

內政部營建署雪霸國家公園管理處九十一年度研究報告

生態工法應用於國家公園之研究

The application of ecological working methods to facility
construction in Taiwan's National Park

委託機關：雪霸國家公園管理處
承辦單位：中華大學營建研究中心
計畫主持人：吳卓夫、余文德
協同主持人：鄭奕孟
研究人員：紀慧禎、張盈慧

中華民國九十一年十二月二十五日

統一編號
100910473

目 錄

摘 要.....	1
第一章 緒論.....	3
1.1 計畫緣起與目的.....	3
1.2 研究內容與方法.....	5
1.3 研究步驟與流程.....	6
第二章 國家公園之分析.....	7
2.1 國家公園定義與功能.....	7
2.2 墾丁國家公園.....	11
2.3 玉山國家公園.....	15
2.4 陽明山國家公園.....	23
2.5 太魯閣國家公園.....	29
2.6 雪霸國家公園.....	37
2.7 金門國家公園.....	45
第三章 生態工程與生態工法.....	50
3.1 生態工程.....	50
3.2 生態工法.....	60
第四章 國內、外生態工程之案例分析.....	68
4.1 國外生態工程之案例.....	68
4.2 國內生態工法之案例.....	84
4.3 國內外生態工程案例之比較分析.....	107

第五章 生態工法應用於國家公園之探討.....	110
5.1 國家公園生態工法案例之探討.....	110
5.2 生態工法應用於國家公園之類型分析.....	145
5.3 生態工法之設計、施工與材料使用原則.....	168
第六章 結論與建議.....	171
6.1 結論.....	171
6.2 建議.....	173
參考文獻.....	174

圖目錄

圖 1-1	研究流程圖.....	6
圖 2-1	台灣地區國家公園分佈圖.....	10
圖 3-1	傳統工程(a)與生態工程(b)之比較.....	55
圖 3-2	生態工程之應用類型.....	60
圖 5-1	多變化的濕地地形示意圖.....	152
圖 5-2	不規則的濕地底部示意圖.....	152
圖 5-3	土壤回填方法示意圖.....	153
圖 5-4	濕地植物區帶示意圖.....	155
圖 5-5	小島設置示意圖.....	156
圖 5-6	小島的寬度與方位示意圖.....	156
圖 5-7	供水鳥築巢之人工設施示意圖.....	156
圖 5-8	乾貼石護岸工法.....	160
圖 5-9	混凝土貼石護岸工法.....	161
圖 5-10	乾砌石護岸工法.....	161
圖 5-11	混凝土砌石護岸工法.....	161
圖 5-12	蛇籠護岸工法.....	161
圖 5-13	拋石護岸工法.....	161
圖 5-14	擋土牆護岸工法.....	162
圖 5-15	板樁牆護岸工法.....	162
圖 5-16	地工織物柔性擋土牆.....	162
圖 5-17	植生自然坡.....	162
圖 5-18	道路、邊坡與截水溝之示意圖.....	167

表 目 錄

表 3-1	生態工程近期國際重要記事.....	52
表 3-2	生態工程近期國際重要記事 (續).....	53
表 3-3	各國對生態工程翻譯之名稱.....	56
表 3-4	國內外學者對生態工程的定義與主張.....	57
表 3-5	國內學者對生態工法的定義與主張.....	65
表 3-6	近年來生態工法相關會議簡表.....	66
表 3-7	近年來生態工法相關會議簡表 (續).....	67
表 4-1	國外生態工程案例之分析(1).....	82
表 4-2	國外生態工程案例之分析(2).....	83
表 4-3	國內生態工法案例之分析(1).....	104
表 4-4	國內生態工法案例之分析(2).....	105
表 4-5	國內生態工法案例之分析(3).....	106
表 4-6	國內外生態工程比較分析(1).....	109
表 5-1	墾丁國家公園生態工法案例分析表.....	115
表 5-2	墾丁國家公園生態工法案例分析表 (續).....	116
表 5-3	玉山國家公園生態工法案例分析表.....	120
表 5-4	陽明山國家公園生態工法案例分析表.....	126
表 5-5	陽明山國家公園生態工法案例分析表 (續).....	127
表 5-6	太魯閣國家公園生態工法案例分析表.....	130
表 5-7	雪霸國家公園生態工法案例分析表.....	135
表 5-8	雪霸國家公園生態工法案例分析表 (續).....	136
表 5-9	金門國家公園生態工法案例分析表.....	143
表 5-10	金門國家公園生態工法案例分析表 (續).....	144

參考文獻

中文書目

1. 吳文雄、黃桂珠，「生態設計在國家公園環境工程之應用」，內政部營建署玉山國家公園管理處，1998年6月。
2. 墾丁國家公園管理處 <http://www.ktnp.gov.tw/>
3. 玉山國家公園管理處 <http://www.ysnp.gov.tw/>
4. 陽明山國家公園管理處 <http://www.cpami.gov.tw/ymsnp/ymsnhome.htm>
5. 太魯閣國家公園管理處 <http://www.taroko.gov.tw/>
6. 雪霸國家公園管理處 <http://www.spnp.gov.tw/>
7. 金門國家公園管理處 <http://www.kmnp.gov.tw/>
8. 國立台北科技大學土木系，「集水區親水及生態工法之建立」，經濟部水資源局89年度專案計劃，2000年。
9. 經濟部水資源局，「生態工法技術參考手冊」，國立台北科技大學水環境研究中心，2000年。
10. 李怡慧，「生態工程應用於校園水域設施之研究」，碩士論文，臺灣大學土木工程學研究所，2001年。
11. 林鎮洋、邱逸文，「自然生態工法之發展與推展」，土木水利半月集，2001年。
12. 陳鴻烈、許宏榮，「台灣林業」，25卷第四期，1999年。
13. 工商時報，1998年9月16日（作者）。
14. 陳秋楊，「生態工程與自然工法」，中國文化大學環境設計學院，2001年。
15. 呂良民，「生態城市規劃-以礁溪地區為例」，碩士論文，私立中原大學建築學系，2001年。
16. 周敏煌，中國時報，2002年1月8日。
17. 經濟部水資源局，「2001 近自然工法研討會」，國立台北科技大學土木系暨環境所，2001年。

18. 水環境研究中心，<http://www.ntut.edu.tw/>
19. <http://www.dortp.gov.tw/eb/ebook.htm>
20. 林憲德，「城鄉生態」，詹氏書局，1999年。
21. 水環境研究中心，「墾丁國家公園管理處八十八年度生態工程案例」，1999年。
22. 水環境研究中心，「玉山國家公園管理處八十八、八十九年度生態工程案例」，1999年。
23. 水環境研究中心，「陽明山國家公園管理處八十八、八十九年度生態工程案例」，1999年。
24. 水環境研究中心，「太魯閣國家公園管理處八十八年度生態工程案例」，1999年。
25. 水環境研究中心，「雪霸國家公園管理處八十八、八十九年度生態工程案例」，1999年。
26. 水環境研究中心，「金門國家公園管理處八十八、八十九年度生態工程案例」，1999年。
27. 郭一羽，「海岸工程之生態工法，水域生態工程講習會」，中華大學 2001年。
28. 陳有祺，「濕地生態工法，水域生態工程講習會」，中華大學 2001年。
29. 中國文化大學環境設計學院景觀學系，「流域河川生態設計準則」，行政院環境保護署，1995年4月。
30. 周文杰，「流域環境復育，水域生態工程講習會」，中華大學 2001年。
31. 楊朝平，「生態護岸力學行為解說，水域生態環境講習會」，中華大學 2000年。
32. 余文德、鄭紹材、林文欽，「生態工程之工程管理，水域生態工程講習會」，2001年。
33. 林鎮洋、邱逸文，生態工法概論，國立台北科技大學水環境研究中心，2002年。

英文書目

34. Mitsch&Jorgensn , S.E. , 1989 , Ecological engineering : An introduction to Ecotechnology , Wiley , New York.
35. 「多自然型川???? 取組????? 日」, 財團法人??????? 整備???? 編著, 1998 年。
36. 「多自然型川???? 考? ? 」, 財團法人??????? 整備???? 編著, 1997 年。

國家公園生態工法案例研究

摘要

近幾年來，台灣極力推廣生態工法，目前應用之範疇主要分為國家公園、風景區、城鄉風貌及災後地區之重建等，而應用類型則以河川工程較普遍。國家公園因地形環境特殊，擁有豐富的自然資源，為了不破壞其自然生態環境及景觀，與維護境內自然資源的永續利用，本計畫提出將生態工法的觀念應用於國家公園設施工程之興建，藉由歸納分析國內外生態工程之成功案例與經驗，探討生態工法應用於國家公園之類型及可能施做方式。

研究結果顯示：

1. 生態工法觀念的釐清、制度、規範與標準的建立、相關人員的教育等，對後續推動生態工法而言，是相當重要且刻不容緩的工作。
2. 國外生態工程因國家自然環境與資源條件不同，各國有其作法，並不一定適用於台灣。
3. 國內生態工法之案例大部分屬於溪流河川之整治、護岸與道路護坡工程，但由於各界對生態工法觀念認知的不同，在設計與施工上有很大的差異。
4. 規劃目的不同之工程，其生態工法應有不同之處理方式與作法。
5. 各個國家公園由於其自然環境與生態資源特色不同，因此在執行生態工法時，須考量自然資源與生態環境的特性，選擇適合之施作方式。

研究之建議如下：

1. 建構生態工法之執行模式
2. 建立國家公園之生態資料庫

ABSTRACT

In the past years, the ecological working methods have been adopted in construction of public works in Taiwan. Major fields for application of the ecological working methods including facility construction of national parks, recreation areas, reformation of city and county scenery, and reconstruction of Jiji earthquake. However, most ecological engineering examples constructed thus far have been found in river reconstruction and conservation. The national parks comprise of unique geological outline and plenty natural resources. The facility construction works of national parks should be performed with care in order not to damage the treasure natural scenery or disturb the sensitive ecological system. This research focuses on evaluating the applicability of the ecological working methods in national park facilities. Both the foreign and domestic ecological engineering case studies are collected and analyzed to provide applicable ecological working methods for the national park facility construction.

第一章 緒論

1.1 計畫緣起與目的

計畫緣起

台灣地狹人稠，近年來由於經濟快速發展，人口急遽增加，土地利用需求亦隨之增加，許多土地、河川及山林均受到過度、不當開發與使用，不但嚴重破壞了自然生態環境，更逐漸耗盡自然資源。因此，為了維護自然生態環境及天然資源，提昇國民生活品質，促進自然生態環境與天然資源永續發展，極需改變過去工程開發上的觀念，藉以覓尋人類與自然和平相處，重建與自然之間的平衡點，於是講求自然法則的「生態工程」即成為環境改造的重要途徑之一。

生態工程之觀念源自於德國及瑞士，近年來逐漸傳至各地。1989 年生態學家 Mitsch 首先提出生態工程 (Ecological Engineering) 之觀念，強調透過人為環境與自然環境之互動達到互利共生的目的。生態工程基本上是遵循自然法則，把屬於自然的地方還給自然，讓自然與人類共存共榮。生態工程所重建的近自然環境，期能提供各類生物棲息環境、治山防洪、水土保持、生態保育、景觀維護、環境綠美化及森林遊憩等功能。

目前國內推動生態工法以河川、溪流之整治居多，但生態工法之觀念可應用於更多與環境生態相關之領域，例如海岸整治、山林開發保育、國家公

園之興闢與災後重建等。

國家公園因地形關係，擁有豐富的自然資源，為了不破壞其自然生態環境、景觀與境內自然資源的永續利用，本計畫提出生態工法應用於國家公園工程設施興建之概念，歸納分析國內外生態工程之成功案例與經驗，藉以提供國家公園管理處於生態工法應用上之參考。

研究目的

本研究之內容為探討生態工法於國家公園之應用，其目的如下：

1. 歸納分析國內外生態工程之案例與經驗：

透過歸納比較國內外生態工程之案例，掌握生態工程之實施成果與成功經驗，分析個案之特性與優缺點，提供未來國家公園應用時之參考。

2. 探討生態工法應用於國家公園之類型：

根據各國家公園之特性與現況，藉由相關文獻與國內外之案例，探討生態工程應用於各國家公園之可行性，與實際執行之內容。

3. 分析生態工法應用於國家公園可能之方式與作法：

依據生態工法相關文獻與國內外案例之綜合比較分析，分析適用於國家公園之方式與作法。

4. 分析生態工法運用於國家公園開發及環境保育

時其規劃設計、施工與材料使用之原則：

根據各國家公園之特性與現況，並參考相關文獻與國內外之案例，分析生態工法運用於國家公園開發及環境保育時其規劃設計、施工與材料使用之原則。

1.2 研究內容與方法

1. 文獻回顧：

蒐集國內外生態工程與國家公園相關資料文獻，闡述生態工程與生態工法之定義及設計原則。經由相關研究文獻之迴溯，藉以掌握國內外學者在生態工程領域上的資訊，進而對過去歷程、現今形態及未來趨勢詳加認知，以確立研究的內容與方向。

2. 國內外生態工程案例綜合比較分析：

依據相關文獻及國內外生態工程成功案例與經驗，分析比較各個案例之特性、作法及優缺點。

3. 分析生態工法應用於國家公園之類型：

根據國內外案例綜合比較分析及文獻回溯，歸納適用於各國家公園生態工程之類型，如海岸、濕地、河川、護岸、道路與其他生態工法等。

4. 歸納生態工法規劃設計、施工與材料使用之原則：

依據相關文獻與案例的探討，歸納生態工法於規

劃設計、施工與材料使用之原則。

1.3 研究流程

本研究之流程如下圖所示：

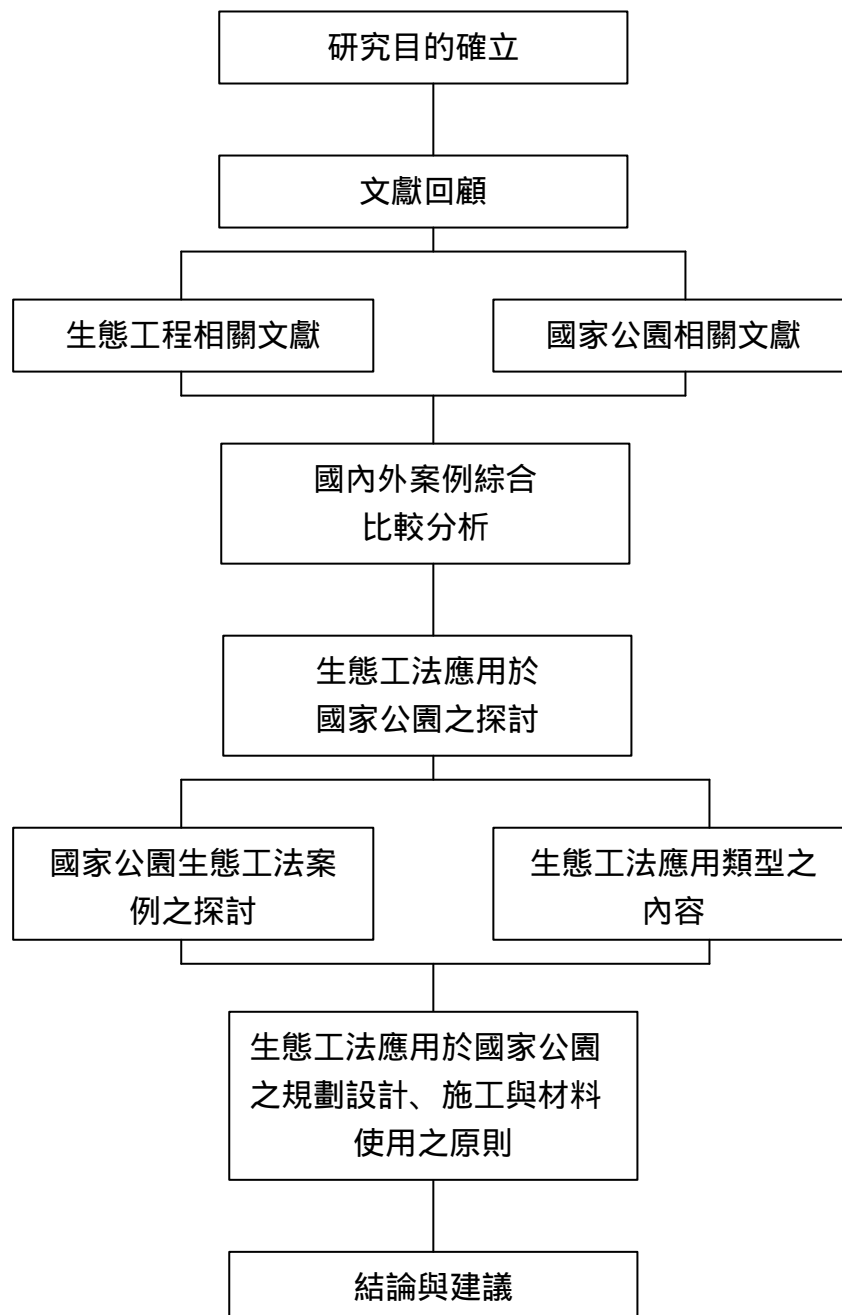


圖 1-1 研究流程圖

第二章 國家公園之分析

2.1 國家公園的意義與功能

2.1.1 國家公園之定義

國家公園顧名思義為具有國家代表性之自然公園，為人類近百年來對自然資源之稀少性與不可恢復性深切體驗而發起應予保育之地區。國家公園在於提供保護性的環境，保護國家特有自然風景、野生動物及人文史蹟；保存物種遺傳物質，供作生物基因庫；提供國民遊憩及繁榮地方經濟，並促進學術研究及環境教育，對於國民生活品質之提高，具有積極之作用。

自從美國於 1872 年成立世界第一座國家公園 - 黃石國家公園後，歷經近百年之演變，設立國家公園已成為先進國家推動保育自然資源與文化古蹟之一種文明運動，並為自然資源保育研究與遊憩使用上最高層次之利用方式。

依據我國國家公園法第一條及第六條之規定，國家公園為保護國家特有之自然風景、野生動物及人文史蹟，並提供國民之育樂及學術研究，其選定標準如下：

- (一) 具有特殊自然景觀、地形地物、化石及未經人工培育自然演進生長之野生動物或子遺動植物，足以代表國家自然遺產者。
- (二) 具有重要之史前遺跡、史後古蹟及其環境富

有教育意義，足以培養國民情操而由國家長期保存者。

(三) 具有天賦育樂資源，風景特異，交通便利足以陶冶國民性情，供遊憩觀賞者。

2.2.2 國家公園之功能

我國國家公園肩負著生態保育、學術研究、環境教育及遊憩育樂等多項特性，因此國家公園應具有下列功能：

(一) 提供保護性的自然環境：

國家公園地區具有成熟的生態體系，且常存有多樣性之生物群落，種類雖繁複，穩定性卻高。同時，由國家公園最高權宜機構直接有效地經營國家公園，具有保護自然資源，建立完整性的自然環境保護之功能。

(二) 保存物種及遺傳基因：

自然生態體系中每一階段的每一生物均是經過長期演替作用而遺存，無論是對於動物或植物，均須保持多樣性。因此國家公園具有保存自然資源及孕育豐富的生物基因庫之功能。

(三) 促進學術研究及環境教育：

國家公園除須保存原始自然資源外，其地形、地質、自然景觀，以及生活期間的動植物均

未經人為干擾或
改變，不僅提供學術研
究之

最佳環境，同時亦可作為最佳的戶外生態教室。並具有環境教育等功能。

(四) 提供國民遊憩及繁榮地方經濟：

由於現今社會經濟快速發展及工商繁忙，使得久居於緊張、煩囂都市中的國民，對於戶外遊憩的需求及品質要求更形於迫切，然國家公園負有獨特的自然環境資源及景觀，具有陶冶人性啟發靈感，且有助於國民旅遊品質之提升；同時，國家公園的設立，常於週邊交通便捷處有限度的開發，對於土地利用形式多有限制，除提供完善的旅遊服務外，並配合週邊地區之建設，非但提升週邊市鎮之經濟發展，亦隨促進服務事業之發展機會，提供就業機會，藉由上述諸多益處綜合促成地方經濟之繁榮。



圖 2-1 台灣地區國家公園分佈圖

【5】

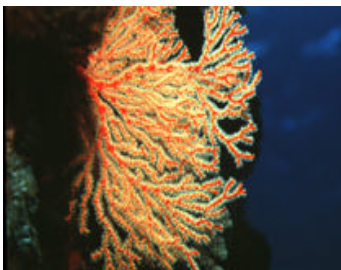
2.2 墾丁國家公園環境資源概述

墾丁國家公園於 1982 年成立，為台灣第一座國家公園，也是目前在台灣本島唯一兼具水域與陸域的國家公園。墾丁國家公園位於恆春半島，三面環海，具有多樣性的自然景觀，有發達的珊瑚礁地形，亦有孤立山峰、水潭、草原、砂丘等特殊地形、地物，同時在動植物方面亦是台灣樣本的寶庫，極具觀賞、遊憩、教育、研究的價值。

2.2.1 地理區位

恆春半島位於台灣南端、南迴公路以南的部分，墾丁國家公園則位於恆春半島南半部，其位置三面臨海，東面太平洋，南濱巴士海峽，西臨台灣海峽，北接恆春縱谷平原、三台山、滿洲市街、港口溪、九棚溪等，南北長約 24 公里，東西寬約 24 公里。

墾丁國家公園地理上屬於熱帶性氣候區，終年氣溫和暖，熱帶植物衍生，四周海域，海水清澈，甚少污染，因而珊瑚繁盛，多采多姿之熱帶魚群遨遊其間，本區遠離大都市，未受都市化之影響，人口甚少，自然景觀保存優良。



紅海扇珊瑚

2.2.2 旅遊資源現況

墾丁國家公園依據
台灣國家公園法將其計
畫區

砂島貝殼砂保護區

內之土地按其土地利用型態及資源利用特性，分為五區：

1. 一般管制區：指鄉村住宅、機關、學校、交通、農林牧業等用地。
2. 遊憩區：容許有限度的資源利用，興建適當遊憩設施，供遊客野外育樂活動的區域。如墾丁森林遊憩區、南灣、佳樂水、貓鼻頭。
3. 史蹟保存區：用以保存重要史前遺跡、史後文化遺址及有價值的古蹟的區域。如鵝鑾鼻燈塔和南仁山石板屋。
4. 特別景觀區：指無法以人力再造之特殊之天然景緻，嚴格限制開發行為的地區。如龍巒潭冬候鳥區、熱帶雨林、港口苗圃、大小尖石山、關山、白砂、風吹砂、社頂高位珊瑚礁群、佳樂水與貓鼻頭等沿海珊瑚礁地的湖礁岸等名勝。
5. 生態保護區：為提供生態研究，而予嚴格保護的區域生態系統。區內的生態系統因受到人為干擾較少，尚保存原始至狀態，棲息其中的生態種類繁多，且具代表性。如南仁山生態保護區、船帆石、砂島、龍坑等。【2】



2.2.3 生物資源

(一) 植物

墾丁地區屬

熱帶性氣候，且四季變化不

明顯，冬季落山

風強勁。由於氣候特性及豐

富的地形變化，孕育了不同

的植物生態相，植被則兼具了熱帶雨林，熱帶季風林及暖溫帶雨林之特色，植物種類將近一千餘種。

山地植物群落部份則可由水田、水埤形成的水濕生植物帶(野荸薺、李禾氏)、放牧地的草原植物帶(印度鴨嘴草)、迎風坡的灌叢植物帶(大頭茶、恆春石斑木、恆春楊梅)、植群最複雜的森林植物帶(穀斗科植物)成多樣化的植物景觀。而其中南仁山區的季風林是台灣僅存的低海拔原始林，完整的船帆石香蕉灣海岸森林可觀察海岸植物的不同演替過程，墾丁森林遊憩區中，最珍貴的為珊瑚植物熱帶林季風林形成的混淆林等，都是極待保護的植物資源。

(二) 動物資源

由於植物相的複雜，野生動物種類繁多

育工

，其中爬蟲類、
兩棲類(百步蛇、龜殼
花、赤
尾青竹絲、龜
類、蛙類)共約 59 種，哺
乳類(台
灣獼猴、野兔、
白鼻心)約 15 種，淡水魚
類約
21 種，蝴蝶(黃裳
鳳蝶、大紅文鳳蝶、黑
點大
白斑蝶)約 216
種，及鳥類 290 種(約 70
種為
本省留鳥，餘為
候鳥)為最多。

秋季迄次年
春末，大批候鳥過境或
棲息
過冬，較具代表
性者如國家公園提供安
全自
然的棲息、過境
環境實為刻不容緩的保

作。

(三) 海洋生物資源

在國家公園的陸域範圍中，除了地形地

質及生物等資源外，境內的水體所構成的湖

沼、河川等淡水生態系統，即再成一體系，

並蘊涵著多樣的自然資源。在墾丁國家公園

境內的淡水水域，雖然周遭的海域有限，但

是也棲息不少魚、蝦、蟹類等水生動物。目

前已知可在淡水中生活的原生種魚類，包括

鱸鰻、鯛魚、七

星鯉等。沿岸地區更有珊瑚

生長，種類達 236 種之多，500 種以上的珊瑚礁魚類悠游其間，百餘種的貝類及藻類。

2.2.4 人文史蹟

墾丁國家公園內不僅自然景觀資源豐富，也有許多而且值得珍惜的文化資產。目前發現的史前遺址計有六十餘處，其中以墾丁及鵝鑾鼻史前遺址最具代表性。

墾丁史前遺址中發現的石板棺(據今約 2,000 ~ 5000 年)，約在民國 45 年即發現，包含舊石器時代的先陶文化及新石器時代的彩陶文化及素面陶文化。而近代文化如南仁山排灣族石板屋及鵝鑾鼻燈塔，亦是值得加以保存的史蹟。

南仁山石板屋遺址



麗寶島」之稱，玉山的美更是台灣特殊、少有而不可取代的高山自然景觀之最，清代所見歷史遺跡 - 八通關古道可為歷史作見證。1979 年行政院通過「台灣地區綜合開發計畫」，將玉山地區核定為國家公園預定地之一，為自然資源保育工作暖身。後於 1985 年成立玉山國家公園，更進一步將保育工作付諸行動。

2.3.1 地形地質資源

玉山山塊係歐亞大陸板塊與菲律賓板塊相互擠撞而隆起之高山，群峰兀立，位於台灣的屋脊，壯偉瑰麗，氣勢磅礴。國家公園區中央山脈之馬博拉斯山、秀姑巒山至關山、新康山均屬亞變質板岩系之畢祿山群更是名聞遐邇的美麗大山。劇烈切割地形的結果，使玉山山脈及中央山脈成脊狀分水嶺，十字狀稜脊高山西流向源侵蝕作用，形成八通關、塔塔加、觀高分水嶺景觀，地形作用而形成河川襲奪至分水嶺移動，河流源頭圈谷景觀、崩塌地景觀及斷崖景觀，以八通關河川侵蝕形成金門峒大斷崖最著名。玉山風口段碎石則說明地形變遷之現象。

玉山國家公園居台灣中央，地質由東至西包含

2.3 玉山國家公園

環境資源概述

東南亞第一高峰，海拔 3952 公尺高的玉山山峰，四周由東峰、北峰、西峰、東小南山等群峰環繞，崇山峻嶺，雄偉壯麗。台灣素有「美

畢祿山群、變質板岩系之新高群。由於受板塊運動的影響，岩層脆弱，斷層、節理、褶皺等地質構造非常發達，是極佳的地質觀察點。

2.3.2 遊憩資源現況

(一) 塔塔加遊憩區

塔塔加地區，向東可眺望玉山主、連峰之高山景觀，往西隔神木溪與祝山、塔山山脈相望，清晨、傍晚在山壑間常有雲海、山嵐形成，在入冬之際，附近山區台灣紅榨槭變紅時，楓紅景色在翠綠森林中，更顯得嬌艷美麗；在春分清晨季節，山間林中盛開的森氏杜鵑白裡帶紅的花朵為大地添粧了彩衣。區內常見的動、植物資源包括有台灣獼猴、帝雉、金翼白眉、阿里山龍膽、台灣紅榨槭、玉山假沙梨、毛地黃等。玉山國家公園為提供國人賞景、健行等遊憩活動，在塔塔加地區規劃一處遊憩區，開闢步道系統、設置遊客服務中心、配合解說員、各項牌示、多媒體等解說設施，讓遊客享受一趟有意義的國家公園生態之旅。

(二) 梅山遊憩區

梅山遊憩區為南橫公路進入玉山國家公



阿里山龍膽



毛地黃

變質岩基盤之大南澳雜岩、亞變質板岩系之廬山群、亞變質板岩系之



提供

台灣百合



紅毛杜鵑



台灣黑熊



五色鳥



高身魚

園之門戶，以梅
山口地區為規劃中心，

遊客解說服務，梅山遊憩區內主要景觀據點有中之關山越嶺島、天池、大關山(垵口)隧道、檜谷及南部橫貫公路沿線景觀據點等，遊憩設施相繼完成後，遊客逐漸增加，目前已成為新興熱門遊憩路線。此區主要常見的動、植物資源有山羌、黃鼠狼、冠羽畫眉、紅毛杜鵑、台灣百合、虎杖等供遊客觀賞。

(三) 南安瓦拉米遊憩區

從登山口到瓦拉米這段健行步道，大致係沿日據時代所開闢之八通關越道而行。整條步道平緩並沿著拉庫拉庫溪谷而上，一路上而見保存完整的中低海拔闊葉林相及杉木造林地，鬱閉良好，並孕育有豐富的動、物資源，包括有台灣黑熊、白鼻心、白面鼯鼠、台灣野豬、五色鳥、高身魚、咬人貓等。鳥聲鳴啾，蝶影相隨，健行其間，不但可體會先人開山拓路之艱辛，更可充分享受與大自然物我交融的美妙感受。主要景觀據點有南安瀑布、山風瀑布、佳心、喀西帕南紀念碑、黃麻溪谷、瓦拉米等。【3】

2.3.3 生物資源

(一) 植物

玉山國家公園地形特殊，有 30 多座山

達 3000 公尺以上，而 2000 公尺以上之地區佔了 2/3，海拔高差達 3600 公尺，並具峽谷、斷崖、風口等地形；氣候多變，具有暖、溫、寒三型，因此植物種類繁複，面積雖僅為台灣的 3%，卻包含了半數以上的原生植物，可概分為高山寒原與森林兩種植物群系。

1. 高山寒原：

分佈於區內之玉山山塊，及中央山脈之馬博拉斯山、秀姑巒山、關山等 3600 公尺以上的地區，植物多匍匐生長，多年生草本植物則以地下根、莖過冬，苔蘚、地衣到處繁生。在寒原下部與森林界線鄰接處，玉山圓柏、玉山杜鵑等木本植物因受強風重雪影響，多為匍匐狀灌叢，稱為矮盤灌叢；而近稜線處則是開放式的草本群落或裸地。而每年六月至八月則是本區的花季。

2. 森林：

國家公園區內雨量豐沛，雖有乾濕季之分，但乾季時仍有相當的降雨，且濕度極高，因此形成面積廣大的森林，並依海拔高度，區分為亞高山針葉樹林、冷溫帶山地針葉樹林、暖溫帶山地針葉樹林，暖溫帶雨林及熱帶雨林等五種群系。

(1) 亞高山針葉樹林：

高山寒原下方至 3000 公尺之處，此帶的土壤發育較高山寒原良好，但因坡度陡斜，又受

強風暴雨侵蝕，僅坡緩的谷地有玉山圓柏林與冷杉林生長，林下除遍布高及人頭的玉山箭竹外，尚有杜鵑、高山薔薇等灌木。

(2)冷溫帶山地針葉樹林：

分佈於海拔 2500 至 3000 公尺之間，此帶林以鐵杉林及灌木及草類雲杉林為主。

(3)白木林與草原：

在冷杉林、鐵杉林分佈區內，常可見到大面積的玉山箭竹、高山芒草坡，這是因火燒或原始林木遭砍伐後的結果，著名的八通關草原、鹿林山草坡地均是。

(4)暖溫帶山地針葉樹林：

在冷溫帶山地針葉樹林的下方至 1200 公尺間，本省紅檜、扁柏、臺灣杉、紅豆杉等珍貴木均生育於此。

(5)暖溫帶雨林：

分佈於玉山國家公園 2100 公尺至 900 公尺間，以樟科及殼斗科的植物最多。結構可分四層，藤本及著生植物甚多，而陰濕的樹幹都為苔蘚、蕨類所包被。其中以胡桃純林、野生蘭極具研究及觀賞價值。

(6)熱帶雨林：

僅分佈於東部拉庫拉庫溪谷之 900 公尺以下之地區。此區氣候高溫而多雨，大部分由常綠闊葉樹組成，目前以次生林、或芒草、茅草



山羌



台灣獼猴



冠羽畫眉



帝雉

、莎草、菊科之草地期或灌木期為多。

(二) 動物

玉山地區由於氣候、地形富變化，大部分地區爬蟲類 10 餘種，兩生類、蝴蝶約 180 餘種，動物種類繁多而完整。本區哺乳類動物約佔台灣哺乳類總數 45%，著名的大型動物有長鬃山羊、水鹿、台灣野豬、山羌、台灣獼猴、台灣黑熊等，數量達全省之冠。其中不乏台灣特有種，包括台灣獼猴、台灣森林鼠、高山白腹鼠等。兩生類中台灣山椒魚、楚南氏山椒魚均為本省特有種。鳥類種類複雜，幾乎包括台灣森林中的候鳥，其中約有 15 種台灣特有種，藍腹鵲、帝雉，已被列為稀有動物，需特別加以保護。海拔 3000 公尺以上高山草原帶鳥類較少，常見的有岩鷲、酒紅朱雀、鷓鴣、火冠戴菊鳥；1500 公尺至 3000 公尺之高山針葉林的星鴉、煤山雀、金翼白眉、阿里山鳩等。闊葉林帶豐富的覓食和棲息環境更是賞鳥的最佳場所。台灣地區共有約 396 種蝴蝶，堪稱「蝴蝶王國」，玉山地區則以東埔溫泉附近最多。塔塔加鞍部及八通關至東埔間之古道，受益餘地形與食物供應充足之關係，蝴蝶大批出現如「蝶道」極具觀賞及研究價值。

2.3.4 人文史蹟

根據史料記載及實地調查，玉山地區的歷史發展大致以八通關古道修築為前後分界點。古道開闢前，主要人文景觀為山林溪谷間高山原住民特殊的生活習慣及風俗為主。古道是自清代闢建後，漢人始得屯墾東部地區。

(一) 八通關古道



八通關古道之開闢可追溯至清同治十三年(西元 1874 年)欽差大臣兼督辦防務沈葆楨稽查全省形勢，擬開橫貫台灣之山路，以便東西呼應，便利發展，因而奏請開山撫番，由清兵將領吳光亮督其二千餘人予以闢建，全程共 265 華里 (約合 152.6 公里)。日人據台時期加以整修，是為當時台灣中部主要東、西聯絡道路。其後，因大分及喀西帕南事件，日人關閉清八通關古道。目前尚存清古道營及路段僅樂樂、觀高等舊址及東埔至樂樂間古道，主要設施僅餘砌石牆、黏板岩、石階等，亟待進一步調查及研究保存之方法。



布農族人

(二) 原住民族

玉山國家公園區域內，目前只有兩個村落，一個是南投縣信義鄉的東埔村一鄰，另一個是高雄縣桃源鄉的梅山村，這兩個村落幾乎全為布農族人所居住。目前南投、高雄

的山地至中央山脈以東的花蓮、台東境內的山腳地帶均有布農族人，他們的活動範圍幾乎遍布了整個中央山脈，是臺灣原住民中活動力最好、伸展力最強，也是最能適應高山氣候的一族。傳統的布農族部落沿溪而築，部落與部落之間後分散，並以部落為自治單位，所有重要的事情均由部落舉行會議，再交由部落首領來執行。但有關戰爭、部落防衛的事情，則另推一軍事首領來決定。歲時祭典在傳統聚落中佔著極重要的地位，幾乎一年中的每個月均有祭典舉行。他們依據月亮的陰晴圓缺，配合植物的生長及週遭環境，來訂定每個月的祭儀之事，其中以祈祀狩獵、豐收的打取祭是全年中最盛大的祭典。歌聲在布農族的生活中也是極為普遍的。他們不僅在日常生活中以歌聲相呼應來替代語言，也在祭典中以歌謠表示崇敬之意。他們的日常生活用品大都取自於大自然，例如利用苧麻做為織布的材料、皮衣皮革製品則取自長鬃山羊、水鹿、山羌皮等獵獲物，至於背簍、背帶、置物器，則以藤、竹或木頭編織、剝製而成。

2.4 陽明山國家公園資源概述



陽明山國家公園成立於 1985 年，園內主要自然景觀特色包括由於火山活動所造成的錐狀或鐘狀火山體、自中央向四周輻射的放射狀水系，以及出現在火山斜坡上或山腳下日夜噴流不息的硫氣孔和溫泉；富礦物質的火山土壤和台灣島北端的地理位置及氣候條件。陽明山國家公園海拔從 200 公尺到 1,200 公尺，分佈有高草原、矮草原、暖溫帶常綠闊葉林、亞熱帶雨林與水生植物群落，並孕育著豐富的、生生不息的動植物。

2.4.1 地理區位

陽明山國家公園位處台北盆地北緣，東起磺嘴山、五指山東側，西至向天山、面天山西麓，北迄竹子山、土地公嶺，南迄紗帽山南麓，面積約 11,455 公頃。行政區包括台北市士林、北投部份山區，及台北縣淡水、三芝、石門、金山、萬里等鄉鎮之山區；海拔高度自 200 公尺至 1,120 公尺範圍不等。

2.4.2 遊憩資源現況

(一) 大屯地區

大屯地區主要包括大屯自然公園、菜公坑山、蝴蝶花廊、二子坪、賞鳥步道、大屯山等地區。大屯自然公園位於大屯山的西北方山腰，101 甲縣道（百拉卡公路）旁，海拔高度約 800 公尺，以植生復舊所形成之自然公園、暖溫帶闊葉林和火山錐體最具特色。

(二) 小油坑遊憩區

小油坑為一處火山爆裂口，位於七星山的西北麓，由陽金公路的小觀音站右轉可達觀景步道，海拔約 805 公尺，以「後火山作用」所形成之噴氣孔、硫磺結晶、溫泉及壯觀的崩塌地形最具特色。

(三) 冷水坑地區

冷水坑位於七星山東麓，介於擎天崗與夢幻湖之間，為山仔后通往擎天崗草原必經之地。全區屬於窪地地形，原是昔日七星山和七股山的熔岩流堰塞而成之湖泊，後因湖水外流乾涸，湖底露出而成今日之景觀。

(四) 龍鳳谷、硫磺谷遊憩區

本區位於陽明山國家公園的西南側，包括北投區石壇路與泉源路間的硫磺谷，以及泉源路與南磺溪間的龍鳳谷，面積約 30 公頃。硫磺谷位於中正山南麓的一片草原邊，

谷地長約 1 公里，寬約 150 公尺，谷內熱氣

滾滾，白煙繚繞，一縷縷自谷地升起，是北投溫泉的源頭，國家公園管理處在此設有免費停車場、涼亭、解說亭、眺望平臺、野餐桌椅及公廁。龍鳳谷地處紗帽山西側的溪谷中，也就是紗帽橋鳳凰溫泉的北面，與鳳凰溫泉只有一嶺之隔，設有許多溫泉浴室。本區舊名大磺嘴，為清人郁永河採硫遺址，有豐富的地質地形及人文景觀。冬季山區陰雨綿綿時，本區因地處背風面，天候狀況較其他遊憩區為佳，值得一遊。

（五）擎天崗地區

擎天崗為竹篙山之熔岩向北噴溢所形成的熔岩階地，由於地勢平坦，日據時代曾植草設立大嶺牧場，放牧牛隻，目前草原主要由類地毯草及假柃木等組成，為遊客最佳踏青去處。

（六）陽明書屋

「陽明書屋」於 1997 年 9 月 26 日，自中國國民黨中央黨史委員會捐贈內政部轉交陽明山國家公園後，為提供社會大眾一處充滿知性及文化內涵的遊憩場所，經過長時間的規劃後，於隔年 6 月 27 日起正式對外開放，並採精緻導覽方式由專人解說，以使參

訪者對先總統
蔣公晚年曾留下許多生



有另一番的深
思。



中興路順坡蜿蜒而上，這條
「總統路」旁，在面積約 15 公
頃的綠地上，座落了一幢面積約有 300 坪的綠
色建築物，這原名為「中興賓館」的房子完工
於 1960 年，為一坐南朝北二層樓中國庭園式
建築，為先總統 蔣公在台所建最大亦是最後
之行館，做為避暑及招待中外貴賓使用之場所
。

2.4.3 生物資源

(一) 植物



本區維管束植物種類多達 1200 餘種，
整體植物社會受火山地質及東北季風之影響
深遠，冬半季的低溫、高濕特質，造成部份
原本棲生於 2000 公尺中海拔的植物，如台
灣龍膽、昆欄樹在此有海拔分佈的「北降現
象」。本區植物景觀大致可分為水生、草原

及森林植被三大



池為主要分佈區，而以水毛花、針藺、葶薺、燈心草等較為常見，「台灣水韭」更為本省特種，且僅生存於本區。



2. 草原植被：包籜矢竹及五節芒為本區草原景觀之主要植被，廣見於 600 公尺以上地區。



硫磺

3. 森林植被：以樟科植物為優勢種，如紅楠、大葉楠等，其他如楊桐、昆欄樹、墨點櫻桃

亦極為常見。隨著季節的更迭，本區的植物亦會更換多變的外衣，值得您慢慢品味。

(二) 動物

陽明山國家公園多樣的地形及繁茂的植

被，提供了各種動物絕佳的覓食、活動和棲

息場所，進而孕育了豐富的動物群聚。

根據

調查，目前園區至少有哺乳動物 18 種，鳥

類 110 種，兩棲類 21 種、爬蟲類 40 餘種

、蝶類 160 種左右。本區的中型哺乳動物以

赤腹松鼠、台灣野兔、鼬獾及台灣獼猴族群

數量較多，穿山甲與麝香貓僅偶可見之，而

台灣獼猴與台灣

小葉鼻蝠更是本區之特有種

。以鳥類來說，除低海拔常見的粉紅鸚嘴、繡眼畫眉、竹雞和五色鳥等優勢鳥種外；少見的台灣特有種—台灣藍鵲於區內不難見到；每年秋季的十月及春季的三月，因為候鳥過境的關係，是本區鳥種最豐富的月份，尤以赤腹鵝、樹鵝最為易見；屬夏候鳥的家燕、牛背鷺與中杜鵑，在每年的四月至九月，則常見於冷水坑、小油坑地區，而中杜鵑更廣佈於全區山林。

在兩棲類動物中，以台北樹蛙、澤蛙、長腳赤蛙、盤古蟾蜍等族群量較大；爬蟲類中，則以黃口攀蜥、印度蜓蜥、麗紋石龍子、赤尾青竹絲、花浪蛇、紅斑蛇及青蛇等較為常見。

的壯

觀景象；除了斑蝶類外，引人注目的鳳蝶，本區亦有多量分佈，而以大鳳蝶、大紅紋鳳蝶、烏鴉鳳蝶和黑鳳蝶較為易見。夏日的蟬、秋夜的螽蟴和其他數以千計的昆蟲，更豐富了陽明山國家公園的生態環境。

2.4.4 歷史與人文

陽明山原名「草山」，當時泛指大屯山、七星山、紗帽山所圍繞的山谷地區。清光緒二十年，「草山莊」隸屬淡水廳芝蘭堡；日據時期屬台北縣、台北市；光復後，於 1949 年成立「草山管理局」，1950 年，因應地方人士建議，為紀念明代哲學大家王陽明；改名「陽明山管理局」。1968 年台北市升格為院轄市時，本區部份劃入台北市北投區，「陽明山」一名仍沿用至今。

陽明山地區每屆
春、夏季之五月至八
月，常見

炫麗斑斕的蝶群
出現在不同類型的環
境，尤其

面天山及大屯山
山區之青斑蝶類，更常
成百上

千地隨著氣流日
日重覆上演著群蝶飛舞

早期硫磺是製造火藥的主要原料，因此，硫磺礦產甚豐的陽明山區發展史乃併隨硫磺的開採而展開。日據時代，日人在此廣植黑松、相思樹，並開闢溫泉，興建公共溫泉浴室，為本區初現觀光資源利用之始。今日，陽明山區的農業活動已趨沒落，代而起之的是極具產業觀光功能的花卉栽培等精緻農業。【4】

2.5 太魯閣國家公園資源概述

太魯閣國家公園成立於 1986 年，座落於花蓮、台中及南投三縣。其範圍以立霧溪峽谷、東西橫貫公路沿線及其外圍山區為主，包括合歡群峰、奇萊連峰、南湖中央尖山連峰、清水斷崖、立霧溪流域及三棧溪流域等，全部面積共計 92,000 公頃。

2.5.1 地理區位

太魯閣國家公園位於台灣島的東部，西臨雪霸國家公園與北部的陽明山國家公園、南部的墾丁國家公園及中部的玉山國家公園各據一方，各有特色。太魯閣國家公園境內地勢高聳，大致由西部的脊梁山脈向東傾斜，其間山巒起伏，2,000 公尺以上的山區面積約佔全境之半，其中有將近六分之一的面積為 3,000 公尺以上的高峰所據。這些高山氣勢雄偉，躋身「台灣百岳」者即達 27 座之多。太魯閣國家公園中高山突兀，峽谷深邃，奇景美不勝收，為本國家公園最具特色之處。



2.5.2 遊憩資源現況

(一) 太魯閣遊憩區

立霧溪下游台地上，蘇花公路往花蓮方向與中橫公路東向起點的交會處，為本國家公園之東部入口。為國家公園行政中心、太魯閣遊客中心、國家公園警察隊隊部及員工宿舍所在，是太魯閣國家公園全園經營管理的樞紐，也是遊客要了解太魯閣國家公園的第一站。

(二) 蘇花遊憩區

清水斷崖 - 形成是因為這裏的地質上主要是以大理岩與片麻岩為主，這些岩石的岩性均是緻密或堅硬而不易崩落，故能維持陡峭壁立的山壁，加上台灣東部的地殼隆升快速，造成在短距離內即急速拔升的情形，也因而造成了台灣八景之一。崇德步道位於蘇花公路上，距太魯閣約 8 公里的地方（台九線 182 k 處），步道入口處即在崇德隧道北口觀景平台旁；雖是一條短程步道，但只要有心欣賞，仍可做一次知性與感性的豐富之旅，在觀景平台與步道沿線均設置了資源解說牌，遊客可從其中獲得有關此地植物或景觀的說明。



(三) 布洛灣遊憩區

布洛灣距太魯閣約 9 公里，位於中橫公路 180 公里處，溪畔隧道旁有一寬大叉路蜿蜒上

行 2 公里即可抵達。昔為泰雅族部落所在的布

洛灣係泰雅語音譯，意指「回音」。海拔 370



公尺的布洛灣年均溫 21.5 度。南依塔山，北臨立霧溪，是一處雙層的高位河階，生態資源豐富，其間分佈著熱帶季風雨林的植物，如茄苳、大香葉樹、大葉楠、雀榕、山棕等。綠意盎然的山林，蘊育許多動物，小如蝴蝶、昆蟲，大如松鼠、飛鼠、台灣獼猴，此外還有大冠鷲、烏頭翁、綠繡眼等近 20 種常見鳥類，極適合從事自然觀察活動。

(四) 綠水遊憩區

綠水步道 - 本步道長約 2 公里，為合歡越嶺古道的一部份，目前連接綠水至合流台地，泥土路面，路況良好，沿途有林蔭、小橋、流水、隧道及各種動植物景觀，陡峭處並設有護欄。沿步道而行，居高望下，不受車輛干擾，悠然漫步青山綠水間。如以從容的步伐，由綠水出發，約需 60 分鐘，可至步道終點合流附近，沿途設小解說站牌，徜徉一趟知性之旅。

(五) 天祥遊憩區

天祥位於立霧溪流域的河階地上，塔次基里溪與大沙溪在此匯流。天祥地區除可欣賞到



輕且岩

層較鬆軟的綠色片岩、黑色片岩、千枚岩等。

(六) 合歡山遊憩區

合歡冬雪：

合歡山和南湖大山同為台灣

冬雪最深的地區，但因合歡山交通便利，一般人可以直接開車到達，所以成為台灣最著名的滑雪、賞雪勝地。合歡山冬雪的成因是由於朔蘭陽溪和立霧溪谷上升的兩股氣流，在合歡山匯集盤桓，一有寒流逼近，便會造成降雪，冬季積雪常可厚達 1 公尺以上，是全台唯一的天然滑雪場。

高山草原：合歡山一帶連綿青翠的「草坡」，長的不是草，而是玉山箭竹。玉山箭竹屬禾本科植物，在背風、土壤肥沃的林下

可超過 2 公尺高，若是生長在風大的山坡，

就形成低矮如草的狀態了。由於高山生長條

件惡劣，加上箭竹本身根系發達，緊密地盤

據，不容其它植物侵入，形成大片茂密的「

草坡」。(5)



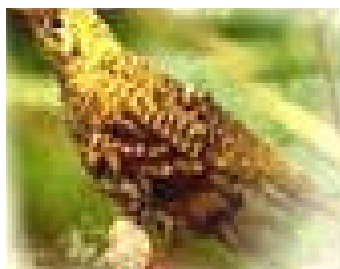
2.5.3 生物資源

(一) 植物

在太魯閣國家公園區域內的高山，雖然

基盤相連，山頭卻各自獨立聳入雲霄，就生

物學的意義而言，代表許多具有生殖隔離作



用的高山島嶼，各個生物小島復由不同的環境因子，操縱演化的天擇壓力，促進種化的作用，逐次篩選出其獨特的物種與生物相。

南湖大山優越的地理、地形條件，加上長達

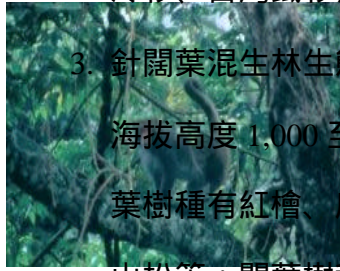
四個月以上的雪期，有利於高山植物的保存

，而使種類達 110 種之多，此數亦幾乎涵蓋本省絕大多數的種類。故南湖大山的高山植物與山地石灰岩區的植被景觀實為太魯閣國家公園兩個最具代表性的植物景觀。

1. 高山寒原生態系：本生態系分佈於國家公園 3,500 公尺以上之高山，有玉山圓柏、玉山小蘗、玉山當歸、高山杜鵑、南湖柳葉菜等高山常見植物。

2. 針葉林生態系：本生態系分佈高度由 2,000 公尺至 3,000 公尺之間，主要樹種以

冷杉、台灣鐵杉為主。



3. 針闊葉混生林生態系：本系分佈於國家公園海拔高度 1,000 至 2,000 公尺之高山，主要針葉樹種有紅檜、扁柏、台灣杉、巒大杉、華山松等；闊葉樹種則以殼斗科及樟科植物為主，如森氏櫟、狹葉櫟、長尾栲、三斗石櫟豬腳楠、霧社木薑子、玉山灰木等。



4. 闊葉林生態系：分佈在海拔 1,500 公尺以下本系植物種類繁多，每百平方公尺範圍內，高等植物約有 40 至 80 種，通常以殼斗科、樟科及桑科植物為第一層優勢，常見種類有

青剛櫟、大葉楠、稜果榕等。林下則有小葉白筆、檜木屬、茶屬、灰木屬、台灣八角金盤等。而地被植物則以台灣鱗毛蕨、蘆山石葦、生根卷柏、假複葉耳蕨、根節蘭為最常

豐富。據初步的調查，至少有哺乳類 34 種（特有種占 6 種）；鳥類 144 種，約有百分之八十的留鳥可以在此發現，並包含台灣地區所有的 14 種特有種鳥類；兩棲類 13 種（特有種占 3 種）；爬蟲類 28 種（特有種占 3 種）；其中哺乳類、兩棲類和爬蟲類均占台灣地區各類動物之一半以上。溪流魚類 17 種（特有種 2 種）；昆蟲 912 種（特有種 28 種），貝類(含陸生蝸牛)18 種；淡水蝦 13 種；蟹類 6 種(其中之台灣絨螯蟹[俗稱青毛蟹]為台灣東部特有種類)。

太魯閣國家公園動物資源繁多，其中以山椒魚、長鬃山羊、酒紅朱雀、金翼白眉、雪山草蜥、黃鼠狼、台灣森鼠、高山白腹鼠、高山豌豆蚬、石蠶蛾、蜻蜓、鴛鴦、赤腹松鼠、台灣條紋松鼠、台灣獼猴、帝雉、藍腹鵲、環頸雉等為園中最具代表性之動物。【5】

見。



(二) 動物

由於生態環境的歧異甚大且人為破壞少



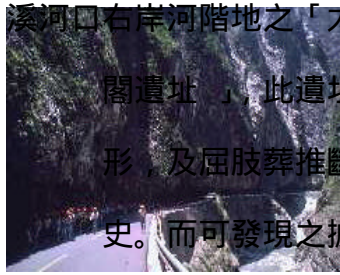
都相當

2.5.4 人文史蹟資源

太魯閣國家公園人文史蹟主要可分為史前遺址、泰雅文化及古今道路系統。

一 史前遺址

溪河口右岸河階地之「太魯閣遺址」，此遺址單石與石板棺混合出現情形，及屈肢葬推斷年代約有二、三千年之歷史。而可發現之據點大致有布洛灣，西寶希達崗、巴達崗、山里陶賽等地。



達崗、巴達崗、山里陶賽等地。

二 泰雅文化

泰雅族分為泰雅與賽德克二亞族，其中賽德克又分成東賽德克與西賽德克二群，居於太魯閣一帶的是東賽德克群。距今約 250~300 年間，原居於濁水溪上游的泰雅人在狩獵途中，發現中央山脈東側的廣闊原野，於是相率越過群峰，進入立霧溪河谷定居。截至目前為止，園區發現的舊部落遺址達 79 處，其社址分佈遍及立霧溪主流及各支流兩岸。

在泰雅族的文化傳統方面，其生計以山田焚墾的農業為主，兼有狩獵、捕魚及採集。目前部份山地保留地尚種植粟、黍、甘藷及陸稻。而黥面、獵頭是過去泰雅族的獨特習俗，皆表成年之意，然現此一習俗已消失。泰雅族之紡織、麻織、及木器、編竹、製革、結網等手工藝精巧細緻，居諸原住民族之冠。

三 古今道路系統

蘇花公路至今已有一百多年歷史，自和



位於太魯閣

閣口發現七處史前遺

址，最

著名市位於立霧

清水斷崖雄偉景觀之道路，

早期由清人修築步道，日人改築為公路，並於 1932 年完成隧道工程而正式通車，時稱『臨海道路』，即今蘇花公路前身。

合歡越道路為民國初年台灣中央山脈中段東、西間之聯繫要道，與「能高越嶺」齊名，據初步調查，此一古道可能是百餘年來，泰雅族部落為遷徙、禦敵、山墾等原因而行走於立霧河流域平坦階地間之獵路遺跡貫穿而成。1956 年 7 月起開築之東西橫貫公路，大致沿合歡越嶺古道而建，現僅餘巴達崗起至荖西溪止之 16 公里舊道。其他尚餘現稱「錐麓大斷崖古道」，和天祥以西至碧綠神木的「立霧溪掘鑿曲流古道」二條主要古道。其餘古道如「合流 - 海鼠山 - 蓮花池」、「迴頭彎 - 山里社 - 陶塞」和「迴頭彎 - 九梅吊橋 - 蓮花池」等。

最為著名的人文景觀是中部橫貫公路，且為國內唯一具規模的國家景觀道路。本公路於 1956 年 7 月開工，在 蔣總統經國先生的領導下和榮民們，歷經三年十個月，於 1960 年五月完工通車。其主線東段起自太魯閣閣口，溯立霧溪而上，經長春祠、溪畔、靳珩橋至天祥，再沿陶塞溪左岸至文山迂迴山腰，經西寶、洛韶、古白楊、慈恩、碧綠、關原、大禹嶺至東勢，是目前太魯閣國家公園之主要道路。

仁至太魯閣屬於

2.6 雪霸國家公園環境資源概述

雪霸國家公園成立於 1992 年 7 月 1 日，是台灣第五座國家公園，園區範圍包括苗栗縣、台中縣及新竹縣，屬高山型國家公園。國家公園的主管機關為內政部營建署，依據國家公園法，國家公園應積極推動資源保育、研究、育樂及永續經營之業務。

2.6.1 地理位置介紹

雪霸國家公園位於台灣本島之中北部，境內高山林立，景觀壯麗，由大安溪河谷海拔 760 公尺至 3,886 公尺的雪山主峰，高差達 3,000 多公尺，自然資源極為豐富，屬高山型國家公園。

園區範圍以雪山山脈的河谷稜線為界是為主軸，東起羅葉尾山，西迄東洗水山，南至宇羅尾山，北抵境界山，範圍涵括新竹縣五峰鄉和尖石鄉、苗栗縣泰安鄉、台中縣和平鄉，總面積達 76,850 公頃。【6】

2.6.2 園內現有自然環境資源



褶皺

雪霸國家公園區內出露的岩層為第三紀始新世至中新世輕度變質岩，變質程度由東南向西北漸減，岩類包括砂岩、頁岩及頁岩變質後的板岩為主。由於受到來自東南方的菲律賓海板塊在台灣東部與歐亞大陸板塊相撞的影響，褶皺及高角度逆斷層為常見的地質構造，而褶皺軸面及斷層面大多呈東北、西南走向且均呈突向西北的弧形。

雪霸國家公園範圍內河流的主要分水嶺是由大霸尖山南伸到大雪山的脊，以及由布秀蘭山向東延伸的支脈(武陵四秀)，這人字狀的稜線及西北側山脈將河流分屬四個流域：東北方為淡水河的集水區，東側為蘭陽溪的源頭，南部為大甲溪的源頭，西北隅為大安溪流域。台灣由於地狹人稠，且地勢陡峻，缺乏大型的湖泊貯水，因此民生及灌溉用水都仰賴水庫儲水供應，使得高山集水區的水源涵養及水土保持顯得格外的重要。

由於雪霸園區幅員廣大，氣候上涵蓋暖溫帶、冷溫帶及亞寒帶，氣候形態主受山區地形稜脈分佈與溪谷水氣之影響。

以氣象分區而言，可分為二種氣候型：

- (一) 西北山區：雪山主峰以北地區，包括大安溪流域及大漢溪上游，主要受西南季風影響、颱風及豪雨之影響，年雨量約 2500 公釐以下。
- (二) 中部西側山區：雪山主峰以南，思源啞口以

西之大甲溪流
域，年雨量因地形而有
顯著差

七家灣溪

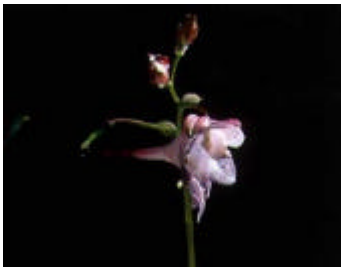
異，在 1,000 至 3,000 公釐不等。

雪霸園區的氣候型態易受到山區地形稜脈分佈與溪谷水氣的影響，故四季的氣候變化十分鮮明；出春時分的雨季及梅雨季，使山區的天氣常細雨靡靡或鎮日水霧瀰漫；夏季有颱風及對流性驟雨的侵襲；雖是秋高氣爽，但若有大陸冷氣團南下時，氣溫會急遽下降，此時山區的清晨可見到白霜滿地，偶有降雪的可能；嚴寒的冬季使山區積雪通行不易，常形成冰雪封山的狀況。【6】

2.6.3 旅遊資源現況

(一) 觀霧遊憩區

在觀霧山莊、榛山步道、樂山林道等處可眺望蜿蜒曲折、岩稜高聳的聖稜線景觀。榛山步道的四、五月可見高山杜鵑的綻放，如森氏杜鵑、台灣杜鵑等，檜山步道沿線陰溼林下或林緣可見黃花鳳仙花、台灣特有種之棣慕華鳳仙花等。觀霧地區的賞鳥季節以四至六月較佳，二、三月較差，常見的鳥種有冠羽畫眉、紅山椒、青背山雀、白耳畫眉等。蝶類有早春出現的升天鳳蝶、春夏季中的雙環鳳蝶與曙鳳蝶等，肆意地飛舞流連在



杜鵑



花叢間。

(二) 武陵遊憩區

七家灣溪、
無名溪、及武陵溪的河
谷呈

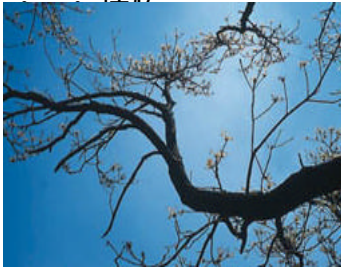
峽谷地形，在雪
山與羅葉尾山之間的狹
長谷

地上，切出四階的階狀地，而七家灣溪臨羅葉尾山一側谷壁則呈陡峭狀。在武陵農場、七家灣溪河岸、煙聲瀑布步道沿線可見台灣紅榨槭、楓香、台灣胡桃、青楓、山枇杷、青剛櫟、栓皮櫟等。為了一睹大名鼎鼎的櫻花鉤吻鮭，有人不遠千里而來，但如果牠不肯賞光露個臉，只要您至遊客中心走一趟，就不讓您空手而回了。在賞鳥方面，在煙聲瀑布線有巨嘴鴉、火冠戴菊鳥、虎鶉等，在武陵農場現有紅頭山雀、繡眼畫眉、河鳥、鉛色水鶉等。曙鳳蝶和大紅紋鳳蝶等的驚鴻一瞥，亦是您的額外收穫。

(三) 雪見遊憩區

目前雪見遊憩區尚在開發中，此區擁有相當豐富之原住民文化遺址等。【6】

2.6.4 生物資源



台灣擦樹

複雜，氣候差異很大，故植物種類繁多。在雪

山、大霸尖山稜處，因山頭各自獨立聳入雲

霄，以生物學觀點而言成了生殖隔離的高山島

嶼，保存了眾多地質年代以來子遺植物，可謂

植物基因的寶庫。生物的性狀由基因表現，故

基因愈多物種歧異度愈大，對環境變化的適應

力也愈大。



園區經初步調查有維管束植物 1,103 種，稀有植物 61 種，依植被型態可分為：【6】

(1) 高山寒原(指在森林界限以上地區之低矮灌叢或

草本植物)。

- (2) 亞高山針葉林帶(分佈於 2900 至 3600 公尺，以玉山圓柏與台灣冷杉具代表)。

- (3) 冷溫帶山地針葉林帶(2000 至 3000 公尺，以鐵杉林及散生之雲杉次生演替之松樹和草生地)。

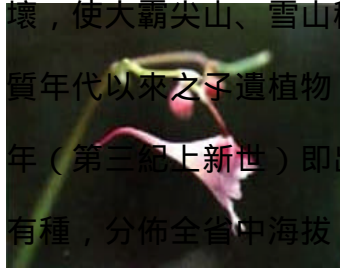
- (4) 暖溫帶針混生林(2000 至 2700 公尺間，優勢樹種以紅檜台灣扁柏等針葉樹混生)。

- (5) 暖溫帶針闊葉混生林(1000 至 3000 公尺，為針葉樹與闊葉樹種之交會帶)。

- (6) 暖溫帶常綠闊葉林(分佈 2500 公尺以下，組成分子複雜，可分為櫟林帶與楠櫟林帶，為台灣植物種類最豐富之社會)。

(7) 暖溫帶落葉闊葉林(分佈於 1,000 至 2,500 公尺之間，主要樹種台灣赤楊、台灣紅榨槭、栓皮櫟與台灣胡桃等)。

雪霸植物種類大多屬於東亞植物地區之特有屬，推測其於冰河時期並未受北方大陸冰蔓延之破壞，使大霸尖山、雪山稜線附近高山留存了許多地質年代以來之子遺植物，例如在距今約一百八十萬年(第三紀上新世)即出現的台灣檫樹，為台灣固有種，分佈全省中海拔，本區產於大鹿林道、大雪山林道。檫樹屬植物全世界僅三種，分別於北美、大陸及台灣，是世界珍異闊葉樹種之一，具特殊的

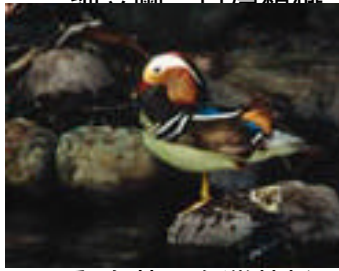
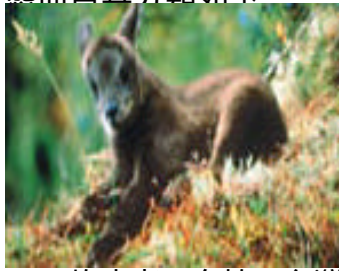


苗栗野豇豆

棣慕華鳳仙花

黃花鳳仙花

能而言其分類如下：



台灣杉

櫻花鉤吻鮭

學術價值，且其人工繁殖極為困難，亟待予以保護。

雪霸國家公園面積達

76,850 公頃，境內山巒起伏，海拔自 750 公尺至 3886 公尺，包括暖溫帶、冷溫帶及亞高山寒

帶植被，氣候帶由於其地形陡峭，所造成坡面及谷地環境之不同，而孕育獨特複雜生育地，植物種類豐富，其中稀有植物達 61 種，而就植物存在於園區稀有之狀

態而言其分類如下：

邊緣之特有植物：苗栗野豇豆

本區者，其族群分佈及數量

均小者：臭椿、台灣土圞兒、雪山艾、雪山馬蘭、

細豆蘭、台灣粗榧、大武貓兒眼睛草、土肉桂、

南湖柳葉菜、南湖碎雪草、

黃花鳳仙花、川上氏忍冬、

酢醬草、台灣五葉參、雪山

翻白草、台灣黃杉、森氏毛茛、高雄柳、高山柳、

台灣擦樹、台灣杉、南湖附地草、阿里山清風藤、

台灣刺蔥。

三、非本省所固有，然屬子遺植物或具學術及育種上

特殊意義，且於本省分佈較少者：三花銀蓮花、

台灣金線蓮、扇羽陰地蕨、東方莢果蕨、黃山蟹

甲草、台灣山茶、青貓兒眼睛草、綠花凹舌蘭、

疏葉珠蕨、九華蘭、台灣春蘭、茅膏菜、八角蓮、

金毛裸蕨、玉山一葉蘭、小連翹、南五味子、山

間地楊梅、風箱樹、大吳風草、黃根節蘭、小杉

葉石松、博落迴、小野臭草、錫仗花、台灣絨假

長鬃山羊

鴛鴦



香樹、南 3,000 公尺差異所
成形態，大部份面積未經人
此可提供動物豐富的食物來

源與適當的保護及棲地，構成一穩定的食物
網，使本區的動物資源豐富，蘊含相當多的
生物相，包括 32 種哺乳類、97 種鳥類、14
種爬行類、6 種兩棲類、16 種淡水魚與 89
種蝴蝶。

台灣水鹿



根據生態學原理：生態系中的生產力、生物量及
生物種數皆是影響生物相變異的主要因素。近年由於
人為的干擾，如水壩、攔砂壩的建立，不肖商人濫砍
濫伐、林相及水土保持的破壞，使原本穩定的生態
系，起了巨大的變化，是故國家公園本著生態保育的
理念，積極保護日益減少的稀有動物，如櫻花鉤吻
鮭、台灣黑熊、帝雉、藍腹鷗、台灣山椒魚、寬尾鳳
蝶及升天鳳蝶等與珍貴的野生動物如台灣獼猴、山
羌、台灣長鬃山羊、台灣野豬、水鹿等。



矮靈祭

湖耳蕨、燈台



植被形態的多樣性，海

2.6.5 人文史蹟

聚居於雪霸國家公園內的高山地帶有兩大原住
民種族：泰雅族及賽夏族。泰雅族向來以黥面(紋面)
文化著稱，族人認為男性必須要有出草經驗，女性
必須為織布的能手，才能黥面；另外，泰雅族所編

彩的調配藝術，是台灣原住民中最美觀且精緻的。賽夏族雖是九族中人口最少的一族，但神秘的矮靈祭(巴斯達隘祭)文化活動令人印象深刻，以族人對矮靈祭所表現的宗教狂熱與傳統信仰而言，為台灣原住民族現存宗教祭儀中首屈一指的。

除了原住民文化外，雪霸園區亦是先民文化之發源地，其重要文化資產有二本松、雪見、七家灣考古遺址及北坑溪古道等文化古蹟。

織的布匹紋路線條及色

2.7 金門國家公園環境資源概述

1972 年我國公佈「國家公園法」以作為保護我國自然生態資源之法令依據。自 1984 年第一座墾丁國家公園設立以來，十餘年間相繼成立了玉山、陽明山、太魯閣以及雪霸等五處國家公園，這五座國家公園皆是以保育生態和自然景觀為主；1995 年 10 月 18 日成立的第六座國家公園- 金門國家公園，則是國內第一座以維護歷史文化資產、戰役紀念為主，兼具自然資源保育的國家公園。

2.7.1 地理、地形資源



「金門」隸屬於福建省，位於中國大陸福建省東南沿海的九龍江出口之廈門灣內，包括金門本島、烈嶼（小金門）、大膽、二膽等 12 個大小島嶼，總面積約 150 平方公里，西距廈門外港約 10 公里，東距台灣約 277 公里，其緯度約與台中地區相當。

海岸線為沙岸、沿岸交錯，尤以料羅灣沿岸的海灘最為遼闊，最負盛名。沿海的沙灘為由貝殼珊瑚碎屑組成，富於特色。太武三花崗石岩層、太湖與慈湖的湖光山色，白乳山惡地形沖蝕溝、馬山海崖、古寧頭斷崖、公礁尾（岬角地形）均是極特殊地形景觀。

金門地區大部份為花崗石（火成岩）形成丘陵地形，由於風化作用強烈，至山頭大多禿頽土壤貧瘠。

2.7.2 遊憩資源現況

(一) 太武山區



瓊林傳統聚落

本區位於金門島中央，係八二三炮戰重要紀念地，金門國家公園遊客中心即位於此區中山紀念林遊憩區內。太武山上戰役史蹟豐富，更可鳥瞰金門田野風光。另有八二三戰史館、經國紀念館、太武山公墓等戰役紀念地；並有人文薈萃的瓊林傳統聚落及一門三節坊、邱良功墓園、蔡氏祠堂等古蹟。

(二) 古崗區



古崗湖

本地區位於金門島西南方，以傳統聚落及古蹟、戰備工事、湖泊及海岸地形景觀等資源特色為主。擁有金門唯一的天然湖泊，古崗湖沿岸垂柳與古崗樓相互輝映，景觀甚佳，南面梁山可眺望海岸景觀，並有翟山小艇坑道等代表性的戰役紀念地點，另文臺寶塔、虛江嘯臥群碣等國家古蹟，以及歐厝、珠山、水頭等傳統聚落，人文景觀豐富。

(三) 古寧頭區

位於金門本島西北，為古寧頭戰役主要紀念地，如古寧頭斷崖、古寧頭戰史館等戰役紀念皆位於本區；另有南、北山傳統聚落及古龍頭振威第、古龍頭水尾塔等古蹟。此外，慈湖特別景觀區為金門鳥類最大渡冬區，蘊藏豐富之鳥類資源。

(四) 馬山區



陵水湖

馬山位於金門東南角，以馬山觀測所聞名，並有豐富的海岸地形。著名的山后民俗文化村即位於本區。另有金門林務所種植之楓香林。此外，山西郊外五虎山登山步道已由管理處整理完成，亦為一新興景點。

(五) 烈嶼區



烈嶼區包含小金門島週邊地區，以環島轍車道最具特色。湖井頭戰史館、將軍堡、八達樓子等戰役史蹟豐富。此外，陵水湖為小金門最大之溼地，生物資源豐富。【7】

2.7.3 生物資源

(一) 植物

金門今日之林相，有 5,939 公頃的保育林地，含 303 種植物。熱帶闊葉林型的重要樹種有：樟樹、棟數、榕樹、芝斑樹與木棉樹；海岸防風樹種有：潺槁、朴樹與烏臼。其中木麻黃與相思樹是大面積造林的人工樹種。

浯江溪口發現稀有紅樹林植物海茄苳；中正紀念林植物園以及 115 株百年以上古樹，均富觀賞價值。史載遠望「森然若蓋」的金門原係一片森林，為明末清初鄭成功據違反清復明之基地，大肆砍伐林木造船，致使

表土流失草木不生，使金門三百年來童山濯

濯，備受風沙之



自 1,950 年政府大力推行「綠化金門」加強育苗造林，並由軍民長期培植，今日的金門則綠蔭幽然，儼然像一座海上公園。尤其大金門中央公路及環島車道行道樹景觀令人印象深刻。

(二) 動物

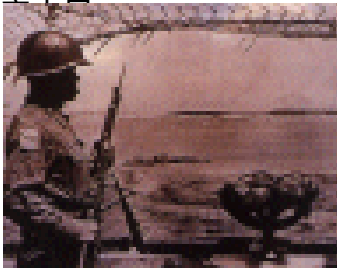
金門島由於地理位置特殊，位於大陸邊緣，又是候鳥遷徙的中繼站，屬副熱帶大陸性及海洋轉換形氣候，鳥類資源豐富，野鳥共 99 種，密度之大冠於台閩地區，以鷓鴣科 31 種最多，鶉科 17 種次，較常見的喜鵲、蒼翡翠、鷓鴣、鶉鴉等在台灣均不易出現。此外昆蟲方面計有 48 種，例如黃邊鳳蝶、紅腳黑翅蝶等均為台灣所罕見。



2.7.4 人文史蹟

金門自東晉，時值五胡亂華中原人士避禍屯墾於此，迄今已有 1,600 餘年，由於開發甚早，所以歷史文化淵遠流長，加以歷代文風鼎盛，產生豐富的文化風貌。本島移民多來自漳、泉兩州，民居建築

與風土民情仍多沿襲閩



國墩貝塚文化層，距今約 6,300 年至 5,500 年，具學術研究價值。

2.7.5 戰役紀念史蹟

金門自宋、明以來，屢為忠賢烈士避禍之處，戰略地位極為重要，自 1949 年大陸陷共後，國軍在此為捍衛自由地區而奮戰，著名的有古寧頭戰役、八二三砲戰。目前殘存的戰場遺址、紀念碑代表性及長期戰場經營之成果及紀念位址等皆為重要的歷史及文化資產。

第三章 生態工程及生態工法

以生態學的角度而言，生態係處於動態平衡中，若於天然或人為干擾下，生物都有可能因為環境品質的不穩定而惡化。如今，隨著各種自然資源的縮減與惡化，人類開始意識到，自身不過是生態系的一個單元，食物鏈中的一個環節。如何調整人類利用自然資源的心態、方式，在不破壞原有之協調與平衡狀態下，使人類的生活融入大自然循環中，已成當務之急。

近幾年來，台灣極力推廣生態工法，但對於生態工程與生態工法之定義、方式尚無清晰、肯定的觀念，此章節分別以生態工程與生態工法之定義、應用範疇及發展，作為研析之主軸。

3.1 生態工程

3.1.1 生態工程沿革

生態工程之觀念乃源自於德國及瑞士，近年來已逐步推展至世界各國。1938年德國 Seifert 首先提出近自然河溪整治的概念【8】，指稱於完成傳統河流治理任務的基礎上達成接近自然、廉價並保持景觀美的一種治理方案。Odum 於 1962 年提出應用自律行為 (self-organizing activities) 之生態工程之觀念，將生態工程應用於處理污水，並先後於 1967 年及 1973 年應用此觀念於鹽水湖及濕地 (wetland) 進行污水處理。1985 年 Straskrabam 與 Gnauck 提出所謂 ecotechnology 指稱基於對生態的深度認知，一種用於進行生態管理

的技術，其目的在於將執行相關措施的成本及其對環境造成的損害降至最低。1989 年生態學家 Mitsch 提出生態工程(Ecological Engineering)觀念，乃是運用生態系之自我設計(self-design)能力為基礎，強調透過人為環境與自然環境間之互動達到互利共生(Symbiosis)目的。【9】因此，生態工程可說是遵循自然法則，使自然與人類共存共榮，把屬於自然的地方還給自然。

生態工程從 1938 年被提出類似的概念以來，在國際重要記事如表 3-1 所示：

表 3-1 生態工程近期國際重要記事

時間 (年)	重要事紀
1938	· 德國 Seifert 首先提出近自然河溪概念—指稱能夠在完成傳統河流治理任務的基礎上可達成接近自然、廉價並保持景觀美的一種治理方案。
1962	· H.T.Odum 首先提及「ecological engineering」生態工程一詞的觀念—提出應用自律行為 (self-organizing activities) 之生態工程概念，將生態工程應用於污水處理。
1960 年代 後期	· 德國 Emst Bittmann 等提倡生物河川工法 (Biologische Wasserbau) --以蘆薈、柳樹設計護岸應用到萊茵河河系。
1986	· 傳入日本，稱之為近自然河川工法。
1989	· Mitsch 及 Jorgensn 撰寫生態工程 (ecological engineering) 一書發行，探討生態工程的觀念並賦予定義—運用生態係之自我設計 (self-design) 能力為基礎，強調透過人為環境與自然環境之互動達到互利共生 (symbiosis) 的目的。
1991	· 瑞典 Trosa 第一次針對生態工程舉辦國際性研討會。
1993	· 國際生態工程協會 (International Ecological Engineering Society' IEES) 在荷蘭 Utrecht 成立。
1994	· 期刊 Ecological Engineering 與美國土木工程師協會 (ASCE) 之 Environmental Engineering 合併出版。 · 環境問題科學委員會 (Scientific Committee on Problems of the Environment, SCOPE) 之「生態工程與生態復育計畫」在法國巴黎通過。 · 在美國華盛頓由 NAE (National Academy of Engineering) 舉辦的研討會將生態工程列入主要議題之一，報告書於 1996 年完成。

表 3-2 生態工程近期國際重要記事（續）

時間（年）	重要事紀
1995	<ul style="list-style-type: none"> · 在瑞典 Standsund 召開生態技術會議。 · 美國生態協會（Ecological Society of America）在美國猶他州第一次召開生態工程工法研討會。 · 第一個 SCOPE 座談會在愛沙尼亞的 Tallinn 舉行。
1996	<ul style="list-style-type: none"> · 在丹麥 Copenhagen 召開之生態高峰會議將生態工程列入生態學新領域中。 · 在國際水理會（IAHR）成立唯一獨立部門。 · 在中國大陸北京第一次召開遠東地區生態工法研討會。
1998	<ul style="list-style-type: none"> · 美國由聯邦政府相關機關（農業部 USDA、環保署 EPA、田納西流域管理局 TV、災害管理屬 FEMA、商務部 Dept.of Commerce、海洋及大氣總署 NOAA、國訪部 Dept.of Defense、陸軍工程師長團 Army Corps of Engineers、住宅及都市發展部 HUD、內政部（Dept.of Interior）土地管理局、墾務局、魚類及野生動物局、國家公園管理局、地質調查所 USGS）聯合出版一本書「河川廊道之復健：理論、內涵與實（Stream-corridor-Restoration-Principles：Processes，and Practice,U.S.EPA）

【10】

3.1.2 生態工程理念

歷經數十年之觀念醒悟、技術之調整，各界對於生態工程的精神與原則，逐漸產生共識。而 Mitsch 與 Jorgensn 於 1989 年彙整各家見地後，清楚界定生態工程應具備的本質與內涵：

（1）自律行為：

生態系具有自我操控的能力，並藉此改變、調

整系統中物理或化學環境，使其更加美好。

(2) 生態系保育：

若工程師係藉由各種工具與原料來設計、建構各式過程及產物，那麼生態工程便需仰賴豐富的物種、多元化的生態系來進行工作。對於生態系價值的認知，將促進人類對於生態保育的正面態度。

(3) 以太陽能為基礎：

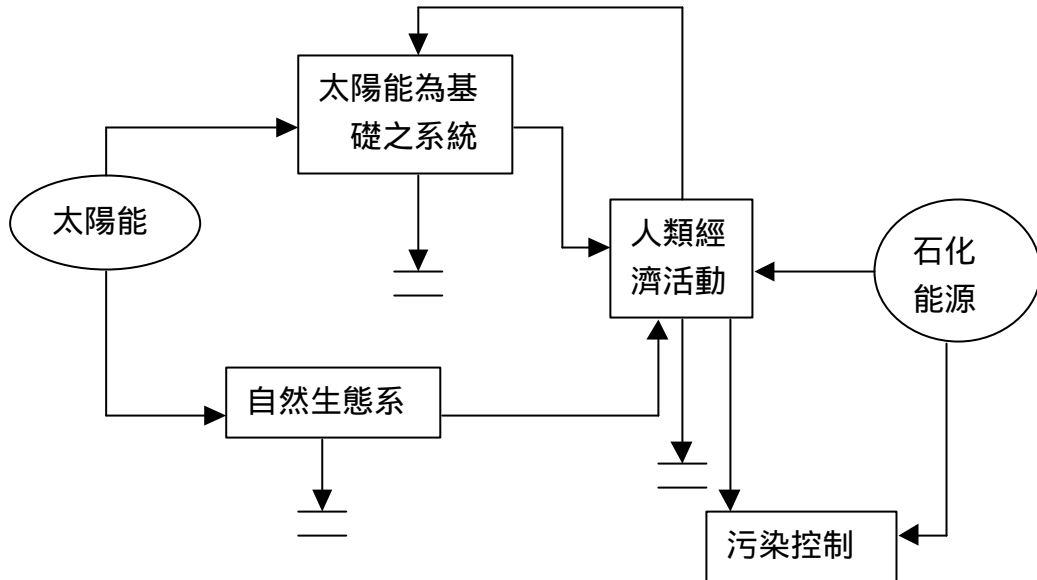
生態系係以太陽能為基礎，因此生態工程或生態技術應建立在對於這種自我永續 (self-sustainability) 的認知上，大自然並不需要依賴人類的技術或高科技方能生生不息，人類並不需要刻意營造人類自認為「適當」的自然與環境界面。

(4) 是大自然密不可分的一部份：

當一個社會將生態系自日常生活中抽離，而必須另外開發利用非再生性資源，以補足額外人類所製造出來的污染所需的能量，將社會視為生態系的一部份。【11】

根據生態工程基本理念，比較一般傳統工程與生態工程之差別，從 3-1 圖中發現兩者最大改變在對生產、消費後之物質存有不同的處理態度。傳統工程將物質視為廢棄物欲竭盡所能的將其消滅，然而這種做法使污染仍然存在，且人類無法回饋自然生態環境系統。生態工程將生產、消費後之物質視為可再循環、利用之資源，促進資源使用之永續性。

(a) 傳統工程



(b) 生態工程

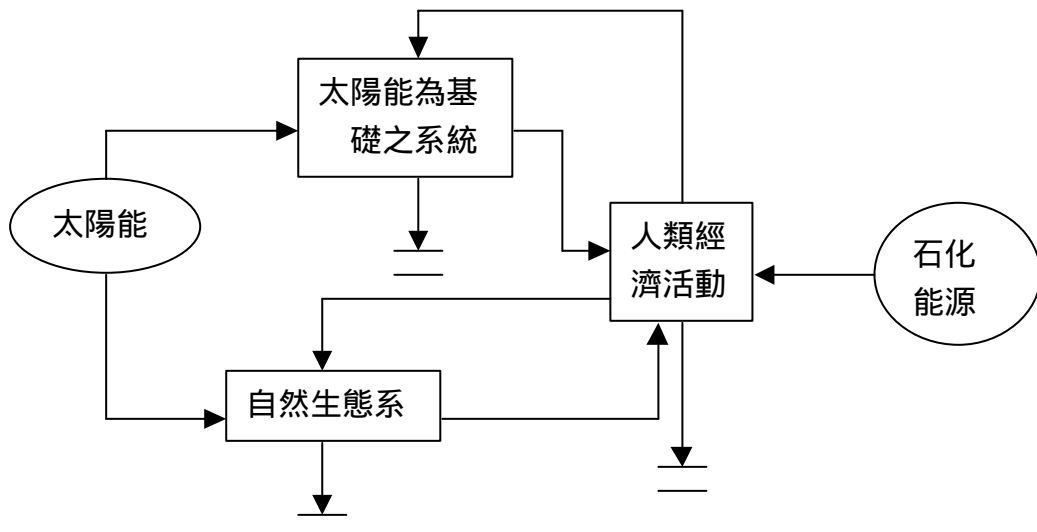


圖 3-1 傳統工程 (a) 與生態工程 (b) 之比較

【資料來源：Mitsch&Jorgensn, 1989】【8】【34】

3.1.3 生態工程之定義

近年來「生態工程」有許多相似的名詞，這些生態系統管理慣用語，其中包含了各式各樣的思想、觀念、技術、方案與實踐，所以在發展上有相當大的延伸性，各國對生態工程的翻譯名稱不同，但實質意義仍相同。

表 3-3 各國對生態工程釋譯之名稱如下：

國家	名稱
德國	河川生態自然工法(naturnahe)
美國	生態工程(Ecological Engineering)
日本	近自然工法
台灣	生態工法、自然工法(Ecological Working Method)

【本研究整理】

隨著各界不斷致力於生態工程的研究、應用，以及推廣，生態工程亦不斷被賦予不同的內涵。學界、實務界透過思索、創造的過程，豐富了生態工程，也日漸勾勒出生態工程的風貌。就拿生態工程最初的定義來說是：「the design of human society with its natural environment for the benefit of both (Mitsch and Jorgensn, 1989)」，進而到了 1993 年 5 月由美國 NAS (National Academy of Sciences) 所主辦的生態工程研討會中，對生態工程的定義變成了：「the design of sustainable ecosystems that integrate human society with its natural environment for the benefit of both」(Mitsch , 1996)，表 3-4 為國內國外學者對生態工程的定義與主張。

表 3-4 國內外學者對生態工程的定義與主張

年代	學者		定義
1938	Seifert		· 主張近自然河溪整治概念
1962	H.T.Odum		· 將自律行為「self-organizing activities」的生態學概念運用於工程中，並首度提及生態工程「ecological engineering」。
1985	Straskraba 與 Gnauck		· 所謂「ecotechnology」係指基於對生態的深度認知，一種用於進行生態系管理的技術，其目的在於將執行相關措施的成本及其對環境造成的損壞降至最低。
1989	Mitsch Jorgensn		· 提出生態工程「Ecological Engineering」觀念，乃是運用生態系之自我設計能力為基礎，強調透過人為環境與自然環境間之互動達到互利共生。
1992	Hohmann		· 尊重自然生態環境原有多樣性。 · 依照現存之生態條件，建設一個良好水循環及安全的河川環境。 · 積極的復育自然環境，使自然環境再生。
2000	台灣	行政院農委會水土保持局	· 生態工程之定義為採用天然資材為主要材料，以融合週邊地形自然景觀，減少造成生態環境之衝擊為理念設計，構築可供動植物棲息之空間，創造兼具防災與生態復育功能之工程。
		林鎮洋	· 遵循自然法則，使自然與人類共存共榮，把屬於自然的地方還給自然。

【8】【9】

國內外學者對生態工程之定義，係以人為與自然環境能達到互利共生的觀念來進行生態工程施做，並以不破壞自然環境為設計原則；若已破壞之自然環境，利用生態工程之理念復育自然環境，讓自然與人類活動能互相協調。本研究認為所謂：「生態工程係指環境生態破壞前之《保育》，破壞後之《復育》，人工複製生態系統之《再生》及近自然生態景觀之《創造》等，其相關施予之人為措施皆屬之」。

3.1.4 生態工程應用之範疇

生態工程之應用主要為四大類 (Mitsch & Jorgensen, 1989):

(一) 用生態系降低或解決在他處 (或對其他生態系) 造成嚴重傷害之污染問題

在傳統環境工程中，為解決一污染問題所產生的副產品，往往造成另一種環境問題。例如廢水處理廠所產生的污泥在經焚化處理後，卻造成空氣污染，因此這些飛灰與灰燼，仍需設法掩埋處理。若採用生態工程，則可將污泥轉變成有機營養物質。

(二) 「仿」生態系或「複製」生態系以解決環境污染問題

在二十世紀初期，人類便已知利用濕地承接污水，而近幾十年間全球計有愈千個濕地系統被實際應用，其中又以人工濕地 (constructed

wetland) 為大宗。人工濕地之建置對環境衝擊相對較低，完工後基本營運之管理成本亦較低，且與週遭環境自然融合，提供多樣之生物棲地等附加價值。

(三) 在嚴重人為干擾後，「協助」生態系恢復原貌

例如：河川復育，便是對遭受人為過度開發，或直接、間接因長期人類活動所產生有害因之影響，致使原生態系失衡、瓦解之河川，進行局部或全面性生態復育工作。

(四) 在不危及生態平衡的前提下，利用生態系或生態資源，以供人類所需

例如生態農業，或各種以生態機制為基礎的永續性漁業捕獲、林業採伐等。此種應用常見於發展中國家。

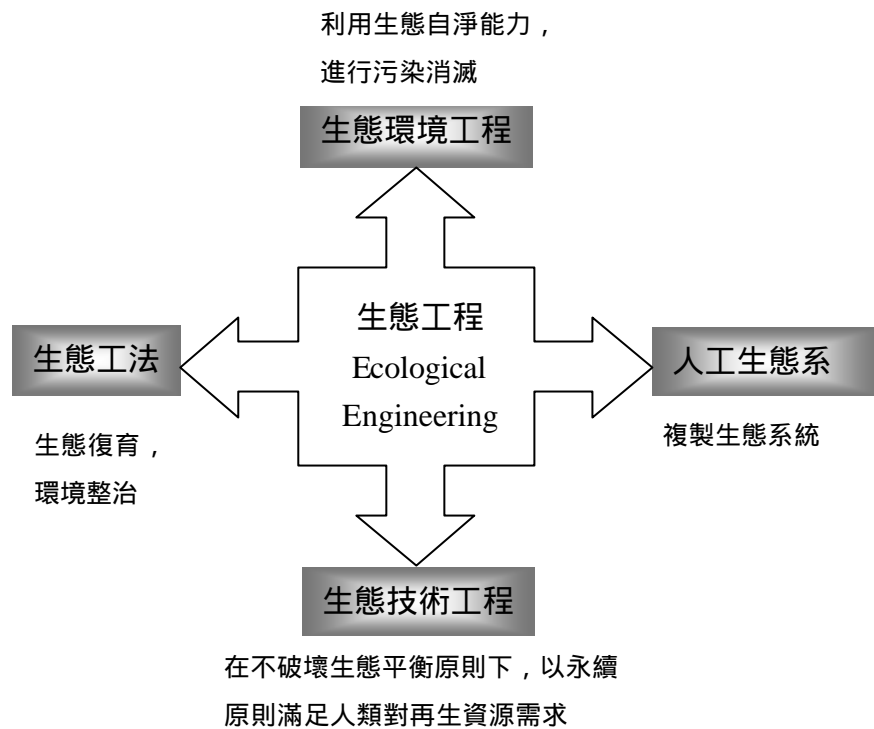


圖 3-2 生態工程之應用類型【8】【34】及本研究重繪

3.2 生態工法

國人在生活品質漸漸提高下，對自然環境與生態更加關切與重視，因此在施作工程時，不再只是解決工程上技術的問題而已，而應更加重視工程與環境相互間的關係。因此推動以生態學、生物學與美學為主的「生態工法」(Ecological Working Methods)已是刻不容緩的事。

3.2.1 生態工法之定義

利用觀念、規劃原則的提出，而延伸出施作方式加入生態工法 (Ecological Working Methods) 是一

種應用生態理論的施作動態秩序。生態工法是以生態工程為理念，運用自然界本身的調節力，嘗試維持人與環境的一個平衡狀態，並非一味的拋棄鋼筋、混凝土等硬性材料，必須考慮結構體的安全性，另一方面需兼顧當地自然生態系的維持，使得動物植物能在人為的生活空間與生育基盤上自然生長及演替。而公共工程於 2002 年 10 月做出決議所謂生態工法：「係指基於對生態系統之深切認知與落實生物多樣性保育及永續發展，而採取以安全為基礎、生態為導向的工程方法，以減少對自然環境造成傷害。」

歷史上，各國環境管理的發展歷程皆有其獨特的背景、成因以及主要階段性的難題。台灣因地形、氣候條件之限制，必須比其他國家承擔更多防洪、防災的壓力，因此，國內目前應用生態工法之類型以水利工程較普遍。在集水區經營管理的科學與技術上，將生態工法納入永續水資源之重要課題之一，最常見者有下列四種：

(1) 復育：

使現有河川型態經過人工施做，使其各種組成、條件、功能、景緻等都能回復至受干擾前的狀態。

(2) 修復：

針對某特定河段被干擾前應具有的部分重點特徵，進行施做，期能重現該部分的功能、特質。

(3) 改善：

河川之任何功能、環境品質之進步，但並非「絕

對必要」考據是否為原有的環境特質，皆稱之為改善。

(4) 創造：

重新「產生」一個全新的河川環境與資源，即使新環境所包含的特質從未出現在此區域中。

【8】

3.2.2 生態工法國內應用之範疇

生態工法在台灣可應用於以下幾類地區之工程：

(1) 國家公園

國家公園擁有豐富之動物、植物及自然環境資源，因此國家公園內各項目設施之興建，尤應考慮環境生態，利用生態工法以避免破壞自然生態與景觀。

(2) 風景區

風景區之自然資源環境與景觀優美，因此在不危及生態自然環境資源之生息與利用度下，利用生態工法建立起民眾與自然環境元素之互動，達成風景區提供民眾休憩、教育之功能。

(3) 城鄉風貌

將生態工法應用於建築設計、地景與景觀規劃設計，以塑造城鄉特殊風貌。

(4) 災後重建區

921 地震、納莉風災、桃芝風災等，帶來嚴重山區土石流災害，因此災區重建可利用尊重環境生

態與安全之生態工法，以避免再次破壞環境與生態。

3.2.3 生態工法之工程應用類型

生態工法可應用於以下幾類型之工程：

(1) 河川工程

生態工法應用於河川工程主要以野溪整治、護岸整治、生態池復育及邊坡穩定為主。例如在護岸整治部分以修改陡坡，增加植栽，達到河岸生態之恢復；在邊坡穩定部分，則可採用格框噴植法，減緩坡面之風化作用，並達到綠化之效果。

(2) 濕地工程

生態工法應用於濕地工程主要以濕地創造及復育為主，藉由堵塞現存之排水系統，簡單地構築農地淡水草澤，或為了海岸保護及廢水處理，而構築較為寬闊之濕地。

(3) 水保工程

為避免裸露土地或各種土地開發利用行為，使土壤遭受沖蝕、水資源大量流失，可利用生態工法，以確保水土資源不致破壞流失。

(4) 道路工程

生態工法應用於道路工程方面，主要以道路邊坡穩定、鋪面與生態緩衝區為主。

(5) 景觀工程

在景觀工程方面，生態工法可用於停車場鋪設路面、休閒步道、觀景平台及植栽綠化等。

3.2.4 國內生態工法之發展

國內近年來漸漸注重環境生活品質，各界也逐漸重視溪流、河川之綠與美的景觀，以及符合生態觀念之親水利用方式，國內對生態工法的理論或本土性生態衝擊性探討，皆還處於剛起步階段。縱使各界對生態工法的理念、作法都非常接近，但卻沒有一套完整的規範依據與技術手則可依循。然國內因各界學者領域不同，對於生態定義起始點也不盡相同（表 3-5），因此，需要不斷的舉辦相關的研討會來儘速規範相關的內容。（表 3-6、表 3-7）

表 3-5 國內學者對生態工法的定義與主張

年代	學者	主張及定義	備註
1996	蕭慶章	近自然型河川係以創造水邊多樣化生物之棲息空間為重點，並可能造作近自然河川為目標。	
1999	吳富春	生態水利工程「ecohydraulic engineering」即是「與生態保育有關之水利工程」，廣義來說是將生態保育納入考慮之水利工程。	國立台灣大學 農業工程學系 助理教授
1999	林憲德	生態工程不以短期經濟利益、工程掛帥與行事方便為單純考量，而是以維護地球生物多樣化環境為最高指導原則，是一種徹底從自然與人生價值體系全面革新的工程思想。	
1999	水資局	對生態工法定義為「以生態之自然復育為基礎，強調工程建設與自然環境間之設計、安排等處理措施，促進彼此的互利共生，進而達到自然生態資源的永續生產應用」。	
2000	林信輝	自然工法「Nature-Working Method」廣義上來說，即是「對環境保存、維護、永續性利用、復舊及改良措施所施作的工程，包括生物與非生物材料的應用」。	國立中興大學 水土保持系系 主任
2001	陳榮河 林世偉 洪勇善	生態工法即是使對生態影響較小的材料、施工方式、施工設計等，來完成同時具有安全與生態的工程。	國立台灣大學 土木工程研究 所教授

【本研究整理】

表 3-6 近年來生態工法相關會議簡表

會議名稱	主辦單位	時間	地點
「終日溪流生態保育」研討會	農委會 水資源局	87年3月4日至7日	師範大學分部
「生態工法與自然工法」研討會	水資源局 中興大學水資源保育及防災研究中心	87年9月	中興大學水資源保育及防災研究中心
「水土保持工程人員生態保育」研究班	農委會 農林廳 水利處	87、88年4月起已連續辦理三年	台灣特有生物研究保育中心
「水利資源與水資源開發的生態觀」研習會	水資源局 中興大學水資源保育及防災研究中心	88年4月23日	中興大學水資源保育及防災研究中心
「水資源保育技術生態工法」研討會	水資源局 營建署雪霸國家公園管理處 中華民國國家公園學會 中興大學水資源保育及防災研究中心	88年5月27、28日	中興大學農業環境科學大樓
「永續河川空間規劃設計」研習會	水資源局	89年6月22、23日	台灣大學大二學生活動中心

【本研究整理】

表 3-7 近年來生態工法相關會議簡表 (續)

會議名稱	主辦單位	時間	地點
「生態工法」講習班	水資源局 台北科技大學土木工程系	89 年 10 月 7 日	台北科技大學土木工程館
「生態工法」講習班	水資源局 台北科技大學土木工程系	89 年 10 月 7 日	台北科技大學土木工程館
九二一重建區重建生態規劃與生態工法研討會	行政院 921 震災災後重建推動委員會	90 年 4 月 27 日	東海大學
水域生態工程講習會	中華大學水域生態研究中心	90 年 5 月 18 日	中華大學演講廳
2001 近自然工法研討會	經濟部水資源局	90 年 11 月 17 日	國立台北科技大學
水域生態工程 2002 講習會資料彙編	經濟部水利署 中華大學水域生態研究中心	91 年 6 月 7 日	中華大學演講廳
2002 生態工法講習班	農委會特有生物研究保育中心 台北科技大學水環境研究中心	91 年 8 月 19 日	國立台北科技大學

【本研究整理】

第四章 現有國內、外生態工程之案例分析

近幾年國內對於生態工法發展相當重視，生態工法應用範圍廣大，如河川工程、濕地工程、山坡地環境生態治理工程、道路工程、水庫工程及國家公園生態工程等。水資源局近幾年來不斷推廣，目前國內對於河川工程生態工法研究較成熟，已有許多成功案例，而在其他相關工程生態工法處於剛起步階段。

本章節將介紹國內、外生態工程之案例，利用案例的分析結果，探討國內外生態工程之差異。第一節部分將針對國外案例分析，主要以美國、德國、日本、中國大陸及荷蘭國家案例等；第二節部分將針對國內案例分析，內容為河川工程、濕地工程、生態池工程、道路工程及其他相關工程案例等。藉由國內外案例分析，比較國內外生態工程之差異。

4.1 國外生態工程之案例分析

國外生態工程之發展已有十幾年，對於生態工程在規劃、設計、施工、維護及經濟性都已有相當成功案例，每個國家因環境不同、需求不同，作法上因此不同。此以美國、德國、日本、荷蘭及中國大陸國家案例為主。

4.1.1 美國

案例一：美國，德州聖安東尼奧（San Antonio）的河邊步道區（River Walk）

San Antonio 是美國德州（Texas），近墨西哥邊境的一個大城，目前有一百萬人口，流經市中心的聖安東尼奧河（San Antonio River），約 2 公里長的一段河道。

（1）工程規劃內容



德州聖安東尼奧河邊步道區
景觀及親水設計圖

1) 1921 年的洪水促使市政府考慮將河道改到地下，並進行截彎取直工程，但 Hugman 先生卻極力主張保留彎曲的河道，並將岸邊鋪設石板路道、造人行步橋，設置商業區、公寓等設施，以形成一個河邊的步道區。

2) 聖河的水源主要來自地下水，目前河邊步道區的河水每年換新一次，以清除河中的污染及雜物。計畫中還要建造一條長 6 公里多的地下隧道，可儲存 100 年一次的洪水，如此可經由抽水機將水提供給聖河步道區循環使用。【18】

案例二：美國，佛羅里達州埃佛格雷生態系統（Florida Everglades Ecosystem）

位於佛州南部的 Everglades 生態系統擁有美國最大的淡水沼澤地，北起奇色米湖（Lake Kissimmee），南至佛羅里達海灣，西起墨西哥灣，東臨大西洋總面積達四萬餘平方公里，區內有邁亞密

(Miami), 羅德島堡 (Fort Lauderdale) 及西棕櫚灘 (West Palm Beach) 等大城、俄奇卻比湖 (Lake Okeechobce) 以及二個國家公園。由於多年來的人口增加, 社區開發, 大量的沼澤地被排水填平做為農業或住宅使用, 與 1900 年比較, 此生態系統的範圍已減少到一半左右, 另外, 由於供水的需求, 建造了一系列的渠道系統, 也把區內主要河流如奇色米河 (Kissimmee River) 截彎取直, 以利水利上之效率, 而過度的農業及社區開發, 帶來了大量的污染, 棲息地的減少, 也威脅到稀有動物如佛州豹以及鱷魚的生存。

(1) 工程規劃內容

1) 奇色米河 (Kissimmee River) 之復健

為了恢復奇色米河的自然狀態, 從 1990 年開始進行了復健的工作, 內容包括將河道「除直取灣」, 即將約 30 公里長的河道恢復成原有的彎彎曲曲的狀況, 並建造 1 萬多公頃的濕地, 整個工程約需 15 年完成, 經費為三億七千多萬美金。

2) 俄奇卻比湖 (Okeechobce Lake) 的保護

1983 年時俄奇卻比湖集水區內有 49 家乳牛農場, 共有 45,000 頭牛, 過量的磷流入湖中造成優氧化之現象, 經過收買的努力後, 現剩下了約 30 家共 3 萬頭牛, 每一家農場都依規定建立了最佳管理作業 (BMP) 之系統, 大大的減少了磷的輸出量。

3) 營養鹽減量計畫 (ENR Project)

自 1988 年開始，佛州政府進行了利用人工濕地處理雨水逕流中營養鹽之示範計畫，1993 年計畫完成時共建造了約 2,000 公頃之人造濕地，據估計每年削減約 12,000 公斤之鹽負荷量。其他尚有多項生態保護之工作如水銀污染之控制，佛州稀有動物之保護等。【18】

4.1.2 德國

案例一：德國尼塔河整治

德國尼塔河為萊茵河 (Rhein) 支流，全長 40 公里，如同台北市與淡水河的關係，法蘭克福市 (Frankfurt) 位於尼塔河下游，然而尼塔河污染相當嚴重，尤其在六個堤壩處的水質污染最為嚴重。法蘭克福境內尼塔河段的污染狀況已成為法蘭克福地方行政 80 年代後期的重要課題，因此，尼塔河之治理計畫已被黑森邦 (Hessen) 列為首要治理工作，法蘭克福市之河川近自然工法 (naturnahe) 發展計畫及廊道 (Aue) 自然生態環境的保育政策。

(1) 規劃目標

- 改善水質
- 保育及規劃現存的河川窪地
- 恢復河川自然環境

(2) 工程規劃內容

法蘭克福於西元 1911 年起，開始在都市範



河岸植生植栽後

園內整治尼塔河道。西元 1928 年到二次大戰初期，則延續 34.4 公里的河流整治。1960 年代至 1970 年代初期，尼塔河所呈現的整治成果相當的單調並缺乏自然生態概念。於是單純的河流土地利用處理方式，逐漸轉變為以自然生態為考量之整治方式。

考量方式：

- 加深河岸斜面，去除硬質河岸，及拋石工法的應用以達到引導水流的效應。
- 河岸自然被覆可以阻饒河岸侵蝕，岸邊種植灌木。由河岸植生及河中小島植栽，回歸近自然工法。【17】

案例二：德國生態村改造，Ottenhausen

生態村名為 Ottenhausen，以作為農村居住環境的實質生態改善的藍本，是北萊茵—西伐利亞邦（North Rhine—Westphalia）的第一個生態村，村內僅有 568 個居民，主要以農業為主。本生態改造規劃系統大約分為三個部份：第一部份係由十二個教授組成諮詢顧問團；第二部份為實質規劃設計的專業規劃公司，有八位設計師做指導工作；第三部份大約有 250 人的工程人員。

（1）規劃目標

將零星且單獨存在的保育地連成一個生態綠網系統，對網狀系統內的河川、綠帶、綠地與道路等分佈整合妥善規劃，使動植

物的活動空間得以貫連。

(2) 工程規劃內容

1) 交通系統的生態化

將村內的馬路寬度縮減，且將原來筆直的道路變成曲折有趣的彎路，讓鄉村道路不再是車子專用的通道，使車速減緩而讓行人得以悠閒自在地漫步並欣賞自然景色。將原本柏油與混凝土鋪面的土地，大部份改造為碎石子路或透水良好的砌石鋪面或生態綠地，讓雨水能直接滲入大地。

2) 建築物改造

過去德國傳統農家，開窗小、隔熱不良、衛浴廚房設備簡陋，許多農家因而被廢棄而無人居住，有些則建造與傳統建築格格不入的平屋頂 RC 建築，使農村景觀漸遭破壞。由政府、學者、建築師組成顧問團，針對農村居住機能及景觀造型之改善。許多農家由鋼筋建材改成較符合生態的木質建材，舊農舍住家的窗戶由小窗改成寬大而現代的雙層玻璃隔熱窗，並更新廚房衛浴設備，以增加居家的舒適性。



農家高隔熱化將門窗戶擴大以改善造明的情形



3) 將住家的圍牆由水泥磚牆改造成自然石泥土乾砌的生態矮牆，讓地衣、菇菌、花草透過石頭隙縫中的泥土長滿圍牆。

本來住屋或圍牆外無緩衝區而直接連接道路，現在則增闢人行步道與綠帶作為緩衝。人行道與車道間均以綠帶作為自然分隔。停車位改以植草磚或石塊鋪設，鐵柵欄改成木頭。【20】

4.1.3 日本

案例一：日本，宮島紅葉谷川庭園防砂工程

宮島位於廣島市之南方，為日本三景之一。紅葉谷川位於宮島之北方，流域範圍涵蓋岩石公園、紅葉公園及嚴島神社等地。宮島全島地質多屬於易引起災害之風化花崗岩，1945 年因颱風直接侵襲廣島縣，造成此島嚴重災害，紅葉谷川上游地區，發生多處坍塌，連續不斷的降雨，造成溪谷河岸沖蝕且挾帶土砂石引起土石流災害。

(1) 工程規劃內容

由於宮島為日本重要史蹟名勝地，為防止災害再次發生，該區防砂工程遂成主要考量規劃之理念如下：

- 巨石與不同大小的石材，絕對不可切割或破壞，應保留原石之風貌使用。
- 混凝土表面，應以原石覆蓋，以看不見混凝土構造為原則。
- 營造工程應由庭園造景師主導，且石匠不應使用鑿子或鐵鎚，破壞自然原

石之美。

- 石材不應取自他處，應就現地取材使用。

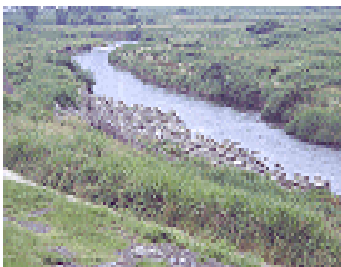
且需為維持工程品質及配合上述規範進行，因為受紅葉谷川現地土石材料運送困難之限制，整治過程均需仰賴人力配合，工程費及時間花費較多。【14】

案例二：日本調布市郊的多摩川

位於日本調布市市郊的多摩川，自然生態系寶貴資源之利用受到尊重及重視，為了獲得河川治理及空間利用之多目標效益，興築的攔河堰發揮了水資源之節約及貯存之功能。

(1) 工程規劃內容

河川管理部門在築堰之同時，採行了自然環境法，對該川之魚類做了生態調查與習性的分析，在堰側特別設計了緩和的魚梯，俾利魚類能藉此逆流洄游上河後，完成覓食、求偶或產卵。該魚梯之坡度為 1:5~1:10 之間。其中之一道中間置有阻礙樁，使流水分流兩側，因流水斷面縮小而加大流速，並激起水花增加水深，並隨產生漉漉水聲，誘引體形稍大的魚類循此魚梯躍奔向上。因河川流路之蜿蜒，為了防止岸趾遭流水離心力之淘刷，經常使用的方法為拋塊石或設置消波塊，此方法亦可提供



魚類棲息的空間，河畔水生植群或河岸草灌群落之存育，分別為魚鳥及野生動物營造了食物環境及築巢的處所。【19】

案例三：日本，嚴木川

日本，嚴木川是條具良好水質、水量的河川，河川中並具多樣性之生物。每年七月在此亦為舉辦為大型慶典。嚴木川屬急流山地河川，常有洪水氾濫的困擾，治理過程採用多元素材，配合生態工法使其成為自然型河川。



嚴木川現況【34】



方塊混凝土中放置礫石



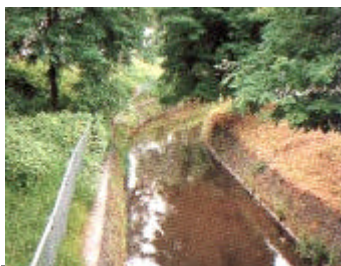
施工後一年。相當程度的恢復。

(1) 工程規劃內容

- 河岸施工前為混凝土塊，設計方式護岸採用透水性材料，其上覆蓋土層，再種植草類植物，覆土方式採緩曲線方式。
- 為防止土砂流出，利用石頭、植生卷及木樁作為保護。
- 河川底部，混凝土塊與石頭的組合，產生多孔質的水流。
- 配置自然石，誘導止水域中自然多變的水流。【36】

案例四：日本，精進川（河畔公園附近河道）

精進川流域於戰後急速的市街化，昭和 41~46 年在洪水較易氾濫的 3.5 公里處，由豐平川接出分流，並以混凝土護岸為主，致使河川單調，人工河岸與樹木形成格格不入之現狀。





施工後兩個月



緩傾斜坡面



樹木保護工



多段斜路式落差工



施工前之河道



施工後 2 年之河道

(1) 工程規劃內容

在河畔公園附近因施工前，河道將公園切成兩部分，設置的圍籬使得人與河分離。

1) 利用拆棄混凝土塊之堆疊，其上覆蓋泥土，形成沙洲。土壤表面不特別處理，以利外來植物自然繁殖。

2) 施工後兩個月形成沙洲與水潭，河與公園一體化。

3) 多段斜路式落差工兩端用石頭堆砌，空隙的部分有植物生長的空間。

4) 緩傾斜坡面，將原先拆除的混凝土塊，再利用作成緩傾斜的河岸。

5) 樹木保護工，堆疊混凝土塊，保護樹木。

【36】

案例五：日本，精進川（中之島小學附近河道）

中之島小學附近河道施工前河川與植物為分離，施工兩年後，河川之上下水流而形成水潭，使草叢茂密。

(1) 設計方式：

1. 河岸採多段式落差工進行再修造，利用卵石砌成魚溜池。

2. 護岸採用丸太格子護岸，施工後 2 年後，已長出茂密之植物。

3. 堆砌札幌卵石，保護樹木之生長。

4. 河川復育



多段式落差工



丸太格子護岸



水制工



1) 採水制工：

用卵石堆楔形狀，達到抑制水流的效果，利用上流產生反轉水流效果，使砂土堆積。

2) 水制魚付木工枕床

用廢棄混凝土塊與木頭堆砌成梳子狀，減低水勢，同時製造多樣性的河岸線。

3) 魚湍池帶工

用杉木製作魚湍池，水流量少時可作為水中生物的避難所。

4) 魚湍池

利用杉木與卵石作成彎道狀的魚湍池，於冬季時因水流量少可作為水中生物的避難所。

5) 埋木

將砍倒的樹木放入河中，形成為鳥類的棲息地。【36】

4.1.4 荷蘭

案例：荷蘭生態道路

荷蘭政府在公路、鐵道、運河相關事業，進行各種生態基盤建設。其中在公路、鐵道之生態建設上，不外乎設法減緩建設所造成的棲息地分斷，或是創造新棲息環境以補償消失的棲息地。荷蘭在交通、公共事業、水資源管理部內，設有道路治水技術部 DWW (Dienst Wegen Waterbouwkunde) 之研究機關，負責生態道路技術研發。以下是 DWW 所研發的生態道路

技術大要：

(1) 道路對野生動物、植物的影響

荷蘭道路對野生動植物的影響約可分為四項：

- 棲息環境破壞：如森林、草地、濕地等棲息地的消失
- 棲息環境擾亂：如噪音、夜間道路照明、道路排水等，對棲息地之干擾。
- 隔離效果：如道路對動物移動的阻絕，道路隔絕兩側的生物交流。
- 車禍屠殺：動物因橫越道路遭遇車禍而死亡。

(2) 道路對野生動物、植物的對策：

- 迴避：道路建設盡量迴避生物棲息地，改採迂迴路線或隧道化。
- 最小化：使道路隔斷棲息地的影響降至最小程度，例如以生態導管、箱型地下道來設置動物橫越專用道路。
- 補償：對於因道路建設不得不破壞的生物棲息地，重新設置一相同生態條件的新棲息地（例如：兩棲類的產卵水地），以補償原有之生態功能。
- 最適化：將道路兩旁空間，維護成最適於野生動、植物生育棲息環境。例如，為了使路旁草地成為昆蟲及小哺乳類動物的生態走廊，刻意降低割草

次數的植生管理。【20】

4.1.5 中國大陸

案例：中國大陸，江蘇大豐生態村

大豐縣原本屬於發展較晚的區域，自 1978 年來，工業化的過程，使得當地經濟有明顯的成長，但也造成環境品質惡化、生態失衡的負面效應。因此，有關單位與民眾開始意識到與自然環境共榮共存的必要性，但有別於歐美應用生態工程之訴求，大豐生態村主要設立目標在於「利用生態工法、生態規劃及生態管理的機制，強化當地生態環境之永續生產力」。

自 1989 年起至 1998 年止，當地已經陸續設置 22 處生態工法示範區，而其主題分別為：生態農業、生態工業、生態保育以及社區發展。

(1) 工程規劃內容

- 1) 利用生態技術提升熱能、地力，以及空間的使用率，合併整合性昆蟲防治法、灌溉計畫等策略，致使穀類收穫量增加 30 %、土壤有機質含量自 1.19 % (1986 年) 增加至 1.23 % (1996 年)。
- 2) 利用綜合性廢棄物處理以及封閉式資源循環系統之生態工業技術，提升資源回收使用率，降低每單位生產成本，部份工廠之資源回收再利用率可達 95 % 以上。
- 3) 廣設教育、訓練管道。約有 100 技術性

社群、10 個技術支援網相繼成立，受訓人次超過 22,000 人。

4) 利用高品質環境條件之優勢，生產高品質生態農產品，產量不僅自給自足，並行有餘力得以銷售至其他縣市。

因中國大陸其獨特之社會經濟發展需求，其主要訴求便與其他國家大不相同。因此不難發現，生態工程在各地之應用與發展方向，接受至於當地國情、社會、經濟，甚至風土民情大環境背景要素上。【8】

4.1.6 國外生態工程案例之分析

因每個國家生態環境、氣候及地形不同等，使用生態工程方法皆不同。利用上述之國外生態工程案例，分析每個案例之作法及規劃目的，如表 4-1 及表 4-2。

表 4-1 國外生態工程案例之分析 (1)

地區	案例名稱	做法說明	
美國	德州聖安東尼 (San Antonio) 河邊步道	規劃目的	· 以人的需求為目的，製造河邊步道區。
		施工作法	· 主張保留彎曲的河道，將岸邊鋪設石板道路，及人行步橋，設置商業區、公寓等設施，以形成一個河邊的步道區。 · 建造一條長 6 公里多的地下隧道，經由抽水機將水提供給聖河步道區循環使用。
	佛羅里達州埃佛格雷生態系統	規劃目的	· 將生態系統恢復到 1900 年代之風貌。
		施工作法	· 奇色米河 (Kissimmee River) 之復健將河道「除直取彎」。 · 俄奇卻比湖 (Okeechobce Lake) 的保護，每一農家都依規定建立了最佳管理作業 (BMP) 之系統，減少了磷的輸出量。 · 營養鹽減量計畫。
德國	泥塔河整治	規劃目的	· 保育及規劃現存的河窪地，恢復河川自然環境。
		施工作法	· 河岸斜面的加深，硬質河岸之去除，及拋石工法的應用皆可達到引導水流的效應。
	生態村改造 Ottenhausen	規劃目的	· 將零星且單獨存在的保育地連成一個生態綠網系統。
		施工作法	· 建築物改造，由鋼筋建材改成較符合生態的木質建材。 · 住家的圍牆由水泥磚牆改造成自然石泥土乾砌的生態矮牆。 · 人行道與車道間均以綠帶作為自然分隔。
日本	宮島紅葉谷川庭園防砂工程	規劃目的	· 為防止土石流災害發生，以防砂工程為重點。
		施工作法	· 保留原石之風貌使用。 · 凝土表面，應以原石覆蓋。 · 石材不應取自他處，應就現地取材使用。
	調布市市郊的多摩川	規劃目的	· 治理河川及發揮水資源之節約及貯存之功能。
		施工作法	· 堰側特別設計了緩和的魚梯，俾利魚類藉此逆流迴游上河後，完成覓食。 · 採拋塊石或設置消波塊，提供魚類棲息空間。

【本研究整理】

表 4-2 國外生態工程案例之分析 (2)

地區	案例名稱	做法說明	
日本	嚴木川	規劃目的	· 因嚴木川常有洪水氾濫之困擾，配合生態工法使其成為自然型河川。
		施工作法	· 為防止土砂流出，利用石頭、植生卷及木樁作保護。 · 河川底部，混凝土塊與石頭組合，產生多孔質水流。 · 配置自然石，誘導止水域中自然多變的水流。
	精進川 (河畔公園附近河道)	規劃目的	· 使生態環境與週遭環境融為一體，回復河川之生態。
		施工作法	· 利用廢棄混凝土塊堆疊，土壤表面不特別處理，使外來植物自然繁殖。 · 多段斜路式落差工兩端用石頭堆砌。 · 緩傾斜坡面，利用拆除的混凝土塊疊造緩傾斜的河岸。 · 樹木保護工，堆疊混凝土塊，保護樹木。
	精進川(中之島小學附近河道)	規劃目的	· 使生態環境與週遭環境融為一體，回復河川之生態。
		施工作法	· 河岸採多段式落差工進行再修造，利用卵石砌成魚溜池。 · 護岸採用丸太格子護案。堆砌札幌卵石，保護樹木之生長。 · 河川復育之工法：採水制工、水制木工枕床、魚溜池帶工及埋木。
荷蘭	生態道路	規劃目的	· 減緩建設所造成的棲息地分段或創造新棲息環境以補償消失的棲息地。
		施工作法	· 道路建設改採迂迴路線或隧道化。 · 以生態導管、箱型地下道來設置動物橫越專用道路。 · 將道路兩旁空間，維護成最適於野生動、植物生育棲息環境。
中國大陸	江蘇大豐生態村	規劃目的	· 利用生態工法、生態規劃及生態管理的機制，強化當地生態環境之永續生產力。
		施工作法	· 利用綜合性廢棄物處理以及封閉式資源循環系統之生態工業技術，提升資源回收使用率。 · 生態技術提升熱能、地力，以及空間的使用率。

【本研究整理】

4.2 國內生態工法之案例分析

目前國內生態工程類型以生態工法為主，應用類型以河川工程較為普遍，因 921 地震導致邊坡崩坍，帶來重大災害，目前公共工程委員會對於道路、邊坡整治極力提倡生態工法之應用，而內政部營建署也積極推展綠營建。此節內容針對國內目前應用於河川工程、濕地工程、道路工程、生態池及其他相關工程等案例，分析案例之規劃目的及作法說明。

4.2.1 河川工程

近幾年來，台灣河川整治逐漸重視生態環境，治理河川積極推動以生態工法或近自然工法進行，穩定護岸使生態不被破壞。目前台灣河川工程中以護岸整治、野溪整治案例為最多。本節提出護岸整治案例為七家灣溪護岸實例、金瓜寮溪設計與規劃及內湖大溝溪上游整治工程及新城溪六期特殊岩壁堤防工程；野溪整治為宜蘭縣礁溪鄉小礁溪整治工程及虎山野溪景觀整治工程等。

(一) 護岸整治

案例一：七家灣溪護岸實例

此工程基地位於台中縣和平鄉武陵農場境內之七家灣溪，該溪目前已劃入櫻花鉤吻鮭野生動物保護區，有鑒於櫻花鉤吻鮭棲息的河段已逐年減少，而棲息區域環境又持續遭受人為或天然災害的侵襲影

響，故進行護岸整治。

(1) 基地概況



櫻花鉤吻鮭

1) 地質與土壤

七家灣溪沿岸之區域多屬侵蝕性河階，其表層沖積層既淺且薄，常可見裸露出之板岩岩盤。

2) 氣候及水文

工程地點全年平均氣溫約在 16 左右。七家灣溪的水溫隨溪谷的開展，自上游往下游，有逐漸升高的趨勢，在中、下游土地變更為農業區後，此差異更為明顯，甚至衝擊到櫻花鉤吻鮭受精卵的孵化。

3) 遊憩景觀

因國家公園區內風景秀麗，尤其七家灣下游段更勝於區內他處，觀賞櫻花鉤吻鮭勢必成為主要遊憩目的之一，因此對櫻花鉤吻鮭之棲息地維護、復育養殖、避難及生態教育等規劃之重要性言不可喻，因此護岸改善更需以生態工法理念進行。

(2) 護岸規劃原則

護岸設置，首先考量防止河岸或堤防遭受侵蝕，同時兼有生態環境保全、親水性及景觀性等功能。

- 護岸工應有足夠穩定強度。
- 護岸基腳應能安全支撐護坡結構物。
- 護岸工應有足夠防沖刷強度，不至因水流曳引力，造成崩塌。

- 防止護岸坡體內土砂之流失。
- 防止水質、水量產生變化。
- 長期完整性發展之配合。

(3) 工程規劃內容



根據護岸規劃原則，七家灣溪工程以蛇籠及加勁格網併用之護岸形式，石材來源擬併河道整理，就近取自河床中。對生態景觀之復舊，護岸格網表面均包覆植生草毯，其為棕櫚植物纖維，可利用野外原生植物附著生長；護岸填土修坡部分，依現況植物調查，栽植台灣赤楊、台灣胡桃及台灣黃杉，護岸將融入原有自然景觀。【8】

案例二：金瓜寮溪設計與規劃

金瓜寮溪是坪林鄉保持最自然的路段，亦為野外活動的規劃路線之一，希望恢復金瓜寮溪的生態環境，提供民眾觀賞、認識、了解，讓民眾體認生態保育重要。



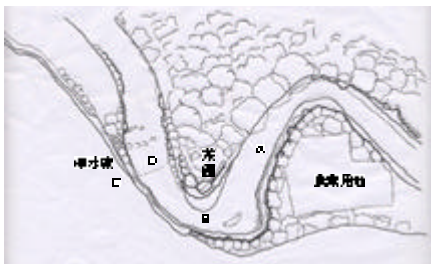
(1) 基地概況

1) 地質

地層為漸新世至中新世的砂岩與頁岩所組成，土壤為較貧瘠的黃色森林土。

2) 河道現況

金瓜寮溪之規劃路段，一旁屬山林地及農業用地，另一旁屬產業道路，其他屬自然動植物之棲地。河川兩旁已有種植茶葉及私人蔬果之農地，所以河水多被



栽綠化，採用原生種伏石蕨植栽為主，因其易攀爬生長、葉形美觀，可使牆面一片翠綠。

- C區：此區段是馬路與河流之中介，邊坡都為外來種植栽，颱風後已有土石崩落之情形，應將非自然植栽清除，改植原生種植栽為主，除視覺美化外，亦可加強邊坡穩定。
- D區：防洪道因高差足有1 m深，嚴重影響魚種溯溪回流繁衍生命，改善方式以石梁橫向錯落配置，利用層層疊置減緩其坡度，產生其縫隙，提供棲地環境讓生物種可延續生長。【8】

案例三：新城溪六期特殊岩壁堤防工程

新城溪是宜蘭縣內主要河川，本河川全河段稍受污染，若以新城橋為界，下游因工業區造成水質受到污染；上游包括風景區內及其更上游之河段，則曾因源流處之水泥業之採礦而受到污染。

(1) 基地概述

溪中石頭組成以黑頁岩與白色石灰岩為主，另有顏色豐富的砂質岩；魚類以溪哥為主，另有苦花、石斑及蝦類；水邊植物以水柳為主，另有相思樹、小葉桑及豬母榕等。

(2) 設計方式

為增加親水性並配合考慮保有原本生態環境，所以堤防的位置與高度，以考慮通水斷面的需求，向岸邊退縮並控制堤高形成兩段式；另外利用現地拋石回填以保護堤防基腳，表面再以礫石模擬原本河岸環境。在混凝土結構上，拋石處理及砂土回填條件，雖不利一般植栽工程的進行，但在完工一年後，自然植生的回復情況良好，證實平衡治水機能與生態條件的基本考慮是可行。【14】

案例四：內湖大溝溪上游整治工程



大溝溪位於內湖區，上游段兩岸大部分區域多為次生林，下游段則以農業型態為主。於 1997 年溫妮颱風來襲，挾帶強烈豪雨形成洪氾，兩岸農地遭沖蝕損毀，下游社區佔據原有流路，因排洪不及造成淹水災害。有鑑於此，台北市建設局著手進行整治。



(1) 工程目標

主要目標為改變大溝溪上游流況，以確保下游社區之安全。以水利工程之安全為主並兼具生態原則之重要性，於達成安全標準之外，同時創造或保留適當之生物棲息空間。

(2) 工程規劃內容

使用之工法工程內容分為護岸及整流工程、親水工程及景觀工程等，使用工法

如下：

1) 護岸及整流工程

為顧及必要之安全水利承受標準，砌石配合水泥灌漿，以穩固護岸。其中坡度較陡之河濱段，採用 F 型砌石護岸，並於溪床設置行人步道，行人可沿河床步行。而在坡度較緩處，部分砌面採取自然材建造，儘可能保留原處之植物，以利於生態環境。建築物緊鄰之河道，基腳處利用混凝土砌 10~15cm 之保護層，在混凝土護岸上襯砌直徑 50cm 左右之塊石，利用石塊之隙縫，作為植物生長空間。

2) 親水工程及景觀工程

裝置富有傳統風味的打水泵，利用親水平台、步道及木長廊，使景觀更為調和。溪中的踏石將溪水分為兩邊，在平時可作為民眾親水、行走之用。【33】

(二) 野溪整治

案例五：宜蘭縣礁溪鄉小礁溪整治工程

(1) 基地概況

小礁溪位於宜蘭縣礁溪鄉匏崙村，本集水區內開發甚早，區內濫墾果園遍佈，疏於水土保持工作之重視，導致崩山嚴重，產生大量土石推積山谷，每逢



羅東小礁溪改良式魚道防壩
及配合自然生態環境系列整
流



羅東小溪碎石步道及周邊植
生造林景觀

颱風豪雨土石大量下移逼使溪流改道，
洪水氾濫造成嚴重災害。

(2) 工程規劃內容

1) 護岸與固床工之設計

除了工程機能上之考量外，為順應地形、地勢自然變化、不等距分佈，利用當地石塊、表面以乾砌的做法，下大上小漸次排列。護岸坡度盡量避免設置陡直之坡度，減少視覺上之衝擊。

2) 攔砂壩及其他相關工程設施

盡量減少工程構造物為原則，為避免過大的高度落差、陡坡及超大的工程構造物，採低壩設計以求融入自然，避免對景觀及生態造成重大衝擊。

3) 景觀及遊憩的考慮

設置自然形式的散步道串連休憩空間與親水空間；休憩空間設置形式力求簡單自然，採用當地較平整的大塊石作為收邊；親水空間設置作法上需保留自然溪流的風貌，並以當地石塊圈圍出明確界線。

(3) 施作工法之設計

採用自然工法設計，其構造物包含固床工、護岸、防砂壩（包括魚道以及保護魚道結構的舌部結構）等。

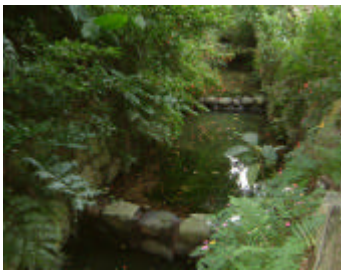
1) 固床工之設計

固床工設計為長 15m、寬 1m 厚、高 2m、溢洪口寬 2m，開口坡度 1:2 之混凝土結構物。為了避免水流之衝擊力破壞壩體，兩側面上石材之貼法以短、中徑（高、寬）為迎水面，而頂部石材之貼法則以中、短徑（高、寬）為迎水面，以防構造物上之石塊被沖毀。

2) 防砂壩及魚道之設計

為防止傳統式魚道常被砂石淤積堵塞或礫石撞擊損壞，導致魚之迴游路線無法暢通等缺失，故採用複式排水斷面，魚道進水口埋至圓鋼條柵，將礫石及水分離。【12】

案例六：虎山野溪景觀整治工程



整建後虎山溪

台北市屬盆地地形，人口稠密，因都市高度發展，住宅社區快速向平地周圍之坡地拓展，社區、住宅常鄰近山澗溝谷，或因開發整地而將原有之山溪野溝改道、掩埋或箱涵化。虎山溪本原始為自然的小野溪，溪邊因早年堆放的煤礦渣恐有崩塌之虞，威脅下游居民身家安全，故而台北市政府建設局進行修整溪岸鞏固溪床，完成兼具水土保持與自然保育的景觀野溪。

(1) 基地概況

虎山野溪山溝流長約 240 公尺，集水面積 27 公頃，屬小型蝕溝，左岸為早期煤礦礦渣基地，因長期之沖蝕淤積，造成原有溪

溝排洪斷面嚴重不足，每遇大雨便氾濫成災，對下游社區危害甚鉅。

(2) 規劃原則

溪溝治理因其海拔高度、集水面積、坡降、植被等天然環境不同而各有其特性及風貌，工程人員於規劃設計時，應妥善思考各溪溝利地環境之一同，有效整合地形、水文、人文等條件，因地制宜，詳細規劃以求完善之治理計畫。

(3) 工程規劃內容

工程設計之初除考慮減低環境視覺景觀破壞外並兼顧社區親水休閒空間之營造，以提供社區後花園之功能，本溪溝護岸之設計主要以半重力式結構為主，並以天然塊石作表面處理，以保持自然景觀，溪溝河道中並視地形設置固床工等構造以降低河床落差，以利魚蝦等生物之生存繁衍，並選擇適當處設置親水設施，提供市民親水機能。【18】



虎山步道砂岩石階取自當地的沙岩地質



天然塊石作表面處理

4.2.2 濕地工程

濕地的創造及濕地的復育可減緩濕地資源的消失，並提供景觀美學及諸多寶貴的資源。濕地創造及復育範圍廣泛，可由藉堵塞現存之排水系統，簡單地構築農地淡水草澤，或為了海岸保護及廢水處理，而

構築較為寬闊之濕地。

案例：關渡自然公園濕地環境復育

關渡自然公園為全國第一座以濕地方式存在的自然公園，也是侯鳥故鄉，因大自然演變加上人為影響結果，創造了自然生態。

(1) 基地概況

關渡自然公園位於關渡平原西南隅低窪地，關渡平原則位在台北盆地西北端，臨淡水河及基隆河交會處，因三十多年前台北盆地地下水超抽嚴重，造成地層下陷，導致海水潮汐沿著河流倒灌農田，加上颱風水患排水困難，致使平原內沿岸農地長期廢耕。部分水田被劃入基隆河汎水區，遭鹽性濕生植物覆蓋，水筆仔茂盛生長，並劃設為自然保留區。



(2) 規劃原則

自然公園除一方面維護濕地生態外，更重要係將基地內遭人為破壞所形成的建地、廢土傾倒區、菜圃、農田等地區，恢復原有濕地地形地貌，主要工作為復育濕地生態環境，其目標為提供鳥類棲息環境、創造多樣性濕地生態、塑造關渡獨特休閒空間與機能、建立生態保育觀念、延伸環境教育功能及提供生態調查研究場所。



(3) 工程規劃內容

在鳥類棲息低峰期，利用生態工法的塑造

方法，從事棲地再生計畫，包括填土的剷除、淺灘水域的擴充、再造淡水濕地及半鹹淡水灘地；另補植本土性之水生、溫生植被、現地高低莖草澤的疏伐等方法，加速生態演替過程，促使提早進入符合各棲地特性的植物社會群落。除復育之外，也進行棲地改善，因基地內各棲地水循環不佳，形成水池滯水呈低氧狀態，加上高、低莖草澤過度茂盛，水鳥棲息環境品質逐年下降；故在基地內進行適當整地，以促進水循環，並維持合宜的草澤高度，提供鳥類良好食物、飲水來源。【13】

4.2.3 道路工程

台灣因 921 地震後，對道路整治工程提倡生態工法之應用。生態道路的目的，在於使交通建設對於自然環境的衝擊減至最低。尤其當計畫道路必須穿過動植物棲息條件豐富的自然保護區域時，必須改變道路的形式與構造，以減低對生態的衝擊。

案例：南迴公路邊坡工程

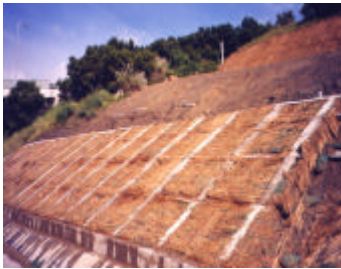
(1) 基地概況

南迴公路在颱風期間，時常發生坍方等災害，造成交通中斷，為避免發生重大事故，公路單位特別在邊坡路段興建護坡，但是縣府等

單位，對於往昔單一色調的「噴凝土叢林」有所異議，要求公路局改善，故而改採「隔框凝土植生」方式處理護坡。

(2) 工程規劃內容

公路局台東工務段在南迴公路進行邊坡防坍工程，所採工法不再是噴漿式，改採「隔框凝土植生」方式護坡，讓綠意映入用路人的眼簾。



「隔框凝土植生」是在山壁上，以一塊塊的四方形凝土隔框外，每一個凝土框內，也將種植花草達到綠美化及水土保持等效果，至於花草的選取，主要考量抓地力強、存活率高，美觀等，邊坡種植的花草種類計有山芙蓉、大波斯菊、長春花、高狐草及類地毯等九種。【16】

4.2.4 生態池

生態池主要是依據現地狀況，利用符合生態做法，創造豐富生態環境。

案例一：羅東運動公園

(1) 基地概況

宜蘭縣立羅東運動公園，位於羅東市區邊緣，東臨太平洋，周圍 270 度為高山圍繞的蘭陽平原，公園總面積共 46.8 公頃。





基地原為一平坦的水田，運用現地豐富的地下水做成水池，然後將挖出來的土造丘，以形成平緩的地形，提供人們休閒運動的場所。為反應基地現況高低下水位的條件，運用原有地下水位海拔 8.5m，設定為人工湖面的水面高，如此不需混凝土的結構層及防水的皂土層，便能常保水面的高度，而成為符合生態的造池方式。【14】

案例二：華江野雁鴨自然公園

淡水河為台灣地區第三大河，發源自雪山山脈，流域流經台北、桃園、新竹三縣，並貫穿台北市區，流域面積超過二千七百多平方公里。其自永福橋以下河域，由於主、支流交會及出海口海流潮汐等因素，使得流速變緩，造成河流中大量泥沙淤積於此，因而形成廣大的沙洲濕地。沼澤濕地中蘊含大量的有機物，有利於軟體動物、節肢動物、甲殼類及魚類等之繁殖，豐富的水生動植物提供鳥類穩定的食物來源，吸引大量鳥類前往覓食棲息。



(1) 基地概況

近二十年來，由於台北都會區人口不斷擴張、過度都市化的結果，產生許多人為干擾，嚴重影響河川環境與動植物的生態棲息。有鑒於此，1997年8月15日，台北市政府為保護此地之野生留鳥與候鳥及其棲息環境，特將原來已設置的「台北市中興

橋華中橋野生動物保護區」擴大範圍，從中興橋至永福橋水域及光復橋上游 600 公尺高灘地，面積共約 245 公頃，正式公告為「台北市野雁保護區」。

【<http://letsgo.taipei-elife.net/>華江雁鴨自然公園】

(2) 工程規劃內容

1) 生態護坡

野生動物可因河岸環境的復育，而受其利益。改善方式可包含：混凝土堤岸的移除及植被緩坡（5%）的創造或是沿著混凝土堤岸邊緣建造植被緩坡。



低水護岸

2) 生態池微地形

水池邊緣與池底的變化性對良好棲息地的創造是相當重要的。水池的變化性最好包含坡度和緩的堤岸設計，坡度大概介於 5% 至 10%。藉由如此和緩的坡度，池塘可有許多不同的深度及生長不同的植物與水生昆蟲。水池邊緣亦應設計為曲線較有變化，由於池底內有斜坡變化，隨著每月的不同水位變化，將可生長特定的植物，如此亦可創造小型生長高草類植物的水鴨庇護所區。



人工生態池

案例三：水塘生態系再造工程規劃—拐子湖

全球人口快速膨脹，生態環境又大肆被破壞，致

使大地水土保持功能大減，而全球氣候的變遷更導致許多地區發生乾旱或洪水的災害。近年來，環保先進國家正推行「生態法則污水處理法」來處理污水，就是水域生態系再造系統，經濟部水資源局於 87 年度起，資助苗栗縣的拐子湖資助計畫，利用生態系再造工程的法則。

(1) 基地概況

拐子湖位於苗栗縣山義鄉西湖村，面積為 8200 平方公尺，水體深度約 1.0 公尺至 1.5 公尺，水體為當地灌溉用的青蛙湖。拐子湖之水體並不供應作為公共給水，雖不至於如飲用水般直接影響人民身體健康，水質污染及優氧化之情形嚴重，造成水色改變，惡臭產生，水質鹼化等令人嫌惡之情形，造成親水性功能喪失及生態平衡破壞等不良影響。

(2) 工程規劃內容

- 抽除清運部份淤泥，種植沉水性與浮葉性等水生植物，以改善淤泥沉積。
- 栽植浮葉性植物於浮欄內，以改善水質。
- 居民共同行動，購買和放養烏鰡魚，以消除福壽螺。
- 湖中加袋曝氣機和生物酵素，以自然方法消滅底泥量。

(3) 成果效益

拐子湖的水質在進行生態系再造工程之後有明顯改善，許多參數如總磷、大腸菌類、

生化需氧量等，其測值均大幅下降。水中植物雖可去除一些污染物，但是當其生長趨勢飽和後，其去污效果即受限，因此，需適當控制水生植物之數量，才能發揮其成效。

【14】

4.2.5 其他工程

目前國內在河川及道路工程上已陸續推廣生態工法之應用，然在城市環境建設上，以生態系統觀念進行規劃。

案例一：生態城市規劃-礁溪地區

(1) 基地概況

礁溪鄉位於宜蘭縣東北隅，總面積為101.72 平方公里，地質屬現代沖積扇堆積，沖積層主要分布於南方平坦的沖積平原上，北方坡地與平原林野地，則多為紅黃色灰化土及石質土，地下水充沛，地質疏鬆，坡面有崩坍現象產生。礁溪地區全年多雨氣候溫和，擁有高山、丘陵、瀑布、溪流與平原等複雜多變的環境，有不同植物群落及生物棲地，屬於多樣性生態系統。

(2) 工程規劃內容

規劃構想乃利用建成區作為城市發展的核心區，依循自然環境條件與都市發展潛力為基礎，並配合舊有社區聚落向四周基地

成長。

1) 土地使用

土地使用乃提出混合使用的生態小區概念，將土地的生產引入城鎮的生活中，藉由土地混合使用，塑造出人為環境與自然農耕融滲交織的田園社區，發展適度規模的複合「小區」。

2) 開放空間

利用自然環境中的藍臍帶，作為開放空間系統之骨架，配合河岸兩側建立生態帶廊道，將山林與濕地鄰密連結，建構一個連續而多樣的生物棲境。此外，高速公路、聯外道路及鐵路系統兩側留設退縮綠帶及保護區，作為原生物種復育栽植區。

3) 維生系統

本地能源系統乃採分散式、小系統之替代能源（地熱發電、水力發電及水車發電）。而物流（食物、貨物、廢棄物、資源回收等）動線則串聯各綠莊中心，構成一個物質、資訊、社群等交流之網路。【15】

案例二：明德生態村

規劃範圍以明德水庫集水區內之明德村社區為主，屬明德水庫特定區，本區山多田少，經濟活動以務農為主。

(1) 基地概況

整個集水區的土地利用類型，以竹木地與農牧地為主，而明德村部份則是以竹木地、茶葉用地為大宗。明德村為明德水庫鄰近最大的聚落，擁有許多既成的人為設施與道路，明德社區排入的家庭污水成為明德水庫主要的污染源之一。

(2) 工程規劃內容

- 停車場綠化兼社區廣場：現有碼頭前停車場鋪面改善，以透水磚配合可遮蔭之大樹綠化，平日可作為居民集會廣場。
- 設置具有本地特色之地標，以水為主題。
- 商店街營造：設計作為「形象商圈」水庫示範地區，聯合民眾參與統一店鋪招牌與店鋪立面形象。
- 湖濱景觀步道：為一覽湖景及提供寧適安全之人車分道動線系統，規劃以水庫「入口意象區」為起點。在人行動線上設計必須注意引導人潮回流至商店街。
- 全區綠化美化：全區綠化分階段進行，以公有土地部份優先進行，如綠化停車兼社區廣場。
- 生態環境教育休閒區：原水利會動物園舊址，整備後作為生態環境教育專

區。

- 全區垃圾分類與堆肥：藉資源回收、垃圾分類與堆肥，達到「節能減廢」目的，落實環保教育。
- 自行車道：配合計畫區內人車分道，規劃庫區周圍設置腳踏車道，以增加生態休閒樂趣。【8】

4.2.6 國內生態工程之分析

利用上述之案例，分析國內生態工法所應用之作法及規劃目的，因規劃目的不同所應用之作法皆不同。如表 4-3 至表 4-5

表 4-3 國內生態工法案例之分析 (1)

工程分類	案例名稱	做法說明	
護岸工程	七家灣溪護岸實例	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> • 復育櫻花鉤吻鮭棲息的河段，進行護岸整治。
		施工作法	<ul style="list-style-type: none"> • 工程以蛇籠及加勁格網併用護岸形式。 • 對生態景觀之復舊，護岸格網表面均包覆植生草毯，使護岸融入原有自然環境。 • 拆除攔砂壩使櫻花鉤吻鮭可迴遊。
	金瓜寮溪設計與規劃	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> • 恢復金瓜寮溪的生態環境，提供民眾觀賞、認識、了解，讓民眾體認生態保育重要。
		施工作法	<ul style="list-style-type: none"> • 防洪道改善方式以石梁橫向錯落配置，提供棲地環境，讓生物種可延續生長。 • 護岸擋土牆結構以植栽綠化。 • 溪溝環境與鄰近相關資源有效之整合。
	新城溪六期特殊岩壁堤防工程	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> • 減少河川之污染及增加親水性為目標。
		施工作法	<ul style="list-style-type: none"> • 以現地拋石回填以保護堤防基腳，表面再以礫石模擬原本河岸環境。 • 堤防的位置與高度向岸邊退縮並控制堤高形成兩段式。
內湖大溝溪上游整治工程	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> • 改變大溝溪上游流況，確保下游社區之安全，並創造或保留適當之生物棲息空間。 	
	施工作法	<ul style="list-style-type: none"> • 護岸坡度較陡之河濱段，採 F 形砌石護岸；坡度較緩處，部分砌面採取自然材建造 • 景觀與親水設施方面，裝置富傳統味之打水筒及木長廊，使景觀調和。 	
野溪整治工程	宜蘭縣礁溪鄉小礁溪整治工程	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> • 以水土保持為目的，防止崩山及洪水氾濫之災害。
		施工作法	<ul style="list-style-type: none"> • 採低壩設計以求融入自然，避免對景觀及生態造成重大衝擊。 • 採用複式排水斷面，魚道進水口埋至圓鋼條柵，將礫石及水分離。 • 採用當地較平整的大塊石作為休憩空間之收邊。

【本研究整理】

表 4-4 國內生態工法案例之分析 (2)

工程分類	案例名稱	做法說明	
	虎山野溪景觀整治工程	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> 進行修整溪岸鞏固溪床，完成兼具水土保持與自然保育的景觀野溪。
		施工作法	<ul style="list-style-type: none"> 護岸設計以半重力式結構為主，天然塊石作表面處理，以保持自然景觀。 視地形設置固床工等構造以降低河床落差。
濕地工程	關渡自然公園濕地環境復育	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> 復育濕地生態環境提供鳥類棲息環境、創造多樣性濕地生態及建立生態保育觀念、延伸環境教育功能及提供生態調查研究場所。
		施工作法	<ul style="list-style-type: none"> 基地內進行適當整地，以促進水循環，並維持合宜的草澤高度，提供鳥類良好食物、飲水來源。 考慮生態週期，在鳥類使用基地的低峰期，採用生態工程的塑造方法，包括填土的剷除、再造濕地、淺灘水域擴充。
道路工程	南迴公路邊坡工程	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> 避免颱風期間造成邊坡坍方。
		施工作法	<ul style="list-style-type: none"> 採「隔框混凝土植生」方式護坡，在山壁上，以一塊塊的四方形混凝土隔框外，每一個混凝土框內，也將種植花草達到綠美化及水土保持等效果。
生態池工程	羅東運動公園	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> 提供人們休閒運動的場所及景觀綠化。
		施工作法	<ul style="list-style-type: none"> 運用現地豐富的地下水做成水池，然後將挖出來的土造丘運用原有地下水位，設定為人工湖面的水面高，便能常保水面的高度，而成為符合生態的造池方式。
	華江野雁鴨自然公園	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> 保護野生留鳥與候鳥及復育其棲息環境。
		施工作法	<ul style="list-style-type: none"> 生態護坡：混凝土堤岸的移除及植被緩坡（5%）的創造或是沿著混凝土堤岸邊緣建造植被緩坡。 生態池：水池邊緣設計為曲線較有變化，由於池底內有斜坡變化，隨著每月的不同水位變化，可生長特定的植物，亦可創造小型生長高草類植物的水鴨庇護所區。

【本研究整理】

表 4-5 國內生態工法案例之分析 (3)

工程分類	案例名稱	做法說明	
生態池工程	水塘生態系再造工程規劃—拐子湖	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> • 利用生態系再造工程的法則，改善拐子湖之污染。
		施工作法	<ul style="list-style-type: none"> • 利用生態系再造工程的法則。 • 抽除清運部份淤泥，種植沉水性與浮葉姓等水生植物，以改善淤泥。
其他生態工程	生態城市規劃-礁溪地區	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> • 依循自然環境條件與都市發展潛力為基礎，並配合舊有社區聚落向四周基地成長。
		施工作法	<ul style="list-style-type: none"> • 河岸兩側建立生態帶廊道，建構一個連續而多樣的生物棲境。 • 道路系統兩側留設退縮綠帶及保護區。
	明德生態村	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> • 改善明德社區之環境及污染源。
		施工作法	<ul style="list-style-type: none"> • 停車場綠化兼社區廣場，為一覽湖景及提供寧適安全之人車分道動線系統，規劃以水庫「入口意象區」為起點。 • 藉資源回收、垃圾分類和堆肥，達到「節能減廢」目的，落實環保教育。

【本研究整理】

4.3 國內外生態工程之比較分析

生態工程應用範圍廣大，各國家因地形、地質、生態環境及人為需求不同，應用生態工程之方法皆不同。藉由國內外生態工程案例之分析，探討國內外生態工程之目的、範疇類型及作法與台灣生態工法差異性。分析如下：

美國

美國因面積廣大，人口密度低，人的需求和生態環境較無衝突，因而規劃目的可分開考慮，以生態或以人的需求為主。因台灣面積小，人口密度高，人和生態是息息相扣，在實施生態工法，需以人和生態需求共同考量，因此美國生態工程之作法較不適用於台灣。

德國

德國生態工程以創造生態綠網為目標，針對建築物改造，創造生態環境。規劃以人的需求為目的，規劃目的與台灣應用於生態城市上相似，但因國家地形、氣候及環境不同，做法上有所不同。

日本

日本於河川整治採用近自然工法，如水制工、多落差工及樹木保護工等，材料來源以就地取材，不利

用機械工具以人力完成，以人的需求為規劃目的，而以不破壞生態為輔。然日本因地理環境與台灣較相似，因此日本生態工程之做法與台灣相似。

荷蘭

在道路建設以生態系統為主要考量，以最適當方式完成生態道路。做法方式適用於台灣，但因台灣地理環境，亦常發生自然環境災害，在安全性方面應更加注意。

中國大陸

大陸目前實行生態工程是以在不危及生態平衡的前提下，利用生態系或生態資源，以供人類所需為規劃目的。

台灣

台灣以復育、修復及改善方法達到人類需求為目的。因地理環境關係，台灣做法與日本相似。

表 4-6 國內外生態工程之比較分析

案例名稱		規劃目的	應用類型	工程做法
美國	德州聖安東尼奧的河邊步道	<ul style="list-style-type: none"> 人的需求。 製造河邊步道區。 	生態環境工程	<ul style="list-style-type: none"> 保留彎曲的河道。 建造地下隧道提供水之循環使用。 岸邊鋪設石板路道。
	佛羅里達州埃佛格雷生態系統	<ul style="list-style-type: none"> 生態需求。 將生態系統恢復原有風貌。 	人工生態系	<ul style="list-style-type: none"> 復健河道除直取彎。 減少了磷的輸出量。 營養鹽減量計畫。
德國	泥塔河整治	<ul style="list-style-type: none"> 生態需求。 恢復河川自然環境。 	生態工法	<ul style="list-style-type: none"> 河岸斜面加深。 拋石工法。
	生態村改造 Ottenhausen	<ul style="list-style-type: none"> 生態需求。 創造生態綠網系統。 	人工生態系	<ul style="list-style-type: none"> 建築物改造。 創造生態矮牆。 綠帶作為人車分道。
日本	精進川（河畔公園附近河道）	<ul style="list-style-type: none"> 生態需求。 回復河川之生態。 	生態工法	<ul style="list-style-type: none"> 廢棄混凝土塊堆疊。 多段斜路式落差工、緩傾斜坡面及樹木保護工。
	調布市市郊的多摩川	<ul style="list-style-type: none"> 人的需求。 治理河川。 	生態工法	<ul style="list-style-type: none"> 設計緩和的魚梯。 採拋塊石或設置消波塊。
荷蘭	生態道路	<ul style="list-style-type: none"> 生態需求及人的需求。 創造新棲息環境。 	生態工法	<ul style="list-style-type: none"> 改採迂迴路線或隧道化。 以生態導管來設置動物橫越專用道路。
中國大陸	江蘇大豐生態村	<ul style="list-style-type: none"> 人的需求。 利用生態技術達到人之需求。 	生態技術	<ul style="list-style-type: none"> 生態技術提升熱能以及空間的使用率。
台灣	七家灣溪護岸實例	<ul style="list-style-type: none"> 生態需求。 恢復河川之生態。 	生態工法	<ul style="list-style-type: none"> 蛇籠及加勁格網併用護岸。 包覆植生草毯護岸。 拆除攔砂壩。
	虎山野溪景觀整治工程	<ul style="list-style-type: none"> 人的需求。 以水土保持為目的。 	生態工法	<ul style="list-style-type: none"> 護岸以半重力式結構。 設置固床工構造以降低河床落差。
	南迴公路邊坡工程	<ul style="list-style-type: none"> 人的需求。 達到水土保持之目的。 	生態工法	<ul style="list-style-type: none"> 採「隔框混凝土植生」方式護坡。
	華江野雁鴨自然公園	<ul style="list-style-type: none"> 生態需求。 復育其棲息環境。 	生態工法	<ul style="list-style-type: none"> 混凝土堤岸的移除及植被緩坡的創造。 不同水位變化創造水鴨庇護所區。

【本研究整理】

第五章 生態工法應用於國家公園之 探討

5.1 國家公園生態工法案例之探討

國內的國家公園致力於生態保育與環境保護工作，目前亦有顯著的成就。國家公園在成立宗旨及肩負提供國人優質的休閒遊憩場所的責任下，工程設施雖然在所難免的，但如何秉持著不違反生態的原則前提下，盡可能建構近於自然的遊憩環境，以求與自然生態的共存榮仍為上策。因此在工程設施上，須融入「生態工程」的設計理念。

目前，國內各國家公園於生態工法之執行，已有明顯之成就。本節就各國家公園生態工法實作案例進行探討。

5.1.1 墾丁國家公園生態工法案例

(1) 南灣地區污水下水道系統工程

規劃構想

由於觀光事業發達，每年都吸引三百萬人次以上的遊客前來旅遊，使得區內民宅、旅館商店、餐飲店林立，各種商業、旅遊、居民等所產生的生活污水在未經處理下隨即排放，造成環境惡化及海域污染，甚至成為珊瑚白化的因素之一。

因此，墾丁國家公園乃於 1992 年起進行南灣地區污水下水道系統的規劃設計及興建，希望將全區所



污水處理廠地下化，與景觀不相衝突



處理場地下化，上面則為停車空間

產生的廢污水收集處理至符合放流水標準後再排放，以確保南灣海域水質，有利海中生物生存及民眾親水活動的進行。

規劃內容

1. 處理廠採地下化設計：由於污水廠位於南灣遊憩區停車場內，為了不加深此區假日原本車位難求的窘境，整個處理廠採地下化設計，僅管理室在地上一層，完工後處理廠上方除仍可做為停車空間外，也不影響台廿六線到南灣時海天一色的美麗景觀視野。
2. 處理水再利用：將處理後的放流水提供作為園區內澆灌灑水車使用，以節約用水及廢水再利用。
3. 放流水排放口位置：處理廠位於遊客最多的南灣沙灘附近，為避免流水有礙戲水活動的進行，處理後之放流水引到遠離遊憩沙灘之台電核三廠冷卻水出口混合後放流。

規劃設計與生態保育特點

1. 地下化設計，不影響原來之視野景觀。
2. 確保南灣海域水質，提昇旅遊休憩品質。
3. 改善南灣環境衛生，提昇墾丁國家公園之形象。
4. 處理水用於澆灌再利用，有效利用寶貴的自然資源。【21】



紅瓦斜屋頂設計

(2) 墾丁地區污水下水道系統工程

規劃構想

墾丁國家公園兼具陸地及海域景觀，為中外著名之旅遊勝地。有鑑於墾丁地區旅遊人口與日俱增，大量未經處理的生活污水直接排入墾丁水域，影響海域生態甚鉅，也成為珊瑚白化的原因之一。希望將全區所產生的廢污水收集處理至符合放流水標準後再排放，以確保墾丁海域水質，有利海中生物生存及民眾親水活動的進行，達到國家公園生態保育、育樂之目標。



利用石籠減少被沖刷之泥沙入海

規劃內容

1. 處理廠採高級處理設計：生活污水收集後，利用接觸氧化法+高級處理去除氮、磷，減少海域水質優氧化的可能性，有效抑制海域藻類滋生，確保珊瑚良好生長環境。
2. 全廠採紅瓦斜屋頂設計，與後方的墾丁地標大尖山相互呼應，景觀優美柔和。
3. 利用石籠及邊坡穩定，減少石牛溪堤岸之沖蝕，有效阻絕泥沙沖刷入海，降低珊瑚族群因泥土覆蓋窒息而白化甚至死亡的情形。
4. 處理水再利用：經處理後的放流水先提供墾丁國家公園境內澆灌灑水車使用，以節約用水及廢水再利用。



池體上方鋪設人工草皮

規劃設計與生態保育特點

1. 紅瓦斜屋頂設計，美化附近視野景觀。
2. 確保墾丁海域水質，提昇旅遊休憩品質。
3. 改善墾丁地區環境衛生，提昇墾丁國家公園之形象。
4. 處理水用於澆灌再利用，有效利用寶貴的自然資源。【21】

(3) 墾丁出火景觀工程



景觀工程 - 步道設施

規劃構想

出火係墾丁國家公園內特殊之自然景觀，位於恆春東門城外。出火之地質屬於墾丁層，鄰近有恆春斷層經過，恆春半島是年輕且持續運動的地質。因此受到恆春斷層相對推移擠壓之影響，使出火一帶地層中的天然瓦斯層沿土壤裂縫冒出地面產生火苗，日夜終年燃燒，夜間觀賞更具獨特魅力。出火地區在劃入墾丁國家公園特別景觀區前，相關設施缺乏，又無完善之管理，因此常見假日路邊停滿車輛，遊客在噴火口上烤肉堆置鐵網石塊，使得現場垃圾滿地、蚊蠅孳生。



景觀工程 - 圍籬阻絕設施

規劃內容

1. 將火焰中心地區以仿木料作成圓形圍籬阻絕設施，



減少遊客直接進入出火口烤肉或煮蛋，以保持出火口清潔及避免遊客不慎燙傷。

2. 基地內種植原生樹種樹木及草皮，綠地美化附近景觀並有助水土保持，避免雨天山區泥沙被夾帶進入溪流。
3. 設置路旁停車場，以免遊客隨意路邊停車，衍生交通事故。
4. 入口處設置解說牌示，教導遊客認識此區獨特的地質景觀。

景觀工程 - 階梯公共設施

規劃設計與生態保育特點

(1) 著重自然資源之保育與適當的開發

1. 嚴格限制開發行為，確保環境品質，維護自然景觀資源，使出火地區景觀能生生不息。
2. 依各區之自然條件，限制容許之開發量及類型。

(2) 發揮此區遊憩資源之特性，提升遊憩環境品質

1. 保持原有自然資源特色，強調自然資源特性之整合。
2. 與鄰近之遊憩景點協調發展，以達相輔相成之效益。
3. 加強更新公共設施，塑造此區特色及提高遊憩價值。

(3) 提供環境教育之功能

1. 利用適當之解說設施，提供生動的生態學

習，傳達生態理念。【21】

表 5-1 墾丁國家公園生態工法案例分析表

工程名稱	內容說明	
南灣地區污水下水 水道系統工程	規 劃 目 的	<ul style="list-style-type: none"> · 以確保南灣海域水質，有利海中生物生存及民眾親水活動的進行。
	具 體 作 法	<ul style="list-style-type: none"> · 處理廠採地下化設計，不影響原來之視野景觀。 · 將處理後的放流水提供作為本處園區內澆灌灑水車使用，以節約用水及廢水再利用。 · 處理後之放流水引到遠離遊憩沙灘之台電核三廠冷卻水出口混合後放流。
	使 用 材 料	<ul style="list-style-type: none"> · 污水處理廠為 RC 結構
墾丁地區污水下水 水道系統工程	規 劃 目 的	<ul style="list-style-type: none"> · 確保墾丁海域水質，有利海中生物生存及民眾親水活動的進行，達到國家公園生態保育、育樂之目標。
	具 體 作 法	<ul style="list-style-type: none"> · 利用接觸氧化法+高級處理去除氮、磷，減少海域水質優氧化的可能性，有效抑制海域藻類滋生，確保珊瑚良好生長環境。 · 利用石籠及邊坡穩定，有效阻絕泥沙沖刷入海，降低珊瑚族群因泥土覆蓋窒息而白化甚至死亡的情形。 · 經處理後的放流水先供園區內澆灌灑水車使用，以節約用水及廢水再利用。
	使 用 材 料	<ul style="list-style-type: none"> · 污水處理廠為 RC 構造 · 石籠

【本研究整理】

表 5-2 墾丁國家公園生態工法案例分析表 (續)

工程名稱	內容說明	
墾丁出火景觀工程	規劃目的	· 為維護墾丁出火特有景觀，將出火地區重新規劃，並配合維護周圍之自然景觀。
	具體作法	· 嚴格限制開發行為，確保環境品質。 · 基地內種植原生樹種樹木及草皮，綠地美化附近景觀並有助水土保持，避免雨天山區泥沙被夾帶進入溪流。
	使用材料	· 仿木料 · 原生樹種 · 草種

【本研究整理】

5.1.2 玉山國家公園生態工法案例

(1) 南橫公路梅山口至梅山村人車分道步道工程

規劃構想

南橫公路為進入玉山國家公園南部園區之主要道路，而梅山口至梅山村僅有狹窄的產業道路作為聯絡之出入動線，平日車輛與行人爭道情形屢見不鮮，每逢例假日車輛湧入形成交通壅塞。為顧及遊客及梅山村村民、學童行的安全，管理處特別規劃人車分道系統，並提供遊客以徒步健行方式深入布農族部落，體驗原住民文化氣息濃厚的遊憩感受。

規劃內容

步道所用之材質包括木棧道、石塊等，而以塊石鋪排為主，部份腹地不足之處則以斑馬線區隔人行空間，進入梅山村部落則以透水性混凝土連鎖磚作布農族圖騰之鋪排為重要之特色。

規劃設計與生態保育特點

1. 步道護欄以木材為主，與當地原始自然環境融合，且兼具美觀性。
2. 步道與車道分離，安全性與便利性極佳。
3. 步道平緩，屬大眾化路線，不會造成遊客體力負擔，並可疏散遊客，舒解梅山口遊憩壓力。本步道沿線有多處眺望點，步道下方即為荖濃溪谷，景觀特



原木護欄及石塊鋪面使人車分道安全性更高，並增加環保特色。



利用透水性連鎖磚作道路鋪面。



以國家公園特殊之保育動物圖像作鋪面設計。

色極佳。【22】



以廢棄枕木作為景觀牆，並以布農族意象圖騰加以美化具有生態性及人文色彩。

(2) 梅山口露營區設置工程

規劃構想

玉山國家公園所轄範圍以高山地區為主，除便利登山遊客休憩及提供緊急救難之避難山屋的新建、整建外，並於園區內興建住宿設施。惟遊憩壓力日益增高，國家公園園區內住宿設施明顯不足。

為兼顧生態保育及森林防火，在國家公園園區內設置露營區需考量之限制因子更為嚴苛繁多，如何克服這些困難更是考驗國家公園經營管理者的一大難題。梅山口露營區之設置除可舒解梅山地區住宿設施不足之困境外，更可透過完善的規劃及符合生態設計手法之設施提供遊客另一種不同的遊憩休閒型式。

規劃內容

1. 露營區共十一個帳台、十一座野餐桌椅、護欄、涼亭等均以原木為材料施作。
2. 露營區表演廣場以石塊設計原住民圖騰鋪面增加特色。
3. 利用廢枕木做為景觀牆，並且刻劃布農族意象圖騰美化、豐富露營區。

規劃設計與生態保育特點

1. 利用原木及廢枕木作為設施之主要材料，除具生態保育之理念外，更能與四周自然環境相融合。
2. 露營區垃圾桶及洗滌台均設有資源回收筒，以提供作垃圾分類使用。
4. 露營區全區除設施及步道範圍外，均以植草方式加以綠化，可兼具水土保持及美化之功能。【22】

表 5-3 玉山國家公園生態工法案例分析表

工程名稱	內容說明	
南橫公路梅山口至梅山村人車分道步道工程	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> 為了解決人車爭道與例假日車輛湧入形成交通壅塞的情形，將此路段增設行人步道。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> 步道所用之材質包括木棧道、石塊等，而以塊石鋪排為主。 以透水性混凝土連鎖磚作布農族圖騰之鋪排為重要之特色。
	使用材料	<ul style="list-style-type: none"> 木棧道 塊石 透水性連鎖磚
梅山口露營區設置工程	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> 利用規劃露營區之同時，配合維護周圍之自然景觀，並考慮露營區之水土保持，使環境達到生態循環的目的。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> 利用原木及廢枕木作為設施之主要材料，除具生態保育之理念外，更能與四周自然環境相融合。 露營區全區除設施及步道範圍外，均以植草方式加以綠化，可兼具水土保持及美化之功能。 表演場階梯以塊石鋪排，增加透水性及孔隙性，並富有原住民特色。
	使用材料	<ul style="list-style-type: none"> 原木、廢枕木 植草皮 塊石

【本研究整理】

5.1.3 陽明山國家公園生態工法案例

(1) 冷水坑湖泊復舊工程

規劃構想

冷水坑位於園區中心位置，交通便利，遊客眾多，為重要的景觀遊憩據點，自然及人文景觀豐富，可眺望七星山、七股山、竹嵩山等錐狀火山外，並有廣闊的田園景觀、森林、灌叢、草原、火山噴氣孔，含有冷泉的牛奶湖、雙溪上源的溪流及注熱液換質帶冒出的溫泉源頭，人文景觀上有採取硫磺、硫化鐵、白土礦等的採礦遺跡，地熱井及清朝河南營遺址等。冷水坑湖泊位於內雙溪上源，冷水坑吊橋東側，為自然形成的溼地，面積約一公頃餘，早期雨水蓄積成湖，昔時為提供牛隻放牧、造林、柑橘作物栽植等重要的水源處所，光復後因工人燒煮硫土，提煉硫磺，將礦渣廢棄經由台車運至此湖丟棄，久之湖面為礦渣廢土填平而荒廢，雜草叢生。因本湖泊鄰近七星山極富景觀特色，且有冷擊自導式步道經過，故予以疏浚復舊後，將增加一處極富特色的湖泊景觀。



冷水坑湖泊 - 施工前



冷水坑湖泊 - 施工中



冷水坑湖泊 - 施工後

規劃內容

本工程均以人工施作，不得使用動力機械，維護了當地動植物生態，並以觀測自然沼澤濕地生態演替為目的來設計，構成水生植物、鳥類等生物為棲地之濕地環境。

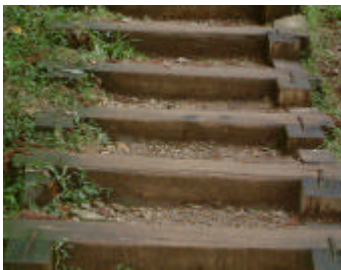
規劃設計與生態保育特點

1. 湖泊特有的棲地特性，回復原有的沼澤及水生動、植物、兩棲爬蟲類及重要水鳥棲地。
2. 因地理位置鄰近夢幻湖，生態特性相似，也可提供稀有植物水韭復育繁衍的處所。
3. 可供遊客遊憩體驗自然、觀察動植物等戶外教室，在各種水生生物棲地及多樣性物種的保育上將貢獻良多。【23】

(2) 人車分道冷水坑至絹絲瀑布入口段步道工程

規劃構想

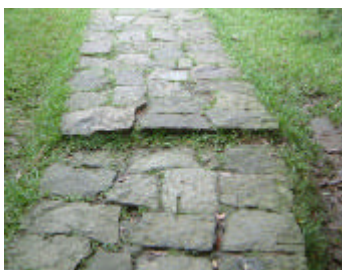
陽明山國家公園自 1993 年以來興設陽金公路、百拉卡公路、陽投公路、中湖道路的人車分道系統，總長約十二公里以上，獲民眾佳評，為了繼續建構人車分道的完整性，提供遊客有一寧靜、安全的行走空間，且可連接各遊憩據點與登山步道系統及主要車道站牌，由陽金公路銜接中湖道路轉菁山路 110 巷經新園街陽明山公車總站回到遊客中心，形成一個完整的環形步道路網，2000 年度辦理冷水坑至絹絲瀑布入口路段，期望完成後逐漸形成環形步道路網，將可提供民眾更便捷的登山步道與人車分道系統。



規劃內容



設計內容包括為配合林間自然地形的變化，設置多處木棧道，並且使用塊石、木材、級配石料等多種素材作為步道鋪面材料，提供遊客不同的遊憩體驗，東側產業道路上設有一處涼亭休息區，如果您能夠坐在那涼亭下欣賞山谷悠然景緻、感受清風徐來或寒風刺骨的滋味，也稱得上算是一種心靈境遇與福分。



規劃設計與生態保育特點

1. 步道經過森林底層，遊客可就近觀察動、植物生態習性，增加人們對大自然之瞭解與認知。
2. 步道坡度平緩，屬大眾化路線，使用率高。藉由步道之銜接，可疏散遊客及車潮，避免塞車之苦。
3. 使用塊石、木材、級配石料等多種素材作為步道鋪面材料，提供遊客不同的遊憩體驗。【23】



(3) 大屯木棧道改善工程

規劃構想

大屯木棧道開放使用已十餘年，幾經修補維護，大部分基礎均已腐朽不堪，為確保服務品質及遊客安全，因此進行木棧道全面更新。

規劃內容

設計施工均以生態工法為指導原則，依據原有路徑施築，未破壞原有路徑外之林相與草地。

規劃設計與生態保育特點

1. 依據原有路徑施築，未破壞原有路徑外之林相與草地。
2. 設計施工均符合生態工法。【23】

(4) 竹子湖棧道及生態池工程



規劃構想

陽明山國家公園陽金公路與竹子湖入口處，為眺望台北盆地之景觀點，遊客任意路邊停車，曾肇數起意外事故外且容易產生塞車，極待改善。在規劃停車場時，因民眾發現水塘中居然有台灣水韭與台北樹蛙蝌蚪，因此進行竹子湖濕地保育專案之保護計畫。



規劃內容

設計內容包括景觀眺望平台、木棧道及生態池。

規劃設計與生態保育特點

1. 設置景觀眺望平台及木棧道提供遊客觀察自然溼地之生態。
2. 設置生態池提供研究單位進行實驗與定期追蹤。

(5) 菁山露營場自然親水帶

規劃構想

菁山露營場原為台北市政府交通局所屬，委託露營協會經營管理，經陽明山國家公園管理處撥用取得後，因既有設施多已老舊，遂予重新規劃設計更新為一處兼具自然保育與環境教育並重之露營活動場所，場內設有管理服務中心、家庭式小木屋、木屋營位、原野式及半原野式營位、自然親水帶步道系統、停車場等，面積約六公頃。前因露營場年久失修，並於規劃設計階段有數年的時間極少對外開放，因此於區內蘊育了多種螢火蟲棲生，經委託台大楊平世教授研究的結果陸棲螢火蟲大多棲息於區內之林帶下層，部份分佈於道路旁及靠近溫室與步道小徑；另於區內鄰近木屋區留經之小溪澗發現有水生螢火蟲，有鑑於人工光源在螢火蟲生殖季節時往往嚴重影響成蟲求偶行為，故露營場內之各項設施建設均以不干擾螢火蟲活動方式作為考量，以達成露營場之整體開發行為係在保育及遊憩理念並重下進行。



規劃內容

為避免過大之地貌改善，將其設置為水生螢火蟲棲息地，利用流經鄰近木屋區之小溪澗，將安山岩塊堆置成上下游皆窄小約二點五公尺，中間寬闊的七點五公尺之流動水域，下游處設有控制最深水位約 70 公分之溢水閘，岸邊的處理手法為安山岩乾砌或大小不等之塊石堆置並留縫隙，溪澗底散置大小不同之自



然石塊，溪澗中放置螺貝類，其旁綠地配合栽種適合水生螢火蟲棲息之植被，以利水生螢火蟲及相關生物蛙類等棲息。外緣解說步道旁設有極少低矮照地景觀燈，以對螢火蟲之光害影響減至最低，並配合於螢火蟲季時，對於停車場及路燈均應加管制。期望此自然生態溪水親水帶之完成，能提供一處絕佳之水生螢火蟲棲息地並配合復育計畫，以使境內之水生螢火蟲漸漸復育至相當可觀之數量。【23】

表 5-4 陽明山國家公園生態工法案例分析表

工程名稱	內容說明	
冷水坑湖泊復舊工程	規劃目的	· 為恢復冷水坑舊日情景，回復原有的沼澤及水生動、植物、兩棲爬蟲類及重要水鳥棲地。
	具體作法	· 工程均以人工施作，不得使用動力機械，維護了當地動植物生態。 · 以觀測自然沼澤溼地生態演替為目的來設計。
人車分道冷水坑至絹絲瀑布入口段步道工程	規劃目的	· 利用規劃人車分到工程的同時，配合維護週遭的自然景觀，並利用透水性佳的道路鋪面材，以達到水土保持之效。
	具體作法	· 配合林間自然地形的變化，設置多處木棧道，提供更富有趣味性之行進路徑，並於適當之景點設置休憩涼亭，融合四周環境。 · 使用塊石、木材、級配石料等多種素材配合運用，作為步道鋪面材料。塊石與級配石料的多孔性，增加透水性，達到水土保持之功用。
	使用材料	· 塊石 · 木材 · 級配石料 · 草種

大屯木棧道改善工程	規 劃 目 的	· 利用改善木棧道的工程，將原有木棧道修築完善，並使木棧道更能與自然環境相融合，不破壞當地特色。
	具 體 作 法	· 依據原有路徑施築，未破壞原有路徑外之林相與草地。

【本研究整理】

表 5-5 陽明山國家公園生態工法案例分析表(續)

工程名稱	內容說明	
	使用材料	<ul style="list-style-type: none"> · 木棧道 · 混凝土(基礎)
竹子湖棧道及生態池工程	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> · 為保育台灣水韭與台北樹蛙蝌蚪，因此進行竹子湖濕地保育專案之保護計畫。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> · 設置景觀眺望平台及木棧道提供遊客觀察自然溼地之生態。 · 架高木棧道與平台，以不直接破壞原有生態環境。
	使用材料	<ul style="list-style-type: none"> · 原木材質
菁山露營場自然親水帶	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> · 重新規劃設計更新為一處兼具自然保育與環境教育並重之露營活動場所。 · 復育親水帶自然環境，設置為水生螢火蟲棲息地，供螢火蟲生存與棲息。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> · 岸邊使用安山岩乾砌或用大小不等之塊石堆置以留縫隙，製造多孔隙性供生物生長。 · 溪澗中並放置螺貝類，供螢火蟲覓食。綠地並配合栽種適合水生螢火蟲棲息之植被，以利水生螢火蟲及相關生物蛙類等之棲息。 · 外緣解說步道旁並配有極少低矮照地景觀燈，以對螢火蟲之光害影響減至最低。
	使用材料	<ul style="list-style-type: none"> · 安山岩 · 螺貝類 · 植被 · 低矮照地景觀燈

【本研究整理】

5.1.4 太魯閣國家公園生態工法案例



(1) 新建關原污水處理廠工程

規劃構想

關原位在太魯閣國家公園西部入口，具高山生態及景觀特色，為冬季賞雪及夏季避暑勝地。隨國民旅遊風氣日盛，每逢假期，關原地區之山莊供不應求，惟因欠缺完善之污水處理系統，污廢水皆排入承受水體立霧溪，為污染防治及生態保育之需要，興建經濟有效、功能良好之污水處理廠，以有效控制水源污染改善承受水體立霧溪之水質，殆為必須。

規劃內容

1. 全地下化設施，並規劃綠帶及廠區景觀美化。
2. 注重二次公害防治，含臭味、噪音、振動及污泥處理。放流水回收再利用及污泥配合垃圾處理，供作衛生掩埋或苗圃推肥。
3. 挖方與回填平衡，加強邊坡穩定及排水系統規劃。

規劃設計與生態保育特點

1. 維護立霧溪河川生態，防治污廢水污染。
2. 以格梁植生穩定邊坡、加強水土保持及綠化、美化。
3. 放流水及污泥之資源回收利用。【24】



(2) 石門山步道設施工程

規劃構想

由於此地區可及性高，步道在遊客抄捷徑之使用下，導致有眾多入口，且登山步道路徑雜陳，已嚴重影響高山草原生態，於此宜設步道設施，並明確規範登山客行進路線，以供高山箭竹林休養生息，達到族群復育之目標。而步徑路線之改善，除解決地表水逕流侵蝕的情況外，配合的相關排水設施亦需於此工程內一併施行；山頂之三等三角點週邊環境亦需配合整建，及恢復山頂之植物生態。山區易起濃霧，實有必要於步徑上設置解說指示牌。



規劃內容

1. 規劃主要步道路線，設置導水截水溝槽，防止零星小徑形成表土流失，破壞水保情形。
2. 注重現有山徑表土復原及原有植栽綠化復原。設置平台、木階梯形成自然動線，引導遊客觀景遊憩。
3. 提供解說牌誌，含歷史、地理、環境、合歡山高山氣候等解說。



規劃設計與生態保育特點

1. 維護合歡山高山生態，防治遊客誤入其他保護區範圍。

2. 以格架植生穩定邊坡、加強水土保持及綠化、美化。
 -
3. 提供高海拔地區，生態保育教育戶外教室。【24】

表 5-6 太魯閣國家公園生態工法案例分析表

工程名稱	內容說明	
新建關原污水處理廠工程	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> 興建污水處理廠以改善立霧溪之水質，並利用興建污水處理廠之同時，配合維護周圍之自然景觀與穩定邊坡，加強水土保持及綠化、美化。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> 全地下化設施，並規劃綠帶及廠區景觀美化。 放流水回收再利用及污泥配合垃圾處理，供作衛生掩埋或苗圃推肥。 以格梁植生穩定邊坡、加強水土保持及綠化、美化。
	使用材料	<ul style="list-style-type: none"> 污水處理廠為 RC 構造 植生草皮
石門山步道設施工程	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> 為防止遊客以抄捷徑之方式使用步道，嚴重影響高山草原生態，故設置步道設施，明確規範登山客行進路線。 同時週邊環境配合整建，以恢復山頂之植物生態。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> 規劃主要步道路線，設置導水截水溝槽，防止零星小徑形成表土流失，破壞水保情形。 復原山徑表土及原有植栽綠化。 設置平台、木階梯形成自然動線，引導遊客觀景遊憩。 以格架植生穩定邊坡、加強水土保持及綠化、美化。
	使用材料	<ul style="list-style-type: none"> 植栽 塊石 碎石級配 RC 格框 原木材料

【本研究整理】

5.1.5 雪霸國家公園生態工法案例

(1) 清泉轉運站停車場環境綠美化工程



施工中

規劃構想

此項工程考量無障礙空間及觀景點之視野，且配合風景區規劃之理念，設計區分為停車場工程及休憩區工程。停車場工程規劃小型車（含殘障人士車輛）46 個車位，大型車 4 個車位。



施工後現況

規劃內容

車場地坪採用「素鋪工法」鋪設植草磚。由於停車場設施的敷地較為廣大，亦受岩塊取用數量之限制，則改以通透性良好，且具近於同等功效之混凝土連鎖磚替代之。植草磚因具有良好的孔隙性，有利於地被植物發芽生長，並具水土保持功能，可達減少土壤表面逕流之效，植草磚係於夯實後，在其孔隙間填充混合草種之土壤，散佈其間，經灌水處理後，有助於草種之發芽，地被覆蓋後，水土保持功效更為顯著。



施工中

規劃設計與生態保育特點

1. 週邊規劃沿河步道及綠帶植楓香樹及各種花草，結合自然景觀。
2. 休憩區工程規劃小型停車位 4 個，木造觀景平台一座，可遠眺溪谷及山巒景緻，木造野餐桌椅 4



施工後現況

座，可供遊客休閒野餐談心處所。

3. 週邊亦規劃人行步道及綠帶，以間隔式素鋪步道及植樹供遮陰。【25】

(2) 七家灣溪湧泉池改善工程

規劃構想

由於櫻花鉤吻鮭已被政府明文定為保育類生，而其重要棲息地- 台中縣大甲溪上游七家灣溪流域，經行政院農委會公告為櫻花鉤吻鮭重要棲息環境，並設為保護區。因原有自然河川型態已被攔砂壩及岸邊農業墾植活動破壞，為此乃構想以生態工法改善，於七家灣溪湧泉池築一鮭魚的緊急避難所，恢復鮭魚的原始生態環境。

規劃內容

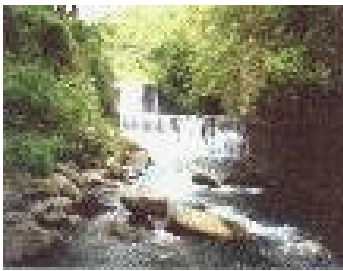
1. 利用石籠護岸，阻擋兩岸崩落及沖蝕的泥砂，藉此清理湧泉池讓水源常保清澈。
2. 岸邊植物搭建遮蔭網架，降低水溫，並減少鳥類捕食稚齡鮭魚的機會。
3. 安置適當之碎石河床面，提供鮭魚產卵場地。
4. 對溪岸蔬果、果園、農藥、肥料等滲漏污染源，配合續作截流污水處理等措施，保持優良水質。
5. 工程施工就地取材，對原有地形、地貌保持最少變動。【25】



(3) 七家灣溪護岸工程

規劃構想

位於武陵地區，櫻花鉤吻鮭所倖存的七家灣溪，在經過歷年大型颱風或地震侵襲之後，原本櫻花鉤吻鮭喜歡棲息的水潭區，受到岸坡崩塌及泥沙淤積的作用，河道深度變淺、面積變小、甚或是消失，不僅對櫻花鉤吻鮭族群的存續造成不利的影響，且受崩塌影響形成溪水混濁，德基水庫淤積，亦使下游之大台中地區主要水源深受影響。因此此項工程不僅為了配合維護珍貴之櫻花鉤吻鮭魚苗棲地之安全，更加以生態工法之構思來規劃設計護岸以使櫻花鉤吻鮭能於颱風、洪水時保有避難所，並使河岸恢復原有植生、含氧水源。

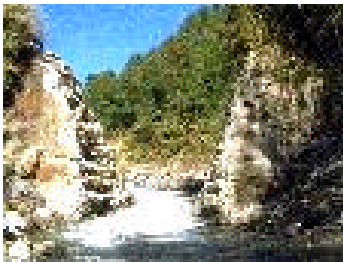


拆除前攔砂壩

規劃內容

1. 外部塊石護岸

此工法對岸坡具較高穩定性，間隙可填土植栽或供水中生物避難用，石材為自然取材，可增加岸坡原始景觀又顯現出溪溝之野趣。



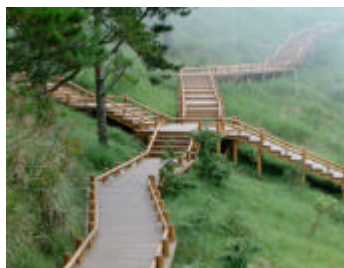
拆除後攔砂壩

2. 下部蛇籠護岸

此工法用來穩定岸坡，具有孔隙構造提供水中生物棲息、避難之場所，排水效果佳、且連續性及柔性均佳，並可降低不均勻沉陷造成不良影響。另外每隔一段間距設置植栽圈，可達綠化效果。

3. 上部植栽綠化

於護岸上部回填土壤並植栽綠美化，使得與四周環境融合為一體。【25】



(4) 觀霧地區給水設施週邊美化工程

規劃構想

雪霸國家公園成立迄今，觀霧管理站之成立，對觀霧地區生態及動植物之保育有著極大的幫助，尤其景觀之規劃，包括觀景點及步道設施之設置，提供遊客良好亦兼具教育性之休憩空間，另加入解說系統，形成優良之導覽環境，建立遊客對觀霧地區有之認知達成全民身心健康及陶冶性情之目標，利用興建觀霧地區給水設施之同時於管理站旁之上配水池及週邊空間規劃觀景平台、步道、植栽、美化環境等設施。



規劃內容

1. 觀景平台

以原木材質組合，配合高度設置觀景平台，向前可遠眺大霸尖山及榛山、聖稜線等大小山脈，朝後可觀賞雲海。



2. 步道

於觀景平台及管理站後側休憩平台間依地形高低，以原木組裝木棧步道，讓週邊環境塑造森林浴之清涼感，配合原有管理站之古樸外貌，塑造大自然環境的融合。



3. 乾砌塊石截水溝

配合山坡面傾斜度之不規則排列，將雨水分項導引至排水溝並於截水溝底排列塊石，讓雨水自然滲透地底，且不影響坡面之安全及不虞遭受沖刷。【25】

表 5-7 雪霸國家公園生態工法案例分析表

工程名稱	內容說明	
清泉轉運站停車場環境綠美化工程	規劃目的	· 利用規劃停車場之同時，配合維護周圍之自然景觀，並使用透水性良好之鋪面材料，使環境達到生態循環的目的。
	具體作法	· 使用植草磚，其良好的孔隙性，有利於地被植物發芽生長，並具水土保持功能，可達減少土壤表面逕流之效。 · 使用透水性連鎖磚，其具有良好之透水性，使地表水穿透讓土壤吸收充足之水份，提供植物吸收生長。
	使用材料	· 植草磚 · 透水性連鎖磚。 · 混合草種之土壤
七家灣溪湧泉池改善工程	規劃目的	· 改善七家灣溪湧泉池環境，提供櫻花鉤吻鮭一個緊急避難所，回覆鮭魚的原始生態環境。 · 創造櫻花鉤吻鮭產卵場地。
	具體作法	· 利用石籠護岸，阻擋兩岸崩落及沖蝕的泥砂，藉此清理湧泉池讓水源常保清澈。 · 安置適當之碎石河床面，提供鮭魚產卵場地。 · 岸邊植物搭建遮蔭網架，降低水溫，並減少鳥類捕食稚齡鮭魚的機會。 · 工程施工就地取材，對原有地形、地貌保持最少變動。
	使用材料	· 塊石 · 碎石 · 遮蔭網架 · 石籠

【本研究整理】

表 5-8 雪霸國家公園生態工法案例分析表(續)

工程名稱	內容說明	
七家灣溪護岸工程	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> · 維護珍貴之櫻花鉤吻鮭魚苗棲地之安全。 · 以護岸設計，使櫻花鉤吻鮭能於颱風、洪水時之有避難所，並使河岸回覆原有植生、涵養水源。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> · 運用塊石護岸，塊石間隙可填土植栽或供水中生物避難用。 · 利用石籠來穩定岸坡，具有孔隙構造提供水中生物棲息、避難之場所，其排水效果佳、且連續性及柔性均佳，並可降低不均勻沉陷造成不良影響。 · 於石籠上方鋪設植生草毯。 · 護岸上部回填土壤並植栽綠美化。
	使用材料	<ul style="list-style-type: none"> · 塊石 · 石籠 · 植生草毯 · 植栽枝條
觀霧地區給水設施週邊美化工程	規劃目的	<ul style="list-style-type: none"> · 利用興建觀霧地區給水設施之同時於管理站旁之上配水池及週邊空間規劃觀景平台、步道、植栽、美化環境等設施。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> · 觀景平台與步道設施材料為原木材質，造型、色彩與質感之設計以融合當地環境為主。 · 乾砌塊石截水溝配合山坡面傾斜度之不規則排列，將雨水分項導引至排水溝並於截水溝底排列塊石，讓部分雨水自然滲透地底，且不影響坡面之安全及不虞遭沖刷。
	使用材料	<ul style="list-style-type: none"> · 原木材料 · 塊石 · 混合草種之土壤

【本研究整理】

5.1.6 金門國家公園生態工程案例



(1) 行政中心及遊客中心停車場及步道等景觀第二期工程

規劃構想

1. 配合原遊客中心功能強化戶外廣場機制。
2. 融合當地由外而內之景觀風貌呈現。
3. 串連各區域機能結合成一整體性之景觀步道。
4. 原有植栽保留，另增加開闢綠化區。

規劃內容

配合遊客中心之外觀造型，入口廣場地坪鋪設具傳統人文特色之窯燒磚材料，欄杆採閩南式傳統建築模式，呈現金門當地傳統建築特色。以閩南式圍牆形式自然圍封出庭園景觀，並以圓形開口以及流暢之弧形線條，營造出中國文人特有之庭園風貌。

規劃設計與生態保育特點

1. 新設透氣性步道並預留 3-5 公分隙縫，間撒草籽植生，具生態及綠化功能。
2. 停車場地坪鋪設具透水性之植草磚以符合生態工法。【26】



(2) 中山林停車場景觀工程



規劃構想

此項工程主要目的在與新建完成之遊客中心動線相結合，並透過動線規劃與鋪面材料改善目前停車空間，且配合將來解說巴士之設立，設置巴士停車空間與大型車停車場，乃配置小汽車與機踏車停車場以符合使用需求，並設置隔離步道以減少人車衝突。



規劃內容

為達到環保需求，停車場鋪面使用植草磚，人行步道使用天然石片乾砌且縫植假儉草，使地坪不至因陽光折射過強而有路面之炙熱。而機車停車場則以透水磚鋪設，二種鋪面主要是減少地表水逕流，增加水文循環之機會，以符生態工程精神。而南側之餐飲服務中心則與停車場之步道系統串連並接連至遊客中心。

規劃設計與生態保育特點

1. 植草磚之使用可使土壤保持土壤水分且較不易蒸發，且增加停車場之綠覆率。
2. 透水性材料可使地表水逕流減少，並增加水文循環之機會。【26】



(3) 五虎山至山后民俗村廣場及步道美化

規劃構想

研擬使目前已施工之五虎山景觀區與其週邊環境相互連繫，並將週邊各項遊憩、休閒設施予以美化整飾、維護林蔭道路景觀、改善道路狀況，以使各遊憩據點及景觀據點互相銜接，構成完整之遊憩交通系統。



規劃內容

延用地區傳統建材特色，廟前地坪鋪築丁字、人字花崗石板搭配紅色長方形窯燒磚。既有 PC 道路鋪面縱向分成五單元，中央以花崗亂石片天然面朝上鋪築，以當地之材料營造較原始之效果，中央兩側留設 PC 道以展現戰地車轍道之特殊景觀，車轍道外側鋪築窯燒磚以達美化功能；五虎山入口處前地坪以方整手法處理，明確標示地點。現有土路新作路面方式類似前述道路設計手法，唯道路中央以填土夯實鋪設花崗塊石，車轍道兩側鋪築植草磚綠化處理，使道路底部土壤尚可保存水份且易於透氣讓土壤有呼吸功能，較能符合生態工法精神。



規劃設計與生態保育特點

廣場邊駁坎施作坡趾後回填砂壤土，表面植草處理，達到邊坡保護及綠化功能；新作道路兩旁路樹為考量植樹不易且具遮陽功能，屬極佳之休閒步道工址，故予以保留；新作道路鋪面考慮透水性及綠化功能，在炎炎夏日季節不使路面有炙熱，於綠蔭步道下

行走可令人有心曠神怡之感覺。【26】

(4) 北山振威第前廣場及聯外道路整建工程

規劃構想

原有振威第之對外道路為一簡單之水泥路，且道路兩旁之雜物甚多，有礙觀瞻。應當地居民之要求，將聯外道路、排水系統及其道路兩旁之景觀作一整理，使振威第景點之風光與道路能連成一氣；並使外來之遊客有一明顯的入口標的與停車空間。



規劃內容

工程道路整修採取軟底方式施工，路基以原有路面打除之混凝土石塊作為碎石級配並填以細砂，路面層以連鎖磚鋪排而成。此種作法除兼具環保及資源回收之概念外，因其是種可滲水透氣之路面亦可稱為一種生態（綠色）工程。另道路兩側，配合建築外觀，色澤仍以紅色窯燒磚作為鋪面層，使當地之景觀風貌更融合，別具特色。



規劃設計與生態保育特點

在施工上除了滿足了機能上的要求，更兼具了環保及生態考量，材料之選擇上盡量以自然的材質為主，且其完成後能與周圍建築融為一體。【26】

(5) 自然生態解說站工程設計說明

規劃構想

1. 整體規劃 VS 生態體系

整規劃為能充份展現本區人文風采及傳統特色，盼能以解說站為中心，融合南山、北山聚落、雙鯉湖、保靈殿、關帝廟、古寧頭水尾塔、慈堤等周邊自然人文環境相結合。進而維續原有生態體系，以提供北國候鳥遷移最佳之中途休息站，形成金門地區唯一適於賞鳥觀賞的地點。

2. 生態建築 VS 環教場所

解說站以建立自然生態及保育的觀念為宗旨，其空間內容除供展示及觀賞外，並延伸至戶外，提供生態觀察、研究，調查及休憩等之環境教育場所，讓遊客於遊覽過程中達到教育與解說功能。

規劃內容

1. 融合環境



解說站於保靈殿西側三角形空地並依湖畔建築，配置採一字形平面架構，使建築與自然環境衍生密切關係且所有空間都可以穿透戶外，不致造成建築物脫離於環境之外。並將村內道路入口改以鋪面設計融入解說站廣場形成一體。

2. 順應自然

解說站將人工建築物集中興建並依湖畔建築，且利用建物底下設計挑空，以提供小鷺瀝、白冠雞、紅



冠水雞等避風哺育及棲息場所，並將原有三角地與保靈殿周邊廣場合併成為最佳之戶外賞鳥廣場，遊客並可以廣場為駐足點，側覽關帝廟、水尾塔、雙鯉湖、南山北山聚落，讓自然環境成為環境教育的最好場所。

3. 營造情趣

解說站落成後，遊客除透過展示解說以體驗自然生態外，規劃上應以觀賞廣場為據點，將遊客導覽至雙鯉湖畔，深入南山、北山聚落以瞭解宗族族群不斷繁衍而擴展之聚落模式及變化多端之街景與戶外小空間，更應善用原有相連通小道結點，規劃為居民戶外活動場所，並闢建慈湖小徑連接慈堤，以營造傳統風情及柳暗花明之情趣意境。

規劃設計與生態保育特點

1. 強調自然

建築物依湖畔建築以減少自然生態環境之破壞，且於建築物下方挑空設計，自然形成躲藏空間，以建構避風、哺育及棲息等自然生態之行為模式。

2. 尊重環境

建築物採一字形線性配置，以反應邊際效應，且基於建築物不能抽離環境而生，因此建築物除了量體之考慮外，造型採仿閩南式傳統建築，以結合地區性之整體景觀。【26】

表 5-9 金門國家公園生態工法案例分析表

工程名稱	內容說明	
行政中心及遊客中心停車場及步道等景觀第二期工程	規劃目的	· 配合原遊客中心功能強化戶外廣場機制。融合當地由外而內之景觀風貌呈現。保留原有植栽，另增加開闢綠化區。
	具體作法	· 廣場地坪鋪設具傳統人文特色之窯燒磚材料，欄杆採閩南式傳統建築模式，呈現金門當地傳統建築特色。 · 新設透氣性步道並預留 3-5 公分隙縫，間撒草籽植生，具生態及綠化功能。 · 停車場地坪鋪設具透水性之植草磚以符合生態工程。
	使用材料	· 窯燒磚 · 透氣性步道 · 草籽 · 植草磚
中山林停車場景觀工程	規劃目的	· 透過動線規劃與鋪面材料改善目前停車空間，並利用規劃停車場的同時，配合維護當地景觀特色。
	具體作法	· 停車場鋪面使用植草磚，有利於地被植物發芽生長，並具水土保持功能。 · 人行步道使用天然石片乾砌且縫植假儉草，使地坪不至因陽光折射過強而有路面之炙熱。 · 機踏車停車場則以透水磚鋪設，減少地表水逕流，增加水文循環之機會。
	使用材料	· 植草磚 · 天然石片 · 假儉草 · 透水性連鎖磚
五虎山至山后民俗村廣場及步道美化	規劃目的	· 藉由工程得規劃使景觀區與其週邊環境相互連繫將區內及週邊各項遊憩、休閒設施予以美化整飾、維護林蔭道路景觀、改善道路狀況，
	具體作法	· 延用地區傳統建材特色，廟前地坪鋪築丁字、人字花崗石板搭配紅色長方形窯燒磚。 · 廣場邊駁坎施作坡趾後回填砂壤土，表面植草處理，達到邊坡保護及綠化功能。 · 道路鋪面採用透水性材料及綠化功能。

【本研究整理】

表 5-10 金門國家公園生態工法案例分析表(續)

工程名稱	內容說明	
五虎山至山后民俗村廣場及步道美化	使用材料	<ul style="list-style-type: none"> · 花崗石板 · 窯燒磚 · 砂壤土 · 植草 · 透水性連鎖磚
北山振威第前廣場及聯外道路整建工程	規劃目的	· 利用規劃廣場與將聯外道路的同時，將排水系統及其道路兩旁之景觀作一整理。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> · 道路整修採取軟底方式施工，路基以原有路面打除之混凝土石塊作為碎石級配並填以細砂，路面層以連鎖磚鋪排而成。 · 道路兩側，配合建築外觀，色澤仍以紅色窯燒磚作為鋪面層，使當地之景觀風貌更融合，別具特色。
	使用材料	<ul style="list-style-type: none"> · 混凝土石塊 · 細砂 · 透水性連鎖磚 · 窯燒磚
自然生態解說站工程設計說明	規劃目的	· 建立自然生態及保育的觀念而興建解說站。並與週邊自然人文環境相結合，進而維繫原有生態體系環境。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> · 利用建築物下方挑空設計，自然形成躲藏空間，以建構避風、哺育及棲息等自然生態之行為模式，以提供小鷺遞、白冠雞、紅冠水雞等避風哺育及棲息場所。 · 造型採仿閩南式傳統建築，以結合地區性之整體景觀。
	使用材料	· 解說站為 RC 構造

【本研究整理】

5.2 生態工法應用於國家公園之類型

根據第二章內容所述，國內六個國家公園的自然環境與資源特色均不相同，故生態工法能應用之範圍亦有所不同。因此本節歸納整理適用於國家公園之生態工法的應用類型。

5.2.1 海岸生態工法

由於台灣週遭的海岸擁有數種不同的海洋生態系，如珊瑚礁、砂灘、砂洲潟湖、岩礁岸、大洋、深海等；因此海洋生物的資源相當的豐富，台灣地區尤其以墾丁國家公園海域的珊瑚礁生態系最為珍貴。但由於人類活動的介入，污染海岸水質，也影響動、植物棲息的生態環境，因此為了達到海洋生態環境平衡的最佳狀態，更須做好海岸保護的工作。本節探討之海洋生態工法可提供墾丁國家公園作為參考，以下就符合生態保育觀念的海岸工法做簡單的概述。

海灘（沙灘）

海灘（沙灘）為最具親水性的自然海岸，能使人們直接接觸到海洋，並且具有消滅波浪、吸收波能及淨化海水的功能。對生態的多樣性而言，砂質海岸雖不如礁石或泥質海岸，但只要不是侵蝕性海岸，砂質海灘也會生存某些魚蝦貝類及海草。故除了天然形成的安定砂灘之外，可運用工程技術如突堤，潛堤，離岸堤等強制以人工養灘的方式形成人工海灘，利用砂

灘削減波能取代海堤前面消波塊的功能。如此一方面可達親水功能，另一方面在砂灘內可形成生物的生態系而達到保育目的。

瀉湖及人工潮池

以砂洲或礁石與外海隔離的水域稱為瀉湖。海水透過砂洲礁石進入瀉湖時可被淨化，而且不受波流的作用，因此適合魚貝類的生育。因具有高度的親水性和漁業生產價值，人為利用岩石或混凝土塊建造而成者已不乏其例，人工潮池即為其中一例。不論是瀉湖或潮池在整個潮間帶中佔有相當重要的地位，且具有多元化的海洋物種，漲潮時一些海洋生物在潮池中停留或覓食；退潮時生物將被留在潮池中形成另一種與外界隔絕的區域。由於在退潮時仍然有水的特殊情況下，在潮池中創造出較多元的物種，而我們可模擬自然潮池的情形，以人工技術在磯濱海岸培育或吸引較多的生物種類作為生態環境的復育及物種的保育。

礁石海岸及拋石堤

在礁石海岸的生態環境方面，一般來說礁石沿岸地形的生物種類會比沙地海灘多，因為礁石海岸具有多樣的地形變化，且礁石具有多孔性質及表面凹凸不平能讓植物更容易附著而形成藻場，可吸引大量的生物聚集，擁有豐富的生態資源。故礁石海岸對於海岸景觀、魚類生態環境及海水淨化均有其功效。

同樣人工礁石海岸則是利用人造岩盤的起伏變化，讓藻類能附著於岩石之上，有利於魚類或貝殼類聚集活動，在起伏變化的空間裡，生物不但能利用起伏不定的空間來躲避敵人，更可以讓生物本身的生存及生育獲得良好的發展。

潛堤及淺礁（潛堤圍礁）

潛堤因阻絕水流的水平流動而製造湧升流，也會因波浪的越波或碎波而抬升堤後水位而造成水流，所以具有消波，導流與抬升堤後水位的功能，而自然礁石海濱具有高密度的生物聚集特性，可以吸引較大型的海洋生物。因此，可利用潛堤後方的圍礁構造物作為大型海藻的生育與創造場所，由於潛堤的防波與導流作用，使得海藻能在較小的波浪及海流中順利生長及生存，以模擬自然礁石海岸，使得藻場形成加上生物的聚集，以創造出較好的生態環境提供生物生存保育。

魚礁、藻礁及產卵礁

在港灣、漁港區域之整備當然首重防災消波的功能，但是對於週邊環境的變化也要多加考慮，以強化環境的共生性。消波塊堆置所造成的空間常成為海生生物躲藏或繁衍的場所，我們可發展魚礁、藻礁及產卵礁等生態工法，以達到海岸工程與自然環境共生共存的目的。

1. 魚礁：

魚礁可提供充分的礁體表面積，適合許多附著性生物生長其上，培養了魚類的餌料生物，魚類為了攝食方便自然會聚集，且魚礁表面也可供給許多黏著性魚卵附著孵化，魚礁本身結構以及人工堆放後形成的的孔隙洞穴可讓許多稚魚庇護成長，也是許多底棲性魚類棲息的場所與活動的空間，所以富有良好的聚魚效果，且可產生豐富的水產資源。

2. 藻礁：

海藻所形成的藻場在海洋中佔有相當重要的角色，成為幼魚生長與多種生物棲息的環境，藻場的形成可使生態復育的工作快速進行，對於漂沙的地區有定沙的功用。就生態機能而言，可利用藻場來吸引生物，讓生物藉由藻場作為避護的場所，並提供適當的資源供應生物生存所需。同時亦可消化水中營養鹽，有淨化水質的功能。

3. 產卵礁：

生態產卵礁係利用礁石間的空隙讓海藻生長，生物的卵著生於海藻所被覆的結構物上，對於生物幼卵產生保護作用，可改善惡劣環境對幼卵的破壞，成為一個良好的增殖場，海藻被覆在礁石的效果越好越容易使卵著生，越接近海底的產卵量越多，而越接近水面的部份則越少。

人工產卵礁的設施，根據區域中生物的產卵模式進而設計人工產卵礁，使得海生生物能在較大的空間多量生產，並補足天然岩礁所欠缺的空間，致使生產

數量只能維持在較低的水準。而生育特性及環境因子是設計產卵礁是否能增加生產的重點。

水質淨化工法（濕地、砂灘、礁石）

海域淨化對海洋生態保育及親水性設施之成敗是為關鍵性的影響因素。其範圍包括海水淨化，底質淨化和海濱淨化，故需各種不同的方法與技術來解決。要淨化海域，除限制施工污染或陸地的污水排放之外，如何以人工或自然的力量，利用海岸工程技術來發展海岸的水質淨化工法以達到目的，是目前海洋環境保護工作中最重要的課題。以下列舉利用自然環境與人工技術所發展出的水質淨化工法：

1. 砂灘

砂灘對近岸海水淡化有很大幫助，因砂灘可造成碎波增加海水曝氣的機會，砂粒是一種濾材，底層生物亦可消化有機物。台灣西岸平緩的砂灘海岸，對海水淨化有很大的助益。

2. 濕地

海岸濕地所形成水生植物或藻類生長的區域，其根莖葉能吸收水中或底泥的營養鹽，除可防止漂砂或飛砂外，具有非常良好的水質淨化功能，台灣八里、新豐等地的紅樹林濕地是著名的例子。

3. 藻場

海藻在海洋中佔有相當重要的角色，可讓藻場成為幼魚生長與多種生物棲息的環境，藻場的形成可使生態復育的工作快速的進行，除對於漂沙的地區有

定沙的功用外，就生態機能而言，可利用藻場來吸引生物，讓生物藉由藻場作為避護的場所，並提供適當的資源供應生物生存所需，並且同時可消化水中營養鹽，達到水質淨化的功能。

4. 礁石

我們可模擬礁石的自淨功能，在設計海岸結構時，考慮以礫石做為填充物，使海水可得在礫石間流通，大部份波能在礫石間消除，同時達到穩定海域及海水交換二種功能。礫石表面上易附生微生物，可分解海水中的懸浮物質和已溶解的有機性污濁物，使海水淨化。堆石護岸或淺礁亦能達到同樣的效果。

5. 曝氣護岸

曝氣護岸是利用緩坡或階梯強迫波浪在護岸上碎波，捲入氣泡增加海水含氧量，增進好氣菌分解水中有機物或病原菌等污染物的能力，而達到海水淨化的目的。

6. 海洋放流

利用海底或棧橋管道將陸地上經過處理的廢水排放至外海。如此一來，一方面改善近岸營養分過多的惡化水質，另一方面供給外海充份的營養鹽以活化生態。在台灣八里已有放洋放流的實際案例。

7. 浚渫、覆砂

海底底質不良或有毒性需要更換時，可用浚渫或覆砂的方式為之。人工淺場或潮間帶的建造以及改善海底地形時亦加以運用。

8. 人工渠道

海水交換不易的地區水質容易惡化，開鑿人工水道使與外海連通，利用波浪海流自然的力量使達到海水交換的目的。潮間帶容易有滯留水，同樣利用人工水道使水流加速，促進海水交換防止浮泥沈降堆積，達到改良水質和泥沙底質的目的。【27】

5.2.2 濕地生態工法

濕地的創造及濕地的復育可減緩濕地資源的消失，並提供景觀美學及諸多寶貴的資源。濕地創造及復育範圍廣泛，可由藉堵塞現存之排水系統，簡單地構築農地淡水草澤，或為了海岸保護及廢水處理，而構築較為寬闊之濕地。濕地生態工法上的成功，需要濕地管理者，利用濕地生態學及其原則(如：水文學、生物地質化學)，去構築及復育濕地做自然景觀的一部份。在構築及恢復濕地時，管理者必須避免導入原本設計上不能供養之物種，或造成過度之操縱。復育與創造濕地生態所需考量的原則要項如下：

規劃設計及整理濕地地形（整地）：

在復育創造一處濕地環境時，首重於其規劃設計，並整理適當的地形。良好濕地地形的規劃設計，至少需要注意下列兩個重點：

（一）良好的濕地地形應具有良好的集水性

濕地環境的最重要因素之一是水的供給，因此規

劃設計濕地地形時，應能適切運用坡度的整理，創造整體區域之排水地形，使區域內及鄰近地區之地表逕流，得以順利地匯集流入濕地內。

(二) 良好的濕地地形應具多樣變化性的地表形態

對於濕地環境而言，土地的地表形態變化愈大，則可提供野生動物更多樣化的棲息地。所以對於濕地地形的規劃設計，應創造一些不規則的小水塘、小島、小半島、小堆等不同之地表形態，以增進野生動物的多樣性。如圖 5-1 所示。



圖 5-1 多變化的濕地地形示意圖【29】

對於上述兩項重要的要求，可以運用以下所列之方法去執行：

1. 創造不規則形態，而日表面不均勻的濕地底部。



不規則的濕地底部可提供野生動物良好棲息地

圖 5-2 不規則的濕地底部示意圖【29】

2. 創造深度不一、坡度不同的濕地底部。深度與坡度的變化可以提供各種不同深度之水生植物生長。
3. 創造凹凸不規則形狀的濕地邊緣，如半島、或指狀的地形，這些地形極有助於鴨科等野生動物之覓食及棲息。
4. 在濕地的 60% 到 80% 的區域內，應製造 0.3 到 1.5 公尺左右的不同水位，而至少 20% 至 40% 的濕地環境應有最少 3 公尺以上的深度。如果濕地的環境預期將有很多的魚類棲息，則濕地的水深最好能有 5 至 8 公尺的深度。
5. 運用拋置砂土或大小不同碎石的方法構築野生動物可以築巢或棲息的小島 (Nesting Islands)

土壤的置放與水體的保持 (Soilplacement and Waterretention)

濕地生態的復育與濕地水體的保持有極大關聯。當進行復育與創造濕地生態環境時，最好於濕地附近即伴隨者源源不斷的水體，否則應特別考量濕地內與水體的保持。如圖 5-3 所示。

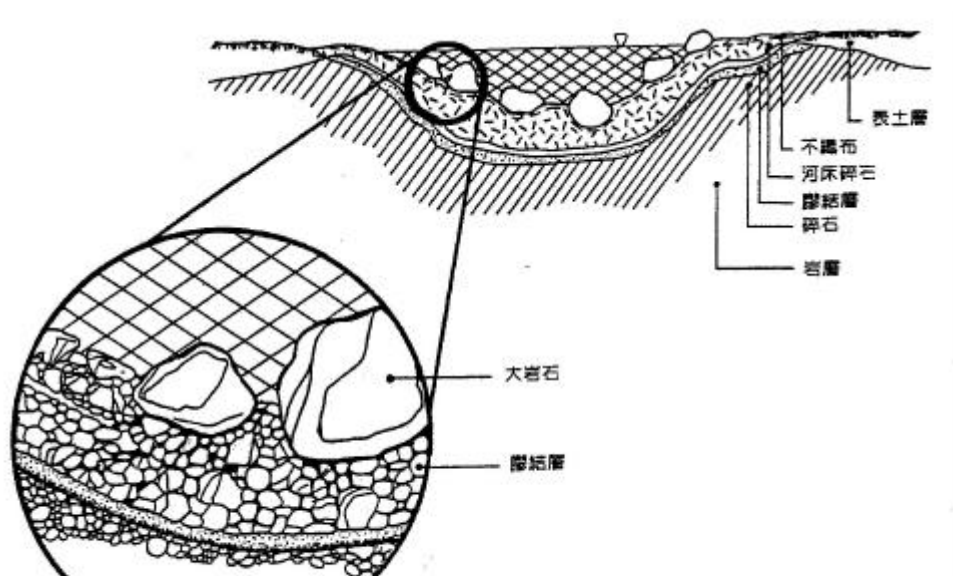


圖 5-3 土壤回填方法示意圖【29】

適當水源的供應 (Ensuring an Adequate Water Supply)

濕地水體的來源，大部份仰賴地下水及地表逕流的提供，因此為保障濕地水源之不虞匱乏，在規劃濕地時，應特別注意濕地的區域是否低於穩定的地下水位，以及地表逕流是否可以順利流入濕地內。若此二種主要的水源發生問題時，尚須運用灌溉溝渠或幫浦集水的方式補充水源。

濕地植被的育植 (Planting & Establishing Wetland Vegetation)

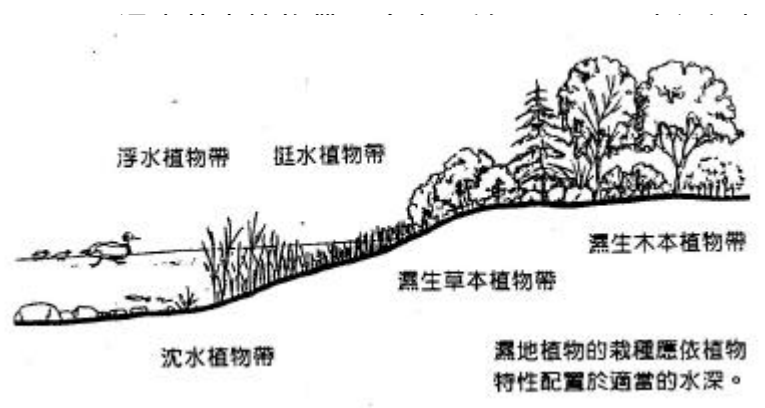
濕地及其鄰近環境的植物大致可以分成五個區帶，進行濕地植被復育種植時，應特別留意此五個區帶的植被差異及適地性。

(1) 沉水植物帶：生長於水深 3~7 公尺以上的水域中，常見的有眼子菜、金魚藻、水車前等。這些植物的根生於底層之土壤中莖葉則隨水流漂動。

(2) 浮水植物帶：生長於水深 1~3 公尺的水域中，

常有菱、銀蓮花、青萍、萍蓬草等浮水（浮葉）植物。此類植物多為浮葉生長，其地下莖繁殖極快，植物具有堆積水中泥沙之能力，經常導致水體變淺。預增進沉水與浮水植物之生長，可以由鄰近濕地環境遷移部分底層濕泥及植物至新設置之濕地內。

(2) 挺水植物帶：多位於 0.5 公尺以內之水邊地帶，常見之植物有蘆葦、水燭、石菖蒲等，其中以蘆葦最常見，其根莖極為茂密，具有減緩水流、防止沖刷、保固河岸之功用。



風程度。如圖 5-4 所示。

圖 5-4 濕地植物區帶示意圖【29】

野生動物棲息空間之創造 (Special Wetland atures)

在復育創造濕地生態時，可透過規劃設計的手法來增加野生動物的棲息環境。

(1) 小島

除了可以提供水鳥作逐巢及覓食休憩之地點外，亦可以增加河域沿岸的棲息地面積。如圖 5-5 及 5-6 所示。

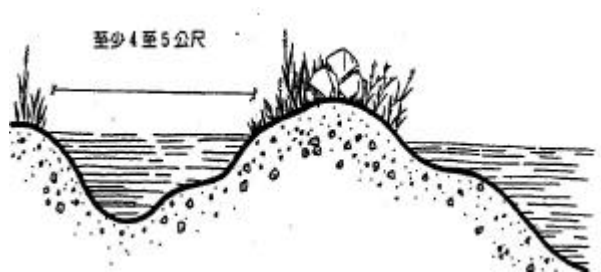


圖 5-5 小島設置示意圖【29】

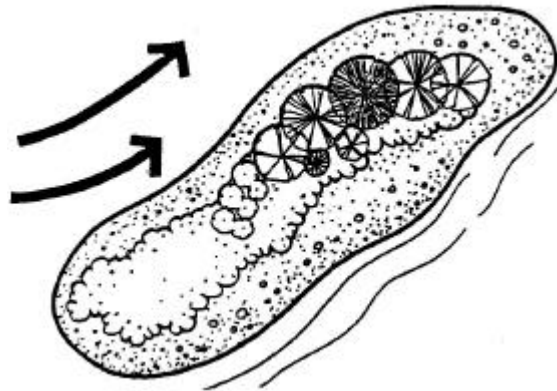


圖 5-6 小島的寬度與方位示意圖【29】

(2) 可供水鳥築巢的人工設施

台階狀的物體或是突出於水面之小平台狀設施，有助於水鳥的築巢與棲息。如圖 5-7 所

示。【29】

捆紮好的稻草亦可提供水鳥良好的築巢環境。



圖 5-7 供水鳥築巢之人工設施示意圖【29】

5.2.3 河川生態工法

生態設計手法並非要求全然地模擬原有的自然生態環境，而是著重於自然生態中，對整體環境有保育作用的材料與特性，做為生態環境設計的方法，以提供生物生存空間，並避免運用過多人為加工的材料，對環境造成不可回復的變化。河川生態設計必須能針對河川的整體生態環境做適當的保育，使原有之動植物能保有健康的生長環境，而水文特徵也能維持自然的穩定度。

規劃設計原則

其設計之重要原則包含下列幾點：

- 避免截斷集水區內自然的水文循環路徑。
- 確實執行集水區之水土保持計畫，以減少對下游地區造成之不良影響。
- 維持河道天然之蜿蜒度，避免直槽化造成下游強

烈的沖蝕與洪患。

- 保護河川生態中的原生植物與植被型態，儘可能增加綠覆率。
- 河岸旁設緩衝綠帶，可過濾地表逕流、提供野生動物的棲息場所，亦可美化河川景觀。
- 原生植物的復植，可提供野生動物之食物來源或活動、隱藏與棲息的場所。
- 除了配合防洪機能外，應儘可能減少河道與河岸的整地範圍，並保留原有之孔穴、亂石堆，避免干擾動物棲息地。
- 灌溉或排水溝渠的設計，應多採用自然的草溝或卵石塊石乾砌的天然水道。
- 河川地的利用應減少硬鋪面，增加可生長植物的泥土面。
- 必要的硬鋪面設計，應採透水性的材料。
- 護岸的設計應考量兩棲類動物的特性與活動路線。
- 濕地生態應受適當的保護，減少人為入侵干擾，而以自然生態之觀察為主要活動。【29】

施工工法

河川生態工法所使用的形式、材料、設計有日趨多樣性的現象，施工工法如下列所述：

1. 堤岸工程：仍以安全考量為主，生態設計部分可採砌石、拋石、排石、貼石或多孔隙介入，施工採乾

砌或漿砌。

2. 固床工程：可採用開底封自然拋石或抗沖蝕網作法，讓河床發揮自然入滲效率，利於地下水之補充。
3. 跌水工程：增加跌水次數以降低高度，採用拋石或非均勻材質以利攀爬生物上溯。
4. 渠道工程：在容許流速下，儘量採用植草溝或耐沖蝕之植生資材，以根系穩定河道。
5. 棲地工程：復育河畔林，設置人工魚礁或淵潭，例如設置濱溪緩衝綠帶或以蛇籠固床加深河道。
6. 攔砂工程：採連續性低壩或開放型攔砂壩或節制壩，避免直接切斷迴游路線。
7. 親水工程：高灘地設置草坪、公園、或步道系統，以利休息遊憩並可復育自然景觀。
8. 魚梯工程：建構適合台灣地區特有或原生水中生物迴游習性，避免引入國外大型魚種所用之魚梯。

【30】

執行原則

- 應遵循生態系統的完整性。
- 尊重自然生態環境原有之多樣性，建設一個良好的水循環及安全的河川環境。
- 生態工法因涉及之生態環境相關因素眾多，並無一定之施工法可作依循，因此，必須以個案方式加以評估後，因地制宜，研擬適當之方式加以施工。

- 工程施作前應分析其潛在災害性，於災害性較低處，宜運用柔性材質（如筐、籠、拋石等材料）以創造多樣性之孔隙構造，以創造出適合植生、昆蟲、鳥類、魚類等生存之水邊環境。對於河流之侵蝕岸或岸坡極陡，具深層滑動潛能或側壓較大之河岸，仍需藉重工程材料或擋土結構物，以提供足夠工程穩定性，可以為混凝土、木材、石材或地工合成材料等。
- 以大型天然石塊構築於河床中之橫向構造物，設計時應避免全斷面阻絕，應留有高度較低之水路以利水生動物於上下水域遷移之活動。
- 供料在能符合品管要求下，以採用當地工料為原則，且可降低成本。【9】

5.2.4 護岸生態工法

護岸為保護河岸而直接構築於岸坡之構造物。於河岸坡度較大之陡坡作擋土牆表面處理可算是護岸；或於河岸坡度較緩處為保護河岸而直接構築於岸坡之構造物，以保護河岸及穩定坡腳。

過去傳統之護岸工法往往只顧及穩定邊坡之安全性，但卻破壞了原有河岸作為生物棲息地之功能。因此，利用天然材料作為保護河岸之素材，結合工程、生物與生態之觀念進行整體整治工程，才是現今適宜之護岸工法。

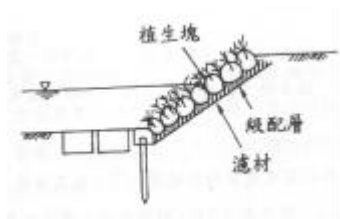


圖 5-10 乾砌石護岸工法【(財)國土開發技術研究中心, 1999】

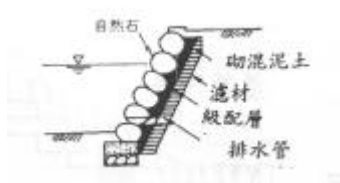


圖 5-9 乾貼石護岸工法【(財)國土開發技術研究中心, 1999】

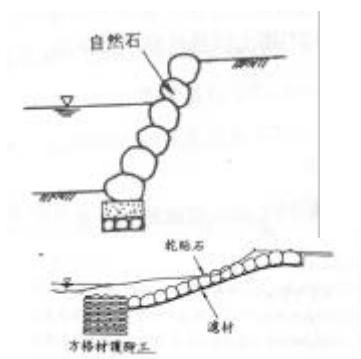


圖 5-8 乾貼石護岸工法【(財)國土開發技術研究中心, 1999】

施工工法

護岸之構造型式、材料之選擇，應依水理特性，單用或兼用植物、木料、石材等天然資材以保護河岸，並運用筐、籠、拋石等材料以創造多樣性之孔隙構造，以創造出適合植生、昆蟲、鳥類、魚類等生存之水環境。

(1) 乾貼石護岸工法

乾貼石適用於河岸坡度較緩的地區，其適用之坡度為 1 : 1.5~3.0，標準坡度比為 1 : 2.0。耐流水力，建議坡高不超過 3m，排水性良好，需設濾材，石材與石材間的孔隙有利於植物之生長具生態性，應設坡腳、護腳。詳圖 5-8 所示：

(2) 混凝土貼石護岸工法

此工法適用於緩坡，其適用坡度為 1 : 1.5~3.0，標準坡度比為 1 : 2.0。耐流水力，建築坡高小於 5m，多孔隙排水性良好，需設濾材，易長植物具生態性；應設坡腳、護腳工。詳圖 5-9 所示：

(3) 乾砌石護岸工法

砌石護岸工法坡度較大於貼石者，其適用坡度標準 1 : 1.5。排水性良好，需設濾材，多孔隙易生長植物具生態性，應設坡腳工。適當之砌石方式為五圍砌、六圍砌、七圍砌，只是目前可能甚難找到具有此技術之工人。詳圖 5-10 所示：

(4) 混凝土砌石護岸工法

圖 5-11 混凝土砌石護岸工法【(財)國土開發技術研究中心, 1999】

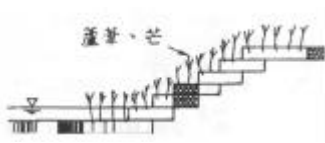


圖 5-12 蛇籠護岸工法【(財)國土開發技術研究中心, 1999】

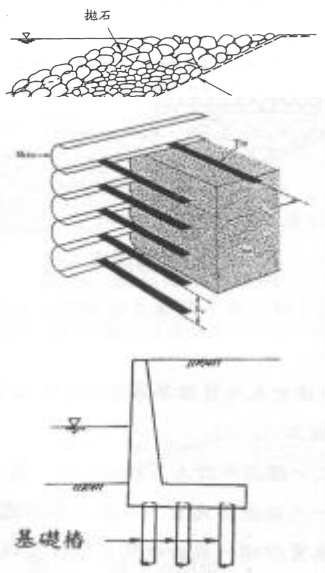


圖 5-14 擋土牆護岸工法【(財)國土開發技術研究中心, 1999】

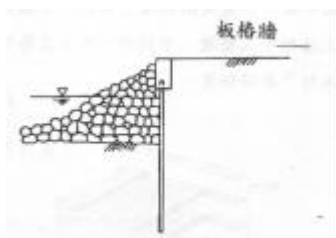


圖 5-15 板樁牆護岸工法【(財)國土開發技術研究中心, 1999】

本工法往昔甚為盛行，不過今日砌石多改為排石。耐流水力，且因卵石與混凝土固結成一體，故自立性強能於陡坡處施工。建議坡高小於 5m，適用坡度為 1:0.4~0.6，因透水性較差需設排水孔，坡面不易生長植物。詳圖 5-11 所示。

(5) 蛇籠護岸工法

為早期盛行之工法，耐流水力，多孔隙易排水，具生態性，具曲撓性。惟今日蛇籠編織師父甚難找尋，且裝石入籠需靠人工。詳圖 5-12 所示。

(6) 拋石護岸工法

為最具生態性之護岸工法，多孔隙透水性佳，宜鋪設濾材。可利用機械化施工且易修補，耐流水力，適用坡度應小於 1:2.0。詳圖 5-13 所示。

(7) 擋土牆護岸工法

為最常用之護岸工法之一，屬於制式構造物，最安全持久，但最不具生態性。詳圖 5-14 所示。

(8) 板樁牆護岸工法

為制式構造物，安全持久，但不具生態性，不適用於含多礫石之土質處。詳圖 5-15 所示。

(9) 其他護岸工法

如混凝土護坡工、地工織物柔性擋土牆、木樁護岸、植生自然護坡等，此等護岸工最具生態性考量。詳圖 5-16 及 5-17 所示。【31】



【財）國土開發技術研究中心，1999】

圖 5-17 植生自然護坡【(財)國土開發技術研究中心，1999】

設計施工原則

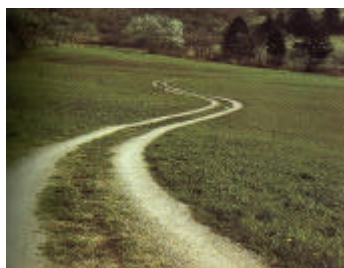
- 慎選地點並針對必要處施作。
- 參考過去已完工相同屬性之案例。
- 工程施作前應詳細調查河川之水理與生態現況，並記住原有河貌。
- 依河川之特質性，研擬適當之施工方式。
- 工程施作應以安全性為主，並創造生態、親水等附加價值。
- 材料儘量取於當地之素材，或使用柔性擋土構造物及多孔性凝土製品等。

5.2.5 道路之生態工法

生態道路的目的，在於使交通建設對於自然環境的衝擊減至最低。尤其當計劃道路必須穿過動植物棲息條件豐富的自然保護區域時，必須改變道路的形式與構造，以減低對生態的衝擊。具體而言，在挖掘土方大的山區路段盡量改以隧道方式，使地貌盡量維持原有狀況，讓生物保有最大的移動面積。反之，在需要大量填土的區域應改採高架橋梁的方式，讓生物得以不受車輛之威脅而自由穿越其下。正常的生態道路規畫，在決定道路路線前必須進行審慎的生態計畫。



筆直的鄉間道路



筆直的路線加以彎曲，增加綠地面積

規劃設計原則

在計畫中概分為「路線計畫」與「概略設計」。

所謂「路線計畫」，是依據法令所規定的自然保護區，以及現有國家保護生物棲息地設定盡量迴避路線及檢討程序為：

- (1) 大區域的自然生態環境調查
- (2) 盡量迴避自然保護區域
- (3) 抽出應該迴避的敏感地區以檢討替代路線的可能。

所謂「概略設計」，是路線決定後，進一步對重要的生態環境影響區域及工程上易發生問題的地方，以自然保育觀點來檢討道路形式及道路構造其檢討程序為：

- (1) 依據計畫道路進行現地生態調查
- (2) 抽出需要特別保護的地區
- (3) 選定生態衝擊較小的道路形式及道路構造。

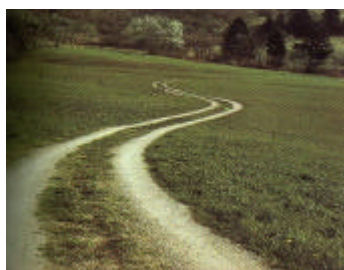
一般在道路周圍 250 至 500 公尺內應徹底調查，必要時連同周圍特別重要動植物棲息區域應一併調查，尤其對於行動半徑較廣的大型動物應有更廣域的調查。其調查通常必須考慮季節性因素，尤其更應掌握生育期、高活動期的調查。依據上述這些生態調查，決定道路路線是否應該迴避改道，或以橋梁、隧道、動物穿越路徑設計方式來解決對生態的衝擊。

【20】

透水性鋪面之應用

歷年來路面的構築皆以不透水路面結構為主，而

筆直的鄉間道路



筆直的路線加以彎曲，增加綠地面積

將雨水以表面排水方式導入邊溝及下水道。但近年來為將雨水還原地下及維護生態系發展而採用透水性路面設計，此類路面係利用滲透和表面蒸發的方式處理路面中的雨水。

透水性路面具有將雨水滲透至地下，而不會導致土壤中缺氧等現象，有助於植物的地下生長狀態。尤其，工業發達區域工業用水一部份由地下水供給，過度地利用地下水不但會引起地層下陷，還會帶來河流及湖泊的枯竭，甚至造成海水入侵。故透水性路面具有下列優點：

- 改善植物生物等地下生態，維持生態系生長。
- 減少地表逕流，降低都市河川洪患。
- 減輕排水管負擔及減少路面排水設施。
- 減少公共水域的污染及降低噪音。
- 地下水涵養，有助於水資源永續經營。
- 降低熱島效應，減少能源損耗。
- 增大抗滑性能、改善步行條件。
- 減輕因日光漫反射造成的目眩。

透水性鋪面類別

透水性鋪面對生態、環境及洪旱災，甚至對集水區、都會區之永續發展，具有相當大的影響，致使透水性鋪面愈來愈受重視，依據鄭光炎(2001)所彙整，目前較常用透水性鋪面有下列各種：

- (1) 多孔性瀝青混凝土鋪面

多孔性瀝青混凝土係具有高孔隙之排水性材，其主要的原理乃利用級配調整使粗細骨材間的孔隙率提高至 20% 左右，以使降於鋪面上的水可由大量的孔隙迅速滲透。多孔性瀝青混凝土為提高瀝青韌性與強度，增加瀝青薄膜的厚度，以確保瀝青混凝土的耐久性，常須添加改質劑、纖維或石灰。

(2) 無細骨材瀝青混凝土(No-fines concrete)鋪面

無細骨混凝土一般被定義為由均勻級配之粗骨材、微量或無細骨材、且無足量水泥漿之混凝土材料。藉由配比設計與製程控制其特性以達到合適強度、高透水性、無析離等工程需求，主要作為無須壓密之回填材料或水工結構物，抗壓強度約在 200psi(1.5Mpa)至 2000psi(14Mpa)之間【鄭瑞濱、潘昌林，2001】，藉由粗骨材表面的一般水泥漿體，使之骨材表面接觸互相固結而發揮強度，同時形成多孔隙的結構體，因此具有相當大的透水性。無細骨材混凝土為增加透水性而犧牲強度，因此並不能承受太大的載重，一般都使用於載重較小的區域，如人行道或行人廣場等。

(3) 塊狀或鏤空鋪面

以非連續性拼接塊狀鋪面，在鋪面與鋪面間有很大的間隙可填入砂土，鋪面下採用透水性底層如細骨材混凝土、砂土層；而鏤空的路面，如植草磚，則直接提供植被生長的环境，使得人車行走上面，不至於造成植被壞死。【33】

5.2.6 其他生態工法

依據國家公園生態工法案例整理之結果，國家公園設施主要為觀景平台與步道，故本節主要探討觀景平台與步道設施等生態工法，內容如下列所敘述：

觀景平台

觀景平台於材質上的使用主要以原木材質為主，配合地形高低起伏的特色變化，於適當之高程與景觀點設置觀景平台。觀景平台的設計除如前述之外，另外設計時應該注意，其造型、材料、色彩、質感等必須融入當地環境，以不破壞當地風貌為原則。

步道

步道除了如觀景平台之設計原則外，另外應加入透水性鋪面之考量，如採用透水性連鎖磚、碎石級配、塊石步道預留縫隙植入草籽或填以碎石...等作法。

另外，為解決因步道整地所造成的高差問題，需有邊坡之設置，即護坡工法。護坡工法最常使用之材料以木材、石材為主，依其使用材料分別說明如下：

- 木材邊坡：

木材邊坡主要以施打木樁達到穩定邊坡之功效，並配合植生覆蓋，達到水土保持，強化坡面，減少土壤流失，更增加邊坡穩定之效果。

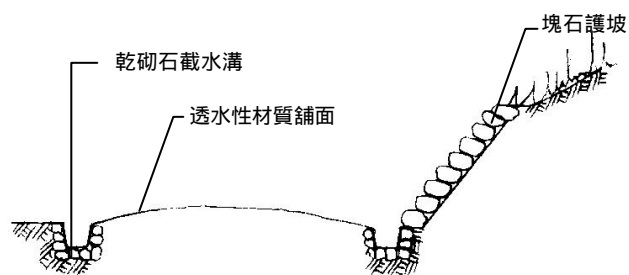
- 石材邊坡：

使用乾砌之方式穩定邊坡，石塊與石塊間的縫隙，亦可達到透水的功能，另外藉由植生附著後，可以穩固開發步道後裸露的邊坡。

乾砌石截水溝

利用山坡面傾斜度採不規則排列方式，將雨水導引至排水溝，排水溝底部以塊石鋪排設計，讓部分雨水自然滲透地底，且不影響坡面之安全及不虞遭沖刷。步道與邊坡、截水溝之關係如圖 5-18 所示。

圖 5-18 道路、邊坡與截水溝之示意圖



5.3 生態工法之規劃設計、施工與材料使用

原則

生態工程是以生態系統之自我設計能力為基礎，親近自然，透過工程方法之輔助，以維護或修復自然之生態環境，以維持生態環境之永續發展，故生態工法應秉持下列各項精神來進行設計與施工：

生態工法之規劃設計原則

- 確實調查整治工程位址之關聯區域，並進一步以生態的角度，評估侵蝕、沖刷與崩塌等是否為該地區可接受的自然作用力(如是否會影響某些特定需保育之物種)。
- 洪水週期與安全標準設計流量之計算。
- 選定之工法必須應地制宜，其材料結構必須滿足力學安全標準。
- 結構與造材是否能夠提供生物必須之空間與屏障。
- 避免動物往返通道之阻絕，確保食物來源無虞。
- 工程設計應滿足生物需求，達到生態多樣性，避免全面栽植單一植物，應依據未受干擾之區塊(可為鄰近上下游河段或區域內相近之經緯度、海拔高、氣候之棲地)組成，「模擬」其植物社會結構，尤其應避免外來種的

栽植、移入。

- 應確實進行工程區域環境之生態調查，生態調查除有助於瞭解現況之外，應更進一步深入評估現階段生態組成所反應出的訊息。

生態工法之施工原則

- 施工過程中應採取必要之噪音、污染、震動等干擾之防範措施。
- 物種之臨時性遷移，若無法全部遷移，則應將能維持其族群衍續之最低個體數，遷移至他處，以確保未來完工後，重新移回時該族群能順利繁衍。
- 施工時間的籌劃應避開生物活動及生育(生殖、育雛)等重要時期。
- 工區設置需考量生物棲地及生育環境之關係。
- 附近若有保育類生物資源存在時，工區應設法加以隔離，以避免干擾。若無法保全時，則應於他處重建，以為補償。
- 道路施工過程中，需考慮現存植生之留置，道路寬度或路線設計，儘量朝滿足最小需求為目標(而不是最大需求)。
- 河道或護岸施工時，避免完全阻絕河道，可增闢臨時水道供水生物往來通行之需。

生態工法之材料使用原則

- 工料選定條件的考慮原則在於儘量活用自然資材，並採用工程基地附近存在的自然材料(如植生、自然石材、及可作環境保全之材料等)，避免使用來自不同環境之自然材料(如外來種、移入種或園藝種等)，以免影響當地的生態系。
- 使用材料之造型、色彩、質感等必須融入當地環境，以不破壞當地風貌為原則。
- 仔細評估材料強度及耐久性，並注意素材之選擇及設計場所。

第六章 結論與建議

6.1 結論

本計畫提出生態工法應用於國家公園之研究，藉由歸納分析國內外生態工程之成功案例與經驗，探討生態工法應用於國家公園之內容及可能之作法。本研究之結論如下：

1. 目前國內生態工法處於起萌、模仿階段，每一單位對生態工法之見解亦有所不同。縱使各界對生態工法的理念、作法接受度很高，但卻無一套完整的規範依據與技術手則可依循，只能不斷的重複著嘗試學習的方法。因此，在積極大力推動時，仍有許多問題尚須釐清與克服。例如生態工法缺乏明確一致的定義、缺乏施作之規範與驗收標準難建立、設計與施工人員對生態工法之專業知識不足、後續維護管理不易等。因此，生態工法觀念的釐清、制度、規範與標準的建立、相關人員的教育等，對後續推動生態工法而言，是相當重要且刻不容緩的工作。
2. 國外生態工程因國家自然環境與資源條件不同，各國有其作法，簡述如下：

- (1) 美國

因土地面積廣大，人口密度低，故其生態工程著重濕地創造、河川整治、湖泊保護等，主要強調環境生態系統的復育規劃。

- (2) 德國

生態工程主要著重於河道整治，並在工程技

術選用與設計上強調與生態融合之概念。

(3) 日本

因地勢環境與台灣相近，所面臨的環境壓力亦與台灣相同，因此，生態工程著重於河川的整治、護岸等。

國外生態工程的應用以河川整治為主，其涵蓋範圍以整個水資源環境生態系統的復育規劃為主要目的。

3. 國內生態工法之案例大部分屬於溪流河川之整治、護岸與道路護坡工程，但由於各界對生態工法觀念認知的不同，在設計與施工上有很大的差異，甚至有些以「生態工法」為名，卻對環境生態造成破壞或僅以人的需求為主要考量，而忽略自然環境生態，因此，正確的「生態工法」觀念與作法應加強宣導與推廣。
4. 目前國家公園內最為廣泛需求的設施項目，以步道、觀景平台、停車場等休憩設施為主，國家公園於這類設施興建時，更應運用生態工法之觀念來建設各項硬體設施。另外，不同之工程規劃目的，其生態工法應有不同之處理方式與作法。因此，於生態工法執行之前，應先依其工程規劃的目的，給予最適當之解決方法。
5. 各個國家公園由於其自然環境與生態資源特色不同，生態工法運用之範圍與作法亦有所差異，因此國家公園在執行生態工法時，須考量自然資源

與生態環境的特性，選擇適合之施作方式，以達到自然生態保育的理念。

6.2 建議

生態工法是結合生態與工程二領域知識的施工技術，在台灣生態工法大多用於河川、溪流之整治與修復，然而國家公園內蘊藏大量的自然資源，在興建各項休閒旅遊與服務設施時，尤應考慮生態工法，以避免破壞自然生態環境。本研究對於生態工法應用於國家公園之研究建議如下：

1. 建立生態工法執行模式

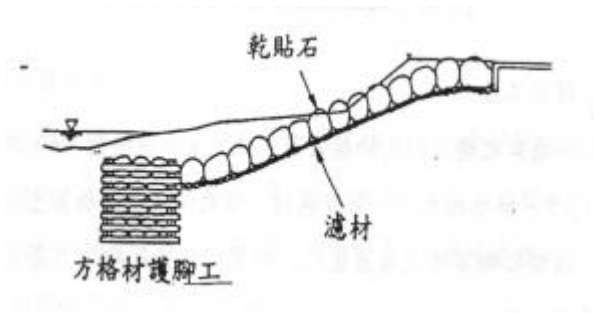
國家公園因自然環境與資源環境特殊，在施作生態工法時更應以保育生態系環境為目的。因此，國家公園應建立一套適用於國家公園之生態工法執行模式，如建立規劃設計階段、施工階段、經營管理階段等各階段的執行流程與方式，提供國家公園管理者於未來執行生態工法時，有原則依據可遵循。

2. 生態資料庫之建立

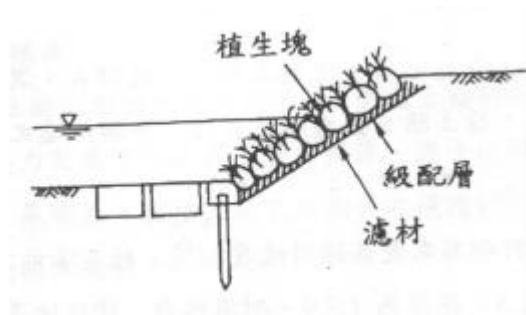
生態工法執行時的第一步驟即是生態資料庫的建立，依據生態環境的特色，選擇適當之工程施作方式，因地制宜。相對的，工程區域內生態環境因子之基本資料與狀況，對生態工法執行相當重要。透過「生態資料庫」之建立，了解生態之分佈位置、狀況及其特性，再選擇適當之「生態工法」，以避免破壞自然環境生態。因此，國家公園生態資料庫之建立，不儘對生態工法執行上有其必要的功用

在，對於未來經營永續發展上亦有莫大的幫助。

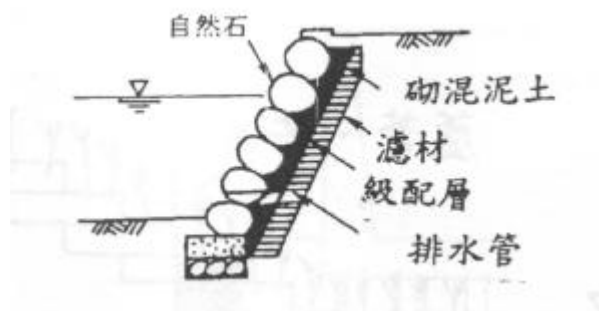
(1) 乾貼石護岸工法



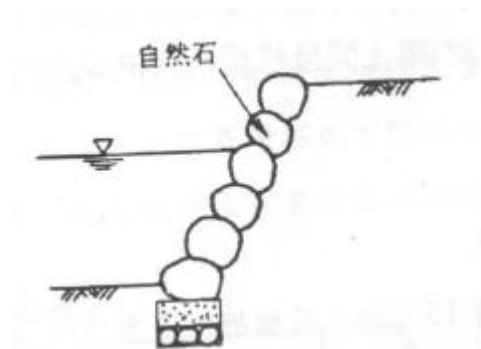
(2) 混凝土貼石護岸工法



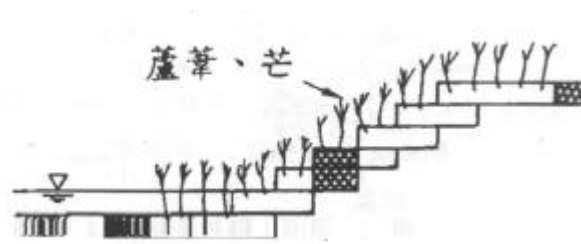
(3) 乾砌石護岸工法



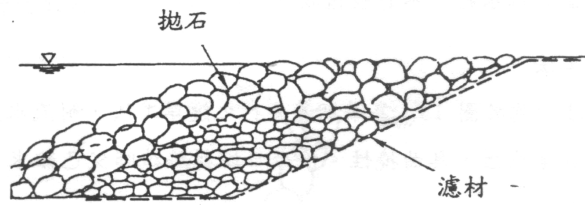
(4) 混凝土砌石護岸工法



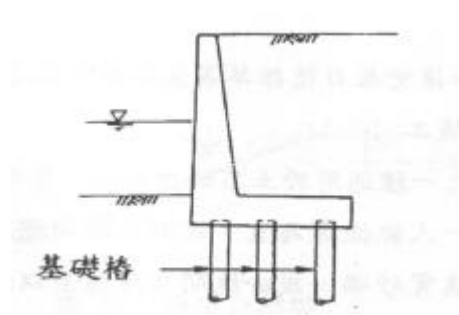
(5) 蛇籠護岸工法



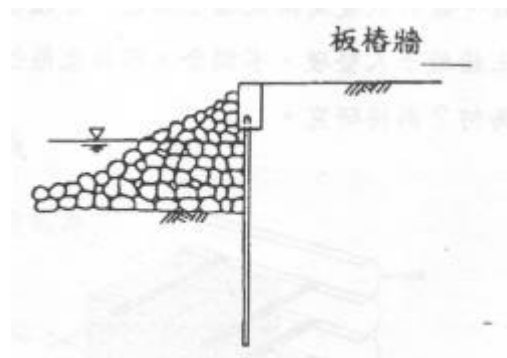
(6) 拋石護岸工法



(7) 擋土牆護岸工法



(8) 板樁牆護岸工法



(9) 其他護岸工法

