

雪霸國家公園生態工法執行模式之建立
- 以雪見地區為例 -

內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告

092 - 301020500G - 001

雪霸國家公園生態工法執行模式之建立 - 以雪見地區為例 -

受委託者：中華大學營建研究中心

研究主持人：鄭奕孟

研 究 員：張盈慧、葉孟家

內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十二年十二月

9
2
0
1

雪霸國家公園生態工法模式之建立——以雪見地區為例

研究主持人：鄭奕孟

雪霸國家公園管理處

目次

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 表次..... | iii |
| 圖次..... | iv |
| 摘要次..... | v |
| 第一章 緒論..... | 1 |
| 第一節 研究動機與目的..... | 1 |
| 第二節 研究內容與方法..... | 2 |
| 第三節 研究範圍及對象..... | 2 |
| 第四節 研究流程..... | 2 |
| 第五節 預期研究成果..... | 3 |
| 第二章 雪霸國家公園相關文獻之探討..... | 5 |
| 第一節 國家公園之定義與功能..... | 5 |
| 第二節 雪見地區之概述..... | 7 |
| 第三節 雪見遊憩區之規劃構想..... | 18 |
| 第三章 生態工法相關文獻之探討..... | 23 |
| 第一節 生態工法之定義與沿革..... | 23 |
| 第二節 生態工法發展現況之探討..... | 26 |
| 第三節 國內生態工法現階段執行上之問題..... | 31 |
| 第四節 雪霸國家公園生態工法應用實例之探討..... | 33 |
| 第四章 生態工法執行模式之建立..... | 53 |
| 第一節 生態工法執行模式之建立..... | 53 |
| 第二節 生態工法執行模式之架構..... | 55 |
| 第三節 生態工法各階段之執行流程..... | 56 |
| 第五章 雪見地區道路設施應用生態工法之分析..... | 63 |
| 第一節 道路邊坡..... | 64 |
| 第二節 道路排水溝..... | 69 |

| | |
|-----------------------|-----------|
| 第三節 道路護欄..... | 71 |
| 第四節 道路鋪面..... | 72 |
| 第五節 休憩平台..... | 74 |
| 第六章 結論與建議..... | 79 |
| 第一節 結論與建議..... | 79 |
| 附錄一..... | 81 |
| 期中簡報審查意見改善表..... | 81 |
| 參考文獻..... | 82 |

表次

| | |
|------------------------------------|----|
| 表 2-1 雪見遊憩區遊憩設施表..... | 21 |
| 表 3-1 國外學者對生態工法的定義與主張..... | 23 |
| 表 3-2 國內相關單位與學者對生態工法之定義..... | 24 |
| 表 3-3 近年來生態工法相關會議簡表..... | 29 |
| 表 3-4 近年來生態工法相關會議簡表..... | 30 |
| 表 3-5 現階段生態工法面臨問題之彙整..... | 32 |
| 表 3-6 河川溪流整治工程規劃、設計、施工階段之考量重點..... | 41 |
| 表 3-7 濕地工程規劃、設計、施工階段之考量重點..... | 47 |
| 表 3-7 道路工程規劃、設計、施工階段之考量重點..... | 51 |

圖次

| | |
|--------------------------|----|
| 圖 1-1 研究流程圖..... | 5 |
| 圖 2-1 雪霸國家公園範圍圖..... | 7 |
| 圖 2-2 雪見地區範圍圖..... | 8 |
| 圖 2-3 雪見地區交通路線圖..... | 9 |
| 圖 2-4 司馬限林道起點..... | 10 |
| 圖 2-5 司馬限林道未完成整修路段..... | 10 |
| 圖 2-6 二本松交通節點..... | 11 |
| 圖 2-7 雪見地區聯外交通圖..... | 11 |
| 圖 2-8 雪見地區周邊產業 - 桂竹..... | 13 |
| 圖 2-9 雪見地區周邊產業 - 草莓..... | 14 |
| 圖 2-10 雪見地區泰雅族傳統竹屋..... | 15 |
| 圖 2-11 泰雅族竹屋現況圖..... | 15 |
| 圖 2-12 泰雅族望樓現況圖..... | 16 |
| 圖 2-13 雪見遊憩區內西施杜鵑花..... | 16 |
| 圖 2-14 雪見遊憩區入口圖..... | 18 |
| 圖 2-15 雪見遊憩區分區配置..... | 19 |
| 圖 2-16 自然生態區地理位置圖..... | 20 |
| 圖 4-1 生態工法執行模式架構圖..... | 55 |
| 圖 4-2 生態工法規劃階段流程圖..... | 56 |
| 圖 4-3 生態工法設計階段流程圖..... | 57 |
| 圖 4-4 生態工法發包階段流程圖..... | 58 |
| 圖 4-5 生態工法施工階段流程圖..... | 59 |
| 圖 4-6 生態工法驗收階段流程圖..... | 60 |
| 圖 4-7 生態工法維護管理階段流程圖..... | 61 |

摘要

國家公園具有生態保育、環境保護及促進學術研究等功能，除此之外在台灣國家公園更是人民休閒遊憩的最佳場所，為達到此目的，工程設施之興建是無可避免的。因此國家公園的設施興建，應融入「生態工法」的設計理念，使國家公園之經營管理能永續發展。

雪見地區為自然度較高之地區，為配合雪見遊憩區之開發，雪霸國家公園將以生態工法進行工程設施之興建。然而生態工法於現階段之執行，存在許多亟待解決之問題，本文分析這些問題之發生與未考慮生態工法整體執行流程有很大關聯。因此，本研究將以現有工程執行流程為基礎，檢討現有模式之缺失，分析現況問題，建立一個適用於國家公園生態工法執行流程之架構，彙整專家與執行單位之意見；建立生態工法於規劃、設計、發包、施工、驗收、維護管理等階段之執行流程，同時明定各單位之權責、建立各項機制、提出各階段應注意之事項。研究成果將提供國家公園管理單位於工程施作時之參考，避免類似問題再次發生。

關鍵字：國家公園、生態工法、執行模式

一、研究緣起

國家公園之設置是為保護國家特殊之自然景觀與豐富之野生動植物等自然資源，並具有環境教育與休閒遊憩等功能，其工程設施之興建是不可避免的，因此，國家公園更加需要運用生態工法理念於工程設施之興建，藉以兼顧自然生態保育與國民休閒育樂之功能，並使國家公園經營管理能達到永續發展之理念。

生態工法是目前各界學者專家公認對環境最具保護作用之工法，因此，如何將生態工法落實於國家公園工程建設上，則為本文研究之關鍵。

二、研究方法與過程

本研究彙整現階段各界所提出有關生態工法之相關問題，藉以認清問題之內涵，釐清問題之本質。本研究透過文獻探討及生態工法案例之分析，探討生態工法之執行現況與彙整現階段之執行問題，分析這些問題發生之原因，提出解決問題之對策，並以現有工程執行模式為基礎，同時整合生態工法現階段之執行問題，建立一個適用於雪霸國家公園生態工法執行模式之基本架構，並利用此架構建立生態工法於規劃、設計、發包、施工、驗收、維護管理等階段之執行模式與流程，明定各單位之權責、建立各項機制、提出各階段應注意之事項，最後，提出相關配合措施，以利提升工程執行之管理績效。

三、重要發現

本文提出之生態工法執行模式主要架構說明如下。生態工法各階段執行流程之架構詳如圖 1。依據架構建立生態工法各階段執行模式之流程，生態工法規劃、設計、發包、施工、驗收與維護管理等之執行流程如圖 2、3、4、5、6、7 所示。(流程圖中灰色區塊表示本研究生態工法之考量)

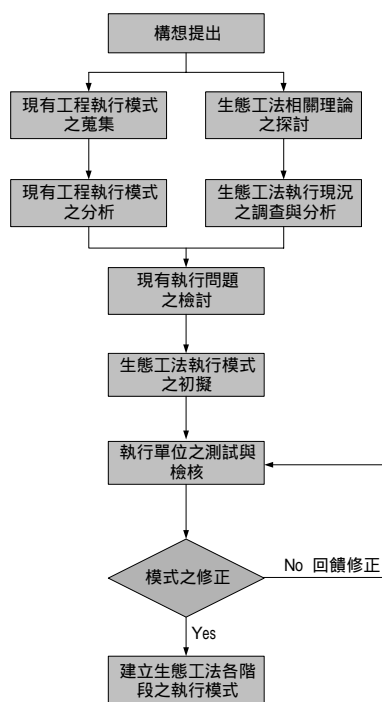


圖 1 生態工法模式建立流程圖

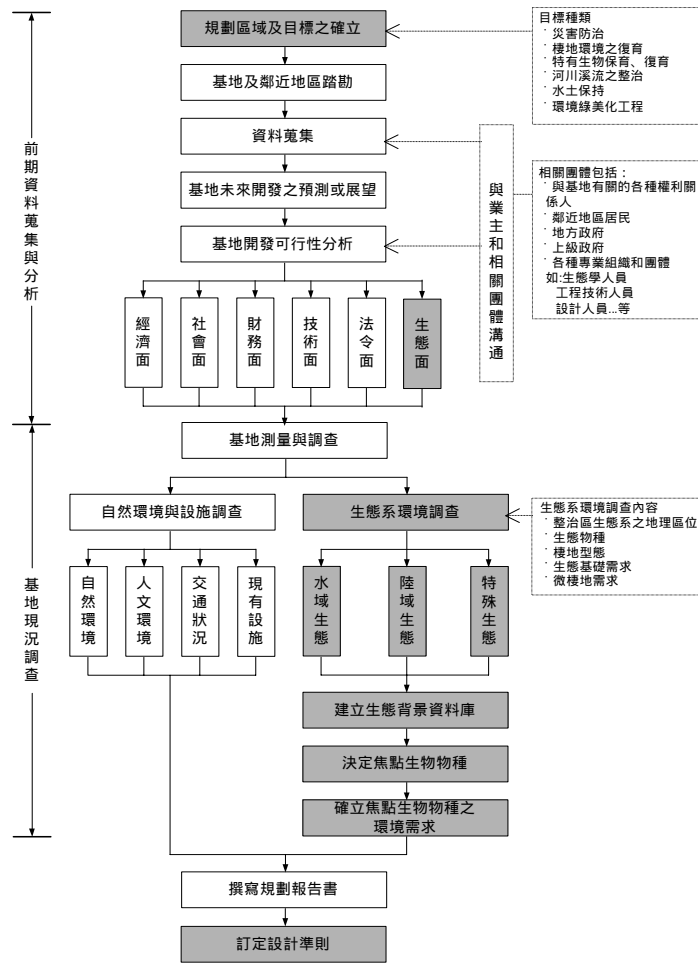


圖 2 生態工法規劃階段執行流程

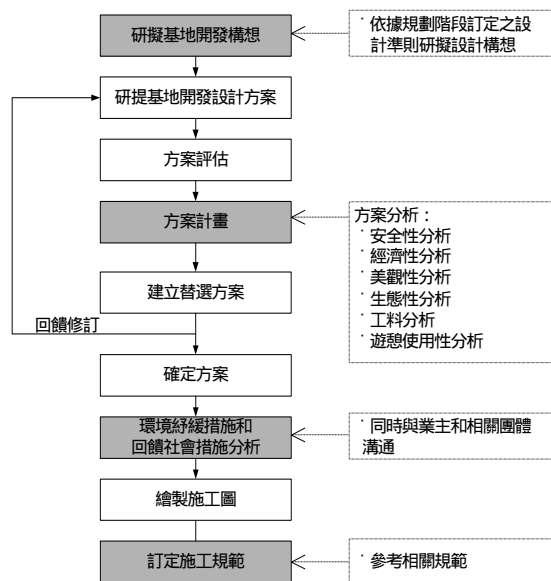


圖 3 生態工法設計階段執行流程

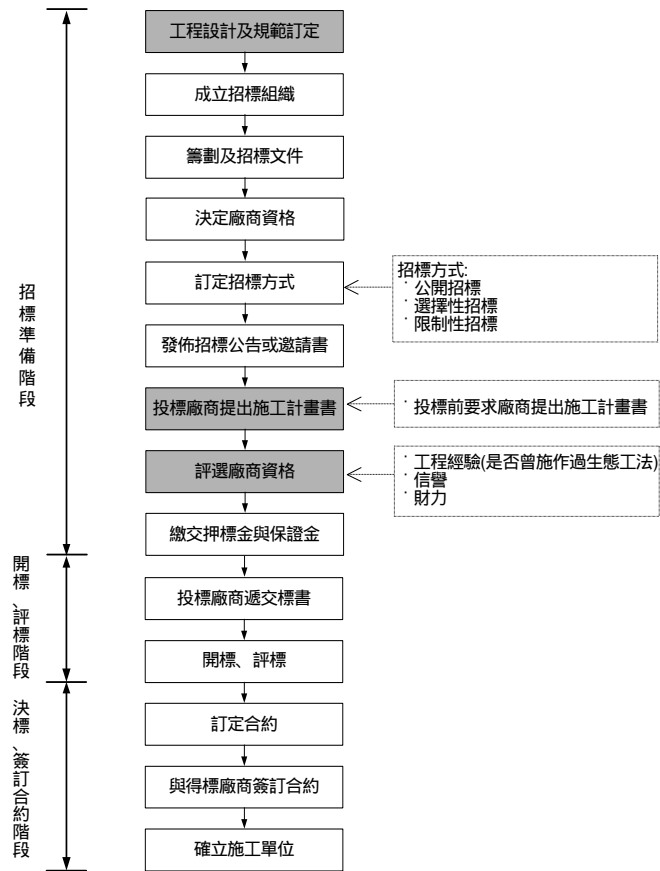


圖 4 生態工法發包階段執行流程

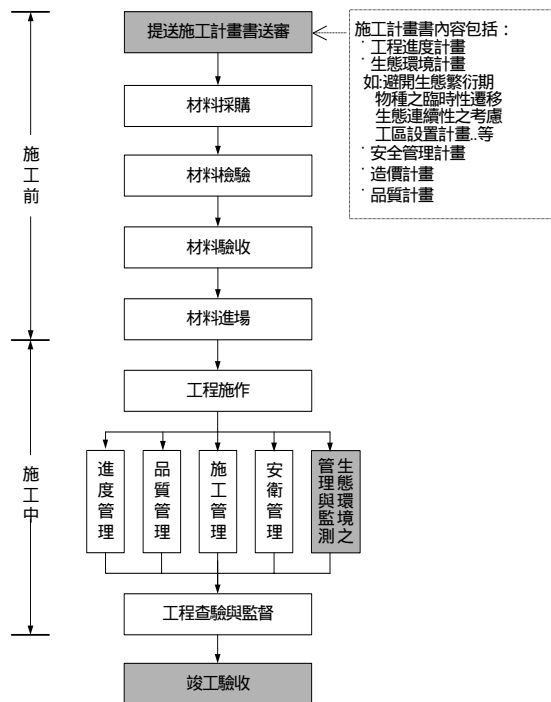


圖 5 生態工法施工階段執行流程

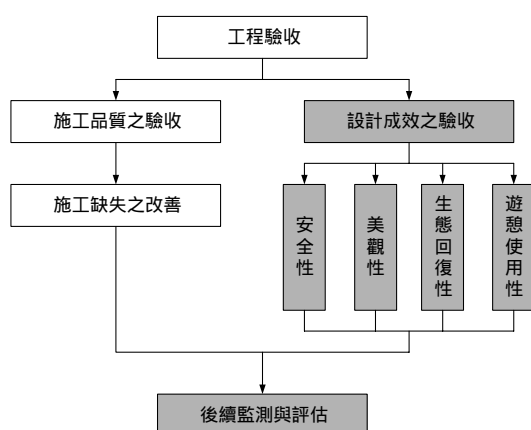


圖 6 生態工法驗收階段執行流程

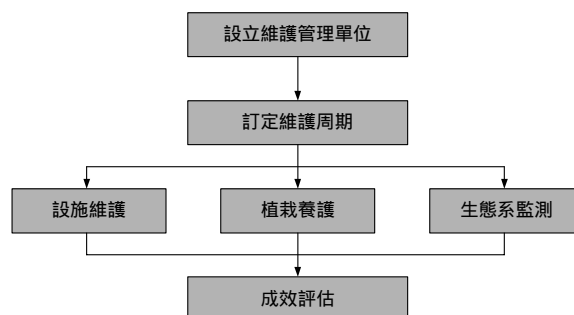


圖 7 生態工法維護管理階段執行流程

四、主要建議事項

(一) 結論

本研究建立之生態工法執行流程於相關單位執行時，與過往之執行流程可能會有些許不同，這些差異則需有相關措施配合執行，本研究茲列舉相關之配合措施如下：

(1) 修訂相關法令制度

1. 配合制定或修訂相關法令制度。
2. 調整預算制度，提供充裕之規劃設計時間。
3. 編撰工程施工規範。
4. 調整工程驗收制度，建立工程驗收模式。
5. 建立後續維護管理機制與規範。

(2) 考量作業時間

1. 生態工法規劃設計時必須有詳細之環境調查，應給予寬裕之工程時間。
2. 施工階段需考量基地環境之生態特性，工程作業並避開生物繁衍週期。
3. 應考量配合給予設計品質之監測時間。

(3) 增加工程規劃設計與監測費用

1. 工程規劃設計與後續監測等階段，需投入較多的時間，因此業主應給予合理之成本。

(4) 改善發包制度

1. 目前工程多採以低價得標進行，為避免發生搶標之情況，業主單位應配合改善發包制度，改以最有利標之方式選取適宜之施工單位，達到工程品質。

(5) 建立品質驗收制度

1. 生態工法之品質難以驗收，應配合建立相關驗收指標與評估準則，以利施工品質與設計品質驗收之執行。

(二) 建議

本研究建立之生態工法模式為執行流程之初步建議，所建立之生態工法執行流程，其後續之作業應提交相關執行單位進行工程實作案例之測試與檢核，同時讓建立之流程與步驟更具有可行性

第一章 緒論

第一節 研究動機與目的

近年來隨著環境保護及生態保育的意識抬頭，國內工程界逐漸重視生態工法之觀念，但由於國內生態工法之發展尚屬起步階段，因此大部分均用於河川工程之整治與道路護坡工程。然國家公園在其具有生態保育的功能下，尤其需要以生態工法之觀念來建設各項硬體設施，以達到自然生態保育的理念。因此，如何符合生態工法設計之原則，以減少對自然環境的衝擊與破壞，是目前國家公園管理單位與相關研究學者極為重視的課題。

國家公園具有生態保育、環境保護及促進學術研究等功能，除此之外在台灣國家公園更是人民休閒遊憩的最佳場所，為達到此目的，工程設施之興建是無可避免的。然而這些必要工程設施之興建，除了秉持著不破壞生態環境的原則，更應盡可能建構近於自然的遊憩環境，以求與自然生態的共存共榮。因此國家公園的設施興建，應融入「生態工法」的設計理念，使國家公園之經營管理能永續發展。本研究內容主要探討生態工法應用於雪霸國家公園雪見地區之設施項目及內容，根據國家公園之設施分類，分析適合應用生態工法之項目與內容，如河溪保育利用、休閒步道設置、休憩涼亭、觀景平台及其他相關設施等；透過文獻整理及雪霸國家公園生態工法工程案例的探討與分析，歸納適用於雪見地區生態工法之方式與具體作法；同時建立生態工法實作之流程與模式，並探討此模式應用於設施項目之特性等；藉此作為雪霸國家公園雪見地區未來執行生態工法於相關工程設施時之參考。

本研究目的為：

1. 探討生態工法發展之現況與生態工法實作案例之分析。

2. 建立生態工法於規劃階段、設計階段、發包階段、施工階段、驗收階段、維護管理階段、維護管理階段等執行模式與相關流程。
3. 探討各階段執行模式之執行細則與應注意事項。

第二節 研究內容與方法

本研究內容主要在探討生態工法於國家公園工程設施執行之模式，首先透過相關文獻資料之探討與生態工程實作案例之分析，歸納整理出生態工程執行模式，再經由模式的建立，探討其應用於國家公園設施項目之特性，最後，依其結果給予適當之建議。

本研究內容共分五個部分，其內容如下：

1. 探討國家公園與生態工法之相關文獻與生態工法應用現況。
2. 界定調查範圍，進行現況探討，歸納整理調查範圍之設施類型與生態環境之關係。
3. 透過相關文獻回顧與案例探討，歸納生態工法於各階段之執行流程。
4. 探討各階段執行模式之執行細則與應注意事項。
5. 結論與建議。

第三節 研究範圍及對象

本研究主要探討雪霸國家公園生態工法模式之建立，係選擇目前正在規劃的雪見地區為研究調查範圍，並以雪見地區規劃之設施為研究之對象。

第四節 研究流程

本研究流程如圖 1-1 所示。

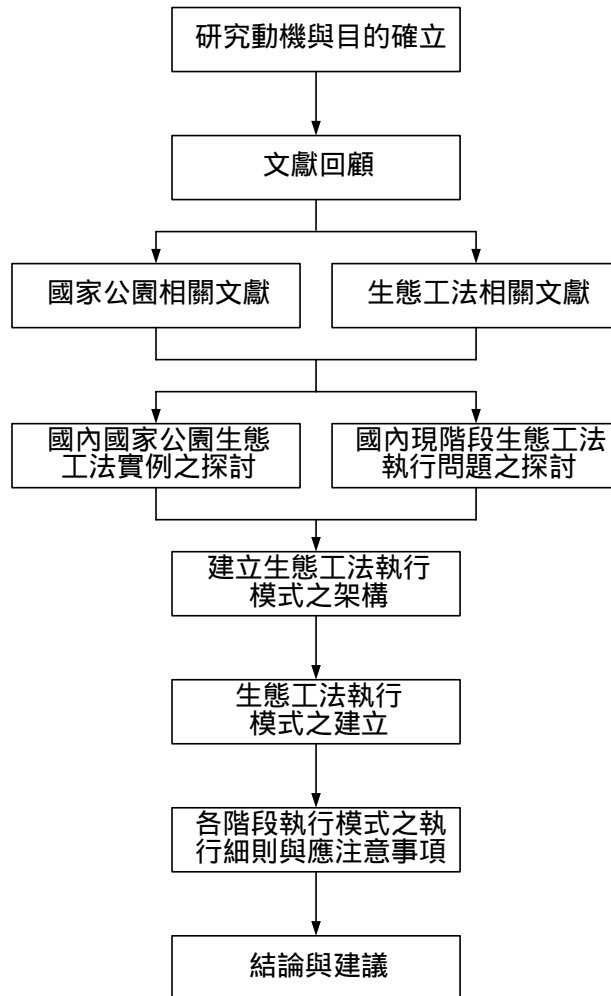


圖 1-1 研究流程圖

第五節 預期研究成果

1. 分析生態工法發展之現況與雪霸國家公園生態工法實作案例。
2. 建立生態工法於規劃階段、設計階段、發包階段、施工階段、驗收階段、維護管理階段等執行模式。
3. 探討各階段執行模式之執行細則與應注意事項。

雪霸國家公園生態工法模式之建立
- 以雪見地區為例 -

第二章 雪霸國家公園相關文獻之探討

第一節 國家公園之意義與功能

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昇，具有積極之作用。

1872年美國成立世界第一座國家公園 - 黃石國家公園，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。⁽¹⁾

⁽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，1998.06。

2.1.2 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⁽²⁾：

(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，營建署直接有效地經營國家公園，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，因此國家公園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，然國家公園附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昇；同時，國家公園的設立，常於周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，並配合周邊地區之建設，非但提昇周邊市鎮之經濟發展，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。

⁽²⁾ 顏文甄，「遊客對玉山國家公園服務品質滿意度之研究」，碩士論文，私立文化大學觀光研究所，2001。

第二節 雪見地區之概述

2.2.1 地理位置及地形

一、地理位置

雪見地區之範圍均屬大安溪事業區之國有林班地，東側沿北坑溪為界，北接苗栗縣泰安鄉與新竹縣五峰鄉之鄉界，西側則依循樂山、北坑山、東洗水山、東流水山與進委山所連成之陵線，至南側接大安溪。全區海拔高度約 2,618 公尺，最低點則為南側之北坑溪溪谷，溪岸高度約為海拔 900 公尺。全區之主要坡度則都為 40% 以上，但北坑溪谷道與司馬限林道之現行坡度則較平緩。



圖 2-1 雪霸國家公園範圍圖

雪霸國家公園生態工法模式之建立
- 以雪見地區為例 -



圖 2-2 雪見地區範圍圖

二、地形地質

雪見地區中以深灰色之硬頁岩和板岩為主，經過之褶皺為雪見向斜，其長度約 45 公里。

三、交通

雪見地區目前有司馬限林道、梅興道路與苗 61 線等，可連繫天狗、梅園、新興、大湖等村落及市鎮（圖 2-3）。而往上為自然度較高之地區，目前可供車輛通行道路僅有司馬限林道，但到二本松之後不遠即不利一班車輛通行，可供步行之路線則僅有北坑溪谷道與鹿場連嶺古道的部分路段，但因部分路段路基已遭到破壞；另有紀錄中可通泰安溫泉之上島溫泉古道，目前已荒廢淹沒，內部交通情況不佳。⁽³⁾

⁽³⁾ 內政部營建署雪霸國家公園管理處八十四年度研究報告，「雪霸國家公園雪見地區遊憩資源調查及遊憩模式之研究」，中國文化大學環境設計學院景觀學系，1995。



圖 2-3 雪見地區交通路線圖

■ 司馬限林道

司馬限林道係本區主要之聯外交通動線，其以苗栗大湖為起點、經中興檢查哨後抵二本松。林道於二本松鄰近的鞍部分成上、下二線，上線林道於盡尾山附近進入雪見地區，往北可繼續延伸至雪見遊憩區；下線林道則與北坑溪古道相重疊，可通至雪見。

■ 北坑溪古道

北坑溪古道為雪見地區內之重要步道，其為大甲溪泰雅族原住民遷移游獵的山徑。民國 12 年，日人為連貫雪山山脈的越嶺道路，以便有控制居住於梅園、天狗一帶之泰雅族北勢群，於是將原住民昔日游獵與遷移的路線串聯，並加以拓寬修築而成「北坑溪古道」。北坑溪古道全長約為 24 公里，其北端可達曙光、南端則接通二本松鞍部，沿線海拔高度約於 1,300 公尺至 2,000 公尺之間。

雪霸國家公園生態工法模式之建立
- 以雪見地區為例 -



圖 2-4 司馬限林道起點(2003.03.09)



圖 2-5 司馬限林道未完成整修之路段



圖 2-6 二本松交通節點

雪霸國家公園於未來將增闢苗 62-1 道路，增加雪見地區聯外道路，可縮短由遊客至雪見地區之距離。據苗栗縣公所委託業界完成規劃報告書指出，將設置大型交通轉運站，規劃轉運公園及遊客解說中心(圖 2-7)。



圖 2-7 雪見地區聯外交通圖

除可引導遊客在入園前接受環境教育，藉由觀念之導正，避免遊客不當之行為對園區生態資源造成太大的衝擊，同時，將車輛留置在園區外，也將對園內資源的維護大有助益。

2.2.2 人文特色與生態環境

一、人文特色

雪霸國家公園雪見地區具有十分豐富薈萃的人文史蹟資源。國家公園中的大霸尖山是泰雅族朝奉之聖山，亦是泰雅族自其核心區域向外移徙的重要路徑，而大安溪上游流域，則為昔日族群之主要匯集區域（劉益昌，吳佰祿，1994）。

茲將本區原住民文化特徵分述如下：

（一）泰雅群族部落分佈

分佈於台灣北部之泰雅族舊稱「北蕃」或「黥面蕃」，各部族多散居於海拔 2,000 公尺以下，氣候涼爽、適於耕種與狩獵的山麓或河階地。而大安溪中游苗栗縣泰安鄉一帶則屬於泰雅族群的分布，其中又分為汶水群、大湖群、北勢群；而雪見地區係屬北勢群的範圍，目前雖已無聚落分佈，但在其部落遷徙的歷史過程中，以及其狩獵、採集植物（例如靈芝）等生活具有相當重要的意義。

（二）泰雅族生活及文化特色

泰雅族早期以逐水草而居、漂泊各地之游民，之後因開始墾農而建造家屋定居，仍以三、五戶人家聚集成一小村落為主，基本上是散居式的村落型態。

農業以山田燒墾的農耕為主要的生產方式，所種植之作物以粟、陸稻等穀類為主，甘薯、芋頭等根莖作物次之。次於農業之生產方式則為狩獵，包括機獵、個人獵與團體圍獵等方式。除狩獵外，在雪見地區的泰雅族原住民並常有進入山區採集香菇、蘭花、靈芝、愛玉子等森林副產物作為生活上運用、或增進收入之習慣。

另在其他生活文化的特質上，泰雅族雖受漢人與賽夏族的影響甚為明顯，但其傳統的黥面與拔齒習俗，卻為原住民族中所特有。在其各項祭典禮儀中，雖無特別之成年禮，但其剽悍的民族性，則要求男子須完成獵首行動才算成年；而女子則必須熟習紡織才屬成長，也因此泰雅族的紡織饒富特色。泰雅文化除紡織刺繡極具特色外，另如竹製與藤製等手工藝品亦極為精美。

（三）產業現況

自民國七十三年起推動農地利用綜合規劃，發展地方農特產品桃、李、柑、桔、生薑、桂竹筍、香菇、蔬菜等，目前成為地方的特有資源配合觀光資源的開發，積極增加農民收益並可改善生活。



圖 2-8 雪見地區周邊產業-桂竹



圖 2-9 雪見地區周邊產業-草莓

(四) 泰雅建築特色

根據李亦園、文崇一教授（1982）之「臺灣山地建築文化」報告中指出，泰雅族居住區域的氣候概屬臺灣北部山區氣候型，主要之特徵為霧大、暴風多、日照短、濕度大、夏季涼爽、冬季較寒，因此泰雅族之建築有淺穴式地下家屋（半穴居）的現象，且半穴居屋之變化亦隨海拔高度之提昇而增多。

一般說來，泰雅族的建築以家屋為主，附屬建築則包括穀倉、豬雞舍、獸骨架、望樓及砍梯等。其中的穀倉散立於家屋聚落中，具有極重要的地位，而望樓（瞭望台）更是泰雅族所獨有的建築，為其他民族所缺乏的。以下茲將本區泰雅的家屋、穀倉及望樓三種具重要性之建築特色，分述如下：

- 1.家屋：本區泰雅族的建築物多以竹屋為主，牆壁以分割的竹條相互垂直編紮成格狀骨架，再紮疊成牆面。屋頂以平緩的椽木交叉於屋脊主梁處，固定於兩側之簷梁，出簷較大（前後都有），外部以列柱支撐。



圖 2-10 雪見地區泰雅族傳統竹屋



圖 2-11 泰雅族竹屋現況圖

2. 穀倉：穀倉的設置常位於家屋或耕地附近，基本上每戶均有一棟，但亦有二、三家共用者。穀倉的屋頂亦以竹條紮成，坡度平緩，出簷大，導水管亦採用打通竹節之竹管，極具建築特色。
3. 望樓 (瞭望台)：望樓為早期設於部落入口，用以監視外敵之高架建築。其挑高約 3.6 至 9 公尺左右不等，由數十

雪霸國家公園生態工法模式之建立
- 以雪見地區為例 -

根圓木所支撐，以橫木搭架其間，四側再以斜撐支持。
空間大小約 1.8 至 3.6 平方公尺，室內高度則約為 1.2
至 1.5 公尺。



圖 2-12 泰雅族望樓現況圖

二、生態環境現況

(1) 植物資源

雪見地區之林相主要可分為造林地、闊葉林與混淆林等三大類，林相豐富且富季節變化，將可提供遊憩者頗佳的視覺體驗。雪見地區的植物極為豐富，除可提供遊客瞭解植物、享受知性之旅外，北坑溪古道及鹿場連越嶺古道的林相鬱密，且具季節之美，不管是一般時節走在松密覆的古道上，或是春季賞杜鵑，均可提供遊憩者難得的最佳體驗。



圖 2-13 雪見遊憩區內西施杜鵑花

(2) 動物資源

根據李玲玲教授（1995）新近調查之相關資料顯示，目前在司馬限林道、北坑溪古道多處，均發現山豬、山羌之痕跡，其中以二本松至荻崗段最多。此外亦紀錄到台灣獼猴的活動。鳥類方面則在闊葉混合林中，可見到數鳥、青背山雀、紅頭山雀以及白耳畫眉等鳥類，因此巡遊其間，經常可以享受到各型山鳥以及哺乳動物穿梭其間的山林野趣，係遊客認識野生動物及其棲息環境的極佳處所。⁽³⁾

⁽³⁾ 內政部營建署雪霸國家公園管理處八十四年度研究報告，「雪霸國家公園雪見地區遊憩資源調查及遊憩模式之研究」，中國文化大學環境設計學院景觀學系，1995。

第三節 雪見遊憩區之規劃構想

2.3.1 雪見遊憩區規劃構想

由於雪見遊憩區為雪霸國家公園自然度最高之地區，目前正在開發中，關於遊憩區之規劃構想如下列所述⁽⁴⁾：

(一) 配置原則

1. 本基地的整體生態環境保有相當高的自然度，因此不論在大分區或各分區設施皆採分散式配置法，並選擇較平緩之台地，以避免不當的開發利用及資源破壞。
2. 為提昇遊憩品質，園區內採用人車分道規劃，林間則以架高木棧道作為人行步道，並善用解說巴士，以避免造成區內之過度承載。
3. 配合園區內的自然生態資源，提供教育解說步道及賞櫻步道，並結合遊憩活動提供解說及眺望平台，以營造趣味性的自然體驗。
4. 泰雅族原住民傳統觀念中，沒有任何的神像，祖靈是唯一崇拜的對象，所以一切的祭祀均以祖靈為中心，稱之為祖靈祭，是每一年的盛會，因此祭場是園區內標榜泰雅族生活文化的重要象徵。祭場位置規劃於園區之東北角端點，為本園區唯一視野寬廣且眺望性絕佳的場所，且正向朝東有可遙祭



圖 2-14 雪見遊憩區入口處

⁽⁴⁾ 黃正銅等，「雪見遊憩區服務設施新建工程」，雪霸國家公園委託規劃報告書，2003。

祖先之發源地 - 大霸尖山。

(二) 配置分區

1. 行政管理區 - 管理站辦公室、多媒體簡報室、遊客服務中心、公廁、員工餐廳及服勤設施。
2. 遊客服務區 - 藝文廣場、賣店、公廁及解說巴士接駁站。
3. 自然生態區 - 木棧道、解說平台、眺望平台及祭場。

(三) 道路系統

1. 車行道路
2. 人行步道
3. 賞櫻步道



圖 2-15 雪見遊憩區分區配置

(二) 自然生態區

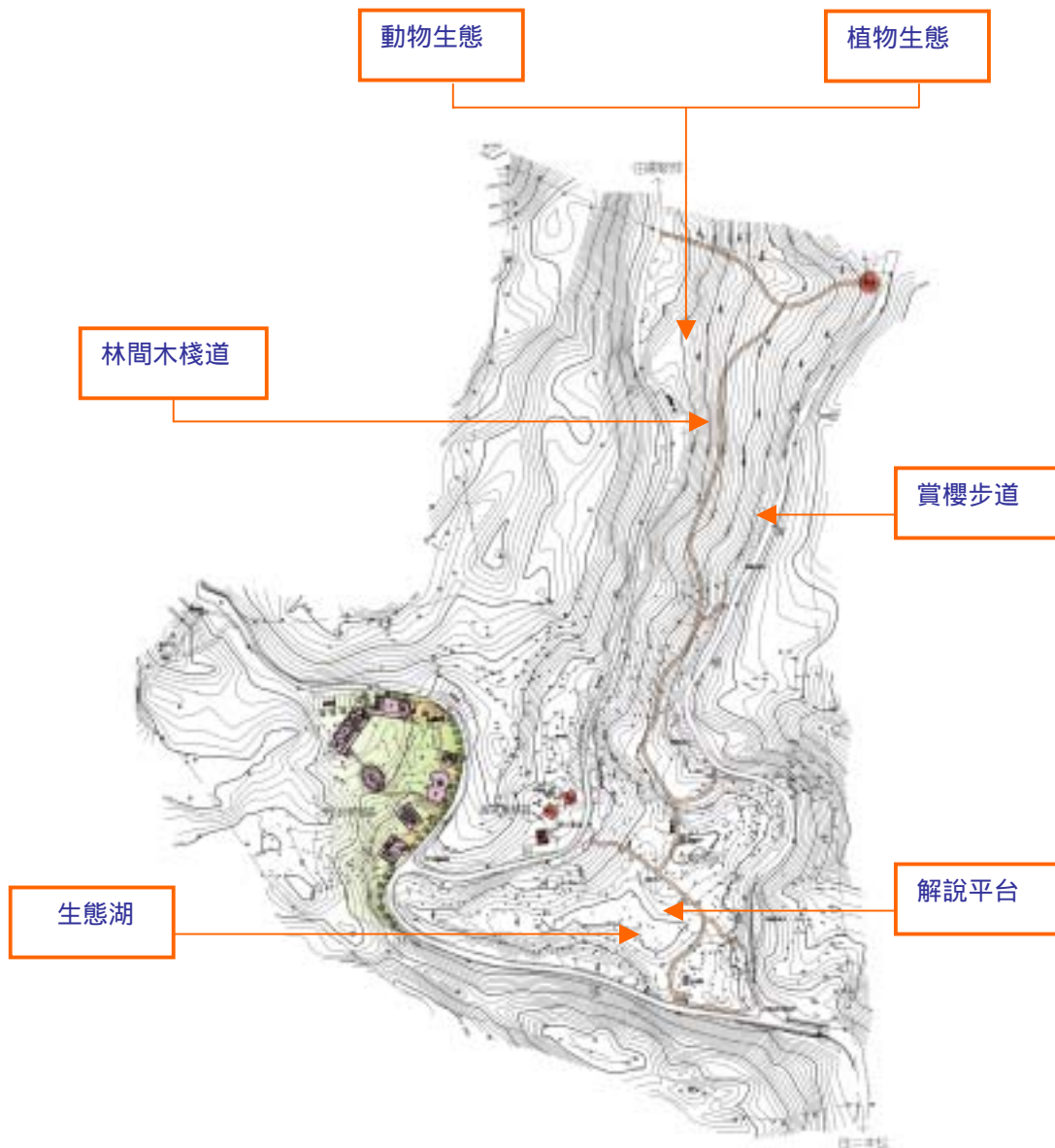


圖 2-16 自然生態區地理位置圖

2.3.2 雪見遊憩區設施內容

雪見遊憩區設施內容分為四大部分，入口意象區、行政管理區、遊客服務區、自然生態區，各區所需興建設施如下表 2-1：

表 2-1 雪見遊憩區遊憩設施表

| 遊憩設施 | 設施項目 | 遊憩設施 | 設施項目 |
|-------|---------|-------|-----------|
| 入口意象區 | 入口廣場 | 遊客服務區 | 賣店（二家） |
| | 意象造景 | | 廁所 |
| | 導覽解說牌 | | 戶外設施及景觀工程 |
| 行政管理區 | 管理站辦公室 | 自然生態區 | 木棧道 |
| | 多媒體簡報室 | | 木作入口平台 |
| | 遊客服務中心 | | 木作解說平台 |
| | 戶外通廊及平台 | | 木作眺望平台 |
| | 廁所 | | 解說牌示 |
| | 員工餐廳 | | 生態湖 |
| | 服務設施 | | 賞櫻步道 |
| | 景觀工程 | | |

資料來源⁽⁴⁾

⁽⁴⁾ 黃正銅等，「雪見遊憩區服務設施新建工程」，雪霸國家公園委託規劃報告書，2003。

雪霸國家公園生態工法模式之建立
- 以雪見地區為例 -

第三章 生態工法相關文獻之探討

第一節 生態工法之定義與沿革

生態工法泛指環境在嚴重人為干擾後，「協助」生態系恢復原貌所施做之工程方法。如生態復育工程，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子之影響，致使原生態系失衡、瓦解，而進行局部或全面性生態復育工作⁽⁵⁾。

隨著各界不斷致力於生態工法的研究、應用，以及推廣，生態工法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，豐富了生態工法，也日漸勾勒出生態工法的風貌。表 3-1、3-2 為國內外學者對生態工程的定義與主張。

表 3-1 國外學者對生態工法的定義與主張

| 年代 | 學者 | 定義與主張 |
|------|---------------------|--|
| 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。 |

資料來源⁽⁶⁾

⁽⁵⁾ 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。

⁽⁶⁾ 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」，中華大學營建研究中心，2002。

表 3-2 國內相關單位與學者對生態工法之定義

| 學者 | 主張及定義 | 備註 |
|-------------------|--|------------------|
| 內政部營建署 國家公園 | 為達成保育國家特有自然風景、野生物及史蹟，並供國民之育樂及研究目標，於工程週期中(需求、調查、評估、設計、施工，及管理維護)考量人類可永續生存並永續利用各項生物資源的工法稱之。 | |
| 郭清江 | 人類基於對生態系統深切認知，運用科技來經營它，以減少對自然環境造成傷害。 | 公共工程委員會副主席 |
| 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，以融合周邊地形自然景觀，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。 | 台北科技大學土木系暨環境所副教授 |
| 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。 | |
| 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 |
| 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。 | |
| 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」。 | |
| 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，保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 |
| 陳榮河 林世偉 洪勇善 | 生態工法及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 |

資料來源⁽⁶⁾

⁽⁶⁾ 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」，中華大學營建研究中心，2002。

以上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法，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。

因此，根據相關文獻的探討，本研究對生態工法之看法為：「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、混凝土等剛性材料，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。」

第二節 生態工法發展現況之探討

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，因此在工程實作上亦融入生態工法的理念。但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與作法都極為接近，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，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。

國內自 1998 年以來，舉辦過各種與生態工法有關的研討會、講習班，期望透過專業研究、研討會交流、研習會訓練等方式，達到宣導推廣之目的。相關研討會之詳細內容整理如表 3-3、3-4 所示：

3.2.1 生態工法之工程應用類型

目前國內生態工法之主要多應用於河川溪流整治工程、濕地工程、水土保持工程、道路工程與景觀工程等，其內容說明下：

(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、鋪面等。

(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。

3.2.2 國內各地區生態工法應用之重點

目前台灣地區生態工法應用的層面相當的廣，以大範圍應用來說可分為下列各項，不同範圍生態工法之應用，其考量之重點亦有所不同，如下列所示⁽⁷⁾：

(1) 國家公園

國家公園擁有特殊之自然景觀、地形、地物與野生子遺動植物等豐富的自然資源，並具有自然生態保育與提供休閒遊憩等功能，必要的工程設施興建是不可避免的，因此，工程應導入生態工法之概念，生態工法的應用上，更應強調生態棲地之保育及復育之功能；於遊憩設施之興建上，避免因工程的開發造成對環境之影響與衝擊，應強調開發地區環境之保育。

(2) 風景區

風景區除了具有自然資源環境與優美的景觀環境，其主要的功能在於提供遊憩、教育等，基本原則以不危及生態自然環境資源之生息與利用下，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。其生態工法之應用上，應強調自然生態與遊客休閒遊憩空間之介面規劃。

(3) 河川溪流

過去水利工程之施作由於考量其安全性，主要以鋼筋混凝土為材

⁽⁷⁾ 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。

料，此種施作方式雖快速、安全、易維護，但相對的卻有違反生態原則與不易親近等缺點，因此，生態工法於水利工程之應用上，應朝向建構多自然型河川，採用軟性與多孔隙性之材料，並提供更多元之後續功能。

(4) 公路

公路的開發對生態系的破壞有其相當之程度，常會造成生態連續性的切斷，因此，生態工法於公路工程之應用上，應強調生態鋪面、邊坡穩定、生態照明、動物穿越廊道與生態緩衝區等。

(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，因此，應用上應考慮設計與環境之相融性等。

(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，強調山坡地之水土保持等，以避免再次破壞環境與生態。

表 3-3 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 | 1998/03/04 ~ 1998/03/07 | 師範大學分部 |
| 「工程人員生態保育」研究班 | 農委會 農林廳 經濟部水利處 | 1998/04 起，連續辦 理多年 | 特生中心，南投集集 |
| 「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 | 1998/09 | 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 | 1998/04 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 | 1998/04/23 | 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 | 1999/05/27 、28 | 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 | 經濟部水資源局 文化大學景觀學系 | 2000/06/22 、23 | 台灣大學大二學生 活動中心 |
| 「生態工法」講習班 | 水資源局 台北科技大學土木工程系 | 2000/10/07 | 台北科技大學土木 工程館 |
| 「生態工法」—理論與實際—研討會 | 經濟部水資源局 台北科技大學土木系 省土木/水利技師公會 | 2000/12/16 | 台北科大，台北市 |
| 「人工濕地應用於污染防治」研討會 | 中山大學海洋環境及工程學系濕地研究室 | 2001/03/09 | 中山大學，高雄市 |
| 「河川環境工程之研究」研討會 | 省水利技師公會 萬能技術學院土木系 | 2001/03/28 | 萬能技術學院，中壢市 |
| 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 | 2001/04/27 | 東海大學，台中市 |
| 水域生態工程講習會 | 中華大學水域生態研究中心 | 2001/05/18 | 中華大學演講廳，新竹市 |
| 「生態工法執行問題之探討」研討會 | 公共電視 北科大水環境研究中心 | 2001/06/16 | 台北科大，台北市 |

資料來源：本研究整理

雪霸國家公園生態工法模式之建立
—以雪見地區為例—

表 3-4 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 |
|---------------------|---------------------------------|---------------------|----------------------|
| 生態環境與生態工法研習會 | 九二一重建委員會 農委會特生中心 | 2001/07/17 、18 | 特生中心，南投集集 |
| 2001 年中日農業水利研討會 | 農田水利聯合會 | 2001/07/24~ 25 | 台中市 |
| 生態工法研討會 | 經濟部水利處 經濟部水資源局 | 2001/08/23~ 24 | 宜蘭縣，礁溪 |
| 90 年近自然工法研討會 | 農委會特生中心 | 2001/ 11/07~10 日 | 特生中心，南投集集 |
| 2001 近自然工法研討會 | 經濟部水資源局 | 2001/11/17 | 國立台北科技大學 |
| 創造台灣城鄉新風貌：生態工法講習會-1 | 內政部營建署 中華民國景觀學會等 | 2001/12/19~ 20 | 台灣大學，台北市 |
| 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 | 2002/06/07 | 中華大學演講廳，新竹 |
| 創造台灣城鄉新風貌：生態工法講習會-2 | 內政部營建署 中華民國景觀學會等 | 2002/08/07~ 08 日 | 運輸研究所，高雄 |
| 河川近自然工法技術訓練指導活動 | 農委會特生中心 中華大學水域生態中心 | 2002/08/12~ 17 | 中華大學，新竹 特生中心，南投集集 |
| 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 | 2002/08/19 | 台北科技大學，台北市 |
| 綠營建工程研討會 | 中國土木水利學會綠營建委員會 台灣大學生物環境系統工程系 | 2002/10/18 | 台灣大學，台北市 |
| 2002 生態工法研討會 | 台北科技大學土木系暨環境所 | 2002/11/23 | 台北科技大學，台北市 |
| 第一屆自然生態工法理論與實務研討會 | 行政院農業委員會 中華民國環境綠化協會 | 2002/12/20 | 中興大學，台中市 |

資料來源：本研究整理

第三節 國內生態工法現階段執行上之問題

目前國內於生態工法的推動過程中已面臨許多問題，許多專家學者已警覺到未來可能面臨之瓶頸與難題，並且一再地提出相關問題加以探討。在問題尚未明顯產生之狀況下，應該以積極宏觀之態度進行生態工法的省思與檢討，以客觀前瞻之理念進行研究與分析。本研究將整理現階段各界所提出有關生態工法之相關問題，藉以認清問題的內涵，釐清問題的本質。(詳如表 3-5 所示)

雪霸國家公園生態工法模式之建立
—以雪見地區為例—

表 3-5 現階段生態工法面臨問題之彙整

| 政府部門 | |
|-------------|---|
| 中央部門 | <ul style="list-style-type: none"> • 生態工法定義不明確 • 相關法令制度尚未明訂規範 • 各部會及單位所持看法不一 |
| 地方部門 | <ul style="list-style-type: none"> • 預算制定： 各單位常存在預算預算執行之問題，因此在有限之時間內，工期易受到壓迫，規劃設計及施工進度受到管制，造成時間不足之現象，更會影響到工程品質。 • 發包制度 生態工法之工程特性為因地制宜、就地取材等，因此，工程施作採低價得標模式進行，設計者與施工者在利潤的考量下，容易有偷工減料的情形發生，因而降低工程品質。 • 驗收制度 生態工法並無一套完整之驗收機制，因此，無法確保工程品質。 • 工程經費 工程整治區的土地取得困難。 |
| 設計單位 | |
| 政策面 | • 規劃設計準則尚未規範，設計無從遵循。 |
| 專業面 | <ul style="list-style-type: none"> • 工程專業整合不易 • 規劃設計人員觀念之調整，於景觀、生態學上的應用。 • 設計人員素質不佳。 |
| 執行面 | <ul style="list-style-type: none"> • 生態學人員欠缺工程經驗。 • 工程設計缺乏案例可參考。 |
| 教育面 | • 設計人員生態工法之教育與訓練不足。 |
| 施工單位 | |
| 政策面 | • 施工規範缺乏，工程施作無從遵循。 |
| 專業面 | <ul style="list-style-type: none"> • 工程專業整合不易。 • 工程人員以實務為主，欠缺景觀與生態學上之理念。 • 施工技術不足。 |
| 執行面 | <ul style="list-style-type: none"> • 施工過程缺乏典範可參考。 • 無完整之驗收機制。 |
| 教育面 | • 技術人員生態工法之教育訓練不足。 |
| 管理單位 | |
| 政策面 | <ul style="list-style-type: none"> • 相關管理制度尚未明訂規範 • 合約上無明定管理權則 生態工法較一般傳統工法更需要初期的維護管理，才能確保其功效，而目前並未明定承包商在一定時間內之維護管理責任。 |
| 專業面 | • 管理單位之管理人員缺乏基本教育。 |
| 執行面 | <ul style="list-style-type: none"> • 維護管理不易 生態工法涵蓋甚廣，工程與生態環境之間維護不易。 |
| 教育面 | • 基層人員普遍缺乏生態保育的理念，應加強生態保育之教育宣導。 |

資料來源：本研究整理

第四節 雪霸國家公園生態工法應用實例之探討

目前國內生態工法應用項目以河川溪流整治工程較為普遍，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，內政部營建署也正積極地推展綠營建計畫，國家公園亦提倡工程導入生態工法之理念。本節就目前國內生態工法之實作案例，如河川溪流整治工程、濕地工程、道路工程等進行個案之探討，進而分析個案之背景、規劃設計要點、工程實作要點等，最後歸納不同個案於生態工法規劃、設計、施工階段實作上考量之重點，作為後續模式建立之依據。

3.4.1 河川溪流整治工程

本文探討之河川溪流整治工程如下列所示：

- 七家灣溪整治工程
- 內湖大溝溪上游整治工程
- 菁山露營場自然親水帶
- 金瓜寮溪設計與規劃工程
- 小礁溪整治工程
- 虎山野溪景觀整治工程

其中以七家灣溪整治工程、內湖大溝溪上游整治工程、菁山露營場自然親水帶等三個案例於本節中詳加敘述。

(一) 七家灣溪整治工程

一、背景

七家灣溪位於雪霸國家公園境內，由於溪內的櫻花鉤吻鮭已被政府明文定為保育類生物，而其主要棲息地—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。

由於台灣地區每逢夏、秋兩季，颱風頻繁，期間往往降雨量激增，致使

河川的水量暴漲，不僅直接衝擊河道內部與兩岸邊坡，洪水挾帶的大量泥砂淤積於河床上，改變了河道的底質狀況。七家灣溪的部份河段近年來歷經數次大型颱風與地震侵襲之後，使原本櫻花鉤吻鮭棲身的水潭區，受到岸坡崩坍與泥砂淤積的作用下，深度變淺、面積變小、甚或消失了。如此環境的破壞，不僅對櫻花鉤吻鮭族群的生存與延續受到影響，河岸崩坍的影響更導致溪水混濁，並造成德基水庫嚴重淤積，下游地區的主要水源因而深受影響。

雪霸國家公園管理處，有鑑於櫻花鉤吻鮭棲身的河段已逐年減少，而棲息區域的環境又持續遭受人為或天然災害的侵襲影響，歷經數次調查與評估，乃選擇武陵農場廢棄露營場之河段，擬進行護岸整治。

二、規劃設計要點

因原有自然河川型態已被天然災害與岸邊農業墾植活動破壞，加上上游攔沙壩阻絕了櫻花鉤吻鮭溯溪產卵的途徑，為此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。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。

護岸設置時，首先考量防止河岸或遭受侵蝕，同時兼具生態環境保全、親水性與景觀性等功能。設計過程中針對上述功能考慮其安全性、耐久性、經濟性及維護管理等重要因素。為了迎合安全、生態、景觀兼具的工程趨勢，因此設計時，護岸使用之材料主要以石塊、木材及植生為主。依據上述內容，規劃設計主要考量有下列重點：

- 護岸工應有足夠穩定的強度；
- 護岸基腳應能安全支撐護坡結構物；
- 護岸工應足夠防沖刷強度，不致因水流曳引力，造成崩坍；
- 防止護岸坡體內土砂之流失；
- 防止水質、水量產生變化；

- 提高長期發展計畫之配合度。

三、工程實作重點

工程實作依據規劃設計之各項重點執行，內容如下列所敘述：

(1) 護岸基腳之安全設計

經現場測量得知河岸欲設置護岸段與上下游河床高程差不大，因此將基腳或塊石埋入河床下 1 公尺可達穩定，對護岸即能安全支撐。

(2) 上部塊石護岸

塊石疊砌護岸除了可避免因現場澆灌混凝土污染水質外，其對岸坡具較高穩定性，間隙可回填土砂或植栽，以提供水中生物避難用，石材為自然取材，增加岸坡原始景觀又顯現出溪溝之野趣。

(3) 下部石籠護岸

利用石籠來穩定岸坡除耐流水利外，亦可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。其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，達河岸綠化效果。

(4) 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。

(5) 搭設遮蔭網架

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。

(6) 河床面鋪設碎石

原河床面嚴重泥砂淤積導致櫻花鉤吻鮭失去產卵之場所，因此為解決櫻花鉤吻鮭有於河床面搗開碎石面產卵之習性，安置適當之碎石河床面，提供鮭魚產卵場地。

(7) 設置截流污水處理

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。

(8) 就地取材

工程施工就地取材，對原有地形、地貌保持最少變動。

(9) 設置櫻花鉤吻鮭魚苗繁殖場

為提高永續發展之計畫，於工程場址上方闢建一櫻花鉤吻鮭魚苗繁殖場，未來整個基地除復育、研究功能外，將導入教育宣導及有限制之休憩機能。

(10) 施工期之選擇

七家灣溪為櫻花鉤吻鮭重要棲息地，因此於施工中對水質、水量、材料及植栽均需嚴格要求，為合乎原有生態環境，同時為避免櫻花鉤吻鮭繁殖期及颱風季引起施工安全，因此，為避開生物繁衍期，施工日期選擇於12月~4月，共100天。

四、現況

工程自完工後，已歷經數次颱風之考驗，其結構穩定度依舊良好，砌石與邊坡結構達理想之平衡狀態，符合計畫預期之目標。植生方面包括扦插植株，其回復、發育亦良好，結構孔隙間可見自然長出之禾本科植物，唯部份河段河岸設計略顯僵直，較不自然，但整體就現況而言，堪稱良好。⁽⁷⁾

(二) 內湖大溝溪上游整治工程

一、背景

內湖大溝溪發源於白石湖山，下游經大湖山莊街箱涵下水道流入大湖。原為一自然型態之溪溝，溪溝上游段兩岸集水區大部分多為次生林林相，溪溝中下游段兩岸土地則以農業型態為主。

⁽⁷⁾ 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。

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，台北市建設局開始著手進行大溝溪整治工程。⁽⁸⁾

二、規劃設計要點

台北市政府建設局運用近自然生態工法完成大溝溪上游之整治，整治內容包括防洪、增加地下水補注防止地盤下陷、生態性考量與休閒遊憩等理念，其主要目標為改變大溝溪上游之流況，以確保下游社區之安全，並以水利工程之安全為主，兼具生態原則之重要性，除達到安全標準之外，同時創造或保留適當之生物棲息空間。依據上述內容，規劃設計主要考量有下列重點：

- 護岸需顧及必要水利安全承受標準；
- 考量地下水源之涵養，防治地盤下陷；
- 考量水生動物遷徙之路徑；
- 保留原處之原生植物；
- 加入親水性設施

二、工程實作重點

工程內容分為涵養地下水源、護岸及整流工程、親水工程及景觀工程等，其執行重點如下列所示：

(1) 護岸基腳之安全設計

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) 地下水補注

採用多孔隙天然材質做為渠底材料，確保溪流潤周之通透性，溪水可藉由渠底之孔隙，經由側向或垂向滲透至地下水層，並於豐水期

⁽⁸⁾ http://www.hhups.tp.edu.tw/e_class/science/dance/e1.htm，大溝溪親水步道。

時，為地下水之重要補注來源。此方式於地下水源捉襟見肘之地區，維持溪流地下水補注功能，並減緩該地區地盤下限。

(3) 砌塊石護岸

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 L 型砌石護岸，並於溪床設置行人步道，行人可沿河床步行。護岸及水岸於結構安全原則下，以天然塊石處理，增加孔隙性並與自然環境融合，以利生態環境及減少視覺之破壞；另外，護岸斜率平緩有利動物遷徙移動、護岸植穴與土體接壤，利植物根系生長，有助環境復育。

(4) 親水平台、親水河谷

配合溪溝自然地形，於流域較寬廣地點，規劃親水空間，提供民眾親水機能，藉以喚醒民眾愛護溪流、保護環境之意識。

(5) 魚梯

施工時基於生態之考量，應避免人工構造物形成水體之垂直落差，切斷水生動物溯溪遷徙之路徑，以利溪流生態之連續性。

(三) 菁山露營場自然親水帶

一、背景

菁山露營場地處陽明山國家公園境內，為一提供休閒遊憩之場所，場內規劃有管理服務中心、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，面積共約六公頃。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，因露營場年久失修，已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，陽明山國家公園基於生態保育之觀念，對水生螢火蟲棲地進行復育、保育之工程。⁽⁹⁾

⁽⁹⁾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。

二、規劃設計要點

由於鄰近木屋區留經之小溪澗，發現有水生螢火蟲生存之跡象，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，並在保育生態環境與提供休閒遊憩等理念下，達到露營場之整體開發行為。

經研究結果發現，菁山露營場內蘊育了多種螢火蟲棲息，其中水生螢火蟲分佈於溪澗，陸生螢火蟲則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。

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，於岸邊與河床堆置石塊；並於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。

依據上述內容，規劃設計主要考量有下列重點：

- 設置塊石護岸並考慮其結構安全性
- 渠床設置計畫
- 防止水質變化
- 栽種適合水生螢火蟲棲息之植被
- 提供水生螢火蟲主要食物來源
- 降低光害對螢火蟲之衝擊

三、工程實作重點

(1) 塊石護岸

岸邊疊砌安山石，使塊石與塊石之間造成多孔隙性，並於孔隙間回

填土壤，提供水生螢火蟲與其他水域生物一個棲息迴避之場所。

(2) 渠床設置計畫

1. 縱斷面：河床面放置適當大小之石塊，使之產生蛇行效果，以減緩水流流速。
2. 橫斷面：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。

(3) 防止水質變化

水生螢火蟲適合生存在乾淨之水源地，ph 值介於 6.7~7.0，濁度在 90mg/ml 以下。

(4) 營造適合螢火蟲棲息之場所

1. 溪澗底散置大小不同之自然石塊，溪澗中放置螺貝類，岸邊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。
2. 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。

表 3-6 河川溪流整治工程規劃、設計、施工階段之考量要點

| 規劃階段考量之重點與內容 | | |
|--------------|---|--|
| 進行生態調查 | <ul style="list-style-type: none"> • 確立規劃區域及目標 • 生態系物種調查 • 建立規劃區域之生態資料庫 | |
| 整體生態環境考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 特殊生物對水質水溫之環境需求 • 對於周遭污染源給予適當之處理措施 • 考量地下水源之涵養 • 保留原處之原生植物 • 渠床設置(水路縱、橫段面)計畫 | |
| 特殊物種之考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 微棲地之創造 • 考量水生動物遷徙之路徑 • 栽種適合水生動物棲息之植被 • 提供水生螢火蟲主要食物來源 • 焦點物種對環境之特殊需求 | |
| 工程安全性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 護岸工應有足夠穩定的強度 • 護岸基腳應能安全支撐護坡結構物 • 護岸工應足夠防沖刷強度，不致因水流曳引力，造成崩坍 • 防止護岸坡體內土砂之流失 | |
| 設計階段考量之重點與內容 | | |
| 安全性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 考量流況、流速、流量、水深、水位變化、降雨量等特性 • 結構性安全設計 • 遊憩設施之安全性考量 | |
| 經濟性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 工料選擇以距離較近，交通可及性較佳為優先，可減少因路程遙遠影響施工效率，進而影響成本 | |
| 美觀性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 護岸設計與環境之融合性 • 材料使用融入當地景觀 • 適當融入綠美化之景觀設計 | |
| 生態性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 材料採多孔隙性之考量 • 生物微棲地之設計(例如水中生物產卵、交配、覓食、棲息等) • 食物來源與生物棲地之關係 • 供魚類溯溪產卵之工具設計 • 植物避免引用外來種 | |
| 遊憩使用性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 依據主要遊憩行為設計遊憩設施 • 遊憩過程中融入生態教育 • 親水平台、親水河谷配合溪溝自然地形，創造更豐富性之遊憩環境 | |
| 材料設計之考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 造型配合地形變化 • 材料之造型、色彩、質感等必須融入當地環境 • 材料採用原地產物及原生物種 | |
| 施工階段考量之重點與內容 | | |
| 施工期之安排 | <ul style="list-style-type: none"> • 施工期之安排儘可能避開生物繁衍期 | |
| 物種之臨時遷移 | <ul style="list-style-type: none"> • 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 | |
| 原生種之留置 | <ul style="list-style-type: none"> • 考慮現存植生之留置，以利後續植生材料之取得 | |

資料來源：本研究整理

3.4.2 濕地工程

本文探討之濕地工程如下列所示：

- 關渡自然公園濕地環境之復育
- 華江野雁鴉自然公園
- 冷水坑湖泊復舊工程
- 竹子湖棧道及生態池工程

其中以關渡自然公園濕地環境之復育工程、華江野雁鴉自然公園、冷水坑湖泊復舊工程等三個案例於本節中詳加敘述。

(一) 關渡自然公園濕地環境之復育

一、背景

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

自然公園除了一方面維護濕地生態之外，另一方面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，恢復其原有濕地地形地貌，因此，此案之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。⁽¹⁰⁾

⁽¹⁰⁾ 工商時報，1998年9月16日。

二、規劃設計重點

在鳥類棲息低峰期，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。依據上述內容，規劃設計主要考量有下列重點：

- 於鳥類棲息低峰期進行棲地改善與再造計畫
- 剷除填土擴充淺水灘
- 本土性之水生、溫生植被補植
- 現地高低莖草澤的疏伐
- 改善棲地內水池之優氧化
- 提供棲息鳥類食物來源

(二) 華江野雁鴨自然公園

一、背景

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。有鑒於此，台北市政府為保護此地野生留鳥與候鳥之棲息環境，開始進行此地區生態環境之保育與復育工作。⁽¹¹⁾

⁽¹¹⁾ <http://letsgo.taipei-elife.net/>華江雁鴨自然公園。

二、規劃設計重點

在考量環境的保育與維護，根據生態資源的特性，及不影響動植物棲息的情況下，將本公園規劃成核心區、緩衝區與永續利用區等三區。

(1) 核心區

為主要的濕地復育區，包括在華江橋下南北兩側低水護岸工程所產生的高灘地，共約 20 公頃。依水的循環系統可分為與河水相通的潮池生態區、不與河水相通的淡水生態區，亦因其不同的自然環境吸引不同的野生動物。因此，在此地區之主要工作為鳥類棲地之復育與維護。

(2) 緩衝區

為隔絕人類活動對野鳥之干擾，在永續利用區與緩衝區之間，利用綠籬或阻溝隔離，設置教學園區為緩衝地帶。

(3) 永續利用區

以親子休閒及賞鳥活動為主，設置賞鴨步道、賞鳥廣場、親子活動區等，提供一般民眾從事對環境干擾較少之活動場所。

依據上述規劃設計內容，規劃設計主要考量有下列重點：

- 野生留鳥與候鳥之棲息環境
- 確保鳥類食物來源無虞
- 設立相關供觀賞設施與活動時，避免對環境形成過大之干擾

三、工程施作要項

(1) 生態護坡

於濕地岸邊利用生態護坡創造供鳥類棲息之場所，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（坡度 5%）的創造，或是沿著混凝土堤岸邊緣建造植被緩坡等。

(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。

(三) 冷水坑湖泊復舊工程

一、背景

冷水坑湖泊為一自然形成之窪地，面積約一公頃，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通運至此湖丟棄，久之湖面為礦渣廢土填平而荒廢，芒草叢生。因本湖泊鄰近七星山極富景觀特色，且有冷擎自導式步道經過，故予以疏浚復舊後，將增加一處極富特色的湖泊景觀。⁽⁹⁾

二、規劃設計重點

本案例以提供觀測自然沼澤濕地生態演替為主要目的來進行規劃設計，並將成為水生植物與鳥類等生物作為棲地之濕地環境。由於湖泊擁有特有的棲地特性，期回復原有的沼澤狀況，為水生動、植物、兩棲爬蟲類及水鳥提供一棲地環境。另外，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。此地區除提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。依據上述規劃設計內容，規劃設計主要考量有下列重點：

- 觀測動線之安排應避免直接破壞水生植物生長與鳥類活動之範圍

⁽⁹⁾ 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。

雪霸國家公園生態工法模式之建立
—以雪見地區為例—

- 工程規劃加入了生態教育的考量，達到環境教育之目的。

三、工程施作要項

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環境。

表 3-7 濕地工程規劃、設計、施工階段之考量要點

| 規劃階段考量之重點與內容 | | |
|---------------------|--|--|
| 進行生態調查 | <ul style="list-style-type: none"> • 確立規劃區域及目標 • 生態系物種調查 • 建立規劃區域之生態資料庫 | |
| 整體生態環境考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 生物對濕地之環境需求 • 檢討濕地池內優氧化情形 • 對於周遭污染水源給予適當之處理措施 • 保留原處之原生植物 | |
| 特殊物種之考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 微棲地之創造 • 考量水生生物遷徙之路徑 • 栽種適合水生生物與鳥類棲息之植被 • 提供水生動物與鳥類主要食物來源 • 焦點物種對環境之特殊需求 | |
| 工程安全性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 護坡應有足夠穩定的強度，並以最適坡度進行設計 • 護坡基腳應能安全支撐護坡結構物 | |
| 設計階段考量之重點與內容 | | |
| 安全性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 考量地質結構 • 結構體安全設計 • 遊憩設施之安全性考量 | |
| 經濟性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 工料選擇以距離較近，交通可及性較佳為優先，可減少因路程遙遠影響施工效率，進而影響成本 | |
| 美觀性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 護岸、護坡設計與環境之融合性 • 材料使用融入當地景觀 • 適當融入綠美化之景觀設計 | |
| 生態性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 材料採多孔隙性之考量 • 生物微棲地之設計(例如水中生物產卵、交配、覓食、棲息等) • 提供更多食物來源 • 食物來源與生物棲地之關係 • 創造鳥類棲息躲避之場所 • 設置觀測緩衝帶，避免對水生生物與鳥類有直接之衝擊 • 植物避免引用外來種 | |
| 遊憩使用性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 依據主要遊憩行為設計遊憩設施 • 遊憩過程中融入生態教育 • 親水平台、親水河谷配合溪溝自然地形，創造豐富之遊憩環境 | |
| 材料設計之考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 造型配合地形變化 • 材料之造型、色彩、質感等必須融入當地環境 • 材料採用原地產物及原生物種 | |
| 施工階段考量之重點與內容 | | |
| 工程施作之考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 工程儘可能以人工施作避免重力機械之開發對生態之直接破壞 • 施工期之安排儘可能避開生物繁衍期 | |
| 物種之臨時遷移 | <ul style="list-style-type: none"> • 物種之臨時性遷移，若無法全部遷移，則應將能維持其族群延續之最低個體數，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 | |
| 原生種之留置 | <ul style="list-style-type: none"> • 考慮現存植生之留置，以利後續植生材料之取得 | |

資料來源：本研究整理

3.4.3 道路工程

本小節道路工程案例主要探討司馬限林道新興至二本松段道路改善工程與南迴公路護坡工程等案例，主要探討之內容如下列所述：

(一) 司馬限林道新興至二本松段道路改善工程

一、背景

司馬限林道位於苗栗縣泰安鄉，其道路總長度約四十公里。此路段原是林務局林班地伐木運材專用之道路，雖然因已不再伐木而荒廢，但因過去維護良好，路基狀況尚十分良好。目前自二本松以上為進入雪霸國家公園雪見遊憩區唯一之主要道路，其中部份已陸續改善完成。此工程改善之路段自新興派出所苗六十一線交叉路口至二本松停車場止，總長度約八、九公里，目前因苗六十一線路況不佳並有坍方之餘，且尚未全線改善，因此，此段道路之改善除可提供另一條替代道路外，亦可銜接正關建中的苗六十二之一線道路，提供遊客由泰安風景區至雪見遊憩區之另一捷徑。

二、規劃設計要點

司馬限林道新興至二本松段道路改善工程主要規劃設計要點如下列所述：

(1) 道路工程方面

- 為避免破壞生態與自然景觀，將道路開發之寬度以單車道為主，並利用路基幅度較寬處加寬成雙車道或避車道。

(2) 排水工程

- 排水構造為兼顧清理方便其行車安全，於內側邊坡採用 L 型側溝。
- 於適當地點設置橫向排水，以便適時將上邊坡 L 型側溝所截流之地表逕流以箱涵或涵管排至下邊坡。
- 於下邊坡橫向排水溝外側設置靜水池，以避免下邊坡因排水而產生

沖刷。

(3) 護坡工程

- 縮減道路寬度，以減少上邊坡之開挖，並以限制開挖來避免對環境之破壞。
- 目前崩塌之邊坡以自然生態工法進行坡腳保護，以上則以植生護坡。

(4) 生態景觀工程之規劃

- 利用路幅較寬處加寬成路邊臨時停車場，提供休憩停車之用，並設置眺望平台，若無腹地時考慮以挑空架高之平台設置休憩區。
- 休憩區之植栽以當地原生種為主，選擇美觀且符合當地條件之原生物種或具有歷史意義的物種，修飾休憩區周邊環境，並可提供做生態教育解說之主題。
- 利用路邊堆積為數可觀之崩積巨石，堆砌成擋土設施，並在石縫間填以植生。
- 考慮沿線豐富之動物生態，為不切斷爬蟲類或其他動物自由來往上下邊坡，對於下邊坡路側護欄之型式以開放式鋼索護欄施作。
- 部份山谷回頭灣終年有山澗流水，考慮以親水造景的手法創造遊憩空間。

三、工程實作要項

工程實作如上述規劃設計重點說明相同，其中於施工階段採施工分區開發與施工防災計畫之考量，內容如下列敘述：

- 施工分期開發
為減少環境衝擊，施工應妥善分期開發。施工工作面以 1~2 公里長為一個施工期，並由棄土場先行施工。
- 防災計畫
各期開發由相關滯洪沈砂池先施工並由下往上設臨時排水路，以徹底防止洪水及土壤沖失影響區外為原則。

(二) 南迴公路護坡工程

一、背景

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「隔框混凝土植生」方式處理護坡。

二、規劃設計要點

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「隔框混凝土植生」方式護坡，讓綠意映入用路人的眼簾。「隔框混凝土植生」是在山壁上，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，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。依據上述規劃設計內容，規劃設計主要考量有下列重點：⁽¹²⁾

- 工程採用「隔框混凝土植生」之護坡方式進行邊坡防坍工程。
- 於混凝土格框填以土壤並撒以草仔，待植物成長後，達到綠美化與水土保持之效果。
- 植生之選擇考量以抓地力強、存活率高、美觀等，達到護坡之功效。

⁽¹²⁾ 陳秋揚，「生態工程與自然工法」，中國文化大學環境設計學院，2001。

表 3-8 道路工程規劃、設計、施工階段之考量要點

| 規劃階段考量之重點與內容 | | |
|--------------|---|--|
| 進行生態調查 | <ul style="list-style-type: none"> • 確立規劃區域及目標 • 生態系物種調查 • 建立規劃區域之生態資料庫 | |
| 整體生態環境考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 考量生物對環境之需求 • 檢討道路上下邊坡生物活動之情形 • 車量採低速限通行 • 預設路廊緩衝帶，以降低車輛噪音 • 應避開生存繁殖的核心區域 | |
| 特殊物種之考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 微棲地之創造 • 考量動物與爬蟲類生物遷徙之路徑 • 考量生物對食物來源的需求(是否阻隔通路或斷絕食物來源) • 焦點物種對環境之特殊需求 | |
| 工程安全性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 護坡應有足夠穩定的強度，並以最適坡度進行設計 • 護坡基腳應能安全支撐護坡結構物 | |
| 設計階段考量之重點與內容 | | |
| 安全性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 考量地質結構 • 結構體安全設計 • 休閒遊憩設施之安全性考量 | |
| 經濟性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 工料選擇以距離較近，交通可及性較佳為優先(取用當地現有之材料)，可減少因路程遙遠影響施工效率，進而影響成本 | |
| 美觀性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 護坡設計與環境之融合性 • 材料使用融入當地景觀 • 適當融入綠美化之景觀設計 | |
| 生態性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 材料採多孔隙性之考量 • 生物微棲地之設計(例如交配、覓食、棲息環境之需求等) • 提供更多食物來源 • 食物來源與生物棲地之關係 • 創造鳥類棲息躲避之場所 • 設置路廊緩衝帶，降低車輛噪音的干擾 • 利用道路或隧道的方式保全動物移動平衡 • 植物避免引用外來種 | |
| 遊憩使用性考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 依據主要遊憩行為設計遊憩設施(如眺望、休息、親水) • 遊憩過程中融入生態教育解說 • 親水設施應配合溪澗自然地形，創造更豐富性之遊憩環境 | |
| 材料設計之考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 造型配合地形變化 • 材料之造型、色彩、質感等必須融入當地環境 • 材料採用原地產物及原生物種 | |
| 施工階段考量之重點與內容 | | |
| 工程施作之考量 | <ul style="list-style-type: none"> • 為減少環境衝擊，施工應妥善分期開發 • 施工期之安排儘可能避開生物繁衍期 • 應避開生存繁殖的核心區域 | |
| 物種之臨時遷移 | <ul style="list-style-type: none"> • 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 | |
| 原生種之留置 | <ul style="list-style-type: none"> • 考慮現存植生之留置，以利後續植生材料之取得 | |

資料來源：本研究整理

雪霸國家公園生態工法模式之建立
—以雪見地區為例—

第四章 生態工法執行模式之建立

第一節 模式建立之目的

生態工法是近年來政府正積極推動的重要工法之一，亦是目前各界學者專家公認對環境最具保護作用之工法，因此，如何將生態工法落實於工程建設上，便成了工程實務上倍受討論的關鍵。然而，生態工法涵蓋了工程學與生態生物學等兩大專業領域，其兩者之間專業技術整合相當不易，加上施工人員專業技術上之經驗與基礎研究不足，因此，面臨現階段政府法令尚未成熟之際，生態工法在實務上面臨質疑與困難是在所難免的。

經由前面章節針對目前國內現階段生態工法執行上之問題的彙整，歸納生態工法於現階段執行上的問題不外乎是相關法令制度尚未明訂與規範、缺乏設計準則與施工規範、缺乏完整的發包與驗收機制、後續維護管理不易，以及各單位人員缺乏生態工法之基本教育...等。本研究認為這些問題的發生是與未考慮生態工法整體執行流程有很大關聯，如下列所敘述：

1. 各單基層人員的專業教育尚未落實，就已開始進行生態工法的各項規劃與建設；
2. 規劃階段對規劃區域生態環境的調查不確實，導致生態資料庫的建立不健全，使得工程設計準則無參考之依據；
3. 設計階段在整體規劃未完整之下造成無設計準則可遵循，工程規劃的重點則無法實現；
4. 發包階段則無法掌握施工單位對生態工程實作的技術與經驗；
5. 施工階段在無明確的規範之下，在施工期中的各項管理亦無法達到原來設計之品質；
6. 驗收階段之機制尚未建立導致驗收單位除了對施工品質驗收外，對於生態考量上的設計成效無從驗收；
7. 維護管理階段對後續的維護與追縱不確實等。

雪霸國家公園生態工法模式之建立
- 以雪見地區為例 -

根據上述問題的整理與說明，本研就將建立一套生態工法執行模式，如規劃、設計、發包、施工、驗收與維護管理各階段之執行流程，並於各執行流程中明定各單位之權責，並建立各項機制，避免許多問題的發生。

至於各單位基層人員生態工法之教育訓練與宣導，應由各單位自行落實與加強，才能達到生態工法執行上最佳的成果。

第二節 模式建立之架構

本研究生態工法執行模式之架構，依據研究目的以及相關理論的探討建立生態工法模式之架構，如下圖 4-1 所示：

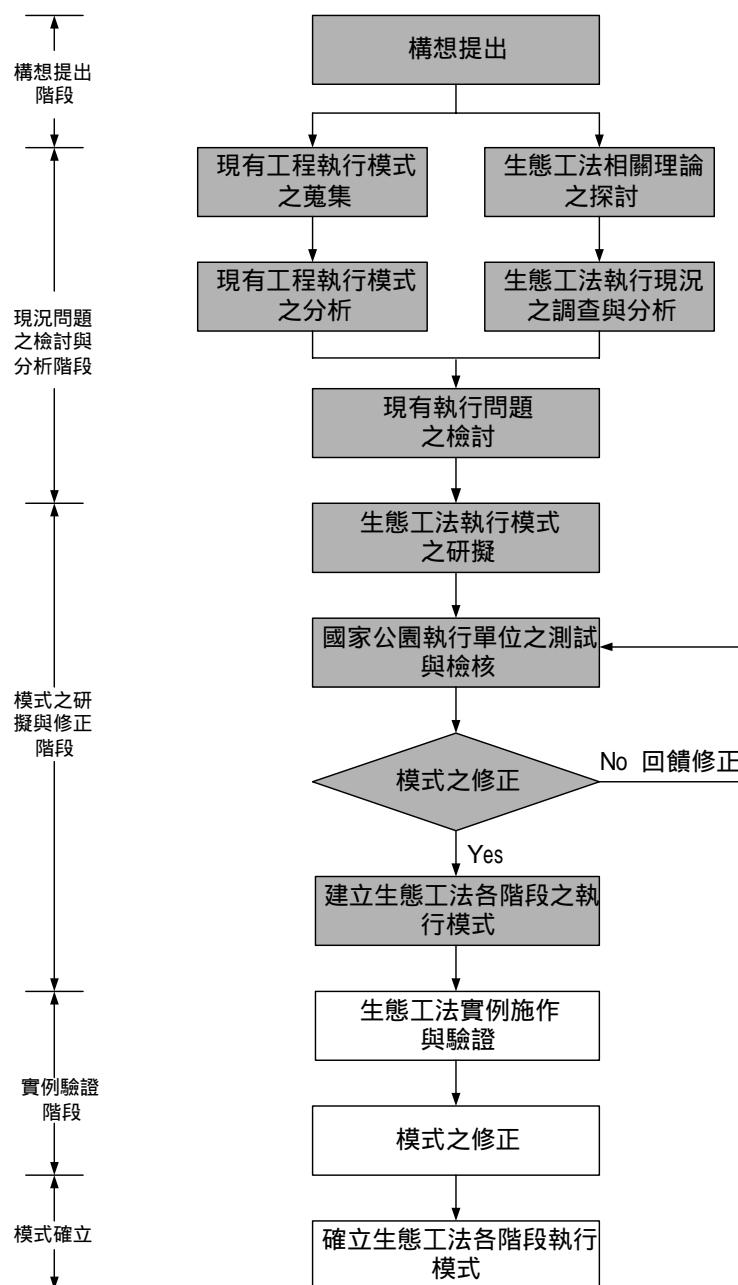


圖 4-1 生態工法執行模式架構圖

第三節 生態工法各階段之執行流程

一、規劃階段之流程

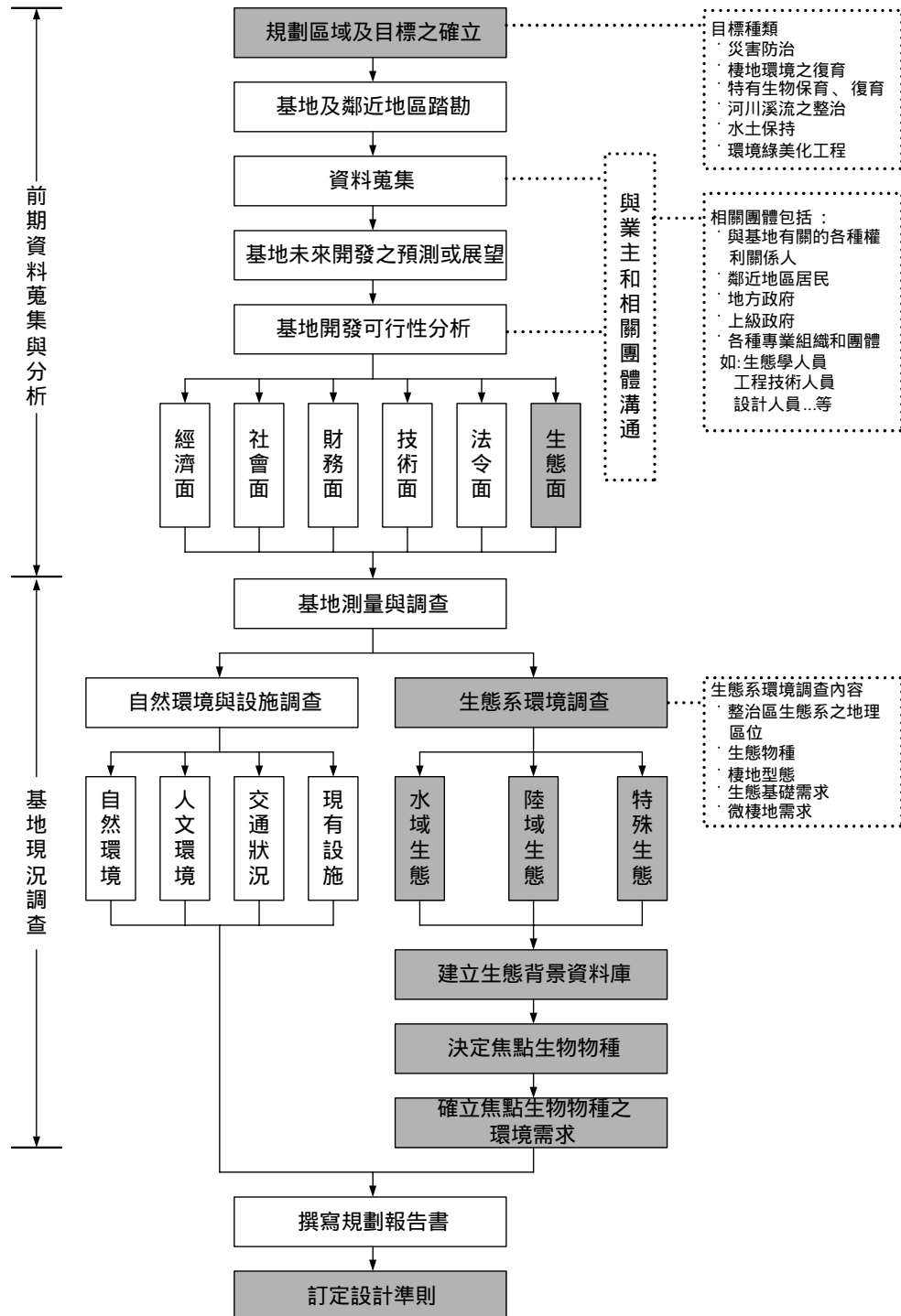


圖 4-2 生態工法規劃階段流程圖

二、設計階段之流程

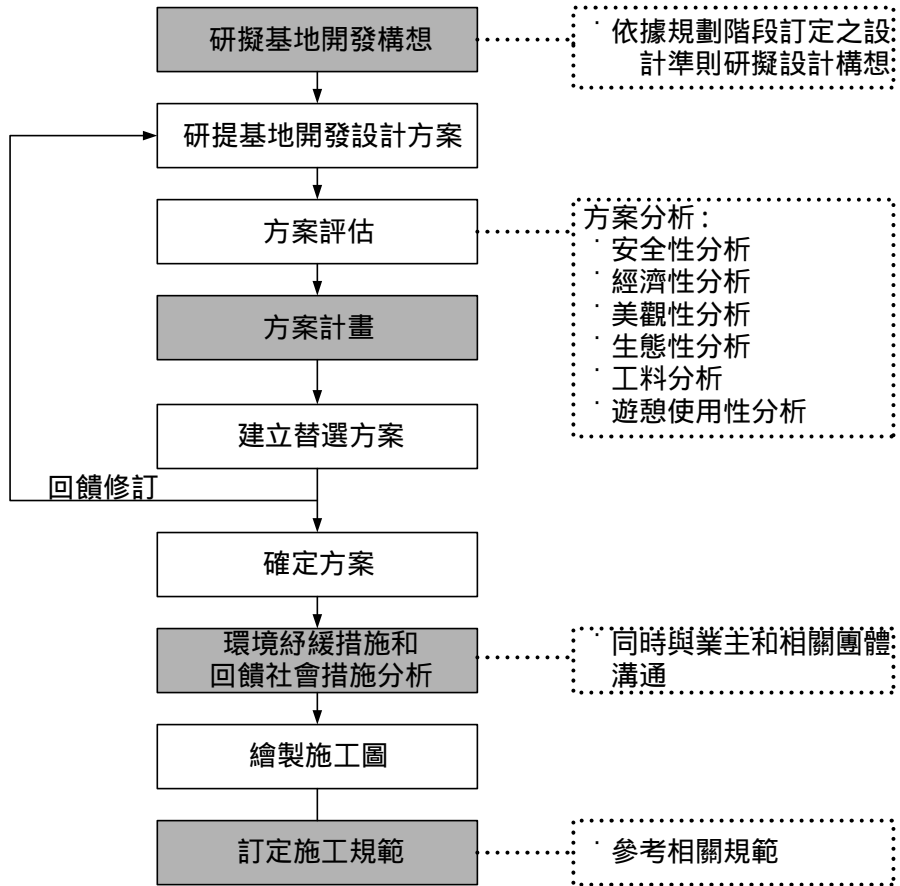


圖 4-3 生態工法設計階段流程圖

三、發包階段之流程

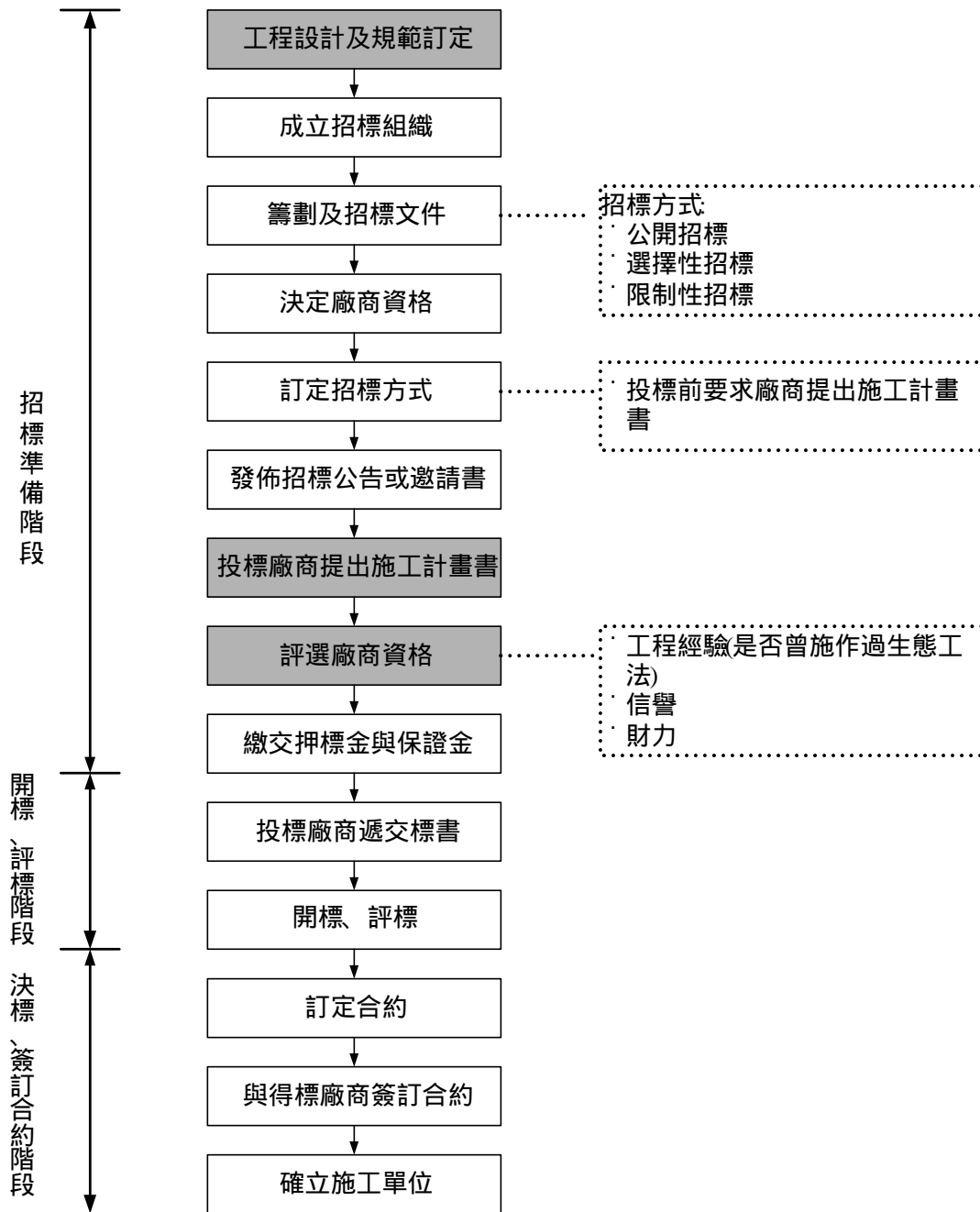


圖 4-4 生態工法發包階段流程圖

四、施工階段之流程

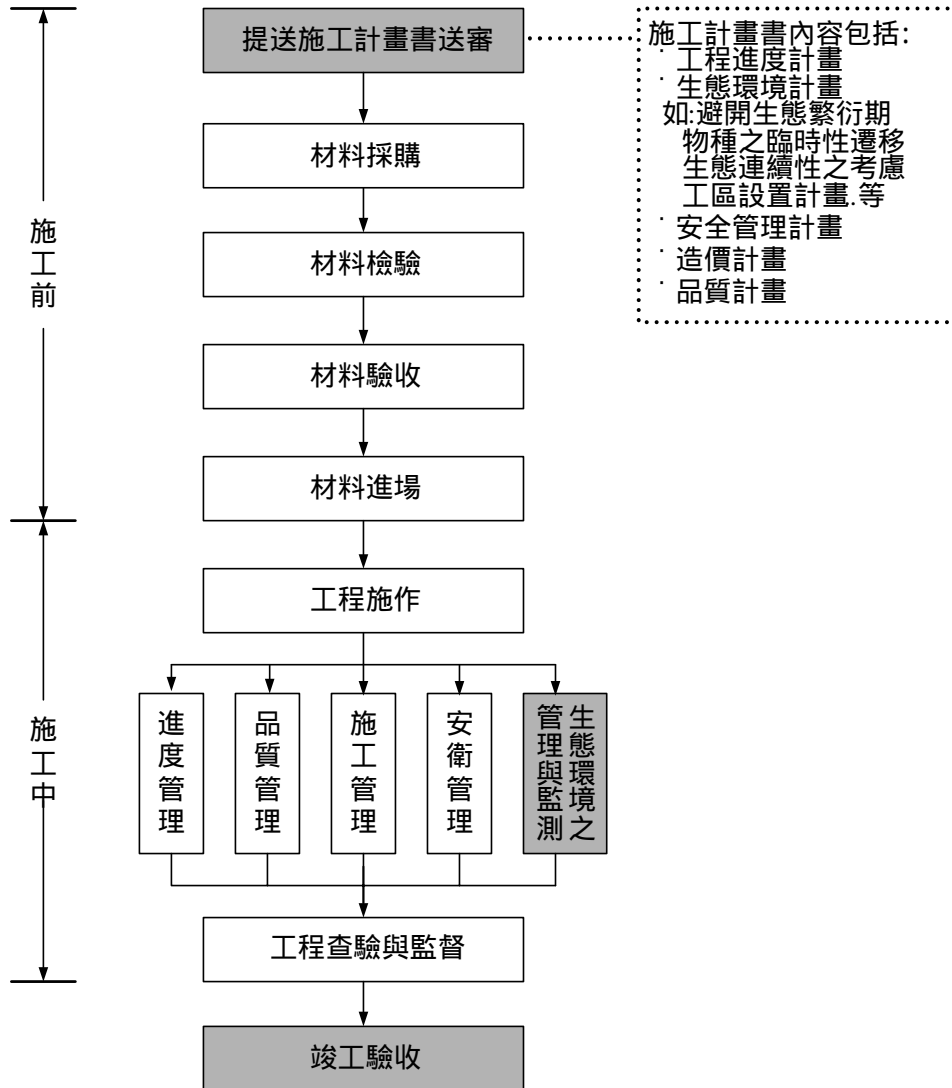


圖 4-5 生態工法施工階段流程圖

五、驗收階段之流程

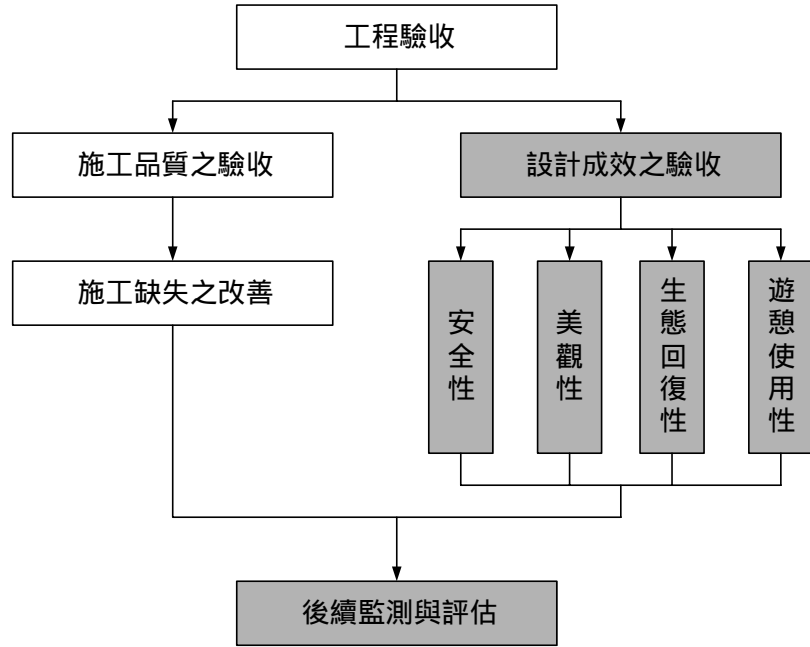


圖 4-6 生態工法驗收階段流程圖

六、維護管理階段之流程

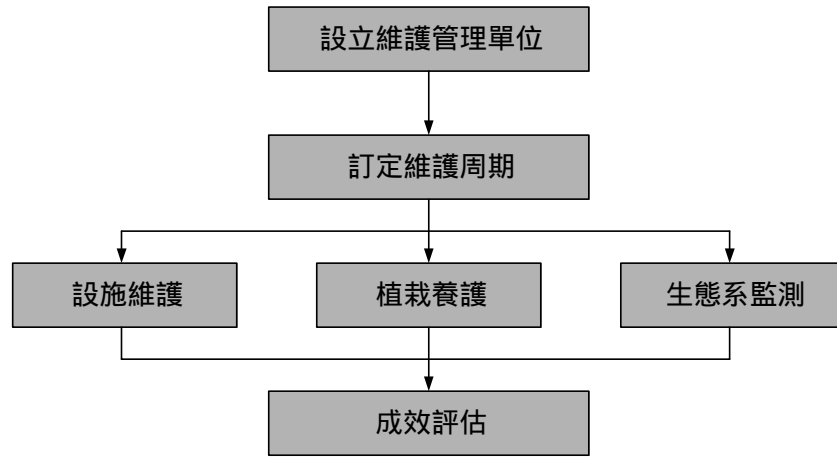


圖 4-7 生態工法維護管理階段流程圖

雪霸國家公園生態工法模式之建立
- 以雪見地區為例 -

第五章 雪見地區道路設施應用生態工法之分析

雪見地區之植物群落與林相極為豐富且富季節變化，除可使遊客瞭解植物、享受知性之旅外，將可提供遊憩者頗佳之視覺體驗；亦經常可享受到各形鳥類及哺乳動物穿梭其間之山林野趣，係遊客認識野生動物及其棲息環境的極佳處所。由於雪見地區自自然度相當高，雪霸國家公園將其規劃為第三個遊憩區，提供遊客作為環境教育的自然教室，但其對外之交通網路系統，仍然是狀況不佳，目前雪見地區交通系統整理如下：

雪見地區現有之交通系統：

- (1) 苗 61 線道路 - 連接大湖地區；
- (2) 司馬限林道 - 連接新興與雪見遊憩區；
- (3) 梅興道路 - 連繫天狗、梅園、新興、大湖等村落及市鎮；
- (4) 其他產業道路；

未來將增設之交通系統：

- (5) 苗 62-1 縣道路 - 未來將增闢苗 62-1 線道路，增加雪見地區聯外道路，可縮短由遊客至雪見地區之距離；
- (6) 遊客轉運站：未來將於雪見地區設置交通轉運站，轉運遊客至雪見遊憩區，並規劃轉運公園及遊客解說中心。轉運站之設置除可引導遊客在進入雪見遊憩區前接受環境教育，藉由觀念之導正，避免遊客不當之行為對園區生態資源造成太大之衝擊，同時，將車輛留置在園區外，也將對園內資源之維護大有助益。

由上述雪見地區交通系統現況之調查，發現雪見地區聯外交通仍然缺乏與交通狀況不佳，因此面對未來雪見地區之發展，應先健全其交通系統，且為了不破壞自然環境，應避免過度之開發，更需以生態工法進行道路之建設。因此，本章節將以雪見道路工程設施應用生態工法進行探討，探討道路工程之邊坡、排水溝、護欄、鋪面、觀景平台、景觀步道等之應用。

第一節 道路邊坡生態工法之應用

雪見地區由於部份路段邊坡因風化作用之影響下，容易造成坍塌，然而邊坡之坍塌不僅造成遊客交通安全之問題，於視覺景觀上亦是一種美感的破壞。因此，本節針對雪見地區道路邊坡處理進行探討。

道路邊坡的處理有助於水土保持之功能，以可以美化環境。一個完善的邊坡處理，不但是一個有助於安全的設施物，亦可能成為道路規劃中的一個特點。

1.1 道路邊坡

(一) 雪見地區道路邊坡破壞之情形

雪見地區部分路段為岩石邊坡，可能因風化作用，產生節理裂縫，嚴重者甚至可能發生有岩塊崩落現象發生。雪見地區道路上邊坡破壞情形如下列所示：





(二) 可應用之處理方式

雪見地區可使用較符合生態需求之工程結構物提供主要上邊坡穩定度之需求，並佐以植生之方式以提供景觀及良好的生態環境，並能利用植物本身具有之工程性質以加強整體邊坡之穩定度。雪見地區道路邊坡有幾處本身岩盤較為破碎或是崩積土層，類似此等邊坡應進行坡腳保護與優先考量坡面之植生綠化，以防止地表逕流侵蝕。工程使用工法如下列敘述：

(1) 邊坡植生工法

1. 裸坡植生依適地適用為原則。
2. 崩塌裸坡植生工法強調沖刷防制與有效蓄積植生材料之生育基盤營造工法搭配施作。
3. 養護追肥為植生品質之關鍵工作，植生兩週後每月至少實行不得少於三次。

以下為應用邊坡植生工法完成之道路邊坡(圖 5-1、圖 5-2)。



圖 5-1 邊坡植生工法



圖 5-2 邊坡植生工法

(2) 錨釘鋪網植生工法

此工法運用於崩積土與風化破裂岩層等損壞地區，由於此等坡面損壞之面積較大，於邊坡基腳處設有石籠穩定坡腳。錨釘鋪網植生工法用來整治大面積之損壞區，其中錨釘 - 邊坡穩定工、鋪網 - 防止沖蝕工、噴植 - 生態植生工(圖 5-3、5-4)。



圖 5-3 錨釘鋪網之施工



圖 5-4 基腳處設置石籠穩定坡面

(3) 堆置土袋植生工法

於風化破裂岩層較為輕度損壞之地區，以堆置土袋植生之工法穩定邊坡，坡腳部份以塊石疊砌穩定坡腳(圖 5-5、5-6)。



圖 5-5 施工後植生之情形



圖 5-6 基腳處以塊石疊砌穩地坡腳

另外，道路邊坡在應用生態工法時，應該因地制宜，視當地破壞之情形考量其生態及工程安全性，給予適當之施作方式，如圖 5-7，由於道路邊坡穩定性不同，應用之工法亦不相同。



圖 5-7 道路邊坡穩定性不同，應用之工法亦不相同。

(4) 塊石疊砌工法

於較小規模的邊坡處理上，可運用塊石疊砌之方式達到穩定邊坡之用，如圖 5-8、5-9 所示。又雪見地區之泰雅原住民，可以利用當地自然資源加上族人的智慧與巧思，使塊石疊砌工融入原住民色彩。



圖 5-8 塊石疊砌穩定邊坡



圖 5-9 塊石疊砌穩定邊坡

(5) 賦予當地部落文化色彩

另外，若邊坡穩定材料為較剛性之材料，如混凝土等，則可於材料上加上具有當地文化色彩之泰雅族圖騰等，如圖 5-10 ~ 5-13 所示。

雪霸國家公園生態工法模式之建立
- 以雪見地區為例 -



圖 5-10 擋土牆上設計泰雅原住民圖騰



圖 5-11 擋土牆上設計泰雅原住民圖騰



圖 5-12 擋土牆上設計泰雅原住民圖騰



圖 5-13 擋土牆上設計泰雅原住民圖騰

1.2 邊坡縱向之排水

為了保護土壤避免受雨水逕流之沖蝕引起土石流，因此應於邊坡設置縱向排水道，導引排水路，減少排水路對坡地之侵蝕與土壤流失，並降低天然災害之發生，如圖 5-14 ~ 5-21 所示。於道路邊坡縱向排水之整治，可利用當地取得之塊石疊砌成為排水路。



圖 5-14 上邊坡排水路



圖 5-15 上邊坡排水路



圖 5-16 道路下方之排水道



圖 5-17 下邊坡出水口



圖 5-18 塊石排水路施作過程



圖 5-19 塊石排水路



圖 5-20 小規模上邊坡排水路



圖 5-21 下邊坡排水口之設計

第二節 道路排水溝

邊坡水土保持除了配合植生綠化以增加土壤含水率與固著性，更重要的是將地表逕流能儘速導入土壤或集水陰井、滯洪池、排水溝，以避免造成地表沖刷、侵蝕。道路排水溝應採用自然式排水草溝(U型、V型溝)或陰井(溝底以排卵石、礫石處理)，除達到排水功能同時亦能將部份逕流導入土壤中。

雪霸國家公園生態工法模式之建立
- 以雪見地區為例 -

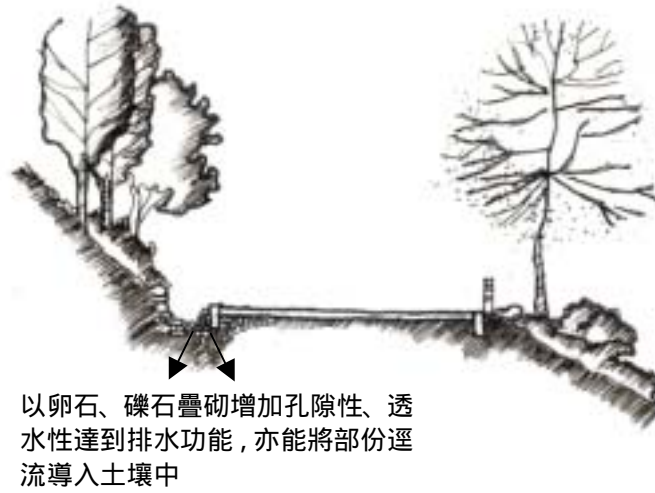


圖 5-22 U 型草溝設置方式

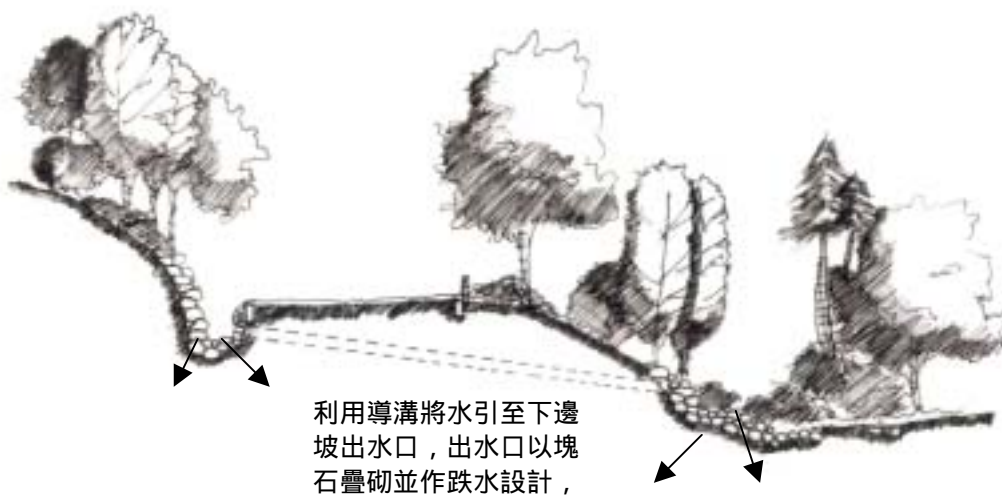


圖 5-23 道路排水溝導溝設置

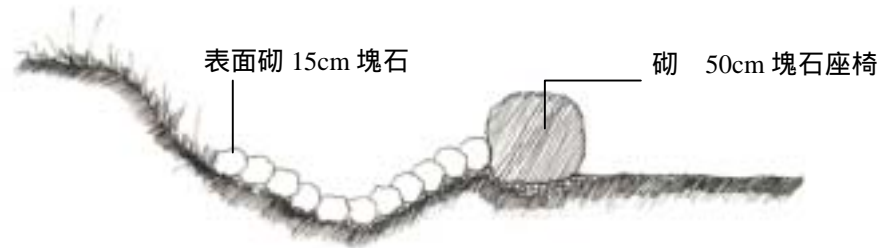


圖 5-24 V 型溝之設計

第三節 道路護欄

道路邊的護欄之設計除了提供安全上的作用外，於環境景觀的設計上亦是一中裝修。然而由於雪見地區為自然度較高之地區，應考量其動物生態環境，如動物之遷移路線等，因此雪見地區道路護欄應採用開放式之設計，避免阻段動物遷移與活動之縱向路線。

道路護欄之施作方式如下列所示：

(1) 考量動物之穿透性

利用簡易之材料採用虛實之設計，產生可使動物穿透之空間，欄杆材料使用以鋼索為主的生態護欄、欄杆柱頂並擺設反光導標。



圖 5-25 生態欄杆(鋼索)



圖 5-26 生態欄杆(鋼索)

雪霸國家公園生態工法模式之建立
- 以雪見地區為例 -



圖 5-27 生態欄杆(木質)

(2) 運用當地自然之材料

利用雪見地區當地自然之材料，如竹子、廢棄杉木等，小路徑邊護欄之設計其材料色彩、材質與形式應配合週遭環境。



圖 5-28 運用當地材質(竹子)作為小路徑之景觀護欄

第四節 道路鋪面

對於遊客而言，於道路設施中鋪面是最直接的親身體驗，隨著鋪面材料使用之不同，其使用性、舒適性、視覺性等意有所差異。然而雪見地區於道路鋪面上之考量除了上述各點之外，仍須考量環境生態性。

歷年來路面之構築皆以不透水路面結構為主，而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。道路鋪面之施作方式如下列：

(a) 碎石鋪面



(b) 塊石鋪面



(c) 透水性混凝土磚



(d) 植草磚



(e) 透水性瀝青



第五節 休憩平台

道路邊之休憩平台，主要提供遊客休憩與觀景之使用，對遊客而言，休憩平台是遊客於道路使用中，停留時間較長之地點，因此於道路邊休憩平台之設計，可設置造型簡單且具富有當地色彩之觀景平台，並且於材料使用上應採用木材、竹材、石材等自然之材料，並與周遭自然環境配合。

休憩平台之施作方式如下列：

(1) 休憩平台



圖 5-29 休憩平台視意圖

雪霸國家公園生態工法模式之建立
- 以雪見地區為例 -

(2) 觀景平台

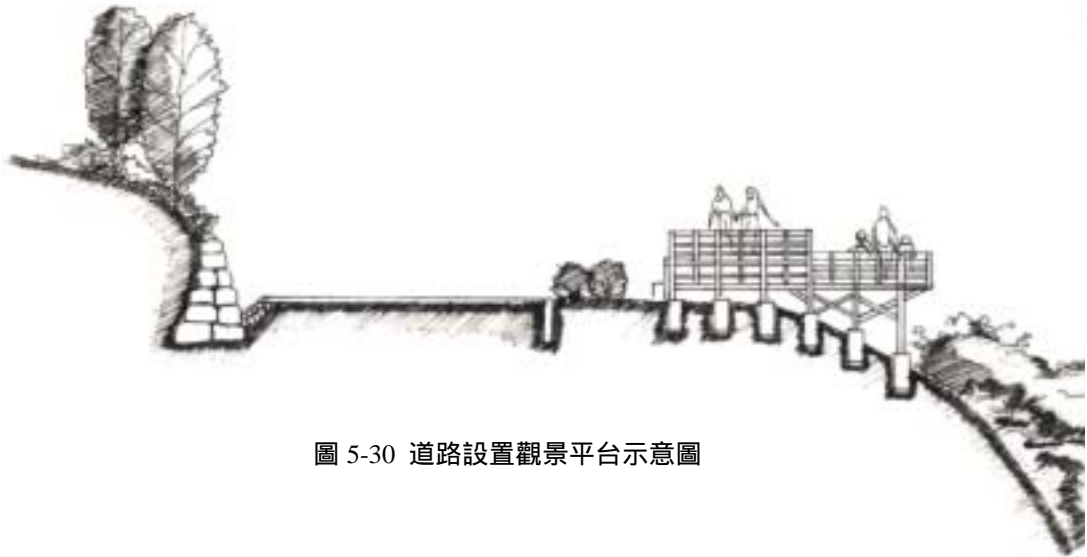


圖 5-30 道路設置觀景平台示意圖

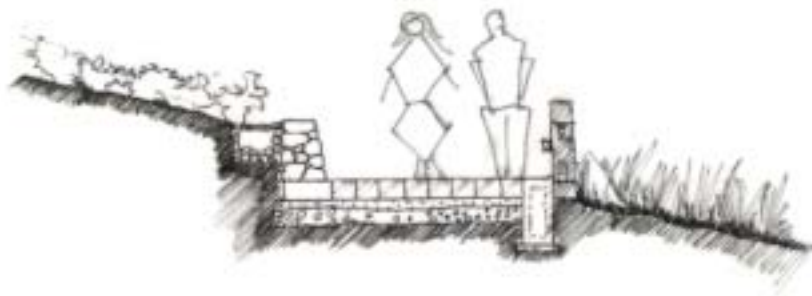


圖 5-31 道路邊觀景平台之設置



第五章 雪見地區道路設施應用生態工法之分析



雪霸國家公園生態工法模式之建立
- 以雪見地區為例 -

第六章 結論與建議

生態工法之發展與落實，需要長遠而整體之規劃，其成功關鍵在於以系統化之模式來整合，以循序漸進之方式來推展。本研究經由調查與研究瞭解生態工法於現階段之執行，存在許多亟待解決之問題，分析這些問題之發生與未考慮生態工法整體執行流程有很大關聯；因此，本研究建立之生態工法執行流程，是以現有工程執行流程為基礎，檢討現有工程執行模式之缺失，分析現況問題，建立一個生態工法執行流程之架構，彙整專家與執行單位之意見，建立生態工法於規劃、設計、發包、施工、驗收、維護管理等階段之執行流程，同時明定各單位之權責、建立各項機制、提出各階段應注意之事項。研究成果有助於提昇相關管理單位於管控生態工法相關工程之能力，且有效降低相關問題之發生，提升工程之執行績效。

一、結論

本研究建立之生態工法執行流程於相關單位執行時，與過往之執行流程可能會有些許不同，這些差異則需有相關措施配合執行，本研究茲列舉相關之配合措施如下：

(一) 修訂相關法令制度

1. 配合制定或修訂相關法令制度。
2. 調整預算制度，提供充裕之規劃設計時間。
3. 編撰工程施工規範。
4. 調整工程驗收制度，建立工程驗收模式。
5. 建立後續維護管理機制與規範。

(二) 考量作業時間

1. 生態工法規劃設計時必須有詳細之環境調查，應給予寬裕之工程時間。
2. 施工階段需考量基地環境之生態特性，工程作業並避開生物繁衍週期。

3. 應考量配合給予設計品質之監測時間。

(三) 增加工程規劃設計與監測費用

1. 工程規劃設計與後續監測等階段，需投入較多的時間，因此業主應給予合理之成本。

(四) 改善發包制度

1. 目前工程多採以低價得標進行，為避免發生搶標之情況，業主單位應配合改善發包制度，改以最有利標之方式選取適宜之施工單位，達到工程品質。

(五) 建立品質驗收制度

1. 生態工法之品質難以驗收，應配合建立相關驗收指標與評估準則，以利施工品質與設計品質驗收之執行。

二、建議

本研究建立之生態工法模式為執行流程之初步建議，所建立之生態工法執行流程，其後續之作業應提交相關執行單位進行工程實作案例之測試與檢核，同時讓建立之流程與步驟更具有可行性。

參考文獻

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. 顏文甄，「遊客對玉山國家公園服務品質滿意度之研究」，碩士論文，私立文化大學觀光研究所，(2001)。
3. 內政部營建署雪霸國家公園管理處八十四年度研究報告，「雪霸國家公園雪見地區遊憩資源調查及遊憩模式之研究」，中國文化大學環境設計學院景觀學系，1995。
4. 黃正銅等，「雪見遊憩區服務設施新建工程」，雪霸國家公園委託規劃報告書，2003。
5. 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。
6. 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」，中華大學營建研究中心，2002。
7. 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。
8. http://www.hhups.tp.edu.tw/e_class/science/dance/e1.htm，大溝溪親水步道。
9. 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。
10. 工商時報，1998年9月16日。
11. <http://lets.go.taipei-elifelife.net/>華江雁鴨自然公園。
12. 陳秋揚，「生態工程與自然工法」，中國文化大學環境設計學院，2001年。
13. 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。
14. 林鎮洋、邱逸文，「生態工法與營建工程」，綠營建工程研討會論文集，2002。

15. 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。
16. 水環境研究中心 <http://www.ntut.edu.tw/>
17. 林金德、黃于玻、蔡真珍，「現階段生態工法推展所面臨的問題與對策」，第一屆自然生態工法理論與實務研討會，2002。
18. 鄭奕孟、林永發、張盈慧、紀慧禎，「生態工法應用於國家公園工程設施之分析」，第一屆自然生態工法理論與實務研討會，2002。
19. 吳卓夫、余文德、鄭奕孟，「生態工法應用於國家公園之研究」，雪霸國家公園管理處，2002。
20. 皓宇工程顧問股份有限公司，「國家公園步道系統設計規範」，行政院農業委員會林務局，2003。
21. 中華民國景觀學會，「國家公園設施規劃設計規範及案例彙編增修計畫暨國家公園環境景觀國際研討會期中報告書」，內政部營建署，2003。
22. 豪芒工程顧問公司，「二本松至雪見路段整修及邊坡穩定工程服務建議書」。
23. 黃世孟，「基地規劃導論」，中華民國建築學會，1995。
24. 劉福勳，「營建管理概論」，漢天下工程管理顧問有限公司，1994。
25. 廖基全，「施工計畫與管理」，詹氏書局，1996。
26. Mitsch, W. J., S. E. Jorgensn, 1989. Ecological engineering : An introduction to Ecotechnology, Wiley, New York.
27. Mitsch, W. J, 1995. Restoration of our lakes and rivers with wetlands-an important application of ecological engineering, Water Science Technology 31(8).
28. Mitsch W. J, 1996. Ecological engineering : a new paradigm for engineers and ecologists, National Academy Press, Washington, D.C.
29. Mitsch W. J, 1998. Ecological engineering – the 7 –year itch. Ecological Engineering, 10.
30. Odum. H. T., 1971, Environment, power, and society. New York:Wiley-Interscience.
31. Odum. H. T., 1983. System Ecology : An Introduction. Wiley, New York.

32. Odum, H. T., 1989. Ecological Engineering and self-organization. In Mitsch, W. J., S. E. Jorgensn, eds. Ecological engineering : An introduction to Ecotechnology, Wiley, New York.
33. Herricks, E. E. 2000. An ecological design paradigm for watershed management. Proceedings of the International Workshop on Watershed Management in the 21st Century, Taipei, Taiwan.
34. 「多自然型川づくりの取組みとポイント日」,財団法人リバーフロント整備センター編著,1998。
35. 「多自然型川づくりを考える」,財団法人リバーフロント整備センター編著,1997。
36. 山脇正俊,2000,近自然工學,信山社。