

國立臺灣大學土木工程學研究所

碩士論文

Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Taiwan University

Master Thesis

基隆河上游集水區含員山子分洪道之出水口水位
預報模式

Forecasting Outlet Water Level with Yuansantze Flood
Diversion Tunnel for Keelung River Upstream Watershed

邱啟平

Chi-Ping Chiou

指導教授：蔡丁貴 教授

Advisor: Ting-Kuei Tsay, Prof.

中華民國 98 年 6 月

June, 2009

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

基隆河上游集水區含員山子分洪道之出水口水位
預報模式

Forecasting Outlet Water Level with Yuansantzze Flood
Diversion Tunnel for Keelung River Upstream Watershed

本論文係邱啟平君 (R96521326) 在國立臺灣大學土木工程學系、所完成之碩士學位論文，於民國 98 年 6 月 29 日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：

蔡丁貴

(簽名)

(指導教授)

楊徒良

徐昇明

系主任、所長

張國鎮

(簽名)

中文摘要

由於基隆河上游興建員山子分洪道設施，將颱風或豪大雨造成的洪水進行部分疏導，使得原有的水位預報模式(吳等，2004)計算大華橋水位站有高估水位的現象。本研究目的，在於考量員山子分洪量等因素並修正模式，使大華橋水位能夠更精準的預報，其預報結果可提供下游洪水預警，爭取沿岸居民疏散時間。模式主要考慮分洪量、河川水位之變動與其臨前狀態之序率關係，同時加入可能影響水位變動之因素：集水區之降雨量。本文假設河川水位在某一個時刻，為其所有影響因子的線性組合，使用最小平方法，從歷史颱風或豪大雨事件之水文記錄中率定出一條具有迴歸關係特性的預報函數式，其函數式再經由模擬退火法修正。當豪大雨事件發佈時，蒐集其集水區內各站之降雨量、員山子水位等等資訊，利用此一時序性的序率遞迴關係函數式即可預報該水位站一段時間之水位變化。本模式應用柯羅莎(Krosa)、薔蜜(Jangmi)等颱風預報大華橋水位之變化，皆獲得良好之驗證。

關鍵詞：序率、最小平方法、模擬退火法、水位預報

Abstract

Yuansantze Flood Diversion Tunnel is located at the upstream of Keelung River. The Tunnel diverts part of flood from upstream basin discharge during typhoon periods. It results in over-estimation of forecasted water levels at the Dahua Bridge station (Wu, et al., 2004). This paper takes into accounts of flood diversion to extend capability of previous forecast model. The accurately predicted results at the Dahua Bridge Station can provide with better forecasting of downstream flood water levels. This improvement will allow inhabitants residing along river to be evacuated timely. Stochastic relation includes flood diversion, present and the antecedent records at the river gage, and rainfalls are primarily concerned in the model. This paper assumes that water stage at the outlet of watershed at any time is linear combination of all the affecting factors. Based on historical data during typhoons events, a recursive relationship is developed by employing the least squares method and simulated annealing algorithms. With the recursive relationship formula, water levels at the Dahua Bridge Station can be predicted more accurately. Present model is applied to predict water levels at the Dahua Bridge Station for the Typhoon events of Krosa and Jangmi. Good agreement between forecasted and measured results is observed.

Keywords: Water level forecast, Stochastic, Least squares method, Simulated annealing algorithms

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
第一章 緒論.....	1
1.1 前言.....	1
1.2 文獻回顧.....	2
1.2.1 降雨逕流或水位推估.....	2
1.2.2 模擬退火演算法.....	2
1.3 研究目的.....	3
第二章 模擬退火演算法之理論.....	5
2.1 模擬退火法之原理及物理現象.....	6
2.2 模擬退火法之搜尋方式及演算步驟.....	8
2.3 模擬退火演算法影響因子之探討.....	12
第三章 模式建立.....	15
3.1 序率分析法.....	15
3.2 最小二乘法.....	17
3.3 模擬退火演算法於集水區參數調整之運用.....	18
3.4 建置步驟.....	21
第四章 模式驗證.....	25
4.1 研究區域.....	25
4.2 集水區出水口大華橋之水位預報模式驗證.....	28
4.2.1 模式率定.....	29
4.2.2 模式驗證.....	32
4.3 淡水河全流域不恆定流河川水位預報模式驗證.....	36
4.4 員山子分洪流量.....	43

4.4.1 員山子分洪工程概述	43
4.4.2 馬斯金更法(Muskingum method)	48
第五章 結論與建議	54
5.1 結論	54
5.2 建議	56
參考文獻	57
附錄一 全流域不恆定流模式介紹	60
A.1 模式理論	60
A.1.1 控制方程式	60
A.1.2 第二種多方式特徵法	62
A.2 邊界條件	63
A.3 全流域不恆定流模式架構	63
A.4 模組限制及注意事項	68
A.5 模組應用	72



表目錄

表 2.1 物理系統與搜尋最佳解類比對照表	8
表 3.1 相關參數設定	19
表 3.2 模式建立所採用各颱風事件之資料起迄時間	22
表 3.3 不同臨前序列長度下聖帕颱風預報一小時與觀測值之間平均誤差	23
表 3.4 不同臨前序列長度下柯羅莎颱風預報一小時與觀測值之間平均誤差	23
表 4.1 基隆河流域各集水分區面積、河川長度、平均坡度	26
表 4.2 雨量站座標位置	28
表 4.3 率定之係數值	29
表 4.4 率定之係數值	30
表 4.5 搜尋最佳參數	32
表 4.6 大華橋洪水位各颱風預報一小時誤差表	34
表 4.7 最小二乘法與結合 SA 比較平均誤差(M)	35
表 4.8 聖帕颱風於基隆河各水位站預報一小時誤差表	38
表 4.9 柯羅莎颱風於基隆河各水位站預報一小時誤差表	41
表 4.10 水壓式水位計	45
表 4.11 雷達波式水位計	45
表 4.12 員山子觀測與計算分洪量之誤差	47
表 4.13 員山子分洪日期、事件名稱及分洪量	47
表 A-1 河川不恆定流模式採用河段斷面說明（新店溪、大漢溪部份）	73
表 A-2 河川不恆定流模式採用河段斷面說明（基隆河部份）	74

圖目錄

圖 2.1 模擬退火演算法物理意義圖解(童慶斌，2008)	6
圖 2.2 模擬退火演算法搜尋過程圖解(許家源，2003)	7
圖 2.3 模擬退火法之搜尋求解示意圖	9
圖 2.4 模擬退火演算法步驟流程圖	11
圖 2.5 移步機率函數圖形	12
圖 3.1 球與直角座標	20
圖 3.2 集水區參數求鄰近解流程圖	20
圖 3.3 模式建置流程圖	24
圖 4.1 基隆河流域圖	25
圖 4.2 基隆河河道分配圖	27
圖 4.3 基隆河大華橋集水區徐昇多邊形網	28
圖 4.4 大華橋參數率定	31
圖 4.5 辛樂克颱風事件大華橋水位站	31
圖 4.6 聖帕颱風事件大華橋水位站	32
圖 4.7 柯羅莎颱風事件大華橋水位站	33
圖 4.8 薔蜜颱風事件大華橋水位站	33
圖 4.9 大華橋洪水位各颱風預報一小時誤差	34
圖 4.10 最小二乘法與結合 SA 比較平均誤差圖	35
圖 4.11 聖帕颱風五堵水位站	37
圖 4.12 聖帕颱風江北橋水位站	37
圖 4.13 聖帕颱風社后橋水位站	38
圖 4.14 聖帕颱風基隆河各水位站洪水位預報一小時誤差	39
圖 4.15 柯羅莎颱風五堵水位站比較圖	39
圖 4.16 柯羅莎颱風江北橋水位站比較圖	40

圖 4.17 柯羅莎颱風社后橋水位站比較圖	40
圖 4.18 柯羅莎颱風南湖大橋水位站比較圖	41
圖 4.19 柯羅莎颱風基隆河各水位站洪水位預報一小時誤差	42
圖 4.20 員山子分洪設施位置	43
圖 4.21 員山子分洪設施名稱	44
圖 4.22 員山子分洪設施示意圖	45
圖 4.23 柯羅莎颱風事件員山子分洪量	46
圖 4.24 蕃蜜颱風事件員山子分洪量	46
圖 4.25 柯羅莎颱風推估上游入流量	50
圖 4.26 員山子攔河堰前後水位示意圖	50
圖 4.27 柯羅莎颱風攔河堰前後水位	51
圖 4.28 柯羅莎颱風員山子各測站水位	52
圖 4.29 柯羅莎颱風分洪堰前水位	53
圖 4.30 柯羅莎颱風計算分洪流量	53
圖 A-1 互相交叉之特徵線示意圖	62
圖 A-2 第二種多方式特徵法 (MMOC-II)	62
圖 A-3 程式架構及資料連結展示	66
圖 A-3 程式架構及資料連結展示(續)	67
圖 A-4 本模組 CCCMPORT.A01 輸出示意圖	71
圖 A-5 本模組 CCCMPORT.A06 輸出示意圖	71
圖 A-6 本模組 CCCMPORT.A07 輸出示意圖	72

第一章 緒論

1.1 前言

台灣全島雨量豐沛，年平均降雨量為世界平均值的 2.5 倍，高達 2500 公釐。降雨主要是集中在夏季，其每年平均約三至四個颱風，所帶來的豪雨占全年降雨量的大多數。由於颱風夾帶的雨量大且速度快，若不能立即宣洩排洪，則勢必造成災害。

台灣的主要河川大部分都發源自中央山脈，分別向東西方注入太平洋或台灣海峽，由於中央山脈位置及地勢偏東的緣故，故台灣的河流東短西長。全國大小河川共計有 129 條，長度均甚短，坡陡水急。淡水河為台灣第三大河川，其支流新店溪、基隆河、大漢溪等河流的氾濫平原，造就今日台北盆地，就像世界上的古文明發祥地黃河、中東的兩河流域一樣，都是起源於氾濫平原上。因為那裏土壤肥沃，灌溉、飲水所需水源取之方便。淡水河流域包括台北市、台北縣大部份、桃園及新竹兩縣之小部份；其中台北市二百多萬人，工商業發達，為我國政治及經濟文化中心。

綜合以上所述，台灣河川均短且急，地形大部分屬於高山與丘陵地。由於降雨季節集中，雨量豐沛，且經過都市化的開發後，不但地表逕流量增加，更讓集流時間大幅縮短，導致洪水來不及宣洩，往往在短時間內使得河川水位驟升，造成溢堤，淹水災害頻傳，附近居民苦不堪言。故如何及時且有效率的預測降雨量與水位的關係，建立具有洪水預警系統的模式，能夠在災害發生前進行疏散驅離，將損失降至最低，此乃重要研究方向之一。

1.2 文獻回顧

1.2.1 降雨逕流或水位推估

關於降雨-逕流推估方法，最早可以回溯自 Sherman 在 1932 年所發展的單位歷線之理論，此理論建立於假設符合線性系統，即在某特定單位降雨延時內可產生一條逕流歷線，在不同強度的降雨但相同延時內所產生之逕流歷線，可以該單位歷線正比關係進行推估。因此，水文工程師可利用集水區過去的水文歷史記錄資料計算其單位歷線，應用假設線性的特性，以疊加與正比關係，推算集水區現在發生暴雨所產生的逕流歷線。Nash 在 1957 年提出將集水區視為由多個串聯的線性水庫所組成，假設每個水庫之出流量與其蓄水量呈線性正比，而最後一個水庫出流量即為此集水區之瞬時單位歷線。Henderson and Wooding 在 1964 年應用運動波理論，推導集水區漫地流集流時間，配合 Wooding 於 1965 年提出的渠流部分之集流時間，建立一套漫地流及河川逕流量演算方法，藉以模擬降雨和集水區出口逕流量之關係。日本科學技術廳菅原正己(Sugawara)於 1971 年所推廣之水筒模式法，其概念乃是將集水區逕流機制，代換成用數個貯留型之模型容器所組合，考慮集水區內複雜之水文因子，如入滲、蒸發、貯留、地表逕流、中間流、基流及滲漏損失等現象，推導出降雨和逕流量之關係。近年來由於電子計算機計算能力之提昇，類神經網路廣泛的應用在推估降雨-逕流上，其相關論文皆陸陸續續地發表出來，Zhu and Fujita 於 1994 年應用模糊推論的方式，採用簡單三角形，定義降雨及逕流的隸屬函數及建立降雨-逕流之模糊關係，以預測下一刻之逕流量。Komda and Makarand 於 2000 年以倒傳遞類神經網路進行洪水位之預測。Lin and Chen 於 2005 年藉由應用全面監督式訓練法，建立輻狀基底函數之網路架構，以作為預報洪水流量的模式。吳南靖等於 2004 年應用序率方法推估河川特定點進行水位預報之研究。

1.2.2 模擬退火演算法

最早發展模擬退火(Simulated Annealing, SA)之優選模式的是人們稱之為蒙地卡羅(Monte Carlo)演算法，是 Metropolis 等人在 1953 年提出，不過當時處理的是提供高速電腦處理有限空間最大放置問題(two-dimensional rigid-sphere system)。直到 Kirkpatrick 等人在 1983 年提出並成功地應用在大尺度組合最佳化問

題中，它是蒙地卡羅演算法的推廣。此種隨機搜尋之演算法，將求解流程比擬為熱處理中退火之現象，退火是一種物理過程，當金屬物體加熱至一定的溫度後，它的所有粒子在狀態空間中具高活性並呈現自由運動。隨著溫度的下降，這些粒子逐漸停留在不同的狀態下。當溫度降至最低時，粒子重新並且以最佳的結構排列，而粒子也就是以波茲曼（Boltzmann）概率進行分布，因此如何設定溫度作有效率的搜尋就變成整個模擬退火法最重要的一環。其相關研究：Kirkpatrick（1983）應用於大尺度組合優選之問題上；Huang and Romeo（1986）介紹其降溫梯度參數之設定；Dougherty and Marryott（1991）介紹最大搜尋次數與決策變數的關係；Mayer et al.（1998）農場管理問題；童慶斌等（2000）應用模擬退火法在計算集水區平均雨量之應用等等。雖然此演算法已經有五十幾年的歷史，但基於它的簡單性和實用性，所以仍被廣泛地運用在各種最佳化問題中。

1.3 研究目的

基隆河為大台北地區民眾的生活經濟動脈，但因都市化與工商業急速的發展，人口密度不斷的增加，導致近年來基隆河兩岸及其流域內土地過度被開發利用，降雨逕流亦隨之增加。

基隆河於關渡附近匯流於淡水河，其中、下游河道蜿蜒曲折而平緩。由於部分河段之河寬過於狹窄，因此基隆河本身自然排洪條件就不佳，每逢發生豪大雨時即傳出淹水災害。尤其是 1987 年 10 月琳恩颱風所帶來的豪雨，造成台北市部分行政區及台北縣汐止、瑞芳鎮及基隆市等廣大地區遭受水患，土地淹沒，損失慘重。近年來，政府致力於進行各項工程建設，台北地區防洪計畫大致完工使用，但淹水事件卻仍層出不窮，如 1996 年賀伯颱風及 2000 年象神颱風等等，皆造成瑞芳、汐止及南港等地區發生嚴重淹水災情。有鑒於此，行政院指示：「宜考量優先推動員山子分洪工程之可行性。」，並於 2000 年 11 月行政院院長裁示立即推動員山子分洪計畫之相關工作。

為使基隆河有效減低中、下游地區之洪水負擔，於 2002 年台北縣瑞芳鎮境內興建員山子分洪道設施，將颱風或豪大雨造成的洪水進行部分疏導，而原有的水位預報模式(吳等，2004)計算大華橋水位站，便產生高估水位的現象。本研究目的，在於考量分洪道之分洪流量並且納入每年洪水沖刷或淤積河道之影響等因素

修正模式，使大華橋水位能夠更精準的預報。

本模式應用柯羅莎(Krosa)、薔蜜(Jangmi)等颱風預報大華橋水位之變化，皆獲得良好之驗證。其預報結果可提供全流域不恆定流河川水位預報模式之基隆河上游水位邊界點條件，對於下游洪水預警，作更加準確的預報，以爭取沿岸居民疏散時間。



第二章 模擬退火演算法之理論

近年來由於「最佳化」一名詞在各種不同領域中快速地廣泛使用，例如電機工程、電腦科學、工業工程以及物理研究等。如何在茫茫未知解的空間中，尋找出最佳的解，便成為重要課題之一。

面對這一類複雜優選相關問題時，一些啟發式的方法便開始逐漸發展成型，目的就是希望利用電腦作較有效率或效能的搜尋，在合理的時間內找出最佳解。通常在求解最佳化一系列的步驟中，即為一種演算法。當面臨需要使用演算法求解問題時，則須將所遇到之問題模式化，設定邊界條件及目標函數式可將問題公式化，為因應各種不同的問題與需求，其所設定的目標函數與邊界條件也都有所不同，考量問題之規模與尺度，使用最合適的演算法，將可以最有效率地達到最佳化之目的。

啟發式演算法主要是利用人工智慧技術，搜尋結構複雜問題之最佳解，經常可以有效率地求得可被接受的答案。禁忌搜尋法(Tabu Search) 採用傳統搜尋技術並且結合記憶之功能，模擬退火法(Simulated Annealing Algorithm)以模仿晶體高溫下逐漸冷卻至達到穩定解之過程，遺傳演算法(Genetic Algorithm)模仿生物適者生存之法則，透過基因有擇優、交配及突變的能力繁衍後代以適應周遭環境以及蟻行演算法(Ant Algorithm)模仿螞蟻行進以最短路徑之特性搜尋最佳解。上述這些近數十年發展的啟發式搜尋方法，不外乎為聰明的高等試誤法，其利用模擬大自然之各種特性，設計不同的搜尋規則，建構出更加具有求解最佳解能力的演算方法，以因應未來高科技發展可能帶來更加複雜的最佳化問題。(上述之內容，主要參考自童慶斌，2008)

2.1 模擬退火法之原理及物理現象

根據物理概念，在加熱金屬固體物質時，隨著溫度不斷提高，粒子將會因為能量高、活性大，而使得固體內部粒子運動愈趨激烈，其粒子分布與原始位置不斷偏離。當溫度升高至超出固體熔點溫度時，其晶體結構之規則性將被破壞，熔化成液態。粒子彼此間之結構排列從有順序規則之固態轉變為沒有順序之液態，這種過程稱之為熔解。熔解過程主要目的在於消除固體中原本可能存在之不均勻狀態，高溫使粒子有機會重新排列形成各種不同的型態，隨後進行冷卻過程使其運動逐漸趨緩，也減少了粒子可能型態的數目。溫度逐漸降低，粒子之運動愈來愈有規則。當溫度降至結晶溫度時，系統最終被冷卻到基底狀態，粒子之運動則會圍繞著晶格作微小震動，代表粒子之間能量與晶格排列達到最佳狀態。液體凝固成為固態之晶體，稱之為退火。所以系統的最高溫度要夠高且降溫過程不能夠太慢，才算是物體完整地退火過程(李世炳、鄒忠毅，2002)，其上述之退火結晶過程如圖 2.1。

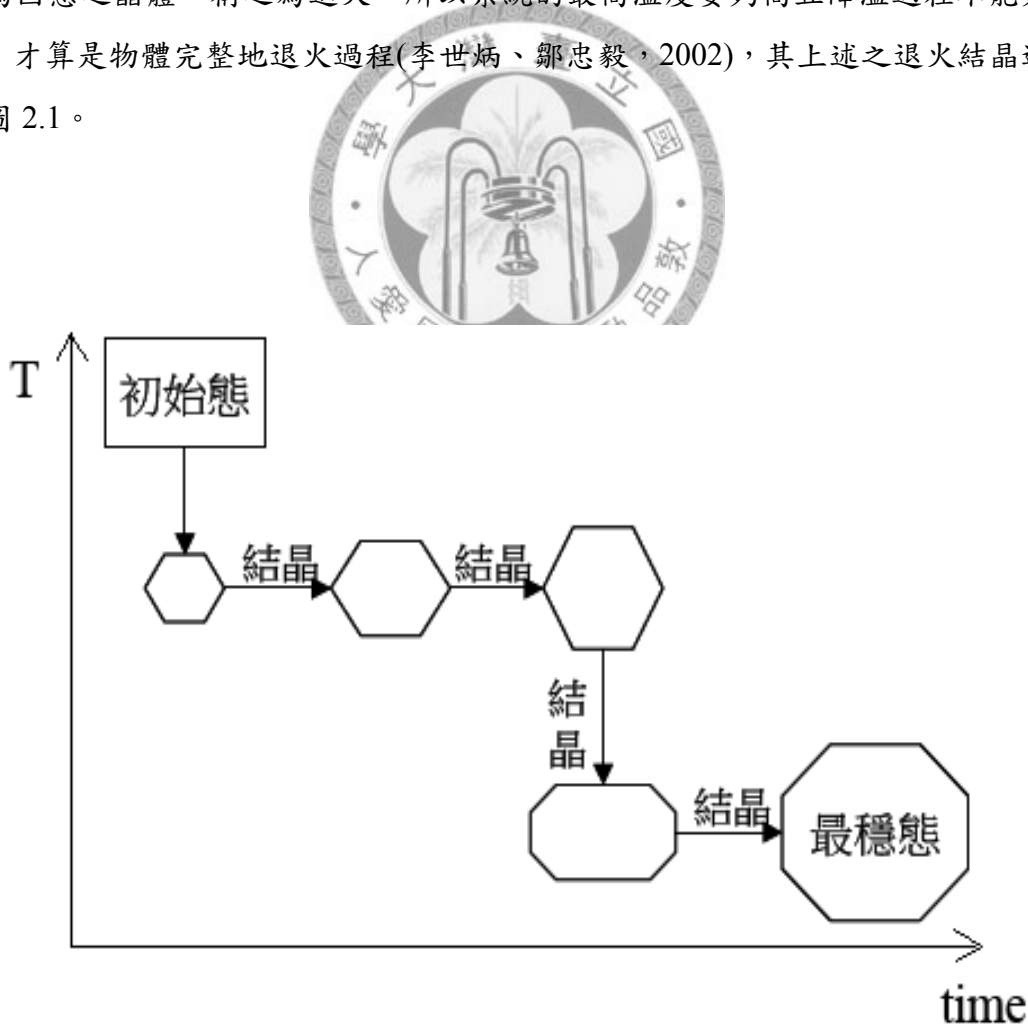


圖 2.1 模擬退火演算法物理意義圖解(童慶斌，2008)

模擬退火法便是模擬液體的退火現象，相對應於物理系統的退火過程，解的集合就好像是物質的型態，不同的結晶狀態代表著不同的可行解，當液體重新結晶成固體最穩定的型態時，也就是搜尋至最佳解。在高溫狀態下物質內的粒子擁有高活性，可任意重組液體型態，而演算法之原始溫度設定於高溫狀態便類似此種情況，因其最佳化之參數擁有高度的可變性，目的為使系統之初期目標函數較不受目標函數值優劣影響，可有各式各樣不同的組型式，表示搜尋的過程中其解可能跳出最佳解區域或跳入較劣解之區域。在緩慢降低溫度的過程中，粒子活性隨時間漸漸減弱，熔融狀之液體將慢慢結晶成為穩定固體型態，直到最後溫度冷卻至固態穩定晶體析出，而演算法溫度慢慢下降時，解集合也漸漸無法接受任意組合之型式，而開始傾向往表現出目標函數值較優良的方向搜尋，接受其解集合，直到系統溫度達到設定之最終溫度則停止搜尋，其解集合也將會收斂至一極佳值(童慶斌，2008)，其搜尋系統如下圖 2.2 所示。

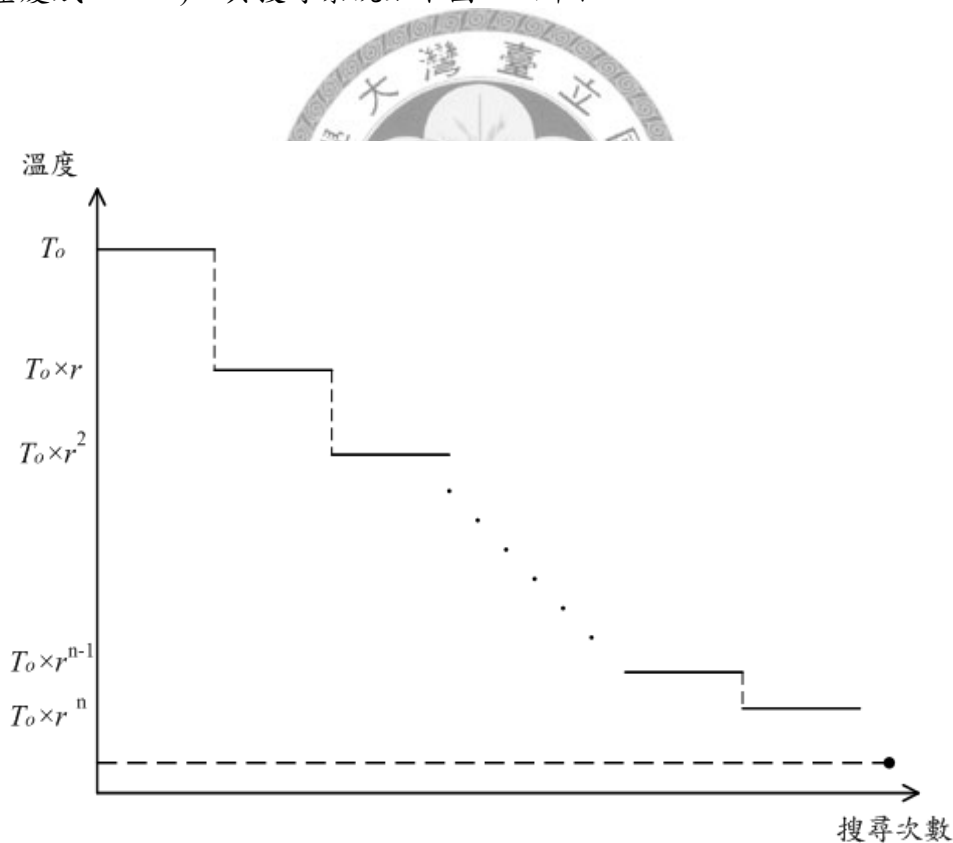


圖 2.2 模擬退火演算法搜尋過程圖解(許家源，2003)

不過與物理退火現象較為不同之處為液體從高溫熔融退火至低溫結晶體析出，其最後之結晶型態是為最穩定狀態，而在最佳解之搜尋系統中，從系統高溫

狀態下搜尋解集合，隨著系統設定之降溫，其搜尋解最後收斂於一極佳值，但此極佳值有可能是為區域最佳解(Local Optimal)而非系統中之全域最佳解(Global Optimal)。利用模擬物質退火之過程中粒子不斷重新移動而改變排列組合，如同求解最佳化問題之演算程序，因此整理如表 2.1 顯示二者之間進行類比對照關係表。

表 2.1 物理系統與搜尋最佳解類比對照表

物理系統	搜尋最佳解
型態(State)	可行解(Feasible Solution)
內部能量(Energy)	目標函數(Objective Function)
粒子活性(Particle Activity)	參數可變性(Parameter Variability)
退火(Annealing)	模擬退火(Simulated Annealing)
基態(Ground State)	最佳解(Optimal)

2.2 模擬退火法之搜尋方式及演算步驟

模擬退火法屬於區域搜尋法(Local Search Method)之一，結合了最陡坡降法及隨機搜尋的方式來尋找目標函數之最佳解，其移動規則為鄰近空間中隨機挑選一個較佳之鄰近解，並將此相對較佳之鄰近解取代為目前解。模擬退火法計算開始時即在可行解之集合中隨機產生一個初始解，利用鄰近區域搜尋較佳之結果取代目前較劣之結果，但容易使求出之解陷入區域最佳解，所以模擬退火法在區域搜尋之過程中，透過機率數值決定是否可以往較高能量方向移動，而此決定機制即為波茲曼機率分佈(Boltzmann probability distribution)。運用機率方式允許接受較差之劣解，藉此跳脫求解過程中陷入區域最佳解之困境，進而逐步逼近至全域最佳解(張，2003)，圖 2.3 為顯示模擬退火法之搜尋求解示意圖。

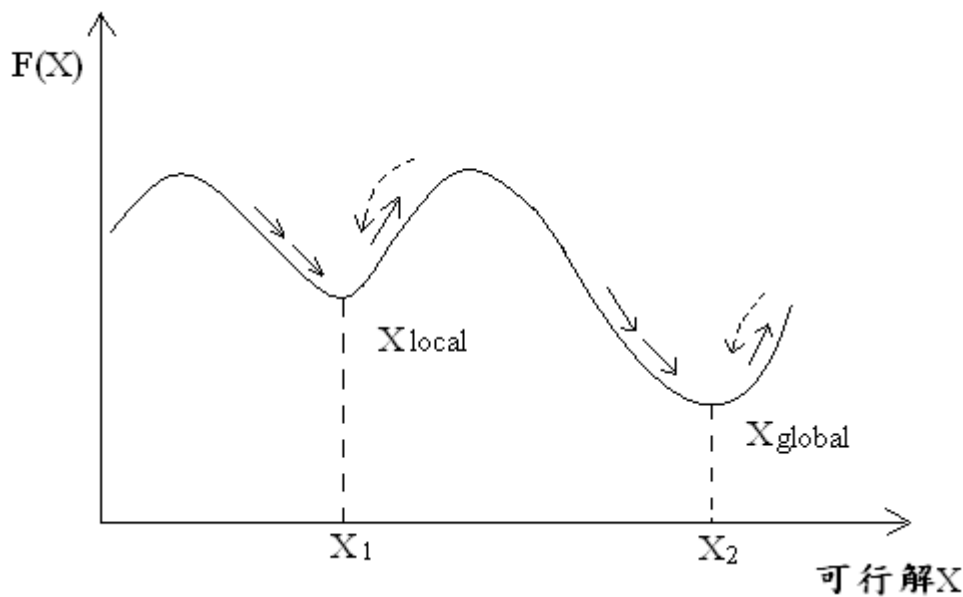


圖 2.3 模擬退火法之搜尋求解示意圖

其相關名詞之涵義如下：

- (1) 可行解：所謂『解』，是代表一種狀態，在模擬退火法則為每個決策變數值，其滿足問題中所有限制之條件稱為可行解。
- (2) 初始解：從可行解空間中隨機產生初始點作為起點，此解即為初始解。
- (3) 目前解：搜尋過程之目前所在點。
- (4) 鄰近解：目前解之鄰近區域中任一可行解，此鄰近區域可由演算法依問題特性而定義。
- (5) 區域最佳解：鄰近區域中最佳解。
- (5) 全域最佳解：整個可行解區域中最佳解。

模擬退火法包含了 Meteroplis 演算法及退火程式兩部份。基本內部迴圈乃是以 Meteroplis 演算法為主，降溫機制由退火程式作為外部迴圈，即在每次溫度降低時執行 Meteroplis 演算法，其搜尋最小值演算步驟分別敘述如下，圖 2.4 所示為其演算步驟流程圖。

- (1) 設定初始狀態，如在行解空間中隨機選定初始解 X_0 ，做為現行解 $X_i = X_0$ ，並計算其目標函數值 $F(X_i) = F(X_0)$ 、初始溫度 $T_i = T_0$ 、馬可夫鏈長度(每一溫度階段的搜尋次數)等。

(2) 依照目前解 X_i ，隨機選取鄰近解 X_{i+1} ，並計算其目標函數值 $F(X_{i+1})$ 。

(3) 計算目標函數值差值， $\Delta F = F(X_{i+1}) - F(X_i)$ 。

(4) 判斷是否接受移步：

$$P(\Delta F) = \begin{cases} 1 & \text{if } \Delta F < 0 \\ \exp\left(\frac{-\Delta F}{T_i}\right) & \text{if } \Delta F \geq 0 \end{cases}$$

① 若 $\Delta F < 0$ ，表示鄰近解 X_{i+1} 優於目前解 X_i ，則接受此次鄰近解為下次目前解。

② 若 $\Delta F \geq 0$ ，表示鄰近解 X_{i+1} 比目前解 X_i 差，用波茲曼機率分佈 $P = \exp\left(\frac{-\Delta F}{T_i}\right)$ ，

並產生一隨機數值（介於 0~1） R ，判別是否接受此鄰近解 X_{i+1} ，若 $P \geq R$ 則接受本次鄰近解 X_{i+1} 為下次目前解 X_i ，反之則否，依然以本次目前解 X_i 當作下次移步基準之目前解。

(5) 判斷條止條件(收斂條件)，若符合則停止演算法，並以目前解作為最佳解，若否，則進行步驟(6)。

(6) 降低溫度， $T_{i+1} = k \times T_i$ 產生下一個溫度，其中 k 介於 0~1 之間，重複步驟 (2) 繼續搜尋。



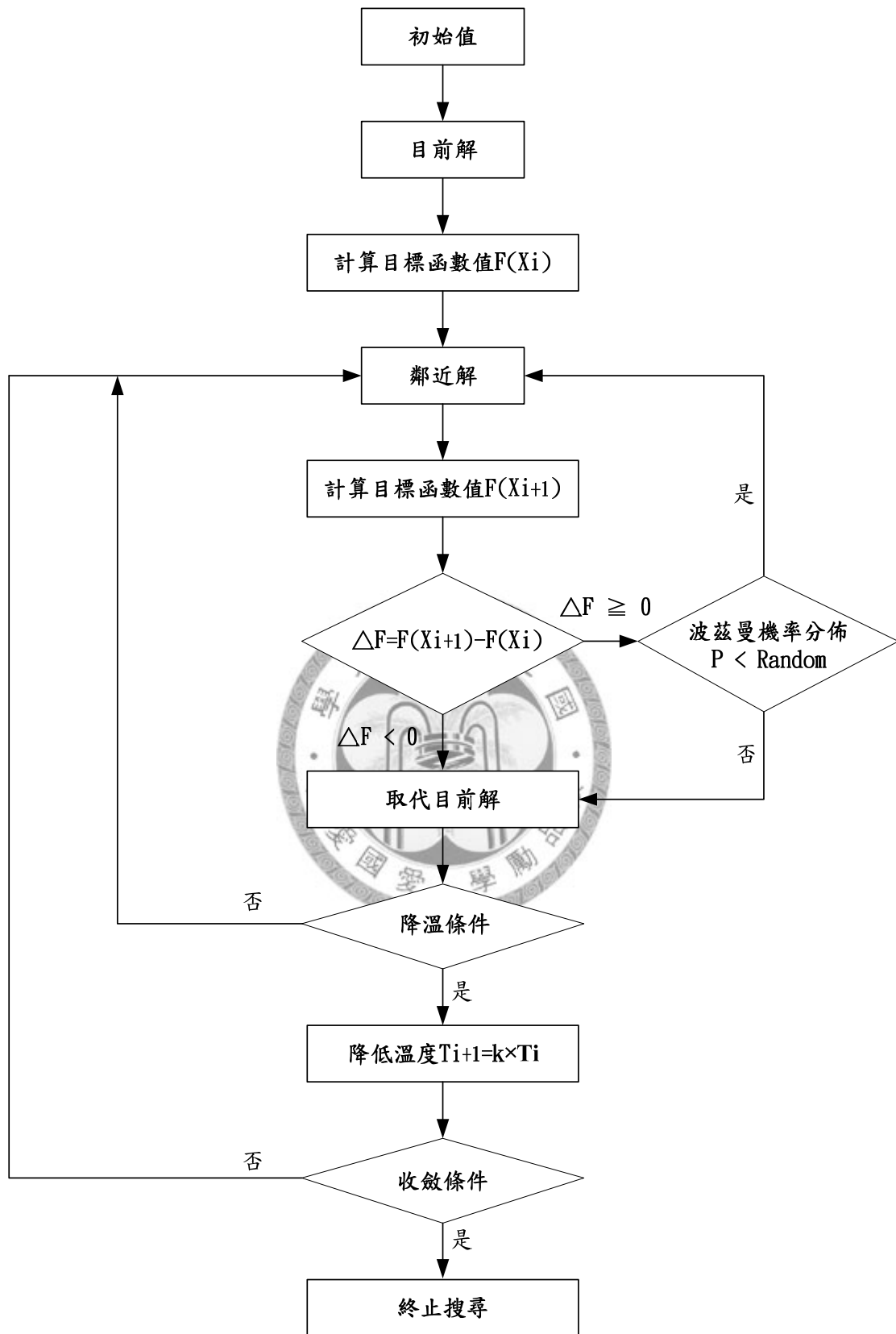


圖 2.4 模擬退火演算法步驟流程圖

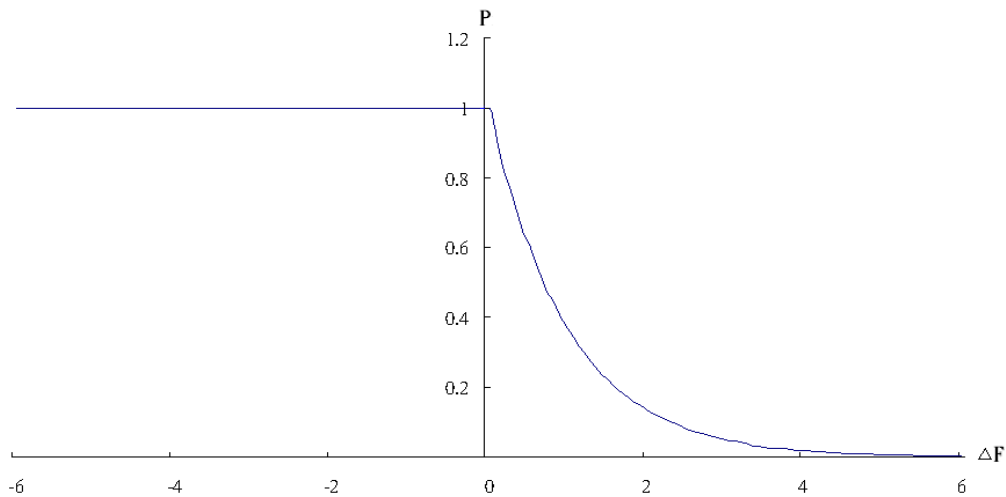


圖 2.5 移步機率函數圖形

2.3 模擬退火演算法影響因子之探討

在模擬退火法中，各項參數值建立對最佳解之搜尋皆會直接影響其品質，若是發生設定不恰當，即有可能造成搜尋時間上的增加或是降低最佳解之品質，因此以下將針對各項參數值設定及影響因數作討論。然而並非同樣的退火時間表都適用於每一種問題，須視其問題之尺度與規模而決定退火參數為何，以下為前人針對退火參數設定之建議，但其適合之退火時間表，仍需要依照問題重新定義。

1. 初始溫度設定

起始溫度設定在模擬退火法中扮演著重要的角色，因溫度與目標函數差值變化，決定劣解被接受機率之大小，因此溫度的變化在退火演算法中，佔有相當重要的影響力，本研究利用波茲曼機率分佈公式(Boltzmann distribution)，來決定是否接受劣解。在整個搜尋過程中，從波茲曼機率分佈 $P = \exp\left(\frac{-\Delta F}{T_i}\right)$ 可得出，機率基本上與溫度 T_i 及目標函數之差值 ΔF 相關，其中固定溫度 T_i 的條件下，劣解被接受的機率為 P ，與目標函數差值 ΔF 呈反比關係。一般來說，在退火程式開始前部分，起始溫度 T_0 必需要夠大以確保搜尋初期時，對於所有鄰近解，有著相同的挑選機率，其溫度較高被接受機率值也相對提高，允許接受劣解機率較大，以避免落入區域最佳解，雖然過高的溫度設定會造成計算上的浪費，不過設定高溫度的結果普遍來說都優於設定過低的結果 (Dougherty and Marryott, 1991)，所以一般設定適

合溫度，就是讓初期鄰近解被接受率大約在 80%以上，期望搜尋過程中不要太快收斂於某一區域最佳解中。隨著溫度降低至接近凝固點時，理論上此時已逼近全域最佳解，達到最佳狀態，進而機率也隨著溫度而降低，無須再逆向搜尋。所以在以模擬退火法解決一最佳化求解之問題時，不但要定義出適當的限制式與目標函數式，更要適時地調整其退火參數以及最重要之核心方程式，才能有效率地解決問題(童慶斌，2008)。

2. 馬可夫鏈

馬可夫鏈的長度(length of Markov chain)(L)即為每一個溫度階段的最大搜尋次數。模擬退火法可視為多階層之馬可夫鏈，每一溫度階段的搜尋次數長短，也將影響到最佳解之品質，Kirkpatrick et al. (1983) 建議搜尋次數為決策變數個數的倍數；Arts and van Laarhoven (1985) 曾經證明只要搜尋次數夠多，模擬退火法最後找到的最佳解，為全區域最佳解的機率可以高達百分之百，除此之外，一些前人所建議每一溫度階段之搜尋次數；Huang et al. (1986) 則採用隨著不同溫度而改變搜尋次數，當溫度愈降愈低時，接受鄰近解的機率已經大大的不如初始的接受機率，便不再需要初期溫度階段的搜尋次數，而可以隨著溫度的降低減少搜尋次數，以免造成效率上的浪費；Dougherty and Marryott (1991)，實際將搜尋次數訂為決策變數個數的 100 倍。不過，至今相關的報告，大多無法肯定共通的準則來決定每一溫度階段的搜尋次數，還是要視問題的尺度大小與特性而定。

3. 降溫梯度

降溫梯度 k 是退火時間表中控制溫度參數從初始高溫度經過退火降溫之過程，最後到達最終溫度 $T_i \rightarrow 0$ 的參數(童慶斌，2008)，其關係式如式(2.1)所示：

$$T_{i+1} = k \times T_i, \quad 0 < k < 1 \quad (2-1)$$

其中 T_{i+1} 代表降溫後溫度， T_i 代表降溫前溫度值， k 代表每次溫度改變速率。

上式 2.1 中，其降溫梯度(k)為 0~1 之間係數值，而降溫梯度的高低會影響到求解品質與其運算時間；由前一節中，可瞭解 Metropolis 程式接受鄰近解的機率程度受到溫度影響； k 值越大時，代表降溫速度越趨於緩慢，於整個退火過程有較高接受率，能有足夠的空間搜尋，反之則代表降溫速度越快速，接受率較低，容易導致陷入區域最佳解中。在各研究中，皆曾對於溫度下降速率與機制進行探討。

一般而言，設定 k 值介於 0.80~0.99 之間 (Kirkpatrick et al.,1984)，整個退火過程皆有不少的搜尋表現。

不過降溫梯度與每一溫度階段的搜尋次數是有相關的，當搜尋次數設定不夠時，降溫梯度則會變的更加重要，也就是說可以將降溫梯度設定為較大的值(趨近於 1)，讓每一次降溫幅度不至於太大，不然的話，太快的降溫再加上每一個溫度階段中搜尋次數又不夠多，這樣子所搜尋解空間範圍有限，無法有效的搜尋，而且最後所收斂的結果也有可能不夠理想，所以在電腦運算合理時間內，設定最佳的降溫梯度加上合適的馬可夫鏈長度，才能夠有效率的搜尋出最佳解(童慶斌，2008)。

4. 停止條件

停止條件是判斷是否該終止演算法之搜尋，若設計不適宜，可能導致演算過程中，結束時間過早或執行時間過長。一般設定的停止條件方式如下(Dougherty and Marryott, 1991)：

- (1) 達到終止溫度，當溫度低於終止溫度則停止演算。
- (2) 當連續降溫 K 次始終無法改善最佳解，則停止演算。
- (3) 當搜尋解之數量已達到最大迭代次數，則停止演算。

第三章 模式建立

基於河川水位具有連續性的變化，即現時刻水位與前一段時刻水位記錄有極大之關聯性，所以採用序率方法來推算水位變化乃可行之道。然而，影響水位之因子，除了臨前水位變化之外，尚有其集水區內的降雨量、員山子分洪工程等自然或人為因素。故本研究以序率方法為基礎，藉由最小平方方法得出一條具遞迴關係特性的預報方程式，最後應用模擬退火法修正方程式之參數，使其更佳適應逐年河道因洪水而造成的改變，並達到準確預報之目的。

3.1 序率分析法

假設河川水位站在某個時刻的水位，為其水位時間序列記錄以及若干個影響變因之函數。其影響變因係為集水區雨量站及員山子分洪水位亦為時序列之資料，且考量影響變因對該處之水位變化可能有立即影響，其關係寫成函數式表示如下：


$$L = f(L, \xi, h) \quad (3-1)$$

其中 L 、 ξ 與 h 各為一數學向量，表示如下：

$$\begin{aligned} L &= \{L(t - i\Delta t), i = 1, 2, \dots\} \\ \xi &= \{\xi(t - j\Delta t), j = 0, 1, \dots\} \\ h &= \{h(t - k\Delta t), k = 0, 1, \dots\} \end{aligned} \quad (3-2)$$

Δt 為水位或流量觀測記錄之時間間距，本研究設定時間間距 Δt 為一小時， L 代表該水位站臨前狀態， h 為員山子水位高，而 ξ 為 M 個項目所組成的矩陣，表示如下：

$$\xi(t) = \{\xi_1(t), \xi_2(t), \dots, \xi_M(t)\} \quad (3-3)$$

ξ 之項目，其變因主要為集水區內或鄰近雨量站當時及臨前狀態之降雨量。

在鄰近雨量站方面，吾人擬先採用基隆河流域的雨量站，利用徐昇氏多邊形法將集水區分區，若以大華橋水位站上游之徐昇氏多邊形有包含到集水區，則該雨量站就選入，否則就不列入考慮。

本模式所採用之降雨量，有別於降雨-逕流模式所採用扣除截流、窪蓄、入滲之後所得的有效降雨，而是雨量站得直接降雨記錄或預報降雨。同時，本模式無須另行計算各子集水區在各時間步的平均有效降雨，免除推估有效降雨及集水區平均雨量所可能遭遇的不確定因素。

除此之外，降雨在空間上的變異性對河川水位變化之影響也能夠有所反應。實際上，本模試考量臨前時序列水位狀態已隱含基流量、截流量、窪蓄量、入滲量等因素對河川水位之影響。

由於各因素對河川水位之影響隨時間越遠而越小，吾人可進一步假設一個影響時間長度，超過這個長度其影響性可忽略，則其函數關係可表示成：

$$\begin{aligned} L &= \{L(t-i\Delta t), i=1,2,\dots,N\} \\ \xi &= \{\xi(t-j\Delta t), j=0,1,\dots,N\} \\ h &= \{h(t-k\Delta t), k=0,1,\dots,N\} \end{aligned} \quad (3-4)$$

其中 N 為一個待決定的正整數，表示臨前記錄之影響時間長度。本研究設定 N 為 6，換句話說，也就是臨前記錄之影響時間為六小時，其不同臨前記錄影響長度如表 3.3、3.4 所展示。

假設(3-4)式的函數關係為各變因之線性組合，可表示成：

$$L(t) = a_0 + \sum_{i=1}^N a_i L(t-i\Delta t) + \sum_{i=1}^M \sum_{j=0}^N b_{ij} \xi_i(t-j\Delta t) + \sum_{k=0}^N c_k h(t-k\Delta t) \quad (3-5)$$

其中， a_0 、 a_i 、 b_{ij} 、 c_k 為待率定的係數。

這些係數可從歷史洪水記錄中透過最小平方法率定而得。此函數關係之方程式雖為線性表示式，但因具時序性，變因與變量間具遞迴關係，可表現非線性之物理現象，且具有隨資料不斷更新而即時修正之功能。

本模式在應用時，當掌握到所有影響河川水位的因素(例如：降雨量、員山子水位甚至上游水庫…等)時，透過水位的時序遞迴關係，即可預報未來一段時間的水位變化。

3.2 最小二乘法

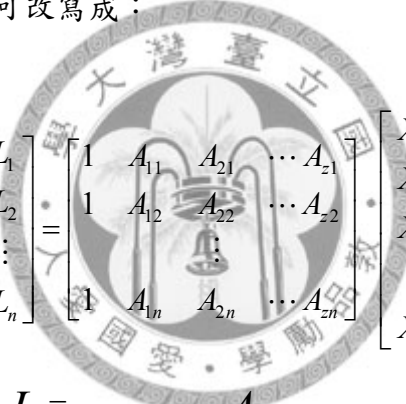
式(3-5)可改寫成

$$L = X_0 + X_1 A_1 + X_2 A_2 + \cdots + X_z A_z \quad (3-6)$$

其中 $Z = N + (N+1) \times (M+1)$ ，上式亦可改寫成：

$$\begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \vdots \\ L_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 + X_1 A_{11} + X_2 A_{21} + \cdots + X_z A_{z1} \\ X_0 + X_1 A_{12} + X_2 A_{22} + \cdots + X_z A_{z2} \\ \vdots \\ X_0 + X_1 A_{1n} + X_2 A_{2n} + \cdots + X_z A_{zn} \end{bmatrix} \quad (3-7)$$

如以矩陣來表示，則可改寫成：



$$\begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \vdots \\ L_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & A_{11} & A_{21} & \cdots & A_{z1} \\ 1 & A_{12} & A_{22} & \cdots & A_{z2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & A_{1n} & A_{2n} & \cdots & A_{zn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_0 \\ X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_z \end{bmatrix} \quad (3-8)$$

$$\underset{[n \times 1]}{L} = \underset{[n \times (z+1)]}{A} \underset{[(z+1) \times 1]}{X}$$

可簡寫成 $L = AX$

兩邊各乘 A^T ：

$$A^T L = A^T A X \quad (3-9)$$

兩邊再各乘以 $(A^T A)$ 的反矩陣，即

$$(A^T A)^{-1} A^T L = (A^T A)^{-1} (A^T A) X \quad (3-10)$$

故得 $X = (A^T A)^{-1} A^T L$

3.3 模擬退火演算法於集水區參數調整之運用

1. 變數個數之選定

在模擬退火法中，各項參數值建立對最佳解之搜尋皆會直接影響其效率，若是發生設定不恰當，極有可能造成搜尋時間上的增加或是降低最佳解之品質，因此參數的選定，實乃重要。除此之外，選定變數的多寡也是影響效率的一大因素，應用吾人在上一節中藉由最小平方方法所求出的 X 向量，從中挑選出數個變數值，但若挑選得過多，則會造成電腦搜尋時間上的浪費；若挑選得過少，則會造成行解空間上搜尋不足，導致最佳解品質降低，並且挑選出得變數值須具有代表性，所謂的代表性，在此是指經由修正挑選之變數，可以針對每年洪水所造成河道之變化依然進行準確預報的功能。

因此本文設定挑選三個變數值，分別為 $X(\alpha)$ 、 $X(\beta)$ 、 $X(\gamma)$ ，其中 α 、 β 、 γ 為代表員山子水位站的 $t-2\Delta t$ 、 $t-\Delta t$ 、 t 時刻。選擇員山子水位站作為變數，主要是考慮到員山子水位站位於基隆河的主河道上游處，能有效的反映給大華橋水位站並且當河道上游洪水流量足以啟動員山子分洪機制時，表示其河川水位高於標高 63 公尺之分洪堰，而龐大的流量則極有可能造成下游河床的改變，故挑選員山子水位站參數作為變數值。

2. 目標函數

本優選模式之目標函數為令計算水位與觀測水位差值之平均誤差為最小，該目標函數的訂定，主要目的是使計算水位歷線儘可能接近觀測水位歷線。可表示如下式(3-7)：

$$Z = \text{Min} \sum_{i=1}^n |(A(i)X - L(i))| \quad (3-11)$$

其中 $A(i)$ ： A 矩陣的第 i 列，為影響變因的時間序列。

$L(i)$ ： L 向量的第 i 值，為觀測水位。

X ：藉由最小平方方法所求出一數學向量。

3. 設定相關參數

在模擬退火法中，欲搜尋之變數通常都是隨機亂數給定其初始值，但在本研究中變數初始值是藉由最小平方法計算所得出的值當作其初始值。而所需設定之其它相關參數包括初始溫度、馬可夫鏈長度、降溫梯度、最終溫度、停止條件分別如下表 3.1 所示：

表 3.1 相關參數設定

參數	設定值
初始溫度	10°C
馬可夫鏈長度	10000
降溫梯度	0.1
最終溫度	10 ⁻¹⁰ °C
停止條件	階段溫度低於最終溫度時停止搜尋

4. 搜尋方式

本研究之搜尋方式，採用類似於球型之搜尋法，如圖 3.1(左)所示，有別於傳統方式一次只能搜尋單一方向，其優點為變數一次可以全部變動，適合於整組變數作調整。首先，先決定球半徑 r 為 5×10^{-9} 的移步量，再將 θ 與 ϕ 各隨機產生八組角度，然後隨機挑選其中一組計算其 $X(\alpha)$ 、 $X(\beta)$ 、 $X(\gamma)$ ，作為鄰近解。式(3-12)為其直角座標方程式。

$$\begin{cases} X(\alpha) = r \sin \theta \cos \phi \\ X(\beta) = r \sin \theta \sin \phi \\ X(\gamma) = r \cos \theta \end{cases} \quad (0 \leq \theta \leq \pi \quad \text{and} \quad 0 < \phi \leq 2\pi) \quad (3-12)$$

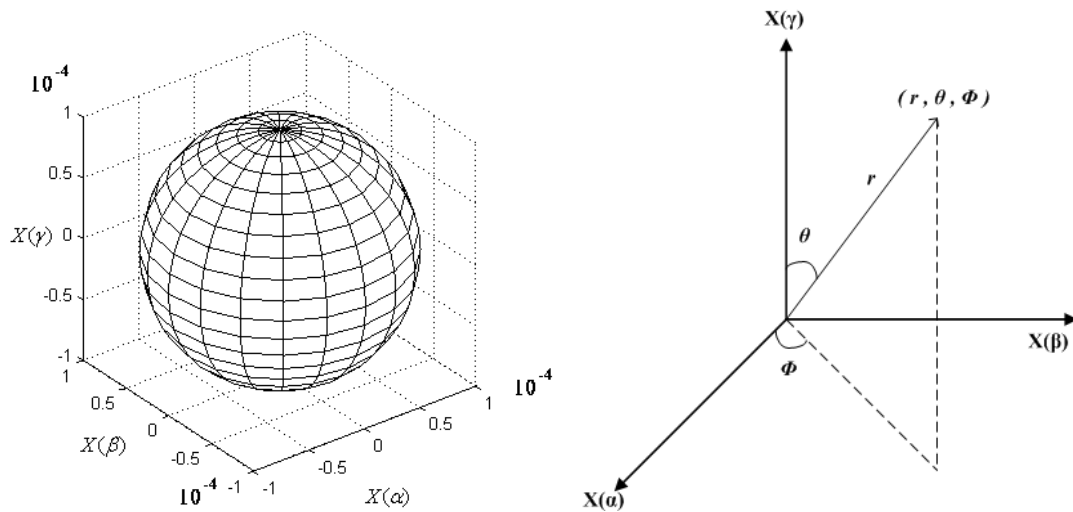


圖 3.1 球與直角座標

上述之整個集水區參數應用於模擬退火演算法鄰近解的流程圖，如圖 3.2 所示：

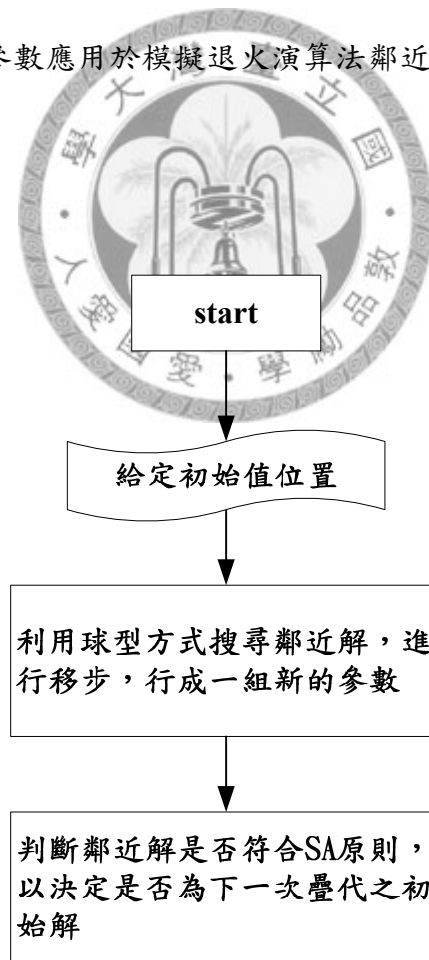


圖 3.2 集水區參數求鄰近解流程圖

3.4 建置步驟

若假設 L 函數為各變因之線性組合，表示為：

$$L(t) = a_0 + \sum_{i=1}^N a_i L(t-i\Delta t) + \sum_{i=1}^M \sum_{j=0}^N b_{ij} \xi_i(t-j\Delta t) + \sum_{k=0}^N c_k h(t-k\Delta t) \quad (3-5)$$

利用線性迴歸之方法，以最小平方法求出各個係數(各係數矩陣的各元素)，則達到建立模式之目的。模式建立之步驟如下：

- (1)選定基隆河流域集水區內各個雨量站。
- (2)篩選雨量站：
 - ①在基隆河集水區內繪製徐昇多邊形網。
 - ②在各個徐昇多邊形網中，若有包含到上游集水區河川水位站者，其該雨量站之降雨量則判定為影響河川上游水位之雨量因素。
- (3)判斷是否還有其他影響河川水位之因素，如：員山子水位高、上游水庫…等。
- (4)將歷史颱風事件中的觀測記錄，分成率定組及驗證組兩部分統計樣本，以茲比較，如表 3.2 所示。
- (5)暫定影響河川水位之臨前序列長度，應用最小平方法，從率定組統計樣本資料求出預報方程式中的各係數。
- (6)從驗證組中，挑選其兩場颱風事件，作為各觀測資料與預報方程式輸出值作誤差方均根之計算。
- (7)嘗試不同的影響河川水位之臨前長度，進行步驟(5)及(6)，如表 3.3 所示，挑選出最佳的臨前序列影響長度。
- (8)重新推求參數：利用前一步驟所求得的臨前序列影響長度，重新推求預報方程式中的各係數。
- (9)從各係數中挑選員山子水位之三個係數值，分別為 $X(\alpha)$ 、 $X(\beta)$ 、 $X(\gamma)$ ，其中 α 、 β 、 γ 為代表其員山子水位的 $t-2\Delta t$ 、 $t-\Delta t$ 、 t 時刻。
- (10)從率定組統計樣本中，應用模擬退火法求得最佳參數值。
- (11)模式使用新的一組參數，進行計算驗證組。

表 3.2 為模式建立所採用各颱風事件之資料起迄時間表，分成率定組與驗證組兩組。率定組之所以蒐集多場颱風歷史事件記錄，主要是針對員山子分洪流量，只有當基隆河流域上游地區其降雨量大到足以啟動員山子分洪機制時，才会有分洪情況產生，由於每場颱風事件其分洪記錄大部分都屬於一小段時間，所以必須採用多場颱風事件來彌補分洪流量記錄不足之地方。

表 3.2 模式建立所採用各颱風事件之資料起迄時間

組別	颱風事件	時間
率定組	瑪莎	2005/08/04 20:00 ~ 2005/08/05 20:00
	泰利	2005/08/31 22:00 ~ 2005/09/02 06:00
	龍王	2005/10/02 06:00 ~ 2005/10/02 12:00
	豪雨	2006/09/10 16:00 ~ 2006/09/11 03:00
	帕布	2007/08/07 22:00 ~ 2007/08/08 23:00
	韋帕	2007/09/18 08:00 ~ 2007/09/19 01:00
	米塔	2007/11/26 09:00 ~ 2007/11/27 23:00
	辛樂克	2008/09/12 01:00 ~ 2008/09/16 00:00
驗證組	聖帕	2007/08/17 07:00 ~ 2007/08/21 00:00
	柯羅莎	2007/10/06 06:00 ~ 2007/10/07 05:00
	薔蜜	2008/09/28 06:00 ~ 2008/09/29 12:00

表 3.3 不同臨前序列長度下聖帕颱風預報一小時與觀測值之間平均誤差

N	MAE	N	MAE
1	0.088	6	0.050
2	0.054	7	0.184
3	0.052	8	0.154
4	0.054	9	0.156
5	0.049	10	0.154

上表中 MAE： $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{z}_i - z_i|$ ，其中 \hat{z}_i 為計算值； z_i 為觀測值； n 為計算樣本數



表 3.4 不同臨前序列長度下柯羅莎颱風預報一小時與觀測值之間平均誤差

N	MAE	N	MAE
1	0.161	6	0.107
2	0.115	7	0.173
3	0.095	8	0.135
4	0.096	9	0.113
5	0.090	10	0.114

上表中 MAE： $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{z}_i - z_i|$ ，其中 \hat{z}_i 為計算值； z_i 為觀測值； n 為計算樣本數

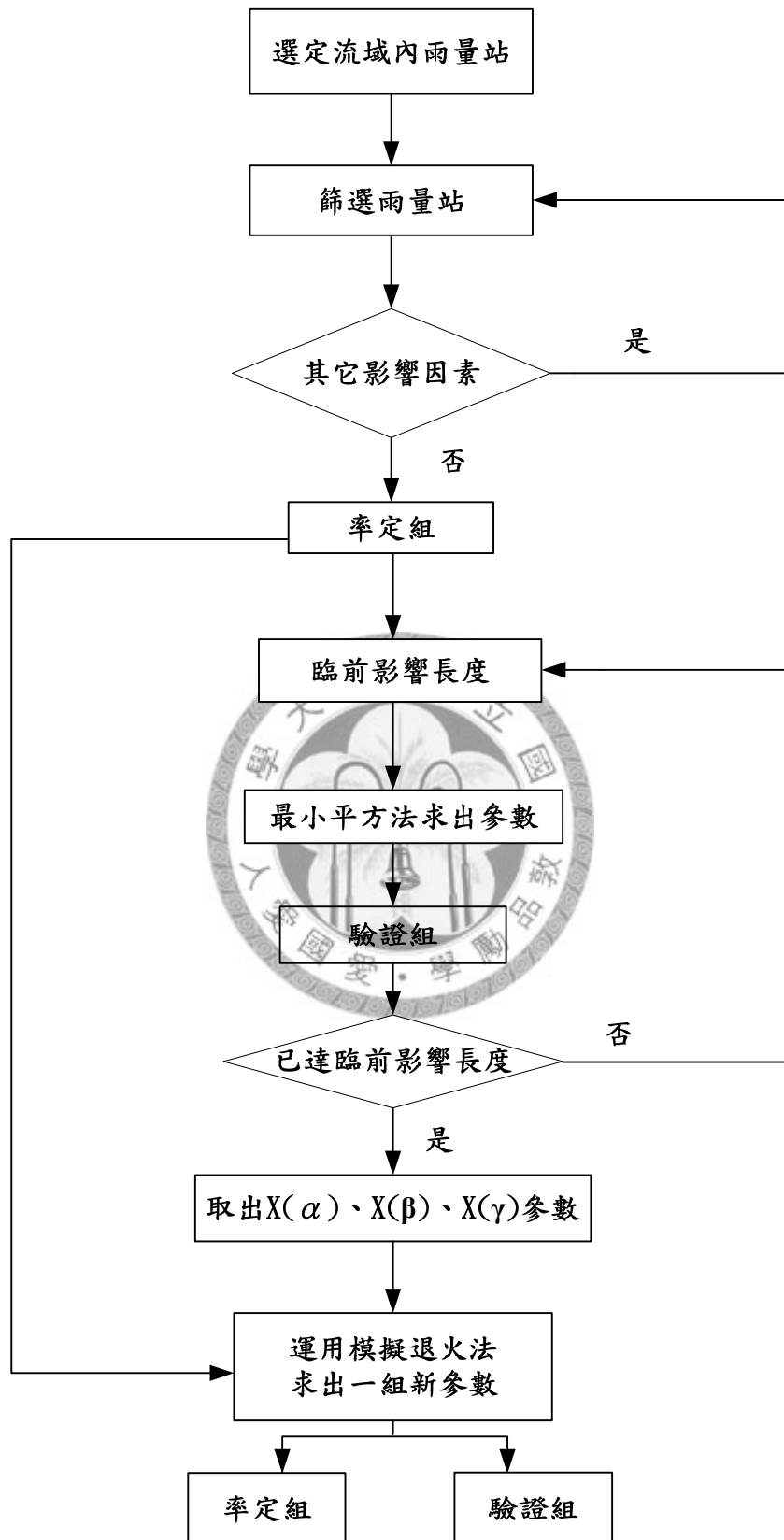


圖 3.3 模式建置流程圖

第四章 模式驗證

4.1 研究區域

基隆河發源於台北縣平溪鄉菁桐山，先後由鱒魚坑溪、東勢坑溪、大武崙溪、瑪陵坑溪、鹿寮溪、保長坑溪、北港溪、大坑溪等大小支流匯合，流經平溪鄉、瑞芳鎮、基隆市、汐止鎮、台北市，最後於關渡注入淡水河，與新店溪、大漢溪同為淡水河三大支流之一。幹流長達 89.4 公里，流域面積 490.77 平方公里。從侯硐介壽橋以下至大華橋為上游段平均坡降約為 1/250，以縱谷回春地形著稱，多瀑布、壺穴、河階景觀，沿線含豐富的礦藏，自七堵大華橋起至南湖大橋為中游段平均坡降約為 1/4,900，以峽谷、曲流、河階馳名，自南湖大橋到河口為下游段河床平均坡降約為 1/6,700，河道平緩、故形成帶狀發展的自由曲流地形，穿梭於臺北盆地之間，為水運及陸運要衝之地。



圖 4.1 基隆河流域圖

大致上來說，基隆河主流坡度除瑞芳介壽橋以上之山地河川段較陡外，其餘坡度均為平緩，支流部分因河川長度較短，且多由山區匯入基隆河，故坡度較陡。基隆河流域各集水分區面積、河川長度、平均坡度狀況詳見表 4.1。基隆河河道分配圖詳見圖 4.2 所示。

表 4.1 基隆河流域各集水分區面積、河川長度、平均坡度

主流控制點或 支流分區名稱	流域面積 (平方公里)	河川長度 (公里)	河川平均坡度	備註
介壽橋(瑞芳)	97.83	23.41	1.1/100	山地河川段
大華橋	172.71	43.34	1.7/1000	上游段以上
五堵	180.66	46.53	1.66/1000	中游段以上
南湖大橋	351.15	63.49	1.36/1000	下游段以上
關渡	499.91	83.63	1.05/1000	出海口以上
暖暖溪	25.13	5.17	7/100	支流
大武崙溪	20.74	9.94	5/1000	支流
瑪陵坑溪	18.26	9.36	2.7/100	支流
鹿寮溪	26.10	9.65	4.2/100	支流
保長坑溪	18.66	7.53	6/100	支流
茄苳溪	5.99	3.95	7.7/100	支流
北港溪	17.84	9.24	3.7/100	支流
康誥坑溪	8.98	4.41	6.6/100	支流
叭噠溪	17.84	8.4	4/100	支流

資料來源：基隆河整體治理計畫(前期計畫)結案報告書

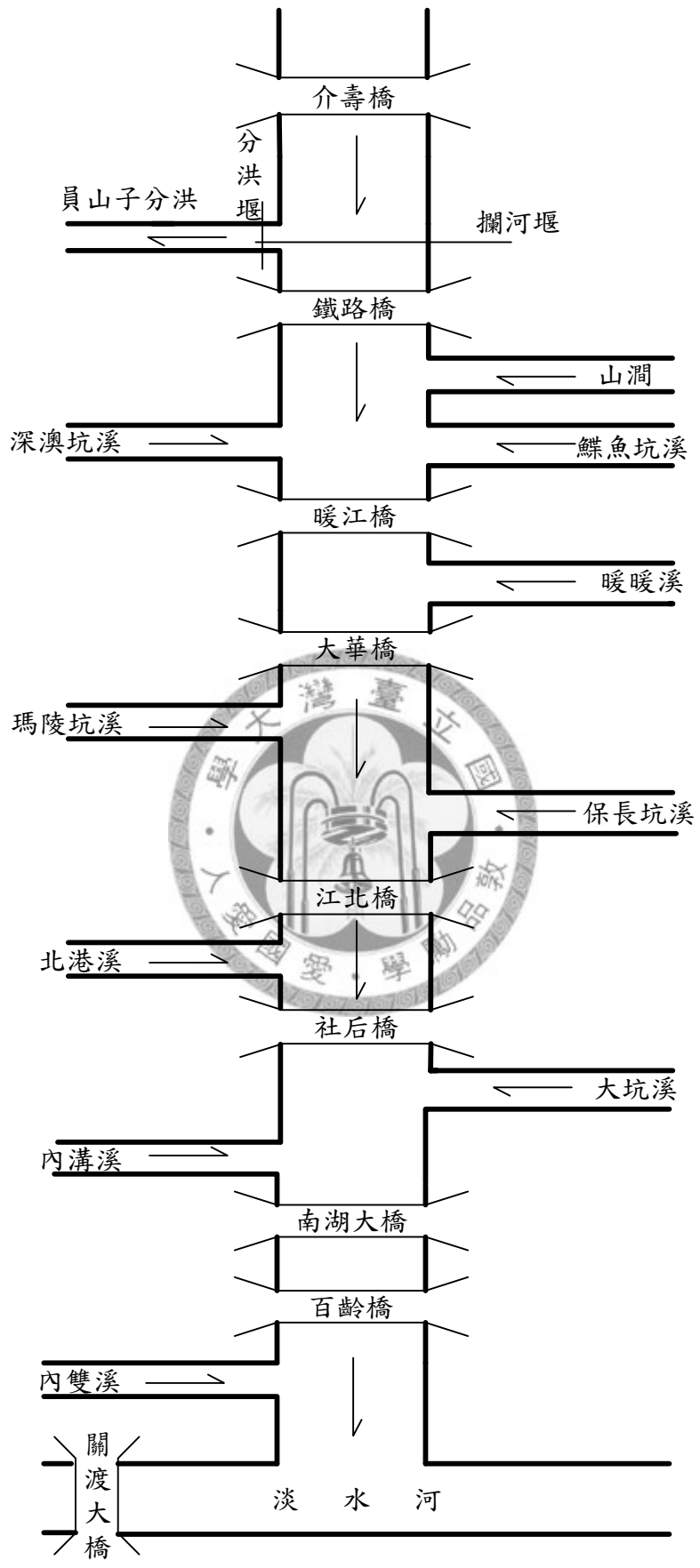


圖 4.2 基隆河河道分配圖

4.2 集水區出水口大華橋之水位預報模式驗證

本研究分析範圍在基隆河上游集水區流域，並依據經濟部水利署第十河川局公佈之基隆河流域雨量站，利用該流域之四個雨量站，繪出徐昇多邊形網。又基於出水口設於大華橋水位站，所以只需考量其上游所劃分出徐昇多邊形網之雨量站，也就是火燒寮、三貂嶺、瑞芳及五堵雨量站。徐昇多邊形網之劃分如圖 4.3 所示。其相關雨量站座標位置詳述如表 4.2 所示。

表 4.2 雨量站座標位置

雨量站名	UTM-X	UTM-Y
五堵	319447.5	2774911
瑞芳	330186.2	2778443
火燒寮	324813.7	2764093
三貂嶺	331962.2	2772822



圖 4.3 基隆河大華橋集水區徐昇多邊形網

4.2.1 模式率定

吳等在 2004 發表其遞迴函數式：

$$L(t) = a_0 + \sum_{i=1}^N a_i L(t-i\Delta t) + \sum_{i=1}^M \sum_{j=0}^N b_{ij} \xi_i(t-j\Delta t) \quad (4-1)$$

其中， a_0 、 a_i 、 b_{ij} 為待率定的係數。N 為 6，M 為 3(三個雨量站：五堵、瑞芳、火燒寮)。

表 4.3 為採用公式(4-1)，運用最小平方法所求得出的係數值，各個係數詳細資料如表 4.3 所示。



表 4.3 率定之係數值

a_6	0.06661	b_{12}	0.00346	b_{36}	0.00126
a_5	-0.33171	b_{11}	0.01022	b_{35}	-0.00714
a_4	0.17233	b_{10}	0.00508	b_{34}	0.00654
a_3	-0.02836	b_{26}	0.00195	b_{33}	0.00235
a_2	-0.10951	b_{25}	0.00496	b_{32}	-0.00256
a_1	1.17601	b_{24}	-0.00351	b_{31}	0.00137
b_{16}	-0.00256	b_{23}	-0.00089	b_{30}	0.00080
b_{15}	-0.00569	b_{22}	0.00166	a_0	0.54192
b_{14}	-0.00816	b_{21}	0.00751		
b_{13}	0.00165	b_{20}	0.00171		

本文改建其遞迴函數式為：

$$L(t) = a_0 + \sum_{i=1}^N a_i L(t-i\Delta t) + \sum_{i=1}^M \sum_{j=0}^N b_{ij} \xi_i(t-j\Delta t) + \sum_{k=0}^N c_k h(t-k\Delta t) \quad (3-5)$$

其中， a_0 、 a_i 、 b_{ij} 、 c_k 為待率定的係數。 M 為 4(四個雨量站：五堵、瑞芳、三貂嶺、火燒寮)。

表 4.4 為採用公式(3-5)，運用最小平方法所求得出的係數值，各個係數詳細資料如表 4.4 所示。

表 4.4 率定之係數值

a_6	-0.07159	b_{25}	-0.00103	b_{45}	0.00084
a_5	0.13189	b_{24}	-0.00058	b_{44}	0.00200
a_4	-0.15274	b_{23}	-0.00027	b_{43}	-0.00227
a_3	0.30383	b_{22}	-0.00523	b_{42}	-0.00027
a_2	-0.59385	b_{21}	-0.00200	b_{41}	0.00538
a_1	1.32254	b_{20}	0.01670	b_{40}	-0.00586
b_{16}	-0.00277	b_{36}	0.00067	c_6	-0.10270
b_{15}	-0.00083	b_{35}	-0.00171	c_5	-0.10603
b_{14}	0.00000	b_{34}	0.00011	c_4	0.22087
b_{13}	-0.00064	b_{33}	0.00140	c_3	0.02531
b_{12}	-0.00231	b_{32}	0.00283	c_2	-0.83563
b_{11}	0.00439	b_{31}	-0.00192	c_1	0.96539
b_{10}	0.00998	b_{30}	-0.00049	c_0	-0.08620
b_{26}	-0.00001	b_{46}	-0.00282	a_0	-4.20301

在率定組部分，圖 4.4 為率定組各颱風所預測未來一小時之大華橋水位，藍色是實測水位，紅色是率定水位，其中舉出辛樂克颱風事件為例(如圖 4.5 所示)，檢驗率定出的參數計算是否合乎實際觀測水位。圖中虛線為各時刻推算未來一小時內大華橋水位變化之歷線圖。由結果可知本模式可準確地將降雨量、員山子水位變化反應到河川水位上，在趨勢及水位高低方面均能掌握。

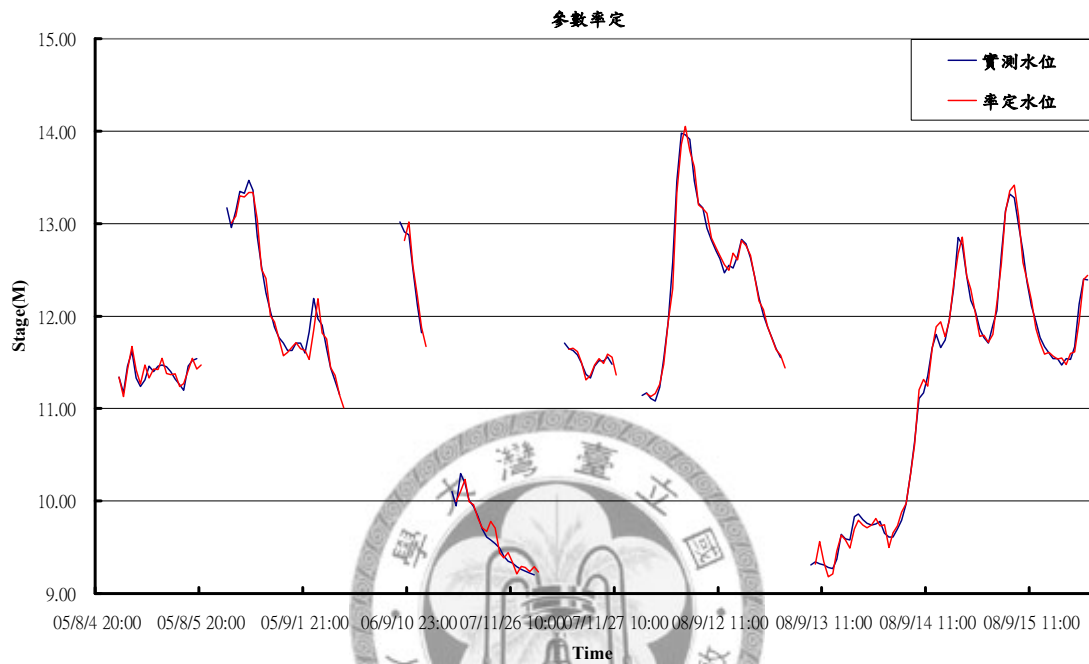


圖 4.4 大華橋參數率定

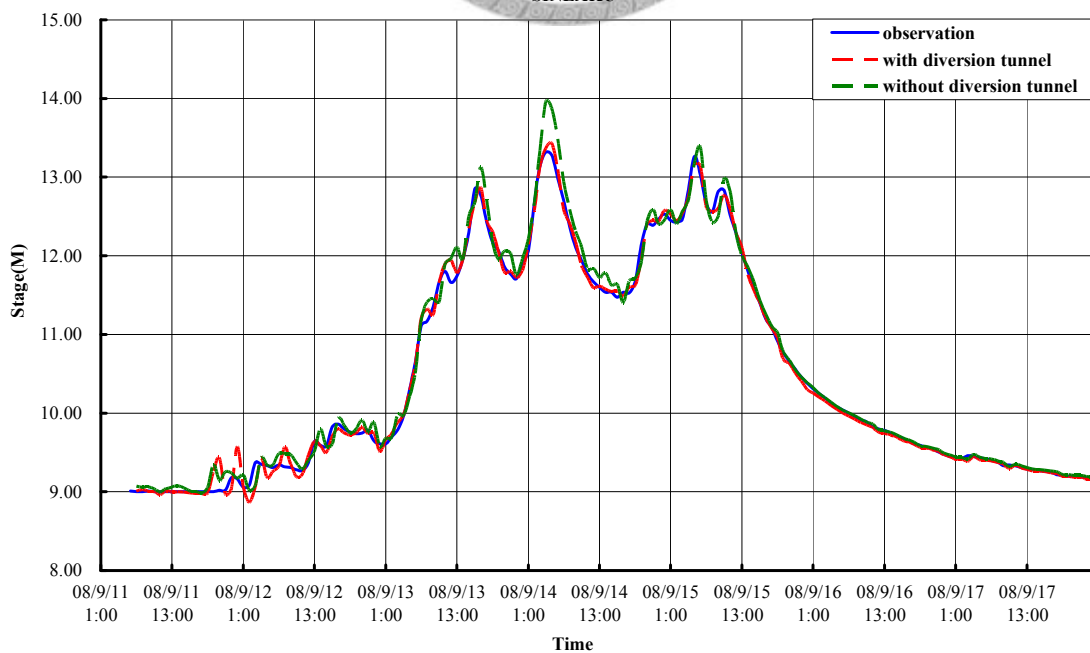


圖 4.5 辛樂克颱風事件大華橋水位站

表 4.5 所示為應用模擬退火演算法，所計算出的參數值。一開始給定之初始值為使用最小平方法所求出的數值，由表中可發現，經過歷場颱風事件的發生，其最佳參數也會有所變動。

表 4.5 搜尋最佳參數

優選參數	$X(\alpha)$	$X(\beta)$	$X(\gamma)$
最小平方法	-0.83563	0.96539	-0.08620
辛樂克	-0.83560	0.96546	-0.08616
柯羅莎	-0.83572	0.96519	-0.08628
聖帕	-0.83567	0.96530	-0.08623
薔蜜	-0.83554	0.96557	-0.08611

4.2.2 模式驗證

在模式驗證方面，以聖帕、柯羅莎與薔蜜颱風事件為例，如圖 4.6~圖 4.8 所示。由結果可知利用本模式，一旦由過去歷史記錄找出河川水位與臨前水文條件，包括降雨量及員山子水位等之間的函數關係後，即可應用於其它的洪水事件，並準確地將影響水位變化等因素反應到河川水位歷線上。

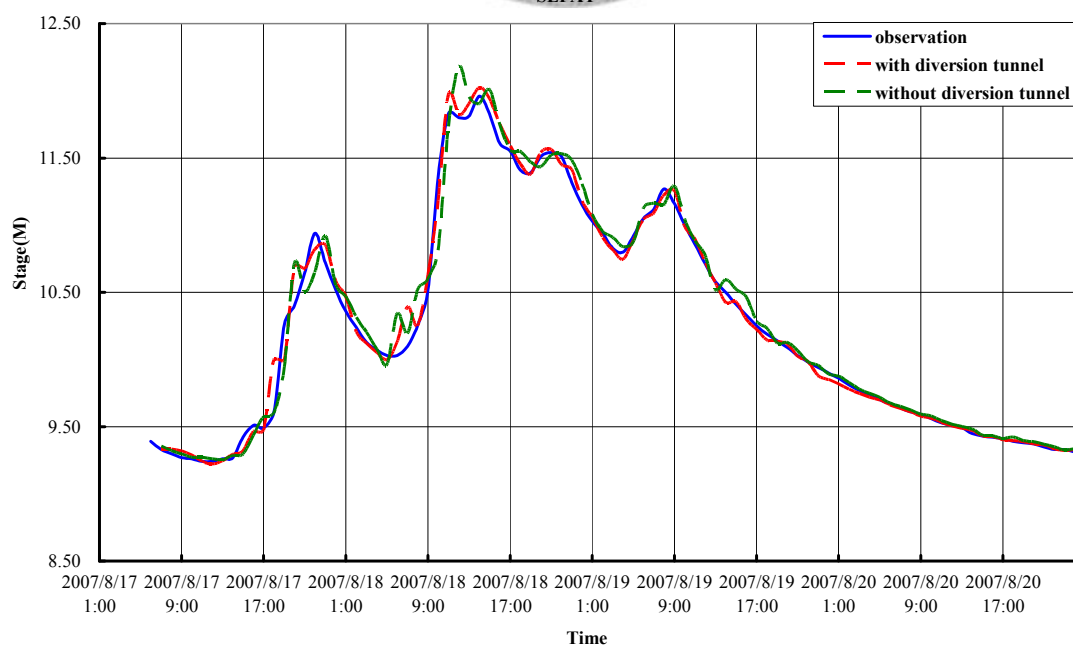


圖 4.6 聖帕颱風事件大華橋水位站

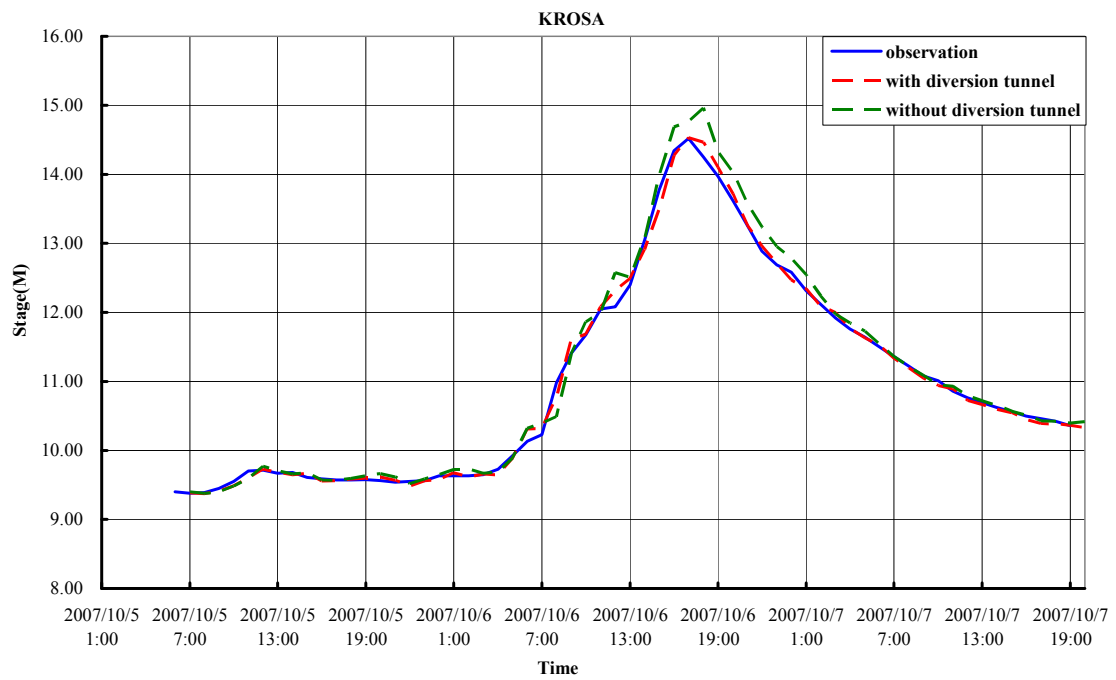


圖 4.7 柯羅莎颶洪事件大華橋水位站

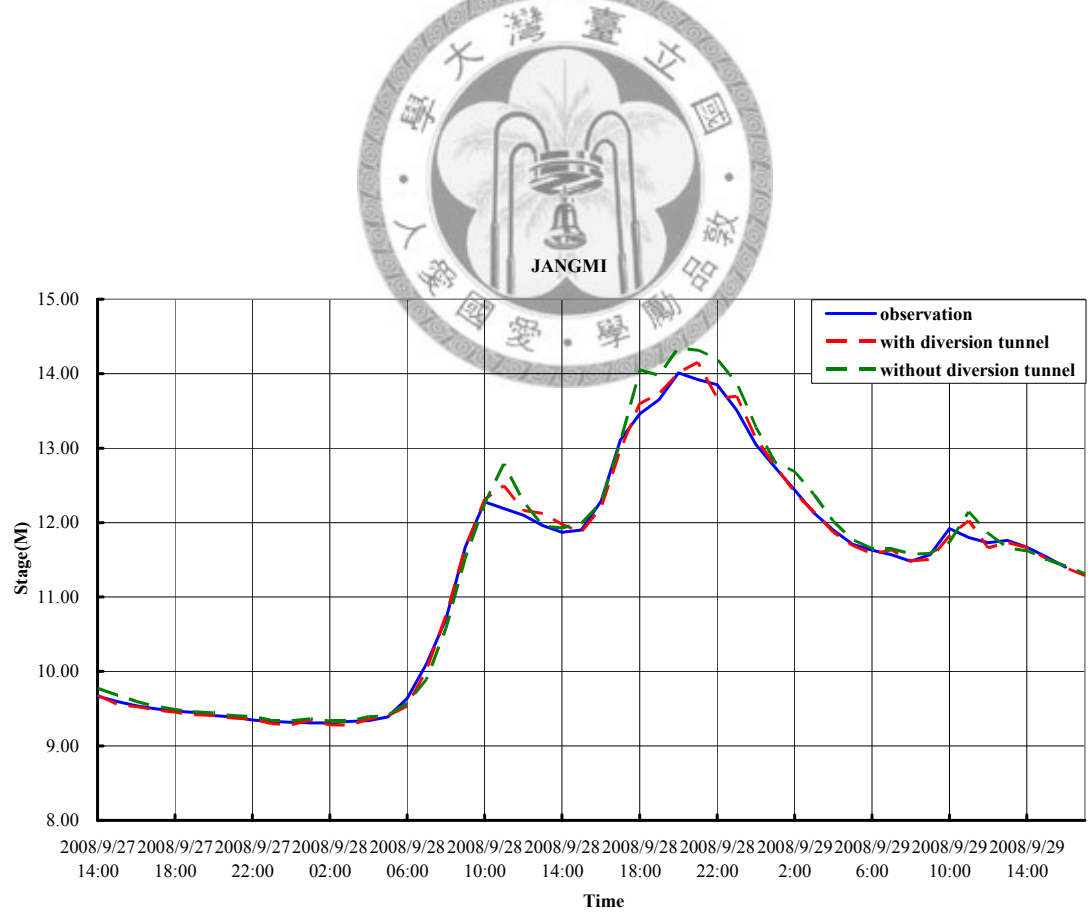
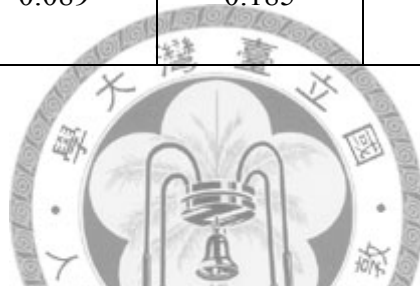


圖 4.8 薑蜜颶洪事件大華橋水位站

表 4.6 大華橋洪水位各颱風預報一小時誤差表

組別	颱風事件	平均誤差(M)		最大誤差(M)	
		with diversion tunnel	without diversion tunnel	with diversion tunnel	without diversion tunnel
率定組	辛樂克	0.065	0.138	0.286	0.642
驗證組	聖帕	0.049	0.074	0.389	0.537
	柯羅莎	0.097	0.238	0.279	0.710
	薔蜜	0.089	0.185	0.306	0.599



誤差圖

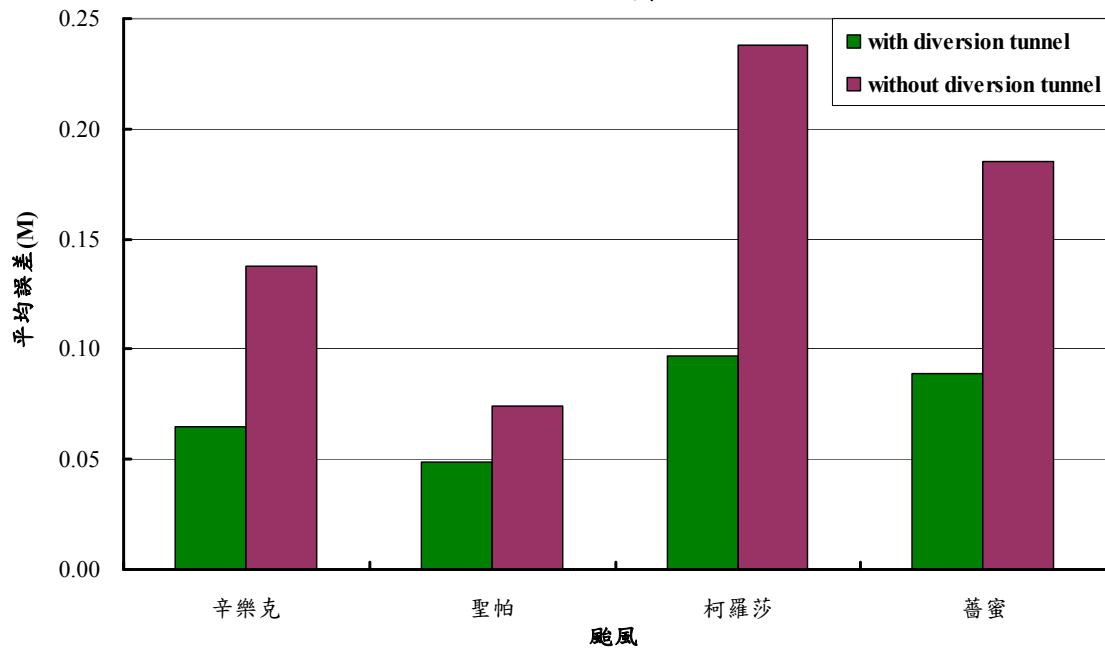


圖 4.9 大華橋洪水位各颱風預報一小時誤差

表 4.7 為運用最小二乘法與結合模擬退火演算法互相作比較所計算出的結果，由圖 4.10 可觀察出最小平方方法結合模擬退火演算法，雖與最小平方方法計算得出的結果差異不大，不過卻可較準確地預報大華橋未來一小時之水位。表示可以將模擬退火演算法加入預報模式中。

表 4.7 最小二乘法與結合 SA 比較平均誤差(M)

組別	颱風事件	最小二乘法(M)	最小二乘法+SA(M)
率定組	辛樂克	0.066	0.065
驗證組	聖帕	0.05	0.049
	柯羅莎	0.11	0.097
	薔蜜	0.09	0.089

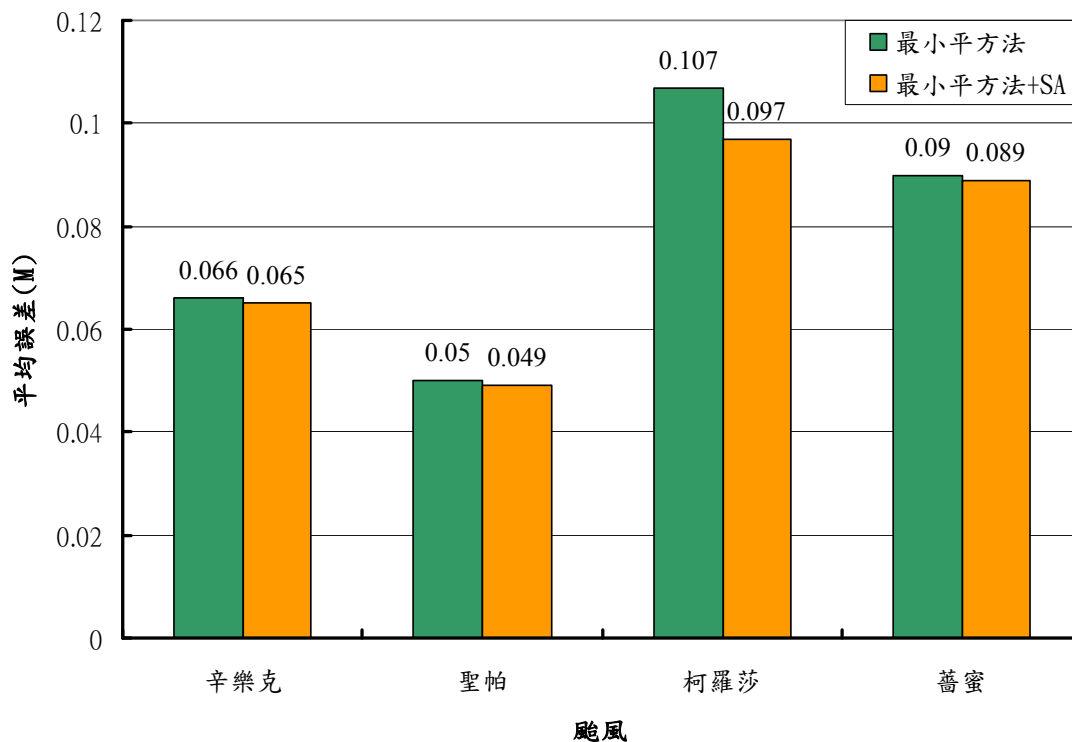


圖 4.10 最小二乘法與結合 SA 比較平均誤差圖

4.3 淡水河全流域不恆定流河川水位預報模式驗證

淡水河流域位於本島北部，由於都市化的發展，造成其集水區過度的開發利用，每當颱風時期，往往有洪患之威脅。淡水河有其三大主要支流，分別為大漢溪、新店溪與基隆河。三條主要支流中下游地區，為台灣人口最稠密之都會區，洪水災害一旦發生即有可能造成生命財產上的損失。有鑑於此，建置一套洪水預報及淹水預警系統，就顯得相形重要。

本文採用的水理分析模式為賴經都(1999)研發的全流域河川不恆定流模式。該模式是一個實用性強、穩定度高、計算準確的水理模擬模式，可同時處理感潮流、洪水流及天然或人為導致的急變流，並且可應用於複合一複雜的渠道系統(compound-complex channel system)。在起始條件已知的情況下，只要掌握模擬河段之上下游邊界，該模式即可確實模擬淡水河三大支流(包括感潮河段)洪水運移及河段中之洪水流況(蔡丁貴與賴經都，2002)，其詳細推導如附錄一所示。因此，該洪水預報工作最主要之重點在準確預測河川洪水位之動態模擬。

該水理分析模式需要其各河川上游邊界點當作輸入條件，現階段上游邊界點為基隆河的大華橋水位站，新店溪的中正橋水位站，大漢溪的新海橋水位站。由於基隆河上游員山子分洪道之興建，造成大華橋水位站有高估的現象，故應用本研究前述之預測大華橋水位站之模式配合水理分析模式，以計算基隆河下游地區各水位站，以探討本模式之適用性。

考量颱風時期的中正橋與新海橋水位站需要有其水位資料記錄，以提供水理分析模式其各河川上游邊界點作為輸入條件，故選擇資料完整且具連續性較高的聖帕颱風與柯羅莎颱風來進行分析比較。

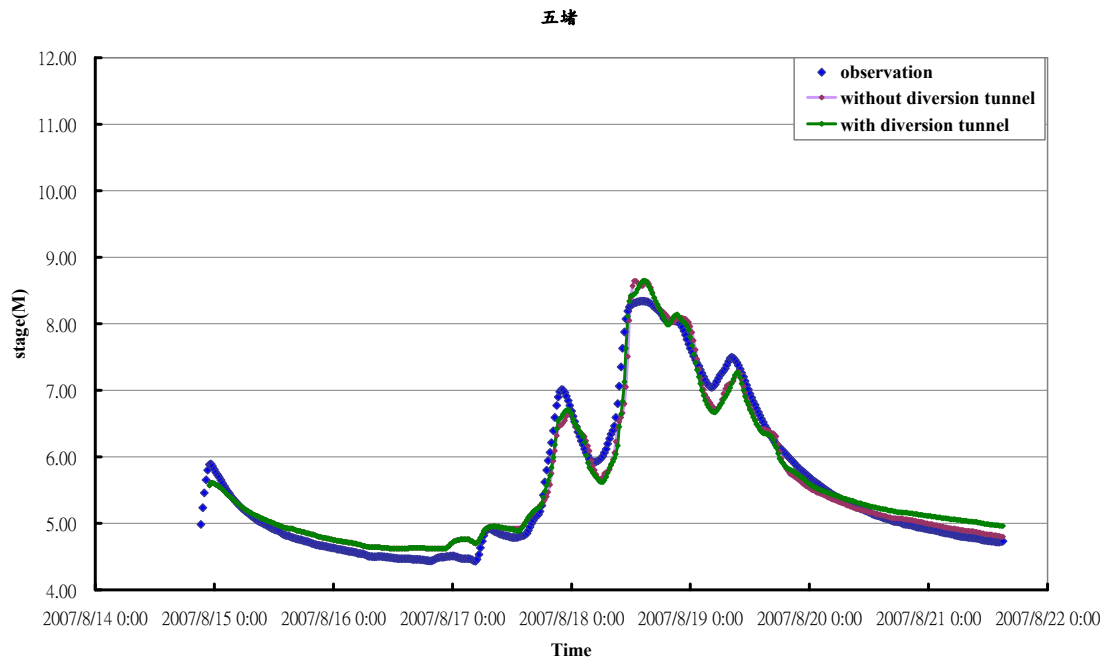


圖 4.11 聖帕颱風五堵水位站



江北橋

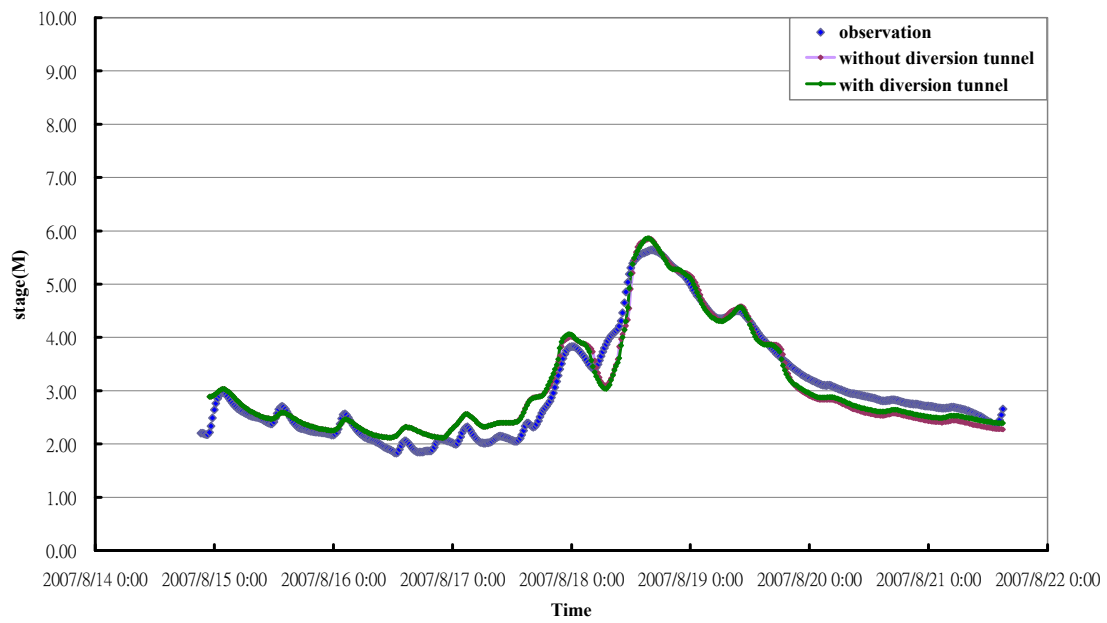


圖 4.12 聖帕颱風江北橋水位站

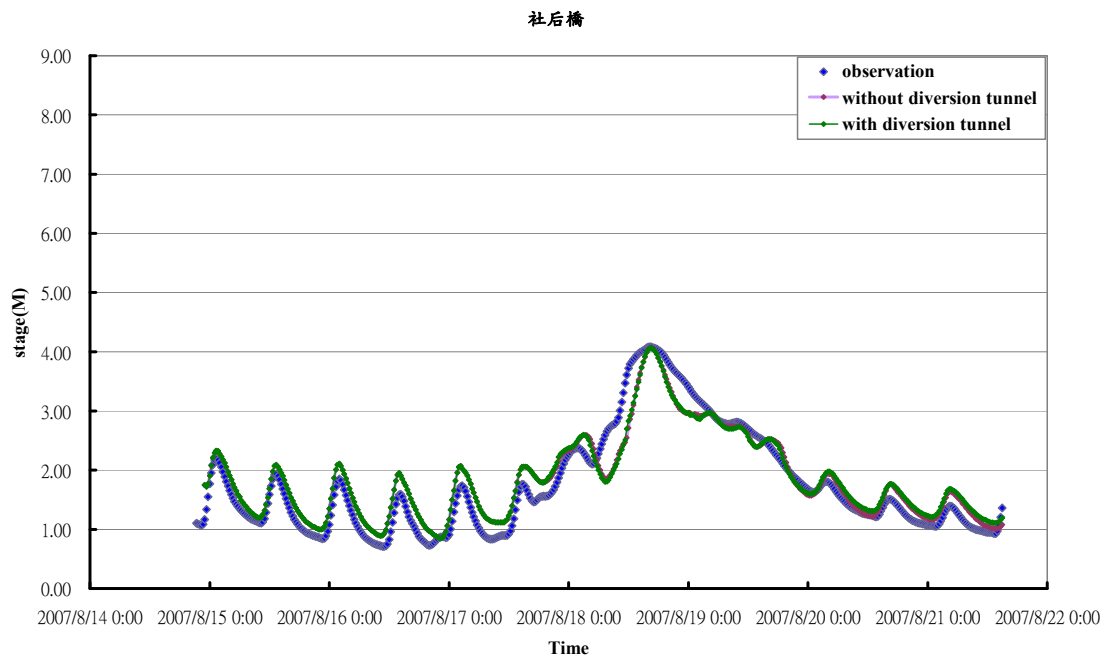


圖 4.13 聖帕颱風社后橋水位站

表 4.8 聖帕颱風於基隆河各水位站預報一小時誤差表

基隆河水位站	with diversion tunnel		without diversion tunnel	
	平均誤差(M)	最大誤差(M)	平均誤差(M)	最大誤差(M)
五堵	0.17	1.15	0.18	1.08
江北橋	0.20	0.9	0.24	0.82
社后橋	0.25	0.96	0.23	1.06

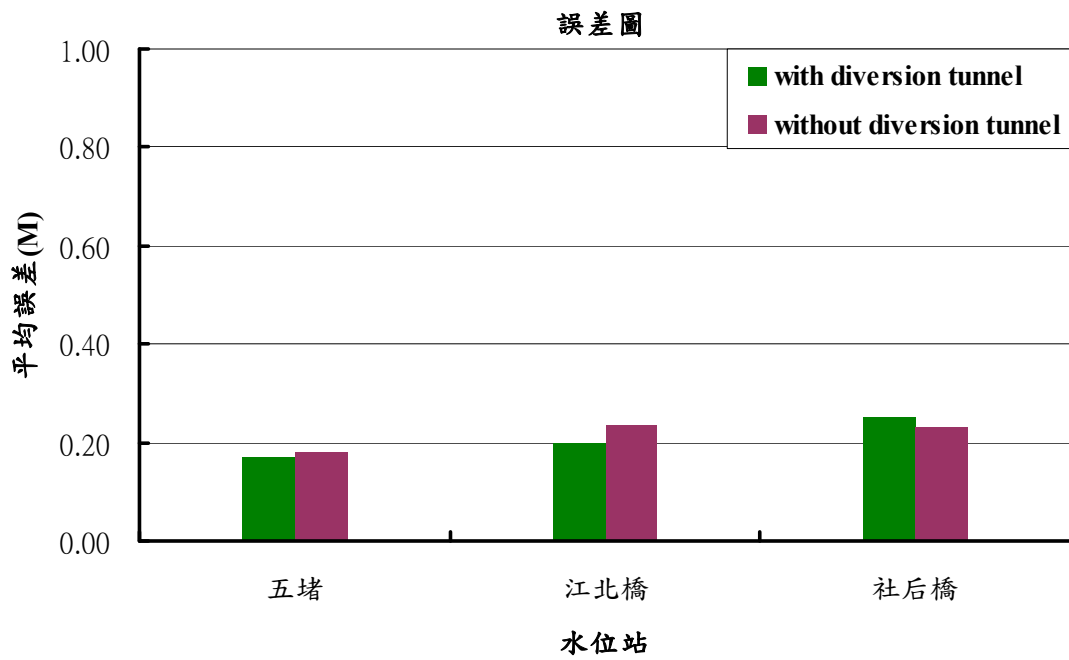


圖 4.14 聖帕颱風基隆河各水位站洪水預報一小時誤差



五堵

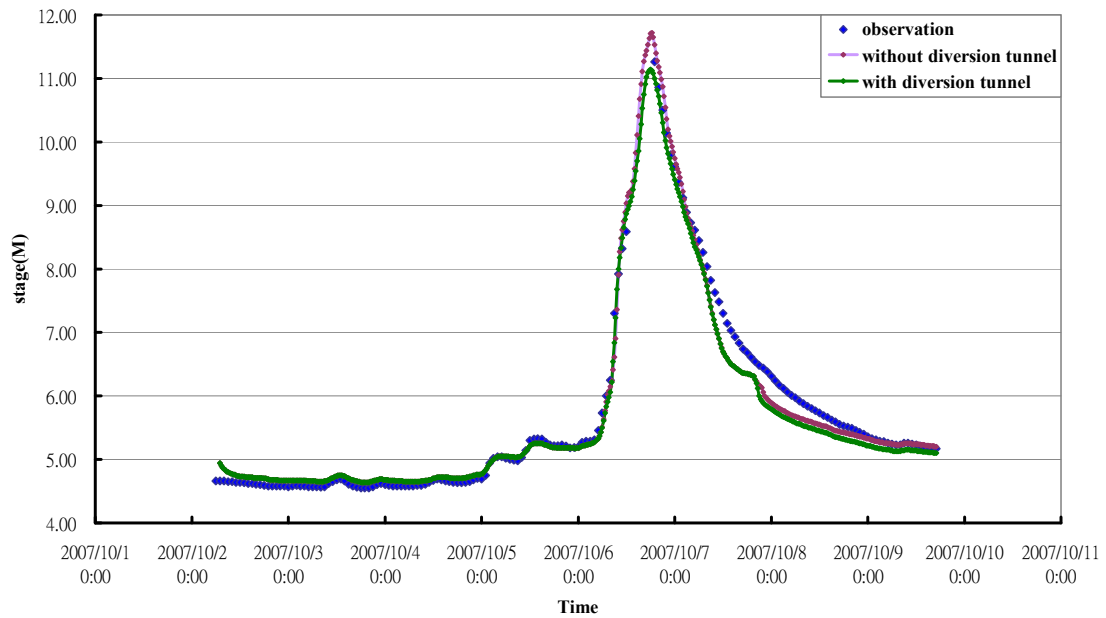


圖 4.15 柯羅莎颱風五堵水位站比較圖

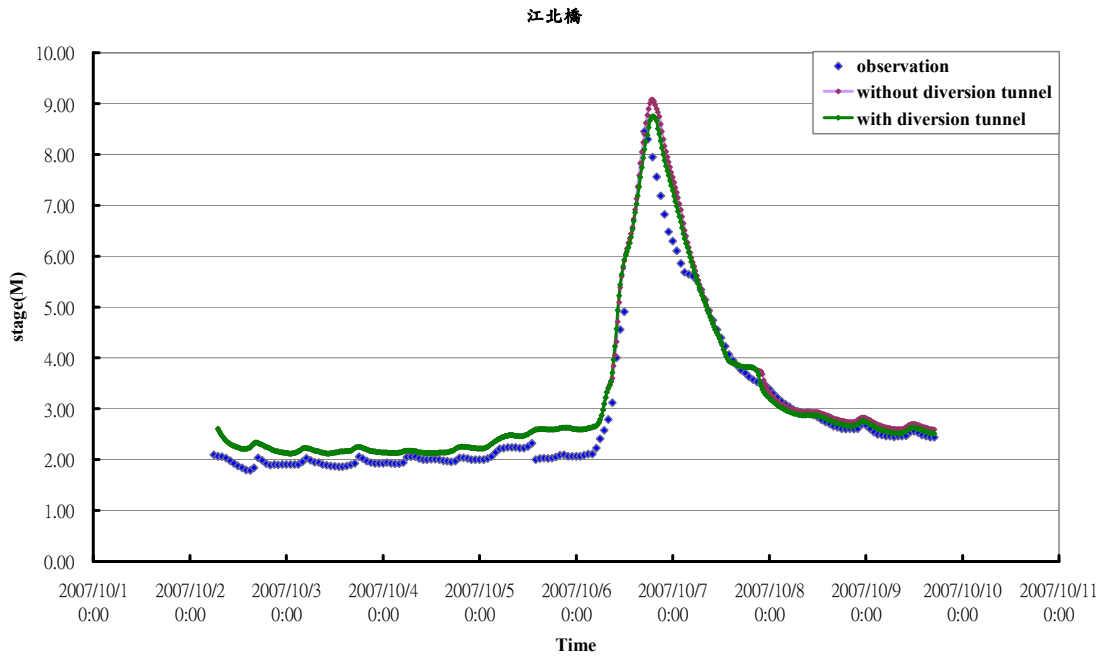


圖 4.16 柯羅莎颱風江北橋水位站比較圖



社后橋

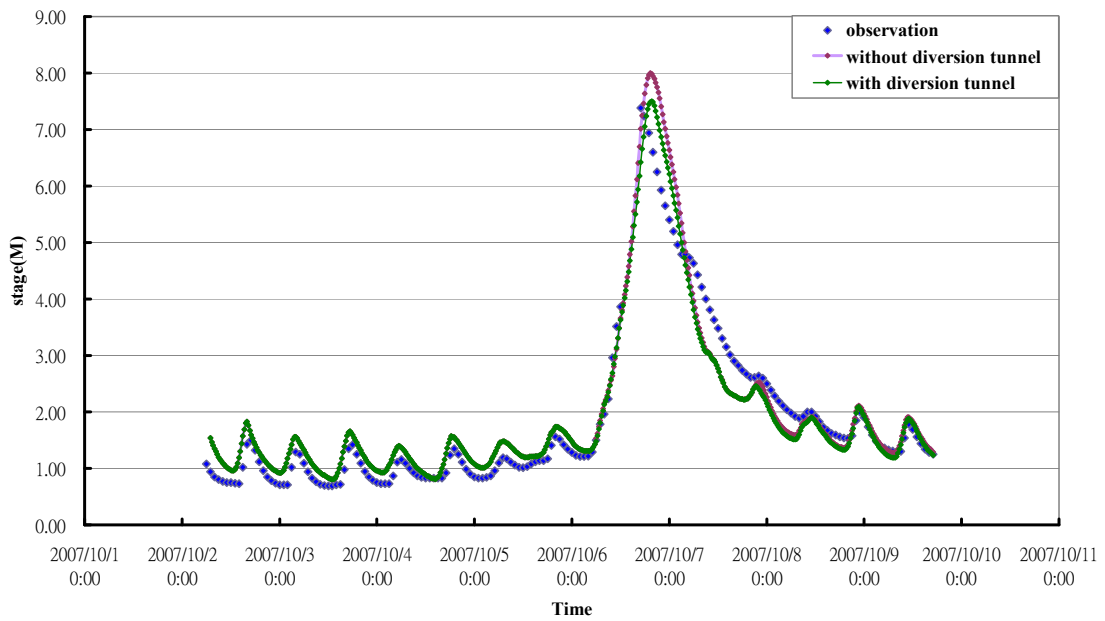


圖 4.17 柯羅莎颱風社后橋水位站比較圖

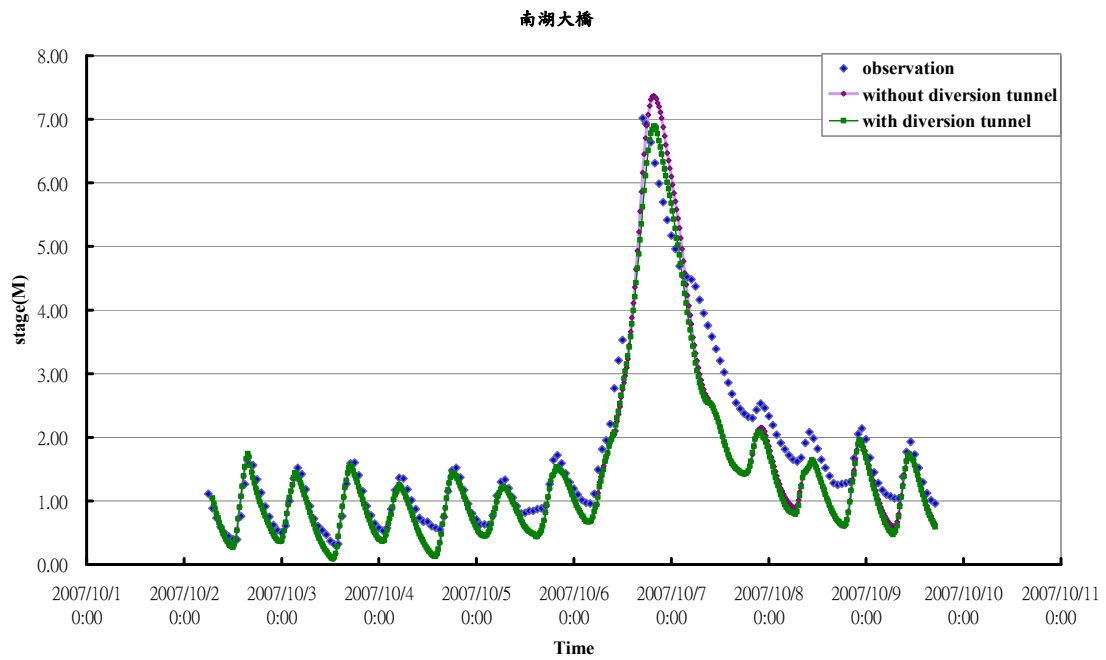


圖 4.18 柯羅莎颱風南湖大橋水位站比較圖

表 4.9 柯羅莎颱風於基隆河各水位站預報一小時誤差表

基隆河水位站	with diversion tunnel		without diversion tunnel	
	平均誤差(M)	最大誤差(M)	平均誤差(M)	最大誤差(M)
五堵	0.17	0.46	0.27	0.69
江北橋	0.62	1.11	0.83	1.65
社后橋	0.41	0.97	0.58	1.52
南湖大橋	0.54	1.90	0.63	1.45

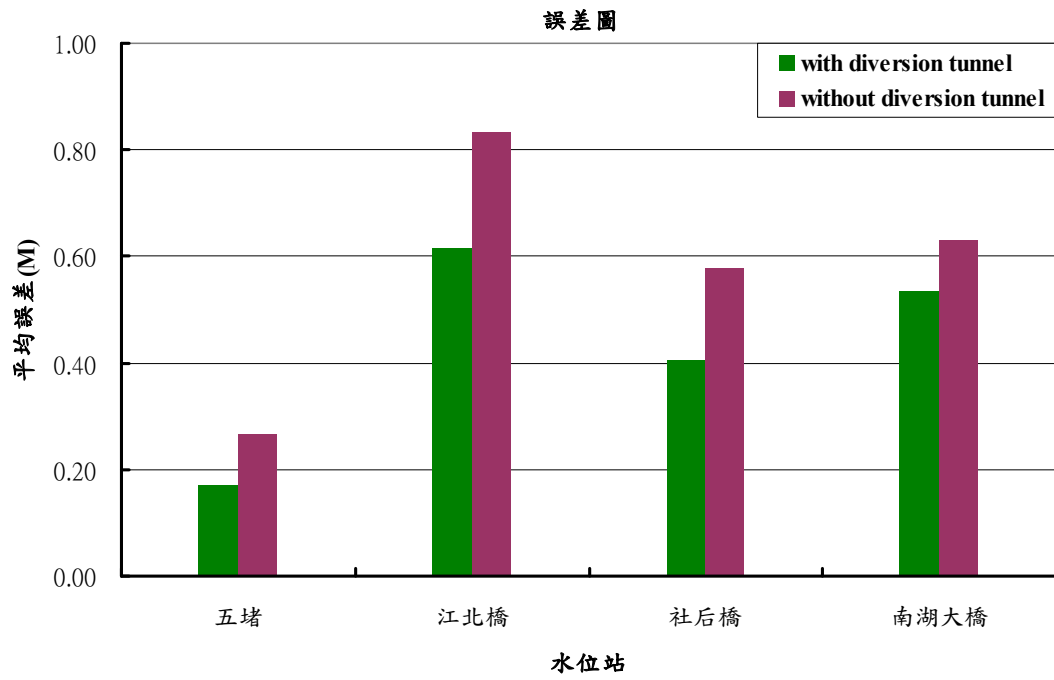


圖 4.19 柯羅莎颱風基隆河各水位站洪水預報一小時誤差



4.4 員山子分洪流量

4.4.1 員山子分洪工程概述

員山子分洪位於台北縣瑞芳鎮境內，工程起點位於基隆河上游瑞芳鎮瑞柑新村旁，在主流上築一低型攔河堰，並向東北方闢一條直徑 12 公尺長約 2.8 公里之分洪隧道，出口位置約位於距深澳港東邊約 1.8 公里處匯入東海，下圖為員山子分洪設施之位置圖。



圖 4.20 員山子分洪設施位置(資料來源：經濟部水利署)

員山子分洪之主要工程結構詳細如下(參考資料：經濟部水利署)：

- (1) 側流堰：為混凝土重力式平頂堰，堰總長 184 公尺，堰高 2.5 公尺，堰頂處標高 62.5 公尺，採自由溢流方式，溢流後接分洪靜水池。
- (2) 攔河堰：屬於混凝土重力式寬頂堰，堰總長 30 公尺，堰高 8 公尺，堰頂處標高 68 公尺。
- (3) 分洪靜水池：池底標高為 60 公尺，通往基隆河下游河道設排砂道閘門二座，通往分洪隧道入口設置分洪堰。
- (4) 分洪堰：圓弧型臥箕式堰，堰高 3 公尺，堰頂總長 80 公尺，堰頂處標高 63 公尺，採自由溢流方式，溢流後接束縮段。

- (5) 束縮段及入口漸變段：明渠結構，底標高由 60 公尺起以百分之十固定坡度漸降，接分洪隧道入口。
- (6) 分洪隧道：隧道直徑 12m 長約 2.5 公里，分為：
- ①一號分洪隧道：長度 1117m，縱坡 1/100。
 - ②九份溪過河段：長度 27m，縱坡 1/100。
 - ③二號分洪隧道：長度 1308m，縱坡 1/100。
- (8) 出口漸變段及陡槽段：暗渠結構，漸變段底標高以百分之一坡度漸降，陡槽段底縱坡為一比一，內淨寬由 12 公尺漸變至 35 公尺。
- (9) 出口消能池：暗渠及明渠結構，內淨寬 35 公尺，內淨高 20.8 公尺；池底標高負 6 公尺、尾檻標高 4 公尺，平時維持 10 公尺水墊以作為消能之用。



圖 4.21 員山子分洪設施名稱

(參考資料：基隆河整體治理計畫結案報告)

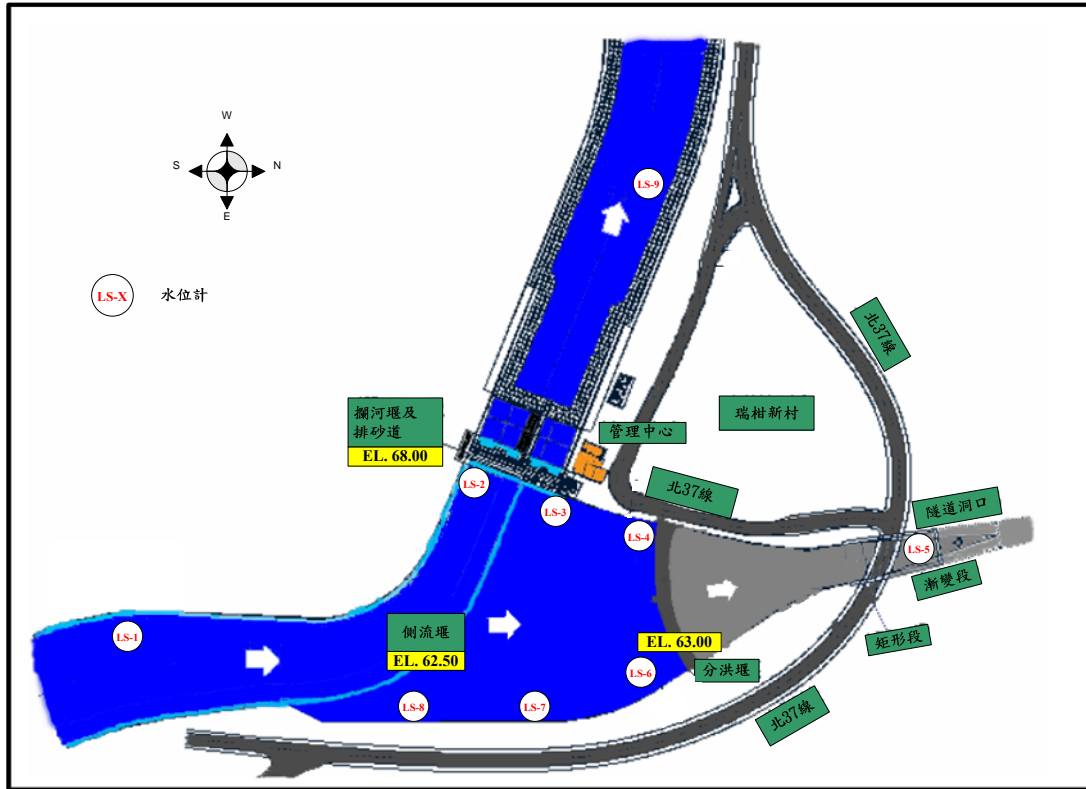


圖 4.22 員山子分洪設施示意圖
(參考資料：亞太儀器有限公司)

表 4.10 水壓式水位計

測站	建置點	觀測技術	觀測筒型式	廠牌	儀器型號
LS-1	攔河堰上游左岸	水壓式	鋼筋混凝土管沉箱	KPSI	730-14E-0030
LS-2	攔河堰排洪道	水壓式	PVC 管-預埋方式	KPSI	730-14E-0030
LS-3	攔河堰排砂道	水壓式	PVC 管-預埋方式	KPSI	730-14E-0030
LS-4	分洪堰左側	水壓式	PVC 管-預埋方式	KPSI	730-14E-0030
LS-9	攔河堰下游右岸	水壓式	鋼筋混凝土管沉箱	KPSI	730-14E-0030

(參考資料：亞太儀器有限公司)

表 4.11 雷達波式水位計

測站	建置點	觀測技術	觀測筒型式	廠牌	儀器型號
LS-5	進水口隧道洞口	雷達波式	固定架	OTT	Kalesto
LS-6	進水口東縮段右岸	雷達波式	固定架	E+H	FMR 240
LS-7	進水口東縮段右岸	雷達波式	固定架	E+H	FMR 240
LS-8	進水口東縮段右岸	雷達波式	固定架	E+H	FMR 240

(參考資料：亞太儀器有限公司)

員山子分洪道採用圓弧型溢洪道，因為左右兩側水流與側牆無交角，所以可降低該處交波之形成，減少束縮段水流擾動性。此外，溢洪道原以寬頂堰公式 $Q = C \times L \times (H - H_0)^{1.5}$ ， $C = 1.7$ (參考資料：基隆河員山子分洪計畫工程基本設計報告，2002)，後來修正其公式為 $Q = 1.6641 \times L \times (H - H_0)^{1.7606}$ 作為預估員山子分洪量。 $H - H_0$ 為溢流水深， L 為堰寬。(參考資料：經濟部水利署第十河川局，2008)。

圖 4.23 及 4.24 為柯羅莎與蕃蜜颱風事件應用寬頂堰公式(2008)與分洪量資料作比較，由圖 4.23 與 4.24 可發現其流量曲線非常吻合，說明是運用其寬頂堰公式計算得出。

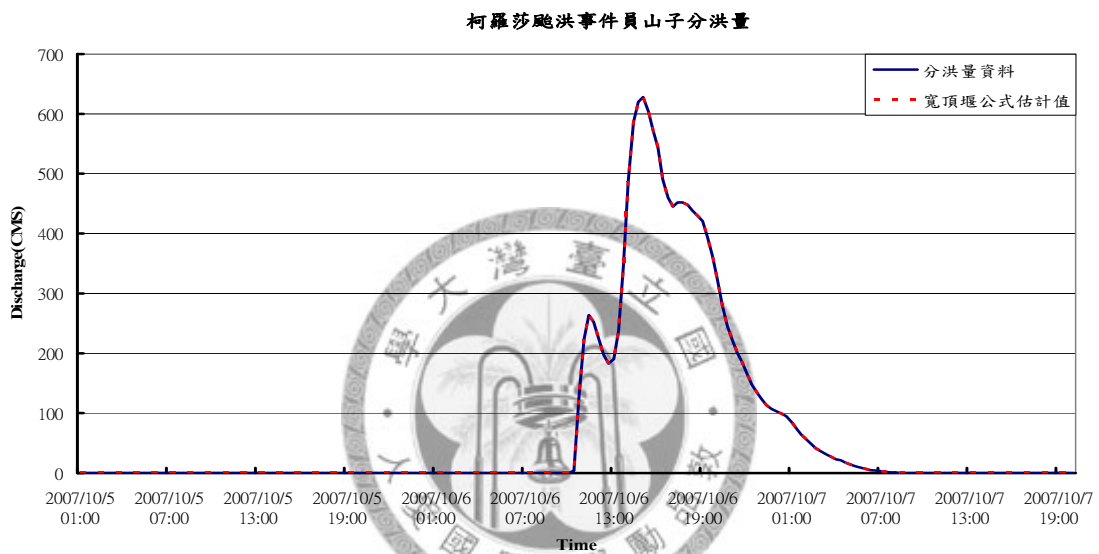


圖 4.23 柯羅莎颱風事件員山子分洪量

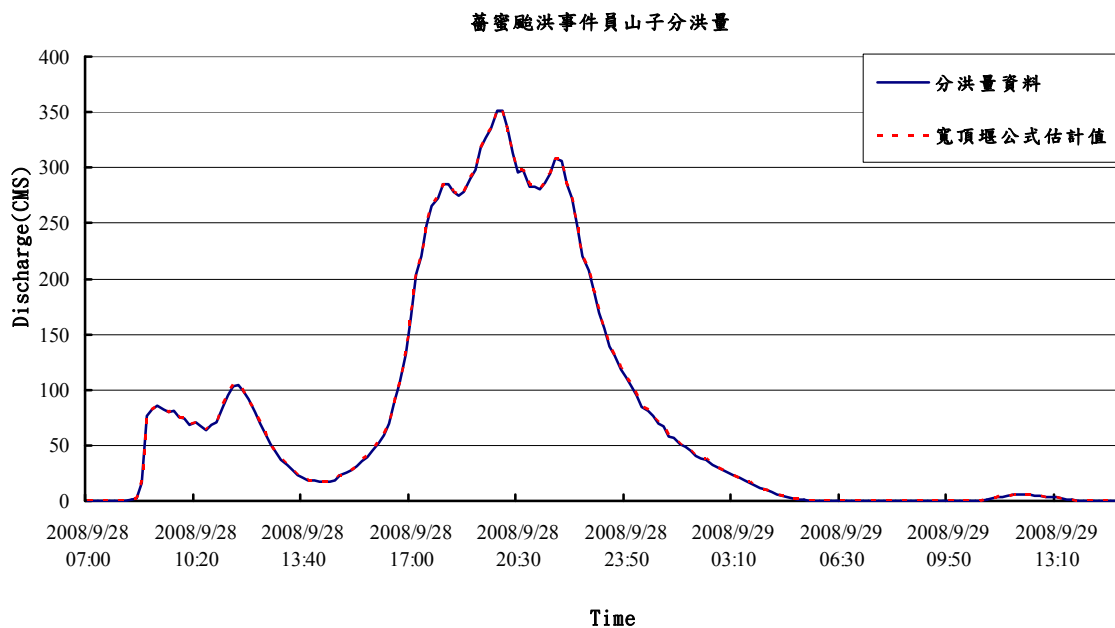


圖 4.24 蕃蜜颱風事件員山子分洪量

表 4.12 員山子觀測與計算分洪量之誤差

颱風事件	平均絕對誤差(CMS)	最大絕對誤差(CMS)
柯羅莎	0.566	3.000
薔蜜	0.339	2.000

員山子分洪可將基隆河上游河段 200 年頻率洪水 1620 CMS 分洪 1310 CMS 至東海，剩餘河川基本流量 310 CMS，即基隆河段將有 81% 洪水進入隧道直接出海，對下游瑞芳市區沿岸產生最直接明顯地減洪效益。隧道襯砌完成後，陸續於 2005 年汛期颱風時期發揮分洪減災功效，截至 2007 年 10 月底止，累計完成分洪 11 次，總分洪體積概估約達 5676 萬立方公尺，歷次分洪成果詳如表 4.13 所示為 2004~2007 年員山子最大分洪量及其總分洪量之記錄。(資料來源：節水季刊第 48 期)

表 4.13 員山子分洪日期、事件名稱及分洪量

分洪日期 事件名稱	最大分洪量 (立方公尺/秒)	總分洪量 (萬立方公尺)
2004.09.11 0911 豪雨	200	97
2004.10.25 納坦颱風	600	442
2004.12.03 南瑪都颱風	450	739
2005.07.18 海棠颱風	211	330
2005.08.04 馬莎颱風	78	229
2005.08.31 泰利颱風	382	1,362
2005.10.02 龍王颱風	115	537
2006.09.10 0910 豪雨	140	212
2007.06.15 0615 豪雨	35	10
2007.09.18 韋帕颱風	76	105
2007.10.06 柯羅莎颱風	629	1613

4.4.2 馬斯金更法(Muskingum method)

美國陸軍工程師團 McCarthy 等在 1934-35 年間研究 Muskingum 水土保持區防洪計畫時，發展出 Muskingum 洪水演算法，此為一種水文演算法，為目前最普遍應用之一種河渠洪水演算法。

Muskingum 假定將河道內洪水來臨時，河川貯蓄可分為兩種，其一為稜形貯蓄(Prism storage)；另一為楔形貯蓄(Wedge storage) 兩個部分。前者為平時定量流時河川之蓄水量；後者為受洪水漲退過程之河道蓄水量。洪水來臨時，楔形貯蓄為正；退水時，楔形貯蓄為負。

$$\text{稜形貯蓄 } S = KO \quad (4-2)$$

$$\text{楔形貯蓄 } S = KX(I - O) \quad (4-3)$$

綜合(4-2)與(4-3)式，可得 Muskingum 之貯蓄方程式為

$$S = KO + KX(I - O) \quad (4-4)$$

式中， K 為河段之貯蓄常數(storage constant)，其單位為時間[T]， K 值近似於水流流經該河段的波傳時間(wave travel time)； X 為權重因子(weighing factor)亦為無因次參數。

考慮演算一過程時段 Δt 中， I 、 O 、 S 之變化代入(4-4)式得到：

$$S_2 - S_1 = K(O_2 - O_1) + KX[(I_2 - I_1) - (O_2 - O_1)] \quad (4-5)$$

水流連續方程式：

$$I - O = \frac{dS}{dt} \quad (4-6)$$

再利用表示成有限差分形式的水流連續方程式：

$$\frac{1}{2}(I_1 + I_2) - \frac{1}{2}(O_1 + O_2) = \frac{S_2 - S_1}{\Delta t} \quad (4-7)$$

式中， I_1 、 I_2 、 O_1 、 O_2 分別為前、後時刻河道上游之入流量與下游出流量， S_1 與 S_2 分別為前、後時刻河道之貯蓄量。 Δt 為前、後時刻之時間間距。

將式(4-5)與(4-7)兩者聯立，可得到入流及出流間之一線性方程式：

$$O_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 O_1 \quad (4-8)$$

由於吾人在此應用 Muskingum 推算員山子河段之入流量，所以式(4-8)須改寫為：

$$I_1 = \frac{O_2 - C_0 I_2 - C_2 O_1}{C_1} \quad (4-9)$$

將式(4-9)對時間離散可得：

$$I_t = \frac{O_{t+1} - C_0 I_{t+1} - C_2 O_t}{C_1} \quad (4-10)$$

其中，

$$C_0 = \frac{-KX + 0.5\Delta t}{K(1-X) + 0.5\Delta t} \quad (4-11)$$

$$C_1 = \frac{KX + 0.5\Delta t}{K(1-X) + 0.5\Delta t} \quad (4-12)$$

$$C_2 = \frac{K(1-X) - 0.5\Delta t}{K(1-X) + 0.5\Delta t} \quad (4-13)$$

C_0 、 C_1 與 C_2 為係數，其值之和為 1.0。需注意 K 與 Δt 必須時間單位要相同。在(4-10)式中 O_t 與 O_{t+1} 均為已知值，而 I_{t+1} 為最終時刻 ($t+1 = final\ time$ 時， $O_{t+1} = I_{t+1}$) 之已知條件，因此可以逐時推算 I_t 。由於 K 值代表水流流經河段的波傳時間，故能正確模擬洪水波於河道中之傳遞情形，本計算 X 值訂為 0.5， K 值訂為 2.66 小時，調整 K 值是依據大華橋流量與寬頂堰公式計算之流量，其兩者最大尖峰流量的時間差作為波傳時間。圖 4.25 紅色虛線部分為應用 Muskingum 推算出的上游入流量，綠色實線部分為應用全流域河川不恆定流模式所計算之大華橋流量，其詳細推導如附錄一所示。

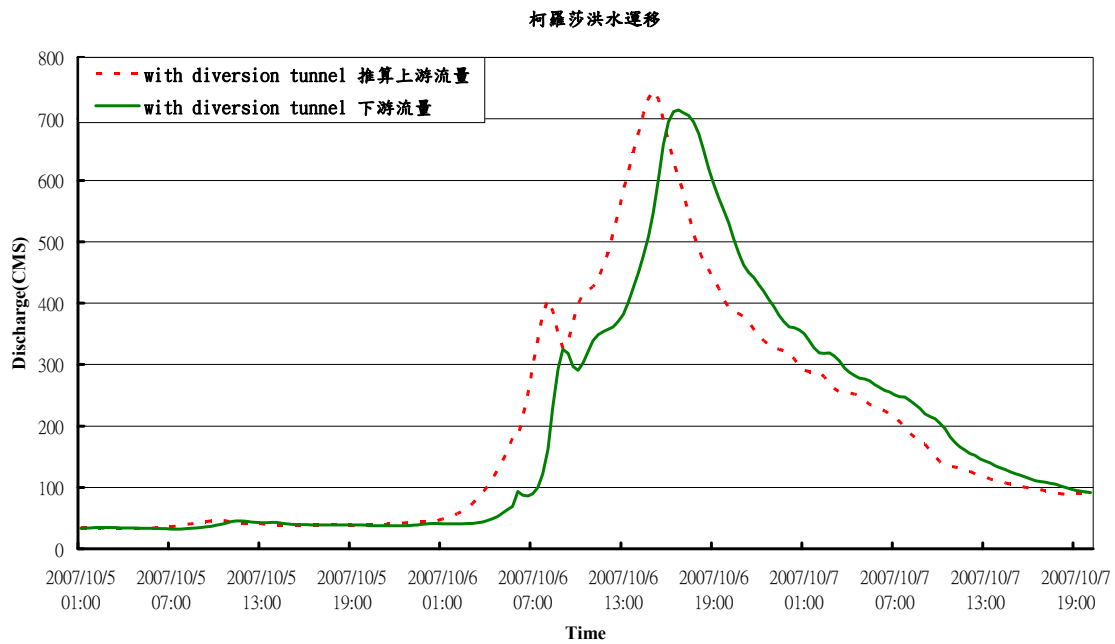


圖 4.25 柯羅莎颱風推估上游入流量

當掌握到下游流量與水位，即可應用 Bernoulli equation 來計算攔河堰前之水位，其相關水位位置如圖 4.22 之 LS-2 與 LS-9。

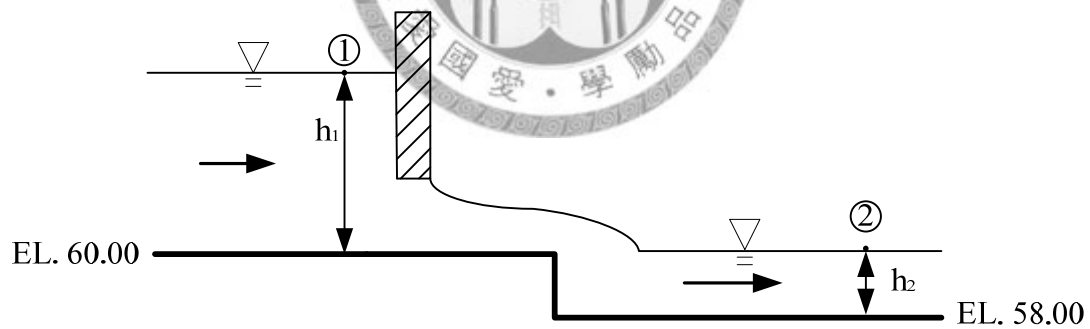


圖 4.26 員山子攔河堰前後水位示意圖

圖 4.26 中在自由表面①至②之間，應用 Bernoulli equation 如公式(4-14)

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \gamma h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \gamma h_2 + \int_1^2 \frac{\partial v}{\partial t} ds \quad (4-14)$$

其中，①和②兩點皆露於大氣中，所以 $p_1 = p_2 = 0(G)$ ，且在瞬間時刻視流場為穩態，並假設①液面下降速度非常慢， $v_1 \approx 0$ 。因此將(4-14)式改寫成(4-15)式。

$$h_1 = \frac{1}{2} \frac{v_2^2}{g} + h_2 \quad (4-15)$$

又 $v_2 = \frac{Q_2}{A_2} = \frac{Q_2}{b_2 h_2}$ ，代入式(4-15)中，得式(4-16)：

$$h_1 = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q_2}{b_2 h_2} \right)^2 + h_2 \quad (h_1 = H_1 - Z_1; h_2 = H_2 - Z_2) \quad (4-16)$$

(4-16)式中， h_1 及 h_2 分別為①和②兩點水深， H_1 及 H_2 分別為①和②兩點水位， Z_1 及 Z_2 則分別為①和②兩點底床高程， Q_2 為應用 Muskingum 推算出的流量。

圖 4.27 中 LS-2 與 LS-9 分別代表圖 4.26 中的①和②兩點水位，H1 則為應用(4-16)式計算出的水位。

圖 4.27 藍、紅色實線部分其誤差來源，有可能是位於攔河堰下游處用來消能作用的水工結構物未考慮到計算中，所以才導致其誤差。

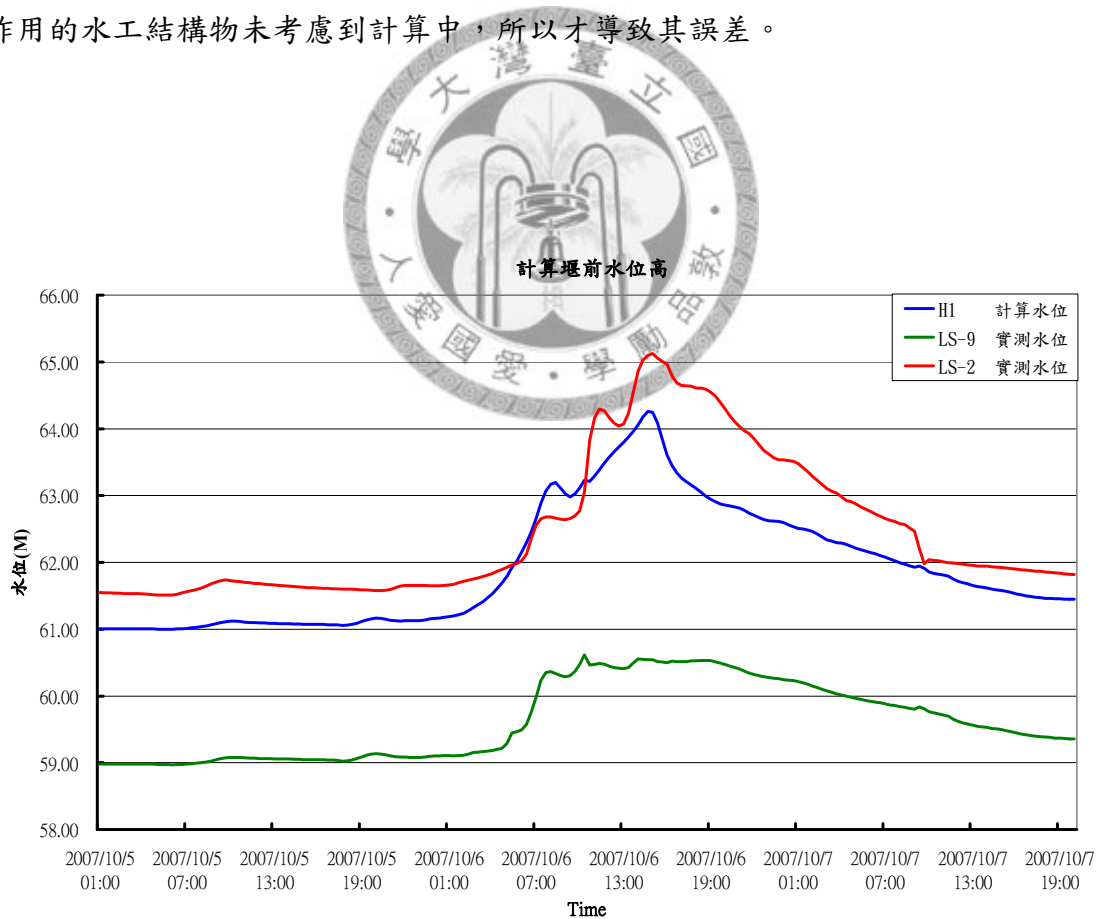


圖 4.27 柯羅莎颱風攔河堰前後水位

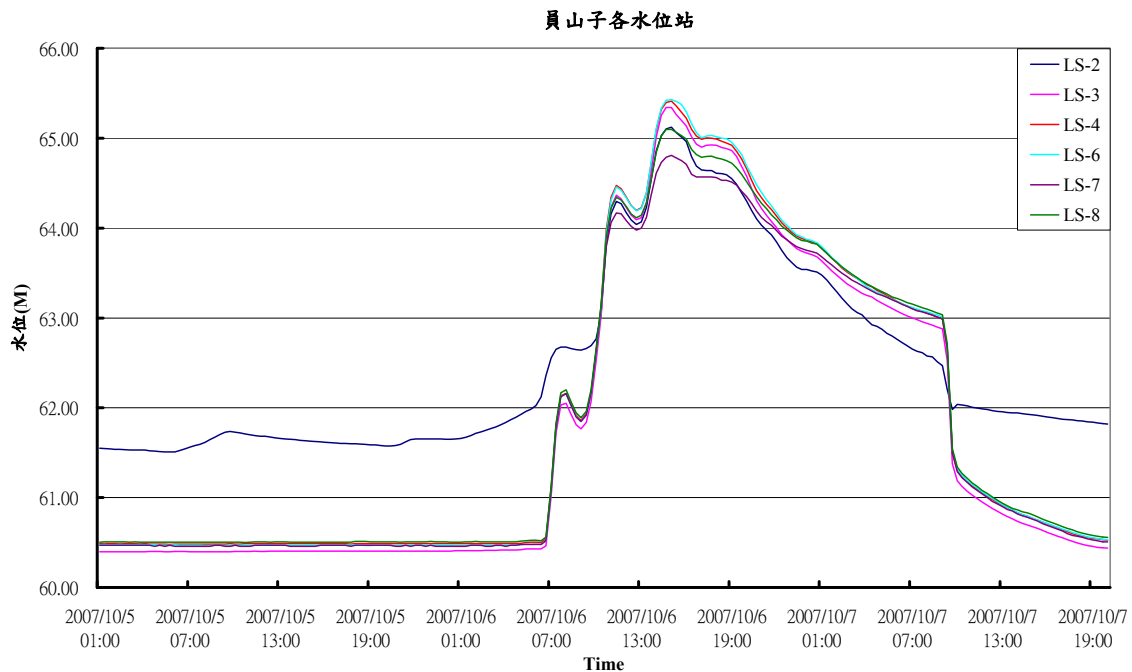


圖 4.28 柯羅莎颱風員山子各測站水位

為預測分洪堰前水位，假設圖 4.22 中的 LS-2 與 LS-4 彼此之間互有關聯，如式(4-17)所示：

$$H4 - H1 = (LS - 4) - (LS - 2) \quad (4-17)$$

其中，H1 為攔河堰前之計算水位，H4 為欲推求分洪堰前之水位。

圖 4.29 綠色實線為應用(4-17)式所計算得出的分洪堰前水位(H4)，紅色實線則為分洪堰前實測水位(LS-4)，並可觀察出兩者其趨勢相似，說明運用大華橋之流量可以進一步預測分洪堰前水位。

掌握預測分洪堰前水位之後，即可應用寬頂堰修正公式，經由水位來計算出流量，圖 4.30 紅色實線為運用 LS-4 水位儀器所觀測出的水位高推算其分洪流量，綠色實線則為計算出的分洪堰前水位(H4)高加以推算其分洪流量。

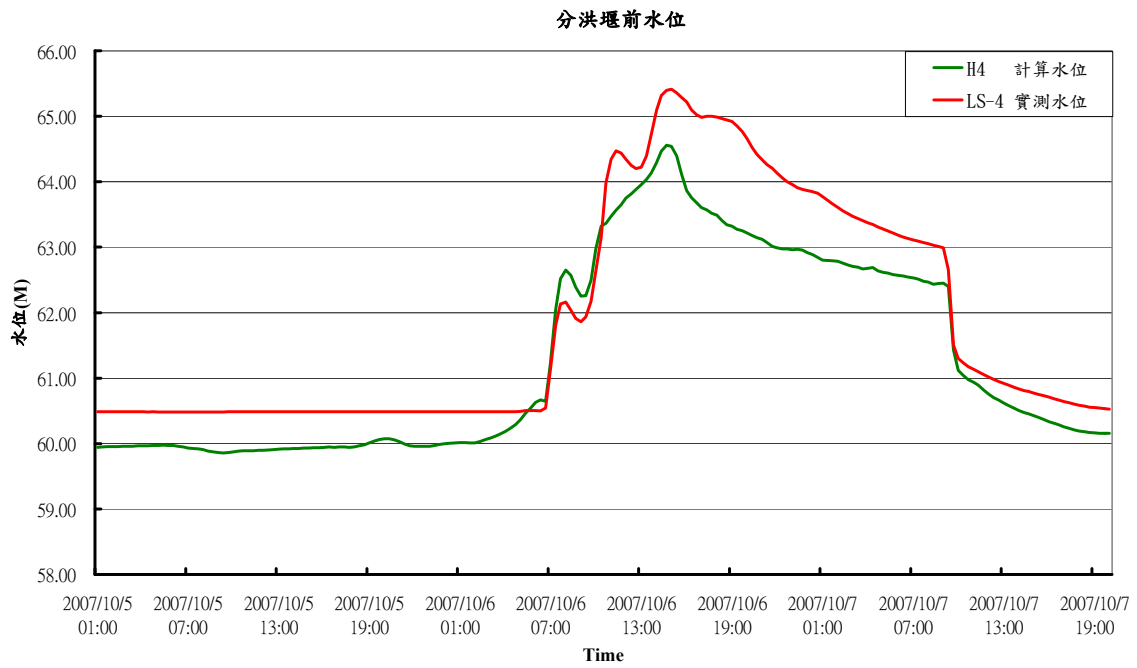


圖 4.29 柯羅莎颱風分洪堰前水位

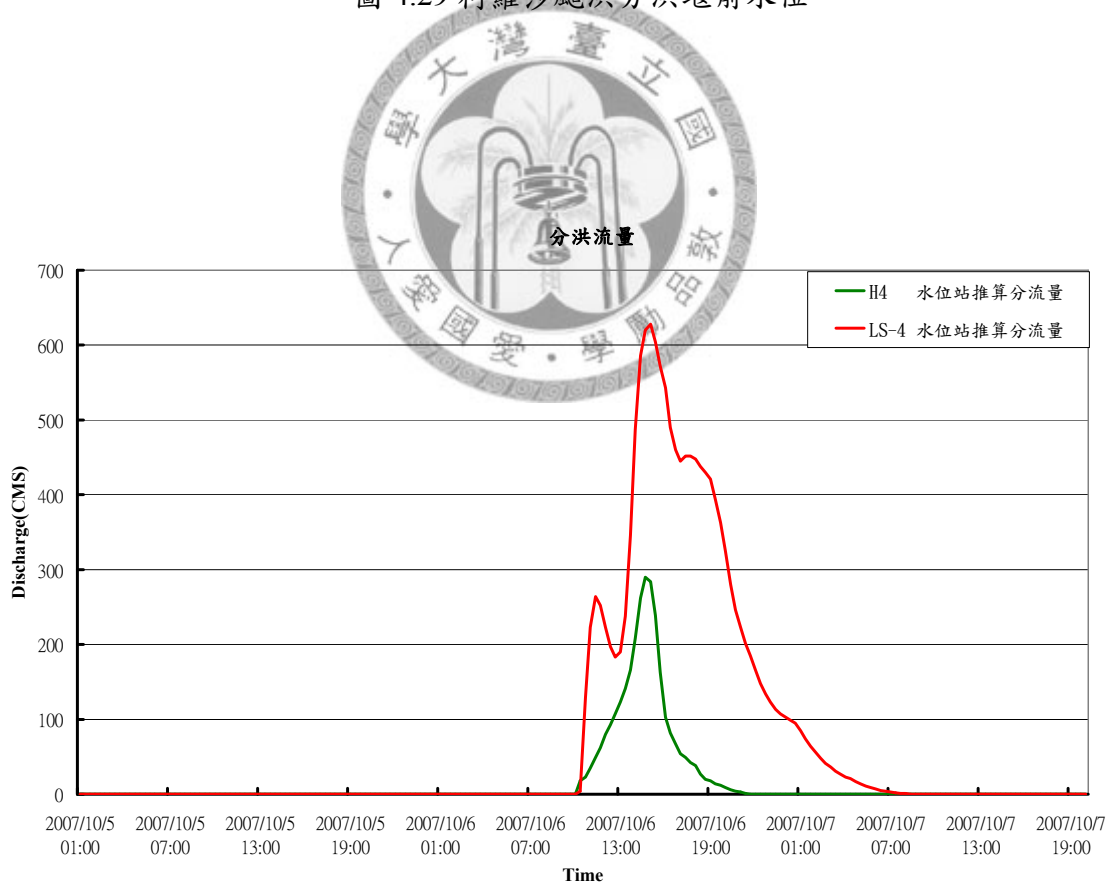


圖 4.30 柯羅莎颱風計算分洪流量

第五章 結論與建議

5.1 結論

本研究目的，在於考量員山子水位等因素並修正模式，使大華橋水位能夠更精準的預報，其預報結果可提供下游洪水預警，爭取沿岸居民疏散時間。模式主要考慮分洪量、河川水位之變動與其臨前狀態之序率關係，同時加入可能影響水位變動之因素：集水區之降雨量。本文假設河川水位在某一個時刻，為其所有影響因子的線性組合，使用最小平方法，從歷史颱風或豪大雨事件之水文記錄中率定出一條具有迴歸關係特性的預報函數式，其函數式再經由模擬退火法修正。本模式直接以各雨量站之降雨記錄及員山子水位來作為模式輸入因子，免除了推估有效降雨及空間上平均雨量所可能遭遇的不確定因素。同時，也能反映出降雨在空間上的變異性對河川水位變化之影響。

不同於吳等(2004a)的水位預報方法，本模式不僅考慮到預報當時的臨前水位，並且納入新增雨量站及基隆河上游區段所興建之員山子分洪設施，最後應用模擬退火法來修正每年颱風時期因洪水沖刷所造成河道改變之影響。關於模組性能之探討，係以預報未來水位與觀測水位之平均絕對誤差來判斷本模式之優劣。以下為條列出本模式之優點：

1. 從大華橋水位站率定與驗證之誤差分析結果可知，大華橋水位站未來一小時其水位計算值與實際觀測水位值比較所得出的平均絕對誤差，不論是率定組或是驗證組，均在 10cm 以內，而吳等(2004a)所發展的水位預報方法，其平均絕對誤差則在 24cm 以內，由此證明本模式有效的擴充其水位預報方法，使其能夠更佳的應用於預報未來一小時之水位。
2. 藉由淡水河全流域不恆定流河川水位預報模式，預報大華橋下游水位站部分，雖然聖帕颱風事件反映出五堵與社后橋兩者水位站比吳等模式平均絕對誤差還要大，但其差距並不明顯；而從柯羅莎颱風事件所造成基隆河下游水位的平均絕對誤差可知，其誤差均在 62cm 以內，而吳等(2004a)其計算值平均絕對誤差則在 83cm 以內，所以本模式可以有效的提供給淡水河全流域不恆定流河川水位預報模式作為上游邊界點條件，以預報下游地區未來一小時內的水位高。

3. 本模式應用於淡水河三大支流之一的基隆河，其經由大華橋水位站應用結果可得知，當掌握到所有會影響河川水位的因素(降雨量及員山子水位)時，透過本模式方法所建立之遞迴關係可準確的預報下一時刻的水位變化，進而延長洪水預警系統之有效預報時間。換句話說，當本模式掌握到影響一條河川水位的所有因素時，即可套用本模式理論，來預測欲研究之特定水位站。
4. 本模式另有一項優點，若持續以實測降雨做為本模式之輸入條件，則至少可推算 6 小時之水位變化。在實際應用上，萬一水位站在颱風來襲時失去功能，只要不是一開始就壞掉，則本模式仍可利用前一段時間之記錄進行預報。另外，有此項優點亦可應用於水利工程的規劃及設計工作上，只要輸入雨量及雨型即可計算出相對應之水位變化，便於計算規劃或設計之洪水位。
5. 應用全流域不恆定流模式輸入大華橋新模式之水位邊界值，計算出大華橋流量，並採用 Muskingum 河道演算法來推估上游流量，配合 Bernoulli equation 計算出攔河堰前水位，在進一步計算出分洪堰前水位，最後達到推算其員山子分洪流量，換句話說，藉由大華橋之流量變化，可以估算出員山子分洪流量。



5.2 建議

1. 臨前水文資料長度 N ， N 考慮得愈大，應用率定結果來推算率定組的幾場颱風事件，其水位當然就愈準確。但使用在檢定組上，結果就不一定好。 N 的決定長度，應有一套方法，並不是愈多愈好。
2. 現階段第十河川局網站上的雨量資料庫是屬於每小時一筆的資料格式，未來期望也能提供每 10 分鐘一筆的雨量站與水位站資料，本模式為保留程式之擴充性，也可以輸入每 10 分鐘一筆的資料，對於未來預報水位也許將可更加準確。
3. 本模式雖可準確地將降雨量、員山子水位變化反應到河川水位變化，但以上所進行之水位推算，均是以實測雨量為輸入條件，僅能證明本模式可以準確地由降雨量推算即將發生之水位變化。但實際應用在預報時，根本不知道往後幾個小時要下多少雨量，萬一雨量預報失真，本模式所提供給全流域洪水位演算模式的上游邊界值，其準確性就有待評估，若將來能有更準確之降雨預報模式，則能夠延長本模式之預報長度，使得本系統之預報能力更為強大。
4. 由於員山子攔河堰前後河道寬度並不一致，且在堰後有消能作用之構造物，皆有可能是導致計算分洪流量誤差來源，將來若把河道寬度與消能問題納入考慮，結果也許會更加準確。
5. 對於寬頂堰公式之修正，建議可以先運用模型進行實驗，以達到對分洪流量更準確之推估。

參考文獻

1. Arts, E. H. L., F. M. J. De Bont, E. H. A. Habers and P. J. M. Van Laarhoven, (1985). "Statistical cooling: a general approach to combinatorial optimizations," Philips Journal of Research, Vol. 4, pp. 193-226.
2. Colorni A., M. Dorigo and V. Maniezzo, (1992). "An Investigation of Some Properties of an Ant Algorithm," Proceedings of the Parallel Problem Solving from Nature Conference (PPSN 92), Brussels, Belgium, R.Manner and B.Manderick (Eds.), Elsevier Publishing, pp. 509-520.
3. Dougherty, D. E., and Marryott, R. A., (1991). "Optimal groundwater management 1. Simulated Annealing," Water Resources Research, Vol. 27, No. 10, pp. 2493-2508.
4. Glover, F., (1986). "Future path for integer programming and links to artificial intelligence," Computers and Operation Research, Vol. 13, pp. 533-549.
5. Henderson. F. M., and Wooding, R. A., (1964). "Overland flow and groundwater flow from a steady rainfall of finite duration," Journal of Geophysical Research, Vol. 69, No.8, pp.1531-1540.
6. Holland, J.H., (1975). "Adaptation in Natural and Artificial System," Ann Arbor: The University of Michigan Press.
7. Huang, M.D., F. Romeo, and Sangiovanni-Vincentelli, A., (1986). "An efficient general cooling schedule for simulated annealing," IEEE Trans. Comput. Aided Desigh, CAD Vol. 5, No. 1, pp. 381-384.
8. Kirkpatrick, S., (1984). "Optimization by Simulated Annealing: Quantitative Studies," Journal of Statistical Physics, Vol. 34, pp. 975-986.
9. Kirkpatrick, S., C. D. Gelatt, and M. P. Vecchi, (1983). "Optimization by simulated annealing," Science Vol. 220, pp. 671-680.
10. Konda Thirumalaiah and Makarand C. Deo, (2000). "Hydrological Forecasting Using Neural Networks", Journal of Hydrologic Engineering Vol.5, No.2, pp.180-189.
11. Lai, C., (1986). "Numerical modeling of unsteady open-channel flow." in Advances in Hydrosience; eds., V.T. Chow and B.C. Yen, Vol.14, Academic Press, Orlando, FL, pp.161-133. (Book Chapter).
12. Lai, C., (1999). "Simulation of unsteady flows in a river system." (Operational Manual), Hydrotech Research Institute, Nat'l Taiwan Univ., Sponsored by Water Resources Bureau, Ministry of Economic Affairs. -- with attachment: "Quick Reference Guide (快速查照小冊)" (available in English or Chinese).

13. Lin G.F., and Chen L.H., (2005). "Application of Artificial Neural Network to Typhoon Rainfall Forecasting," *Hydrological Processes* Vol. 19, No. 9, pp. 1825-1837.
14. Mayer, D. G., Belward, J. A. and Burrage, K., (1998). "Tabu Search Not an Optimal Choice for Models of Agricultural Systems," *Agricultural Systems*, Vol. 58, No. 2, pp. 243-251.
15. Metropolis, N., Rosebluth, A. W., Teller, M.N. and Teller, E., (1953). "Equation of State Calculations By Fast Computing Machines," *Journal of Chemical Physics*, Vol. 21, No. 6, pp. 1087-1092.
16. Nash, J. E., (1957). "The form of the instantaneous unit hydrograph," *Intl. Assoc. Sci. Hydrology*, Pub. 45, Vol. 3, pp.114-121.
17. Sherman, L. K., (1932). "Streamflow from rainfall by the unit-graph method," *Eng. New-Rec.*, Vol.108, pp. 501-505.
18. Sugawara, M., Watanabe, I., Ozaki, E. and Katsuyama, Y., (1984). "Tank model with snow component," *Research Notes*, No. 65, National Research Center for Disaster Prevention, Japan.
19. Wooding, R. A., (1965). "A hydraulic model for the catchment-stream problem, I. Kinematic-wave theory," *Journal of Hydrology*, Vol.3, No.3, pp.254-267.
20. Zhu, M.L. and Fujita, M., (1994). "Comparisons Between Fuzzy Reasoning And Neural Network Methods To Forecast Runoff Discharge," *Journal of Hydrosience and Hydraulic Engineering* Vol. 12, No.2, pp.131-141.
21. 王如意、易任，1992，「應用水文學」，茂昌圖書公司。
22. 吳南靖、蔡丁貴、簡振和，2004，「應用序率方法在河川特定點進行水位預報之研究」，第十四屆水利工程研討會論文集，G155-G160。
23. 李世炳、鄒忠毅，2002，「物理雙月刊（廿四卷二期）」，pp. 307-319。
24. 李光敦，2003，「水文學」，五南出版社。
25. 張宏岳，2003，「污水下水道管網系統最佳化水理設計之研究」，國立中興大學環境工程系，碩士論文。
26. 許家源，2003，「應用模擬退火法優選台北盆地水文地質參數最佳分區」，國立臺灣大學生物環境系統工程學研究所，碩士論文。
27. 童慶斌，2008，「啟發式演算法與水資源管理講義」，國立台灣大學生物環境系統工程學系，永續發展研究室。
28. 童慶斌、許少瑜、譚仲哲，2000，「模擬退火法在計算集水區平均雨量之應用」，第十一屆水利研討會論文集，L23-L30。

29. 經濟部水利署，2008，「基隆河整體治理計畫(前期計畫)結案報告」。
30. 劉駿明、陳健豐、林益生，2007，「節水季刊(48期)」，pp. 8-11。
31. 蔡丁貴、賴經都，2002，「基隆河洪水預報模式建置計畫」，經濟部水利署第十河川局委託計畫期末報告。
32. 賴經都、蔡丁貴、簡振和、吳宜嶺，2002，「全流域不恆定流模式之淡水河系統洪水預報」，第十三屆水利工程研討會論文集，D15-D22。



附錄一 全流域不恆定流模式介紹

附錄一的內容主要是摘錄自「基隆河洪水預報模式建置計畫」

(蔡丁貴與賴經都，2002)。

A.1 模式理論

A.1.1 控制方程式

本模式主要依據基本明渠不恆定流方程式 (St. Venant 方程式) 建立數值解，加上各種特殊情況之適當處理。

基本假設：均勻密度水流、淺水定理可適用、全斷面均勻流速、緩底床坡度、定床、一維水道、床底粗糙度由恆定流借用等。以流速 $u(x,t)$ 與水頭 $h(x,t)$ 為對應變數，可得一組 (h,u) 的方程式，其推導之方程式組型式一般如下 (cf. Lai, 1986)：

$$\text{連續方程式：} \quad \frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + H \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{u}{B} \frac{\partial A}{\partial x} \Big|_h = \frac{q}{B} \quad (\text{A-1})$$

$$\text{運動方程式：} \quad \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = g(S_b - S_f) - \frac{q(u-u')}{A} \quad (\text{A-2})$$

上式中， x = 流向距離， t = 演算時距， A = 河槽斷面積， B = 河槽頂寬， u = 流速 ($= Q/A$)， h = 水深， g = 重力加速度， $H (= A/B)$ = 平均水深 (hydraulic depth)， q = 單位長度之側入流量，負值為側出流量， u' = 側入流流速之 x 分量， S_b = 渠床坡度， S_f = 摩擦 (能量損失) 坡度， $\frac{\partial A}{\partial x} \Big|_h$ = 非稜柱形因子 (non-prismatic channel factor)，渠槽為稜柱形時，則此值為零。若 $\frac{\partial h}{\partial t} = h_t$ ， $\frac{\partial h}{\partial x} = h_x$ ， $\frac{\partial u}{\partial t} = u_t$ ， $\frac{\partial u}{\partial x} = u_x$ ， $\frac{\partial A}{\partial x} \Big|_h = A_x^h$ ， $u - u' = v$ 則(A-1)式與(A-2)式可表示為(A-3)式及(A-4)式。

$$J_1 = h_t + u h_x + H u_x + \frac{u}{B} A_x^h - \frac{q}{B} = 0 \quad (\text{A-3})$$

$$J_2 = g h_x + u_t + u u_x - g(S_b - S_f) + \frac{q v}{A} = 0 \quad (\text{A-4})$$

欲得特徵方程式，令(A-3)式為 J_1 ，(A-4)式為 J_2 ， J_2 乘一組合因子 (combination factor) μ ，與 J_1 進行線性疊加可得(A-5)式：

$$\begin{aligned}
J &= J_1 + \mu J_2 \\
&= h_t + (u + \mu g)h_x + u_t + \mu u_x + (H + \mu u)u_x + \frac{u}{B} A_x^h \\
&\quad - \mu g(S_b - S_f) + \frac{q}{B} \left(1 - \frac{\mu v}{H}\right) = 0
\end{aligned} \tag{A-5}$$

若令

$$\left(\frac{dx}{dt}\right) = u + \mu g = \frac{H}{\mu} + u \tag{A-6}$$

則可得

$$h_t + (u + \mu g)h_x = h_t + \frac{dx}{dt} h_x = \frac{dh}{dt} \equiv \frac{Dh}{Dt} \tag{A-7}$$

$$u_t + \left(\frac{H}{\mu} + u\right)u_x = u_t + \frac{dx}{dt} u_x = \frac{du}{dt} \equiv \frac{Du}{Dt} \tag{A-8}$$

(A-5)式可由(A-7)式及(A-8)式化為(A-9)式

$$J = \frac{Dh}{Dt} + \mu \frac{Du}{Dt} + F = 0 \tag{A-9}$$

其中， $F = \frac{u}{B} A_x^h - \mu g(S_b - S_f) + \frac{q}{B} \left(1 - \frac{\mu v}{H}\right)$ 。解(A-6)式可得：

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{H}{g}} = \pm \frac{c}{g} \tag{A-10}$$

式(A-10)代入 (A-6)式得沿兩條特徵線 C^+ 與 C^- (如圖 A-1)的特徵方程式組該特徵方程式組可寫成：

$$\text{特徵方向方程式：} \quad \left(\frac{dx}{dt}\right)_{\pm} = u \pm c \tag{A-11}$$

$$\text{配合方程式：} \quad \left(\frac{Dh}{Dt}\right)_{\pm} \pm \frac{c}{g} \left(\frac{Du}{Dt}\right)_{\pm} + F_{\pm} = 0 \tag{A-12}$$

式中， $F_{\pm} = F_n \mp F_s \pm F_f - F_q \mp F_w$ ，而 F_n 、 F_s 、 F_f 、 F_q 、 F_w 各代表非稜柱項、底床坡度項、摩擦坡度項、側入流項、風阻力項， $c = \sqrt{gH}$ = 重力波傳速， $\frac{D}{Dt}$ 代

表 $\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \frac{dx}{dt} \frac{\partial}{\partial x}$ 。

沿著 C^+ 之差分方程式：

$$h_p - h_L + \frac{1}{2g} (c_p + c_L)(u_p - u_L) + \frac{1}{2} [(F_+)_{p} + (F_+)_{L}](t_p - t_L) = 0 \tag{A-13}$$

沿著 C- 之差分方程式：

$$h_P - h_L - \frac{1}{2g}(c_P + c_R)(u_P - u_R) + \frac{1}{2}[(F_-)_P + (F_-)_R](t_P - t_R) = 0 \quad (\text{A-14})$$

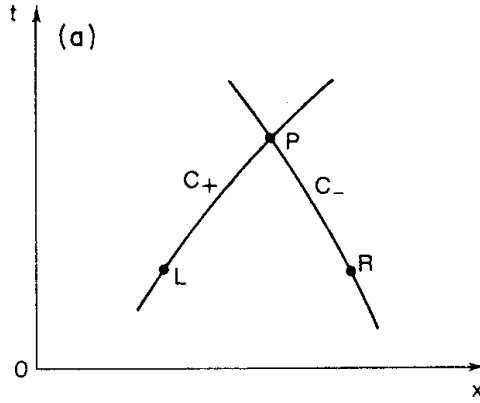


圖 A-1 互相交叉之特徵線示意圖

A.1.2 第二種多方式特徵法

第二種多方式特徵法 (Multimode Method of Characteristics of the Second Kind; MMOC-II) MMOC-II 法 (如圖 A-2): 合併(a)傳統解法 (traditional, or classical mode)、(c)時間延後解法 (temporal reachback mode)、(d)空間延後解法 (spatial reachback mode)、(e)空間延後解法 (spatial reachout mode)、(f)時間延外解法 (temporal reachout mode) 為一個總括而強功能的新數值方策。此新導解法不但可適合於任何種特徵線、很快或極慢傳播的、而且一概使用顯示法處理。

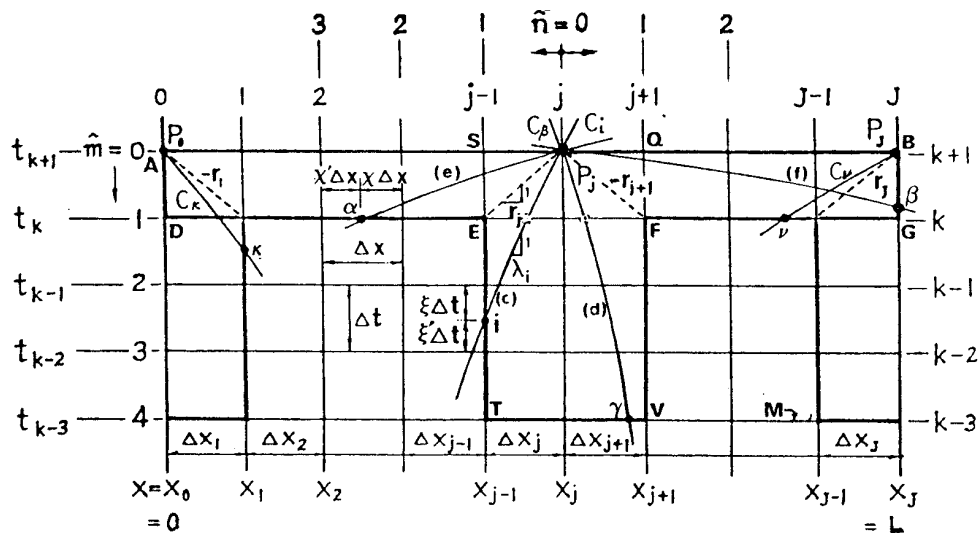


圖 A-2 第二種多方式特徵法 (MMOC-II)

A.2 邊界條件

本模組為複合—複雜渠道系統 (Compound-Complex Channel System) 是合併複合渠道和複雜渠道的一個綜合渠道系統，而可包括含有槽斷面非線性或非均勻變化的渠道，樹枝狀渠道分佈與網路狀渠道佈置的系統。從幾何觀點，這種渠道系統是由許多二道 (two-way)、三道 (three-way)、多道匯合點 (multi-way junction) 與匯合這些點的各種河段而構成的。

邊界條件 (Boundary Conditions) 邊界點有兩種：邊界點有兩種：外邊界點 (external boundary point) 與內邊界點 (internal boundary point)。外邊界點可視為單道匯合點 (one-way junction) 而內邊界點即可包括二道、三道、多道匯合點。此外，在邊界點吾人還需要所謂邊界條件方程式 (B.C. equation)，以期全邊界點成為一「率定」(determinate) 系統。(cf. Lai, 1986)。

A.3 全流域不恆定流模式架構

模式之建立與全域不恆定流之模擬 依據上述全域性明渠不恆定流原理與創新性數值方法，吾人可以建立一綜合性多功能不恆定流模擬模式。

1. 模式組織架構：本模式可分為五個子程式組分別為：

a. 主程式組 (Main)：MAIN、CCCDIR 與 HYSTRC 組成。

b. 輸入程式組：CCBVIN、DELVR、BDVFCZ 與 YBPI 組成。

c. 計算核心組：由 MGRCCC、JUNCTN、BDYRS、TRYJCN、EFP、PDADXH、SMALLQ 與 VAEN 組成。

d. 輸出程式組：OUTOPN、DATE1、DATE2、DAILY、SELCT4、OUTOP5、SELCT6、SELCT7、SELCT8、WSPROF 與 OVBKFL 組成。

e. 公用程式組 (Utility programs)：XSECN3、CGEQ、ITOC、ZPLOT、NZPLOT 與 BLOCK DATA 組成。

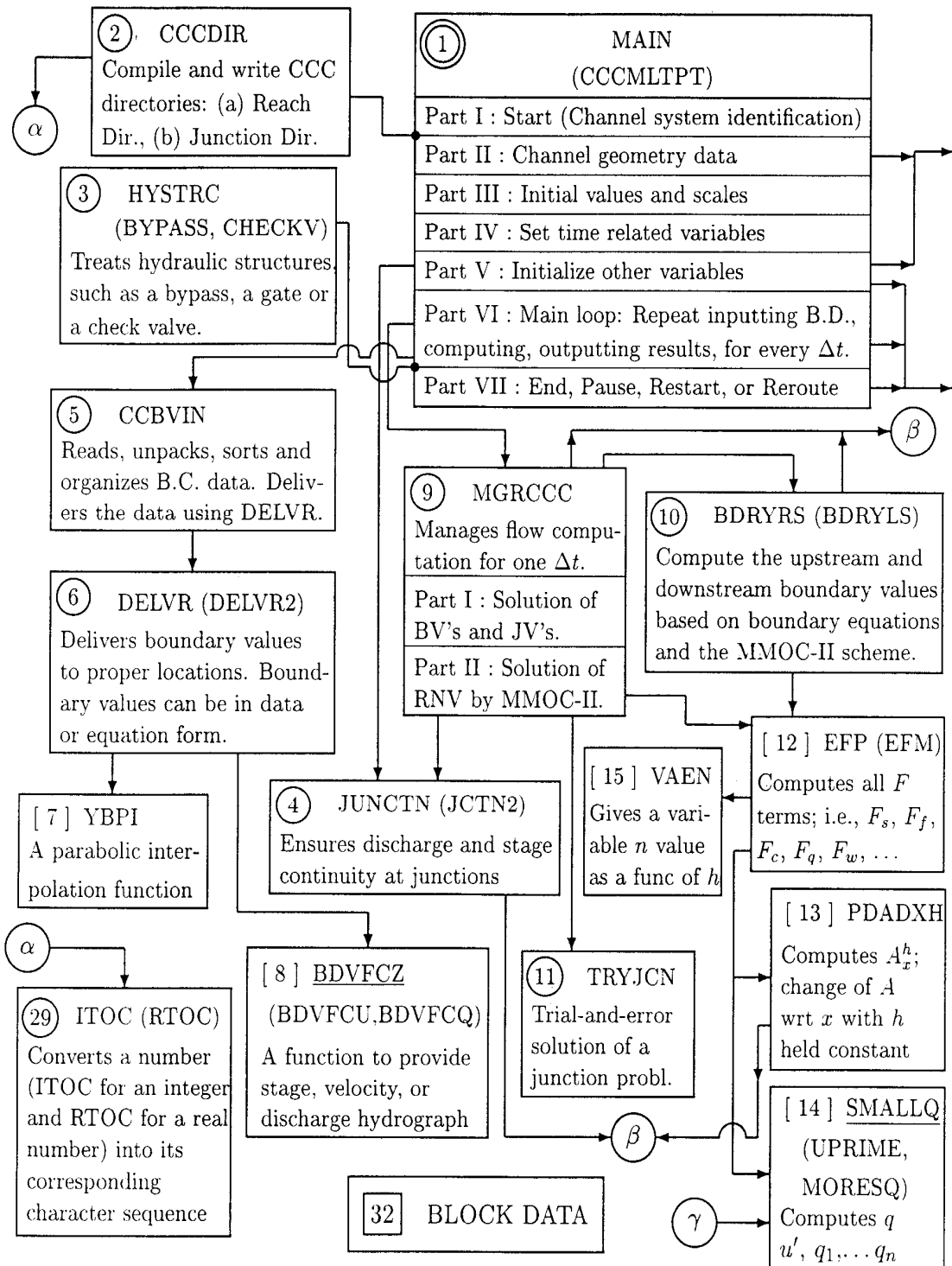
2. 模式組織系統圖：按照上述分類方法，吾人可繪成一模式組織系統圖如圖 A-3 所示。由此圖各組之相對關係、各組內之成員(i.e.各子程式)、其主要任務、其主從關係、各工作單位間之連絡線與連絡方法等可一目瞭然。各子程式的主要功能簡敘如下：

(1) MAIN—主程式的主要機能為開啟主檔及其他有關檔案，控制計算的開始與終止，調節輸入輸出的流動，管理及協調不同子程式的機能，以及監督

整體計算過程的進行。MAIN 程式由七個部份構成。第一部份開啟檔案且開動電腦模擬。第二部份讀入河段幾何資料。第三部份讀進且準備初始數據。第四部份給與時間有關參數的初始值，而第五部份即起始其他各種變數與參數的初始值。第六部分程式循環地叫進 CCBVIN(輸入),MGRCCC(計算), OUTOPN (輸出)三子程式以執行主要計算。第七部分負責終止或重新啟始模擬。

- (2) CCCDIR—編輯複雜—複合渠道系統目錄。
- (3) JUNCTN—保證匯合處的流量與水位之連續性。
- (4) CCBVI—讀入、解裝、揀別、且整理邊界資料(B.C.data)。利用子程式 DELVR 遞送資料。
- (5) DELVR(DELVR2)—遞送邊界資料。
- (6) YBPI—這是用拋物線內插法由三已知點 y_{i-1} 、 y_i 、 y_{i+1} 求得 y 值的函數子程式(function subprogram)。
- (7) BDVFCZ(BDVFCU, BDVFCQ)—各別給與水位、流速、流量歷線的函數子程式，使用於輸入邊界值。
- (8) MGRCCC—處理一個 Δt 間的計算。part I：執行邊界變數和匯合點變數之數值解。Part II：執行河段節點變數之 MMOCII 數值解。
- (9) BDRYRS(BDRYLS)—基於邊界方程式和 MMOC-II、計算上游和下游邊界值。
- (10) TRYJCN—以試誤法解匯合點問題。
- (11) EFP(EFM)—計算所有 F 項。
- (12) PDADXH—計算 $\frac{\partial A}{\partial x} \Big|_h$ 項。
- (13) SMALLQ(UPRIME, MORESQ)—輸入或計算側出入流量。
- (14) XSECN3(XSCTAB)—由給與的水深，算出第 M 河段第 J 斷面的面積、頂寬、平均水深及水力半徑。這些值可以從方程式(JEM=1)，從面積表與頂寬表(=2)，或從頂寬表(=3)求得。XSECN3 是設定初始值的 entry，而 XSCTAB 是通常資料尋回的 entry。
- (15) CGEQ—利用渠道幾何方程式計算 A(面積)，B(頂寬)，HAV(平均水深)，及 HRD(水力半徑)。

- (16)OUTOPN—管理一系列的輸出選擇(output options).在現時模擬系統，所有輸出資料是每隔一時間段、同時遞送到各終點站。
- (17) DATE1—輸出選擇一為輸出完整詳細且綜合計算結果。
- (18) DATE2—輸出選擇二即計算(+)與(-)流量的總體積。
- (19) DAILY—輸出選擇三即印出整個或部份水年的日平均流量。
- (20)SELCT4—輸出選擇四在選定斷面繪製量測和計算流量歷線以便比較之用。
- (21)OUTOP5—輸出選擇五即印出選定斷面固定時間段、簡明流量(Q)、水位(Z)或流量與水位(Q-Z)表。
- (22)SELCT6—輸出選擇六在幾個選定斷面同時繪製計算流量歷線以便比較。
- (23)SELCT7—輸出選擇七在幾個選定斷面同時繪製計算水位歷線以便比較。
- (24)SELCT8—輸出選擇八在選定斷面繪製記錄和計算水位歷線以便比較之用。
- (25)WSPROF—輸出選擇九斷面即在選定渠道距離段特定時間內繪製水面側面圖。
- (26) OVBKFL—輸出選擇十為輸出所有河段之側出入流流量體積。
- (27)ITDC(RTOC)—改換一數值(ITOC 為一個整數而 RTOC 為一個實數的 entry)為相對應的數字。
- (28) BLOCK DATA—這是一個非執行用的子程式，用於設定全域變數之初始值。



Note: Arrow head indicates the direction from the calling program to the called program.

圖 A-3 程式架構及資料連結展示
(Organization chart showing key functions)

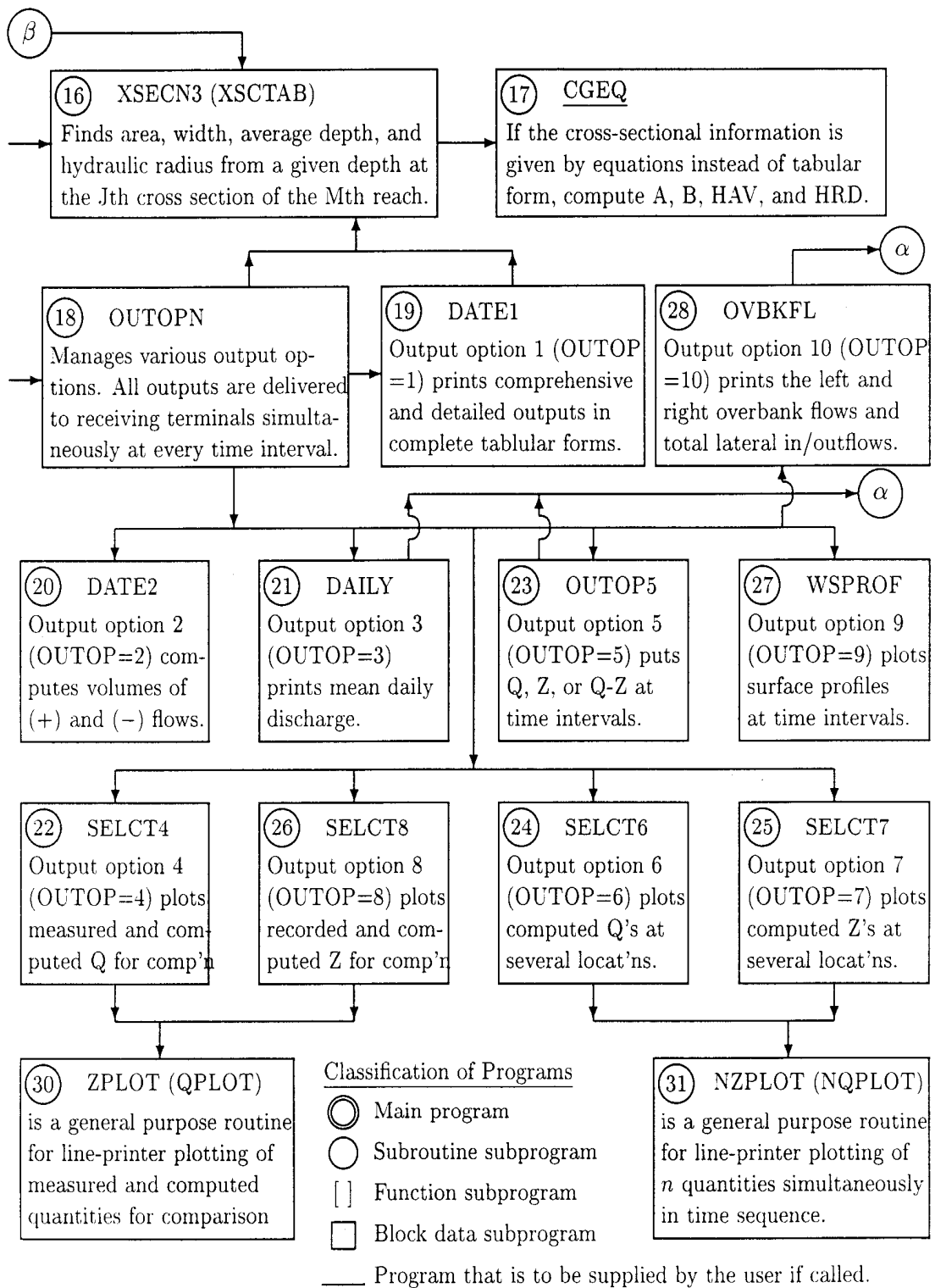


圖 A-3 程式架構及資料連結展示(續)

A.4 模組限制及注意事項

1. 模組限制

- (1) 本模組目前不直接處理不連續流問題。
- (2) 本模組目前可以處理四條(含)以下河川(渠道)同時匯流之問題。
- (3) 本模組目前可以處理一條疏洪道在系統之內。
- (4) 本模組目前無法直接處理超臨界流問題。
- (5) 演算時間間距 Δt 的限制為 $\Delta t \leq L/\max u \pm c$ ， u ：流速、 c ：波速、 L ：河段長度
- (6) 不建議所有的邊界點皆使用流量資料當輸入。

2. 模組主要輸入檔：

- (1) ccmltp.dat 檔為模組主要的核心輸入檔，其中共分為三個部分，第一部份為主要參數包括全域幾何參數列舉，第二部份為各個河槽斷面的幾何形狀敘述，第三部份為起始資料敘述。
- (2) cccmport.dbd 檔為水位邊界資料檔，當邊界點輸入值為水位時，就必須把邊界的水位資料依邊界點編號順序，整理在這一檔案中。

3. 資料輸入程序：

- (1) 計算區域圖形幾何分析
 - a. 主支流排列次序為：
主流>支流 1>支流 2>支流 3>支流 4 ...>支流 n>疏洪道。
 - b. 以淡水河河系為例，模擬範圍為基隆河(大華橋水位站以下河道)、大漢溪(樹林以下河道)、新店溪(秀朗橋以下河道)、淡水河，及至淡水河河口之河段。模組開始模擬前必須先根據所準備基本地圖繪製計算區域模擬河段幾何簡化(schematization)，本模組沒有強制規定如何繪製此種幾何簡化，不過使用者可以在水位站或是有水位讀尺的斷面或其他地形要點設置一個接合(匯合)點，對於模組的初始資料輸入部分可能有所助益。
 - c. 完成繪製計算區域幾何簡化圖後，開始依據主河道、次河道、疏洪道(基本上是由上游往下游方向)依序針對接合(匯合)點及分析河道處進行編號程序。最後依據模擬示意圖上的編號依序輸入模組所設定好的輸入檔表。
 - d. 關於輸入變數之定義與詳細說明建議參閱 Lai, C. (1999).“Simulation of unsteady flows in a river system.”(Operational Manual)第 33 至 57 頁，輸

入範例可參閱第 153 至 155 頁及第 177 頁。

(2) 斷面資料格式轉換：

- a. 注意：若施測斷面與水流方向不是正交情況(可允許角度不超過 10 度)或斷面資料不合理(不是完整斷面)，建議不要輸入，以免產生錯誤。
- b. 本模組之斷面資料輸入共有三種格式，第一種為公式輸入，適合於規則斷面(例如：矩型、圓形及梯型斷面)，第二種與第三種是專門針對不屬於第一種的現場斷面所設計的，即第二種為面積-水深與頂寬-水深關係資料表而第三種為左右岸頂寬-水深關係資料表。
- c. 本模組應用於淡水河全河系演算是採用第三種格式輸入法，最初是採取人工的方式來描繪地形及擷取數據，為求精確，需費不少手續與作業時間。目前第三種格式輸入法的轉換程式已經開發完成，可以快速進行斷面轉換工作。
- d. 關於輸入變數之定義與詳細說明請參閱 Lai, C. (1999). “Simulation of unsteady flows in a river system.”

(3) 初始資料輸入

- a. 本模組需要每一個節點(nodal point)之初始資料來進行起算，需要輸入的資料包括：各斷面編號(斷面名稱 optional)、各斷面間距、起始時間、演算時間間距、資料輸出入時距、各節點水位及流量、各斷面底床高程、各河段之水流阻力係數。
- b. 各節點初始水通常是擷取現場的水位站記錄來進行初始資料輸入的步驟。如果水位站位置正好位於接合(匯合)點處，那就可以直接擷取現場的水位站記錄來進行初始資料的輸入，否則由線性內差可求取所需之初始值。
- c. 各節點的流量設定，建議以觀測流量為主，若無法取得則在恆定流河段處以查詢該地區之水位流量歷線估計。沒有恆定流的河段，以最佳工程判斷為途徑。
- d. 各斷面的底床高程：可以由斷面資料取得，本研究團隊已經結合斷面輸入第三種格式輸入轉換程式，在格式輸入轉換時可以同時取得底床高程。
- e. 各河段之水流阻力係數：淡水河全流域分析建議採用本研究團隊所率定

且經過驗證之水流阻力係數。

f. 關於輸入變數之定義與詳細說明請參閱 Lai, C. (1999). “Simulation of unsteady flows in a river system.” (Operational Manual)第 45 頁以及第 62 至 63 頁，輸入範例可參閱第 179 至 181 頁。

(4) 其他參數：其他參數包括一些輔助初始值，風阻力係數、風向係數及內差參數等，現階段均假設為零。

(5) 邊界資料準備

a. 水位資料：存於 DBD 檔。

b. 此部分已經納入整體操作流程之中，在邊界點選取後，將自動對所有之邊界資料進行校正、補遺及內差之動作，資料完備後，最後自動產生邊界資料輸入檔。

4. 資料輸出部分：

(1) 本模組第一個主要輸出結果為綜合資料表(CCCMPORT.A01)，所有的演算結果均列於該表中，包括每一輸出時間各斷面之水位、水深、流速、流量及各河段之側入流量統計。本模組第二個主要輸出結果為預測基隆河大華橋以下之水位站資料(CCCMPORT.A07)，將溢流河段之流量按時間積分即可求得各河段之溢流體積。

(2) 圖 A-4 與圖 A-5 顯示本模組兩個主要輸出結果，在模組完成計算後，會自動轉入資料庫中。

7/10/ 6
TIME
10- 0

STA.NAME	DISTANCE	STAGE	DEPTH	VELOCITY	DISCHARGE	AREA
TRIBUTARY 2 ---	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20,					
9-0 (10) K94	0.00	12.0400	4.6900	2.0613	346.2536	167.9757
9-1 K93	280.00	11.7381	4.8081	1.8355	355.5722	193.7222
9-2 K92	630.00	11.4531	5.1631	1.7232	331.1358	192.1640
9-3 K91	1465.00	10.7345	7.2345	1.4036	391.4968	278.9191
9-4 K90	1650.00	10.6066	5.7066	0.7124	400.0304	561.5208
9-5 K89	2230.00	10.5661	5.8061	1.0109	388.8475	384.6567
9-6 K88	2900.00	10.4559	6.3359	0.8358	372.5207	445.7243
9-7 K87	3140.00	10.3445	6.1445	1.3747	365.1081	265.5966
9-8 K86	3476.00	9.8700	5.5500	1.7536	377.4848	215.2610
9-9 A82	4120.00	9.2534	6.1934	1.2356	437.1638	353.7955
9-10 A82	4348.00	9.1345	6.0745	1.2502	431.2756	344.9684
9-11 A82	4700.00	8.9255	5.8655	1.2763	420.6221	329.5511
9-12 K82	5350.00	8.4615	5.4015	1.3183	389.9003	295.7675
9-13 K81	5660.00	8.1347	5.0147	1.9464	373.5443	191.9175
9-14 K80	5850.00	7.9260	5.1560	2.4075	384.2788	159.6170
10-0 (11) K80	5850.00	7.9260	5.1560	2.4075	384.2788	159.6170
10-1 A80	6127.00	7.6836	4.9136	2.5208	377.8653	149.8988
10-2 K77	6625.00	7.2665	5.0365	1.9152	350.0224	182.7607
10-3 K76	7137.00	6.6663	4.8363	1.7006	349.6355	205.6006
10-4 K75	7833.00	6.0694	4.8394	1.9693	340.9436	173.1326
10-5 K74	8240.00	5.7397	4.2197	1.7995	348.0910	193.4351
10-6 K73.1	8535.00	5.7781	5.6881	1.6028	338.1321	210.9679
10-7 K73	8950.00	5.4310	4.2710	1.9602	305.2809	155.7374
10-8 A70	9198.00	5.2206	4.3106	1.4438	328.4146	227.4699
10-9 A70	9848.00	4.9480	4.0380	1.4789	305.3188	206.4549
10-10 K70	10086.00	4.8107	3.9007	1.5223	298.3960	196.0116
10-11 K69	10460.00	4.6794	3.9994	1.5805	284.6545	180.1066
10-12 K68	10760.00	4.4848	3.6048	1.9183	295.5752	154.0791
11-0 (12) K68	10760.00	4.4848	3.6048	1.9183	295.5752	154.0791
11-1 A66	11310.00	4.4381	4.2181	1.3944	288.5028	206.8976
11-2 K66	11625.00	4.4607	4.2407	1.3484	281.1211	208.4856
11-3 K65	11970.00	4.3997	3.3297	0.8343	279.1954	334.6446
11-4 A63	12125.00	4.4310	4.3910	1.1842	269.9131	227.9204
11-5 K63	12450.00	4.3069	4.2669	1.1974	260.1242	217.2495
11-6 K61	12749.00	4.2512	4.2112	1.1794	250.6474	212.5238
12-0 (13) K61	12749.00	4.2512	4.2112	1.1794	250.6474	212.5238
12-1 A61	13132.00	4.1878	4.1478	1.1621	240.7890	207.2008
12-2 A56	13770.00	3.5943	4.6643	0.9256	272.5989	294.5186
12-3 A56	14078.00	3.4139	4.4839	0.9892	273.5110	276.4887

圖 A-4 本模組 CCCMPORT.A01 輸出示意圖

OCTOBER 2007 DISCHARGES AT STATION

ODAY HR	COM.DIS.	COM.DIS.	DISCHARGE IN 100 cms			
	!	!	-40	0	40	80
	cms	!	!	!	!	!
0.0	2 5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1200.0	2 5	-7.2	226.0	1881.1	36.6	24.6
2400.0	2 5	-202.9	923.3	2267.1	70.6	24.7
3600.0	2 6	-116.8	881.6	2050.4	62.3	24.8
4800.0	2 6	9.0	855.6	1731.6	88.1	24.8
6000.0	2 6	92.1	838.7	1577.6	109.4	24.6
7200.0	2 7	111.5	808.4	1517.9	113.5	24.6
8400.0	2 7	112.9	777.8	1394.2	117.6	24.3
9600.0	2 7	128.5	747.2	1294.6	118.0	24.3
10800.0	2 8	128.3	714.0	1181.8	116.6	24.4
11999.9	2 8	141.6	674.9	1104.0	123.2	24.4
13199.9	2 8	139.9	636.4	986.6	122.8	24.6
14399.9	2 9	141.3	593.7	847.3	120.4	24.7
15599.9	2 9	142.6	535.9	772.8	130.9	24.4
16799.9	2 9	143.0	484.4	569.9	136.8	24.1
17999.9	2 10	134.4	416.5	357.6	133.2	23.8
19200.0	2 10	132.6	323.0	224.4	140.0	23.8
20400.0	2 10	133.7	216.7	-205.6	138.2	23.9
21600.1	2 11	120.5	-23.1	-471.4	142.0	23.9
22800.2	2 11	105.6	-252.9	-771.6	143.7	23.9
24000.2	2 11	23.8	-370.1	-1087.2	133.5	24.1
25200.3	2 12	-109.0	-494.0	-1299.0	103.2	24.1
26400.3	2 12	-110.3	-621.7	-1538.9	106.6	24.1
27600.4	2 12	-116.7	-742.5	-1808.2	124.8	23.9
28800.4	2 13	-100.3	-866.9	-1718.3	136.0	23.9
30000.5	2 13	-91.3	-895.1	-1930.5	150.4	23.9
31200.6	2 13	-84.1	-964.5	-1866.5	185.7	23.9
32400.6	2 14	-105.7	-959.6	-1736.7	199.1	23.9
33600.6	2 14	-117.7	-897.7	-1666.0	200.4	23.9
34800.4	2 14	-238.1	-811.2	-1316.2	116.2	23.9
36000.3	2 15	-426.0	-745.2	-297.4	-62.4	23.9
37200.2	2 15	-470.4	-469.1	721.8	-189.2	23.6
38400.1	2 15	-414.8	-81.5	1098.8	-205.7	23.6

圖 A-5 本模組 CCCMPORT.A06 輸出示意圖

ODAY HR	COM.ELV. *	COM.ELV. *		-1.0	1.0	3.0	5.0		
	m								
0.0	2	5	0.71	0.66	1.10	2.25	2.56	3.63	5.00
1200.0	2	5	0.75	0.77	1.32	1.87	3.05	3.32	5.20
2400.0	2	5	0.55	0.77	1.27	1.80	2.93	3.22	5.13
3600.0	2	6	0.38	0.61	1.28	1.73	2.83	3.12	5.07
4800.0	2	6	0.20	0.46	1.22	1.68	2.75	3.04	5.02
6000.0	2	6	0.06	0.34	1.13	1.61	2.67	2.97	4.97
7200.0	2	7	-0.06	0.22	1.04	1.54	2.61	2.92	4.94
8400.0	2	7	-0.17	0.10	0.96	1.47	2.56	2.87	4.90
9600.0	2	7	-0.26	-0.02	0.88	1.41	2.51	2.82	4.87
10800.0	2	8	-0.34	-0.13	0.80	1.35	2.47	2.79	4.85
11999.9	2	8	-0.41	-0.23	0.73	1.30	2.43	2.75	4.83
13199.9	2	8	-0.46	-0.30	0.66	1.25	2.40	2.72	4.81
14399.9	2	9	-0.49	-0.38	0.59	1.20	2.37	2.70	4.80
15599.9	2	9	-0.50	-0.44	0.54	1.16	2.35	2.68	4.79
16799.9	2	9	-0.50	-0.48	0.48	1.13	2.33	2.66	4.78
17999.9	2	10	-0.47	-0.52	0.44	1.09	2.31	2.64	4.77
19200.0	2	10	-0.40	-0.54	0.39	1.07	2.29	2.63	4.76
20400.0	2	10	-0.32	-0.54	0.36	1.04	2.28	2.62	4.76
21600.1	2	11	-0.17	-0.50	0.32	1.02	2.27	2.61	4.75
22800.2	2	11	-0.02	-0.36	0.30	1.00	2.26	2.60	4.74
24000.2	2	11	0.17	-0.19	0.28	0.99	2.25	2.59	4.74
25200.3	2	12	0.37	-0.01	0.27	0.97	2.24	2.58	4.73
26400.3	2	12	0.57	0.19	0.31	0.96	2.23	2.57	4.73
27600.4	2	12	0.79	0.38	0.40	0.96	2.22	2.57	4.73
28800.4	2	13	0.98	0.58	0.54	0.98	2.21	2.56	4.73
30000.5	2	13	1.15	0.77	0.72	1.02	2.21	2.56	4.72
31200.6	2	13	1.32	0.94	0.90	1.09	2.21	2.56	4.72
32400.6	2	14	1.46	1.11	1.07	1.19	2.21	2.56	4.72
33600.6	2	14	1.60	1.26	1.23	1.30	2.22	2.56	4.72
34800.4	2	14	1.72	1.40	1.39	1.44	2.23	2.56	4.72
36000.3	2	15	1.73	1.53	1.53	1.57	2.24	2.56	4.72
37200.2	2	15	1.62	1.58	1.66	1.69	2.27	2.57	4.71

圖 A-6 本模組 CCCMPORT.A07 輸出示意圖

A.5 模組應用

1. 現階段模擬範圍，包括基隆河(大華橋以下)、大漢溪(新海橋以下)、新店溪(中正橋以下)及淡水河(入口堰以下至河口)之河道，總共有 146 個渠段(segment，兩斷面間謂之渠段)，並依河道特性分為 17 個河段(reach)。
2. 主支流編號：以大漢溪接續淡水河至河口為主流，再依序加入新店溪與基隆河分別為第一與第二支流。
3. 河道斷面資料：輸入大漢溪 5 個斷面、新店溪 17 斷面、淡水河 36 個斷面、基隆河 90 個斷面。如表 A-2 及表 A-3 所示。
4. 水位資料：在淡水河為新海橋、入口堰、中正橋、獅子頭、土地公鼻及河口等水位站，在新店溪為秀朗橋與中正橋水位站，在基隆河為瑞芳介壽橋、瑞慶橋、大華橋、五堵、江北橋、社后橋、南湖大橋、松山、大直橋、中山二橋、百齡橋與資料。
5. 模組邊界水位條件：在基隆河以瑞芳介壽橋為上游水位邊界站、而另三個邊界水位站為，新海橋(大漢溪)、秀朗橋(新店溪)、河口(淡水河)。

表 A-1 河川不恆定流模式採用河段斷面說明（新店溪、大漢溪部份）

新店溪與淡水河				大漢溪與淡水河			
河心距 (m)	斷面編號	說明	納入計算	河心距 (m)	斷面編號	說明	納入計算
31795	H17.A	秀朗橋	○	23870	T36.A	新海橋	○
31335	H17		○	23750	T36		○
30765	H16		○	23150	T35.A	大漢橋	×
30285	H15		○	23000	T35		○
29730	H14		○	22335	T34		○
29246	H13.B	福和橋	×	21750	T33		○
29090	H13.A	永福橋	×	21215	T32	入口堰	○
29060	H13		○	20490	T31		×
28450	H12		○	20190	T30		○
28195	H11		○	19330	T29		○
27495	H10.A	中正橋	○	19140	T28.A	中興大橋	○
27180	H10		×	18930	T28		○
26590	H9		×	18305	T27.A	忠孝大橋	○
25940	H8		○	18095	T27		○
25010	H7		○	17635	T26		○
24745	H6.A	華中大橋	×	16905	T25		○
24505	H6		○	16775	T24.A	台北橋	○
24045	H5		○	16400	T24		○
23435	H4		○	15141	T23		○
22900	H3		○	15090	T22.A	高速公路橋	×
22320	H2.A	光復橋	×	14940	T22		○
22125	H2		○	14250	T21		○
21315	H1.A	華江大橋	×	14110	T20.A	重陽橋	×
21215	H1	入口堰附近	○	13600	T20		○
20490	T31		×	12900	T19		○
20190	T30		○	12435	T18		○
19330	T29		○	11805	T17		○
19140	T28.A	中興大橋	○	11170	T16		○
18930	T28		○	10470	T15		○
18305	T27.A	忠孝大橋	○	9830	T14		○
18095	T27		○	8920	T13	獅子頭	○
17635	T26		○	8045	T12		○
16905	T25		○	7325	T11		○
16775	T24.A	台北橋	○	6985	T10.A	關渡大橋	○
16400	T24		○	6625	T10		○
15141	T23		○	6075	T9	土地公鼻	○
15090	T22.A	高速公路橋	×	5285	T8		○
14940	T22		○	4765	T7		○
14250	T21		○	4225	T6		○
14110	T20.A	重陽橋	×	3245	T5		○
13600	T20		○	2565	T4		○
12900	T19		○	1855	T3		○
12435	T18		○	1205	T2		○
11805	T17		○	615	T1		○
11170	T16		○	0	T0	河口	○
10470	T15		○	1. 斷面資料由第十河川局提供 2. 該斷面未採用之原因：由於該施測斷面與水流方向不是正交情況、斷面資料不合理或該河段已有足夠斷面供模式評估演算，省略該斷面以減少資料處理量，因而未採用。			
9830	T14		○				
8920	T13	獅子頭	○				
8045	T12		○				
7325	T11		○				
6985	T10.A	關渡大橋	○				
6625	T10		○				
6075	T9	土地公鼻	○				
5285	T8		○				
4765	T7		○				
4225	T6		○				
3245	T5		○				
2565	T4		○				
1855	T3		○				
1205	T2		○				
615	T1		○				
0	T0	河口	○				

表 A-2 河川不恆定流模式採用河段斷面說明 (基隆河部份)

基隆河 (新子頭至大華橋)											
河心距 (m)	斷面編號	說明	納入計算	河心距 (m)	斷面編號	說明	納入計算	河心距 (m)	斷面編號	說明	納入計算
0	K01		○	20602	K43.1	南湖大橋	○	29127	K661		○
800	K02		○	21105	K44		○	29267	K67		○
1400	K03		○	21237	K44.1		×	29477	K67.1		○
2025	K04		○	21247	K44.2		×	29677	K67.2		○
2525	K05		○	21612	K45		○	29817	K68.1	長安橋	×
3225	K06		○	22112	K46		○	29977	K68.1		×
3775	K07		○	22337	K47		×	30117	K69		○
4675	K08		○	22507	K47.1	北山大橋	×	30327	K69.1		○
5425	K09		×	22787	K48.1	南陽大橋	○	30491	K70		×
5625	K10		○	23037	K48.1		○	30729	K71		○
6075	K11.A	百齡橋	×	23387	K49		○	30879	K72.1	中山高橋	×
6622	K12		○	23637	K49.1		×	31179	K72.1		×
7022	K13		○	23912	K50.1	社後橋	○	31379	K72.2		×
7772	K14.A	承德橋	○	23987	K50.1		×	31627	K73.1	中山高橋	○
7946	K15	捷運橋	○	24137	K50.2		×	32337	K74.1	千祥橋	○
8202.5	K15B	高速公路橋	×	24287	K51		×	32744	K75		○
8492.5	K16A	中山橋	○	24537	K51.1		×	33440	K76.1	百福橋	○
8767.5	K16B	松江大橋	×	24737	K52		○	33952	K77		○
9017.5	K16C	高速公路橋	○	24937	K52.1		○	34391	K78.1	寶隆橋	×
9346.5	K17		○	25170	K53.1	中山高橋	×	34450	K79.1	五堵橋	○
9846.5	K18		○	25347	K53.1		×	34727	K80		○
10496.5	K19	大直橋	○	25511	K54		○	34917	K81		×
11166.5	K20		○	25659	K54.1		○	35227	K82.1	六堵橋	○
12016.5	K20-1		○	25827	K55.1	樟江大橋	×	35877	K83		○
12466.5	K20-2		○	25960	K55.1	交流道橋	×	36229	K84		×
12816.5	K20-3		×	25995	K55.3	北二高橋	×	36457	K85.1	五福橋	○
13141.5	K20-4		×	26079	K55.5	交流道橋	×	37101	K86		○
13591.5	K20-5		○	26146	K55.6.7	交流道橋	×	37437	K87		×
13766.5	K20-6		×	26288	K56		○	37677	K88.1	六合橋	○
13941.5	K27A	高速公路橋	×	26366	K56.1		×	37732	K88.9	橡皮壩	×
14368.5	K20-7		○	26466	K56.7.1	師道 6A	×	38347	K89		×
14818.5	K28A	民權大橋	○	26499	K57.1	中山高公路橋	×	38927	K90.1	七賢橋	×
15392.5	K20-8		×	26549	K57.8.1	西側基隆河橋	×	39112	K91.1	吊橋	×
15742.5	K20-8A		○	26807	K58		○	39947	K92.1	崇智橋	○
16342.5	K34A	麥帥二號橋	×	27006	K58.1		○	40297	K93		×
16958.5	K35		○	27120	K58.2		○	40577	K94.1	大華橋	○
17228.5	K35A	長壽橋	×	27252	K58.3		○				
17392	K35B	成美橋	×	27445	K60		○				
17922	K36		○	27627	K60.1		×				
18422	K37	成功橋	○	27828	K61.1	江北橋	○				
18592	K37-1		×	27870	K62.1	汐止交流道橋	×				
18842	K37-2		×	28127	K63		×				
19042	K40		○	28452	K64		○				
19582	K41		○	28607	K65.1		×				
20142	K42		○	28952	K66	台五線聯絡橋	×				

1. 斷面資料由第十河川局提供
 2. 該斷面未採用之原因：由於該地測斷面與水流方向不是正交情況，斷面資料不合理或該河段已有足夠斷面供模式評估演算，省略該斷面以減少資料處理量，因而未採用。

個人簡歷



姓名：邱啟平

出生地：高雄縣

出生日期：西元 1984 年 10 月 13 日

學歷：高雄市立中正高中

國立中興大學水土保持學系

國立台灣大學土木工程研究所水利組