

九十四年度天然災害復健復育計畫

南勢溪整體治理調查規劃之研究

成果報告

合約編號： 94竹治調災字第1號

委託機關：行政院農業委員會林務局
新竹林區管理處

執行單位：財團法人台灣環保文教基金會
中華民國 94 年 12 月

第一章 緒論

1.1 計畫緣起與目的

台灣地區河川多流短坡陡，加以降雨期分配不均，豐枯水期逕流量懸殊，暴雨時間易產生短時而且大量集中之逕流，造成上游集水區及河岸的沖刷，形成大量崩塌區域，產生大量泥砂形成災害。因此，南勢溪集水區的治理與開發，將面臨地表土壤沖蝕的問題，同時造成該區泥砂淤積，減低其蓄水能力及壽命。

泥砂產量推估是集水區治理與流域防災工作之一大重點，目前台灣地區對於集水區崩塌與產砂資訊非常欠缺，以致對於泥砂產量所帶來之災害無法有效掌控。南勢溪集水區大多位於山區，降雨強度高，且地質多不穩定，颱風期間常有大量之沖刷與崩塌，形成大量泥砂流入水庫。但要進行崩塌地範圍及土壤沖蝕推估常因時空因素無法順利達成，連帶影響集水區之治理工作與流域防災策略無法達到預期之效果。如何正確推估開發對崩塌地、土壤沖蝕率與泥砂產量之影響，是集水區治理工作之首要重點。

台灣地區面積狹小，地形陡峭且水資源有限，因此為了確保水資源，興建了許多水庫。這些水庫所蓄積之水，就成了台灣地區大部份灌溉、民生及工業用水的水源。然隨著工商業的發展，國民活動逐漸由都市轉向水庫集水區，因而在水庫集水區大量開發農業及遊憩活動，結果日漸加重水庫水質之污染負荷，農業所需之及營養鹽(磷、氮等)及地表植被銳減，造成暴雨來時營養鹽及泥砂，沖刷流入水庫，造成水庫淤積

蓄水功能日減及水庫優養化問題，使水庫水質及蓄水量均亮起紅燈。

水庫之水質受到集水區非點源污染(non-point source pollution)之衝擊很大，例如小島(1984)估算翡翠水庫的氮(N)與磷(P)來自非點源的污染負荷佔一半以上。水庫集水區中的農業用地，諸如水稻田、茶園、果園、蔬菜園...等，都可能成為水庫水體的污染來源。因此，河川及水庫流域的保護為一項重要的課題。除此之外，由於集水區內土地使用與開發行為管理不週，造成大量泥砂(如土石流等)流入水庫，水庫淤積問題日益嚴重。而在國內環保意識高漲，集水區開發日益困難的情況下，水庫淤積之控制及水庫的浚渫與保護亦日益重要。

本計畫整合水資源、水質、崩塌地、土壤沖蝕及景觀規劃之專家，針對南勢溪集水區進行基本資料之蒐集、理論分析、模式建構及相關對策之探討，以供未來翡翠水庫集水區經營策略之參考。南勢溪與其集水區所遭遇之問題及其解決方法詳述如後。

1.2 研究方法

1. 河川水質模擬與應用

許多資料顯示暴雨引起的非點源污染物對河川或水庫水體污染的重要性不亞於點污染源，在台灣的情形也類似。近代人類活動頻繁，舉凡伐木建設、農業活動、造公路、工礦廢污的排放及車輛廢污的排放等，所產生之污染物，堆積在排水渠或土壤上，當暴雨來臨時，地表沖刷及地表逕流溶解、懸浮並攜帶非點源源污染物進入水庫或承受水體，造成污染。尤其久旱第一次暴雨或每次降雨前幾十分鐘所排的水，常含有可觀的污染物，這些污染物包括沉澱物、BOD、營養鹽、有毒物質、農藥、

細菌及鹽類等。於降雨初期，晴天累積於地表之污染物被逕流沖刷，因此逕流初期有較高之污染物濃度；若降雨持續，則地面可沖刷之污染物量漸少，逕流污染物濃度亦逐漸降低。由於流量與污染物濃度之顯著變化，非點源污染無法以單一水樣的檢驗來定量，必須在暴雨逕流過程採不同時段之水樣分析，同時測定流量變化；且暴雨之水量、水質採樣常因為天候及地形等的因素，採樣的時機難以掌控，所以具代表性之採樣資料相當珍貴。由此可知，非點源污染之調查研究是需要花費相當的人力、物力及長時間經驗之累積。

非點源污染的來源及數量與土地之利用型態、氣候、水文、地形及暴雨來臨前之污染物累積量息息相關，且其傳輸過程亦十分複雜。南勢溪集水區土地利用型態主要是林地（以闊葉林及混合林為主，約佔 93%），其它尚包括農地、果園和建地等。常見的住宅區非點源污染包括車輛廢氣、垃圾、道路施工及空氣中之懸浮物沈降在街道等；農地、果園的非點源污染則通常和農業施肥、遊憩活動有關；而林地縱使沒有砍伐或人類之活動，在颱風期間，部分之地表落葉及腐質層亦會被地表逕流沖刷至水庫裏，成為水庫中藻類生長所需之營養鹽的來源之一。

非點源污染對於集水區水體水質的影響，往往因污染量及暴雨採樣工作的不確定性，導致無法有效掌握確實的各污染源的數量及傳輸情形。因此，為掌握集水區之水量與水質傳輸，除了定期進行水質檢測外（如第二章所述），暴雨期間之集水區非點源採樣亦是瞭解非點源污染物傳輸不可或缺的調查工作，配合集水區暴雨非點源模式及水質模式之應用，檢定、驗證相關參數，以瞭解非點源污染之傳輸機制，並藉由模式推估不同污染源（量）消滅後之水質變化，再依據南勢溪集水區之土

地利用與水文、地文特性，研擬集水區最佳管理措施之具體方案，作為未來水量水質管理上之參考。

2. 崩塌地調查與土壤沖蝕

南勢溪集水區為淡水河流域上游主要支流之一，主要集水區範圍包括台北縣烏來鄉及新店市的一部份，境內多天然原始森林，依經濟部臺北水源特定區管理委員會在民國八十八年之調查結果，南勢溪集水區崩塌地之數量約有 874 處，在颱風或豪雨來襲時，坡地崩塌及土壤沖蝕所產生之泥砂，除影響河川水質外，亦對溪流生態造成衝擊，甚者土石流災情，嚴重危害人民生命財產之安全。且有此次在艾利、海棠及泰利等颱風豪雨之下，初步估計造成新生崩塌面積扣除掉直接崩落至庫區之部分，其餘未來皆可能成為土石流之直接料源。

集水區受到人為開發利用後，土壤流失量將對應升高。為求減輕人為開發之衝擊，應就集水區土壤流失之本質採取適當之保育措施：

一、 表土流失

表土流失主要來自裸露地與農地，為懸移質之主要來源。適當保育措施包括裸露地之植生及農地平台階段、安全排水溝等之設置。

二、 蝕溝沖刷

集水區內之蝕溝在暴雨集流時，易發生坡面沖刷及溝底之溯源沖刷。其保育措施包括坡面植生及設置截流渠以防止逕流過度集中，以及沿蝕溝設低堰以抬高水深、減低溝流之沖刷。

三、 河道沖蝕

上游河川可能因坡度過陡形成河床沖蝕，或因流向改變造成局部

岸坡淘蝕或崩塌。改善措施包括設置防砂壩、節制壩、潛壩等結構物加以控制、減緩河床坡降與保護岸坡。

四、 崩塌地地滑

崩塌地地滑常為集水區泥砂之主要來源。控制方法包括以工程措施穩定坡面及坡面植生。

五、 伐林造路土壤流失

林地易因濫伐而導致表土流失或崩塌，其治本措施為造林；近期之保育措施為濫伐區植生並設置坡面穩定與安全排水設施。集水區內修建道路如未設置邊坡穩定與排水設施，極易在暴雨時發生表土沖刷及地滑，施工時如未妥善處理挖方棄土，將為下游水庫提供大量之砂源，其改善措施包括：設置邊坡穩定工程、安全集流過水設施，設置路面排水設施，鋪設柏油或水泥路面，及妥善處理棄土。

因此，本研究將對南勢溪集水區境內土砂災害嚴重區位進行蒐集、調查，估算土壤沖蝕流失量、泥砂運移量，評估集水區治山防災績效，作為南勢溪集水區整體治理調查規劃之參考依據。

3. 綜合發展計畫之研究

南勢溪集水區內之烏來鄉內富有充足之觀光遊憩資源，且配合相關政策，發展頗具特色之賞花、溫泉觀光區域，為國內旅遊勝地；每逢假日，便吸引大量遊客前往。在引入觀光人潮同時，勢必會帶來生態環境方面之衝擊；上游集水區的土地利用是主要的禍源，尤其在連續的強風豪雨沖刷下而崩潰。本研究擬以施以環境監測，進一步研擬發展綜合規劃，對環境管理提出適切建議、喚起民眾環保意識加以宣導教育，終而落實環境管理之目標。

因此對於南勢溪集水區目前有重要幾點問題亟待解決：

一、由於集水區內人民對於水庫了解少於集水區外民眾，因此再建造水庫時或在做集水區的維護管理中往往認為那是擾民行為，因此造成大量人口流失。

二、社區居民對於水資源保育不甚了解，間接造成其他問題產生，社區內亦無完善規劃及綠美化之設施，因此使民眾無法激起保育集水區之意識。

1.3 工作項目

1. 河川水質模擬與應用

(一) 河川水質資料蒐集與水質狀況分析：

蒐集南勢溪之水質資料，並探討其水質之優劣。

(二) 污染源之調查與分析：

調查溫泉廢水、遊憩觀光及家庭污水之污染量，以及集水區非點源污染量之推估。

(三) 水質模式之建立與模擬：

蒐集河川斷面、水理及水質資料，建立河川水質模式並進行水質模擬。

(四) 水質模式之檢定與驗證：

模式經檢定與驗證決定模式中之參數，以確定模式之可靠性。

(五) 水質之預測：

水質模式之功能為預測及模擬，模式經檢定與驗證後，進一步可預測污染負荷消減對水體水質之影響，未來可作為污染整治及景觀規劃之參考。

2. 崩塌地調查與土壤沖蝕

由於集水區崩塌面積大量增加，應重新評估集水區中發生土石流之

潛勢。另一方面，由於集水區內存有不少超限利用地區，故在檢討土石流發生潛勢及擬定整治策略時，亦應著重山坡地或林班地超限利用對土石流發生之影響，除土方下移外，本計畫亦應檢討可能遭受土石流威脅之重要保全對象，並針對這些地方提出整治策略。本研究擬完成之計畫目標包括：

(一) 集水區環境資料蒐集：

蒐集南勢溪集水區之土壤、地質等資料，分析判斷災害之種類。

(二) 集水區概況調查：

調查集水區內坡面沖蝕、崩塌地、道路水土保持及土石流災害等情形，作為研擬治理對策之參考依據。

(三) 崩塌地處理：

崩塌地處理係瞭解崩塌之發生原因或機制與規模，以防止和控制崩塌之發生或減輕和消除其所造成之災害，維繫水土資源之有效與永續利用為目的。因此，崩塌地處理包括崩塌地之調查、規劃、治理及監測等。

(四) 估算土壤沖蝕流失量及調查泥砂生產、運移量：

研選適合之山坡地土壤沖蝕流失量，並針對公式中各項參數進行分析估算。並調查坡地泥砂生產、運移量，以作為泥砂控制、河道濬渫等防砂工程設計及集水區整體規劃治理之參考。

(五) 集水區林地水土保持需求性評估：

訂出集水區治山防災績效量化指標，用以評估集水區內林地水土保持設施，並作為未來規劃設計之參考依據。

3. 綜合發展計畫之研究

(一) 背景資料蒐集與分析：

包括南勢溪之地理環境、氣象水文、人文、土地利用等環境現況資料蒐集與分析。

(二) 環境監測：

遊憩活動對於集水區有可能會造成污染導致影響水質好壞，本研究將以水質指標、生物性指標、集水區之監測點進行檢測。水質指標採用卡爾森優養指標；而生物性指標則介紹大腸桿菌及生物需氧量對水質的影響。

(三) 遊客量調查：

遊客量調查中可用總量分配法推估，並可配合供給導向計算由烏來鄉現有的旅館客房數及客房佔有率反推現有遊客數，以驗證總量分配法之可信度。

(四) 集水區綜合發展計畫之研擬：

包括(1)防災應變預警系統之建立；(2)融合生態保育理念，推動集水區、遊憩據點之生態化及綠美化；(3)透過生態技術與工法，提出其生態可行之技術與材料以及景觀生態池之設計方式；(4)良善之步道規劃給遊客一個美麗且充滿知性的生態步道之旅；(5)環境教育與宣導：在遊憩的區域中，透過解說導覽服務、研習訓練、教育宣導媒體及教育宣導媒介之研發更新，以進行環境教育及宣導之工作。

第二章 研究區域基本資料

本計畫研究區—南勢溪集水區流域主要位在烏來鄉鄉界之內，南勢溪往北至烏來與桶后溪會合，再流至龜山和北勢溪會流成為新店溪，最後流入台北盆地。故南、北勢溪同屬台北地區重要之水源地，南勢溪流域範圍屬於台北水源特定區較少開發區。研究區域相關基本資料整理敘述如後文中。

2.1 地形

南勢溪及北勢溪為新店溪上游兩大支流，其會流點位於新店龜山附近。南勢溪自龜山至烏來段約呈南微偏東方向發展，此段因斜切過夾砂岩較多之地層而呈深刻曲流，河床坡度較大。南勢溪自烏來以上再分為兩大水系，向東發展者為桶后溪，此溪發源於東側及南側台北縣與宜蘭縣交界之分水嶺山脊，此山脊為雪山山脈東北端之主山嶺，海拔高程多在壹千公尺以上，由東北端向西南高程漸次增加，東北端之烘爐地山（1166 公尺）起，向西南經小礁溪山（1147 公尺）、大礁溪山（1161 公尺）至西南方之阿玉山（1420 公尺）為止，地形漸次增高。桶后溪之北側為烏來鄉與坪林鄉及石碇鄉交界的較低山嶺分隔，此山嶺海拔多在九百至一千餘公尺，山嶺之北側屬北勢溪流域，即翡翠水庫之集水區。桶后溪及其支流河道大體上呈小折曲之曲流特徵，河道多由西北及東北方向之小曲段所組成，顯示沿兩組岩體弱面（東北方向之層理及西北方向之橫向節理）發育的河道特徵。

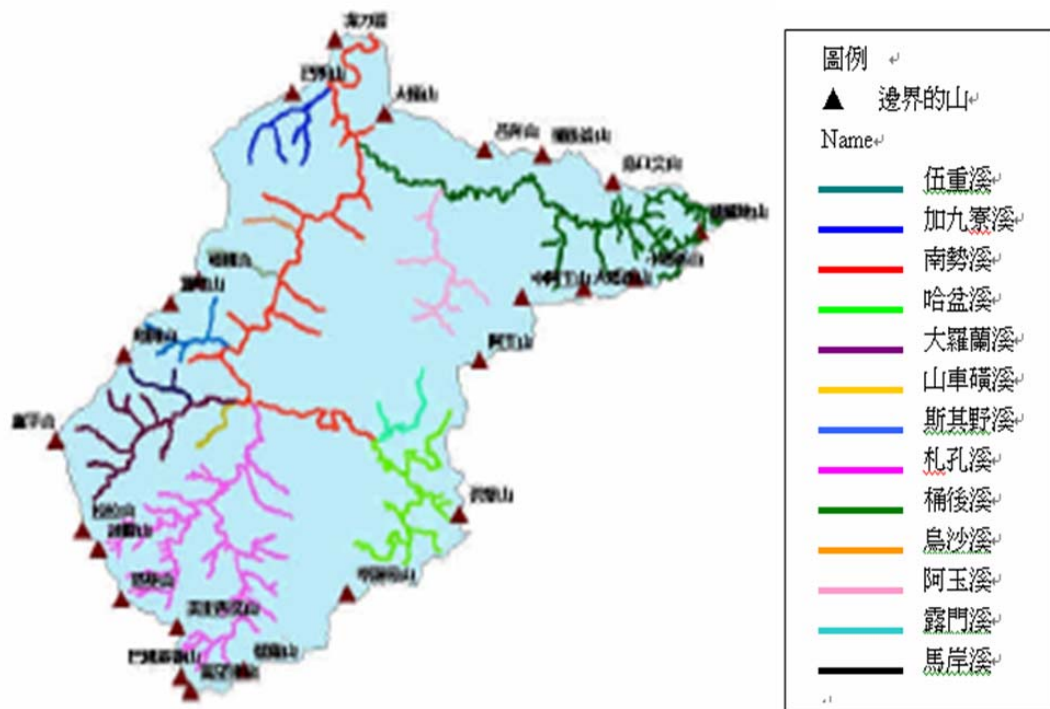


圖2-1-1 全區河流分佈圖

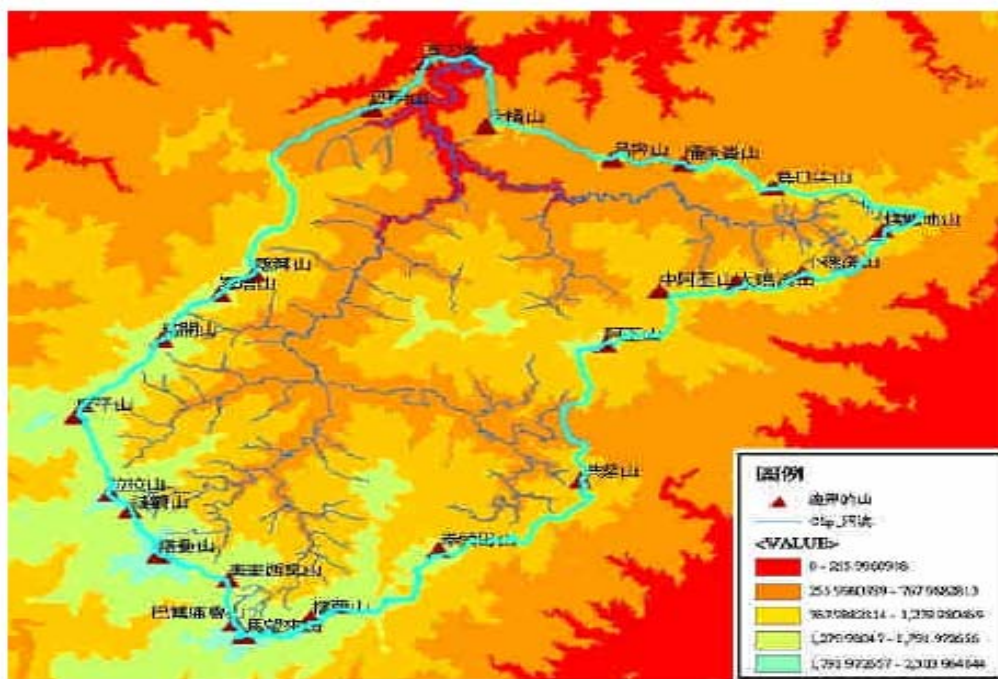


圖2-1-2 全區地形高程分佈圖

南勢溪主流由烏來向南開始，大約以南南西方向延伸至福山後，再分為多條支流，其中西南西之支流稱為大羅蘭溪，發源於拉拉山附近山嶺（2031 公尺）；南支流稱為扎孔溪，源頭為南側之巴博庫魯山（2101 公尺）；向東南方者為南勢溪上游主流，發源於哈盆南方烏來鄉與宜蘭縣交界處之分水嶺山脊（雪山山脈之主嶺）。

南勢溪流域之西界則以一高一千至二千公尺山脊線與西側之大豹溪流域及大漢溪流域為鄰，此分水嶺山脊呈東北—西南方向延伸，由東北端之加走嶺山（999 公尺）向西南經逐鹿山（1360 公尺）、盧培山（1903 公尺）、拉拉山（2031 公尺）後，轉向東南經塔曼山（2130 公尺）至巴博庫魯山（2101 公尺）後與走向東北之雪山山脈主嶺會合。

南勢溪流域面積約三百餘平方公里，在台灣的地形分區上屬雪山山脈的西北部，屬山高谷深的壯年期地形特徵，整體略呈一東北—西南延長之平行四邊形，此平行四邊形之四邊為烏來鄉與其他相鄰鄉鎮之分水嶺山脊界線。此呈平行四邊形之西南角海拔高程最高（約 2130 公尺），向北方漸次降低，至烏來附近會合所有支流集中排出，而烏來附近河床之高程已降至約 90 公尺。此外，烏來至龜山段左岸另納一小支流一加走寮溪。

2.2 區域地質

南勢溪流域位於台灣雪山山脈地質分區上，地層主要由地質時代古第三紀之西村層、四稜砂岩、乾溝層、大桶山層及部分澳底層構成，岩層大多數受過輕度區域變質作用，變質度由西北向東南方遞增，且大多數岩層呈東北方向延伸分布。詳細地質概述請參照第三章 3.2 節。

2.3 構造地質

由於大地構造壓縮應力來自東南方，造成本地區主要的地質構造線呈東北至東北東方向延伸展布，因此發展出甚多之變質砂岩層，詳細構造特徵較易追蹤確認；而在烏來以南地區，因岩性單調致岩層位態不易確認，因此較詳細的構造特徵不易釐清。

1. 褶曲

本地區包括有很多走向為東北至東北東之背斜及向斜，這些背斜及向斜構造多為平緩開展之褶曲構造，部分區域性褶曲延伸長可達二十餘公里，褶幅寬度數百公尺至數公里，褶曲兩翼或常為逆斷層截切，而兩端亦常被斷層錯移或截失。本地區主要之褶曲由南至北包括西村背斜、萱原向斜、四堵背斜、碧湖向斜、插天山背斜、烏來背斜等，另包括一些較小未命名之褶曲。其中插天山背斜及烏來背斜有向東北端傾沒的現象。

2. 斷層

主要為東北至東北東走向的逆斷層，斷面均傾向東南，但尚包括甚多小規模之橫移斷層及斜移斷層。斷層破碎帶常造成極低的岩體強度，為造成崩塌之重要原因。本地區重要之區域性大斷層由南至北包括石牌斷層、碧湖斷層（石槽斷層）、金瓜寮斷層等，及一些較小規模未命名斷層。

3. 節理及其他剪裂帶

一般而言，本地區岩層內普遍發育至少有兩組節理，最常見的縱向節理（平行岩層走向）及橫向節理（垂直岩層走向），二者均呈高角度

(>60 度) 傾斜。這些節理的切割岩體，使風化作用沿節理面向下進行，常造成落石及坍方。另外有些局部地區可能有沿節理或其他裂隙發展之剪裂帶，可能深入岩體內部，為造成邊坡崩塌之另一重要因素。

2.4 區域氣候條件

氣候方面，由於本區位於台灣北部，屬於亞熱帶季風氣候，冬季盛行東北季風，氣候潮濕多雨，夏季則盛行西南季風，但由於南邊雪山山脈之阻隔，使西南季風對本地區之影響較小，此外，夏秋之季，颱風盛行，且全境多山，河谷地形與山坡地受太陽輻射增暖所形成的局部對流作用十分旺盛，因此夏日午後常有局部性雷陣雨。

境內各地之雨量略有差異，但年雨量大抵在 3,000~4,000 公厘之間，且全年都有雨，雨量較多的月份集中在夏、秋兩季(6 月至 10 月)。至於各地氣溫，則受垂直高度影響頗大，標高在 500 公尺以下之人口聚居地區，其 7 月均溫約 28°C ，1 月均溫約 13°C 。由於本區為山地，加上林木調節，故氣溫較臺北縣各鄉鎮低。至於標高在 1,000 公尺以上之山區，夏季氣溫約在 20°C 上下，冬季氣溫降至 6°C 左右。

2.5 水系

南勢溪發源於雪山山脈的主嶺線的拳頭母山附近，於烏來匯入自東而來的桶后溪，在龜山附近與北勢溪會合。桶后溪為南勢溪的主要支流之一，其發源於雪山山脈主嶺線的烘爐地山附近向西流注。南勢溪水系呈樹枝狀，局部河道沿斷層發育，明顯受到構造的控制。南勢河流域各主要支流均發源於雪山山脈主嶺線附近，海拔高度在一千公尺以上，地勢較高，河床坡降大，河道下蝕劇烈，兩岸地形陡峻。

1. 主要支流水系

南勢溪水系集水區，其支流包括哈盆溪、札孔溪、桶后溪、大羅蘭溪、阿玉溪、加九寮溪、內洞溪及新其野溪等。南勢溪水系由哈盆溪、札孔溪及大羅蘭溪從東、南、西三面會流於福山附近，形成南勢溪主流，向北會合斯其野溪、內洞溪流向烏來；東邊之哈盆溪較大，一般視為南勢溪主流，源於阿玉山至紅紫山之間；中間支流札孔溪流量較小，源於巴博庫魯山至拉拉山之間，支流較多；大羅蘭溪源於拉拉山至盧平山之間；桶后溪源於大小礁溪山與烘爐地山之間，東流至孝義與源於阿玉山之阿玉溪合流後，至烏來始納入南勢溪主流，南勢溪主流北流會合加九寮溪，流向龜山與北勢溪匯合。茲將本區之主、支流特性因子包括長度、源頭高度、河口高度、落差、比降、集水區面積詳如表 2.1。

表2-5-1 南勢溪河川特性表

(資料來源：巨廷工程)

| 項目溪名 | 長度 (km) | 源頭高度 (m) | 河口高度 (m) | 落差 (m) | 比降 | 集水區面積 (km ²) |
|------|---------|----------|----------|--------|-------|--------------------------|
| 南勢溪 | 15.50 | 360 | 50 | 310 | 1/37 | 60.05 |
| 哈盆溪 | 28.24 | 1100 | 360 | 740 | 1/38 | 68.80 |
| 札孔溪 | 15.80 | 1750 | 369 | 1381 | 1/11 | 61.75 |
| 桶后溪 | 24.50 | 1017 | 110 | 907 | 1/27 | 55.20 |
| 大羅蘭溪 | 9.70 | 1390 | 367 | 1023 | 1/9 | 29.25 |
| 阿玉溪 | 9.40 | 1100 | 200 | 900 | 1/14 | 28.85 |
| 加九寮溪 | 5.90 | 650 | 80 | 570 | 1/10 | 12.27 |
| 洞溪 | 5.80 | 1375 | 225 | 1150 | 1/5 | 11.95 |
| 新其野溪 | 4.50 | 1600 | 300 | 1300 | 1/3.5 | 9.35 |
| | | | | | 總計 | 337.47 |

2.6 林地分布範圍

表 2-6-1 烏來事業區國有林地分區條件、面積表

| 林地分區別 | 林地分區地點說明 | 面積 (公頃) | 區域 |
|-------|---|-----------|------------------------------|
| 自然保護區 | 插天山自然保留區或林地分級屬 IV、V 級地區及沿溪流兩岸各 50 公尺之濱水區。 | 6,226.35 | 15,18,35,41~45, 49~53 林班 |
| 國土保安區 | 各編號水源涵養保安林及土砂扞止保林、烏心石母樹林、烏來風景特定區、其他施業限制地等。 | 9,644.59 | 12,23,46,54~71, 73 林班 |
| 森林育樂區 | 滿月圓及內洞國家森林遊樂區。 | 938.59 | 13,14,36 林班(不含原省有林地面積) |
| 林木經營區 | 信賢、桶后造林中心及經濟林地海拔在 2,500 公尺以下，且坡度小於 35 度區域，林地分級為 I、II、III 級地區。 | 13,629.56 | 1~11,16,17,19~22,25,47,48 林班 |
| 合計 | | 30,439.09 | |

(資料來源：林務局新竹林管處)

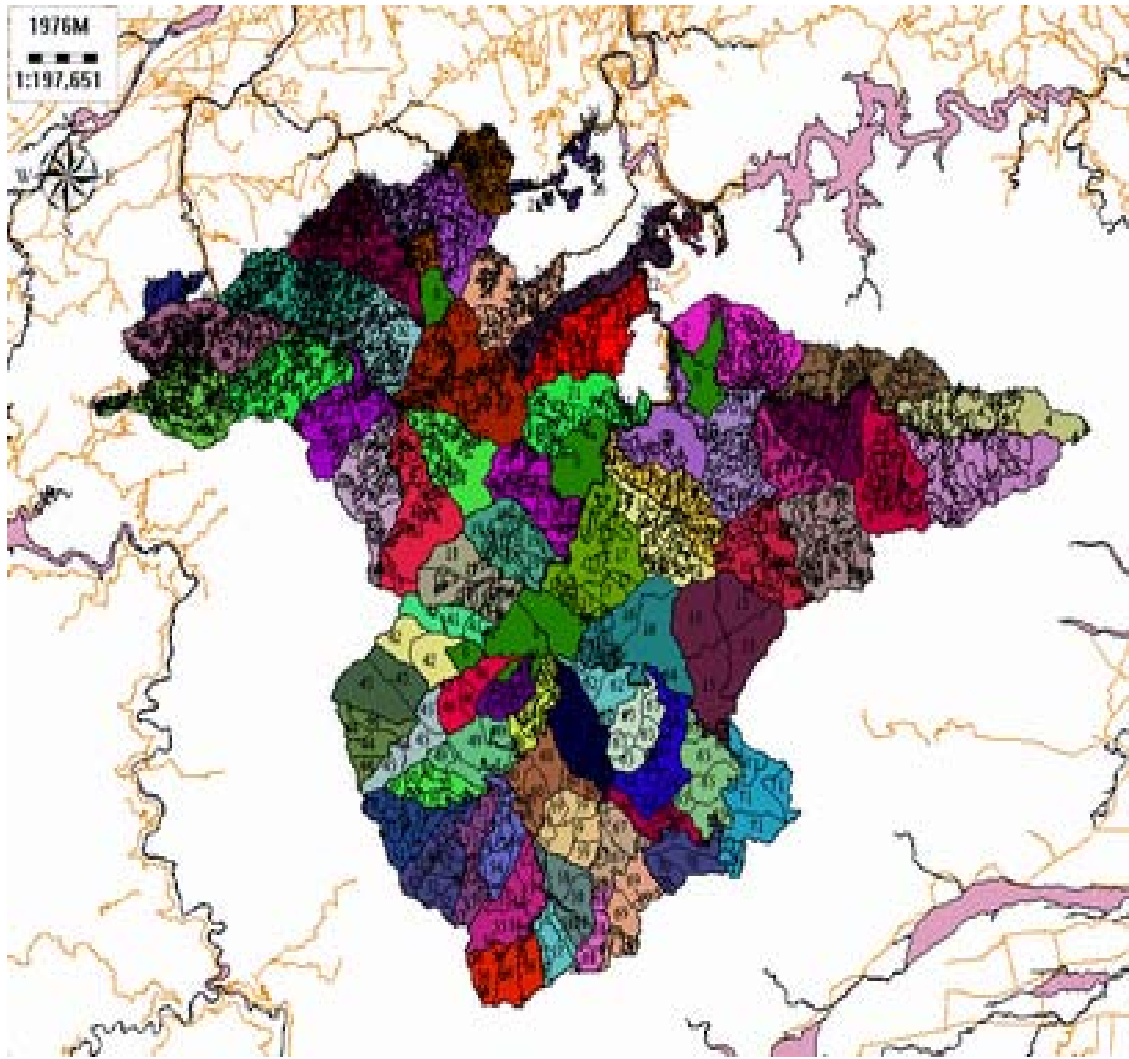


圖 2-6-1 林班分布圖

第三章 目前工作執行內容

3.1 河川水質模擬與應用

1. 河川水質資料蒐集與水質狀況分析

烏來溫泉區為碳酸氫鈉泉，位於台北縣烏來鄉南勢溪與桶后溪匯流口溪畔，在山地話中「烏來」即是「冒煙的熱水」之意。烏來溫泉是屬弱鹼性碳酸泉，溫泉露頭水溫約為攝氏 80 度左右，本區溫泉富含鈉、鎂、鈣、鉀、碳酸離子等化學成分，泉質相當清澈，可飲可浴，對皮膚病頗具療效。烏來溫泉區之地質屬漸新世乾溝層出露範圍，而以下伏之四稜砂岩層為熱水儲集層，插天山背斜通過南勢溪與桶后溪匯合處北方，伴隨背斜構造發育之節理裂隙，形成良好溫泉熱水上升通道。熱水活動範圍約 200m×200m，湧出地區的母岩為硬頁岩及四稜砂岩。

| 溫泉區 | 水質特性及療效 |
|------|--|
| 烏來溫泉 | 烏來的露天溫泉位於南勢溪和桶后溪的匯流處，其主要的泉源有兩處：一處是由山壁中流出；另一處則是由溪床的亂石中湧出，其水溫頗高，大約在攝氏80至86度之間，水質清澈，無色無味，可以飲用，是屬於弱鹼性的碳酸氫鈉溫泉，也是台灣地區水質比較好的溫泉之一。 |

表3.1-1 烏來溫泉水質內容概述

| 水質項目 | 烏來 |
|-------------------------------|-------|
| 泉質 | 碳酸氫鈉泉 |
| pH | 7 |
| 溫度 (°C) | 80 |
| 水量 (L/Min) | 2500 |
| Na ⁺ | 359 |
| K ⁺ | 14.2 |
| Ca ²⁺ | 13 |
| Mg ²⁺ | 2.4 |
| Fe ³⁺ | — |
| Al ³⁺ | — |
| Cl ⁻ | 8.6 |
| SO ₄ ²⁻ | 34.5 |
| SiO ₂ ⁻ | 94.6 |
| HCO ₃ ⁻ | 956 |
| 水色 | — |
| 味道 | — |

註：Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Fe³⁺、Al³⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、SiO₂⁻、HCO₃⁻等單位為ppm
 資料來源：吳靜玫，溫泉廢水污染調查及管理制度評估

目前烏來溫泉之使用除供給當地居民溫泉旅館之使用外，近來烏來風景特定區管理所亦大力整建鄰近之露天溫泉及烏來街後側與溫泉區相對之親水護岸，提供遊客一處免費享用之良好溫泉泡湯環境，當地溫泉業者蓬勃發展目前約有 50 幾家，除了老牌的溫泉旅社外，標榜各式泡湯設備的溫泉浴場也如雨後春筍相繼冒出，使得烏來的溫泉遊憩又邁入新的里程。

目前烏來風管局共挖掘 3 處泉源，一處為南勢溪旁，出水量為

3,500CMD，第二處為溪旁之停車場，出水量為 2,500CMD，第三處為溫泉老街郵局後方，出水量為 1,500CMD。這三處泉源水量提供了大部分烏來溫泉業者之溫泉水。

因烏來位於水質水源水量保護區，相關單位應整合當地之溫泉業者、遊樂區、住戶等，進行烏來溫泉區之規劃，並考量其水體、水質及山坡地開發等所造成之後續問題，避免影響下游之自來水場取水之水質。



圖3.1-1 烏來溫泉區南勢溪畔露天溫泉



圖3.1-2 烏來溫泉湯屋浴缸

2. 污染源之調查與分析

北部溫泉區以烏來溫泉區為主，中部以泰安溫泉區為主，南部以四重溪溫泉區為主，東部以知本溫泉區為主，來估計溫泉區各種污染之比例，以作為後續溫泉廢水之水污染管理及制度之訂定，溫泉區之污染來源主要為家庭污水，其次才是溫泉廢水，最沒有影響為餐飲廢水，但是餐飲廢水含有高油脂、高有機物之特性，因另外考量對當地生態之影響。

污染源調查

(1) 家庭污水

每人每日生活用水量之多寡常因地區性差異而有所不同，且隨生活水準的提升，污染亦將隨之提高。一般而言，污水量與用水量約成正比，

兩者之間有一係數之關係，即每人每日污水量以每人每日用水量乘上一係數而得，一般約為0.7~0.8 左右(歐陽[39])。

(2)遊憩廢水(Recreational wastewater)

南勢溪集水區最大的觀光景點為烏來風景特定區，風景特定區包含健行步道、露營烤肉區、釣魚、遊樂園、餐廳及大量的溫泉旅館，並且鄰近台北地區，為假日民眾休閒遊憩的好去處，由於交通往返便捷，遊客之行車時間不長，且該風景區範圍不大，因此遊客滯留當日夜宿或露營者並不多，多半以一日往返之遊客為主。

日本對遊客污染量之估計，於風景遊樂區之內，住宿客常以常住人口污染量之85%計，非住宿遊客以常住人口之25%計算(馮玉蘭等[42])。

(3)溫泉廢水

對於溫泉抽水量估算，部分旅館業者24小時不斷以抽水機抽水，以抽水時間而言，旅館業者個別抽水量為一般家庭用戶抽水量之10以上。烏來地區共計200部抽水機，每部抽水量約為50(l/min)，平均一般居民與旅館業者，每日以8小時抽水計算，則每日溫泉抽取量約為1,440CMD，以抽水試驗量測烏來地區三處湧出量約為21,600CMD來計算，抽水量約為湧出量的十五分之一(聯興工程[31])。

溫泉廢水量與溫泉用水量亦有一係數之關係，由於目前兩者之關係無任何研究或理論根據，因此，若將溫泉廢水視為家庭污水，則溫泉使用量乘上一係數0.7~0.8(歐陽[39])，溫泉廢水量即約為1,008~1,152CMD之間(為每日8小時抽水估算值)。

表3.1-2 溫泉區污染量之分佈情形

| 溫泉區 | 遊憩污水量 | BOD 污染量 (kg.BOD/天) | | | | | |
|--------|---------|--------------------|--------|-------|-------|---------|--------|
| | | 河川上游 | 河川下游 | 遊憩廢水 | 餐飲廢水 | 家庭污水 | 溫泉污水 |
| 烏來溫泉區 | 130.874 | 43.212 | 59.141 | 0.654 | 0.752 | 38.774 | 4.720 |
| 泰安溫泉區 | — | 5.084 | 6.609 | — | 1.306 | 45.794 | 7.029 |
| 四重溪溫泉區 | — | 7.159 | 6.237 | — | 0.883 | 87.453 | 10.063 |
| 知本溫泉區 | 134.755 | 14.042 | 12.641 | 0.674 | 0.913 | 911.721 | 6.019 |

資料來源：吳靜玫，溫泉廢水污染調查及管理制度評估，2004

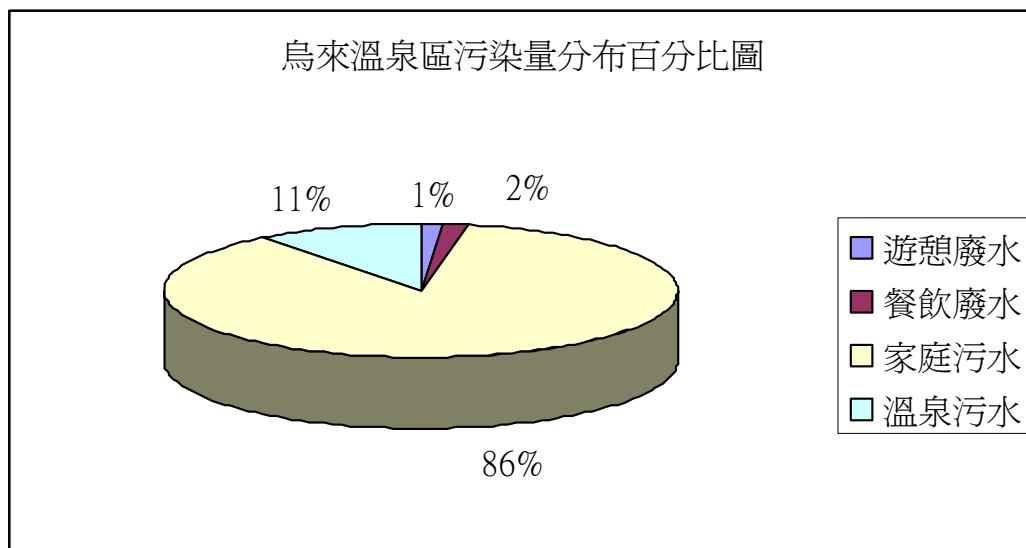


圖3.1-3 烏來溫泉區污染量分布百分比圖

污染源水質分析(林鎮洋 陳威宏,2002,集水區溫泉經營與河川水質)

- (1) 溫泉水 pH 值為 6.1~8.4，屬弱鹼性，河水之 pH 值為 8.1~9.2。
- (2) TDS、TOC、氨氮及界面活性劑檢測之結果，溫泉水水質皆為最高。溫泉水之高 TDS，其可能原因為所抽取之地下水，含大量溶解性固體，一般地下水之 TDS 值約為 200~900mg/l 之間，由於溫泉水屬於地下水，故 TDS 值屬合理範圍。
- (3) 南勢溪下游之水質硬度最高，除了 TOC 總有機碳，其餘皆為第二高。南勢溪下游水質較差，可能是由於家庭污水以及事業廢水之匯流所影響。
- (4) 桶後溪上游之大腸桿菌為最高，大腸桿菌甚至超過乙類河川水體分類標準，可能為遊客常於桶後溪上游烤肉、遊憩所造成。
- (5) 無論南勢溪河川水或是溫泉水，其硬度在水質碳酸鈣硬度分類中，皆屬於軟水(0~75mg/L)。
- (6) 大腸桿菌項目，大腸桿菌並不耐熱，以 60°C 作用 15~20 分鐘即可致死，而溫泉水的溫度較河水高，約為 55~85°C，具有殺菌效果，故大腸桿菌濃度最低。
- (7) 有無溫泉放流比較方面，可看出下游的 TDS 總溶解固體物、硬度及界面活性劑均較高，代表有家庭污水排放。
- (8) 泡溫泉前後水質比較部分，在泡完湯之後氨氮、硬度、界面活

性劑及大腸桿菌皆較高，代表民眾泡溫泉時，可能把殘留的洗潔劑代入溫泉中。

(9) 假日及非假日水質比較較無一定性，需多採樣及實驗歸納其趨勢。

(10) 與地面水體分類及水質標準比較，三河川採樣點之大腸桿菌濃度皆超過甲類河川標準，桶後溪上游之水質甚至超過乙類河川標準，而南勢溪下游大腸桿菌剛好達到其標準；氨氮部分，三個測站之濃度皆低於甲類河川標準，以南勢溪下游之濃度最高。

南勢溪流域污染源中，最大的污染源即為家庭污水及遊憩廢水，家庭污水方面，目前南勢溪流域下水道接管率約 58%，因此有 42% 之污水直接排入河川，對於南勢溪下游直接造成污染；遊憩廢水主要為烏來溫泉業者、餐廳或者烤肉等休閒活動所產生出之廢水，推估溫泉使用廢水約 1108~1152CMD，大於家庭污水之 978CMD，其廢水排放問題值得重視。

由於烏來地區屬水源水質水量保護區，雖然目前並無法令或條文規定其河水水體應達到何種水質標準，但保護區內是否應針對水質部分加以改善，使河水之所有水質分類指標（包括 pH、氨氮、溶氧量、生化需氧量、懸浮固體及大腸桿菌），皆能達到甲類陸域地面水體之

水質標準，否則便失去了水源水質水量保護區的目的。(和昱工程顧問公司，2001)。

3. 水質模式之建立與模擬

BASINS 模式於西元 1996 年由美國環保署所發展，其有三個目的：容易查閱環境資訊、提供環境系統分析之工具與提供整合性管理操作模式，適用於區域式的多目標環境系統分析，可在不同尺度下進行模擬的工作。BASINS 主要包含兩大模式：NPSM 與 QUAL2E，可用於集水區之非點源污染與河川水質數學模擬，能同時對點源與非點源污染執行模擬，並用於每日最大污染量負荷 (TMDLs, Total Maximum Daily Loads) 之研究。BASINS 利用 GIS 作為聯繫整個系統的工具，使用者可透過 GIS 的簡易操作環境輸入模式所需要的資料，用地圖或圖表的方式將模擬結果輸出，把模擬所需的步驟整合至單一系統底下，使傳統上執行模式的繁瑣程序利用最簡單明瞭的方式來呈現。

BASINS 所需的資料繁多，有集水區水文邊界、環境背景資料(如土地利用、集水區高程、土壤資料等)、河川水質站與歷年監測資料、河川資料(如斷面資料、粗糙係數、坡度等)、點源排放資料、集水區氣象資料等，BASINS 輸入資料與其他模式相比顯的複雜許多如表 3.1-2 所示，所以事前的資料收集更為重要。

表 3.1-3 非點源污染模式比較表

| 模式名稱 | 時間尺度 | 適用地點 | 集水區特性 | 輸入資料量 | 模擬項目 | 使用手冊 |
|---------|-----------|---------|------------|-------|------------------|------|
| VAST | 單一降雨事件之模擬 | 都市區及農業區 | 以平均特性表示 | 中 | S、N、B、BOD、DO | 有 |
| SWMM | 連續降雨事件之模擬 | 都市區 | 以各分區特性分部表示 | 高 | S、N、B、BOD、DO、COD | 有 |
| STORM | 單一降雨事件之模擬 | 都市區 | 以平均特性表示 | 中 | S、N、BOD | 有 |
| AGNPS | 單一降雨事件之模擬 | 農業區 | 以各分區特性分部表示 | 中高 | S、N、COD | 有 |
| ANSWERS | 單一降雨事件之模擬 | 農業區 | 以各分區特性分部表示 | 中高 | S、N | 有 |
| GWLF | 連續降雨事件之模擬 | 都市區及農業區 | 以平均特性表示 | 中 | S、N、P、B、DO | 有 |
| SWRRBWQ | 連續降雨事件之模擬 | 農業區 | 以平均特性表示 | 中 | S、N、P | 有 |
| HSPF | 連續降雨事件之模擬 | 都市區及農業區 | 以平均特性表示 | 極高 | S、N、P、BDO、DO | 有 |
| VANTU | 單一降雨事件之模擬 | 都市區及農業區 | 以平均特性表示 | 中 | S、N、B、BOD、DO | 有 |
| IWMM-TC | 連續降雨事件之模擬 | 農業區 | 以平均特性表示 | 極高 | S、N、B、BOD、DO | 有 |
| BASINS | 連續降雨事件之模擬 | 都市區及農業區 | 以平均特性表示 | 極高 | S、N、P、BDO、DO | 有 |

S：沉澱物、N：氮、P：殺蟲劑、COD：化學需氧量、BOD：生化需氧量
 B：細菌、DO：溶氧、O：其餘項目(如重金屬)
 VAST：Virginia Stormwater Model
 SWMM：Storm Water Management Model
 STORM：Storage、Treatment、Overflow、Runoff Model
 AGNPS：Agriculture Nonpoint Source Pollution Model
 ANSWERS：Area Nonpoint Source Watershed Environment Response Model
 GWLF：Generalized Watershed Loading Function S
 SWEEBWQ：The Simulation for Water Resource in Rural Basins-water Quality
 HSPF：Hydrological Simulation Program-Fortran
 VANTU：Virginia Stormwater and NTU Model
 IWMM-TC：Integrated Watershed Management Model Te-Chi
 BASINS：Best Assessment Science Integrating Point and Nonpoint Source

BASINS 有三個工具可供評估區域或定點的水質與點源排放資料，即 TARGET、ASSESS 與 Data Mining，其中 TARGET 屬於大範圍的評估工具，ASSESS 為評估小區域之工具，而 Data Mining 則作為資料間連結篩選之用，可由使用者選定欲評估的地區，經由簡單的操作，即可獲得該地之相關資料，例如水質狀況、土地利用、集水區位置等。BASINS 亦擁有六個幫助模擬作業進行更加便利的工具，分別為：

1. 集水區切割工具 (Watershed Delineation Tool)：讓使用者將大集水區切割成所欲進行模擬分析的小區塊。
2. 匯入工具 (BASINS Import Tool)：可以輸入其他的資料組，供模式使用。
3. 土地利用重新分類 (Landuse Reclassification)：准許使用者將目前所使用的土地利用，依據研究目的重新分類。
4. 水質觀測資料管理 (Water Quality Observation Data Management)：可操作使用水質觀測資料，如增加新的水質監測站以提供更完整的水質監測資料或刪除不必要的監測站，以免影響模擬結果。
5. 數值高程重新分類 (DEM Reclassification)：依使用者所選擇的精度，將集水區地形做一重新分類。
6. 快速查詢表 (Lookup Tables)：提供快速存取模擬結果的相關重要資訊，以做參考。

BASINS 的非點源污染模式 (NPSM: Non-Point Source Model) 乃根據 HSPF 為主要架構所發展而成的非點源污染模式，提供了一個簡單的操作介面，屬於一簡化模式，但保存了 HSPF 模擬的功能。NPSM 為結合點源與非點源污染的規劃模式，能夠連續模擬降雨逕流量、污染物負荷量、分析點源排放量及演算河道中流量與水質分佈歷線。NPSM 可由 BASINS 視窗直接執行或當作一個程式單獨執行模擬功

能。接下來將對 HSPF 模擬架構作一介紹。

Hydrological Simulation Program Fortran (HSPF) 由美國環保署與 Hydrocomp Inc. 所共同發展，將原本各自獨立的 HSP、ARM 及 NPS 三個模式整合，並進行改良而成的模式。其中 HSP 為集水區水文模式，水文模擬功能強大且精確度高，而 ARM 和 NPS 之功能在於針對農業區之非點源污染模擬。

HSPF 屬於一擁有連續模擬水量、水質、土壤沖蝕及泥砂運移量的功能，可以根據集水區的透水率及土地利用方式，以降雨、溫度、日光強度、土地使用型態、土壤特性及農業耕作方式等作為輸入模式之基本資料，來模擬水量在地表、地下土層及地下水隨時間變化情形及非點源污染量和河川水質，適用於水資源規劃、設計與管理。因為 HSPF 之模擬功能十分完備，模式使用時，需要事先蒐集詳細之集水區資料，經過謹慎的檢定 (calibration) 和驗證 (verification) 過程，得到正確的模式參數之後，才可將此模式應用於研究區域，模擬之結果才會與實際狀況相符或類似並具有一定可靠度。

HSPF 模式中含有許多模組 (module)，經由模組的選取來模擬演算各項水理、水質或沖蝕參數。模式中分為三個部分，為 PERLND、IMPLND 及 RCHRES，分別代表集水區中的透水區、不透水區及河道之模擬。本計畫將採用 HSPF 模式 PERLND 與 REACHES 模組模擬研究區域非點源污染傳輸問題，故將此模組之理論架構說明如下：

透水區模組之水文、水理及水質計算由以下的副程式執行：

1. ATEMP：根據不同高程來調整空氣溫度
2. SNOW：冰雪堆積和融化之模擬
3. PWATER：降雨逕流之模擬

4. SEDMNT：泥砂生成及運移之模擬
5. PSTEMP：土壤溫度之估算
6. PWTGAS：水溫和氣體溶解濃度之估算
7. PQUAL：利用逕流和泥砂之關係來模擬污染物濃度
8. MSTLAY：土壤含水量及流量之估算
9. PEST：殺蟲劑行為之模擬
10. NITR：氮行為之詳細模擬
11. PHOS：磷行為之詳細模擬
12. TRACER：追蹤劑運移之模擬

BASINS 在開始模擬之前必須收集相關資料如 GIS 資料、氣象資料、河川相關地文資料、污染源所在位置資料等等。GIS 地形資料方面必須有土地利用資料、河川資料與集水區邊界，其中河川資料所需項目眾多必須一一給定如表 3.1-3，除了河川之 GIS 資料為線圖層，其餘資料皆為面圖層，利用 BASINS 內部之 Project Builder 建立 Project File，在 GIS 資料方面本計畫目前蒐集農林航測所(2000)牡丹水庫集水區土地利用、崩塌地航測調查報告，工研院能資所萬等(1997)建立之台灣地區水庫管理資訊系統、逢甲地理資訊中心(2000)建立的台灣地區重要水庫集水區水資源資料庫如表 3.1-3~4 所示。其中資料型態皆為 ArcView 型式建立正好與 BASINS 所需格式相同。

表 3.1-4 RF1 所需格式（來源：BASINS 手冊，美國環保署）

| Field Name(欄名) | Field Type(格式) | Field Width(欄寬) | Decimal(小數位數) |
|-----------------|----------------|-----------------|---------------|
| Rivrch | Char | 11 | 0 |
| Type | Char | 1 | 0 |
| Divergence Code | Decimal | 1 | 0 |
| Milept | Decimal | 13 | 6 |
| Length | Decimal | 13 | 6 |
| Segl | Decimal | 13 | 6 |

| | | | |
|----------|---------|----|---|
| Ulscsm | Char | 11 | 0 |
| Urscsm | Char | 11 | 0 |
| Dscsm | Char | 11 | 0 |
| Ccsm | Char | 11 | 0 |
| Mnflow | Decimal | 18 | 6 |
| Mnvelo | Decimal | 18 | 6 |
| Svtnflow | Decimal | 18 | 6 |
| Svtnvelo | Decimal | 18 | 6 |
| Lev | Decimal | 2 | 0 |
| Pname | Char | 30 | 0 |
| Pslope | Decimal | 19 | 5 |
| Pdepth | Decimal | 19 | 5 |
| Pwidth | Decimal | 19 | 5 |
| Pmile | Decimal | 13 | 6 |
| Ptemp | Decimal | 19 | 5 |
| Pph | Decimal | 19 | 5 |
| Pk1 | Decimal | 19 | 5 |
| Pk2 | Decimal | 19 | 5 |
| Pk3 | Decimal | 19 | 5 |
| Pmann | Decimal | 19 | 5 |
| Psod | Decimal | 19 | 5 |
| Pbgdo | Decimal | 19 | 5 |
| Pbgnh3 | Decimal | 19 | 5 |
| Pbgbod5 | Decimal | 19 | 5 |
| Pbgnbod | Decimal | 19 | 5 |
| Ptopele | Decimal | 19 | 5 |
| Pbotele | Decimal | 19 | 5 |

表 3.1-5 GIS 資料來源

| | 土地利用 | 集水區邊界 | 河川斷面資料 |
|-------------------------|------|-------|--------|
| 農林航測所(2000) | ▲ | ▲ | ▲ |
| 工研院萬等(1997) | ▲ | ▲ | ▲ |
| 逢甲地理資訊系統 中心 周等(2000) | ▲ | | |

氣象資料主要模擬氣候環境變化造成之影響，資料型態為小時資料，如表 3.1-5 所示。其中又以降雨資料較為重要，因為不同降雨資料

將有不同之逕流量改變，BASINS 模式資料精度為 0.01in/hr，若降雨資料小於 0.01in/hr 則視為無降雨情況，由於氣象局資料格式多為公制，所以輸入模式時必須先改為英制，不然導致資料單位錯誤影響模擬結果。表 3.1-6 為各項模擬項目所需之氣象資料。

表 3.1-6 NPSM 天氣資料格式說明

(來源：BASINS 手冊，美國環保署)

| 資料名稱 | 說明 | 單位 |
|-------|---------|--------|
| PREC | 每小時降雨 | In/hr |
| EVAP | 每小時蒸發 | In/hr |
| A TEM | 每小時溫度 | Deg, F |
| WIND | 每小時風速 | Mph |
| SLOR | 每小時日輻射 | Ly/hr |
| PEVT | 每小時葉蒸發量 | In/hr |
| DEWP | 每小時露點溫度 | Deg, F |
| CLOU | 每小時雲覆蓋量 | Tenths |

表 3.1-7 各模組所需之天氣資料

(來源：BASINS 手冊，美國環保署)

| | PERLND/IMPLND | | | | | | RCHRES | | | | |
|------|---------------|------|-------|------------------|-----------|------------------|--------|------|------------------|------------------|----------|
| | Temp | Snow | Water | Sediment | Soil Temp | Ag. Chen. | Water | Heat | Gen.Qual | DO | Plankton |
| PREC | ● | ● | ● | ● | | ● ⁽¹⁾ | ▲ | ▲ | | | |
| EVAP | | | ● | ● ⁽¹⁾ | | ● ⁽¹⁾ | ▲ | | | | |
| ATEM | ● | ● | | | ● | ● ⁽²⁾ | | ● | | | |
| WIND | | ● | | | | | | ● | ● ⁽³⁾ | ● ⁽⁵⁾ | |
| SLOR | | ● | | | | | | ● | | | ● |
| PEVT | | | ● | ● ⁽¹⁾ | | ● ⁽¹⁾ | ▲ | | | | |
| DEWP | | ● | | | | | | ● | | | |
| CLOU | | | | | | | | ● | ● ⁽⁴⁾ | | |

● 必需
▲ 選擇
(1) PWATER 需要
(2) PSTEMP 需要
(3) 如果模擬湖中的揮發物
(4) 如果模擬光解作用
(5) 如果 REACHS 代表一個湖泊
資料來源：USEPA,2000

水文模擬主要依據集水區物理特性如氣象資料、地文資料、水文資料模擬水文反應，不同集水區有不同之水文情況，透過 NPSM 中集水區模擬 PERLND 之子模式 PWATER 進行集水區演算，配合河道模擬 REACHES 之子模式 HYDR 分別連結單一集水區進行演算，表 3.1-7 與表 3.1-8 分別為 PERLND 與 REACHES 模式模擬關係表。

表 3.1-8 欲模擬的程度所應使用之單元(PERLND)

| | Adjusted Air Temp | Snow | Basic Hydrology | Soil Erosion | Soil Temperature | Water Temperature | Dissolved Oxygen | Carbon Oxygen | General WQ | Pesticides | Nitrogen | Phosphorus | Tracers |
|--------|-------------------|----------------|-----------------|--------------|------------------|-------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|
| ATEMP | ● | ◎ ³ | ○ | ○ | ◎ ³ | ◎ ³ | ◎ ³ | ◎ ³ | ○ | ○ | ◎ ³ | ◎ ³ | ○ |
| SNOW | | ● | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| PWATER | | | ● | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| SEDMNT | | | | ● | | | | | ● ² | ● | ● | ● | |
| PSTEMP | | | | | ● | ◎ ¹ | ◎ ¹ | ◎ ¹ | | ○ ⁴ | ◎ ¹ | ◎ ¹ | |
| PWTGAS | | | | | | ● | ● | ● | | | | | |
| PQUAL | | | | | | | | | ● | | | | |
| MSTLAY | | | | | | | | | | ● | ● | ● | ● |
| PEST | | | | | | | | | | ● | | | |
| NITR | | | | | | | | | | | ● | | |
| PHOS | | | | | | | | | | | | ● | |
| TRACER | | | | | | | | | | | | | ● |

● 必須
 ◎ 建議
 ○ 可選擇
 1 除非有觀測值或計算值可以取代否則仍然是需要的
 2 只有在欲模擬的物質與沉積物有關時才有效
 3 假如觀測站與模擬區域之間有高程上的差異，則建議使用 ATEMP
 4 當一階吸脫附被用來取代平衡 Freundlich 時需要使用 PTEMP

表 3.1-9 欲模擬的程度所應使用之單元(REACHS)

| | | Flow Routing | Conservative | Water Temperature | Sediment | General WQ | Pesticides | Dissolved Oxygen | BOD | Inorganic Phosphorus | Inorganic Nitrogen | Benthic Algae | Phytoplankton | Organic C、N&P | Zooplankton | pH | Carbon Dioxide | Total Inorganic Carbon | |
|---|--------|--------------|--------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|--|
| | HYDR | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | ADCALC | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | CONS | | ● | | | | | | | | | | | | | ◎ | ◎ | ◎ | |
| | HTRCH | | | ● | ◎ ² | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | |
| | SEDTRN | | | | ● | ◎ ³ | ◎ ³ | ○ ⁵ | ○ ⁵ | ● ⁴ | ● ⁴ | ● ⁴ | ● ⁴ | ● ⁴ | ● ⁴ | ● ⁴ | ● ⁴ | ● ⁴ | |
| | GQUAL | | | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | |
| RQUAL | OXRX | | | | | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | NUTRX | | | | | | | ○ ⁶ | ○ ⁶ | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | PLANK | | | | | | | ○ ⁶ | ○ ⁶ | ○ ⁶ | ○ ⁶ | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | PHCARB | | | | | | | | | | | | | | | ● | ● | ● | |
| <p>● 必須</p> <p>◎ 建議</p> <p>○ 可選擇</p> <p>1 除非有觀測值或計算值可以取代否則仍然是需要的</p> <p>2 只有在使用 Toffaleti 法或 Colby 法計算泥砂傳輸時使用</p> <p>3 只有在模組模擬水質與泥砂有關使用，建議光分解作用使用說明考慮泥砂遮蔽變化</p> <p>4 非常建議在 NH₄/PO₄ 與泥砂有關時使用</p> <p>5 非常建議在 NUTRX 也使用時而且泥砂有關時使用</p> <p>6 非常建議在考慮全部營養和生物循環時使用</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

4. 水質模式之檢定與驗證

在任何數學模式使用之前，一定要經過謹慎的檢定 (calibration) 與驗證 (verification) 過程，藉由模式中參數的調整，使模擬值和實際值之差異達到最小，如此才能使模式中之參數適切地表達當地的地文、水文與水質狀況。經過檢定和驗證的模式，可用來模擬現況或推估未來可能發生的情形，而且經由模式的模擬結果具有一定的可靠度。

水文模擬方面水文模擬主要依據集水區物理特性如氣象資料、地文資料、水文資料模擬水文反應，不同集水區有不同之水文情況，透過 NPSM 中集水區模擬 PERLND 之子模式 PWATER 進行集水區演算，配合河道模擬 REACHES 之子模式 HYDR 分別連結單一集水區進行演算。

NPSM 模式為視窗化之 HSPF 模式，由於參數定義的單位固定採用英制，不可由使用者任意決定，故此模式參數之輸入，均考慮英制單位。首先進行水理計算程式—流量之檢定和驗證，而 PWATER 之參數初步之選定參考美國環保署之「BASINS Technical Note 6—Estimating Hydrology Parameters for NPSM/HSPF」，再依牡丹當地地文狀況及水理的特性予以修正。

下層土壤名義含水量 (LZSN) 根據 Technical Note 6 中之建議：潮濕氣候地區，LZSN 約等於年降雨量之八分之一，再加上 4 英吋；而上層土壤名義含水量 (UZSN) 約等於 LZSN 之 0.14 倍。

入滲參數則依地表覆蓋物來決定，而不同土地利用截留量 (CEPSC) 參數值之選定，參考 Donigian and Davis (1978)，再做調整。因為曼寧 n 值則依照土地利用的特性來給定即可；不同土地利用

所對應的 n 值，參考 Donigian and Davis(1978)和 Donigian et al(1983)。

中間流入流參數 (INTFW) 為決定地表滯留水量進入地表下成為中間流的重要參數。增加 INTFW，表示進入地表下的水量增多，使退水段部分緩慢降低，同時亦減低尖峰流量；且調整 INTFW 會影響逕流歷線的形狀，將尖峰流量的時間提前或延後。可利用 INTFW 數值之改變，來增加或降低尖峰流量，讓模擬出來的逕流歷線可與觀測值相符。

中間流退水率 (IRC) 會影響逕流歷線退水段之下降速率，若使用較低的值，會有較快的退水速率，即退水段斜率較陡；反之，則有較緩的退水曲線。IRC 值的選用，可以先使用模式之預設值為 0.5，再根據實際之流量歷線退水段部分予以校正。INTFW 參數影響的是中間流的水量，而 IRC 則為決定地表逕流成為中間流的速率，二者有所不同。起始狀況參數之決定，則利用觀測之流量歷線的初始值，來作為率定的參考。

當集水區模組計算所得之集水區出流量，隨即流入河道，利用河道相連匯流，至於河道模組部分，僅調整 KS 河道之權重參數，依照 HSPF 手冊中質量守恆方程式與該流量站之率定曲線之解即為率定流量，主要因為 KS 可影響時間間隔內初始與終了之出流之權重比例。

3.2 崩塌地調查與土壤侵蝕

1. 集水區環境資料蒐集

南勢溪流域位於台灣雪山山脈地質分區上，地層主要由地質時代古第三紀之西村層、四稜砂岩、乾溝層、大桶山層及部分澳底層構成，岩層大多數受過輕度區域變質作用，變質度由西北向東南方遞增，且大多數岩層呈東北方向延伸分布。

(一)西村層

本層主要分布於調查區東南側台北縣與宜蘭縣交界的雪山山脈主脊嶺的高山部位，也就是西村背斜的軸部地區。本層以黑灰色的板岩為主，偶夾薄層硬砂岩，由於交通不便不易到達，全厚不詳。在西南方調查區外之北橫公路西村附近沿公路兩側有較明顯的露頭出露。本層為台灣西北部雪山山脈區最老的地層。

(二)四稜砂岩

本層整合於西村層之上，主要分布於南勢溪及札孔溪最南側上游靠近雪山山脈主脊嶺的高山部位，呈東北—西南方向展示，在構造上為西村背斜的西翼。另外在信賢村下方南勢溪溪谷亦有局部出露。四稜砂岩全厚為九百公尺，以厚層中至極粗粒或礫質砂岩為主要岩性，夾有厚薄不等的頁岩或硬頁岩。砂岩主要為堅硬之石英砂岩或已變質之石英岩，抗風化侵蝕力強，岩石之單壓強度大部分超過 500 kg/cm^2 ，屬於強岩；頁岩或硬頁岩之單壓強度一般小於 200 kg/cm^2 ，屬於弱岩。本層因分布於重山峻嶺之高山地區，交通不便，不易再細分岩層單位。

(三)乾溝層、大桶山層

乾溝層及大桶山層岩性甚為相似，皆為漸新世時期，其主要區別為大桶山層之硬頁岩中夾薄層具圓丘狀層理的細砂岩，而乾溝層之硬頁岩較厚且純淨，雖然亦偶夾粉砂岩層，但其顏色較深，顆粒較細，且厚度常較大桶層所夾者為厚。由市川雄一命名，；標準地在台北縣石碇鄉乾溝村。在翡翠水庫興建前，乾溝村東方的媽祖林與插天山背斜軸間的北勢溪河床及兩岸可見本層有較完整的露出。水庫興建後此標準地已被淹沒，但在水庫水位略為降低時，同地點的水庫岸邊仍可見本層露出。

本層之岩性南北向的變化極大，北勢溪流域標準地附近，乾溝層以深灰色硬頁岩，偶夾薄至厚層深灰色細粒泥質砂岩為主，中間夾有一厚約 150 公尺之深灰色硬頁岩與灰色細粒泥質砂岩互層岩段。根據此岩段乾溝層曾被分為三個岩段或次單位。下部岩段：厚約 250 至 300 公尺，以純淨的硬頁岩為主，偶夾薄層或凸鏡狀的泥質粉砂岩及細粒砂岩。硬頁岩缺乏明顯的沉積構造；粉砂岩及砂岩常成圓丘狀層理，其表面可見生物擾動的痕跡。中部岩段：厚約 150 公尺，由硬頁岩及細粒緻密的泥質粉砂岩互層所構成，泥質粉砂岩的厚度可達 2 公尺，且受生物強烈擾動，砂岩與頁岩間的層理不明顯。上部岩段：厚約 100 至 150 公尺，岩性與下部岩段類似，為其所夾的泥質粉砂岩較厚且多。在這個岩段的上部，泥質粉砂岩的出現明顯增加，而逐漸過渡到上部的粗窟層。

岩層由北向南到達南勢溪及桶后河流域時，乾溝層以硬頁岩為主，泥質粉砂岩則較少見，且砂岩層厚度較北勢溪流域明顯變薄。三角崙山及阿玉山嶺線附近及其東南，本層以硬頁岩為主，偶夾薄層的泥質細砂岩，硬頁岩中亦開始出現劈理。到了蘭陽平原之西北側，板劈理發育良好，厚層且層理不明的板岩為主要的岩性，粉砂岩及砂岩夾層

甚少，即使在露頭良好的河岸，亦難以觀察到層理。

乾溝層在南勢河流域，厚度增加到 1000 公尺左右。到了蘭陽平原西北，因粗窟層與本層岩性無法區分，而將其併入本層的上部，使厚度更深。乾溝層整合於四稜砂岩之上，以黑灰色單調之硬頁岩為主要岩性，偶可見夾有薄層細粒變質砂岩，全層厚約八百至一千公尺。

大桶山層岩性一般以黑灰色硬頁岩為主，常夾薄層泥質粉砂岩或細粒砂岩，硬頁岩具木山狀破裂面，所夾砂岩之厚度一般為數公分至數十公分。在不同的剖面粉砂岩及砂岩含量及厚度常有顯著變化。在北勢河流域本層下部 200 公尺由深灰色硬頁岩為主，偶夾薄淺灰色至灰色緻密之細粒砂岩，硬頁岩及砂岩常呈向上變粗的層序排列。砂岩厚常不及 0.5 公尺。砂岩常具有波痕表面、交錯及平行的紋層、圓丘狀層理，底部略具淘刷構造。硬頁岩及砂岩的表面常見生物擾動的痕跡；本層中部為厚約 200 公尺由硬頁岩與厚層泥質粉砂岩及細粒砂岩組成，砂岩及粉砂岩局部較為密集，岩性與粗窟層十分類似。硬頁岩與砂岩或粉砂岩之間的層面受強烈的生物擾動而變的不明顯，僅在水流侵蝕後才顯現出其差異。本層上部約 150 公尺與本層下部之岩性極為相近，但在接近其頂部時，薄層砂岩快速增加且呈現明顯的向上變粗層序。砂岩淡灰色，與其上之木山層所夾之砂岩相似，惟其顆粒較細，厚度較薄，可資分辨。到了南勢溪、桶后溪、四堵河流域，本層中部的厚層砂岩與粉砂岩都已尖滅，砂岩的含量及厚度較北勢河流域者少且薄。

大桶山層與乾溝層岩性甚為相似，其主要的區別為大桶山層之硬頁岩中常夾薄層具圓丘狀層理的細砂岩，而乾溝層之硬頁岩則較厚且純淨，雖然亦偶夾粉砂岩層，但其顏色較深，顆粒較細，且厚度常較大

桶山層所夾者為厚。在露頭不連續的地區，此種區別不顯著。本層雖然以硬頁岩為主，但是圓丘狀層理的薄層砂岩明顯的增加指示沉積盆地的深度。本層的底部可能為遠濱過度帶的沉積，向上逐漸變為淺海的環境，最後進入濱海沉積的木山層。

在北勢溪流域，本層的厚度約 550 公尺，其餘地區由於斷層的切割，本層未完整露出，厚度不詳，但大致上仍在 600 公尺左右。大桶山層整合於乾溝層之上，主要亦以黑灰色之頁岩或硬頁岩為主，但夾較多之薄層細粒變質砂岩，全層厚約六百至八百公尺。乾溝層與大桶山層岩性類似，其間之分界線甚難區分，但在烏來以西，大桶山層之底部常夾一共有三段，這些變質砂岩段在烏來以厚約二百公尺之厚層細粒變質砂岩間夾頁岩，以往部分文獻稱之粗窟砂岩，在烏來以北至龜山間至少夾有明顯厚層變質砂岩者南地區則逐漸減薄至無法辨認，故大部分地質圖僅區分出乾溝層及大桶山層，或無法細分而籠統稱為乾溝—大桶山層。

(四) 澳底層

澳底層整合於大桶山層之上，由未變質之砂岩及砂頁岩互層所組成，僅局部分布於拉拉山至盧培山之高山山脊部位以及龜山向斜軸部的山脊部位。由於厚層砂岩受節理之切割，常易造成落石現象。

2. 集水區現況調查

由於南勢溪集水區地質屬砂質頁岩地區，節理發達，易產生剝落性崩塌，再加上豪雨作用，容易產生河流溪岸侵蝕及地表逕流沖蝕現象。除自然因素外，人為土地超限利用、山區道路闢建亦造成崩塌。新竹

表 3.2-1 高程、坡度權重值 W

| | 平均 | 標準差 | 變異係數 | 權重值W |
|----|----------|----------|---------|--------|
| 高程 | 892.6310 | 428.1340 | 47.9632 | 0.6321 |
| 坡度 | 33.2590 | 9.2851 | 27.9177 | 0.3679 |

表3.2-2 高程不安定指數Dc

| 高程 | 數量 | 破壞率 | 不安定指數Dc |
|-----------|----|-------|---------|
| 50~240 | 27 | 4.98 | 3.54 |
| 240~430 | 64 | 11.81 | 8.23 |
| 430~620 | 78 | 14.39 | 10 |
| 620~810 | 71 | 13.10 | 9.11 |
| 810~1000 | 78 | 14.39 | 10 |
| 1000~1190 | 73 | 13.47 | 9.37 |
| 1190~1380 | 65 | 11.99 | 8.35 |
| 1380~1570 | 52 | 9.59 | 6.70 |
| 1570~1760 | 27 | 4.98 | 3.54 |
| 1760~1950 | 7 | 1.29 | 1 |

表 3.2-3 坡度不安定指數 Dc

| 坡度 | 數量 | 破壞率 | 不安定指數 Dc |
|-----------|-----|-------|----------|
| 1.5~6.9 | 4 | 0.74 | 1 |
| 6.9~12.3 | 12 | 2.21 | 1.46 |
| 12.3~17.7 | 20 | 3.69 | 1.93 |
| 17.7~23.1 | 37 | 6.83 | 2.92 |
| 23.1~28.5 | 74 | 13.65 | 5.06 |
| 28.5~33.9 | 102 | 18.82 | 6.69 |
| 33.9~39.3 | 155 | 28.60 | 10 |
| 39.3~44.7 | 98 | 18.08 | 6.46 |
| 44.7~50.1 | 33 | 6.09 | 2.68 |
| 50.1~55.5 | 7 | 1.29 | 1.17 |

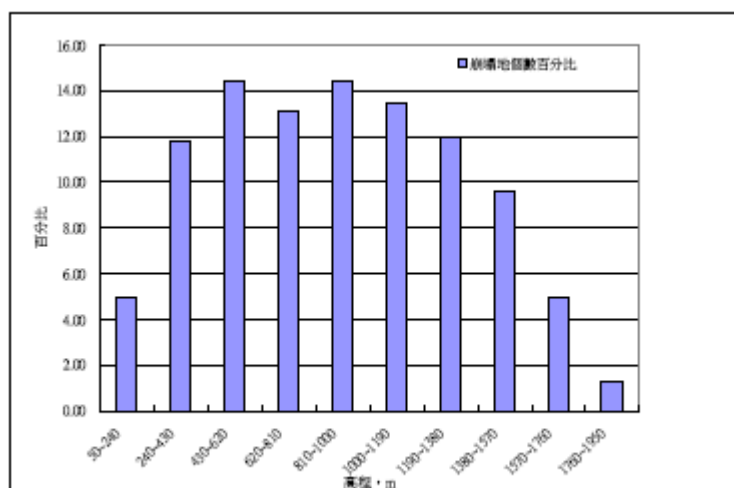


圖3.2-3 高程崩塌百分比統計圖

在高程中以 430~620 和 810~1000 分級，崩塌頻率最高〈圖 3.2-3〉，其次為 240~430、810~1000、1000~1190、1190~1380 四個分

級，其崩塌頻率高於平均值。總體而言，高程在 240~1570 公尺間之坡地崩塌點位比例約佔全區之 89%。在坡度中以 39.3~44.7 分級，崩塌頻率最高〈圖 3.2-4〉，其次為 8.5~33.9、33.9~39.3、44.7~50.1 三個分級，其崩塌頻率高於平均值。整體而言，崩塌點位之坡度大都介於 23°~45°(即 42% 以上坡度)約佔全區之 80% 比率，其中又以 34°~40°(即 67% ~84% 坡度)最多，約佔全區 30% 比率。

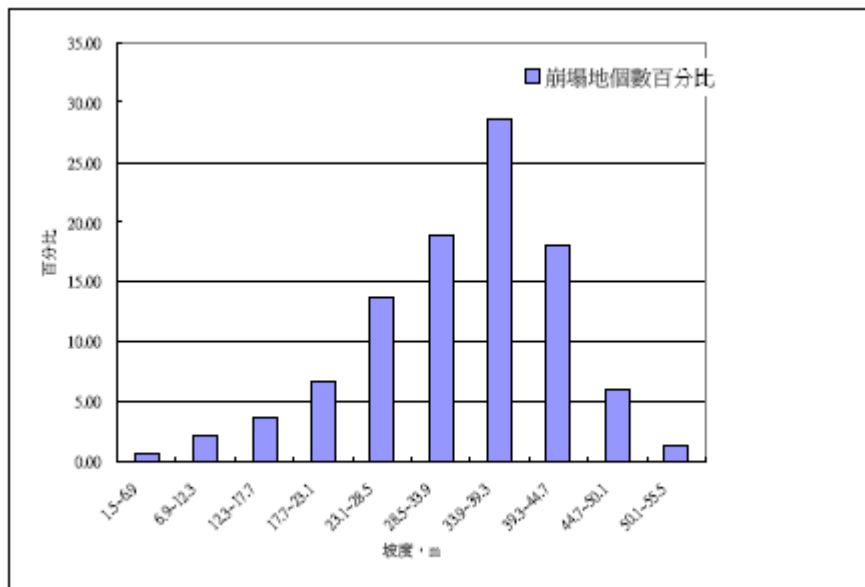


圖3.2-4 坡度崩塌百分比統計圖

4. 集水區林地水土保持需求性評估

林地的水土保持功能主要在「保土」、「護坡」、「淨水」、「理水」，但功能有其限度，不要期望過高，否則失望也會大。集水區水土保持工作，也只能減少災害發生的次數和減低災害程度，並不能達到「零災害」的目的。一步一腳印，務實推動林地保育工作，發揮林地的多元化公益功能，方始開創林業新生命。

林地有「保土」、「護坡」、「淨水」和「理水」功能，但有其限

度。河川、溪流及水庫的水源是天上所下的雨水，種樹造林旨在保護「水源地」（集水區），確保其應有的保土理水功能。「保水必先保土」，在臺灣，林地的國土保安功能大於其水源涵養功能。所以說「國土保安」和「水源涵養」是一體二面的，有其整體性。

集水區覆蓋的種類和好壞，以及土地利用的適當與否，只是影響水文特性的幾項重要因子之一，總量很高且強度大的豪雨或久旱不雨，才是造成洪水或旱災的主因。而且臺灣溪流上游集水區的坡地土壤一般都很淺薄，也是造成林地保土理水功能有限的原因。森林並非萬能，有良好森林覆蓋和有適當水土保持措施的集水區，就可以達到「零災害」的目的，就可以解決所有水荒水災的問題。良好森林覆蓋和水土保持措施只能幫助減少災害發生的次數和減低災害程度，水荒和水災問題的解決得和水利建設和其他必要措施作整體配合，才能有較大的效果。

除了水土保持外，林地尚具有氣候調節、生態保育、景觀維護、自然教育及遊樂保健等多元化公益功能；厚植並發揮林地的水土保持等多元化公益功能，方始開創發揮森林新功能、新生命。

3.3 綜合發展計畫之研究

1.背景資料蒐集與分析：

南勢溪之地理環境、氣象水文、土地利用等環境現況基本資料已詳述於本報告書之第二章。

2.環境監測

本計畫之水質指標乃採卡爾森優養指標（Carlson's TSI），其水質管理策略說明如下：在集水區內，傳統物化水質方面有兩項最大的水質問題：（1）水質優養化、（2）暴雨時水質濁度過高。

優養化

主要是由於營養鹽的輸入過量而造成的現象。所以，對營養鹽輸入的控制是這個問題的首要工作。營養鹽的來源可分點源與非點源，點源多半是家庭污水所致，其根本的控制策略是集水區內的家庭污水接管處理，當然，更進一步則是控制集水區域內人口密度與開發度。非點源的污染不但是水庫優養化的主因，其控制也更困難：在農業方面，可以實施農地最佳管理措施（BMPs），如草溝、滯留池等，減少肥料與農藥的用量、使用有機肥或生物防治替代化學肥類及農藥，以減少因地表逕流帶走的營養鹽；另外，在畜牧業方面，家禽家畜的糞便及屍體也是主要的污染源，應該對飼養規模做限制，並應做好動物糞便等的管理與污水處理。

另一方面，則是實施土地使用分區，依據環保署的規劃，飲用水水源水質保護區內土地可分為三級：完全禁止區、限制管制區與許可管制區。並配合水源區居民之回饋制度，以落實分區管理，達到水源區保護與永續經營的目標。

暴雨時水質濁度過高

暴雨時水質濁度過高則是與集水區的過度開發或開發不當有關。在集水區中公共工程的開發，若管理不當，也往往會造成土石崩落或一些有害物質進入水體內，所以任何在集水區內的工程開發都需要作完善的環境管理計畫。另一方面，土地超限利用或濫墾濫伐，也會造成同樣的問題。

若是污染極為嚴重時，可考慮用工程技術做集水區的水中污物清理，如過多垃圾的清除、淤沙的移除、加強曝氣與生物方法加速分解污染物質等。所有環保觀念的落實與政策的持久，還是有賴於環境教育的工作，所以，在水庫集水區通常也是一般民眾休閒去處的同時，推行生態旅遊、培育環境解說教育義工、設立生態中心等來加強民眾對生態及水源保護的知識，雖不速效但卻是觀念紮根的做法。

生物指標

在生物指標的部分，水域生物指標顯示，南勢溪在本河段上、下游測站皆呈現未（稍）受污染水域。本次魚類調查顯示，所發現之魚類大都為台灣北部河川中、上游常見的魚種，並未發現保育類動物；由於南勢溪目前採行禁漁措施，魚類數量有明顯增加的趨勢，從岸邊、橋上即可觀察魚蹤，個體也較大型化，以捕獲的粗首鱸為例，成熟雄魚大都有 20 至 25 公分，未來保育措施如持續下去，當地魚種及數量應有明顯增加之趨勢，所發現之魚種除鮎魚只能承受輕度污染水質外，大都可承受輕度污染至中度污染之水質，由於下游測站可能水質較差，因此未發現鮎魚。

浮游動物於上游測站未採集到標本，研判可能原因係台灣河川上游經常有午後雷陣雨，由於集中在小區域且時間短暫，不易研判降雨

時間，但卻容易造成上游水量、水質的改變，進而使得採集標本時造成困難，因此必須進行長時間監測方能獲得可較佳之數據。

由於下游測站水域過深，無法進行水生昆蟲及附著藻類調查工作，但從浮游性藻類相關數據可以發現，雖然上、下游測站都呈現未（稍）受污染水質之狀況，但下游測站污染狀況有明顯高於上游測站之趨勢。

3.遊客量調查

依據目前的遊憩人口統計調查，陽明山國家公園遊客中心民國 92 年遊憩人口為 18,981 人次/月，約為 633 人次/日，非住宿遊客以每人每日 50 公升計，則陽明山國家公園遊客中心因旅遊所產生之污水量約為 31.635CMD；陽明山國家公園陽明公園 92 年遊憩人口為 179,167 人次/月，約為 5,972 人次/日，所產生之污水量約為 298.611CMD。烏來風景特定區 92 年遊憩人口為 78,524 人次/月，約為 2,617 人次/日，所產生之污水量約為 130.874CMD、93 年遊憩人口為 38,535 人次/月，約為 1,266 人次/日，所產生之污水量約為 63.37CMD、94 年 1~10 月遊憩人口為 46,997 人次/月，約為 1,567 人次/日，所產生之污水量約為 78.36CMD；金山溫泉館 92 年遊憩人口為 8,181 人，約為 273 人次/日，所產生之污水量約為 13.634CMD；東埔溫泉 92 年遊憩人口為 40,705 人，約為 1,357 人次/日，所產生之污水量約為 67.842CMD；關子嶺 92 年遊憩人口為 4,803 人，約為 160 人次/日，所產生之污水量約為 8.005CMD；知本溫泉風景特定區 92 年遊憩人口為 80,853 人，約為 2,695 人次/日，所產生之污水量約為 134.755CMD；蘇澳冷泉 92 年遊憩人口為 1,6317 人，約為 544 人次/日，所產生之污水量約為 27.196CMD。

表3-3-1 92 年度相關溫泉區遊憩人數統計表及產生之污水量

| 觀光遊憩區 | 縣市別 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 92 年平 均 | 每天平 均 | 產生之 污水量 |
|-------------|-----|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|------------|----------|------------|
| 陽明山國家公園遊客中心 | 台北市 | 14,772 | 29,955 | 37,207 | 15,023 | 13,471 | 14,493 | 14,493 | 18,419 | 17,006 | 19,862 | 19,400 | 13,673 | 18981 | 633 | 31.635 |
| 陽明山國家公園陽明公園 | 台北市 | 65,000 | 650,000 | 850,000 | 120,000 | 35,000 | 45,000 | 86,000 | 102,000 | 76,000 | 52,000 | 37,000 | 32,000 | 179167 | 5,972 | 298.611 |
| 烏來風景特定區 | 台北縣 | 55,819 | 148,268 | 117,411 | 64,966 | 47,581 | 67,534 | 84,880 | 88,749 | 61,510 | 76,287 | 66,814 | 62,474 | 78524 | 2,617 | 130.874 |
| 金山溫泉館 | 台北縣 | 7,067 | 16,012 | 7,570 | 3,347 | 2,130 | 7,410 | 11,818 | 12,447 | 5,781 | 7,956 | 8,785 | 7,843 | 8181 | 273 | 13.634 |
| 清泉溫泉 | 新竹縣 | 15,347 | 57,771 | 13,220 | 12,136 | 16,462 | 53,085 | 13,568 | 30,590 | 17,192 | 32,147 | 23,434 | 13,308 | 24855 | 829 | 41.425 |
| 綠島 | 台東縣 | 8,358 | 18,615 | 15,928 | 20,807 | 14,539 | 25,667 | 68,157 | 52,812 | 32,796 | 26,651 | 8,570 | 8,826 | 25144 | 838 | 41.906 |
| 台東紅葉溫泉親水公園 | 台東縣 | 5,738 | 14,999 | 5,287 | 3,802 | 2,430 | 5,876 | 12,454 | 10,106 | 3,677 | 7,304 | 5,519 | 5,235 | 6869 | 229 | 11.448 |
| 東埔溫泉 | 南投縣 | 22,500 | 48,800 | 36,000 | 26,690 | 23,400 | 34,650 | 55,850 | 60,500 | 51,500 | 53,300 | 38,400 | 36,870 | 40705 | 1,357 | 67.842 |
| 關子嶺 | 台南縣 | 4,630 | 3,345 | 7,799 | 3,099 | 3,051 | 6,996 | 6,950 | 4,795 | 4,577 | 5,426 | 4,225 | 2,742 | 4803 | 160 | 8.005 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----|---------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| 茂林風景區(含情人谷、多納溫泉) | 高雄縣 | 29,187 | 53,582 | 25,727 | 19,827 | 24,000 | 21,596 | 43,284 | 32,571 | 23,507 | 28,925 | 22,985 | 15,941 | 28428 | 948 | 47.379 |
| 寶來、不老溫泉 | 高雄縣 | 64,230 | 175,000 | 60,180 | 30,140 | 18,330 | 29,320 | 35,210 | 50,820 | 56,290 | 52,310 | 54,880 | 58,230 | 57078 | 1,903 | 95.131 |
| 知本溫泉風景特定區 | 台東縣 | 91,339 | 138,895 | 71,782 | 50,517 | 23,333 | 43,233 | 99,050 | 101,354 | 104,037 | 99,113 | 72,741 | 74,841 | 80853 | 2,695 | 134.755 |
| 知本國家森林遊樂區 | 台東縣 | 11,584 | 20,532 | 10,913 | 7,800 | 4,989 | 7,316 | 20,309 | 14,046 | 7,595 | 12,714 | 8,060 | 8,916 | 11231 | 374 | 18.719 |
| 花蓮台九線沿線景觀區 | 花蓮縣 | 115,000 | 260,000 | 125,367 | 104,132 | 87,600 | 89,200 | 147,000 | 12,400 | 61,600 | 79,800 | 88,340 | 91,600 | 105170 | 3,506 | 175.283 |
| 蘇澳冷泉 | 宜蘭縣 | 6,715 | 4,940 | 2,520 | 8,020 | 5,508 | 20,289 | 70,271 | 58,633 | 10,493 | 6,523 | 1,243 | 653 | 16317 | 544 | 27.196 |

資料來源：觀光局92年台閩地區主要觀光遊憩區遊客人數月別統計

4. 遊客體驗

為了解遊客體驗的感受，我們針對此項調查作一份南勢溪遊客體驗調查問卷(附件三)，問卷份數共 50 份，調查結果如下表

表 3-3-2 遊客滿意度調查

| | 非常 同意 | 同意 | 尚可 | 不 同 意 | 非 常 不 同 意 |
|---------------------------|----------|-----|-----|-------------|-----------------------|
| 是否認為南勢溪是值得遊憩之旅遊地點 | 11% | 78% | | 11% | |
| 是否認為南勢溪給人特別的體驗 | 11% | 78% | 11% | | |
| 是否認為南勢溪可讓人放鬆心情、紓解壓力 | 44% | 56% | | | |
| 是否認為南勢溪周圍環境內之解說標示令人滿意 | | 11% | 67% | 22% | |
| 是否認為南勢溪周圍環境內之清潔設施(廁所)令人滿意 | | 22% | 11% | 56% | 11% |
| 是否認為南勢溪周圍環境內之停車場空間相當充足 | | 33% | 67% | | |
| 是否覺得南勢溪周圍環境內河川或生態已遭破壞 | | 56% | 44% | | |
| 是否有再度重遊意願 | 11% | 89% | | | |
| 此次生態旅遊的整體滿意度 | 11% | 67% | 22% | | |

5.集水區綜合發展計畫之研擬

說明：

本計畫區擁有豐富的自然資源，且設置多處遊憩區及風景區。然而，這些區位劃設之後，一些必要性的停車設施、休憩與衛生設備等都會隨著遊客數量的增加而擴建，而配合觀光發展需求的開發也會影響周邊土地的使用情況，例如達觀山、新興及秀巒附近目前皆有大規模超限利用情形。

策略：發展生態旅遊

生態旅遊是一種衝擊影響性較低的自然旅遊，對於維持物種及棲息地的貢獻，是直接透過保育的方法，或者是提供當地社區充足的經費讓當地的居民有覺得生態保育有價值，應該保護他們的原始生活活環境與棲息地，作為他們收入的來源。因此，透過生態旅遊的發展與觀念的推動，應可取得觀光發展與生態保育之平衡。

實質規劃構想

在面對大環境的變化與既有山坡地受到自然與人為的破壞所造成的危險與災害下，石門水庫集水區的規劃方式將在以配合國土復育策略方案的規定管制方式，採保育與復育的觀點出發，依序劃定國土保育範圍與國土復育促進地區以進行保護。而後再依照現況發展的需要，進行各項土地使用配置，並依據廢止、拆除與維護檢討配置適當之區內重要設施，並進行道路路線的規劃。本區規劃構想說明如下。

(一) 劃設國土保育範圍

1. 高海拔山區：1500 公尺野生動物重要棲息環境、國有林、保安林、自然保留區、國家公園區之聯集。

2. 中海拔山區：500 公尺以上非海拔山區。

3. 低海拔山區：500 公尺以下山坡地。

(二) 劃設國土復育促進地區

1. 土石流高潛勢溪流：農委會水土保持局提供之土石流潛勢溪流屬高潛勢者。

2. 嚴重崩塌地區：由於無法判斷崩塌地之嚴重程度，暫以艾莉颱風後中央大學調查資料劃設，待農委會水土保持局劃設嚴重崩塌地區圖後再依實際情形劃設。

(三) 土地使用規劃原則

1. 以各原住民保留地地段為規劃單元。

2. 山坡地保育區內土地使用零成長。

3. 以現況土地利用之合法性及危險性，做為保留、遷移或拆除之依據。

針對區內之各旅遊景點與地區，應以不破壞當地之自然環境景觀為前提，除依促進民間參與公共建設法規定之觀光遊憩系統經中央目的事業主管機關許可准予開發外，應維持既有之各項建築與公設使用。當地應以最不易引起環境破壞之生態旅遊最為推廣主軸，並著重遊憩品質之提昇。

生態旅遊計畫

(一) 生態旅遊遊程建議

串連周圍景點，依照旅程時間長短，與參與生態旅遊之深淺研擬遊程，

時間長短分為一日與二日遊，內容分為一般型生態旅遊與深層體驗行生態旅遊。

（二）生態旅遊推動策略

- 1.環境監測評估指標
- 2.生態旅遊策略聯盟
- 3.生態旅遊推動教育
- 4.遊客問卷調察與分析

（三）解說服務計畫

每天皆安排解說志工一位駐留入口服務站，提供為預約遊客之解說服務，並設定每天上午下午二次解說服務，而服務人數竟可能調整至十六人以下，以提高品質之服務。

服務內容內容包括帶隊解說、駐站解說、服務台諮詢、廣播服務、安全維護及其它支援事項、志工之聯絡、活動資料建檔、服勤表報、志其它有關志工管理業務。

（四）旅遊安全計畫

1. 標示不清的告示牌應予以修理以避免遊客誤會。
2. 先找出多餘水分之源頭，將滲水引入適當的排水設施中，避免積水、濕滑的發生。
3. 架設告示牌警告遊客，並以繩索或欄杆圍起。
4. 園區之工作人員應定期巡視步道上是否有阻擋行走淨空之樹幹、樹枝，以維持行走空間之順暢並避免遊客應此發生意外。

區內設施-提高既有設施使用效率與提供必要設施之需求

(一) 區內設施規劃原則

在計畫區內之各項設施除為維持山坡地環境安全之生態設施與水土保持設施，以及為提供生態旅遊相關設施，在中央目的事業主管機關准許下，均准以新設使用外，其餘各項公共設施應檢討經上述所進行各土地利用之改變，適當檢討各設施的數量與區位，並進行一定之建設與拆除。

(二) 區內設施規劃構想

區內各項公共設施如派出所與消防對等設施在配合當地原有原住民部落與聚落未有遷移的情況下，應予以保留。

(三) 良善步道之規劃

藉由步道系統建立，整合串連森林遊樂區及其他遊憩區、景觀據點，擴大戶外遊憩活動範圍，提供遊客登山、賞景、健行、研究、生態學習之自然場所。利用步道指示標誌系統，引導遊客遠離脆弱易遭破壞地區，以強化旅遊安全，滿足遊客之遊憩體驗，並可避免遊客之過度集中使用，以維護遊憩資源。(國家步道建構與發展,林務局)

(四) 環境教育與宣導

加強媒體宣導，培訓生態、環境、文史等解說人員，進行步道系統內各項資源及永續利用的推廣。結合山村文化，推動

兼具生態、文化與健康之森林生態旅遊遊程，辦理各類環境教育解說活動。

考量步道實際之路線變化、各項資源及一般民眾之體適能，規劃短程、中程及長程步道遊程，以利民眾運用。至步道整體市場行銷策略，則於考量合理之環境承載量後，規劃步道系統之活動行事曆，提供簡易、樸實但具地區特色之補給、膳宿等旅遊服務及產品，促進自然環境與地區居民和遊客互蒙其利，進而活絡山村經濟與文化。(國家步道建構與發展,林務局)

(五) 公眾參與及步道認養

於步道系統之規劃、施作及經營管理、維護等各階段，藉由公眾參與之過程，彙集各相關團體意見，建立意見處理回饋機制，促進公私部門等各機關與各類民間團體間的合作。於市場需求度恆變之環境下，致力求得開發與需求間的平衡；進而促進各種不同遊憩發展及經濟活動在地理上整合，使資源得以永續利用。

經由步道系統之使用評估與監測分析，建立步道認養制度，以維持步道之最佳使用狀態，同時開啟多元參與機制，營造森林豐富多元意象，建立人與自然和諧共存之關係。

第四章 治理對策

治理對策需經由基本資料蒐集分析，測量作業、泥砂及現地調查結果，擬定初步治理對策，並經居民訪談，才具整體性與可行性。

4.1 溪流現況整治

溪流整治目的在於防止或減輕河道侵蝕、淘刷與崩塌，並且有效的控制土砂生產與移動，達成穩定流心，減少洪水與泥沙的災害。治理方法採用防砂壩、護岸工野溪治理並配合崩塌地處理等組合運用，現況照片及治理對策請參見本報告書之第58至第65頁。

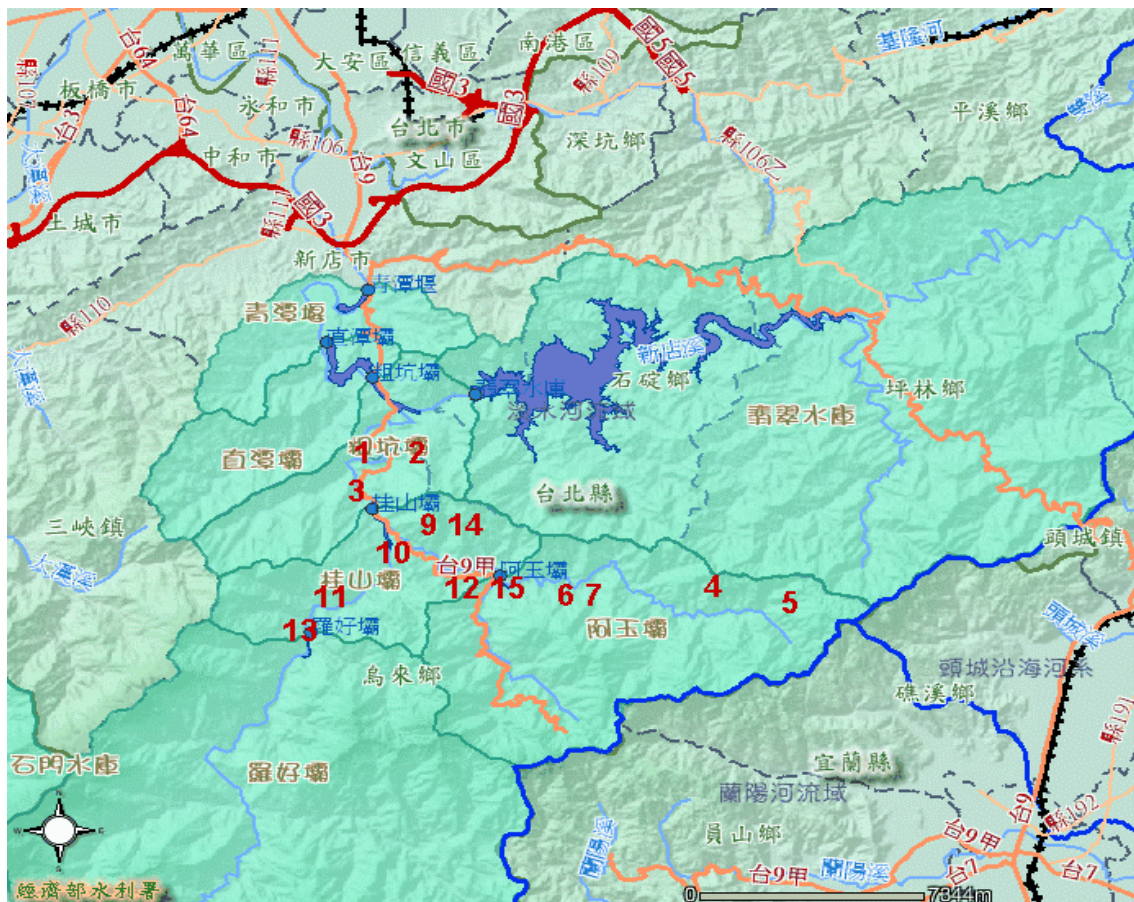


圖 4.1-1 南勢溪及桶后溪現勘位置圖

照片:編號 1



| 位置 | 權責機關 | 現有狀況 | 建議治理對策 |
|------------|------|----------|---|
| 台九甲線 9 公里處 | 水源局 | 河岸基角破壞情形 | 由於岸上有居民居住,為保全岸上居民生命財產的安全,建議應增加護攔以避免繼續沖刷,導致土石崩落。 |

照片:編號 2



| 位置 | 權責機關 | 現有狀況 | 建議治理對策 |
|------------|------|----------------------|----------------------|
| 台九甲線 9 公里處 | 水源局 | 烏來新店交接處:第一潛壩,固定床工已受損 | 建議修復受損之固定床工,及設置護岸於左岸 |

照片：編號 3



| 位置 | 權責機關 | 現有狀況 | 建議治理對策 |
|-------|--------|----------------------|-----------------------|
| 南勢溪中游 | 台灣電力公司 | 上方為一潛壩，尚屬完整，右下角土石崩落。 | 建議以護岸保護基角,避免上方土石繼續崩落。 |

照片:編號 4



| 位置 | 權責機關 | 現有狀況 | 建議治理對策 |
|-------------|------|-----------------------|---------------------------|
| 台九甲線 12 公里處 | 水源局 | 此處有崩塌現象，研判為河道過窄又位於轉彎處 | 建議應設置護岸以避免繼續沖刷,導致上方土石大量崩落 |

照片:編號 5



| 位置 | 權責機關 | 現有狀況 | 建議治理對策 |
|-------|------|--------------------------------------|---|
| 南勢溪中游 | 水源局 | 現有地形落差太大，使魚類無法上游。 左上處上方土石已崩落。 | 建議可降低之或可使用階梯式構造物降緩其坡度，使魚類可回游。 崩落處建議可參考 4.6 節所述之邊坡整治工法來治理 |

照片:編號 6



| 位置 | 權責機關 | 現有狀況 | 建議治理對策 |
|---------|------|------------------|-----------------------|
| 桶後溪林道中段 | 水源局 | 現有壩落差太大，使魚類無法上游。 | 建議可使用階梯式構造物(魚梯)降緩其坡度。 |

照片:編號 7



| 位置 | 權責機關 | 現有狀況 | 建議治理對策 |
|---------|------|------------|---|
| 桶後溪林道中段 | 水源局 | 此固定床工左邊已受損 | 建議修復受損之固定床工,以安定河道防止縱橫向侵蝕,以及保護護岸等構造物之基礎。 |

4.2 崩塌地現況防治

崩塌地為一滑動體受到嚴重破壞，產生小面積及落差較陡的崩裂狀態，只有表層土石崩落，至於崩塌的發生原因甚為複雜且不易控制，大致上不外乎地質、地形、土壤、植生種類、地震與人為活動等因素。地滑地為滑動體本身未受到太大的擾動，依然維持整體的結構性，因滑動面深且面積大移動速度緩慢。造成地滑的原因為不良的地質構造、如斷層、弱岩夾層級地下水位的變化皆是破壞主因。

4.3 道路水土現況保持

辦理道路水土保持治理工作需先針對集水區現有之道路、產業道路與私設農業用路進行護坡安定性、坡面沖刷特性等現況進行調查。而山區道路土質鬆軟，因地震作用與人為開墾破壞，遇雨容易崩塌，阻塞交通。因此治理應針對邊坡不穩而產生坍方。對於有崩塌之虞之不穩定邊坡可採生態工法治理，並在危險路段加設護欄及警告標誌以維護人車安全，現況照片及治理對策請參見本報告書之第67至第73頁。

照片:編號 8



| 位置 | 權責機關 | 現有狀況 | 治理對策 |
|----------------------|-------|----------------------------|---|
| E304784, N2749483 | 台北縣政府 | 此處崩塌北 107-1 縣道 3 公里處 | 建議使用植生復育，但技術 上難以克服，只能於崩塌區 上方採種子撒播方式處理， 但因具危險性，故需靠空 投。 |

照片:編號 9



| 位置 | 權責機關 | 現有狀況 | 建議治理對策 |
|----------------------|-------|---|---|
| E304042, N2748991 | 台北縣政府 | 此處崩塌為 93 年初崩塌，路段為往福山方向，北 107 縣道 3 公里處，上邊坡已崩塌，擋土牆也已遭落石沖毀 | 台北縣政府預計會建構一座隧道於此路段，上方放置輪胎以減輕落石的衝擊，並建議上方應先將崩塌的坡地整理、填補裂縫，同時利用剩餘土裝客土袋，之後進行打樁編柵的施作，並覆蓋稻草蓆作為植生肥。 |

照片：編號 10



| 位置 | 權責機關 | 現有狀況 | 建議治理對策 |
|----------------------|-------|-------------|---|
| E304033, N2748778 | 台北縣政府 | 黑橋左側均為裸露之岩盤 | 若使用植生復育，技術上難以克服，只能於崩塌區上方採種子撒播方式處理，材料進駐需靠空投，而為避免河道中堆積之土石向下游沖刷，可用防砂壩攔阻，或利用現場土石建構土石籠壩。 |

照片：編號 11



| 位置 | 權責機關 | 現有狀況 | 建議治理對策 |
|----------------------|------|--|-----------------------------|
| E306572, N2749578 | 公路局 | 此處為台 9 縣道 17.2 公里處，上方 部分崩塌已以植生 工法修復，但下方 崩塌處仍未處理。 | 應加速處理為處理 之部分，以免再次 崩塌。 |

照片：編號 12



| 位置 | 權責機關 | 現有狀況 | 建議治理對策 |
|----------------------|------|--------------------------|---|
| E306922, N2749531 | 公路局 | 桶後溪林道管制哨左側，台九甲線，於今年九月崩塌。 | 建議使用植生復育，技術上難以克服，只能於崩塌區上方採種子撒播方式處理，因具危險性，故需靠空投。 |

照片:編號 13



| 位置 | 權責機關 | 現有狀況 | 建議治理對策 |
|----------------------|--------|---------------------|--------------------------------------|
| E302327, N2747539 | 台灣電力公司 | 此處羅好壩上方崩塌，導致下方擋土牆崩壞 | 建議儘快修復現有防砂壩，避免上方土石繼續崩落，上方建議使用植生工法復育。 |

4.4 園區現況治理處理對策

南勢溪以自然景觀取勝，為減少人為設施破壞森林景觀，故歷年皆採低密度方式分配各項設施，僅涼亭、步道等。因此，建議將既有設施維護完整，讓遊客能安全的用心去體原始森林寧靜得氣氛。

照片：編號 14



| 位置 | 權責機關 | 現有狀況 | 建議治理對策 |
|----------------------|-------|--------------|-----------------------------|
| E304042, N2748991 | 台北縣政府 | 由於上方土石崩塌導致損毀 | 嚴重危害遊客及居民安全，應盡快修復，以防遊客墜落意外。 |

照片:編號 15



| 位置 | 權責機關 | 現有狀況 | 建議治理對策 |
|----------------------|------|-----------------|-----------------------------------|
| E306922, N2749531 | 公路局 | 由於上方土石崩塌導致護欄皆損毀 | 正在修復中，嚴重危害遊客及居民安全,應盡快修復，以防遊客墜落意外。 |

4.5 考量適用之生態工法介紹

道路邊坡應先依邊坡區位之分類，進行生態工法整治，包括坡頂源頭處理、崩塌裸坡面處理、坡腳穩定處理等三項，茲分別說明如下（曹明豐、李鏐、陳宗軒，2002）：

一、坡頂源頭處理

（1）裂縫勘尋及填補

由在地人帶領勘尋崩塌地源裂縫，依地形、區位、坡度、地質及岩層走向等因子，決定其治理方法。其整治方式大致可分為移除方法與填補方法兩項。

（2）截導水處理

以客土包推砌法或山邊溝將地表水引流至安全地點，以防流入裂縫或崩塌坡面。其又可分為高莖危木處理與土石清除兩種處理方式。

二、崩塌裸坡面處理

（1）去除危石

崩塌坡面整修，並將危石去除，以免滾落而造成災害。

（2）截導水處理

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區；在坡面外圍做適當之截水工，以防止坡外地表水流入崩塌區，橫向截水坡度不宜太大，儘可能深入植被區。截導水方法如客土包堆砌法、木樁或鋼筋編柵法等。而依其型式又分凸型坡面地表水截導、凹型坡面地表水截導、不規則坡面地表水截導等三種類型處理。

(3) 小型蝕溝處理。防止沖蝕溝繼續被沖刷侵蝕，可填平溝蝕或做護底工。

(4) 施行坡面植生。

三、坡腳穩定處理

(1) 堆積地坡面打樁編柵，並施作截導水工。

(2) 以擋土結構物穩定堆積地基腳。

(3) 施作植栽工以穩定坡面。

本節中將整理於邊坡整治工法中，施工材料及施工方式較符合生態工法考量者，包括：修坡植栽、切枝壓條、打樁編柵法、土工合成材配合植生法、砌石牆、箱籠擋土牆、格框擋土牆七種工法(生態工法技術參考手冊，2001)。前三者屬於純植生材料之應用，優點在於使用天然材料與生態配合度佳，亦可提供水土保持抗沖蝕及坡面穩定效

果。土工合成材與植生材間之複合式應用，可提供較單獨使用植生之工法更高的穩定效果，且可利用植生材美化結構體表面及調和自然景觀。後三者則為利用石材達到工程穩定性目的。不論採用何種工法，除了創造多樣而豐富之生態環境外，亦必須達構造物的穩定及安全。

依據生態工法設計基本精神，工法選擇需考慮當地地質、地形、水文、植生情況、生態環境需求（如特定物種之培育、保護）及材料取得等因素。由於相關因素繁多，除須符合技術性目標之外，尚需參酌當地之自然環境、工程環境及社會經濟狀況，因此，並無固定的施工工法可供選擇，須因地制宜研擬適當之施工方式。

1. 修坡植栽

本工法應用於無法自立之陡坡河岸，將堤岸修整為坡度 2:1 以下之緩坡，並於坡腳放置石塊，以不織布覆蓋坡面，並延伸到坡腳，以大石塊包裹不織布以穩固坡腳固結土壤，在護坡上方插萌芽枝植栽、種植耐濕性之植被與草本植物（如圖 4.6-1 所示）。

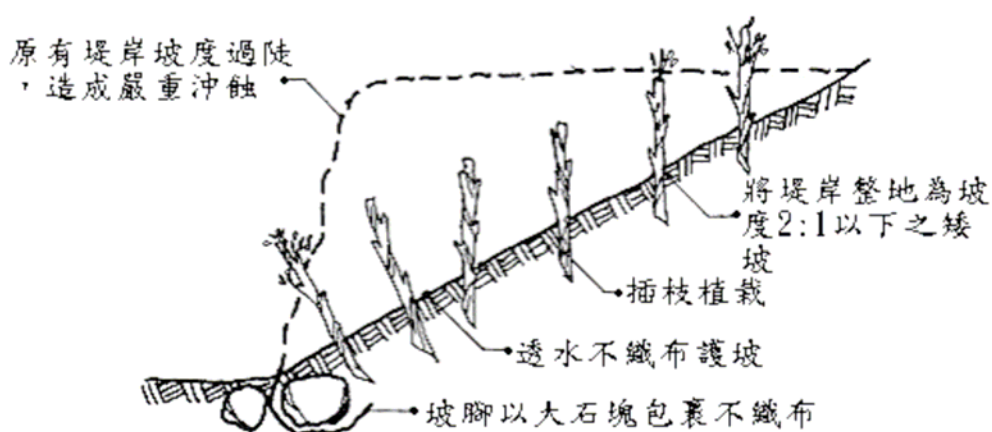


圖4.6-1 修坡植栽示意圖（郭瓊瑩等，1995）

適用範圍：於坡度過陡之河岸。

優點：（1）坡度變緩，有利於穩定。（2）由於坡度變緩，具有親水性。

缺點：由於坡度變緩，需有足夠之空間，故有用地取得之問題。

生態上之配合度：施工後立即可增添河岸綠意，且待插枝植栽萌發長成後，有助於河岸整體生態之恢復。

2.切枝壓條法

本工法適用於可完全使用植物材料，且無立即危險處。切枝壓條法是將過陡之堤岸整緩，埋設植材待其發芽後，以形成土壤保護層。每層之垂直間距約為 1~3m，邊坡底部由於易受侵蝕，因此鋪設間距可以縮小，枝條放置如圖 4.6-2、4.6-3 所示。施工時使用之植材多屬木本植物，因此須要較厚之表土層以提供適當的生長環境。於植物根系尚未生長前，應施作保護措施以避免植栽尚未發揮功效便遭受破壞。

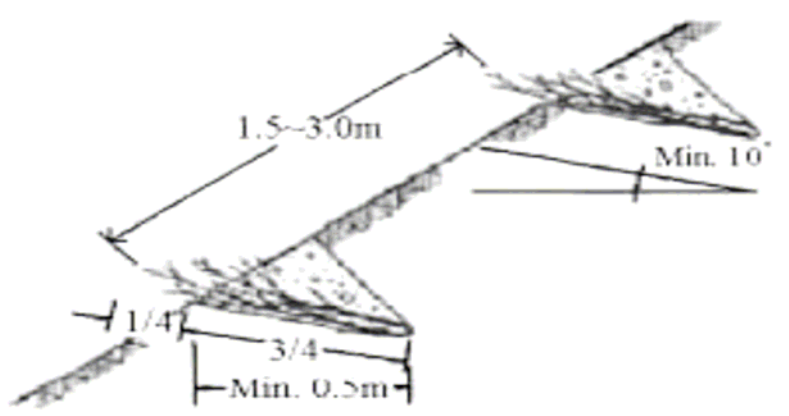


圖4.6-2 切枝壓條法示意圖（Morgan et al., 1995）



圖4.6-3 切枝壓條法施工案例 (Gray and Sotir, 1996)

3.打樁編柵法

打樁編柵法使用萌芽樁、不萌芽木樁或其他材料製成之樁，依適當距離打入土層中，並輔以竹片、PE 網、鐵絲網等編織成柵，達到固定土石、減緩坡度、防止沖刷及製造有利於植生生長環境之效果（圖 4.6-4、圖 4.6-5、圖 4.6-6）。且打樁編柵法應配合適當之排水措施，以避免邊坡因排水不當而產生破壞。通常萌芽樁使用於坡度 45° 以下之一般挖填方坡面，主要為抗沖蝕用；不萌芽樁適用於崩積土或淺層崩塌坡面。

一般而言，每排之樁距為 1~3m，其中木樁以 2~3m 為原則，樁距以 30~50cm 為原則。樁應打入土中層 $2/3$ 以上，地表上預留 15~30cm。打樁編柵後須將地面整平，樁行間配合其他植生方法，以美化景觀。

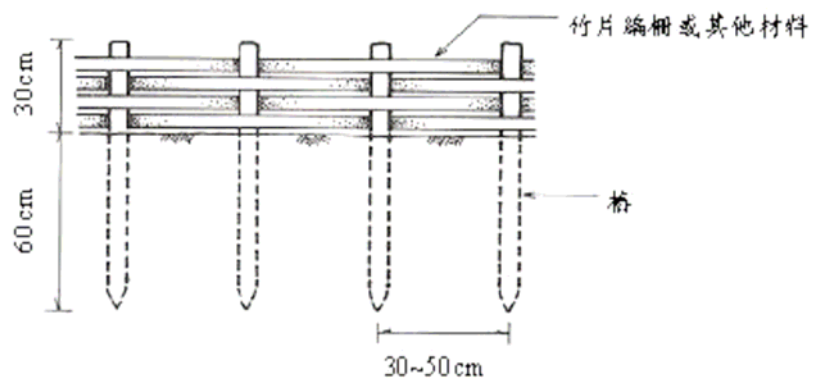


圖4.6-4 打樁編柵法橫斷面示意圖-1 (水土保持手冊, 1992)

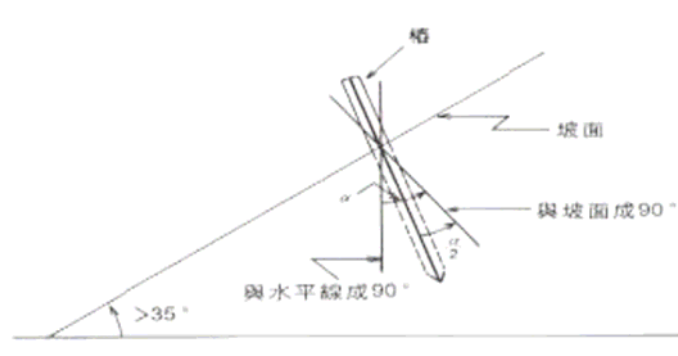


圖4.6-5 打樁編柵法橫斷面示意圖-2 (水土保持手冊, 1992)



圖4.6-6 打樁編柵法施工案例 (廖瑞堂, 2001)

4.地工合成材配合植生法

地工合成材配合植生法可彌補單獨使用植生材於穩定邊坡，無法立即見效之缺點。將地工合成材料鋪設坡面後加入填料及於其上植生，除可發揮邊坡穩定及防蝕功用，亦可達到景觀美化效果。目前常用之地工合成材，包括地工蜂巢(geocell)及抗沖蝕網（圖 4.6-7）。

抗沖蝕網設計應依河岸坡度及水流情況不同加以考量，如：於緩流緩坡岸，使用捲成臘腸狀之抗沖蝕網。於緩流陡坡岸，以抗沖蝕網包裹卵石作為基礎。於中流陡坡岸，則選用具加勁效果之抗沖蝕網。

除一般常見之地工合成材外，亦可考慮使用椰殼纖維毯來達到植生控制及抗沖蝕效果（圖 4.6-8）。使用椰殼纖維之優點包括（Fouan，2002）：

（1）椰殼纖維為天然材質，且可提供長期使用。椰殼之高纖維材質及厚度，有助於抵抗腐蝕以降低材質變少或變薄。一般而言椰殼纖維可於表土內存在約 4 年以上。

（2）椰殼纖維為自然纖維中材質最為強壯之一，且椰殼纖維毯之製程快速方便。因此將其應用於地工織物上，可達到邊坡穩定、植生控制及抗沖蝕之效果。

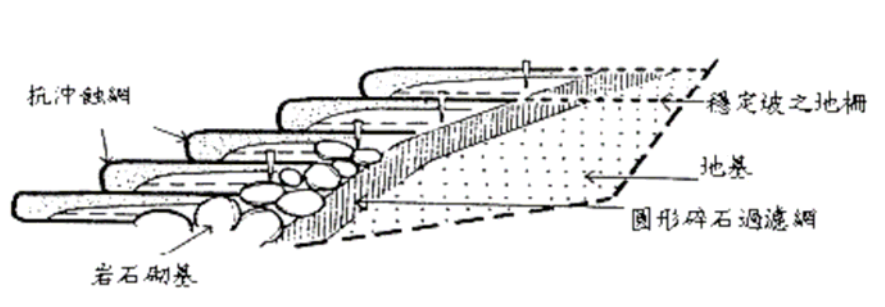


圖4.6-7 抗沖蝕網應用示意圖（郭瓊瑩等，1995）

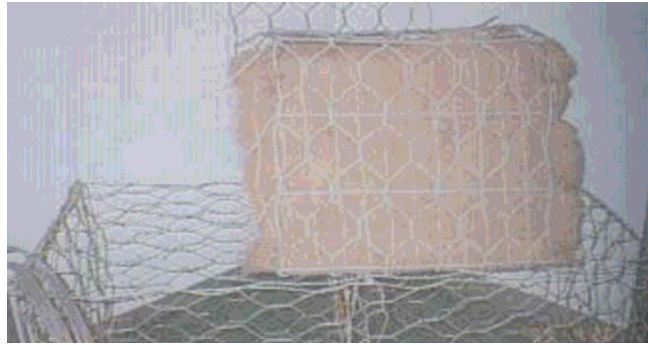


圖 4.6-8 椰殼纖維植生基材，配合鐵網固定（林信輝，2001）

5. 砌石牆

砌石牆為於河岸邊坡以石塊堆疊而成之矮牆（圖 4.6-9）。主要目的在防止填土或開挖面崩塌及穩定邊坡。較適用於低矮邊坡及挖方邊坡，若採多階砌石護岸，邊坡設計可較緩。砌石牆工法因具多孔隙及表面粗糙之特質，可提供植物生長，使棲地類型更為豐富。

砌石牆類似重力式擋土牆結構，主要是以石塊間之摩擦角及石牆寬高比，來抵抗水平土壓力。施工前應先開挖基礎溝槽，將大塊之卵石堆砌於溝槽內。其所使用之石材因盡量取自當地，以節省材料搬運費。

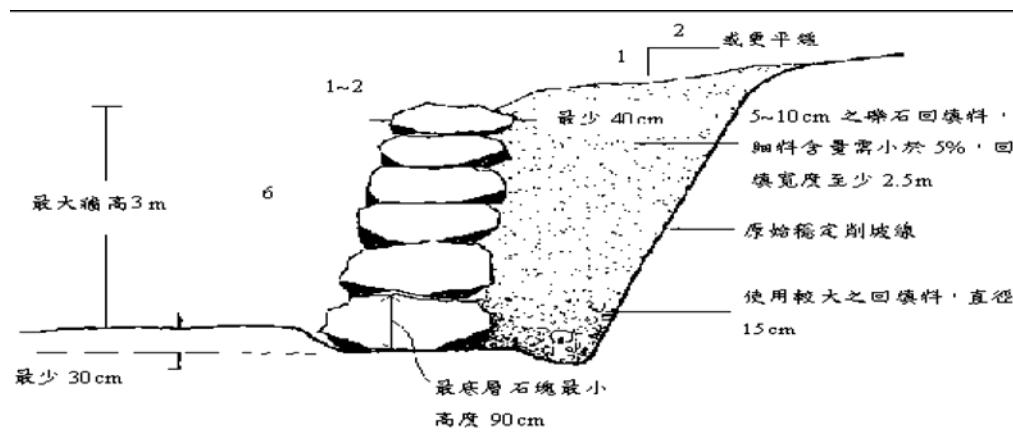


圖 4.6-9 砌石牆示意圖（Gray and Sotir，1996）

6.箱籠擋土牆

箱籠擋土牆是以六角狀鉛絲編成之長方型空盒，並於其中填入10~30cm 大小之卵塊石堆築而成之堆疊式擋土牆（圖 4.6-10、圖 4.6-11）。最簡單的箱籠為 1m 高之箱籠牆，箱籠規格可依所需情況加以設計，並無一定尺寸。

欲增加箱籠高度時，可於第一層箱籠上再堆疊箱籠，每層箱籠堆疊時些許向後退。一般而言，高度超過 2m 之箱籠必須另外加以設計。愈高的箱籠牆需要愈大之基礎寬度，或使用護牆來抵抗背填土傾倒彎矩。箱籠牆之設計法，根據不同應用有不同之考量，箱籠數量及排列方式與牆高、回填土料等有密切關係，可採用重力式擋土牆之設計分析原則來做初步設計。



圖 4.6-10 內湖大溝溪砌石牆施工案例（生態工法技術參考手冊，2001）



圖4.6-11 箱籠牆施工案例（生態工法技術參考手冊，2001）

7. 格框擋土牆

格框擋土牆是由樑組合而成之盒子狀結構，內部填充土壤或石塊，以構成之重力式擋土結構，可分為木格框及混凝土格框。格框擋土牆基本型式如圖圖 4.6-12、圖 4.6-13 所示。

格框擋土牆於設計分析上，仍採用重力式擋土牆之設計分析原則。牆背土壤以土壤或卵石為主，構造上要求坡面斜率至少為 1/6，牆底寬度約為坡高的 $H/2 \sim H$ 。

混凝土格框對不均勻沈陷承受度較一般剛性擋土牆大，且其透水性佳。木格框擋土牆除提供穩定效果，亦可提高濱水棲地之品質，格框應選用防腐性較高之木材，減少因水位上下作用而造成材料腐蝕。

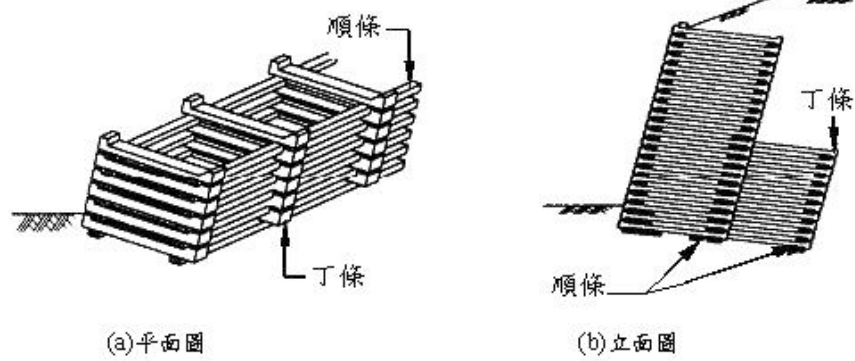


圖4.6-12 格框擋土牆示意圖（周功台，1978）



圖4.6-13 格框擋土牆施工案例（生態工法技術參考手冊，2001）

道路邊坡整治

1. 噴凝土

可用於坡面保護，可防止坡面、土層之風化及雨水滲入所造成之沖蝕。

適用性：

- (1) 易受風化侵蝕且水流易滲入之邊坡，

- (2) 可用於較陡之坡面，坡度比約1:0.4 至1:1(V:H)。
- (3) 景觀較無衝擊之處。
- (4) 地質不適合植生處。
- (5) 開挖面屬薄層砂頁岩互層。

2. 格框噴植法

所謂「格框噴植法」即採用立體鋼絲網，結合格框鋼筋與水泥砂漿，並於格框內噴植草種或植生基材，形成連貫性坡面，為一種現地坡面保護之工法。近幾年於國內經常使用於有潛在坍方危險的邊坡，以減緩坡面之風化作用，施工完後不久即可達到綠化之效果。因此，應用此技術做為集水區之護岸工，亦有助於河岸邊坡之生態復育。其施工步驟如下：

1. 修整護岸邊坡及放樣。
2. 鋪設立體鋼絲網，並以短釘固定。
3. 設置格框鋼筋，並與鋼絲網綁紮結合，如圖 4.6-14。
4. 格框內鋪設塑膠布。
5. 於格框鋼筋上噴置水泥漿。
6. 除去格框內塑膠布。
7. 噴植草種或植生基材，如圖 4.6-15。

適用性：

1. 適用於崎嶇不平之護岸邊坡。
2. 適用於較陡之堅硬地層植生，如坡度 60° 左右。

優點：

1. 適用於凹凸不平之坡面，減少不必要的整坡工作。
2. 相較於傳統擋土牆護岸，施工期短。
3. 植生綠化效果佳，且短時間(約 2~6 個月)即可達植生成效，如圖 4.6-16。

缺點：

1. 對於有潛在深層滑動之護岸，則無法適用。
2. 相較於其他植生工法，成本較高。
3. 施工完成初期，需費時養護。



圖 4.6-14 格框噴植法施工情形(洪勇善攝)



圖 4.6-15 格框噴植法完成後之情形(洪勇善攝)



圖 4.6-15 型框植生工法完成半年後之情形(洪勇善攝)

土釘混合噴植法

土釘工法(soil nailing)為歐美最近二十幾年來所發展之現場土壤加勁技術，以支撐開挖面或不穩定邊坡。其方法係利用鋼棒貫入土壤或先行鑽孔、放入鋼棒，再以水泥砂漿填充於孔中，與地層結合成一連貫之結構實體。過去土釘必須配合噴漿作業，使噴凝土面與土釘結

合，達到穩定坡面之目的。但噴漿所形成的景觀，逐漸受到批評。因此，土釘結合格框噴植法(在此稱為土釘混合噴植法)，則可克服格框噴植法無法適用於潛在深層滑動之缺點，又可避免噴凝土造成環境景觀的破壞，不失為一穩定護岸邊坡之良好方法。

施工步驟如下：

1. 修整護岸邊坡及放樣。
2. 鋪設立體鋼絲網，並以短釘固定。
3. 土釘鑽設(包含鑽孔、放入鋼棒、灌漿等)。
4. 承載板鎖定。
5. 設置格框鋼筋，並與鋼絲網、土釘綁紮結合。
6. 格框內鋪設塑膠布。
7. 於格框鋼筋和承載板噴置水泥漿。
8. 除去格框內塑膠布。
9. 噴植草種或植生基材。

依據地質條件，步驟 2 和 3、4 可互換。圖 4.6-16 為土釘鑽設和承載板鎖定完成之情況，圖 4.6-17 為鋪設格框鋼筋與塑膠布之施工情形。

適用性：

1. 適用於崎嶇不平之護岸邊坡。
2. 適用於地質材料強度較弱，無法自立或陡峭邊坡(坡度 60° 以上)之護岸。

優點：

1. 施工速度快，容易隨土層狀況而改變施工計畫。
2. 與傳統錨錠結構(如地錨)比較，約可節省 10%~30%之費用。

3. 鑽掘機械和噴凝土機具的設備輕巧，機動性高，較不受地形之限制。
4. 透過密間距之土釘加勁，護岸邊坡之穩定性可大幅提高。
5. 施工完成後，可預見植生綠化之成果。

缺點：

1. 施工坡面必須乾燥，且地下水位須位於施工面底部以下，避免鑽設土釘過程中產生坍孔。
2. 不適合於軟弱粘土層加勁，因軟弱粘土層之摩擦阻抗低，如果採用土釘加勁，則在土釘長度及密度方面均需大幅提高，因而較不經濟可靠。



圖 4.6-16 土釘鑽設和承載鈹鎖定完成之情形(洪勇善攝)



圖 4.6-17 鋪設格框與塑膠布之施工情形(洪勇善攝)

土工防蝕模袋

土工防蝕模袋為一種柔性，能配合崎嶇不平坡面，貼地性佳之護坡方式。其類似土工織物，內充填水泥砂漿，並能於格框內植生，達到景觀上綠化效果。依充填材料之不同，可分為充填砂漿及充填混凝土兩大類。邊坡護坡多用前者，後者則多使用於海岸、碼頭等的護岸工程。模袋之基本類型如表 4.6-1 所示。模袋係織布編織成袋狀，織布之設計需具有足夠的透水性、適當的孔徑，以避免水泥及砂之流失，織布之車縫處需具足夠強度以免破裂。

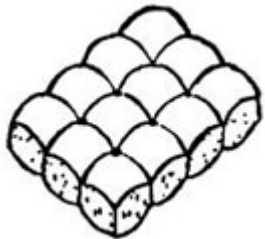
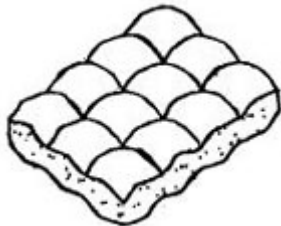
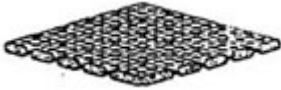

其施工步驟為：

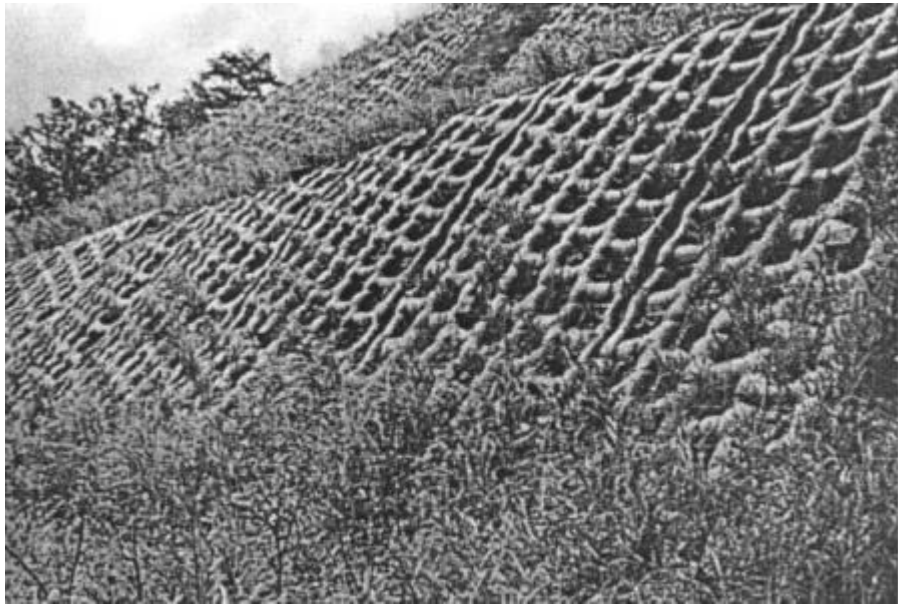
1. 整坡，對高出部分加以產平，淺溝等低窪區應先排水、再回填、並夯實。
2. 將已按設計縫裝好之模袋平鋪在坡面上，使用 50 mm 直徑之鋼管穿入模袋上之穿管套內，再用牽引器拉住鋼管，掛在坡面上之鋼管樁上。
3. 模袋與模袋之間以扎帶扎緊連接，被搭接之模袋要平鋪在前一塊

下方。

4. 以砂漿充灌，充灌順序由下向上依次進行，當下部充飽滿後，應注意模袋之鬆緊程度，如模袋之張力過大，應透過牽引器及時調整。充填時注意砂漿於模袋內之流動情況，充灌飽滿後，需用尼龍繩扎緊袋口。

表 4.6-1 常見地工防蝕模袋類型（林三賢等，2000）

| 型式 | 厚度 (cm) | 特徵 | 示意圖 |
|------|-------------------------------|---|---|
| 有濾水點 | 6.5 10 14 15 16.5 | 接縫排水且具等間距濾水點。每個點面積 4 cm ² |  |
| 無濾水點 | 5 10 15 | 不另設濾水點，用於對排水要求不高之工程。 |  |
| 鉸鏈塊型 | 10 15 | 為許多相互連接的獨立塊，排水順暢。由高強度尼龍繩聯絡各塊體，各塊體可相互牽動，適用於軟弱地層或地形變化大地區。 |  |
| 框格型 | 空格寬 30*60 22*22 | 填充料硬結後呈格型，格內可直花草。 |  |



4.6-18 用地工防蝕模袋護坡之坡面（林三賢等，2000）

4.6 集水區治理

一、集水區溪流整治

溪流整治目的在於防止或減輕河道侵蝕、淘刷與崩坍，並且有效的控制土砂生產與移動，達成穩定流心，減少洪水與泥沙的災害。治理方法採用防砂壩、護岸工野溪治理並配合崩坍地處理等組合運用。

二、集水區內崩坍地、地滑地及蝕溝處理

崩坍地為一滑動體受到嚴重破壞，產生小面積及落差較陡的崩裂狀態，只有表層土石崩落，至於崩坍的發生原因甚為複雜且不易控制，大致上不外乎地質、地形、土壤、植生種類地政與人為活動等因素。地滑地為滑動體本身未受到太大的擾動，依然維持整體的結構性，因滑動面深且面積大移動速度緩慢。造成地滑的原因為不良的地質構造、如斷層、弱岩夾層級地下水位的變化皆是破壞主因。

溝蝕則為寬15公尺以內及長寬比1:10以上的崩坍地，且此崩坍因沖蝕所造成者視為溝蝕。而集水區的治理則針對崩坍地、地滑地及溝蝕進行實際調查，並找出發生機制及原因，做適當的治理對策。

三、道路水土保持

辦理道路水土保持治理工作需先針對集水區現有之道路、產業道路與私設農業用路進行護坡安定性、坡面沖刷特性等現況進行調查。

針對實務現況分為兩類進行。第一類為道路本身的排水設施、路面養護及通行狀況作治理，第二類為對上下邊坡崩坍地做規劃及防治治理。

四、農地水土保持

農地水土保持是以保育水土資源，促進土地利用，避免土壤沖蝕、土石流等災害，以涵養水源為目的，藉農藝及工程方法達成目標。

農地水土保持之各項處理需達下列效果：

1. 合理之土地利用
2. 防止土壤沖蝕並恢復沖蝕敗壞之土地生產力
3. 土壤保育
4. 減少逕流與增加水資源之涵養
5. 防止沖刷污染水土資源
6. 坡地安全排水與灌溉
7. 防止風蝕與坡地防風

五、集水區內山坡地保育及林業經營

集水區經營乃以治山之方法，達到治水之目的進而謀求涵養水源之功效。故集水區山坡地保育及林業經營之優劣，能影響其他地方，及下游地區的人民生命財產之安全。其治理對策為造林、森林保護，如濫

墾濫伐之防範、森林火災防範措施等，以及林道系統計畫建立。(經濟部水利處北區水資源局，石門水庫集水區第三階段治理規劃，民國89年4月)

第五章 結論與建議

一、對集水區土地使用管理的建議，本計畫回應如下：

1. 集水區土地使用應以國土保育及水資源保護之觀點進行規劃管制，高山農業應予適當限制：本行動計畫方案及土地使用計畫方案皆以此原則進行規劃，行動計畫方案之高海拔山區除自給性農耕外，其餘合法農業使用皆予遷移補償；土地使用計畫方案將高海拔山區聚落遷移至同一地段之中海拔區域，並集中土地利用，增加公共設施服務效率，還給山林及生物完整的土地棲地。
2. 山坡地可利用限度查定之目的係為強化水土保持之手段，其分類係依照土地地力（坡度、土壤有效深度、土壤沖蝕程度及母岩性質）條件劃設，其可作為土地使用規劃的基礎。然本計畫範圍原住民保留地中、高海拔山區大部分屬山坡地保育區，依據制定非都市土地使用分區圖及編地各種使用地作業須知，依照其原查定結果分別編定為農牧用地、林業用地或國土保安用地。然其編定結果造成山坡地土地使用的分散（因宜農牧地及宜林地依個別土地現況查定，不考慮土地使用整體性與公共設施效率性），其未具整體規劃理念的編定結果係目前山坡地土地利用之最大問題。
3. 針對崩塌地處理及土壤侵蝕，可採生態工法整治規劃進行改善。
4. 遊客體驗環境教育：（一）與自來水事業公司結盟，共同設立水資源解說中心及自來水簡易處理廠，介紹水質整治工法（例如德國成功之案例），以及附近地區整治成效與復育成果，並配合定期之生態保育主題進行更迭，使民眾能以親身體驗的方式進行環境教育活動，其教育內容將使參觀遊客獲取環境生態保育之重要性，並達到

相關工法與生態工程之宣導作用，獲得確實之社會效益。此外，本計畫亦期將加入一般水質監測及採樣之儀器作為展示之用，並可提供有興趣之民眾做簡單的水質量測，加強遊客之參與程度，使環境教育能確實落實於一般遊憩活動當中；此外，更加入高級水質處理的示範（可飲用之礦泉水製作設備），如逆滲透、薄膜過濾等，使民眾能夠瞭解水源與水質維持之原理與水源保護之重要性，透過親自操作與體驗，使其教育效果能夠發揮在無形之中。（二）規劃遊客健行步道即自行車道，其功用在於創造南勢溪集水區唯一生態教育之活教室，強調生態旅遊的概念，並與水資源解說中心，進行展示主題之配合，創造整體的解說空間，更可提供遊客多元化之導覽，使其功能性獲得充分發揮。

5. 集水區環境生態復育計畫：隨著人類對於自然資源的認識與瞭解增進，我們所能做的不僅止於環境保護與野生動植物的保存，而應更竭盡我們的能力為生態系進行復育，以求得環境的永續發展與人類生活品質的再提升。在環境相關課題，台灣應該跳脫景觀設計的窠臼，而更向環境回復的方向邁進，我們所追求的不應僅止於環境美學，或模仿大自然的表象，而應力求於生態系的自然演替功能與生生不息的循環機制，因此，本計畫將提出以下的建議。

- (1) 首先應先釐清綠化與環境復育的差異，並建立正確的復育觀念。
- (2) 主管機關應依循復育理念訂定環境復育準則，以供各單位遵循。
- (3) 建議應進行全國環境總檢查，針對不同地區擬定不同的保護目標。
- (4) 經由近年的天災後，應針對毀損的地區擬定重建復育計畫

由於南勢溪集水區的生態相當多樣，所具有的自然資源亦屬豐

富，但其環境卻受到人類使用的衝擊而逐漸毀壞，隨著經濟的起飛，國民已由早期的環境保護的概念轉而逐漸重視生態保育的課題。現今生態多處於被開發或被破壞的狀態下，生態復育將成為生態保育的第一步，然而生態復育需要長時間才能見到成效，因此一般政府單位或地方權責單位並不願投資於不易見效的生態復育計畫，或是以工程手法解決現有的環境問題；再加上相關法規的不足，無法善導土地開發，以致環境復育常常流於口號與形式。本計畫團隊將比擬美國現行復育觀念、法令、河川溼地，以及歷史性環境等復育案例，提出對南勢溪集水區在生態環境復育方面之建議。

附件一

「南勢溪整體治理調查規劃期中簡報會議紀錄」期中報告審查意見及

回覆辦理情形

| 審查意見 | 回覆辦理情形 |
|--|-----------------------------|
| 張秘書鐵柱 | |
| 1. 書面資料請以最新資料補正。 | 感謝指教，謹遵辦理 |
| 2. 烏來地區溫泉旅館業盛行，騎污水排放是否經過處理?請探討說明。 | 感謝指教，謹遵辦理 |
| 3. 崩塌地調查請以表列方式呈現，並加註位置(位置)、面積、現況相片及處理對策等。 | 感謝指教，謹遵辦理，已補充於報告書中第四章治理對策中。 |
| 吳課長學平 | |
| 1. 報告書內水質及污染源資料均為蒐集其他報告之資料，請補充現場調查之資料。 | 感謝指教，謹遵辦理 |
| 2. 報告書 41 頁有關水質問題之(1)水質優養化、(2)暴雨時水質濁度過高，請詳加探討。另對於污染源的比例亦請補充說明。 | 感謝指教，已補充於報告書中 P21、P46 頁。 |
| 主辦單位 | |
| 1.請補銜調查南勢溪內既有構造物(防砂壩、魚道、護岸等)及處理對策。 | 感謝指教，謹遵辦理 |
| 2.報告書相關圖、表較少，請補充並儘量使用彩色放大列印，以清楚呈現效果。 | 感謝指教，謹遵辦理，已補充於報告書中第四章治理對策中。 |
| 3.集水區資料應加詳述集水區面積?及林班地分布範圍。 | 感謝指教，已補充於報告書中 P14、P16 頁。 |

附件二

「南勢溪整體治理調查規劃期中簡報會議紀錄」期末報告審查意見及

回覆辦理情形

| 審查意見 | 回覆辦理情形 |
|---|-------------------------|
| 張秘書鐵柱 | |
| 4. 請加強南勢河流域範圍基本資料。 | 感謝指教，謹遵辦理。 |
| 5. 各支流崩塌情形如何?應提建議。 | 感謝指教，已補充於報告書第四章治理對策中。 |
| 6. 各支流混濁及污染現況如何?應如何治理改善，請提出具體的建議。 | 感謝指教，謹遵辦理。 |
| 朱主任劍鳴 | |
| 3. 請具體說明崩塌地坡度如何影響治理對策? | 感謝指教，謹遵辦理。 |
| 4. 加強說明現有構造物對生態之影響及如何改善對策? | 感謝指教，謹遵辦理。 |
| 5. 請就現有的崩塌地調查資料釐清所屬權責單位，瞭解其相關計畫、治理情形、後續處理對策等，方能就其不足處研擬改善對策。 | 感謝指教，已補充於報告書第四章治理對策中。 |
| 6. 請於文中說明南勢溪之主要汙染為何?林班之崩塌地亦或保留第之開發、道路興建、溫泉餐飲及居家污染等? | 感謝指教，已補充於報告書中P19、P23 頁。 |
| 吳課長學平 | |
| 1. 請具體說明如何將生態工法應用於崩塌地? | 感謝指教，已補充於報告書第四章治理對策中。 |
| 2. 請說明如何將本規劃之內容結合生態旅遊? | 感謝指教，謹遵辦理。 |
| 3. 請加強環境監測方法說明。 | 感謝指教，謹遵辦理。 |
| 謝課長明星 | |

| | |
|--------------------------------------|-----------------------|
| 1. 如果明年度本計劃續辦，請增加生態工法整治規劃及創新性。 | 感謝指教，謹遵辦理。 |
| 2. 請就現有調查崩塌地資料彙整編製一覽表並以集水區流域圖點繪崩塌地點。 | 感謝指教，已補充於報告書第四章治理對策中。 |
| 3. 書面文字多處錯誤，請加強校正。 | 感謝指教，謹遵辦理。 |

南勢溪遊客體驗調查問卷

問卷編號_____訪員_____訪問時間_____訪問地點_____

親愛的大哥、大姐：

您好！這是一份關於南勢溪遊客體驗，想請教您對南勢溪周圍環境及生態留的一些看法，以下幾個問題，煩請您撥冗回答，提供寶貴意見，以供參考。本問卷採不記名方式進行處理，其結果僅供學術研究之用，並不會透露個人隱私，請安心作答；謝謝您的支持與合作。 敬祝

萬事如意

國立台灣大學環境工程學研究所環境規劃室

聯絡電話：(02) 23660054

一、 遊客習性之調查

- 1-1、請問您到過南勢溪幾次？一次 二次 三次 四次以上
- 1-2、請問您一同前來遊玩的同伴有：1人 1-2人 5-9人 10人以上
- 1-3、請問您使用何種交通工具前來：機車 自用小客車 客運班車
遊覽車
- 1-4、請問您如何得知此旅遊景點的資料：報章雜誌 電視廣播 網路
家人 朋友 旅行社 其它
- 1-5、請問您選擇南勢溪遊玩的原因：風景迷人 交通便利 本地所舉行的活動 旅行社設計的行程 其它

二、 滿意度之調查

- 1-6、請問您是否認為南勢溪是值得遊憩之旅遊地點？
非常同意 同意 尚可 不同意 非常不同意
- 1-7、請問您是否認為南勢溪給人特別的體驗？
非常同意 同意 尚可 不同意 非常不同意

- 1-8、請問您是否認為南勢溪可讓人放鬆心情、紓解壓力？
非常同意 同意 尚可 不同意 非常不同意
- 1-9、請問您是否認為南勢溪周圍環境內之解說標示令人滿意？
非常同意 同意 尚可 不同意 非常不同意
- 1-10、請問您是否認為南勢溪周圍環境內之清潔設施（廁所）令人滿意？
非常同意 同意 尚可 不同意 非常不同意
- 1-11、請問您是否認為南勢溪周圍環境內之停車場空間相當充足？
非常同意 同意 尚可 不同意 非常不同意
- 1-12、請問您是否覺得南勢溪周圍環境內河川或生態已遭破壞？
非常同意 同意 尚可 不同意 非常不同意
- 1-13 請問您覺得是否有再度重遊意願？
非常同意 同意 尚可 不同意 非常不同意
- 1-14 此次生態旅遊的整體滿意度？
非常同意 同意 尚可 不同意 非常不同意

三、個人基本資料

- 1、性別：男 女
- 2、年齡：15歲以下 16至25歲 26至35歲 36至45歲 46至55歲
56歲至65歲 66歲以上
- 3、教育程度：國小以下 國小 國中 高中職 專科 大學
研究所以上
- 4、職業類別：學生 軍公教 工 商 農林漁牧 服務業 自由業
家庭主婦 無 其他 _____
- 5、居住縣市：_____ 縣（市）

==== 問卷到此結束，祝您有美好的生活環境。 ====

參考文獻

1. Chapra, S. C. and K. H. Reckhow, Engineering Approaches for Lake Management Vol. 2 : Mechanistic Modeling, Butterworth Publishers, Woburn, Ma., 1983.
2. Chapra, S. C. and K. H. Reckhow , Engineering Approaches for Lake Management, Vol. 1 : Data Analysis and Empirical Modeling, Butterworth Publishers, Woburn, Ma., 1983.
3. Vollenweider, R. A, “The Scientific Basis of Lake and Stream Eutrophication, with Particular Reference to Phosphorus and Nitrogen as Eutrophication Factors,” Tech. Rep. OECD, DAS/CSI/68.27, 1983.
4. Chen, C. W., “Concepts and Utilities of Ecologic Model,” *J. Sanitary Eng. Div.*, ASCE, pp.1085-1097, Oct., 1970.
5. Di Toro, D. M., D. J. O’Conner, and R. V. Thomann, “A Dynamic Model of the Phytoplankton Population in the Sacramento-San Joaquin Delta,” *Advances in Chemistry*, No. 116, American Chemical Society, pp.131-180, 1971.
6. Kuo, J. T. and J. H. Wu, “A Nutrient Model for a Lake with Time-Variable Volumes,” *Water Science and Technology*, Vol.24, No.6, pp.133-139, 1991.
7. 郭振泰、吳俊宗等，臺灣地區給水水源優養評估法之建立及其優養程度調查(一)、(二)，環保署委託，臺大土木工程研究所執行，民國 79、80 年。
8. 駱尚廉、郭振泰等，湖泊水庫水質改善及優養化評估法之建立和調查(三)、(四)，環保署委託，臺大環境工程研究所執行，民國 81、82 年。
9. Kuo, J. T. and R. V. Thomann, “Phytoplankton Modeling in the Embayments of Lakes”, *Journal of Enviromental Engineering*, ASCE, Vol. 109, No.6, pp.1311-1332, 1983.
10. Markofsky, M. and D. R. P. Harlemln, “Prediction of Water Quality in a Stratified Reservoir”, *J. Hydr. Engineering*, ASCE, May, 1973.
11. Vollenweider, R. A., “Input-Output Models with Special Reference to the Phosphorous Loading Concept in Limnology”, *Hydrol. (Schweiz)*, 1975.

12. Chapra, S.C., "Total Phosphorous Model for Great Lakes", *J. Envir. Eng. Div.*, ASCE, Vol. 103, April, 1977.
13. D. P. Larsen, J. V. Sickle, K.W. Malueng, and P.D. Smith, "The effect of Wastewater Phosphorous Removal on Shagawa Lake, Minnesoda : Phosphorous Supplies, Lake Phosphrous and Chlorophyll-a", *Water Research*, Vol. 13, May, 1979.
14. Orlob, G. T., Model for Stratified Impoundment, Chap. 8, in *Models for Water Quality Management*, A.K. Biswas (ed) McGraw-Hill Book Company, Inc. New Youk, 1981.
15. Kuo, J. T., J. H. Wu, and W. S. Chu, "Water Quality Simulation of Te-chi Reservoir Using Two-Dimensional Models", *Water Science and Technology*, Vol. 30, No.2, 1994, pp.63-72.
16. 郭振泰、龍梧生等，翡翠水庫水質模擬與應用（一），台北翡翠管理局委託，台大土木工程研究所執行，民國 87 年。
17. 郭振泰、龍梧生等，翡翠水庫水質模擬與應用（二），台北翡翠管理局委託，台大土木工程研究所執行，民國 88 年。
18. 郭振泰、龍梧生等，翡翠水庫水質模擬與應用（三），台北翡翠管理局委託，台大土木工程研究所執行，民國 89 年。
19. 李志賢，水庫涵容能力分析，國立成功大學環境工程研究所碩士論文，民國 81 年
20. Thomann, R. V. and J. A. Muller, *Principles of Surface Water Quality Modeling and Control*, Harper & Row, Publishers, New York., 1987.
21. E. M. Buchak and J. E. Edinger, " User Guide for LARM2 ", U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Hydraulics Laboratory, Instruction Report E-82-3, 1982.
22. Eppley, R. W. , 1972. *Temperature and Phytoplankton Growth in the Sea*, Fishery Bulletin. 70(4): 1063-1085.

23. Mortimer, C.H. 1981. "The Oxygen Content of Air Saturated Fresh Waters over Ranges of Temperature and Atmospheric Pressure of Limnological Interest", *International Vereinigung Theoretische and Angewandte Limnologie*, Vol 22,pp2-23.
24. George L. Bowie, William B. Mills et al. (1985), *Rates, Constant, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling(second edition)*, Environmental Research Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency .
25. 吳先琪、王美雪、陳世裕，甘泉計畫(I)水庫水質維護大型計畫-子計畫(三)水庫中磷的質量平衡及控制策略研究(第一年)，行政院環境保護署委託，國立台灣大學環境工程學研究所，民國79年6月。
26. Lawrence A.I., J. Marrsaleh, J. B. Ellis, and B. Urbonas, Stormwater Detention and BMPs, *Journal of Hydraulic Research*, vol.34, 1996.
27. Yu S. L., and R. J. Kaighn, "VODT Manual of Practice for Planning Stormwater Management" Virginia Transportation Research Council and The University of Virginia, Charlottesville, VA, March 1992.
28. 余嘯雷、駱尚廉、郭振泰等(1993)，台灣地區水庫集水區非點源污染控制技術及策略之研究，行政院國家科學委員會委託，台大環工所執行。
29. 林鎮洋、章興儒(2002)，台灣水庫集水區非點源污染調查之回顧與展望，第十五屆環境規劃與管理研討會。
30. 郭振泰、余嘯雷、林鎮洋等(1997)，水庫集水區非點污染源控制手冊及分級分區管理措施之研訂，經濟部水資源局專案研究計劃。
31. 黃建源(2000)，淡水河流域大漢溪、新店溪非點源污染分析調查及整治規劃—板新水源區、翡翠水庫水源區氮磷污染分析、調查及整治規劃，行政院環境保護署委託，美商傑明工程顧問公司執行。
32. 溫清光(1998)，非點源示範計畫，國立成功大學環境工程系。
33. 溫清光(2000)，流域性集水區非點源污染最佳管理示範作業計畫，國立成功

- 大學環境工程系。
34. 台灣省林務局農林航空測量隊 (1976)，「翡翠水庫集水區崩坍地航測調查報告」，台北市政府翡翠水庫水庫管理局。
 35. 李鴻源 (2001)，「南勢溪上游翡翠水庫集水區特性探討之研究」，經濟部水利處北區水資源局。
 36. 林雍富(2002)，「應用 BASINS 模式於非點源污染傳輸之模擬—以霧社水庫為例」，台灣大學土木工程學研究所碩士論文。
 37. 黃宏斌, 1997.06, 坡地土砂災害防治之研究—調節池之水理特性研究, 國立台灣大學水工試驗所研究報告第 266 號。
 38. 黃宏斌, 1998.12, 山坡地沖蝕與水土保持, 政策月刊, 第 41 期, 5-8 頁。
 39. 鄭穎儒, 黃宏斌, 1996.07, 上游河川之行水區規劃研究, 第八屆水利工程研討會論文集, 497-504 頁。
 40. 國立成功大學防災研究中心(2002)，「流域土砂管理模式之研究」，經濟部水利署。
 41. 邱昱嘉 (2003)，「應用 HSPF 模式與銫-137 技術於集水區產砂量推估之研究」，台灣大學土木工程學研究所碩士論文。
 42. 歐陽元淳(2003)，「水庫集水區土壤沖蝕之研究—以石門、翡翠水庫為例」，台灣大學地理環境資源研究所碩士論文。
 43. 陳昭郎、鄭建雄，休閒農場經營策略思考方向之研究，農業經營管理年刊第二期，pp123-144，1996。
 44. 侯錦雄，休閒農業區及休閒農場設施設置範例〈推廣手冊〉，七星農業發展基金會，1999。

45. 謝偉民，休閒農場設立與水土保持相關法規之探討，台灣大學森林所碩士論文，2003。
46. 李永展，生態社區之營造，水資源管理季刊，1999。
47. 張筱苓，社區總體營造之執行評估，地理教育，2000。
48. 中華民國環境綠化協會，環境綠化工作手冊，1992。
49. 王麗容，社區永續發展與國家政策，社會文化學報，pp141~153，1999。
50. 周若男，休閒農業相關法令之規範與作業要點，休閒農業研討會，pp44~76，2002。
51. Sweptherd, A., Sustainable rural development, London : Macmillam Press LTD , 1998。