*
鴴形目 CHARADRIFORMES			
	彩鷸科 Rostratulidae		
		彩鷸	*Rostratula benghalensis*
	反嘴鴴科 Recurvirostridae		
		高蹺鴴	*Himantopus himantopus*
	鴴科 Charadriidae		
		小環頸鴴	*Charadrius dubius*
	鷸科 Scolopacidae		
		田鷸	*Gallinago gallinago*
		青足鷸	*Tringa nebularia*
		白腰草鷸	*Tringa ochropus*
		鷹斑鷸	*Tringa glareola*
		磯鷸	*Actitis hypoleucos*
鴿形目 COLUMBIFORMES			
	鳩鴿科 Columbidae		
		金背鳩	*Streptopelia orientalis*
		紅鳩	*Streptopelia tranquebarica*
		斑頸鳩	*Streptopelia chinensis*
鵑形目 CUCULIFORMES			
	杜鵑科 Cuculidae		
		番鵑	*Centropus bengalensis*
佛法僧目 CORACIIFORMES			
	翠鳥科 Alcedinidae		
		翠鳥	*Alcedo atthis*
雀形目 PASSERIFORMES			
	燕科 Hirundinidae		
		棕沙燕	*Riparia paludicola*
		家燕	*Hirundo rustica*
		洋燕	*Hirundo tahitica*
		赤腰燕	*Cecropis striolata*
	鶺鴒科 Motacillidae		
		黃鶺鴒	*Motacilla flava*
		灰鶺鴒	*Motacilla cinerea*

		白鶺鴒	*Motacilla alba*
	鶇科 Pycnonotidae		
		白頭翁	*Pycnonotus sinensis*
		紅嘴黑鵯	*Hypsipetes madagascariensis*
	扇尾鶯科 Cisticolidae		
		棕扇尾鶯	*Cisticola juncidis*
		黃頭扇尾鶯	*Cisticola exilis*
		灰頭鷦鶯	*Prinia flaviventris*
		褐頭鷦鶯	*Prinia subflava*
	王鶲科 Monarchidae		
		黑枕藍鶲	*Hypothymis azurea*
	畫眉科 Timaliidae		
		小彎嘴	*Pomatorhinus ruficollis*
		山紅頭	*Stachyris ruficeps*
		台灣畫眉	*Garrulax canorus*
		繡眼畫眉	*Alcippe morrisonia*
	鸚嘴科 Paradoxornithidae		
		粉紅鸚嘴	*Paradoxornis webbianus*
	繡眼科 Zosteropidae		
		綠繡眼	*Zosterops japonica*
	伯勞科 Laniidae		
		紅尾伯勞	*Lanius cristatus*
	卷尾科 Dicruridae		
		大卷尾	*Dicrurus macrocercus*
	鴉科 Corvidae		
		樹鵲	*Dendrocitta formosae*
	八哥科 Sturnidae		
		白尾八哥	*Acridotheres javanicus*
	梅花雀科 Estrildidae		
		白腰文鳥	*Lonchura striata*
		斑文鳥	*Lonchura punctulata*
	巫鳥科 Emberizidae		
		黑臉巫鳥	*Emberiza spodocephala*
	文鳥科 Ploceidae		
		麻雀	*Passer montanus*

三、生態池常見爬蟲類動物名錄

目	科	中文名	學名
龜鱉目 CHELONIA			
	河龜科 Bataguridae		
		斑龜	*Ocadia sinensis*
	澤龜科 Emydidae		
		紅耳泥龜	*Trachemys scripta elegans*
有鱗目 SQUAMATA			
	飛蜥科 Agamidae		
		黃口攀蜥	*Japalura polygonata xanthostoma*
		斯文豪氏攀蜥	*Japalura swinhonis*
	正蜥科 Lacertidae		
		台灣草蜥	*Takydromus formosanus*
		蓬萊草蜥	*Takydromus stejnegeri*
	石龍子科 Scincidae		
		台灣中國石龍子	*Eumeces chinensis formosensis*
		麗紋石龍子	*Eumences elegans*
		印度蜓蜥	*Sphenomorphus indicus*
	黃頷蛇科 Colubridae		
		花浪蛇	*Amphiesma stolatum*
		紅斑蛇	*Dinodon rufozonatum*
		臭青公	*Elaphe carinata*
		草花蛇	*Xenochrophis piscator*
	蝮蛇科 Viperidae		
		赤尾青竹絲	*Trimeresurus stejnegeri stejnegeri*

四、生態池常見兩棲類動物名錄

目	科	中文名	學名
無尾目 ANURA			
	蟾蜍科 Bufonidae		
		盤古蟾蜍	Bufo bankorensis
		黑眶蟾蜍	Bufo melanostictus
	樹蟾科 Hylidae		
		中國樹蟾	Hyla chinensis
	狹口蛙科 Microhylidae		
		小雨蛙	Microhyla ornata

	赤蛙科 Ranidae		
		腹斑蛙	Rana adenopleura
		貢德氏赤蛙	Rana guentheri
		拉都希氏赤蛙	Rana latouchii
		澤蛙	Rana limnocharis
		虎皮蛙	Rana rugulosa
	樹蛙科 Rhacophoridae		
		面天樹蛙	Chirixalus idiootocus
		白頷樹蛙	Polypedates megacephalus
		莫氏樹蛙	Rhacophorus moltrechti
		台北樹蛙	Rhacophorus taipeianus

五、生態池常見蝴蝶名錄

目	科	中文名	學名
鱗翅目 LEPIDOPTERA			
	弄蝶科 Hesperiidae		
		小黃星弄蝶	*Ampittia dioscorides etura*
		黃星弄蝶	*Ampittia virgata myakei*
		白斑弄蝶	*Isoteinon lamprospilus formosanus*
		寬邊橙斑弄蝶	*Telicota ohara formosana*
		竹橙斑弄蝶	*Telicota bambusae horisha*
		禾弄蝶	*Borbo cinnara*
		尖翅褐弄蝶	*Pelopidas agna*
	鳳蝶科 Papilionidae		
		青鳳蝶	*Graphium sarpedon connectens*
		玉帶鳳蝶	*Papilio polytes polytes*
		黑鳳蝶	*Papilio protenor*
		大鳳蝶	*Papilio memnon heronus*
		翠鳳蝶	*Papilio bianor thrasymedes*
	粉蝶科 Pieridae		
		白粉蝶	*Pieris rapae crucivora*
		緣點白粉蝶	*Pieris canidia*
		纖粉蝶	*Leptosia nina niobe*
		遷粉蝶	*Catopsilia pomona*
		黃蝶	*Eurema hecabe*
		亮色黃蝶	*Eurema blanda arsakia*

		idae	
			Heliophorus ila matsumurae
			Prosotas nora formosana
			Lampides boeticus
		灰蝶	*Zizeeria maha okinawana*
		莧藍灰蝶	*Zizeeria karsandra*
		折列藍灰蝶	*Zizina otis riukuensis*
		迷你藍灰蝶	*Zizula hylax*
		黑星灰蝶	*Megisba malaya sikkima*
		酢硫灰蝶	*Acytolepsis puspa myla*
		細邊琉灰蝶	*Celastrina lavendularis himilcon*
	蛺蝶科 Nymphalidae		
		虎斑蝶	*Danaus genutia*
		金斑蝶	*Danaus chrysippus*
		淡紋青斑蝶	*Tirumala limniace*
		小紋青斑蝶	*Tirumala septentronis*
		絹斑蝶	*Parantica aglea maghaba*
		旖斑蝶	*Ideopsis similis*
		雙標紫斑蝶	*Euploea sylvester swinhoei*
		異紋紫斑蝶	*Euploea mulciber barsine*
		大紫斑蝶	*Euploea phaenareta juvia*
		圓翅紫斑蝶	*Euploea eunice hobsoni*
		小紫斑蝶	*Euploea tulliolus koxinga*
		苧麻珍蝶	*Acraea issoria formosana*
		琺蛺蝶	*Phalanta phalantha*
		黃襟蛺蝶	*Cupha erymanthis*
		眼蛺蝶	*Junonia almana*
		鱗紋眼蛺蝶	*Junonia lemonias aenaria*
		青眼蛺蝶	*Junonia orithya*
		黯眼蛺蝶	*Junonia iphita*
		黃鉤蛺蝶	*Polygonia c-aureum lunulata*
		散紋盛蛺蝶	*Symbrenthia lilaea formosanus*
		雌擬幻蛺蝶	*Hypolimnas misippus*
		幻蛺蝶	*Hypolimnas bolina kezia*
		波蛺蝶	*Ariadne ariadne pallidior*

		豆環蛺蝶	*Neptis hylas lulculenta*
		異紋帶蛺蝶	*Athyma selenophora laeta*
		網絲蛺蝶	*Cyrestis thyodamas formosana*
		密紋波眼蝶	*Ypthima multistriata*
		長紋黛眼蝶	*Lethe europa pavida*
		曲紋黛眼蝶	*Lethe chandica ratnacri*
		褐翅蔭眼蝶	*Neope muirheadi nagasawae*
		稻眉眼蝶	*Mycalesis gotama nanda*
		切翅眉眼蝶	*Mycalesis zonata*
		暮眼蝶	*Melanitis leda*

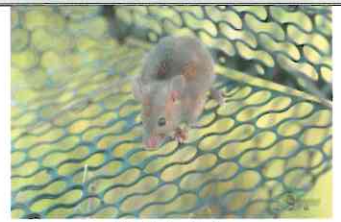
六、生態池常見蜻蜓名錄

目	科	中文名	學名
蜻蛉目 ODONATA			
	細蟌科 Coenagrionidae		
		白粉細蟌	*Agriocnemis femina oryzae*
		橙尾細蟌	*Agriocnemis pygmaea*
		葦笛細蟌	*Paracercion calamorum dyeri*
		昧影細蟌	*Ceriagrion fallax fallax*
		紅腹細蟌	*Ceriagrion auranticum ryukyuanum*
		青紋細蟌	*Ischnura senegalensis*
		瘦面細蟌	*Pseudagrion microcephalum*
		弓背細蟌	*Pseudagrion pilidorsum pilidorsum*
	琵蟌科 Platycnemididae		
		環紋琵蟌	*Copera ciliata*
		脛蹼琵蟌	*Copera marginipes*
	晏蜓科 Aeshnidae		
		麻斑晏蜓	*Anax panybeus*
		綠胸晏蜓	*Anax parthenope julius*
		長鉗晏蜓	*Gynacantha hyalina*
		朱黛晏蜓	*Polycanthagyna erythromelas*
	春蜓科 Gomphidae		
		粗鉤春蜓	*Ictinogomphus rapax*
		細鉤春蜓	*Sinictinogomphus clavatus*
	弓蜓科 Cordullidae		
		慧眼弓蜓	*Epophthalmia elegans*

	蜻蜓科 Libellulidae		
		橙斑蜻蜓	*Brachydiplax chalybea flavovittata*
		廣腹蜻蜓	*Lyriothemis elegantissima*
		金黃蜻蜓	*Orthetrum glaucum*
		呂宋蜻蜓	*Orthetrum luzonicum*
		霜白蜻蜓（中印亞種）	*Orthetrum pruinosum neglectum*
		杜松蜻蜓	*Orthetrum sabina sabina*
		灰黑蜻蜓	*Orthetrum melania*
		鼎脈蜻蜓	*Orthetrum triangulare*
		黃紉蜻蜓	*Pseudothemis zonata*
		善變蜻蜓	*Neurothemis ramburii ramburii*
		褐斑蜻蜓	*Brachythemis contaminata*
		侏儒蜻蜓	*Diplacodes trivialis*
		粗腰蜻蜓	*Acisoma panorpoides panorpoides*
		猩紅蜻蜓	*Crocothemis servilia servilia*
		紫紅蜻蜓	*Trithemis aurora*
		彩裳蜻蜓	*Rhyothemis variegata arria*
		大華蜻蜓	*Tramea virginia*
		薄翅蜻蜓	*Pantala flavescens*
		夜遊蜻蜓	*Tholymis tillarga*
		纖腰蜻蜓	*Zyxomma petiolatum*
七、生態池常見螢火蟲名錄			
目	科	中文名	學名
鞘翅目 Coleoptera			
	螢科 Lampyridae		
		黑翅螢	*Luciola cerata*
		黃緣螢	*Luciola ficta*
		端黑螢	*Luciola gorhami*
		條背螢	*Luciola substriata*
		大陸窗螢	*Pyrocoelia analis*

附錄二 生態水池常見動物照片錦集

一、哺乳類



照片 1 月鼠



照片 2 赤腹松鼠

二、鳥類



照片 3 小鸊鷉



照片 4 小白鷺



照片 5 黃頭鷺



照片 6 小水鴨



照片 7 白腹秧雞



照片 8 紅冠水雞


照片 9 彩鷸


照片 10 高蹺鴴


照片 11 小環頸鴴


照片 12 斑頸鳩


照片 13 翠鳥


照片 14 洋燕


照片 15 白頭翁


照片 16 白鶺鴒


照片 17 褐頭鷦鶯


照片 18 黑枕藍鶲


照片 19 小彎嘴


照片 20 黑臉巫鳥


照片 21 白尾八哥

三、兩棲類


照片 22 黑眶蟾蜍


照片 23 盤古蟾蜍


照片 24 中國樹蟾


照片 25 小雨蛙


照片 26 腹斑蛙


照片 27 拉都希氏赤蛙


照片 28 澤蛙


照片 29 貢德氏赤蛙


照片 30 白頷樹蛙


照片 31 莫氏樹蛙

四、昆蟲類


照片 32 白粉細蟌


照片 33 昧影細蟌


照片 34 紅腹細蟌


照片 35 環紋琵蟌


照片 36 朱黛晏蜓


照片 37 麻斑晏蜓


照片 38 綠胸晏蜓


照片 39 長鋏晏蜓


照片 40 細鉤春蜓


照片 41 粗鉤春蜓


照片 42 呂宋蜻蜓


照片 43 金黃蜻蜓


照片 44 杜松蜻蜓


照片 45 霜白蜻蜓


照片 46 鼎脈蜻蜓


照片 47 侏儒蜻蜓


照片 48 猩紅蜻蜓


照片 49 紫紅蜻蜓


照片 50 褐斑蜻蜓


照片 51 善變蜻蜓


照片 52 彩裳蜻蜓


照片 53 夜遊蜻蜓


照片 54 大華蜻蜓


照片 55 薄翅蜻蜓


照片 56 青紋細蟌


照片 57 暮眼蝶


照片 58 小黃星弄蝶


照片 59 黃星弄蝶


照片 60 白斑弄蝶


照片 61 尖翅褐弄蝶


照片 62 青鳳蝶


照片 63 大鳳蝶


照片 64 白粉蝶


照片 65 邊粉蝶


照片 66 纖粉蝶


照片 67 亮色黃蝶


照片 68 黃蝶


照片 69 紫日灰蝶


照片 70 波灰蝶


照片 71 豆波灰蝶


照片 72 藍灰蝶


照片 73 莧藍灰蝶


照片 74 迷你藍灰蝶


照片 75 靛色琉灰蝶


照片 76 旖斑蝶


照片 77 波蛺蝶


照片 78 眼蛺蝶


照片 79 青眼蛺蝶


照片 80 鱗紋眼蛺蝶


照片 82 黃鈎蛺蝶


照片 82 雌擬幻蛺蝶


照片 83 散紋盛蛺蝶


照片 84 豆環蛺蝶


照片 85 異紋帶蛺蝶


照片 86 苧麻珍蝶


照片 87 切翅眉眼蝶


照片 88 稻眉眼蝶


照片 89 曲紋黛眼蝶


照片 90 大陸窗螢


照片 91 端黑螢


照片 92 黑翅螢


照片 93 黃緣螢

五、兩棲爬蟲類


照片 94 黃口攀蜥


照片 95 斯文豪氏攀蜥


照片 96 台灣草蜥


照片 97 印度蜓蜥


照片 98 麗紋石龍子


照片 99 紅斑蛇


照片 100 臭青公


照片 101 花浪蛇


照片 102 斑龜

附錄三 生態水池常見水生植物名錄

(一)漂浮植物									
1	槐葉蘋	2	水鱉	3	青萍	4	水萍	5	紫萍
(二)浮葉植物									
6	南國田字草	7	台灣冠果草	8	蓴	9	芡	10	台灣萍蓬草
11	甕菜	12	小莕菜	13	龍骨瓣莕菜	14	印度莕菜	15	龍潭莕菜
16	台灣水龍	17	白花水龍	18	水禾	19	菱		
(三)沉水植物									
20	金魚藻	21	聚藻	22	瘤果篦藻	23	水蘊草	24	水王孫
25	苦草	26	黃花狸藻	27	絲葉狸藻	28	小茨藻	29	馬藻
30	眼子菜	31	台灣水韭	32	石龍尾				
(四)挺水植物									
33	巒蕨	34	水蕨	35	毛蕨	36	澤瀉	37	線慈菇
38	三腳剪	39	空心蓮子草	40	水芹菜	41	石菖蒲	42	芋
43	半邊蓮	44	連萼穀精草	45	小穀精草	46	大葉穀精草	47	燈心草
48	水薄荷草	49	水豬母乳	50	細葉水丁香	51	水丁香	52	田蔥
53	毛蓼	54	水紅骨蛇	55	紅辣蓼	56	紅蓼	57	箭葉蓼
58	戟葉蓼	59	腺花毛蓼	60	鴨舌草	61	過長沙	62	紫蘇草
63	擬紫蘇草	64	異葉石龍尾	65	大葉石龍尾	66	水燭	67	香蒲
68	華克拉莎	69	風車草	70	無翅莎草	71	單葉鹹草	72	寬柱莎草
73	牛毛氈	74	荸薺	75	日月潭藺	76	黑珠蒿	77	三儉草
78	馬來刺子莞	79	螢藺	80	水毛花	81	蒲	82	莞
83	類雀稗	84	蘆葦	85	開卡蘆	86	大安水蓑衣	87	柳葉水蓑衣
(五)濱水植物									
88	筆筒樹	89	過溝菜蕨	90	木賊	91	觀音座蓮	92	小獅子草
93	絡石	94	鵝掌藤	95	鵝掌柴	96	蔓蓁荷	97	舖地黍
98	水竹葉	99	茄苳	100	白柏	101	烏桕	102	水黃皮
103	水茄苳	104	九芎	105	黃槿	106	構樹	107	牛乳榕
108	豬母乳	109	大冇榕	110	雀榕	111	甜藍盤	112	樹杞
113	狗牙根	114	白茅	115	水生黍	116	風箱樹	117	水社柳
118	水柳	119	臭腥草	120	三白草	121	大頭茶	122	朴樹
123	密花苧麻	124	水麻	125	苦林盤	126	漢氏山葡萄	127	月桃
128	野薑花	(資料來源：行政院水土保持局，2007，水生植物手冊)							

附錄四 生態水池整體規劃案例介紹

案例一　南投縣埔里鎮桃米里茅埔坑溪生態池

一、地區概述：

(一) 地點

本區屬南投縣埔里桃米生態村之生態水池，其範圍為茅埔坑溪橋以上 100 公尺河段及其兩側二分地水池。附近較大的天然濕地包括有草湳濕地（約 4 公頃）、詩涼濕地（約 1 公頃）、碧雲濕地（約 1 公頃）及山中蘭園濕地（約 0.5 公頃）等，整個桃米生態村佔地 1,800 公頃。



圖 1 桃米里茅埔坑溪生態池區域位置圖

(二) 地理

桃米里為高程 430 公尺~800 公尺之間的丘陵地地質，屬厚層或塊狀白色中至極粗粒石英岩，土壤呈酸性，土層濕潤，心土層含有大量鐵礦。

(三) 水文

茅埔坑溪為埔里桃米里五條重要溪流之一，源起於白鶴山下，由於沿岸地形較陡，溪床比降較大，全年有水之溪流不到 3 公里，水位變化甚大。全年年平均雨量為 2,120 公釐，降雨日數約 149 日，具有乾濕雨季分明的氣候特徵。雨季集中於夏季，以六月份降雨最多，月平均雨量達 437 公釐，冬季為乾季，十一月降雨量最少，平均雨量僅 16 公釐。

(四) 功能型態

1.兼具沉砂及滯洪池功能，也作為下游灌溉水之來源。

2.研究示範與景觀生態功能，桃米里第一個結合河川生態工法及生態水池復育的濕地公園示範地點。

二、施工方法及構造物說明

1.護岸：原有水池護岸移除、擴大溪寬及排水斷面、以 RC 背襯砌石護岸營造安全、平緩、多孔隙之河堤。

2.溪床棲地：拋石、闢建小水潭、營造多樣化底質及流況。

3.主要示範河段：全長 100 公尺，河寬 7~10 公尺，岸高 1.5~2 公尺，大部分為 2~3 段式平緩之 RC 背襯加砌石護岸。

4.跨河竹拱橋：一座全長 12 公尺，寬 1.5 公尺。

5.竹蜻蜓造型：一座，仿粗　春蜓造型，維妙維肖。高 2 公尺，長 7.5 公尺，展翅寬 4 公尺。

6.竹青蛙造型：一座，仿貢德氏蛙造型，面向右岸生態池，造型古樸雄壯。長 5.2 公尺，寬 2 公尺，高 2.8 公尺。

7.涼亭：一座，5 ×4.5 公尺，高 4 公尺。

8.稻草堆：底部直徑 4 公尺，高約 4 公尺。

9.右岸生態池：沿岸長 66 公尺，內設二個生態島及約 10 個拋石、5 支枯枝。池岸約二分之一開放，靠山部分則劃為野生物保護需種植密林並隔絕遊客。



圖 2 桃米里茅埔坑溪生態池一景

三、植栽運用

主要植栽種類包括野薑花、香蒲、黃花水龍、李氏禾、水丁香、紫芋、印度菩萊、水竹葉、鴨跖草、水禾、水芹菜、水柳、開卡蘆、大安水蓑衣、刺桐、海桐、白雞油、無患子、台灣肖楠、鵝掌藤、白匏子、江某、山櫻花、香楠、苦楝、九芎、筆筒樹、水黃皮等。



圖 3 桃米里茅埔坑溪生態池植栽運用

案例二　屏東縣內埔屏東科技大學靜思湖

一、地區概述

(一) 地點

位於屏東縣內埔鄉老埤村，國立屏東科技大學後山內，面積約3公頃。



圖 4 屏東科技大學靜思湖區域位置圖

(二) 地理

地勢大致由西北往東南傾斜，高程介於海拔40公尺~90公尺之間，落差明顯，屬於洪積台地之老埤系土壤，大體上全區土壤剖面質地，多為砂質黏土及壤土，土色呈棕色至紅棕色，屬不透水層。

(三) 水文

由三個集水區集合而成，地表逕流經天然谷地匯集於下方平坦地區，周邊地勢平緩而自然形成濕地水塘。年平均雨量2,583公釐，雨量分布不均，集中於5~9月，其中7~8月降雨量最多，高達597

公釐，因雨量集中於夏季常造成坡地沖蝕之現象。

(四) 功能型態

1.將自然形成之陸域化濕地改造成人工生態池。

2.包含溝渠、調節池、主生態池、窪地等部分。

3.調節池主要作為沉砂池，攔截泥砂排入主生態池中，同時調節洪水能量、減少下游中微粒含量及控制水位高度。

4.生態池保持濕地自然風貌，並可創造生物多樣性。

5.作為滯洪及研究教學及休憩功能。

二、施工方法及構造物說明

1.溝渠：前段為水泥渠道、後段為石籠渠道採階梯式水道設計。

2.池底及水岸：有3處不規則的小水塘、2座生態島、1處小半島及約20根相思木木樁。水岸則以原有水岸為主，進行小部份整理，並於坡腳處拋置楓港石。創造一些不規則的之地表形態，增進生物之棲息空間。

3.池中堆積物：以20根相思樹原木為直立棲木打設於池中，並放置枯木使部分沉入水中，利於水棲昆蟲及魚蝦生存，亦可提供水路兩棲動物天然通路及水鳥之駐足點。

4.池岸：除緩坡已植草護岸增進親水空間之外，坡度較陡之區域使用堆砌工法，除可保護池岸之外，石縫也可增加水生動物之棲息地



圖 5 護岸工法一景



圖 6 池岸及池中堆積物(相思樹原木)

三、植栽運用

溝渠前段為耐污染的藻類及水綿、後段種植香蒲。調節池部份，岸邊水淺處為光冠水菊、香蒲、水丁香等，水深地區主要以大萍、滿江紅及青萍等種類。生態池中，以莎草、鴨舌草、紫芋、水丁香、滿江紅、香蒲及水蕨等。窪地則顯現出整治前之縮影，主要為巴拉草及大黍等優勢物種。



圖 7 池中及池岸植栽運用成果

案例三　屏東縣新埤建功森林親水公園生態池

一、地區概述

(一) 地點

位於屏東縣新埤鄉建功村內的建功森林親水公園，公園面積 24 公頃，人工濕地佔地面積約 0.2 公頃。



圖 8 屏東建功森林親水公園生態池區域位置圖

(二) 地理

區內地勢平坦，高程介於 18~24 公尺之間，整體來說地勢由東北向西南方向傾斜。屬於林邊溪之沖積扇地，土壤質地均屬砂質壤土。

(三) 水文

由於日治時期為涵養水源而劃設為保安林區，區內於豐水期內有自然湧泉。平均年雨量為 2,587 公釐，最大年雨量為 4,505 公釐，最小年雨量 1,200 公釐。

(四) 功能型態

1.為生態復育及景觀休憩用之親水池。

2.水資源再利用，與地下水系統連接，具有補注地下水及調節水文之功效。

3.依集水區劃分為 2 座生態池及親水圳道。

4.利用規劃區四處自然湧泉及以磚跟塊石堆砌的人工湖。

二、施工方法及構造物說明

1.堤岸坡度平緩而寬闊，創造不同深度及生長行為的濕地植被、草類及灌木叢。

2.池底：天然黏土、砂石、壤土，並佈置成起伏多變池底。

3.生態島：利用土丘堆砌或廢棄水缸構成。



圖 9 屏東建功森林親水公園生態池一景

三、植栽運用

1.第 1、第 2 生態池內種植之水生植物，包括布袋蓮、睡蓮等

2.水生植物園區種植水蠟燭、水蓑衣、水芹菜等 10 至 20 種水生植物

案例四　台北市士林官邸生態水池

一、地區概述

(一) 地點

士林官邸位於台北市士林區中山北路五段與福林路口東南側官邸開放供市民休閒遊憩之地區，佔地 9.28 公頃。生態池 A 面積約 30 平方公尺，位於中式花園。生態池 B 面積約 25 平方公尺，位於官邸正房。生態池 C 面積約 8 平方公尺，位於內花園。



圖 10 士林官邸生態水池區域位置圖

(二) 地理

周圍福山山系環抱，區內地勢平坦。屬於沖積土壤，基地土壤多為黑色黏土質。

(三) 水文

年雨量大約 2,100 公釐，其中以夏季為多，春季次之，冬季最少。6 月因梅雨和雷雨的關係雨量最多，最少則為 11 月。春有春雨，

初夏有梅雨，盛夏有雷陣雨，夏、秋兩季有颱風雨常造成災害，冬季有東北季風雨，所以終年有雨，沒有明顯乾季。基地內現無天然水流穿流，但有一條寬約 0.6 公尺的排水溝從東至西穿越基地中央。此外，沿基地四周皆有排水溝，水流方向皆由東往西，以北側的排水溝水量較多。

(四) 功能型態

1.社區自然中心的環境教育展示。

2.生態的水池之示範點。

3.野生物重返都市的跳板。

二、施工方法及構造物說明

(一) 生態池 A

1.池底及池岸- 池岸由水泥與石塊砌築，池底為水泥池。

2.水深- 50~90 公分。

(二) 生態池 B

1.池底及池岸- 池岸為礫石與溪石砌築，池底附有約 20 公分黑色黏土。

2.水深- 20~60 公分。




圖 11 士林官邸生態水池一景

(三) 生態池 C

1.池底及池岸- 池岸由水泥與石塊砌築，池底上方覆蓋 2 公分的落葉與淤泥。

2.水深- 10~40 公分。

三、植栽運用

基地上為大面積短草地，北側及東南端邊界有生長茂密高約 5~6 公尺的黃椰子、樟樹以及榕樹等，另有西式庭園栽種人工花草，包含矮仙丹、馬纓丹、美人蕉以及玫瑰等庭園植物。鄰近基地的福山山麓，有多樣化的台灣原生植物，包含低海拔喬木類，如糙葉樹、血桐、杜英及大葉楠等。

案例五　桃園縣東勢支渠 4A 號池傳統農塘

一、地區概述

(一) 地點

位於桃園縣平鎮市建安里平東路建安宮旁，面積約 1 公頃，蓄水量 4,640 立方公尺，水深 0.226 公尺之傳統農塘，作為當地居民之灌溉之用。



圖 12 東勢支渠 4A 號池區域位置圖

(二) 地理

當地坡度在 1:20 至 1:120 之間，由東南向西北方向傾斜，形成扇形之沖積丘陵地帶。因強烈雨淋作用的關係，形成紅壤與黃壤的土地型態，土壤呈現酸性，土地肥沃度不高，具高黏性。

(三) 水文

1.由南崁溪、新街溪、老街溪、大溪、社子溪等河流匯集，形成自然排水系統。

2.東勢支渠由石門大圳為主幹，依照灌區地形分區灌溉，於社 1 號池附近從石門大圳分出，向北流至平東路分成兩條支線，皆各自沿平東路分流，東 4A 池南邊正好有東勢支渠的主線經過，所以埤塘的水量相當充沛。

3.平均年雨量約 2,000 公釐

(四) 功能型態

1.早期因農用灌溉而興建，其埤塘依水路網絡設置。

2.堤岸以就地土石材料所構築。約 20 甲的農田。

3.埤塘水源從事灌溉，其灌溉範圍東起華隆街，柑園路以南，新街溪以東。

二、施工方法及構造物說明

1.堤岸- 傳統土石堤岸。

2.池底- 具高黏性黃壤、紅壤土。

3.池底深度- 約 22.6 公分。

4.水流及循環方式- 東勢分渠、石門大圳。

三、植栽運用

埤塘的生態相當豐富，植物種類繁多，隨處可見烏桕、構樹、蘆葦、紫花霍香薊、竹林、布袋蓮、相思樹等植栽，水生植物更是普遍，布袋蓮及水草幾乎佈滿埤塘一半的面積，。

案例六　台北市七星東湖生態花園之生態水池

一、地區概述

(一) 地點

七星東湖生態花園位於台北市內湖區，原為台北市七星農田水利會灌溉池，後由於農田水利的功能喪失，因而規劃為生態花園。水池面積約 2000 平方公尺。



圖 13 七星東湖生態花園之生態水池區域位置圖

(二) 地理

基地周圍環境良好，臨接山區，內溝溪流經其間，自然資源尚稱豐富。屬於黏性土壤。

(三) 水文

原係七星農田水利會所屬溜池，內溝溪水流經此，先天具有自然水域生態相。

年雨量大約 2,100 公釐。初夏有梅雨，盛夏有雷陣雨，夏、秋兩季有颱風雨常造成災害，冬季有東北季風雨，所以終年有雨，沒有明顯乾季。

(四) 功能型態

採傳統水田設計，步道以田埂搭配枕木的形式設計，水田中種植茭白筍、荷、水芋、水稻等常見之經濟價值的水生植物，其間並間雜睡蓮等景觀植物，頗具台灣鄉村風貌，視覺景觀上相當美觀。

1.推廣水田生態教育-提供水生動物棲息、繁殖環境，配合自然生態教學。

2.復育水田經濟作物- 種植有茭白筍、水芋及荷花等水田作物。

3.景觀休憩- 提供市民休憩功能

二、施工方法及構造物說明

1.堤岸：傳統水田形式，泥土水岸，有些地區鋪設防水布。

2.池底：黏土。

3.池底深度：約 10~20 公分，有小範圍之水深變化。

4.水流及循環方式：引入內溝溪水源至各水田中。

5.微地形變化：各水田間有不同之高差變化。



圖 14 七星東湖生態花園之生態水池一景

案例七　南投縣中寮鄉和興村原生植物公園生態池

一、地區概述

(一) 地點

合興村為中寮鄉最內陸的村落，因緊鄰九份二山，於 921 大地震中民眾生命財產損失嚴重，一連串村民自救護土救水源的措施。災後在行政院震災重建會、南投縣政府、經濟部水利署第三河川局以及水土保持局等單位的協助重建下，發展產業轉型；有機農業、生態旅遊等整體社區發展進行規劃及宣導。



圖 15 中寮鄉和興村原生植物公園生態池區域位置圖

(二) 地理

緊臨九份二山，於民國 88 年 921 大地震之後，土石鬆散，經過各單位的協助重建下，已回復以往之景象。近兩年來，由於配合有機文化村生態保育及生態旅遊意識的推廣，將原河岸腹地改造成具有地方特色之原生植物公園。

(三) 水文

原生植物公園(亦稱為生態公園)位於坪林溪上游，也是猴洞溪與清水溪匯流之處，距和興村主要聚落及和興國小約 1 公里，原為河岸腹地。

(四) 功能型態

水土保持局前曾利用這片約 2 公頃之空地予以綠美化，提供村民休憩散步的地方；近二年來，由於配合有機文化村生態保育及生態旅遊意識的推廣，逐漸有改種原生植物，加強多樣化棲地營造與物種保育之想法，希望它成為具有特色的原生植物公園及生態學習的地方。




圖 16 中寮鄉和興村原生植物公園生態池一景

二、施工方法及構造物說明

1.以原始材料如土堤、乾砌石及平緩坡，取代一般水泥之陡坡池岸。

2.以生態島、枯木、大小砌石塊交錯及高低彎曲造形營造多孔隙及利於野生物生長停棲之環境。

3.池底完全以天然黏土防漏，不使用水泥等人工材料，並適當拋石及回填高低起伏之表土，適合不同生物生長繁殖。

4.除保留自然生長之原生植物外，引進適合當地生長之原生植物，動物則讓其自然由附近地區進入，不刻意引入。

5.水深兼顧遊客安全及野生動植物之需求，控制在 80 公分以內。

6.依照地形分為 4 個小池，各水池之間以涵管或 30 公分以內之自然落差連接，並於第 1 池及第 4 池分別為入水口及出水口，均有近自然之河道和坪林溪及猴沮溪河床連接，形成物種之天然廊道。

7.護岸：乾砌石及土堤為主。第 1、2 池有部分堤坡係沿用舊有垂直之乾砌石外，其他邊坡均設為 1：4 以上之平緩邊坡，並配置為彎曲、上下及多變化多孔隙之水岸。

8.拋石：水池中拋置大小石塊約 20 個，自然分置各處。

9.生態島：以石塊、砂石、土丘堆積，離水面 0~70 公分。約 8 平方公尺。

三、植栽運用

在特有生物研究保育中心研究人員之輔導下，陸續栽植或自然生長之原生植物有野薑花、姑婆芋、月桃、香蒲、黃花水龍、鳥桕、李氏禾、水丁香、紫芋、印度荇菜、水竹葉、鴨跖草、大安水蓑衣、血桐等，生長繁茂，並逐漸形成近於自然的水池植被。

案例八　南投縣埔里桃米里草湳濕地

一、地區概述

(一) 地點

草湳濕地位在埔里鎮桃米里往成功里縣道 68 號路邊。



圖 17 桃米里草湳濕地區域位置圖

(二) 地理

草湳濕地是桃米坑山腳下的一大片濕地之匯集區。該區由於地勢平坦，四週丘陵圍繞，原是荷花田。

(三) 水文

本濕地為種瓜坑溪上游小支流之起源。由於四周丘陵圍繞，本地有地下湧泉，不易排水的水田。

(四) 功能型態

89 年 5 月，特有生物研究保育中心應新故鄉文教基金會及桃米

里社區發展協會之邀針對桃米里進行生物資源調查，發現本濕地及四周因長期保持良好的植物被覆，未受到過度之開發利用或破壞，常年可見之鳥類約 40 多種，蛙類約 15 種，蜻蜓約 25 種，水生植物數十種，為值得加強保育並提供生態教育及旅遊之寶貴濕地。並酌設竹造戶外教室、賞鳥亭、拱橋及竹豆娘等休憩設施。希望達到濕地保育、學習、研究和休憩兼顧之目的。




圖 18 桃米里草湳濕地一景

二、施工方法及構造物說明

1.利用生態工法營造多樣化濕地及水池。

2.種植原生植物例如水柳、大安水蓑衣、紫芋、野薑花、黃花水龍、茄苳、香楠、野牡丹等。

3.改善之排水：為避免因營造濕地影響臨近土地之排水，將原有排水溝加寬加深，以減少對接臨近土地之影響。

4.為達保護濕地功能，原則上四分之三之濕地規劃為保護區，四分之一為體驗學習及休憩區。

5.生態島：16 個。由土堆堆成，形狀、大小、高低均不同，高度 30~250 公分。

6.溝渠、水道：貫穿各生態島及水面，均採彎曲、平緩、多樣化施做，水深 10~80 公分。

7.拋置枯木：約 30 支，散置於水道及生態島，以利於各種動物停

棲利用。

三、植栽運用

本濕地在特有生物研究保育中心研究人員之輔導下，陸續栽植或自然生長之原生植物有香蒲、黃花水龍、李氏禾、水丁香、紫芋、印度莕菜、水竹葉、鴨跖草、水禾、細葉雀麴、水柳、大安水蓑衣、刺桐、海桐、香楠、無患子、鵝掌藤、茄苳、九芎、筆筒樹、野牡丹等，生長繁茂，並逐漸形成近於自然的植被。

案例九　台北市台灣大學舟山路生態水池

一、地區概述

(一) 地點

台灣大學舟山路生態水池為教育部永續生態校園計畫經費補助，位於台大校園內，水池設置目的在於串連瑠公圳及營造生態水池，作為物種保育及棲地營造之展示場所。

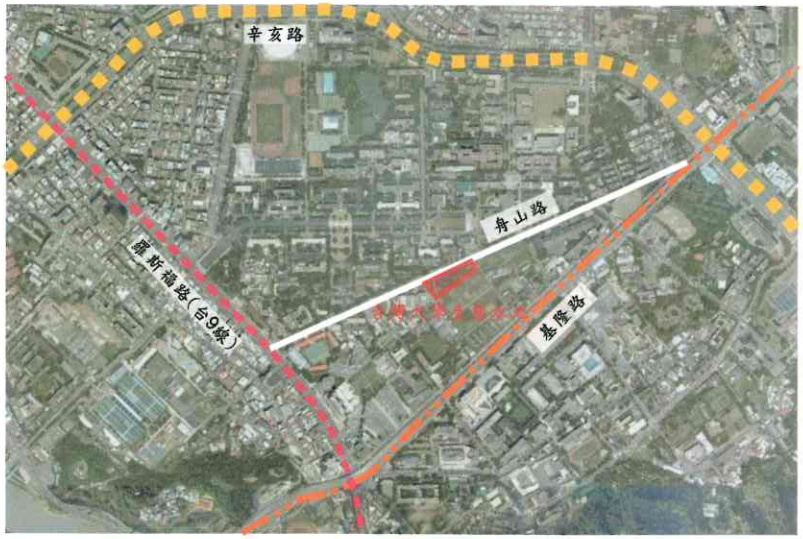


圖 19 台灣大學舟山路生態水池區域位置圖

(二) 地理

水池面積約 5,000 平方公尺，形狀約成三個圓形直線串聯成長條型，沿舟山路成東北西南向，淺水區水深約 20 公分，深水區約 80-100 公分，池中設有兩處生態島，靠近池岸淺灘多處設有景石，另設有深水浮葉植栽區 3 處，靠舟山路池岸側因供作親水活動及觀察之用，設置木平台及石塊護岸之外，另一側多為自然植被環境，並種植多樣水生植物。

(三) 水文

根據台北氣象站歷年氣候資料統計顯示，本地區夏季降雨量、氣溫較高，相對濕度較低；冬季則是降雨量與氣溫較低；春季的降雨天數較多。水池水源主要來自於台大原有農場之 2 號水井，水源類型屬於地下水。

(四) 功能型態

瑠公圳水路南北向的藍帶空間及舟山路東西向的綠帶環境，縱貫整個台大校園並在試驗農場旁相交會，期改造背後亦代表一段台北盆地歷史發展脈絡。因此，此案例在規劃時秉持著整合生態復育、人性空間塑造與歷史現場重現之地景改造設計。配合舟山路改造工程一起進行。透過校園重新規劃，並配合瑠公圳復育改造，本案例已成為台大校園內的有機復育廊道

二、施工方法與構造物說明

原設計中（皓宇工程顧問股份有限公司，91 年 10 月），池岸設置景石共 33 顆，2 或 3 個一組，沿池岸共設置 12 處，作為淺灘與深水區之分界，也分隔部分水生植物生長範圍。池岸坡度，靠舟山路側草皮區約 1：4，南側靠農場部分約 1：1。

三、植栽運用

植栽分布方面，由於部分水生植物有較強的繁殖力，占有一定生存空間，如菱，這部分吸引了紅冠水雞來此築巢覓食。過度繁殖者需人工清理維護，如大萍、青萍等漂移性植物。另外生長較強勢者還有紙莎草、荷花、睡蓮，以及淨水區的粉綠狐尾藻。作為隔離緩衝的培地茅生長良好。

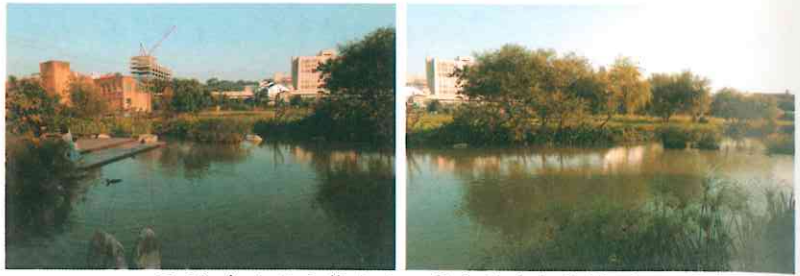


圖 20 舟山路生態水池一景與植生生長情形

案例十　南投縣集集特有生物保育中心生態水池

一、地區概述

(一) 地點

特生中心生態水池為位於南投縣集集鎮民生東路一號特有生物保育中心內，水池設置目的在於復育水生動植物並且提供附近居民休閒遊憩之場所。

(二) 地理

水池面積約 1 公頃，形狀約成橢圓形，其南面池岸呈現不規則形狀，提供生物之多樣性棲地；其平均水深為 0.5 公尺，深水區約為 1.5 公尺，池中設有生態浮島多處；沿著池岸設置人行步道，提供附近居民休憩之用。

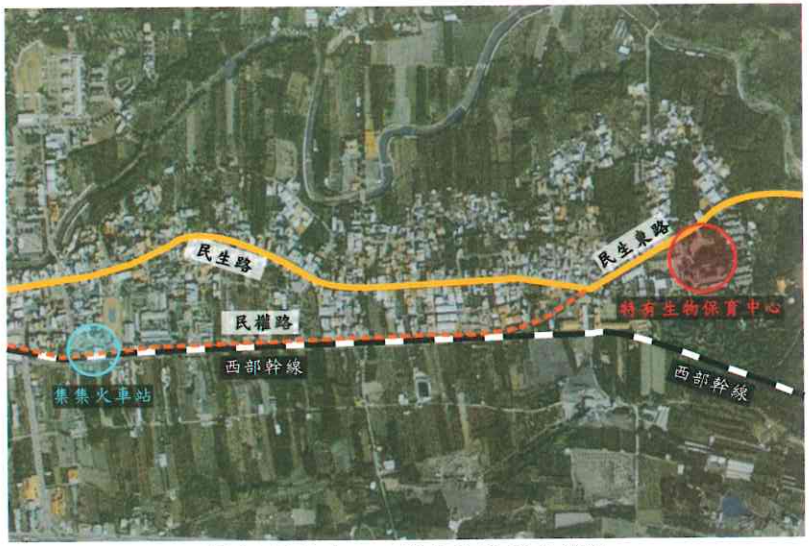


圖 21 特生中心生態水池區域位置圖

(三) 水文

此水池之水源來自地下湧泉，並藉由近自然之人工渠道流入生態水池，形成簡單之溪流生態；入水口與出水口距離約 300 公尺。




圖 22 湧泉及人工渠道一景

(四) 功能型態

本水池建置於民國 86 年，其主要有滯洪防災、觀光遊憩、生態復育、景觀美化以及水質過濾等功能。附近之土地使用多為林地為主，沿著水池設置人工步道、涼亭以及植物解說告示牌等公共設施，提供遊客休憩以及教育之用。

二、施工方法及構造物說明

1.利用生態工法營造多樣化生態水池。

2.排水：利用高低差將多餘之池水排出，且於排水口附近使用石塊來進行過濾功能。

3.利用木樁或竹筒進行隔離或水生植物復育。

4.生態島：利用木板以及塑膠管組合成生態浮島。

5.溝渠、水道：主要設置於入水口以及出水口附近，方便水流的流動，並有營造溪流生態之用。

6.拋置枯木：散置於水道及生態島，以利於各種動物停棲利用以及隔離生長較強勢之水生植物。

三、植栽運用

植栽分布方面，由於部分水生植物生長較為強勢，故使用竹筒將其隔離，如有過度繁殖則需人工清理維護，如大萍、青萍等漂移性植物。並且運用挺水植物以及濱水植物的搭配，組合出空間層次感，如絨毛蓼、野薑花等層次的搭配。



圖 23 植栽配置設計成果



圖 24 生態島

案例十一　台南縣龍崎牛埔水土保持園區農塘水池

一、地區概述

(一) 地點

本樣區位於台南縣龍崎鄉牛埔村水土保持園區中，屬於泥岩特殊地形。

(二) 地理

此樣區位於泥岩地形中，地形破碎，遇雨表土容易被沖刷至水池內，故導致水池濁度甚高。附近因為泥岩地形易受破壞，故將其設為水土保持園區，平時可供遊客進出參觀。

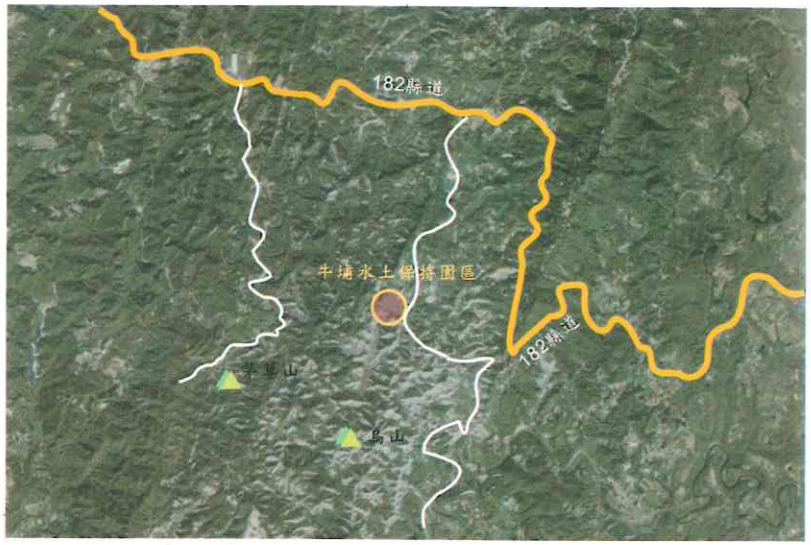


圖 25 牛埔水土保持園區生態水池區域位置圖

(三) 水文

當地年總雨量平均約為 1800 公釐，其主要醬與季節為 5~6 月的梅雨季以及 7~9 月之颱風豪雨期間，10 月份過後雨量顯著減少。因為降雨時涵養的水源甚少，故都直接流入水池中，為水池水體的主要來源，因泥岩質地細緻，不容易滲流，較無濕、旱季之分，故此區植物生長不易。出水口部分，其設計是利用導流方式，水位過高時會經由導流井排出，維持正常水位。



圖 26 出水口一景

(四) 功能型態

本水池主要為提供下游農民灌溉之用，其剛好落在水土保持園區中且泥岩地形罕見，可作為教育用途，故周末假日常有遊客參觀，已成為另一觀光景點。

二、施工方法及構造物說明

1.步道：採用預鑄混凝土以及枕木當作鋪面，環繞水池提供遊客遊憩之用。

2.坡面池岸保護工：坡面部分以廢輪胎做為保護工法，也有以橫樑、箱籠等工法進行坡面保護。池岸部分大多以南美蟛蜞菊做為植生護岸之保護。

三、植栽運用

泥岩地區植生不易，坡面及池岸植生以蟛蜞菊及銀合歡為主，

且在步道兩側及部分看台地區則種植原生植物，原生植物包括光臘樹、五節芒、山麻黃、鳥桕、山棕、刺竹、血桐、水燭、水芙蓉、苦楝、黃槿、欒、茄冬、葉下珠、台灣欒樹、榕樹、革葉石斑木等；但坡面仍可見到部分具泥岩景觀之裸露地。



圖 27 步道及護坡工法



圖 28 農塘水池周邊植生情形

案例十二　花蓮縣壽豐鄉米棧村灌溉用水池

一、地區概述

(一) 地點

位於縣道 193 線周邊，當地已有初步規劃，為附近居民的休憩場所

(二) 地理

此樣區倚靠著山腳，緊鄰海岸山脈，水池下游有一人工渠道，可用來排除過多之池水。



圖 29 花蓮縣壽豐鄉米棧村灌溉用水池區域位置圖

(三) 水文

主要水源為山間小溪，在雨季時入流較為明顯，出水口處利用預鑄混凝土管當作排水口，故無阻塞疑慮，可引導水流流入人工渠道，做為灌溉之用。



圖 30 出水口與人工渠道

(四) 功能型態

現今功能為提供附近居民休憩之用，當地之步道及涼亭功能頗為健全，只是缺少人為管理；未來如加強維護可作為依觀光據點提供遊客遊憩場所。

二、施工方法及構造物說明

1.步道：主要以預鑄混凝土以及木材做為舖面，涼亭則以木材建造而成。

2.池岸保護工法：池岸以天然植生為主。

三、植栽運用

除了天然植生之外，在步道兩旁種植喬木以及草皮鋪面，提供遮蔭等功能



圖 31 步道配置以及天然植生生長情形

案例十三 高屏溪舊鐵橋人工濕地

一、地區概述

(一) 地點

位於高雄縣大樹鄉高屏溪右岸舊鐵路鐵橋附近以上為腹地，面積約為 126 公頃，人工濕地面積 80 公頃，水域部分約佔 30 公頃，佔地廣大，為南台灣最大的人工濕地，也成為近年來興起的旅遊、生態教育景點。



圖 32 高屏溪舊鐵橋人工濕地區域位置圖

(二) 地理

區內地勢平坦，高程介於 14-21 公尺之間。

(三) 水文

此地區年平均氣溫為 29℃，氣溫略炎熱，平均月均溫 19℃到 29℃之間，月均溫起伏緩和；平均年雨量 1792.2 公釐。計劃區雨量集中在五月到九月之間，雨季平均月雨量大約 195 公釐到 405 公釐

之間，顯示計劃區主要雨量以梅雨及颱風帶來的雨量為主；每年 10 月至隔年 4 月為乾季，乾季雨量大約 15 公釐到 65 公釐之間。

(四) 功能型態

竹寮溪溝及九曲堂村社區排水(含永豐餘紙廠排水)為大樹鄉竹寮村及九曲堂的主要排水渠道，一路往下游污染至澄清湖，舊鐵橋人工濕地便引取竹寮溪溝的污水，運用濕地植物及微生物發揮淨水功能，並提供野生動物良好的棲息地，並規劃為具有淨水、環境教育、生物多樣性及滯洪等多功能濕地。自 93 年 12 月底完工落成目前已記錄到 133 種的鳥類，民眾最常見到的為琵嘴鴨、花嘴鴨、尖尾鴨、綠頭鴨、小水鴨及保育類的水雉，不僅吸引大朋友小朋友來此郊遊踏青，更是賞鳥人士和攝影愛好者的最佳據點。功能型態為除污、研究教學、生態復育、休憩等功能。

二、施工方法及構造物說明

除生態水池外，尚有親水教育廣場、人工島水生植物、配水閘門、溢流堰、渡槽、維護道路、景觀自行車道、觀景平台、活動大草坪、停車場等設施。

三、植栽運用

(一) 水域

水生植物配置設計以栽種浮葉植物、挺水植物為主，陸域低草地、高草地、砂礫石地等植物為輔，以營造多樣性生物棲息地的環境為目標。近水之植被多為人為栽植之長苞香蒲、蘆葦、濱豇豆、柳葉水蓑衣、大安水蓑衣等，非人為栽植的物種主要有巴拉草、大花咸豐草、盒果藤、甕菜、象草、甜根子草、水丁香、細葉水丁香、含羞草、田菁、掃帚菊等。濕地的水中植物以甕菜、巴拉草、台灣水龍等為主。

(二) 陸域

草坪植被有狗牙根、百喜草、假儉草等。木本植物以栽植的水柳、垂柳、烏桕、小葉欖仁、黃槿、苦楝及自然入侵的構樹、血桐等樹木為主。



圖 33 高屏溪舊鐵橋人工濕地



圖 34 高屏溪舊鐵橋人工濕地植被生長情形

四、經營管理

本案例濕地如圖 36 分為三期施工，第(一)期為經濟部水利署第七河川局辦理發之，於 92 年底完工後，由第七河川局繼續維護管理；第二、三期工程由行政院環保署補助高雄縣政府工程發包，完工後由縣府編列預算交由大樹鄉公所維護管理，鄉公所再結合地方進行現場管理維護，亦每年編列經費進行水質、水文及生態監測，並成為周邊大專院校進行學術研究之對象，成果豐碩。

案例十四 屏東縣武洛溪人工濕地

一、地區概述

(一) 地點

位於屏東市武洛溪與高屏溪匯口附近，一、二期面積約 20 公頃，人工濕地佔地面積約 9 公頃。



圖 35 武洛溪人工濕地區域位置圖

(二) 地理

區內地勢平坦，高程介於 14-24 公尺之間。

(三) 水文

此地區年平均氣溫為攝氏 29.0℃，氣溫略炎熱，平均月均溫攝氏 19℃到 29℃之間，月均溫起伏緩和；平均年雨量 1792.2 公釐。計劃區雨量集中在五月到九月之間，雨季平均月雨量大約 195 公釐到 405 公釐之間，顯示計劃區主要雨量以梅雨及颱風帶來的雨量為主；每年 10 月至隔年 4 月為乾季，乾季雨量大約 15 公釐到 65 公釐之間。

(四) 功能型態

屏東縣武洛溪因受上游家庭污水及養豬廢水影響，水質嚴重惡化，長期處於厭氧、惡臭的狀態，屬於嚴重污染狀況，更是造成高屏溪下游水質不良的主要原因。武洛溪人工濕地是藉由水質自然淨化方式，減輕生活污水造成的河川污染，並利用人工濕地，重新塑造自然的生態環境，吸引水鳥、昆蟲、蛙類棲息，並提供民眾一個環境教育、休憩活動場所。功能型態為除污、滯洪、研究教學、生態復育、休憩功能。

二、施工方法及構造物說明

分為兩階段式的工法設計，第一階段處理利用自然疊落、礫間接觸、生物接觸氧化及自然沉澱等方式，以去除水中砂粒及部份懸浮固體，增加水中溶氧量。第二階段則將溪水引入人工濕地，經由人工濕地植物的過濾、淨化、沉澱及吸附氮、磷後，更進一步使水質淨化。其他的構造物有涼亭、棧道、步道、木橋、圓形廣場休息區等。

三、植栽運用

(一) 水域

近水植被多為人為栽植之培地茅、香蒲、長苞香蒲，非人為栽植的物種主要有巴拉草、節節花、大黍、甜根子草、象草、大花咸豐草、鴨跖草等。人工濕地之水中植物以大萍為主，其他水中植物有巴拉草、甕菜、布袋蓮等。

(二) 陸域

草地植被以狗牙根為主，其次為大黍、大花咸豐草等；木本植物以栽植的黃心柿、水柳、毛苦參、稜果榕、雀榕、火燄木、風鈴

木、馬拉巴栗、水黃皮、鐵刀木、樟樹、楓香、黃槿、苦楝、構樹、雀榕等種樹木為主。

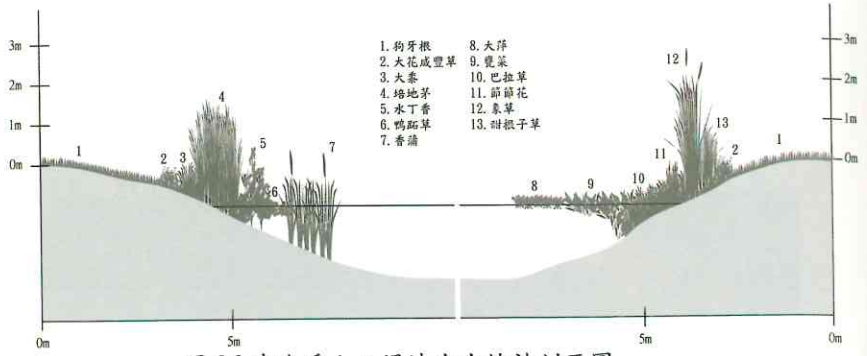


圖 36 武洛溪人工濕地水生植被剖面圖



圖 37 武洛溪人工濕地

國家圖書館出版品預行編目資料

坡地生態水池規劃參考手冊
Manual of ecological pond on slopeland
黃于玻主編. --南投市：水土保持局
民 97.12　189 面　14.5x21 公分
ISBN- 978-986-01-5650-8(平裝)　GPN-1009702718
1.生態工法　2.水土保持.　3.山坡地　4.生態水池
441.52　97020157

坡地生態水池規劃參考手冊

出版機關/ 行政院農業委員會水土保持局
發 行 人/ 吳輝龍
發行地址/ 54044 南投縣南投市中興新村光華路 6 號
電　　話/ (049)2394214
主　　編/ 黃于玻
編輯小組/ 林鑑澄、胡田田、陳建男
工作小組/ 陳美珍、鄭旭涵、田倚寧
美工繪圖/ 方玉蘭、官志青
編審委員/ 林信輝、林俐玲、林昭遠、施金爐、連惠邦、陳榮俊、陳文福、黃朝慶、馮正一、葉昭憲、曾彥學、謝平城(姓名順序依筆劃排列)
印　　刷/ 方圓商業攝影印刷有限公司
執行編印/ 觀察家生態顧問有限公司
聯絡地址/ 台北市中正區水源路 37 巷 1 弄 1 號 4 樓之 7
聯絡電話/ (02)23648581
出版日期/ 中華民國 97 年 12 月
工 本 費/ 新台幣 500 元整

ISBN：978-986-01-5650-8　GPN：1009702718
版 權 所 有　翻 版 必 究