

雪霸國家公園水文基本資料
建置計畫

雪霸國家公園管理處委託辦理計畫

中華民國 98 年 11 月

雪霸國家公園水文基本資料 建置計畫

受委託者： 國立中興大學水土保持學系
研究主持人： 陳文福
研究生： 黃家慶、陳朝全、吳士杰
研究助理： 黃家慶、陳朝全

雪霸國家公園管理處委託辦理計畫

中華民國 98 年 11 月

摘要

雪霸國家公園位於台灣本島之中北部，屬於高山型國家公園，園區內地形錯綜複雜，景色千變萬化，具有生態、科學、教育、文化、遊憩及經濟等永續經營的價值，於1999年經歷921地震時造成嚴重的土石鬆動，其後歷經艾利等數次颱風侵襲時均發生極嚴重之土石流災害，對園區內之生態環境造成莫大破壞。目前園區內有多處崩塌、道路坍方與水土流失等現象，對本區存有潛在之危險性，在水土災害後之整治或工程修復時苦無水文資料可資利用，特進行本計畫。藉由降雨頻率分析之結果建立了本區之基本水文資料，俾能做為日後有關道路工程、水土保持工程及水利工程設計上有效之依據。

本計畫共分前言、基礎資料蒐集與應用、工作流程與方法、工作成果與結論五章。因期中簡報時處長提出鑒於台灣南部發生八八水災慘重之災難而提出是否可就汶水溪集水區內之土石流潛勢溪流會否對大處處址之安全造成威脅，因而特別針對大處之情形，額外加以整理並編於附錄中以供大處參考。

本計畫所獲得之結論與結論有四：

- 一、雪霸國家公園位處偏遠荒野，以致各水資源及相關單位在實際需求、交通不便性與經費預算有限之考量上，於水文觀測網規劃設站時多未設置於園區內，以致園區內只有4座雨量觀測站，但園區四週目前可供使用之雨量站有15站，本計畫將採用此19座雨量站分析其年最大降雨頻率、一、二及三日暴雨頻率、且使用上述之結果採用GIS結合克利金法匯出各頻率年之等雨量線圖，以方便日後雪霸國家公園在工程構造物設計時能有所依據。

二、以往設計暴雨頻率時，國內多以甘保氏之極端值第一類分佈法與皮爾遜第三類分佈法進行降雨頻率分析，在本計畫中則使用國內外常用之七種頻率分析方法（甘保氏極端值第一類分佈法、對數甘保氏分佈法、皮爾遜第三類分佈法、對數皮爾遜第三類分佈法、皮爾遜第五類分佈法、皮爾遜第六類分佈及對數法）結合專家分析系統與頻率分析程式，分析比較並找出最適合雪霸國家公園之頻率分析方法。結果得知雪霸國家公園內較適當之頻率分析方法為『皮爾遜第三類分佈法』與『對數皮爾遜第三類分佈法』。

三、園區內大假甲溪流域支流之七家灣溪集水區，因未設置雨量觀測站，以致在頻率年設計上將欠缺其正確性，因此本計畫建議七家灣溪集水區內宜增設一個雨量觀測站，以改善全區雨量觀測值之均佈性，並提供較正確之雨量資料以增加水文分析之正確性。

四、台灣因隨著地球暖化，其氣候已益趨異常化，近年來已明顯常發生罕見之極大暴雨量，且有逐年增加之趨勢，以致往年常用之皮爾遜第三類分佈法可能會低估未來台灣之暴雨量。因此建議日後有關本區道路工程、水土保持工程及水利工程設計時之頻率分析方法，宜改採『甘保氏極端值第一類分佈法』，以減免洪流與土石流發生時造成災害。

雪霸國家公園水文基本資料建置計畫

期末報告

目錄

第一章 前言.....	1-1
1-1 計畫緣起.....	1-1
1-2 工作項目及內容.....	1-1
第二章 基礎資料蒐集與應用.....	2-1
2-1 試區概述.....	2-1
2-2 降雨資料.....	2-3
2-3 數值高程模型(DEM).....	2-4
2-4 前人研究.....	2-7
第三章 工作流程與方法.....	3-1
3-1 工作流程.....	3-1
3-2 地理統計分析.....	3-2
3-3 園區水文網站分佈分析.....	3-8
3-4 暴雨頻率年評估.....	3-9
第四章 工作成果.....	4-1
4-1 現地調查.....	4-1
4-1-1 調查區域保全對象.....	4-10
4-2 頻率分析.....	4-12
4-2-1 年雨量分析.....	4-13
4-2-2 分析方法與成果.....	4-13
4-3 日降雨頻率分析.....	4-17
4-3-1 雨量資料之蒐集.....	4-17
4-3-2 分析方法.....	4-19
4-4 工程結構物之設計頻率年.....	4-29
4-4-1 雨量站之選定.....	4-29
4-5 集水區地文資訊分析.....	4-37
4-6 雨量站設置之建議.....	4-42
第五章 結論與建議.....	5-1

參考文獻..... 參-1

附錄-----雪霸國家公園管理處上游土砂環境調查與處址安全性之初步探討..... 附錄-1

一、前言..... 附錄-1

二、調查範圍..... 附錄-1

三、初步調查成果..... 附錄-2

1.河川水理特性分析..... 附錄-2

2.水系特性分佈..... 附錄-2

3.崩塌地調查..... 附錄-3

4.土石流潛勢溪流調查..... 附錄-7

5.初期預估之土砂量..... 附錄-11

6.暴雨頻率年之評估..... 附錄-14

四、結果與討論..... 附錄-15

五、初步結論與建議..... 附錄-19

表目錄

表 2-3-1 三種目前最常用之主要數值地形資料模式的特性比較.....	2-6
表 3-3-1 降水站網之最低密度.....	3-9
表 4-2-1 本計畫區內 18 站之年雨量分析(單位:mm).....	4-13
表 4-3-1 雨量站座標.....	4-18
表 4-3-2 一日暴雨量.....	4-19
表 4-3-3 二日暴雨量.....	4-20
表 4-3-4 三日暴雨量.....	4-21
表 4-4-2 司馬限林道設計暴雨頻率之雨量站.....	4-32
表 4-4-3 大鹿林道東線設計暴雨頻率之雨量站.....	4-32
表 4-4-4 七家灣溪集水區設計暴雨頻率之雨量站.....	4-33
表 4-4-5 可供七家灣溪內插之雨量站.....	4-33
表 4-4-6 Pearson III 各頻率年之一日暴雨量表(單位:mm).....	4-34
表 4-4-7 Log- Pearson III 各頻率年之一日暴雨量表(單位:mm).....	4-34
表 4-4-9 Extreme I 各頻率年之一日暴雨量表(單位:mm).....	4-34
表 4-4-10 Pearson III 各頻率年之二日暴雨量表(單位:mm).....	4-35
表 4-4-11 Log- Pearson III 各頻率年之二日暴雨量表(單位:mm).....	4-35
表 4-4-12 Extreme I 各頻率年之二日暴雨量表(單位:mm).....	4-35
表 4-4-13 Pearson III 各頻率年之三日暴雨量表(單位:mm).....	4-36
表 4-4-14 Log- Pearson III 各頻率年之三日暴雨量表(單位:mm).....	4-36
表 4-4-15 Extreme I 各頻率年之三日暴雨量表(單位:mm).....	4-36
表 4-5-1 本計畫之坡度分析表.....	4-38
表 4-5-2 本計畫之坡向分析表.....	4-38

圖目錄

圖 2-1 本計畫範圍內之水系分佈圖	2-2
圖 2-4 地理資訊與空間決策之關聯(資料來源：周天穎，2003)	2-11
圖 3-1-1 本計畫之工作流程圖	3-1
圖 3-2-1 典型半變異圖 (林裕彬，2001)	3-5
圖 3-2-2 球型模式變異圖分佈 (林裕彬，2001)	3-6
圖 3-2-3 指數模式變異圖分佈 (林裕彬，2001)	3-6
圖 3-2-4 高斯模式變異圖分佈 (林裕彬，2001)	3-7
圖 3-2-5 樣本點分佈圖 (林裕彬，2001)	3-7
圖 3-5 保全對象與集水區分佈圖	3-15
照片 4-1-1 司馬限林道道路上邊坡蛇籠護岸工程(攝:2009 年 7 月).....	4-1
照片 4-1-2 司馬限林道道路上邊坡蛇籠護岸工程(攝:2009 年 7 月).....	4-2
照片 4-1-3 司馬限林道道路崩塌情形(攝:2009 年 7 月).....	4-2
照片 4-1-4 觀霧地區大鹿林道東線步道現況(攝:2009 年 7 月).....	4-3
照片 4-1-5 大鹿林道東線道路邊坡崩塌情形之一(攝:2009 年 8 月).....	4-4
照片 4-1-6 大鹿林道東線道路邊坡崩塌情形之二(攝:2009 年 8 月).....	4-4
照片 4-1-7 大鹿林道東線道路邊坡崩塌情形之三(攝:2009 年 8 月).....	4-5
照片 4-1-8 大鹿林道東線道路邊坡崩塌情形之四(攝:2009 年 8 月).....	4-5
照片 4-1-9 七家灣溪沿岸自然生態情形(攝:2009 年 9 月).....	4-6
照片 4-1-10 雪霸國家公園武陵遊客中心一景(攝:2009 年 9 月).....	4-7
照片 4-1-11 雪霸國家公園武陵管理站一景(攝:2009 年 9 月).....	4-7
照片 4-1-12 台灣櫻花鉤吻鮭生態中心一景(攝:2009 年 9 月).....	4-8
照片 4-1-13 登山口服務處一景(攝:2009 年 9 月).....	4-8
照片 4-1-14 七家灣溪沿岸之崩塌地情形(攝:2009 年 9 月).....	4-9
照片 4-1-15 七家灣溪部分蛇籠護岸情形(攝:2009 年 9 月).....	4-9
圖 4-1-1 司馬限林道與大鹿林道東線位置分佈圖	4-10
圖 4-1-1-2 七家灣溪保全範圍分佈圖	4-11
圖 4-2 分析示意圖	4-12
圖 4-2-1 雪霸國家公園之 25 年等雨量線圖	4-14
圖 4-2-2 雪霸國家公園之 50 年等雨量線圖	4-15
圖 4-2-3 雪霸國家公園之 100 年等雨量線圖	4-16
圖 4-3-1 日降雨頻率分析圖	4-17
圖 4-3-2 雪霸國家公園內外雨量站之分佈圖	4-18
圖 4-3-3 分析步驟圖	4-19
圖 4-3-4 5 年頻率之一日暴雨量	4-21

圖 4-3-5	10 年頻率之一日暴雨量	4-22
圖 4-3-6	20 年頻率之一日暴雨量	4-22
圖 4-3-7	50 年頻率之一日暴雨量	4-23
圖 4-3-8	100 年頻率之一日暴雨量	4-23
圖 4-3-9	5 年頻率之二日暴雨量	4-24
圖 4-3-10	10 年頻率之二日暴雨量	4-24
圖 4-3-11	20 年頻率之二日暴雨量	4-25
圖 4-3-12	50 年頻率之二日暴雨量	4-25
圖 4-3-13	100 年頻率之二日暴雨量	4-26
圖 4-3-14	5 年頻率之三日暴雨量	4-26
圖 4-3-15	10 年頻率之三日暴雨量	4-27
圖 4-3-16	20 年頻率之三日暴雨量	4-27
圖 4-3-17	50 年頻率之三日暴雨量	4-28
圖 4-3-18	100 年頻率之三日暴雨量	4-28
圖 4-4-1	雪霸國家公園內之集水區分佈圖	4-30
圖 4-4-2	設計暴雨選擇頻率之流程	4-31
圖 4-5-1	地形分析之流程圖	4-37
圖 4-5-2	雪霸國家公園之立體展示圖	4-38
圖 4-5-3	雪霸國家公園範圍內之高程分佈圖	4-39
圖 4-5-4	雪霸國家公園範圍內之坡級分佈圖	4-40
圖 4-5-6	雪霸國家公園範圍內之坡向分類圖	4-41
圖 4-6-1	雪霸國家公園內可供使用之雨量站位置圖	4-43
圖 4-6-2	七家灣溪集水區之立體圖	4-43
圖 4-6-3	登山口入口處位置圖	4-44
圖 4-6-4	七家灣溪集水區內雨量站設置之建議地點	4-44

第一章 前言

國立中興大學『農業暨自然資源學院水土保持學系』依據『雪霸國家公園水文資料建置計畫』（以下簡稱本計畫）合約之規定依序闡述計畫目的、工作範圍及項目。

1-1 計畫緣起

國家公園多位處於偏遠荒野，以往各水資源及相關單位在實際需求、交通不便性與經費預算之考量上，在水文觀測網規劃設站時，多未有水位流量站與降雨觀測站之設置。以致雪霸國家公園在規劃雪霸國家公園武陵、觀霧及雪見地區之水土保持相關設施設計時，為避免道路及邊坡於颱風豪雨來襲時造成路基流失及邊坡坍塌等次像所產生之種種問題，在無既有降雨量及逕流量資料可資引用之情形下倍感困擾。

為建置『合理可用之水文資料』及『方便進行工程規劃與量體設計時之水理分析』，謹編列本「水文基本資料建置計畫」，期能依據學理與實務性之需求而建立本處之基本水文資料，以為日後各項水土保持、水利與道路等工程設計之參考，並盡可能使得區內各項工程構造物與其保全對象之安全獲得確保。

1-2 工作項目及內容

依據本案採購之說明，本計畫範圍為整個雪霸國家公園，園區內橫跨苗栗、新竹及台中三縣，計畫範圍如圖 1-1 所示。

工作項目依據採購說明中之規定，有以下幾項：

- 一、由空間資訊之分析以瞭解本園區內外相關水文網站分佈情形，並對園區內提出設站之建議。

- 二、針對園區內各主要保全對象及重要工程構造物所需之基本水文資料進行合成。
- 三、進行本研究區內降雨量之頻率分析，並依據我國工程界常用之頻率分析方法及各相關法規中之規定進行比較，並訂定各頻率年之水文量。

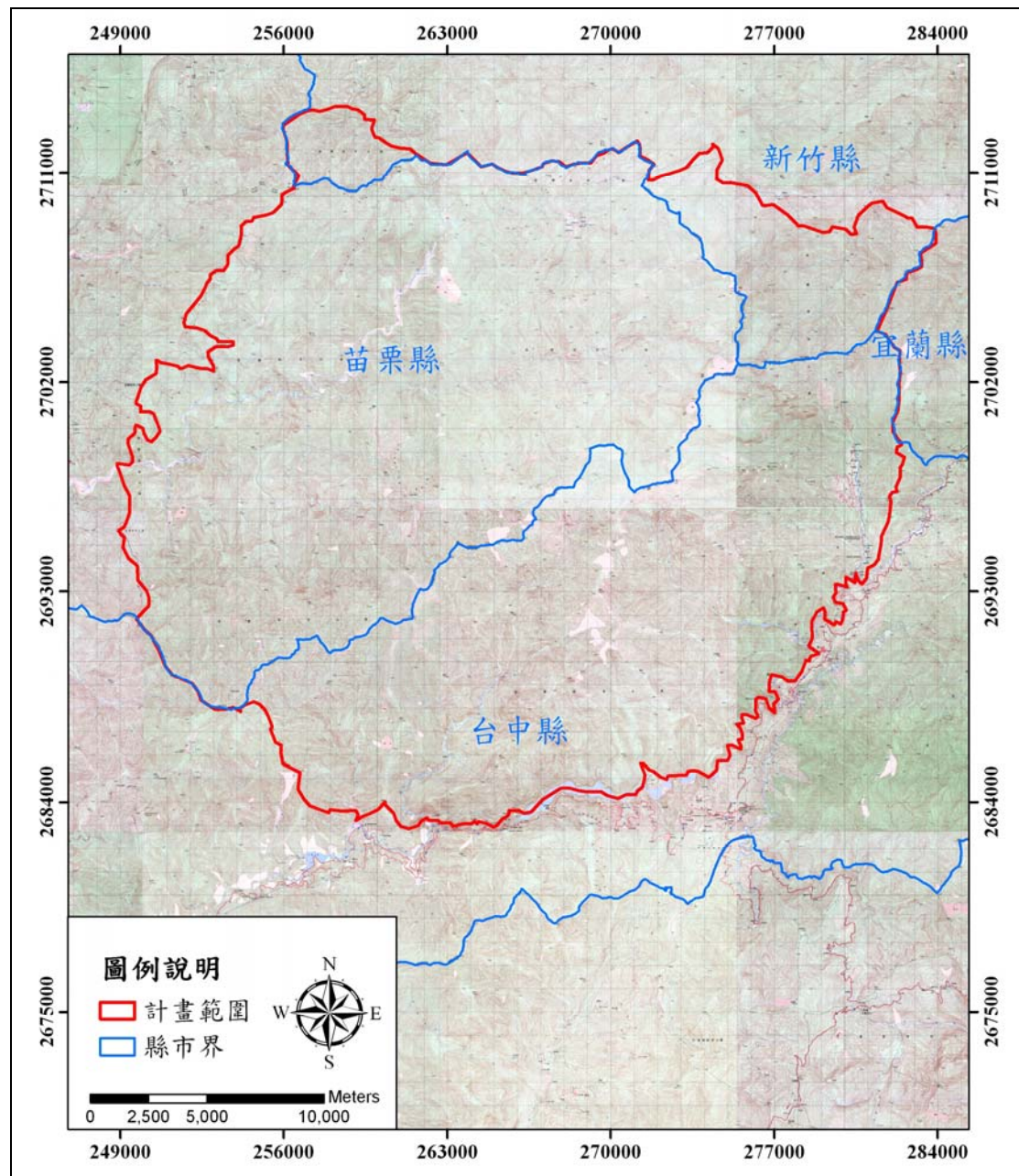


圖 1-1 本計畫之範圍圖

第二章 基礎資料蒐集與應用

本章依據本計畫委託專業服務採購說明之規定，先對本區之概況進行調查，並蒐集中央氣象局降雨資料、數值高程模型，以及相關前人研究，作為後續工作及採用方法之參據。

2-1 試區概述

雪霸國家公園於1992年7月1日成立，是台灣第五座國家公園，位於台灣中北部，屬高山型國家公園。園區以雪山山脈為主軸，範圍涵括了新竹縣之五峰鄉和尖石鄉、苗栗縣之泰安鄉、及台中縣之和平鄉共4個鄉，總面積達76,850公頃。園區內之地形錯綜複雜，景色氣象萬千，高峰溪流景觀更是雄偉壯麗，同時蘊涵完整豐富的動植物及人文資源，是一個可進行深度旅遊、寓教於樂的大自然戶外教室。

雪霸國家公園東自邊古巖山起，向南經喀拉業山、羅葉尾山、武佐野群山至大甲溪谷。南沿大甲溪而下，至志樂溪會合處沿陵線經宇羅尾山至三錐山。西自三錐山起向北，經小雪山、南坑山、盡尾山、東洗水山、北坑山接樂山。北自樂山起向東，經觀霧、高嶺、境界山、南馬洋山至邊古巖山。

雪霸國家公園地形以高山及河谷為主。全區高山林立、如大霸尖山、武陵四秀(品田山、池有山、喀拉業山、桃山)、雪山、志佳陽大山、大劍山、頭鷹山、大雪山等高度均在3,000公尺以上，其中雪山為雪山山脈最高峰，是台灣第二高峰。而大霸尖山素有「世紀奇峰」之稱，山容壯麗。其他的地形景觀如大甲溪之峽谷地形、佳陽之沖積扇與河階地形、環山地區之環流丘地形、德基地區之肩狀平坦陵地形、河川襲奪等，園區內水系分佈詳如圖2-1。



圖2-1 本計畫範圍內之水系分佈圖

雪霸國家公園內之遊憩區主要有雪見、觀霧及武陵三區，在交通方面，雪見及觀霧遊憩區主要都以開車為主，武陵遊憩區則有易遊網彩繪巴士及豐原客運可搭乘，茲將欲往各遊憩區之路徑分別詳述如下：

(一)雪見遊憩區可由國道1號高速公路下苗栗交流道接台72號快速道路，或經台6、台3線經汶水雪霸國家公園管理處進入大湖，再沿苗61線經中興檢查哨接司馬限林道經二本松進入雪見遊憩區，行程約35公里。

(二)觀霧遊憩區可行駛國道三號高速公路，於竹林交流道下後往竹東方向前進，接新竹縣122縣道，經五峰往清泉至土場後前行大鹿林道主線至觀霧。另由國道一號中山高速公路新竹公道五交流道，銜接台68線東西向快速道路可快速到達竹東接竹縣122縣道，行程約60公里。

(三)武陵遊憩區除了搭大眾交通運輸外，自行開車前往之路線有三條：

- 1.先發從台中公路經南投、草屯、埔里、霧社、合歡山、大禹嶺、梨山接中橫公路宜蘭支線至武陵。
- 2.從宜蘭或羅東車行中橫公路宜蘭支線，經南山、思源啞口至武陵。
- 3.從花蓮行經中部橫貫公路經過天祥、洛韶、大禹嶺、梨山，接中橫公路宜蘭支線至武陵。

2-2 降雨資料

依中央氣象局現有氣象站之資料顯示，雪霸國家公園內無相關水文測站分佈，但台灣電力公司與水利署有靠近雪霸國家公園的雨量站，因此本計畫中所使用上述單位之雨量站資料，共計蒐集20個雨量

站之資料，且蒐集個各雨量站所有年代之雨量資料進行統計。

2-3 數值高程模型(DEM)

地理資料是空間資料的一環而地圖為最常見之地理資料，係由點、線、面三種圖徵(features)所組成。其資料格式，有向量式(Vector)及網格式(Raster)。採用網格式的DEM 資料作數值地貌分析，為最適用於大範圍區域性之地理研究。

一、數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM)

DTM 是指所有關於地形表面的數值表現及描述(Carter,1988)，其中的矩形網格由於演算法容易設計，且容易與同為網格式之航遙測資料相結合，故為現今最流行的資料格式；Burrough(1986)所提出僅包含高度資料之陣列稱為DEM(Digital Elevation Model, DEM)已被廣泛使用於地形分析之工作中。

DTM 和DEM 的概念常易混淆。DEM 僅含有X 座標、Y 座標、Z 高程值，而利用高程值進行所要之分析與應用。DTM 則除了高程以外，還隱含著地形與地表上景觀的屬性資料及地表高度，如水系、流域或山谷等他項資訊，目前使用較廣泛的是DEM；台灣地區所使用的亦都為DEM資料(周天穎，2000)。

隨著電腦繪圖及分析技術不斷地進步，利用DTM 以數值方法從事環境模擬或環境分析的研究已經變得非常熱門。然而利用DEM 所產生的地形特徵參數是否合理或有效，在不同解析度的網格資料下，是否能穩定且符合各類研究者的需求以及以這些參數析取的方法與以往使用於地勢分析所量度的結果是否吻合等疑問卻一直懸而未決(Martz等, 1995；Zhang等, 1994)。

DEM 的生產方式有三種：

(一)以航空測量法與遙感探測技術，靠雙眼立體視覺，從立體製圖儀

的共軛立體像對上直接算出高程。

(二)應用大比例尺的像片基本圖上的等高線資料，須先由人工數化等高線，再由ARC/INFO 軟體轉換成DEM。

(三)由野外調查與測量之結果以製作DEM。

二、數值地形資料格式

目前最常用的數值高程模型(DEM)有：規則方格網格(Regular Rectangular Grid)、不規則三角網(Triangulated Irregular Network, TIN)及數值等高線(Digital Contour Line)。前兩者屬於點模式，後者屬於線模式。它們都是以有限之樣本點來表現地表之空間特性，網格越大，資料之解析度越差，抽樣點也就越少。反之，解析度越高的數值地形模型，越能表現真實地表起伏狀態。三者間的差異可由表2-3-1了解，茲將其特性分述如下：

(一)規則網點(Regular Grid)

沿著一組垂直正交的網格上，量取每一網格交點上的高度，點與點間的距離就是資料解析度的大小。沿著固定距離登錄地面高度，形成一規則矩陣的高程資料結構。但此種抽樣紀錄的方式，在地形崎嶇的地方容易忽略重要的地形特徵，在平地則容易造成資料的累贅(賴進貴，1994)。

(二)不規則三角網(Triangulated Irregular Network)

以鄰近點所圍成的三角面代表地形之起伏，它包含節點(node)、線段(segment)和面(face)。節點在空間位置上呈現不規則的形狀，可能在山谷、稜線或邊坡轉折的地方，線也在同一地方，因此可以表現地形架構的脈絡。根據不同的地形複雜度作為樣本點的取捨。這樣的樣本點應最具彈性及合理性。以原始的DTM資料為基礎，比較由DTM轉出的TIN在資料量及坡度、坡向、高度的準確度，TIN在資

料儲存的精簡性非必然，對於坡度、坡向、高度量測的精準性則持保留態度(賴進貴，1994)。

(三)數值等高線(Digital Contour Line)

數值等高線是由一連串的離散點所組成，與傳統類比式的連續曲線的等高線地圖不同。等高線是以垂直地面固定高度來紀錄，當某一地的高差小於一個等高線的間距時，則此點不會被登錄，不論水平方向的起伏有多長(賴進貴，1994)。

表 2-3-1 三種目前最常用之主要數值地形資料模式的特性比較

資料特性 模式	規則方格網格 DEM (Rectangular Grid DEM)	不規則三角網 (TIN)	數值等高線 (Digital Contour)
資料模式	沿一組垂直正交的網格上，量取每一網格交點上的高度，點與點間的距離即為資料的解析度。	以鄰近點所組成的三角面來代表地形起伏，包含節點 (node)、線段 (segment)、面(face)。	由一連串離散點 X, Y 座標值加上它們的高度值) 來表現地形。非地形圖上類比式的連續曲線。
抽樣方法	沿固定平面距離取樣，並記錄地面高度。	依地面複雜度作樣本點的取捨，取特殊地形點。	以垂直地面方向固定高差取樣。
資料量	在開頭紀錄 X、Y 值為其起始點，而後各點僅記錄 Z 值即可。	先要記錄各點的 X、Y、Z 值，再記錄各點間連結關係，node 資料必存，但 segment 與 triangle 為互補，可選一儲存。	一條線由一連串點所組成，以 VIPs(Very Important Points)表示一線，記錄每點的 X、Y 值，而在線之端點記錄 Z 值。
資料生產其難易度	產生的方法最容易。可從立體像對之航照測量數位值經由電腦自動產生。	產生方法最困難。無法自動生產，須由現成 DEM 轉檔或是野外實測產生 (成本高)。	產生難易度中等。不能由電腦自動產生。
資料供應	台灣全區為 40m×40m (基隆市、台北市、台中市為 4m×4m)；美國全國 30m×30m。	台灣與美國目前沒有權責單位負責生產及供應。	台灣目前沒有專司生產該資料的單位；美國 USGS 於 1983 年開始生產與發行。
分析、地形量度之難易	最簡單。 點與點之間的相對位置明確記錄在矩陣型資料結構中，方便從事地形分析。	難易中等。 其演算法複雜，運算也較慢，不如 DEM 地形分析之功能多且普遍。	最困難。 相鄰關係不能直接呈現在資料庫中，造成資料查詢及分析的不便，目前沒有現成之 GIS 軟體採用此資料作為地形分析。

資料 特性 模式	規則方格網格 DEM (Rectangular Grid DEM)	不規則三角網 (TIN)	數值等高線 (Digital Contour)
應用實例	「數值高程模型之地形複雜度量度指標研究」採用此方法計算坡度。	工研院曾數化台北市山坡地 1/5,000 像片基本圖上之等高線，以計算不規則三角網的坡度。	坵塊法

(資料來源：整理自許秋玲，2002)

2-4 前人研究

(一)GIS 相關之研究

地圖是圖形資料中的一環，自遠古時代起，地圖一直是描述地球表面空間事物的工具，這對於人類的指引與貢獻不可忽視。然而隨著科技的進步，資訊的交流與傳遞突飛猛進，人類在地球表面的活動愈顯複雜與廣泛，對於地圖的意義與展現則更加要求完美。為使地圖上每一個點、線及面的表現都可加以控制與操作，人類利用智慧創造了地圖的新生命，地理資訊系統則是這些智慧運用下的產物。

地理資訊系統(GIS)為結合地理資訊與科技的一門新興學科，除了對地圖製作有助益外，更將真實世界(real world)的資料相連結，可改善各項空間事物與提升環境資源的使用效率(efficiency)與效果(effectiveness)。所謂地理資訊，廣義而言，泛指地表上下可見特徵及解釋空間特徵的現象(phenomena)或事件(incidents)。GIS 能有效地進行空間資訊的擷取、儲存、管理、分析、展示等，並可依特殊用途與其他資料相連結，包含防災科技、行動及通訊科技、衛星科技、電腦製圖、航(遙)測及資料庫管理系統等技術，可改善各項空間事物與提升環境資源的使用效率與效果。由圖 2-4 可以說明 GIS、空間特徵與決策的關係；利用各項技術，將真實世界的現象與事件簡化，並將資料蒐集與整理後，帶入電腦分析，以輔助決策之判定(周天穎，2003)。

近年來數值高程模型(Digital Elevation Model, DEM)在測量、製圖、軍事與資源探測上應用日益廣泛。隨著近鄰分析(neighborhood analysis) 的廣泛發展與運用，各種數值水系、坡度、坡向、坡形、山脊、谷地、河流，都可以網格萃取方式產生(Gradner 等, 1990)。

1. 宋文彬(2006)指出，面積約 1~2 公頃之山坡地利用 DEM 資料及數位地籍圖求出每個地籍丘塊之平均坡度，並與目前人工作業方式所得之山坡地可利用限度所查定之坡度成果比較，其差異並不大，吻合度高，應可代替人工查定之坡度判別。
2. 陳志彰(2005)應用地理資訊系統的分析技術結合遙測影像以強化判定，並用來分析南投縣竹山鎮圓山段山坡地查定及土地利用合理性之評估，並利用 U/L ratio 評估法評估土地開發狀況之合理性。
3. 李偉銘(2006)以山坡地土地之基本特性，作為土地條件的評估因子，利用 U/L ratio 之土地利用適切性評估法為依據，利用地理資訊系統篩選出過度開發的土地，之後利用優化分析技巧，擬定最適化的土地管理方案。
4. 林家榮(2003)在「危險指標應用於屏東縣集水區分級分區之研究」中，運用地理資訊系統為工具，由災害的觀點分析影響崩塌之相關因子，包含地質、道路遠近、溪流遠近、斷層遠近、高程、坡度及坡向等計算其潛勢崩塌指標，可作為集水區分級分區的依據。
5. 彭秋蘭(2003)在「林地適宜性分析之研究-以荖濃溪事業區為例」中，以數值高程模型(DEM)資料推導 7 種地文資料，包括海拔高、坡度、坡向、全天光空域及水分梯度…等，配合成 17 種地文、土壤、植生及交通狀態等變數，作為林地分類之影響變

數。文中指出，台灣林業的經營由最早之木材利用為主的法正林經營，轉移到以多資源利用之多目標經營，近年來則以生態原則為基礎，以達成林業永續經營為目標。

6. 陳聰慶(2004)在「坡度萃取方式對山坡地解編區位的探討-以台中縣龍井鄉為例」中，應用不同網格大小的 DEM 資料，萃取坵塊坡度，研判對辦理解編山坡地的地形判定的影響。
7. 李宗穎(2003)在「地理資訊系統在植栽查詢上之應用」中，以所建立的植栽資料庫與地理資料庫串連，開發出可從各項植物生長之屬性資料，查詢符合使用者需求植栽之查詢功能，也可以從規劃基地所在位置，查詢適合生長於該地的植栽，可輔助使用者在植栽設計上決策的依據。
8. 吳鈞堂等(2005)在「GIS 技術應用於公路規劃設計可行性初步探討」中，以利用國土資訊系統所建置之資料庫，迅速取得空間決策的正確參考依據，以 DEM 資料結合數值圖庫應用系統及逕為分割圖形處理系統，來辦理用地分割測量工作，可有效提昇土地徵收作業之執行效率與品質。
9. 孫志鴻(1992)指出，地理資訊庫空間資料的展示及查詢是最常被使用的功能，一幅 GIS 地圖所能傳達的資料量，效率與功能遠超過語言與文字所提供。GIS 所產生的向量式資料檔對於繪製土地利用、地籍、道路、地形、地質及水系等精確度較高之圖層相當適用，因此近年來普遍被應用於區域土地使用及各種模式之分析。
10. 林昭遠等(1999)以數值地形模型為材料，從流向觀念切入，利用 C 語言發展出 Overlap Mapping 3.0 軟體，萃取集水區稜線與水系，提供其各種屬性資料之計算與查詢。

(二)降雨-逕流分析

早期於無水文紀錄集水區中推求洪峰流量，以合理化公式(Rational formula)為最具代表性。合理化公式於 1850 年代起，於愛爾蘭即已有使用之紀錄，1889 年由 Kuichling 於美國正式發表，主要利用降雨強度超過土壤飽和入滲量時造成地表逕流之觀念所推導而出的計算公式，假設一穩定均勻降雨強度將造成集水區出口(及集流點)點之逕流於降雨集流時間(Time of concentration ; t_c)達到最大流量，為一種簡單型之線性關係，簡化了集水區內複雜之降雨與逕流之關係。因其歷史悠久且被廣泛使用，長久以來一直被工程界廣泛使用於小集水區洪峰流量之估算。合理化公式被廣泛使用之原因主要係因其具有簡單性並富有彈性，故可用於推估簡易型逕流歷線(Wanielista 等, 1997)，惟其缺點為在大面積時常高估洪峰流量(Bedient 等, P. B. and W. C. Huber, 2002)。

楊德良等(1989)曾利用合理化公式推求德基水庫集水區各次集水區之設計流量，以提供德基水庫集水區治理規劃研究工作中，相關工程規劃設計之參考應用。孟中杰(2001)指出，合理化公式是指降雨延時大於或等於集流時間，集水區發生最大流量之情況，亦即為運動波理論所推求之平衡流量。因此對於面積甚小之中、上游集水區，若能配合適宜之集流時間公式，應用合理化公式以推求集水區之尖峰設計流量，更能與現況相符。

(三)集水區地文水文資訊分析

集水區地文資訊是分析流域特性的重要因子，且流域內之水文現象與諸地文因子有密切關係，此類地文因子包括流域面積、坡度、形狀、方位、主要河川長度、流域之逕流集流時間、地面覆蓋情形、生態特性及岩石地質情況等(王如意等、易任，2001)，所以大部分的

水文因子也會受到地文因子的影響，如降雨與蒸發散量的空間分佈，與高程及坡向有密切關係，泥沙沖蝕量與波長、坡度及坡面位置等有關、逕流量與流域面積、河川長度、坡度及水系分佈皆有關係(劉治中，1993)。Tarboton 等(1989)即利用空間統計方法探討河川碎形維度與集水區坡度、面積之關係。魏新洵等(1991)以流路樹之概念，結合數值高程模型(DEM)資料與集水區分佈模式，建立集水區地文資料庫。呂建華等(1993)利用 DEM 資料，配合水文分析理論以推求集水區之集流時間。呂建華等(1996)利用地理資訊系統之空間分析功能，配合 DEM 資料，計算集水區之地文與水文因子，作為集水區規劃上之需求。

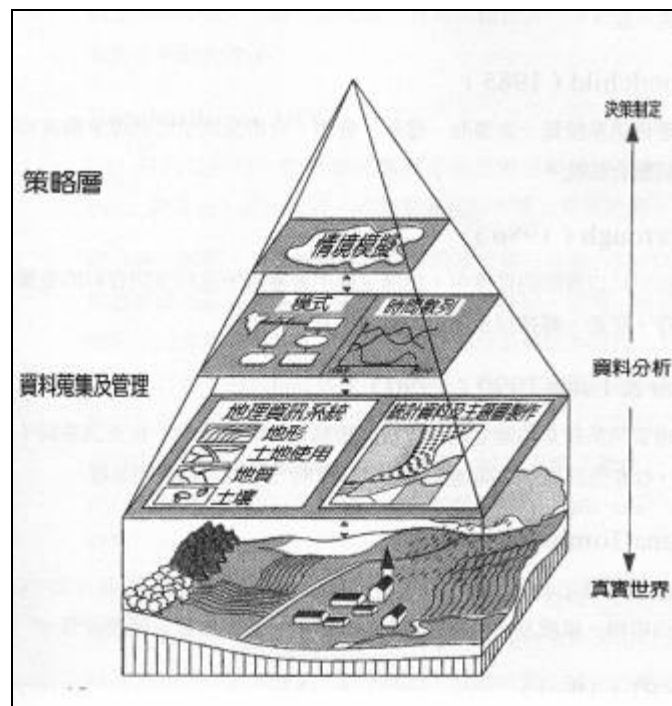


圖2-4 地理資訊與空間決策之關聯(資料來源：周天穎，2003)

第三章 工作流程與方法

本計畫旨在針對計畫區內之降雨量資料進行七種方法之頻率分析並進行比較，依據各相關法規之規定，以防災位置點訂定合理各頻率年的水文量。另針對計畫區內各主要保全對象及重要工程構造物所需之基本水文資料進行合成，最後依空間資訊之分析以瞭解本園區內外相關水文網站分佈情形，並對本計畫區內之範圍提出增設雨量觀測站之建議，茲將本章之工作流程與研究方法分述如下：

3-1 工作流程

本系依據採購說明中規定之工作項目，及本研究團隊相關之工作經驗，擬定相關之工作執行流程，如圖 3-1-1 所示。先蒐集本區相關基本資料與基本圖資，以徹底了解本區之情況，再依照相關之工作項目進行相關之調查與分析，最後將成果做一展示，請貴單位審核。

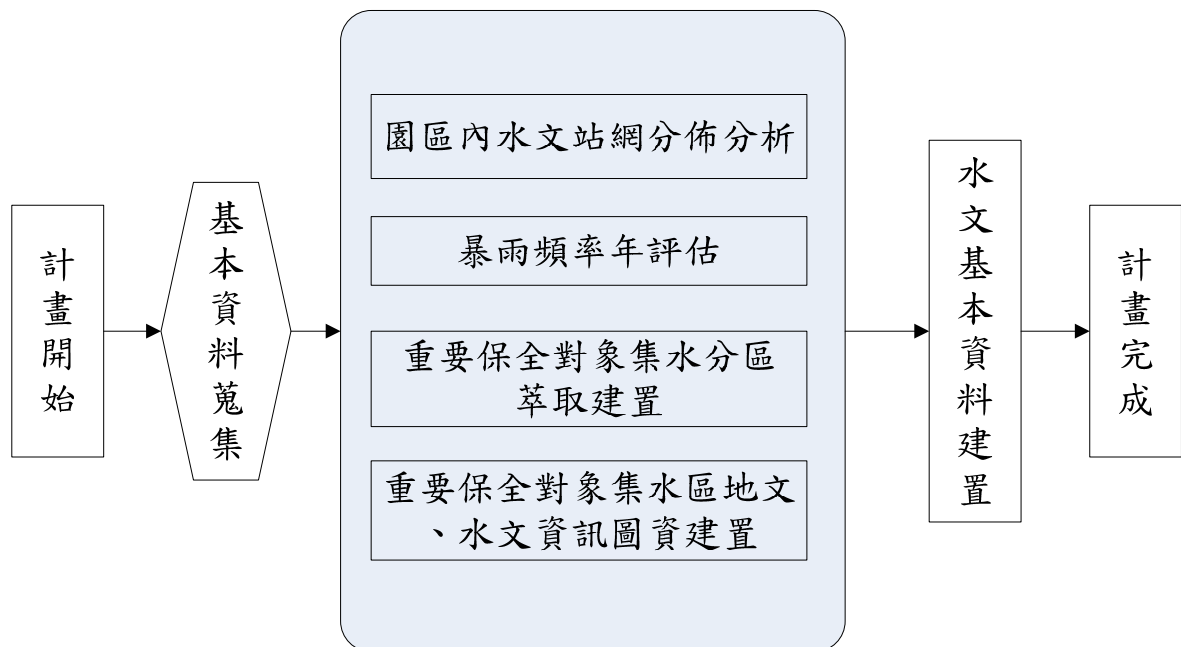


圖 3-1-1 本計畫之工作流程圖

3-2 地理統計分析

地理統計已廣泛地被應用於各領域的空間資料分析，涵蓋了地質、礦業、氣象、水文、土壤、環境、生態和流行病學等。地理統計發展之初之主要目的是在一區域內，以少數樣本點的資料，依據資料的空間變異結構，估算出完整的空間分佈。其概念最早是由南非礦業工程師 Daniel G. Krige 和 Herbert Sichel 為探勘威瓦特斯雷德 (Witwatersrand) 地區的金礦所提出的。法國數學家 Georges Matheron 在研讀過 Krige 的研究論文後，發現了地理統計的應用性與發展性；之後便提出區域化變數理論 (the theory of regionalized variables)，成為現今地理統計的理論基礎。地理統計的核心概念是利用變異圖 (variogram) 來描述資料的空間相關性，並經由變異圖所展現的空間結構模式對未採樣位置做最佳線性無偏的估計，為紀念克利格對礦業發展的貢獻，馬斯龍又將這個估計方法稱為克利金 (kriging) 法。

地理統計在分析空間資料所具有的獨特優勢，李達源等 (2003) 近來將地理統計技術應用於污染場址的調查與界定。由於污染物分佈的變異性大，造成變異的來源不易掌握，並非單靠傳統統計技術能予以解釋分析。地理統計分析空間變異的基本概念在於變異大小與距離遠近的關係，能正確可靠分析無法釐清變異來源和明確效應的空間資料。張尊國等 (1996) 亦利用地理統計方法與地理資訊系統鑑識土壤中金屬污染之空間分佈；柯木峰 (1998) 則利用克利金插值法推估地下水位之分布，並使用地理資訊系統的優異空間整合能力來展示與建置相關地下水資訊系統，使其成為該系統內之一模組化工具，以輔助地下水管理與相關決策支援。主要將台北盆地現有之 107 口中，具有 UTM 座標之 56 口觀測井，以其歷年來之水位資料進行克利金插值分析研究，並就其推估之面分布資訊分析其盆地內之地下水水位變化狀

況與其原因作一探討。研究中並就克利金法之五種半變異元的推估結果比較，結果顯示，除高斯法在此研究結果稍差外，球型、圓型、指數型與線型的推估結果皆相當接近，經由交叉驗證法的驗證，此四種模式都得到良好的結果。

林淑玲（2002）蒐集 1971~1999 年侵襲台灣之颱風降雨資料，探討颱風強度、颱風路徑及地形因素與降雨量及降雨強度之關係，利用多元線性迴歸的方法，進行宜蘭地區颱風路徑降雨推估模式之建立。並以區域化變數理論「聯合克利金」（Cokriging）地理統計法作出考慮高程、坡度及坡向之宜蘭地區歷年各路徑颱風最大降雨空間分布圖，期能了解宜蘭地區颱風降雨與地形及空間之分布特性。結果顯示以北端之福山、太平山及位於東南方的樟林附近為本區域降雨量較多的地方；在降雨強度方面，以福山及位於東南方的樟林、新寮及大濁水一帶屬強雨區。經迴歸分析檢定，以高程及颱風中心最大風速為各路徑颱風迴歸模式中影響降雨最大之因子，配合區域化變數理論補充克利金地理統計法推估宜蘭地區歷年各路徑颱風最大降雨量分布圖，更能表現宜蘭地區降雨與地形及空間分布之情形。

地理統計為分析空間隨機變數（spatial random variable）方法之一，其以區域化變數理論為基礎，利用變異圖進行資料結構分析而得到區域化變數之空間自相關（spatial autocorrelation）。地理統計並以變異圖或半變異圖（variogram or semi-variogram）表現資料之空間變異程度，而變異圖之決定並為地理統計的首要，再根據變異圖所表現的空間資料相關程度進行最佳線性無偏估計（Best Linear Unbiased Estimate），並且符合下列之假設（林裕彬，2001）：

一、二階定常性（Second-order Stationary）：

若一隨機變量域之平均值、變異數及共變異數滿足下列條件，稱

為二階定常性。

$$\text{平均值：} E[Z(x)] = m \quad m \text{ 為常數}$$

$$\text{變異數：} \text{Var}[Z(x)] = \sigma^2 \quad \sigma^2 \text{ 為常數}$$

$$\text{共變異數：} C(x+h, x) = (x+h-x) = C(h)$$

式中 h 為點 $x+h$ 及 x 之距離，表示空間中任意兩點之共變異數與絕對位置無關，只與相對距離有關。

二、內在假設 (Intrinsic Hypothesis)：

若 $Z(x+h)-Z(x)$ 為一階差值之一隨機變量域，且其平均值及變異數為定常性，稱為內在假設，及滿足下列 2 式。

$$E[Z(x+h) - Z(x)] = m(h)$$

$$\text{Var}[Z(x+h) - Z(x)] = E[Z(x+h) - Z(x)]^2 = 2\gamma(h)$$

式中 $\gamma(h)$ 為變異圖或半變異圖，變異圖之決定為地理統計分析之第一個重要步驟，其算式如下：

$$r(h) = 0.5E[(Z(x+h)-Z(x))^2]$$

式中， $Z(x)$ = x 在點 x 之觀測值， $Z(x+h)$ = 在點 $x+h$ 之觀測值， h = 點 x 與點 $x+h$ 之距離。

而一般典型變異圖具有 3 個重要之參數 (圖 3-2-1)，分別為 1. 閾值 (Sill)；2. 影響範圍 (Range)；3. 碎塊效應 (Nugget Effect)。 $\gamma(h)$ 最後會逼近一定值，此值稱為閾值，此時距離稱為影響範圍，表示在此範圍外資料之間無相關性。另一特徵是圖形在半變異數軸的截距，稱為碎塊效應，產生的原因可能是小距離發生在小採樣間格內的變異或是觀測值之實驗誤差。以半變異數與距離為座標軸所繪之散佈圖，稱為實驗變異圖 (Experimental Variogram)，其算式如下：

$$\gamma(h) = (1/2N(h)) \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i+h)]^2$$

式中， $N(h)$ = 配對數， h = 平均距離。

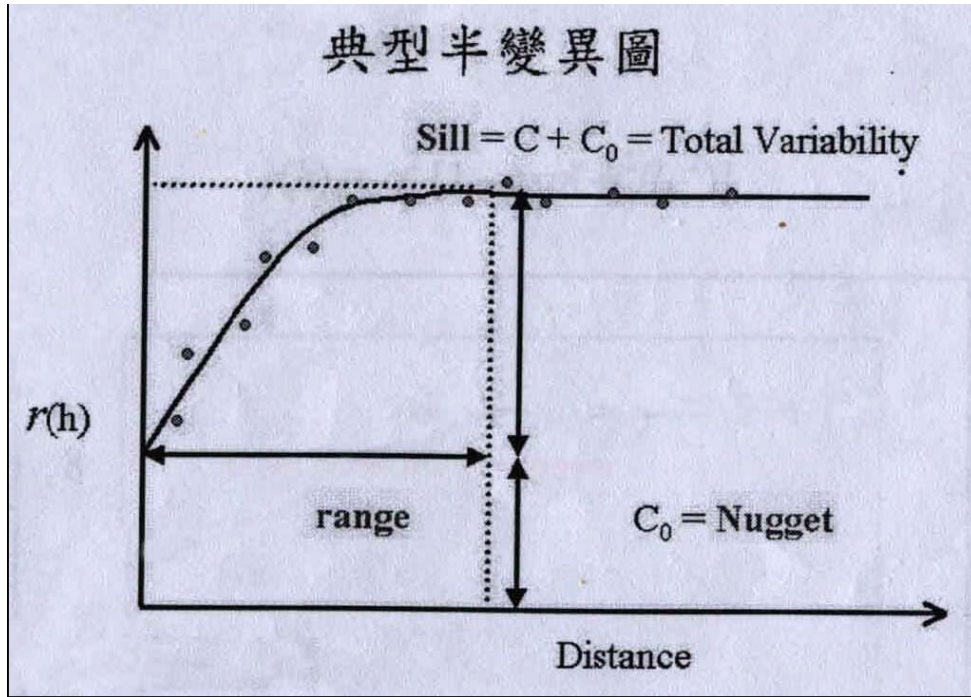


圖 3-2-1 典型半變異圖 (林裕彬, 2001)

一般克利金的推估特性： $Z^*(x_0) = \sum_i \lambda_{i0} z(x_i)$ ，式中 $Z^*(x_0)$ = 在點 x_i 之觀測值； λ_{i0} = 推估 $Z(x_0)$ 之 $Z(x_i)$ 克利金權重，且需符合下列 2 條件：

$$\sum_i \lambda_{i0} = 1$$

$$\text{Min } \text{Var}[z^*(x_0) - z(x_0)]$$

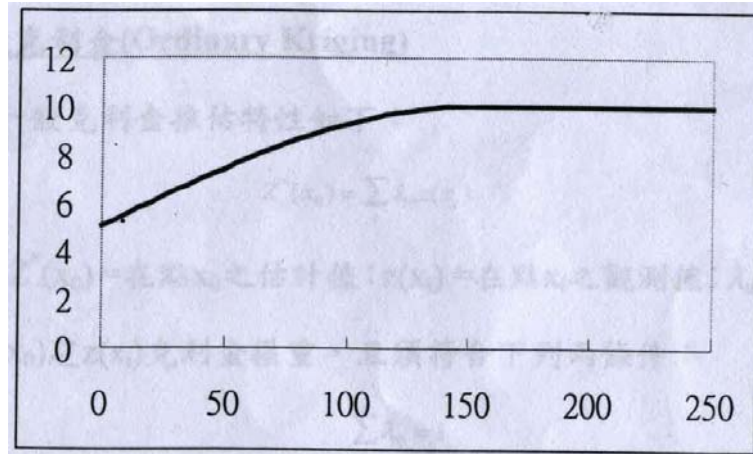
其中 $\gamma_{ij} = \gamma(|x_i - x_j|)$ ，經由拉格蘭吉方法 (Lagrange Method)，克利金變異數 (Ordinary Kriging Variance) 如下：

$$\sigma^2_{ok} = \sum_i \lambda_{i0} \gamma_{i0} + \mu - \gamma_{100} \text{ 為拉格蘭吉乘數 (Lagrange Multiplier)}$$

常用之典型變異圖模式有三種：

(一) 球形模式 (spherical model)

$$\gamma(h) = \begin{cases} \sigma^2 \left[(3/2)(h/l) - (1/2)(h/l^3) \right], & h \leq l \\ \sigma^2 & h > l \end{cases}$$

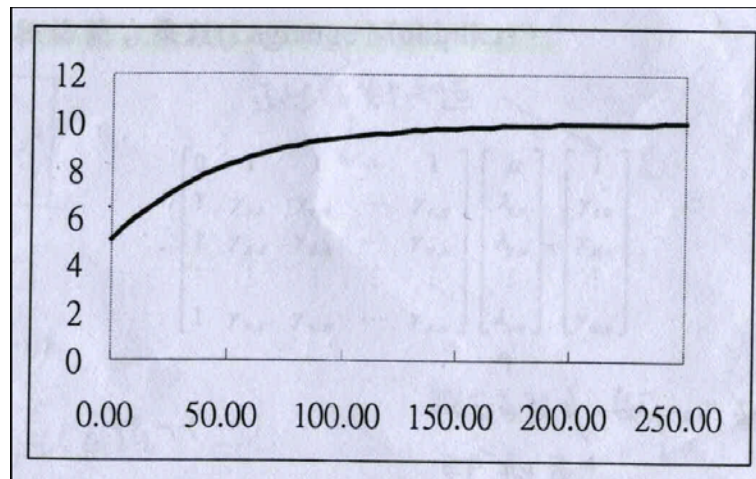


$C_0=5$
 $C=5$
 $l=150$

圖 3-2-2 球型模式變異圖分佈 (林裕彬, 2001)

(二) 指數模式 (exponential model)

$$\gamma(h) = \sigma^2 [1 - \exp(-h/l)]$$

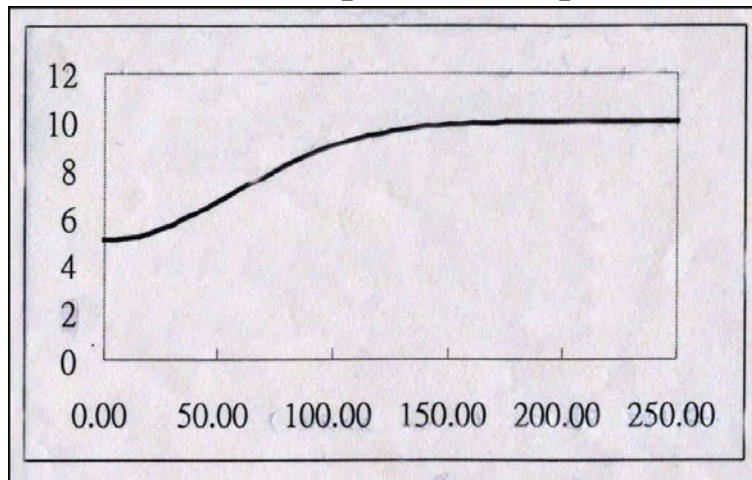


$C_0=5$
 $C=5$
 $l=60$

圖 3-2-3 指數模式變異圖分佈 (林裕彬, 2001)

(三) 高斯模式 (Gaussian model)

$$\gamma(h) = \sigma^2 [1 - \exp(-h^2/l^2)]$$



$C_0=5$
 $C=5$
 $l=80$

圖3-2-4 高斯模式變異圖分佈 (林裕彬, 2001)

所以，克利金法最主要是利用 $Z^*(x_0) = \sum_i \lambda_i z(x_i)$ 的方法去作，想知道某一點的值，就必須從其他已知點去瞭解，在此之前必須先給每一個點一個權重：

$$Z_0 = \lambda_1 \cdot Z_1 + \lambda_2 \cdot Z_2 + \dots + \lambda_8 \cdot Z_8 \quad (\text{如圖3-2-8a})$$

其中 λ_i 為已知點的權重、 Z_i 為已知點的實測值，而 Z_0 為在0點的估計值。至於權重應如何得知，則須由變異圖中去求得，如此即可推估出 Z_0 的估計值 (圖3-2-5)。

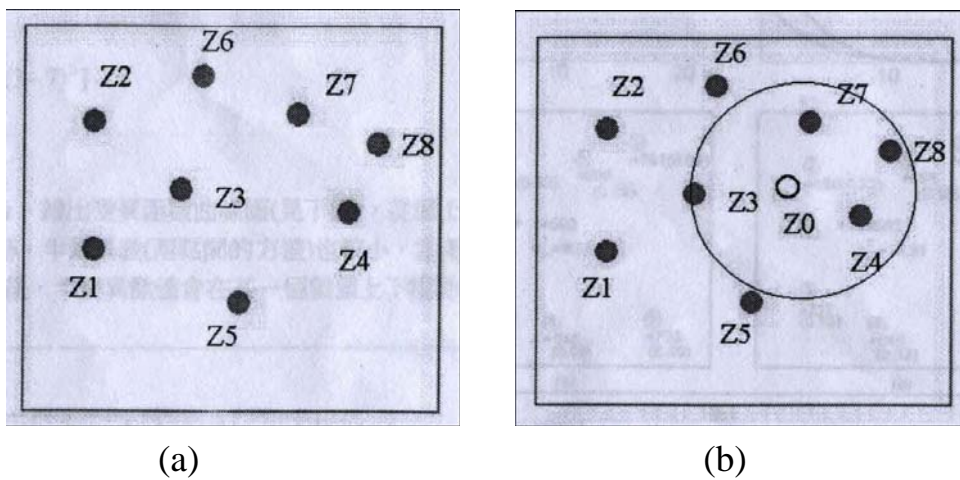


圖 3-2-5 樣本點分佈圖 (林裕彬, 2001)

3-3 園區水文網站分佈分析

依中央氣象局與台灣電力公司等單位之氣象站資料顯示，雪霸國家公園內外有共 20 個雨量觀測站。

雨量紀錄為水文重要紀錄之一，自應小心設置，細密觀測，以求最佳之正確性，茲將設置雨量計應注意之要點彙整如下：

1. 雨量計需設置於平曠地面上，其附近 50 公尺內須無高出地面 1 公尺之凸起物。
2. 雨量計須妥為防護，使不易被外力損壞。
3. 避免設置雨量計於屋頂或是山脊上。
4. 雨量計須垂直於水平面。
5. 觀測須於準確規定時間實施。
6. 須時常校對測得之記錄。
7. 設置之後不可移動。
8. 雨量計需安置牢固。

雨量站之設置，應參考雨量之分佈情形。山區較平地雨量多變化，故山區雨量站之密度，應較平地為密。一地區雨量站網 (Precipitation-gage network) 之數據宜精確求得其地域性降雨分佈。決定一適當站網密度必須考慮之因素頗多，諸如氣候、地形、區域發展情況，預算以及觀測人員等。世界氣象組織 (World Meteorological Organization) 曾訂有最佳站網及最少站網之設置標準如表 3-1-1。

由站網推求面積平均雨量仍難免有所誤差，乃因暴雨本身即無規律性，且其路徑又每次都不同。美國氣象局曾統計分析某一相當平坦地區之雨量站網之密度、站網面積及估計標準誤差 (Standard error of estimate)。對同一精度要求下，小面積地區較大面積者需要更密之站網；且如要求推估降水之精度高，則必須設置較密之站網。

表 3-3-1 降水站網之最低密度

地區	一般標準(每站面積)	困難情形(每站面積)
氣候溫和之平原，內陸及熱帶地區。	600~900km ² (230~350mi ²)	900~3,000km ² (350~1,160mi ²)
上述之山區。雨量不平均之山丘、小島。	100~250km ² (39~100mi ²) 25km ² (10mi ²)	250~2,000km ² (100~770mi ²)
乾燥區及極區	1,500~10,000km ² (580~3,860mi ²)	

3-4 暴雨頻率年評估

水資源相關工程規劃設計時，常需利用雨量觀測資料以進行不同降雨延時的雨量頻率分析，以推導最大降雨-延時-頻率(Maximum Rainfall Intensity - Duration - Frequency, IDF)曲線或公式，並可依此雨量分析成果進行設計雨型(經濟部水資源局，2001)。水土保持技術規範便是利用自記雨量站之 IDF 關係與無因次降雨強度公式，推導未設站之 IDF 關係。

在眾多統計分佈類型中，台灣省水利局(1989)便曾採用二參數對數常態分佈、三參數對數常態分佈、皮爾遜第三類分佈法、皮爾遜對數第三類分佈法、甘保氏第一類分佈法及雙對數常態分佈進行全國歷年最大一日、二日及三日暴雨之統計及頻率分析，其成果一般最常採用甘保氏極端值第一類分佈法及皮爾遜對數第三類分佈法等兩種方法，但台灣地區的氣候南轅北轍，甘保氏極端值第一類分佈法及皮爾遜對數第三類分佈法不見得適用在本計畫之範圍內，因此本計畫使用專家決策系統內的數十種頻率方法分析雪霸國家公園內的暴雨頻率，專家決策系統內也包含了我國目前最常見的頻率分析方法如；甘保氏極端值第一類分佈法、對數甘保氏分佈法、皮爾遜第三類分佈

法、對數皮爾遜第三類分佈法、皮爾遜第五類分佈法、皮爾遜第六類分佈及對數法等七種頻率分析。

在集水區範圍與面積有之限情況下，本計畫採用之雨量分析將著重在一、二、三日雨量頻率年分析，依歷史雨量資料及上述之分析方式，分析 P_5 、 P_{10} 、 P_{25} 、 P_{50} 、 P_{75} 、 P_{100} 之頻率年日雨量(累積雨量)，以下呈列專家決策系統內較重要的七種分析方法：

(1)甘保氏極端值第一類分佈法

甘保氏極端值第一類分佈法(Extreme-value type I distribution)亦稱為極端值第一型分佈或甘保氏分佈，其為三參數極端值分佈之退化型式。

特徵值範圍：

σ 連續值範圍($\sigma > 0$)

μ 連續特徵值範圍

數值範圍：

$$-\infty < x < +\infty$$

機率函數：

$$f(x) = \frac{1}{\sigma} \exp(-z - \exp(-z))$$

分佈函數：

$$F(x) = \exp(-\exp(-z))$$

where $z \equiv \frac{x - \mu}{\sigma}$

(2)對數甘保氏法(Log-Gamma Distribution)

對數甘保氏法之使用步驟，首先將所要分析之資料先轉換成對數形式，再予以計算。

特徵值範圍：

α 連續值範圍($\alpha > 0$)

β 連續值範圍($\beta > 0$)

數值範圍：

$$0 < x < +\infty$$

機率函數：

$$f(x) = \frac{(\ln(x))^{\alpha-1}}{x\beta^\alpha\Gamma(\alpha)} \exp(-\ln(x)/\beta)$$

分佈函數：

$$F(x) = \frac{\Gamma_{\ln(x)/\beta}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$$

(3) 皮爾遜第三類分佈法與對數皮爾遜第三類分佈法

皮爾遜第三類分佈法是一個較有彈性的分佈，隨著機率的分佈參數的變化，可以轉化成不同的形式；而對數皮爾遜第三類分佈法則是在使用之前將資料換成對數形式，再予以計算：

特徵值範圍：

α 連續值範圍($\alpha > 0$)

β 連續值範圍($\beta \neq 0$)

γ 連續值範圍

數值範圍：

$$\begin{array}{ll} 0 < x \leq e^\gamma & \beta < 0 \\ e^\gamma \leq x < +\infty & \beta > 0 \end{array}$$

機率函數：

$$f(x) = \frac{1}{x |\beta| \Gamma(\alpha)} \left(\frac{\ln(x) - \gamma}{\beta} \right)^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{\ln(x) - \gamma}{\beta}\right)$$

分佈函數：

$$F(x) = \frac{\Gamma_{(\ln(x)-\gamma)/\beta}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$$

(5)皮爾遜第五類分佈法與皮爾遜第六類分佈法

皮爾遜第五類分佈法與皮爾遜第六類分佈法是由皮爾遜第三類分佈法衍伸出來的特殊方式以下就分別呈列皮爾遜第五類分佈法與皮爾遜第六類分佈法：

(A) 皮爾遜第五類分佈法

特徵值範圍：

α 連續值範圍($\alpha > 0$)

β 連續值範圍($\beta > 0$)

γ 連續值範圍($\gamma > 0$)

數值範圍：

$$\gamma < x < +\infty$$

機率函數：

$$f(x) = \frac{\exp(-\beta/(x-\gamma))}{\beta \Gamma(\alpha) ((x-\gamma)/\beta)^{\alpha+1}}$$

$$F(x) = 1 - \frac{\Gamma_{\beta/(x-\gamma)}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$$

分佈函數：

$$f(x) = \frac{\exp(-\beta/x)}{\beta \Gamma(\alpha) (x/\beta)^{\alpha+1}}$$

$$F(x) = 1 - \frac{\Gamma_{\beta/x}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$$

(B) 皮爾遜第六類分佈法

特徵值範圍：

α 連續值範圍($\alpha > 0$)

β 連續值範圍($\beta > 0$)

γ 連續值範圍($\gamma > 0$)

數值範圍：

$$\gamma \leq x < +\infty$$

機率函數：

$$f(x) = \frac{((x - \gamma)/\beta)^{\alpha_1 - 1}}{\beta B(\alpha_1, \alpha_2) (1 + (x - \gamma)/\beta)^{\alpha_1 + \alpha_2}}$$

$$F(x) = I_{(x - \gamma)/(x - \gamma + \beta)}(\alpha_1, \alpha_2)$$

分佈函數：

$$f(x) = \frac{(x/\beta)^{\alpha_1 - 1}}{\beta B(\alpha_1, \alpha_2) (1 + x/\beta)^{\alpha_1 + \alpha_2}}$$

$$F(x) = I_{x/(x + \beta)}(\alpha_1, \alpha_2)$$

(6) 對數法

對數法相對於上述之分析方法是比較簡單之分析方式，但卻沒有降低它的正確性，依舊是相當可靠的分析方式，因此許多研究會採用對數法：

特徵值範圍：

σ 連續值範圍($\sigma > 0$)

α 連續值範圍

γ 連續值範圍

數值範圍：

$$\gamma < x < +\infty$$

機率函數：

$$f(x) = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x-\gamma)-\mu}{\sigma}\right)^2\right)}{(x-\gamma)\sigma\sqrt{2\pi}}$$
$$F(x) = \Phi\left(\frac{\ln(x-\gamma)-\mu}{\sigma}\right)$$

分佈函數：

$$f(x) = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)}{x\sigma\sqrt{2\pi}}$$
$$F(x) = \Phi\left(\frac{\ln x-\mu}{\sigma}\right)$$

本計畫採用上述之甘保氏極端值第一類分布法、對數甘保氏分佈法、皮爾遜第三類分佈法、對數皮爾遜第三類分佈法、皮爾遜第五類分佈法、皮爾遜第六類分佈、對數法等七種頻率分析方法分析一、二、三日之累積暴雨量，且計算 P₅、P₁₀、P₂₅、P₅₀、P₁₀₀ 之頻率年日雨量(累積雨量)與年雨量。

3-5 重要保全對象集水分區萃取建置

根據期中報告之討論結果，將雪霸國家公園內之保全對象劃定為司馬限林道 5K~30K、大鹿東線林道、七家灣溪沿岸、雪山登山口、武陵遊憩區、七卡及 369 山屋，如圖 3-5 所示。

3-6 重要保全對象集水區地文、水文資訊圖資建置

以行政院農業委員會水土保持局之水土保持技術規範為依據，整合數值高程模型(DEM)資料及地理資訊系統技術，分析集水區地文水文資訊，以了解流域特性，並做為災害即時治理之參考。亦即每當要

設計其區位之水土保持及水利工程構造物時，依一般法規之規定，只要查閱水文資訊圖，即可由該區位所在及選定之頻率年而查得所需之設計累積一日、二日及三日之暴雨量值，甚為方便易行。

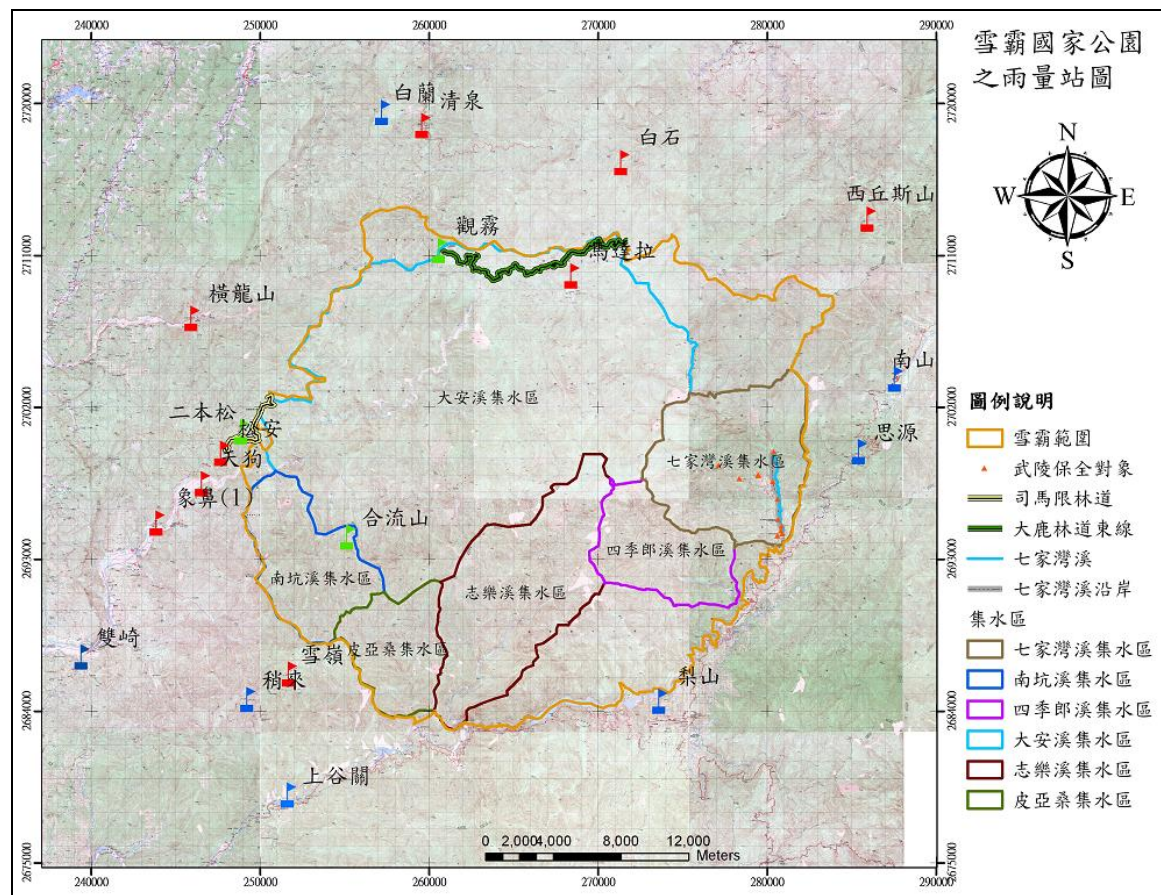


圖 3-5 保全對象與集水區分佈圖

第四章 工作成果

本章節依據本計畫委託專業服務採購說明之規定，將展示計畫工作成果，包含現地調查、一、二、三日降雨頻率分析、設計暴雨頻率及集水區地文資訊分析，依序闡述如下。

4-1 現地調查

現場調查以雪見地區的司馬限林道 5.27 到 30km、觀霧地區的大鹿林道東線 0 到 19.5km 與武陵地區的七家灣溪為主要保全區域和調查範圍，司馬限林道行車路段為 5.27 到 23km，過 23km 後為登山步道。司馬限林道沿路上數處可見蛇籠護岸工程如照片 4-1-1 及照片 4-1-2，且司馬限林道上的邊坡也有數處崩塌地如照片 4-1-3。根據曾金楷(2005)之研究，因水系影響所造成之崩塌主要集中在水道兩側 200 公尺範圍內，而司馬限林道並不符合，因此造成崩塌之原因為豪雨，故降雨頻率分析在計畫中顯得格外重要。



照片 4-1-1 司馬限林道道路上邊坡蛇籠護岸工程(攝於 2009 年 7 月)



照片 4-1-2 司馬限林道道路上邊坡蛇籠護岸工程(攝於 2009 年 7 月)



照片 4-1-3 司馬限林道道路崩塌情形(攝於 2009 年 7 月)

觀霧地區之大鹿林道東線位於雪霸國家公園觀霧遊客中心上方約 500 公尺處，調查範圍由大鹿林道東線起始處 0 到 19.5km，大鹿林道東線沿線內並無明顯的人工構造物，且大鹿林道東線本身為步行道路，因此需保全之對象為步道區如照片 4-1-4 所示。

大鹿林道東線目前並不對外開放，入山之前需先申請入山證，由步行區 0 km 開始算起至 2.5km 處如沿路上有四處崩塌地如照片 4-1-5 到照片 4-1-8 所示、照片 4-1-9 為 2.5km 標示，此四處崩塌地離水系也超過 200 公尺，經研判與司馬限林道同是豪大雨所造成的山崩，故降雨頻率分析在本計畫中非常重要。



照片 4-1-4 觀霧地區大鹿林道東線步道現況(攝於 2009 年 7 月)



照片 4-1-5 大鹿林道東線道路邊坡崩塌情形之一(攝於 2009 年 8 月)



照片 4-1-6 大鹿林道東線道路邊坡崩情形之二(攝於 2009 年 8 月)



照片 4-1-7 大鹿林道東線道路邊坡崩塌情形之三(攝於 2009 年 8 月)



照片 4-1-8 大鹿林道東線道路邊坡崩塌情形之四(攝於 2009 年 8 月)

七家灣溪位於雪霸國家公園之武陵農場內，台灣最著名的櫻花鉤吻鮭棲息地也位於此處，且也設有台灣櫻花鉤吻鮭生態中心，故武陵為結合復育生態與旅遊觀光的良好典型遊憩區。

位於武陵的七家灣溪調查範圍設定起點為武陵吊橋終點為億年橋，全線長約 5Km，保全對象為七家灣溪沿岸如照片 4-1-9、雪霸國家公園武陵遊客中心如照片 4-1-10、雪霸國家公園武陵管理站如照片 4-1-11、台灣櫻花鉤吻鮭生態中心如照片 4-1-12、登山口服務處如照片 4-1-13、七卡山莊、369 山莊。七家灣溪沿岸有數處崩塌地如照片 4-1-14，而河岸上也有蛇籠護岸如照片 4-1-15，沿線行車道與人行步道則未見有受到影響之處。



照片 4-1-9 七家灣溪沿岸自然生態情形(攝於 2009 年 9 月)



照片 4-1-10 雪霸國家公園武陵遊客中心一景(攝於 2009 年 9 月)



照片 4-1-11 雪霸國家公園武陵管理站一景(攝於 2009 年 9 月)



照片 4-1-12 台灣櫻花鉤吻鮭生態中心一景(攝於 2009 年 9 月)



照片 4-1-13 登山口服務處一景(攝於 2009 年 9 月)



照片 4-1-14 七家灣溪沿岸之崩塌地情形(攝於 2009 年 9 月)



照片 4-1-15 七家灣溪部分蛇籠護岸情形(攝於 2009 年 9 月)

4-1-1 調查區域保全對象

司馬限林道與大鹿林道東線保全對象分佈如圖 4-1-1 所示，調查後發現兩林道無橋樑與建築物，因此兩林道實際需要保全的對象為車道與步道，建議邊坡整治應結合暴雨頻率分析結果與水文之設計。



圖 4-1-1 司马限林道與大鹿林道東線位置分佈圖

七家灣溪中之保全對象分佈如圖 4-1-1-2 所示分別：(1)為七家灣溪沿岸(2)雪霸國家公園武陵遊客中心(3)雪霸國家公園武陵管理站(4)台灣櫻花鉤吻鮭生態中心(5)登山口服務處(6)七卡山莊(7)369 山莊，工程設計時應依據一、二、三日暴雨頻率分析之結果以期減少災害之發生。



4-2 頻率分析

台灣的暴雨頻率分析方式傳統上只使用皮爾遜第三類分佈與甘保氏極端值第一類分佈法，但是台灣的氣候並非是單一氣候區，由於北迴歸線通過台灣島中南部，將台灣南北劃為兩個氣候區。北部屬副熱帶季風氣候，南部則為熱帶季風氣候，因此降雨型態上也會有所區別，若再細微劃分之，則每一集水區因高度、氣候等因素之影響，其降雨頻率之結果也都會有所不同，故在計算暴雨頻率時若只一味地使用皮爾遜第三類分佈與甘保氏法不免有失其正確性。

本研究在頻率分析上使用國內外常用之數十種分析方式，如甘保氏極端值第一類分佈法、對數甘保氏分佈法、皮爾遜第三類分佈法、對數皮爾遜第三類分佈法、皮爾遜第五類分佈法、皮爾遜第六類分佈、對數法等頻率分析。每一雨量站都將使用上述之方式分析，爾後將頻率分析之結果與實際資料比對，最佳之頻率分析方式如圖 4-2 所示。

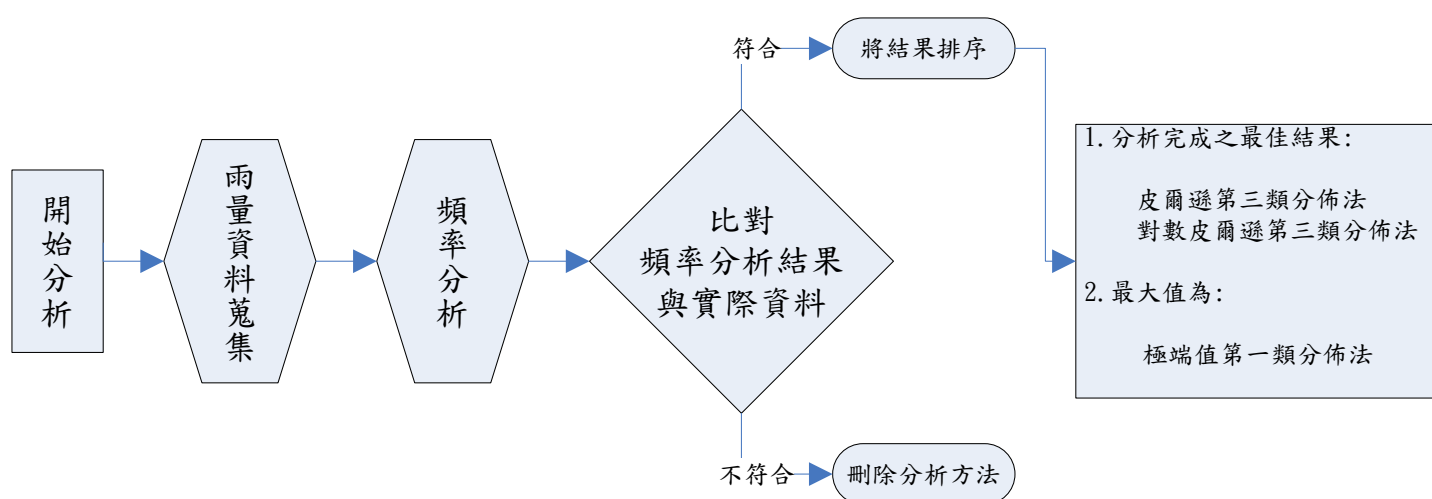


圖 4-2 分析示意圖

本計畫分析出最適合雪霸國家公園使用之頻率分析方式為皮爾遜第三類分佈法與對數皮爾遜第三類分佈法。

4-2-1 年雨量分析

年雨量分析是依據雪霸國家公園周圍 18 個測站之年平均雨量值代入各種頻率分析中，以找出最符合實際降雨情形的頻率暴雨量，總共統計出表 4-2-1 的 P_{25} 、 P_{50} 、 P_{100} 三種暴雨頻率。

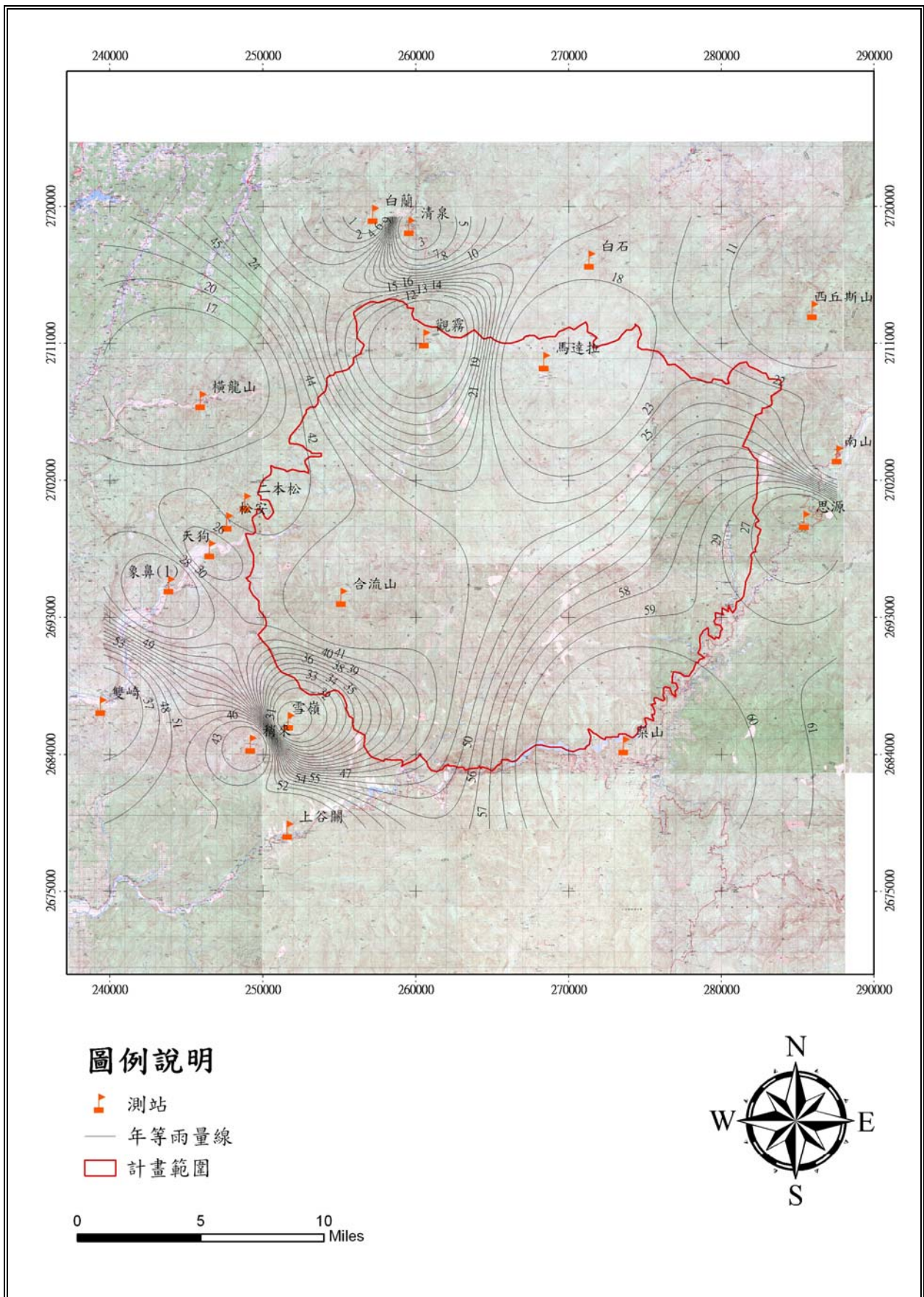
表 4-2-1 本計劃區內 18 站之年雨量分析(單位:mm)

站名/頻率	P_{25}	P_{50}	P_{100}	站名/頻率	P_{25}	P_{50}	P_{100}
1. 南山	4,077	4,396	4,710	10. 雪嶺	6,981	7,990	8,992
2. 合流山	3,374	3,673	3,896	11. 清泉	5,263	6,117	7,096
3. 觀霧	5,716	6,215	6,690	12. 松安	3,916	3,917	3,950
4. 白蘭	714	853	992	13. 天狗	3,414	3,588	3,761
5. 梨山	655	795	1,065	14. 橫龍山	4,765	5,168	5,565
6. 上谷關	878	1,010	1,140	15. 象鼻(1)	4,653	5,197	5,736
7. 稍來	404	464	523	16. 馬達拉	4,197	4,623	5,045
8. 雙崎	543	607	679	17. 西丘斯山	4,322	4,782	5,238
9. 思源	437	483	528	18. 二本松	3,975	4,322	4,664

4-2-2 分析方法與成果

將所有雨量站之年降雨量值以甘保氏極端值第一類分布法、對數甘保氏分佈法、皮爾遜第三類分佈法、對數皮爾遜第三類分佈法、皮爾遜第五類分佈法、皮爾遜第六類分佈、對數法等頻率分析等 7 種頻率分析方式中，找出最符合現況之暴雨頻率分析方式。

本計畫以成果最佳的皮爾遜法第三類分佈法分析出 P_{25} 、 P_{50} 、 P_{100} 三種暴雨頻率、將 P_{25} 、 P_{50} 、 P_{100} 以 GIS 地理資訊系統內之地理統計方式，劃出雪霸國家公園的年等雨量線圖如圖 4-2-1、圖 4-2-2、圖 4-2-3 所示。



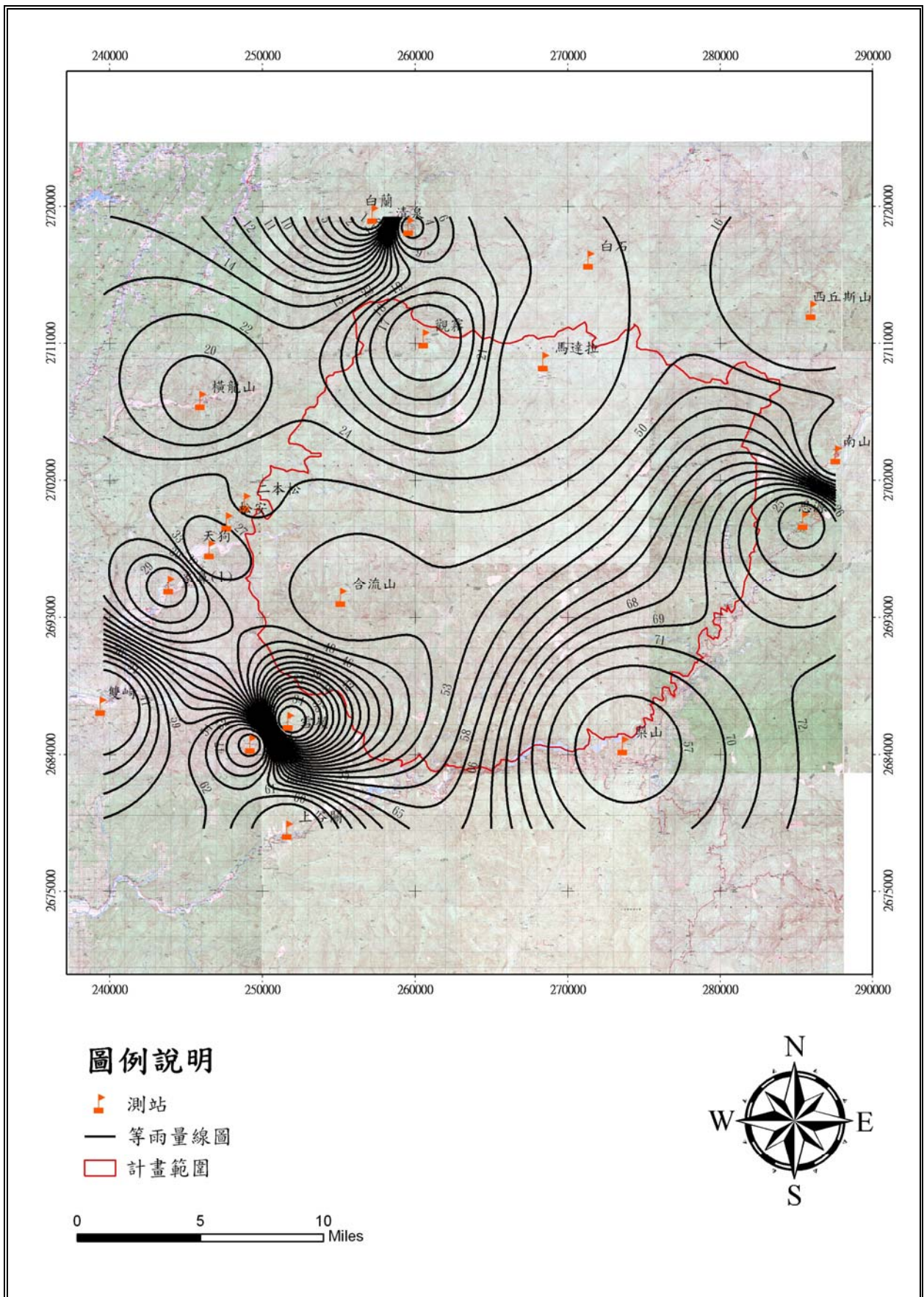


圖 4-2-2 50 年頻率等雨量線圖

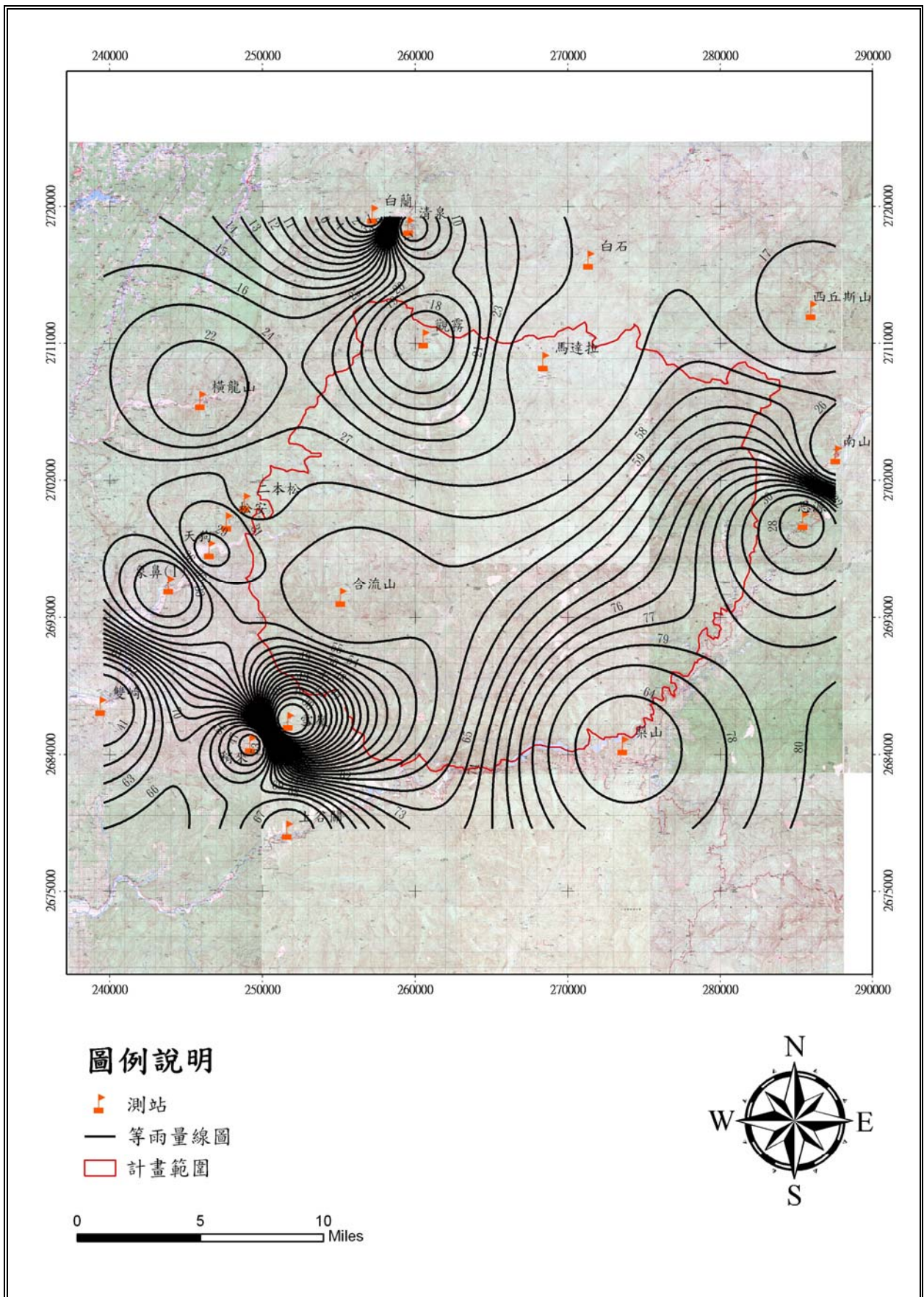


圖 4-2-3 100 年頻率等雨量線圖

4-3 日降雨頻率分析

降雨頻率分析是依據甘保氏極端值第一類分布法、皮爾遜第三類分佈法、對數皮爾遜第三類分佈法、皮爾遜第五類分佈法、皮爾遜第六類分佈、對數法、極端值分佈等頻率分析等 7 種頻率分析方式，找出最符合實際降雨情形的頻率分析方法。

圖 4-3-1 為日降雨頻率分析步驟，蒐集雪霸國家公園週遭各測站可用之雨量資料，將以上述頻率分析方式分析之結果與降雨資料比對，得到最符合實際情形之分析方法為皮爾遜第三類分佈法。

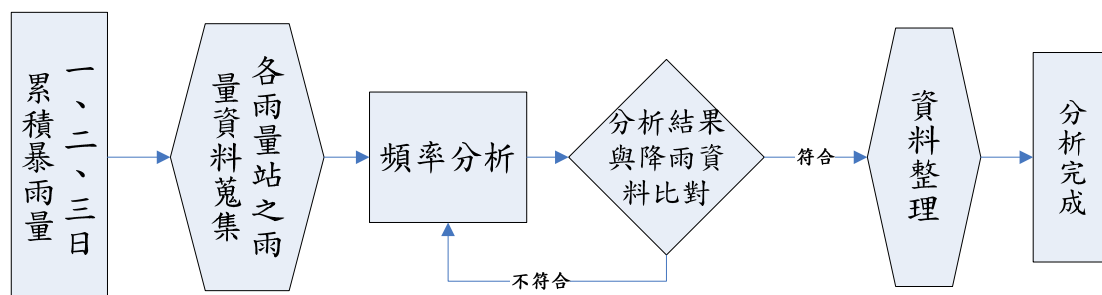


圖 4-3-1 日降雨頻率分析圖

4-3-1 雨量資料之蒐集

雪霸國家公園可使用的雨量資料分別得自中央氣象局、經濟部水利署、台灣電力公司等單位設置之雨量站，共計有數十年到百年之間不等的資料可供分析使用，本計畫共整理出 19 個雨量站如表 4-3-1。

圖 4-3-2 為雪霸國家公園附近可供使用之雨量站的示意圖，此 19 個雨量站只有 4 個雨量站位於雪霸國家公園內，分別為觀霧雨量站、馬達拉雨量站、二本松雨量站、合流山雨量站，其他 15 個雨量站分別分佈在雪霸國家公園的四週，因此以內差或是地理統計等方式繪等雨量線圖時可能會有偏小之情況出現，建議在園區內增設雨量站，以方便日後使用。

表 4-3-1 雨量站座標

編號	站名/座標	X	Y	編號	站名/座標	X	Y
1	馬達拉	268,468.9	2709,800.9	11	清泉	259,655.8	2718,705.8
2	合流山	255,214.2	2694314.6	12	松安	247,752.5	2699,284.4
3	觀霧	260,641.0	2711,300.3	13	天狗	246,618.7	2697,487.0
4	二本松	248,929.5	2700,563.1	14	橫龍山	246,006.5	2707,271.2
5	梨山	273,690.7	2684,585.3	15	象鼻(1)	243,937.5	2695,146.1
6	上谷關	251,692.9	2679028.04	16	南山	287,640.1	2703,678.3
7	稍來	249,294.9	2684,684.3	17	白石	271,430.2	2716,514.4
8	雙崎	239,481.8	2687,210.9	18	西丘斯山	286,024.0	2713,155.3
9	思源	285,498.9	2699,377.3	19	白蘭	257,286.7	2719,481.8
10	雪嶺	251,758.6	2686,190.5				

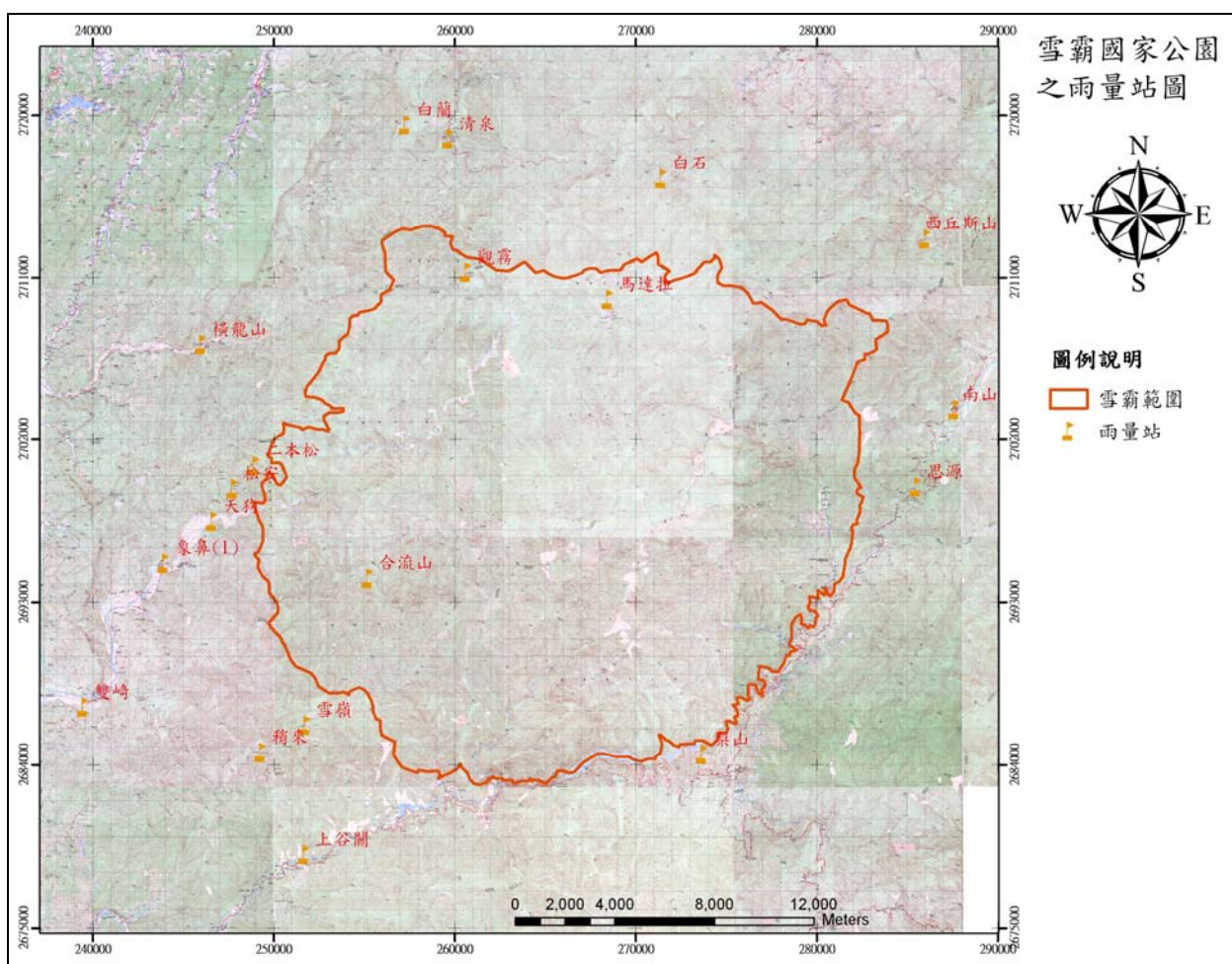


圖 4-3-2 雪霸國家公園內外雨量站之分佈圖

4-3-2 分析方法

本計畫使用中央氣象局、經濟部水利署、台灣電力公司等單位的雨量站之雨量資料結合甘保氏極端值第一類分布法、對數甘保氏分佈法、皮爾遜第三類分佈法、對數皮爾遜第三類分佈法、皮爾遜第五類分佈法、皮爾遜第六類分佈、對數法等 7 種頻率分析方式與地理資訊系統分析出最符合現況之結果，過程如同前章所述，所得到之最佳分析方式為皮爾遜第三類分佈法。

雨量資料蒐集與頻率分析完成後整理出表 4-3-2、表 4-3-3、表 4-3-4，其中以二本松雨量站、天狗雨量站、白蘭雨量站分別佔居雨量之前三名。

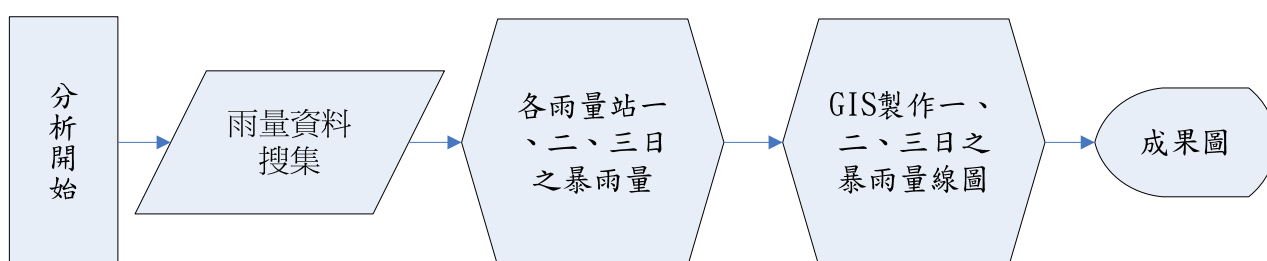


圖 4-3-3 分析步驟圖

一、二、三日暴雨量之分析步驟如圖 4-3-3 所示，將雨量資料代入皮爾遜第三類分佈法，計算頻率為 P_5 、 P_{10} 、 P_{20} 、 P_{50} 、 P_{100} 的一、二、三日暴雨量，所得之結果以 GIS 系統的地理統計方式製作出圖 4-3-4~圖 4-3-18 之成果圖。

表 4-3-2 一日暴雨量(單位：mm)

站名	5	10	20	50	100
南山	283.7	339.7	389.6	449.7	492.3
合流山	226.7	263.6	295.7	333.8	360.3
觀霧	338.3	387	429.9	481.3	517.4
白蘭	456.5	572.9	678.9	809.5	903.4
梨山	225	261	294	334.8	364.3

站名	5	10	20	50	100
上谷關	391.6	466.4	532.1	610.2	665
稍來	406.1	484.7	557.8	649.4	716.3
雙崎	309.9	377.1	440.8	521.9	581.8
思源	346	412.7	470.9	539.8	587.8
雪嶺	472.1	554.8	629.2	720.1	785
清泉	453.6	564.8	665.5	789	877.4
松安	448.2	553.4	650.6	771.9	860
天狗	433.1	551.4	664.6	810	918.1
橫龍山	396.3	483.3	563.1	661.8	733.1
象鼻(1)	402.3	502	595.1	712.3	798.1
馬達拉	396	469.6	532.6	606.1	656.7
白石	370.2	450.8	519.5	599.1	653.5
西丘斯山	379.6	459.8	529.7	612.3	669.7
二本松	498.8	643	778	948.2	1073

表 4-3-3 二日暴雨量(單位：mm)

站名	5	10	20	50	100
南山	398.1	475.6	545	629.2	689
合流山	309	358.3	401.5	452.9	489
觀霧	489.4	567.4	636.1	718.3	776
白蘭	575.5	721.1	854	1018.1	1136.3
梨山	324.2	389.1	452.4	534.9	597
上谷關	560.5	681.3	790.8	925	1021.2
稍來	556.8	666.4	772.6	910.4	1013.8
雙崎	414.4	508.2	597.5	711.7	796.4
思源	465.8	553.1	629.7	721	784.8
雪嶺	663.7	778.1	883	1012.9	1106.8
清泉	562.8	681.5	786.9	913.9	1003.6
松安	556.7	677.7	789.6	929.3	1030.9
天狗	533.3	732.8	947.4	1250	1491.4
橫龍山	515.2	633.3	744.5	885.3	989
象鼻(1)	521.8	685.8	853.1	1079.5	1254.8
馬達拉	536.9	637.8	726.5	832.2	906.2
白石	455.3	547.1	624.2	712.5	772.2
西丘斯山	578	692.8	790.8	904.4	982.2
二本松	561.1	706.1	841.6	1012.1	1136.9

表 4-3-4 三日暴雨量(單位：mm)

站名	5	10	20	50	100
南山	445.6	535.8	618.1	719.6	792.8
合流山	345.7	405.5	459.2	524.7	571.4
觀霧	534.3	617.1	691.5	782.3	847
白蘭	616.6	769.5	910.2	1085.1	1211.9
梨山	372	450.3	526.5	626	700.9
上谷關	638.1	768.1	884.3	1025.2	1125.1
稍來	636.7	789.8	944.8	1153.4	1314.1
雙崎	483.1	583.3	677.3	796.1	883.3
思源	524.3	627.5	720.4	833.6	914.2
雪嶺	734.4	868.1	994.5	1155.2	1273.9
清泉	592.4	715.9	826.5	960.5	1055.7
松安	593	719	836.5	984.2	1092.1
天狗	581.1	789.3	1013.3	1329.2	1581.2
橫龍山	555.2	690.3	821	990.5	1117.4
象鼻(1)	559.9	735.8	917.7	1166.6	1360.9
馬達拉	564.5	659.6	742	839	906.1
白石	477.3	583.6	675.2	782.5	856.7
西丘斯山	665	835	990.3	1182.2	1320.5
二本松	605.9	761.9	909.2	1096.1	1233.9

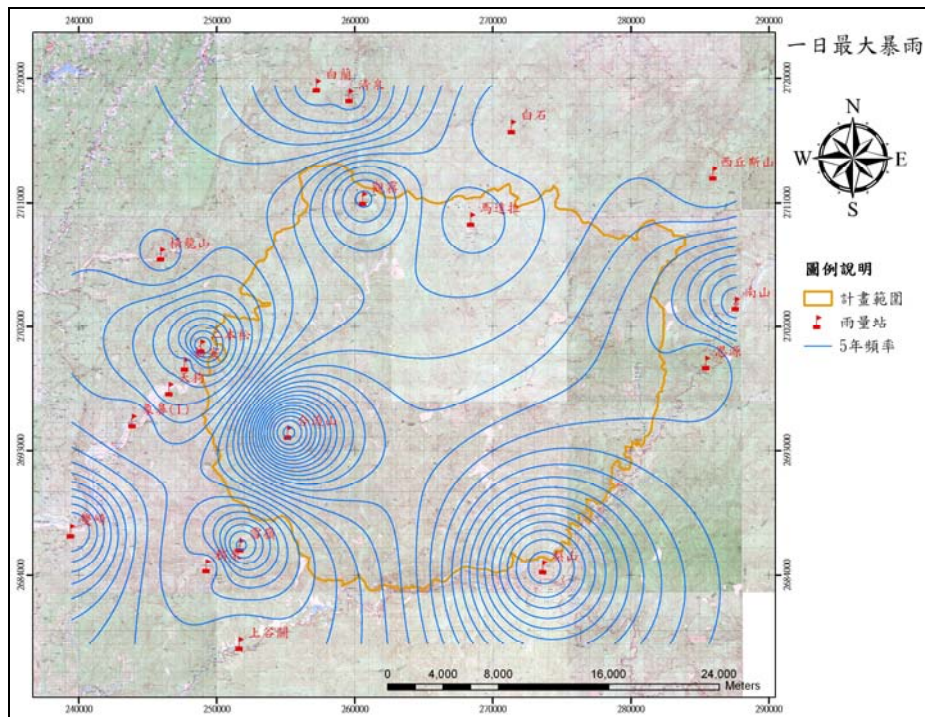


圖 4-3-4 5 年頻率之一日暴雨量

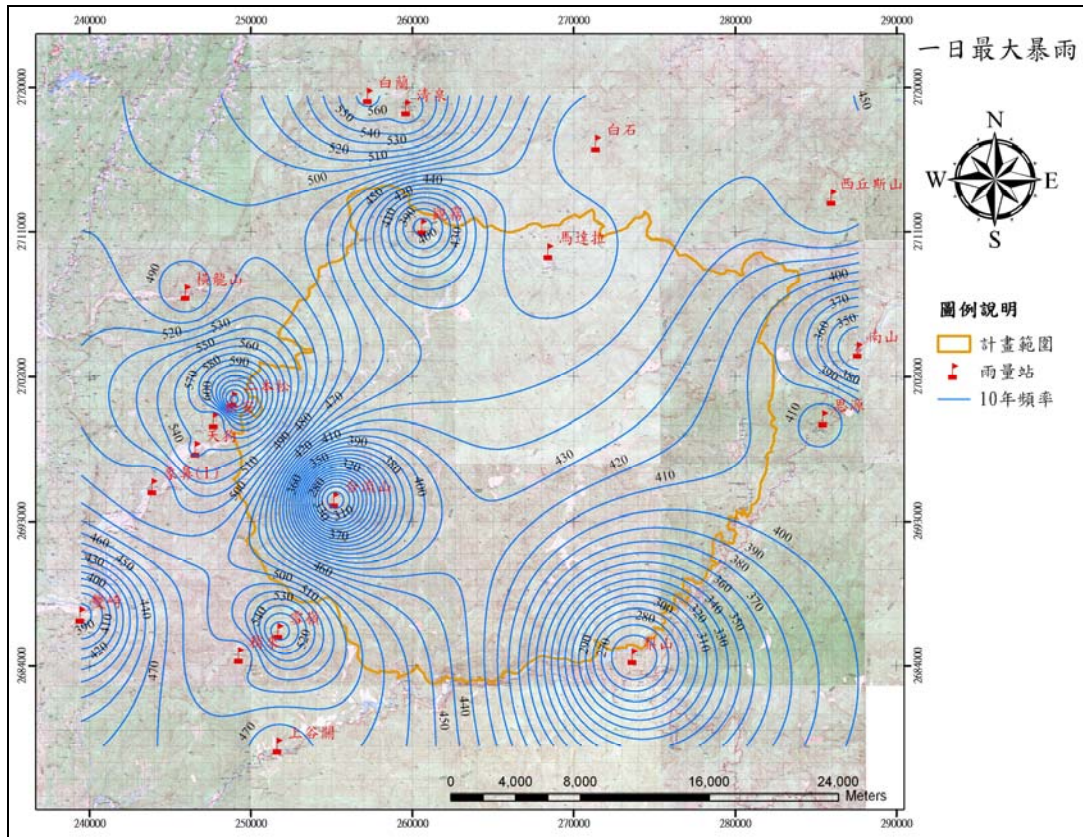


圖 4-3-5 10 年頻率之一日暴雨量

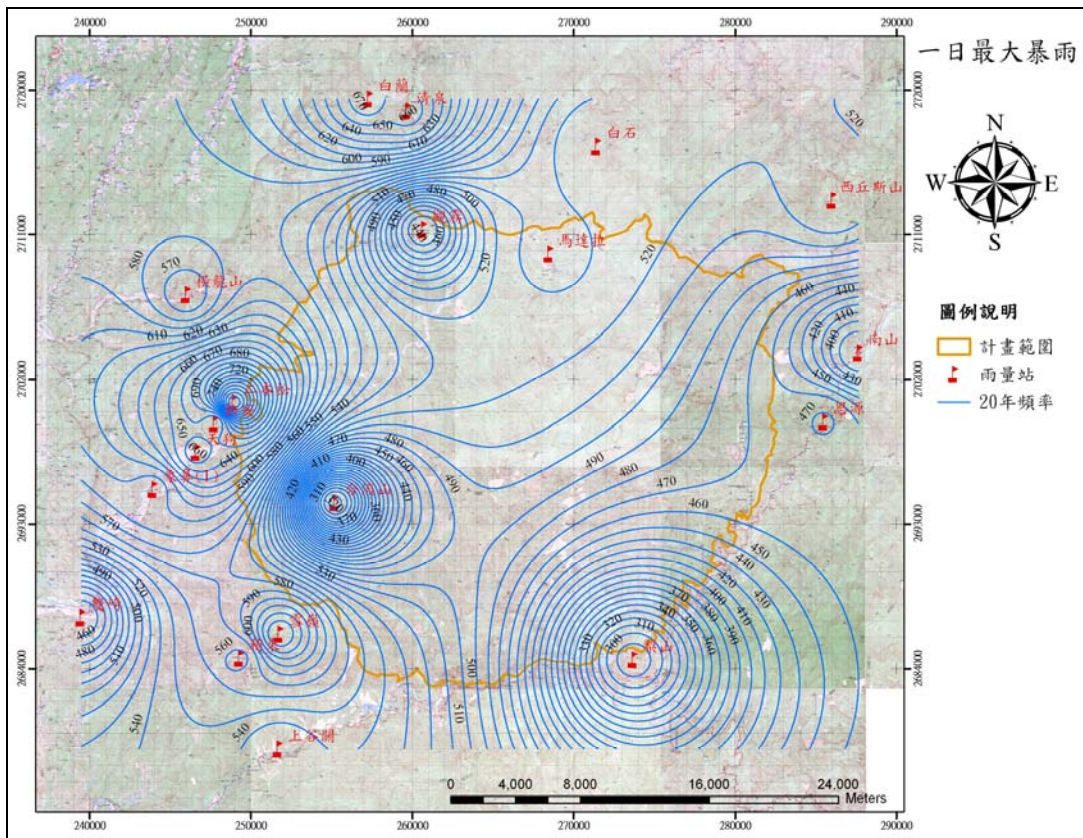


圖 4-3-6 20 年頻率之一日暴雨量

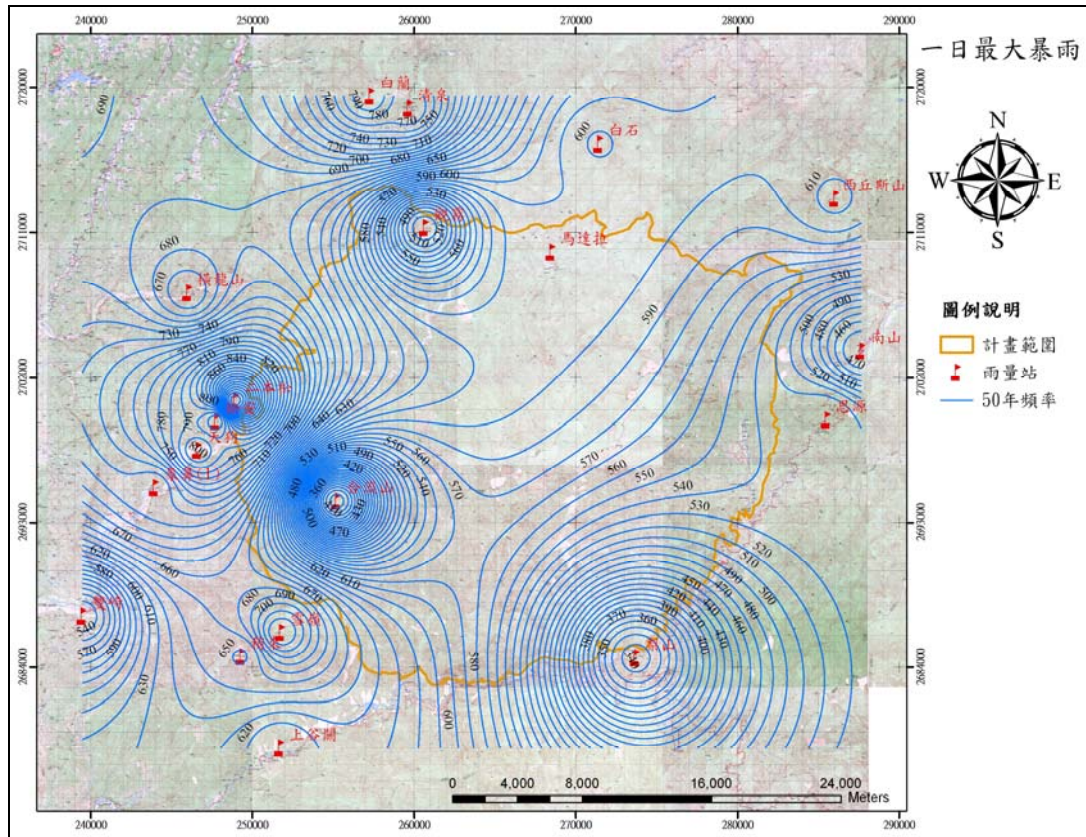


圖 4-3-7 50 年頻率之一日暴雨量

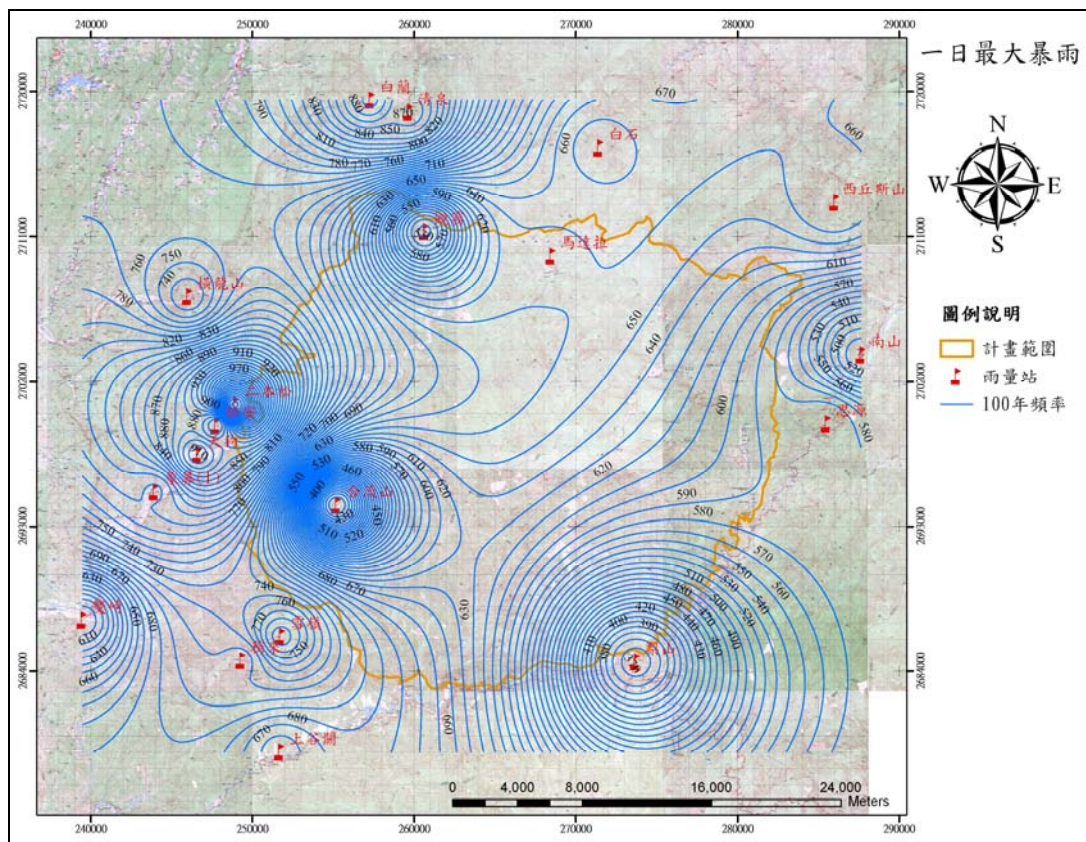


圖 4-3-8 100 年頻率之一日暴雨量

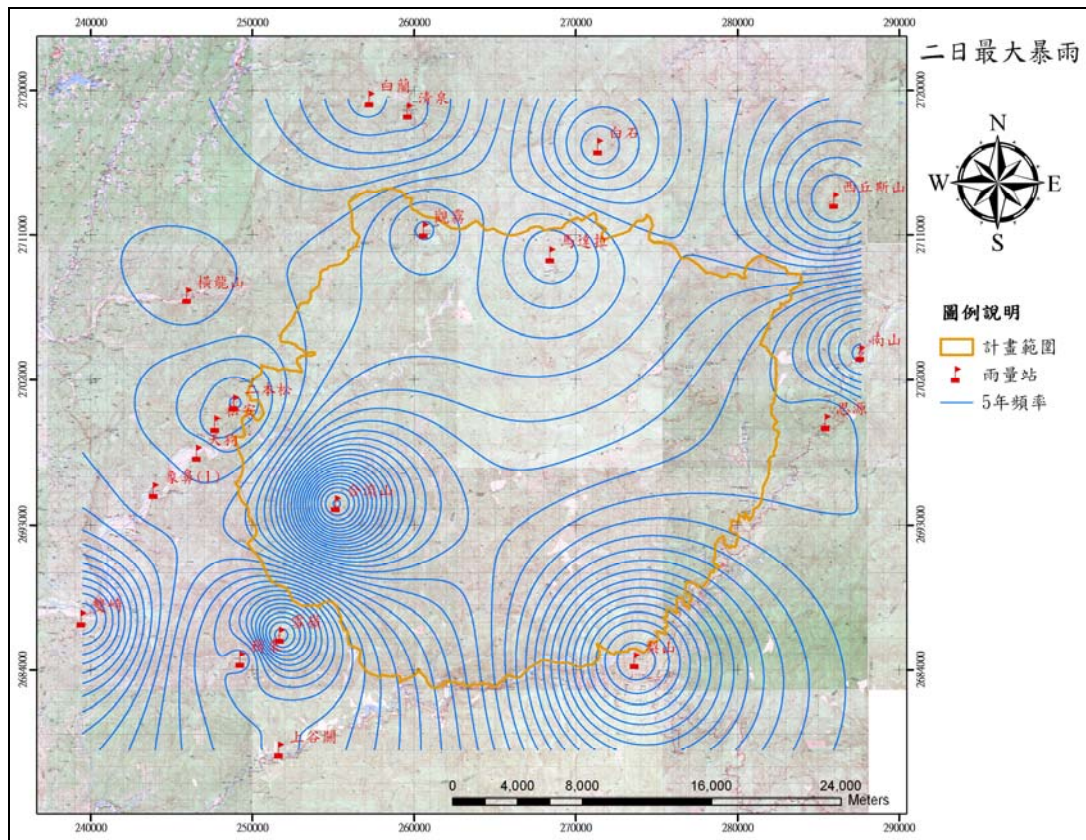


圖 4-3-9 5 年頻率之二日暴雨量

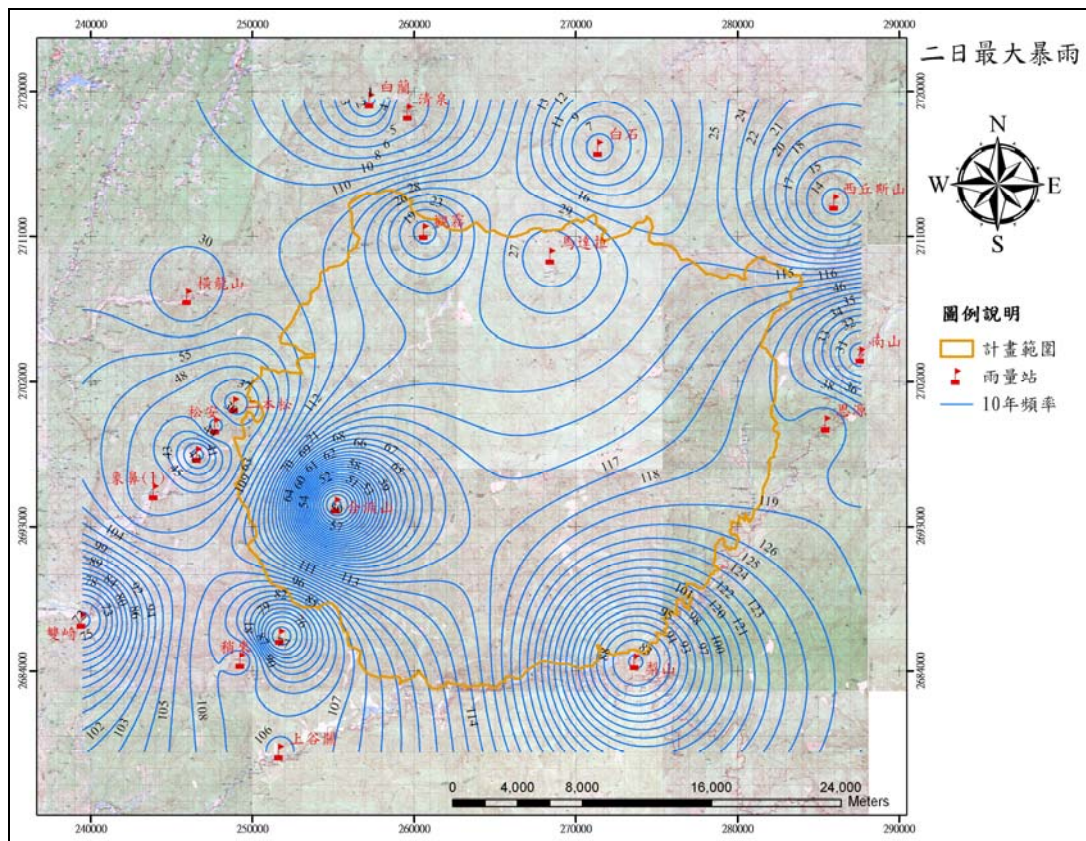


圖 4-3-10 10 年頻率之二日暴雨量

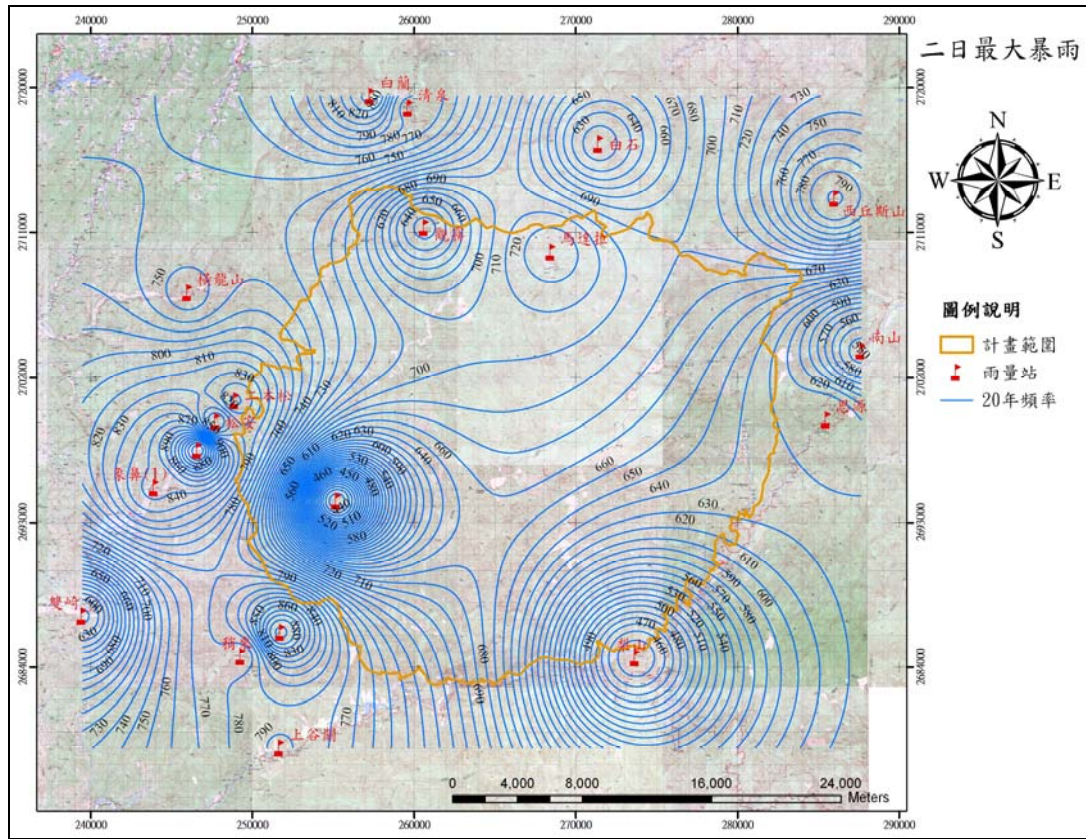


圖 4-3-11 20 年頻率之二日暴雨量

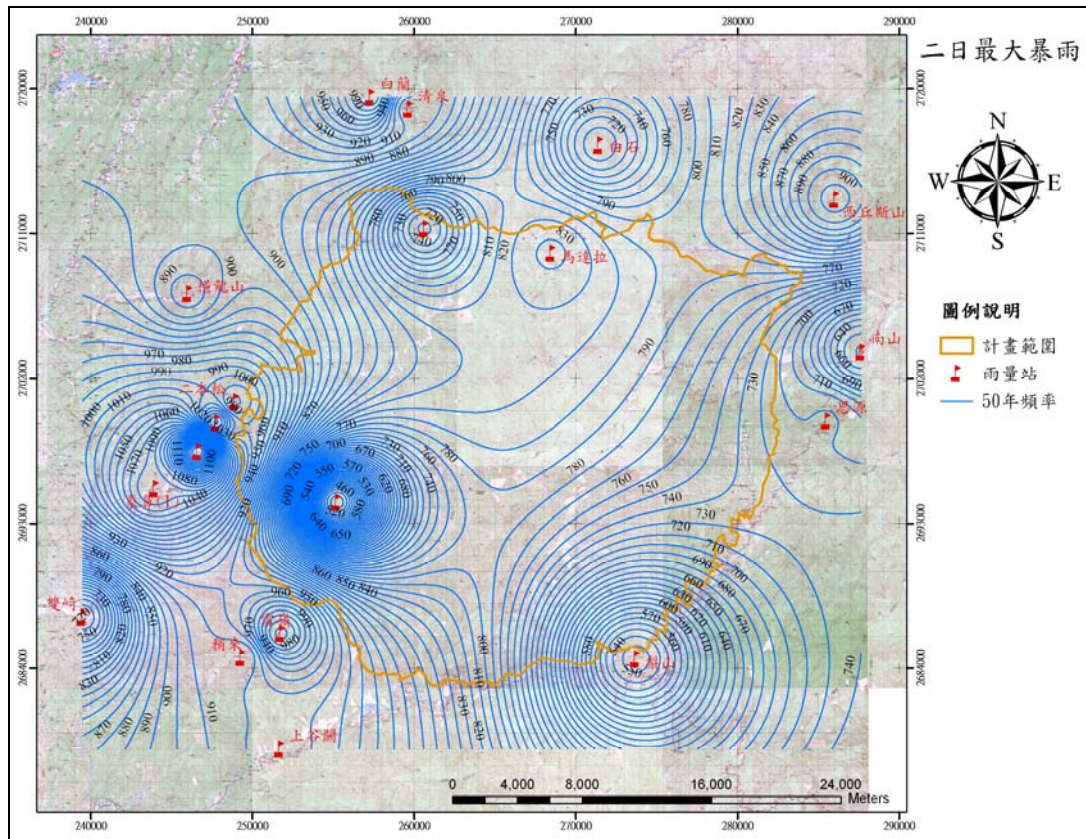


圖 4-3-12 50 年頻率之二日暴雨量

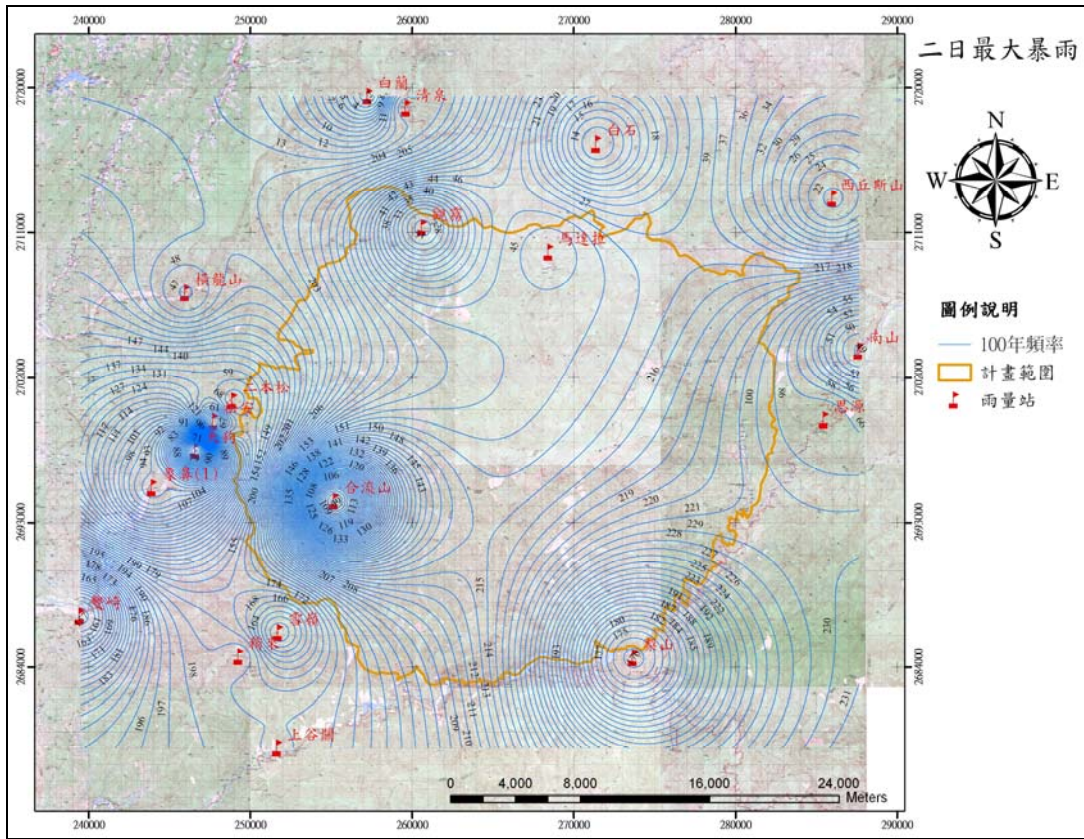


圖 4-3-13 100 年頻率之二日暴雨量

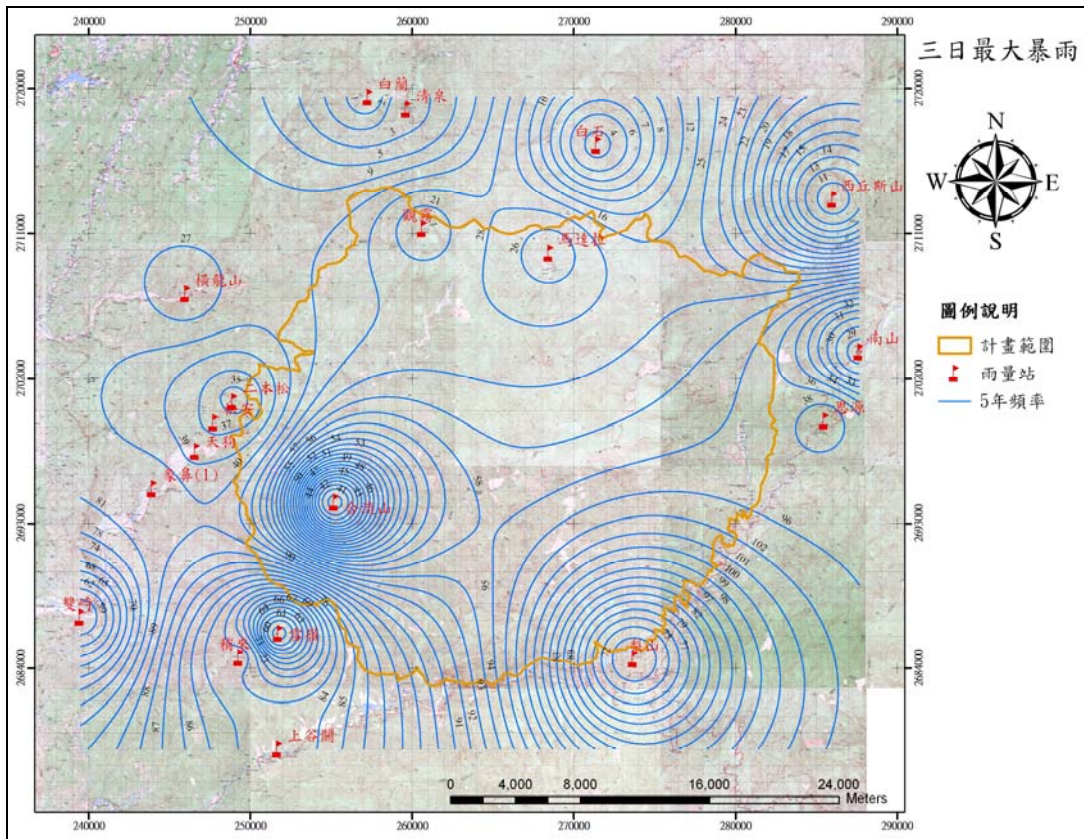


圖 4-3-14 5 年頻率之三日暴雨量

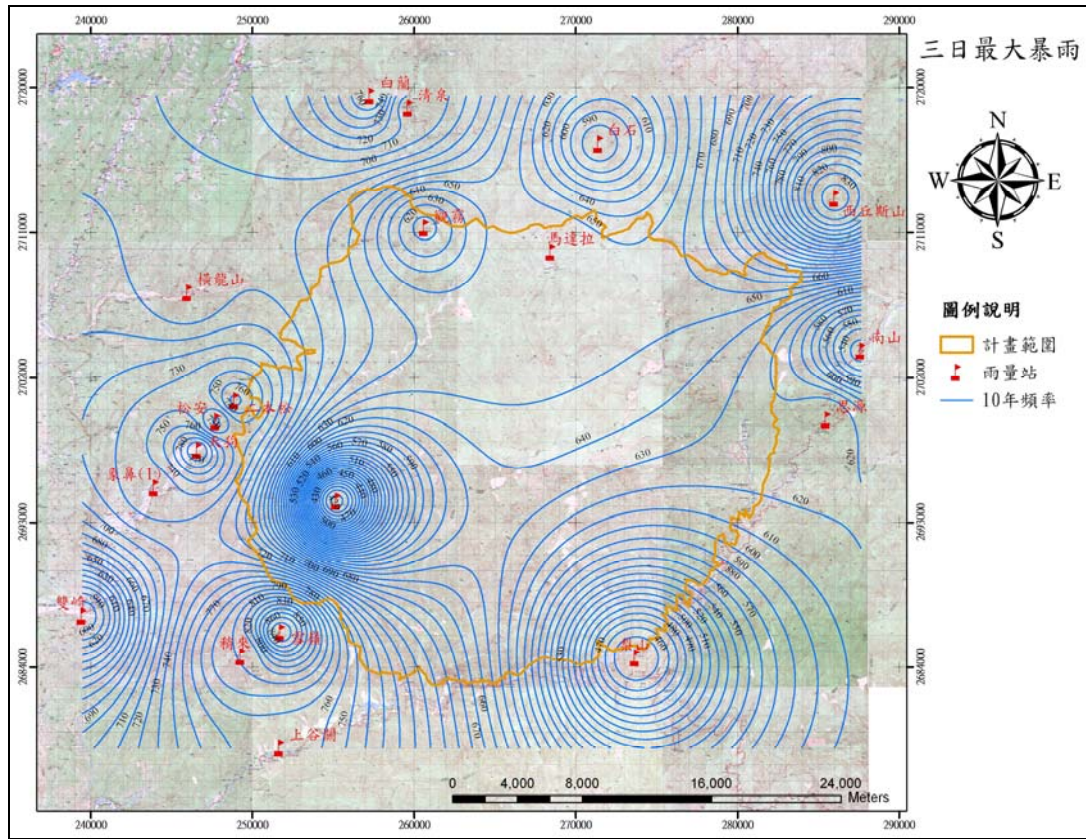


圖 4-3-15 10 年頻率之三日暴雨量

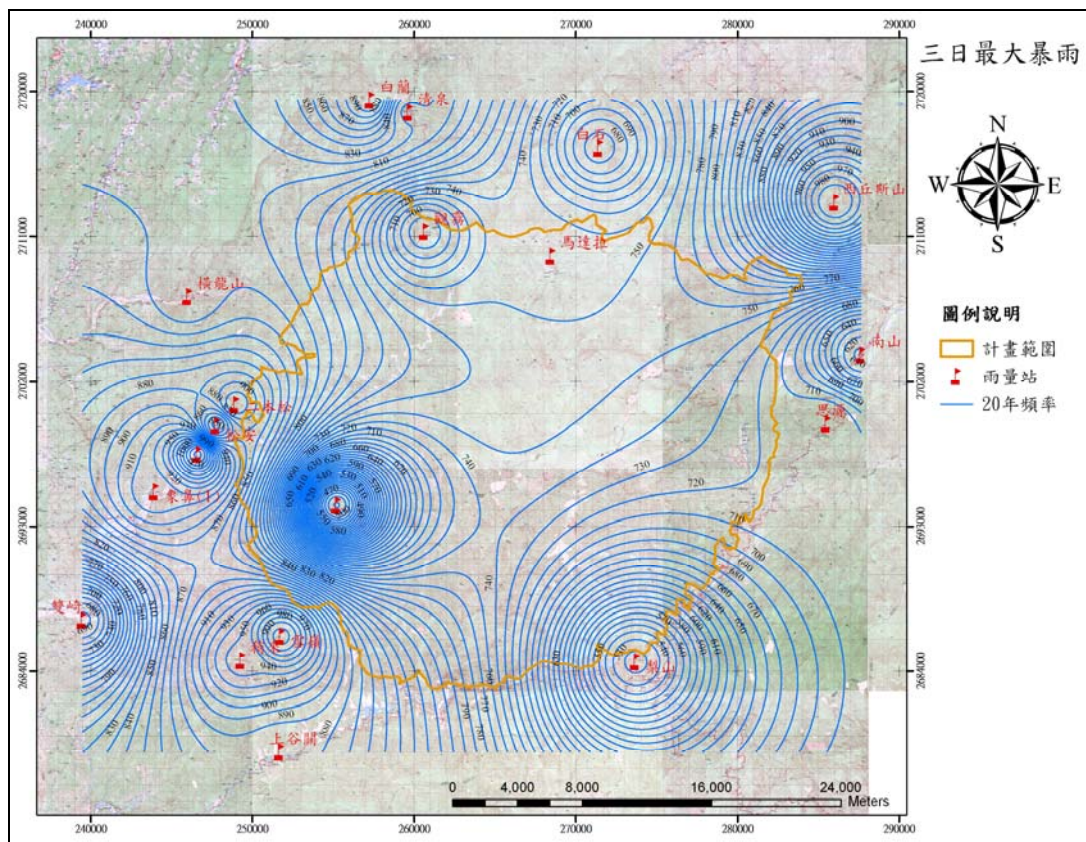


圖 4-3-16 20 年頻率之三日暴雨量

4-4 工程結構物之設計頻率年

台灣因地形特殊且河川大多為東西走向，河流既短且陡，許多低水流量之河川，其流量常於暴雨後激增，常易造成暴洪，且台灣的山坡地早期由於道路之開闢，導致集水區過度開發，加上九二一大地震時，各地岩層及土石被震鬆，一但山坡地發生暴洪，也會夾帶土石流與俱下，因此暴雨對水文分析而言，便顯得特別重要，洪水發生的主要原因為暴雨，故工程結構物所需之強度可依據暴雨頻率加以設計及施工。

本計畫旨在為日後雪霸國家公園實施基礎建設時，可有足夠之基本水文資料，以做為工程結構物設計之依據，水利工程結構物所需要之暴雨頻率應依據現場情況與結構物類型選擇一日暴雨量、二日暴雨量或三日暴雨量與不同之設計頻率，一般之水利工程結構物之設計頻率應依據表 4-4-1 之設計建議。

表 4-4-1 不同水工結構物之設計頻率 (資料來源:王如意等,2006 年)

水 工 結 構 物 名 稱	設 計 重 現 期 距 (年)
受迴水影響重要公路上之橋樑	50~100
次要公路上之橋樑或涵洞	25
較小道路之涵洞、雨水下水道、排水溝	5~10
排水溝入口、邊溝	1~2
大壩或水庫	可能之最大洪水量

4-4-1 雨量站之選定

在選定設計頻率年之後，應選定代表性之雨量站或使用多個雨量

站之資料進行內插處理，其選定資料之順序應該為集水區內之雨量站優於流域內之雨量站優於內插處理，但實際上並無一定標準，故亦可依據施工難易程度選擇較恰當之資料。

本計畫將雪霸國家公園內之大安溪流域與大甲溪流域共分割成六個集水區，此六個集水區分別為：大安溪集水區、南坑溪集水區、皮亞桑集水區、志樂溪集水區、四季郎溪集水區、七家灣溪集水區，其中又大安溪集水區、南坑溪集水區源於大安溪流域，皮亞桑集水區、志樂溪集水區、四季郎溪集水區、七家灣溪集水區則源於大甲溪流域，而保全對象主要分佈於大安溪集水區及七家灣溪集水區中如圖4-4-1所示。

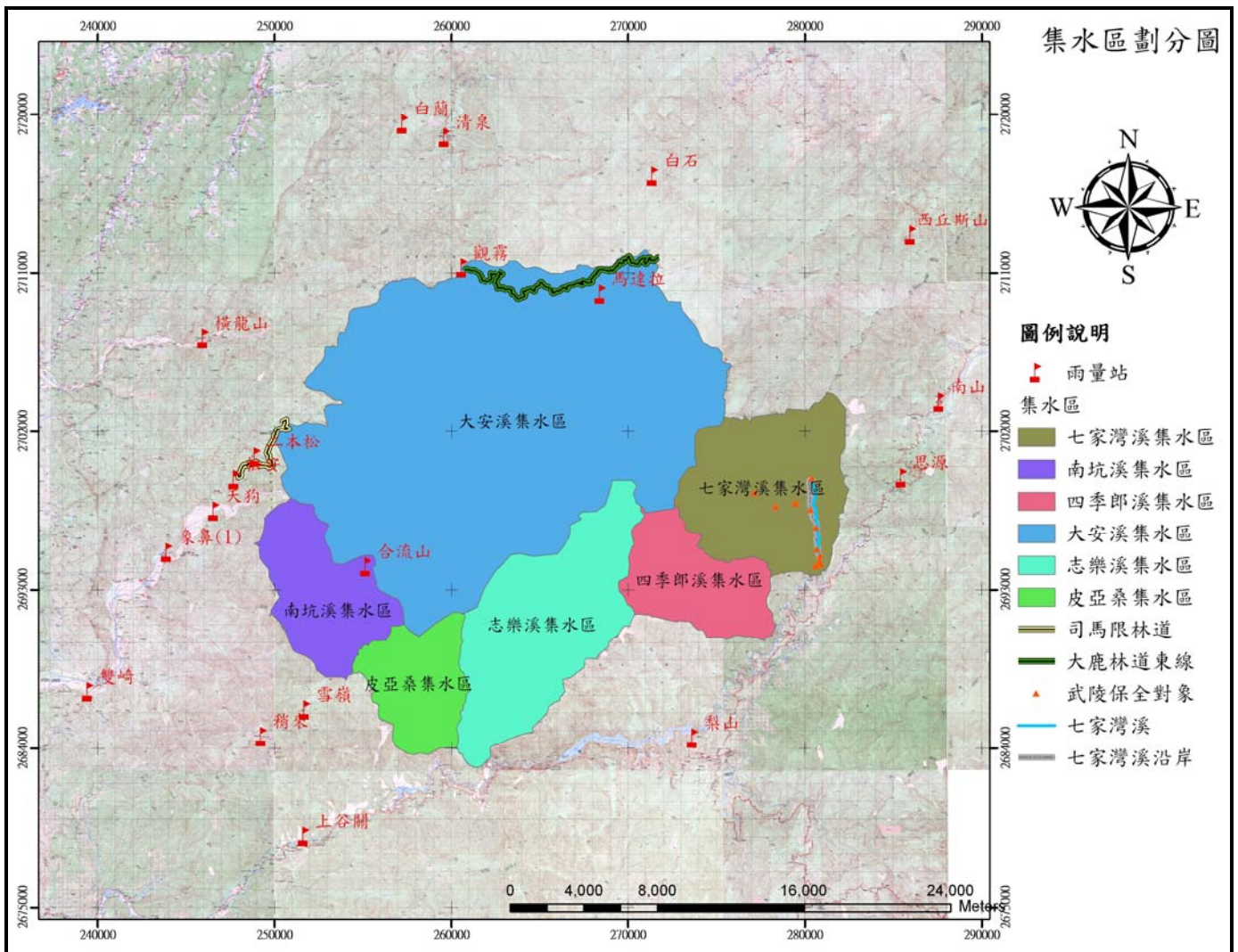


圖 4-4-1 雪霸國家公園內之集水區分佈圖

1. 選定雨量站時應優先使用集水區內之雨量站。
2. 設計暴雨頻率時應參考表 4-4-1 不同水工結構物之設計頻率。
3. 暴雨量選擇順序應為三日暴雨量 > 二日暴雨量 > 一日暴雨量。
4. 本計畫最符合現況之暴雨頻率，前兩名分別為皮爾遜第三類分佈法 Pearson III、皮爾遜對數第三類分佈法 Log-PearsonN III、最高之預測為極端值分佈法 Extreme。
5. 設計程序可參考圖 4-4-2

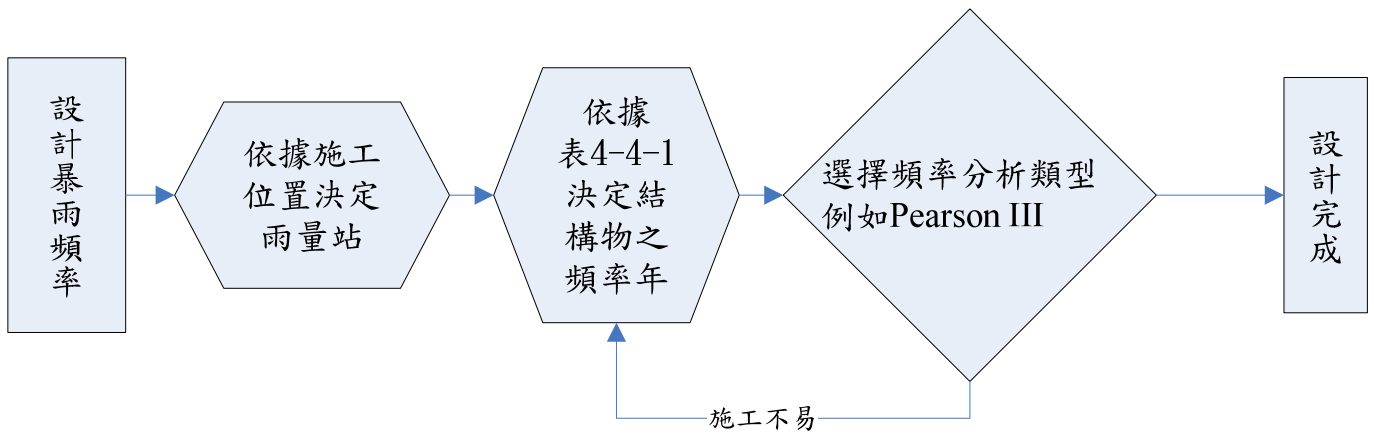


圖 4-4-2 設計暴雨選擇頻率之流程

司馬限林道位於大安溪集水區，司馬限林道四週之雨量站有二本松雨量站、松安雨量站、天狗雨量站，當司馬限林道要實施基礎建設時應優先選用二本松雨量站、松安雨量站、天狗雨量站，其中松安雨量站位於司馬限林道 0 km 處西南方 250 km，天狗雨量站位於司馬限林道 0 km 處西南方 2 km、二本松雨量站位於司馬限林道 2 km 處北方 0.3km，故在司馬限林道 0 到 2 km 可以選用二本松雨量站、松安雨量站、天狗雨量站，而司馬限林道 2 km 處後建議只選用二本松雨量站如表 4-4-2 所示。

表 4-4-2 司馬限林道設計暴雨頻率之雨量站

道路至起點算起之施工位置	建議之雨量站
0~7 km	二本松雨量站
0~7 km	松安雨量站
0~7 km	天狗雨量站
7~19.5 km	二本松雨量站

觀霧地區之大鹿林道東線位於大安溪集水區，大鹿林道東線四周

之雨量站有觀霧雨量站、馬達拉雨量站、白石雨量站、清泉雨量站、白蘭雨量站，其中觀霧雨量站、馬達拉雨量站位於大安溪集水區，當大鹿林道東線要實施基礎建設時，應優先選用觀霧雨量站與馬達拉雨量站，大鹿林道東線全長約 19.5 km，觀霧雨量站位於大鹿林道東線 0 km 處西北方 0.2 km，馬達拉雨量站位於大鹿林道東線 14~15 km 處南方 1.4 km，故將觀霧雨量站與馬達拉雨量站的範圍設定為 7 km，大鹿林道東線 0 到 7 km 處使用觀霧雨量站，7~19.5 km 使用馬達拉雨量站如表 4-4-3 所示。

表 4-4-3 大鹿林道東線設計暴雨頻率之雨量站

道路至起點算起之施工位置	建議之雨量站
0~7 km	觀霧雨量站
7~19.5 km	馬達拉雨量站

武陵農場位於七家灣溪集水區內，且集水區內並無實用之雨量站，因此在選用雨量站上特別困難，南山雨量站與思源雨量站是最靠近七家灣溪集水區之雨量站，此兩雨量站離保全對象約有 5~15 km 之距離，若以內插分析暴雨量則會小於實際暴雨量，因此使用代表性雨量站或使用內插處理應由設計施工單位決定。故建議以使用南山雨量站與思源雨量站較佳(如表 4-4-4)。但在特殊情況下須以內插處理武陵農場之保全對象時，建議使用內插之雨量站有南山雨量站、思源雨量站、梨山雨量站、馬達拉雨量站、西丘斯山雨量站如表 4-4-5 所示。

表 4-4-4 七家灣溪集水區設計暴雨頻率之雨量站

道路至起點算起之施工位置	建議之雨量站
武陵農場保全對象	南山雨量站

武陵農場保全對象	思源雨量站
----------	-------

表 4-4-5 可供七家灣溪內插之雨量站

雨量站/座標	X	Y
南山雨量站	287,640.1	2703,678.3
思源雨量站	285,498.9	2699,377.3
梨山雨量站	273,690.7	2684,585.3
馬達拉雨量站	268,468.9	2709,800.9
西丘斯山雨量站	286,024.0	2713,155.3

本計畫使用甘保氏極端值第一類分布法、對數甘保氏分佈法、皮爾遜第三類分佈法、對數皮爾遜第三類分佈法、皮爾遜第五類分佈法、皮爾遜第六類分佈、對數法等頻率分析各雨量站，所得到之最佳頻率分析方法為皮爾遜第三類分佈法 Pearson III、對數皮爾遜第三類分佈法 Log-Pearson III、最高值為極端值分佈法 Extreme I，圖 4-4-6~圖 4-4-15，分別為各雨量站各頻率年之雨量資料。

表 4-4-6 Pearson III 各頻率年之一日暴雨量表(單位:mm)

雨量站/頻率	5	10	20	50	100
二本松雨量站	499	643	778	948	1073
松安雨量站	448	553	651	772	860
天狗雨量站	433	551	665	810	918
觀霧雨量站	338	387	430	481	517
馬達拉雨量站	396	470	533	606	657
南山雨量站	284	340	390	450	492
思源雨量站	346	413	471	540	588
梨山雨量站	225	261	294	335	364
西丘斯山雨量站	380	460	530	612	670

表 4-4-7 Log- Pearson III 各頻率年之一日暴雨量表(單位:mm)

雨量站/頻率	5	10	20	50	100
二本松雨量站	653	859	1166	1428	653
松安雨量站	430	558	695	893	1057
天狗雨量站	416	549	692	902	1078
觀霧雨量站	334	392	448	521	577
馬達拉雨量站	387	502	621	786	918
南山雨量站	283	351	415	496	555
思源雨量站	347	434	515	613	683
梨山雨量站	224	261	297	342	376
西丘斯山雨量站	385	510	632	789	906

表 4-4-9 Extreme I 各頻率年之一日暴雨量表(單位:mm)

雨量站/頻率	5	10	20	50	100
二本松雨量站	710	873	1084	1241	710
松安雨量站	464	584	698	846	957
天狗雨量站	466	596	720	881	1001
觀霧雨量站	354	422	488	573	637
馬達拉雨量站	425	540	651	795	903
南山雨量站	287	355	420	505	568
思源雨量站	349	435	517	624	704
梨山雨量站	228	269	308	359	396
西丘斯山雨量站	404	521	633	778	887

表 4-4-10 Pearson III 各頻率年之二日暴雨量表(單位:mm)

雨量站/頻率	5	10	20	50	100
二本松雨量站	561	706	842	1012	1137
松安雨量站	557	678	790	929	1031
天狗雨量站	533	733	947	1250	1491
觀霧雨量站	489	567	636	718	776
馬達拉雨量站	537	638	727	832	906
南山雨量站	398	476	545	629	689
思源雨量站	466	553	630	721	785
梨山雨量站	324	389	452	535	597
西丘斯山雨量站	578	693	791	904	982

表 4-4-11 Log- Pearson III 各頻率年之二日暴雨量表(單位:mm)

雨量站/頻率	5	10	20	50	100
二本松雨量站	557	715	865	1057	1198
松安雨量站	541	681	825	1026	1188
天狗雨量站	548	718	901	1170	1397
觀霧雨量站	490	577	656	753	822
馬達拉雨量站	532	667	801	978	1113
南山雨量站	397	489	576	686	767
思源雨量站	469	574	669	782	861
梨山雨量站	323	385	447	533	601
西丘斯山雨量站	592	791	984	1233	1417

表 4-4-12 Extreme I 各頻率年之二日暴雨量表(單位:mm)

雨量站/頻率	5	10	20	50	100
二本松雨量站	603	774	938	1151	1310
松安雨量站	575	713	844	1014	1142
天狗雨量站	645	835	1017	1252	1428
觀霧雨量站	514	624	730	867	969
馬達拉雨量站	577	727	870	1055	1194
南山雨量站	403	496	585	701	787
思源雨量站	470	581	687	825	928
梨山雨量站	339	404	466	547	607
西丘斯山雨量站	612	788	957	1176	1340

表 4-4-13 Pearson III 各頻率年之三日暴雨量表(單位:mm)

雨量站/頻率	5	10	20	50	100
二本松雨量站	369	606	762	909	1096
松安雨量站	593	719	837	984	1092
天狗雨量站	581	789	1013	1329	1581
觀霧雨量站	534	617	692	782	847
馬達拉雨量站	565	660	742	839	906
南山雨量站	446	536	618	720	793
思源雨量站	524	628	720	834	914
梨山雨量站	372	450	527	626	701
西丘斯山雨量站	665	835	990	1182	1321

表 4-4-14 Log- Pearson III 各頻率年之三日暴雨量表(單位:mm)

雨量站/頻率	5	10	20	50	100
二本松雨量站	376	612	759	890	1045
松安雨量站	574	717	866	1079	1254
天狗雨量站	591	771	969	1267	1526
觀霧雨量站	524	622	719	851	956
馬達拉雨量站	559	688	813	977	1102
南山雨量站	439	542	643	776	878
思源雨量站	529	641	742	861	944
梨山雨量站	366	443	524	638	732
西丘斯山雨量站	665	905	1152	1491	1756

表 4-4-15 Extreme I 各頻率年之三日暴雨量表(單位:mm)

雨量站/頻率	5	10	20	50	100
二本松雨量站	381	654	834	1007	1231
松安雨量站	614	755	890	1064	1195
天狗雨量站	698	896	1086	1331	1515
觀霧雨量站	562	673	780	918	1021
馬達拉雨量站	602	748	888	1069	1205
南山雨量站	454	558	657	785	881
思源雨量站	533	657	775	928	1043
梨山雨量站	389	468	543	640	713
西丘斯山雨量站	725	945	1157	1430	1635

4-5 集水區地文資訊分析

地形分析的三個工作項目分別為高程分析、坡度分析、坡向分析，調查方法與資料來源分別是 GIS 系統分析與全台灣數值高程模型 (DEM)，分析步驟如圖 4-3-1 所示。

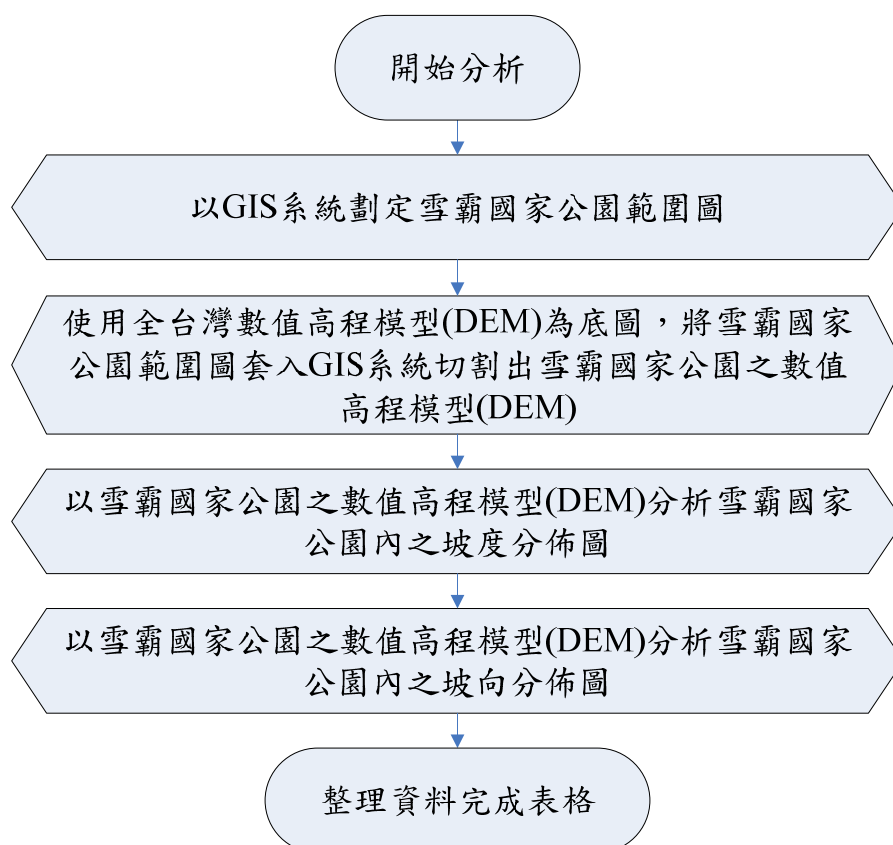


圖 4-5-1 地形分析之流程圖

本計畫共製作完成高程圖、坡度圖、坡向圖與立體展示圖，圖 4-5-2 為立體展示圖，在雨量站建議設置中有詳述其使用情形，由高程資料可以得知雪霸國家公園內，海拔最高之處為 3,881m，最低處為 740m（如圖 4-5-3 所示）。依據 92 年 8 月 15 日之水土保持技術規範第二十三條中之規定，將計畫範圍內之坡度分成七個等級，由分級的成果中可知六到七級坡佔全區面積的 77%，且從一級坡到七級坡的比例呈現越來越高之趨勢，故園區內多為陡峭山壁，如圖 4-5-4 和表 4-5-1 所示，而由坡向資料則可發現坡向分布相當平均與坡度大不相同如圖 4-5-5 和表 4-5-2 所示。



圖 4-5-2 雪霸國家公園之立體展示圖

表 4-5-1 本計畫之坡度分析表

坡度分級	面積(公頃)	百分比%
一級坡	236	0.3%
二級坡	882	1.1%
三級坡	3,046	4.0%
四級坡	3,768	4.9%
五級坡	9,339	12.2%
六級坡	42,192	54.9%
七級坡	17,387	22.6%
共計	76,850	100%

表 4-5-2 本計畫之坡向分析表

坡向分類	面積(公頃)	百分比%
北向	8,499	11.1%
東北向	9,792	12.7%
東向	10,151	13.2%
東南向	9,917	12.9%
南向	9,343	12.2%
西南向	9,987	13.0%
西向	9,578	12.5%
西北向	9,583	12.5%
共計	76,850	100.0%

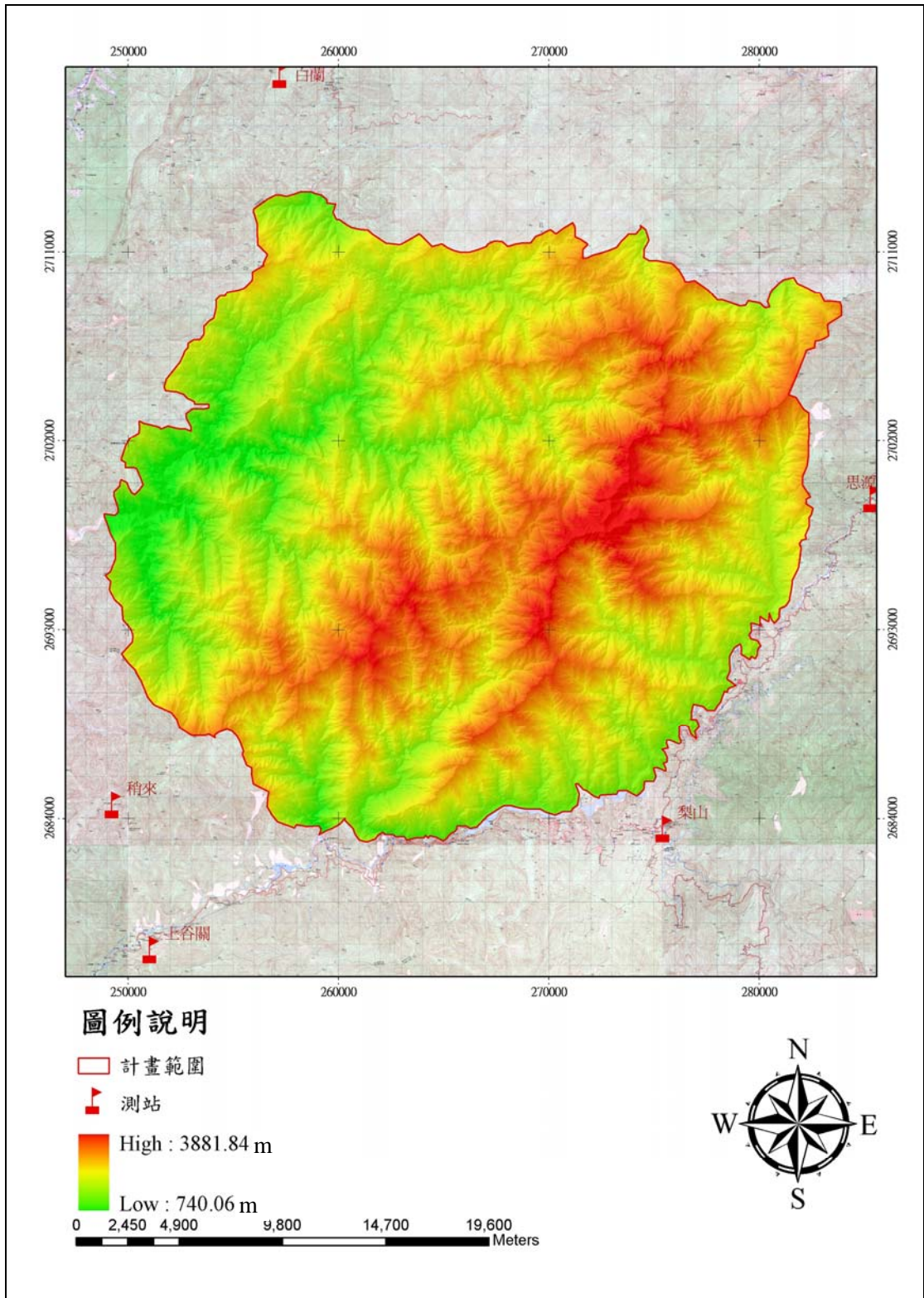


圖 4-5-3 雪霸國家公園範圍內之高程分佈圖

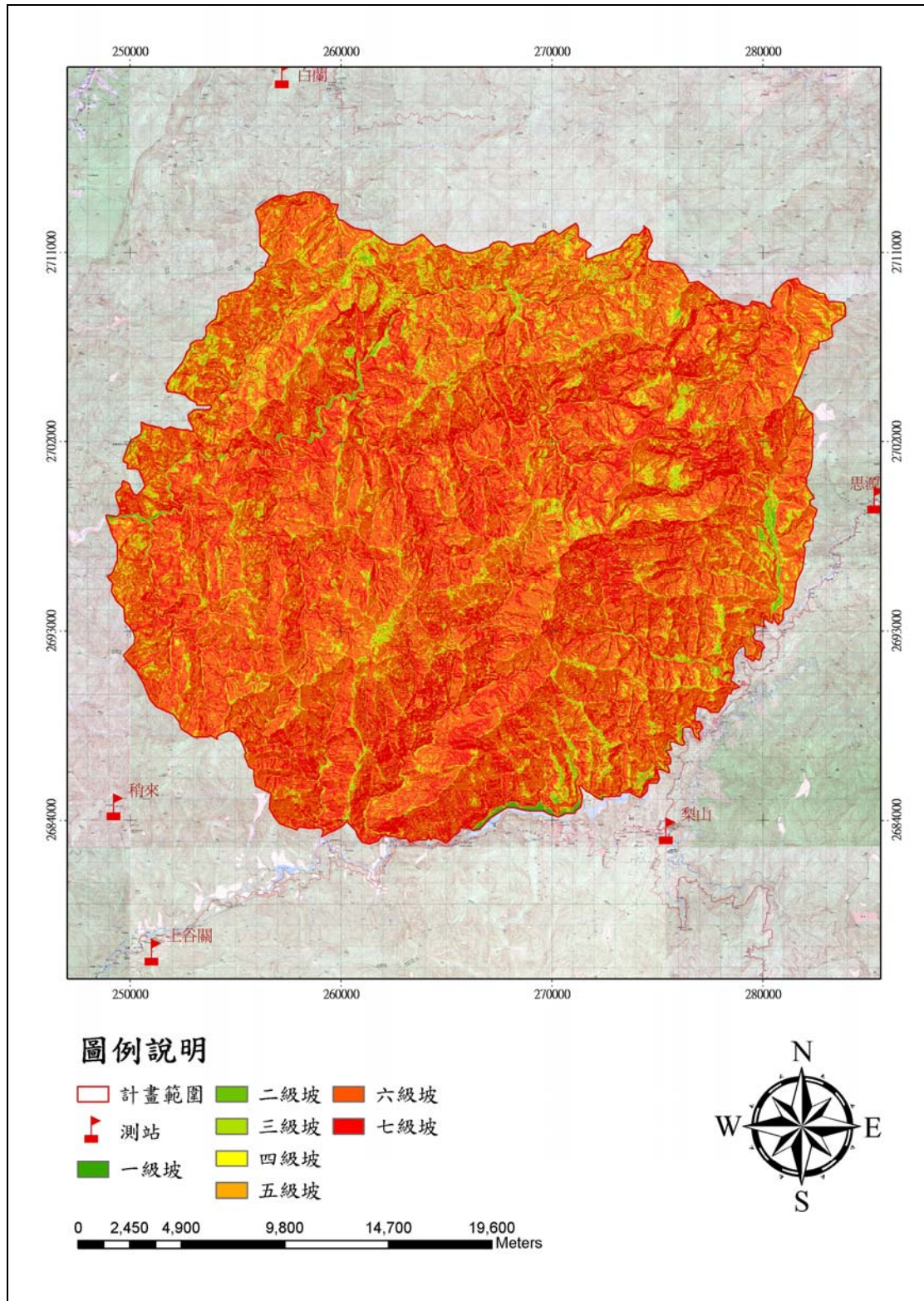


圖 4-5-4 雪霸國家公園範圍內之坡級分佈圖

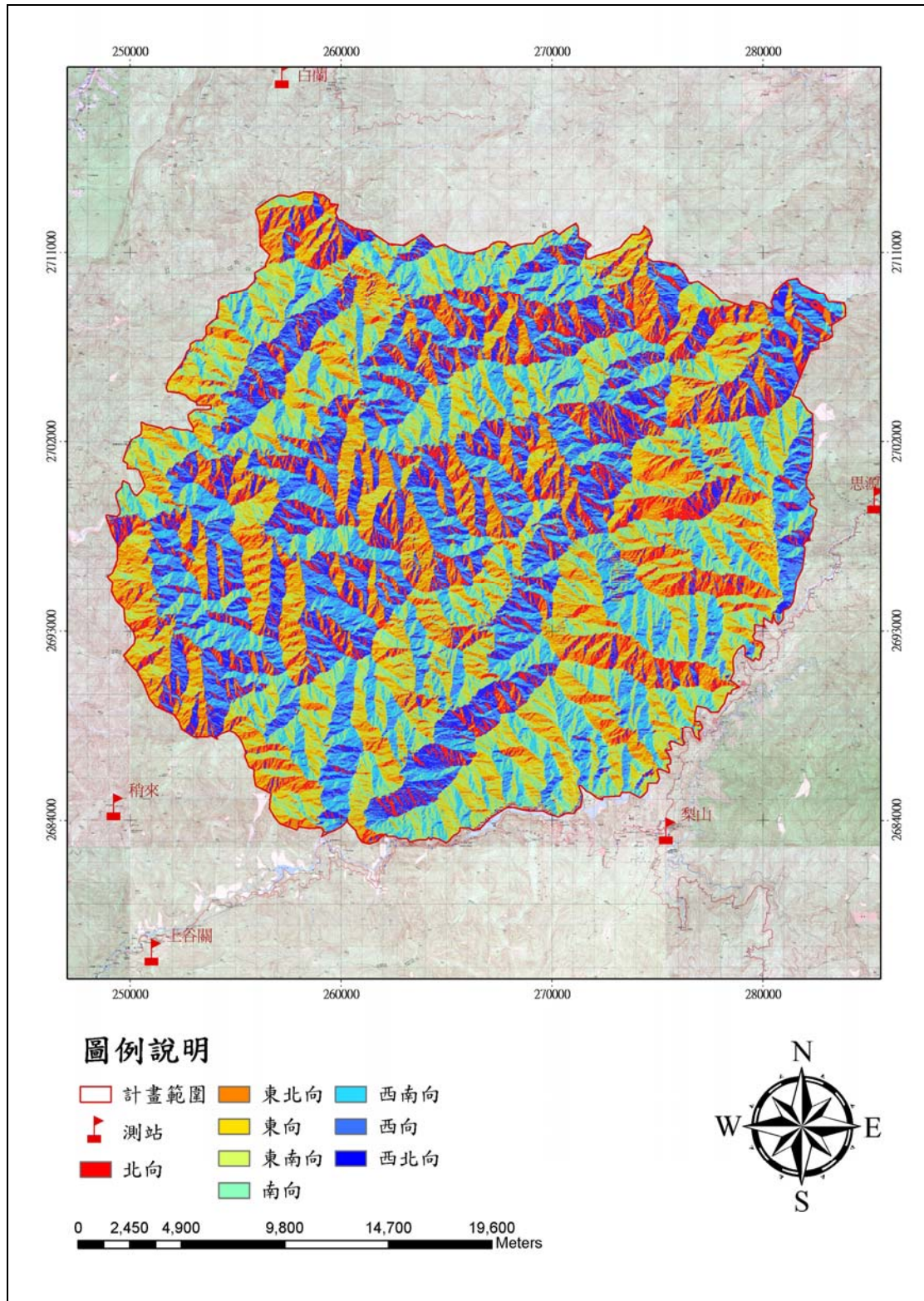


圖 4-5-6 雪霸國家公園範圍內之坡向分類圖

4-6 雨量站設置之建議

美國氣象局建議每 10,000 公頃到 25,000 公頃應該要設置 1 個雨量站，據此雪霸國家公園內需設置 7~5 個雨量站，目前在雪霸園區內共有 4 座雨量站在運作，扣除此四座雨量站，雪霸國家公園內應再設置 1~3 個具有參考價值之雨量站且應該分布在大安溪流域與大甲溪流域內，但若考慮到將來人力物力與交通的可及性和方便性，建議至少應再設置一個測站。

雪霸國家公園共占地 76,850 公頃，雪霸國家公園區內的河流經分水嶺的切割成為六區：大安溪集水區、南坑溪集水區、皮亞桑集水區、志樂溪集水區、四季郎溪集水區、七家灣溪集水區，在保全範圍可使用之雨量站共有四處：分別為大安溪集水區內之觀霧雨量站、馬達拉雨量站、二本松雨量站與大甲溪流域內之合流山雨量站，此四個雨量站分別可供司馬限林道與大鹿林道東線使用，而七家灣溪卻無適當之雨量站可供參考，因此建議在七家灣溪內設置一雨量站，以便在未來分析水文資料時可以取得具有實用價值的資料。

目前在雪霸國家公園內之四個雨量站分別分散在圖 4-6-1 所示之位置，由圖 4-6-1 可以得知雪霸國家公園內若能在七家灣溪集水區內設置一雨量站，將可以完成雪霸國家公園內之水文站分佈，且也可供圖 4-6-2 內的七家灣溪流集水區之保全對象做為未來暴雨量設計之依據。

七家灣溪集水區在登山口入口處有超過 50m 以上之良好空地如圖 4-6-3 與圖 4-6-4 橘色方塊所示，也剛好符合在高處設置雨量站、人力物力可達之原則，此處將是最良好設置雨量站之地點。

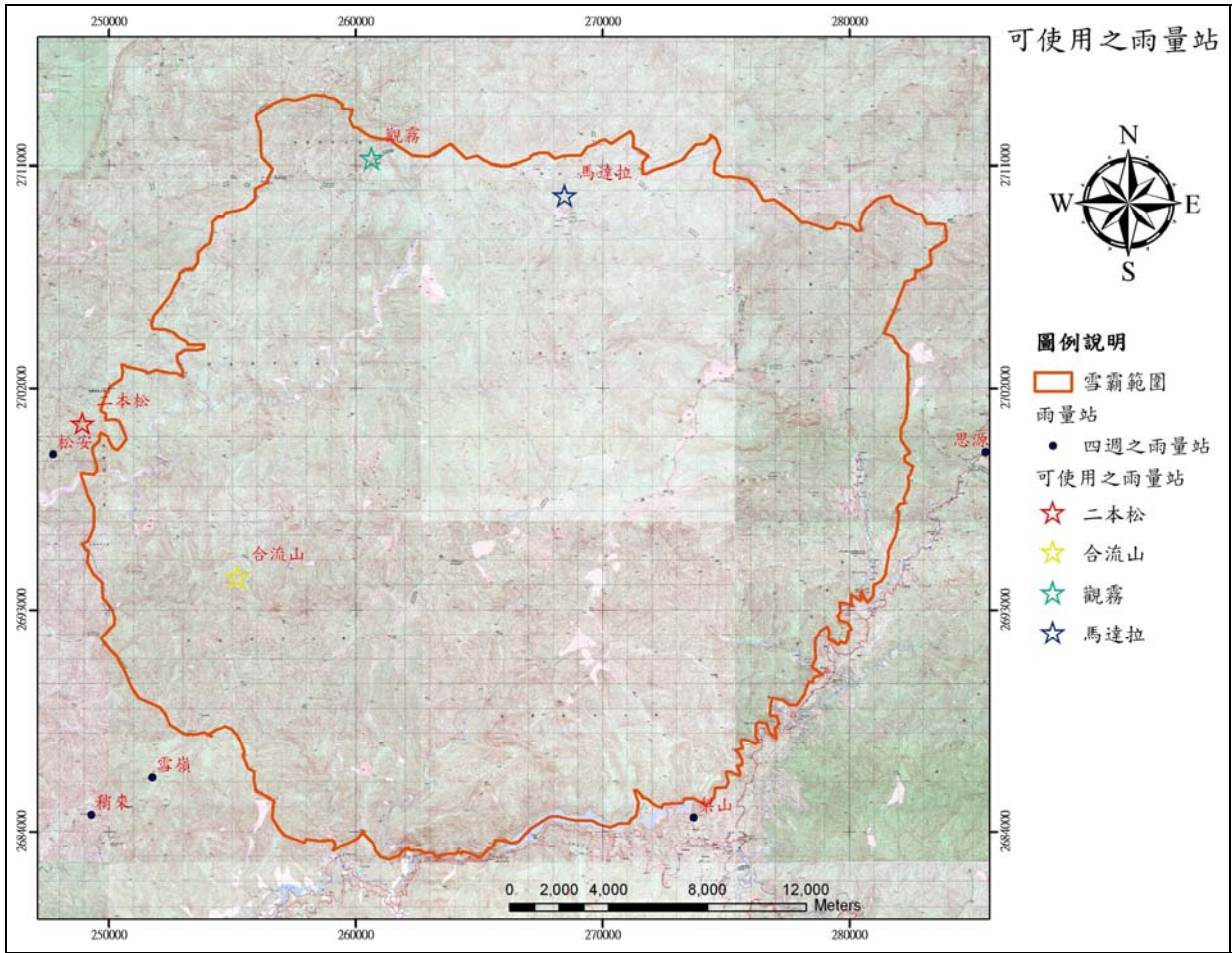


圖 4-6-1 雪霸國家公園內可供使用之雨量站位置圖

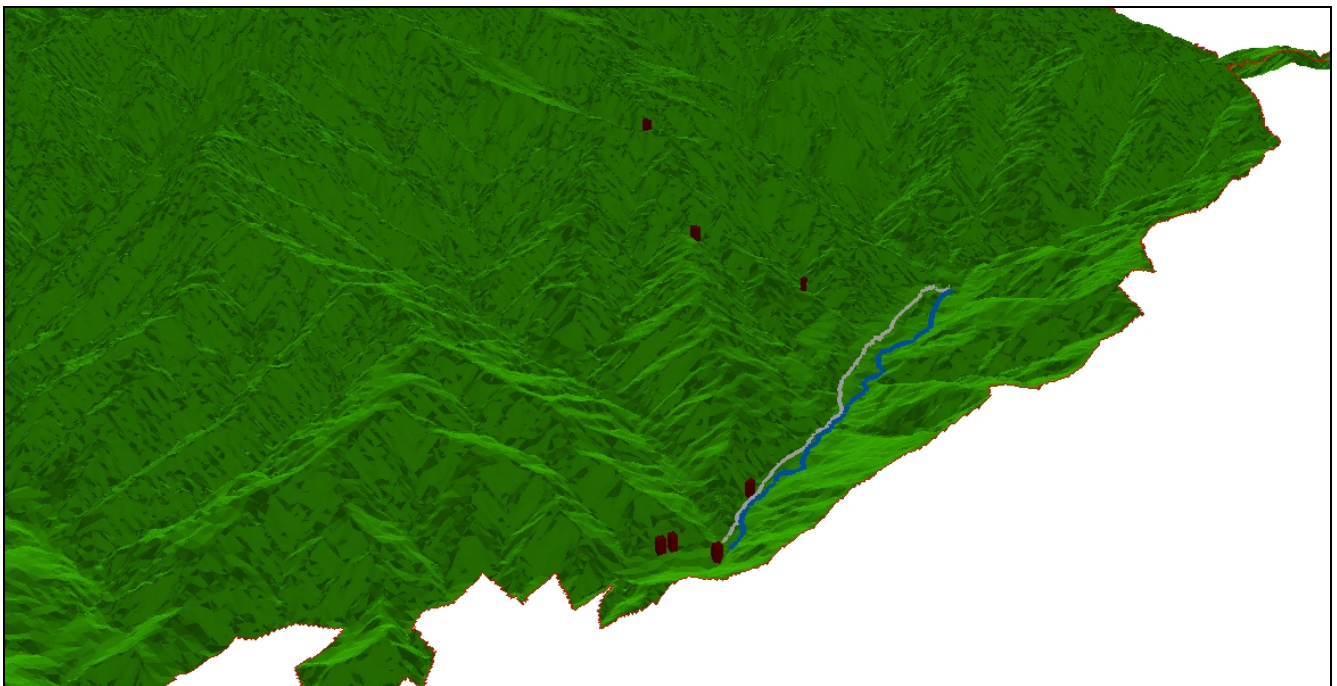


圖 4-6-2 七家灣溪集水區之立體圖



圖 4-6-3 登山口入口處位置圖

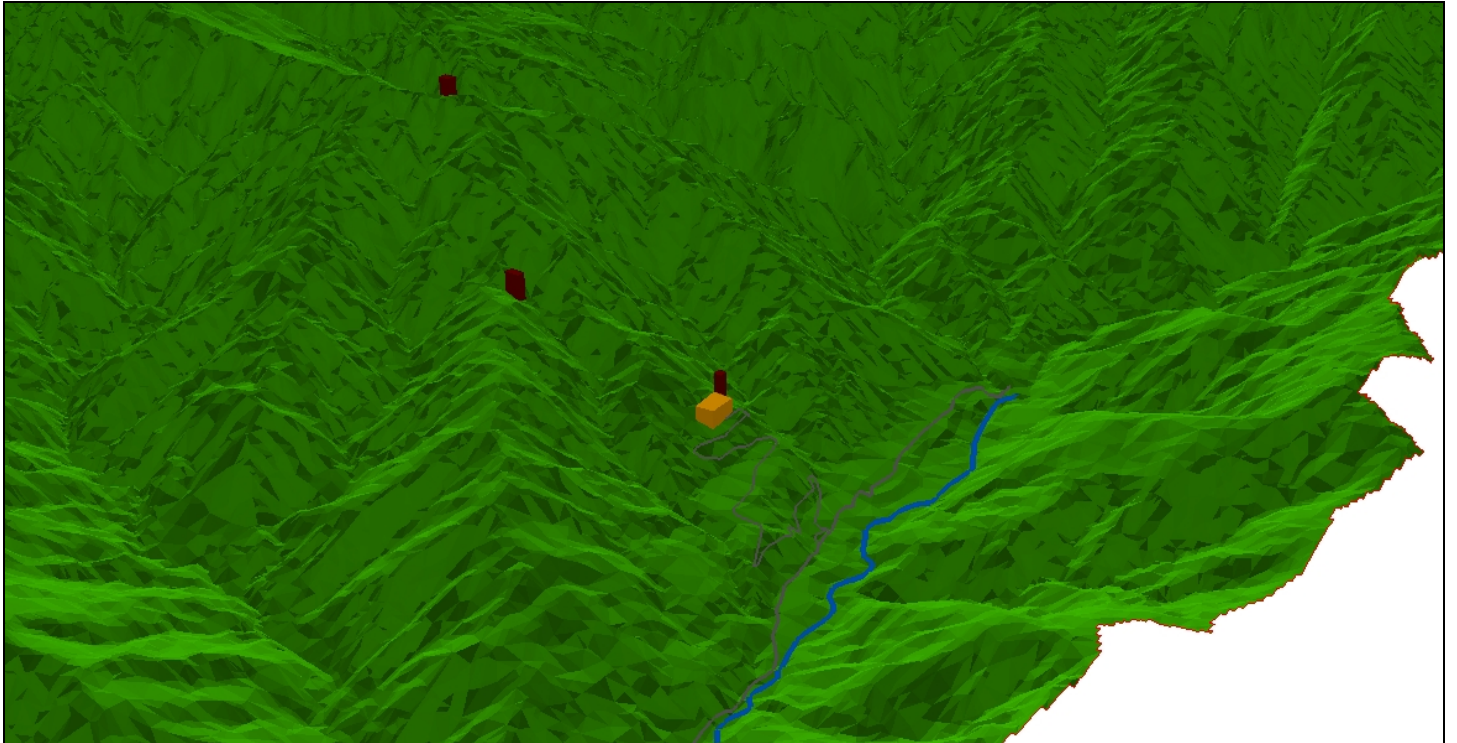


圖 4-6-4 七家灣溪集水區內雨量站設置之建議地點

第五章 結論與建議

本計畫分別就理論及現場調查之結果以探討水文與地文的問題，因前人並未對雪霸國家公園建立具有實用性的水文資料，因此雪霸國家公園在進行基礎建設時往往缺乏可供參考依據之水文資料。本研究根據服務建議書為雪霸國家公園的保全對象設計暴雨頻率，以方便日後水文學設計及施工時之參考使用。

5-1 結論與建議

一、在台灣一般計算暴雨頻率通常多只使用甘保氏法與皮爾遜法，然而實際上計算暴雨頻率的方式有數十種，若只使用甘保氏法與皮爾遜法，不免有失正確性，本計畫參考國內外之頻率計算方式，透過實際資料之比對，得到國內一般使用之甘保氏法並非雪霸國家公園最佳之頻率分析方式，雪霸國家公園之最佳頻率分析方式分別為皮爾遜第三類分佈法與對數皮爾遜第三類分佈法。

二、近年來地球環境因為溫室效應之影響，氣候已益趨異常化，且非常不穩定，本計畫在比對降雨資料時，發現民國 94~95 年後降雨的極端值急速攀升，以南山雨量站為例，在民國 94 年以前之一日暴雨量多在 100 mm~200 mm 之間，但在民國 94 年後，一路向上攀爬到去年的 596.5 mm，由此可見台灣也受到地球氣候變遷的強烈影響，因此建議在設計暴雨頻率時可能需要採取高估之設計以增其安全性，故第四章之降雨頻率表也附上較高之降雨頻率分析結果，為極端值分佈第一類分佈(Extreme I)法。

三、雪霸國家公園中之七家灣溪集水區內並無實用之雨量站，經七家

灣溪集水區現勘並討論後，發現實際上有數處邊坡崩塌與土石流，若要防止危害到人工建構物與保育區域，則應要加強邊坡之治理，因此建議增設一個雨量站，可於園區內之雨量站進行雙重查核，以增雨量資料之正確性。

四、於七家灣溪集水區欲決定其設計暴雨頻率年時，必須清楚工程施工之難易度與設計之困難度，再決定要使用思源雨量站之分析結果或使用內插處理，而內插處理之暴雨頻率有可能會小於實際值，因此在設計暴雨頻率時須特別小心。

五、雪霸國家公園之司馬限林道與大鹿東線林道所使用之雨量站，資料相當齊全，且資料也都介於 80~30 年之間，因此分析之結果比較正確，資料比對上也相當符合，但仍需考慮到往後數十年間台灣氣候的改變，所以建議在施工設計之經費許可下，採用較高之極端值分佈第一類分佈(Extreme I)法。

六、本計畫在舉行期中報告時，因處長特別提到可否針對雪霸國家公園管理處園區是否有發生土石流與洪水之可能性進行探討。本計畫在有限時間之情形下，也將其進行初步之探討，並將其結果列入附錄中，敬請卓參。標題為：「雪霸國家公園管理處上游土砂環境調查與處址安全性之初步探討」。

附錄

雪霸國家公園管理處上游土砂環境調查

與處址安全性之初步探討

一、前言

鑒於地球暖化導致氣候異常化之現象益趨嚴重，且雪霸國家公園管理處又緊鄰汶水溪岸之堤防，由於近年來台灣常發生土石流災害之案例，尤其 2009 年八八水災導致小林村被滅村之慘劇，深值探討並引為殷鑑。

本工作由汶水溪集水區之土砂環境與重要工程設施先行初步調查分析，並進行本問題之初步探討，期能提出重要方向以供貴處未來進行決策之參考。

因汶水溪屬於中央管河川後龍溪流域之子集水區，故隸屬於經濟部水利署第二河川局管轄範圍。民國 88 年曾由苗栗縣政府完成治理基本計畫，並於 89 年 1 月 4 日由經濟部公告為 29 條中央管河川之一。

二、調查範圍

由清安道路 0km(汶水溪之集流點)起經汶水橋(泰安觀止溫泉飯店附近)，至林班地間距離約十餘公里，如照片 2-1 所示，屬於汶水溪下游到中游段，另外上溯並到上游之林班地。行政區域範圍屬於苗栗大湖鄉富興村，泰安鄉清安村及錦水村。此次調查主要之保全對象為「雪霸國家公園行政中心暨汶水遊客中心」，自民國 90 年落成啟用迄今，園區之總面積約 9.1 公頃，為一個綜合型園區。



照片 2-1 調查中點(溫泉區之汶水橋)(攝於 2009 年 9 月)

三、初步調查成果

1. 河川水理特性分析

集水區地形分析：汶水溪發源於南庄鄉及泰安鄉交會之山區鹿場大山附近，主流長為 24.3 公里，集水區之面積約 10,552 公頃。坡陡流急，屬於山地型河川，平均坡度為 1/23，甚為陡峻。

2. 水系特性分佈

汶水溪集水區之河川型態經判斷大致呈樹枝型(Dendritic) 如圖 3-1 所示，這類水系的下伏岩層與抵抗侵蝕能力均勻一致，所以對河谷發育的方向沒有控制作用，河谷呈樹枝狀之任意排列。多發生在平伏的沉積岩或塊狀火成岩及變質岩區域(何春蓀，1990)。

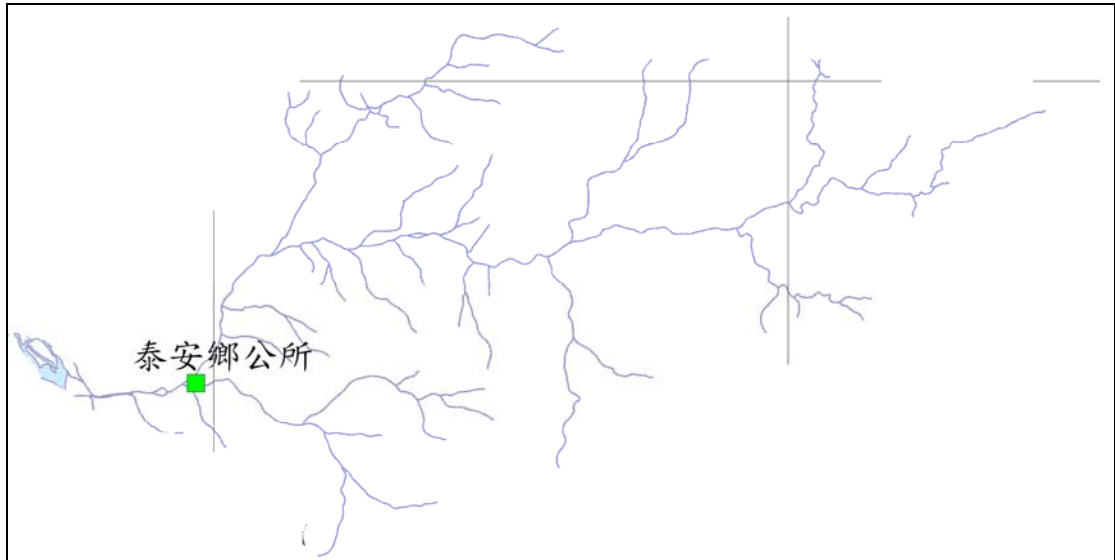


圖 3-1 汶水溪集水區之水系分佈圖

3. 崩塌地調查

(1)汶水溪集水區崩塌地多分佈於汶水溪虎山吊橋以上之集水區，如圖 3-2 所示。第一次崩塌於民國 90 年 3 月至 94 年 9 月期間，由於颱風帶來的豐沛水量，崩塌面積增加為 87.4 公頃。其中，位於山坡地保育區約占 21%，位於林班地內約占 76%。由第一次判釋結果顯示多發生於林班地，山坡地之崩塌區位較少。第二次崩塌於民國 94 年 9 月至 96 年 3 月間，發生數場豪雨跟颱風，造成之崩塌地多發生於山坡地上，由圖中可知主要之崩塌地有編號為 114、115、120、及 121 四處；因林班地之人口稀疏，所可能危及之保全對象較少，若發生極大豪雨，勢必會有大量土砂下移，並可能危及其下游之溫泉區及管理處。

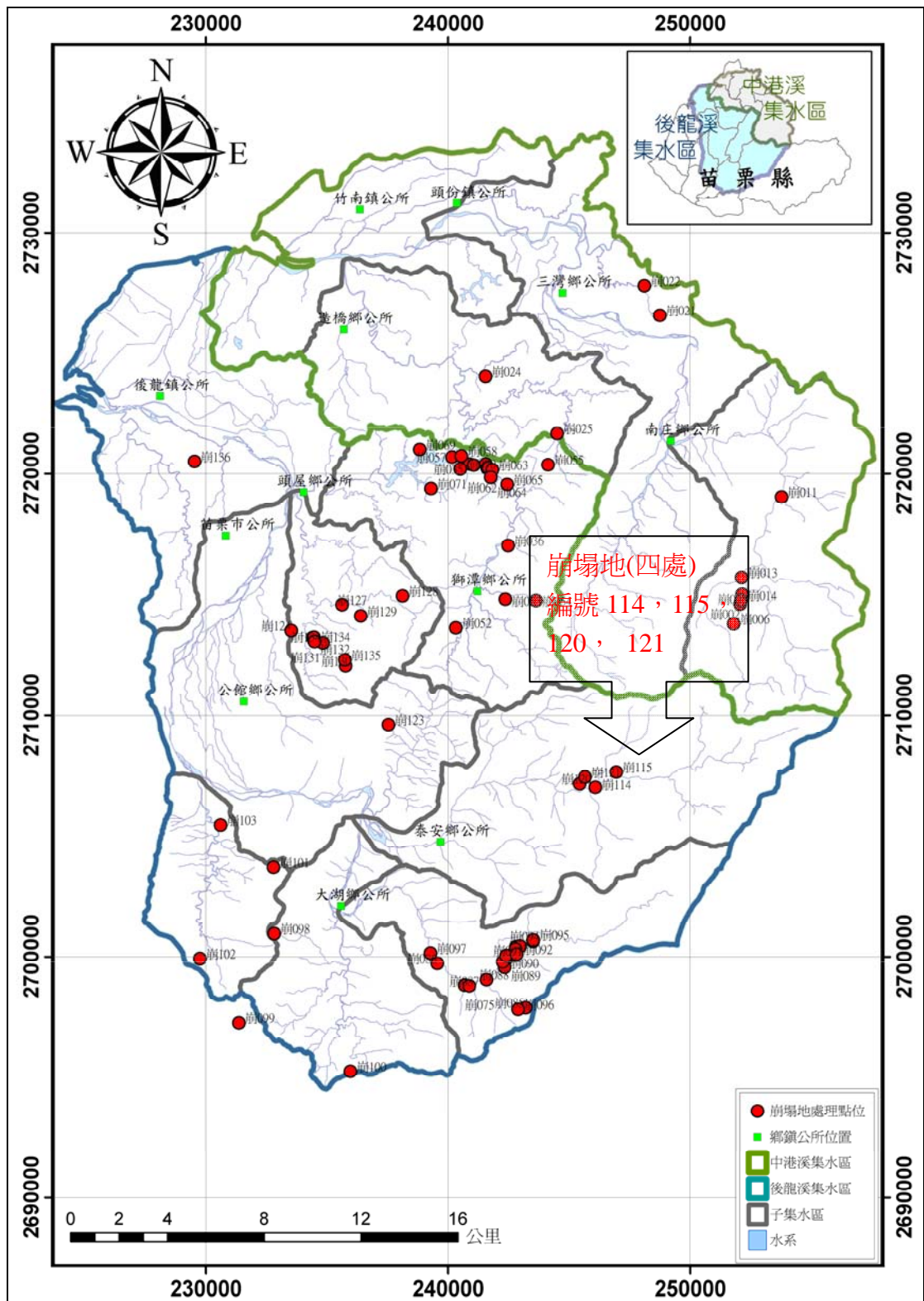


圖 3-2 崩塌地災害及處理情形

(水保局，2007.11)

(2) 道路崩塌治理：由於清安道路是沿著汶水溪河床開闢而成，道路大面積崩塌可能造成道路中斷，如照片 3-1 及照片 3-2 所示，嚴重之情況可能於發生暴雨時，土石滑落溪床導致汶水溪阻塞，形成堰塞湖。主要道路崩塌位置編號為 69 及 70 號，詳如圖 3-3 所示，此道路崩塌已在修復治理中，期能確保道路跟河川之與暢通，以減低運輸與居民進出之影響及生命之安全。



照片 3-1 道路邊坡崩塌情形(攝於 2009 年 9 月)



照片 3-2 道路邊坡崩塌情形(攝於 2009 年 9 月)

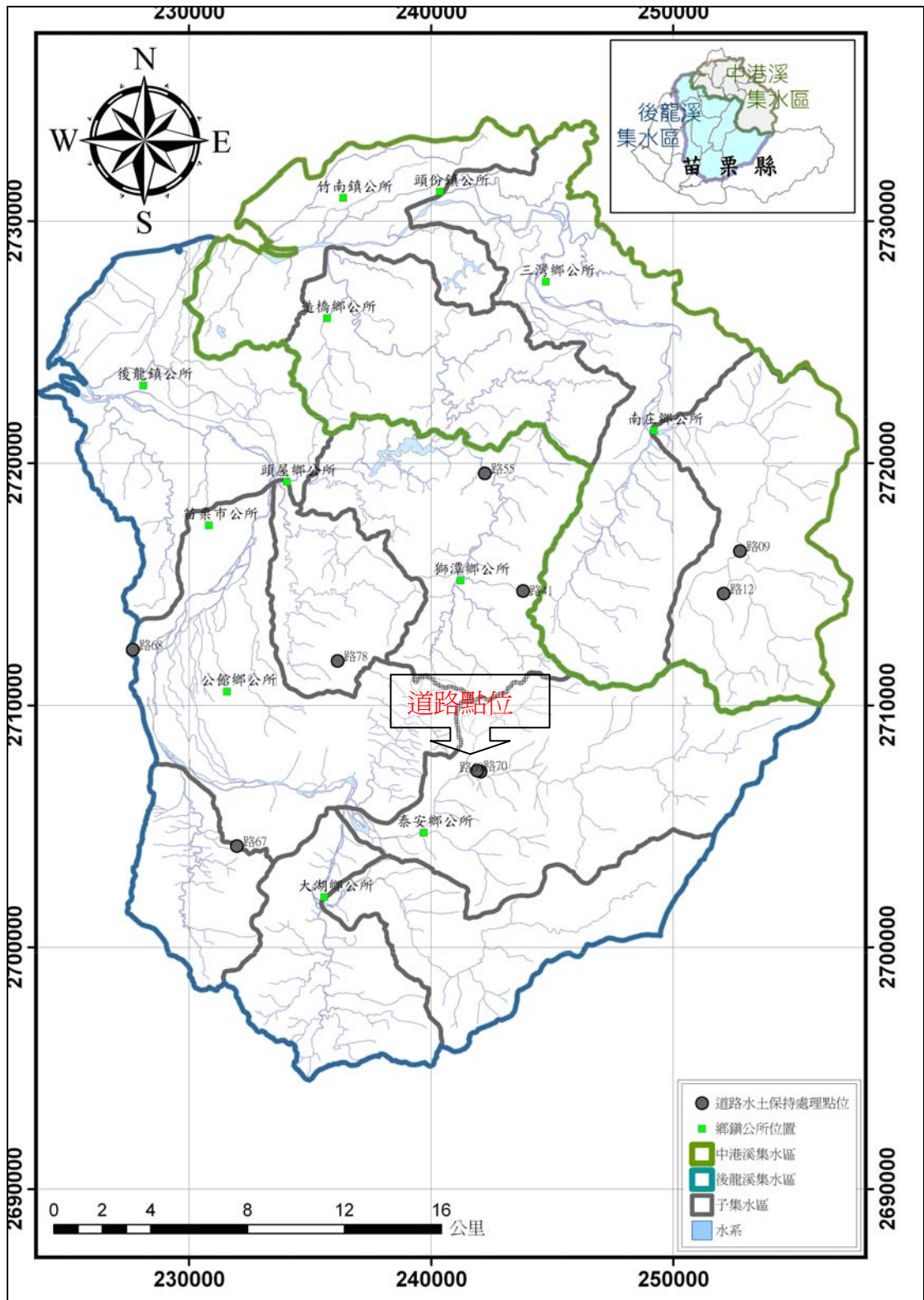


圖 3-3 道路水土保持處理點位

(水保局，2007.11)

4. 土石流潛勢溪流調查

本園區因緊臨汶水溪左岸之堤防，必須密切注意汶水溪之流量變化因降雨量隨海拔升高而遞增，高海拔地區之迎風面，雨量較高，年平均降雨量約為 1,962.6mm，豐枯季之雨量懸殊，5~10 月為豐水期，11 月至翌年 4 月則為枯水期。尤其在 5~10 月豪雨季節可能發生大量雨水夾帶土砂而下。若能配合農委會水土保持局發佈的土石流潛勢溪流，當可由土石流預警系統即時地發布警戒而進行撤離。水保局所訂定之土石流潛勢溪流可能是看似不起眼的野溪，如照片 3-3 所示，由於河道窄，平時流量小，但是一旦發生土石流時造成的災害卻常非常嚴重(例如:南投縣水里鄉之上安村 2001 年桃芝颱風時即發生極慘重之土石流災難)，不容小覷。靠近雪霸國家公園管理處的土石流潛勢溪流經以 DEM 分析劃出，如圖 3-4 及圖 3-5 所示，以管理處為中心，各土石流潛勢溪流由下游向上游排序詳如：衛像 3-1、衛像 3-2 及衛像 3-3。



照片 3-3 錦水村土石流危險警示牌(攝於 2009 年 9 月)

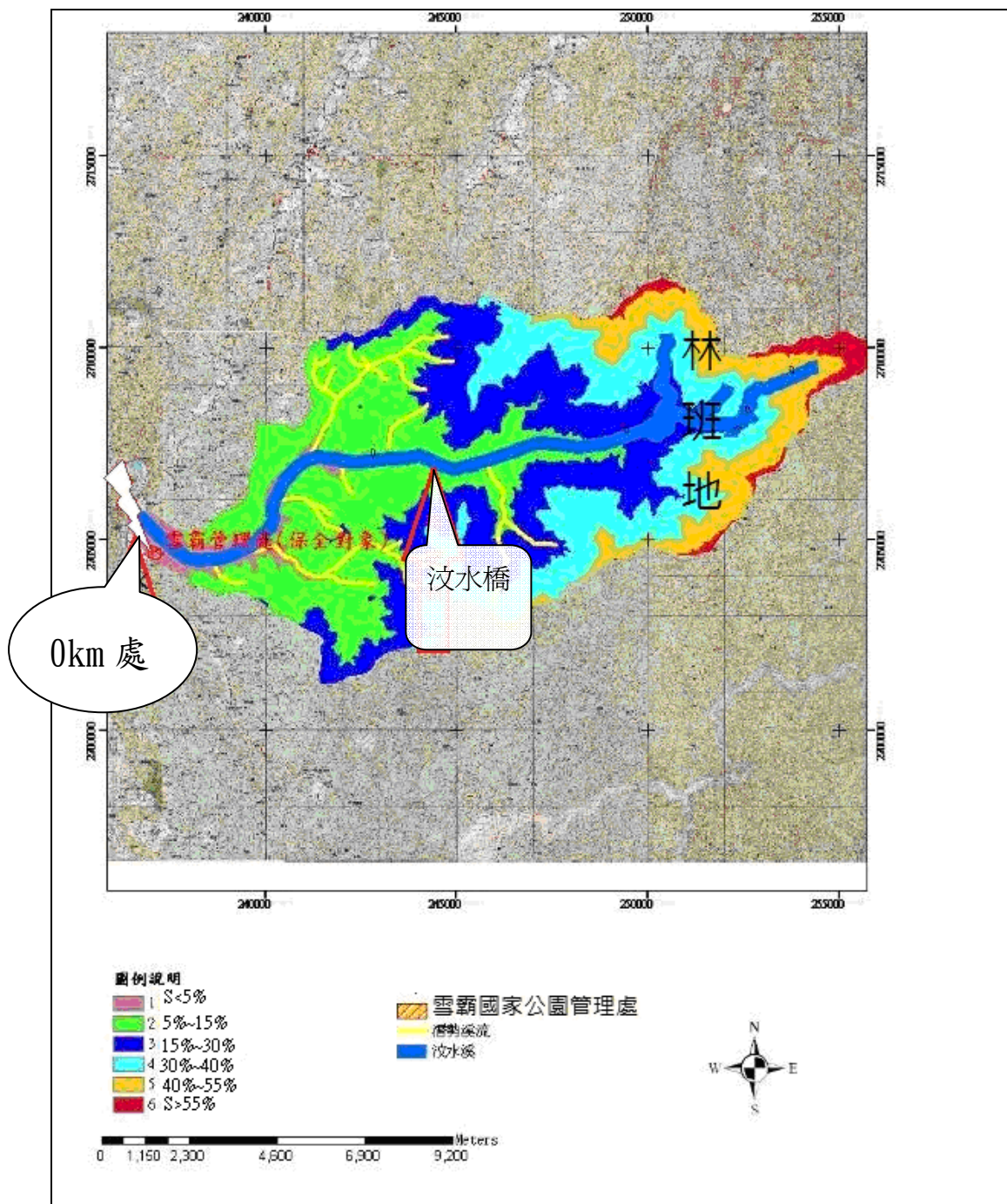


圖 3-4 汶水溪集水區內土石流潛勢溪流分佈圖

(參考水保局網站並自行數化繪製 <http://www.swcb.gov.tw/>)

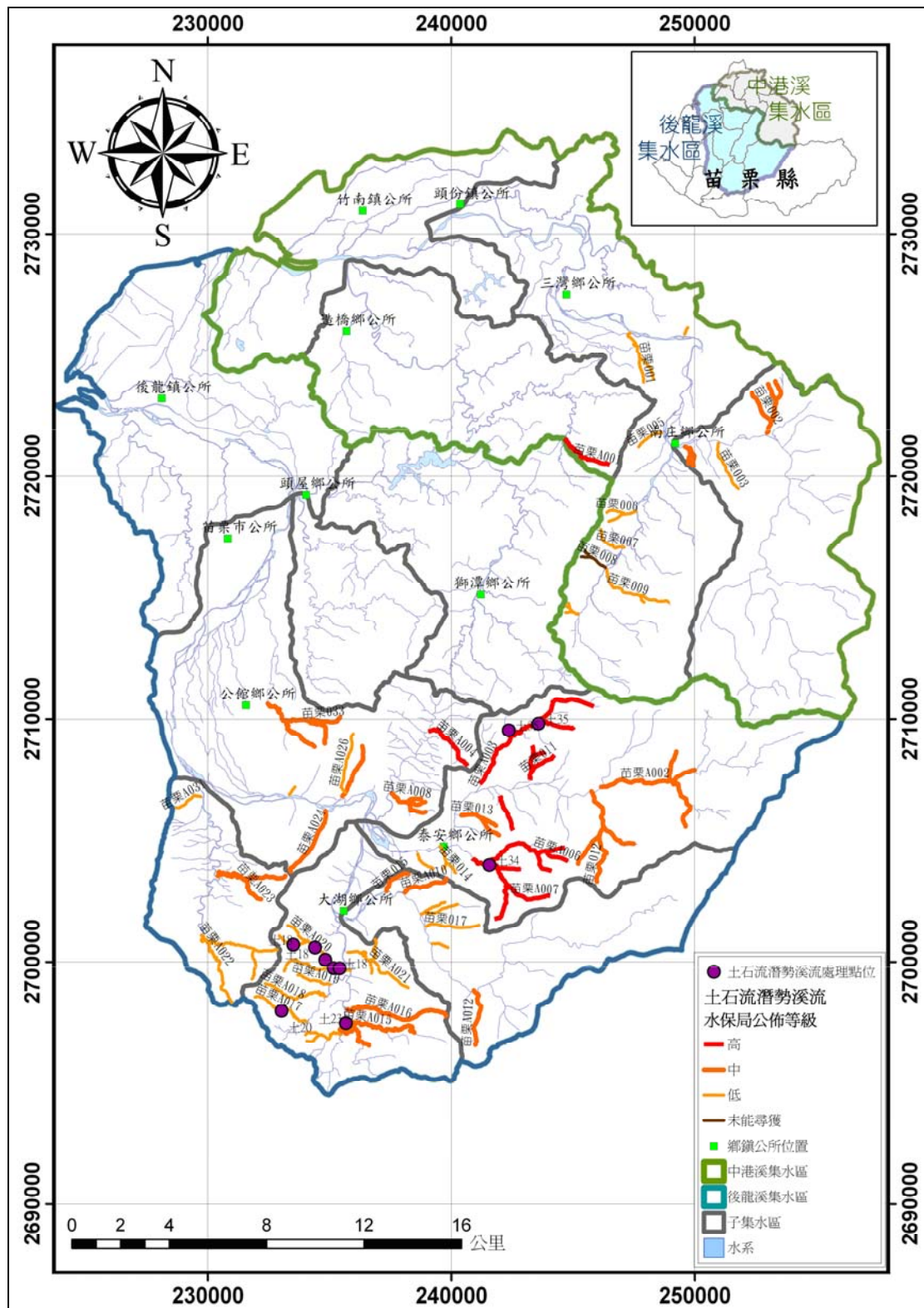


圖 3-5 汶水溪集水區及相鄰集水區土石流潛勢溪流分佈圖

(水保局，2007.11)



衛像 3-1 土石流潛勢溪流苗栗 A009(參考水保局下載自 google earth)



衛像 3-2 土石流潛勢溪流苗栗 014(參考水保局下載自 google earth)



衛像 3-3 土石流潛勢溪流苗栗 013(參考水保局下載自 google earth)

5. 初期預估之土砂量

汶水溪為全國 29 條中央管河川之一的後龍河流域之支流，溪寬約百餘公尺，發源於泰安鄉北緣檜山之西，向西流至八卦力後轉而向西南流，至清安後又轉西流橫切八卦力山脈，於汶水村附近注入後龍溪。汶水溪疏濬之權責，主管機關為水利署第二河川局，目前 7.5km 處正進行疏濬工作之情形如照片 3-4 所示，以確保河川之排洪功能，並避免災害之發生。汶水溪 (0801004) 野溪集水區輸砂量參考自農委會水土保持局第二工程所完成之後龍溪即中港溪等上游集水區整體調查規劃(2007.11)，藉由 DEM 資料及各期衛星影像估算各集水區之土壤流失量，並以土砂遞移率計算坡面土砂產量。未輸出之泥砂總計約 1,406,416.77 m³，及在 22 個次集水區中，僅 3 個集水區為沖刷狀態，其餘均為堆積狀態。且前五名堆積之集水區依序為編號 094、047、072、054 及 073，其中以編號 094 達 359,556.53 m³ 未輸出之泥砂為最多；其次之 047 為 179,927.15 m³；第三之 072 為 157,416.16 m³；第四之 054 為 150,133.46 m³；第五之 073 為 122,529.84，如圖 3-6，表 3-1 所示。

前五名未輸出之土砂量皆高於 100,000 m³，值得密切監測。由崩塌地位置來分析，編號為 047、054 及 072 之崩塌地，均位於汶水溪上游之林班地內，即使發生崩塌，其可能危及之保全對象較少。反觀編號為 073 及 094 之崩塌地，因位於汶水溪集水區之中、下游處的溫泉區與村落聚集地，若一旦發生土石流，則可能會危及較多數保全對象之安全。而且編號為 097 之土砂量為最大，約占總未輸出土砂量之 25%，又是緊鄰汶水溪之下游區，為苗栗縣大湖鄉富興村與雪霸國家公園管理處所在地，倘若將來遇上豪大雨，其所帶下大量之土砂，地勢低窪區域勢必被淹埋，情況確實會令人憂心。



照片 3-4 汶水溪左岸之疏濬情形(攝於 2009 年 9 月)

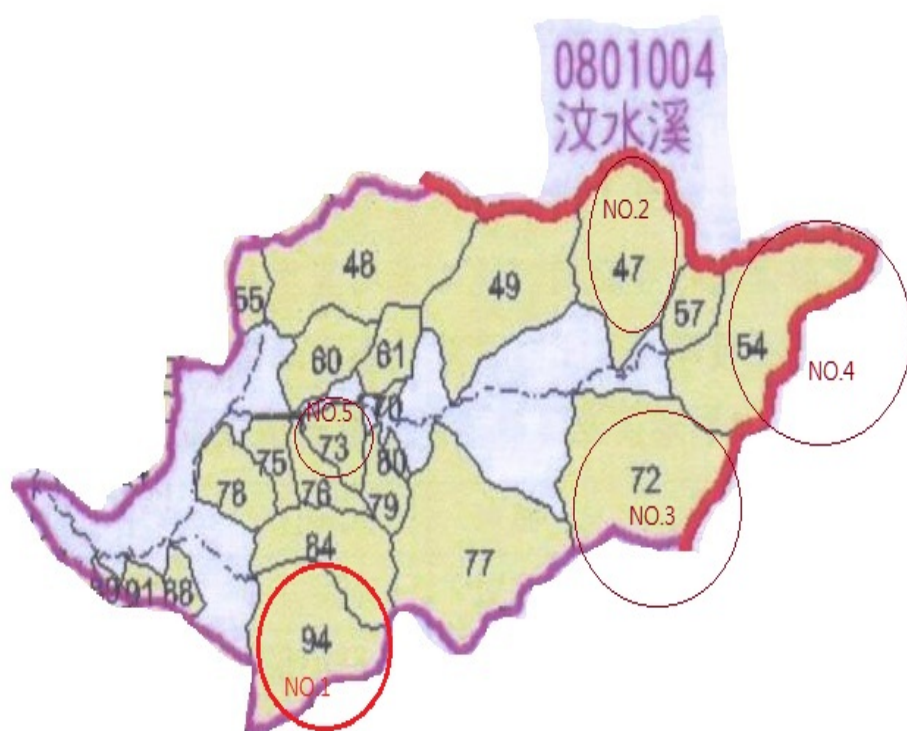


圖 3-6 汶水溪中各野溪集水區之編號圖(參自水保局，2007.11)

表 3-1 汶水溪中各野溪集水區未輸出土砂量(參自水保局，2007.11)

	編號	總崩塌量 (m ³)	河道總輸 砂量(m ³)	未輸出土砂量(m ³)	沖淤 情形	單位距離沖刷或 淤積深度(m)	依未輸出 土砂量排 序
1	047	244,474	64,545.05	179,929.15	堆積	1.06	2
2	048	127,961	39,765.37	88,195.89	堆積	0.73	
3	049	112,876	24,008.57	88,867.47	堆積	0.81	
4	054	243,296	93,163.01	150,133.46	堆積	1.34	4
5	055	17,732	2,931.01	14,801.24	堆積	0.67	
6	057	138,647	65,372.85	73,273.87	堆積	1.69	
7	060	61,715	32,211.96	29,502.80	堆積	0.71	
8	061	580	3,297.17	-2,717.17	沖刷	-0.08	
9	070	16,376	1,957.59	14,418.41	堆積	1.22	
10	072	208,160	50,743.45	157,416.16	堆積	1.09	3
11	073	126,370	3,839.88	122,529.84	堆積	1.56	5
12	075	0	3,640.02	-3,640.02	沖刷	-0.17	
13	076	23,995	5,135.08	18,859.92	堆積	0.37	
14	077	61,016	21,215.09	39,801.02	堆積	0.46	
15	078	68,663	11,190.96	57,471.59	堆積	1.19	
16	079	6,117	6,365.54	-249.03	-	0	
17	080	5,761	2,059.74	3,701.26	堆積	0.26	
18	084	32,266	17,036.96	15,229.28	堆積	0.15	
19	088	2,787	2,249.25	537.34	堆積	0.02	
20	089	0	2,525.50	-2,525.50	沖刷	-0.16	
21	091	3,316	1,992.74	1,323.26	堆積	0.05	
22	094	394,247	34,690.90	359,556.53	堆積	1.78	1
				總計:1,406,416.77			

6. 暴雨頻率年之評估

一般在評估一個地區之暴雨情形時，常利用雨量觀測資料進行不同降雨延時之雨量頻率分析，以推導最大降雨強度-延時-頻率 (Maximum Rainfall Intensity – Duration – Frequency, IDF) 曲線或公式，並可依此雨量分析成果進行雨型設計 (經濟部水資源局，2001)。

在本計畫中，採用橫龍山、大湖(1)站及和興站等三個雨量站，就所蒐集到，自民國 43 年~83 年間之雨量資料進行集水區降雨量分析，並以我國目前最常用之「對數皮爾遜第三類分佈法(頻率分析)」。

對數皮爾遜第三類分佈法之步驟為：先是將紀錄資料換成對數形式；再計算以下三個統計參數：

$$\text{平均數 } \overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n}$$

$$\text{標準偏差 } \sigma_{\log x} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}}$$

$$\text{偏歪係數 } g = \frac{n \sum (\log x - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)(\sigma_{\log x})^3}$$

任何機率水文的 x 值， $\log x = \overline{\log x} + K\sigma_{\log x}$ ，其中頻率因子 K 值可查表獲得。

藉由皮爾遜對數第三類分佈法之一日暴雨分析方法，以計算 P₂、P₅、P₁₀、P₂₅、P₅₀、P₁₀₀、P₂₀₀ 各頻率年之日累積雨量，分析各重現期距之暴雨量，其成果詳如表 3-2 所示。

表 3-2 汶水溪集水區內各控制站各頻率年之洪峰流量表(單位:cms)

控制站別	重現期距(年)							
	2	5	10	20	25	50	100	200
洗水坑溪匯流前	425	708	923	1,150	1,220	1,470	1,730	2,020
汶水溪匯入後龍溪之河口	509	850	1,110	1,380	1,470	1,770	2,090	2,430

註:資料錄自苗栗縣政府「汶水溪治理規劃報告，1999」

四、結果與討論

- (一) 本調查發現雪霸國家公園管理處位於汶水溪河畔，雖然景色優美，但因其中、上游處為溫泉休憩區，因長期以來之開發而導致的水土流失問題，值得注意。經調查知其河道的設計採用 25 年重現期距的洪峰流量作為治理保護標準之依據，只要適時地清除淤泥，應能確保汶水溪之排洪功能與堤防之維護。更值得注意的問題是：管理處上游方 200 公尺處之堤防已經有頗嚴重之損壞情形，詳如照片 4-1 所示，應儘速通報主管機關儘速進行修建，以防止洪水來臨時，由此處破堤形成缺口而造成管理處園區之災害。
- (二) 因雪霸國家公園管理處距離河道太近，又位於接近溪流轉彎之凹岸處，且經過長期之沖蝕與淘刷，極可能造成地基淘空並對地上建築物造成傷害。如 88 水災時，離河岸 30 餘公尺之台東知本「統帥大飯店」都會應聲倒塌，確可引為殷鑑。建議強化其護岸工程以增其功能，如多使用消波塊以降低水流的衝擊力和侵蝕力，並且定期或每於豪雨過後，即須派員定時加強巡防，以注意堤防邊坡是否出現裂縫？堤防坡腳是否完好？並採緊急處理，以防止災害發生，詳如照片 4-2 所示。
- (三) 一般土石流之發生，依其部位可分為：發生段、輸送段及堆積段，且發生段之坡度為 15~30 度；輸送段為 6~15 度；堆積段為 3~6 度。雪霸國家公園管理處約位於土石流發生之堆積段，當

中、上游因為超大豪雨發生而形成土石流時應該及時撤離，依農委會水土保持局所規劃的疏散路線前往安全處，如園區南邊之高地去避災，如圖 4-1 水土保持局規劃富興村土石流防災地圖所示。

(四) 本調查發現汶水溪中、下游現有崩塌地之個數不多，且多集中於汶水溪上游段，目前相關單位已積極地治理使能復原，以減小其對下游段之潛在影響；另外，在舊崩塌地尚未自然復育之前，新暴雨事件又造成舊崩塌面積之擴大與新崩塌發生，因而造成土砂量持續不斷增加。汶水溪子集水區主要河道之問題目前為土砂可能之堆積，依據泥砂產量分析之結果顯示，局部堆積區域位於中、上游地區，但尚無溢流狀況，若持續堆積的話未來可能會造成淹水，應詳加分析之後方可進行疏濬。由於雪霸國家公園管理處位於土石流堆積之扇狀地範圍內，一旦發生土石流災害，帶來的傷害不容小覷。

(五) 根據土砂量的估計，建議目前上游段之河道可施作三座以上之防砂壩與疏子壩，以防止土石流之災害發生時可能帶來的傷害，並加強附近區域地質與地貌之調查，配合水文資料蒐集，期能有更完善之資料來施作水工保護設施，以提高雪霸國家公園管理處的安全性。

(六) 汶水溪集水區內僅設有橫龍山雨量站，作為降雨資料參考之依據，在分析降雨量資料時，可配合本集水區以外之觀霧站、大湖

(1) 站、和興站及松安站等 4 站，總共為 5 座雨量觀測站之資

料進行分析應用。參考水利署之「汶水溪治理規劃報告(2003)」及水保局之「後龍溪及中港溪等上游集水區整體規劃報告(2007)」，做為堤防高度之修建標準，應可防止大洪水來時發生災害。最後加高堤防不一定是最好的選擇，因堤防對洪水或許能具有約束作用，但對大規模之土石流則不易發揮作用，倘若能盡量退縮而不與河溪爭道，更不失為是回歸自然而理想之方式。



照片 4-1 雪霸國家公園管理處上游堤防嚴重毀損情形(攝於 2009 年 9 月)

五、初步結論與建議

由 2009 年秋，所發生八八水災造成台灣南部地方數縣市造成重大損失之警訊，其他地區也必須先做好防災之準備，以減少災害並防範於未然，目前最常使用的土石流警戒方法為當降雨量達到警戒值時由水土保持局發佈土石流警報，當地村民即應依規劃路線緊急撤離至安全地方。然而唯有蒐集更多之資料及做更深入的調查與分析研究，才能有助於對汶水溪集水區，尤其是雪霸國家公園園區之安全，進行土砂災害防治政策之研擬與規劃。

綜合此次初步調查與分析之結果，提出以下結論與建議：

- (一) 汶水溪集水區看似尚少發生大型的土砂災害，可能係因尚少有豪大之暴雨中心發生在汶水溪集水區之中、上游地區之故，其隱藏大量未輸出之土砂量，若於未來降下豪大雨，則對溪流兩岸居民生命財產帶來之災害，可能難予預料。
- (二) 由於上游林班地有多處崩塌，應於崩塌地之下游適當地點規劃並興建梳子壩及防砂壩，並密切監測及記錄崩塌下來之土砂量，以防治並減少其對中、下游地區之安全與所帶來生命與財產之損失。
- (三) 本次針對汶水溪集水區堆積泥砂之問題，提出疏濬之構想，

建議由該區權責單位水利署河川局於下游堆積段定期施行泥沙清淤，以減免豪大雨可能造成之水土災害。

(四) 雪霸國家公園管理處後方堤防已出現部分嚴重毀損情形，為防止其繼續擴大，建議商請相關單位儘速於明年雨季來臨前搶修或強化重建，俾能發揮堤防之功能，以避免汶水溪溢流而造成此區域發生淹水。

(五) 治理河川應著重治理與保育結合、泥砂收支平衡、安全排水、保全對象保護、環境生態保育、休閒遊憩，以提升本園區之環境與生活品質。

(六) 每年 5 至 10 月為豪雨與颱風之季節，所帶來之洪水挾帶泥砂順流而下，衝擊中、下游溫泉區及村落。於豪雨期間，應予提高警覺心，隨時做好撤離之準備。

參考文獻

1. 王如意，(1995) 「應用水文學（下冊）」，茂昌圖書有限公司，pp.199-202。
2. 水保局，(2007.11)，「後龍溪及中港溪等上游集水區整體規劃報告」。
3. 台灣省水利局，(1996.6)，「後龍溪上游河段治理規劃報告」。
4. 行政院農業委員會水土保持局，(2006.7) 「水土保持相關法規彙編」，國家圖書出版品。
5. 何春蓀，(1990) 「普通地質學」，五南圖書出版有限公司，pp.245-255。
6. 周天穎，(2008) 「地理資訊系統理論與實務」，儒林圖書公司，pp.3-28。
7. 苗栗縣政府，(1998.10)，「汶水溪治理基本計劃」。
8. 苗栗縣政府，(1998.11)，「汶水溪治理規劃報告」。
9. 經濟部水利署，(2002.6)，「台灣地區重要河川單位歷線模式應用研究-後龍溪流域」。
10. 經濟部水規所，(2003.7)，「汶水溪上游段治理規劃」。