

國立交通大學

土木工程學系
碩士論文

台灣地區合理化公式逕流係數區域化公式之建立

Development of Regional Formula for Runoff Coefficient of
Rational Formula in Taiwan

學生：陳雅婷

指導教授：葉克家 博士

中華民國九十六年八月

台灣地區合理化公式逕流係數區域化公式之建立

學生：陳雅婷

指導教授：葉克家 博士

國立交通大學土木工程研究所

摘要

在水文分析與設計上，降雨與流量間之關係經常由許多經驗或半經驗公式表示，而此類型公式較具代表性者為合理化公式。合理化公式十分簡單且方便使用，只要有技巧地決定逕流係數即可推估洪峰流量，因此自 1889 年被提出後，廣泛應用於推估無流量紀錄集水區之洪峰流量。

本研究利用實測資料，採用角屋 睦之集流時間定義，計算集流時間及降雨強度，並配合合理化公式計算各集水區之逕流係數。為了提高後續分析之準確性，利用二階段集群分析將具相似特性之集水區歸納為同一集群，面積小於 550km^2 及坡度小於 0.41 為集群 1，面積小於 550km^2 及坡度大於 0.41 為集群 2，面積大於 550km^2 為集群 3。

由研究結果可得知，分群後之集水區利用複迴歸分析建立各集群逕流係數、降雨強度、面積及坡度關係式之相關係數為 0.77、0.75 及 0.93，由驗證結果可知本研究結果可作為工程實務上決定逕流係數之參考依據。

關鍵字：洪峰流量、合理化公式、逕流係數、集群分析

Development of Regional Formula for Runoff Coefficient of Rational Formula in Taiwan

Student: Ya-Ting Chen

Advisor: Keh-Chia Yeh

Department of Civil Engineering
National Chiao-Tung University

Abstract

In the hydrologic analysis and design, the relationship between the rainfall and the peak flow is often expressed by a number of empirical or semi-empirical formulas. The most representative one among these formulas is the rational formula which is very simple and convenient to use when estimating the peak flow after the runoff coefficient is empirically decided. Since the rational formula was brought up in 1889, it has been applied extensively to estimate the peak flow of watersheds where few or no records of flow exist before.

This study utilizes realistic field data to calculate the time of concentration defined by Kadoya and the rainfall intensity while incorporating with the rational formula to estimate the runoff coefficient of each watershed. Watersheds with similar characteristics are grouped into the same cluster by the two-step cluster analysis to increase the accuracy of the follow-up analysis, as shown below: cluster 1 contains watersheds with drainage area $< 550\text{km}^2$ and slope < 0.41 ; cluster 2 contains those with area $< 550\text{km}^2$ and slope > 0.41 , and the rest with area $> 550\text{km}^2$ are classified as cluster 3.

From the results calculated using multiple regression analysis, the

correlation coefficients for the three clusters are 0.77, 0.75 and 0.93, with each cluster containing four variables including the runoff coefficients, the rainfall intensity, the area, and the slope of watersheds. It is demonstrated that the analysis of the results from this study can be taken as a basis of reference for decision making for the runoff coefficient in practical engineering problems.

Keywords : peak flow, rational formula, runoff coefficient, cluster analysis



目錄

摘要.....	i
Abstract.....	ii
目錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	viii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機與目的.....	1
1.2 文獻回顧.....	3
1.2.1 合理化公式之相關文獻回顧.....	3
1.2.2 逕流係數之相關文獻回顧.....	6
1.2.3 集群分析之相關文獻回顧.....	8
第二章 理論基礎.....	12
2.1 合理化公式.....	12
2.2 集流時間、降雨強度.....	14
2.3 逕流係數.....	17
第三章 研究方法.....	23
3.1 基本資料蒐集與分析.....	24
3.2 統計分析方法.....	27

第四章 研究結果與討論	37
4.1 集群分析結果.....	38
4.2 複迴歸分析結果.....	40
4.3 應用案例.....	43
4.4 驗證結果.....	45
第五章 結論與建議	71
5.1 結論.....	71
5.2 建議.....	72
參考文獻.....	74
附錄一 集水區之平均坡度及集水區主流河川坡度.....	78
附錄二 各集水區之颱風資料.....	80



表目錄

表 1-1 合理化公式之相關研究.....	11
表 1-2 逕流係數之相關研究.....	11
表 2-1 逕流係數 C 值.....	20
表 2-2 逕流係數參考值.....	21
表 2-3 台北市不同土地分區依其不透水性所定之逕流係數.....	21
表 2-4 土地利用類別與逕流係數對照表.....	22
表 2-5 用合理化公式來計算洪峰流量的逕流係數(C).....	22
表 4-1 選用流量站基本資料 (1/3).....	49
表 4-2 選用流量站基本資料 (2/3).....	50
表 4-3 選用流量站基本資料 (3/3).....	51
表 4-4 選用雨量站基本資料 (1/5).....	51
表 4-5 選用雨量站基本資料 (2/5).....	52
表 4-6 選用雨量站基本資料 (3/5).....	53
表 4-7 選用雨量站基本資料 (4/5).....	54
表 4-8 選用雨量站基本資料 (5/5).....	55
表 4-9 徐昇氏多邊形法結果 (1/4).....	56
表 4-10 徐昇氏多邊形法結果 (2/4).....	57

表 4-11 徐昇氏多邊形法結果 (3/4)	58
表 4-12 徐昇氏多邊形法結果 (4/4)	59
表 4-13 K-means 分析結果.....	60
表 4-14 集群分析結果.....	61
表 4-15 集群 1 之詳細資料	61
表 4-16 集群 1 之分析結果	61
表 4-17 集群 2 之基本資料	62
表 4-18 集群 2 之分析結果	62
表 4-19 集群 3 之基本資料	63
表 4-20 集群 3 之分析結果.....	63
表 4-21 應用案例流量站之基本資料.....	64
表 4-22 驗證集水區選用雨量站之基本資料.....	64
表 4-23 驗證集水區之徐昇氏多邊形法結果.....	65
表 4-24 福山集水區驗證結果.....	66
表 4-25 桶頭集水區驗證結果.....	66
表 4-26 環山合流點集水區驗證結果.....	67
表 4-27 秀朗集水區驗證結果.....	67
表 4-28 驗證集水區驗證結果.....	67

圖目錄

圖 3-1 研究之流程圖	35
圖 3-2 集流時間之定義（角屋與福島，1976）	36
圖 4-1 逕流係數、面積及坡度之散佈圖	68
圖 4-2 階層集群分析結果	69
圖 4-3 應用流程圖	70



第一章 緒論

1.1 研究動機與目的

台灣集水區因地勢陡峻，河川長度較短且坡度較陡，與國外河川地形相比較有很大的差異。此流域特性造成洪水湍急、集流時間短及蓄水能力低，又因下游多為人口聚集之平原，使得颱風豪雨期間經常造成洪水災害，嚴重威脅到人民的生命財產安全，因此防災水工建造物之設計實為重要。若設計之建造物防洪能力過高，則造成經費上的浪費；若防洪能力不足，則容易造成安全上的問題，因此如何決定洪峰流量為設計水工建造物之重要課題。

洪峰流量為水土保持工程中水理計算之重要數據外，亦為一般水利工程設計所需之重要資料，若施工地點缺乏流量觀測資料，通常利用鄰近地區之雨量資料及降雨逕流模式進行逕流量的推估（佐藤，1996）。在水文分析與設計上，對於發生於一集水區之降雨與逕流間關係之探討十分重要，而降雨與逕流間之關係隨降雨種類、洪峰流量、逕流分佈而異。其中降雨與洪峰流量間之關係常由許多經驗或半經驗公式表示，而此類型公式較具代表性者為合理化公式（王與易，2003）。

合理化公式概念十分簡單，對於無流量紀錄之流域只要計算降雨強度與逕流係數即可以容易的推算出洪峰流量，因此廣泛應用於推估無流量紀錄集水區之洪峰流量。應用此公式需符合許多假設，如各集水區之逕流係數應為定值，但根據自然集水區的觀測結果顯示，集水區之逕流係數應隨降雨強度而改變 (Anon, 1969)。因此，傳統上將逕流係數視為定值之作法，可能導致洪峰流量估算之誤差 (Chen and Wong, 1993)，在探討逕流係數與其他因子關係時應一併考慮降雨強度。

一般而言，逕流係數可分為三種 (台灣省水土保持局，1992)，即洪峰逕流係數、單場暴雨逕流係數及長期逕流係數。一般水土保持工程構造物皆採洪峰逕流係數計算逕流量，以提高構造物安全 (台大地理學研究所，1996)。合理化公式之 C 值係採洪峰逕流係數推求洪峰流量。由文獻回顧可得知，許多學者所研究之逕流係數並非為洪峰逕流係數，因此該逕流係數是否適用於合理化公式推求洪峰流量則有待評估。目前逕流係數之決定沒有一定的方法，往往只能依工程師經驗查表決定，且無統一之參考表格，故依此方法決定逕流係數較容易造成誤差，因此如何更客觀且具體的決定逕流係數為工程實務上重要的一環。

影響逕流係數的因子很多，如地表特性、地表坡度、地表蓄水量、

土壤飽和程度、土壤不透水性、土地利用、雨型分佈、面積大小、降雨強度及延時等，但整體而言，逕流係數與集水區之特性有密切的關係，因此在前人的研究中可發現，大多為區域性之探討並計算逕流係數，較少全面性研究其逕流係數與影響因子間之關係，因此是否可全面性探討並依較客觀且具體的方法推求適用於合理化公式之洪峰逕流係數為本研究之研究方向。

根據上述，本研究希望能對洪峰逕流係數進行全面性的研究，並建立適用於合理化公式之洪峰逕流係數與其影響因子之關係式，期望可作為工程實務上決定洪峰逕流係數之參考。



1.2 文獻回顧

1.2.1 合理化公式之相關文獻回顧

合理化公式自 1889 年由克契林氏 (Kuichling) 提出後，一百年來仍被廣泛應用於缺乏紀錄集水區之洪峰流量推估上。然而合理化公式雖然十分簡單且方便使用，卻仍有其不合理之假設，此亦為現今學者研究及改進之方向，表 1-1 為合理化公式相關研究之整理。

Dunne and Leopold (1978) 以可變來源 (Variable source) 理論來檢討合理化公式，認為可以使用飽和漫地流 (Saturated overland flow)

取代原有 Horton 漫地流架構，並據以調整模式內參數項目；然而，此一方法雖然較為合乎真實的地表逕流機制，但由於飽和區域具有動態變動的特性，並不容易有效推估其面積大小，因此在實用上應有很大的限制（詹仕堅，2003）。

Pilgrim et al. (1992) 則建議將合理化公式與洪水頻率分析方法相結合，以便使該模式能夠有效應用於區域性的洪水推估議題上，該研究並以澳洲東南部新南威爾斯的 96 個集水區資料進行頻率分析，以建立可以推估不同重現期洪峰流量的區域性合理化公式。

呂 (1991) 研究中修正合理化公式，引入較無爭議之雨量因子、降雨延時和降雨水深，利用台灣地區十個流域以往的洪水紀錄配合包絡線原理，分析適用於台灣地區之合理化公式。

王等 (1993) 以運動波理論為基礎，探討合理化公式推估地表洪峰流量時，逕流係數及集流時間二個重要因子之決定方式，進而提出實際應用之方法。該研究將逕流係數定義為入滲及窪蓄等損失呈函數關係，以入滲觀念修正降雨強度，且以窪蓄損失修正降雨延時，並將上述入滲及窪蓄二類降雨損失與 Horner 公式合併考慮，以求得有效降雨強度之表示式。集流時間之推求則是以運動波理論推求出集流時間之理論式，依所求得之集流時間理論式，代入已推算之有效降雨強

度公式求得有效降雨強度，再由合理化公式推算洪峰流量值。

邱 (1995) 以小集水區之降雨量及水位實測資料探討有關合理化公式各項條件之相關因子的影響，如集水區面積相近時，同樣降雨強度下之集流時間長短取決於坡度之大小。該研究結果顯示角屋 睦、福島 晟之合理降雨強度及合理時間計算方法，皆各以雨峰及洪峰為中心取兩倍稽延時間為合理時間，較能取得分佈合適之雨量及流量，故合理降雨強度法較以集流時間內之降雨量與集流時間比值之平均降雨強度法為優。

鄭等 (2001) 將台灣分為四個水文區域 (北部、中部、南部及東部)，利用此四區域性迴歸方程式算出利用修正公式來選擇台灣高滲透性森林流域的集流時間及逕流係數，以配合合理化公式獲得不同迴歸週期的洪峰流量。結果顯示用區域性迴歸方程式修正型的合理化公式對於提供合理的洪峰流量估計是有益的。

李 (2003) 利用 GIS 技術良好之空間處理能力，找出流域內的空間特徵指標 (流域面積 A 、不透水面積百分率 Imp 、形狀係數 M 、分散度 Rc 、長度比 RL)，以及分析各降雨事件的降雨特徵 (降雨量 P 、降雨強度 I 、峰期比 T 、峰度係數 β)，再與合理化公式推估的誤差值與逕流係數值進行相關分析，以找出彼此間的相關性，進而利用迴歸

分析建立合理化公式之修正模式。

1.2.2 逕流係數之相關文獻回顧

合理化公式之簡便性主要是由於逕流係數包含入滲、窪蓄、蒸發及截流等損失，所以只要能適當決定逕流係數值，便能簡易地決定洪峰流量值（王等，1993），表 1-2 為逕流係數相關研究之整理。

盧等（1990）蒐集畢祿溪及蓮華池之降雨及流量資料，並進行集水區現況調查分析，分析結果發現逕流係數大小受集流時間長短之影響，而小集水區集流時間則受到坡面逕流流速之影響甚大。

林（1992）研究從上游覆蓋良好的森林集水區暴雨流出量產生機制的觀念來檢討評估合理化公式之適用性、困難和修正的必要性。分析結果顯示台灣上游森林集水區之暴雨流出量來源複雜且多變化，應是由地表和地表下兩種途徑流出，故在估算集流時間時應考慮此兩種流出途徑。同時也分區依實際之降雨與流量資料來分析以求出逕流係數，並將結果按集水區地質、地形、土壤、植生覆蓋等因子列表，以作為各地區選擇適合逕流係數值之參考。

黃（1994）引用外來地區之各種逕流係數值，將美濃地區之各種土地利用代入個別獨立演算，並將集水區內發電廠之引水量列入考

慮，經求算出一誤差修正係數 k 值，再將此 k 值分別代入各山區及各土地利用求算，以求得各分區各頻率別修正後之逕流係數，其研究結果顯示日本物部氏建議之各種逕流係數值可直接引用於美濃地區。

陳（1995）探討蓮華池、溪頭及坪林等試驗集水區之洪峰流量發生時間、降雨尖峰發生時間、降雨強度、洪峰流量，用來檢核合理化公式，即洪峰逕流係數、集流時間與平均降雨強度、集水區面積大小的關係等，分析結果可得知集水區的集流時間隨面積增加呈指數遞增，集流時間隨降雨強度的增加呈指數遞減的關係。

鄭（1996）藉由考慮集水區面積及集水區平均坡度之特性，利用不同地區、各種地形集水區的水文資料，提出選擇逕流係數 C 的建議，對於 C 值之選擇採用作出初步建議的對照表。

李等（1998）利用數值高程模式推求水里溪各次集水區之地文參數，並採用運動波集流時間公式求得集流時間，同時配合合理化公式以求得水里溪各次集水區在不同重現期距下之逕流係數值。

陳（1998）結合地理資訊系統與合理化公式建立台灣地區逕流係數分佈圖，整體而言，台灣地區集水區逕流係數的分佈是由東西兩沿海地區向中央山脈逐漸遞減趨勢。在中央山脈地區，逕流係數曲線呈現封閉環狀分佈，其值介於 0.55 至 0.7 間；而在河川中下游平原地區

之外圍曲線逕流係數值為 0.8，其值即可視為台灣地區河川中下游平原逕流係數上限值。

陳等（2002）證明相同頻率年之降雨強度條件下，當降雨延時等於集流時間時，該集水區會產生最大洪峰流量。研究結果顯示逕流係數 C 值與集流時間對洪峰流量的影響，以逕流係數 C 值所造成的影響較大，但在某些地區，集流時間因素的影響可能會比逕流係數大，故探究洪峰流量時逕流係數與集流時間均是相當重要的因子，不可隨意忽略。

許（2005）蒐集整理 1991 年至 2002 年間三峽河、橫溪、中港溪、頭前溪、後龍溪及鳳山溪等六個集水區流域 12 年間之每年最大日流量與日降雨量資料，以合理化公式為基礎分析不同日逕流量及降雨強度與逕流係數間之相關性。依逕流係數與逕流量呈現之關係，大致可將六個集水區形態區分為三類，即逕流係數與日逕流量呈線性上升之 AA 型；逕流係數先隨日逕流量增加而變大後再變小之 AB 型；逕流係數先隨日逕流量增加而變小後再變大之 BA 型。

1.2.3 集群分析之相關文獻回顧

為了提高分析之準確性，可利用集群分析將樣本分群後再進一步進行統計與分析，目前此方法廣泛應用於醫學、教育、經濟學、生物

學等各個領域中，其中應用於水文方面之相關研究整理如下。

吳（1996）以各雨量站之降雨強度—延時—頻率曲線（IDF）之參數及地理位置為變量，利用集群分析方法以東經 120.37°、北緯 24.03°及東經 121.37°、北緯 23.11°之連線為界，將 92 個雨量站分成南北兩群，並推導各群 IDF 公式中之區域關係式，以提供在無雨量紀錄地區雨量推估之用。

游與陳（1996）利用主成份分析與二階段集群分析，進一步將北部地區劃分為三個均一區，使其能反應出氣候、地形對降雨特性之影響，並以平均年雨量、測站標高作為指標來建立各均一區之區域雨量強度公式。



吳（1999）採後龍溪流域中之年平均流量值作為分析變數，將水文特性相似之流量站劃分為均一區，並利用迴歸分析推求各均一區之流量延時曲線。

莊（2006）利用主成份分析、集群分析及地理資訊系統等方法將台灣地區劃分為七大水文均一區，包含北部 2 區、中部 3 區、南區及東區，分別建立各區之區域化短延時無因次降雨強度公式，以解決未設站地區推估降雨強度之不便。

一般水土保持工程構造物皆採洪峰逕流係數計算逕流量，以提高

構造物安全（台大地理學研究所，1996）。合理化公式之 C 值亦是採
洪峰逕流係數推求洪峰流量。由逕流係數之相關文獻回顧中可發現，
許多學者所研究之逕流係數並非為洪峰逕流係數，因此該逕流係數是
否適用於合理化公式推求洪峰流量則有待評估。

由於一百年重現期距的降雨並不一定會造成一百年的洪峰流
量，因此以頻率分析推算降雨強度與洪峰流量並配合合理化公式推求
逕流係數之作法是否合理則有待評估。本研究利用實測之雨量及流量
資料，不考慮重現期距，直接推求各場颱風之降雨強度，並配合合理
化公式推算洪峰逕流係數，希望對適用於合理化公式之洪峰逕流係數
作進一步的研究並建立其關係式。

降雨強度計算方法之選用，採用文獻回顧中所得知，較貼近實際
情況且優於平均降雨強度法之角屋 睦對集流時間之定義，計算集流
時間及降雨強度。本研究為了將逕流係數作全面性研究但依然考慮逕
流係數與地文因子之密切關係，並提高後續迴歸分析之準確性，採廣
泛應用於各領域之集群分析，將集水區依地文條件建立分群。

表 1-1 合理化公式之相關研究

研究者	探討因子	方法
Dunne and Leopold (1978)	暴雨延時、地形土壤、 臨前含水	可變來源理論
Pilgrim et al. (1992)	逕流係數	結合頻率分析
呂珍謀 (1991)	降雨延時 降雨水深	包絡線原理 迴歸分析
邱榮一 (1995)	降雨強度	合理化降雨強度法
王如意等 (1993)	逕流係數 集流時間	運動波方程式理論
李光敦等 (1997)	降雨強度 集水區河川網路	運動波方程式理論
鄭皆達等 (2001)	集流時間 逕流係數	區域性迴歸期迴歸方 程式修正合理化公式
李柏鋒 (2003)	空間特徵指標 降雨特徵	GIS 迴歸分析

表 1-2 逕流係數之相關研究

研究者	研究地區	探討因子及方法
盧惠生等 (1990)	畢祿溪與蓮華池試驗集水區	集流時間 坡面逕流流速
林莉利 (1992)	畢祿溪與蓮華池試驗集水區	集流時間 地表及地表下逕流
黃國章 (1994)	美濃地區	土地利用
陳明杰 (1995)	溪頭、坪林與蓮華池試驗集水區	累積降雨量 降雨強度
鄭皆達 (1996)	畢祿溪與蓮華池試驗集水區	集流時間
李光敦等 (1997)	水里溪集水區	降雨強度 土壤入滲特性
陳立人 (1998)	台灣地區	結合地理資訊系統 建立台灣地區逕流 係數分佈圖
林清炫 (2005)	三峽河、橫溪、中港溪、頭前溪、 後龍溪、鳳山溪	面積 降雨強度

第二章 理論基礎

2.1 合理化公式

合理化公式最早之演繹者，由文獻記載中得知為克契林氏 (Kuichling) 於 1889 年所創，英國文獻在 1906 年稱合理化公式為 Lloyd-Davis 法 (王與易，2003)。克契林氏利用郊區集水區逕流資料探討其洪峰流量 Q_p 和產生此流量之降雨事件之降雨強度 I 及降雨延時 t_r 之關係，得知，假設流域內發生均勻降雨，則降雨延時 t_r 等於集流時間 t_c 時會產生洪峰流量 Q_p ，其關係式如下：

$$Q_p = 0.278CIA \quad t_r = t_c \quad (2-1)$$

Q_p ：洪峰流量，單位為 cms 。

I ：降雨強度，單位為 mm/hr 。

C ：逕流係數。

A ：流域面積，單位為 km^2 。

t_r ：降雨延時，單位為 hr 。

t_c ：集流時間。單位為 hr 。

合理化公式之所以稱為合理化公式，乃基於左右兩端因次相等，即 C 為一無因次常數，因此不論是公制或英制皆可採用此公式來計

算洪峰流量。合理化公式自 1889 年由克契林氏 (Kuichling) 提出後，百年來仍被廣泛使用於缺乏紀錄之集水區洪峰流量設計上，被廣泛運用之原因有二：

1. 公式十分簡單，對於無流量紀錄之流域只要有技巧的計算 C 值與 I 值就可以容易推算出洪峰流量。
2. 合理化公式本身雖然簡單，但具有質量守恆等學理基礎，而被稱為合理化公式乃基於式子左右兩端之因次相等。

合理化公式假設條件為：1. 降雨量均勻分佈於集水區內；2. 降雨之全部損失為一常數或以最大值表示。此公式雖然簡單且方便使用，但應用合理化公式乃假定降落於一集水區內某已知降雨強度 I 所能產生之最大流量 Q_p ，係在降雨延時等於或大於集流時間 t_c 之條件下發生。此外，Ben-Zvi (1989) 引述 Krimgold (1946) 的觀點，提出應用此方法時須符合下列幾點假設：

1. 當降雨延時等於集流時間，流域之逕流量達到最大。
2. 最大逕流量必為降雨之簡單百分比。
3. 當降雨延時等於集流時間時，此降雨強度之發生機率和所產生的逕流之發生機率是相同的。

4. 對於某一已知機率情況下，由於流域水流長度之增加而造成洪峰流量減小之遞減率等於由於降雨延時增長而使得降雨強度減小之遞減率。
5. 不同機率事件之 C 值均相同。
6. 不同降雨事件之 C 值均相同。

而在上述假設中，可歸納出三點不合理處（王等，1993）：

1. 集水區之集流時間並非是固定不變。
2. 降雨事件發生之機率與其相應洪峰流量之發生機率並不相同。
3. 不同降雨事件的逕流係數值不應相同。

雖然合理化公式簡單實用，但使用時往往因各集水區之氣象、水文、地文因子不同且難以決定而影響其推估結果，因此在使用此公式時，集流時間、降雨強度及逕流係數的決定是否合理為一大考量。

2.2 集流時間、降雨強度

由合理化公式可知，對一特定集水區洪峰流量的計算，主要是受逕流係數和集流時間內平均降雨強度兩個條件控制。其中降雨強度與集流時間有密切的關係，但由於自然環境下之集流時間不僅資料極為

缺乏且量測困難，McCuen 等人（1984）便認為集流時間沒有完全正確的實測值，唯一可由野外實測觀測取得的為雨量資料與流量資料。

集流時間之定義為雨水自集水區最遠點流至出水口的時間，多視為定值，但此定義在有效降雨強度於時間、空間分佈均勻的條件下成立，然而在自然環境中，有效降雨強度在時間及空間的分佈上很少是呈均勻的，因此集流時間是否為定值為許多學者所爭議的地方。由於實際的集流時間難以測量，因此大多使用公式法推求集流時間。一般常用之集流時間公式是由集水區地形、土壤因子等建立，水土保持技術規範第十九條中指出，集流時間（ t_c ）係指逕流自集水區最遠一點到達一定地點所需時間，一般為流入時間與流下時間之和。其計算公式如下：

$$t_c = t_1 + t_2$$

$$t_1 = l/v$$

t_c ：集流時間，單位為 hr 。

t_1 ：流入時間（雨水經地面由集水區邊界流至河道所需時間），單位為 hr 。

t_2 ：流下時間（雨水流經河道由上游至下游所需時間），單位為 hr 。

l ：漫地流流動長度，單位為 km 。

v ：漫地流流速（一般採用 $0.3\sim 0.6m/sec$ ），單位為 m/sec 。

流下速度之估算，於人工整治後之規則河段，應根據各河斷面、坡度、粗糙係數、洪峰流量之大小，依曼寧公式計算；天然河段得採用下列芮哈（Rziha）經驗公式估算：

芮哈（Rziha）公式：

$$t_2 = L/W$$

$$W = 72(H/L)^{0.5}$$

t_2 ：流下時間，單位為 hr 。

W ：流下速度，單位為 km/hr 。

H ：溪流縱斷面高差，單位為 km 。

L ：溪流長度，單位為 km 。



在運用降雨強度—延時關係時，通常將降雨延時以集流時間代入，以求得降雨強度，一般是以 Horner 公式及物部公式（Monobe formula）推估降雨強度，其方法如下：

一、Horner 公式

$$I = \frac{a}{(t+b)^c} \quad (2-6)$$

I ：降雨強度，單位為 mm/hr 。

t ：降雨延時，單位為 min 。

a 、 b 、 c ：參數。

二、物部公式

$$I = \frac{R_t}{t} \left(\frac{t}{t_c} \right)^{1/2} \quad (2-7)$$

I ： t_c 小時平均之降雨強度，單位為 mm/hr 。

R_t ： t 小時之降雨量，單位為 mm 。

t_c ：集流時間，單位為 hr 。

2.3 逕流係數

一般而言，逕流係數可分為三種（台灣省水土保持局，1992）：

1. 洪峰逕流係數：洪峰流量對集流時間內之平均降雨量之比值。
2. 單場暴雨逕流係數：為單場暴雨內之逕流量與總雨量之比值。
3. 長期逕流係數：係指長時間（如年、季節、月等）逕流係數，為長期間之總逕流量與總降雨量之比值。

洪峰流量推估值受逕流係數影響甚大，一般設計水土保持工程構造物時，皆採用洪峰逕流係數計算洪峰量，以提高構造物安全（台大地理學研究所，1996）。合理化公式之 C 值亦是採用洪峰逕流係數推求洪峰流量。逕流係數以往大都引用國外之經驗值，而其值的決定又無合理的依據，以致推估值與實測值相差甚大。影響逕流係數的因子

很多，隨著知識的進步及各學者之研究陸續增加中，影響逕流係數之條件概略整理如下：

1. 地表特性及面積大小
2. 地表坡度
3. 地表蓄水量
4. 土壤飽和程度及土壤不透水性
5. 降雨延時和強度
6. 雨型分佈和總雨量

逕流係數 C 值之決定為一頗為困難之工作，需學理及經驗互相配合，目前多依不同條件查表決定，如美國水污染防治同盟（Water Pollution Control Federation）及美國土木工程學會聯合委員會（Joint Committee of American Society of Civil Engineers）共同設計規劃，適用於 5~10 年暴雨頻率，應用各種不同場合之逕流係數 C 如表 2-1(王與易，2003)。而水土保持技術規範中，逕流係數 C 可參考表 2-2，但開發中之 C 值以 1.0 計算。台北市新建工程處，逕流係數大小則可由下式表示：

$$C = 0.38 + 0.45 \text{Im} p \quad (2-8)$$

其中， C 為逕流係數， $\text{Im} p$ 為不透水率。

台北市各種不同土地分區之逕流係數，按其不透水性所推出之逕流係數如表 2-3，除了上述單位的研究成果，亦有許多學者從事逕流係數之研究，如表 2-4，石等（1987）研究之土地利用類別與逕流係數對照表，及鄭（1996）利用不同地區、各式各樣地形集水區的水文資料計算並提出有關於如何來選擇逕流係數 C 的建議，其研究結果如表 2-5。

目前決定逕流係數 C 值沒有一定的方法，所考慮之影響因子及所使用的參考表格也不一致，因此不同工程人員所決定之逕流係數不盡相同，未來該如何正確地決定逕流係數為一重要課題。



表 2-1 逕流係數 C 值

流域特性說明	逕流係數 C 值
<p>草地</p> <p>砂性土壤，平坦，最大 2%</p> <p>砂性土壤，平均 2~7%</p> <p>砂性土壤，陡峻 7%以上</p> <p>黏性土壤，平坦，最大 2%</p> <p>黏性土壤，平均 2~7%</p> <p>黏性土壤，陡峻 7%以上</p>	<p>0.05~0.10</p> <p>0.10~0.15</p> <p>0.15~0.20</p> <p>0.13~0.17</p> <p>0.18~0.22</p> <p>0.25~0.35</p>
<p>商業區</p> <p>城市</p> <p>鄉村</p>	<p>0.70~0.95</p> <p>0.50~0.70</p>
<p>住宅區</p> <p>單戶宅院</p> <p>多戶宅院，分散建築</p> <p>多戶宅院，相連建築</p> <p>城郊</p> <p>單人宿舍、公寓區</p>	<p>0.30~0.50</p> <p>0.40~0.60</p> <p>0.60~0.75</p> <p>0.25~0.40</p> <p>0.50~0.70</p>
<p>工業區</p> <p>輕工業區</p> <p>重工業區</p> <p>公園、墓地</p> <p>鐵路車場</p> <p>未開發地區</p> <p>道路</p>	<p>0.50~0.80</p> <p>0.60~0.90</p> <p>0.10~0.25</p> <p>0.20~0.40</p> <p>0.10~0.30</p>
<p>瀝青</p> <p>混凝土</p> <p>人行道</p> <p>屋頂</p>	<p>0.70~0.95</p> <p>0.80~0.95</p> <p>0.75~0.85</p> <p>0.75~0.95</p>

資料來源：王如意、易任，2003，p.411

表 2-2 逕流係數參考值

集水區 狀況	陡峻 山地	山嶺區	丘陵地或 森林地	平坦 耕地	非農業 使用
無開發整地區 之逕流係數	0.75~0.90	0.70~0.80	0.50~0.75	0.45~0.60	0.75~0.95
開發整地區整地 後之逕流係數	0.95	0.90	0.90	0.85	0.95~1.00

資料來源：水土保持技術規範，2003，p.256

表 2-3 台北市不同土地分區依其不透水性所定之逕流係數

區別	表面不透水率 (%)	逕流係數 C $C = 0.38 + 0.45 \text{Im } p$
商業區	100	0.83
住宅區及混合區	90	0.79
工業區	65	0.67
農業區	0	0.38
山區	30	0.52
機關學校區	50	0.61
公園綠地區	40	0.56
機場用地	30	0.52

資料來源：王如意、易任，2003，p.412

表 2-4 土地利用類別與逕流係數對照表

土地利用類別	逕流係數 C 值
河流、潮埔、湖、水池、水庫、 魚塭、鹽田、沼澤濕地	1.00
建築區(含其間空地)	0.90
沙地、礫石地	0.85
河道沙洲、海邊沙灘	0.80
稻田	0.80
果園或農場	0.75
茶林	0.75
旱田、蔗田	0.70
墓地	0.60
林地	0.60
矮林	0.60

資料來源：整理自石再添等，1987，p.48



表 2-5 用合理化公式來計算洪峰流量的逕流係數(C)

	透水不佳地區	林地	農地	都市化地區
陡坡	0.90	0.80	0.85	--
中坡	0.85	0.65	0.70	0.85
緩地形	0.80	0.50	0.55	0.80
平地	0.75	0.40	0.45	0.70
重現期 15~ 25 年	+0.085	+0.02	+0.05	+0.05
重現期超過 25 年	+0.10	+0.05	+0.10	+0.10

資料來源：鄭皆達，1996，p.30

第三章 研究方法

本研究之研究方法首先是水文及地文資料的蒐集，利用實測之時流量資料及時雨量資料，利用徐昇氏多邊形法計算各雨量站之權重，並計算集水區之平均雨量，採用角屋 睦之集流時間定義，以逕流歷線之開始上升點至洪峰流量發生的時間差表示集流時間(陳,1995)，計算集流時間及集流時間內之平均降雨強度，再配合合理化公式計算各集水區之逕流係數。

本研究之目的是希望能對逕流係數進行全面性的研究，但考慮逕流係數與集水區之特性有密切關係，因此嘗試將集水區依地文條件建立分群。利用集水區平均坡度、面積及逕流係數，使用集群分析將具相似集水區特性之集水區歸納為同一集群，以提高後續分析之準確性。集群分析方面採用二階段法進行分類，先使用階層集群分析對所有集水區作初步的分類並決定集群數，再利用非階層集群分析之K-means 將集水區分為三集群，並對各集群內集水區之坡度、面積、降雨強度及逕流係數作進一步的分析與探討。最後則是利用複迴歸分析建立各集群逕流係數、降雨強度、面積及坡度之關係式，並進行結果驗證，其研究流程如圖 3-1。

3.1 基本資料蒐集與分析

一、水文及地文資料之選取

由於合理化公式源自於國外，在外國集水區地形與台灣地形有一定的差異下，合理化公式適用之流域面積一直有所爭議。水土保持技術規範中規定，合理化公式適用於面積在一千公頃以內之集水區，但此一千公頃之適用條件是否為適合於台灣地區洪峰流量之推導，尚須進一步的探討。台灣地區小於一千公頃且有雨量及流量紀錄之集水區很少，再加上工程師為了方便使用此公式，有時不考慮適用面積之問題。因此為了減少適用面積範圍之不確定性，本研究亦將大於一千公頃之集水區列入分析中。



逕流係數與地文因子及地表覆蓋種類間有密切的關係，建築法規中規定，山坡地之坡度超過 30% 以上者，不得作為建築基地，其坡度之定義為建築技術規則建築設計施工編第二百六十一條及水土保持技術規範第二十五條之平均坡度計算。因此本研究蒐集坡度大於 30% 之集水區，資料超過 10 年以上之測站，使用 1990-2005 年經濟部水利署及台灣電力公司所屬流量站之時流量資料，同時配合經濟部水利署及中央氣象局所屬雨量站之時雨量資料（大氣研究資料庫提供），挑選資料齊全之颱風事件加以計算及分析。另外，合理化公式

中，逕流係數與地文因子有關，因此亦蒐集各集水區之地文因子，如集水區面積及平均坡度等。

二、平均降雨量之計算

合理化公式使用條件中，假設降雨是均勻的，但在實際的自然環境下，降雨並非均勻，因此需計算集水區之平均降雨量。多種計算平均降雨量之方法中，以徐昇氏多邊形法（Thiessen polygons method）應用較為廣泛。此法為將 n 個水文站連接，構成多個三角形，再做三角形各邊之垂直平分線，三個垂直平分線必交於一點，即三角形之外心。連接各三角形之外心，即可成 n 個多邊形網，每水文站所控制之範圍，即為該多邊形面積 A_i 。各水文站測得之雨量紀錄 P_i 乘以各站之面積 A_i ，然後全部加之，再以總面積除之，即得流域之平均降雨量，現今可用 ArcView 軟體中徐昇氏雨量權重模組計算之。

三、集流時間

當集水區內發生一定強度且持續之均勻降雨時，集流時間為雨水自集水區最遠點流至出水口的時間，若降雨持續時間等於或大於集流時間，則集水區之洪峰流量達到某最大值。由於集流時間不易直接從觀測資料獲得，一般常用之集流時間公式是由集水區地形、土壤因子等建立，然而，在一個集水區內，地形、植被、土壤等在空間分佈上

並不均勻，且降雨強度的空間、時間分佈亦不均勻，因此從實際的水文觀測資料推估集流時間，則無法完全合乎理論假設。

角屋 睦（1976）等依據有效降雨歷線和相對逕流歷線定義集流時間如圖 3-2，在出現降雨尖峰且有效降雨歷線成對稱的情況下，集流時間為稽延時間的兩倍，其中，稽延時間之定義為降雨組體圖中心至洪峰發生時間之時間差。由於降雨歷線往往非為對稱分佈，因此以逕流歷線之開始上升點至洪峰流量發生的時間差表示集流時間（陳，1995）。本研究依據圖 3-2 之定義，利用實測資料分析集流時間及集流時間內之平均降雨強度，資料的選取以單場降雨且有明顯洪峰流量為對象。



四、降雨強度

合理化公式中的降雨強度為降雨延時等於集流時間之平均降雨強度。一般水文設計中，多由公式計算得到降雨強度，如 Horner 及物部公式，但由於已蒐集雨量及流量資料，因此得利用實測之降雨及流量歷線依照角屋 睦之集流時間定義，以逕流歷線之開始上升點時間至洪峰流量發生的時間差表示集流時間，集流時間內之總降雨量除以集流時間表示平均降雨強度（陳，1995）。

五、洪峰逕流係數

依據合理化公式，可得知逕流係數 $C = \frac{Q_p}{I \cdot A}$ ，即集水區洪峰流量與降雨強度及面積乘積之比值，洪峰流量值為實測之洪峰流量。

3.2 統計分析方法

一、SPSS 介紹

SPSS 統計套裝軟體早期全名為 Statistical Package for Social Science 即社會科學統計套裝軟體，現今全名為 Statistical Products and Services Solutions 也就是統計產品與服務解決方案。SPSS 最早於 1965 年發展完成，目前已因應不同作業系統或機器之差異，開發出適用於各類電腦主機之版本。此軟體具有多樣化的統計分析功能，如基本的敘述統計、圖表製作、資料檢定、問卷結果分析、多變量分析等，再加上視窗化的指令相當簡單，為現今廣泛應用統計軟體之一，本研究以此軟體為工具，進行結果的分析與比較。

二、集群分析 (Cluster analysis)

集群分析係根據樣本的某些特性之相似程度，將樣本劃分成幾個集群，使得在同一集群內之事物具有高度之均一性，而在不同集群之事物具有相異性。自十九世紀以來，此類方法已廣泛應用於各領域，

如地理資訊系統、影像處理、遙感探測資料分析判別、語音辨別等。

集群分析依分類方法的方法不同，可分為階層集群分析（Hierarchical cluster analysis）及非階層集群分析（Nonhierarchical cluster analysis），而結合兩種方法的集群分析則稱為二階段法（Two step）。Punj and Stewart（1983）歸納比較各種分群方法，發現華德法（Wards method）為階層集群法中分群效果較佳的方法之一。Anderberg（1973）建議基於經濟性、簡單性與有效性之理由，可先由階層集群法求得概略分群結果後，再進行非階層集群分析以求得更精確之分析結果。



(1) 標準化

原始資料在進行集群分析前應先將原始資料轉換成分數後再執行集群分析，此乃由於不同變量一般都有不同的數量級，為了將不同數量級的數據放在一起比較，必須對數據進行變換處理。Everitt（1980）指出，將變項標準化為 Z 分數會使各集群間在變項上之差異變低，最能有效區別各集群分類結果之差異，因此本研究採用標準化中的 Z 分數對面積、坡度及逕流係數進行變換，通過變換處理後，每個變量的平均值為 0 且變異數為 1，如此再進行分析以排除數量級影響。

(2) 衡量相似性

進行集群分析主要在根據變項之測量值將性質相近的觀察值歸為同一類別，因此進行集群分析首先面臨的問題就是在如何測量觀察值間的相似性。衡量相似性就是量測物件與物件之間的相似性，以作為分群的基礎，集群分析將物件間相似性高的集合在一起，以形成一個個群體。量測物件間相似程度的方法有很多種，常用的有相關衡量 (Correlational measures)、距離衡量 (Distance measures) 和關連衡量 (Association measures)。而量測物件間相似程度的方法中最常見的就是測量兩者間的距離，其常用方法敘述如下：

1. 歐基里得距離 (Euclidean distance)

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (X_{ik} - X_{jk})^2} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (3-1)$$

d_{ij} ：第 i 個樣本與第 j 個樣本之間的距離

m ：變量數

n ：樣本數

2. 馬氏距離 (Mahalanobis distance)

$$d_{ij} = (X_{ik} - X_{jk})' S^{-1} (X_{ik} - X_{jk}) \quad (3-2)$$

S ： m 個變量間之變異數共變數矩陣

3. 曼哈頓距離 (Manhattan distance)

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^m |X_{ik} - X_{jk}| \quad (3-3)$$

由於本研究利用最小變異數和法進行階層集群分析，此方法要求觀察值之間的距離必須採歐氏距離，因此本研究選用距離衡量中最常用的歐氏距離來衡量樣本間的親疏程度。

(3) 階層集群分析

階層集群分析是指每一事物均自成一個集群開始，然後根據相似性衡量逐步將接近的樣本合為一群，使群數逐步減少，直到所有事物都併入同一集群。常用的方法如下：



1. 單一連鎖法 (Single linkage)

兩群體之間的距離定義為以兩群體各自群體內任一觀測點至另一群體中任一觀測點距離中最近者作為兩群體間之距離，當群體間距離確定後，距離近的群體可以進一步合為同一群，然後重新計算群與群之間的距離，並進行下一步的合併。

2. 完全連鎖法 (Complete linkage)

距離的定義與單一連鎖法相反，即為以距離最遠者作為兩群體間之距離。

3. 平均連鎖法 (Average linkage)

兩群體之間的距離定義是以兩群體各自群體內任一觀測點至另一群體中任一觀測點所有距離的平均值，作為兩群體間之距離。

4. 形心連鎖法 (Centroid linkage)

兩群體之間的距離定義為以兩群體中心點之間的距離作為兩群體間之距離。

5. 最小變異數和法 (Minimum error sum of square)

最小變異數和法是華德 (Ward) 首先提出的，亦稱為華德法。華德法是以最小變異數為合併的準則，以形成組內平方和最小，表示群組內的相似性很高。其基本思想為同一群內觀察值的變異數和應該較小，不同群之間觀察值的變異數和應該較大。求解過程首先是使每個觀察值自成一類，每一步使變異數和增加最小的兩類合併為一類，直到所有的觀察值都歸為一類為止。最小變異數和法要求觀察值之間的距離必須採歐氏距離，是分群效果較好的一種方法，為社會科學領域應用較廣泛的集羣方法。

(4) 非階層集羣分析

階層集羣分析是根據觀察值間之相似性，逐步進行分類，其分類

過程中，集群一旦形成即不再拆散。而非階層集群分析並非採用這樣的逐一步驟，而是預先指定集群數，其各階段分類過程中，均將原有集群全部拆散，並重新組合新的集群。多種不同的非階層集群法中以 K 均值法 (K-means method) 較為廣泛，其演算步驟如下：

1. 指定要形成的集群數，對樣本進行初始分群並計算每一群的中心。
2. 調整分群：計算每個觀察值到各群重心的距離，把每個觀察值歸入距重心最近的那一群。
3. 重新計算每一群的重心。
4. 重複步驟 2~3，直到沒有觀察值可以在調整為止。



(5) 集群方法之比較

各種不同之集群方法中，其優劣之比較，即某種情況下應使用何種集群方法較佳，一向為學者研究之重點。如 Punj 與 Stewart (1983) 綜合研究結果，歸納下列準則：

1. 華德法、平均連鎖法與非階層集群法較單一連鎖法為佳。
2. 所有階層集群法，其分群結果易受異常樣本點 (Outlier) 之影響，其中以完全連鎖法為尤甚。但若將資料標準化可減低其影響程度。

3. K 均值法較階層集群法不受異常樣本點之存在、距離衡量誤差之波動及距離計算方法之選擇的影響。
4. 以非隨機方法選取起始點時，K 均值法之分群效果較差，若以集群重心或中位數為起始點（即研究之資料為已知或先經由階層集群法獲得），則 K 均值法之效果較華德法與平均連鎖法好。
5. 選擇集群方法似較選擇距離的衡量方法來的重要。

(6) 二階段法 (Two step)

階層和非階層集群都各有優缺點，於是 Milligan (1980) 提出結合這兩種方法以得到最好的分析方式。首先，先使用階層集群法中之華德法來決定集群數，再利用非階層集群法進行物件的集群處理，結合階層和非階層之分析方法即為二階段法。

三、複迴歸分析

研究兩個或兩個以上的自變數對因變數的影響中應用最廣泛的統計方法為複迴歸分析 (Multiple regression analysis)。迴歸分析可討論變數間關係，並依目的建立預測模式，進行推論，為統計分析中之有效工具。此統計方法是一種試圖以一個或多個自變數來解釋另一個因變數，然後利用所獲得的樣本資料去估計模型中參數的統計分析方法。由一個因變數 Y 及 m 個自變數組成的線性多元迴歸模式可用下

式表示：

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_m x_m + \varepsilon \quad (3-4)$$

其中， x_1, \dots, x_m 為 m 個獨立變數； β_0, \dots, β_m 為迴歸係數； ε 為誤差項。

若有 n 個樣本資料，則可表示成：

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_0 + \beta_1 x_{11} + \beta_2 x_{21} + \cdots + \beta_m x_{m1} + \varepsilon_1 \\ \beta_0 + \beta_1 x_{12} + \beta_2 x_{22} + \cdots + \beta_m x_{m2} + \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \beta_0 + \beta_1 x_{1n} + \beta_2 x_{2n} + \cdots + \beta_m x_{mn} + \varepsilon_n \end{bmatrix} \quad (3-5)$$

若以矩陣表示即

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \cdots & x_{m1} \\ 1 & x_{12} & \cdots & x_{m2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & \cdots & x_{m3} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} \quad (3-6)$$

迴歸分析可依相關理論或邏輯，以及研究人員探討之變數關係來決定要保留或刪去哪些自變數。自變數選入迴歸方程式有多種方法，本研究採用強行進入法進行迴歸分析，即對任何自變數皆不予以篩選，而是全部納入迴歸模型中。在某一顯著水準中，將所有對於因變數具有解釋能力的自變數納入迴歸方程式，而不考慮自變數間之關係，並計算所有變數的迴歸係數。

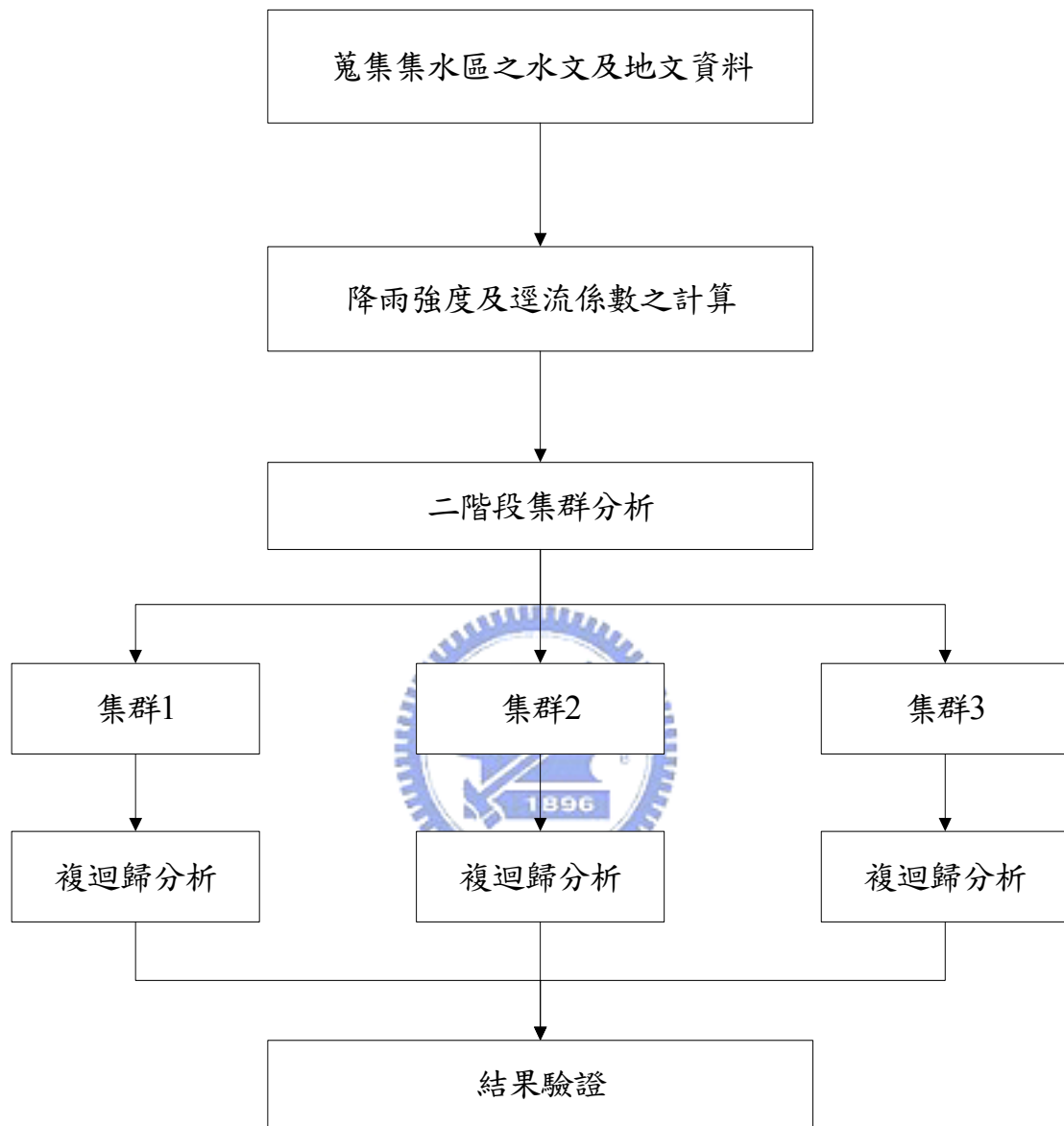


圖 3-1 研究之流程圖

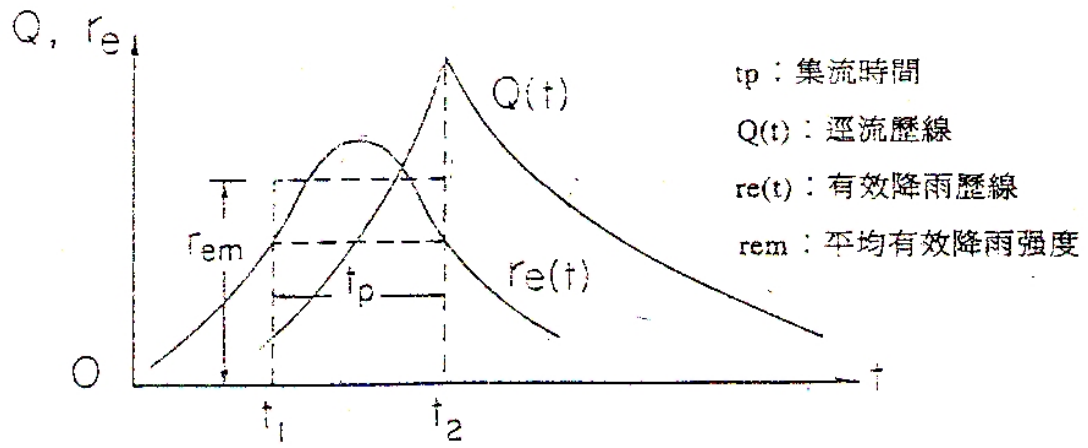


圖 3-2 集流時間之定義 (角屋與福島, 1976)



第四章 研究結果與討論

由於所蒐集到的流量資料與雨量資料並不完整，且流量站的經辦單位不一，因此造成部分資料不易取得，再加上計算時還需扣除某些逕流係數大於 1 之不合理的樣本集水區，因此本研究最後採用 38 個坡度大於 30% 之集水區進行統計與分析，其流量站基本資料如表 4-1 ~ 表 4-3，隸屬經濟部水利署之流量站 25 站，台灣電力公司之流量站 13 站。在平均降雨量計算方面，使用資料為中央氣象局及經濟部水利署所屬之雨量站，其雨量站基本資料如表 4-4 ~ 表 4-8，經 ArcView 計算後，所得之徐昇氏多邊形法權重如表 4-9 ~ 表 4-12，並依此權重計算集水區之平均雨量。



本研究之集水區面積為經濟部水利署之水文水資源資料管理供應系統所公佈之集水區面積，其集水區平均坡度為漫地流平均坡度，根據經濟部水利署水利規劃試驗所「流域整體規劃河川集水區數值地形資訊系統建立（五）」報告指出，其集水區平均坡度利用 DEM 資料，依照集水區漫地流流向之判定，可決定集水區的邊界像元及所有屬於集水區邊界內的像元點，將集水區各像元點坡度值之總和除以集水區像元點之總數目即為集水區平均坡度，各集水區之平均坡度及集水區主流河川坡度如附錄一。

本研究採用角屋 睦之集流時間定義，以逕流歷線之開始上升點時間至洪峰流量發生的時間差表示集流時間，集流時間內之總降雨量除以集流時間表示平均降雨強度(陳，1995)，因此在同一集水區中，不同颱風事件會有不同的降雨強度及逕流係數。本研究所使用集水區之颱風資料如附錄二，資料的選取以單場降雨且有明顯洪峰流量為對象，降雨延時大於或等於集流時間及逕流係數小於 1 之颱風為可分析之颱風資料，若集水區可分析之颱風資料小於 2 場，則該集水區不列入可用之樣本集水區進行後續分析。

由於集群分析是以集水區為單位進行分群，亦即一個集水區之特性由一個逕流係數值表示之，因此集群分析中，逕流係數採集水區所有颱風事件之平均值，以平均值代表集水區之特性。複迴歸分析方面亦採用逕流係數及降雨強度之平均值。

將其樣本之面積、坡度及逕流係數繪製成散佈圖，由圖 4-1 可知，面積與逕流係數略成反比，坡度與逕流係數則成正比。

4.1 集群分析結果

集群分析的主要目的在於劃分集水區型態屬性均一區，使具有相似型態的集水區能聚為一區，由於逕流係數與集水區型態有密切的關係，為了提高分析之準確性，本研究採集群分析先對集水區進行分

群。所取得集水區的地文因子為集水區面積 (A)、集水區的平均坡度 (S)、集水區主流河川長度及集水區主流河川坡度，但由於集水區主流河川長度與面積成正比且有高度相關，集水區之坡度亦與集水區主流河川坡度成正比，因此在變數的選取上選擇集水區面積、集水區平均坡度及與逕流係數 (C) 作為分析變數，以劃分集水區之均一區，其中，逕流係數為集水區各颱風事件之平均值。

二階段集群分析法，首先是利用 Ward 法進行階層集群分析，所得結果如圖 4-2，由此樹狀圖可得知各集水區間之親疏程度及初步分類結果。由於集水區樣本數為 38，為了避免分群後各集群之樣本數過少，且考慮實務應用上之便利，因此本研究選擇將所有樣本分為 3 集群，並以此作為第二階段分析之起使集群。

第二階段使用 K-means 進行非階層集群分析，分析結果如表 4-13，以集水區面積 550km^2 為界，可將集水區略分為二集群，其面積小於 550km^2 之集水區再依其坡度以 0.41 為界細分為 2 集群，因此可將所有集水區分為三個集群。

將各集群之分析變數個別統計，統計結果如表 4-14，由結果可得知，第一集群與第二集群的 C 與 S 成正比，即坡度越大逕流係數也越大，原因可能為集水區坡度越大時，所造成水流動的速度也越快，因

此入滲等損失會較小，所以當降雨產生會直接造成較大的逕流，因而 C 值也越大。由 A 與 C 的關係來看，可發現 A 與 C 成反比，即面積越大時逕流係數會越小，原因可能為當面積較大時，集流時間會較長，因此當降雨產生會有較多時間產生入滲，造成損失，因而 C 會較小。

4.2 複迴歸分析結果

逕流係數大小與地表特性、地表坡度、地表蓄水量、土壤飽和程度及降雨強度等因子有關（王與易，2003）。由於本研究所採用之樣本皆為坡度超過 30% 之集水區，因此不考慮地表特性，而地表蓄水量及土壤飽和程度資料取得不易，再加上逕流係數相關因子過多，為了簡化影響因子，因此本研究只初步考慮逕流係數與集水區面積、坡度及降雨強度之關係。

本研究採用角屋 睦之集流時間定義，計算集流時間及降雨強度，因此在同一集水區中，不同颱風事件會有不同的降雨強度及逕流係數，由於集群分析是以集水區為單位進行分群，理論上一個集水區之特性由一個逕流係數表示之，且迴歸分析主要是探討平均趨勢，因此在複迴歸分析方面，採用之降雨強度及逕流係數為各集水區所有颱風事件之平均值。

經集群分析後，可將所有樣本分為三個集群，各集群之集水區詳細資料及複迴歸分析結果分別敘述如下：

集群 1

由集群分析結果可得知，當集水區面積小於 550km^2 ，坡度小於 0.41 時，歸為第一集群，此集群總樣本數為 9，其集水區詳細資料如表 4-15。經初步統計後第一集群面積、坡度、降雨強度及逕流係數之平均值為 329.20km^2 、0.35、 14.06mm/hr 及 0.38，其他詳細結果如表 4-16。逕流係數與面積、坡度及降雨強度坡度之迴歸關係方程式為 $C = 1.781 \times A^{-0.278} \times S^{-0.014} \times I^{0.002}$ ， $R^2 = 0.77$ ，由相關係數 0.77 可得知此迴歸式之合適性。



集群 2

由集群分析結果可得知，當集水區面積小於 550km^2 ，坡度大於 0.41 時，歸為第二集群，此集群總樣本數為 22，其集水區詳細資料如表 4-17。經初步統計後第二集群面積、坡度、降雨強度及逕流係數之平均值為 250.73km^2 、0.47、 11.92mm/hr 及 0.45，其他詳細結果如表 4-18。逕流係數與面積、坡度及降雨強度坡度之迴歸關係方程式為 $C = 0.88 \times A^{-0.196} \times S^{-0.25} \times I^{0.066}$ ， $R^2 = 0.75$ ，由相關係數 0.75 可得知此迴歸式之合適性。

集群 3

由集群分析結果可得知，當集水區面積大於 550km^2 時，歸為第三集群，此集群總樣本數為 7，其集水區詳細資料如表 4-19。經初步統計後第三集群面積、坡度、降雨強度及逕流係數之平均值為 818.41km^2 、0.43、 12.95mm/hr 及 0.32，其他詳細結果如表 4-20。逕流係數與面積、坡度及降雨強度坡度之迴歸關係方程式為 $C = 20.348 \times A^{-0.581} \times S^{0.655} \times I^{0.117}$ ， $R^2 = 0.93$ ，由相關係數 0.93 可得知此迴歸式之合適性。

各集群迴歸關係方程式之相關係數為 0.77、0.75 及 0.93，其結果皆為高度相關，即所推估關係式之配適佳，有一定的可信度及準確度，未來可作為決定逕流係數之參考依據。以集水區之坡度大於 30% 為適用條件，其應用本研究分群及公式之流程如圖 4-3。

本研究不考慮頻率分析，直接利用實測資料計算各颱風之降雨強度，採角屋 睦之集流時間定義，計算集流時間及降雨強度。本研究結果為逕流係數之關係式，其目的在於應用於設計洪峰流量之洪峰逕流係數推算，未來在降雨強度計算方面可採用使用廣泛之 Horner 公式或物部公式等降雨強度公式，依不同重現期距，計算所需之設計降雨強度，配合本研究結果推估洪峰逕流係數，並利用合理化公式推估其設計洪峰流量，進而設計防洪之水工建造物。

由文獻可得知，合理化公式適用於小面積之集水區，但由結果卻可發現，面積較大之集群 3 其迴歸關係方程式之相關係數卻較高，結果較好，其原因可能為集群 3 之樣本數較少，因此相關係數較高。

4.3 應用案例

由於本研究所推估之關係式以集水區坡度大於 30% 為適用條件，因此選取四個非上述分類及迴歸樣本且坡度大於 30% 之集水區為應用案例，其集水區之流量站詳細資料如表 4-21。

案例 1

福山流量站隸屬於台灣電力公司，位於淡水河流域，其集水區面積為 160.4km^2 ，坡度為 0.403。依圖 4-3 之應用流程可得知此集水區面積為 160.4km^2 小於 550km^2 ，應分類為集群 1 或 2，而其坡度為 0.403 小於 0.41，由此可得知此集水區屬於集群 1，其推估逕流係數之關係式為 $C = 1.781 \times A^{-0.278} \times S^{-0.014} \times I^{0.002}$ 。若設計降雨強度為 20mm/hr ，所推估之逕流係數為 0.442，將所推估之逕流係數代入合理化公式中即可得到所推估之洪峰流量為 394cms 。

案例 2

桶頭流量站隸屬於經濟部水利署，位於濁水溪流域，其集水區面積為 259.2km^2 ，坡度為 0.398，依圖 4-3 之應用流程可得知此集水區

面積為 259.2 km^2 小於 550 km^2 ，應分類為集群 1 或 2，而其坡度為 0.398 小於 0.41，由此可得知此集水區屬於集群 1，其推估逕流係數之關係式為 $C = 1.781 \times A^{-0.278} \times S^{-0.014} \times I^{0.002}$ 。若設計降雨強度為 20 mm/hr ，所推估之逕流係數為 0.387，將所推估之逕流係數代入合理化公式中即可得到所推估之洪峰流量為 558 cms 。

案例 3

環山合流點流量站隸屬於台灣電力公司，位於大甲溪流域，其集水區面積為 257.85 km^2 ，坡度為 0.437。依圖 4-3 之應用流程可得知此集水區面積為 257.85 km^2 小於 550 km^2 ，應分類為集群 1 或 2，而其坡度為 0.437 大於 0.41，由此可得知此集水區屬於集群 2，其推估逕流係數之關係式為 $C = 0.88 \times A^{-0.196} \times S^{-0.25} \times I^{0.066}$ 。若設計降雨強度為 20 mm/hr ，所推估之逕流係數為 0.444，將所推估之逕流係數代入合理化公式中即可得到所推估之洪峰流量為 637 cms 。

案例 4

秀朗流量站隸屬於經濟部水利署，位於淡水河流域，其集水區面積為 750.76 km^2 ，坡度為 0.339。依圖 4-3 之應用流程可得知此集水區面積為 750.76 km^2 大於 550 km^2 應屬於集群 3，其推估逕流係數之關係式為 $C = 20.348 \times A^{-0.581} \times S^{0.655} \times I^{0.117}$ 。若設計降雨強度為 20 mm/hr ，所推估之逕流係數為 0.304，將所推估之逕流係數代入合理化公式中即

可得到所推估之洪峰流量為 1267 cms。

4.4 驗證結果

利用 4.3 節之四個集水區進行結果驗證，所選用之雨量站詳細資料如表 4-22，其計算所得之徐昇氏多邊形法權重如表 4-23。

本研究計算集流時間與降雨強度採角屋 睦之集流時間定義，因此同一集水區內，不同颱風事件之集流時間與降雨強度會有所不同。由於逕流係數 C 值無法直接量測，只能間接由實測之雨量及流量資料配合合理化公式求得，因此本研究將其計算所得之逕流係數視為實際之 C 值，並以此作為標準，計算本研究所推估之 C 值與實際 C 值之誤差，並將其誤差視為比較誤差，其中，利用本研究之逕流係數迴歸關係式所求得之逕流係數視為推估之 C 值。

本研究結果為所推估之逕流係數關係式，其目的在於應用於設計洪峰流量之洪峰逕流係數推算，未來可依不同重現期距，計算所需之設計降雨強度，配合本研究結果推估洪峰逕流係數，並利用合理化公式推估其設計洪峰流量，因此驗證此關係式時採用不同颱風之不同降雨強度對其結果進行驗證，將各颱風事件之降雨強度代入該集群之公式中即可推求各颱風之逕流係數。因推估逕流係數之目的在於進一步利用合理化公式估算洪峰流量，因此將所推估之逕流係數進一步配合

合理化公式估算洪峰流量，最後再與實測洪峰流量作比較，所得結果如表 4-24、表 4-25、表 4-26 及表 4-27。

由結果可得知，估算之洪峰流量值會有高估及低估的可能，而並非是只有高估或只有低估，雖然與實測資料比較之比較誤差有待評估，但由此可知，推估逕流係數之迴歸關係式是可行的。造成此誤差的原因可能為樣本數不足，及推估迴歸關係式之降雨強度與逕流係數為集水區各颱風事件之平均值，即一個集水區之坡度及面積只有一個平均逕流係數與一個平均降雨強度代表該集水區，但驗證之案例則為集水區各颱風之不同降雨強度所得之相異逕流係數，即一個集水區之面積及坡度有不同颱風事件之不同降雨強度及相異逕流係數，故此驗證方式會造成較大的誤差。

環山合流點集水區計算所得之實際 C 值為 0.123、0.963 及 0.165，C 值極大者（如颱風事件安珀所示）之原因是因為降雨沒有損失而直接產生逕流；C 值極小者（如颱風事件賴恩及奧托所示）之原因是因為降雨大部分皆因入滲等原因造成損失，使得直接逕流部分極少。以實測之流量資料為標準，推估值與實測值比較之誤差視為比較誤差，在此集水區中，本研究所推估之洪峰流量與實測洪峰流量之比較誤差平均值為 144.15%，誤差標準差為 0.87，由此可知 C 值變異程度相當大，即代表此區之 C 值具有相當大的不確定性，其觀測資料是否

正確或是因其他原因造成此結果有待進一步的探討，也因 C 值之不確定性大，因此造成環山合流點集水區各颱風之比較誤差偏大。

另在福山集水區方面，以葛樂禮颱風實測之洪峰流量為標準，本研究推估葛樂禮颱風之洪峰流量與實測洪峰流量之比較誤差為 214.88%，與其他場颱風事件所得之比較誤差差異較大，此為統計學上之離群值，因此在計算比較誤差之平均值方面不列入考慮，故福山集水區所得比較誤差之平均值為 32.19%，誤差標準差為 0.20。

本研究進行集群分析及複迴歸分析時所採用之逕流係數與降雨強度為集水區所有颱風事件之平均值，但因逕流係數會隨著降雨強度而改變，因此先前驗證時採用各颱風之不同降雨強度所推估之逕流係數進行驗證。迴歸分析主要是探討平均趨勢，以同一集水區之各場颱風資料驗證其迴歸關係式時，會發現同一集水區之面積及坡度相同，但卻有不同颱風事件之不同降雨強度及相異逕流係數，因此以單場颱風驗證迴歸關係式之誤差會較大。

若以集水區為單位，取集水區各颱風事件之平均降雨強度及平均逕流係數進行結果驗證，其驗證結果如表 4-28。在降雨強度方面，利用實測之流量及雨量資料，採角屋 睦之集流時間定義，計算集流時間及降雨強度，並以集水區為單位，將所有颱風之降雨強度取其平

均，所得結果即代表該集水區之降雨強度。在推估 C 值方面，將各集水區之平均降雨強度及其基本資料代入該集群之迴歸公式，所得結果即代表該集水區之推估逕流係數。實際 C 值方面，利用實測資料採角屋 睦之集流時間定義，計算集流時間及降雨強度，再配合合理化公式推算其逕流係數，並以集水區為單位，將所有颱風事件之逕流係數取其平均，所得結果即代表該集水區之實測逕流係數。

由結果可得知，以實際 C 值為標準，所推估之 C 值與實際 C 值之比較誤差平均值皆小於 3%，尚在可接受範圍內，由此可知，本研究所推估之迴歸關係方程式有一定的可信度及準確度。



表 4-1 選用流量站基本資料 (1/3)

站號	站名	水資源分區	河川局	縣市	流域	經辦單位	集水面積 (km ²)	標高(m)	統計年數
1300H013	內灣	北區	第二河川局	新竹縣	頭前溪	經濟部水利署	139.07	24900	35
1300H014	上坪	北區	第二河川局	新竹縣	頭前溪	經濟部水利署	221.73	21100	34
1300H016	竹林大橋	北區	第二河川局	新竹縣	頭前溪	經濟部水利署	441.38	10100	25
1300H017	經國橋	北區	第二河川局	新竹市	頭前溪	經濟部水利署	499.18	5900	16
1350H001	打鹿坑	中區	第二河川局	苗栗縣	後龍溪	經濟部水利署	247.28	17300	51
1350H013	彼岸橋	中區	第二河川局	苗栗縣	後龍溪	經濟部水利署	109.95	22600	21
1400H011	卓蘭	中區	第三河川局	苗栗縣	大安溪	經濟部水利署	599.32	32500	33
1400H012	雪山坑	中區	第三河川局	台中縣	大安溪	經濟部水利署	45.32	59800	30
1400H015	象鼻(3)	中區	第三河川局	苗栗縣	大安溪	經濟部水利署	437.58	53100	15
1420H037	白鹿橋	中區	第三河川局	台中縣	大甲溪	經濟部水利署	916.00	53300	25
1430H037	觀音橋	中區	第三河川局	南投縣	烏溪	經濟部水利署	338.00	37900	25
1430H042	乾峰橋	中區	第三河川局	南投縣	烏溪	經濟部水利署	955.93	22000	17
1730H031	荖濃(新發大橋)	南區	第七河川局	高雄縣	高屏溪	經濟部水利署	812.03	29500	50
1730H036	三地門	南區	第七河川局	屏東縣	高屏溪	經濟部水利署	408.51	10500	47
1730H039	六龜	南區	第七河川局	高雄縣	高屏溪	經濟部水利署	853.00	22900	25
1730H041	大津橋	南區	第七河川局	屏東縣	高屏溪	經濟部水利署	375.08	14000	24
1730H042	杉林大橋	南區	第七河川局	高雄縣	高屏溪	經濟部水利署	519.49	11700	20

表 4-2 選用流量站基本資料 (2/3)

站號	站名	水資源 分區	河川局	縣市	流域	經辦單位	集水面積 (km^2)	標高(m)	統計年數
1730H044	阿其巴橋	南區	第七河川局	高雄縣	高屏溪	經濟部水利署	403.90	70767	13
2200H007	延平	東區	第八河川局	台東縣	卑南溪	經濟部水利署	476.16	15100	51
2200H020	新武呂(4)	東區	第八河川局	台東縣	卑南溪	經濟部水利署	638.78	31600	28
2370H004	卓樂橋(卓麓(1))	東區	第九河川局	花蓮縣	秀姑巒溪	經濟部水利署	456.32	19400	24
2420H019	仁壽橋	東區	第九河川局	花蓮縣	花蓮溪	經濟部水利署	425.92	11900	46
2420H036	馬鞍溪橋	東區	第九河川局	花蓮縣	花蓮溪	經濟部水利署	136.46	16600	26
2420H037	萬里溪橋	東區	第九河川局	花蓮縣	花蓮溪	經濟部水利署	242.18	13600	27
2560H001	牛鬥(1)	北區	第一河川局	宜蘭縣	蘭陽溪	經濟部水利署	446.74	21600	31
1420H008	天冷	中區	—	台中縣	大甲溪	台灣電力公司	953.80	46716	24
1420H016	四季朗	中區	—	台中縣	大甲溪	台灣電力公司	156.49	145103	45
1420H034	七家灣	中區	—	台中縣	大甲溪	台灣電力公司	110.71	162900	42
1420H035	松茂	中區	—	台中縣	大甲溪	台灣電力公司	417.08	143350	36
1420H036	志樂壩	中區	—	台中縣	大甲溪	台灣電力公司	77.45	145903	30
1420H043	合歡	中區	—	台中縣	大甲溪	台灣電力公司	128.56	147185	18
1420H046	東卯溪	中區	—	台中縣	大甲溪	台灣電力公司	20.65	55000	17
1510H048	郡大	中區	—	南投縣	濁水溪	台灣電力公司	411.40	56000	23
1510H054	栗栖溪	中區	—	南投縣	濁水溪	台灣電力公司	39.40	83800	23

表 4-3 選用流量站基本資料 (3/3)

站號	站名	水資源分區	河川局	縣市	流域	經辦單位	集水面積 (km ²)	標高(m)	統計年數
2370H020	清水	東區	—	花蓮縣	秀姑巒溪	台灣電力公司	169.15	30000	14
2420H040	大馬	東區	—	花蓮縣	花蓮溪	台灣電力公司	115.08	35900	19
2500H004	和平南溪	東區	—	花蓮縣	和平溪	台灣電力公司	190.20	18900	30
2500H005	和平北溪	北區	—	宜蘭縣	和平溪	台灣電力公司	272.35	15700	30

表 4-4 選用雨量站基本資料 (1/5)

站號	站名	縣市	經辦單位	標高 (m)	地址
467550	玉山	嘉義縣	中央氣象局	3844.8	阿里山鄉玉山北峰頂
C0D360	梅花	新竹縣	中央氣象局	523	尖石鄉梅花村 1 鄰 11 號(梅花國小校園內)
C0D470	竹東	新竹縣	中央氣象局	229	橫山鄉新庄子 3 號(華山國民中學內)
C0E410	觀霧	新竹縣	中央氣象局	2087	五峰鄉及苗栗縣泰安鄉交界
C0E610	馬都安	苗栗縣	中央氣象局	850	泰安鄉錦子村(瞭望台旁)
C0F860	梨山	臺中縣	中央氣象局	1980	和平鄉梨山村福壽山農場
C0F900	雙崎	臺中縣	中央氣象局	543	和平鄉自由村東崎路二段 116 號內
C0F950	合歡山	南投縣	中央氣象局	3292	仁愛鄉(近合歡山三角點，大甲溪事業區第 81 林班)
C0S680	紅葉山	臺東縣	中央氣象局	1659	延平鄉紅葉山瞭望臺旁(延平林道 23K 處)

表 4-5 選用雨量站基本資料 (2/5)

站號	站名	縣市	經辦單位	標高 (m)	地址
C0S750	向陽	臺東縣	中央氣象局	2280	海端鄉向陽(公路局向陽工務段圍牆內)
C0T790	大禹嶺	花蓮縣	中央氣象局	2565	秀林鄉立霧溪事業區 67 林班地(救國團大禹山莊)
C0U710	太平山	宜蘭縣	中央氣象局	1810	大同鄉太平山 93 林班地(林務局路標 22.3K 處)
C0U730	思源	宜蘭縣	中央氣象局	2036	大同鄉(思源啞口旁，大甲溪事業區第 40 林班)
C0V250	甲仙	高雄縣	中央氣象局	270	甲仙鄉(甲仙國民中學操場後方小山丘上)
C1D400	鳥嘴山	新竹縣	中央氣象局	839	尖石鄉新樂村復興礦場
C1D410	白蘭	新竹縣	中央氣象局	1290	五峰鄉桃山村
C1D420	太閣南	新竹縣	中央氣象局	1279	五峰鄉羅山工作站後方山頂羅山瞭望台旁
C1E450	象鼻	苗栗縣	中央氣象局	968	泰安鄉象鼻村
C1E460	松安	苗栗縣	中央氣象局	1400	泰安鄉梅園村二本松梅園派出所
C1E470	馬達拉	苗栗縣	中央氣象局	1800	泰安鄉梅園村
C1E490	合流山	苗栗縣	中央氣象局	2533	泰安鄉合流山山區大安溪事業區 93 林班地(230 林道 22K 處附近)
C1E520	大湖	苗栗縣	中央氣象局	350	大湖鄉大寮村 5 鄰竹高屋 34-1 號附近
C1F870	上谷關	臺中縣	中央氣象局	1045	和平鄉(博愛國小谷關分校附近)
C1F880	阿眉	臺中縣	中央氣象局	1677	仁愛鄉(水利局雨量站旁)
C1F890	稍來	臺中縣	中央氣象局	2010	和平鄉八仙山事業區 49 林班地船型山苗圃廢棄觀測坪附近
C1F940	雪嶺	臺中縣	中央氣象局	2605	和平鄉雪嶺地區八仙山事業區 60 林班地小雪山莊後方水塔後山頂

表 4-6 選用雨量站基本資料 (3/5)

站號	站名	縣市	經辦單位	標高 (m)	地址
C1H860	瑞岩	南投縣	中央氣象局	1676	仁愛鄉
C1H870	仁愛	南投縣	中央氣象局	1113	仁愛鄉(臺電公司電源保護中心內)
C1H880	凌霄	南投縣	中央氣象局	1318	埔里鎮中山路三段 582 號(凌霄殿內)
C1H890	大肚城	南投縣	中央氣象局	451	埔里鎮大城里大城路 169 號(南投縣立大成國民中學內)
C1H900	清流	南投縣	中央氣象局	934	仁愛鄉互助村
C1H910	魚池	南投縣	中央氣象局	724	魚池鄉興池段 1368 地號(魚池苗圃內)
C1H920	長福	南投縣	中央氣象局	736	國姓鄉長豐村
C1H930	北山	南投縣	中央氣象局	393	國姓鄉北山村頭溪巷 7-1 號旁
C1I020	萬大	南投縣	中央氣象局	1555	仁愛鄉親愛村萬大水庫宿舍旁
C1R120	上德文	屏東縣	中央氣象局	820	三地門鄉德文村口之公墓旁
C1R130	阿禮	屏東縣	中央氣象局	1040	霧臺鄉(屏東事業區第 46 林班)
C1R140	瑪家	屏東縣	中央氣象局	740	瑪家鄉瑪家村 4 鄰 24 號(後山)
C1S660	下馬	臺東縣	中央氣象局	794	海端鄉廢棄下馬派出所旁
C1S670	摩天	臺東縣	中央氣象局	1580	海端鄉(省道臺 20 線 169K 福德宮後方)
C1T860	銅門	花蓮縣	中央氣象局	125	秀林鄉銅門村 12 鄰 108 號(銅門國小後面農地上)
C1T980	龍澗	花蓮縣	中央氣象局	1306	秀林鄉龍澗發電廠旁

表 4-7 選用雨量站基本資料 (4/5)

站號	站名	縣市	經辦單位	標高 (m)	地址
C1U700	土場	宜蘭縣	中央氣象局	370	大同鄉太平山遊樂區售票口前方 250 公尺路旁
C1U720	南山	宜蘭縣	中央氣象局	1260	大同鄉南山村 4 鄰埤南巷 31-3 號(南山國民小學內)
C1V160	民生	高雄縣	中央氣象局	1040	三民鄉民生村
C1V170	排雲	高雄縣	中央氣象局	3340	桃源鄉(玉山氣象站旁北峰塔塔加鞍部)
C1V190	南天池	高雄縣	中央氣象局	2700	桃源鄉長春祠旁
C1V200	梅山	高雄縣	中央氣象局	860	桃源鄉梅山村(梅山口遊客中心旁)
C1V210	復興	高雄縣	中央氣象局	700	桃源鄉復興村復興巷 1 鄰 15 號
C1V220	小關山	高雄縣	中央氣象局	1781	桃源鄉老濃溪事業區 99 林班地
C1V230	高中	高雄縣	中央氣象局	760	桃源鄉高中村
C1V240	新發	高雄縣	中央氣象局	470	六龜鄉荖濃村 2 鄰水冬瓜 44 號旁
C1V270	溪南	高雄縣	中央氣象局	1792	桃源鄉老濃溪事業區 54 林班地
C1V290	新集	高雄縣	中央氣象局	1166	桃源鄉老濃溪事業區 34 林班地
C1V460	楠溪	高雄縣	中央氣象局	1949	桃源鄉(楠溪林道 17K 處愛玉工寮)
01H210	翠巒	南投縣	經濟部水利署	1585	南投縣仁愛鄉翠華村翠巒路 21 號
01H390	望鄉	南投縣	經濟部水利署	2200	南投縣信義鄉望美村(林務局望鄉工作站)
01H400	東埔	南投縣	經濟部水利署	1135	南投縣信義鄉東埔村(東埔派出所)
01H440	卡奈托灣(2)	南投縣	經濟部水利署	1390	南投縣信義鄉卡奈托灣(三分所)

表 4-8 選用雨量站基本資料 (5/5)

站號	站名	縣市	經辦單位	標高 (m)	地址
01H450	關門	南投縣	經濟部水利署	2000	南投縣信義鄉關門(十九林班)
01H470	西巒	南投縣	經濟部水利署	1666	南投縣信義鄉人倫 17 林班苗圃
01S430	霧鹿	台東縣	經濟部水利署	910	台東縣海端鄉霧鹿村 2 鄰 12 號
01S470	向陽(2)	台東縣	經濟部水利署	2400	台東縣海端鄉向陽村(向陽遊樂區行政中心旁機房頂)
01S570	上里	台東縣	經濟部水利署	220	台東縣延平鄉紅葉村紅谷路 2 號 (卑南上圳管理房頂)
01T220	卓麓(4)	花蓮縣	經濟部水利署	210	花蓮縣卓溪鄉卓清村(卓樂國小)
01T640	哇拉鼻	花蓮縣	經濟部水利署	960	花蓮縣卓溪鄉卓清村哇拉鼻
01T660	馬太安	花蓮縣	經濟部水利署	1000	花蓮縣萬榮鄉馬錫山山區(林務局林道 16 公里)
01T720	明里	花蓮縣	經濟部水利署	210	花蓮縣富里鄉明里村 2 鄰明里 24 號(老村長家)
01T760	新大觀(2)	花蓮縣	經濟部水利署	1000	花蓮縣萬榮鄉萬榮村(萬榮林道 19.6K)
01T770	新高嶺(2)	花蓮縣	經濟部水利署	1800	花蓮縣萬榮鄉萬榮村(萬榮林道 34.6K)
01U230	大濁水	宜蘭縣	經濟部水利署	48	宜蘭縣南澳鄉澳花村澳花國小
01U560	太平山(1)	宜蘭縣	經濟部水利署	1960	宜蘭縣大同鄉太平村太平巷

表 4-9 徐昇氏多邊形法結果 (1/4)

流域	集水區	雨量站	站號	經辦單位	徐昇氏 多邊形 法權重
頭前溪	內灣	梅花	C0D360	中央氣象局	0.579
		烏嘴山	C1D400	中央氣象局	0.421
頭前溪	上坪	觀霧	C0E410	中央氣象局	0.316
		白蘭	C1D410	中央氣象局	0.244
		太閣南	C1D420	中央氣象局	0.440
頭前溪	竹林大橋	梅花	C0D360	中央氣象局	0.196
		竹東	C0D470	中央氣象局	0.147
		觀霧	C0E410	中央氣象局	0.155
		烏嘴山	C1D400	中央氣象局	0.134
		白蘭	C1D410	中央氣象局	0.120
		太閣南	C1D420	中央氣象局	0.247
頭前溪	經國橋	梅花	C0D360	中央氣象局	0.173
		竹東	C0D470	中央氣象局	0.244
		觀霧	C0E410	中央氣象局	0.138
		烏嘴山	C1D400	中央氣象局	0.119
		白蘭	C1D410	中央氣象局	0.107
		太閣南	C1D420	中央氣象局	0.218
後龍溪	打鹿坑	馬都安	C0E610	中央氣象局	0.618
		大湖	C1E520	中央氣象局	0.382
後龍溪	彼岸橋	大湖	C1E520	中央氣象局	1.000
大安溪	卓蘭	雙崎	C0F900	中央氣象局	0.133
		象鼻	C1E450	中央氣象局	0.120
		松安	C1E460	中央氣象局	0.129
		馬達拉	C1E470	中央氣象局	0.319
		合流山	C1E490	中央氣象局	0.298
大安溪	雪山坑	象鼻	C1E450	中央氣象局	0.346
		雪嶺	C1F940	中央氣象局	0.330
		稍來	C1F890	中央氣象局	0.324
烏溪	觀音橋	仁愛	C1H870	中央氣象局	0.182
		凌霄	C1H880	中央氣象局	0.211
		大肚城	C1H890	中央氣象局	0.350
		魚池	C1H910	中央氣象局	0.258

表 4-10 徐昇氏多邊形法結果 (2/4)

流域	集水區	雨量站	站號	經辦單位	徐昇氏 多邊形 法權重
大安溪	象鼻(3)	松安	C1E460	中央氣象局	0.208
		馬達拉	C1E470	中央氣象局	0.425
		合流山	C1E490	中央氣象局	0.367
		太平山(1)	01U560	經濟部水利署	0.614
		思源	C0U730	中央氣象局	0.268
大甲溪	白鹿橋	梨山	C0F860	中央氣象局	0.566
		合歡山	C0F950	中央氣象局	0.048
		上谷關	C1F870	中央氣象局	0.199
		稍來	C1F890	中央氣象局	0.060
		雪嶺	C1F940	中央氣象局	0.127
烏溪	乾峰橋	阿眉	C1F880	中央氣象局	0.095
		瑞岩	C1H860	中央氣象局	0.212
		仁愛	C1H870	中央氣象局	0.085
		凌霄	C1H880	中央氣象局	0.107
		大肚城	C1H890	中央氣象局	0.101
		清流	C1H900	中央氣象局	0.080
		魚池	C1H910	中央氣象局	0.101
		長福	C1H920	中央氣象局	0.099
		北山	C1H930	中央氣象局	0.119
高屏溪	荖濃(新發大橋)	玉山	467550	中央氣象局	0.151
		南天池	C1V190	中央氣象局	0.265
		梅山	C1V200	中央氣象局	0.110
		復興	C1V210	中央氣象局	0.098
		小關山	C1V220	中央氣象局	0.188
		高中	C1V230	中央氣象局	0.188
高屏溪	三地門	上德文	C1R120	中央氣象局	0.126
		阿禮	C1R130	中央氣象局	0.654
		瑪家	C1R140	中央氣象局	0.220
高屏溪	大津橋	溪南	C1V270	中央氣象局	0.104
		新集	C1V290	中央氣象局	0.896

表 4-11 徐昇氏多邊形法結果 (3/4)

流域	集水區	雨量站	站號	經辦單位	徐昇氏 多邊形 法權重
高屏溪	六龜	玉山	467550	中央氣象局	0.143
		南天池	C1V190	中央氣象局	0.250
		梅山	C1V200	中央氣象局	0.103
		復興	C1V210	中央氣象局	0.093
		小關山	C1V220	中央氣象局	0.178
		高中	C1V230	中央氣象局	0.129
		新發	C1V240	中央氣象局	0.104
高屏溪	杉林大橋	甲仙	C0V250	中央氣象局	0.328
		民生	C1V160	中央氣象局	0.350
		排雲	C1V170	中央氣象局	0.021
		楠溪	C1V460	中央氣象局	0.301
高屏溪	阿其巴橋	玉山	467550	中央氣象局	0.302
		南天池	C1V190	中央氣象局	0.513
		梅山	C1V200	中央氣象局	0.185
卑南溪	延平	紅葉山	C0S680	中央氣象局	0.712
		上里	01S570	經濟部水利署	0.288
卑南溪	新武呂(4)	向陽	C0S750	中央氣象局	0.197
		下馬	C1S660	中央氣象局	0.509
		摩天	C1S670	中央氣象局	0.294
秀姑巒溪	卓樂橋(卓麓(1))	哇拉鼻	01T640	經濟部水利署	1.000
花蓮溪	仁壽橋	銅門	C1T860	中央氣象局	0.236
		龍澗	C1T980	中央氣象局	0.764
花蓮溪	馬鞍溪橋	馬太安	01T660	經濟部水利署	1.000
花蓮溪	萬里溪橋	新高嶺(2)	01T770	經濟部水利署	0.456
		新大觀(2)	01T760	經濟部水利署	0.544
蘭陽溪	牛鬥(1)	太平山	C0U710	中央氣象局	0.162
		土場	C1U700	中央氣象局	0.458
		南山	C1U720	中央氣象局	0.380
		梨山	C0F860	中央氣象局	1.000
		梨山	C0F860	中央氣象局	1.000
		翠巒	01H210	經濟部水利署	1.000

表 4-12 徐昇氏多邊形法結果 (4/4)

流域	集水區	雨量站	站號	經辦單位	徐昇氏 多邊形 法權重
大甲溪	天冷	梨山	C0F860	中央氣象局	0.547
		合歡山	C0F950	中央氣象局	0.047
		上谷關	C1F870	中央氣象局	0.223
		稍來	C1F890	中央氣象局	0.059
		雪嶺	C1F940	中央氣象局	0.124
大甲溪	四季朗	梨山	C0F860	中央氣象局	1.000
大甲溪	七家灣	梨山	C0F860	中央氣象局	1.000
大甲溪	松茂	翠巒	01H210	經濟部水利署	1.000
大甲溪	志樂壩	梨山	C0F860	中央氣象局	0.615
		雪嶺	C1F940	中央氣象局	0.385
大甲溪	合歡	梨山	C0F860	中央氣象局	0.927
		大禹嶺	C0T790	中央氣象局	0.073
大甲溪	東卯溪	上谷關	C1F870	中央氣象局	0.598
		阿眉	C1F880	中央氣象局	0.019
		稍來	C1F890	中央氣象局	0.383
濁水溪	郡大	望鄉	01H390	經濟部水利署	0.271
		東埔	01H400	經濟部水利署	0.314
		卡奈托灣(2)	01H440	經濟部水利署	0.267
		關門	01H450	經濟部水利署	0.096
		西巒	01H470	經濟部水利署	0.052
濁水溪	栗栖溪	萬大	C1I020	中央氣象局	1.000
秀姑巒溪	清水	霧鹿	01S430	經濟部水利署	0.147
		向陽(2)	01S470	經濟部水利署	0.122
		卓麓(4)	01T220	經濟部水利署	0.175
		哇拉鼻	01T640	經濟部水利署	0.332
		明里	01T720	經濟部水利署	0.224
花蓮溪	大馬	馬太安	01T660	經濟部水利署	1.000
和平溪	和平南溪	大濁水	01U230	經濟部水利署	0.395
		思源	C0U730	中央氣象局	0.605
和平溪	和平北溪	大濁水	01U230	經濟部水利署	0.118

表 4-13 K-means 分析結果

集群成員

觀察值號碼	集水區	集群	距離
1	東卯溪	1	2.869
2	栗栖溪	1	1.365
3	雪山坑	1	2.049
4	志樂壩	1	1.950
5	彼岸橋	2	1.388
6	七家灣	1	.649
7	大馬	1	1.188
8	合歡	1	.875
9	馬鞍溪橋	1	.930
10	內灣	2	1.232
11	四季朗	1	.426
12	清水	1	.549
13	和平南溪	1	.724
14	上坪	2	1.225
15	萬里溪橋	1	.075
16	打鹿坑	2	.554
17	和平北溪	1	1.034
18	觀音橋	2	.556
19	大津橋	1	.801
20	阿其巴橋	1	1.053
21	三地門	1	.903
22	郡大	1	.798
23	松茂	1	.731
24	仁壽橋	1	1.140
25	象鼻	1	1.149
26	竹林	2	.824
27	牛鬥	2	1.178
28	卓樂橋	1	1.228
29	延平	1	1.395
30	經國橋	2	1.099
31	杉林大橋	2	1.337
32	卓蘭	3	.998
33	新武呂	3	.816
34	新發大橋	3	.288
35	六龜	3	.336
36	白鹿橋	3	.999
37	天冷	3	.926
38	乾峰橋	3	1.136

表 4-14 集群分析結果

	平均 A (km^2)	平均 S	平均 I (mm/hr)	平均 C
第一群	329.20	0.353	14.06	0.38
第二群	250.73	0.474	11.92	0.45
第三群	818.41	0.428	12.95	0.32

表 4-15 集群 1 之詳細資料

地區	流域	集水區	A (km^2)	S	I (mm/hr)	C
中	烏溪	觀音橋	338.00	0.305	22.87	0.39
中	後龍溪	彼岸橋	109.95	0.308	12.05	0.47
北	頭前溪	經國橋	499.18	0.328	11.08	0.30
中	後龍溪	打鹿坑	247.28	0.347	13.49	0.42
北	頭前溪	內灣	139.07	0.354	12.39	0.47
北	頭前溪	竹林	441.38	0.357	8.11	0.32
南	高屏溪	杉林大橋	519.49	0.369	15.40	0.29
北	蘭陽溪	牛鬥	446.74	0.404	11.39	0.39
北	頭前溪	上坪	221.73	0.407	19.74	0.37

表 4-16 集群 1 之分析結果

	A (km^2)	S	I (mm/hr)	C
平均值	329.20	0.353	14.06	0.38
標準差	155.75	0.04	4.61	0.07
最大值	519.49	0.407	22.87	0.47
最小值	109.95	0.305	8.11	0.29

表 4-17 集群 2 之基本資料

地區	流域	集水區	A (km ²)	S	I (mm/hr)	C
北	和平溪	和平北溪	272.35	0.412	4.90	0.40
東	卑南溪	延平	476.16	0.419	20.82	0.37
南	高屏溪	三地門	408.51	0.433	13.37	0.41
東	秀姑巒溪	清水	169.15	0.442	14.96	0.45
中	大甲溪	合歡	128.56	0.452	3.50	0.51
中	大甲溪	松茂	417.08	0.453	7.65	0.41
南	高屏溪	大津橋	375.08	0.456	8.47	0.39
中	大甲溪	七家灣	110.71	0.461	5.92	0.47
中	大甲溪	東卯溪	20.65	0.470	6.29	0.70
東	花蓮溪	萬里溪橋	242.18	0.471	37.93	0.44
中	大甲溪	四季朗	156.49	0.478	4.01	0.44
東	花蓮溪	馬鞍溪橋	136.46	0.480	22.07	0.52
中	大安溪	雪山坑	45.32	0.480	23.02	0.62
南	高屏溪	阿其巴橋	403.90	0.482	10.33	0.36
中	大安溪	象鼻	437.58	0.486	11.90	0.36
東	秀姑巒溪	卓樂橋	456.32	0.489	13.93	0.36
東	花蓮溪	仁壽橋	425.92	0.490	16.38	0.36
中	濁水溪	郡大	411.40	0.494	13.06	0.41
東	和平溪	和平南溪	190.20	0.503	4.16	0.41
東	花蓮溪	大馬	115.08	0.505	11.08	0.52
中	濁水溪	栗栖溪	39.40	0.528	2.78	0.40
中	大甲溪	志樂壩	77.45	0.535	5.63	0.58

表 4-18 集群 2 之分析結果

	A (km ²)	S	I (mm/hr)	C
平均值	250.73	0.474	11.92	0.45
標準差	159.10	0.03	8.41	0.09
最大值	476.16	0.535	37.93	0.70
最小值	20.65	0.412	2.78	0.36

表 4-19 集群 3 之基本資料

地區	流域	集水區	A (km ²)	S	I (mm/hr)	C
中	大安溪	卓蘭	599.32	0.461	8.36	0.31
東	卑南溪	新武呂	638.78	0.430	11.63	0.36
南	高屏溪	新發大橋	812.03	0.445	14.04	0.32
南	高屏溪	六龜	853.00	0.436	7.87	0.29
中	大甲溪	白鹿橋	916.00	0.375	22.38	0.35
中	大甲溪	天冷	953.80	0.474	10.67	0.31
中	烏溪	乾峰橋	955.93	0.372	15.69	0.28

表 4-20 集群 3 之分析結果

	A (km ²)	S	I (mm/hr)	C
平均值	818.41	0.428	12.95	0.32
標準差	146.21	0.04	5.02	0.03
最大值	955.93	0.474	22.38	0.36
最小值	599.32	0.372	7.87	0.28

表 4-21 應用案例流量站之基本資料

站號	站名	水資源 分區	河川局	縣市	流域	經辦單位	集水面積 (km^2)	標高(m)	統計年數
1140H010	福山	北區	—	台北縣	淡水河	台灣電力公司	160.4	35229	63
1510H024	桶頭(2)	中區	第四河川局	南投縣	濁水溪	經濟部水利署	259.2	23500	62
1420H015	環山合流點	中區	—	台中縣	大甲溪	台灣電力公司	257.85	144416	45
1140H066	秀朗	北區	第十河川局	台北縣	淡水河	經濟部水利署	750.76	100	36

表 4-22 驗證集水區選用雨量站之基本資料

站號	站名	縣市	經辦單位	標高(m)	地址
467530	阿里山	嘉義縣	中央氣象局	2413.4	阿里山鄉南阿里山 27 號
C0K240	草嶺	雲林縣	中央氣象局	1138	古坑鄉草嶺村龍頭
C1A630	下盆	臺北縣	中央氣象局	589	烏來鄉烏來地區東勢溪中游
C0F860	梨山	臺中縣	中央氣象局	1980	和平鄉梨山村福壽山農場
C0F950	合歡山	南投縣	中央氣象局	3292	仁愛鄉(近合歡山三角點，大甲溪事業區第 81 林班)
C1H850	翠巒	南投縣	中央氣象局	2297	仁愛鄉力行產業道路之華岡派出所斜對面
C0T790	大禹嶺	花蓮縣	中央氣象局	2565	秀林鄉立霧溪事業區 67 林班地(救國團大禹山莊)
01A430	福山(3)	台北縣	經濟部水利署	500	台北縣烏來鄉大羅蘭村
01A190	碧湖	台北縣	經濟部水利署	360	台北縣坪林鄉石曹村碧湖路 7 號(右後方)
01A440	大桶山	台北縣	經濟部水利署	916	台北縣新店市龜山里大桶山忠治村
01A450	坪林(4)	台北縣	經濟部水利署	200	台北縣坪林鄉坪林國小後山邊

表 4-23 驗證集水區之徐昇氏多邊形法結果

流域	集水區	雨量站	站號	經辦單位	徐昇氏多邊形法權重
淡水河	福山	福山(3)	01A430	經濟部水利署	0.524
		下盆	C1A630	中央氣象局	0.476
濁水溪	桶頭(2)	阿里山	467530	中央氣象局	0.302
		草嶺	C0K240	中央氣象局	0.698
大甲溪	環山合流點	梨山	C0F860	中央氣象局	0.650
		合歡山	C0F950	中央氣象局	0.053
		翠巒	C1H850	中央氣象局	0.094
		大禹嶺	C0T790	中央氣象局	0.203
淡水河	秀朗	碧湖	01A190	經濟部水利署	0.195
		福山(3)	01A430	經濟部水利署	0.278
		大桶山	01A440	經濟部水利署	0.370
		坪林(4)	01A450	經濟部水利署	0.157



表 4-24 福山集水區驗證結果

颱風	I (mm/hr)	A (km ²)	S	推估 C 值	推估 Q _p	實際 C 值	實際 Q _p	比較誤差	比較誤差之平均	比較誤差之標準差	集群
葛樂禮	3.89	160.40	0.403	0.441	76.45	0.140	24.28	214.88%	--	--	1
席斯	21.43	160.40	0.403	0.442	422.84	0.793	757.50	-44.18%	32.19%	0.20	
弗雷特	22.67	160.40	0.403	0.442	447.19	0.515	520.90	-14.15%			
提姆	22.90	160.40	0.403	0.442	451.80	0.594	606.60	-25.52%			
耐特	28.86	160.40	0.403	0.443	569.59	0.385	496.00	14.84%			
葛拉絲	25.56	160.40	0.403	0.443	504.30	0.506	576.80	-12.57%			
瑪姬	6.13	160.40	0.403	0.441	120.69	0.270	73.87	63.38%			
凱特琳	6.62	160.40	0.403	0.441	130.19	0.293	86.40	50.69%			

表 4-25 桶頭集水區驗證結果

颱風	I (mm/hr)	A (km ²)	S	推估 C 值	推估 Q _p	實際 C 值	實際 Q _p	比較誤差	比較誤差之平均	比較誤差之標準差	集群
瑞伯	36.25	259.20	0.398	0.388	1012.33	0.555	1450.00	-30.18%	47.28%	0.24	1
海馬	4.73	259.20	0.398	0.386	131.51	0.235	80.00	64.38%			

表 4-26 環山合流點集水區驗證結果

颱風	I (mm/hr)	A (km ²)	S	推估 C 值	推估 Q _p	實際 C 值	實際 Q _p	比較誤差	比較誤差之平均	比較誤差之標準差	集群
賴恩	5.09	257.85	0.437	0.406	148.23	0.123	44.76	231.17%	144.15%	0.87	2
安珀	6.86	257.85	0.437	0.414	203.41	0.963	473.40	-57.03%			
奧托	4.76	257.85	0.437	0.404	138.00	0.165	56.50	144.25%			

表 4-27 秀朗集水區驗證結果

颱風	I (mm/hr)	A (km ²)	S	推估 C 值	推估 Q _p	實際 C 值	實際 Q _p	比較誤差	比較誤差之平均	比較誤差之標準差	集群
提姆	12.90	750.76	0.339	0.288	776.79	0.401	1080.00	-28.07%	46.32%	0.26	3
卡努	7.90	750.76	0.339	0.272	448.89	0.166	272.79	64.56%			

表 4-28 驗證集水區驗證結果

集水區	A (km ²)	S	I (mm/hr)	推估 C 值	實際 C 值	比較誤差	集群
桶頭	259.20	0.398	20.49	0.387	0.395	-1.98%	1
福山	160.40	0.403	17.26	0.442	0.437	1.19%	1
環山合流點	257.85	0.437	5.57	0.408	0.417	-2.09%	2
秀朗	750.76	0.339	10.40	0.281	0.283	-0.71%	3

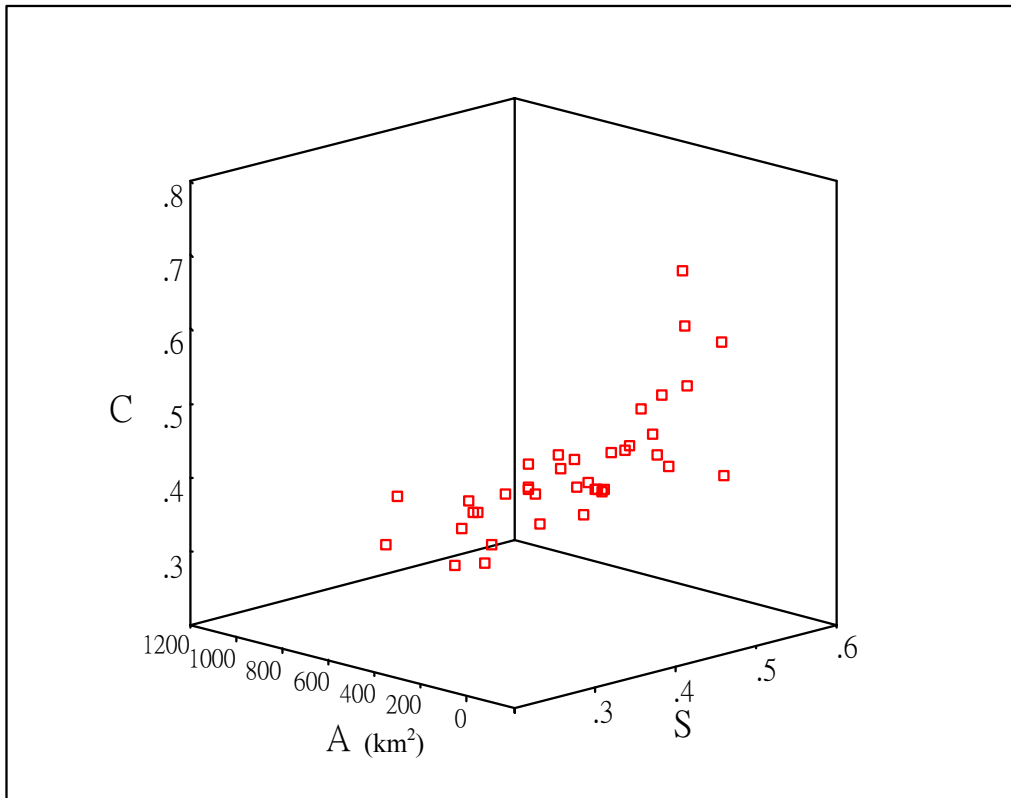


圖 4-1 逕流係數、面積及坡度之散佈圖



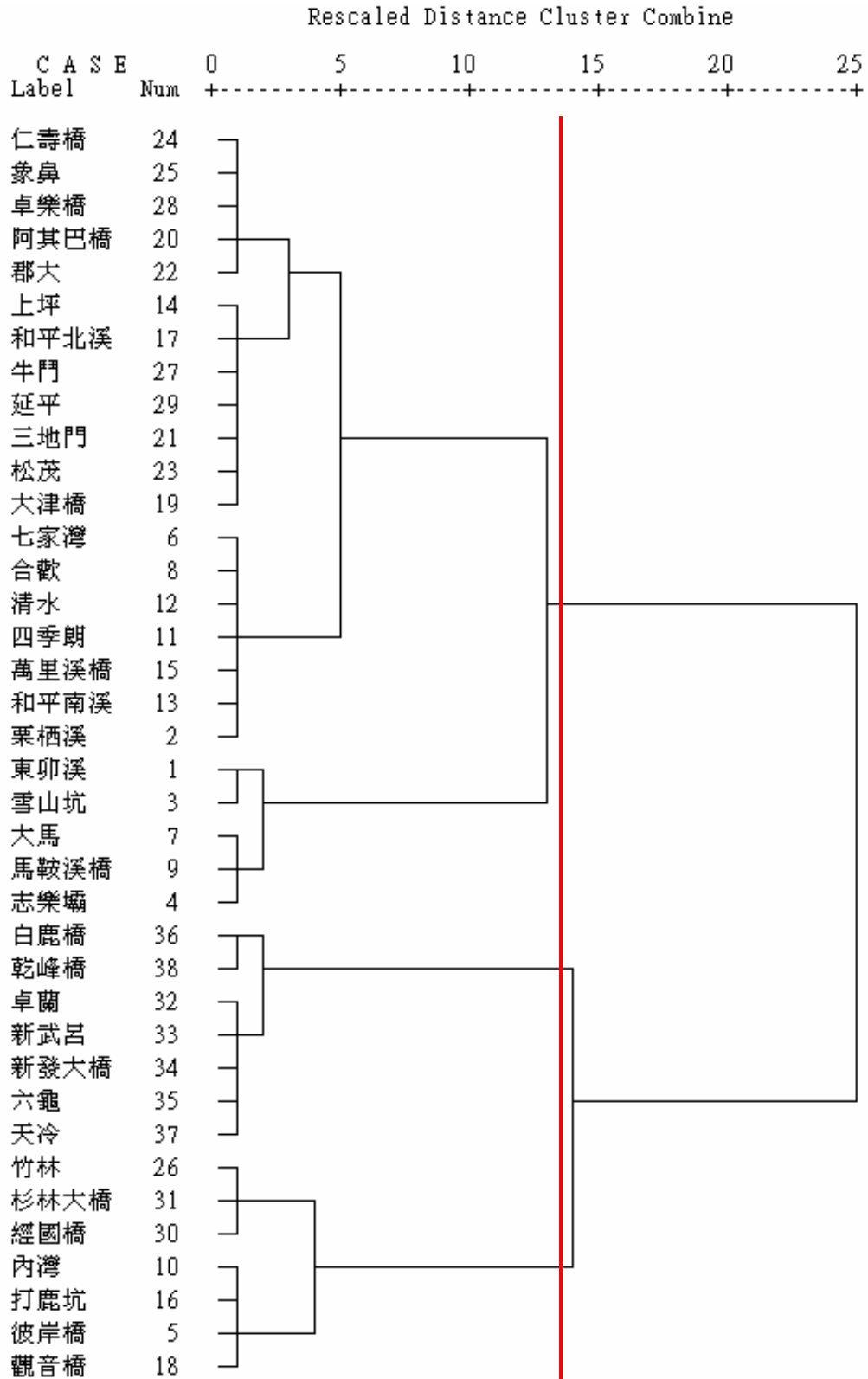


圖 4-2 階層集群分析結果

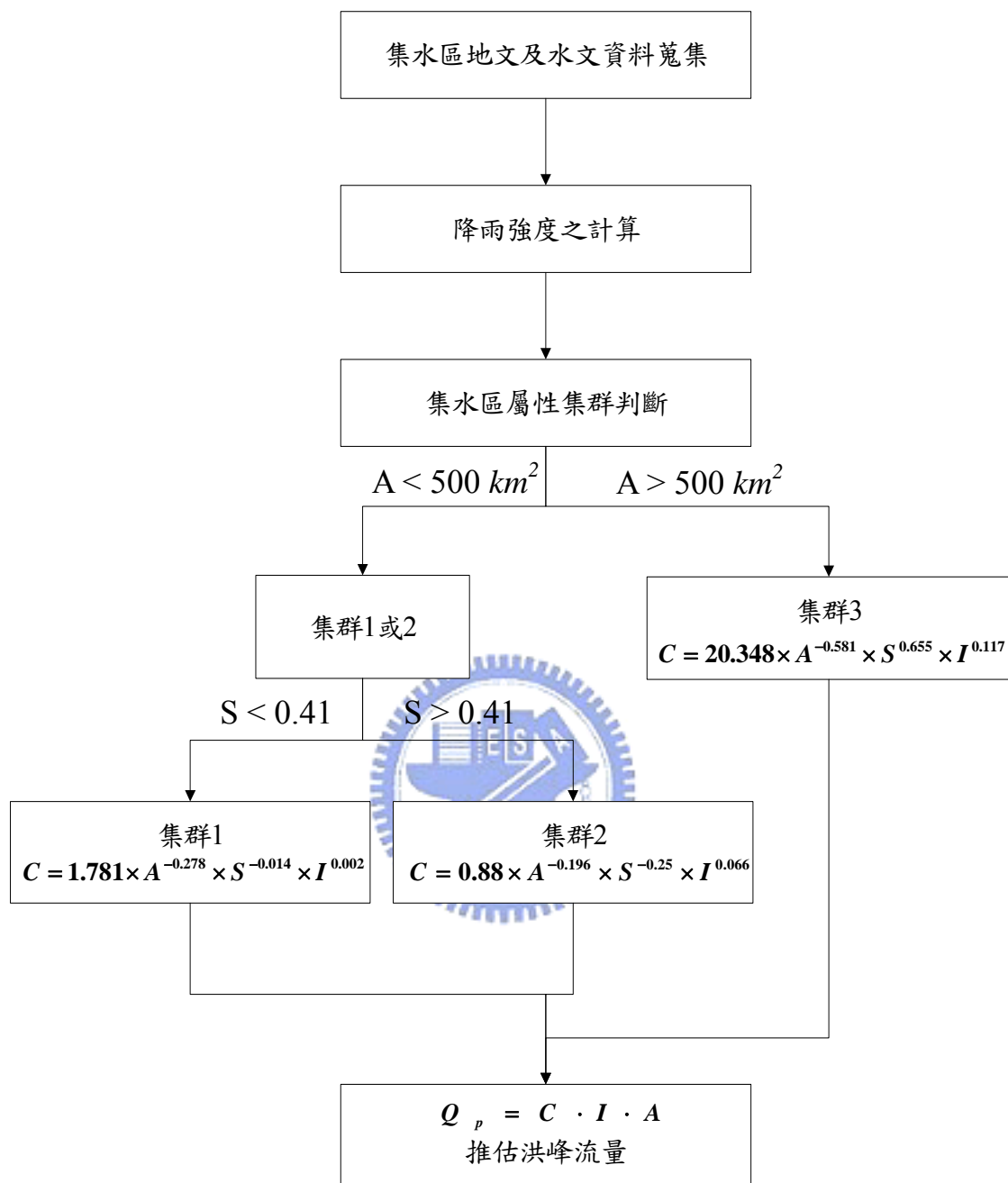


圖 4-3 應用流程圖

第五章 結論與建議

一般而言，逕流係數可分為三種情況加以推估，而本研究之逕流係數為適用於合理化公式推估洪峰流量之洪峰逕流係數。逕流係數與地表特性、地表坡度、地表蓄水量、土壤飽和程度及降雨強度等因子有關（王與易，2003）。由於本研究所採用之樣本皆為坡度超過 30% 之集水區，因此視集水區之地表覆蓋皆為植物，不考慮其地表特性，亦不考慮植物狀態會隨季節變化而有所改變。因地表蓄水量及土壤飽和程度之資料取得不易，且逕流係數相關因子過多，為了簡化影響因子，本研究以集水區坡度超過 30% 為條件，初步考慮逕流係數與集水區面積、坡度及降雨強度之關係並進行研究。

本研究對逕流係數作全面性的研究，並考慮逕流係數與地文因子間之密切關係，嘗試利用集群分析將集水區建立分群，並找出各集群中逕流係數與面積、坡度及降雨強度之關係式，期望研究結果可以作為工程實務上決定逕流係數之參考依據，其研究成果歸納整理如下。

5.1 結論

1. 由集群分析結果可得知，未來只要利用集水區面積 $A(\text{km}^2)$ 、集水區平均坡度 S 及所要設計之降雨強度 $I(\text{mm/hr})$ ，先依集水區之

型態判定屬於何種集群，並將其代入該集群之迴歸式中即可推估該集水區之洪峰逕流係數 C 。

2. 以集水區之面積、平均坡度及颱風之降雨強度為分析變數將集水區建立分群，可得知以面積 550km^2 及坡度 0.41 為界，可將集水區分為三個集群。
3. 根據本研究之樣本集水區（表 4-1～表 4-3）進行研究，以集水區坡度大於 30% 為適用條件，其洪峰逕流係數之關係式為：

集群 1：面積 $< 550\text{km}^2$ 且坡度 < 0.41

$$C = 1.781 \times A^{-0.278} \times S^{-0.014} \times I^{0.002}$$

集群 2：面積 $< 550\text{km}^2$ 且坡度 > 0.41

$$C = 0.88 \times A^{-0.196} \times S^{-0.25} \times I^{0.066}$$

集群 3：面積 $> 550\text{km}^2$

$$C = 20.348 \times A^{-0.581} \times S^{0.655} \times I^{0.117}。$$

4. 由統計結果可得知，集群 1 與集群 2 的 C 與 S 成正比，即坡度越大逕流係數也越大，而 C 與 A 則成反比關係，即當面積越大時逕流係數會越小。

5.2 建議

1. 由於本研究所使用之樣本集水區有限，其集水區面積、坡度及颱風之降雨強度有一定的範圍，因此當各因子不在此範圍內時，利

用迴歸關係式所推算之結果可靠度可能會較低，未來可增加集水區進行分析，以提高迴歸關係式推算結果之可靠度。

2. 因所蒐集到的雨量及流量資料並不齊全，且只使用 1990 年～2005 年之颱風資料，因此造成可使用之樣本集水區的數量有限。未來可以長期觀測並使用更多年限之歷史資料增加其樣本數，可使統計的結果更為準確以便於實務上的應用。
3. 本研究為了簡化影響因子，減少計算基流量及有效降雨時所造成的人工判讀誤差及不確定性，直接利用實測之流量及雨量資料進行統計與分析，若未來要使分類及迴歸結果更為準確，可在建立分類及迴歸關係式時進一步的考慮基流分離與有效降雨的計算，並將影響逕流係數的所有因子如入滲、地表蓄水量及土壤飽和程度等加入迴歸分析中一併考慮，以提高推估 C 值公式之可靠度及推估結果的準確性。
4. 本研究初步使用迴歸分析建立 C 值與面積、坡度及降雨強度之關係，未來亦可考慮使用類神經等其他方法以求更準確的建立 C 值與其影響因子之關係。
5. 因本研究不考慮所取得之流量資料及雨量資料本身之不確定性，建議後續之研究者應加以檢測，以確保數據品質之可靠。

參考文獻

1. Anderberg, M.(1973). "Cluster Analysis for Applications." New York : Academic Press.
2. Anon. (1969). "Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers." ASCE Manual on Engineering Practice No. 37.
3. Ben-Zvi, A, (1989). "Toward A New Rational Method." J. Hydr. Div., ASCE, 115(9), 1241-1255.
4. Chen, C.N., and Wong, T.S. W. (1993). "Critical rainfall duration for maximum discharge from overland plane." J. Hydr. Engrg., ASCE, 119(4), 1040-1045.
5. Dunne, T. and Leopold, L.B. (1978). "Water In Environmental Planning." San Francisco: W. H. Freeman Company.
6. Everitt, B. (1980). "Cluster Analysis." New York: Halsted.
7. McCuen, R.H., S.L. Wong, and W.J. Rawls (1984). "Estimating urban time of concentration." J. Hydr. Engrg., ASCE, 110(7), 887~904.
8. Milligan, G. (1980). "An examination of the effect of six types of error perturbation on fifteen clustering algorithms." Psychometrika, 45, 325-342.
9. Pilgrim, D.H. , McDermott, G.E. and Mittelstadt, G.E. (1992). "The rational method for flood design for small rural basins in Australia." In Yen, B.C., Catchment Runoff and Rational Formula, Water Resources Pub, 16-26.
10. Punj, G. and Stewart, D. W. (1983). "Cluster analysis in marketing research: review and suggestions for application." Journal of

Marketing Research, 67, 135-36.

11. 王如意、易任 (2003), 「應用水文學 (上冊)」, 茂昌。
12. 王如意、謝平城、鄒明樹 (1993), 「以運動波方程式探討合理化公式之適用性研究」, 台灣水利, 41(3): 1-25。
13. 台灣大學地理學研究所 (1996), 「總量管制山坡地社區開發之研究—新竹縣寶山鄉為例之個案」, 行政院環保署。
14. 台灣省水土保持局編 (1992), 「水土保持手冊—工程篇」。
15. 石再添、張瑞津、林雪美 (1987), 「台灣地區十五條河川理論水力蘊藏量及地表逕流係數研究」, 師大地理系地理研究叢書第十四號。
16. 佐藤勝夫著 (1996)、陳信雄譯, 「洪水逕流分析」, 國立台灣大學森林學系防砂工程研究室。
17. 吳書易(1999), 「區域化流量延時曲線及不確定性研究」, 國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
18. 吳祥禎(1996), 「台灣地區暴雨強度-延時-頻率分析之研究」, 國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
19. 呂珍謀 (1991), 「合理化公式於臺灣流域之改良應用研究」, 台灣水利, 39(4): 58-72。
20. 李光敦、許志揚、江申 (1998), 「水里溪集水區流量合理化公式

之檢討與應用」，台電工程月刊，594：1-20。

21. 李柏鋒 (2003)，「利用流域空間及降雨特性於逕流推估改善之研究」，國立臺灣大學地理環境資源學研究所碩士論文。
22. 角屋 睦、福島 晟 (1976)，「中小河川の洪水到達時間」，京大防災研究所年報，19-B：143-152。
23. 林莉利 (1992)，「台灣上游集水區洪峰流量的產生、特性和計算方法之研究」，國立中興大學水土保持學研究所碩士論文。
24. 邱榮一 (1994)，「合理化公式相關條件之研究」，國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
25. 莊麗蓉 (2006)，「區域化短延時無因次降雨強度公式」，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。
26. 許清炫 (2005)，「流域集水區降雨量與逕流量之分析與探討」，淡江大學水資源及環境工程學系碩士論文。
27. 陳立人 (1998)，「台灣地區逕流係數分佈之探討」，國立中興大學土木工程研究所碩士論文。
28. 陳明杰 (1995)，「合理化公式推算洪峰流量相關條件之研究」，國立臺灣大學農學院實驗林研究報告，9(4)：25-39。
29. 陳樹群、巫仲明 (2002)，「山坡地開發對洪峰流量影響之研究」，中華水土保持學報，33(1)：39-46。

30. 游保杉、陳嘉榮 (1996),「台灣北部區域雨量強度公式之研究」, 中興工程顧問社。
31. 黃國章 (1994),「美濃地區區域各別逕流係數修正之研究」, 國立台灣大學農業工程學系碩士論文。
32. 經濟部水利署水利規劃試驗所 (2004),「流域整體規劃河川集水區數值地形資訊系統建立 (五)」。
33. 詹仕堅 (2003),「使用類神經網路在洪水推估之研究—以集水區地文特徵為基礎」, 國立台灣大學地理環境資源研究所博士論文。
34. 鄭皆達 (1996),「臺灣上游集水區溪流流量的產生機制對洪峰流量估算的影響」, 水土保持學報, 28(3): 17-31。
35. 鄭皆達、施鈞程、林壯沛 (2001),「臺灣上游集水區洪峰流量的決定」, 水土保持學報, 33(4): 289-310。
36. 盧惠生、林壯沛、陸象豫、黃良鑫 (1990),「上游小集水區逕流係數之研究」, 中華水土保持學報, 21(1): 1-11。
37. 大氣研究資料庫, 網址 <http://dbar.as.ntu.edu.tw>。
38. 水文水資源資料管理供應系統, 網址 <http://gweb.wra.gov.tw>。

附錄一 集水區之平均坡度及集水區主流河川坡度

流域	集水區	集水區平均坡度	集水區主流河川坡度
烏溪	觀音橋	0.305	0.028
後龍溪	彼岸橋	0.308	0.046
頭前溪	經國橋	0.328	0.034
後龍溪	打鹿坑	0.347	0.041
頭前溪	內灣	0.354	0.086
頭前溪	竹林	0.357	0.041
高屏溪	杉林大橋	0.369	0.033
蘭陽溪	牛鬥	0.404	0.062
頭前溪	上坪	0.407	0.052
和平溪	和平北溪	0.412	0.079
卑南溪	延平	0.419	0.044
高屏溪	三地門	0.433	0.031
秀姑巒溪	清水	0.442	0.084
大甲溪	合歡	0.452	0.061
大甲溪	松茂	0.453	0.035
高屏溪	大津橋	0.456	0.041
大甲溪	七家灣	0.461	0.098
大甲溪	東卯溪	0.470	0.132
花蓮溪	萬里溪橋	0.471	0.054
大甲溪	四季朗	0.478	0.067
花蓮溪	馬鞍溪橋	0.480	0.079
大安溪	雪山坑	0.480	0.135
高屏溪	阿其巴橋	0.482	0.044
大安溪	象鼻	0.486	0.041
秀姑巒溪	卓樂橋	0.489	0.046
花蓮溪	仁壽橋	0.490	0.065
濁水溪	郡大	0.494	0.033
和平溪	和平南溪	0.503	0.065
花蓮溪	大馬	0.505	0.092
濁水溪	栗栖溪	0.528	0.109

流域	集水區	集水區平均坡度	集水區主流河川 坡度
大甲溪	志樂壩	0.535	0.072
大安溪	卓蘭	0.461	0.033
卑南溪	新武呂	0.430	0.041
高屏溪	新發大橋	0.445	0.031
高屏溪	六龜	0.436	0.029
大甲溪	白鹿橋	0.375	0.024
大甲溪	天冷	0.474	0.023
烏溪	乾峰橋	0.372	0.027



附錄二 各集水區之颱風資料

地區	流域	集水區	集水區面積	集水區平均坡度	颱風	日期	Q_p	I (mm/hr)	C
中	烏溪	觀音橋	338.00	0.305	賀伯	1996.7	840.00	22.87	0.391
					安珀	1997.8	261.00	7.33	0.379
中	後龍溪	彼岸橋	109.95	0.308	亞伯	1990.8	235.00	9.04	0.850
					愛麗	1991.8	226.00	23.75	0.311
					弗雷特	1994.8	138.00	6.67	0.677
					道格	1994.10	196.00	8.80	0.729
					安珀	1997.8	90.00	9.55	0.308
					瑞伯	1998.10	357.00	33.00	0.354
					卡努	2005.9	22.50	2.17	0.340
					龍王	2005.9	24.00	3.44	0.228
北	頭前溪	經國橋	499.18	0.328	象神	2000.10	485.00	10.71	0.326
					桃芝	2001.7	440.00	11.45	0.277
中	後龍溪	打鹿坑	247.28	0.347	愛麗	1991.8	595.00	28.13	0.308
					道格	1994.10	493.00	13.20	0.543
					安珀	1997.8	309.00	7.51	0.598
					龍王	2005.9	85.20	5.11	0.242

地區	流域	集水區	集水區面積	集水區平均坡度	颱風	日期	Q_p	I (mm/hr)	C
北	頭前溪	內灣	139.07	0.354	寶莉	1992.8	390.00	11.15	0.904
					葛拉絲	1994.1	81.60	8.17	0.258
					海燕	2001.10	112.00	16.17	0.179
					泰利	2005.8	409.80	13.82	0.767
					卡努	2005.9	123.60	12.66	0.253
北	頭前溪	竹林	441.38	0.357	愛麗	1991.8	357.00	6.78	0.429
					桃芝	2001.7	253.00	9.43	0.219
南	高屏溪	杉林大橋	519.49	0.369	瑞伯	1998.10	386.00	10.78	0.248
					泰利	2005.8	1357.94	24.24	0.388
					龍王	2005.9	375.66	11.18	0.233
北	蘭陽溪	牛鬥	446.74	0.404	蘭寧	2004.8	72.59	3.60	0.162
					泰利	2005.8	1455.84	19.18	0.611
北	頭前溪	上坪	221.73	0.407	歐菲莉	1990.6	201.00	11.45	0.285
					愛麗	1991.8	217.00	15.00	0.235
					寶莉	1992.8	275.00	13.36	0.334
					席斯	1994.10	680.00	23.51	0.469
					溫妮	1997.8	495.00	17.31	0.464
					瑞伯	1998.10	996.00	37.83	0.427

地區	流域	集水區	集水區面積	集水區平均坡度	颱風	日期	Q_p	I (mm/hr)	C
北	和平溪	和平北溪	272.35	0.412	賴恩	1995.9	25.20	3.30	0.101
					啟德	2000.7	344.86	6.49	0.702
東	卑南溪	延平	476.16	0.419	啟德	2000.7	329.00	14.37	0.173
					象神	2000.10	1490.00	23.07	0.488
					南瑪都	2004.12	1505.00	25.01	0.455
南	高屏溪	三地門	408.51	0.433	尤特	2001.7	1010.00	13.25	0.671
					納莉	2001.9	840.00	15.41	0.480
					南瑪都	2004.12	428.00	16.90	0.223
					珊瑚	2005.8	633.84	12.31	0.453
東	秀姑巒溪	清水	169.15	0.442	龍王	2005.9	219.84	8.99	0.215
					耐特	1991.9	220.55	9.78	0.480
					賴恩	1995.9	125.00	7.22	0.368
中	大甲溪	合歡	128.56	0.452	碧利斯	2000.8	663.00	27.89	0.506
					肯特	1995.8	42.75	2.84	0.421
南	高屏溪	大津橋	375.08	0.456	葛樂禮	1996.7	88.25	4.16	0.593
					肯特	1995.8	391.00	9.76	0.384
					奇比	2001.6	192.00	4.60	0.400
					莫拉克	2003.8	221.00	7.96	0.266
					杜鵑	2003.8	591.00	11.56	0.490

地區	流域	集水區	集水區面積	集水區平均坡度	颱風	日期	Q_p	I (mm/hr)	C
中	大甲溪	松茂	417.08	0.453	亞伯	1990.8	263.50	11.25	0.202
					艾美	1991.7	183.00	5.41	0.292
					提姆	1994.7	1120.00	12.31	0.785
					賴恩	1995.9	86.00	4.27	0.174
					賀伯	1996.7	1090.00	10.24	0.918
					溫妮	1997.8	252.50	5.39	0.404
中	大甲溪	七家灣	110.71	0.461	奧托	1998.8	67.20	4.67	0.124
					耐特	1991.1	18.30	2.79	0.213
					提姆	1994.7	96.90	13.26	0.237
					賴恩	1995.9	24.29	2.28	0.346
					溫妮	1997.8	120.75	5.08	0.773
中	大甲溪	東卯溪	20.65	0.470	安珀	1997.8	152.50	6.22	0.797
					艾美	1991.7	0.94	1.27	0.129
東	花蓮溪	萬里溪橋	242.18	0.471	寶莉	1992.8	12.40	3.48	0.620
					桃芝	1991.7	1980.00	58.96	0.499
中	大甲溪	四季朗	156.49	0.478	泰利	2005.8	443.58	16.91	0.390
					愛麗	1991.8	44.94	4.00	0.258
					溫妮	1997.8	168.54	5.29	0.732
					楊妮	1998.9	37.88	2.73	0.319

地區	流域	集水區	集水區面積	集水區平均坡度	颱風	日期	Q_p	I (mm/hr)	C
東	花蓮溪	馬鞍溪橋	136.46	0.480	歐菲莉	1990.6	680.00	25.94	0.691
					黛特	1990.9	840.00	42.64	0.519
					納坦	2004.10	81.75	5.44	0.396
					泰利	2005.8	249.00	14.25	0.461
中	大安溪	雪山坑	45.32	0.480	荻安娜	1995.6	41.60	5.88	0.562
					桃芝	2001.7	341.00	40.16	0.674
南	高屏溪	阿其巴橋	403.90	0.482	奧托	1998.8	274.00	9.28	0.263
					瑪姬	1999.6	294.00	6.27	0.417
					南瑪都	2004.12	312.00	7.97	0.349
					海棠	2005.7	831.32	14.30	0.518
					泰利	2005.8	425.69	13.84	0.274
中	大安溪	象鼻	437.58	0.486	提姆	1994.7	181.00	9.26	0.161
					瑞伯	1998.10	1000.00	14.54	0.565
東	秀姑巒溪	卓樂橋	456.32	0.489	歐菲莉	1990.6	890.00	16.44	0.427
					寶莉	1992.8	375.00	9.44	0.313
					歐馬	1992.9	295.00	5.91	0.394
					凱特琳	1994.8	561.00	15.50	0.285
					肯特	1995.8	822.00	18.82	0.344
					奧托	1998.8	880.00	17.44	0.398

地區	流域	集水區	集水區面積	集水區平均坡度	颱風	日期	Q_p	I (mm/hr)	C
東	花蓮溪	仁壽橋	425.92	0.490	蓋瑞	1995.7	390.00	14.65	0.225
					賴恩	1995.9	192.00	7.32	0.222
					瑪姬	1999.6	960.00	11.46	0.707
					龍王	2005.9	1137.50	32.07	0.300
中	濁水溪	郡大	411.40	0.494	歐菲莉	1990.6	418.03	5.15	0.709
					楊希	1990.8	283.54	20.96	0.118
東	和平溪	和平南溪	190.20	0.503	賴恩	1995.9	51.26	2.77	0.351
					啟德	2000.7	138.36	5.55	0.472
東	花蓮溪	大馬	115.08	0.505	耐特	1991.9	402.78	16.92	0.744
					賴恩	1995.9	144.80	11.56	0.391
					啟德	2000.7	66.25	4.75	0.436
中	濁水溪	栗栖溪	39.40	0.528	賴恩	1995.9	8.70	2.83	0.281
					奧托	1998.8	25.32	3.44	0.672
					楊妮	1998.9	5.84	2.07	0.257
中	大安溪	卓蘭	599.32	0.461	提姆	1994.7	212.00	3.61	0.353
					席斯	1994.10	586.00	13.12	0.268
東	卑南溪	新武呂	638.78	0.430	山姆	1999.8	788.00	9.65	0.460
					泰利	2005.8	617.25	13.61	0.255

地區	流域	集水區	集水區面積	集水區平均坡度	颱風	日期	Q_p	I (mm/hr)	C
中	大甲溪	志樂壩	77.45	0.535	艾美	1991.7	10.42	3.77	0.128
					愛麗	1991.8	34.96	6.24	0.260
					耐特	1991.9	12.96	1.92	0.314
					歐馬	1992.9	26.60	3.47	0.356
					提姆	1994.7	78.00	3.89	0.930
					葛拉絲	1994.9	86.60	14.46	0.278
					席斯	1994.10	65.80	3.52	0.869
					安珀	1997.8	66.91	9.67	0.321
					奧托	1998.8	7.87	4.61	0.079
南	高屏溪	新發大橋	812.03	0.445	凱特琳	1994.8	636.00	6.36	0.443
					肯特	1995.8	481.00	7.35	0.290
					葛樂禮	1996.7	726.00	6.48	0.496
					奧托	1998.8	630.00	15.54	0.180
					瑪姬	1999.6	1220.00	9.96	0.543
					桃芝	2001.7	3400.00	46.53	0.324
					南瑪都	2004.12	709.02	9.38	0.335
					泰利	2005.8	303.76	23.30	0.058
					丹瑞	2005.9	211.26	2.53	0.370
龍王	2005.9	338.94	12.94	0.116					

地區	流域	集水區	集水區面積	集水區平均坡度	颱風	日期	Q_p	I (mm/hr)	C
南	高屏溪	六龜	853.00	0.436	瑪姬	1999.6	660.00	8.71	0.320
					象神	2000.10	764.00	8.49	0.379
					莫拉克	2003.8	385.00	5.50	0.295
					南瑪都	2004.12	347.40	8.80	0.167
中	大甲溪	白鹿橋	916.00	0.375	道格	1994.8	3190.00	32.76	0.382
					溫妮	1997.8	953.00	12.01	0.312
中	大甲溪	天冷	953.80	0.474	溫妮	1997.8	1312.00	14.13	0.350
					象神	2000.10	519.00	7.20	0.272
中	烏溪	乾峰橋	955.93	0.372	葛拉絲	1994.9	1090.00	20.65	0.199
					溫妮	1997.8	328.00	7.43	0.166
					瑞伯	1998.10	232.00	4.44	0.196
					桃芝	2001.7	4460.00	30.24	0.555