

水資源工程研討會論文專刊

濁水溪洪水預報系統建立之研究

Study on Establishing Flood Forecasting System for Cho-Shui River

臺灣省水利局規劃總隊總隊長

臺灣省水利局工程員

簡 俊 彥

黃 月 娟

Chun-Yen Chien

Yueh-Chain Huang

摘 要

爲建立濁水溪洪水預報系統，本研究主要分爲硬體及軟體兩部分；硬體部分首先作電波實地試驗及整體規劃確定水文自動傳訊測站網位置，並對設備規格，電波傳送方式，中繼系統，終端控制系統，人力配備等進行研究，軟體部分，係尋求並建立一合適的數學模式以供洪水預報之用，本研究選用具時效性的貯蓄函數法及複相關法。以實測資料作模式參數檢定及驗證，並進行全流域的系統模擬演算後，結果良好，雖然複相關法在使用上較爲簡便，貯蓄函數法仍有其獨具之優點，故建議兩法同時採用，作爲濁水溪洪水預報之數學模式。

Abstract

In order to establish the flood forecasting system for Cho-Shui River, this study contains two main parts as follows:

The first part deals with the system hardwares. After planning and electric signal field tests the sites of raingages and waterstage-gages are determined on the field spot to form the automatic transmission network. In addition, devices specifications, signal transmitting and relay system, terminal control systems are also planned in this part.

The second part studies the system softwares. In order to find a flood forecasting model suitable for Cho-Shui River, two mathematical models are studied. One is storage function model, the other one is a multiple regression model. After calibrating and verifying these two models with field data, the agreements of simulation results are pretty good. Although the multiple regression model seems better in simplicity and facility, for the sake of security, both the storage function model as well as the multiple regression model are recommended to be adopted.

壹、前言

本研究主要目的是建立濁水溪流域洪水預報系統完整的軟體及硬體模式，密切配合實際需求，作為建立濁水溪洪水預報系統的依據。研究內容包括：水文電傳測報站網的規劃選定，電訊傳送方式研究與實地電波測試，洪水預報數學模式之建立，系統內各測報站設施及儀器設備規劃，系統建立所需經費，預報中心所需配備人員等，茲就主要項目簡單分述如后。

貳、水文電傳測報站網的規劃選定

濁水溪流域面積3,155.21平方公里，幹流長度186.63公里，主要支流有丹大溪、郡大溪、陳有蘭溪、清水溪等，為本省第二大河流。基於演算需要的考慮，將整個流域分為8個集水區，6個河道，並選定兩岸人口密集的彰雲大橋以下至河口作為本流域洪水預報的對象河段。水文電傳測報站網的規劃，主要參考民國72年度「臺灣省地區氣象及水文測站網調查規劃研究」成果，再考慮交通、電訊傳送，演算需求及未來施測、維護、管理等實際問題，予以調整選定。規劃結果，擬設電傳遙測雨量站81處，水位站7處，中繼站1處及洪水預報中心1處。如圖1及表1所示。

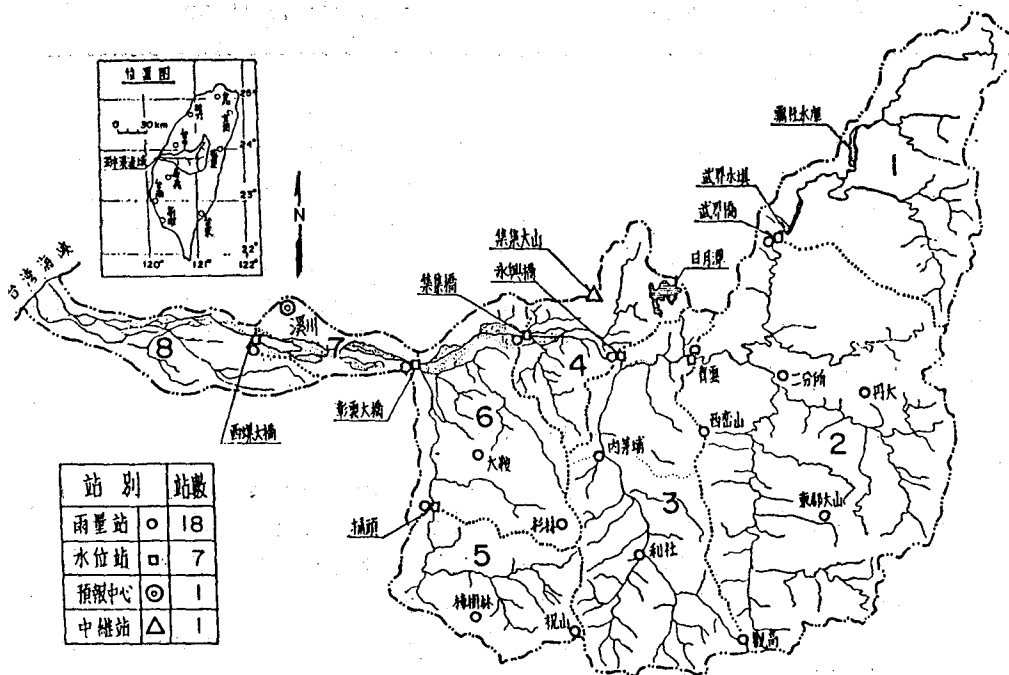


圖1 濁水溪洪水預報系統水文測站網計畫圖

參、電訊傳送方式研究與實地電波測試

為確定各測站與預報中心間之電波得以順利傳送，本研究先向交通部郵電司申請核准使用 54.80 及 56.80 兆赫，作為雙向無線電頻率測試之用，並利用地形側視圖先作室內研判，認為可行後，於民國74年10月至75年1月間由水利局同仁及第四、第十工程處有關人員，分三梯次辦理實地電波測試。

各測報站與預報中心間的無線電資料傳訊，儘量直接由測報站傳送預報中心，無法直接傳送者，

始經中繼站傳送至預報中心。經實地電波測試結果，電訊可直接傳送預報中心之水位站2處，雨量站8處。需經集集大山中繼站傳送之水位站4處，雨量站9處，需經西轆大山中繼站傳送之水位、雨量站各1處。其中，除彰雲大橋、樟樹湖、桶頭站三處，電場強度低於30分貝/微伏，在設計時需採較高之增益天線，提高訊號強度外，其餘各站均在30分貝/微伏以上。

若武界水位、雨量站與預報中心間的資料傳送，欲採用無線電波方式，則必需增設西轆大山中繼

表 1 濁水溪洪水預報系統水文測站網計畫表

集水區			現有測站 (自記或普通)				計畫遙測站			
編號	範圍	面積 (Km ²)	雨量站		水位站		雨量站	水位站	中繼站	預報中心
			水利局	其他單位	水利局	其他單位				
1	武界橋站以上集水區	504.82						武界橋 1 站		
2	武界橋站以下至青雲站間集水區 (含卡社、丹大郡大溪流流域)	1,021.44		丹大 (臺電) 1 站		青雲 (臺電) 1 站	武界 分所 二丹 東郡 大山 觀 6 站	青雲 1 站		
3	陳有蘭溪及青雲橋至永興橋間集水區	563.74	內茅埔 1 站	和社 (臺大) 1 站			內茅埔 和社 西巒 山 永興橋 3 站	永興橋 1 站		
4	永興橋站以下至集集橋站間集水區	214.20			集集橋 1 站		永興 1 站	集集橋 1 站	集集大山 1 站	
5	桶頭站以上集水區	259.20			桶頭 1 站		祝樟 山湖 樹 2 站	桶頭 1 站		
6	集集橋至桶頭以下至彰雲大橋間集水區	342.92	集集 桶頭 2 站		彰雲大橋 1 站		桶頭 彰雲 林大 集 集 4 站	彰雲大橋 1 站		
7	彰雲大橋至西螺大橋間集水區	69.20	西螺 1 站		西螺大橋 1 站		彰雲 西螺 2 站	西螺大橋 1 站		溪州 1 站
8	西螺大橋至河口間集水區	179.69								
合計		3,155.21	4 站	2 站	4 站	1 站	18 站	7 站	1 站	1 站
總測站密度 (Km ² /站)			6 站		5 站		175.29	450.74		

站一處。因不符經濟原則，經研討結果，改以有線電話數據傳訊方式處理。至於東郡大山與觀高雨量站，前者道路尚未開通，後者道路因崩坍失修，無法前往，暫以地形側視圖及計算之電場強度取代，將來實施時須再測試。

肆、洪水預報數學模式方法之採用及參數之檢定

本研究為達到洪水預報目的，必需建立(一)雨量預測數學模式，(二)洪水逕流推估數學模式。茲就此兩部分採用方法說明如后：

一、雨量預測數學模式：

本省可能造成洪水的降雨，除了颱風以外，還有五、六月間的梅雨，受滯留鋒的影響，帶來連續性或間歇性降雨，若伴隨西南氣流所引發的雷陣雨亦可造成降雨高峯。而颱風降雨係由環流雨及地形

雨，兩種降雨相加而成，環流雨係因颱風四周低層高溫高濕空氣向颱風中心輻合上升，以致所含水汽冷卻凝結下降而成，地形雨則係進行中之颱風氣流受山脈阻擋被迫抬升而降雨。由於臺灣地形複雜、面積小，又地屬海島，對於中小尺度的逐時雨量預測，相當困難。

目前本省對於逐時雨量的預測研究，多偏重於颱風降雨。有利用數學模式計算環流雨及地形雨強度，相加而得；亦有考慮颱風移向的客觀預測圖法，此法又因考慮颱風強度與否，分為比值法與平均法。此外，亦不乏其他統計方法，但都不盡理想。

本研究為兼顧颱風以外的降雨，並使預報方法簡化，採用相關法進行本流域各集水區逐時雨量預測。首先選取各集水區歷次較大洪水的集水區平均逐時雨量，以 t 時刻的雨量 R_t 為自變數， $t+1$ 時刻雨量為因變數，全部合為一組數據求得其相關

式，如 $R_{t+1} = A + B \cdot R_t$ ，此式僅代表 R_{t+1} 與 R_t 關係的一個線性平均趨勢。但實際上，本流域之降雨忽高忽低，很難以慣性法或其他方法予以估算，而上式對於洪水上漲的危險時刻而言，其平均趨勢又偏向保守。以桶頭上游集水區為例，先將 R_{t+1} 、 R_t 及相關曲線求出得 $R_{t+1} = 1.39 + 0.8198 R_t$ ，並點繪於圖 2，由式中可知，對於陡昇的降雨，所得計算值將偏低，若取各點之包絡線則計算值又偏高，因此，取所有 $R_{t+1} > R_t$ 的數據，另求一曲線得： $R_{t+1} = 2.38 + 1.6588 R_t - 0.010176 R_t^2 - 0.000001957 R_t^3$ ，此式可用於桶頭流量上漲的時刻，並設上限值如：80mm 以免反復預測（如預測 R_{t+2} 、 R_{t+3} …等）所造成的過度高估。而流量下降段則採用直線相關式。根據本法所得各集水區（編號詳如圖 1）之逐時雨量相關式如下：

- 集水區 Δ ：① $R_{t+1} = 0.55 + 0.8718 R_t$ (相關係數 $r = 0.872$)
 ② $R_{t+1} = 1.06 + 1.3575 R_t - 0.00637 R_t^2 - 0.0003223 R_t^3$ (相關係數 $r = 0.916$)
 集水區 \triangle ：① $R_{t+1} = 0.98 + 0.8426 R_t$ ($r = 0.843$)
 ② $R_{t+1} = 1.98 + 1.1431 R_t + 0.01156 R_t^2 - 0.0004387 R_t^3$ ($r = 0.913$)

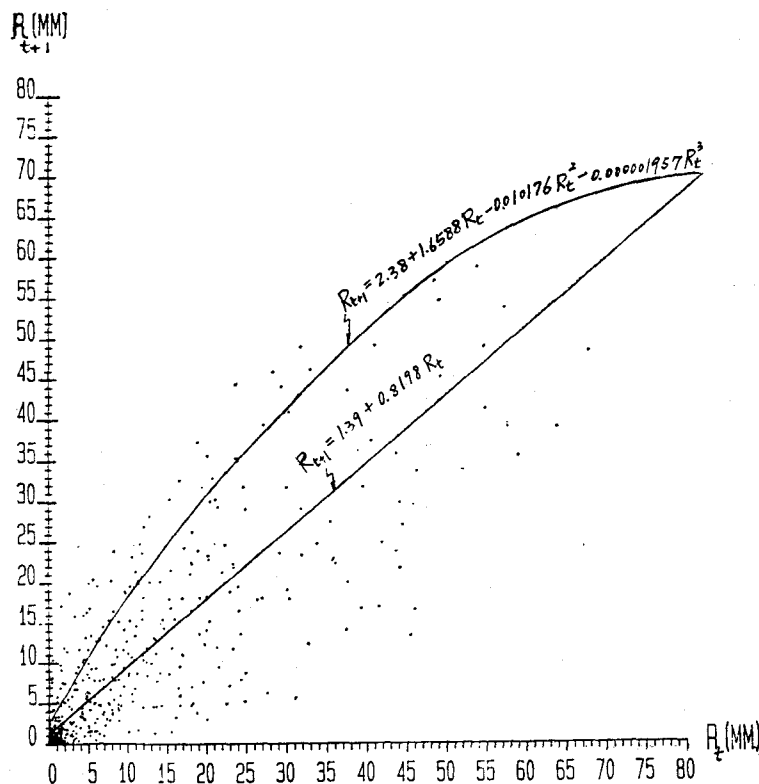


圖 2 桶頭站上游集水區逐時雨量相關示意圖

- 集水區△：① $R_{t+1}=0.81+0.8121R_t$ ($r=0.813$)
 ② $R_{t+1}=1.4108+2.1515R_t-0.1253R_t^2+0.004079R_t^3$ ($r=0.883$)
- 集水區△：① $R_{t+1}=1.39+0.8197R_t$ ($r=0.820$)
 ② $R_{t+1}=2.38+1.6588R_t-0.010176R_t^2-0.000001957R_t^3$ ($r=0.911$)
- 集水區△：① $R_{t+1}=1.17+0.8150R_t$ ($r=0.815$)
 ② $R_{t+1}=3.69+1.1579R_t+0.00705R_t^2-0.0002108R_t^3$ ($r=0.879$)
- 集水區△：① $R_{t+1}=1.43+0.5127R_t$ ($r=0.815$)
 ② $R_{t+1}=4.71+0.9901R_t+0.06458R_t^2-0.002510R_t^3$ ($r=0.732$)

二、洪水逕流推估數學模式：

為達到洪水預報目的，洪水逕流推估數學模式方法的選用，必須考慮兩大原則：1.爭取預報時效。2.增加預報準確度。因此，流域逕流推估的集水區劃分不可過大，才能掌握各集水區地文特性，減少平均雨量的代表性誤差，但亦不可太小，使系統模式過分複雜。至於河道的分段，則配合集水區劃分及控制水位流量站的位置作劃分。本研究數學模式演算系統分割圖，如圖3所示。為增加預報時數及減少誤差，選用的方法必須能充分利用流域和河道的稽延時間，俾由實測雨量、流量資料推估下游各控制站的流量、水位，避免不必要的集水區雨量預測，及逕流推估而減少累積誤差。本研究因此選用貯蓄函數法及複相關法。貯蓄函數法的好處，是可用它理論上的稽延特性， $I_t - O_{t+l} = \frac{dS_{t+l}}{dt}$ 的連續方程式，由 t 時刻的入流量 I_t ，推求 t + l 時刻的出流量 O_{t+l} 。例如，我們現在要由永興橋水位流量控制站推求集集站 2 小時後的流量，就貯蓄函數法而言，因河道稽延有 1 小時，而兩控制站間集水區的流域逕流稽延有 2 小時，故只需預估永興橋 1 小時後的流量，就可推求集集 2 小時後的流量。若集水區逕流推估採用變量流或馬斯金更法等其他方法，流域逕流採用單位歷線法，則必需預估永興橋 2 小時後流量，集水區 2 小時後平均降雨量，才能夠推求集集 2 小時後的流量，如此一來，誤差必然加大許多，尤其對於平均雨量的預測宜儘量避免或減少預測時數。複相關法也是基於同樣的考慮，若方程式是 $Q_{(t)} = a + b \cdot R_{(t-l_1)} + c \cdot Q_{1(t-l_2)} + d \cdot Q_{(t-l_3)}$ ，Q 表示下游控制站流量， Q_1 表示上游控制站入流量，R 表示兩站間集水區平均雨量， l_1, l_2, l_3 分別代表各變數之稽延時間，a, b, c, d 係方程式的選用，在不影響預測準確度的數。則情況下，宜採用較大的時間稽延，儘量採用實測的自變數值代入求 $Q_{(t)}$ ，減少不必要的自變數的預測。茲就

貯蓄函數法及複相關法，分別敘述如下：

1.貯蓄函數法：

貯蓄函數法的好處已如前述，然其牽涉的參數，在雨量推求流域逕流時有稽延時間 T_i ，蓄水參數 k, p ，一次流出率 F_1 ，及飽和雨量 $R_{s,i}$ ；在河道演算時有稽延時間 T_r 及蓄水參數 k, p 。以集集、桶頭兩流量站至西螺大橋流量站間的區域而言，因彰雲大橋民國74年方設水位流量站，實測資料不足，在檢定參數時，No.6, No.7 兩集水區的 10 個 (5×2) 流域參數及 D, E, F 三河道的 9 個 (3×3) 河道參數，合計 19 個參數，都必需同時

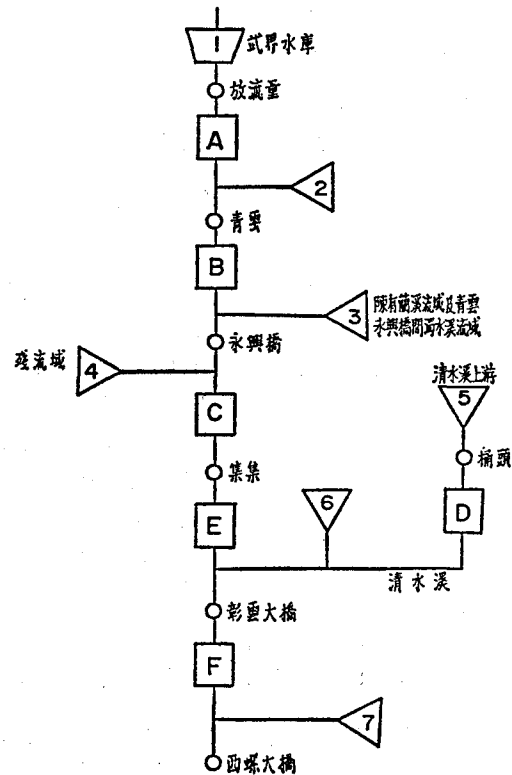


圖3 濁水溪流域洪水預報數學模式演算系統分割圖

求出，經挑選集集、桶頭、西螺三站流量資料完整且雨量資料無缺的9次洪水作檢定。如果以各別洪水求最佳參數，結果必定參差不一，在實際預報作業選擇參數應用值時必然增加困擾，若採用各次洪水的參數平均作參數應用值，由於各次洪水的最佳值，其流域的五個參數值之間具有互補互調的作用，甲次洪水的最佳 $k=5$ ， $p=0.8$ ，乙次洪水的最佳 $k=25$ ， $p=0.5$ ，取其平均值， $k=15$ ， $p=0.65$ 作代表值，其結果可能比 $k=10$ ， $p=0.7$ 更差。因此本研究對於參數的檢定，是利用試誤法，儘量將參數予以固定，將檢定用的N次洪水實測資料同時輸入演算，作整體密合度的比較，並注意各別洪水的演算誤差，務求各別洪水的實測與演算值差異不大，且總體密合度最佳，如此所得檢定結果，再以另外數次洪水作驗證方予採用，作為預報之應用參數。

密合度的檢定是利用相關係數，效率係數，洪峯流量誤差百分比，洪峯時間誤差，流量體積誤差，及 $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_o - Q_p}{Q_p} \right)^2$ 等6個密合度指標作優劣之判定。限於篇幅，本文僅列出所得各河道及集水區應用參數值如下：

集水區參數：

- 集水區 No.2: $T_f=3hr$, $k=12$, $p=0.5$,
 $F_1=0.6$, $R_{s.s}=\Sigma R$
- 集水區 No.3: $T_f=3hr$, $k=20$, $p=0.8$,
 $F_1=0.5$, $R_{s.s}=\Sigma R$
- 集水區 No.4: $T_f=2hr$, $k=20$, $p=0.47$,
 $F_1=0.7$, $R_{s.s}=\Sigma R$
- 集水區 No.5: $T_f=1hr$, $k=31$, $p=0.425$,
 $F_1=0.4$, $R_{s.s}=40mm$
- 集水區 No.6: $T_f=3hr$, $k=5$, $p=0.5$,
 $F_1=0.99$, $R_{s.s}=\Sigma R$
- 集水區 No.7: $T_f=1hr$, $k=5$, $p=0.5$,
 $F_1=0.99$, $R_{s.s}=\Sigma R$

河道參數：

- 河道A: $T_f=2hr$, $k=50 \times 10^3$, $p=0.6$
- 河道B: $T_f=1hr$, $k=10 \times 10^3$, $p=0.6$

河道C: $T_f=1hr$, $k=10 \times 10^3$, $p=0.6$

河道D: $T_f=1hr$, $k=60 \times 10^3$, $p=0.6$

河道E: $T_f=1hr$, $k=60 \times 10^3$, $p=0.6$

河道F: $T_f=1hr$, $k=60 \times 10^3$, $p=0.6$

其中， T_f 表示時間稽延

k, p : 蓄水常數

F_1 : 一次流出率

$R_{s.s}$: 飽和雨量

ΣR : 洪水期間全期總降雨量

2. 複相關法：

本模式在檢定複相關方程式時，採用與貯蓄函數法相同的原則，將各迴歸係數予以固定，減少預報時參數時變性的困擾。對於自變數之選擇亦儘量在不影響精度的原則，刪除稽延時間太短的變數項，增加預報時效。以桶頭流量推估為例，桶頭 t 時刻的流量 Q 應與其前期流量及桶頭上游集水區雨量

R 有關，其方程式可寫為 $Q_t = a + \sum_{i=0}^n b_i R_{(t-i)} + \sum_{j=1}^m c_j Q_{(t-j)}$ ， a, b_i, c_j 代表迴歸係數。檢定時，是取

N次洪水的雨量、流量資料，按照不同的自變數組合（因 b_i, c_j 為零或不為零而有多種組合），將資料排列、串聯成不同的數據組。求其係數值，並按照相關係數之大小及洪峯誤差，洪峯時間差等，作密合度檢測，如果 $R_{(t-2)}$ 與 $R_{(t-1)}$ 兩項同時列入自變數考慮，其精度與只考慮 $R_{(t-2)}$ 一項幾無差異，則只選用 $R_{(t-2)}$ 項。桶頭前期流量納入自變數，若考慮 $Q_{(t-3)}, Q_{(t-2)}, Q_{(t-1)}$ 三項的結果並不比 $Q_{(t-1)}$ 一項為優，則只取用 $Q_{(t-1)}$ 一項，以簡化方程式，方程式經過檢定之後，再以另外數次洪水作驗證。

本研究複相關法部分，因永興橋及彰雲大橋資料不全無法建立相關方程式外，已建立之相關有：

- ①由武界流量，集水區 No.2 雨量推求青雲流量，
- ②由青雲流量，集水區 No.3, No.4 雨量，推求集集站流量，
- ③由集水區 No.5 雨量推求桶頭流量，
- ④由集集、桶頭流量，集水區 No.6 雨量推求西螺大橋流量。以上各推求站之流量均與其前期流量有關。限於篇幅僅將所得方程式陳列如下：

①青雲流量 $Q_{(t)} = -28.59 + 16.2816R_{2(t-3)} - 0.0736Q_{0(t-2)} + 0.9737Q_{(t-1)}$ (相關係數 $r = 0.992$)

其中 $R_{2(t-3)} = (t-3)$ 時刻，集水區 No.2 平均時雨量，單位mm

$Q_{0(t-2)} = (t-2)$ 時刻，武界埧洩洪量，單位CMS

$Q_{(t)}, Q_{(t-1)} = (t), (t-1)$ 時刻青雲流量，單位 CMS

$$\textcircled{2} \text{集集流量 } Q_{(t)} = 48.13 + 5.0376R_{3(t-4)} + 6.1765R_{4(t-2)} + 0.1760Q_{1(t-2)} + 0.8289Q_{(t-1)}$$

(相關係數 $r = 0.959$)

其中： $Q_{(t)}, Q_{(t-1)} = t, (t-1)$ 時刻集集流量，單位 CMS
 $R_{3(t-4)} = (t-4)$ 時刻，集水區 No.3 之平均時雨量，單位 mm
 $R_{4(t-2)} = (t-2)$ 時刻，集水區 No.4 之平均時雨量，單位 mm
 $Q_{1(t-2)} = (t-2)$ 時刻，青雲站之入流量，單位 CMS

$$\textcircled{3} \text{桶頭流量 } Q_{(t)} = 24.25 + 6.7932R_{5(t-2)} + 0.8242Q_{(t-1)} \text{ (相關係數 } r = 0.952)$$

其中： $Q_{(t)}, Q_{(t-1)} = (t), (t-1)$ 時刻，桶頭流量，單位 CMS
 $R_{5(t-2)} = (t-2)$ 時刻，集水區 No.5 平均時雨量，單位 mm

$$\textcircled{4} \text{西螺大橋流量 } Q_{(t)} = -49.78 + 0.3045Q_{2(t-2)} + 0.2770Q_{3(t-2)} + 0.7376Q_{(t-1)} + 25.3663R_{6(t-4)}$$

(相關係數 $r = 0.986$)

其中： $Q_{(t)}, Q_{(t-1)} = (t), (t-1)$ 時刻，西螺大橋流量，單位 CMS
 $Q_{2(t-2)} = (t-2)$ 時刻，集集站之入流量，單位 CMS
 $Q_{3(t-2)} = (t-2)$ 時刻，桶頭站之入流量，單位 CMS
 $R_{6(t-4)} = (t-4)$ 時刻，集水區 No.6 平均時雨量，單位 mm

以上四式，因 $\textcircled{1}$ 、 $\textcircled{4}$ 兩式中參數項有負值。宜加入一限制式即 $Q_{(t)} \geq 0$ ，以符合物理意義。第 $\textcircled{1}$ 式中， $Q_{0(t-2)}$ 之係數為 -0.0736 初見之下，甚不合理，可能的解釋是：武界埧因容量相當小，其調蓄洪水之能力甚微，洩洪量必充分反應上游集水區 No.1 之雨量，而根據中央氣象局所作濁水河流域等雨量線圖之研究，集水區 No.2 之雨量通常大於集水區 No.1， $\textcircled{1}$ 式中，武界洩洪量對青雲流量之影響可能受集水區 No.2 雨量 $R_{2(t-3)}$ 影響，而呈現負值。

根據上列四式，驗證結果尚稱良好，但因在流量歷線上漲段部分，稍呈低估，雖然最後洪峯量會有高估，但洪峯時間常落後 1 小時，以洪水預報觀點似欠安全，為彌補此項缺點，乃將實測原始數據重新處理，選取 N 次洪水流量歷線上漲段之流量、雨量資料，重新組合，檢定出另一組方程式 $\textcircled{5} \sim \textcircled{8}$ 式。作為預報作業流量上昇段之應用方程式，而將 $\textcircled{1} \sim \textcircled{4}$ 式作為下降段之應用方程式，以降低預報風險。茲列出 $\textcircled{5} \sim \textcircled{8}$ 式如下：

$$\textcircled{5} \text{青雲流量 } Q_{(t)} = -39.38 + 14.769R_{2(t-3)} - 0.0804Q_{0(t-2)} + 1.0412Q_{(t-1)} \text{ (相關係數 } r = 0.989)$$

其中：各變數定義同 $\textcircled{1}$ 式

$$\textcircled{6} \text{集集流量 } Q_{(t)} = -27.33 + 3.3317R_{3(t-4)} + 9.926R_{4(t-2)} + 0.1548Q_{1(t-2)} + 0.9786Q_{(t-1)}$$

(相關係數 $r = 0.964$)

其中：各變數定義同 $\textcircled{2}$ 式

$$\textcircled{7} \text{桶頭流量 } Q_{(t)} = -20.76 + 4.0483R_{5(t-2)} + 1.2373Q_{(t-1)} \text{ (相關係數 } r = 0.957)$$

其中：各變數定義同 $\textcircled{3}$ 式

$$\textcircled{8} \text{西螺大橋流量 } Q_{(t)} = -239 + 0.3336Q_{2(t-2)} + 0.2935Q_{3(t-2)} + 0.8198Q_{(t-1)} + 35.2059R_{6(t-4)}$$

(相關係數 $r = 0.961$)

以上 $\textcircled{5} \sim \textcircled{8}$ 式亦須加一限制式 $Q_{(t)} \geq 0$ 以符合物理意義。

伍、濁水溪洪水預報全流域實況模擬演算

本研究兩種模式參數，在檢定之後，經局部區域性的驗證，顯示結果良好。為確定在全系統由上游至下游串聯演算後，在多重累積誤差之後，是否仍然可用，本研究選擇資料齊全的民國69年諾瑞斯及民國71年安迪兩次颱風，以編寫之系統程式作全

流域實況模擬演算。其演算流程圖，貯蓄函數法如圖 4 所示，複相關法如圖 5 所示。本法之全流域演算，青雲、集集、桶頭三站在流量上昇段部分，係採用 $\textcircled{5} \sim \textcircled{7}$ 式，下降段採用 $\textcircled{1} \sim \textcircled{3}$ 式，由於各集水區雨量預測方程式已作安全考慮，為避免水位過分高估，西螺站一律採用第 $\textcircled{4}$ 式而不採用第 $\textcircled{8}$ 式。演

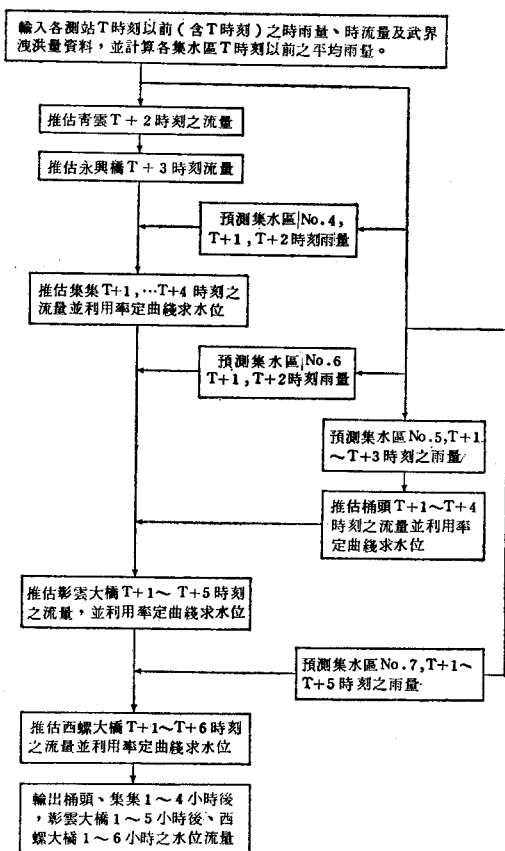


圖4 濁水河流域貯蓄函數法預測演算流程圖
(預測西螺大橋 1~6 小時後之水位流量)

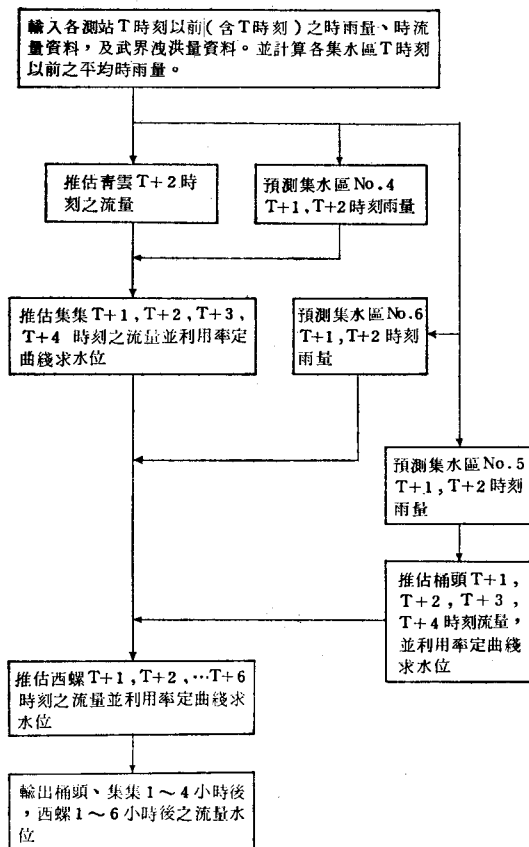


圖5 濁水河流域複相關法預測演算流程圖
(預測西螺大橋 1~6 小時後之水位流量)

算所得各站流量，為便於比較，直接以實測及預測流量利用率定曲線，換算水位繪於圖上，限於篇幅，僅附西螺站 6 小時水位預測比較圖如圖 6~圖 9 所示，圖中可見①安迪颯洪的預測結果比諾瑞斯颯洪好。諾瑞斯颯洪的洪峯流量是 8,470 CMS，洪峯前 1 小時的流量僅 2,460 CMS，短短 1 小時之內，流量上升 6,010 CMS，如此之陡昇，較難準確預測，雖然如此，圖 6 在實際洪峯發生時刻前 4 小時，已預測出 5 小時後的水位將大於實際洪峯水位，時間雖有 1 小時誤差，但已達到預警效果。②若只作 4 或 3 小時水位預測，69 年諾瑞斯颯洪貯蓄

函數法及 71 年安迪颯洪複相關法的預測水位更接近實測水位，但 69 年諾瑞斯颯洪複相關法及 71 年安迪颯洪貯蓄函數法結果並無明顯的改善。③對於小流量而言，因通水河槽較窄，水位變化較大，因此以 69 年諾瑞斯颯洪為例，初期的預測水位雖與實測相差頗大，但流量相差並不大（最大約 1000 MS 左右），由於水位遠低於警戒水位，不影響預報效果。

又為比較雨量預測誤差對模式的影響程度，另以實測雨量代替預測雨量（即假定雨量預測 100% 正確）輸入演算，結果顯示雨量預測誤差對貯蓄函數法的影響較大，在複相關法中影響較小。

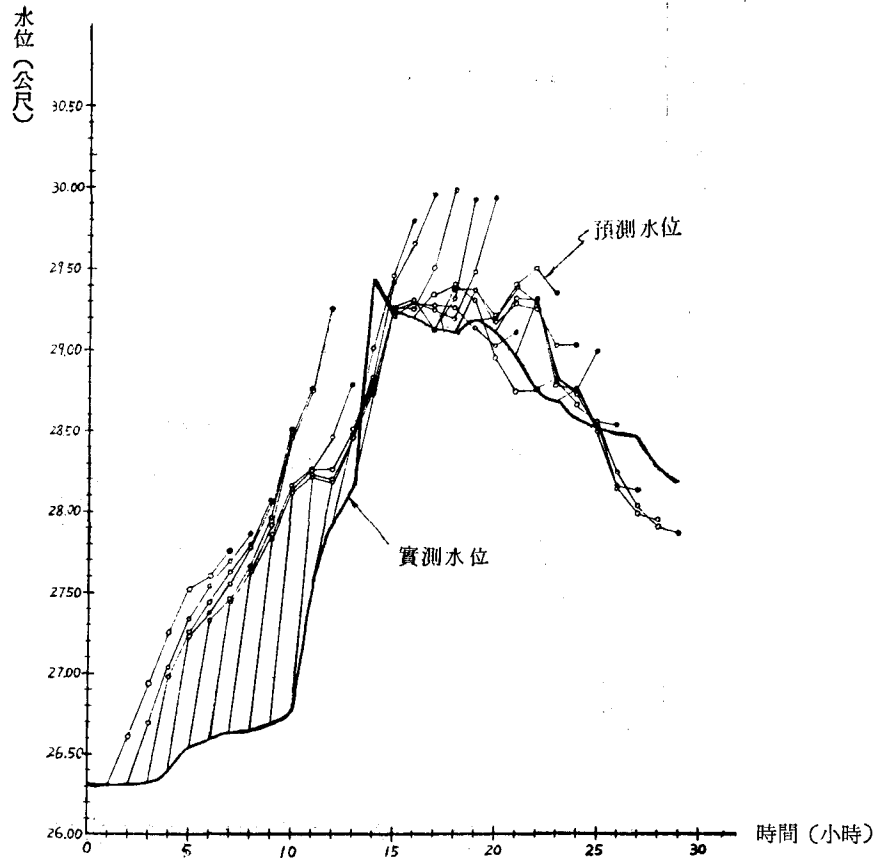


圖6 西螺站貯蓄函數法 6 小時水位預測圖 (69年諾瑞斯颶洪)

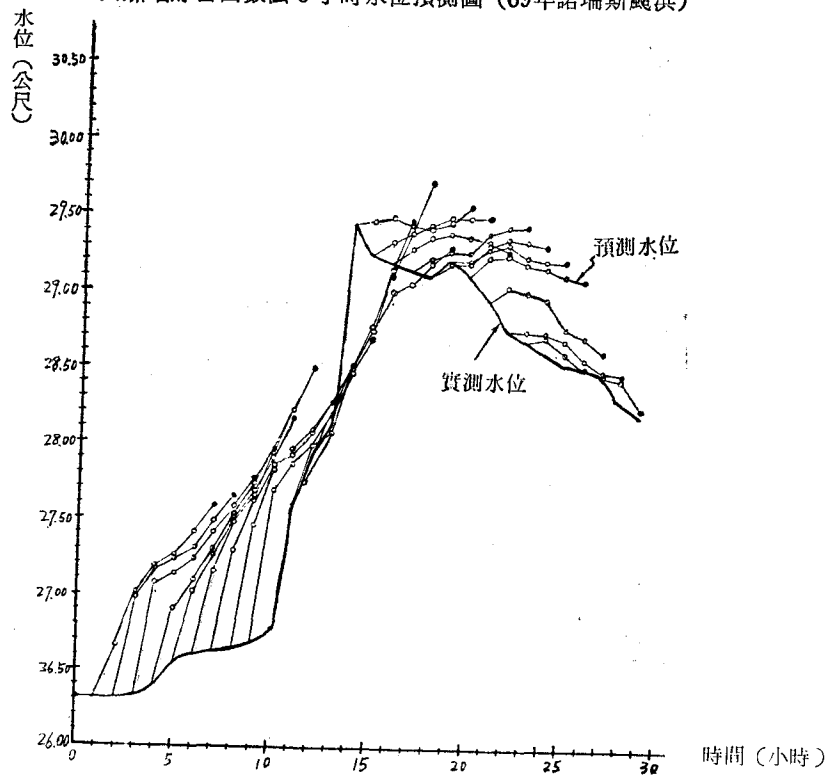


圖7 西螺站複相關法 6 小時水位預測圖 (69年諾瑞斯颶洪)

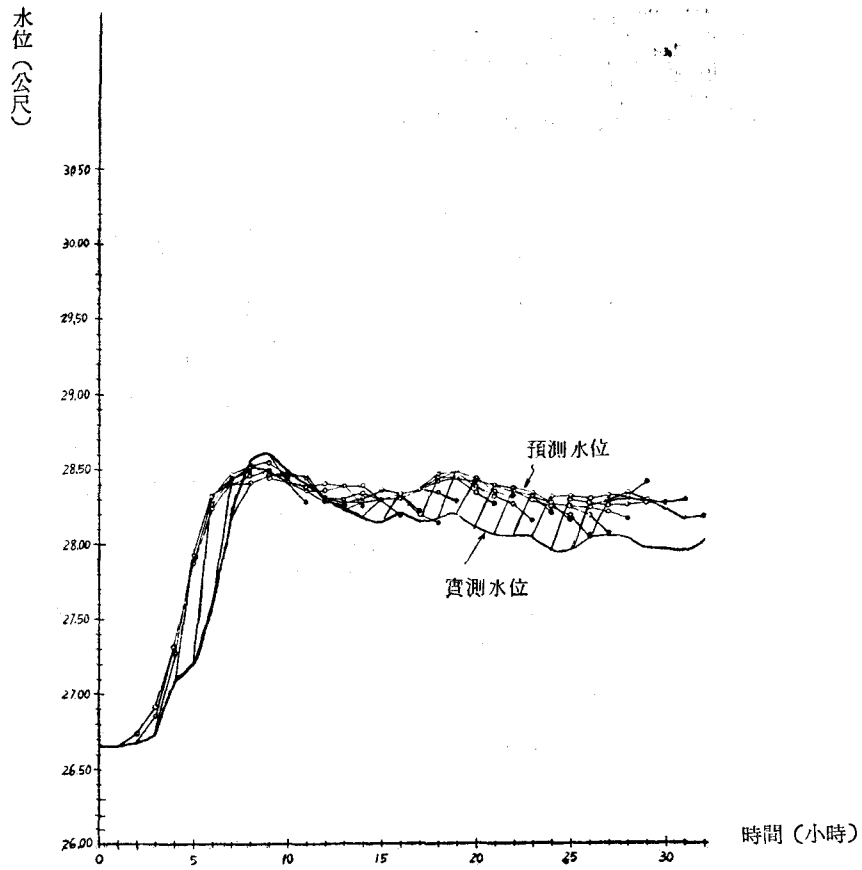


圖 8 西螺站貯蓄函數法 6 小時水位預測圖 (71 年安迪颱風)

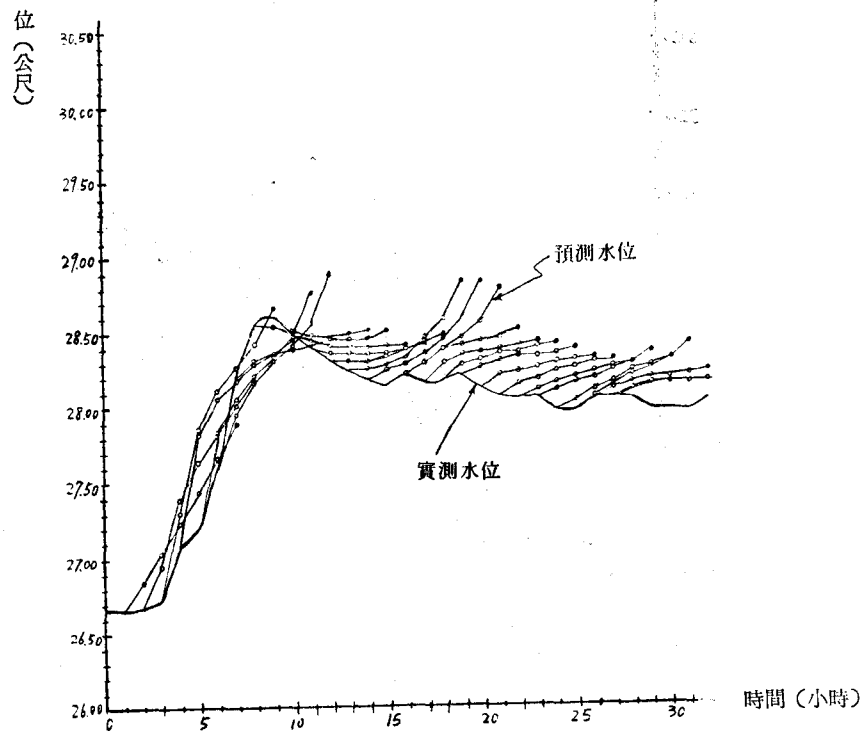


圖 9 西螺站複相關法 6 小時水位預測圖 (71 年安迪颱風)

陸、濁水溪洪水預報系統的整體操作

濁水溪洪水預報系統無論在硬體、軟體的配合，或預報作業中對上級機關，地方防災中心的連繫，都要有一定的流程，為簡單明瞭的表達此一過程，茲附上預報系統操作流程圖，如圖10所示。

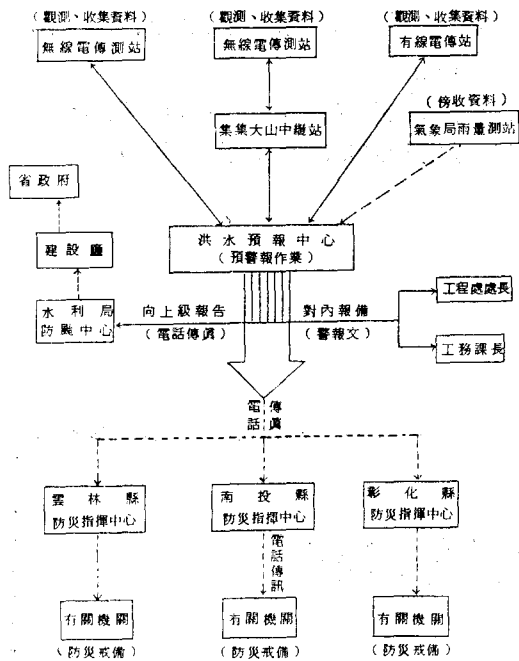


圖10 濁水溪洪水預報系統操作流程圖

柒、結論與建議

1. 有關濁水溪水文電傳測報站網的規劃，本研究建議設置電傳遙測雨量站18處，水位站7處，中繼站1處及洪水預報中心1處，如圖1，表1所示，其中東郡大山及觀高兩雨量站將來實施時須再作實地電波測試，其餘各站均已通過實地電波測試，符合設站要求。

2. 本研究以相關法求得之雨量預測數學模式，經模擬演算證實可用，但如何更精確的預測雨量仍需進一步研究。

3. 本研究洪水逕流推估數學模式經採用貯蓄函數法及複相關法作全流域的實況模擬之後，初步認為各有優劣點，在預報作業中，可同時採用，互相

參證。

4. 利用本模式所預測之各控制站的水位、流量，可用於定量流或其他河道水理演算方法推求河川沿岸的水位縱剖面至河口。作現有堤防之溢堤預測，

5. 控制站預測水位的時間愈長，所需配合的雨量預測更多，流量的累積誤差也增大，但長時間的預測仍有其參考價值。以西螺站6小時預測為例，由於1~6小時的水位都已預測出來，可按照實際需要，選取3或4或5小時的水位作預警之用。

6. 雨量預測誤差對貯蓄函數法的影響較大，對複相關法雖有影響，但影響較小。

7. 本研究所得各項結果，俟將來有新測資料時，宜再作適當的檢討修正，以補部分資料不足之缺失。

8. 武界壩至青雲水位流量站間之集水區（編號No.2）屬於山地區，面積高達1021.44Km²，如果將來觀高及東郡大山兩雨量站的交通問題，仍無法解決則設站困難，對該區降雨逕流推估影響極大，本研究模式可改由青雲水位流量站起算，預測西螺站4小時後水位。

9. 濁水溪洪水預報系統的建立，無論在人力、財力及作業上，均需各有關機關密切配合，才能順利達成目標。

捌、誌謝

本研究承蒙行政院國科會在大中型防災研究方案下，鼎力支助經費方得進行。水利局郭課長王珍，正工程師邱等輝，及沈欽等三位前輩，第十工處黃巨松工程師，第四工程處調查課宋課長熙郎及有關同仁多方面協助並提供許多寶貴意見，謹表最深之謝忱。臺大易任教授及成大蔡長泰、徐義人教授，臺大徐國麟同學，成大陳聰智同學，第十工程處調查課長姚長春，亦多次不吝指教，謹此致謝。

玖、參攷文獻

1. 臺灣地區大型防災系統水文測站網調查規劃研究報告，臺灣省水利局（民國74年6月）。
2. 淡水河、濁水溪及曾文河流域洪水預報系統規劃

- 研究報告，臺灣省水利局（民國72年12月）。
- 3.洪水預報，西原巧著（全日本建設技術協會1976年2月10日初版發行）。
- 4.技術水文學，岡本芳美著（日刊工業新聞社1982年3月發行）。
- 5.淡水河及其他河川洪水預報系統有關改善報告，青木佑久、竹村公太郎、湯谷優(1981月11月)。
- 6.淡水河、濁水溪及曾文溪洪水預報系統調查報告及綜合討論會議記錄，高山一彥、青木佑久、宮井宏、田中慎一郎、湯谷優(1984年2月7日)。
- 7.大甲溪、烏溪及高屏溪洪水預報系統調查報告及綜合檢討記錄，宮井宏、中村雅、田中慎一郎、森重卓雄、藤原武夫(1985年2月12日)。
- 8.貯蓄函數解法及校驗，鄭醒明著（臺灣水利第21卷第1—2期民國62年3月）。
- 9.洪水シミュレーション，システム説明書，日本近畿地方建設局定川ダム統合管理事務所（1982年3月）。
- 10.流出計算例題集：日本建設省水文研究會，青木佑久，前山利雄編。
- 11.濁水溪洪水預報數學模式之研究，簡俊彥、黃月娟（農工學報第32卷第2期75年6月）

專營土木、水利、建築等工程

源峰工程有限公司

負責人：葉 賢 三

地 址：斗六鎮三平里民生路32號

電 話：(055) 323073 • 323173