

逢甲大學  
交通工程與管理學系碩士班  
碩士論文



山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

Practical Guidelines for Ecological Landscape  
Design and Construction in Mountainside Road Project

指導教授：徐耀賜

研究生：黃秋煌

中華民國九十四年六月

## 誌謝

睽違二十五年再回母校就讀研究所，人事已非、景物更迭，惟那孕育學子的溫馨是一樣的感受。

本篇論文的完成，首先要感謝指導教授徐耀賜博士二年來諄諄教誨，並在撰寫期間給予指導及資料的補充。其次感謝在論文口試時，呂教授東苗及苟教授昌煥對論文內容及排序的指正與建議，得讓本篇論文更臻完整。此外，本系所有教授在學期間給予的教誨與指導更讓學生永銘在心。

另在論文資料收集方面要致謝學生任職單位同事張訓堯先生的大力幫忙，彭敏如小姐協助校對及繕打。

最後，謹以此篇論文獻給我摯愛的妻子美鳳，吾兒匯智、致皓，謝謝您們在就讀及撰寫期間的鼓勵、支持。



謹誌

2005 年 6 月

## 摘要

生態工法在台灣大多用於河川復育等工程，然而道路整治必須具有生態保育的功能，各項設施工程尤需以生態工法之理念興建。因此，如何將生態工法應用於山區道路景觀改善之設施工程，使周圍環境能永續經營與發展，是目前公路管理單位與相關研究者極為重視之課題。

本研究以景觀生態學、生態設計理論為基礎，利用歸納法相關文獻中篩選出山區道路景觀改善之應用生態工法評估層級因子，透過模糊德爾菲法及相關性與獨立性檢定進行二階段之因子適宜性檢測暨因子篩選，再以模糊層級分析法建立因子權重，進而提出評估架構。最後以台十四甲線霧社至合歡山莊段作為實證基地，經調查評估後提出實證基地應用生態工法之建議。

研究結果顯示，道路改善應用生態工法考量因子包括三個構面，其名稱及優先順序為：道路特性、路側特性、生物特性；而此三個構面更可深入第二層級分為八個考量因子及第三層級十八個考量因子。最後本研究認為生態工法的運用，不僅僅是在營建工程進行時才顧及，政府應在國土規劃與環境政策釐訂時納入其精神，以政策引導作為；並早日納入相關法令規範執行，如此，效果才能彰顯。

關鍵詞：生態工法、道路工程、評估準則

## Abstract

In Taiwan, Ecotechnology is mostly applied on the construction such as river restoration etc.; however, our road renovation must possessed the function of ecological conservation; as for the projects on each individual facility, it is especially necessary to construct the projects by the Ecotechnology principle. Therefore, how to apply Ecotechnology on the facilities project of our Mountainside Road , to enable the continual operation and development of the surrounding environment , has become a very important topic valued by the transportation management authority and the relevant researchers currently.

First of all, by reviewing theories and literatures, factors affecting the ecology of mountainside road were proposed. Two steps of factor selection and suitability testing are carried out based on the techniques of FDM, correlation and independence analysis. The FAHP is used to establish the weights of factors, and then the study proposes the framework for the sustainable use of mountainside road matrix environment.

It is found that there are three crucial areas in considering the ecological engineering approach and they are ranked and as the followings, Road characteristics、Road Side characteristics、biological characteristics. In the second level, the factors involves eight factors. Furthermore, under the eight factors, eighteen factors were concluded.

Keywords : Ecological engineering methods、Highway  
construction、Criteria

## 目錄

誌謝 .....	i
中文摘要 .....	ii
英文摘要 .....	iii
圖目錄 .....	viii
表目錄 .....	x
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>1</b>
1.1 研究動機與目的 .....	1
1.1.1 研究動機 .....	1
1.1.2 研究目的 .....	2
1.2 研究內容與限制 .....	4
1.3 研究方法與流程 .....	5
1.3.1 研究方法 .....	5
1.3.2 研究流程 .....	6
<b>第二章 相關文獻與理論方法回顧 .....</b>	<b>8</b>
2.1 生態工法相關研究之回溯 .....	8
2.1.1 生態工法之定義與沿革 .....	8
2.1.2 生態工法之內涵 .....	11
2.1.3 治山防災措施之生態工法 .....	12
2.1.4 生態工法之研究領域 .....	13
2.1.5 生態工法之尺度 .....	15
2.2 景觀生態學之相關學理和觀念 .....	16
2.2.1 道路生態工程 .....	16
2.2.2 生態廊道 .....	19
2.2.3 動物穿越路徑設計 .....	21
2.3 景觀道路相關研究之回溯 .....	25
2.3.1 名詞定義 .....	25

2.3.2 景觀組成類型 .....	27
2.3.3 景觀資源的價值(敏感度)分級準則 .....	28
2.3.4 景觀資源分級與經營管理 .....	30
2.3.5 台灣地區的景觀資源分級 .....	31
2.3.6 景觀研究之發展緣起與內容 .....	34
2.3.7 景觀資源調查及紀錄方法 .....	39
2.4 道路建設對環境衝擊的影響 .....	41
2.4.1 道路工程對生態環境的影響 .....	42
2.4.2 路側植生帶及動物的影響 .....	43
2.4.3 道路及車輛對生態族群的影響 .....	44
2.4.4 道路的環境污染 .....	45
2.4.5 路網的阻隔效應 .....	46
2.4.6 道路工程開闢衍生之土砂災害 .....	47
<b>第三章 先進國家的經驗與案例 .....</b>	<b>49</b>
3.1 美國 I-70 公路 Glenwood Canyon 計劃 .....	49
3.1.1 推動背景 .....	49
3.1.2 I-70 公路的環境保護對策及生態工法案例 .....	50
3.2 日本的生態道路 (Eco road) 經驗 .....	52
3.2.1 日本生態道路推動背景 .....	52
3.2.2 日本一路線計畫 .....	56
3.2.3 表土保全與植栽 .....	57
3.3 德國巴伐利亞省的道路棲地復育 .....	58
3.3.1 推動背景 .....	58
3.3.2 巴伐利亞省 B300 號高速公路棲地復育案例 .....	58
3.4 國外案例經驗的討論 .....	59
3.4.1 美國 I-70 公路的經驗 .....	59
3.4.2 日本的生態道路經驗 .....	60
3.4.3 荷蘭及德國的經驗 .....	61

<b>第四章 研究方法 .....</b>	<b>69</b>
4.1 研究設計 .....	69
4.1.1 研究方法 .....	69
4.1.2 學者專家之選定狀況 .....	70
4.1.3 因素選取步驟及方法 .....	71
4.1.4 資料分析方法 .....	71
4.2 研究架構與假設 .....	79
4.2.1 研究架構 .....	79
4.2.2 研究假設 .....	81
4.2.3 問卷調查與分析方法 .....	84
4.2.4 問卷調查計畫 .....	95
4.3 問卷調查結果分析 .....	99
4.3.1 第一階段評估因子篩選結果 .....	99
4.3.2 評估因子適宜性檢測分析 .....	101
4.3.3 因子權重之調查結果 .....	106
<b>第五章 山區道路應用生態工法之準則 .....</b>	<b>111</b>
5.1 道路特性評估準則 .....	111
5.1.1 道路路基 .....	111
5.1.2 緩衝設施 .....	115
5.1.3 排水設施 .....	119
5.2 路側特性評估準則 .....	123
5.2.1 邊坡設施 .....	123
5.2.2 週邊土地使用狀況 .....	130
5.2.3 照明設施 .....	131
5.3 生物特性評估準則 .....	138
5.3.1 植被特性 .....	138
5.3.2 物種特性 .....	143
<b>第六章 實證研究 .....</b>	<b>145</b>

6.1 基地環境背景概述 .....	145
6.1.1 自然環境 .....	145
6.1.2 人文環境 .....	156
6.1.3 景觀環境 .....	170
6.2 實證基地評估 .....	179
6.2.1 道路特性 .....	179
6.2.2 路側特性 .....	180
6.2.3 生物特性 .....	181
6.2.4 評估結果綜合分析 .....	182
6.3 生態工法應用評估 .....	184
6.3.1 道路特性 .....	184
6.3.2 路側特性 .....	187
6.3.3 生物特性 .....	196
<b>第七章 結論與建議 .....</b>	<b>209</b>
7.1 結論 .....	209
7.1.1 評估指標架構 .....	210
7.1.2 建議準則擬定 .....	210
7.1.3 研究基地評估結果 .....	212
7.2 後續研究 .....	213
<b>參考文獻 .....</b>	<b>214</b>
<b>附錄一 第一階段模糊德爾菲問卷 .....</b>	<b>220</b>
<b>附錄二 第二階段模糊層級分析問卷 .....</b>	<b>227</b>



## 圖目錄

圖 1.1	研究流程圖 .....	7
圖 2.1	生態道路規劃之原則 .....	18
圖 2.2	道路建設時對生態系的保護手法 .....	18
圖 2.3	以人為與自然廊道建構綠網示意圖 .....	19
圖 2.4	原有植物移植方法 .....	21
圖 2.5	奧地利某動物穿越地下道 .....	22
圖 2.6	大型動物的箱型地下道實例 .....	22
圖 2.7	中型動物的涵管式通道 .....	22
圖 2.8	德國兩棲爬蟲類動物涵管式通道實例 .....	23
圖 2.9	奧地利山區隧道上動物穿越路徑 .....	24
圖 2.10	荷蘭聯絡公路橋樑下動物穿越路徑 .....	24
圖 2.11	利用植栽引誘鳥類或昆蟲飛越道路之高度 .....	25
圖 2.12	道路工程進行坡地開挖後，可能造成的環境衝擊 .....	43
圖 2.13	道路建設對亞熱帶闊葉林的影響 .....	44
圖 2.14	林內道路的阻礙對小型哺乳類動物移動之影響 .....	44
圖 2.15	道路對週邊環境之干擾範圍 .....	45
圖 2.16	地景切割 .....	46
圖 2.17	道路對生態系之影響的模式圖 .....	47
圖 3.1	生態道路概念圖 .....	54
圖 3.2	日本北海道縱貫自動車道 .....	56
圖 4.1	傳統德爾菲法示意圖 .....	73
圖 4.2	模糊德爾菲法示意圖 .....	74
圖 4.3	實證研究架構圖 .....	79
圖 4.4	評估因子架構圖 .....	80
圖 4.5	Max-Min 預測值表 (Ishikawa et al.(1993)) .....	86
圖 4.6	模糊層級分析法流程圖 .....	89
圖 4.7	相似度整合法流程圖 .....	90
圖 4.8	相似度程度示意圖 .....	91
圖 4.9	相似度整合法數值處理示意圖 .....	94
圖 5.1	各類擋土牆簡圖 .....	128
圖 5.2	單側排列 .....	135
圖 5.3	交錯排列 .....	136
圖 5.4	相對排列 .....	136
圖 5.5	中央分隔帶排列 .....	136
圖 6.1	仁愛鄉行政區域圖 .....	145
圖 6.2	南投縣地形帶圖 .....	146

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

圖 6.3	仁愛鄉坡向圖 .....	146
圖 6.4	合歡山脈高度圖 .....	147
圖 6.5	南投縣地質圖 .....	147
圖 6.6	仁愛鄉地質圖 .....	148
圖 6.7	南投縣土壤圖 .....	149
圖 6.8	仁愛鄉水系圖 .....	150
圖 6.9	台 14 甲線 0K~18K 道路沿線人為環境分析圖 .....	157
圖 6.10	台 14 甲線 18K~33K 道路沿線人為環境分析圖 .....	158
圖 6.11	台 14 甲線 0K~33K 段位置索引圖 .....	159
圖 6.12	基地沿線現況照片(一) .....	165
圖 6.13	基地沿線現況照片(二) .....	166
圖 6.14	基地沿線現況照片(三) .....	167
圖 6.15	基地沿線現況照片(四) .....	168
圖 6.16	基地沿線現況照片(五) .....	169
圖 6.17	台 14 甲線 0K~18K 道路沿線景觀分析圖 .....	177
圖 6.18	台 14 甲線 18K~33K 道路沿線景觀分析圖 .....	178
圖 6.19	台 14 甲線植栽改善樹種建議位置圖(一) .....	199
圖 6.20	台 14 甲線植栽改善樹種建議位置圖(二) .....	200



## 表目錄

表 2.1	德國關於涵管式通道設計的建議.....	23
表 2.2	道路景觀註記內容表.....	40
表 3.1	日本的道路生態工法案例資料分類.....	54
表 3.2	日本道路建設應用生態工法案例一覽表.....	55
表 4.1	因素成比對矩陣說明表.....	77
表 4.2	統計假設一檢定方法表.....	81
表 4.3	統計假設二檢定方法表.....	82
表 4.4	統計假設三檢定方法表.....	83
表 4.5	統計假設四檢定方法表.....	83
表 4.6	統計假設五檢定方法表.....	84
表 4.7	模糊德爾菲問項說明表.....	97
表 4.8	模糊層級分析問項分級表.....	98
表 4.9	第一階段因子篩選結果表.....	100
表 4.10	統計假設一檢定結果分析表.....	101
表 4.11	統計假設二檢定結果分析表.....	103
表 4.12	統計假設三檢定結果分析表.....	104
表 4.13	統計假設四檢定結果分析表.....	104
表 4.14	統計假設五檢定結果分析表.....	105
表 4.15	層級因子權重分析結果表.....	110
表 5.1	擋土牆之適用範圍型式列表.....	127
表 5.2	道路照度標準表.....	133
表 5.3	燈具型式及眩光規定.....	134
表 6.1	台 14 甲 0～33K 道路邊坡原有植物調查表.....	154
表 6.2	本區常見植物特徵整理表.....	155
表 6.3	台 14 甲線 0K～33K 段現況照片.....	160
表 6.4	台 14 甲線 0K～33K 段現況照片(續).....	161
表 6.5	台 14 甲線 0K～33K 段現況照片(續).....	162
表 6.6	台 14 甲線 0K～33K 段道路現況分析表.....	163
表 6.7	台 14 甲線 0K-33K 應用生態工法達成程度.....	183
表 6.8	台 14 甲線植栽改善樹種(喬木)建議表.....	201
表 6.9	台 14 甲線植栽改善樹種(灌木)建議表.....	202
表 6.10	台 14 甲線植栽改善樹種(地被)建議表.....	202

## 第一章 緒論

### 1.1 研究動機與目的

中國哲學家莊周對生態工法的發展，二千多年前似乎已經洞燭先機。「莊子」的「內篇」「大宗師」章裡，開頭就說：「知天之所為，知人之所為者，至矣。知天之所為者，天而生也，知人之所為者，以其知之所知以養其知之所不知。」意思是「知道自然能做什麼，知道人能做什麼，才是真知。自然能做的就是生生不息，人能做的是以自己所知的，來涵容自知自己所不知道的。」點出人應追求順應自然的至理，正符合生態工法的意旨。「莊子」「外篇」「胠篋」章中，還有更為深入的啟發。原文是「故天下皆知求其所不知，而莫知求其所已知者；皆知非其所不善，而莫知非其所已善者，是以大亂。故上悖日月之明，下爍山川之精，中墮四時之施，惴於之蟲，肖翹之物，莫不失其性。」意思是，一般人都知道要研究不知道的，卻不知道要檢討自己知道的；一般人都知道責疑被自己否定的，卻不知道責疑自己肯定的，往往引來災禍。結果是違背自然運行、山川天性和四時變化，以致爬蟲飛鳥都流離失所。生態工法是檢討過去已被普遍接受混凝土工程的不適當而被提出來，使人工建築能融入大自然中，成為生態系的一部分，正是莊子所提出應走的路。

#### 1.1.1 研究動機

##### 1.「綠營建工程方案」道路生態工法操作準則的建立

為配合國家「綠色矽島發展方案」的推動，主管全國公共工程建設之工程會亦積極提出「綠營建工程方案」，作為新世紀公共工程發展的策略方針；在綠營建工程評估的十五項指標中，生態層面便涵括了生態工法應用、綠化及植生復育、土壤復育、保水性及生物多樣性等五項指標」（工程會，2002）。

但生態工法在國內的發展仍屬於起步階段，且多應用於河川及水資源保育相關之領域，對於道路建設而言，目前仍僅止於局部邊坡生態綠化的應用及因應個案的環境保護工程（如老樹的保存、魚梯設置及施工污染的調查等），缺乏具體的操作案例及應用準則等基礎研究的參考，致造成道路生態工法之觀念在執行機關仍有相當程度的落差，土木專業人員對於道路生態工法之認知仍多止於「綠美化工程」之觀念，缺乏工程生命週期的全般考量。

反觀國外，道路生態工法在荷蘭、德國、美國及日本等地累積多年的發展經驗後，已逐漸形成完整的政策指導、配套的法規制度及操作準則，如能整理其發展經驗及環境共生之對策清單；相關案例足可做為台灣未來發展道路生態工法之借鏡。

## 2. 國內道路景觀改善造成的生態衝擊

近年來為因應假日從事休閒活動之旅遊人口日增及提升遊客遊憩品質，在配合政府挑戰 2008 年『觀光客倍增計畫』情況下，政府部門積極進行示範道路景觀改善。但在欠缺在地環境生態保存之觀念下，尤其在自然地區之景觀道路改善時所引進之外來景觀樹種，對於在地原有生態的衝擊，長遠來看將可能改變原有之生態環境。而在硬體設施部分，多考量視覺及功能應用性效果，缺少針對在地環境需求及材料使用之評估，因此產生許多設施破壞或使用不當所造成之損壞，導致短期間內便需整建之問題。

### 1.1.2 研究目的

水能載舟，亦能覆舟，工程為人類帶來很多建設及生活上之方便，但也造成很多破壞及後遺症。隨著科技進步及環境意識之覺醒，人類對大自然瞭解愈來愈多，愈來愈懂得珍惜屬於大自然

的一切。相對的，社會大眾對工程之期許也由原始科技(indigenous-tech)、高科技(high-tech)及乾淨科技(clean-tech)，逐漸要求提昇到生態科技(eco-tech)。尤其最近十年來，全世界對生物多樣性保育及永續發展普遍重視，不僅呼籲愛護自然，尊重自然，更強調人類所有開發建設行為應遵守生態原則，向自然界學習，並摒棄以往違反大自然演化及錯誤的「人定勝天」理論。

隨著社會的進步，人們對生活品質的要求逐漸升高，對自然環境與生態也更加重視，促進資源永續利用及提供良好生活、遊憩環境的要求下，遂造成生態工法觀念的崛起，因此在施作工程時，除考慮安全需求外，工程對環境影響已經是考量的重點之一；更需對生物學、生態學有全盤的考量，注重環境調和及生態復育，使工程除具備安全之功能外，同時又能保有自然優美的環境。以往台灣的道路工程施工多以混凝土作為主要施工材料，以強調安全性及耐久性，這種施工方式雖然較注重安全，卻忽略了生態的考量，造成地景切割及棲地碎裂之衝擊。如公共建設缺乏生態理念，僅顧及工程結構體表面近自然之協調或美觀，無法維護生態機能之平衡，此乃金玉其表，敗絮其中，實則美中不足。

人類對自然環境的經營管理，若能瞭解其環境生態系統之結構與機能，採取順應自然生態原理之工程方法，才有可能在維護自然生態系統穩定與平衡之前提下，達到人類在安全基礎上永續經營自然環境之理想。由此，生態工法不應僅侷限於結構式之硬體工程，同時亦應涵括非結構式之植栽、保育措施與人文之景觀意念。因此，生態工法應涵蓋「生態保育」與「工程技術」兩種層面，遵循自然法則，採取順應自然之工法，減輕對環境之損傷或是復育環境原有之自然生態。

目前臺灣地區景觀道路可區分為都市地區及自然地區，而都市地區又可區分為園林道、商業街道及歷史老街三種；自然地區則可區分為海岸道路、山區道路及鄉野道路三種。本研究則以自

然地區之山區道路景觀改善作為研究基礎，透過本研究希望能達成下列目的：

- 1.從景觀生態學及生態工程觀點，檢視當前山區道路景觀整建週期與環境共生的實踐與落差，並提出相關課題與對策。
- 2.蒐集先進國家關於道路建設與環境共生之相關經驗，並整理各國推動背景、政策機制、配套法規及個案之比較研究，俾作為台灣推動之參考。
- 3.建立山區道路景觀改善應用生態工法之對策清單與相關操作準則。

## 1.2 研究內容與限制

本研究係以台灣當前規劃設計、施工及營運中之自然地區山區景觀道路為道路建設與環境現況調查之對象，並從道路建設與環境共生之觀點，探討自然地區山區景觀道路對週邊生態環境之影響，透過工程生命週期的檢視，了解環境共生實踐落差之問題所在；同時蒐集國外成功的發展經驗與案例；加以歸納分析，綜合台灣的環境特質，作為山區景觀道路應用生態工法操作準則發展之依據。至於實證研究部分，則以台十四甲線霧社至合歡山莊段為實證對象；選擇該建設計畫之理由如下：

- 1.本計畫係進行中之個案，路廊穿越多處環境敏感區；若以高環保標準之策略推動，足以反映台灣當前工程界之技術水準及環境思維。
- 2.該路段兼具山坡地、原生林地、水源保護區、溪流、地方道路、遊憩區等土地使用現況，工程屬性則包括道路沿線設施及邊坡

改善等；可作為一典型之複合型工程計畫，透過相關經驗案例的檢證，應可成為日後山區道路景觀改善計畫之試金石。

- 3.該計畫同時兼具工程推動生命週期中，規設、施工及營運等階段之進行，故該計畫應係驗證道路生態工法應用與實踐之合適案例。

本研究共分為七個章節，首先確立研究動機與目的，並擬定研究方法與內容；第二章則針對道路對環境之衝擊影響、景觀道路廊道的特性、景觀生態學及生態工法的對策、綠營建指標及準則之應用等相關文獻進行探討，作為問題診斷及對策研提之立論基礎。第三章則透過國外相關經驗及案例的研究加以歸納，並綜合台灣工程環境與國外發展經驗，配合第四章研究設計，作為第五章山區道路景觀改善應用生態工法準則發展之依據。第六章透過路廊環境現況的實地調查，了解山區道路景觀改善方式與環境共生的實踐與落差，並提出相關執行對策。第七章則為本研究之結論與建議。並以研究中之分析結果，提出現況課題之改善建議與後續研究方向。

## 1.3 研究方法與流程

### 1.3.1 研究方法

#### 1.歸納分析法

蒐集與本研究相關的國內外文獻，建立研究方向及架構。從景觀生態學、道路生態工法等相關文獻，並蒐集國內外相關案例之經驗及研究，加以歸納分析，針對臺灣工程及生態環境特性，歸納整理提出山區道路生態工法操作之評估因子，作為研究假設的基礎。



## 2.問卷調查

藉由理論與相關文獻回顧，研擬評估因子項目並設計問卷，諮詢相關學者及業務主辦人員以進行評估因子篩選及確立評估因子項目及權重。

## 3.田野調查法

延續文獻研究整理之基本資料，透過實地調查山區道路環境現況，依不同類型設施擬定評估指標評定景觀改善方式及施行準則。

### 1.3.2 研究流程

本研究擬由景觀生態學中廊道的觀念、生態工法及景觀道路等方面，彙整出山區道路進行景觀改善時之評估因子，探討山區道路進行景觀改善時如何選擇執行項目及作法，利用相關領域學者評定評估因子間的層級關係及其權重，及訂出應用生態工法之準則，透過實證基地研究探討，最後提出後續工程應用準則。

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

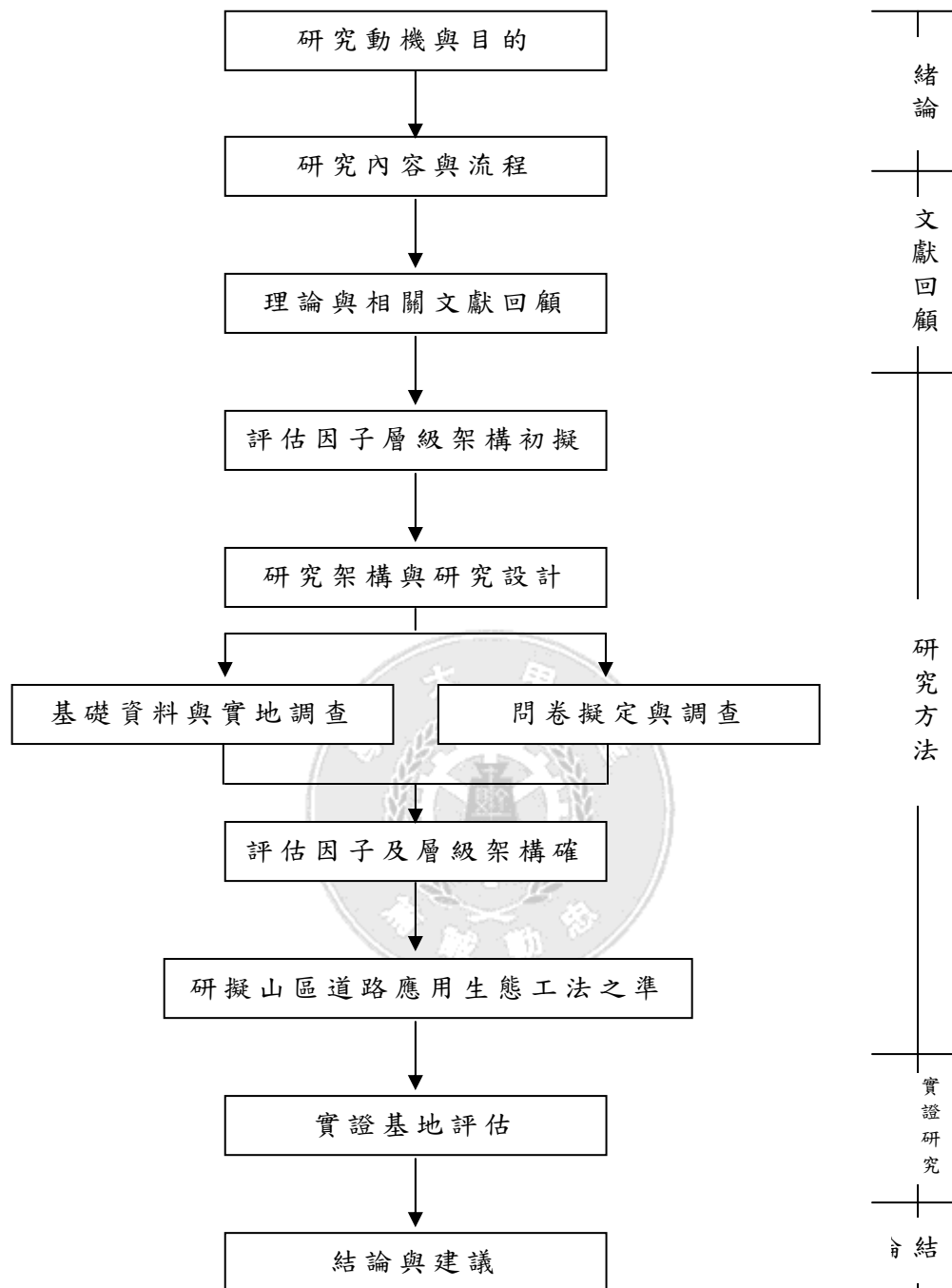


圖 1.1 研究流程圖

## 第二章 相關文獻與理論方法回顧

本章文獻回顧擬針對景觀生態學與生態工法相關學理的應用、綠營建指標及準則之定義等相關文獻進行探討，以作為問題診斷與對策研擬之立論基礎。相關主題分別討論如下：

### 2.1 生態工法相關研究之回溯

有關生態工法之解釋及內涵，因各相關研究專長領域不同，對該等名詞之理論架構、實務工作內涵及研究範疇之認知亦差異甚大。目前社會環保意識提高，與「生態工法」有關的理念提出不少，尤其常有將景觀設計、自然工程、親水設施與生態工程等混淆不清的情勢，並常未能因應台灣山坡地野溪之特殊性，直接引用國外河溪下游整治之設計實例，因而失敗的案例比比皆是，長久下來使得工程師們裹足不前。故希望能將諸多討論的理念加以整理，藉由調查、彙整與探討，冀能分析歸納出適合台灣山坡地環境條件的生態工法設計準則，以供參考。

#### 2.1.1 生態工法之定義與沿革

生態工法（Ecological Engineering Methods）之觀念乃源自於歐陸的德國及瑞士，最早在 1938 年由德國的 Seifert 首先提出近自然河溪整治的觀念，希望能夠在傳統河溪整治工程的基礎上，發展出接近自然、成本低廉又能保持景觀美質的一種治理方案。

1962 年美國生態學家 H. T. Odum 等提出將自律行為 (self-organizing activities) 之生態學概念運用於工程中，最早提出「生態工程 (ecological engineering)」一詞。1970 年代中期美國開始致力於改進過度人工化之渠道。同時期亦針對特定物種，進行小範圍之河川修復。1984 年日本所舉辦之「日、歐近自然河川工法研究會」一詞，及其定義與精神。1989 年生態學家 Mitsch 及

Jørgensen 彙整具有共同特質與原則之各類型工程技術並賦予定義，至此首次明確地界定「生態工程」的觀念以及適用範疇，生態工程正式誕生，而生態工法亦成為其應用主軸(生態環境工程、人工生態係、生態產業，以及生態工法)之一。

1990 年代中期開始，美國已經累積足夠之學理與經驗，著手進行大型河川復育，其中最著名為 Florida Everglade 生態復育計畫。1980 年代日本著手於生態道路的整備，且 1991~1997 年間，著手生態工法之推動，在河川整治上有 5000 個以上之案例。

生態工程之終極目標可歸納下列三項（蔡厚男，2001）：

- 1.復原已被人類活動具體干擾後的生態系統，例如：環境污染、氣候變遷或土地破壞等。
- 2.發展新的、可持續維繫的生態系統，而此一新系統同時具備人文和生態上的價值。
- 3.確認生態系統對維生體系之價值，進而引導人們保育之。

日本的學者，由於相關經驗多師承自歐陸，其將生態工法稱為：「應用生態工學」（applied ecological engineering）或「環境共生技術」（environment symbiosis technology），其中在日本推動生態工法的主要學術機構「應用生態工學學會」對生態工法之定義如下：

- 1.應用的相關領域：跨學門的整合如生物學的相關領域及土木工程技術的整合與討論。
- 2.應用生態工學研究的對象與範圍：即人造物對環境的影響及人工環境急劇變化對自然環境的影響。其範圍包括以下三個思考層次：  
(1) 思考人類的開發行為如何與環境共生

(2) 如何彌補因人為破壞的原生棲地

(3) 與原生棲地分離之瀕臨絕種之物種如何復育其棲地，並進行人工復育、養殖；換言之亦即緩衝區 (mitigation) 的相關研究；如何減少 (reduce) 對環境的衝擊、復原 (repair) 被破壞的環境，並創造 (replace) 新的棲地。

3. 保育對象的時間尺度 (time scale)：如何呼應保育對象的生活史，評估其適應之成效。

4. 研究方法與對策：利用實地調查及研究假設加以驗證。

彭國棟 (2001)，探討不當的道路規劃及工程方法對生態系之影響，其認為道路規劃的基本生態原則有減少及避免在未受到破壞之自然區域進行道路開發、干擾及改變。在植栽方面，多用原生物種，少用外來物種，並減少人工修剪，增加原生草原；以建立多孔隙、多變化棲地及適當比例之混植密林區或荒野區。營自然環境之理想。在設施景觀方面，則多用原始材料、減少人工鋪面及不當之構造物與裝飾物，並結合保育美學及地方特色，以朝向道路建設多樣化及多層次之綠化的目標邁進。

吳輝龍 (2001)，針對以自然工法規劃設計山坡地土砂災害的治理復建工作，使自然環境資源達到永續利用。其將生態工法規劃設計分為五個原則：表面粗糙化、高壩低矮化、坡度緩坡化、材質自然化及施工經濟化，並結合河溪整治、邊坡植生復育、及農村社區建設等三方面以自然生態工法整體規劃設計，營造產業、休閒及生態兼備之環境，以達到防災、生態保育、景觀調合及休閒遊憩之效果。

Scott D. Bergen 等 (2001)，該研究將生態工法訂立五項原則：(1) 與生態原則一致的計畫 (2) 專門環境條件的設計 (3) 保持設計功能需要的獨立 (4) 對能量和資訊達到有效率的設計 (5)

確認設計動機的價值和目的。透過此五大原則實踐生態工程，使人類和自然環境相結合。

### 2.1.2 生態工法之內涵

生態工法或生態保育工程原則上應以研究某區域或周邊範圍生態系生物與其環境相關性之基本資料調查為基礎，瞭解生態系內生物與其生存基本要素（如大氣、水、地質、日照、食物鏈等）之相互依存關係，強調生態系結構之穩定、生態系環境之多樣性，以及生物棲息廊道連續性之創造工法為目標，所進行之相關措施及工程。

生態工法（Nature-Working Method）在日本稱「近自然的工事」，或「多自然型建設工法」，部分美語系國家則稱為「Eco-engineering」。今為世界各國在工程設計上之重要理念與措施。目前有關生態工法尚無明確之定義與應用及適用之範圍，但綜合國內外相關資料，其廣義的內涵可以說是「對周邊環境保存、維護、永續性利用、復舊及改良所施作的工事，包括生物與非生物材料的應用」，其適應用範圍無一定區域及條件，乃是基於環境中各種自然生態及生物棲息地之尊重；所作的最適當處理方式，以達到環境之和諧性。而其狹義內涵應為「取當地之可應用資材，在儘可能不破壞當地生態及環境景觀下，對一般邊坡以及河溪，包括對崩塌地等特殊地所做之整治工程與措施」。一方面考慮結構體的安全性，一方面兼顧當地自然生態系之維護，使得動植物能在人為的生活空間與生育基盤上自然生長及演替。再者，生態工法除強調工程與環境之調和、綠美化資材之應用，並兼顧生態保育原則下，提供社區休閒遊憩的機會，創造更和諧、更適意的人類與其他生物共存共榮的景象。所以應用材料應以當地現有的石材、木材或植物材料為上選，如為混凝土面可配合造型模板、石塊、堆砌或預鑄塊狀體等，柔化工程硬質感並利植生復育，而固床工、跌水工等應視當地魚類迴游、遷徙等生態習性配合

魚道設計，增加水體變化、造成深潭水池及增加溶氧量，以利於水中生物之棲息地保育。

### 2.1.3 治山防災措施之生態工法

治山防災構造物應用生態工法之整治目標，依日本堀內（2001）於民國 90 年 8 月中日奧砂防工程研討會，就自然區域災害及溪流環境景觀之特性提出生態工法整治目標之課題方案，茲分述如下：

#### 1. 促進生態系之再生能力

由於山崩等土砂災害，舊有環境破壞殆盡，原先之主體生態結構無法自然復原時，為盡可能達到原生態系或景觀之再生，依新地形或水域狀況，考量週邊環境上下游流域生態及景觀之連續性，所設計之適合創造生態系或景觀之治山防災構造物。如考量魚類遷移而減低固床工落差；利用緩坡、多孔性材質以提供生物進入及藏匿；增加有機物進入渠道以及能形成水生物所需微棲地（如水潭）之整流工等。

#### 2. 促進生態系之保護功能

需維持環境現況或盡可能保護溪流環境之地區，其治山防災構造物之設計不應以單一構造物個別設計，必須考量全體流域特性，盡量不改變溪流中生物棲息及景觀現況之連續性，設計出具生態系維護及景觀保護之治山防災措施。

#### 3. 促進生態系之復原能力

需進行溪流整治之地區，依其施工前地區特性之變化及演替情形，以及依生態系與景觀之實況，盡可能採用當地現有之石材、木料等，並以原生植物為主要植生資材，所設計有助於自然復育能力之治山防災構造物。其設計重點應注意濱水林之保存及復育、確保濱水區以及形成適合生物棲息之多孔質護岸。

#### 4.促進溪流之適當利用

依據立地條件及周邊遊憩用途之潛力，考量當地居民對該河溪的使用，利用原溪流環境，重建（改善）生物棲息地及環境學習、自然體驗地點等多重目的，並同時考量鄰近河溪之整治計畫及現存與將來計畫構造物之相容性，以開創多樣化野外活動空間所設計之河溪整治工程。

以上之構造物設計施工，依生態工法之內涵，仍以工程構造物規模最小化為原則。

### 2.1.4 生態工法之研究領域

生態工法之研究領域，因研究地區生態系結構與功能性之差異，區域開發程度及考量尺度之不同，以及研究規劃人員之學經歷背景、工作屬性之差異，對生態工法之解讀不同。目前何種工程屬生態工程或生態工法，何者不應屬生態工程或生態工法，莫衷一是。茲認為以水土保持或治山防災工程之觀點，廣義之環境復育規劃應就三個標的考量：

#### 1.安全之考量

當施工地區有特定保全對象（如村落、民宅）、重要維生體系（如水庫、農業生態系）或特殊災害地點（生態系無法自然復原）時，安全考量將是第一優先，設計規劃時需依安定評估、安全係數設定、應力力學檢算及坡面穩定分析為依據。

#### 2.保育之考量

當施工地區為生態保護區、特有或保育生物之復育區、或自然復育演替可能性高之地區時，應注意工程構造物之負面效應，設計規劃時盡量減低外物之導入及人為干擾，依據生物或環境棲地自然復原之預測或「極相理論」之推測、評估為依據。



### 3.經濟之考量

除安全及保育之考量外，設計規劃時亦應注意工程設施之經濟性。設計時，就國土開發或保育對策之整體評估，及依河川整治率或集水區復育率之設定，進行投資效益之分析。

唯安全、經濟及保育之考量仍有時序上之變化、開發尺度之影響，以及生態棲地干擾、復原間之區域相互作用，宜因地制宜、靈活運用。

茲依考量範圍、開發利用及應用材料分述如下：

#### 1.生態工法之考量範圍

治山防災構造物之設計規劃乃由「點」開始，延伸至「線」，乃至於「面」。亦即由個案之保護對象及範圍開始，考量其工法選擇（點）；進而參照個案上下游（子集水區）之現存治理工法，符合集水區治理之一致性（線）；其最終目的在於配合國土規劃及環境評估之整體規劃（面）。

#### 2.生態工法之應用材料

如單純以「安全」為考量，則土、砂、水泥、鋼筋等工程材料可為主要使用材料。然除工程材料外，若善加利用施工現場或附近現存的塊石、木材等天然資材，並輔以有利生物棲息生長之人造資材（如加勁纖維、蛇籠）等多樣性之材料，則可增加自然景觀美質並有助於不同生態職位（Niche）棲地之增加。但應用材料之生態價值，並不在於其材料本身之特性，而在於因應不同使用目的，如特定生物棲地重建維護等，將資材靈活運用組合以達到生態保育之效果。

#### 3.開發利用與生活體驗

坡地開發最初之目的，在於平地土地面積不足，因而利用坡地以增加生產，所以就經濟面看來，坡地之合理開發為首要

之務。然生活並非全然只有經濟生產考量，因生活水準與品質提升之需求升高，休閒遊憩等生活體驗亦為坡地現今主要用途之一，尤以河溪周邊區域最為重要。此外因平地人類活動密集，現存特有或保育生物之棲息地多位於坡地，包括森林生態系及生物保育區等生態系內之生態保護措施，應於計畫開發之初詳加規劃。

綜言之，生態工法規劃設計時，應以循序漸進的方式，考量其應用範圍及目的，權衡安全、經濟及保育三者之利害關係，鼓勵及促進規劃設計人員，進行制式工程構造物之改善，由較多之嘗試個案，包括成功個案與失敗個案，才能彙整及建立可供相關案例參考之規範

### 2.1.5 生態工法之尺度

生態系（Ecosystem）一詞，其範圍可大可小，可大至地球為一生態系，島嶼可為一生態系，河川亦為一生態系，而小至一小水潭亦可稱為一個生態系。因此在談到「生態工法」設計規劃時，所欲保護復育之區域範圍不同，其設計理念及方向即有很大之差異。現茲根據不同考慮尺度時，實物設計之主軸理念，歸納如下：

#### 1. 區域計畫與規劃（Planning）

此一設計將牽涉一大範圍地域之整體規劃，可能包括特定目標生物復育保護，同時恢復其棲地多樣性及生育之復原。尤其於保護區或國家公園或屬重要保育生態系之等區域，其規劃之整體構想需考量生態系（含農地、森林等維生生態系）之穩定及次級生態系相互間棲地走廊之連結性，其中工程措施、經營管理等為配合規劃目的之次要考慮因素，則較屬於生態工法之範疇。

#### 2. 工程規劃與設計（Engineering）

當進行實體工程規劃與設計時，規劃區域內土石災害、工程經濟、工程配置及該地土地利用狀況等，均為重要考量因素，由於需因應生活環境之要求，設計時需一併考量工程整體功能、景觀協調美化及周邊保全對象之生活互動等因素，則較屬生態工法之範疇。

### 3.工程構造物之設計 (Structure)

依環境特性調查、水文力學分析等客觀條件，已確定需進行工程構造物（如防砂壩、護岸等）之地點，就合乎保護目的之構造物本身，進行改善構造物之型態與結構以符合部分自然生態目標之設計，即為「治山防災構造物之生態工法」所欲達成之目標。依此原則，其規劃設計之主要考慮方向如下：（1）表面粗糙化（結構物表面雜異化）（2）高壩低矮化（壩體階段化）（3）坡度緩坡化（棲地廊道與景觀美質）（4）材質自然化（材料多樣化）（5）施工經濟化（現地條件與合理規劃）

## 2.2 景觀生態學之相關學理和觀念

### 2.2.1 道路生態工程

今日道路工程其最終目的是，如何在經濟發展與環境保護的兩極價值中尋求共識，是台灣當前公共建設推動的主要課題，有鑑於此政府在公共建設與環境保護的政策上，亦提出了「綠營建方案」及相關指標的政策工具，依據學者專家及承辦人員意見，為求道路工程與環境之共生其對策主要考量著眼於：

- 1.開發行為如何減少對環境的衝擊。
- 2.如何彌補因開發造成之環境衝擊。
- 3.干擾破壞之自然環境如何復育。
- 4.復育及開創之自然環境如何與原生環境融合。

換而言之，生態工法的成敗關鍵在於規劃時期的生態調查。而生態調查的目的在於了解：

- 1.物種的多樣性：調查現存物種之種類、均勻度及微棲息地之相關性。
- 2.物種之相對數量：比較不同類型微棲息地內，各物種族群量之時間（季節、年度）變化。
- 3.指標物種之族群動態：以優勢種或復育之目標種為對象，調查其族群數量與年齡結構。
- 4.指標物種之生態習性：調查期間內隨時紀錄所觀察到動物之行為、棲息地需求、食性等。
- 5.指標物種之生活史：針對優勢種或復育之目標種，了解其在不同生活始階段，對環境資源的需求，此外亦著重探討期在生殖活動上的投資狀況。

在原有生態系統良好的狀態下，道路工程施作應思考如何減少對生態系統的破壞。然而如何得知生態系統的狀態，就需要完整的生態資訊。一般說來，植物的移動性較低，且構成生態系的基本組成，所以多半可用植物社會的調查了解植物在環境中的分布。但由於動物有比較高的運動能力，且對於環境有其特殊的偏好，如夜行性或隱藏性等不利於觀察的因子，且動物對環境需求上有覓食、巢居與交配等工間需求的轉換，所以動物在生育地的需求與分布就更顯得重要。

為了避免生物棲地的阻絕而影響生物生存，在先進國家分別提出幾項原則，如德國與荷蘭在 1993 年提出「生態補償原則」（Ecological Compensation Principle），以迴避（avoid），減緩（minimize）、補償（compensate）避免人為開發造成的生態衝擊（邱銘源，2002；林憲德，1999）。櫻井善雄（1994）則將之演譯為迴避（vermeidung）、補償（ausgleichung）、代替（ersatz），

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

如圖 2.1 所示。龜山章（1992）則增加連結的概念，形成迴避、減緩、連結與補償四項原則，如圖 2.2。

迴避對生態系來說當然是最佳的狀態，但在諸多因子考慮之下選用其他原則來決定路線時，對生態系造成影響的復原或補償措施就很重要。

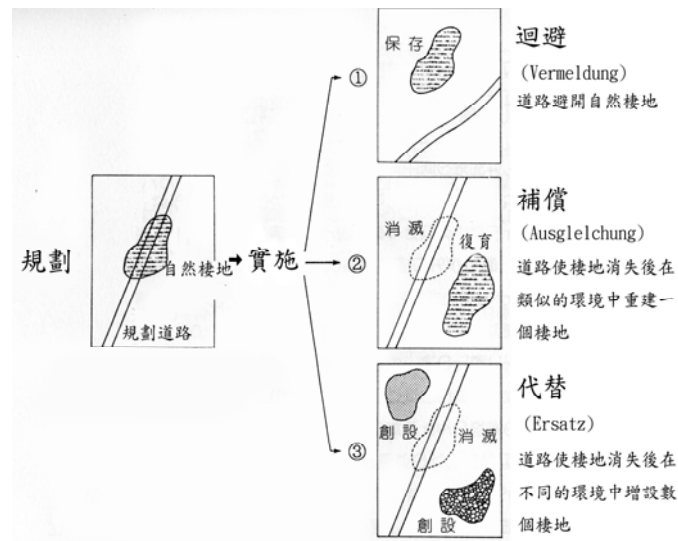


圖 2.1 生態道路規劃之原則  
資料來源：櫻井善雄，1992

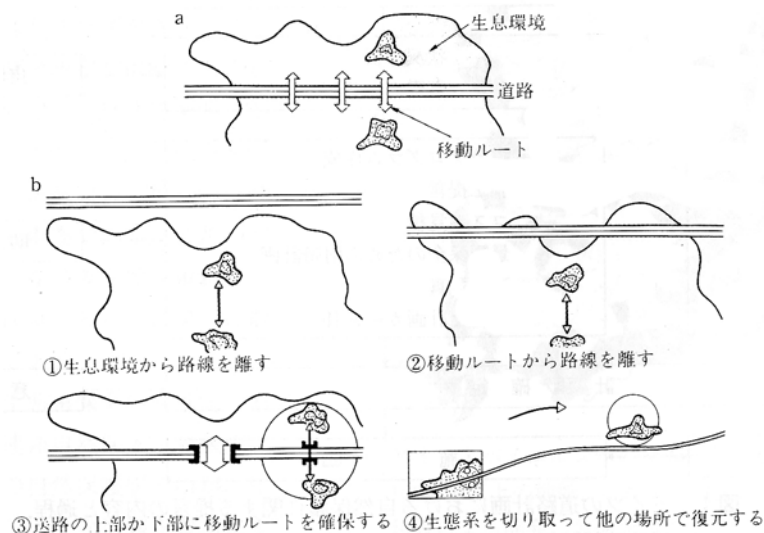


圖 2.2 道路建設時對生態系的保護手法  
資料來源：龜山章，1992

對於調查規劃有所不足之時，應於設計階段補足。而設計階段之對應方法可分為植生與動物的保育、生育環境的創出等。

### 2.2.2 生態廊道

道路工程施作時除了消極的避免破壞生態、保育生態外，應思考更積極的扮演生態系統連結的角色。歐美各國近年來發現，設立許多生態保護區雖然對保育生物資源有很大的幫助但是在生態系受到威脅時，生物體似乎沒有應變能力，往往導致生物多樣性的降低。為有將這些生態孤島連結在一起，不僅生物體可以有趨避的機會，且可以透過連結擴大環境的多樣性，增加生態系對環境或其他干擾的耐受性。

1. 綠網系統近十年來，歐美各國不論在施政策略或大面積規劃，均提出綠網系統（林憲德，1999）。希望藉由生態系中既有的廊道與人工的廊道系統連結生態區（見圖 2.3），增加生態系中物種存活的機率。其中人為的廊道以公路、灌溉系統及排水系統為主，再搭配河川或其他帶狀生態系，形成綿密的網路。

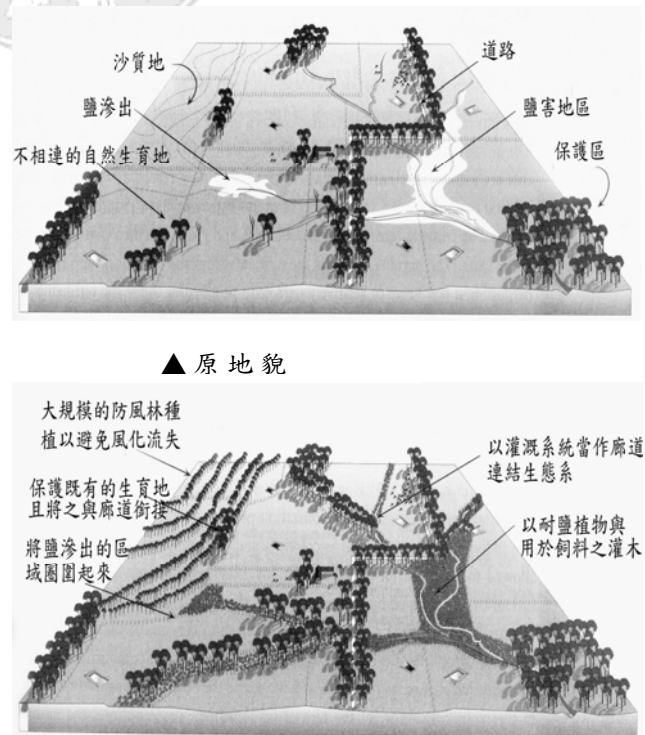


圖 2.3 以人為與自然廊道建構綠網示意圖  
(轉繪自 Turner, et al., 2001)

網路系統最重要的就是連續性，高速公路剛好完全符合此一特徵，因此未來可經由南北四線，東西三條高速公路的連結，不僅有助於台灣生態系統的發展，也使高速公路有更加效益。

車子走的是車道，生物通過的則是位在公路兩側，以綠色植物所連結成的廊道，生物再移動的過程中也須覓食與休息，因此在適當地區設置生物的休息區也是必要的。以下就分別就如何以原有植生搭建廊道與生物休息棲地創造說明。

## 2.公路旁植生廊道

### (1) 表土收集與回鋪

施工過程中盡量保存原有植被復育的機會，如施工過程原有表土的保存，以保存原有生態系的種質資源，包含表土保存另一個有利的條件是他同時保存植物生長環境中其他生物與非生物間的關係，有利於植物回復生長為原先生態系。

在操作的過程需精確計算道路兩側需要的表土量，再由鄰近生態系或道路施工時破壞之生態系收集而得。表土需經測試，得知發芽密度與種類，以做為估算之依據。

表土堆積時應注意時間不宜太長，以免種子活力受損，如能直接搬運鋪設則是最好的狀態，否則應有專門地點堆置，並需避免過度堆放或發酵情形發生。

### (2) 原有植物的運用

施工過程中盡量保存原有植被復育的機會，也包含對原有植生的保存，在表土直接鋪設的情形就可以將表土上原有植生一併移植。既有大樹、木本植物就可以用根團保存的方法移植，見圖 2.4。如果不能直接移植，多半會在種植區附

近另闢假植區。目前由於大型機具的協助，根團移植的成功率與可行性均大大提升。

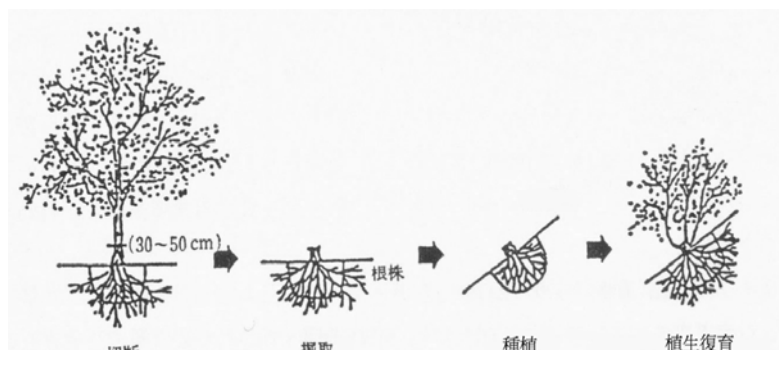


圖 2.4 原有植物移植方法

(轉繪自龜山章，1992)

採利用當地發根萌芽率較高的樹種製作萌芽樁，搭配在水土保持的工法中，如打樁編柵。均可同時利用植物再生增加結構安全，同時也能達道環境富裕的目的。台灣常用的為柳屬植物，在海邊可用黃槿，高山上可用枸子，東部可用火刺木等均可有一定成效。

### (3) 最少寬度的需求

為了能讓動物通過，在綠帶的寬度上有基本安全、不受驚嚇的要求。因此盡量可能留設較寬的綠帶，將有助於生物之移動。

## 3. 生物的休息站

相對於高速公路沿線、交流道與休息站雖然車流錯綜複雜，但也是綠地較寬的地點，如能配合當地環境的特性，施作如溼地、湖泊或森林，可增加提供生物利用生態廊道的機會。

## 2.2.3 動物穿越路徑設計

### 1. 大型動物的箱型地下道



箱型地下道原來是作為道路的水路、小道相交處的通道設施，無意中常被狐狸、野兔等野生哺乳動物利用作為移動路徑，因此在日後的生態道路設計中，也常在適當之處，廣設箱型地下道作為野生動物移動路徑。有時在既有箱型地下道上的溝渠上加蓋，並加種誘導植栽，以利通道接近動物的移動環境，並減少其被分斷的障礙。如圖 2.5、圖 2.6 為奧地利大型動物箱型地下道，完全為草原自然通道。



圖 2.5 奧地利某動物穿越地下道

資料來源：林憲德，1999

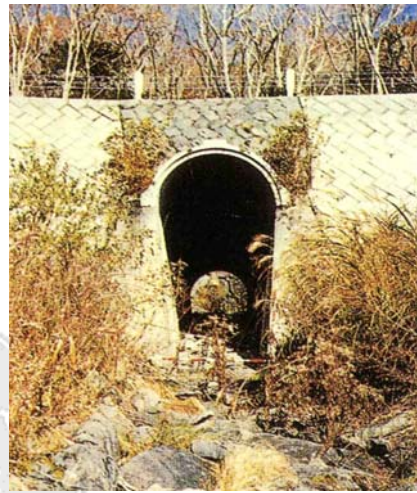


圖 2.6 大型動物的箱型地下道實例

資料來源：エコロド検討委員會,p59

## 2. 中型動物的涵管式通道

涵管式通道原來是作為排水之通道，向來也是山羌、狐狸等中小型動物的移動路徑，在提供動物移動的生態設計上是一大重點。涵管式通道通常設置於小溪流上。排水兼用的涵管式通道，應於管底一側設計浮出的棚道，可以讓動物不必涉水而過，如圖 2.7 所示。涵管式通道的路徑雖依長度，但作為中型動物移動路徑的管徑應在 1m 以上。



圖 2.7 中型動物的涵管式通道

資料來源：エコロド検討委員會,p62

### 3.兩棲類、爬蟲類動物的涵管式通道

兩棲類、爬蟲類動物常尋找在有水池的地方產卵，而其日常生活則至陸上林地生活，當產卵地與林地被道路隔開時，這些動物天性必然強行穿越道路，而常常死於輪下，墾丁陸蟹即是一例，其補償策略是在產卵地和生活林地間的道路下，設置涵管式通道使動物在覓食繁殖時有移動的通道如圖 2.8 所示。而對於不喜歡水的動物，可在管底鋪上泥土及落葉，引誘動物行走。另外，為了動物們的出入安全，通常於開口前設置防護網以免牠們爬入車道上。依據德國設計建議，這類涵管式通道的長度與口徑的關係，可參考表 2.1。



圖 2.8 德國兩棲爬蟲類動物涵管式通道實例

資料來源：自然保護財團,p31

表 2.1 德國關於涵管式通道設計的建議

斷面形式	涵管長度與最小直徑關係	
	長度(m)	最小直徑(cm)
水泥涵管	~20	內徑 100
	21~30	內徑 120
	31~50	內徑 140
	50~	內徑 150
箱型涵管	~20	內徑 100 高 75
	20~	內徑 200 高 175
曲面鋼管	~30	寬 120 高 89
	31~50	寬 180 高 125
	50~	寬 200 高 126

#### 4.動物跨越路橋

路橋式與箱型地下道動物穿越路徑的功能是類似的，只不過箱型地下道適於谷地和低地，而跨越路橋則適用於山陵地。跨越路橋的尺度依動物的大小而有所增減，路橋兩側護欄應以封閉的壁面結構，並以植栽覆蓋為佳，讓動物看不到車輛來往，以防止動物移動的不安。路橋路面覆以自然泥土，兩側盡量擴大，並配置引導植栽，以誘導動物順利通行。如圖 2.9 則是一種自然的動物跨越路橋形式，它是在奧地利山區觀光道路上以自然覆土所形成的動物穿越路徑。



圖 2.9 奧地利山區隧道上動物穿越路徑



圖 2.10 荷蘭聯絡公路橋樑下動物穿越路徑

資料來源：林憲德，1999

#### 5.橋樑下的生態路徑

無論是箱型、涵管或是陸橋方式，都是較為勉強的動物穿越路徑，最自然的動物移動方式，為透過道路橋樑下的綠地生態路徑。這種通常是在道路跨越河川或其他道路之處，在橋下多留出自然綠地，作為動物移動通道。並在車道兩側多設置綠帶讓動物移動無阻。如圖 2.10 為在歐洲的橋樑下的生態路徑。

#### 6.誘導鳥類飛越公路的植栽計畫

關於動物穿越道路不只是針對路行動物而設計，鳥類飛越道路也應有安全的防護設計如圖 2.11 所示。例如：陽明山國家公園就常有鳥類被車輛追撞，造成死亡，此時就應設計鳥類穿



越路徑，以利鳥類穿越。鳥類橫越道路時，通常有其固定的飛翔高度，像麻雀、烏鴉、伯勞等飛翔高度約在 2m 左右，為防範鳥類穿越時落入車陣內，可在危險路段兩旁種植比車輛高的誘導飛翔植栽，在路肩兩旁密植高喬木。而植栽樹當然以原生樹種為佳。有時更應在道路兩旁設防鳥網柵，使防範效果更加。

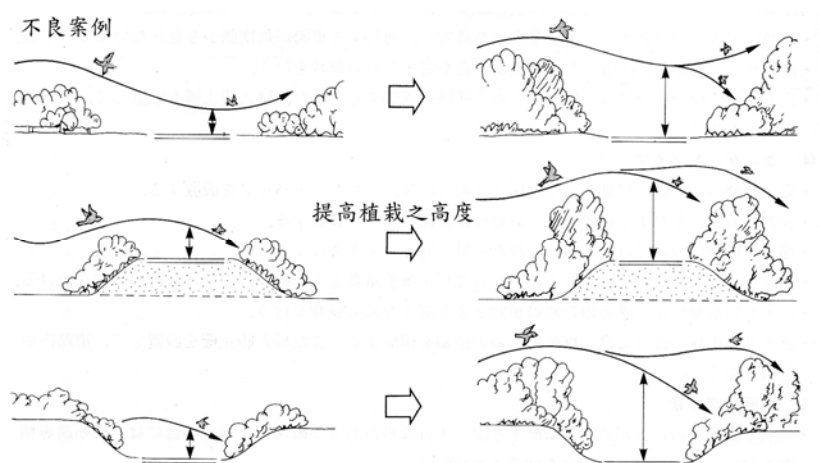


圖 2.11 利用植栽引誘鳥類或昆蟲飛越道路之高度  
資料來源:龜山章，1997

## 2.3 景觀道路相關研究之回溯

### 2.3.1 名詞定義

#### 1. 景觀

"景觀"(landscape)一詞直到 16 世紀才引入英國語系中，在蘇格蘭語中"landscape"是技術專有名詞，指美麗風景畫。Webster (1960)認為景觀乃是在一視野中一望無際的自然景色。德國地理學者認為"landscape"是指人們對整個環境的空間視覺體驗，而且此景觀具有美感(aesthetic)和心靈(spiritual)層面的特性 (李麗雪、洪得娟、顏家芝,景觀視覺評估與分析,1996)。景觀通常是指人類藉由知覺官能(視覺、聽覺、嗅覺、味覺和觸覺)所能感受的環境(自然界與非自然界)的整體形象(王小璘,1992)。

## 2. 景觀走廊

1962 年在 F.H.Louis 所做的威斯康辛休憩調查，威斯康辛州整體的自然景觀或景觀資源的分布狀況以同一比例作成多張地圖，並重疊起來，無意中特殊的景觀與自然資源形成一條似走廊的形狀，所以聯絡景觀價值高的地方或景觀資源成帶狀分佈的地區可稱為”景觀走廊”(Landscape corridor) (袁茂壽太郎,1985)。

“景觀走廊”(Scenic corridor) 亦可指”沿路之視野”；在高速公路路權線外側可見區域，(李麗雪、洪得娟、嚴家芝譯,1996; Cailf. Counc. on Intergov.Relat,1973)，包含兩側土地形成之整體廊道空間 (李素馨,1996; 交通部觀光局,1996)。在都市計劃方面，1994 年日本東京都之都市計劃局所研擬的都市景觀經營方案中，將景觀的組織架構以點、線、面的方式，來分為景觀區、景觀基本軸與景觀據點三部分，而道路、河流、鐵路等即屬景觀基本軸。由此可知，線性景觀軸的經營管理已成為都市景觀中的重要一環。

另外有與”景觀走廊”類似意義的”視覺走廊”，Jones and Jones(1977)認為”視覺走廊”(Visual corridor)是一種視覺與空間經驗的延續，或多種連續的視野，也是任一視覺或明顯的空間體驗。群眾會在重視自然美質的同時排除醜陋難看的景觀，此種新的空間因子概念即是景觀走廊的概念，這是一種包含了時間與運行動作的連續性空間體驗，是一種動感的美感體驗(李麗雪、洪得娟、嚴家芝譯,1996)。

經由上述文獻回顧中可彙整出”景觀走廊”的特性如下：

- (1) 具連續的視覺體驗空間。
- (2) 動態的美感體驗，包含了時間與運行。
- (3) 聯絡景觀價值高的地方或景觀資源成帶狀分佈的線形景觀。

### 2.3.2 景觀組成類型

(參酌美國林頓 Litton 教授景觀組成定義,1974)

林頓教授將景觀組成分為下列七型，以利將前述各類景觀類型出現於基地中之組合予以定性化。

#### 1.全景景觀(Panoramic Landscape)

觀賞景觀涵蓋視界廣大強調水平視線的特徵，和一般無阻礙的垂直視線近景或中景的景物強調無阻礙的寬闊視野；譬如登高瞭望或海濱遠眺，(看得多及看的遠)，視線可能超過左右 120 度上下 90 度。

#### 2.特徵景觀(Feature Landscape)

係指某單一物體或特別物體能吸引住觀賞者視線，通常與周圍景物有強烈的對比及輪廓，且具有相當的獨立性，如傾瀉而下的瀑布或寧靜如鏡的湖面、獨立的巨石等。

#### 3.封閉景觀(Enclosed Landscape)

戶外空間的視景有樹林岩石或人為構造物等物體環繞形成封閉景觀，例如峽谷、一線天、穿透的岩洞等。

#### 4.焦點景觀(Focal Landscape)

連續的視景上有匯聚的線形，使視線引導集中而產生焦點景觀。或物體的主題性強烈或有軸線、後退漸入的視覺次序。如公路隧道、或紀念性陵墓、山頂上建球形氣象站等。

#### 5.覆蓋景觀(Canopied Landscape)

覆蓋景觀係指頂部覆蓋或濃密樹蔭底下所呈現的景觀，如仁愛路林蔭大道、集集或玉井的綠色隧道。

#### 6.細部景觀(Detail Landscape)

較小細微的物體能吸引住觀賞者的注意力，例如天然形成的岩石紋理、特殊植物的花果等。

### 7.瞬間景觀(Ephemeral Landscape)

瞬間景觀為短暫的景觀，不一定甚麼時候出現或也不能確定出現多久，可能是氣象景觀、光線的變化、昆蟲或動物的出沒等，如澎湖風櫃、阿里山的日出及雲海、海寧觀潮、火山爆發等，需要敏銳的觀察和特別的機會。

### 2.3.3 景觀資源的價值(敏感度)分級準則

人類對於景觀資源的需求，可能來自許多方面，或藉由體驗珍奇獨特的景觀來擴增知識或滿足好奇心，或藉由認識大環境的地貌增加對生存空間的瞭解及安全感，或某些視覺感受可愉悅人的情緒，或具空間或形體上的美感，或某些視覺感受能激發生產活動或健康生活的聯想，如翠綠梯田、清澈的溪流、桃花源村落等，這些景觀資源需求我們可歸納為環境心理學與經驗美學兩個範疇。我們先看看國外的景觀評估等級劃分：

近十年來國內諸多學者專家業將國外有關景觀評估之理論與方法整理，主要之視覺景觀評估理論有：

- 1.美國土地管理局的視覺資源管理方法(VRM)
- 2.美國農業部林務局於 1974 年提出的視覺經營管理系統 Visual Management System ; VMS
- 3.李奧波(Leopold)的計量方法
- 4.林頓(Linton)的景觀評估方法
- 5.美國 Klamath National Forest 提出的視覺吸收容許能力 Visual Absorption Capability ; V A C

評估因子分為三大類生物物理因子、計畫活動因子及知覺因子。

- 1.生物物理因子：是依據一地區自然發生的原則和過程，如地理上的地形特徵、植栽特性、土壤特性等，屬於絕對靜態的，除了自然的天災和人為建物。
- 2.計畫活動因子：是劃分特殊景觀利用的範圍及其帶來的影響，如木材的砍伐改變其地表景觀的形狀、線條、質感和顏色。這些因子的利用可以減少規劃、設計的實施成本。
- 3.知覺因子：是屬於人對景觀的偏好程度，包括觀賞距離、觀賞角度、觀賞的持續時間和觀景範圍等，是隨著觀景者的位置急速變化而改變視覺景觀。

而其各項因子之細分影響因子分述如下：

(1)生物物理因子：

- － 坡度(Slope)
- － 植被變化(Vegetative patten & diversity)
- － 植栽被覆率(Vegetative screening ability)
- － 基地恢復能力(Site recoverability)
- － 土壤顏色對比(Soil color contrast)
- － 地形變化(Landform diversity)
- － 水體變化(Waterform diversity)
- － 土壤穩定度(Land stability)
- － 土壤侵蝕力(Soil erodibility)

(2)計畫活動因子：

- － 大小(Scale)
- － 方式(Configuration)
- － 持續時間(Duration)
- － 頻率(Frequency)



(3)知覺因子：

- 距離(Distance)
- 可見範圍(Visual manitude)
- 觀賞者與坡度的關係(Slope relative to observer)
- 觀賞者與地形的關係(Aspect relative to observer)
- 觀賞次數(Number of times seen)
- 觀賞人數(Number of viewers)
- 觀賞的持續時間(Duration of viewer)
- 視覺焦點的敏感度(Focal point sensitivity)
- 光線(Lighting)
- 季節(Seasons)

#### 2.3.4 景觀資源分級與經營管理

結合視覺敏感度之分級與視距之分級，可再套匯組合得視覺品質圖，並依不同品質之地區有不同之經理目標。

##### 1.保育(Preservation)

在此區內經營變更是不允許的，除了對於視覺衝擊較少的經營活動是被允許的，且僅限於以考量生態的方式做少許的改變。

##### 2.保留(Retentation)

活動對於本區景觀的影響不可顯著，活動的經營必須遵照景觀特徵中常見的形狀、線條、顏色和質感。而變更其實質環境的大小、數量、方向、距離和形式是不允許的。

##### 3.部份保留(Partical Retentation)

活動對於本區景觀的影響可達到顯著的程度，但其活動的經營仍須遵照景觀特徵的組成元素。

#### 4.改造(Modification)

活動經營的導入，而成為此地區景觀之主要元素，但其經營活動的變更和自然的景觀特徵仍須協調。

#### 5.大量改造(Maximum Modification)

由於活動的導入，使本區景觀特徵的植栽和地貌遭受改變，此種改變成為該地區景觀的主要元素，但無論如何改變，其視覺的遠景仍儘量維持自然景觀的感受，而近、中景的活動或設施物不需遵循遠景的景觀特徵，但亦不可造成過度對比而產生不協調的感受。

### 2.3.5 台灣地區的景觀資源分級

台灣地區的環境景觀與國人的視覺偏好，可將它們概分為以下幾個價值層次：

A 級：不可取代的特殊景觀(特別敏感的景觀資源) 評值點 6-5

- (1) 由於景觀資源價值相對於它的稀有性、獨特性，因此最高價值的景觀通常範圍不大(亦即特徵性與焦點性)，如陽明山小油坑(雖然是很醜但很奇特)或東北角龍洞景觀價值都高於該國家公園或風景區。
- (2) 某些地景地貌長久關連著族群的生存發展進而成為精神上的象徵與記憶，如日本的富士山、中國的長江三峽，如果某個開發行為要把『我們的』玉山主峰蓋鐵塔必然引發極大的爭議。
- (3) 「奇、特、險、峻、最」的地景地貌是人類心目中景觀的最愛，且願意不遠千里去看它體驗它，如大峽谷、大瀑布、斷層、火山、海蝕、風化、奇峰等，或歷經自然界千萬年的力量形成或為悠久的古蹟文明(數千年以上)，屬於人類的共同資產絕不容許破壞改變的景觀資源。

B 級：優美或重要景觀(高度敏感的景觀資源) 評值點 4-3

- (1) 明顯的地貌、突出的地形地質、動或靜的水體、連續的植被、良好的生態棲地，具高知名度、特殊性或代表性，可為環境辨識的重要指標，如高山、湖泊、海灣、海岬、島嶼、溪谷、河川、地峽等，坡度大多大於 60%。
- (2) 優美的景色，依景觀構成元素：形體、空間、結構、色彩構成的視覺景色，並足以吸引遊憩觀賞活動，如北海岸、溪頭、奧萬大、梨山、谷觀、月世界、日月潭等。
- (3) 重要生態或植被景觀，如巨樹、神木、原始森林、生態棲息地、動物保護區等。
- (4) 歷史悠久的特殊或重要人文景觀，古蹟、聚落或跡地，如赤崁樓、紅毛城、北門、卑南遺址等。

C 級：完整及良好的景觀(一般敏感的景觀資源) 評值點 2-1

- (1) 雖然地貌不特別險峻或景色層次不特別豐富，但因人類天性趨向人然偏愛自然的、原創的、山林、原野、海濱、生產綠地、傳統農漁村。
- (2) 人為環境或建築物，但在視覺接受上符合形體簡潔、空間連續、結構次序、色彩協調的景色，可令人產生愉悅的感受，如規劃良好綠蔭環繞的社區、大型公園綠地。
- (3) 如基隆紅淡山、台北四獸山南天母、台中大肚山鐵砧山、西部海岸、嘉南平原等，它們的特點是範圍遼闊完整連續，為人們日常近距離休閒活動場所，雖然景觀不特別出色人有必要儘力去維護。
- (4) 在人文方面則包含了一些有特色的產業聚落或較久遠及完整的老街、老建築物，雖未列入古蹟，但仍具有相當的人文代表性。如美濃、三義、大溪、九份等傳統市街建物。

D 級：不好不壞的景觀 (普通及常見的景觀) 評值點 0

- (1) 荒蕪雜亂的郊區，裸露未經整理的空地，空曠及長滿雜草的河川地，雖有自然原始的要件但在形體顏色上卻缺乏美感價值，或以混凝土圍成的養殖魚塭，塑膠布覆蓋的農田，雖為初級產業景觀但在形體材質上卻令人不以為然。
- (2) 充分開發的市鎮，混凝土磁磚建造的店舖公寓，人車穿梭，台灣地區的居民已成習慣，雖不滿意但不得不接受，如果我們任意拍了這樣的街道建物照片，若非特別解說否則無從辨識它們的地點，甚至無從辨識其功能，不知道是住宅或商業大樓或是學校或是政府機關或是工廠或是文化中心。
- (3) 這樣沒有特色、缺乏美感及空間次序、缺乏綠蔭的人為環境，若與歐美、日本、新加坡相比無論如何不能算是好的景觀，但在台灣地區遍地皆是，改善雖是我們努力的方向，但在環境影響評估方面仍應劃歸為不屬於正面也不屬於負面的中性等級。
- (4) 但如果某開發行為要把自然丘陵綠地改闢為混凝土磁磚店舖公寓，或是把混凝土磁磚店舖公寓改建為石化水泥工廠都屬於負面的景觀衝擊。

E 級：令人不愉快及排斥的景觀 (不良的及惡劣的) -1, -2

- (1) 人為剷除大量的土石裸露地表，濫墾濫葬像補釘一樣的山坡地，雜亂的構造物或地貌改變令人聯想到不毛的不安定不和諧的及沒有次序的。
- (2) 高聳及巨大的量體，連續單調的面或人造物，令人聯想到封閉、壓迫與枯燥。
- (3) 大量的非自然材料(鋼鐵、石棉瓦、電纜、塑膠、玻璃)構成，令人聯想到不溫暖的不調和的及潛在的危機與衝突。如儲油槽、發電廠等。
- (4) 視覺上令人聯想到惡臭、污染、健康威脅、死亡等事物(即使觀察地點完全聞不到味道)，例如水泥廠、養豬場、污黑的河水、灰白的植物、垃圾場、墓地等。

### 2.3.6 景觀研究之發展緣起與內容

#### 1. 景觀研究之緣起與各階段的特色

景觀評估的發展起源於 1970 年代以後。根據歷史上的事件來看，早年曾有美國自然保育推動者 John Muir 大聲疾呼在 Yosemite Valley 成立國家公園、積極反對 Hetch Hetchy Valley 興建水庫運動的時代。此後又有生態保育運動興盛的時期，開始有專家學者想藉著較為科學性的研究—以系統性的量化方法或美學角度肯定景觀的價值，以抵抗政治家為了經濟目的而破壞自然美景與生態的政策。另一方面，也有學者考慮到景觀應該是由大多數的景觀使用者共享，應該由廣大的觀景者來判斷景觀的優劣以及各自的偏好，所以產生了許多的景觀偏好評估研究。

比較各階段的景觀研究，1970 年代的景觀評估強調景觀之間的相對價值，也就是甲景觀是否比乙景觀「好」或「美」。到了 1980 年代中期，開始有人試著將景觀評估中，景觀特質的分類與描述清楚劃分，呈現出一地區與另一地區的差異或明顯的區別。1990 年代愈來愈多人將研究重點放在景觀特質在景觀評估中所扮演的角色，以及評估過程中的廣泛地說明，因為這些都是影響景觀特質評估的重要因子 (The Countryside Agency, 1999)，這些景觀特質同時也成為發展地方特色與觀光產業的重要因素之一。

#### 2. 景觀評估的相關研究

回顧景觀相關研究，可分為以「評估者使用方法」，與「評估景觀的內容特性」兩方面來瞭解景觀研究的歷程與主要內容，分別說明於下。

### (1) 以評估者使用方法區分

如果將景觀研究以評估者來區分，可分為以專家主觀認知為主的「景觀共識法」，或由專家設計並使用有系統的評估方式的「景觀描述研究」，以及研究一般民眾對景觀的認知態度，所產生的「景觀偏好分析法」(Mitchell, 1989)。分別說明如下：

#### A. 景觀共識法 (landscape consensus studies)

一組專家藉著田野勘察，並利用地圖分析、航照或其他有用的資源，來決定具有高度景觀價值的地區，它的缺點在於評估者比較沒有利用明確的量度方法，也缺少了系統性的基礎資料來解釋或驗證所產生出的決定。儘管如此，由於這種方法具有彈性，且省時省錢，所以廣為各國政府所使用。

#### B. 景觀描述研究 (landscape description studies)

景觀描述研究為景觀評估中，最常與使用最多的研究方法。景觀描述法通常會先經過確認及量度特殊景觀的步驟，然後在對照一種合適的標準或分類來評估景觀的相關品質。它是一種資源調查的特殊化形式，具有以下優點：這方法通常與景觀保存、遊憩開發、道路選線有關；在比較大的區域，可提供一些特殊的相關資訊；所使用的方法如數值計算及計量指標等，有助於將環境變因與社經變因列為同一重要性之地位上。

Litton(1968、1972)先對景觀確認出一般化的屬性，首先假設視覺上適當決定之先決條件在對於景觀要素的知覺，所以必須要考慮到兩點：先確認出景觀本質的優勢性，例如：形狀、時間、空間、變化性等認知因素，再來確認觀察者的位置、距離、序列等，據以描述景觀與觀賞者之

間的關係，然後得出六種不同的景觀：全景景觀、主題景觀、焦點景觀、封閉景觀、森林景觀、小景觀與短暫景觀。這種方式所強調的是景觀視覺的客觀性，而不處理景觀偏好、或共鳴的問題。

Leopold(1969)、Leopold and Marchand (1968)在美國愛達華州 (Idaho) 的蛇河 (Snake River) 上是否准予興建水壩所做的河流地形景觀評估中，認為景觀美質與生物屬性、自然特徵、人類旨趣有關。依據這三個要素發展出 46 個準則來描述景觀的特殊性，並用 1-5 的數值代表不同的景觀特徵存在的多寡。

Linton(1968)對蘇格蘭景觀研究，在評估方法上考慮兩個變數：地形及土地利用，並利用這兩個變數本身之量度因子加以分類，分類的方式是給予一個代表數值，然後將其結果繪於地形圖與土地利用圖上，產生合併式的評估結果。再將其分為 7 個類別。這種方法的優點在於可以最少錢之情形下完成一區域景觀調查，其精細量度之下可得出可靠的結果。

### C. 景觀偏好分析 (landscape preference studies)

景觀偏好分析有別於以上兩種方式之處，是景觀偏好分析可以直接或間接的計量出人們對於環境思考、感覺的態度、行為。

Lowenthal(1968)對於英國及美國的景觀態度分析研究上，利用文章及報導的評論來進行評估的工作，這雖然不是系統化的研究，但可展現出社會上影響景觀決策主要團體的觀點；Lowenthal and Prince(1964,1965)首先提出一連串的問題：人們如何識覺景觀？人們所見到的景觀是什

麼？人們所希望見到的景觀又是什麼？然後要確認出共同點：多樣性與開放性，以結合景觀的特徵。對於英國的景觀而言，針葉林景觀中混合著落葉林，整齊而乾淨，呈現出現代中之古典氣息以及獨立的個人主義風格；而美國的景觀強調於尺寸規模、原始狀況、極端性與無形性，在未來的發展上重視於個別的表現、遠景的感受及獨立性。

Shafer et al. (1969)的研究主要是確認出在景觀中量化的變數與大眾偏好之相關性，他們將一堆照片分類並繪於網格上，再依其各自的特性作層層的歸類，再將照片分袋，給受訪者觀看並評分。由於這種方法可以獲得和真實情形相關性甚高的結果，而被廣泛運用，但此種方法的目的並非直接預測景觀的共鳴性，而是對景觀照片的共鳴性作研究。

## (2) 以評估景觀的內容特性來區分

如果就景觀評估內容的特性來區分，可大致分為由景觀實質面、景觀形象面、以及觀景者心理反應三種層面來著手。這三個主題也成為景觀研究的三大方向，最終目的主要在更瞭解景觀的特質，以便在景觀規劃時能夠做出最佳的方案。分別說明如下：

### A. 景觀實質面

景觀實質面主要指景觀中可認知到的資源，包括自然與人文景觀的組成。自然景觀的組成主要由地形、地質、植被、動物等所構成，人文景觀主要以人類的土地利用方式為最主要的營力。

瞭解景觀中的實質組成可避免規劃時遇到資源使用衝突或破壞的情形。例如在許多環境影響評估中便提出環境



中與人類息息相關的各項資源，評估並討論某工程開發所使用資源的方式與過程是否會對其產生破壞或衝突。

## B. 景觀的形象面

景觀形象是指一個景觀空間所給人的印象，通常是由景觀中實質的資源而來，如果將這些實質資源加以描述，並有系統地以抽象的架構進行分析，例如：可將實質景觀資源以「線、形、色、質」四個元素加以分析，便可以很快地瞭解構成地表景觀多樣面貌的原因。另一方面，景觀的形象面往往與人類所認知、偏好景觀的狀態有關，通常可用簡單的形容詞加以描述與分析不同程度的景觀狀態，例如：簡單的與複雜的、寬闊的與狹窄的等。

景觀的形象面有助於在分析景觀時瞭解何種元素為此景觀中最重要，也就是最為敏感的元素，這個敏感性高的元素往往會影響到其他元素的形成或保存。當一個景觀必須做任何的改變時，便可由景觀形象面的分析中，瞭解並儘可能避免去移動或破壞最重要的元素，以維持景觀的完整性。

## C. 觀景者心理層面

觀景者心理層面則專注在人與環境接觸後產生的反應與過程，包括探討人類對於景觀由接觸、認知到行動所產生的一連串反應，例如喜好、厭惡的感受等。這與個人經驗、期望與目前的狀態等有極密切的關係。

瞭解景觀使用者的偏好、感受等有助於直接給相關單位在規劃風景區或辦理開發案，從事景觀衝擊評估時一個參

考的指標，據以從事積極性的景觀美化設計，或避免破壞到景觀的行為出現。

### 2.3.7 景觀資源調查及紀錄方法

景觀調查隨著環境的改變而有不同之發展，諸如針對都市景觀、都市意象、視覺環境、景觀道路等而衍生出各類研究方法，本文主要回顧參考可運用於景觀走廊特性空間之研究方法彙整如下：

#### 1. 景觀描述紀錄法

主要由具有美學、景觀、生態、地理、森林等相關背景之專家，據其專業知識對現地環境作判斷與評價，而分析方法以質化為主(陳惠美 1999)。如李奧波得 (Luna B. Leopold, 1969)、李頓(R. Burton Litton, Jr., 1968)均利用紀錄、分析景觀特徵，加以歸類、評質或分級，距離帶、觀賞者位置、形貌、空間界定、光線、觀賞序列等六項為 Litton 所提出之視覺組構因子，景觀的虛實安排由它們佔有空間的分佈來分類，各有其獨特的特質或特徵，主要分為以下七種類型：全景景觀(Panoramic Landscape)、特徵景觀(Feature Landscape)、封閉景觀(Enclosed Landscape)、焦點景觀(Focal Landscape)、覆蓋景觀(Canopied Landscape)、細部景觀(Detail Landscape)、瞬間景觀(Ephemeral Landscape)

Appleyard, Lynch & Myer 在所著的「The View From the Road」(1964)中強調景觀意象的觀念，認為道路知覺是由運動(motion)及空間感所組成的，影響道路景觀序列的因素為：用路者自身的運動感、視野、景觀空間特性、景觀意象等，並發展出一套運用符號標註之道路景觀紀錄方法(Sequential Notation)，紀錄的內容如表 2.2。

表 2.2 道路景觀註記內容表

道路本身之形貌	路標
	道路結構
	道路周緣之細部特徵與質感
	交通狀況
	路面
空間與運動狀態	
周圍景觀意義	活動與使用
	地形、自然特徵
	中距離之結構物
方向感、地點感與接近感	
其他	輪廓影像
	光線、氣候與天空變化
	非道路邊緣之其他細節與細部
	植物
	人物

資料整理自：Donald Appleyard, Kevin Lynch and John R. Myer, 1964

## 2. 道路景觀元素組成分析法

本研究實證所形成之景觀走廊，其範圍內景觀資源之組成可參考道路景觀環境的內容鎔主要可分為道路要素、沿道要素、遠景要素三類。

## 3. 景觀資源同質性劃分法

以整體景觀而言，群體中的各元素或各部分具有相類似的性質者稱為「同質性」（Homogeneous; Charles F, Schwarz et. 1976），景觀資源同質性的劃分方法有：

### （1）整體調查法（Integrated Surrey）

可根據地形原理將各種實質環境因子-----地形、植被、水文、土壤一併考慮，以其具同質的生態反應或外顯反應為劃分之依據。

## (2) 分層調查法 (Stratified Survey)

研究地區依分層取樣 (Stratified sampling) 的統計技術，劃分成各種同質單元，如坡度、風向、方位、日照、高度、視野、土地覆蓋、土壤深度……等，其同質程度較前者為精密。

## 2.4 道路建設對環境衝擊的影響

當動物學家在 1991 年開始監測 1 匹狼的遷徙路徑時發現：從該年 7 月至 1995 年 12 月之間，牠的行徑遍及 10 萬平方公里的廣大陸域——涵蓋美國 3 個州和加拿大的 2 個省，這是當時所有的保護區都無法提供的廣大範圍。

這項研究突顯了棲地規模可能正攸關著保育的成敗。後續更有學者研究美東及加拿大的野生動物保護區，進一步證實當保護區小於 2590 平方公里時，均有物種消逝的現象。因為隨著人類工業成長、經濟發展及都市不斷擴張下，造成自然野境面積銳減，同時愈來愈分散與破碎化。雖然設有國家公園及相關保護區，但彼此之間卻各自孤立，有如島嶼般產生地理上的隔絕，特別是對於遷徙性的大型哺乳動物，常形成難以跨越的鴻溝（孤島效應），大大削減了原來保育的良善美意。

由於事關瀕危物種的存續以及能否保有生物多樣性，一股企圖將各個孤立保護區串聯起來的保育新思潮——「生態廊道」的概念，因此應運而生。1997 年世界自然保育聯盟 (The World Conservation Union, IUCN) 在西澳舉辦的一場研討會中，更決議日後相關保護區應當改採「從島嶼式到網絡式」的規劃。

「生態廊道」的設置已有許多成功案例，如「美洲生態走廊」北起美國阿拉斯加州的育空—庫斯考文三角洲，南抵阿根廷的火地島沿海，總長 4 萬公里，構想始自 1967 年，並於 1990 年在美

國、墨西哥和中美洲各國相繼啟動，現已初具規模，所保護的物種占美洲大陸的一半。

另外，鑒於自然棲地（包括國家公園）內常因築路造成地景的嚴重切割與破碎化，近年來更發展出「野生動物跨越道」（wildlife crossing）的各種設計，以期兩棲類、哺乳類等動物都能同時使用道路兩旁的多樣棲地，如美國佛羅里達州大約花了 4 年時間，在州際 75 號公路興建了「野生動物跨越道」，並記錄興建跨越道前後 16 個月的野生動物動態。

國內農委會林務局亦正積極著手規劃「中央山脈保育廊道」，希望藉由連接中央山脈地區的高山林地、自然保留區、野生動物保護區、自然保護區及國家公園等，構成完整的生態網路及綠色廊道。

#### 2.4.1 道路工程對生態環境的影響

道路建設對生態的影響是從工程一開始對原本在道路預定地上的生態就產生滅絕性的影響，施工過程中則對鄰近生態系統以另一種形式干擾著，完工通車後則開始造成微氣候與因交通造成生態阻絕的效應。生態系統因此會有暫時及永久的改變。

邱銘源（2003）以維護管理的環境觀點，進一步歸納公路對另五種形式的衝擊如圖 2.12，包括：1.風切效應（wind shear）所造成的干擾，致使開放性邊坡區塊周圍之植生，因需承受較大的風切壓，而不易存活或處於競爭之劣勢；2.開挖後之坡面生態機質不良，腐植質層遭移除，且坡度多半更為陡峭，導致植生回復不易；3.施工過程與竣工後開始提供服務期間，因國內尚未針對非點源污染之防治工作有明確的規範及要求，加上傳統道路設計要求快速排水，避免路面積水，皆會造成非點源污染；4.噪音、空污、及震動的干擾，都是其他型態的污染與環境壓力；5.為方

便養護且僅注重安全考量的情況下，常有過度設計的現象發生。

6.光害：光害主要起因於夜間道路及車輛之照明，不但會造成道路週遭落葉樹落葉時序錯亂，且干擾動物行為，例如螢火蟲不能產卵、趨光性昆蟲受道路車燈引誘而死亡。

7.不透水鋪面阻絕水循環、過度維護管理，以及微氣候之改變，都是道路工程所帶來的衝擊與干擾。

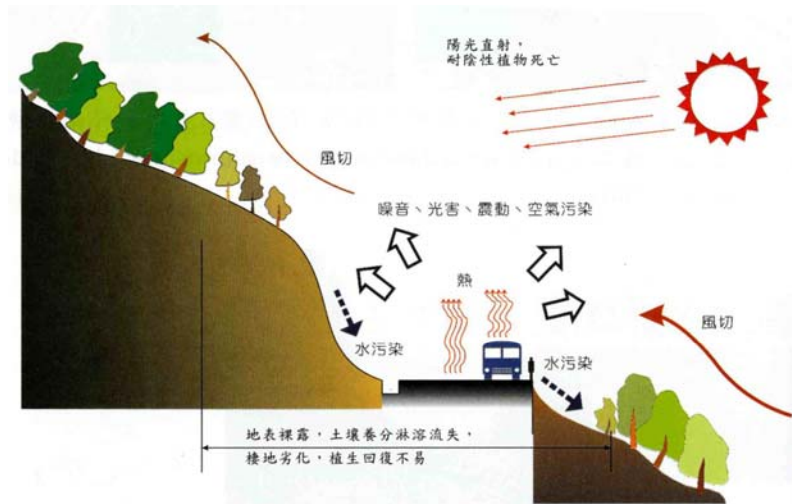


圖 2.12 道路工程進行坡地開挖後，可能造成的環境衝擊

Forman (1998) 等人，綜合了當今的道路生態 (road ecology) 領域的相關研究，提出了道路建設對環境影響 (road effect zone) 的課題可歸納如下：

#### 2.4.2 路側植生帶及動物的影響

##### 1. 對植生的影響

包括過度除草，造成物種的滅絕及棲地多樣性的衰減、外來種的入侵；致使原生植群衰減及路面的化學污染影響道路周邊的植物群落等。另高架橋量體的日照陰影，或由於微氣候的改變等，造成周邊植生日照時數減少影響生長或枯死。如圖 2.13 所示。

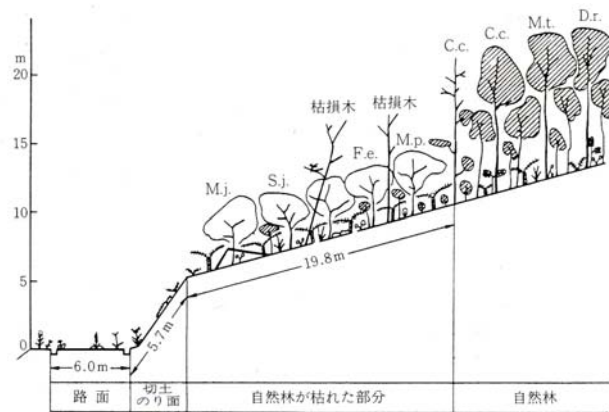
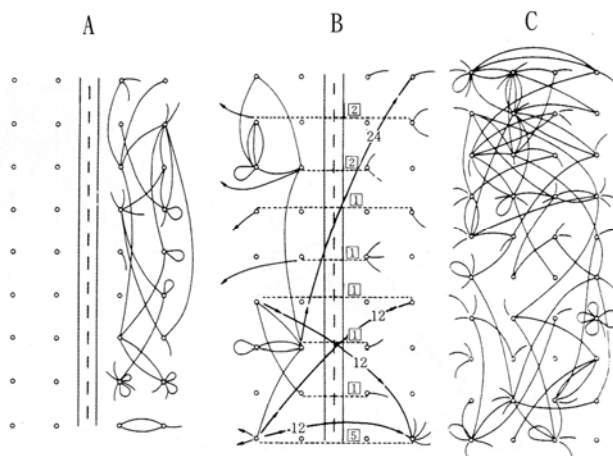


圖 2.13 道路建設對亞熱帶闊葉林的影響(日本西表島)

資料來源：龜山章，1997

## 2.對動物及移動的干擾

因過度除草及維護管理，影響賴以草花維生的昆蟲、爬蟲類及兩棲類生物，且路側禾本科植物的清除，易造成草原鳥類繁殖的干擾；部分道路阻斷動物移動路徑，且道路寬度過寬會造成動物橫越時之傷亡。如圖 2.14 所示。



A:無動物移動道線之道路

B:設有動物移動路線之道路

C:原本無道路之森林

圖 2.14 林內道路的阻礙對小型哺乳類動物移動之影響

資料來源：龜山章，1997

### 2.4.3 道路及車輛對生態族群的影響

- 1.道路對動物的傷害：依據相關研究推估，美國過去三十年因道路建設及交通事故傷亡之動物數量，遠超出人類的獵捕數量，若計入車輛大燈及擋風玻璃上，因撲火效應而傷亡之昆蟲族







養鹽等，對週邊環境均造成干擾，其中以其化學污染源的沉澱與堆積，若透過食物鏈的傳遞造成之衝擊頗為深遠。

2. 污染源的堆積效應：影響道路污染源堆積之主要因子，包括道路的幾何線形、縱坡、長度、寬度及維護管理方式；次要之因素尚有土壤的成分、植生覆蓋、鋪面材料、排水廊道佈設等因素。
3. 化學污染：道路的化學污染，除了路面油污隨逕流水排放外，尚包括汽車廢氣的污染及輪胎碎屑的污染，相關污染源容易造成鄰近地區重金屬的沈積。

#### 2.4.5 路網的阻隔效應

1. 道路對地景的衝擊：道路建設引進之人為開發及干擾，對地景之衝擊遠高於道路建設之破壞，從景觀尺度來看，路網的主要衝擊包括：景觀結構的瓦解、生態梯度的破壞、生物多樣性的降低及水平向生物流的干擾，如地下水位、流域等之切割如圖 2.16 所示。



圖 2.16 地景切割

2. 道路的密度：單位面積之道路密度，已經成為許多道路生態衝擊影響之指標，其影響之評估因子包括：動物移動的補償、族群的碎裂程度、人類活動的干擾、水路及水域生態系等；道路密度指標僅係一個區域內各種道路類型的平均指標；如能納入

道路之類型、寬度、交通量及路網連接度等將更能反映道路密度對地景之衝擊評估。道路對周邊環境之影響如圖 2.17 所示之模式

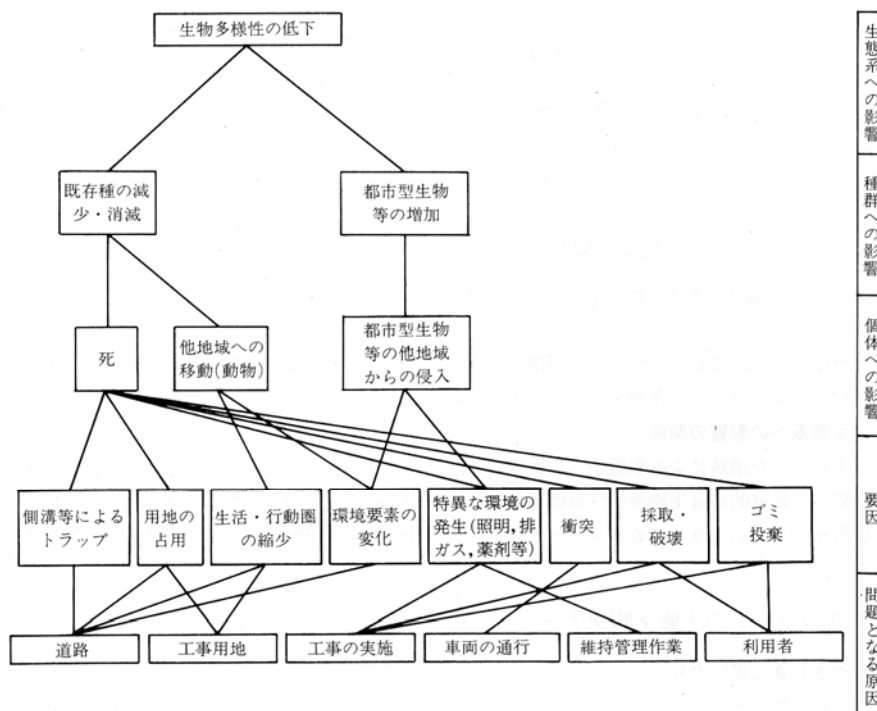


圖 2.17 道路對生態系之影響的模式圖

資料來源：龜山章，1997

## 2.4.6 道路工程開闢衍生之土砂災害

### 1. 剩餘土石方之棄土問題

開闢道路山坡地道路，將剩餘土石方向下邊坡隨意傾倒。這些土石方暫時停留在坡面上，遇雨往下方流動，造成下游河道淤積、墊高河床，使原有通水斷面不足，土石及洪水溢流而埋沒農地、房舍及其他橋樑公共設施。而暫時堆積在野溪上游之土石，則成為土石流之材料來源，遇豪雨只要有足夠之坡度濃度即形成土石流災害。

2.開闢道路未順應地形地勢，造成邊坡嚴重破壞：

政府或民間開闢山坡地道路大規模開挖邊坡，往往為節省經費縮短路線截彎取直，直接切挖坡腳，使原本尚屬穩定平衡狀態之邊坡，立即失去平衡，易造成邊坡裸露及崩塌。尤其遇有順向坡或岩層破碎節理發達邊坡或堆積層時，最易發生。施工時土石方隨意向下邊坡推落，也會破壞原有植被及邊坡地層結構而引起嚴重之沖蝕及崩塌。

3.破壞原有排水系統，造成沖蝕

- (1) 開闢道路未順應地勢破壞原有排水系統，或未依規範留設橫向排水將邊坡之逕流導流至安全地帶放流。
- (2) 興建房舍破壞原有排水系統，急遽改變其地文及水文因子，如此容易釀成嚴重之土砂災害，名聞一時之三峽白雞社區崩塌案即是一例。

4.其他因道路之開闢，會引進人類活動行為墾植農作、興建房舍及遊憩設施，對坡面植被及水文系統直間接破壞，而引發土砂災害。

### 第三章 先進國家的經驗與案例

依道路工程生態工法的技術的主要手法，介紹歐洲諸國、日本各國的案例。

#### 3.1 美國 I-70 公路 Glenwood Canyon 計劃

1962 年美國「寂靜的春天」(silence spring)一書出版後，喚起了全美的保育熱潮，由於該書的出版使得美國許多的環境保育組織如：Aududon 協會，不斷的倡言：提醒人們建立野生動物庇護所及確立環境保護的相關法案（劉獻奇，1988）；同年生態學家 H. T. Odum 更提出「生態工程」的相關理念；致使許多未審慎考量環境保護的公共建設計劃遭到質疑，其中更以貫穿落磯山脈的 I-70 州際公路備受矚目，使得公共建設計劃如何與環境共生共存，成為主管機關推動計劃的主要課題。

##### 3.1.1 推動背景

1957 年美國聯邦政府核定，將 I-70 州際公路由科羅拉多州的丹佛，向西延伸至猶他州段的工程計劃，由於該段公路需貫穿落磯山脈，計劃之初即因環保議題遭到民間的反對，1970 年初規劃單位經審慎評估後，提出紅水牛線 (Red buffalo route) 及穿越威爾啞口 (Vail pass) 兩線路廊，公佈之後因為紅水牛線經過白頭鷹之棲地，而遭美國農業部否決，最後只得採行第二方案威爾啞口線，但仍面臨許多施工過程與環境衝擊的議題，該段公路在施工期間，曾針對環境保護相關議題耗資千萬美元，進行 23 項研究計劃的長期觀測；以研訂棲地保育及河流改道的相關準則。歷經二十多年的努力，於 1992 年完工。該公路針對生態敏感區，及配合自然景觀之設計理念與施工技術，因施工過程強調生態保

護；並維護既有自然景觀，榮獲美國 1993 年土木工程成就獎，其取得之相關工程經驗及技術，亦成為當今公路工程之典範。

### 3.1.2 I-70 公路的環境保護對策及生態工法案例

本工程路線所穿越的懷特河（White river）森林遊憩區，是全美第三高的森林遊憩區，每年有大量的遊客經由 I-70 公路進入本區，故如何確保林區的景觀品質，係本公路建設之重要目標之一，在工程先期之工作協調會議中，便依據本區之特性研擬生態保育（包括棲地保護、植生復育和野溪改道）及景觀美化的相關準則；以作為本案之施工特定條款以保護整體環境；以下謹就本工程之環境保護對策及運用生態工法之實例，簡要說明如下：

1. 跨專業的整合機制：該段公路主管機關透過聯邦政府的協助，取得許多環境監測之珍貴資料；且美國林務署的生態專家，在規設過程亦扮演了重要的角色，同時施工階段委外的 23 項研究計劃，及耗資千萬美元的預算支持，亦展現了生態保護的決心。
2. 規劃、設計與施工同步，並配合相關研發成果：Glenwood 峽谷為一壯觀之自然景觀，道路主管機關為避免草率設計、施工造成不可回復之環境傷害，故僅短短二十餘公里的高速公路，卻耗費十餘年的時間規劃設計，且部分施工期間與細部設計重疊，邊施工邊依據現況調整細設及施工，同時委託許多現地研究計畫，與現地測量調查結果加以驗證；反覆推敲務必達到精益求精，及天人合一的最終境界。
3. 施工課題與因應對策：以高架橋及棧橋通過環境敏感區，且因地制宜研提許多橋樑新工法及環境保護對策如：採氧化鐵染色之預鑄擋土牆，以融合整體環境、因應施工用地不足的加勁擋土牆、避免施工機具過河搭設木便橋、提高預鑄結構物之比例，降低工地之干擾等。

- 4.休憩服務區位的選擇：由於服務區之位置偏遠，且位於景觀敏感區；故規設時儘量利用地形不做大規模之整地，且建物及設施儘量採地下化，另放棄從外地接裝維生管線之計畫，採取綠建築之手法：如調整建物座向朝向陽面、設置太陽能收集裝置及廢水再利用系統等，生態設計手法。
- 5.水土保持：兩側的水土保持，非常注重與環境及景觀的結合，並從事土方沖蝕防治及水質監測相關的研究，在部分材料的選用上，捨棄標準的工業成品而採師法自然之方式就地取材，例如：調節池不採 RC 結構而採天然石材堆砌並與植栽結合，利用樹根發揮過濾之功能；在排水溝中堆置稻草，減緩流速控制沖蝕，並兼具小型沉澱池之功能。
- 6.就地取材的消能設施：與公路相交之跌水工，在部分渠道選擇性的堆放石塊，以減緩流速防止沖蝕，另於涵洞出口部分堆放石籠，以達到消能作用並可營造多孔隙空間作為人工棲地，並於其下埋設 PVC 排水管加強排水。
- 7.河道整治：為配合公路線形，路廊範圍內之高爾（Gore）溪必須作局部之河道改道，施工先期便邀集生態及水利專家，調查相關環境資料，作為變更復育之依據；另針對溪中之指標生物鱒魚，進行相關生活史的調查，並於改道後之河道，設置原木堆及岩石堰，針對原棲地之流速、溶氧量等資料加以模擬，並長期監測俾確保生態目標之達成。
- 8.邊坡處理：由於基地邊坡多係原生之土石邊坡，為求在人工干擾後能與當地景觀協調，通常需加強填方坡趾及挖方坡頂與原地面交界的處理；處理時亦考量融入當地之自然景觀復原與設計，部分坡頂修成圓角，雖可能增加用地範圍，但較緩之邊坡可縮短植生復育時程，降低後續維管費用，且整體景觀較趨於自然。

- 9.植物與環境的保護設施：規設詳細的植物調查定位，整地時並會同林務單位專家俾免誤伐，並將相關規定、罰責納入設計規範及施工合約之中，以保護原生林木；另對動物路徑和溼地的保護，則依據監測資料及研究成果，劃設施工範圍及期程加以保護。
- 10.表土及原生草花的利用：公路邊坡如任其裸露，自行演替則至少需三十年，始得達到次生林之演替狀態（黃玉章，1985）故本案公路邊坡在施工初期，便將富含種源庫之表土加以保存，俟邊坡整地完成後再鋪植於地表，其厚度為 4 英吋，該手法可加速邊坡先趨植生演替之進行；另在部分邊坡選用種子噴植之方式，復育原生草花，由於對環境的適應，故成本低廉成效卓著。

### 3.2 日本的生態道路（Eco road）經驗

鄰近的日本，無論在地緣環境、文化背景及政經制度上均與台灣有相當程度的關連，且日本對國土的開發及公共建設的推動，在制度及法規上均有完整之機制，其現代化的過程與發展經驗，值得台灣學習與參考。以下僅就日本推動道路建設與環境共生政策，目標的背景及生態道路的案例手法，分別介紹如後，俾作為本研究準則擬定之參考。

#### 3.2.1 日本生態道路推動背景

日本在國土綜合開發的架構下，長期穩定的持續推動道路的建設，並依「道路整備計劃」以五年一期定期檢討，自 1954 年起已經完成十一期的推動計劃，迄 2002 年止預估將完成全國 8'626 公里的高速公路，平均每年約有 250 公里的高速公路完工通車（邱士生、2000）；計劃推動的初期，由於道路建設的迫切，

相關環境保護及評估的準則未臻健全，致造成環境的許多衝擊，加上 1969 年起發生在日本全國各地的公害事件；更引發環保團體對道路建設主管機關的質疑。

1971 年設立的环境廳，在次年發表之第四回環境白皮書中，更提出以環境政策新座標為口號的許多相關環境保護法案，如：「都市綠地保全法」、「國土利用計劃法」等；故日本道路公團自 1973 年起開始委託學術機構，探討道路建設對周邊植生的影響；1929 年日本第一條所謂的生態道路（Eco-road），春日山周遊道路再度被奉為主旨，其後的高速公路建設，在環境保護的潮流及日趨嚴謹的法規下推動，累積了許多道路建設與環境共生的經驗；1994 年隸屬於建設省的道路環境研究所，更設立生態道路檢討委員會，推動道路建設與環境共生技術的相關研究；惟與歐陸推動初期的情況類似，個案的操作多僅局部的環境保護與棲地的維持，對於較大尺度的景觀生態聯繫與維持，在現行法規的規範下仍較無法關照；惟 2000 年聯合國生物多樣性條約締約後，日本政府已將自然棲地的減少、阻隔、棲地環境品質降低的防止等課題，列入環境基本計劃中，作為 2001 年的施政目標（日本環境省，2001），相關的生態補償法規，業已蒐集世界各國經驗積極推動中。

另為配合各項公共建設環境影響評估，量化資料之需求，日本環境廳每五年會提出全國之國勢調查；提出完整之環境監測觀察報告（日本環境法令研究會，2000）；如標的物種演替過程的監測、全國潛在植被圖等；這些調查成果，均是道路建設路廊研選之重要參考；日本道路公團在 1997 年對於生態道路的目標，提出了推動之原則其中在規劃設計階段，生態道路至少必須做到以下要求：1.景觀空間解析：基礎資料調查 2.路廊初擬（配合環境資料庫）3.替選方案環境影響評估 4.最適路線選定 5.保全對策檢討（迴避、減輕、代償）



山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

日本道路建設與環境共生之理念自 1973 年開始委託研究計劃，至 1997 年正式推動生態道路以來，累積了許多案例的經驗，其對環境保育的對策包括：棲地的復育與再生、棲地的創造、棲地條件的提昇、棲地碎裂的連結、目標物種的繁殖或移植及其他對策等六大類，其手法因應基地條件、施工要求、目標物種及環境特色而有不同，惟經施工前後之監測資料顯示，其成效均已達成預期之目標。

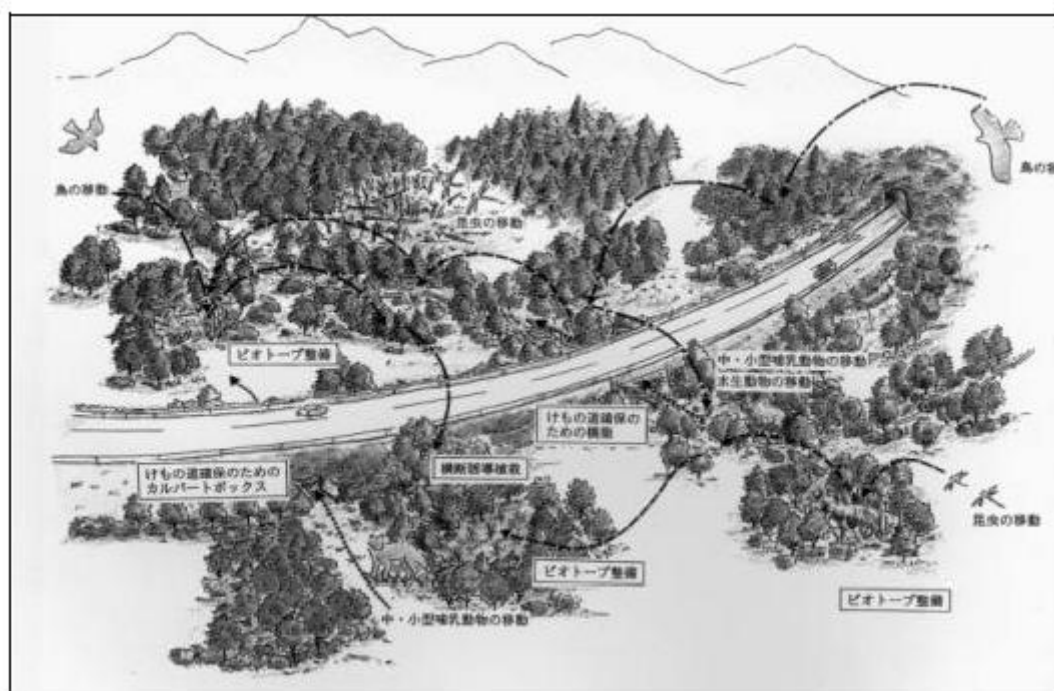


圖 3.1 生態道路概念圖

表 3.1 日本的道路生態工法案例資料分類

保育對象分類		保育對策分類
I 植物	A.水生	1. 棲地的復育與再生 2. 棲地的開創 3. 棲地條件的提昇 4. 棲地碎裂的連結 5. 目標物種的繁殖或移植 6. 其他
	B.溼地	
	C.陸生	
II 魚類	A.河川	
	B.湖泊	
	C.迴流魚場	
III 中小型動物	蛇、兔、爬蟲類等	
IV 大型動物	鹿、猴、狸等	
V 鳥類	A.中小型鳥	
	B.猛禽	
	C.水鳥	
VI 昆蟲		
VII 棲地環境		

資料來源：廣賴利雄，1999

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

表 3.2 日本道路建設應用生態工法案例一覽表

編號	道路名稱	保育對象	分類編號	生態工法對策	對策分類	主管機關	成效
1	日光宇都宮高速公路，日光交流道至清瀧交流道路段	整體生態環境	VII 棲地環境	表土保存 地面植生復原	1 棲地的復育與再生	日本道路公園	植生生育良好
2	日光宇都宮高速公路沿線（櫛木縣）	植物	IC 陸生植物	邊坡坡度調緩，種植原生喬木	1 棲地的復育與再生	日本道路公園	確認植生成長
3	東富士五湖道路（山梨縣）	陸上植物	IC 陸生植物	補植現有優勢種	1 棲地的復育與再生	日本道路公園	植生生育恢復良好
4	中部縱貫自動車道安房峽（岐阜縣、長野縣）	陸上植物	IC 陸生植物	工址植栽移植 邊坡完成後再移回並補植現有優勢種	1 棲地的復育與再生	日本道路公園	
5	東名自動車道：（靜岡縣濱松市附近）	陸上植物	IC 陸生植物	邊坡原生林保存	1 棲地的復育與再生	日本道路公園	植生生育良好
6	首都高速公路東京都 3.4.5.6 號線	陸上植物	IC 陸生植物	高架橋下綠化 耐陰樹種的利用	1 棲地的復育與再生	日本道路公園	
7	名神自動車道	陸上植物	IC 陸生植物	工址植栽移植 邊坡完成後再移回並補植現有優勢種	1 棲地的復育與再生	日本道路公園	
8	首都圏中央聯絡道路	陸上植物	IC 陸生植物	邊坡植生生態綠化工法	1 棲地的復育與再生	建設省	
9	日光宇都宮高速公路，日光交流道至清瀧交流道路段	兩棲類及爬蟲類	III 爬蟲類	保育類烏龜產卵棲地遷移替代	1 棲地的復育與再生	日本道路公園	新棲地已有繁殖紀錄
10	鳥取縣米子自動車道	兩棲類及爬蟲類	II 爬蟲類	路廊切割造成天然紀念物兩棲類之水域棲地阻隔研擬替代棲地補償	1 棲地的復育與再生	日本道路公園	

資料來源：廣賴利雄，1999

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

### 3.2.2 日本一路線計畫

1. 日本北海道縱貫自動車道：減少採伐原有森林，將原有森林計畫為中央分隔島。如圖 3.2 所示。

位 置：北海道苫小牧市～千歲市

法的規制：

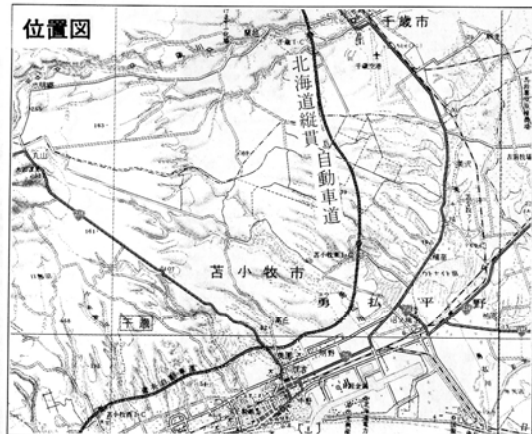
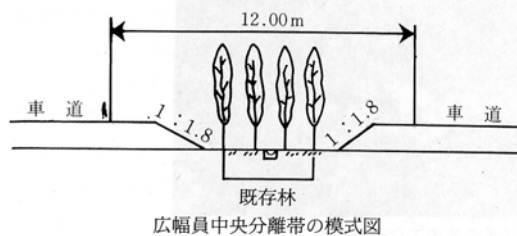
道路規格：第1種1級，設計速度120km/h

供 用 年：1978年度

事業主体：日本道路公團

背 景

北海道縱貫自動車道（道央自動車道）は、苫小牧



線形の検討によって広幅員中央分離帯に保全された既存林

圖 3.2 日本北海道縱貫自動車道(資料來源:日本道路公團)

2. 日本國道 11 號：為保護國家級天然紀念物 *Juniperus chinensis* (樹齡 1000 年)，將原計畫路線向南移動 30m。

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

### 3.2.3 表土保全與植栽

#### 1. 日本東富士五湖道路：表土回鋪並移植原有植栽。



位置：山梨県南都留郡河口湖町～静岡県駿東郡小山町  
法規規制：富士箱根伊豆国立公園（特別地域）  
道路規格：第3種1級，設計速度80km/h  
供用年：1986年度  
事業主体：日本道路公団



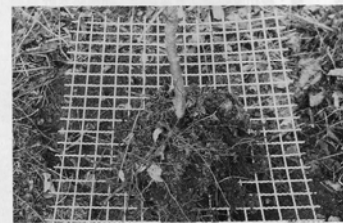
土壤断面。当該道路は、富士山の火山活動によって発生した溶岩流や火山灰等を起源とする多様な土壌がみられ、出現する植物にも影響を与えている（1983年撮影）



仮置中の表土。仮置地を確保するため道路用地外の新たな土地改変は避ける必要がある。ここでは将来車線を使って表土を仮置している（1983年撮影）



表土の復元。埋土種子の発芽を期待する場合は、できるだけ薄くする必要がある。ここでは50cm厚とした（1985年撮影）



既存木の利用。建設前に生育している樹木を移植して利用することは、他地域からの移入を少なくするので、自然環境の保全にとって望ましい（1983年撮影）（提供：日本道路公団）



植栽後の状況（1985年撮影）

### 3.3 德國巴伐利亞省的道路棲地復育

#### 3.3.1 推動背景

德國在 1935 年完成了第一條高速公路（從法蘭克福至達姆城），迄 1997 年底德國高速公路的總長已達 11,264 公里，預計 2010 年全德國高速公路路網將達到 13,200 公里，平均每年約有 180 公里的高速公路完工通車（邱士生，2000）；在歐陸部分德國是最早提出「生態工法」相關概念的國家；早在 1938 年德國的 Seifer，便首先提出近自然河溪整治的觀念，其後歐陸各國如德國、瑞士、荷蘭等除個案的治標提出生態工法的理念外，更積極的期望從更宏觀的景觀尺度來解讀自然的脈絡；進而推動維持自然界一個生態網絡完整（no-net-loss）的目標，其中德國的巴伐利亞省（Bayern）在 1993 年 6 月通過了「生態補償原則」（Ecological Compensation Principle）的相關法案。使得道路建設對生態環境之衝擊能透過該制度的推動得以補償。以下僅就德國巴伐利亞省 B300 號高速公路在推動環境保護對策及生態工法之案例提出說明。

#### 3.3.2 巴伐利亞省 B300 號高速公路棲地復育案例

德國的巴伐利亞省，在興建 B300 號高速公路時，利用一個交流道匝道綠地，面積約 4 公頃，將其規劃一個濕地生態區，在 800 平方公尺的土地上，挖掘了一個平均深度 3 公尺的池塘，並引入附近哈根河的河水，依據現地縝密的環境調查，種植原生植物，並模仿濕地景觀進行適當的棲地營造，僅在初期做適當的維管外，其餘就交由大自然作生態的演替。經過三年的觀察與紀錄，生物相景觀之豐富，超出預期的估計，濕地豐富的植物相及提供的食物能源，使其成為候鳥的過境棲地，候鳥的排遺又成為植物生長之能量，自然生態循環及演替，使維管成本降至最低，同時

亦使 B300 號高速公路，達到運輸廊道與生態跳板之雙重功能，成為一個道路建設與環境共生之成功案例。



### 3.4 國外案例經驗的討論

綜合先進國家的案例經驗及作法，我們可以發現道路建設要達到環境共生之目標在政策機制、配套法規與環境保護對策等面向的配合，其成功特質茲討論如下：

#### 3.4.1 美國 I-70 公路的經驗

美國 I-70 公路的係當前道路建設與環境共生之典範，北宜高之推動亦師法相關對策施行，為其成功之關鍵及特質係基於制度的建立、跨部門的合作及環境意識凝聚的支持，其成功之特質在於：

- 1.跨專業的整合機制：透過不同專業的諮詢及整合，並投入千萬美元的環境研究計畫，展現了生態保護的決心。
- 2.跨行政部門的整合：除路權範圍內之影響控制外，並納入道路影響範圍的復育；整合不同之行政部門；將環境衝擊降至最低為目標；如高爾溪的河道整治計畫。

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

3. 規劃、設計與施工同步：二十餘公里的高速公路，耗費十餘年的時間規劃設計，同時因應施工現地問題，委託臨時研究計畫，將調查回饋至施工對策的研提，並納入長期監測計畫評估成效。
4. 施工課題與因應對策：採用橋樑新工法及棧道通過環境敏感區，且因地制宜研提環境保護對策，降低環境之干擾。
5. 師法自然：部分排水渠道及消能設施，捨棄標準的工業成品而採師法自然之方式就地取材。
6. 其餘相關之生態工法對策包括：服務區之綠建築手法、邊坡緩坡處理、植物與環境的保護設施、動物路徑和濕地的保護、表土及原生花草的利用等。

#### 3.4.2 日本的生態道路經驗

日本之整體環境與台灣類似，道路建設因應經濟發展的急迫性亦面臨與台灣一樣之壓力，但高速公路之建設透過民間組織：道路公團之推動，在完備的政策機制及法規基礎上展現極佳之效率，平均每年有250公里之高速公路完成通車；相關環境保護對策雖多沿襲自歐美之經驗，但卻加以發揚光大，累積許多成功案例與對策，其主要之成功經驗在於：

1. 建立嚴謹及完整的環境資料庫：五年一次的國勢調查，長期累積之環境資料，支持對策成效的評估與研擬。
2. 成立專責單位，長期研究「道路生態環境」之相關議題；作為工程單位之環境顧問。



- 3.建立完整之環境保護對策清單及推動流程，並貫徹環境保護之決心。

### 3.4.3 荷蘭及德國的經驗

荷蘭與德國政府在 1993 年 6 月同步推動了「生態補償原則」的相關法案，從國家整體環境的脈絡中研擬了宏觀的「生態網絡計畫」，將運輸路網納入整體的自然景觀網絡中，以降低路廊對棲地的不當切割與碎裂的衝擊；係較具遠見的環境保護對策，因為該方案的推動，對於生態環境衝擊的補償及道路路廊建設的評估，提出全新之視野；道路的新建不再是解決交通問題唯一的選項；其針對重大公共建設的環境衝擊管制及補償策略，係依據：迴避、減緩及補償等三個原則來評估；經過立法及相關的宣導之後；政府及民間的工程建設，已能將對環境衝擊減低的成本，納入整體開發預算中來考量，其在生態補償策略之相關經驗，值得台灣學習思考。綜合各國之成功經驗及案例；以下茲就道路與環境共生之關鍵，分述如下，以作為日後推動之參酌：

- 1.環境政策方向清楚明確，並投入所有資源
- 2.國土開發結合交通建設配套實施並且定期檢討
- 3.道路定線事前經詳細且紮實的生態調查
- 4.嚴謹可行的環境影響評估機制
- 5.健全的土地代償制度及相關配套措施
- 6.透明的交通決策及開放的民意管道
- 7.開放的招標法規及制度（設計施工統包、BOT 策略）
- 8.合理的施工時程，避免其他外力的干擾



山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

案例		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
施行 時程	計劃階段			◎														◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	9
	設計階段				◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	19
	施工階段		◎	◎																			◎	◎		4
	維管階段	◎								◎													◎	◎		4
相關 法規	文化財、天然紀念												◎													1
	自然公園							◎	◎	◎	◎															4
	都市公園										◎															1
	鳥獸保護區			◎										◎												2
	其他保護區			◎										◎	◎	◎							◎			5
	生態補償原則																◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		7
	選線																◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		7
	線形檢討及改善	◎	◎				◎						◎		◎	◎	◎						◎			8
施行 對策	道路構造形式的 橋樑	◎		◎											◎								◎			2
	隧道						◎								◎								◎			3
	擋土牆										◎												◎	◎		3
	路堤、邊坡斜率						◎																			1
	柵欄				◎			◎				◎														3
	水路魚道	◎																								1
	鳥類誘導植栽				◎																					1
	防止動物侵入路	◎			◎			◎							◎											4
	邊溝、跌水工							◎															◎			2
	照明設施、遮光板													◎												1
	遮光隧道																									
	警告標誌、說明牌	◎			◎							◎														3
	棲地移設替換										◎															1
	表土保留再利用										◎															1
	植栽	◎									◎												◎	◎		4
	原生植物移植	◎							◎	◎	◎				◎											5
	創造新棲地			◎					◎					◎										◎		4
	施工時考量								◎														◎			2
	後續維管																						◎			1
	生態補償原則																				◎	◎				2
	環境友善方案																◎	◎	◎	◎	◎	◎				6
	其他（管理手法）																◎									1

案例名稱代號：(1-15為日本案例)

- |             |                  |                    |
|-------------|------------------|--------------------|
| 1 國道 334 號  | 9 日光宇都宮道路        | 17 荷蘭 A2-RSH 標高速公路 |
| 2 國道 40 號   | 10 日光宇都宮道路       | 18 荷蘭 A4-DS 標高速公路  |
| 3 北海道縱貫自動車道 | 11 常盤自動車道        | 19 荷蘭 A2-VSH 標高速公路 |
| 4 北海道縱貫自動車道 | 12 東北橫斷自動車道      | 20 荷蘭 A2-TE 標高速公路  |
| 5 國道 7 號    | 13 首都高速公路灣岸線     | 21 荷蘭 A15 標高速公路    |
| 6 國道 48 號   | 14 橫濱橫須賀道路       | 22 美國 I-70 高速公路    |
| 7 日光宇都宮道路   | 15 鬼首高速公路        | 23 德國 B-300 高速公路   |
| 8 日光宇都宮道路   | 16 荷蘭 A4-DB 高速公路 | 24 瑞士高速公路          |

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

案例	政策機制	配套法規要求	環境保護對策及生態工法應用
台灣	2001 年綠建築標章制度 2002 綠營建制度研議中 環境保護法	環境影響評估 (EIA)	生態綠化 邊坡保護植生 放流水管制 施工中環境保護對策 選線阻隔效應評估 施工減震工法選擇
美國 I-70 公路	1969 國家環境保護法案 (NEPA)	國家公園環境保護規範 野生動物保護法案 水資源保護法案 施工特定條款 環境影響評估 (EIA)	跨專業的整合機制 規設施工配合研究成果同步施作 選線阻隔效應評估 動物通道補償 施工減震工法選擇 施工道路降低環境干擾 服務區綠建築策略 排水溝消能及沉澱池之就地取材 河道墊治及棲地復育 邊坡處理以緩坡呼應自然 原生植物調查定位與保護 表土及原生草花利用
日本生態道路	1950 國土綜合開發法 1967 公害對策基本法 1980 幹線道路沿線整備相關法令 1993 環境基本法 (參照 1992 地球高峰會議之成果編訂)	環境基本計畫 自然環境保全法 生態道路推動概念 環境影響評估 (EIA)	路廊儘量避開環境敏感區 (迴避、減低、補償等三原則) 以高架橋及隧道通過環境敏感區減低衝擊 施工道路以纜車及豎井替代步行通過環境敏感區 留設動物通路 (動物斜坡) 並增設濕地 設置原有植生的環境設施 生態照明 (避免昆蟲撲火效應)
德國	聯邦交通建設網要計畫 聯邦交通計畫	生態補償原則 環境影響評估 (EIA)	棲地復育 棲地條件的提昇 棲地碎裂的連結
荷蘭	國家運輸路網法案 國家環境政策計畫 (MHPE 1989) 環境友善最適方案 (MEFA) 國家自然政策計畫 (MANF1990)	生態補償原則 環境影響評估 (EIA)	環境衝擊減輕策略部分 1. 金屬護欄高度檢討 2. 泥岩沉澱池 3. 動物道路 (隧道及跨越橋) 4. 棲地條件的提昇 生態補償部分 1. 林地補償 109 公頃 2. 棲地補償 12 公頃 3. 灌木林 25 公頃 4. 草原 56 公頃

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

案例編號	案例名稱	施工時間	主管機關	對策摘要	背景資料	相關對策
1	334 號國道北海道斜里郡斜里町真鯉	1993-1996	北海道開發局	1.線型調整 2.動物移動路徑的設置與誘導 3.動物防護柵欄的設置 4.增設行車注意標誌 5.誘導植栽的補植減少動物傷亡	國道 334 號斜里町真鯉段經常發生麋鹿與行進開車輛衝突的交通事故，為尋求交通安全與自然保育的平衡點研議相關解決對策	經於 1993 年召集相關學者專家了解事故緣由後研議可能導致事故之原因及對策如下： 1.衝突發生的原因 （1）道路周邊的自然環境 （2）麋鹿的習性 （3）用路人的相關問題 2.對策的檢討 （1）道路線型的改善 （2）動物移動跨越橋的設置 （3）道路警告標誌的設置 （4）邊坡麋鹿喜好植栽種類的遷移 （5）增設反射鏡面，增加用路人反應時間
2	40 號國道北海道中川郡中川町字富和	1991 年	北海道開發局	1.魚道的改善	國道 40 號跨越天鹽川水系時道路構造物阻斷原排水方向，相關跌水工的設計未考量原有棲地物種魚類迴游上溯的習性，致造成物種與棲地的隔離	經於現地會勘並會同相關魚類生態學者了解目標魚種之生活史及相關習性後檢討跌水工之垂直落差構造，了解造成魚類無法迴游之原因後；增設魚道斜坡，並於坡面上設置攀附圓石傳利魚類之迴游上溯。
3	道央自動車道（北海道縱貫自動車道）	1978 年	日本道路公園	1.線形檢討 2.原生林帶的保留	北海道道央自動車道小牧至千歲段因線形經過生長良好之林帶，在細設階段路線檢討後認為該林帶有保存價值，復研議相關對策。	經於現地會勘後決定調整線形將道路用地縮減至最小範圍，同時將南下北上側分離，將部分 12 公尺寬之林帶保留為中央分隔帶；施工階段並於相關特定條款中述明對現有林帶植栽的保存，並限定做最小幅度的衝擊；承包商需針對前述議題提出施工計畫送審後方可施作。本案於規設階段因地制宜彈性拉開雙向之線形，減少對原地形地貌的破壞，同時於施工階段研議相關機制保護原有植生林帶；惟後續對中央 12 公尺寬之林帶棲地之保存及移動路徑的長期觀測，仍待符合相關資料的彙整；俾提出完整的環境共生對策。
4	北海道縱貫自動車道（北海道白老郡	1983 年	日本道路公園	1.橋樑形式及工法的檢討 2.施工時的環境考量	自動車道白老郡段 polodo 湖附近因線形經過原生林及部分濕地，為使道路建設減輕對環境之干擾及破壞，避免橋樑落墩及施工時	1.道路構造形式（橋樑）的檢討 為免對該環境敏感區造成衝擊，經檢討相關工法及構造物形式後決定採單跨橋（single span）跨越該原生林及濕地。

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

白老町)

對環境避免的干擾故針對橋樑形式及施工時之環境考量提出檢討。

5. 國道 7 號-南秋田外環道 (秋田縣秋田市新屋町)

1992 年 建設省

1.棲地保育隔離網的設置

1982 年國道七號線，南秋田便道在跨越雄物川時，在河左岸的林地內發現保育鳥類的大型棲地，經過十年的長期觀測發現族群數量越來越多，兩種目標鳥類的族群已高達 500 隻；為免棲地範圍朝南邊擴張與現有道路範圍衝突急需思考相關對策謀求棲地與道路共生之道。

2.施工中的環境保護

為維護該區之完整避免施工中之干擾，橋樑之工法採懸臂工法 (cantilever) 施作；施工期間均於高空完成，對地面之干擾降至最低。

3.設計階段的檢討。

為維護人工構造物與自然的和諧，橋型及橋台的設計做最輕巧的跨越，以減少人工構造物在自然環境的景觀衝突。

為防止棲地往南側擴張，在該向之坡地邊界上設置高 23 公尺的隔離網，干擾鳥類棲地的擴張並誘導其往北邊發展，經設置後觀測評估：族群數量未減少且棲地業經誘導往北向發展，迴避了保育鳥種與道路利用的可能衝突；(如飛越道路對用路人的干擾及鳥糞的道路公害、道路噪音、廢氣排放對棲地的干擾等) 該案例說明了預測問題與解除對策的重要。

6 國道 48 號 (仙台北道路) 宮城縣仙台市青葉區

1987 年 建設省

1.臨河面自然邊坡的保存  
 2.道路構造形式的檢討 (擋土牆的設置、邊坡斜率的檢討)  
 3.原生林帶的移植

國道 48 號道路係於 1971 年定案，並期望在道路建設的過程中降低對自然景觀的影響故就以下課題提出檢討。

1.調查路權範圍內之植生現況

施工前針對開挖部分之範圍作現有植生現況的調查俾利掌握植群社會之分佈；並將調查結果納入施工說明中作為施工中保護及移植之依據。

2.道路構造形成的檢討

為其對地表作最小之干擾，相關邊坡面之斜率調整為 1:0.8 (一般範圍 1:1.5)；至於川內隧道與青葉隧道間之明挖路段，因線形設計關係為保留鄰接廣瀨川臨河面之完整，在考量路權用地與地表最小開挖的情形下採 L 形擋土牆之設計。

3.現有植栽的移植

將開挖面之原生植栽移植至臨河面之邊坡上以維持該植群社會之組成。

臨河面邊坡之棲地是生物龐雜度最高的區域，一但破壞後要藉由人工的力量短時間實難回復原先自然的狀態，故積極的保全臨河面之棲地避免人工的干擾將

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

7	日光宇都宮道路	1981年	日本道路公園	1.道路線形的檢討 2.道路構造形式的檢討(改採隧道穿越)	日光宇都宮道路從日光交流道到青瀧交流道間之路段經過日光國家公園之範圍，因此道路建設從計畫、設計到施工等各階段都特別強調道路的建設與自然環境共生共存的課題，故提出以下之因應對策。	是公共建設之重要課題。 1.道路構造形式改採隧道穿越 鳴蟲山路段原設計係以路堤方式通過，惟對地形改變太大經評估後改採隧道穿越方式通過，降低環境衝擊。 2.道路線形的檢討 從鳴蟲山隧道到安良澤路段，為考量路幅寬度及道路高程原計劃採高填土之路堤，但經評估後認為高填土的取土必定造成大面積之開挖，馬上面臨景觀破壞及生態環境的衝擊；經檢討後將線形向大谷川方向移動並檢討路堤高程之實際需求部分改為低路堤方式或橋樑興建，以對地表做最小幅度之變動為最高指導原則。
8	日光宇都宮道路	1981年	日本道路公園	1.動物移動路徑的確保 2.道路構造形式的檢討(改採橋樑穿越) 3.防護柵欄形式的檢討	日光宇都宮道路從日光交流道到青瀧交流道間之路段經過日光國家公園之範圍，因此道路建設從計畫、設計到施工等各階段都特別強調道路的建設與自然環境共生共存的課題，故提出因應對策。	1.道路構造形式改採橋樑穿越 本道路經過鳴蟲山路段原設計係以路堤方式通過，惟路線經過部分野溪，若以路堤穿越，將阻斷現有棲地動物沿野溪覓食之路徑，經評估後局部路段改採橋樑穿越方式通過，俾降低環境衝擊。 2.動物移動路徑的保留 規劃階段透過事前詳實的生態調查了解計劃範圍內，相關棲地分佈、物種數量、族群、移動路徑等，依據該資料佈設相關動物移動路徑；路堤部分依據目標物種之高度及相關習性設計，並增加相關之誘導機制如：覓食植物的補植等替代原阻斷之生活路徑，另部分排水及截水道增設不銹鋼隔柵，並檢討其孔徑避免小型動物經過足部陷落，以上設計皆透過事前之生態調查，提供具體措施，降低生態之衝擊。 3.防護柵欄的檢討 路權範圍增設刺絲網，防止動物侵入路面造成交通事故。
9	日光宇都宮道路	1981年	日本道路公園	蛙類產卵的移轉替代	日光宇都宮道路從日光交流道到青瀧交流道間約6公里的路段經過日光國家公園之範圍，因此道	1.於道路用地外另尋新的替代產卵地 經調查該棲地周圍環境之特性後擬於路權範圍外(國家公園區內)另尋類似棲地替代，並以直徑2公尺，

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

10	日光宇都宮道路	1981年	日本道路公園	表土的保存與再利用	路建設從計劃、設計到施工等各階段都特別強調道路建設與自然環境共生共存的課題，經現地生態調查後在路權範圍內燒場澤地區之棲地發現保育蛙類物種的產卵地，期望在不變更線形的條件下提出因應對策。	水深 50 公分之水池取代原產卵棲地之水池；周邊並補植相同之植栽及覆蓋水池之枝葉。
11	常盤自動車道	1985年	日本道路公園	保育種蜻蜓棲地的移設	日光宇都宮道路從日光交流道到青瀧交流道間約 6 公里的路段經過日光國家公園之範圍，道路建設的過程如何減輕對現有植被的破壞與干擾，並積極的思考植生景觀復原之道係本案積極因應之課題。	人工棲地之置換由於缺乏時間向度的演化至整體生態機能仍未能完全滿足原棲地之條件，惟本案經觀測後確認已有新的族群於人工棲地上產卵，已達初步之目標；但後續觀測維管及生活史的掌握仍待持續觀察。
12	東北橫斷自動車道（山形自動車道）	1991年	日本道路公園	路權防護柵欄的改善	Bachimo 蜻蜓係日本境內中體型最小的一種，惟常盤自動車道的線形卻經過小木津山自然公園的蜻蜓棲地，故如何在道路建設的過程減輕對現有棲地的破壞與干擾，並積極的思考棲地保存之道係本案積極因應之課題。	1.表土的保存與再利用 原生林區之表土係植群物種之土地銀行；經長年的生態作用表土富含豐富之腐植質及種源庫；為減輕對植群的干擾加速植群社會的演化；經調查後擬保留開挖路權範圍之表土，俟路面完工後再回覆鋪植於附近邊坡；本案共保留了 5 萬立方公尺表土；並於完工後鋪植於路面邊坡上，覆土厚度為 1 公尺。
					本自動車道線形經過日本保育類動物；日本麋鹿的棲息地；特別在本路段關澤交流道至山形交流道間之區域經常發生大型麋鹿侵入路權範圍致與車輛衝突的交通事故，故如何研擬一套防止入侵的對策係本案維管單位急待因應之課題。	1.保育種蜻蜓棲地的移設 經會同相關專家的評估後，針對該蜻蜓的生活史進行研究並擬定對策如下；由於本案路權範圍貼近原棲地，施工過程無法避免對棲地的干擾及破壞，經討論後決定於附近濕地先行佈設一類似之棲地環境，待棲息條件檢定相似後將蜻蜓之幼蟲移至新的棲地中；俟該段工程完工之後再將幼蟲移往原生棲地完成其生活史，施工期間並於移設之新棲地設置施工圍籬並進行相關環境指標的觀測，除水質水量之指標外，並禁止人為干擾。
						本案經沿路權範圍之防護柵欄逐點檢討後，針對容易侵入地點之地形並衡量麋鹿的跳躍能力提出因應之方案，一般區域護欄高度 1.5 公尺至於積雪較多之區域則調整為 2.3 公尺。本案如何在道路交通安全與野生動物的保育上取得平衡點係本案重要之課題，尤其像日本麋鹿這種大型哺乳動物若輔以地形的優勢加上其跳躍能力要侵入路權範圍內實係輕而易舉之事，尤其在冬季積雪時節覓食不易麋鹿常會成群侵入高速公路的邊坡造成交通事故；故除消極的增高護欄高度、調整接近護欄

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

- |    |           |       |          |                                  |
|----|-----------|-------|----------|----------------------------------|
| 13 | 首都高速公路灣岸線 | 1982年 | 首都高速公路公園 | 1.道路線形檢討<br>2.照明設備檢討<br>3.遮光板的設置 |
|----|-----------|-------|----------|----------------------------------|

首都高速公路公園在規設灣岸線路段時，無法迴避千葉縣市郊綠地特別保全地區的範圍，該區係昔日貴族的宮內町新濱御獵場，面積約有 83 公頃，區內係以水鳥為主的野生鳥類重要棲地；且於 1979 年立法通過將本區南側約 56 公頃的範圍劃設為縣立鳥獸保護區；本路在規設階段的環境影響評估便面臨線形調整與道路照明對水鳥保護區影響等課題。

- |    |                     |       |        |           |
|----|---------------------|-------|--------|-----------|
| 14 | 橫濱橫須賀道路橫濱市金澤區釜利谷町路段 | 1990年 | 日本道路公園 | 水生生物棲地的創造 |
|----|---------------------|-------|--------|-----------|

橫濱橫須賀道路在釜利谷系統交流道附近周邊地區係金澤市民平時最喜歡親近之林地，該區周邊生育良好的植栽亦為多種水生昆蟲重要之棲息地；如何兼顧道路建設及棲地的保存係本線之重要課題。

之地形外更應積極的考慮道路建設對動物覓食路徑切割的補償；提供替代路徑補植誘餌植生等是當務之急。

#### 1.道路線形的檢討

本案道路線形經檢討後已調整至御獵場範圍外，惟部分路段仍貼近保護區範圍。

#### 2.路線高程的檢討

為免道路照明設施照度範圍過大，影響保護棲鳥類之棲息；經檢討降低部分線形高程以低路堤方式通過保護區邊緣。

#### 3.照明設備的檢討並增設遮光板

為避免道路照明設施之光照度影響鳥類之棲息地，將設置於路肩之燈桿移至中央分隔帶，另為免大型車輛較高車燈之燈光影響，另於保護區外圍之路肩側增設高 1 公尺總長 62 公尺之遮光板，以阻斷光源。

經現地會勘，並檢討目標物種之生活史及棲地條件後，擬將本路路面污水排放管線加蓋，另於平行段增設水生昆蟲之水路，並補植棲地原生樹種；重新營造目標物種之棲地；其主要對策如下：

#### 1.供應穩定的水量

為免因水位不穩定造成族群的干擾，本案水路設計時以混凝土封底俾免水量流失，另考量暴雨水位，增設分流設施以保持水位的穩定。

#### 2.水質的溶氧性的監測

為確保水中之溶氧性，水道設計多段之段差形成多樣化之水流及流速。

#### 3.棲地的整治

目標物種多於護岸產卵，為防止成蟲棲地之溫度過高，沿水路林地廣植棲原棲地相關樹種及食餌來源。

#### 4.目標物種種源的確保

除野放之數量外另於其他區域採集一定數量於實驗室繁殖，俾免族群減少。

## 第四章 研究方法

本研究為了建構山區道路景觀改善時如何運用生態工法之準則，將先由理論探討，再進一步利用多門學科之學者專家的個別判斷，整合成一個客觀性、綜合性科際整合（Interdisciplinary）的因素架構，以供後續工程進行道路景觀改善時運用生態工法施作之參考。因此本章先就本研究之研究設計，包括問卷設計、學者專家之選定狀況及本研究因素之選取步驟及方法加以說明，再闡述本研究採用模糊德爾菲法（Fuzzy Delphi）和分析階層程序法（AHP）的理由、特點及其架構。

### 4.1 研究設計

#### 4.1.1 研究方法

本研究所謂之「準則評估」，係指藉由專家學者依據道路環境現況因子，在兼顧道路安全及生態保護之前提下，選定需採用生態工法之因素及其相關條件，藉此訂定運用準則。因此，就問卷內容而言，其重點是在分析哪些環境現況因子是需採用生態工法設計的，及其相互間之重要性如何？由此，本研究之問卷將分為二階段，第一階段係以模糊德爾菲法制成問卷，借重學者專家之經驗與學識作為因素篩選與修正之依據；第二階段則以分析階層程序法製成之問卷，賦予各因素相對權重。

模糊德爾菲法是群體決策法的一種，其主要是借重學者專家們之事與經驗，透過匿名方式及回饋作用，以獲取學者專家們的共識，尋求學者專家們對特定預測對象的一致性意見，因此此法注重學者專家個人的思維和專門技術，不僅可收集思廣益之效，亦可得到專家獨立判斷之品質。本研究為篩選評估因子及修正因素架構，將本研究初步篩選所得之各項因素製成結構性問卷，以求意見易於收斂；同時，



為使學者專家們對於本研究初步建立之因素及其架構得以充分表達其意見，因此問卷中設計有開放式意見欄。所以，本研究第一階段之模糊德爾菲是屬於半開放式的問卷，其問卷內容主要包括四大單元：第一單元略述本研究之緣起與目的，第二單元為本研究初步歸納之因素及其架構說明，第三單元為因素勾選區，第四單元為開放式意見欄。

分析階層程序法是以系統化的方式，將複雜、不確定情況及具有多個評估準則之決策問題簡化，建立一具有相互影響關係的要素層級結構（Hierarchical Structure），以助於問題之分析。本研究第二階段之分析階層程序法問卷，是藉由學者專家經模糊德爾菲問卷所達成之共識而製成之結構性問卷，採用對偶比較法（Pairwise Comparison）分別配對比較各因素間之相對權重關係；同時為了瞭解學者專家判斷各因素衡量之原則和理由，第二階段之分析階層程序法問卷亦涉有開放式意見表達處。所以本研究第二階段之分析階層程序法問卷亦屬於半開放式的問卷，其問卷內容主要包括三大單元：第一單元為問卷填寫說明，第二單元為本研究因素之選取結果及相關說明表，第三單元為權重比例之勾選。

為顧及學者專家回擲問卷之便利性，本研究之模糊德爾菲問卷與分析階層程序法問卷皆採郵寄或傳真方式與學者專家進行溝通。

#### 4.1.2 學者專家之選定狀況

本研究在探討道路景觀改善如何運用生態工法為主，並以學者專家之意見調查為獲得資料之方法，因此，本研究在選擇訪問之學者專家時，係以下列原則為依據，亦即本研究選定之學者專家，至少符合下列原則之一：

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

- 1.實際從事道路、景觀、生態規劃者。
- 2.從事與本研究主題相關之教學研究工作者。
- 3.專業背景與本研究主題相關者。
- 4.目前在國內相關領域具有相當名望者。
- 5.曾發表本研究主題相關文章之研究者。
- 6.目前實際從事道路經營管理者。

未來本研究將依據上述原則並兼故問卷之回收率，避免因問卷回收份數過少或產生無效問卷（漏填或過期）而影響意見調查之客觀性選擇專家學者名單。

#### 4.1.3 因素選取步驟及方法

本研究選取評估因素的步驟及方法如下：

- 1.本研究初步篩選之因素及其架構，乃是綜合國內外學者專家、研究人員、行政人員在實際案例中所考慮的因素，先以明細表法（Checklist）進行相關因素的綜合歸納，再以主觀衡量技術，進行道路現況因子之初步選取與過濾所得。
- 2.將前項初步篩選與過濾所得之因素及其架構，製成模糊德爾菲問卷並將問卷寄發各相關領域之學者專家填寫，待學者專家之意見形成共識收斂後，將問卷結果重新整理（包括修正因素架構），作為本研究之評估因素。
- 3.將模糊德爾菲問卷結果所得之評估因素，製成分析階層程序法問卷，寄發予前述之專家學者填寫，再將學者專家之意見以分析階層程序法分析後，求得各因素間之相對權重。

#### 4.1.4 資料分析方法

本研究採用模糊德爾菲法及分析階層程序法，作為本研究問卷資料之分析工具，因此，本節將分別探討模糊德爾菲法及分析階層程序法的特點、架構及其在本研究中之應用情形。

## 1. 模糊德爾菲法

### (1) 傳統德爾菲法 (Delphi Method)

傳統德爾菲法是一種借重學者專家的知識與經驗，透過匿名方式及回饋作用，而達成決策共識的溝通工具；其注重學者專家的個人思維和專門技術，同時亦兼顧群體決策的共識性。而在進行傳統德爾菲法時，通常以 15 人之小型團體為基準，由一位協調者居中籌畫、擬定問卷與學者專家溝通，並將學者專家之意見加以彙整，直至獲取學者專家之一致性意見為止。但是，協調者在與學者專家溝通時，若學者專家的意見未趨於一致時，則須反覆進行，不僅費時，投入之成本亦相對提高；更可能發生因工作時間拖延過長，最後導致問卷回收率過低或無法回收之憾。故本研究在考慮以下三點原因之後，擬運用模糊德爾菲法取得學者專家在意見上之共識：

- A. 本研究受限於時間、金錢及個人溝通上的能力，無法經由傳統德爾菲法多次問卷往返、或對受訪者一一訪談的方式進行，故選擇使用模糊德爾菲法，以節省時間並避免人為誤差。
- B. 傳統德爾菲法需經由多次的問卷往返，方能發揮其功效，但卻容易造成受訪者填寫意願低落，導致問卷回收率過低或無法回收的情形產生。而模糊德爾菲法可將傳統德爾菲法之模糊性列入考量，減少問卷多次往返之缺失，故為增加問卷的回收率，廣徵各領域學者專家的意見，本研究擬以模糊德爾菲法代替傳統德爾菲法。
- C. 模糊德爾菲法亦是透過匿名方式及回饋作用，而達成決策共識的溝通工具，能使學者專家獨立的充分表達意見。

## (2) 模糊德爾菲法 (Fuzzy Delphi) 的理論基礎

傳統德爾菲法求取學者專家意見一致性的過程，是以反覆詢問學者專家意見的方式，要求學者專家依前一次調查結果之中位數（或算數平均數），來修正自己的意見；如果修正後之專家評值（中位數或算數平均數）落於下圖中的舉行區域時（ $a, b$ ），則代表專家意見已達成一致性。但是，下圖中的矩形區域代表的是一個決策者對於評值的可接受範圍，而究竟評值是落於哪一點，則並不明確；由此可知，傳統德爾菲法中隱含了模糊性，但卻在處理過程中未將模糊性納入考量。

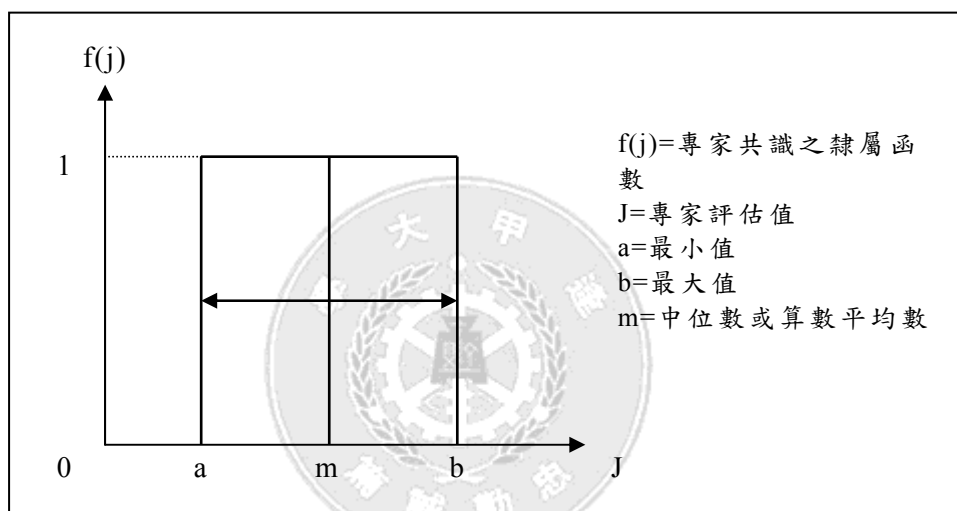


圖 4.1 傳統德爾菲法示意圖

鑑於以上之發現，本研究擬引進模糊德爾菲法之概念，以取代傳統德爾菲法中的模糊性；亦即以 Klir 及 Folger (1988) 提出之平均數一般化模式，將問卷所得之專家評值依 (1) 式至 (4) 式建立三角模糊函數 ( $N_A$ )，以求取學者專家意見之一致性，因此，傳統德爾菲法經由以上之處理後，可轉換為下圖所示之模糊德爾菲模式：以一般化平均數函數中的上限( $b$ )、下限( $a$ )為專家共識三角模糊函數之兩端點，以幾何平均數 ( $M$ ) 代表大多數專家之共識；最後由決策者依研究目的決定門檻值 ( $S$ )，以決定因素之刪除與否，即若因素之幾何平均數大於或等於門檻值時 ( $M \geq S$ )，則接受此因素為評估因素，反之 ( $M < S$ )，便刪除此因素。而如何調整門檻值 ( $S$ ) 全依決策者

之主觀認定，若決策者發現因素太少時，可將門檻值（S）降低；反之，可將門檻值（S）提高。

$$\tilde{N}_A = (L_i, M_i, U_i) \quad (a)$$

$$L_i = \text{Min}(X_{ik}), k=1 \sim n \quad (b)$$

$$M_i = \left[ \prod_{k=1}^n X_{ik} \right]^{1/n}, k=1 \sim n \quad (c)$$

$$U_i = \text{Max}(X_{ik}), K=1 \sim n \quad (d)$$

上式中， $X_{ik}$ ＝第 k 個專家對 i 因素之評價值；

$L_i$ ＝專家群體對 i 因素評價值之下限；

$M_i$ ＝專家群體對 i 評價之幾何平均數；

$U_i$ ＝專家群體對 i 因素評價值之上限；

i＝因素；k＝專家。

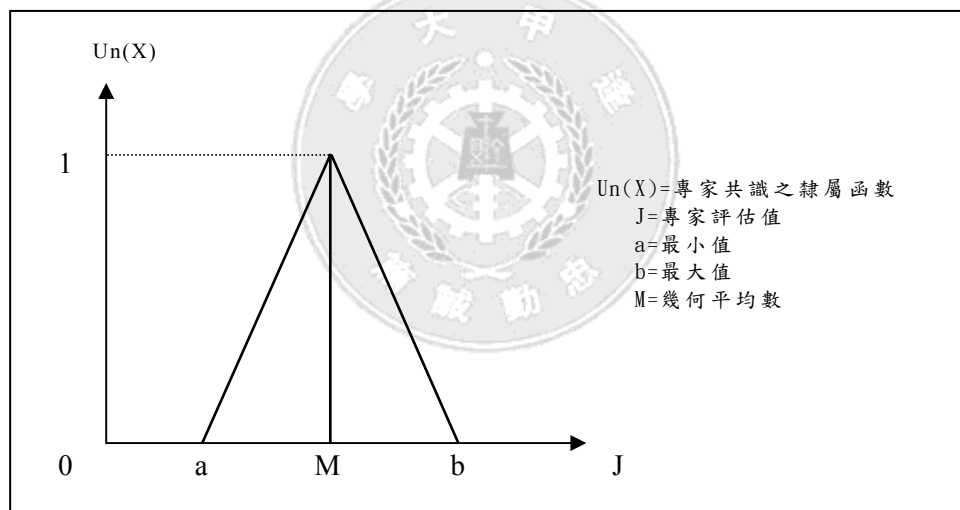


圖 4.2 模糊德爾菲法示意圖

(3) 操作程序：

本研究實行模糊德爾菲法（Fuzzy Delphi）的操作程序分為三個步驟，分述如下：

步驟一：建立因素集

本研究將廣泛蒐集國內外相關之文獻資料，並依據主觀衡量技術彙整建立因素集。

### 步驟二：蒐集學者專家意見

利用模糊德爾菲問卷蒐集學者專家意見，請學者專家由上一步驟所建立之因素集中，針對各個因素對本研究目標之重要性與否，予以主觀價值判斷並加以評分，以取得學者專家對各個因素之評價值。

### 步驟三：應用模糊德爾菲法篩選評估因素

將問卷所得之因素評估值加以整理，建立各個因素之三角模糊函數，並以三角模糊函數中的幾何平均數代表專家群體對此因素評價值之共識。最後由決策者依研究目的決定門檻值，篩選出適當的評估因素，並依因素篩選結果及學者專家之意見修正因素架構。

## 2.分析階層程序法

道路景觀改善運用生態工法之準則評估，是由一些交互影響的因素所組成，其涉及多個層面且複雜度很高（包括質化、量化等性質），故必須借重系統化的方法來簡化其複雜性，建立一具有相互影響關係的因素結構，以利於問題之分析、探討與制定策略。而分析階層程序法以層級分類方式，將複雜的問題結構簡化，因此，本研究擬以分析階層程序法求取各因素間之相對權重，以說明各因素在評估時之相對重要性。

### （1）分析階層程序法之要旨與假設：

分析階層程序法是由美國賓州匹茲堡大學 Saaty 教授於 1971 年時發展出來的多屬性決策分析方法，再經由後續不斷的應用、修正及驗證結果，至 1986 年時整個理論臻於成熟。而分析階層程序法主要應用在不確定情況下及具有多個評估準則的決策問題上，其主要目的即在將複雜的因素系統化，運用歸納思維的過程，將因素由不同的層面予以層級分解，並透過量化的判斷建立因素間之成偶對比矩陣，以求取各因素之優先向量（Priority Vector）及整體優先向量；俟通過一致性檢定之後，

即可成為評估之參考因素，提供決策者充分的資訊，減少決策錯誤的風險性。因此，分析階層程序法具有能採納及綜合多數專家意見之共識性是否符合標準等優點；也有專家主觀判斷之誤差現象存在，故操作時宜慎重選擇參與的專家且人數不宜太多。此外，在操作分析階層程序法時，亦需符合下列理論上之九項基本假設：

- A.一個系統可被分解成許多種類或成分，並形成有向網路的層級結構。
- B.層級結構中，每一層級的因素均假設具獨立性。
- C.每一層級內的因素可以用上一層級內某些所有因素作為評準，進行評估。
- D.比較評估時，可將絕對數值尺度轉換成比例尺度。
- E.成偶比較後，可使用正倒值矩陣（Positive Reciprocal Matrix）處理。
- F.偏好關係滿足遞移性：不僅優劣關係滿足遞移性（A 優於 B、B 優於 C、則 A 優於 C），同時強度關係亦滿足遞移性（A 優於 B 二倍、B 優於 C 三倍、則 A 優於 C 六倍）。
- G.完全具遞移性不容易，因此容許不具遞移性的存在，但須測試其一致性的程度。
- H.因素的優勢程度，經由加權法則（Weighting Principle）而求得。
- I.任何因素只要出現在階層結構中，不論其優勢程度是如何小，均被認為與整個評估結構有關，而非檢核階層結構的獨立性。

## （2）操作程序：

本研究利用分析階層程序法的操作程序分為四個步驟，分述如下：

### 步驟一：建立層級（Hierarchy）

本研究利用模糊德爾菲法，建立評估因素及其層級架構，用以探討各因素間對研究目標的影響。此外，基於人類對於 7 個以上事物進行比較易生混淆的假設下 (Saaty, 1980)，本研究對於每一層級因素個數的選取以不超過 7 個為原則。

#### 步驟二：建立成偶對比矩陣

分析階層程序法採用成偶比較之方式比較各因素間之相對重要性，因此，本研究就所建立之因素架構中每一層級的因素群（假設為 A、B、C、D 四個因素），以上一層級之因素作為評估基準，進行因素間的成偶對比，並將比對結果之衡量值填入矩陣中的相對位置之後，基於幾何平均數之穩定性較算數平均數為高的理由，再採用幾何平均數來綜合學者專家的意見。而成偶比對所採用之數值，係採用 9 點尺度之名目尺度，其是由 1（同等重要）、3（稍微重要）、5（相當重要）、7（極重要）、9（絕對重要）等 5 點尺度，再配合另外 4 點（2，4，6，8）折衷尺度組合而成。

表 4.1 因素成比對矩陣說明表

因素	A	B	C	D
A	1	a <sub>12</sub>	a <sub>13</sub>	a <sub>14</sub>
B	a <sub>21</sub>	1	a <sub>23</sub>	a <sub>24</sub>
C	a <sub>31</sub>	a <sub>32</sub>	1	a <sub>34</sub>
D	a <sub>41</sub>	a <sub>42</sub>	a <sub>43</sub>	1

#### 步驟三：計算優先向量及整體優先向量

在程序上，分析階層程序法係利用數值分析中常用之特徵值解法，求取上一層之優先向量，再依次而下，求取整體優先向量之估計值（權重），再進一步計算整體之優先向量。

#### 步驟四：一致性檢定



本研究為確定受訪者對其所回答的問題，是否具有邏輯一致性，乃利用分析階層程序法之一致性比率（Consistency Ratio, C.R.），來衡量整體矩陣之一致性，而 C.R. 是一致性指數（Consistency Index, C.I.）與隨機指數（Random Index, R.I.）之比例。

若  $C.I. = 0$  表示受訪者前後判斷完全一致， $C.I. > 0$  代表判斷不一致，但 C.I. 可容忍 0.1 之偏差，亦即只要  $C.I. \leq 0.1$ ，便可表示實際比對矩陣具有令人滿意的一致性；而 R.I. 係指由隨機產生之正倒值矩陣，其值隨矩陣階數的增加而增加。所以，C.R. 在經過計算之後，其值若小於或等於 0.1，則其一致性便可視達到滿意水準。

上述討論係就單一比對矩陣之一致性程度而言，因本研究之因素階層不只一層，故本研究整體之一致性比率（C.R.H.）另以（e）式之數學是計算而得，其數學式如下：

$$C.R.H. = \frac{C.H.}{R.H.} \quad (e)$$

式中，

$$C.H. = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{n_{ij}} W_{ij} U_{j(j+1)}$$

$W_{ij}$  = 第 j 層中第 i 個因素之合成權重值；

$U_{j(j+1)}$  = 第 j+1 層所有第 i 個因素之一致性指數

## 4.2 研究架構與假設

### 4.2.1 研究架構

#### 1. 實證研究架構

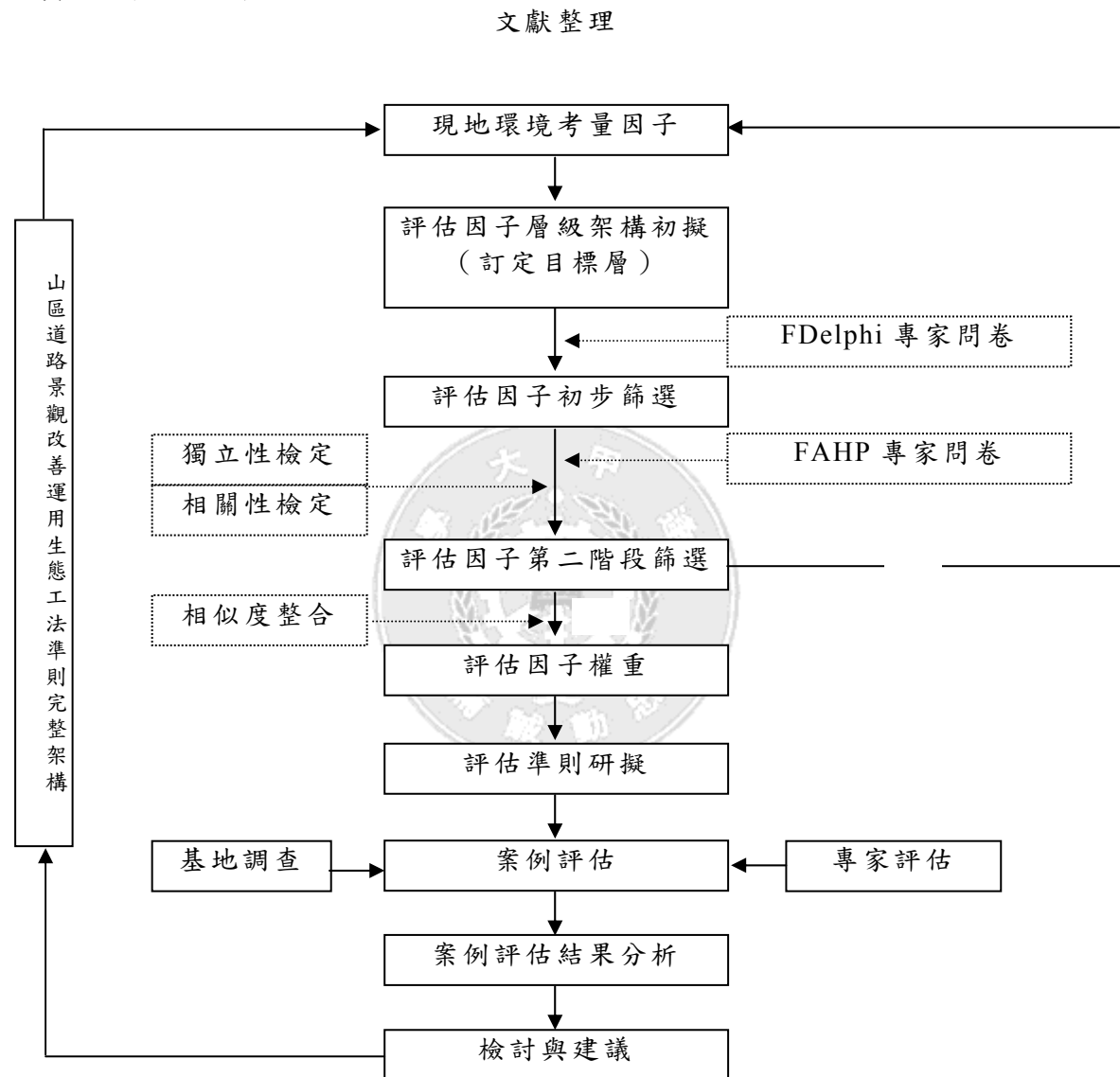


圖 4.3 實證研究架構圖

## 2. 評估架構

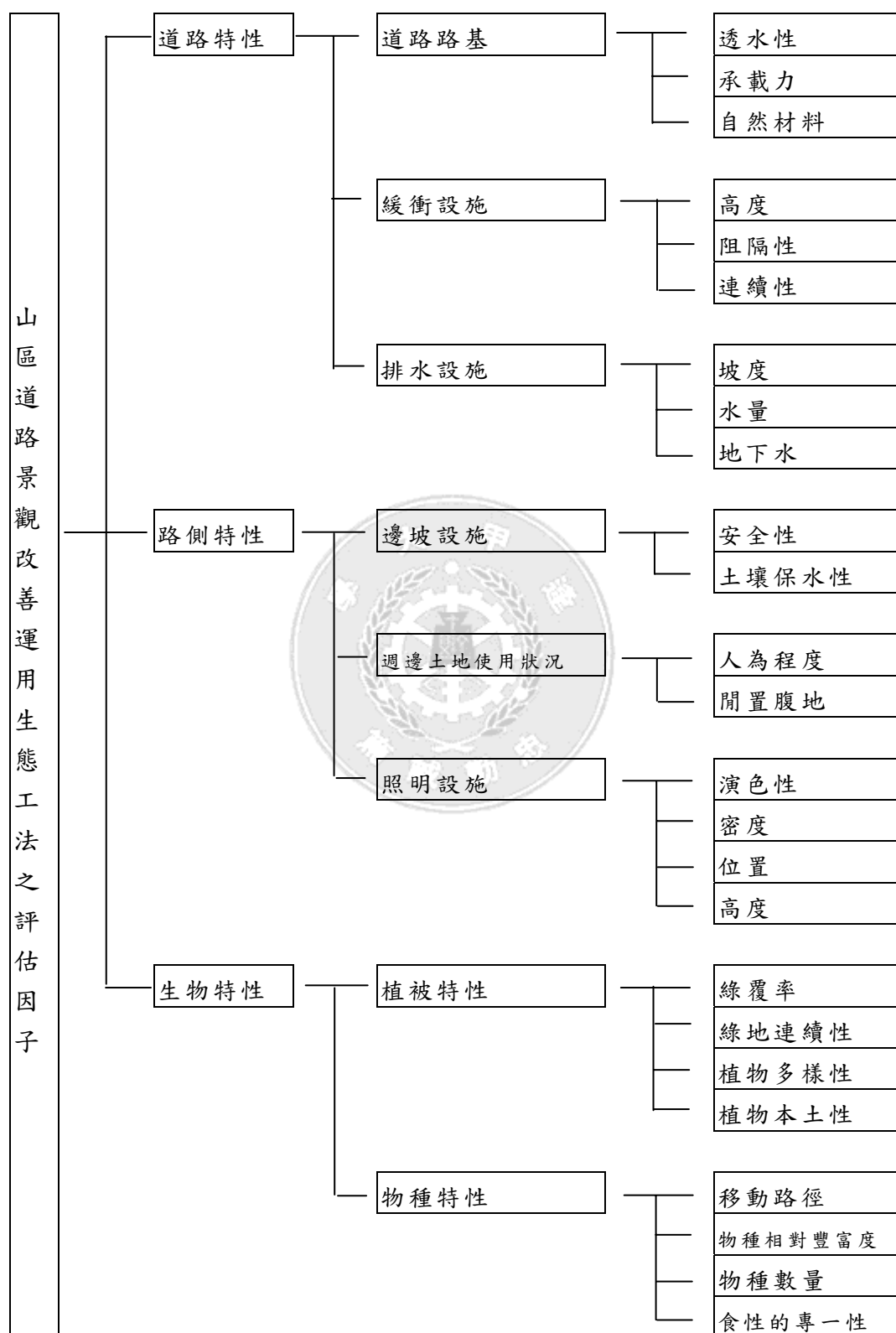


圖 4.4 評估因子架構圖

#### 4.2.2 研究假設

本研究主要為建立一評估架構，故以檢測評估因子與架構之適宜性作為本研究之假設內容，本研究假設檢定係由相關性及獨立性統計檢定之，其說明如下，統計檢定方法說明如後：

##### 1. 相關性檢定

統計假設一：第一層級變項與第二層級變項之相關性檢測

1. 虛無假設（Null Hypothesis： $H_0$ ）：

第一層級變項與第二層級變項不具正相關

2. 對應假設（Alternative Hypothesis： $H_1$ ）：

第一層級變項與第二層級變項具正相關

表 4.2 統計假設一檢定方法表

第一層級變項名稱	第二層級變項名稱	變項等級	檢定方法
道路特性	道路路基	等距尺度	spearman
	緩衝設施	等距尺度	
	排水設施	等距尺度	
路側特性	邊坡設施	等距尺度	spearman
	週邊土地使用狀況	等距尺度	
	照明設施	等距尺度	
生物特性	植被特性	等距尺度	spearman
	物種特性	等距尺度	

統計假設二：第二層級變項與第三層級變項之相關性檢測

1. 虛無假設（Null Hypothesis： $H_0$ ）：

第二層級變項與第三層級變項不具正相關

2. 對應假設（Alternative Hypothesis： $H_1$ ）：

第二層級變項與第三層級變項具正相關

表 4.3 統計假設二檢定方法表

第二層級變項名稱	第三層級變項名稱	變項等級	檢定方法
道路路基	透水性	等距尺度	spearman
	承载力	等距尺度	spearman
	自然材料	等距尺度	spearman
緩衝設施	高度	等距尺度	spearman
	阻隔性	等距尺度	spearman
	連續性	等距尺度	spearman
排水設施	坡度	等距尺度	spearman
	水量	等距尺度	spearman
	地下水	等距尺度	spearman
邊坡設施	安全性	等距尺度	spearman
	土壤保水性	等距尺度	spearman
週邊土地使用狀況	人為程度	等距尺度	spearman
	閒置腹地	等距尺度	spearman
照明設施	演色性	等距尺度	spearman
	密度	等距尺度	spearman
	位置	等距尺度	spearman
	高度	等距尺度	spearman
	綠覆率	等距尺度	spearman
植被特性	綠地連續性	等距尺度	spearman
	植物多樣性	等距尺度	spearman
	植物本土性	等距尺度	spearman
	移動路徑	等距尺度	spearman
物種特性	物種相對豐富度	等距尺度	spearman
	物種數量	等距尺度	spearman
	食性的專一性	等距尺度	spearman

## 2.獨立性檢定

統計假設三：第一層級變項之獨立性檢測

1.虛無假設（Null Hypothesis： $H_0$ ）：

屬於目標層變項之第一層級變項間互為獨立

2.對應假設（Alternative Hypothesis： $H_1$ ）：

屬於目標層變項之第一層級變項間互不為獨立

表 4.4 統計假設三檢定方法表

變項名稱	變項等級	檢定方法
道路特性	等距尺度	Friedman 雙因子等級變異數分析
路側特性	等距尺度	
生物特性	等距尺度	

統計假設四：第二層級變項之獨立性檢測

1. 虛無假設 (Null Hypothesis :  $H_0$ ) :

屬於第一層級變項之第二層級變項間互為獨立

2. 對應假設 (Alternative Hypothesis :  $H_1$ ) :

屬於第一層級變項之第二層級變項互不為獨立

表 4.5 統計假設四檢定方法表

變項名稱	變項等級	檢定方法
道路路基	等距尺度	Friedman 雙因子等級變異數分析
緩衝設施	等距尺度	
排水設施	等距尺度	
邊坡設施	等距尺度	Friedman 雙因子等級變異數分析
週邊土地使用狀況	等距尺度	
照明設施	等距尺度	
植被特性	等距尺度	Friedman 雙因子等級變異數分析
物種特性	等距尺度	

統計假設五：第三層級變項之獨立性檢測

1. 虛無假設 (Null Hypothesis :  $H_0$ ) :

屬於第二層級變項之第三層級變項間互為獨立

2. 對應假設 (Alternative Hypothesis :  $H_1$ ) :

屬於第二層級變項之第三層級變項互不為獨立

表 4.6 統計假設五檢定方法表

變項名稱	變項等級	檢定方法
透水性	等距尺度	Friedman 雙因子等級變異數分析
承载力	等距尺度	
自然材料	等距尺度	
高度	等距尺度	Friedman 雙因子等級變異數分析
阻隔性	等距尺度	
連續性	等距尺度	
坡度	等距尺度	Friedman 雙因子等級變異數分析
水量	等距尺度	
地下水	等距尺度	
安全性	等距尺度	Friedman 雙因子等級變異數分析
土壤保水性	等距尺度	
人為程度	等距尺度	Friedman 雙因子等級變異數分析
閒置腹地	等距尺度	
演色性	等距尺度	Friedman 雙因子等級變異數分析
密度	等距尺度	
位置	等距尺度	
高度	等距尺度	
綠覆率	等距尺度	Friedman 雙因子等級變異數分析
綠地連續性	等距尺度	
植物多樣性	等距尺度	
植物本土性	等距尺度	
移動路徑	等距尺度	Friedman 雙因子等級變異數分析
物種相對豐富度	等距尺度	
物種數量	等距尺度	
食性的專一性	等距尺度	

#### 4.2.3 問卷調查與分析方法

模糊理論的發展對於評量具有主觀認定性質的問題，可提供一較具客觀性及科學性的方法，在處理有關評量的問題亦具有較好的效果。本研究由於具有以下特性：（1）為『多準則』之決策問題；（2）評選過程中，專家主觀判定具有模糊性的問題存在；（3）需以群體決策的方式，方能具較周全之考量。基於以上需求與考量，故以模糊理論確立影響山區道路景觀改善運用生態工法之準則評估各因子的重要性及權重，以建立較為合理之評估架構。為求評估架構之合理性，本研究採二階段之專家問卷，第一階段透過模糊德爾菲法（FDM），以個別因子重要性程度進行篩選；第二階再以相關性與獨立性檢定進行因子適宜性檢定，作為第二次因子篩選之依據；在確定

評估因子之後，即以模糊層級分析法（FAHP），配合相似度整合法建立之權重值。

### 1. 評估因子決選方法

模糊德爾菲法（FDM）由於可將所有專家意見考慮其中，並顧及人為評判所可能產生之模糊性，故可降低如傳統德爾菲法般反覆之程序。模糊德爾菲法共分為三步驟：（一）建立影響因子集；（二）蒐集決策群體意見；（三）利用模糊德爾菲法進行評估值計算，並訂定門檻值及最後決策（張恆等人，1997）。

本研究採用 Ishikawa(1993)等人提出之模糊德爾菲法，將專家整合成模糊數。步驟說明如下（圖 4.5）：

步驟一：分別建立認同程度最大值累積次數函數  $F_1(x)$  與認同程度最小值之累積次數函數  $F_2(x)$ 。

步驟二：分別計算  $F_1(x)$  的第 1『四分位數』、中位數與第 3『四分位數』（ $C_1, M_1, D_1$ ）與  $F_2(x)$  的第 1『四分位數』、中位數與第 3『四分位數』（ $C_2, M_2, D_2$ ）。

步驟三：個別連結（ $C_1, M_1, D_1$ ）與（ $C_2, M_2, D_2$ ）可得到預測值  $X^*$ 。



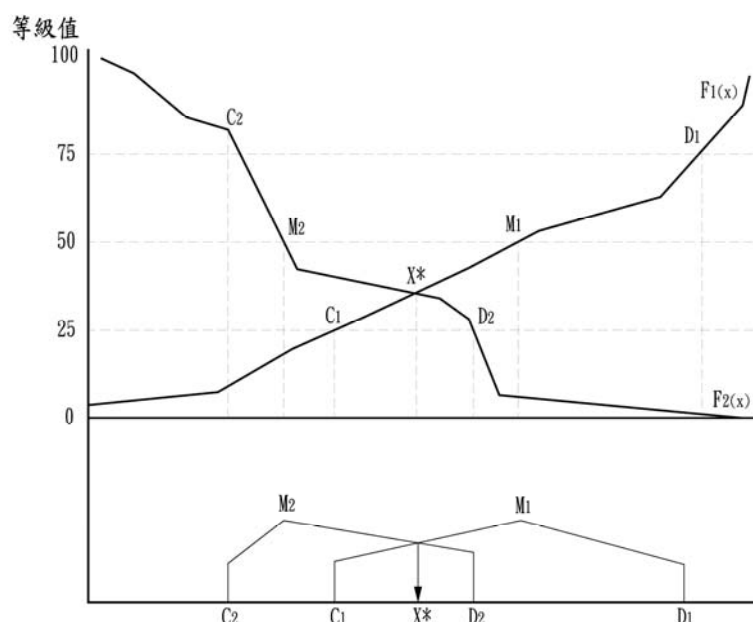


圖 4.5 Max-Min 預測值表 (Ishikawa et al.(1993))

圖 4.5 中由認同程度最大值的累積次數函數  $F_1(x)$  與認同程度最小值的累積次數函數  $F_2(x)$ ，二者個別整合形成之三角模糊數相交重疊的部分 ( $C_1, X^*, D_2$ ) 稱為灰色區域 (gray zone)。該方法即排除確定不予考慮的範圍，留下人為評判會產生模糊地帶，二者之焦點則為預測值。

經由上述方法統計出各評估因子 ( $A_i$ ) 之預測值 ( $M_i$ ) 後，需經由門檻值 ( $S$ ) 之界定，篩選出本研究所需之評估因子，即：

- (1)  $M_i \geq S$ ，接受  $A_i$  為評估因子；
- (2)  $M_i < S$ ，刪除  $A_i$  為評估因子。

門檻值之界定需考慮整體評估架構因子之正確性及『決策群體』選取之適當性 (張有恆、徐村和、陳曉玲，1997)，然本研究限於研究範圍，僅主觀決定較適當之門檻值，並以此門檻值篩選出之評估因子作為初步研究篩選之評估架構因子。於第二階段問卷回收後，將再以統計檢定進行第二次因子之適宜性篩選。

## 2. 評估因子適宜性檢測方法

本階段係針對前述擬定之評估因子予以檢測因子之適宜性，所運用之統計分析方法包括相關性檢定與獨立性檢定，俾使整體架構更具合理化。進行檢定之資料來源乃由第二階段問卷中針對目標層級第一、二、三層級影響因子之評價，透過 SPSS for windows 統計軟體之計算並將檢測結果加以分析。

本研究由於樣本之限制，採無母數統計考驗為檢定方法，無母數統計考驗（nonparametric statistical test）為一種無須特別指出樣本所來自的母體參數之條件的統計方法（Siegel，1956），進行統計時，可以不需滿足有關樣本所來自母體之分配型態之基本假定（林振春，1994）。無母數統計考驗是一種以正確概率（exact probability）發展形成的統計分配作為測度統計資料顯著性的一種特殊型態之統計考驗方法。其特色有四，包括不受母體分配所限（distribution-free）、適合名目變數與次序變數、適用於小樣本且僅能做單一變數差異性之分析等（楊孝榮等，1993）。

#### （1）相關性檢定

相關性檢定乃為檢測層級架構中，考量因子與所屬上一層級變項間之相關性。可利用無母數分析中之 Spearman 等級相關係數檢定兩變數間是否具有相關性。據等級相關係數公式計算得出之相關係數  $r$  值的可能範圍為  $-1 \leq r \leq +1$ 。當  $r = +1$  時表示完全正直線相關；當  $r = -1$  時表示完全負直線相關；當  $r = 0$  時表示無直線相關。

由樣本資料獲得等級相關係數  $r$  後，再依據樣本數（ $n \leq 30$ ）及顯著水準  $\alpha$  查閱 Spearman 等級次數分配表，根據查表值與統計值決定是否拒斥虛無假設（張建邦，1994）

#### （2）獨立性檢定

獨立性檢定是為確定屬於同一因素的同一層級變項間是否互為獨立，以避免重複探討同一問題，除合乎層級分析法之基本要求外，亦可避免權重重複計算。獨立性檢定最常見的是卡

方檢定，其要求包括：樣本為隨機取樣；兩變項皆具類別尺度之性質（李沛良，1992）。且需有 80% 以上之細格的期望值大於或等於 5。由於本研究屬於小樣本選取( $n \leq 30$ )，故以 Friedman 雙因子等級變異數分析進行兩變項之間之獨立檢定。依據計算公式得出之機率值即可檢驗是否達顯著水準。

### 3. 評估因子權重值建立方法

經由上述步驟篩選出評估因子，並完成因子適宜性檢測後，現階段需給予因子一客觀之權重值，以反映各因子之重要程度，期使評估更合理化。本研究採用之 FAHP 法以三角模糊數代替傳統 AHP 之確定數值，並輔以相似度整合法，考量專家評值被他人所認同的程度與專家本身的重要性程度而以制訂評估權重予以整合，再帶入運算軟體中，以求得最後的權重。

#### (1) 模糊層級分析法

傳統 AHP 模式中，評估者主觀判斷之語意描述，常被對應至精確的數值，而忽略語意描述的模糊性。為使 AHP 的分析結果更為合理，以模糊集合理論處理此類模糊性的問題實有必要。此類結合模糊理論與層級分析之研究統稱為模糊層級分析法，或簡稱為 FAHP。模糊層級分析法之流程如圖 4.6 所示。

本研究係以區間值 (interval value) 模糊數取代傳統 AHP 之確定數值 (exact value)，使專家較能掌握在某些問題上的判斷。本研究中兩兩因子之相對重要性評值由 9:1 至 1:9 等比例表示相對重要程度，每一專家針對兩兩因子之比需給定三個數值，依順序排列，中間值（三角形頂點）為專家認為兩兩因子相對重要性之最可能的值；兩側的值則為專家可接受評值的範圍，因此這些數值可反映出專家評值時之隸屬函數圖。例如專家在判斷因子上之相對重要性時勾選『6:1』、『3:1』、

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

『2：1』，即表示影響上一層級之影響因子 X1 比影響因子 X2 的重要性為 3/1，而可接受的評值範圍為 6/1 至 2/1。因子之兩兩比較後，依此畫定三角形模糊數，即可進行相似度整合。

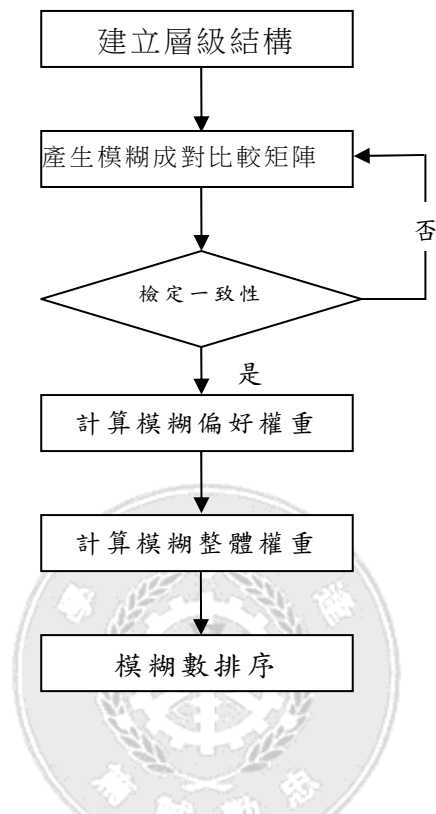


圖 4.6 模糊層級分析法流程圖

資料來源：游恩郎（1995）

## (2) 相似度整合 (SAM-Similarity Aggregation Method)

相似度整合法乃利用相似函數 (similarity function) 來衡量任二位專家彼此間的認同度 (aggregation degree)，進而建構一認同矩陣 (aggregation matrix) 以表示專家們彼此間評估值的認同程度。同時經由考量每位專家本身的重要性程度，(important degree) 及每位專家的相對認同程度 (relative agreement degree)，定義每位專家之共識程度 (consensus degree coefficient) 後，即利用此係數整合所有專家之模糊值 (陳振東、許錫美，1994)。

A.模糊評值 (fuzzy interval value)：專家對依據各評估因子的判斷給予的區間值分數。

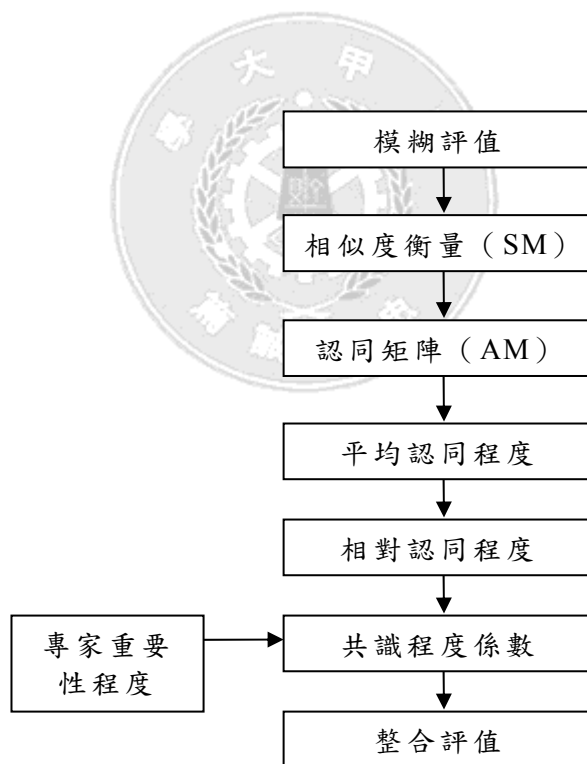


圖 4.7 相似度整合法流程圖

B.相似度衡量 (similarity measure：SM)：相似度衡量亦為認同程度之衡量，係指以任二位專家之模糊評值的重疊面積大

小判斷二者彼此之認同程度，重疊部分越大，表示彼此認同程度越高，以三角模糊數為例則如圖 4.8 所示。

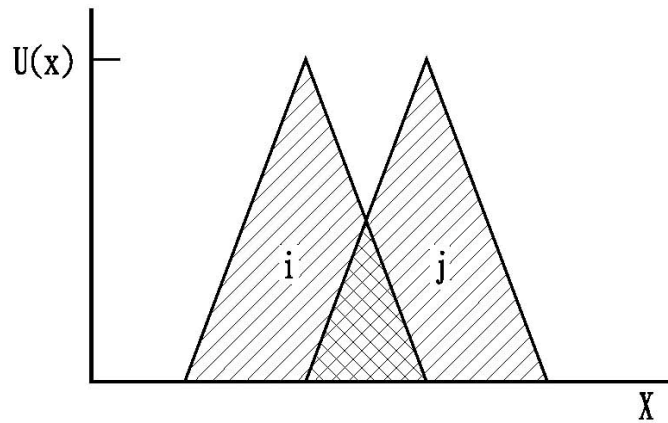


圖 4.8 相似度程度示意圖

認同程度衡量函數（agreement degree measure function）定義如下：

$$S(R_i, R_j) = \frac{\int x (\min \{ R_i(x), R_j(x) \}) dx}{\int x (\max \{ R_i(x), R_j(x) \}) dx}$$

分子部分表示重疊面積，分母部分表示聯集面積。重疊面積佔聯集面積的比例— $S(R_i, R_j)$  即表示二位專家（ $E_i$  與  $E_j$ ）間之認同程度。其值越大，表示二位專家之模糊評值認同程度越高（陳振東、許錫美，1994）。

C. 認同矩陣（agreement matrix：AM）：利用前一步驟所得到之認同程度衡量函數可計算任二位專家彼此間的認同程度。根據這些認同程度值，可依此定義— $n \times n$  階的認同矩陣（AM）以表示所有專家彼此間的認同程度情形。認同矩陣定如下：

$$AM = \begin{bmatrix} 1 & S_{12} & \cdots S_{1j} & \cdots S_{1n} \\ S_{i1} & S_{i2} & \cdots S_{ij} & \cdots S_{in} \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots S_{nj} & \cdots 1 \end{bmatrix}$$

其中：n 表示專家人數；矩陣中對角線值均為 1（表示自己完全認同自己）

D. 平均認同程度（average agreement degree：AAD）：利用認同矩陣可計算每一位專家  $E_i = (i = 1, 2, \dots, n)$  與其他專家們的平均認同程度。計算方法如下：

$$A(E_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{j \neq i}^n S_{ij}$$

E. 相對認同程度（relative agreement degree：RAD）：透過平均認同程度可計算出每一位專家  $E_i = (i = 1, 2, \dots, n)$  的相對認同程度。計算公式如下：

$$RAD_i = \frac{A(E_i)}{\sum_{i=1}^n A(E_i)}$$

F. 專家之重要程度（ $W_i$ ）：群體決策時，每位專家由於背景經驗不同，對於決策重要性便具有高低之分。因此，在整合多位專家意見時，必須同時考慮專家本身不同之重要程度。首先，在所有決策者中挑選最具重要性的人選並設定其相對重要權重為 1，其他決策與之比較後，可得此專家相對於最重要人選之權重  $r_i$ ，因此所得之  $r_1, r_2, \dots, r_n$  滿足  $\max \{ r_1, r_2, \dots, r_n \} = 1$  或  $\min \{ r_1, r_2, \dots, r_n \} > 0$ ，最後計算每一位專家的重要性權重為：

$$W_i = \frac{r_i}{\sum_{i=1}^n r_i}$$

G.共識程度係數（consensus degree coefficient：CDC）：考慮各專家之相對認同程度與每位專家本身之重要性程度之後，每位專家  $E_i = (i=1,2,\dots,n)$  的共識程度係數可定義為：

$$CDC_i = \beta \cdot w_i + (1 - \beta) \cdot RAD_i$$

其中， $0 \leq \beta \leq 1$  表示線性結合之係數（linear combination coefficient）；若專家本身之權重（ $w_i$ ）與相對認同程度（RAD）同重要，則  $\beta = 0.5$ 。

H.整合評值：整合後的評估值為將各專家評值乘上每位專家的共識程度係數，並透過模糊加法加以計算，即得最後的整合評值，其定義為：

$$R = \sum_{i=1}^n (CDC_i (\cdot) R_i)$$

FAHP 與 AHP 之評分方式相似，皆屬於比值的形式，其所代表的意義與數學上的意義卻不盡相同（例如無  $0 \cdots 1$  的值， $2/1 \cdots 1$  與  $1 \cdots 1/2$  的距離相同等），所以必須將專家評值轉化後，方能與經過相似度整合法後之專家評分權重值作為數學運算，其轉化方式說明如圖 4.9 所示。



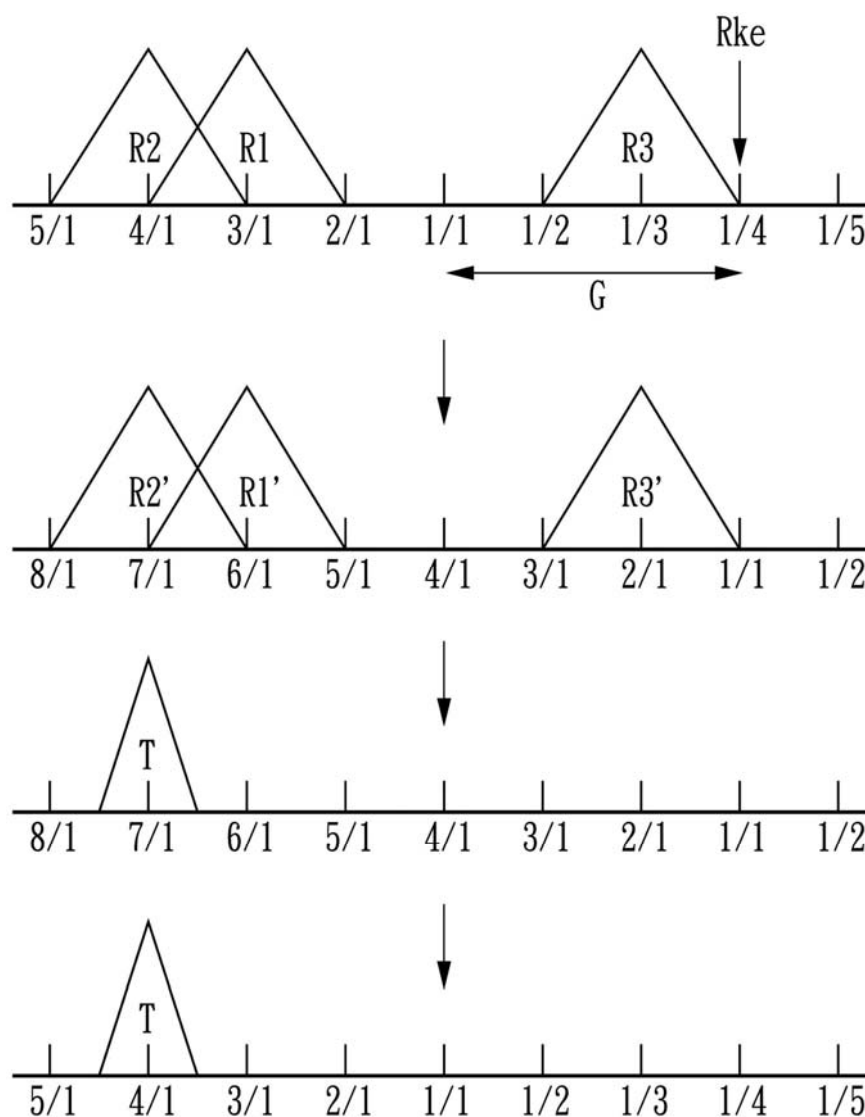


圖 4.9 相似度整合法數值處理示意圖

資料來源：詹立光（1996）

因子  $X_1$  與  $X_2$  的重要性程度的比較數值區間，以  $R_k$  表示 ( $k=1, 2, \dots, m$ ;  $m$  代表專家人數)，如果  $R_{ke} < 1$  ( $R_{ke}$  代表最末數值)，則  $R_k + G$  ( $G$  代表  $R_{ke}$  與 1 之距離格數)，此即轉化後之數值區間  $R_k'$ ，將  $R_k'$  透過相似性整合法後得到一數值  $T$ ，再將  $T$  減去  $G$  即得整合後  $X_1$  與  $X_2$  之兩兩比較數值區間 ( $T'$ )。舉例說明如下：

例如三位專家在決定某二因子( $X_1, X_2$ )之相對重要程度(權重)，所選之答案為：

$$R1=(4/1,3/1,2/1) ; R2=(5/1,4/1,3/1) ; R3=(1/2,1/3,1/4)。$$

由上可知  $R_{ke}=1/4 < 1$ ，故所有評比均需加三格（ $G=3$ ； $1/4$  距離 1 為三格），轉化後專家評比分別為：

$$R1=(7/1,6/1,5/1) ; R2=(8/1,7/1,6/1) ; R3=(3/1,2/1,1/1)。$$

經過相似度整合法得到一整合數值組（ $T$ ）為（7.5,7,6.5），減  $G$  後即得此二因子（ $X1, X2$ ）之兩兩比較值為（4.5,4,3.5）（ $T'$ ），取重心值後，二因子之重要程度比為 4。

經上述相似度整合後，得到因子兩兩比較之區間值，將之取重心值代表二因子之比值，並代入 AHP 運算軟體中計算，即得各因子之權重值。

#### 4.2.4 問卷調查計畫

本研究問卷調查之主要目的有三：（1）對建立之評估架構與內容作檢定；（2）就擬定之評估因子進行篩選；（3）求得因子之兩兩比較值以獲得各影響因子之權重值。問卷調查以相關專業領域學者為對象，企圖以二階段之問卷調查使評估架構更趨適宜及合理化。

##### 1. 問卷內容

問卷之研擬係依據研究目的、相關理論及研究假設進行之。第一階段問卷（模糊德爾菲問卷）之目的在於研究初擬之評估因子進行篩選；第二階段問卷（模糊層級分析問卷）之主要目的則為求得各層級關係與影響因子之權重值，及因子之適宜性檢測。問卷內容共三大部分，詳見附錄一。

### (1) 基本資料

列出性別、年齡及與本研究相關之專業領域，請受測專家依本身背景加以勾選。

### (2) 填寫說明

本研究主要方法乃將模糊集合理論與德爾菲法、層級分析法結合，於單一問項中，受測者之回答數據為一組模糊數值（建立三角模糊數值之用），與一般傳統問卷之單一數據不同。故在填寫說明中除需說明填寫方式外，亦針對該次問卷答題方式舉例說明，以使受測者更能掌握問卷方式、節省作答時間。

### (3) 問卷填寫及因子釋義

首先以圖示說明影響山區道路景觀改善運用生態工法之準則因子層級關係，依此作為問項之架構，且便於問卷填寫時之對照。

A. 第一階段（模糊德爾菲問卷）問卷內容主要針對影響因子之重要性程度、可接受範圍與專家值進行作答。每一層級之問項後皆附上該層級影響因子之因子釋義，將影響山區道路景觀改善運用生態工法之考量因子作說明，包括因子本身之定義及因子對上一層級之影響關係，以提供受測者判斷填寫時之參考。各項內容說明如下（表 4.7）：

A.1 影響因子之重要性程度：係指評估此因子對上一層級因子之重要性程度，並請受測者填入對此因子重要性程度的單一值。

A.2 可接受範圍：承續上一問項，評估此因子對上一層級因子重要性程度之可接受範圍，並請受測者填入最大值與最小值。

A.3 專家值：係指受測者個人對於該評估因子的專業性程度，其評估值為單一值。

表 4.7 模糊德爾菲問項說明表

權數	0	1	3	5	7	9	10
	非常不重要		不重要	普通	重要		非常重要

評估因子	重要性程度	可接受的範圍		您的專家值
	最有可能之單一值 (0-10)	可接受的 最大值	可接受的 最小值	請填入一評值 (0-10)
1. 影響因子 F1	( )	( )	( )	( )
2. 影響因子 F2	( )	( )	( )	( )

B. 第二階段（模糊層級分析問卷）問卷內容首先說明影響上一層級變項之內容，再由受測者判斷各影響因子的重要性程度，並加以排序，再者進行兩兩因子影響上一層級變項之相對重要性程度之填寫。每一單元之問項後皆附上該單元影響因子之因子釋義，將影響山區道路景觀改善運用生態工法之考量因子做說明，包括因子本身定義及因子對上一層級之影響關係，以提供受測者判斷填寫時之參考。內容說明如下：

B.1 因子之排序：本問項之目的係為提高因子重要性程度勾選之一致性。假設有三項因子 1. 家庭、2. 事業、3. 友誼，若填寫為  $(1) \geq (3) \geq (2)$ ，則表示其重要程度為「家庭」 $\geq$ 「友誼」 $\geq$ 「事業」。

B.2 因子相對重要性勾選：採五個層級，將成對的比較因子表格化（表 4.8），以方便受測者進行勾選。勾選時參閱因子釋義之內容，進行因子相對重要性判斷。若影響上一層級之因子“家庭”比因子“事業”之相對重要性為 4：1，且可接受答案為 3：1～5：1，填寫時請分別勾選「相對重要性（4：1）」、「最大可接受值（5：1）」、「最小可接受值（3：1）」三項：

表 4.8 模糊層級分析問項分級表

強度比例									
強 ← ----- → 弱									
影響因子	5 : 1	4 : 1	3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5 影響因子
家庭	✓	✓	✓						事業
家庭			✓	✓		✓			友誼
事業					✓	✓			友誼

## 2. 抽樣方法

本研究之主題因具有專業性考量，故針對相關專業人士進行問卷調查。相關專業人領域包括造園景觀、生態、水土保持、環境科學、地理等。首先瞭解曾參與、發表過與本研究主題相關文章、論文經歷、專長等背景資料加以蒐集，將無法進行問卷調查之專家學者予以刪除，最後將專家學者歸納為地理、地質、水土保持、造園景觀、建築、生態、環境科學七大類群，受測對象共計 20 人。

第二階段中刪除第一階段無法回卷及具廢卷之名單，因而第二階段中受測對象為 20 人。

### 3.郵寄問卷

為確保問卷及答案能確實送達專家學者手中，故採取掛號郵寄之方式，並附放回郵之限時信封，方便回卷者之投遞及回卷時效。第一階段（FDM）問卷進行時期為 4 月 5 日至 4 月 10 日；第二階段（FAHP）問卷進行時期 4 月 13 日至 4 月 18 日；其間並透過電話聯繫以確定問卷是否送達、詢問答卷者對於問卷是否有疑問，並促請專家及早回卷。

### 4.問卷回收

將經過修正之問卷寄出後，透過電話聯繫催促，第一階段問卷於 4 月 10 日回收 20 份，其中有效問卷 20 份，回收率為 100%，廢卷率為 0%。第二階段問卷於 4 月 18 日回收 20 份，回收率為 100%，其中扣除廢卷率及刪除一致性檢定不通過之問卷 0 份，總共有 20 份有效專家問卷可提供計算因子權重。

## 4.3 問卷調查結果分析

### 4.3.1 第一階段評估因子篩選結果

經由文獻所整理出初步之評估因子層級中，透過第一階段模糊德爾菲問卷，並以「最大值-最小值」法（Ishikawa，1993）計算之，統計結果如表 4.9 所示。以模糊德爾菲法計算出各因子之評價後，便應擬定門檻值以篩選出較重要之評估因子。本研究限於研究範圍，門檻值之擬定以主觀訂定。由於問卷設計中評值範圍為 0-10 分，故訂定門檻值為「6」，刪除評值小於「6」之評估因子。結果顯示本研究因子之評值皆大於門檻值「6」，故在第一階段不需刪除評估因子。

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

表 4.9 第一階段因子篩選結果表

第一層級	第二層級	C2	D2	M2	第三層級	C3	D3	M3
道路 特性	道路路基	8	6	7	透水性	7	6	6.5
					承载力	7.75	7	7.375
					自然材料	6	6	6
	緩衝設施	6	6	6	高度	7	6	6.5
					阻隔性	6	6	6
					連續性	7	5.25	6.125
	排水設施	8	6.25	7.125	坡度	7	6.25	6.625
					水量	7.75	6	6.875
					地下水	6	6	6
路側 特性	邊坡設施	8	6.25	7.125	安全性	8	7	7.5
					土壤保水性	7.75	5	6.375
	週邊土地 使用狀況	6	6.25	6.125	人為程度	7.75	6.25	7
					閒置腹地	6	6	6
	照明設施	6	6	6	演色性	6.75	6	6.375
					密度	6.75	6	6.375
					位置	7	6.25	6.625
					高度	6	6	6
生物 特性	植被特性	7.75	6.25	7	綠覆率	8	6.25	7.125
					綠地連續性	6.75	6	6.375
					植物多樣性	6	6.25	6.125
					植物本土性	7	6.25	6.625
	物種特性	7.75	6.25	7	移動路徑	7	6	6.5
					物種相對豐富度	7	6.25	6.625
					物種數量	7	6	6.5
					食性專一性	6	6	6

#### 4.3.2 評估因子適宜性檢測分析

本階段針對評估因子層級之適宜性進行檢測，檢測項目包括上下層級因子間之相關性檢測，與隸屬於同一第二層級下之第三層級因子間的獨立性分析。分析結果可用以進行第二次因子篩選。

##### 1. 相關檢測結果分析

相關性檢測為針對各因子與上一層層級因子進行 Spearman 等級相關檢測，結果說明如下：

統計假設一：第一層級變項與第二層級變項之相關性檢測

統計檢定結果顯示，在 0.01 顯著水準下，均呈現顯著相關，故可拒斥虛無假設，即「道路特性」分別與「道路路基」、「緩衝設施」、「排水設施」具正相關；「路側特性」分別與「邊坡設施」、「週邊土地使用狀況」、「照明設施」具正相關；「生物特性」分別與「植被特性」、「物種特性」具正相關。

表 4.10 統計假設一檢定結果分析表

第一層級變項名稱	第二層級變項名稱	等級相關係數
道路特性	道路路基	0.645**
	緩衝設施	0.447*
	排水設施	0.531*
路側特性	邊坡設施	0.492*
	週邊土地使用狀況	0.484*
	照明設施	0.489*
生物特性	植被特性	0.458*
	物種特性	0.444*

註\*\*表示在 0.01 水準下呈現顯著相關；\*表示在 0.05 水準下呈現顯著相關



統計假設二：第二層級變項與第三層級變項之相關性檢測

統計檢定結果顯示，多數在 0.05 顯著水準下，均呈現顯著相關，故可拒斥虛無假設，即「道路路基」分別與「透水性」、「承载力」、具正相關；而其中「自然材料」一項其相關係數臨界值為 0.400， $P>0.05$  故無法排斥虛無假設，呈現不顯著相關；

「緩衝設施」分別與「高度」、「阻隔性」具正相關；而其中「連續性」一項其相關係數臨界值為 -0.015， $P>0.05$  故無法排斥虛無假設，呈現不顯著相關；

「排水設施」分別與「坡度」、「水量」具正相關；而其中「地下水」一項其相關係數臨界值為 0.122， $P>0.05$  故無法排斥虛無假設，呈現不顯著相關；

「邊坡設施」分別與「安全性」、「土壤性」具正相關；「週邊土地使用狀況」分別與「人為程度」、「閒置腹地」具正相關；

「照明設施」分別與「演色性」、「密度」、「高度」具正相關；而其中「位置」一項其相關係數臨界值為 0.366， $P>0.05$ ，故無法排斥虛無假設，呈現不顯著相關；

「植被特性」分別與「綠覆率」、「植物多樣性」、「植物本土性」具正相關；而其中「綠地連續性」一項其相關係數臨界值為 0.217， $P>0.05$ ，故無法排斥虛無假設，呈現不顯著相關；

「物種特性」分別與「移動路徑」、「物種相對豐富度」具正相關。而其中「物種數量」、「食性的專一性」二項其相關係數臨界值為 0.268、0.430， $P>0.05$  故無法排斥虛無假設，呈現不顯著相關。

表 4.11 統計假設二檢定結果分析表

第二層級變項名稱	第三層級變項名稱	等級相關係數
道路路基	透水性	0.457*
	承载力	0.654**
	自然材料	0.400
緩衝設施	高度	0.656**
	阻隔性	0.488*
	連續性	-0.015
排水設施	坡度	0.593**
	水量	0.525**
	地下水	0.122
邊坡設施	安全性	0.457*
	土壤保水性	0.488*
週邊土地使用狀況	人為程度	0.524*
	閒置腹地	0.491*
照明設施	演色性	0.621**
	密度	0.583**
	位置	0.366
	高度	0.442*
植被特性	綠覆率	0.784**
	綠地連續性	0.217
	植物多樣性	0.654**
	植物本土性	0.471*
物種特性	移動路徑	0.486*
	物種相對豐富度	0.572**
	物種數量	0.268
	食性的專一性	0.430

註\*\*表示在 0.01 水準下呈現顯著相關；\*表示在 0.05 水準下呈現顯著相關

## 2.獨立性檢測結果分析

獨立性檢測係針對同一因子的同一層級變項進行 Friedman 雙因子等級變異數分析進行兩變項之間之獨立檢定。本研究採雙尾檢驗，結果說明如下：

統計假設三：第一層級變項之獨立性檢測

分析結果顯示  $P < 0.05$  達到顯著差異，故排斥虛無假設，接受「道路特性」、「路側特性」與「生物特性」互為獨立之假設。

表 4.12 統計假設三檢定結果分析表

變項名稱	顯著性 (P)
道路特性	
路側特性	0.003**
生物特性	

註\*\*表示在 0.01 水準下呈現顯著差異；\*表示在 0.05 水準下呈現顯著差異

#### 統計假設四：第二層級變項之獨立性檢測

分析結果顯示  $P < 0.05$  達到顯著差異，故排斥虛無假設，接受「道路路基」、「緩衝設施」、「排水設施」互為獨立之假設；「邊坡設施」、「週邊土地使用狀況」、「照明設施」互為獨立之假設；「植被特性」、「物種特性」互為獨立之假設。

表 4.13 統計假設四檢定結果分析表

變項名稱	顯著性 (P)
道路路基	
緩衝設施	0.000**
排水設施	
邊坡設施	
週邊土地使用狀況	0.001**
照明設施	
植被特性	
物種特性	0.005**

註\*\*表示在 0.01 水準下呈現顯著差異；\*表示在 0.05 水準下呈現顯著差異

#### 統計假設五：第三層級變項之獨立性檢測

分析結果顯示  $P < 0.05$  達到顯著差異，故排斥虛無假設，接受「透水性」、「承载力」、「自然材料」互為獨立之假設；「高度」、「阻隔性」、「連續性」其相關係數  $P > 0.05$ ，故無法排斥虛無假設，彼此不互為獨立；「坡度」、「水量」、「地下水」其相關係數  $P > 0.05$ ，故無法排斥虛無假設，彼此不互為獨立；「安全性」、「土壤性」 $P < 0.05$  達到顯著差異，故排斥虛無假設；「人為程度」、「閒置腹地」其相關係數  $P > 0.05$ ，故無法排斥虛無假設，彼此不互為獨立；「演色性」、「密度」、「高度」與「位置」 $P < 0.05$  達到顯著差異，故排斥虛無假

設；分別與「綠覆率」、「綠地連續性」、「植物多樣性」、「植物本土性」 $P < 0.05$  達到顯著差異，故排斥虛無假設；「移動路徑」、「物種相對豐富度」、「物種數量」、「食性的專一性」 $P < 0.05$  達到顯著差異，故排斥虛無假設。

表 4.14 統計假設五檢定結果分析表

變項名稱	顯著性 (P)
透水性	0.011**
承载力	
自然材料	
高度	0.94
阻隔性	
連續性	
坡度	0.185
水量	
地下水	
安全性	0.005**
土壤保水性	
人為程度	0.071
閒置腹地	
演色性	0.001**
密度	
位置	
高度	
綠覆率	0.000**
綠地連續性	
植物多樣性	
植物本土性	
移動路徑	0.048*
物種相對豐富度	
物種數量	
食性的專一性	

#### 4.3.3 因子權重之調查結果

因子權重係經由模糊數學及相似性整合法計算得知，計算過程列於後，因子權重分析結果說明如下：

##### 1. 專家相對權重值計算

專家值相對權重值係用於第二階段計算相似度整合時之所需數值專家重要性程度（專家權重）訂定準則：

- (1) 專家對本研究主題之專業程度，資料來源依據第一階段（模糊德爾菲）問卷中專家對各評估因子之專業程度；
- (2) 專家個人之主修領域之考量，資料來源為各專家於基本資料中填寫之主修領域。依照本研究之主題與目的，將專家領域評值分別訂為：地理、地質＝1 分；造園景觀、建築、環境科學＝3 分；水土保持、生態＝5 分。

專家權重值計算方式為：

- (1) 專家值：計算各專家對每一項評估因子之「專業程度值」之「平均」；
- (2) 領域權重：依據各專家之專長並配合本研究擬定之分及分別給予評值；
- (3) 總權重：總權重＝（專家值＋領域權重）/2；
- (4) 相對權重：個別專家之總權重/所有總權重之最大值。

計算結果如下所示：

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

編號	專家值平均	領域權重	總權重	相對權重
1	6.15	3	4.58	0.74
2	6.79	3	4.90	0.79
3	4.97	5	4.99	0.80
4	7.42	5	6.21	1.00
5	5.24	5	5.12	0.82
6	6.09	5	5.55	0.89
7	4.97	5	4.99	0.80
8	7.79	3	5.40	0.87
9	5.79	3	4.40	0.71
10	5.67	3	4.34	0.70
11	6.48	3	4.74	0.76
12	5.09	5	5.05	0.81
13	6.15	5	5.58	0.90
14	6.33	1	3.67	0.59
15	5.91	5	5.46	0.88
16	6.12	3	4.56	0.73
17	6.58	3	4.79	0.77
18	6.36	3	4.68	0.75
19	5.64	3	4.32	0.70
20	4.06	3	3.53	0.57

## 2. 因子權重計算方法

以第一層級第一組因子為例計算其權重，第一組因子包括「道路特性」、「路側特性」二項，下面就 20 位專家在「道路特性」比「路側特性」中所得之評值過程為例，說明如下：

### (1) 模糊評值轉換

FAHP 與 AHP 之評分方式相似，皆屬於比值的形式，其所代表的意義與數學上的意義不盡相同（例如無 0—1 的值， $2/1$ —1 與  $1-1/2$  的距離相同等），所以必須將專家評值轉化後，方能經過相似度整合法之專家評分權重作數學運算，故將評值全部往右移三格，其轉化後的值如下：

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

原值	5/1	4/1	3/1	2/1	1/1	1/2	1/3	1/4	1/5
轉換值	9	8	7	6	5	4	3	2	1

20 位專家轉化後的值為

右端值	4	5	2	6	3	5	2	7	6	7	6	6	7	6	7	7	7	6	6	5
頂端值	5	6	3	7	4	6	3	8	7	8	7	7	8	7	8	8	8	7	7	6
左端值	6	7	4	8	5	7	4	9	8	9	8	8	9	8	9	9	9	8	8	7

(2) 相似度衡量與認同矩陣建立

經計算之專家認同矩陣為：

專家	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	~	1/7	0	0	1/7	1/7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1/7
2	1/7	~	0	0	0	1	0	0	1/7	1/7	0	1/7	1/7	0	0	0	0	1/7	1/7	1
3	0	0	~	0	1/7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	~	0	1/7	0	1/7	1	1/7	1	1	1/7	1	1/7	1/7	1/7	1	1	1/7
5	1/7	0	1/7	0	~	0	1/7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1/7	1	0	1/7	0	~	0	0	1/7	0	1/7	1/7	0	1/7	0	0	0	1/7	1/7	1
7	0	0	1	0	1/7	0	~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	1/7	0	0	0	~	1/7	1	1/7	1/7	1	1/7	1	1	1	1/7	1/7	0
9	0	1/7	0	1	0	1/7	0	1/7	~	1/7	1	1	1/7	1	1/7	1/7	1/7	1	1	1/7
10	0	1/7	0	1/7	0	0	0	1	1/7	~	1/7	1/7	1	1/7	1	1	1	1/7	1/7	0
11	0	0	0	1	0	1/7	0	1/7	1	1/7	~	1	1/7	1	1/7	1/7	1/7	1	1	1/7
12	0	1/7	0	1	0	1/7	0	1/7	1	1/7	1	~	1/7	1	1/7	1/7	1/7	1	1	1/7
13	0	1/7	0	1/7	0	0	0	1	1/7	1	1/7	1/7	~	1/7	1	1	1	1/7	1/7	0
14	0	0	0	1	0	1/7	0	1/7	1	1/7	1	1	1/7	~	1/7	1/7	1/7	1	1	1/7
15	0	0	0	1/7	0	0	0	1	1/7	1	1/7	1/7	1	1/7	~	1	1	1/7	1/7	0
16	0	0	0	1/7	0	0	0	1	1/7	1	1/7	1/7	1	1/7	1	~	1	1/7	1/7	0
17	0	0	0	1/7	0	0	0	1	1/7	1	1/7	1/7	1	1/7	1	1	~	1/7	1/7	0
18	0	1/7	0	1	0	1/7	0	1/7	1	1/7	1	1	1/7	1	1/7	1/7	1/7	~	1	1/7
19	0	1/7	0	1	0	1/7	0	1/7	1	1/7	1	1	1/7	1	1/7	1/7	1/7	1	~	1/7
20	1/7	1	0	1/7	0	1	0	0	1/7	0	1/7	1/7	0	1/7	0	0	0	1/7	1/7	~

(3) 平均認同矩陣 (average agreement degree : AAD)

利用認同矩陣計算每一位專家與其他專家的平均認同程度。 $AAD = \text{每一列總和值} / 19$

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20  
 51/5 5 51/6 46/7 51/5 5 51/6 5 46/7 5 46/7 46/7 5 46/7 5 5 5 46/7 46/7 5

#### (4) 相對認同程度 (relative agreement degree : RAD)

透過平均認同程度計算出每一位專家的相對認同程度。

$$RAD = AAD / AAD \text{ 總和值}$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.052	0.054	0.058	0.058	0.066	0.069	0.075	0.077	0.083	0.091
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.099	0.110	0.125	0.141	0.167	0.200	0.250	0.328	0.489	1.000

#### (5) 專家重要性

制訂決策及評價時，每位專家因其背景、經驗等不同，對決策的重要性有高低之分，其相對專家之重要程度為：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.047	0.051	0.051	0.064	0.053	0.057	0.051	0.056	0.045	0.045
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.049	0.052	0.058	0.038	0.056	0.047	0.049	0.048	0.045	0.036

#### (6) 共識程度係數 (consensus degree coefficient : CDC)

本研究中各專家之相對認同程度與每位專家本身之重要性程度同等重要。CDC = (專家重要性程度 + 專家相對認同程度) / 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.05	0.052	0.055	0.061	0.059	0.063	0.063	0.066	0.064	0.068
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.074	0.081	0.091	0.09	0.111	0.123	0.15	0.188	0.267	0.518

(7) 整合評值：整合後的評估值為將各專家評值乘上每位專家的共識程度係數，並透過模糊加法加以計算，即得最後的整合評值。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.199	0.261	0.11	0.366	0.178	0.315	0.127	0.465	0.384	0.476
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.444	0.486	0.639	0.537	0.78	0.864	1.047	1.13	1.601	2.591



整合評值 =  $13.001 \div 3 = 10.001$ ，因而「道路特性」比「路側特性」的重要性為 10.001。其他因子分析方式如上操作即可得出結果。

#### (8) 因子權重計算

經上述相似度整合後，得到因子兩兩比較之區間值，將之取重心值代表二因子之比值，並代入 AHP 運算軟體中計算，即得各因子之權重值。

表 4.15 層級因子權重分析結果表

第一層級	第二層級	第三層級
道路特性 (0.4441)	道路路基 (0.5345)	透水性 (0.3977)
		承载力 (0.6023)
	緩衝設施 (0.2642)	高度 (0.2952)
		阻隔性 (0.7048)
	排水設施 (0.2014)	坡度 (0.4981)
		水量 (0.5019)
路側特性 (0.3421)	邊坡設施 (0.4054)	安全性 (0.6869)
		土壤保水性 (0.3131)
	週邊土地 (0.2514)	人為程度 (0.7963)
		閒置腹地 (0.2037)
	使用狀況	演色性 (0.4356)
		密度 (0.158)
生物特性 (0.2138)	照明設施 (0.3433)	高度 (0.4064)
		綠覆率 (0.4483)
		植物多樣性 (0.4003)
	植被特性 (0.5019)	植物本土性 (0.1514)
		移動路徑 (0.3121)
		物種相對豐富度 (0.6879)
	物種特性 (0.4981)	

## 第五章 山區道路應用生態工法之準則

本章將針對研究架構所擬定之因子提出應用準則，道路設計應加入綠營建及生態工法之思維模式，除尊重環境之生態規劃考量外，在工程上更應以低能源使用、低廢棄物產生之綠營建方式施作，包括生態保全、節能、資材(Reduce、Reuse、Recycle、RecOvery)、減廢、保水，綠化等全方面考量進行設計。以下將依道路特性、路側特性、生物特性內容加以說明。

### 5.1 道路特性評估準則

本研究經由文獻整理、專家問卷分析後建立之生態工法應用考量因子為架構，以下針對評估項目之等級劃分方式加以說明：

#### 5.1.1 道路路基

##### 1. 名詞定義

- (1) 路基：指承受路面、路肩之土壤部份。
- (2) 路面：指路基上承受車輛及行人通行，以各種材料鋪築之承受層。
- (3) 路肩：指路基淨寬減除路面寬度，所餘之路基面。

##### 2. 評估準則

**準則一** 道路路面改善時應先依據行車狀況評定道路等級，依等級計算路面承载力，並評估路面應使用之鋪面種類。

**準則二** 道路路肩改善時應首重透水性考量，依使用功能評估鋪面種類，需採用自然材料施作。

##### 3. 評估等級

- (1) 透水性

透水性的評估等級可依鋪面種類分為四級。第一級為透水性極差的水泥混凝土路面；第二級為稍可透水的瀝青混凝土路面；第三級為排水性較好之排水性瀝青混凝土路面；第四級為排水性極佳的碎石路面。

## (2) 承載力

承載力評估等級可依地區分類及功能系統分類之公路等級並將其區分為四級。第一級為交通承載量最大之一級路、二級路；第二級為交通承載量較大之三級路、四級路；第三級為交通承載量一般之五級路；第四級為交通承載量較少之六級路。

## 4. 說明

### (1) 道路等級及路面種類

目前臺灣公路等級依地區、功能、行政、鋪面種類等因素，分為下列六級：

公路等級	地區分類	功能系統	行政系統	鋪面種類
一級路	鄉區 { 平原區 丘陵區 山嶺區 } 市區	• 高速公路	• 國道 • 省道	瀝青混凝土、 水泥混凝土
二級路	鄉區 { 平原區 丘陵區 山嶺區 } 市區	• 高速公路 • 快速公路	• 國道 • 省道 • 縣道	
三級路	鄉區 { 平原區 丘陵區 山嶺區 } 市區	• 快速公路 • 主要幹線	• 國道 • 省道 • 縣道	瀝青混凝土、 水泥混凝土、 瀝青灌入式、 瀝青表面處理
四級路	鄉區 { 平原區 丘陵區 山嶺區 } 市區	• 主要幹道 • 次要幹道	• 省道 • 縣道 • 鄉道	

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

五 級 路	<div> <div> 鄉 區 </div> <div> 平原區 丘陵區 山嶺區 </div> </div> <div>市 區</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 主要幹道</li> <li>• 次要幹道</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 省道</li> <li>• 縣道</li> <li>• 鄉道</li> </ul>	瀝青混凝土、水泥混凝土、瀝青灌入式、瀝青表面處理、碎石、礫石
六 級 路	<div> <div> 鄉 區 </div> <div> 平原區 丘陵區 山嶺區 </div> </div> <div>市 區</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 地區公路</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 縣道</li> <li>• 鄉道</li> </ul>	瀝青灌入式、瀝青表面處理、碎石、礫石

現有公路路面種類依其可使用材料，可區分為水泥混凝土路面、瀝青混凝土路面或其它材料路面；依其性質分為柔性路面、剛性路面及其它路面。

## (1) 鋪面工法

### A. 透水性鋪面

使雨水通過人工鋪築之多孔性鋪面，直接滲入路基，而具有使水還原於地下之性能。

A-1 多孔性瀝青混凝土鋪面(porous asphalt):具有高孔隙之排水材料，乃調整級配使粗粒料間的空隙率提高至 20%左右，以使降於鋪面上的水可迅速滲透至路基。

A-2 無細粒料混凝土(No-fines concrete):又稱透水性混凝土，定義為由均勻級配之粗粒料、微量或無細粒料、且無足量之水泥砂漿之混凝土材料。其藉由粗粒料表面的水泥砂漿體，使粒料表面接觸互相固結而發揮強度，同時形成多孔隙的結構體，提供透水功能。

A-3 塊狀或鏤空鋪面：塊狀鋪面係以非連續性拼接塊狀鋪面，鋪面間有較大之間隙可填入砂土，鋪面下採用透水性底層如無細粒料混凝土、砂土層。鏤空鋪面如植草磚等，具足夠之空隙可直接提供植被生長之環境。

## (2) 設計概要

### A. 多孔性瀝青混凝土(porous asphalt)

多孔性瀝青鋪面由下至上，分別由路基層、雨水儲留層、過濾層及多孔性瀝青層等四層所構成，各層之規定性質需符合設計圖說，其原則如下：

A-1 路基層：由原來土壤構成，土壤具有良好之透水性。

A-2 雨水儲留層：由粒徑約 $[2.54\sim5.08\text{cm}(1\sim2\text{in})]$ 之礫石所構成，厚度視雨量設計強度而定。

A-3 過濾層：由粒徑約 $[1.27\text{cm}]$ 之碎石夯實約 $[5.08\text{cm}(2\text{in})]$ 厚。

A-4 多孔性瀝青層：厚度視使用需求而定，一般約為 $6.35\text{cm}(2.5\text{in})$ 厚。

#### B. 無細粒料混凝土(No-fines concrete)

藉由配合設計(由均勻級配之粗粒料、微量或無細粒料、且無足量之水泥砂漿)與製程控制其特性以達適合之強度、高透水性、無析離等工程需求，一般作為無須壓密之回填材料或水工結構物，抗壓強度約在 $[200\text{psi}(1.5\text{Mpa})\sim2000\text{psi}(14\text{Mpa})]$ 之間。其滲透係數隨含砂量而不同，一般均大於 $[1.0\times 10^{-3}\text{cm/sec}]$ ，無細粒料混凝土為增加透水性而犧牲強度，因此無法承受太大的載重，一般適合使用於載重較小的區域，如人行道、停車場或行人廣場等。

#### C. 塊狀或鏤空鋪面

塊狀或鏤空連鎖磚鋪面，係為目前最常見的為混凝土面磚，面磚類別有透水及高壓連鎖磚等，鋪面磚需符合設計圖說之規定，或按 CNS 13295 高壓混凝土連鎖地磚之相關規定辦理。

### (3) 管理與維護

A. 鋪面完工前四個月，每月檢視一次，往後每年檢視四次。

B. 於大雨後即刻檢視表面是否積水，若發現鋪面嚴重阻塞，需翻修。

C. 透水鋪面強度較弱，應設置告示牌禁止重型車進入，避免不當使用造成結構破壞。

- D.鋪面應避免堆置砂土及其它粒料或粉狀物料和含泥砂之車輪進入，以免破壞鋪面透水性。
- E.鋪面周圍地面應種植草皮，避免裸露地之砂土進入。
- F.鋪面若接受臨近地區排水，應視需要設置前處理設施，以去除漂浮物及沉渣，延長鋪面使用壽命。
- G.鋪面應於每年雨季來臨前檢測透水性，透水性降低至一定程度，應即進行清洗。
- H.鋪面每年清理四次，使用吸塵及高壓水柱沖洗兩道程序。

### 5.1.2 緩衝設施

#### 1.名詞定義

緩衝設施範圍包含分隔帶、槽化島、公共設施帶。

- (1) 分隔帶又分為中央分隔帶、車道分隔帶與邊緣帶。主要功能如下：
  - A.避免受對向來車干擾。
  - B.提供失控車輛回復正常的區域。
  - C.提供車輛緊急停車之場所。
  - D.提供車輛變換速率或作為左轉、迴車之暫停等候空間。
  - E.減少對向車輛燈光干擾。
  - F.提供未來擴增車道之用地。
  - G.增加綠化的空間以改善道路景觀。
- (2) 槽化島分為導向島、分隔島與庇護島。主要功能如下：
  - A.縮小衝突範圍。
  - B.在交叉口設置轉向車道及庇護島可供交叉車輛、轉向車輛及行人暫時停留、等候、跨越或轉向。
  - C.分散可能之衝突點。
  - D.防止錯誤的轉向。

E.提供適當的地點裝設交通控制設施。

F.有複雜轉向行動之交叉路口，可提供有效的號誌控制。

(3) 公共設施帶為路權範圍內，提供交通及都市生活相關之公共設施設置空間。其包含的公共設施主要如下：

A.電力、電信、路燈設施。

B.公車站名牌、候車亭、交通標誌號誌等交通設施。

C.消防栓、垃圾桶、郵筒等服務設施。

D.花台、植栽、座椅等街道傢俱或美化設施。

E.人行護欄、緊急停車道、隔音牆。

## 2.評估準則

準則三 道路分隔帶、槽化島之緣石材料應採用自然材料並考慮其高度及表面斜度。

準則四 道路分隔帶、槽化島之寬度應大於70公分，並依現況自然生態及植生調查，設計符合當地生態之潛在優勢種植栽。

準則五 道路護欄除急彎陡坡等較危險路段外，應避免連續設置護欄。

準則六 護欄應避免使用密閉式之混凝土連續性護欄，應採用柵欄式護欄，以增加其多孔性。

準則七 道路所產生之噪音為主要噪音來源之一，為確保生態環境減少干擾，故應於噪音強烈地區設置隔音牆。

## 3.評估等級

### (1) 高度

緩衝設施高度的評估等級可依公路等級及護欄高度分為四級。第一級為公路等級一至四級路之護欄高度低於現地鳥類及昆蟲飛行習性；第二級為公路等級五至六級路之護欄高度高於現地鳥類及昆蟲飛行習性；第三級為公路等級五至六級路之護

欄高度低於現地鳥類及昆蟲飛行習性；第四級為公路等級一至四級路之護欄高度高於現地鳥類及昆蟲飛行習性。

## (2) 阻隔性

緩衝設施阻隔性的評估等級可依隔離設施設置形式分為四級。第一級為路權範圍無隔離設施亦無其他通道；第二級為路權範圍設置隔離設施但無其他通道；第三級為路權範圍無隔離設施但利用管涵設低水路及步道；第四級為路權範圍設置隔離設施亦利用管涵設低水路及步道。

## 4.設計基本原則

### (1) 分隔帶

- A.分隔帶之寬度除另有規定外，應視路權範圍、車道及交叉路口防護作用因素而異，寬度至少 50 公分；若有公共設施時，寬度至少 70 公分。設置於主要道路之中央分隔帶宜大於 4 公尺，設置於次要道路之中央分隔帶宜大於 1.5 公尺。
- B.分隔帶之形狀及尺寸，視地形及交通功能而定，其週邊並圍以緣石。如不兼做庇護島使用時，寬度小於 1 公尺時，可以路面標線或凸起之標記代替之。
- C.分隔帶進行植栽其寬度宜大於 1.2 公尺。
- D.分隔帶如無需考慮保護行人，週邊可設置低而傾斜（不超過 45 度）之緣石，其高度為 15 公分至 20 公分。

### (2) 槽化島

- A.平面交叉路口槽化設計應避免太多過小的槽化島，槽化島的最小面積應在 7 平方公尺以上，若槽化島為三角形時，



其邊長最好有 4 公尺以上，若為長條形時，則其寬度至少應有 0.5 公尺，最好在 1 公尺以上，長度應超過 6 公尺。

B.都市中之主、次要道路及其它車流量大之路口應避免使用圓環交叉路口，若有存在之必要時，圓環交叉中心島緣石高度以 15 公分為準，緣石面應加漆反光標漆，但需考慮行人或古蹟等建築物之安全時，緣石高度得視實際需要酌予增加。

### (3) 護欄

護欄主要型式為剛性護欄及半剛性護欄兩種，其型式選擇考慮之因素為設置成本、養護維修、駕駛者之保護、都市景觀與環境之相容等。包含紐澤西護欄、鋼板護欄及鋼索護欄等。護欄高度(包括緣石)不得低於八 0 公分

#### A.剛性護欄

剛性護欄於國內慣用之型式主要為紐澤西護欄，其組成為連續性之鋼筋混凝土護欄，側面傾斜，可以暗樁錨固，基礎可以適當的加深，外型可依道路幾何線形適當修正。

#### B.半剛性護欄

半剛性護欄於國內慣用之型式主要為鋼板護欄，主要組成為橫梁 W 型鋼板、方型鋼管、浪型鋼板，支柱採強支柱設計，配有墊材。

### (4) 隔音牆

A.在滿足隔音機能的同時，對於隔音牆素材之特性、質感及其色彩等方面，應與周邊環境達成協調為選用條件。

B.就隔音牆構造而言，設置隔音牆時應儘可能降低支柱所造成的視覺複雜，尤其在橋梁設置隔音牆時，須與橋梁達成整體感。

C.在隔音牆較高或是不宜直接設置隔音牆的地區，隔音牆的設置宜與隔音土丘並用，減低隔音牆予人之壓迫感。

D.坡度較陡路段隔音牆頂部階梯狀宜予以消除並以平整方式設計。

E.隔音牆之頂部、基部處理應採用簡潔的設計，避免造成繁雜感，如採用 H 型鋼時，更應將柱端包覆。

F.在一定的範圍內，隔音牆的設置應採用統一的型式，以達成連續性的效果。

G.積極採用植栽來修飾隔音牆。

H.隔音牆終端之高度應逐漸降低。

### 5.1.3 排水設施

#### 1.名詞定義

排水溝為排除雨水、污水及廢水之溝渠，排水工程設計目的旨在防止地面水造成道路損壞、影響行車安全，並兼顧原有排水功能及環境品質。

#### 2.評估準則

準則八 道路排水設施之設計時應以生態排水溝替代混凝土排水溝，故在安全係數考量下利用自然材料構築，以創造動植物棲息之多孔質環境。

準則九 路肩邊溝宜與週邊土地連接採用簡易草溝或複式草溝方式構築，達到過濾、沈降之功效並可供水生動物棲息。

#### 3.評估等級

##### (1) 坡度

坡度的評估等級可分為四級。第一級為山區農路邊溝坡度小於百分之 0.5；第二級為一般道路邊溝坡度小於百分之 0.2；第三級為一般道路邊溝坡度陡於百分之 0.2；第四級為山區農路邊溝坡度陡於百分之 0.5。

## (2) 水量

水量的評估等級可依鋪面種類分為四級。第一級為表面僵硬且透水性極差的鋼筋混凝土邊溝將所有排水量沖刷至河川；第二級為表面軟化但不可透水的漿砌卵石將所有排水量沖刷至河川；第三級為表面軟化亦可透水的拋石水溝可減緩流速；第四級為表面軟化亦可透水的草溝以達過濾及沉降之功效。

## 4.排水系統規劃

### (1) 基本原則

道路主要供汽車行駛使用，路面附有塵土、油漬，而汽車廢氣中有微細顆粒，一旦下雨，便會將這些異物帶入河川，造成河川污染建議採用雨水收集處理系統，將道路上之雨水集中到雨水調節池，再處理至符合放流水標準後才排入河川。

### (2) 型式

草溝的種類可分為簡易草溝、複式草溝等，皆以種植草類以防止土壤沖蝕，目的為渲洩逕流及截排分流。(1) 簡易草溝：種植草類防止沖蝕之土築溝。(2) 複式草溝：側溝種植草類，溝底則鋪設石材、植草磚等硬式材料防止沖蝕之草溝。

### (3) 適用範圍

- A.坡度在 30%以內之排水系統。
- B.水流連續不斷或流速超過 1.5m/sec 或鬆軟土質時，宜採用複式草溝。
- C.草溝可適用於果園、農場、高爾夫球場等地，日照不足以供草類正常生育或砂礫地含石量較多之土地，均不適用。

#### (4) 設計

道路之側邊排水於鄉村及自然田園地區，宜儘量以草溝、碎石溝等自然排水路方式進行設計，既可增加大地之保水性亦能創造生物棲息之多孔隙環境。

邊溝種類	原使用材料	符合生態工法
排水管	直徑大於或等於 0.60 公尺 直徑小於 0.60 公尺	鋼筋混凝土 入滲溝
U 形溝	混凝土或鋼筋混凝土	複式草溝
矩形箱涵	鋼筋混凝土	石籠水溝
梯形明溝	漿砌卵石(抹面) 漿砌卵石(未抹面)	石砌水溝 拋石水溝
鋼筋混凝土護岸	鋼筋混凝土	卵石護岸

##### A. 溝底之鋪設材料

A-1 溝底之鋪設材料以現地出產之天然石材為原則，須質地堅硬，無明顯風化、裂縫及頁岩夾層或其他結構上之缺點者。若現地材料不足時，可用其他硬式材料(如植草磚)代替，但不得含污染物。

A-2 石材之尺寸，主要石材之粒徑應不小於[7.5]cm。填縫所使用之石子粒徑應不小於[0.5]cm，且不得大於[3]cm。

#### (5) 施工

A. 施工原則係以生態理念為基礎，因此施作過程中，須能按下列三項原則進行。

A-1 施工過程中應儘可能避免大規模整地開挖，以降低對周遭生態環境之破壞或影響。

A-2 施工材料應以就地取材為原則，且宜選用天然材料。

A-3 種植之草類須以當地原生植物為優先考量。

A-4 養護作業時，應避免使用農藥、化學肥料，宜採用客沃土、補植或施用有機肥、綠肥等方法進行維護。

#### B. 草溝植生

B-1 草溝之植生方法包括混播、噴植、植草苗、草皮鋪植等。應依現地之土壤條件選用適當之植生方法。

B-2 所使用之草種以匍匐性草類為佳，並以本地草種為主。如假儉草、兩耳草、竹節草、牛筋草、黃野百合、鋪地黍、鐵掃帚、狗牙根、濱刺麥、馬鞍藤、等原生草種應為優先使用。並應依施工地區之氣候、土壤狀況，混播植生。

B-3 草本植物之有效土層厚度為 15~30cm，若有效土層之土壤狀況不良，在植生前，可使用[樹皮]、[穀 燠炭]等有機質肥料約[0.5]kg/m<sup>2</sup> 予以改善土壤之肥力。

B-4 草類種子應於草溝整地時，即進行種子發芽率試驗(發芽率應在[85%]以上)，並於播種或噴植前[二週]提送種子發芽率試驗報告交予業主查驗。

B-5 於乾旱地區，須視需要覆蓋稻草蓆以保持土壤水分，稻草蓆需重疊[5~10]cm，並以[竹籤]固定之，以防止飛散。

B-6 草類覆蓋完密前，宜將逕流分散並視需要使用防沖材料如稻草蓆、木質纖維、紙片、紙漿等，待草類覆蓋完密後，再行排水。

## 5.2 路側特性評估準則

### 5.2.1 邊坡設施

#### 1. 名詞定義

邊坡設施為保護邊坡有崩塌之虞時，用來修改坡度、穩定邊坡所設置之設施。其設施形式可分為擋土牆及護坡。

#### 2. 評估準則

準則十 需進行整治之邊坡且坡度大於土壤抗剪角，其邊坡形式非為緊急保護採用非生態式處理外，其餘皆應以生態式邊坡方式為優先考量。

準則十一 經由風化、生物分解等過程而自然形成之土壤層在土地開發利用時遭受破壞，應有效改善土壤品質與植被狀況，維護原有土層厚度。

準則十二 邊坡植生應以維護原生植被為目標，樹種之選擇以在地潛在優勢種為對象，減少外來植群入侵造成生態鍊的破壞。

#### 3. 評估等級

##### (1) 安全性

邊坡安全性的評估等級可分為四級。第一級為需進行整治之邊坡且邊坡坡度大於土壤抗剪角（安息角）；第二級為需進行整治之邊坡且邊坡坡度小於土壤抗剪角（安息角）；第三級為無潛在危險之邊坡；第四級為不易風化之岩石-穩定邊坡。

## (2) 土壤保水性

土壤保水性主要考量邊坡表面保留雨水的能力，由於大自然因素造成下雨後雨水入滲地層造成土壤吸水軟化，土壤之抗減強度降低，土體失去平衡而造成邊坡崩塌。土壤保水性的評估等級可分為四級。第一級為邊坡表面土壤裸露面積大於 75%；第二級為邊坡表面土壤裸露面積在 75%-50% 之間；第三級為邊坡表面土壤裸露面積在 50%-25% 之間；第四級為邊坡表面土壤裸露面積小於 25%；

## 3. 邊坡設計

台灣地區由於地質構造的特殊，山地佔全島面積之百分之七十，因而公路建設，勢難避免須穿山越嶺而產生挖、填方邊坡。

### (1) 工程會所訂邊坡處理原則：

- 最少的開挖及回填量。
- 避開不穩定地質地帶。
- 避免以高填土路堤邊坡方式興建道路。
- 避免破壞邊坡生態系統的連貫性及整體性。
- 地區環境整體考量，避免在別處造成二次環境傷害。
- 最少的混凝土，盡量採就地取材。
- 妥適處理邊坡排水問題，以強化邊坡，減少坡面整治。
- 將生態及景觀納入坡面及坡趾擋土設施考量。

### (2) 工程構造物之設計 (Structure)

依環境特性調查等客觀條件，已確定需進行工程構造物之地點，就合乎保護目的之構造物本身，進行改善構造物之型態與結構以符合部分自然生態目標之設計，即為「治山防災構造物之生態工法」所欲達成之目標。依此原則，其規劃設計之主要考慮方向如下：

- 表面粗糙化（結構物表面雜異化）
- 高壩低矮化（壩體階段化）
- 坡度緩坡化（棲地廊道與景觀美質）
- 材質自然化（材料多樣化）
- 施工經濟化（現地條件與合理規劃）

最終目標在期使施作之工程構造物對生態系統衝擊最小，同時大量創造動物棲息及植物生長所須之多樣性生活空間。

對現階段所提出之各種工法，在選用及施作之前應事先調查工址之現況，並詳估工程構造物失敗可能造成之潛在性災害。於災害風險較低之工址，可採用柔性、多孔、低矮之工程設計。反之，對於陡峭、易滑動、土壓大之不穩定邊坡則必須採用剛性、實心、大規模之防災構造物。

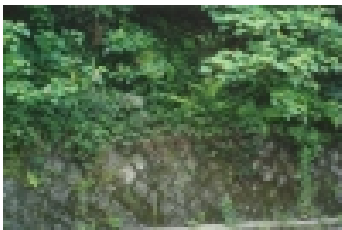
## 5.工程構造物運用生態工法種類

### （1）石籠擋土牆



以鉛線或鍍鋅鋼線編成長方形空籠，並填入 10~30 公分大小之卵石後，將石籠逐層堆築而成之堆疊式擋土牆。一般適用於陡坡及緩坡之坡址及坡面保護。

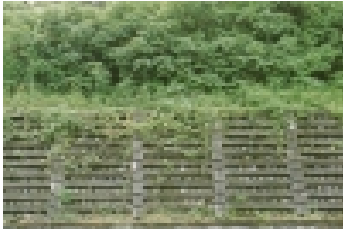
### （2）砌石擋土牆



藉由堆砌石塊間之摩擦力及砌石牆本身自重，以提供抵擋水平土壓力之抵抗能力。適用於陡坡及緩坡之坡趾保護。



### (3) 框條擋土牆



由大量之小梁組合而成之盒狀構造物，內部填充土壤或石塊，以構築而成之重力式擋土構造物。

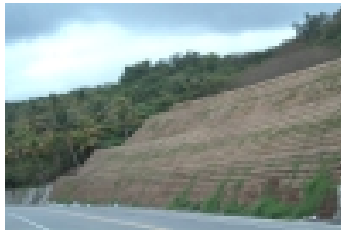
### (4) 疊塊式模鑄面版擋土牆



使用加勁材穩定邊坡，牆面可以植栽或造型變化加以美化。

適用於邊坡坡度大於  $60^\circ$ ，且坡高大於 5 公尺時。

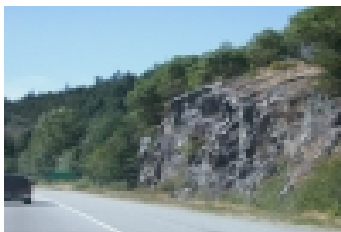
### (5) 加勁擋土牆



利用加勁材料埋置於土壤內，形成加勁後之擋土構造物，以提供邊坡內部穩定之能力。

適用於邊坡坡面較陡且坡高大於 10 公尺時。

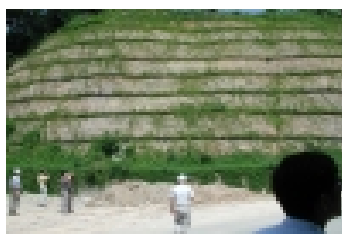
### (6) 自然坡面



經確定邊坡無破壞之虞時，一般為岩坡可採取自然坡面處理。

適用於邊坡岩質良好及完整堅硬，具自立性，且耐風化之條件不使用。

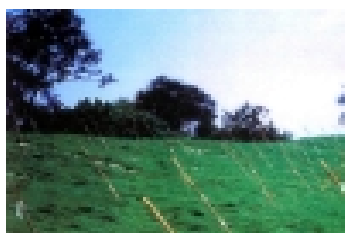
### (7) 打樁編柵



使用萌芽樁、木樁或其他材料製成之樁，打入土中，並採用鐵絲網等材料編織成柵，以穩定坡面並塑造一有利植物生長之環境。

適用於坡度  $45^\circ$  以下的坡面，且不適用於有深層滑動的坡面。

## (8) 植生模毯



由 PE 或 PA 材質製成，內部可填充水泥砂漿之格子狀蓆墊。

可縮短施工時程，可應用於須緊急搶修之邊坡。

## 6. 擋土牆

河岸邊坡過陡、過高或鄰近有屋舍等構造物，有安全性顧慮時，應設置擋土牆，以攔阻天然或填築之土石，以維持兩側的安定，並防止填土或開挖坡面之崩塌。擋土牆因適用範圍之不同有極多的型式，列表如下：

表 5.1 擋土牆之適用範圍型式列表

三明治式擋土牆		混凝土砌塊石，背填混凝土及卵石。
重力式擋土牆	卵石混凝土	以卵石混凝土灌成。
	混凝土	以混凝土灌成。
半重力式擋土牆		以鋼筋加強之重力式擋土牆
懸臂式擋土牆		以鋼筋混凝土灌成
扶壁式擋土牆		以扶壁支撐擋土牆，分成前撐與後撐兩種型式。
疊式擋土牆	石籠	鉛絲編成石籠，填以卵塊石疊築而成。
	箱型網籠	鉛絲編成箱形網籠，填以塊石疊築而成。
	格籠	預鑄鋼筋混凝土桁條組合成，框箱內疊砌卵塊石。
	加勁材	於土壤中鋪放加勁材料以形成高強度之結構物。
板樁式擋土牆	懸臂板樁	以木質、鋼質或混凝土等材料板樁打入地下而成。
	錨繫板樁	板樁上緣以繫條連結錨座而成。

而擋土牆在設計時，應考慮之安全性有滑動、傾倒及材料應力等。擋土牆所受之作用力有牆身自重、土壓力、加載荷重、

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

水壓、動態作用力及土壤之支承力。另需考慮基礎土壤之承载力，若不足時，應加大基礎面積、或以其他方法補強。

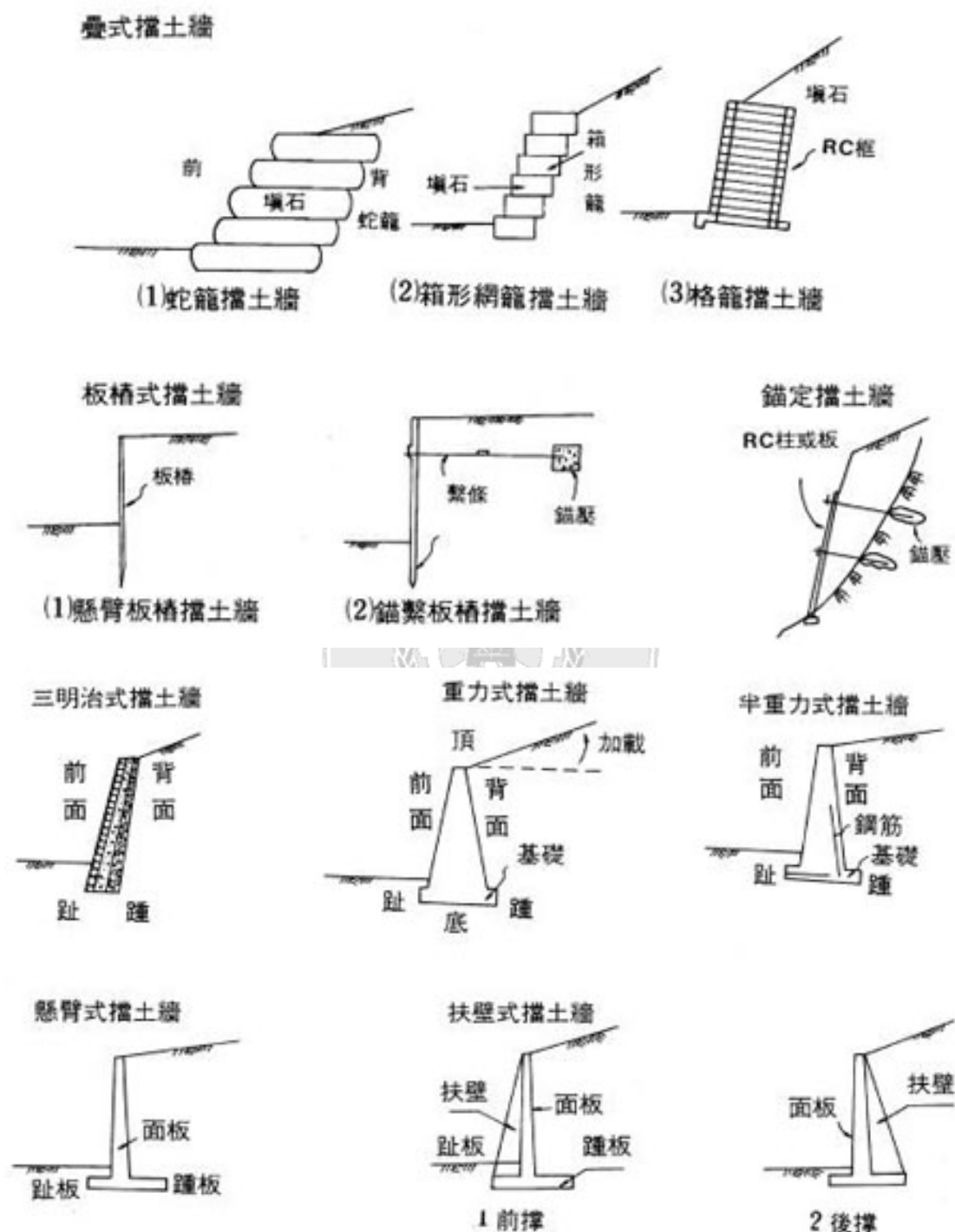


圖 5.1 各類擋土牆簡圖（水土保持局，1992）

## 7.邊坡坡面處理

### (1) 崩塌裸坡面處理

- 整修崩塌坡面，去除危石。
- 視坡度陡緩，做適當之編柵及橫向截導水設施，將地表水引到植被良好地區。
- 在坡面外圍做適當之截水工，以防坡外地表水流入崩塌區。
- 填平蝕溝、做護底、護岸或築小型節制壩，控制蝕溝。
- 施作植栽工以穩定坡面。

### (2) 坡腳及堆積區處理

- 堆積地坡面打樁編柵，並施作截導水工。
- 堆積地基腳穩定工。
- 施作植栽工以穩定坡面。

### (3) 裸露地植生

在裸露地施以適當的植生工法及種植適生的植物材料，加速達到植生復育、邊坡穩定、生態保育及景觀調和之功效。

## 8. 崩塌裸露地植生

為期崩塌地早日快速植生復舊，依崩塌地對村落、住家、公共設施等影響之優先次序，進行邊坡穩定植生復育工作。採用之植生工法因地制宜，計有鋪網噴植、種子撒播植生、打樁編柵配合植苗、種子撒播植生、航空植生及土壤團粒劑噴植等工法。為顧及生物之多樣性，植物材料之選用原則：坡地 60 度以下至 35 度以上之崩塌地，採用小葉百喜草、百慕達草、類地毯草及綠柏草等草本種子，及胡枝子、田菁等灌木種子；35 度以下之崩塌地，除草本植物及灌木以外，配合撒播相思樹、台灣欒樹、山鹽茅等喬木種子。

## 9. 泥岩植生

人工邊坡之處理：人工開挖之泥岩邊坡，為求坡面之穩定，於植生前期處理需進行整坡，坡度以 1：1.5 為原則，每 5~7m 開設一個階段，因地制宜設置縱向及橫向排水。植生工法可採用植生帶鋪植法、種子噴植法、肥束網帶鋪植法及打樁編柵配合噴植法或袋苗穴植等。適用之植物材料：草本植物有百喜

草、百慕達草、奧古斯丁草、蟛蜞菊；木本植物有苦藍盤、長穗木、黃槿、九芎、雀榕等。

## 5.2.2 週邊土地使用狀況

### 1. 名詞定義

週邊土地使用型態是指研究區域之陸域地區的土地使用種類、強度、及人為設施分佈等使用型態。

### 2. 評估準則

準則十三 道路經過生態敏感區之地區時應多利用閒置腹地或雜草地，採用生態補償策略多設置緩衝帶，以彌補過去道路開發造成之生態破壞。

準則十四 道路經過人為開發程度高之地區時應少用食餌、蜜源植物，避免將動物、昆蟲吸引至本區，造成生態破壞。

### 3. 評估等級

#### (1) 人為程度

週邊土地使用型態人為程度的評估等級以使用強度對基地之影響，可分為四級。第一級為工業用地、停車場、及商業用地；第二級為住宅用地、機關用地；第三級為農業用地、林業用地；第四級為山壁、河道。

#### (2) 閒置腹地

週邊土地使用型態閒置腹地的評估等級以距離效果評估，可分為四級。第一級為半徑 150 公尺之範圍內無法連接至其他棲地；第二級為半徑 150 公尺之範圍內可連接至其他棲地；第三級為半徑 100 公尺之範圍內可連接至其他棲地；第四級為半徑 50 公尺之範圍內可連接至其他棲地。

### 5.2.3 照明設施

#### 1. 名詞定義

##### (1) 道路照明之目的

道路照明之目的，在夜間或隧道等亮度急遽變化場所設置照明設備，使道路使用者擁有良好之視覺環境，得以能充分掌握道路及交通狀況，以達交通安全及流暢等目的。但在山區道路中燈具的照度、波長、演色性、高度及密度等對植物、昆蟲皆有生理上的影響。

##### (2) 照明的功能

基於上述之目的，照明設施應能提供下列之視覺資訊：

- 道路上之障礙物及行人存在及其位置。
- 道路橫斷面、線形及道路構造。
- 道路上特殊場所(交叉路口、曲線部位等)之存在及其位置。
- 行駛車道之路面狀況(乾溼、凹凸等)。
- 其它車輛之存在及其動向(速率、種類等)。
- 道路周邊狀況。

##### (3) 解釋名詞

- 光束 ( $\phi$ ) (單位：流明 (Lumen))  
1 流明係由點光源以 1 燭光均等光度放射光線至 1 公尺等距離之半球面 1 平方公尺內之光量。
- 光度 (I) (單位：燭光 cd 或 cp)  
由點光源在一立體角內所發射出來之光束為一流明時，則該光源之光度為 1 燭光。
- 照度 (E) (單位：勒克斯 (Lux))  
單位面積內所照射之光束數。1 平方公尺受光面所接收 1 流明之光束稱為 1 勒克斯。

● 輝度 (L) (單位: Nit=cd/m<sup>2</sup>)

由光源或反光面上之任一點朝觀測方向發射或反射之單位面積上之光度值。

## 2. 評估準則

準則十五 道路經過生態敏感區或重要動植物之棲地時，應審慎評估道路照明對環境的影響。

準則十六 道路之燈光設計，除必要之交通安全照明外，就燈具位置、高度、照度範圍、演色性及遮光設施加以調整，避免干擾周圍生態環境。

## 3. 評估等級

### (1) 演色性

演色性是物體在光源下的感受與在太陽光下感受的逼真度百分比，演色性高的光源對顏色的表現較好，意為眼睛所看到的顏色愈接近自然原色。演色性的評估等級可分為四級。第一級為演色性逼真度 25% 以下；第二級為演色性逼真度 25%-50%；第三級為演色性逼真度 50%-75%；第四級為演色性逼真度 75% 以上。

### (2) 密度

密度的評估等級可分為四級。第一級為燈具密度過高造成光源干擾並影響行車安全；第二級為燈具密度過高但不影響行車安全；第三級為燈具密度不干擾生態但不能滿足基本行車安全；第四級為燈具密度不致干擾生態僅滿足基本行車安全。

### (3) 高度

高度的評估等級可分為四級。第一級為燈具高度過高造成光源干擾並影響行車安全；第二級為燈具高度過高但不影響行車安全；第三級為燈具高度不干擾生態但不能滿足基本行車安全；第四級為燈具高度不致干擾生態且滿足基本行車安全。

## 4. 照明設計原則

### (1) 照明設計基本要求

- 同一路段之照明設施設計應求一致。
- 設計時應重視照明效率、使用壽命、經濟性及對當地氣候條件之適應性。
- 燈座最好選擇可調整者，配合折射罩紋路，依實際路面寬窄調整選擇最適合之光束分配，俾能平均分配於所照區域，不致產生黑暗或特亮等現象，而影響駕駛人之視覺。
- 對汽車排煙污染燈具之問題應予考慮，以避免影響照明組件而失去應有之亮度。
- 如應管理上之需要，設計時得採用自動點滅器依照明計畫自動開閉啟用。
- 多霧地區可考慮設置濃霧偵測器，連接自動開啟照明。

### (2) 照明輝度及照度

- 道路照度(Illumination)標準，應符合下表規定。

表 5.2 道路照度標準表

照度等級	標準照度 (LUX)	照度範圍 (LUX)	高速道路	鬧區	一般道路	其他
甲	五〇	七〇—三〇	隧道內	不適用	郊區	不適用
乙	二〇	三〇—一五	隧道出口 收費站		不適用	隧道內
丙	一〇	一五—七	陸橋下、停車場、道路沿線	鬧區		車站廣場
丁	五	七—三				
戊	二	三—一·五				
己	一	一·五—			郊區	住宅區
		〇·七	不適用	不適用		公園
庚	〇·五	〇·七—				其他
		〇·三				



附註：

- 照度單位為流明每一半方公尺(LUX或lm\m)
- 本照度標準表係假定路面反射率為二〇%(混凝土路面)時之而要照度值，如反射率變為一〇%(瀝青路面)時，照度等級應提高一級。
- 在午夜至黎明間交通量顯著減少時為節省電力消耗，可裝置自動減光照明設備，使燈具個別減半發光，或交錯減半啟亮使用。
- 橋樑、道路或高速道路在接近市區或光亮地段，亦應有緩和照明之設置。

### (3) 照明之明暗均勻度規定

道路照明之明暗均勻度(Uniformity of Brightness)及燈柱高度應等合下表規定：

道路分類	高 速 道 路	一 般 道 路
明暗均勻度		
最低照度與平均照度比	大於一：五	大於一：七
最低照度與最高照度比	大於一：八	大於一：一四

附註：

- 燈具之間隔及燈柱之高度應妥為安排選定，使明暗均勻度不低於表中之規定。
- 平均照度低於5LUX(丁級)以下之次要道路照明不受右表之限制。
- 使用燈柱之照明器具，燈柱有效高度在市區道路不得低於公八公尺，在郊區道路或高速道路不得低於一〇公尺。但情形特殊者得酌予降低。

### (4) 燈具(Luminaire)之型式及使用，應符合下表之規定。

表 5.3 燈具型式及眩光規定

道路分類		眩 光	燈具型式	
			優 先	尚 可
郊區道路	高 速 道 路			
	交通量大於五〇〇輛／小時	不容許	遮蔽型	半遮蔽型
	交通量在一〇〇至五〇〇輛／小時			
市區道路	交通量少於一〇〇輛／小時	不受限制	不受限制	不受限制
	幹線道路	少許	遮蔽型	半遮蔽型
	次要道路	容許	遮蔽型或半遮蔽型	無遮蔽型

附註：遮蔽型(Cut-off)燈具，最大光度涵蓋範圍 0-65。半遮蔽型(Smi Cut-off)燈具，最大光度涵蓋範圍 0-75。無遮蔽型(Non Cut-off)燈具，最大光度涵蓋範圍 0-90。

## (5) 光色

光色規定如下：

- 道路照明燈具之光色應避免與交通信號燈相混淆。
- 路燈之光色應儘量使被照射物體之原有色彩自然不變。
- 山區道路之多霧多塵煙地區，可採用黃色燈光照明，以增加駕駛者透視力。

## 5. 照明設施之佈設方式

### (1) 設置位置

- 通常佈設於公共設施帶，或中央分隔帶上。
- 在交叉路口地區，得設於交通島上。

### (2) 排列方式

通常街道照明設施排列方式有以下五種，其中 W 表路權寬度(公尺)，S 表裝設間隔(公尺)。

- 單側排列，如圖 5.2 所示。

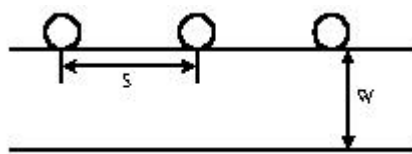


圖 5.2 單側排列

- 交錯排列，如圖 5.3 所示。

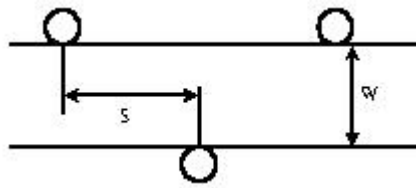


圖 5.3 交錯排列

- 相對排列，如圖 5.4 所示。

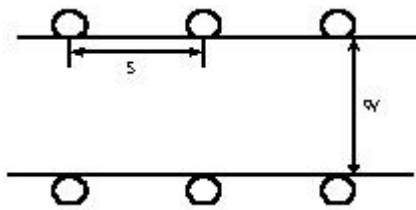


圖 5.4 相對排列

- 中央分隔帶排列，如圖 5.5 所示。

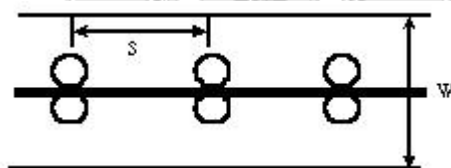


圖 5.5 中央分隔帶排列

- 特殊高桿多燈設置

### (3) 排列方式之選擇原則

- 車道寬度較窄之匝、環道，及一般巷道，得以單側排列設置之。
- 車道較寬道路，得以相對排列方式設置之。
- 如中央分隔帶寬度足夠，可於中央分隔帶排列設置之。

### (4) 燈具光度分佈

燈具依其對眩光之影響可區分為以下三種：

- 遮蔽型：其最大光度之涵蓋範圍為 0 度~65 度。
- 半遮蔽型：其最大光度之涵蓋範圍為 0 度~75 度。

- 無遮蔽型：其最大光度之涵蓋範圍為 0 度~90 度。

(5) 道路路燈高度與桿距間隔標準

道路路燈高度與桿距間隔標準，宜視當地之實際狀況加以調整。

- 一般道路及無行車場所之燈桿高度得降低 10%。燈桿間隔一般道路上得宜增大 20%，無行車場所宜增大 50%。
- 使用燈桿之照明燈具距路面之高度，市區主次要道路應不低於 8 公尺，可行車之巷道內應不宜低於 3.5 公尺。
- 燈具之傾斜角度以在五度以下為原則。



## 5.3 生物特性評估準則

### 5.3.1 植被特性

#### 1. 名詞定義

- (1) 綠覆率：係指都市用地範圍內植栽垂直投影面積所佔的百分比。
- (2) 植物多樣性：係指一定面積內，植物種類所佔的比例。
- (3) 植物本土性：係指生長於當地環境區域內的原生植物所佔的比例。

#### 2. 評估準則

準則十七 為配合當地之生態考量，道路兩側植栽、植群應以在地原生樹種為主，並保有植物多樣性。

準則十八 道路兩側進行綠化工程時，應盡量提高其綠覆率為目標，並以模擬原有林相複層植栽手法種植。

#### 3. 評估等級

##### (1) 綠覆率

綠覆率的評估等級依據國內綠地相關法令規定，可分為四級。第一級為綠覆率小於 15%；第二級為綠覆率 15%-30%；第三級為綠覆率 30%-45%；第四級為綠覆率達 45% 以上。

##### (2) 植物多樣性

植物多樣性的評估等級以一定面積內，植物種類所佔的比例。此值越高，植物種類越豐富，等質性越低；反之，

種類豐富度較小時，植物之重現性較大。植物種類越多樣，可供給內部更多生物生存的機會，其計算式： $D = S/N$ （ $D$ 表種類豐富度； $S$ 表種數； $N$ 為個體數，亦可用面積代替），依據上式可計算出植物種類多樣性指標，分為四級。第一級為  $D < 2$ ；第二級為  $3 \leq D \leq 4$ ；第三級為  $5 \leq D \leq 6$ ；第四級為  $7 \leq D$ 。

### （3）植物本土性

植物本土性係指生長於當地環境區域內的原生植物所佔的比例，分析原生植物數量佔區域內植物總數，可分為四級。第一級為  $0 < \text{本土植物比例} \leq 0.25$ ；第二級為  $0.25 < \text{本土植物比例} \leq 0.5$ ；第三級為  $0.5 < \text{本土植物比例} \leq 0.75$ ；第四級為  $0.75 < \text{本土植物比例} \leq 1$ 。

## 4. 植栽功能與選種

### （1）分隔帶植栽之功能

道路植栽應促使其發揮下列適當之功能：

- 遮光、防止眩光：在中央分隔帶以樹籬分隔對向行車之燈光。
- 緩衝：以枝葉密度高富彈性及韌性的樹種，緩和車輛失去控制衝入對向車道或人行道。
- 誘導：以樹籬在車道兩側引導車流行進。
- 強調及警告：在分隔島前端植栽，以色彩、層次多變化的低矮植物為宜，以具有強調及警告作用。
- 遮蔽：對道路內外景觀意象雜亂的構造物，具消除雜亂無章的效果。
- 綠蔭：以樹冠綠覆率大、枝葉茂盛的高大喬木為主。
- 噪音防制：在距離音源近的車道旁設立植栽帶，減低噪音干擾的效果。
- 空氣污染防制：在距離污染濃度高的車道旁設立植栽帶，吸收污染物質及灰塵，產生淨化空氣效果。
- 美化、綠化：配合行道樹及地被植物美化綠化市容。
- 調和氣溫之功能。

## (2) 分隔帶植栽之選種

依分隔島之功能與規格，宜配合景觀及功能需要，進行大喬木、中喬木、小喬木、灌木叢與地被植物之植栽；分隔帶（島）之植栽為防眩光以灌木為主，路口考量行車安全以地被植物為主。

行道樹之選種原則如下：

- 適合當地氣候及環境。
- 耐乾、耐風、成長快。
- 外觀整齊美麗。
- 能代表本地特色。
- 能耐交通工具所排廢氣污染，且具有抵抗力。
- 根群發育良好者。
- 無惡臭或有毒花粉或汁液分泌。
- 能抵抗病蟲害。

## (3) 行道樹種類

行道樹樹種應提列適合該地之樹種，其選種原則：1.適合當地氣候及環境。2.耐乾耐風且成長快。3.外觀整齊美麗。4.能代表本地特色或原生樹種。5.能耐交通工具所排廢氣污染，且具有抵抗力。6.根群發育良好者。

適合當成行道樹之樹種如下：

### ● 依落葉與不落葉劃分

依落葉與不落葉可分為常綠性及落葉性兩種。以下列舉數種常綠及落葉性行道樹種類以供參考。常綠性：樟樹、榕樹、銀樺、茄冬、黃瑾、烏心石、青剛櫟、水黃皮、大葉山欖、白千層……等。落葉性：楓樹、槭樹、木棉、榆樹、楓香、刺桐、台灣欒、朴樹……等。

### ● 依葉片寬窄劃分

依葉片寬窄可分為針葉樹及闊葉樹兩種。以下列舉數種針葉樹及闊葉樹種類以供參考。針葉樹：龍柏、南洋杉、柳杉、檜柏……等。闊葉樹：水黃皮、豔紫荊、印度橡膠樹……等。

- 依樹型大小劃分

依樹型大小可劃分為大喬木、中喬木及小喬木三種。以下列舉數種喬木種類以供參考。大喬木：黃槿、台灣櫟、大葉山欖、榕樹、茄冬、楓香、刺桐、鳳凰木、合歡……等。中喬木：樟樹、烏心石、踏腳楠、白千層、木棉、亞力山大椰子……等。小喬木：楊桐、木槿、春不老、朴樹、台灣海桐……等。

- 依觀賞部分劃分

依觀賞部分可分為觀葉類、觀花類及觀果類等。以下列舉數種觀賞類行道樹以供參考。觀葉類：楓樹、欖仁木、榔榆、芒果、瓊崖海棠……等。觀花類：海紅豆、豔紫荊、水黃皮、合歡、櫻花……等。觀果類：麵包樹、波羅蜜、楊梅……等。

## 5.行道樹植穴設計

### (1) 行道樹植穴面積

行道樹植穴面積應依樹木大小決定，但不宜小於 1.0 平方公尺，且根球與植穴邊緣之淨寬度須至少保持 30 公分；穴深則為根球直徑再加 15~20 公分。

### (2) 人行道寬度與植穴配置

植栽不得佔用人行淨空間之需求，必要時可利用草磚或樹柵進行部份鋪蓋。植穴可配合人行道佈設形式，實施連續性帶狀設計。



### (3) 行道樹植穴原則

掘穴時宜深且寬，並以適於該樹種之養植土壤回填。  
覆土厚度宜大於 1 公尺為原則，且覆土應低於兩旁之鋪面或緣石一公分，不得高於鋪面或緣石。

### (4) 行道樹植栽間距

- 行道樹栽植位置不得妨礙行車視線及行車安全。
- 以樹木長為大樹後樹冠不相衝突為宜，大型樹冠樹種植栽間距 8-15 公尺，小型樹冠樹種植栽間距以 4-6 公尺。
- 景觀道路之植栽帶列間距採 2 公尺以上。
- 喬木樹幹與車道之橫向距離宜大於 1.0 公尺。
- 車速超過 50 公里/小時，每增加 10 公里/小時應加大 50 公分或增設護欄。

## 6. 邊坡綠化生態工法

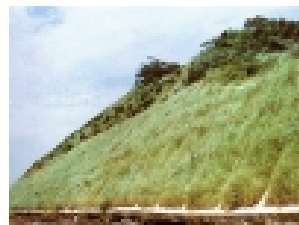
不同之土壤硬度將明顯影響植物生長狀況，故遇到較不適合之土壤狀況時，則需採用相應之植生方法配合處理。

### (1) 掛網噴基材



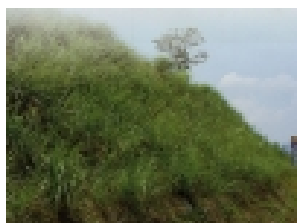
藉表層覆蓋穩定土配合植生，以達水土保持效果。一般使用於岩坡保護，往上可附加肥料包，以延長綠化效果。

### (2) 格框客土袋植生



利用混凝土格樑配合支撐工以穩定邊坡，框內置客土袋，填沃土植草，若坡度超過 1:1 需鋪裝 HDPE 網保護。

### (3) 挖穴鋪網植生



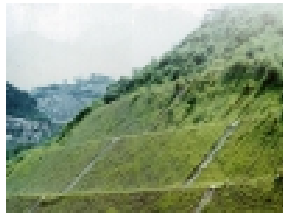
藉坡面鑽穴挖孔之客土及種子噴植以穩定邊坡，適用於較緩且平整之岩坡或植物附著及生長困難處。

#### (4) 鋪設植生草帶植生



植生草帶容易覆蓋可防止雨水冲刷坡面，且施工迅速，適用於較緩或填方邊坡。

#### (5) 植生鋼網格框植生



本工法配合植生綠化效果佳，利於景觀；適用於原屬穩定之邊坡，且植生不易之坡面。

### 5.3.2 物種特性

#### 1. 名詞定義

- (1) 移動路徑：一般在動物的運動模式分為連續運動及間歇運動，其運動方式有巢域、疏散及遷徙。由於道路建設常造成棲地造成切割與阻隔，因此需透過人造路徑來代替，如箱涵、魚道。
- (2) 物種相對豐富度：係指棲地樣區內物種數量佔其所在生物地理區或行政區域內物種總數的比例。

#### 2. 評估準則

**準則十九** 動物移動路徑應詳細調查基地道路周邊之物種，依據其生活圈範圍、生活習性及棲地環境，考量可能之替代移動路徑。

**準則二十** 因應在地鳥類及昆蟲之飛行習性及食性，檢討現有路權範圍兩側植生種類及高度。

### 3.評估等級

#### (1) 移動路徑

移動路徑的評估等級可分為四級。第一級為未設置動物移動路徑；第二級為有現成之涵洞、管涵；第三級為僅針對重要交通衝擊點設置替代管涵；第四級為針對現地生物習性移動路徑設置替代管涵。

#### (2) 物種相對豐富度

物種相對豐富度係指棲地樣區內物種數量佔其所在生物地理區或行政區域內物種總數的比例。即反映研究區域內物種數與組成生物之豐富度、頻度等介量關係。依公式：

$$R = (M/M_{\max}) * 100\%$$

式中 R 表物種相對豐富度；M 表棲地樣區內物種的數量；M<sub>max</sub> 為行政區內物種總數。由上式得出相對豐富度之比例。由少至多分為四級：第一級為  $0 < \text{物種相對豐富度} \leq 0.1$ ；第二級為  $0.1 < \text{物種相對豐富度} \leq 0.3$ ；第三級為  $0.3 < \text{物種相對豐富度} \leq 0.5$ ；第四級為  $0.5 < \text{物種相對豐富度}$ 。

## 第六章 實證研究

### — 以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例 —

#### 6.1 基地環境背景概述

本研究以配合交通部公路總局進行脊樑山脈旅遊線景觀改善計畫中選取風景秀麗、生態豐富的台十四甲線霧社至合歡山莊段(0K~33K)作為實證研究地點,希望透過本研究將台十四甲線(0K~33K)沿線環境基質加以分析,並依前述架構提供本路段未來在進行景觀改善工程時得以運用之生態工法建議。

##### 6.1.1 自然環境

本基地為台十四甲線霧社至合歡山莊段(0K~33K),在行政區域上位屬南投縣仁愛鄉。

##### 1. 地理位置

南投縣位台灣中部,台灣省之地理中心,為全台灣唯一不臨海的縣,為全省第二大縣份,僅次於花蓮縣。仁愛鄉位於中央山脈中區,東以合歡、奇萊山與花蓮縣交界,南至安東軍山與信義鄉相接,西與魚池鄉、埔里鎮、國姓鄉為界,北臨臺中縣和平鄉,境內分為十四村。台十四甲經過仁愛鄉南豐村、大同村。

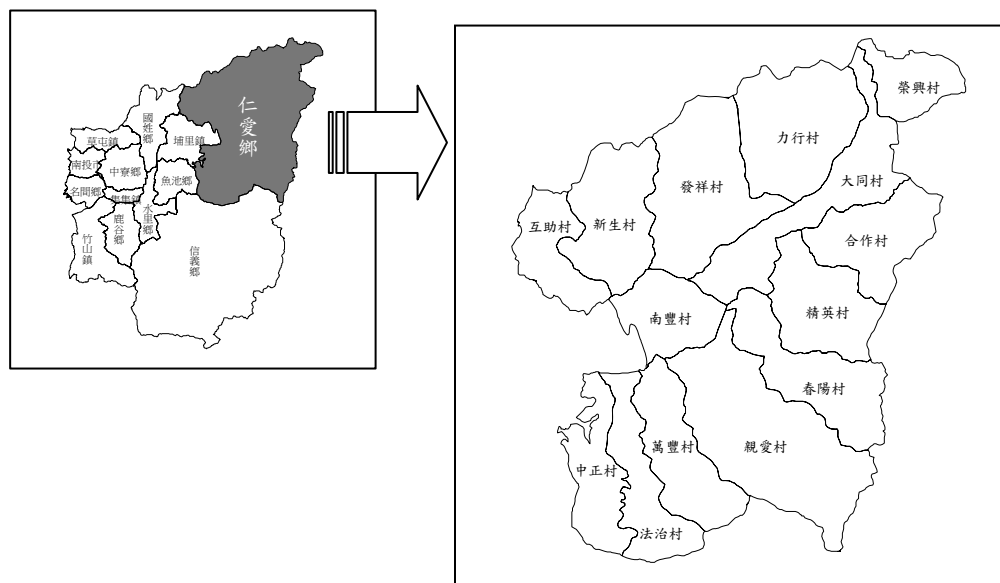


圖 6.1 仁愛鄉行政區域圖

## 2.地形

南投縣位於臺灣紡錘形地塊之中心部，包括太魯閣帶大南澳亞帶之極小部份，與合歡亞帶、玉山帶、西臺灣帶之大豹複向斜亞帶與出磺坑樞紐亞帶等部分。其位於台灣中央山脈西側與西部平原之間，地勢起伏變化，但地勢大體由東向西降低，全境山地佔 83%，其坡度皆在 10%以上。

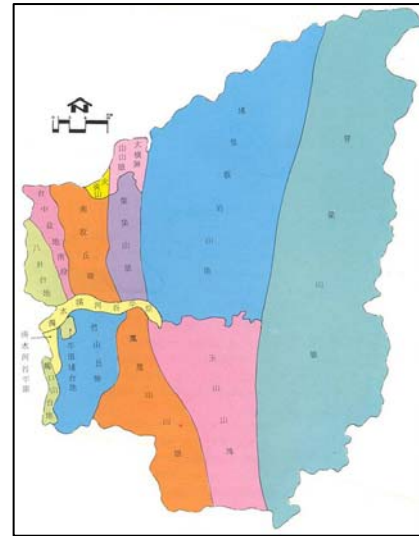


圖 6.2 南投縣地形帶圖

資料來源：環保署，環境地理資訊系統共用資料庫

南投縣之高山地帶係指中央板岩山地和西部衝上斷層之大橫屏山、集集山及鳳凰山脈。中央板岩山地約佔全縣面積的四分之三，依其地勢可分為脊梁山脈、埔里板岩山地和玉山山塊三亞區，本山地中多群峰峻嶺，海拔 3,000 公尺以上者多集中於此，致南投縣有「山嶽縣」之譽。

仁愛鄉境內海拔自北港溪流域內互助村梅子林部落之四百公尺至奇萊山主峰之海拔三千五百九十九公尺，落差達三千一百餘公尺。境內山脈分屬中央山脈之合歡、奇萊、能高、卓社、關刀、守城山系，而海拔高於二千公尺以上之高山即有合歡山、能高山等七十餘座，就全鄉地勢而言，東、南、北有高山屏障，而海拔高度由東逐次向西遞減。

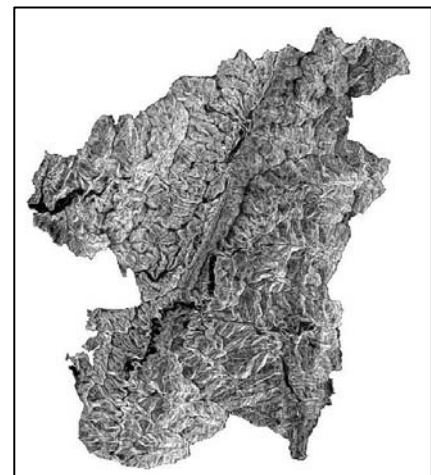


圖 6.3 仁愛鄉坡向圖

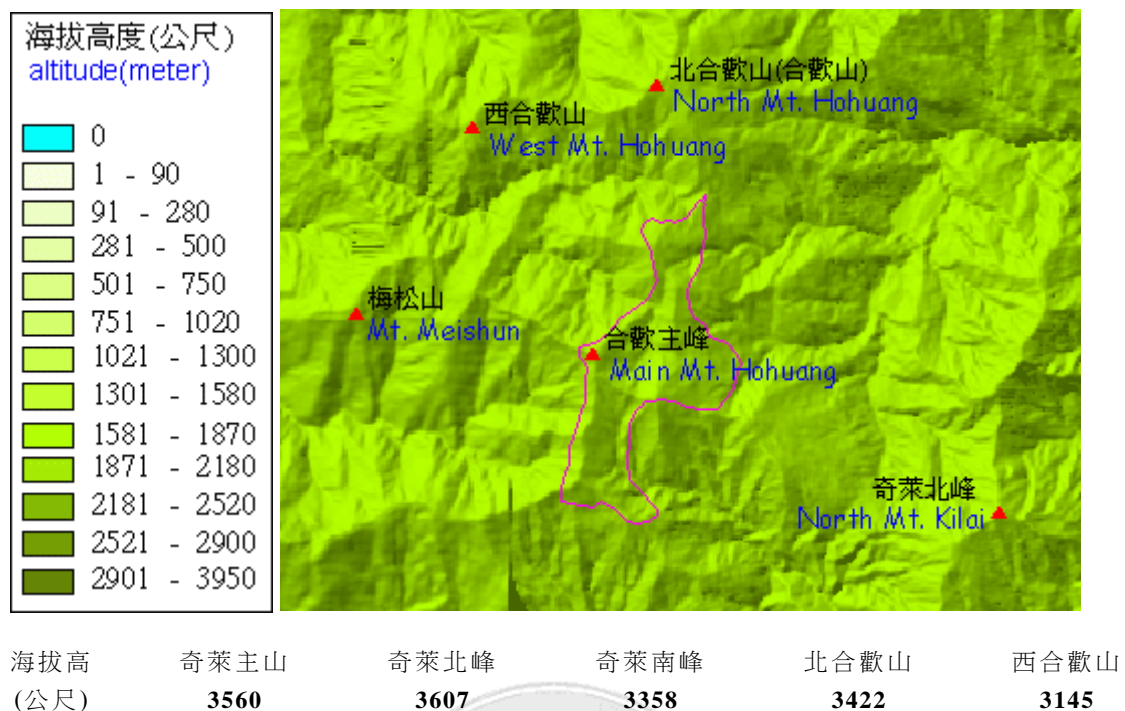


圖 6.4 合歡山脈高度圖

資料來源：行政院農業委員會林務局，合歡山森林遊樂區，網頁資料  
<http://recreate.forest.gov.tw/>

### 3.地質

南投縣位台灣紡錘形地塊之中心，在地質構造上相當於台灣複背斜構成西翼之一部份，所以南投縣地質，大致東舊西新，各帶中有複雜之背斜與向斜構造。由地質分佈狀態觀之，可分五大帶：（一）（二）蘇澳相帶（三）烏來相帶（四）新成亞紀之汐止群與三峽群之中新世地層帶（五）苗栗群及巔嵙山群之新成亞紀末期與第四紀更新世地層帶。

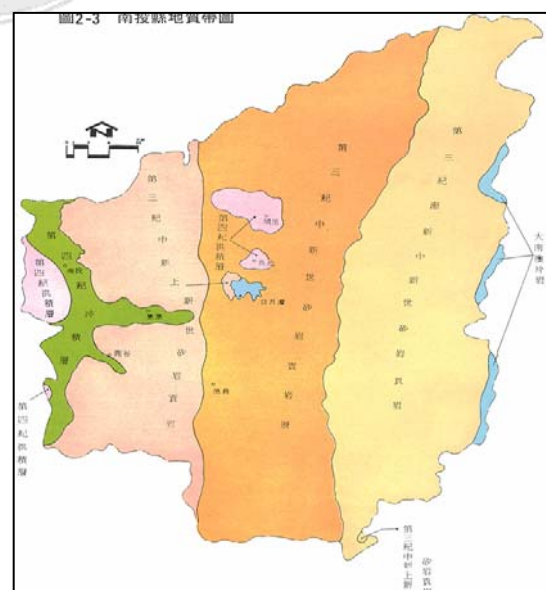


圖 6.5 南投縣地質圖

資料來源：環保署，環境地理資訊系統共用資料



本計畫區的地質為南澳片岩帶位丹大溪上游、脊梁山脈之主分水嶺稜線上，發生於古生代後期至中生代，變質度頗大，岩石中含雲母、石墨、石英片岩、方解石片岩等礦物。硬頁夾薄至厚層砂岩；硬頁夾、板、岩千枚岩夾砂岩；厚層或塊狀白色中至極粗紋石英岩及硬頁岩。

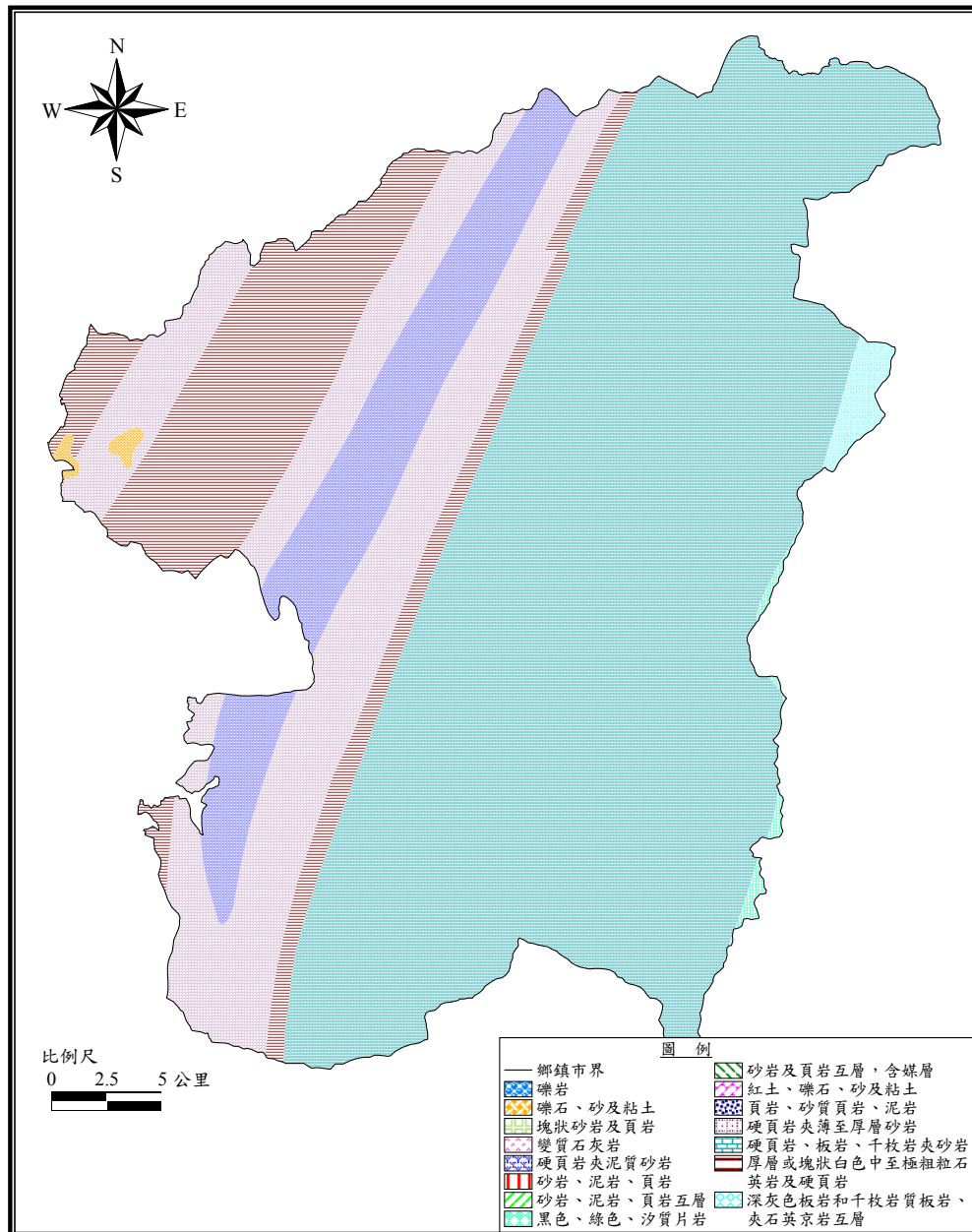


圖 6.6 仁愛鄉地質圖  
資料來源：南投縣綜合發展計畫

#### 4. 土壤

南投縣高山地土壤以石質土為主，土色由暗灰色至黃棕，表層為砂質壤土。仁愛鄉耕地土壤屬黃壤類、微酸性，雖土層不甚深厚，但由於石塊較少而土質疏鬆、具團粒構造、具有機質且排水通氣性佳，極適於作物之生長。

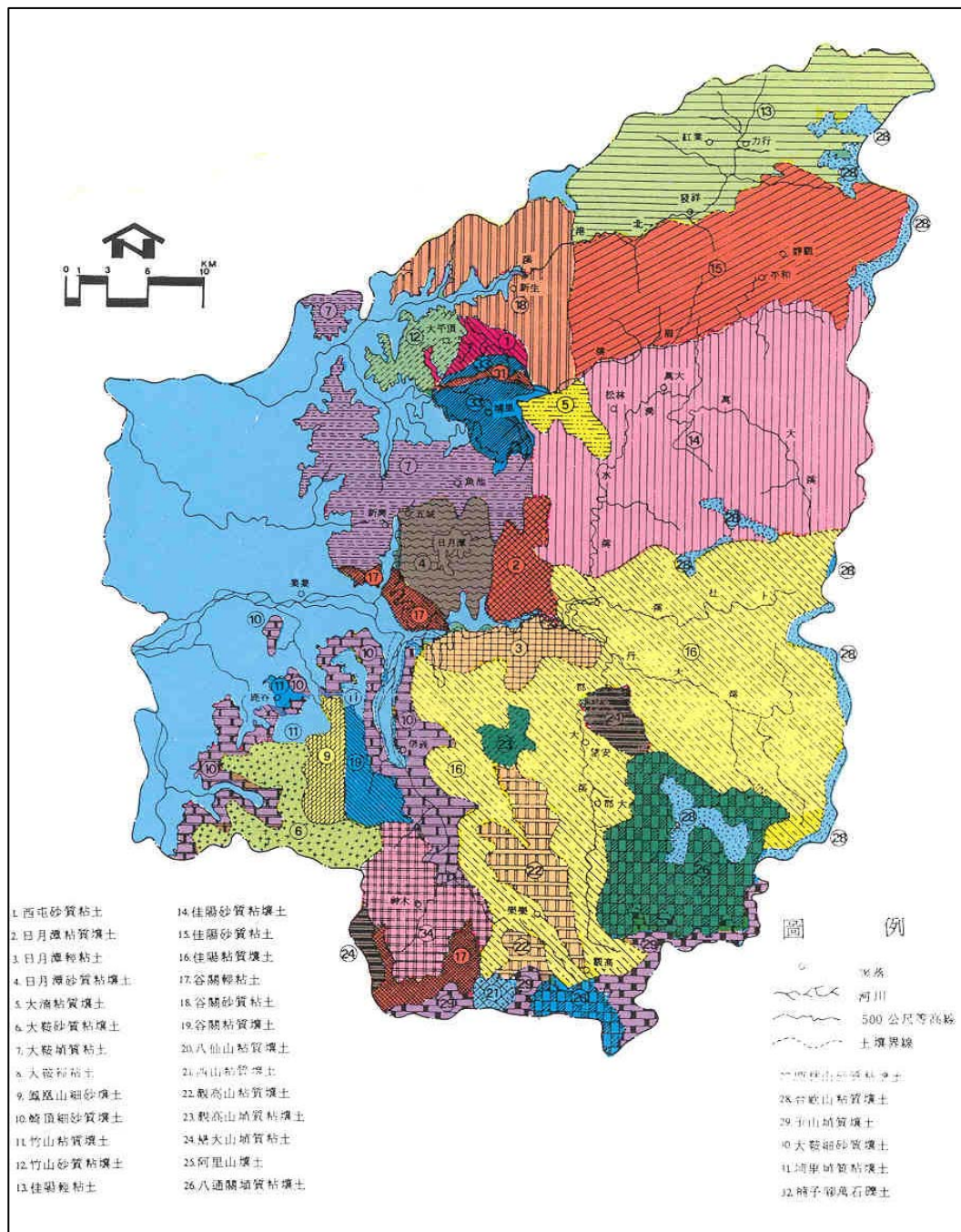


圖 6.7 南投縣土壤圖  
資料來源：環保署，環境地理資訊系統共用資料



## 5. 水系

仁愛鄉的水文大致尚可分为主要兩大水系，南部有濁水溪流域，北有大肚溪流域上游之北港溪。

濁水溪之長度位居台灣第一，濁水溪之發源地位於仁愛鄉合歡東峰南安武嶺東邊溪谷，流經奇萊主山西麓、靜觀、平生、平靜等地後，與塔羅灣溪在雲龍橋會合；在霧社轉南進入萬大水庫，然後與干卓萬山的萬大溪會合，經松林、曲冰至武界攔沙壩，利用地下水道將大多數的水流引進日月潭，其餘溪水則與卡社溪會合進入信義鄉境內。

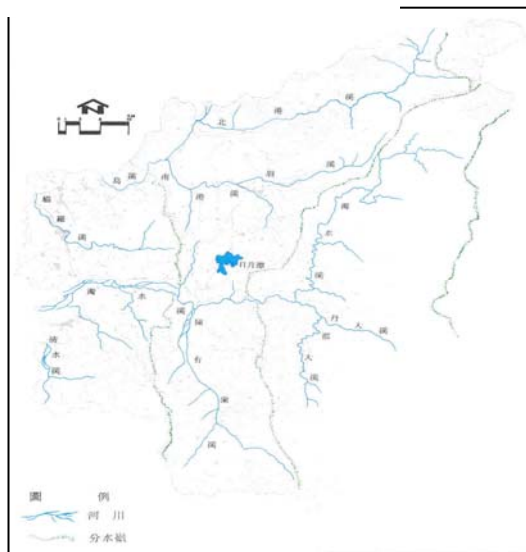


圖 6.8 仁愛鄉水系圖

資料來源：環保署，環境地理資訊系統共用資料

北港溪是烏溪之主要支流，發源於仁愛鄉合歡山西坡，經紅香、瑞岩、惠蓀林場、眉原、中原進入國姓鄉境內。眉溪是北港溪源頭之另一支流，源於北東眼山，經霧社、南山溪、豐林口，在埔里進入南港溪，與北港溪在國姓鄉相會。

濁水溪與北港溪兩大水系形成仁愛鄉河川橫互之地理景致，並帶來豐沛的水源，對仁愛鄉氣候產生極大的調節作用。

本計畫路段主要水系為北邊的南山溪、眉溪及東眼溪以及濁水溪，濁水溪在霧社南邊聚水形成碧潭，為萬大水庫所在地，景觀優美。

## 6. 氣候

由於本路段海拔高度差異懸殊，氣候變化大，海拔最低的楓樹林屬於亞熱帶氣候型，海拔最高的武嶺則為溫涼帶氣候型，常年有霧。以海拔 2,100 公尺的梅峰為例，年均溫 13.7℃，七月平均最高溫 25.3℃，平均最低溫 12.5℃，一月最高 13.0℃，最低 2.5℃，屬溫帶氣候型。年平均降水量近 3,200mm，降水日數約 100 天；因此宜選用可耐氣溫變化大且可忍受乾濕變化大之植栽，以增加植栽之存活率。

由於台灣地區颱風大多集中於 6~10 月，易造成災害，因此在選用植栽方面需考量颱風之影響，宜選用可耐風且不易折斷之植栽。

## 7. 動物資源

省 14 甲公路此路段最易被察覺的動物為鳥類，其中以高山五寶（金翼白眉、酒紅朱雀、栗背林鴿、鷓鴣、火冠戴菊鳥）最為常見。另外草叢中深山鶯、褐色叢樹鶯只聞其聲，不見其影。在台 14 甲線 19K 處有「瑞岩溪野生動物棲息地」，其面積達 2500 公頃，涵蓋台灣中高海拔各代表性生態系，各種野生動植物資源豐富，特別是其中的紅豆杉等檜木林生態系，以及山椒魚、雉科及鷓鴣科等鳥類族群。動物多分佈於未開發的原始林中，包括有台灣黑熊、帝雉、台灣獼猴、山羌、台灣長鬃山羊、台灣野豬、水鹿、松鼠、石虎等。清境農場中有綿羊、乳牛等動物可以觀賞。

在鳥類方面：1.合歡山有紅隼、烏鴉、黃羽鸚嘴、栗背林鴿、岩鸚、鷓鴣、紅頭山雀、煤山雀、毛腳燕、岩燕、灰頭花翼畫眉、褐色叢樹鶯、金翼白眉、星鴉、禾雀、阿里山鴿。2.霧社有領角鴉、黃角鳴鏞眼畫眉、灰鵲鴿、鷓鴣、綠蓑鶯、磯鶯、黃山雀、小卷

尾、洋燕。每年六、七月係金翼白眉、鷓鴣等高海拔與高山寒原鳥類最佳賞鳥季節。

在爬蟲類方面：台灣山椒魚、莫氏樹蛙、攀木蜥蜴等。另有雪山草蜥，是台灣最大型的特有種蜥蜴，身體背面為橄欖褐色，體側有一條黑褐色或褐色的寬縱帶。腹面乳白色，通常棲息於海拔兩千公尺以上的高山箭竹草原或碎石坡，亦經常出現於人工開闢的林道兩側。蛇類則包含有雨傘節、青竹絲、南蛇、大頭蛇、龜殼花、赤尾飴、紅竹蛇、環紋赤蛇、飯匙倩…等。

蝶類有寬尾鳳蝶及升天鳳蝶。

## 8.植物資源

省 14 甲公路為亞洲海拔最高的公路，計有大禹嶺與霧社兩個入口，自霧社進入，一線直達廬山、一線則經清境農場梅峰、翠峰、鳶峰、昆陽、武嶺至大禹嶺。沿途盡是高山鐵杉、白枯木與箭竹林大草原等特有高山景觀。

本區道路經過地區由於垂直高差變化大，海拔自 1,000 公尺以至 3,500 公尺，由生態史及現有自然未受干擾地區觀察，受干擾與破壞的生態綴塊以亞寒帶亞高山灌叢及冷溫帶亞高山針葉林帶最為嚴重。茲按海拔高度分述如下：

### (1) 亞高山矮盤灌叢帶

指在森林界限以上地區之低矮灌叢或草本植物，海拔自 3,500 至 3,800 公尺或高山絕頂之下，累積有稍穩定之岩屑及甚少量成土之區域可形成。不要由於環境壓力甚大，例如強風、雪壓、岩屑地、較乾旱…等條件，迫令在遺傳本能中原可長成高大喬木之玉山圓柏，只能形成盤曲張的低矮灌木狀，生態學上稱之為「矮盤灌叢」，以玉山圓柏、高山杜鵑及高山草本植物為代表。

## (2) 冷杉林帶

海拔自 3,000 公尺至 3,500 公尺間，即為冷杉林帶，冷杉林帶下大抵以玉山箭竹為主，在 3,000 公尺海拔上下地區，冷杉與下部之鐵杉常形成交會帶。



## (3) 鐵杉林帶

海拔自 2,500 公尺至 3,000 公尺間存在鐵杉林帶，鐵杉常存純林狀態，若位於高海拔之下位，闊葉樹略已相混，而林下來雜灌木如台灣茶藨子、小葉莢迷生等。

## (4) 暖溫帶針葉混生林

海拔約 1,800~2,500 公尺間，係生態體系的過渡帶，大抵形成針葉、闊葉樹混生狀態，往上即為針葉林，往下則為闊葉林。其所有的樹種包含香楠、錐果櫟、烏心石、厚殼桂、黃櫟、臺灣櫟。天然生次生林，以赤楊為主，分佈於公路兩旁之崩塌地，沿線部份地區屬人工林，以種柳杉為主。

## (5) 暖溫帶常綠闊葉林

海拔約 1,800 公尺以殆為常綠闊葉林，植物繁多，每百平方公尺範圍內，高等植物約有 40~80 種，可分為櫟林帶與楠櫟林帶，為台灣植物種類最豐富之社會。惟百餘年來之拓墾，目前已結較大面積之原始林，大多淪為人造林或次生植被。

表 6.1 台 14 甲 0～33K 道路邊坡原有植物調查表

位置	項目	種類
台 14 甲 線 0k~33k	道 路 邊 坡 原 有 植 物	小葉蚊母樹、榔榆、福蘭、美人蕉、山煙草、香楠、桔梗蘭、山月桃、青楓、台灣繡線菊、台灣潭蘭、台灣薔薇、異葉馬兜鈴、虎杖、赤皮、大葉馬兜鈴、三花雙瓶梅、雙黃花堇菜、爵床、苔蘚、蕨類、細梗絡石、通草、米杜鵑、 <del>索</del> 吾、江某、崑蘭樹、台灣懸鈎子、小葉莢蒾、能高灰木、小花鼠刺、白念樹、高山野當歸、台灣赤楊、高山薔薇、台灣百合、玉山假沙梨、馬蘭、山胡椒、忍冬、玉山箭竹、五葉松、蠅子草、台灣馬桑、馬醉木、小實女真、台灣鐵杉、高山百合、毛蕨、夏枯草、小米草、大葉溲疏

高山植物的花形雖小，但顏色卻特別濃豔、鮮麗，比起平地的花，紅的更紅、紫的更紫。合歡山花期集中在夏季，以木本植物而言，多半呈矮灌狀，枝條上多刺，以減少水份蒸發。至於草本植物，風來草偃、雪來草萎，將生存能量儲存在地下莖，等來年雪融，再從地底抽出新芽。

在高山地區的植物群落，從三千公尺以上的寒帶森林線外往上延伸，大致分為木本的植物群，以及草本的植物群。木本植物有禾木科的玉山箭竹、以及灌木科的玉山圓柏、高山杜鵑及高山薔薇等。它們多半緊鄰著冷杉與鐵杉所組成的高山森林線，依賴杉木遮風擋雪，再慢慢向外擴張生長。

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

表 6.2 本區常見植物特徵整理表

名 稱	特 色	花 色	花 期	照 片	備 註
玉山杜鵑	與玉山圓柏混生成灌叢	粉紅色系	5-6 月		分佈的海拔最高
玉山圓柏	分佈於合歡山群峰頂，呈低矮灌叢狀	淡黃色系	4-6 月		海拔最高的柏科針葉樹
台灣冷杉	合歡山上最壯觀的原始森林	淡黃色系	6-7 月		海拔最高的松科樹種
玉山薔薇	多年生落葉性灌木，株高 1-2 公尺，分布於海拔 2000-3500 公尺。	純白	6-7 月		分佈最高的薔薇科植物
玉山女婁草	花形似荷蘭風車	粉紅	8-9 月		
玉山佛甲草	以肥厚多汁的莖葉抗高山乾旱	金黃	6-9 月		
阿里山龍膽	花冠呈闊鐘形	紫色	6-9 月		合歡山步道旁常見
台灣百合	臺灣特有種，又稱「山蒜頭」群生或散生於向陽地帶分布	白色	6-8 月		台灣分佈最廣泛的特有種草本植物
金毛杜鵑	沿 14 甲線霧社、碧湖、瑞岩至清境農場	紅色	8 月		全株密被黃褐色腺毛
玉山薄雪草	花朵像星狀般綻開	白色			菊科的植物

### 6.1.2 人文環境

本研究路段中所包含的聚落、古蹟、遺址及寺廟、文化、產業說明如下：

#### 1. 土地使用現況

本研究基地沿線經過土地之使用型態除霧社都市計畫區、翠峰風景特定區外，其餘皆為非都市土地用地，且多為山坡地，在山坡地的利用方面，農牧利用土地以果樹種植為主，竹類林木及草生地則以林木種植為主，草生地面積也不少。但在山坡地超限使用方面超限使用面積相當多。

##### (1) 台 14 甲線 0K~18K 〈霧社至翠峰〉

本路段在文化方面呈現多樣的原住民文化，包括有泰雅族、太魯閣族、布農族、賽德克、擺夷、外省等，為紀念霧社事件設立有莫那魯道紀念碑。沿線重要的景點包括有碧湖、春陽溫泉、廬山溫泉、清境農場〈圖 6.9〉。

##### (2) 台 14 甲線 18K~33K 〈翠峰至松雪樓〉

本路段呈現自然的景觀，人為設施較少，僅有鳶峰、昆陽、武嶺及合歡山莊設置有停車場、賞景台、賞景步道〈圖 6.10〉。

#### 2. 產業

高冷蔬菜與溫帶水果同為合歡山一帶的特產，由於日照的時間長、日夜溫差大，以溫帶果樹(蘋果、桃、梨等)、高冷花卉(滿天星、百合、大里花、玫瑰、蜀菊等)、蔬菜(高麗菜、甘藍、甜椒、敏豆、青蒜、金針與香菇等)及高山茶葉等經濟作物為大宗。



山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～



圖 6.9 台 14 甲線 0K～18K 道路沿線人為環境分析圖



山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

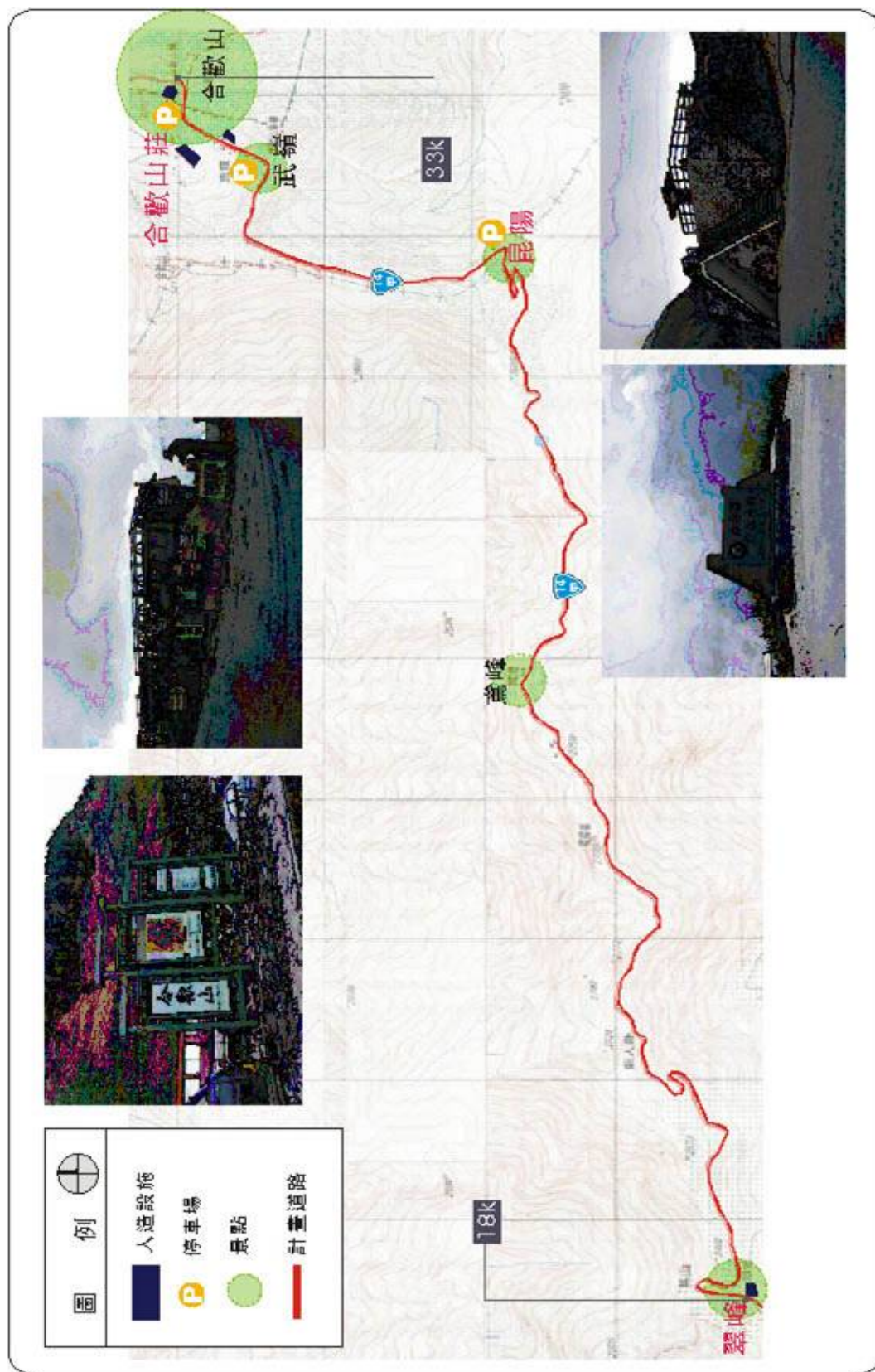


圖 6.10 台 14 甲線 18K～33K 道路沿線人為環境分析圖

### 3.道路現況調查

經現地勘查後，本路線台 14 甲線 0K~18K 為雙線道，自翠峰至合歡山莊〈18K~33K〉則為單線道，路幅減少，當有大型遊覽車進入，經常造成會車困難導致塞車。各道路現況調查請詳圖、現況照片詳表。

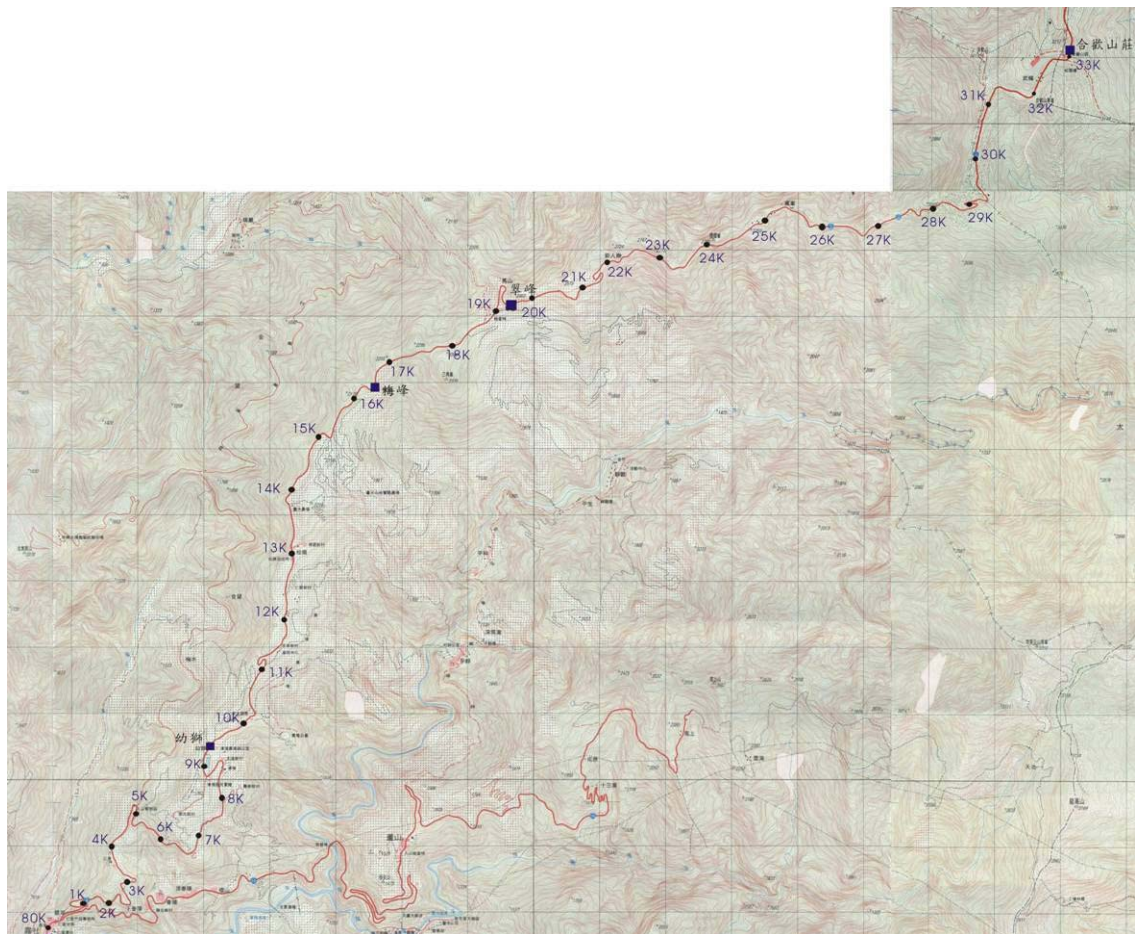


圖 6.11 台 14 甲線 0K~33K 段位置索引圖



山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

表 6.3 台 14 甲線 0K~33K 段現況照片



0K：三角槽化島及前側之指示標誌現況



1.4K：路側空地之現況，目前上方假日常有行動咖啡車



2K：路側廢棄空地之現況



2K：路側廢棄空地



3.7K：路側廢棄空地



4.2K：道路右側空地



4.5K：路側廢棄空地



5.3K：玉里坡路側停車場



5.5K：道路右側腹地



6.2K：道路右側腹地現況



6.2~7.2K：路側鋼板護欄



7.4K：路側植栽現況



山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

表 6.4 台 14 甲線 0K~33K 段現況照片 (續)



8.7K：路側擋土牆



9.1K：道路右側腹地現況



9.1K：道路右側腹地現況



9.4K：青青草原風光之現況



10.2K：道路右側腹地現況



10.5K：道路兩側之現況



12K：道路右側空地



12.3K：道路左側候車亭



12.3K：道路右側現有狀況



13.8K：路側空地



14.5K：台大實驗林入口



15.3K：道路右側腹地

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

表 6.5 台 14 甲線 0K~33K 段現況照片（續）



15.8K：道路右側腹地



16K：路側腹地



17.9K：道路右側停車場



17.9K：道路右側停車場



18.4~18.7K：右側鋼板護欄



18.9K：道路右側候車亭



台 14 甲線鳶峰段



位於合歡山武嶺的台灣公路最高點標示

表 6.6 台 14 甲線 0K~33K 段道路現況分析表

里程	左側	右側	備註
0-5K	邊坡	護欄	
0.5K-1.8K	邊坡	護欄（肖楠）	1.4K 觀景點
1.8K-2.5K	擋土牆	鋼索護欄	2K 觀景點
2.5K-2.6K	擋土牆	路肩空地	
2.6K-2.95K	擋土牆	鋼索護欄	
2.95-3.4K	擋土牆	路肩空地	
3.4K-3.7K	鋼索護欄	邊坡	
3.7K-4.2K	鋼索護欄	擋土牆	
4.2K-5.2K	擋土牆	護欄（青楓）	4.6K 公車站
5.3K	擋土牆	停車場	
5.4K	擋土牆	路肩空地	5.4K 觀景點
5.5K-6K	擋土牆	鋼板護欄	5.5K 觀景點
6K-6.4K	擋土牆	路肩空地	6.2K 公車站
6.4K-6.6K	擋土牆	鋼板護欄	
6.6K-6.7K	邊坡	鋼板護欄	
6.7K-7.2K	擋土牆	鋼板護欄	
7.2K-7.5K	鋼索護欄	擋土牆	
7.5K-8.3K	邊坡	水泥護欄（臺灣杉）	
8.3K-8.5K	擋土牆	水泥護欄	
8.5K-8.9K	邊坡	水泥護欄	
8.9K-9.1K	擋土牆	水泥護欄	
9.1K-9.5K	擋土牆	水泥護欄	
9.5K-10K	邊坡	水泥護欄	
10K-10.6K	擋土牆	水泥護欄	10.2K 公車站
10.6K-11.3K	擋土牆	水泥護欄	
11.3K-11.4K	水泥護欄	植草格框擋土牆	
11.4K-12.3K	擋土牆	水泥護欄	12.3K 公車站
12.3K-13K	水泥護欄	擋土牆	
13K-13.2K	邊坡	邊坡	
13.2K-13.4K	水泥護欄	擋土牆	
13.4K-13.6K	水泥護欄	邊坡	13.6K 空地
13.6K-13.9K	路肩空地	擋土牆	
13.9K-14.5K	水泥護欄	邊坡	
14.5K-15K	停車場	水泥護欄	

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

里程	左側	右側	備註
15K-15.5K	邊坡	邊坡	
15.5K-15.9K	邊坡	水泥護欄	
15.9K-16.8K	擋土牆	邊坡	
16.8K-17K	路肩空地（青楓）	邊坡	
17K-17.4K	水泥護欄	邊坡	
17.4K-17.9K	邊坡	水泥護欄	17.9K 停車場
17.9K-18.4K	邊坡	水泥護欄	18.1K 公車站
18.4K-18.7K	鋼板護欄	邊坡	
18.7K-18.9K	水泥護欄	邊坡	
18.9K-19.1K	邊坡	鋼板護欄	
19.1K-19.3K	邊坡	水泥護欄	
19.3K-19.7K	邊坡	鋼板護欄	
19.7K-19.8K	邊坡	水泥護欄	
19.8K-20.3K	擋土牆	鋼板護欄	
20.3K-20.9K	邊坡	水泥護欄	
20.9K-21.2K	邊坡	鋼板護欄	
21.2K-22K	邊坡	鋼板護欄	
22K-23.6K	擋土牆	水泥護欄	
23.6K-24.5K	邊坡	鋼板護欄	24.3K 停車場
24.5K-27K	邊坡	水泥護欄	
27K-28K	邊坡	鋼板護欄	
28K-28.5K	擋土牆	水泥護欄	
28.5K-28.7K	邊坡	鋼板護欄	
28.7K-29K	邊坡	擋土牆	
29K-29.3K	邊坡	鋼板護欄	29K 停車場
29.3K-31.5K	鋼板護欄	擋土牆	
31.5K-33K	鋼板護欄	邊坡	32K、33K 停車場



山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

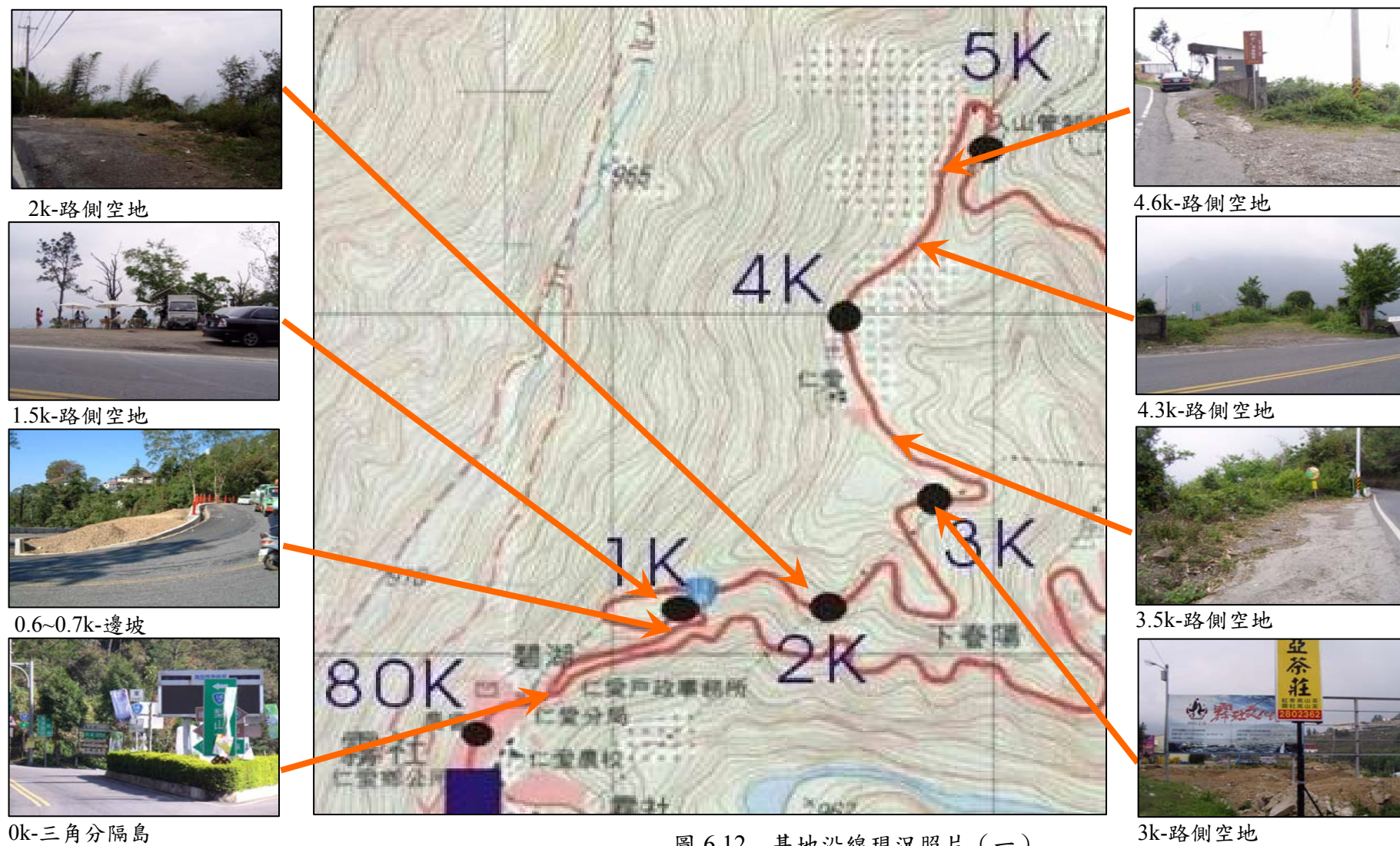


圖 6.12 基地沿線現況照片 (一)



山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

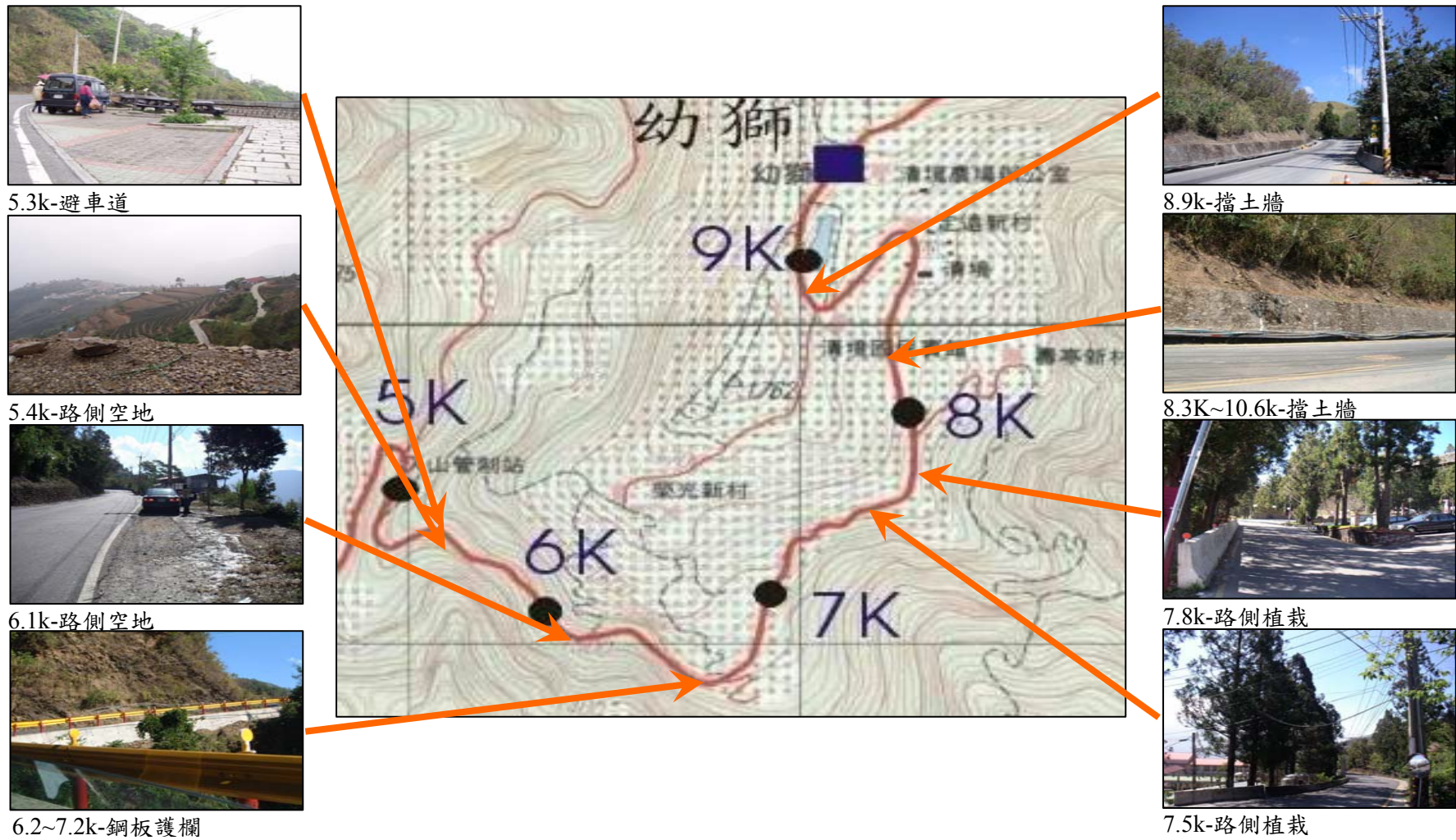


圖 6.13 基地沿線現況照片 (二)



山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

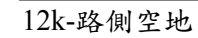
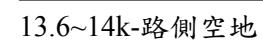
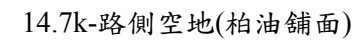
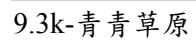
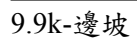
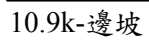
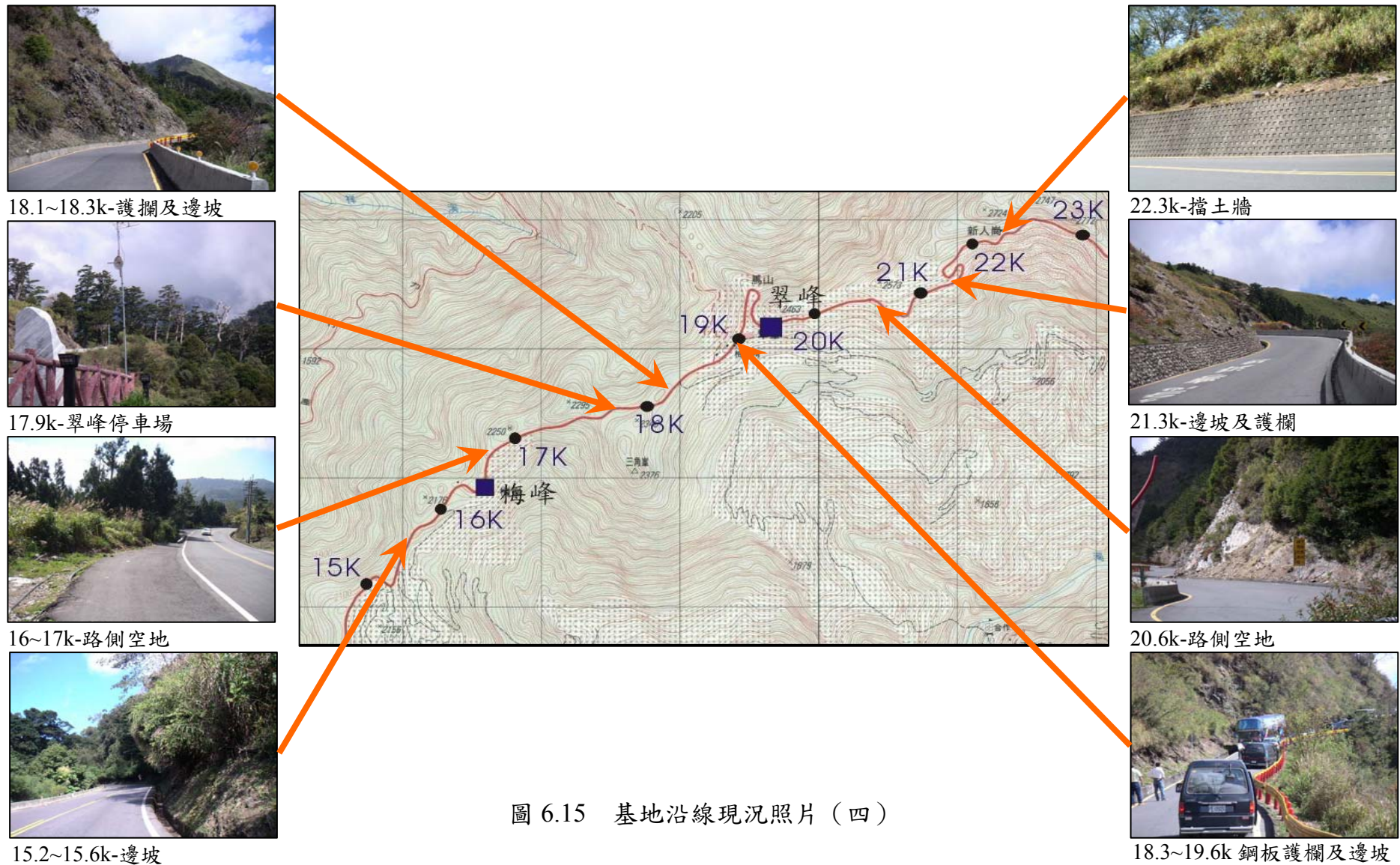


圖 6.14 基地沿線現況照片 (三)



山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～





山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～



28.9k-擋土牆及邊坡



29k-昆陽停車場



32k-武嶺停車場



33k 合歡山莊停車場



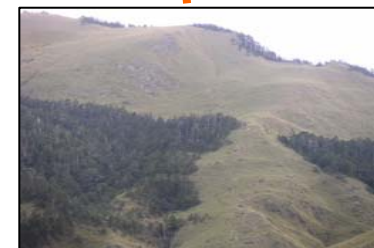
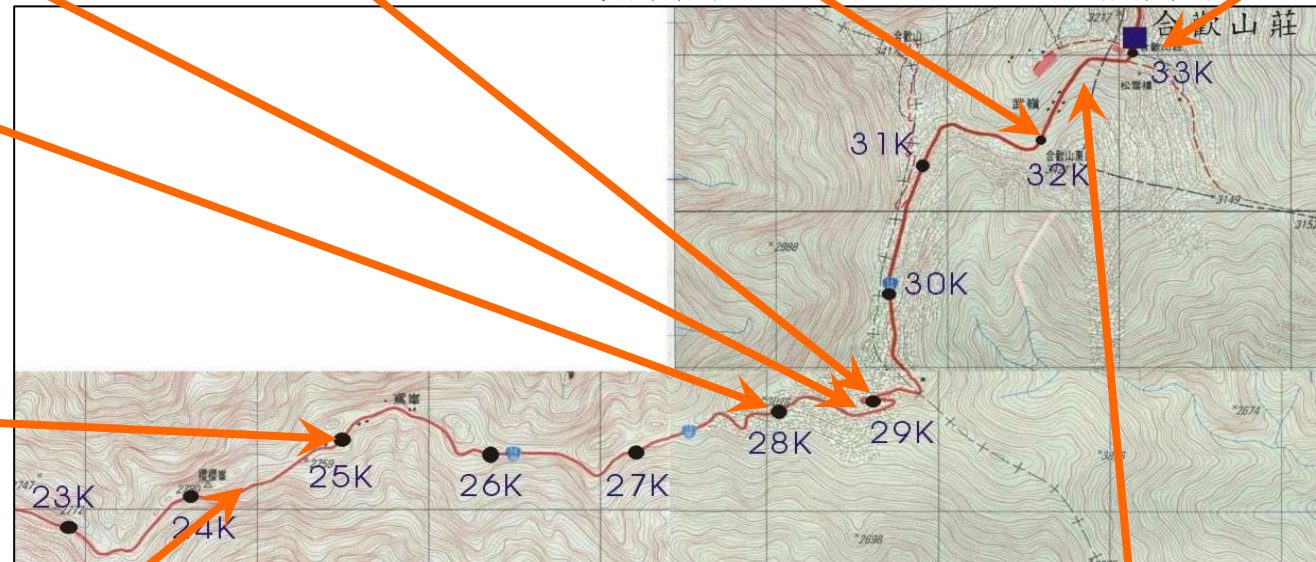
28~28.3k-邊坡



24.5~25k-鋼板護欄



24.3k-擋土牆



29~33k-沿線空地

圖 6.16 基地沿線現況照片 (五)

### 6.1.3 景觀環境

本區大部份位於高海拔，氣候四季分明，經年低溫，景緻變化大，加上交通便利，為觀賞台灣山岳特有景觀的最佳地點。冬季雪景為本區最大特色，因其特殊地理位置及地形，因此冬季每逢寒流來襲時便降大雪，積雪深厚，十分適合賞雪、滑雪等活動。夏季時則適合避暑與觀賞高山植物所綻放的美麗花朵，別有一番不同的景致。

#### 1. 自然資源

##### (1) 冬季雪景

在雪季時，區內由昆陽至克難關一常有積雪現象發生，在平地不下雪之台灣，其雪季景象尤為可貴。



##### (2) 箭竹草原

昆陽至小風口地區之向陽坡面，為高山箭竹及高山杜鵑等構成之草坡，大片的草坡綿延了幾十公里，可比美大陸草原奇景，加上冷杉之生長形態，構成了極為特殊之生態及視覺景觀。

##### (3) 山嶽景觀

本區景觀可見群山環繞，其中又以奇萊山及合歡山群峰最為稱著。

#### A. 合歡山區

合歡山位於花蓮縣與南投縣的交界，是台灣主要河流大甲溪、濁水溪與立霧溪的分水嶺。合歡群峰共由七座山所串連。合歡山群峰共由七座山所串連：主峰標高 3,416 公尺、東峰 3,421 公尺、北峰 3,422 公尺、西峰 3,144 公尺、石門山 3,236 公尺、合歡尖山 3,217 公尺、石門北峰 3,278 公尺（前五座更名列「台灣百岳」中）。

#### B. 奇萊山

奇萊山包括奇萊北峰、主山、南峰等，也就是奇萊連峰，位於太魯閣國家公園的南端，有著崎嶇陡峻的險坡，也有廣闊綿延的草坡，甚至在整個奇萊山區，大部分都還是令人贊嘆的草原。

#### C. 能高山

位於南投縣仁愛鄉與花蓮縣秀林鄉交界的木瓜溪上源，屬中央山脈主脊中段山系，標高 3262 公尺，三等三角點。能高山鄰近能高越嶺道，主脊向西彎成弓形，峰形狹長，滿山淺竹，小灌木叢稀疏間雜其間。日據時期，能高山與玉山（新高山）、雪山（次高山），因山名中均有「高」字，因此合稱為「台灣三高」。

#### D. 卓社大山

卓社大山為臺灣百岳之一。標高 3369 公尺，二等三角點，為本山塊最高峰，位於三叉峰的西南稜脈上，位置偏離，形勢獨立，加上其東接三叉峰的這段長約 6 公里稜脈。北側為森林箭竹陡坡，垂落於武界林道之上，峰巒橫互，裸岩絕壁。

#### E. 千卓萬山

高度 3284 公尺，二等三角點，山勢峻峭雄偉，深具大山之氣概。東鞍為兩側崩崖，岩脊如刃，岩板風化剝落，通行困難，此即為岳界有名之「千卓萬大斷崖」。西側為陡坡垂落於栗栖溪，由此循稜攀升登頂。由於周圍無高山阻擋，山頂展望甚佳，北望雪山山脈諸峰、合歡群峰及奇萊能高諸峰，南則可望東郡大山、郡大山、西巒大山與遠方之玉山山塊。往北望之，更可見位於山腳下的萬大水庫碧波盪漾。

#### F. 合歡山

海拔 3,416 公尺，此區之東向視野遼闊，由此可眺望南湖大山、中央尖山、鈴鳴山、羊頭山和奇萊大山等，為眺望群山

景觀最佳地點。其境內高低起伏之地勢充滿著趣味，頗有可看性。合歡山海拔三千多公尺，位於潮溼氣流交會處，當寒流來襲時，豐富的水氣便化身雪花，將整座山鋪成白色世界。除了冬季賞雪，夏季避暑外，目前也是全台唯一滑雪訓練場所。

#### (4) 高山生態

本區為於海拔 2,300~3,400 公尺間之高山地區，因此有其特殊之動、植物生態，亦構成基地之特別景觀。台 14 甲公路（大禹嶺到武嶺路段）為亞洲海拔最高的公路，計有大禹嶺與霧社兩個入口，由大禹嶺入山，可欣賞中橫公路景觀，若自霧社進入，一線直達廬山、一線則經清境農場、梅峰、翠峰、鳶峰、昆陽、武嶺至大禹嶺。沿途盡是高山鐵杉、白枯木與箭竹林大草原等特有高山景觀。

#### (5) 其他

##### A. 翠峰

海拔 2,307 公尺的翠峰為雪季時上合歡山的管制站，亦為南投客運合歡山線的終點站。經過海拔 2,506 公尺的新人崗，再往上行抵海拔 2,996 公尺的鳶峰，這裏有南投縣風景區管理所設的停車場與遊客服務中心，每年秋天，附近的紅榨槭鮮紅豔麗。

##### B. 武嶺

標高 3,275 公尺的武嶺（原名南嶺）則是本省公路海拔的最高點，此地正位於合歡山主峰與東峰之間的垭口鞍部。可居高臨下俯瞰合歡山，感受溪水在陽光下向前推進的凜冽氣勢。此處設有停車場、賞雪休憩區及景觀台，每年冬季的冰瀑奇觀，更是台灣難得一見的奇景。

##### C. 鳶峰

設有觀景棧道、賞景平台，夏季時可觀星、觀賞高山百合、紳士杜鵑的最佳景點。

#### D. 昆陽

海拔 3,085 公尺，在地形上起伏大，昆陽之西面為合歡山脊，延綿成西部的屋脊；因此昆陽主要之觀景點皆向北及向東，這裡可望見一片箭竹林夾雜著針葉樹林，景色宜人、觀景點位置優越。原名南合歡山的昆陽是太魯閣國家公園的界碑設置點，亦設有山岳解說牌。

#### E. 霧社

霧社終年氣候涼爽，日據時代被日人稱之為「櫻都」，每年深冬到初春之間櫻花盛開，滿山遍野是豐豔紅花海，百花綻放盛況無與倫比，是賞花的好去處。霧社為仁愛鄉的政經中心，也是鄰近風景區的起點。

## 2. 人文資源

### (1) 人文遊憩資源

#### A. 霧社抗日紀念碑

霧社抗日紀念碑係紀念民國十九年霧社事件，抗日成仁的山胞英魂。再往內走，裡面是山胞抗日首領莫那魯道陵墓及山胞無名英雄古塚，再這裡埋藏一段悲慘壯烈的霧社山胞抗日事件。紀念碑的四周，植滿了紅白櫻花，春節前後，岡陵聳翠、萬紫千紅，織成一遍翠綠的春景。

#### B. 泰雅族及布農族文化

霧社山區係泰雅族世居處，也是台灣北半島泰雅各支族的發祥地，擁有豐富的泰雅族原住民文化，尤以傳統舞蹈、編織及文面最具文化特色的泰雅文物。



## (2) 產業遊憩資源

### A. 梅峰農場

往合歡山的箭竹草原上翠峰「台大梅峰農場」有一大片的楓林，前往合歡山途中將可見楓紅片片。由於翠峰地形環境因素，早晚溫差大，溼度夠，如天候條件夠，楓葉將較其他地區更為鮮豔。

### B. 清境高山花卉農場

海拔 1778 公尺，氣候溫和，雨量豐沛，是種植高山花卉的好地方。目前以種植—葉蘭、虎頭蘭、百合、星辰花、玫瑰花為主，每年 3~10 月為最適宜的遊覽期。

### C. 清境農場

海拔約 2000 公尺的清境農場，位於中橫霧社支線上，氣候溫和，栽培了許多高山花卉及甘藍莖，新世紀等蔬果，再加上一望無際的青青草原，景觀清新優美，素有霧上桃源之稱。

### D. 台大梅峰農場

農場面積廣達一千多公頃，保有自然林目，並栽種十幾品種的梅樹、桃樹、李樹，每年一~二月間，潔白的李花、梅花及粉紅的花續綻放。

### E. 松雪樓

建於民國 53（1964）年的松雪樓初為蔣公行館之一，民國 58（1969）年始開放供宿，仍保有當年蔣公使用過的一對龍椅與鳳椅。民國 85（1996）年原地重建，擴充設備，將以豪華歐式風貌重生。

### F. 霧社風景區

霧社風景區位於南投縣仁愛鄉轄內埔里東方 24 公里，位在濁水溪與大肚溪上游的脊稜台地上，海拔 1,148 公尺，霧社位於山巒疊起，時有山嵐霧氣，故得名。居民以泰雅族為主。自日據時期即以櫻花之美馳名寶島，每年 1 月下旬至 3 月中旬櫻花盛開之際，嬌艷酡紅，令遊人不飲自醉。霧社境內主要風景區有碧湖、抗日紀念碑、霧社農校櫻花林等。

#### F-1 南投霧社楓林農場

位於霧社南豐村東眼山楓林區，海拔在 1500 公尺左右，廣達 30 公頃的楓林區有 7 萬多棵年輕樹齡的楓香，林區之楓紅隧道，由農場往上行約 1 小時。除賞楓外，農場內設有觀景台可欣賞到奇萊群山、合歡山、清境農場、霧社、碧湖等湖光山色。目前往農場之產業道路只能通行 20 人座以下之客車，遊覽車需於埔里或台 14 線 73 公里處之休息站改搭埔里小巴接駁。

#### F-2 介壽亭

介壽亭位於霧社北方 1 公里的山巔上，建於民國 47(1958)年，中橫霧社至大禹嶺路段通車時，先總統蔣公生前常到此遠眺整個霧社街區與碧湖風光。正門之「介壽亭」三字為于右任先生所題，左右分別是百壽圖與建亭碑記，目前雖不對外開放，但仍可透過玻璃窗，看見亭內故總統伉儷之合影。

#### F-3 碧湖

碧湖即「萬大水庫」，位於霧社南方 9 公里處，由霧社農校旁的小路步行 20 分鐘可到達，壩高 114 公尺，台電用於匯集中央山脈水源，調節日月潭水量而設。湖面廣大，萬頃碧波環繞層疊峰巒，好似讓在青山萬壑間。

#### F-4 抗日紀念碑

位於霧社街道南方、建於民國 42(1953)年的抗日紀念碑，係紀念霧社事件中，抗日成仁的九百多名原住民英魂。拾階而

上，迎面是一大片牌樓，牌樓之後則為以大理石做成的莫那魯道之紀念碑上刻鑄烈士們英勇抗日的事蹟經過。

整體來說，脊樑山脈旅遊線沿線之美質景觀較佳、具高山生態資源及豐富的氣象景觀變化；唯清淨農場與霧社之間人為活動、攤販林立，加上沿線招牌及路標雜亂，景觀品質較差。其景觀美質分析圖請詳 6.17、6.18。



山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～



圖 6.17 台 14 甲線 0K~18K 道路沿線景觀分析圖



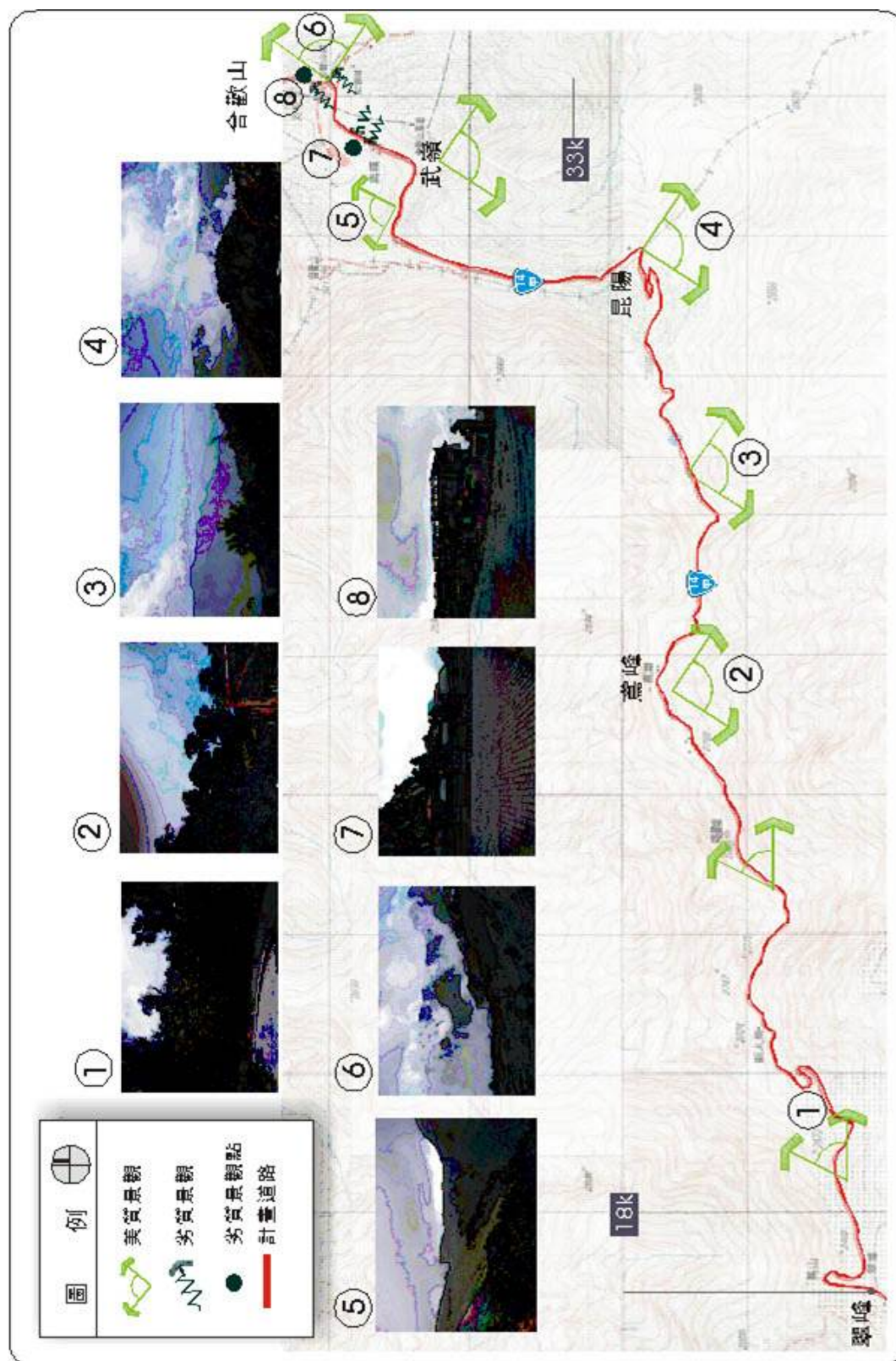


圖 6.18 台 14 甲線 18K~33K 道路沿線景觀分析圖

## 6.2 實證基地評估

經由基地調查及實質環境評估之結果，並依據前一章所擬定之評估準則，針對各評估單元進行評估因子之評估計分，將其分為四個等級，第一級為 1 分；第二級為 2 分；第三級為 3 分；第四級為 4 分。依各因子之評級轉換值與專家問卷所得之第三因子權重相乘積，所得之值再依層級結構往上推算，可以瞭解實證基地中各評估因子達成生態工法適宜性。以下由第三層級評估因子進行各評估單元之評估。

### 6.2.1 道路特性

#### 1. 道路路基

##### (1) 透水性

依據基地現況調查得知，台 14 甲線霧社至合歡山莊段之道路路面均為瀝青混凝土面，依評估等級為第二級。

##### (2) 承载力

依據台 14 甲線位於南投縣仁愛鄉，其公路等級本應歸於六級路，但受到谷關進入梨山道路中斷，現有聯絡之車輛均需繞由本區對外聯絡。因此評估其公路等級為五級路，依承载力評估等級為第三級。

#### 2. 緩衝設施

##### (1) 高度

依據現況調查，本路段二側之護欄主要有水泥護欄、鋼板護欄及鋼索護欄，因此未有如高速公路側的高護欄或隔音牆。因此評估等級屬於第三級為公路等級五至六級路之護欄高度低於現地鳥類及昆蟲飛行習性。

## (2) 阻隔性

依據現況調查，本路段二側之護欄具有穿透性並不能阻隔生物闖入道路。因此評估等級屬於第一級為路權範圍無隔離設施亦無其他通道。

## 3.排水設施

### (1) 坡度

坡度的評估等級屬於第四級為山區農路邊溝坡度陡於百分之 0.5。

### (2) 水量

目前台 14 甲路側排水均為鋼筋混凝土邊溝，因此評估等級屬於第一級為表面僵硬且透水性極差的鋼筋混凝土邊溝將所有排水量沖刷至河川。

## 6.2.2 路側特性

### 1.邊坡設施

#### (1) 安全性

經現況調查顯示，本路段 0K-33K 約有 45% 邊坡屬第一級需進行整治之邊坡且邊坡坡度大於土壤抗剪角，多已完成擋土牆工程；有 40% 邊坡屬第二級需進行整治之邊坡且邊坡坡度小於土壤抗剪角，部分採用植草格框護坡；有 15% 屬第三級為無潛在危險之邊坡。

#### (2) 土壤保水性

本路段現有植生狀況大致良好，僅沿線坡腳處土壤裸露，因此評估等級屬於第四級為邊坡表面土壤裸露面積小於 25%；

## 2.週邊土地使用狀況

### (1) 人為程度

週邊土地使用型態人為程度的評估等級以使用強度對基地之影響，評估等級屬於第四級。

### (2) 閒置腹地

週邊土地使用型態閒置腹地的評估等級以距離效果評估，評估等級屬於第四級為半徑 50 公尺之範圍內可連接至其他棲地。

## 3.照明設施

### (1) 演色性

演色性的評估等級屬於第二級為演色性逼真度 25%-50%。

### (2) 密度

在台 14 甲線 0K-33K 沿線現有路燈數量很少，僅有特殊地點有設置，因此評估等級屬於第四級為燈具密度不致干擾生態僅滿足基本行車安全。

### (3) 高度

目前燈具高度不致干擾生態且滿足基本行車安全為第四級。

## 6.2.3 生物特性

### 1.植被特性



### (1) 綠覆率

在台 14 甲線 0K-28K 沿線除人工設施物外，其餘土地大致植栽覆被狀況良好，但 28K-33K 受地質影響植栽覆被狀況較差。因此綠覆率的評估等級屬於第三級為綠覆率 30%-45%。

### (2) 植物多樣性

透過最小單位面積調查結果，單位面積內之植物種類平均在第二級為  $3 \leq D \leq 4$ 。

### (3) 植物本土性

台 14 甲沿線除接近霧社段以及清淨農場段的植物較多為人工種植外，其餘道路段植栽多為原生植物，因此在植物本土性的等級屬於第二級為  $0.25 < \text{本土植物比例} \leq 0.5$ 。

## 2. 物種特性

### (1) 移動路徑

目前台 14 甲沿線並未調查現地動物生物習性，未設置動物移動路徑為第一級。

### (2) 物種相對豐富度

本地區原生動物資源相當豐富，但台 14 甲沿線因長期受到人為活動影響，許多動物的活動範圍移往人煙稀少處，僅有不受人類活動干擾之物種會留在基地內，因此評估等級屬於第二級。

## 6.2.4 評估結果綜合分析

綜合上述評估結果，實證基地各評估因子之評級轉換值與各因子所佔權重之乘積如表所示。其計算過程說明如下：

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

- 1.各評估項目達成程度之四個等級由低至高分別給予：第一等級 0.25 分；第二等級 0.5 分；第三等級 0.75 分；第四等級 1 分之轉換值。
- 2.將個別評估項目之轉換值乘上因子權數，求得第三層級考量因子達成程度。
- 3.將上一步驟所求得第三層級因子之達成程度分組加總，乘上對應之第二層級因子權數，求得第二層級因子之達成程度。依此類推可得出第一層級與最終目標層之達成程度。

表 6.7 台 14 甲線 0K-33K 應用生態工法達成程度

層級	因子	權數	評值	達成程度
第三層級	透水性	0.3977	0.5	0.1989
	承载力	0.6023	0.75	0.4517
	小計			0.6506
	高度	0.2952	0.75	0.2214
	阻隔性	0.7048	0.25	0.1762
	小計			0.3976
	坡度	0.4981	1	0.4981
	水量	0.5019	0.25	0.1255
	小計			0.6236
	安全性	0.6869	0.5	0.3435
	土壤保水性	0.3131	1	0.3131
	小計			0.6566
	人為程度	0.7963	1	0.7963
	閒置腹地	0.2037	1	0.2037
	小計			1.0000
	演色性	0.4356	0.5	0.2178
	密度	0.158	1	0.1580
	高度	0.4064	1	0.4064
	小計			0.7822
	綠覆率	0.4483	0.75	0.3362
	植物多樣性	0.4003	0.5	0.2002
	植物本土性	0.1514	0.5	0.0757
	小計			0.6121
	移動路徑	0.3121	0.25	0.0780
	物種相對豐富度	0.6879	0.5	0.3439
	小計			0.4219
第二層級	道路路基	0.5345	0.6506	0.3477
	緩衝設施	0.2642	0.3976	0.1051
	排水設施	0.2014	0.6236	0.1256
	小計			0.5784
	邊坡設施	0.4054	0.6566	0.2662
	週邊土地使用狀況	0.2514	1	0.2514
	照明設施	0.3433	0.7882	0.2706
	小計			0.7882
	植被特性	0.5019	0.6121	0.3072
	物種特性	0.4981	0.4219	0.2101
	小計			0.5173
第一層級	道路特性	0.4441	0.5784	0.2567
	路側特性	0.3421	0.7882	0.2696
	生物特性	0.2138	0.5173	0.1106
目標	合計			0.6369

## 6.3 生態工法應用評估

### 6.3.1 道路特性

#### 1. 道路路基

路面設計應首重透水性考量，尤其針對鄉村道路、產業道路等較低密度使用之道路型式，更應以透水性材質鋪設(如透水瀝青、碎石路面等)，以增加大地保水的能力。



#### (1) 型式

透水性鋪面的型式包括多孔性瀝青混凝土鋪面(porous asphalt)、無細粒料混凝土(No-fines concrete)、連鎖磚(open-celled stones)及礫石鋪面(gravel pave)等為使雨水通過人工鋪築多孔性鋪面，直接滲入路基，而具有使水還原於地下之性能，可減輕地下排水道負擔、延緩洪峰流量並可減緩熱島效應，進而達到生態效益。

透水性鋪面強度低於傳統瀝青或水泥鋪面，因此適用於輕交通量及低承載之路面，如人行道、停車場、廣場等，除此之外，為考量透水成效，避免孔隙阻塞，鋪面應避免設於滲透係數低之土層(如黏土層)及裸露地有大量鬆散砂土等地區。

#### (2) 基地改善建議

目前台 14 甲線道路路面鋪築材料均為瀝青混凝土路面，在考量現有交通狀況必須提供大型貨車運送高山蔬果且作為通往梨山地區之替代道路，建議逐步以透水瀝青路面改善，增加路

面透水性；另外在道路兩側 1.4K、2K、3.7K、4.2K、4.5K、5.3K、5.5K、6.2K、9.1K、10.2K、12K、12.3K、17.9K 及 18.9K 處擁有較大腹地，基於本地朝向休閒旅遊發展趨勢，未來將可利用上述地點增加休憩點，唯在基地開發方式及材料使用方面，應以不改變原有地形及運用透水性鋪面及自然材料設計服務設施。

## 2.緩衝設施

### (1) 型式

護欄主要型式為剛性護欄及半剛性護欄兩種，其型式選擇考慮之因素為設置成本、養護維修、駕駛者之保護、景觀與環境之相容等。

#### A.剛性護欄

剛性護欄於國內慣用之型式主要為紐澤西護欄，其組成為連續性之鋼筋混凝土護欄，側面傾斜，可以暗樁錨固，基礎可以適當的加深，外型可依道路幾何線形適當修正。

#### B.半剛性護欄

半剛性護欄於國內慣用之型式主要為鋼板護欄，主要組成為橫梁 W 型鋼板、方型鋼管、浪型鋼板，支柱採強支柱設計，配有墊材。近年風景區常使用鋼索護欄可兼顧行車安全及視覺景觀。

### (2) 基地改善建議

目前台 14 甲線道路沿線護欄主要包含紐澤西護欄、鋼板護欄及鋼索護欄等。在生態工法的應用方面，建議先針對當地生物習性作研究瞭解全線屬於生物移動路徑處，加以阻隔並另建替代箱涵。其他路段之護欄未來建議逐步變更為鋼索護欄，以增加視覺穿透性。

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～



### 3.排水設施

目前台 14 甲線道路沿線道路之側邊排水溝形式有混凝土 U 型溝、L 型溝及加蓋混凝土溝。為推廣生態工法建議將道路之側邊排水宜儘量以草溝、碎石溝等自然排水路方式進行設計，既可增加大地之保水性亦能創造生物棲息之多孔隙環境。



生態排水溝之設計應配合現況處理，在地勢平緩處可以簡易草溝或複式草溝；在水溝溝壁平緩處可採拋石水溝處理；水溝溝壁較陡峭處可採石砌水溝處理；在排水湍急處建議使用石籠水溝；而地下水滲流較豐富處則以入滲溝方式處理。

依據現況調查結果除了路面寬度不足處保留現有設施外，建議以石砌水溝方式處理。

### 6.3.2 路側特性

#### 1. 邊坡設施

##### (1) 型式

目前台灣在處理道路邊坡的保護方式主要依據邊坡坡度及地質特性來決定擋土牆施作工法，因此在邊坡坡度大於土壤抗剪角（安息角）地區多採用非生態式的工法如重力式擋土牆、半重力式擋土牆、懸臂式擋土牆、後拉式擋土牆、前撐式擋土牆。在邊坡坡度小於土壤抗剪角（安息角）地區則以護坡方式處理。在生態工法意識抬頭下，也可以利用生態式擋土牆來處理，其工法包括三明治擋土牆、半重力式三明治擋土牆、前撐隱藏式擋土牆、石砌擋土牆、生態駁坎磚擋土牆、加勁擋土牆、L 型混凝土面版擋土牆、輪胎擋土牆、保護網等；而護坡處理方式則有植生護坡（草種噴植工法-直接噴植工法/鋪網噴植工法、植草苗工法）、打樁編柵客土植生邊坡、植生混合工護坡（鋼筋混凝土格梁護坡、擋土牆植生護坡）。

生態護坡工法為藉植物長成之根系與土壤間之固結力量，進而使坡面達到生態平衡之穩定。因此本工法與一般水泥混凝土工程之不同，為施工完後水泥構造物即能發揮工程目的，而本工法需藉完工後之妥善維護，方能藉茁壯之植物發揮工法效益。

##### (2) 設計說明

###### A. 施工原則

以生態理念為基礎，在施作過程中，須能按下列三項原則進行。

- 施工過程中應降低對周遭環境之干擾、破壞，儘可能維持原始地貌。
- 施工材料以就地取材為佳，且選用天然或可分解之材料。鋼筋、水泥及不可天然分解之材料，應視需要予以斟酌使用。種植之植物須以當地原生種為優先考量。
- 養護作業時，避免使用農藥、化學肥料，宜採用客沃土、補植或施用有機肥、綠肥等方法進行維護。

## B. 生育基盤之處理

### B-1 表土之保存

B-1.1 事先調查表層土之厚度。

B-1.2 採取表層土時，可能利用之樹木(灌木、小苗)需同時採取，假植於肥沃地或苗圃，供為復原用苗木。

B-1.3 表層土採取厚度約為 10~30cm。

B-1.4 採取之表層土，堆積於平坦地，播豆科或草本植物，或者蓋上膠布以防止土壤流失。

B-1.5 保存之表土，供播種或栽植之生育基盤用，尤其用在種子潛在表土播種時用。

### B-2 應保留之樹木、植物群落

B-2.1 事先調查確認應予保存或珍稀具保存價值之樹木或植物群落之存在與否。

B-2.2 在景觀上或者學術上重要之巨木、貴重群木與樹木，於路線選定時慎重檢討，設法予以保留。

B-2.3 對現存之植物群落儘量保留，不使破壞或伐採量減至最少。

B-2.4 對保留之群落或樹木，應維持其正常之生長。

C.土壤之改良若土壤貧瘠無法否供植物正常生育時，可客沃土或施有機肥、綠肥(栽植豆科植物)或栽植固氮喬木及草類等進而達到土壤之改良。如赤楊、木麻黃、相思樹等固氮樹種可以純植及間植的方式，均可有效增加土壤全氮含量。

#### D.施工方法

##### D-1 打樁編柵

一般於坡度  $45^{\circ}$  以下之崩積土坡面、一般土壤之挖方或填方坡面上，沿等高線每隔[1m~3m]打 1 排樁，樁距[30~50cm]，並編織成柵，藉以植生，保護坡面表土，防止沖刷。

木樁選用易萌芽樁(九芎、榕樹、黃槿、水柳、刺竹、長枝竹、稜果榕、小葉桑、烏榕等)，末端直徑在 5cm 以上，長度[90~120cm]，木樁打入土中之角度，以垂直線與坡面垂直線交角之  $1/2$  為原則，打入土中  $2/3$  以上，出土部份約 15~30cm，樁間以竹片或其他能自然分解之材料編成擋土柵。

##### D-2 植樁護坡

此工法具良好之透水性，適用於如崩積土質坡、填方坡或崩塌地之坡面之治理。若於坡度  $45^{\circ}$  ~ $65^{\circ}$  間之崩積土質坡，須分階段施作。A 每一階段之安定設計高度為 2m。B 若原有基礎強度不足時(基礎承載強度要求為  $15t/m^2$ )，則應配合基座加以改良。C 宜特別注意基礎層之處理，以防止橫向或丁條方向之不均勻沈陷。

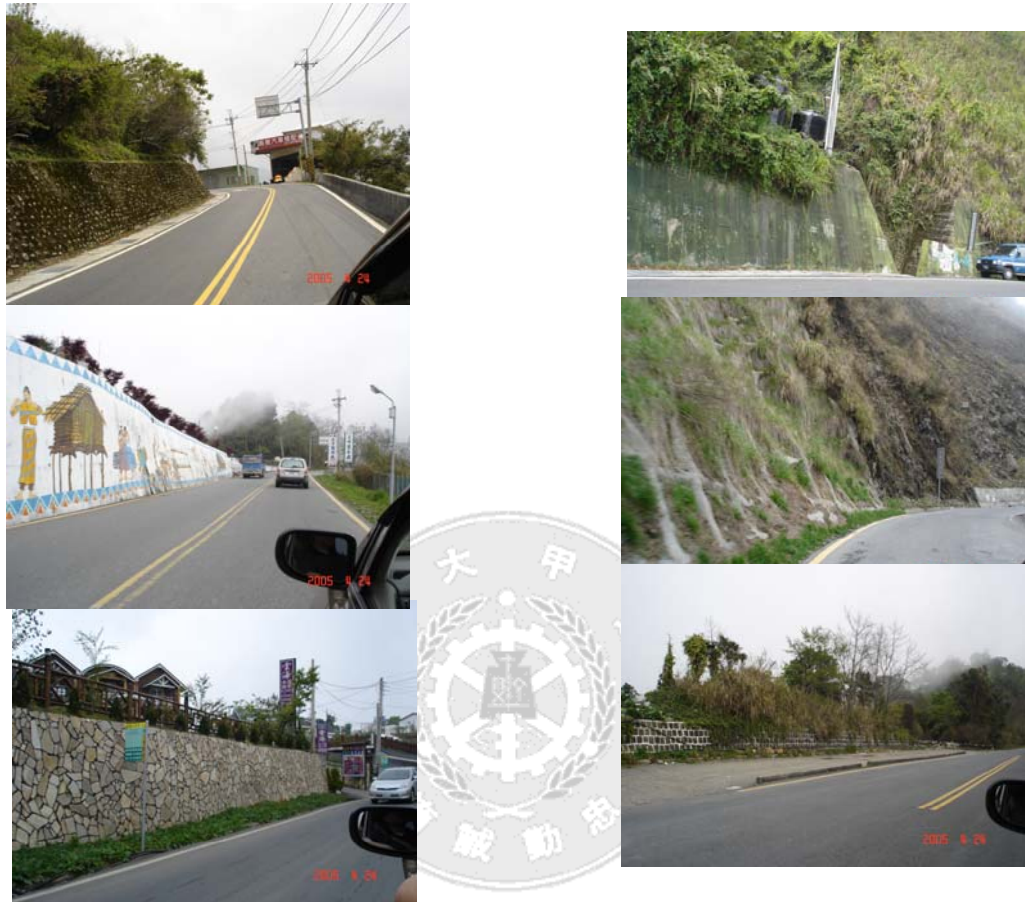
#### (3) 基地改善建議

##### A.已施作非生態式擋土牆路段



山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

目前台 14 甲線道路沿線道路兩側之擋土牆大部分為非生態式的擋土牆如混凝土擋土牆或砌石擋土牆，在考量安全性及經濟性因素下，建議保持原狀，以植栽綠化處理表面即可。



B.已施作生態式擋土牆或護坡路段

在部分地區已採用箱籠、格框護坡及植生護坡方式，且成效良好，而在邊坡較穩定地區坡腳處植生狀況較差，建議可採用鋪網噴植工法進行植生。

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～



C. 未施作護坡路段

在接近合歡山莊段邊坡因地質問題，落石量較大且植生不易，建議採用切枝壓條、打樁編柵、植樁護坡或鋪網噴植工法。





## 2. 週邊土地使用狀況

由於生態工法係於考量治山防洪安全之前提下，以建立近自然且合乎生態理念之親水性結構物為主。因此，為了達到自然環境的永續利用，任何工程均應避免破壞當地的環境生態與影響自然景觀，應用資材宜選用接近自然狀態的植生及石材，以營造良好之生育基盤，並兼顧自然環境景觀之和諧，達到人類與其他生物共存共榮之目標。因此在台 14 甲沿線兩側土地，仍留有部分空地，在未來亦可開發供作休憩點或僅作環境整理使用。以下針對適合使用之自然材料加以說明：



### (1) 應用資材種類與特性

生態材料係指本身或組合後具有多孔性、滲透性及自然性之工程材料。生態材料應選用接近自然狀態之材料（如植生或石材），以營造良好的生態基礎，並兼顧自然環境景觀之和諧，以改變過去相關工程僅注重方便性、安全性及實用性，而忽略了生態環境之重要性，以達到人類與其他生物共存共榮之目標。（陽明，1994）

有關自然生態工程所使用資材，需做詳細之調查與評估，以確定其功能性、生態性、景觀性與經濟性，期能在安全無虞之基礎下，達到生態保育之目標。而資材之種類與特性說明如下：

#### A.天然石材

天然石材按其生成之原因及特性可分為火成岩、沉積岩與變質岩等三大類。

##### A-1 火成岩

係由地球內部之岩漿噴出於地表面，或侵入地殼內部，待冷卻凝結後而形成者，如花崗岩、玄武岩、安山岩、流紋岩及凝灰岩等皆屬之。火成岩之組織常呈一致之現象，亦即礦物成分、大小與相距皆甚均勻，無層狀、帶狀或片狀之構造。火成岩多為礦物之集合體，僅有少部分全為玻璃質，或玻璃質與礦物的混合物。

##### A-2 沉積岩(水成岩)

其生成係先由風、水、冰雪、氣候及動植物所造成之物理、化學及有機作用，將已存在之岩石分解。分解後之物質除一部份溶解於水外，大部分變成大小不等之碎塊，如卵石、礫石、砂、粉土及黏土等，隨水流、風及冰川等轉運而沉積於適當地點。此等沉積物

初始極為疏鬆，後由於上層壓力作用，或遇含有碳酸物，其化學成分較火成岩簡單，且性質較為穩定。此類代表如礫岩、砂岩、頁岩及石灰岩等。

### A-3 變質岩

係岩石經地內高熱、高壓及水蒸氣的作用，而將其原先之組織及所含之礦物，完全或部分改變，而成為另一種特異之岩石者。如石灰岩可變質為大理岩；頁岩可變質為板岩；砂岩可變質為石英岩等。變質岩之化學成分視原岩之種類而差異甚大，但多數岩石經過變質作用後，其化學成分甚少改變。變質岩種類如片麻岩、片岩、石英岩、板岩、千板岩、大理岩、蛇紋岩等皆屬之。

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

### A-4 砂岩

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

### A-5 花崗岩

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

### A-6 安山岩

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

#### A-7 凝灰岩

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

#### B. 木材

生態工法中應用木材之優點，主要因為木材為天然材料，且可資源再生及回收再利用，符合永續發展之綠營建政策。木材之分類可依據樹種、材種來分類。

木材依其樹種分類，可分為：

##### B-1 針葉樹（軟木）

針葉樹在植物分類學中屬於裸子植物，如檜木、臺灣扁柏、杉木、松木等，適用於建築材料。

##### B-2 闊葉樹（硬木）

闊葉樹在植物分類學中屬於被子植物中之雙子葉植物，如櫟木、柚木、樟木等，木質緻密、硬度及比重較高，但長料較少，容易彎翹，適用於地板、裝修及家具等。

木材依其原木材種分類，可分為：

##### B-3 天然木材種規格區分

- 普通原木：針、闊葉樹，末徑 20cm 以上，材長 200cm 以上。
- 短尺原木：針、闊葉樹，末徑 20cm 以上，材長未滿 200cm。
- 小徑原木：針、闊葉樹，末徑 20cm，材長 200cm 以上。
- 枝稍材：針、闊葉樹，末徑未滿 20cm，材長未滿 200cm。

##### B-4 依造林木材種規格區分

- 普通原木：針葉樹末徑 6cm(闊葉樹 12cm)以上，材長 200cm 以上。
- 短尺原木：針葉樹末徑 6cm(闊葉樹 12cm)以上，材長未滿 200cm。
- 小徑原木：針葉樹末徑未滿 6cm(闊葉樹 12cm)，材長 200cm 以上。
- 枝稍材：針葉樹末徑未滿 6cm(闊葉樹 12cm)，材長未滿 200cm。

### 3. 照明設施

道路的夜間照明往往造成生物生理時鐘錯亂，或使趨光性之生物受到吸引，進而遭到撞擊死亡，因此道路夜間照明設施的設計應考量生物棲息環境而有所改變。

一般來說，盡量以燈光不外射到周圍環境為佳，因此燈具可架於高護欄上，或在燈具上作設計(如：加裝反射擋板)，迫使燈光集中於路面；另外，也可依照車流量，於較偏遠、車流量小之道路，改採用照明較弱之燈光，或燈具設置間距較長，以減少燈光對周圍生態環境的影響；或是採用與趨光性昆蟲感光頻率不同之燈光來投射，以減少吸引趨光性昆蟲之可能；在荷蘭，鄉村道路旁會設置反光板，指引駕駛人前行方向以取代路燈的照射，但此法不適合用在危險之山區路段或車流量較大之路段。

目前在台 14 甲線沿線少有照明設施，僅有停車場或人為設施物入口有設置，因此對於生態影響較小。

### 6.3.3 生物特性

#### 1. 植被特性

生物生息所需要的能量多來自於綠色植物，動物之棲息生活亦多與植物群落分布有關；故其原則為（1）形成自然群落（2）去除外來種、抑制強勢種（3）使用蔓藤植物（4）護坡植物的運用。國外早期即有用植物材料進行生態綠美化工程，台灣近年來亦利用植物材料作為邊坡綠美化生態工法之資材，此種方式不僅可以生物基本生存空間，發揮環境綠美化效果，達到生態共存共榮之最高境界。

### （1）植物栽植原則

一般道路綠美化工程討論的綠化重點均在於綠化樹種的選擇，選擇的重點主要著重於抗污染性、生長適宜性、與美學景觀效果。這些原則較適合都市道路與工業道路，對於原野型的景觀道路就不適用，錯誤的引用將造成另一種生態浩劫。

生態綠化主要是以分析當地潛在植被為手段，確立選用樹種及其生長自然配置方式，利用模仿自然方式進行綠化，以加速被道路建設破壞棲地的復原，讓人工綴塊與自然綴塊迅速的融合，達成生態廊道的建設。中央分隔島採用生態綠化手法建設，將使分隔島成為生物跳島，增加生物遷移範圍，促進基因交流效益。

其材料、工法等特徵之表現說明如下：

- A.利用不同材料顯示不同路面之使用類別與特性，使用路者能一目了然各種不同運具或不同管制特性所表達的意思。
- B.利用材料之線性特性，誘導步行方向以達行人之流暢性。
- C.利用材料之變化，顯示街道內如交叉口，穿越帶等不同功能之區域，以達交通之安全性及流暢性。
- D.配合場所之氣氛，利用適當之材料、工法以提高視覺上之景觀性。



然而植物種類繁多，其特性亦各不相同，必須針對不同特性選用標的所需之植物，方能達到穩定邊坡及提供較佳之生物棲息空間等目標。生態工法植物材料之選擇依據為(林，1997；郭，1995)：1.能提供較佳之生物棲息空間、2.符合綠美化設計之目的、3.對環境適應性強之植物、4.生育習性優良之植物、5.施工性佳之植物、6.易於管理之植物、7.供應來源穩定之植物

植物對於水土保持的功能可分為二部分，一為對於雨水及流水沖蝕的控制；一為對於坡面的穩定功能。在防蝕控制上，植物具有以下功能：

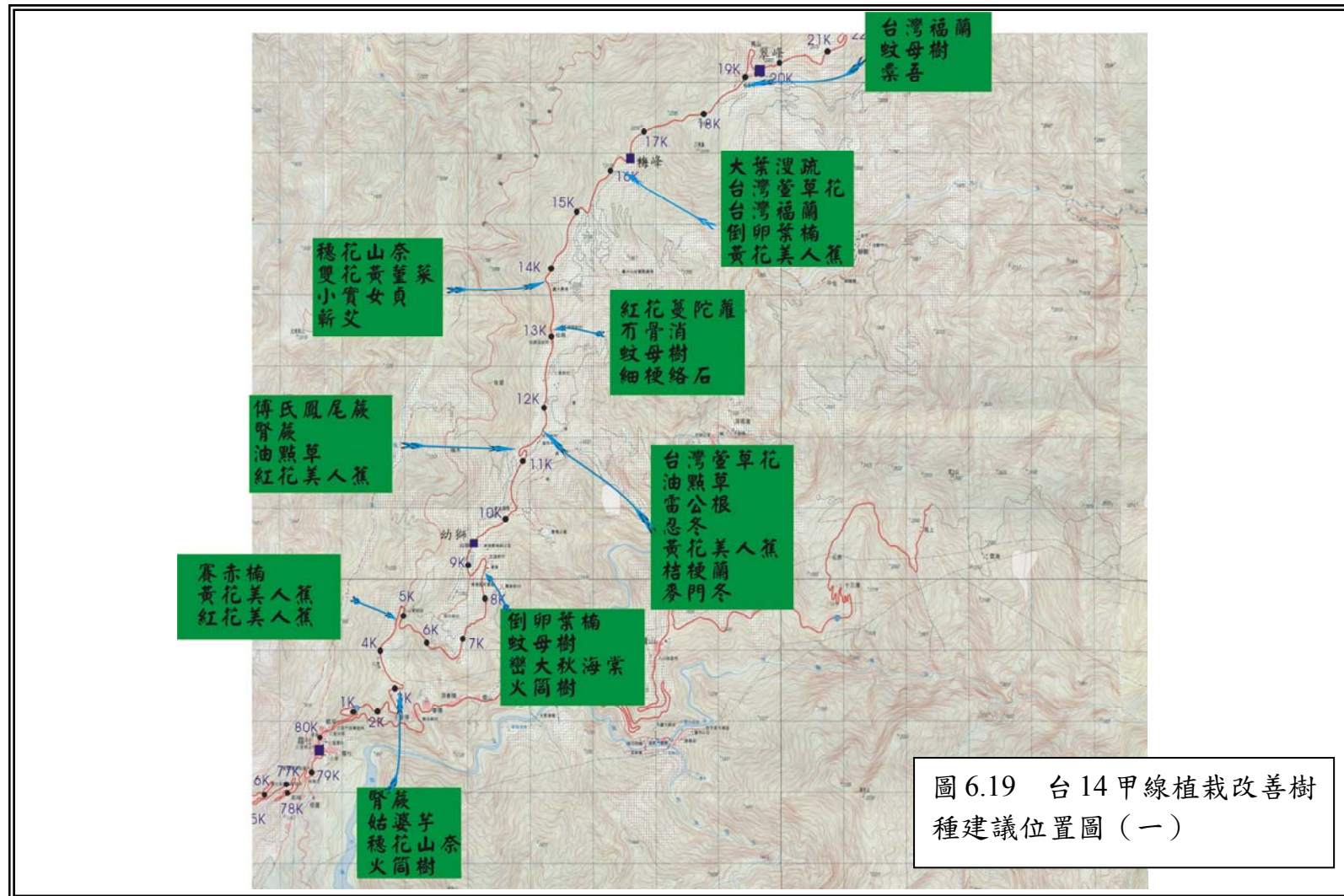
- A.攔阻 (interception)：樹冠及地面殘枝腐植層可吸收雨水的能量，防止雨滴直接衝擊地面，造成土壤飛濺流失。
- B.抑制：植物的根系可以抓住土壤，提供力學上的安定，如土壤與根系間的凝聚力，提高土壤的抗蝕力。其高於地面之莖、葉及根部份亦可濾除水流中之沉澱物。
- C.遲滯 (retardation)：植物之莖葉增加地表粗糙度，造成水流的障礙，可遲滯水流之流速，也因此以較低的能量衝擊河岸土壤。
- D.滲入：植物根系深入地層，造成孔隙，增加降雨入滲、涵養水源、降低洪峰流量。

## (2) 基地改善建議

本路段選用樹種主要以現地自然植栽為主，依覆層植栽種植方式分別列出喬木、灌木、地被等可供選用。

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

1.台 14 甲線 0K~19K



2.台 14 甲 19~33K

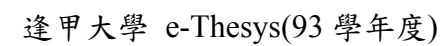




表 6.8 台 14 甲線植栽改善樹種（喬木）建議表

喬木類	名稱	照片	花期	規格	特性
	火筒樹	 火筒樹	花期 5～8 月 果期 7～12 月	H80 W20	寄主植物 及蜜源植物
	賽赤楠	 賽赤楠	花期 9-10 月	H30 W15	寄主植物
	蚊母樹	 蚊母樹	花期 3—4 月 果期 8—9 月	H80 W20	寄主植物 及蜜源植物
	倒卵葉楠	 倒卵葉楠	果期 8—4 月	H40 W15	寄主植物

表 6.9 台 14 甲線植栽改善樹種（灌木）建議表

	名稱	照片	花期	規格	特性
灌木類	有骨消	 有骨消	花期 12-3 月	H30 W15	蜜源植物
	小實女貞	 小實女貞	花期 6~7 月	H30 W15	寄主植物 及蜜源植物

表 6.10 台 14 甲線植栽改善樹種（地被）建議表

	名稱	照片	花期	規格	特性
地被類	蘄艾	 蘄艾	花期 9-11 月 果期 8-12 月	H 30-60	蜜源植物
	橐吾	 橐吾		H20 W15	寄主植物 及蜜源植物

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

	名稱	照片	花期	規格	特性
地被類	美人蕉	 美人蕉	花期 6～10 月	H30 W15	蜜源植物
	油點草	 油點草	花期: 9～11 月	H20 W12	寄主植物 及蜜源植物
	台灣萱草	 台灣萱草	花期 3～10 月	H12 W12	寄主植物 及蜜源植物
	穗花山柰	 穗花山柰	花期 5～10 月	H30 W15	蜜源植物

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

	名稱	照片	花期	規格	特性
地被類	台灣鳶尾	 台灣鳶尾	花期 1～12 月	H20 W15	蜜源植物
	傅氏鳳尾蕨	 傅氏鳳尾蕨		H20 W15	寄主植物
	姑婆芋	 姑婆芋	花期 1～3 月	H30 W15	寄主植物及 螢火蟲植物
	腎蕨	 腎蕨	花期 4～5 月	H30 W15	寄主植物



山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

	黃蓮蕉	 黃蓮蕉	花期 5-11 月	H30 W15	蜜源植物
地被類	紅蓮蕉	 紅蓮蕉	花期 5-11 月	H30 W15	蜜源植物
	福蘭	 福蘭	花期 1~12 月	H30 W12	寄主植物 及蜜源植物
	台灣百合	 台灣百合	花期 9-10 月	H20 W12	蜜源植物
	雷公根	 雷公根	花期 7—9 月	H10	寄主植物



## 2.物種特性

任何開發活動對於生態環境均是一種傷害，在已開發之地區則可利用「緩和制度」(mitigation measures)，以減緩生態環境衝擊或彌補破壞，為一種總量管制之方式。因此可運用綠地、水路等多種自然環境來串起這些零碎的棲地環境，建構一個整體的生態網絡系統，期望藉由這些廊道的建立，幫助生物遷徙、繁殖，增加生物交流的機會，避免物種的多樣性遭受威脅，也為人類多爭取一些自然環境空間。在營造的生物棲地時須特別注重三項原則：多孔質空間、多種類環境、連續空間。

- 多孔質空間：棲地環境中，微棲地環境的種類與數量，決定物種的多寡。其設置原則為：（1）土丘洞穴（2）木材穿孔（3）石堆（4）多孔質材料。

- 多種類環境：環境中物種的種類愈多愈能保有生物的資源，其原則為（1）堆積落葉（2）創造窪地（3）設計棲地環境的多樣性。

- 連續空間：在不同的生態棲地間設置連通之廊道。

### （1）生態廊道工法

生態廊道工法中(包括「動物通道」及「溪橋」)之涵管式動物通道及生物圍籬等。

- A.生態廊道需配合道路改善工程於工程規劃設計過程中，添加對當地動物通行之考量，避免因道路或橋梁之興建而阻絕、破壞生物之棲地。
- B.生態廊道之設置須依各地區之氣候、土壤適宜程度、動物繁殖週律及動物生息範圍等，採用適宜之生態廊道型式。例如涵管之尺寸決定於所通行之動物，因此須事前調查各區位之動物相，以選擇適合之涵管。

C.避免在動物之繁殖季節，進行大規模施工，並且盡量避免減少動物的主要食草植物。

D.適用範圍(1) 涵管式通道適用於山區道路動物通道受阻隔之區域或動物遭輾壓情形嚴重之路段。(2) 鳥類築巢平台之設置適用於跨越小溪之山區橋樑。

## (2) 設計說明

### A.涵管式動物通道

通常設置於河川、池沼、水田與林地之間，可作為兩棲、爬蟲類動物及其他小型哺乳類，在產卵地及生息林地間之道路，亦可提供其覓食與求偶繁殖之移動路線。

A-1 型式：管涵、箱涵及鋼管可用鋼筋混凝土或鋼管等材料構築

A-2 生態考量：

A-2.1 由先行調查之動物相加以分析，選擇使用之涵管材質及孔徑，並將涵管通道設置於動物經常性遷徙之地區。

A-2.2 於涵管入口處種植當地植被。涵管內部則以當地之泥土或樹葉覆蓋其底部，以模仿當地之地被狀況。

A-2.3 涵管盡量與道路成 90 度，以縮短管長，有利於動物通行，如通道長度無法縮短時，則可設置透光之柵板(grill)，以增加涵管內部之光線及空氣。

A-2.4 設置之涵管經過溪流時，其坡度應與溪流之坡度一致，並於涵管底部放置石塊，以降低流速及增加魚類棲所及躲避之用。

A-2.5 通過溪流之涵管，兩旁可設置土堤以供小型動物通行，土堤上宜覆蓋當地之樹枝、樹葉以誘導動物進入。

### B.生物圍籬

設置於動物穿越途徑與誘導設施，防止動物穿越道路。

B-1 材料：鐵絲網或植物(灌木、竹類及蔓藤類植物)等。

B-2 施工：

B-2.1 鐵絲網柵欄：施工過程中須注意鐵絲網尖銳端之處理，以避免刺傷動物。

B-2.2 栽植綠籬：綠籬植物之選用應優先考慮當地之原生植物，其以矮灌木類或竹類或蔓藤類植物而形成之綠籬。植物之栽植方式以育苗或種植等方式為原則。



## 第七章 結論與建議

### 7.1 結論

自 1992 年在里約熱內盧舉行的地球高峰會之後，強調地球發展與環境生態共生共存的永續發展理念逐漸被世界各國接受，並在各產業中以實際制度落實。如何確保地球環境及生態資源的永續發展，成為全球性環保工作的趨勢與重點。

生態工法在台灣大多用於河川復育與道路整治等工程，然而目前多以單點施作的方式，非以完整思考各項設施工程均以生態工法之理念建設，而強調完整應用生態工法的研究主要針對道路工程規劃設計階段的應用。公路建設向來為我國工程建設的主力要項，但在過去以經濟掛帥的發展前提下，完成相當高密度之道路建設，且道路切割造成棲地破碎，對於生態衝擊相當大，其對自然環境產生了許多無法挽回的破壞，如何將生態工法應用於已開發道路改善工程即為當前的重要課題。

本研究以景觀生態學、生態設計理論為基礎，利用歸納法相關文獻中篩選出山區道路景觀改善之應用生態工法評估層級因子，透過模糊德爾菲法及相關性與獨立性檢定進行二階段之因子適宜性檢測暨因子篩選，再以模糊層級分析法建立因子權重，進而提出評估架構。最後以台十四甲線霧社至合歡山莊段作為實證基地，經調查評估後提出實證基地應用生態工法之建議。

本研究之研究目的有三：

- 1.從景觀生態學及生態工程觀點，檢視當前山區道路景觀整建週期與環境共生的實踐與落差，並提出相關課題與對策。
- 2.蒐集先進國家關於道路建設與環境共生之相關經驗，並整理各國推動背景、政策機制、配套法規及個案之比較研究，俾作為台灣推動之參考。
- 3.建立山區道路景觀改善應用生態工法之對策清單與相關操作準則。

以下就本研究結果摘述如下：

### 7.1.1 評估指標架構

本研究透過文獻整理後之初步評估因子，建立評估架構之第一層級包括「道路特性」、「路側特性」及「生物特性」等三項，第二層級為「道路路基」、「緩衝設施」、「排水設施」、「邊坡設施」、「週邊土地使用狀況」、「照明設施」、「植被特性」、「物種特性」等八項，第三層級則具有「透水性」、「承载力」、「高度」、「阻隔性」、「坡度」、「水量」、「安全性」、「土壤保水性」、「人為程度」、「閒置腹地」、「演色性」、「密度」、「高度」、「綠覆率」、「植物多樣性」、「植物本土性」、「移動路徑」、「物種相對豐富度」等十八項因子。研究中針對指標分別研擬評估準則。準則的配分方式分為四級，將第三層級指標分數加總為第二層級指標分數，再將第二層級指標分數加總為第一層級指標分數，最後再加總成為山區道路應用生態工法達成程度。

### 7.1.2 建議準則擬定

- 準則一 道路路面改善時應先依據行車狀況評定道路等級，依等級計算路面承载力，並評估路面應使用之鋪面種類。
- 準則二 道路路肩改善時應首重透水性考量，依使用功能評估鋪面種類，需採用自然材料施作。
- 準則三 道路分隔帶、槽化島之緣石材料應採用自然材料並考慮其高度及表面斜度。
- 準則四 道路分隔帶、槽化島之寬度應大於 70 公分，並依現況自然生態及植生調查，設計符合當地生態之潛在優勢種植栽。
- 準則五 道路護欄除急彎陡坡等較危險路段外，應避免連續設置護欄。
- 準則六 護欄應避免使用密閉式之混凝土連續性護欄，應採用柵欄式護欄，以增加其多孔性。
- 準則七 道路所產生之噪音為主要噪音來源之一，為確保生態環境減少干擾，故應於噪音強烈地區設置隔音牆。
- 準則八 道路排水設施之設計時應以生態排水溝替代混凝土排水溝，故在安全係數考量下利用自然材料構築，以創造動植物棲息之多孔質環境。
- 準則九 路肩邊溝宜與週邊土地連接採用簡易草溝或複式草溝方式構築，達到過濾、沈降之功效並可供水生動物棲息。
- 準則十 需進行整治之邊坡且坡度大於土壤抗剪角，其邊坡形式非為緊急保護採用非生態式處理外，其餘皆應以生態式邊坡方式為優先考量。
- 準則十一 經由風化、生物分解等過程而自然形成之土壤層在土地開發利用時遭受破壞，應有效改善土壤品質與植被狀況，維護原有土層厚度。
- 準則十二 邊坡植生應以維護原生植被為目標，樹種之選擇以在地潛在優勢種為對象，減少外來植群入侵造成生態鍊的破壞。

- 準則十三 道路經過生態敏感區之地區時應多利用閒置腹地或雜草地，採用生態補償策略多設置緩衝帶，以彌補過去道路開發造成之生態破壞。
- 準則十四 道路經過人為開發程度高之地區時應少用食餌、蜜源植物，避免將動物、昆蟲吸引至本區，造成生態破壞。
- 準則十五 道路經過生態敏感區或重要動植物之棲地時，應審慎評估道路照明對環境的影響。
- 準則十六 道路之燈光設計，除必要之交通安全照明外，就燈具位置、高度、照度範圍、演色性及遮光設施加以調整，避免干擾周圍生態環境。
- 準則十七 為配合當地之生態考量，道路兩側植栽、植群應以在地原生樹種為主，並保有植物多樣性。
- 準則十八 道路兩側進行綠化工程時，應盡量提高其綠覆率為目標，並以模擬原有林相複層植栽手法種植。
- 準則十九 動物移動路徑應詳細調查基地道路周邊之物種，依據其生活圈範圍、生活習性及棲地環境，考量可能之替代移動路徑。
- 準則二十 因應在地鳥類及昆蟲之飛行習性及食性，檢討現有路權範圍兩側植生種類及高度。

### 7.1.3 研究基地評估結果

本研究選定台 14 甲線霧社至合歡山莊段作為本研究實證基地。將實質環境調查紀錄與資料彙整，落實於評估架構及評估準則之應用，評估實證基地中各評估因子達成程度。

基地因環境特色選定為脊樑山脈旅遊線的景觀生態改善重點，但受人為開發影響，道路沿線多以混凝土擋土牆作為邊坡保護設施，且周圍土地亦開發作為民宿及高山蔬果區，長期以來造成生態衝擊，期望本基地依據本研究建議方向依生態工法改善現

有設施，逐漸修正過度開發的人為環境，為在地生物尋求最佳的生存環境。

## 7.2 後續研究

### 1. 配合 GIS 技術進行區域性之整體評估

本研究因研究時間之故，無法進行區域性整體大環境調查，且調查詳細程度亦因研究時間與物資、器材之限制，因而詳細度無法十分完善。GIS 技術可將區域性資料鉅細靡遺的建檔紀錄之，套用於發展出之評估架構中，可實質幫助進行環境規劃設計之改善及替選方案評估。

### 2. 加強不同領域專家學者針對生態工法之應用於道路改善之研究連結。

研究過程中，發現在問卷填寫中學者專家之意見受其專業背景影響對於道路改善應用生態工法之意見相當不同，尤其面臨安全性及生態性之考量時，意見紛歧；另外在照明對生態影響部分的研究相當不足，許多學者並未能提出有效的評估。顯示在生態工法的研究上，仍屬於初步階段，對於應用於臺灣本地的實證案例還需要落實執行，方能提供研究者更實際的研究基地，以提供有效的應用準則。

### 3. 配合實證基地後續執行道路景觀改善工程評估其應用生態工法之執行程度。

本研究基地為脊樑山脈旅遊線選定改善道路景觀工程之地區，未來進行完成改善工程時，期能依據本研究提供之評估準則，應用生態工法改善現有道路景觀。待工程完成後，可依據評估架構針對其生態工法之執行程度進行研究。



## 參考文獻

### 一、中文部分

1. 黃秋煌、黃振嘉、徐耀賜，（2004），「生態工法於公路工程應用之研究〈一〉、〈二〉、〈三〉」，營建工程 289、290、291 期。
2. 謝森和，（2003），「生態概論」，2003 年生態工法人才培訓講習會論文集，第 6-1~6-10 頁。
3. 林鎮洋、邱逸文，（2003），「生態工法概論」，台北科技大學水環境研究中心。
4. 林鎮洋，（2003），「生態工法之法展趨勢與現況」，生態工法與生物多樣性研討會論文集，台北，第 16-47 頁。
5. 吳輝龍，（2003），「採自然生態工法於土石流崩塌地整治之理念及案例介紹」，2003 生態工法人才培訓講習會論文集，第 4-1~4-29 頁。
6. 吳輝龍，（2003），「推動自然生態工法之展望」，泥岩自然生態工法研討會，台南。
7. 鄭光炎，（2002），「生態工法之工料分析」，生態工法研討會講義，第 3-1~3-2 頁。
8. 黃婷璟、唐先柏，（2002），由濱溪植物探討河川生態工法之設計，第一屆自然生態工法理論與實務研討會。
9. 唐先柏，（2002），蛇籠固床工對上下游生態環境之影響——以田美大橋為例，第十三屆水利工程研討會，雲林科技大學。
10. 唐先柏，（2002），河川生物回復率在中港溪上游的表現，第十三屆水利工程研討會，雲林科技大學。
11. 邱銘源，（2002），「國道建設應用生態工法之準則研究」，台大園藝所碩士論文。
12. 李忠潘、陳陽益、唐先柏、許榮中、薛憲文、邱文彥、王兆璋，（2002），台灣海岸防護對策研究。
13. 吳輝龍，（2002），「水土保持之自然生態工法」，自然生態工法實務研討會，中興大學。
14. 交通部，（2002），交通政策白皮書：運輸。
15. 王辛隆、張亦通，（2002），「野溪治理運用生態工法-以南坑野溪整治為例」，水土保持自然工法研討會，第 82-83 頁。
16. 蔡厚男，（2001），「道路建設與環境共生的希望工程——生態工法的理念事例與實踐」交通部鐵公路景觀研討會論文，台北：國道新建工程局。

17. 蔡厚男，（2001），「道路建設與生態工法」九十年年度創造台灣城鄉新風貌示範計畫生態工法講習會，台北：內政部營建署。
18. 楊秋霖，（2001），「道路邊坡植生綠化規劃設計原則」九二一重建區崩塌地處理訓練講義，台北：公路局。
19. 財團法人中華建築中心，（2001），「綠營建工程方案—道路工程建立綠營建工程設計規範及設計準則」台北：行政院公共工程委員會。
20. 財團法人中華建築中心，（2001），「綠營建工程方案—推動綠營建工程評估審議制度及評估指標之研究」台北：行政院公共工程委員會。
21. 林晏州，（2001），行道樹景觀美質評估，造園學報，7(2)：71-97。
22. 李怡慧，（2001），「生態工程應用於校園水域設施之研究」，台大土木所碩士論文，p.25-29。
23. 吳宗憲，（2001），「生態教育園棲地規劃設計之研究」，台大園藝所碩士論文，P34-36。
24. 吳久雄，（2001），「針對不同地形之植生工法選擇」九二一重建區崩塌地處理訓練講義，台北：公路局。
25. 鄭光炎，（2000），「生態工法簡介」，土木工會技師報 NO.200。
26. 鄭文隆，（2000），「邊坡坍塌案例回饋設計之研究」，台北：國道新建工程局（技術叢書 012）。
27. 鄔建國，（2000），「景觀生態學—格局、過程、尺度與等級」，北京：高等教育出版社。
28. 彭國棟，（2000），「生態工法及生態綠化」，自然保育季刊，第 31 期，第 6-17 頁。
29. 邱士生，（2000），「台灣地區國道網建設制度化之研究—國道建設十週年論文集」，P15-28，台北：國道新建工程局。
30. 林獻川，（2000），「由景觀生態學觀點探討農業排水路設計之研究」，台大農工碩士論文。
31. 余任光，（2000），「國道排水設計之回顧與檢討—國道建設十週年論文集」，P41-51，台北：國道新建工程局。
32. 王敬國，（2000），生物資源。王敬國編，資源與環境概論。pp. 86-107。
33. 蔣忠國，（1999），「道路景觀規劃與設計」，道路建設之計劃管理研討會論文，台北：中華民國運輸學會，P5-11。
34. 張仁福，（1999），環境生態學，復文書局。
35. 林憲德，（1999），「城鄉生態」，台北：詹氏書局。

36. 肖篤寧，（1999），「景觀生態學研究進展」，湖南：湖南科學技術出版社。
37. 李素馨，（1999），「道路相關設施景觀設計準則之研究」，台北：國道高速公路局
38. 鼎漢國際工程顧問公司（譯），（1998），世界銀行著，《永續運輸—論政策改革之優先課題》，台北：鼎漢。
39. 台大農村規劃與發展研究中心，（1998），「道路與水域之生態系統規劃-動植物之新生活區」，台北：田園城市出版社
40. 王惠敏，（1988），高速公路景觀設計與植物維護-以中山高速公路為例，造園季刊，3(3)：4-12。
41. 王惠敏，（1998），「生態綠化及休息站服務區景觀美化考察」報告書，台北：國道高速公路局。
42. 王永珍，（1998），「河川生態設計之理念」，台灣水土保持，第25期，第7-16頁。
43. 鄭文隆，（1997），「邊坡保護措施簡介」，台北：國道新建工程局（簡介018）。
44. 湯宗達，（1997），「以生態系統完整性為中心之河川生態品質評估架構」，中興大學資源管理研究所碩士論文。
45. 周南山，（1997），「引進地工新技術以保護公路之環境、生態與景觀之研究」，台北：環境保護文教基金會（交通部科技顧問室研究成果，計畫編號：01）。
46. 中國文化大學日文系譯日本環境廳企劃調整局編，（1997），「日本環境基本法之解說」，台北：文化大學出版部。
47. 黃佳盛，（1996），行道樹的選取與栽植設計，農業世界，(159)：62-64。
48. 陳隆陞，（1996），柔腸寸斷步步危機—賀伯橫掃後的新中橫，大自然季刊，53：62-71。
49. 陳王琨編著，（1996），「營建工程環境管理與污染防治」，台北：淑馨出版社
50. 肖篤寧，（1993），「景觀生態學理論、方法及運用」，台北：地景出版社。
51. 王松永，（1993），木材物理學，徐氏基金會，台灣：台北。
52. 鄭先祐，（1992），「生態環境影響評估學」，台北：國立編譯館。
53. 王鑫，（1991），山地道路工程對邊坡的影響(新中橫公路—東埔段)，行政院國家科學委員會防災科技研究報告80-23號。
54. 黃彥三，（1987），木材衝擊抗彎強度之研究，林試所研究報告季刊，2(2)：145-154。

55. 林俊寬、許添籌譯；新田伸三原著，（1985），植栽理論與技術，詹氏書局，台灣：台北。
56. 趙睦男譯，（1984），「生態學譯粹」，台灣省公共衛生研究所。
57. 吳俊慧，（1980），中央分隔島設置準則之研究，碩士論文，台灣大學土木工程研究所，台灣：台北。
58. 台北科技大學，水環境研究中心。（網頁：[http://www.cc.ntut.edu.tw/~wwwwec/eco-engineering/eco\\_eco.htm](http://www.cc.ntut.edu.tw/~wwwwec/eco-engineering/eco_eco.htm)）
59. 行政院水土保持局自然生態工法入口，生態工法博覽會，（網頁：<http://www.swcb.gov.tw/newpage/swcb13/>）
60. 農業委會水土保持局，自然生態工法網頁。（網頁：<http://www.swcb.gov.tw/Newpage/13secb>）

## 二、日文部分

1. 龜山章，（2001），「エコロードー生き物にやさしい道づくり」東京：大成出版社。
2. 日本生態系協會，（2001），「環境保護最新知識－bio network」，東京：信山社。
3. 藤田正裕（訳），（1999），バイオエンジニアリングを用いた緑の道路設計，集文社，
4. 竹林征三，（1999），「環境共生 pocket book」，東京：山海堂。
5. 日本道路公團，（1999），「緑と高速道路」，東京：日本道路公團。
6. （社）道路緑化保全協会，（1999），エコロードブック。
7. 大泰司紀之，（1998），「野生動物の交通事故対策」，東京：北海道大學圖書刊行會。
8. 道路環境研究所生態道路検討委員會，（1997），「自然共生道」，東京：大成出版社。
9. 財團法人整備，（1995），川親水。
10. 櫻井善雄，（1994），續.水邊 環境學，再生道。
11. （木通）渡達也，（1993），事例篇，龜山章、（木通）渡達也編，水邊，pp. 117-224。
12. 櫻井善雄，（1992），自然湖岸生態復元，山杉惠一、進士五十八編，自然環境復原技術，pp.104-117。
13. 龜山章，（1992），道路整備生態系 保全手法，山杉惠一、進士五十八編，自然環境復原 技術，pp.60-66。

14. 龜山章，（1992），生態系保全綠化，小橋澄治、村井宏、龜山章編，環境綠化工學，pp.135-146。
15. 北村圭一，（1992），市民人工，山杉惠一、進士五十八編，自然環境復原 技術，pp.118-127。
16. 大熊孝，（1992），河川 進自然工法，山杉惠一、進士五十八編，自然環境復原 技術，pp.87-92。
17. 久保哲司、福留脩文，（1990），自然財團法人整備編，多自然型建設工法 理念實際，水邊豐自然，pp.1-72。
18. 日本道路協 編集，（1989），道路環境整備。
19. 日本道路協會，（1988），道路綠化技術基準・同解說，丸善株式會社。

### 三、英文部分

1. Turner, M.G., R.H. Gardner, R.V. O'Neill, (2001), Landscape Ecology in theory and practice.
2. Rund Cupers,(2001), 「 ecological compensation in Dutch Highway Planning」.Environment Management.V27.p75-89.
3. Forman, R. T.T,(2000),「 The Ecological Road-Effect Zone of a Massachusetts suburban Highway」.Biological Conservation.V14.p36-46.
4. Rund Cupers,(1999),「 Guide lines for ecological compensation associated with highways.Biological Conservation .V90.p41-51.
5. Jeffrey M. Klopatek and Robert H.Gardner,(1999),「 Landscape Ecological Analysis Issues and Applications」.springer.p35-53.
6. Form,R.T.T.,(1999),Horizontal Processes, Roads, Suburbs, Societal Objectives, and Landscape Ecology. In: Landscape Ecological Analysis, pp.35-53. Klopatek, J.M. and R.H. Gardner, (eds.).
7. Forman, R.T.T.,(1998),「 Road Ecology: A solution for the giant embracing us」. Landscape ecology V13.p3-5.
8. Forman, R.T.T.,(1998),「 Road And Their Major Ecological Effects」.Annual Review. Ecol. syst. V29.p207-231.
9. Farina, A.,(1998),「 Principles and Methods in Landscape Ecology」, Chapman & Hall Press, London.
10. Wenche E. Dramstad, James D. Olson. And Richard T.T. Forman, (1996),「 Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning.」 Washington, DC: Island Press.

11. Rund Cupers,(1996),「 Ecological compensation of the impacts of a road. Preliminary method for the A50 road link ( Eindhoven-Oss. The Netherlands ) 」 .Ecological Engineering v7.p327-349.
12. Forman, R.T.T.,(1995), 「 Land Mosaics--The Ecology of Landscapes and Regions 」 , Cambridge University Press. , P145-176.
13. Smith, R.L. & T.M. Smith, (1991), Ecology & Field Biology.
14. Norton, B.G, (1991), Toward unity among Environmentalists, New York, Oxford University Press.
15. Crance, J.H.,(1987),Guidelines for using the Delphi technique to develop habitat suitability index curves, Biological report 82(10.134), National Ecology Center, Fish and Wildlife Service, US Department of the Interior.
16. Forman, R.T.T. & Godron. M,(1986), 「 Landscape Ecology 」 , John Wiley, New York.



山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

## 附錄一 第一階段模糊德爾菲問卷

### 「山區道路景觀改善運用生態工法因子評估」之專家問卷

親愛的女士、先生：您好！

這是一份專題研究計畫『山區道路景觀改善時如何運用生態工法之準則』的問卷，素仰 台端學養淵博、經驗豐富，本研究亟需您的協助指導，請您撥冗惠賜卓見。

本研究之問卷調查共分為二階段，即模糊德爾菲問卷與模糊層級分析問卷。本階段為模糊德爾菲問卷，目的在瞭解山區道路景觀改善運用生態工法需考量之評估因數。在經過諸多文獻系統整合後，本研究初步研擬評估因子，希望藉由各不同領域專家學者之寶貴意見，作為第二階段模糊層級分析問卷之基礎，敬請撥冗惠賜指正，並請於4月10日前寄回，以利後續研究之進行。

附上 回郵信封乙紙，請於填妥後連同本問卷一併寄下。

敬祝 研安



逢甲大學

指導教授 徐耀賜 教授

研 究 生 黃秋煌

敬上

聯絡電話：0911-125352

地 址：台中市大全街127號

本問卷包含三個部分：

壹、基本資料（包括性別、年齡及主修領域）

貳、填寫說明

參、問卷填寫及因子釋義

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

壹、基本資料

- 一、性別：☐男 ☐女
- 二、年齡：☐21～30 歲 ☐31～40 歲 ☐41～50 歲  
☐51～60 歲 ☐61～70 歲

三、主修領域：(可複選)

本問卷以匿名方式進行。請依專長在□內填寫 1、2；1-主專長、2-次專長，(可複選)。

- ☐地理 ☐地質 ☐水土保持 ☐造園景觀  
☐建築 ☐生態 ☐環境科學

貳、填寫說明

本問卷的目的在評定評估表中指標的重要性次序等級。評定方式採 0～10 個等級，分數越高表示越重要，請您依個人之專業素養評定每個評估因子的重要性，並填入整數值，每一評估因子包括三部分：

1. 重要性程度：請評估此因子對上一層級因子之重要性程度，並請填入對此因子重要性程度的單一值。
2. 可接受範圍：請評估此因子對上一層級因子重要性程度之可接受範圍，並請填入最大值與最小值。
3. 您的專家值：請填入您個人對於此評估因子的專業性程度，其評值為單一值。

權數



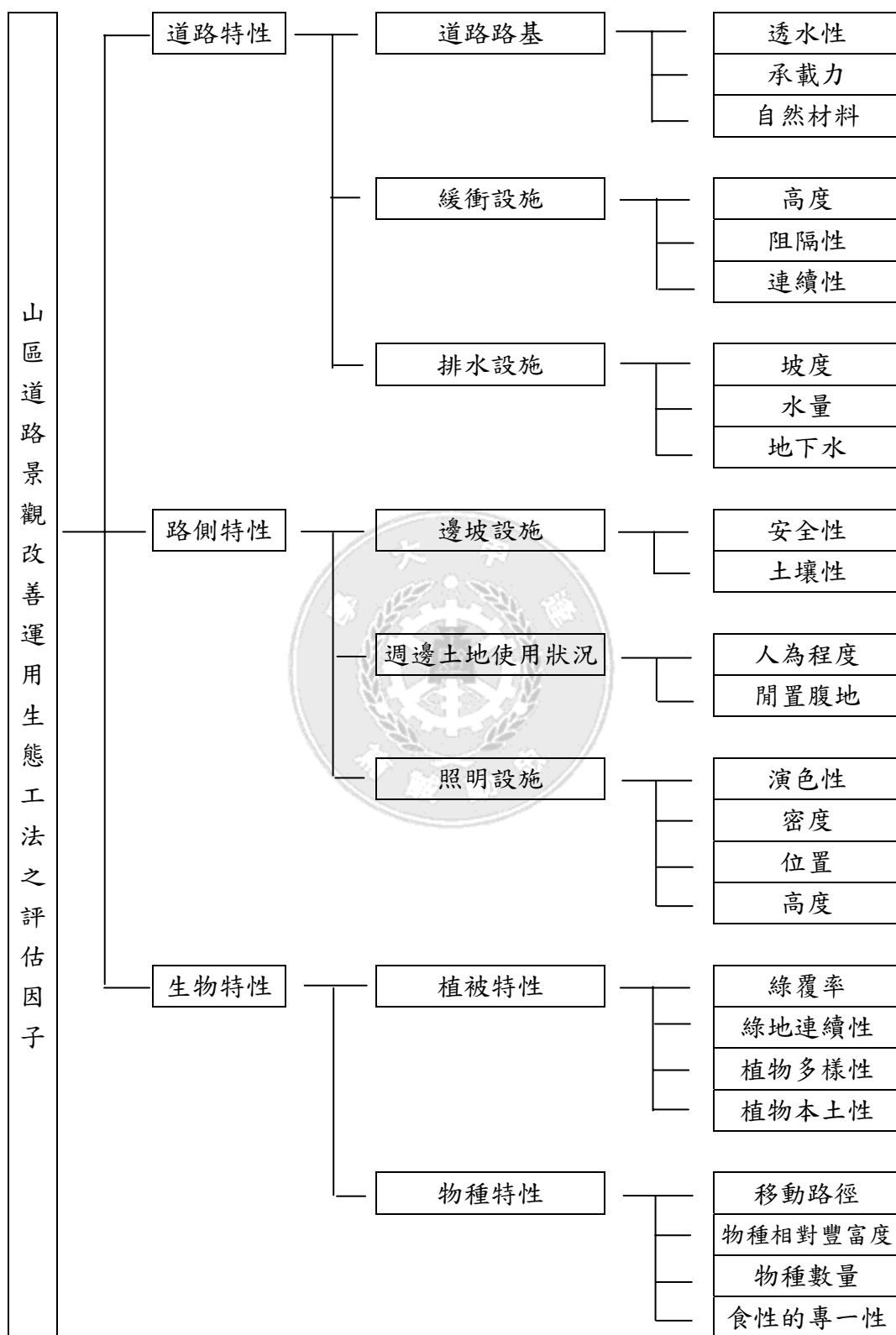
範例說明：評估國土資源永續利用時，就永續資源保育而言，下列因子之重要性如何？

評估因子	重要性程度	可接受的範圍		您的專家值
	最有可能之單一值 (0-10)	可接受的 最大值	可接受的 最小值	請填入一評值 (0-10)
1. 森林保存面積	( 7 )	( 8 )	( 6 )	( 8 )
2. 地下水利用率	( 4 )	( 6 )	( 3 )	( 2 )
3. 河川中、高度 污染的長度	( 6 )	( 7 )	( 5 )	( 2 )
4. 每人所需水的 消費量	( 3 )	( 6 )	( 2 )	( 5 )



山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

參、問卷填寫



山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

一、進行「山區道路景觀改善時運用生態工法」時，就「道路特性」而言，下列準因子之重要性如何？

評估因子	重要性程度	可接受的範圍		您的專家值
	最有可能之 單一值 (0-10)	可接受的 最大值	可接受的 最小值	請填入一評值 (0-10)
道路路基	( )	( )	( )	( )
緩衝設施	( )	( )	( )	( )
排水設施	( )	( )	( )	( )

二、進行「山區道路景觀改善時運用生態工法」時，就「路側特性」而言，下列準因子之重要性如何？

評估因子	重要性程度	可接受的範圍		您的專家值
	最有可能之 單一值 (0-10)	可接受的 最大值	可接受的 最小值	請填入一評值 (0-10)
邊坡設施	( )	( )	( )	( )
週邊土地使用 狀況	( )	( )	( )	( )
照明設施	( )	( )	( )	( )

三、進行「山區道路景觀改善時運用生態工法」時，就「生物特性」而言，下列準因子之重要性如何？

評估因子	重要性程度	可接受的範圍		您的專家值
	最有可能之 單一值 (0-10)	可接受的 最大值	可接受的 最小值	請填入一評值 (0-10)
植被特性	( )	( )	( )	( )
物種特性	( )	( )	( )	( )

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

以下請分別就「道路路基」、「緩衝設施」、「排水設施」、「邊坡設施」、「週邊土地使用狀況」、「照明設施」、「植被特性」、「物種特性」等評估因子與第三層級因子間的重要性關係進行填答。

四、進行「山區道路景觀改善時運用生態工法」時，就「道路路基」而言，下列準因子之重要性如何？

評估因子	重要性程度	可接受的範圍		您的專家值
	最有可能之 單一值 (0-10)	可接受的 最大值	可接受的 最小值	請填入一評值 (0-10)
透水性	( )	( )	( )	( )
承载力	( )	( )	( )	( )
自然材料	( )	( )	( )	( )

五、進行「山區道路景觀改善時運用生態工法」時，就「緩衝設施」而言，下列準因子之重要性如何？

評估因子	重要性程度	可接受的範圍		您的專家值
	最有可能之 單一值 (0-10)	可接受的 最大值	可接受的 最小值	請填入一評值 (0-10)
高度	( )	( )	( )	( )
阻隔性	( )	( )	( )	( )
連續性	( )	( )	( )	( )

六、進行「山區道路景觀改善時運用生態工法」時，就「排水設施」而言，下列準因子之重要性如何？

評估因子	重要性程度	可接受的範圍		您的專家值
	最有可能之 單一值 (0-10)	可接受的 最大值	可接受的 最小值	請填入一評值 (0-10)
坡度	( )	( )	( )	( )
水量	( )	( )	( )	( )
地下水	( )	( )	( )	( )

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

七、進行「山區道路景觀改善時運用生態工法」時，就「邊坡設施」而言，下列準因子之重要性如何？

評估因子	重要性程度	可接受的範圍		您的專家值
	最有可能之 單一值 (0-10)	可接受的 最大值	可接受的 最小值	請填入一評值 (0-10)
安全性	( )	( )	( )	( )
土壤性	( )	( )	( )	( )

八、進行「山區道路景觀改善時運用生態工法」時，就「週邊土地使用狀況」而言，下列準因子之重要性如何？

評估因子	重要性程度	可接受的範圍		您的專家值
	最有可能之 單一值 (0-10)	可接受的 最大值	可接受的 最小值	請填入一評值 (0-10)
人為程度	( )	( )	( )	( )
閒置腹地	( )	( )	( )	( )

九、進行「山區道路景觀改善時運用生態工法」時，就「照明設施」而言，下列準因子之重要性如何？

評估因子	重要性程度	可接受的範圍		您的專家值
	最有可能之 單一值 (0-10)	可接受的 最大值	可接受的 最小值	請填入一評值 (0-10)
演色性	( )	( )	( )	( )
密度	( )	( )	( )	( )
位置	( )	( )	( )	( )
高度	( )	( )	( )	( )

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

十、進行「山區道路景觀改善時運用生態工法」時，就「植被特性」而言，下列準因子之重要性如何？

評估因子	重要性程度	可接受的範圍		您的專家值
	最有可能之 單一值 (0-10)	可接受的 最大值	可接受的 最小值	請填入一評值 (0-10)
綠覆率	( )	( )	( )	( )
綠地連續性	( )	( )	( )	( )
植物多樣性	( )	( )	( )	( )
植物本土性	( )	( )	( )	( )

十一、進行「山區道路景觀改善時運用生態工法」時，就「物種特性」而言，下列準因子之重要性如何？

評估因子	重要性程度	可接受的範圍		您的專家值
	最有可能之 單一值 (0-10)	可接受的 最大值	可接受的 最小值	請填入一評值 (0-10)
移動路徑	( )	( )	( )	( )
物種相對豐富度	( )	( )	( )	( )
物種數量	( )	( )	( )	( )
食性的專一性	( )	( )	( )	( )

## 附錄二 第二階段模糊層級分析問卷

### 「山區道路景觀改善運用生態工法因子評估」之專家問卷

親愛的女士、先生：您好！

這是一份專題研究計畫『山區道路景觀改善時如何運用生態工法之準則』的問卷，素仰 台端學養淵博、經驗豐富，本研究亟需您的協助指導，請您撥冗惠賜卓見。

本研究之問卷調查共分為二階段，即模糊德爾菲問卷與模糊層級分析問卷。透過第一階段模糊德爾菲問卷因子篩選之結果，本問卷係進行第二階段模糊層級系統之建立，其目的在於建構山區道路景觀改善運用生態工法評估因子層級架構，以做為評估之依據。敬請撥冗惠賜指正，並請於 4 月 15 日前寄回，以利後續研究之進行。

敬祝 研安



逢甲大學  
指導教授 徐耀賜 教授  
研 究 生 黃秋煌

敬上

聯絡電話：0911-125352

地 址：台中市大全街 127 號

本問卷包含三個部分：

壹、基本資料（包括性別、年齡及主修領域）

貳、填寫說明

參、問卷填寫及因子釋義

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

壹、基本資料

- 一、性別：☐男 ☐女  
 二、年齡：☐21～30 歲 ☐31～40 歲 ☐41～50 歲  
☐51～60 歲 ☐61～70 歲

三、主修領域：(可複選)

本問卷以匿名方式進行。請一專長所在☐內填寫 1、2；1-主專長、2-次專長，  
 (可複選)。

- ☐地理 ☐地質 ☐水土保持 ☐造園景觀  
☐建築 ☐生態 ☐環境科學

貳、填寫說明

一、此部分為 FAHP 問卷，在勾選之前請先按因子重要性程度排序，以提高勾選之一致性；再請就兩兩要素進行比較，依其相對重要程度進行勾選。

二、其比值全依個人之專業素養主觀認定。

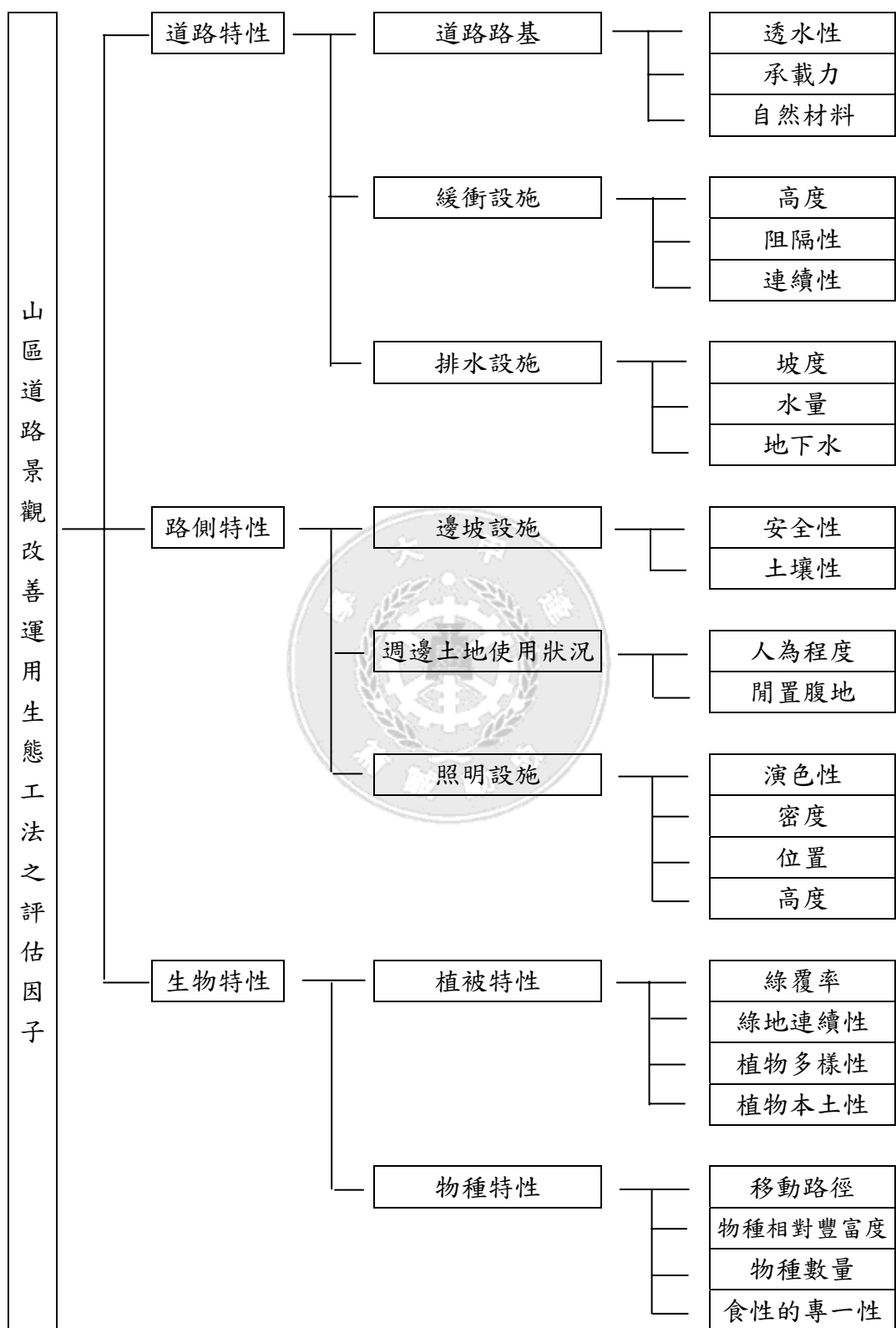
三、範例：

- (一) 因子之排序：假設有三項因子. 家庭、2. 事業、3. 友誼，若填寫為 (1)  $\geq$  (3)  $\geq$  (2)，則表示其重要程度為「家庭」 $\geq$ 「友誼」 $\geq$ 「事業」。  
 (二) 因子相對重要性勾選：請參閱因子釋義之內容，進行相對重要性判斷，以下表為例，影響上一層級之因子"家庭"比因子"事業"之相對重要性為 4：1，且可接受答案為 3：1～5：1，填寫時請分別勾選「相對重要性 (4：1)」、「最大可接受值 (5：1)」、「最小可接受值 (3：1)」三項：

強度比例									
影響因子	強←-----→弱								影響因子
	5 : 1	4 : 1	3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5
家庭	✓	✓	✓						事業
家庭			✓	✓		✓			友誼
事業					✓	✓			友誼

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

參、問卷填寫





山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

■問卷填寫

Part2：模糊層級問卷

一、第一層級權重

影響「山區道路景觀改善運用生態工法因素」的評估因子包括「1. 道路特性」、「2. 路側特性」、「3. 生物特性」。

- 請按重要程度將影響「山區道路景觀改善運用生態工法因素」的三因子代號依序排列於下：

( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )

- 依據上述之順序，請比較各因子之相對重要性：

強度比例									
強 ← ----- → 弱									
影響因子	5 : 1	4 : 1	3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5 影響因子
道路特性									路側特性
									生物特性
路側特性									生物特性

二、第二層級權重

- （一）影響「道路特性」的評估因子包括「1. 道路路基」、「2. 緩衝設施」、「3. 排水設施」。

- 請按重要程度將影響「道路特性」的三因子代號依序排列於下：

( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )

- 依據上述之順序，請比較各因子之相對重要性：

強度比例									
強 ← ----- → 弱									
影響因子	5 : 1	4 : 1	3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5 影響因子
道路路基									緩衝設施
									排水設施
緩衝設施									排水設施

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

(二) 影響「路側特性」的評估因子包括「1. 邊坡設施」、「2. 週邊土地使用狀況」、「3. 照明設施」。

1. 請按重要程度將影響「路側特性」的三因子代號依序排列於下：

( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )

2. 依據上述之順序，請比較各因子之相對重要性：

強度比例										
強←-----→弱										
影響因子	5 : 1	4 : 1	3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5	影響因子
邊坡設施										週邊土地 使用狀況
										照明設施
週邊土地使 用狀況										照明設施

(三) 影響「生物特性」的評估因子包括「1. 植被特性」、「2. 物種特性」。

1. 請按重要程度將影響「生物特性」的二因子代號依序排列於下：

( )  $\geq$  ( )

2. 依據上述之順序，請比較各因子之相對重要性：

強度比例										
強←-----→弱										
影響因子	5 : 1	4 : 1	3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5	影響因子
植被特性										物種特性

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

三、第三層級權重

(一) 影響「道路路基」的評估因子包括「1. 透水性」、「2. 承载力」、「3. 自然材料」。

1. 請按重要程度將影響「道路路基」的三因子代號依序排列於下：

( ) ≥ ( ) ≥ ( )

2. 依據上述之順序，請比較各因子之相對重要性：

強度比例									
強 ← ----- → 弱									
影響因子	5 : 1	4 : 1	3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5 影響因子
透水性									承载力
									自然材料
承载力									自然材料

(二) 影響「緩衝設施」的評估因子包括「1. 高度」、「2. 阻隔性」、「3. 連續性」。

1. 請按重要程度將影響「緩衝設施」的三因子代號依序排列於下：

( ) ≥ ( ) ≥ ( )

2. 依據上述之順序，請比較各因子之相對重要性：

強度比例									
強 ← ----- → 弱									
影響因子	5 : 1	4 : 1	3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5 影響因子
高度									阻隔性
									連續性
阻隔性									連續性

山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究  
 ～以台十四甲線霧社至合歡山莊段為例～

(三) 影響「排水設施」的評估因子包括「1. 坡度」、「2. 水量」、「3. 地下水」。

1. 請按重要程度將影響「排水設施」的三因子代號依序排列於下：

( )  $\geq$  ( )  $\geq$  ( )

2. 依據上述之順序，請比較各因子之相對重要性：

強度比例										
強←-----→弱										
影響因子	5 : 1	4 : 1	3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5	影響因子
坡度										水量
										地下水
水量										地下水

(四) 影響「邊坡設施」的評估因子包括「1. 安全性」、「2. 土壤性」

1. 請按重要程度將影響「邊坡設施」的二因子代號依序排列於下：

( )  $\geq$  ( )

2. 依據上述之順序，請比較各因子之相對重要性：

強度比例										
強←-----→弱										
影響因子	5 : 1	4 : 1	3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5	影響因子
安全性										土壤性

(五) 影響「週邊土地使用狀況」的評估因子包括「1. 人為程度」、「2. 閒置腹地」

1. 請按重要程度將影響「週邊土地使用狀況」的二因子代號依序排列於下：

( ) ≥ ( )

2. 依據上述之順序，請比較各因子之相對重要性：

強度比例									
強←-----→弱									
影響因子	5 : 1	4 : 1	3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4 : 5	影響因子
人為程度									閒置腹地

(六) 影響「照明設施」的評估因子包括「1. 演色性」、「2. 密度」、「3. 位置」、「4. 高度」

1. 請按重要程度將影響「照明設施」的四因子代號依序排列於下：

( ) ≥ ( ) ≥ ( ) ≥ ( )

2. 依據上述之順序，請比較各因子之相對重要性：

強度比例										
強←-----→弱										
影響因子	5 : 1	4 : 1	3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5	影響因子
演色性										密度
										位置
										高度
密度										位置
										高度
位置										高度

(七) 影響「植被特性」的評估因子包括「1. 綠覆率」、「2. 綠地連續性」、「3. 植物多樣性」、「4. 植物本土性」

1. 請按重要程度將影響「植被特性」的四因子代號依序排列於下：

( ) ≥ ( ) ≥ ( ) ≥ ( )

2. 依據上述之順序，請比較各因子之相對重要性：

強度比例										
強← ----- →弱										
影響因子	5 : 1	4 : 1	3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5	影響因子
綠覆率										綠地連續性
										植物多樣性
										植物本土性
綠地連續性										植物多樣性
										植物本土性
植物多樣性										植物本土性

(八) 影響「物種特性」的評估因子包括「1. 移動路徑」、「2. 物種相對豐富度」、「3. 物種數量」、「4. 食性的專一性」

1. 請按重要程度將影響「物種特性」的四因子代號依序排列於下：

( ) ≥ ( ) ≥ ( ) ≥ ( )

2. 依據上述之順序，請比較各因子之相對重要性：

強度比例										
強← ----- →弱										
影響因子	5 : 1	4 : 1	3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3	1 : 4	1 : 5	影響因子
移動路徑										物種相對豐富度
										物種數量
										食性的專一性
物種相對豐 富度										物種數量
										食性的專一性
物種數量										食性的專一性