



行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別: 專題研究)

## 整合性洪水監測預報系統研究

服務機關：經濟部水利署

職 稱：副工程司

姓 名：郭純伶

出國地區：美國

出國時間：中華民國九十二年六月十四日～七月十三日

報告日期：中華民國九十二年九月

95/009.03139

公務出國報告提要

頁數：58 含附件：否

報告名稱：「整合性洪水監測預報系統研究」報告

主辦機關：經濟部水利署

聯絡人／電話：郭純伶／(02) 37073073

出國人員：經濟部水利署副工程司郭純伶

出國類別：研究

出國地區：美國

出國期間：民國 92 年 6 月 14 日至民國 92 年 7 月 13 日

報告日期：民國 92 年 09 月 15 日

分類號/目：G5／水利工程

關鍵詞：雷達資料整合技術；定量降雨估計模式；分布式水文逕流模式；進階水文預報服務模式；QPESUMS；Vflo；AHPS

內容摘要：本次赴美係為執行「整合性洪水監測預報系統研究」，由美國國家劇烈風暴實驗室（NSSL）安排相關之研習及觀摩考察，行程包括至美國國家劇烈風暴實驗室（NSSL）研習雷達資料整合技術及定量降雨估計模式（QPESUMS），至 Vieux 顧問公司（Vieux&associates）研習分布式水文逕流模式（Vflo），並實際將台灣之水文、地文及氣象資料建入系統中及安排參觀國家氣象中心（NWS）與風暴預報實驗室（SPC）。目前一套完整的洪水監測預報系統包含：降雨模式、降雨逕流模式、河道水文模式及水位預警模式，可掌握即時之降雨、水位等水情資訊，進行洪水監測及預報作業，降低颱風災害損失。本次前往美國研習「整合性洪水監測預報系統」，主要係配合經濟部水利署執行「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展計畫—預警決策支援系統」計畫，研究內容可分為：雷達資料整合技術及定量降雨估計模式（QPESUMS）及分布式水文逕流模式（Vflo）兩部分，並實際將台灣之水文、地文、氣象資料建入系統，以利本計畫之技術轉移；另外為了解美國目前洪水監測預報系統，亦研習有關進階水文預報服務（AHPS）模式。

本次觀摩考察機構主要為美國海洋暨大氣總署之附屬機構，包含國家劇烈風暴實驗室、國家氣象中心、風暴預報實驗室及 Vieux and Associates 機構。四單位皆位於 Norman，相輔相成，造就超群的研究成果。

# 目錄

壹、緣起及目的.....	1
貳、行程.....	2
參、研究內容說明.....	3
一、定量降雨估計 (QPESUMS) 模式.....	4
二、分布式水文逕流 (Vflo) 模式.....	7
(一) 資料前置處理作業.....	7
(二) 參數率定.....	9
(三) Vflo模式即時系統.....	10
三、進階水文預報服務 (AHPS) 模式.....	12
四、附圖.....	13
肆、觀摩考察內容說明.....	33
一、參觀國家劇烈風暴實驗室 (NSSL).....	33
(一) 國家劇烈風暴實驗室.....	33
(二) 雷達.....	34
二、參觀國家氣象中心 (NWS).....	36
三、參觀風暴預報中心 (SPC).....	36
四、參觀Vieux and Associates.....	38
五、附圖.....	39
伍、結論與建議.....	57
一、結論.....	57
二、建議.....	58

## 圖目錄

圖3-1-1	QPESUMS模式簡介.....	14
圖3-1-2	QPESUMS模式簡介（續）.....	15
圖3-1-3	台灣地區之QPESUMS模式－單一雷達產品.....	16
圖3-1-4	台灣地區之QPESUMS模式－整合雷達產品.....	16
圖3-1-5	台灣地區之QPESUMS模式－定量降水產品.....	17
圖3-2-1	Vflo模式簡介.....	18
圖3-2-2	Vflo模式簡介（續）.....	19
圖3-2-3	QPESUMS模式與Vflo模式解析度差異示意圖.....	20
圖3-2-4	運用ARCVIEW圖示化基隆河流域數位高程資料.....	20
圖3-2-5	運用ARCVIEW求得流域坡度資料.....	21
圖3-2-6	運用ARCVIEW求得河川流向資料.....	21
圖3-2-7	運用ARCVIEW求得流域曼寧係數n值資料.....	22
圖3-2-8	運用ARCVIEW求得流域入滲係數k值資料.....	22
圖3-2-9	運用ARCVIEW圖示化淡水河流域數位高程資料.....	23
圖3-2-10	Vflo模式操作畫面－加入地形圖.....	23
圖3-2-11	Vflo模式操作畫面－降雨模式（Rainfall）.....	24
圖3-2-12	Vflo模式操作畫面－模擬排水網路.....	24
圖3-2-13	Vflo模式操作畫面－水位歷線輸出.....	25
圖3-2-14	Vflo模式即時系統－展示畫面.....	25
圖3-2-15	Vflo模式即時系統－水位歷線圖畫面.....	26
圖3-3-1	AHPS模式展示介面.....	27
圖3-3-2	AHPS模式展示介面（續）.....	28

圖3-3-3	AHPS模式—水位歷線圖及洪水相關資訊.....	29
圖3-3-4	AHPS模式—一週河川水位超越機率圖 .....	29
圖3-3-5	AHPS模式—一週河川流量超越機率圖 .....	30
圖3-3-6	AHPS模式—一週河川容積超越機率圖 .....	30
圖3-3-7	AHPS模式—洪水事件期間河川水位超越機率圖 .....	31
圖3-3-8	AHPS模式—洪水事件期間河川流量超越機率圖 .....	31
圖3-3-9	AHPS模式—洪水事件期間河川容積超越機率圖 .....	32
圖4-1-1	美國國家劇烈風暴實驗室 .....	40
圖4-1-2	美國每年遭受800至1000個龍捲風侵襲.....	40
圖4-1-3	龍捲風 .....	41
圖4-1-4	美國國家劇烈風暴實驗室標誌 .....	41
圖4-1-5	NSSL各種劇烈變異氣候之發展研究.....	42
圖4-1-6	NSSL各種劇烈變異氣候之發展研究（續） .....	42
圖4-1-7	與Kenneth W. Howard合影.....	43
圖4-1-8	與張健合影 .....	43
圖4-1-9	第一代雷達 .....	44
圖4-1-10	WSR-88D雷達.....	44
圖4-1-11	雙偏振雷達 .....	45
圖4-1-12	相陣列雷達 .....	45
圖4-1-13	相陣列雷達之建置過程 .....	46
圖4-1-14	相陣列雷達之功效 .....	46
圖4-1-15	劇烈風暴實驗室人員解說雙偏振雷達 .....	47
圖4-1-16	雷達系統—天線.....	47
圖4-1-17	雷達系統—波導管 .....	48

圖4-1-18	雷達系統—發送接收器、電腦系統及顯示介面 .....	48
圖4-1-19	雷達系統—電力系統.....	49
圖4-2-1	與美國國家氣象中心人員合影.....	50
圖4-3-1	風暴預報中心產品 .....	51
圖4-3-2	風暴預報中心產品（續） .....	52
圖4-3-3	風暴預報中心預報情形 .....	53
圖4-3-4	風暴預報中心預報情形（續） .....	53
圖4-4-1	Vieux and Associates研究成果.....	54
圖4-4-2	Vieux and Associates研究成果（續） .....	55
圖4-4-3	與Baxter Vieux 夫婦合影.....	55
圖4-4-4	與Vieux and Associates人員合影 .....	56

## 壹、緣起及目的

本次赴美係為執行「整合性洪水監測預報系統研究」，由美國國家劇烈風暴實驗室（NSSL）安排相關之研習及觀摩考察，行程包括至國家劇烈風暴實驗室（NSSL）研習雷達資料整合技術及定量降雨估計模式（QPESUMS），至Vieux顧問公司（Vieux&associates）研習分布式水文逕流模式（Vflo），並實際將台灣之水文、地文及氣象資料建入系統中，及安排參觀國家氣象中心（NWS）與風暴預報實驗室（SPC）。

經濟部水利署及交通部中央氣象局刻正與美國國家劇烈風暴實驗室合作「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展計畫—預警決策支援系統」，目的係為引進雷達整合技術、定量降雨估計模式、分布式水文逕流模式及洪水預警系統，進而建構預警決策支援系統。期能掌握即時之降雨、水位等水情資訊，並進行各流域之洪水監測及預報作業，運用預報技術及預警措施降低颱風災害損失，作為災害決策之判斷依據。本次前往研究除了解美國對洪水預警之運作外，亦研究本計畫之定量降雨估計模式及分布式水文逕流模式，並實際將台灣之水文、地文、氣象資料建入系統，有利本計畫之技術轉移。

## 貳、行程

日期	工作地點	工作內容
六月十四日	台北—洛杉磯	搭機赴美
六月十五日	洛杉磯—奧克拉荷馬	抵達奧克拉荷馬
六月十六日至 七月十一日	奧克拉荷馬	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 至美國國家劇烈風暴實驗室研究雷達資料整合技術及定量降雨估計模式</li> <li>2. 至Vieux顧問公司研習分布式水文逕流模式</li> <li>3. 參觀美國國家氣象中心與風暴預報實驗室</li> </ol>
七月十二日	奧克拉荷馬—舊金山	搭機返台
七月十三日	舊金山—台北	抵達台灣



## 參、研究內容說明

目前一套完整的洪水監測預報系統包含：降雨模式、降雨逕流模式、河道水文模式及水位預警模式，可掌握即時之降雨、水位等水情資訊，進行洪水監測及預報作業，降低颶洪災害損失。本次前往美國研習「整合性洪水監測預報系統」，主要係配合經濟部水利署執行「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展計畫—預警決策支援系統」計畫，研究內容可分為：雷達資料整合技術及定量降雨估計模式（QPESUMS）及分布式水文逕流模式（Vflo）兩部分；另外為了解美國目前洪水監測預報系統，亦研習有關進階水文預報服務（AHPS）模式。

「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展計畫—預警決策支援系統」計畫將結合台灣雷達、衛星及地面觀測站系統，運用雷達資料整合技術進行台灣四個雷達之資料整合，並據此發展適用於台灣之定量降雨估計模式，提供即時降雨量估算及預測資訊，以增加降雨量預報之準確度，再利用分布式水文逕流模式將全台各地之降雨轉換為逕流歷線，並結合SOBEK系統進行河道水理演算，配合各河道之警戒水位，發展洪水預報模式，進而建構預警決策支援系統。其中雷達資料整合技術及定量降雨估計模式由美國國家劇烈風暴實驗室研發，分布式水文逕流模式則由Vieux and Associates顧問公司發展，最後再將逕流模式與荷蘭戴伏特（DELFT）水工所研發之SOBEK系統結合，完成適用於台灣地區之洪水預報模式及預警決策支援系統。

本章將分別就QPESUMS模式、Vflo模式及AHPS模式三部份說明本次研究成果。

## 一、定量降雨估計（QPESUMS）模式

定量降雨估計模式（Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensors, QPESUMS）係將雷達、衛星、雨量計及傳統氣象水文觀測儀器之觀測數據作最佳之組合，提供最準確之降雨量預估。本系統之優點為整合各種氣象水文觀測方式，使各種觀測儀器發揮最大效用，達到最佳化目的，再配合Vflo模式，使系統在空間上及時間上皆具有高解析度，適合台灣複雜地形，提供決策者準確之洪水預警，以利災害控制之快速反應。

QPESUMS模式是美國國家劇烈風暴實驗室最新研發之降雨估計技術，其模式簡介如圖3-1-1及圖3-1-2。利用雷達進行降雨量估計，必須克服許多技術上的問題，比如如何正確採樣擷取資料、回波（Z）—降雨（R）關係式是否正確、如何去除非天氣因素回波、遇到障礙物應如何解決等問題。目前雷達掃描角度、速度皆有標準運作程序，可有效率擷取完整之雷達資料。Z-R關係式則必須視當地降雨型態、氣候及地形因子，尋求適當之經驗公式。非天氣因素之回波如山頂上積雪、群鳥效應及海上回波等，必須配合回波移動速度等條件判斷後去除。雷達波遇到障礙物無法到達預定標的時，需取得較高角度之雷達資料並配合衛星資料加以校正。

現今運用於雷達之新技術，如雷達資料品質控制（Radar Data

Quality Control)、識別亮帶(Bright Band Identification)、三維整合反射率(3-D Reflectivity Mosaic)、判別對流雲和層流雲(Convective/ Stratiform Identification)、降水型式(Precipitation)、整合多個雷達掃描(Hybrid Scan Mosaic)及整合多種觀測儀器之定量降雨估計(Multisensor QPE),可使雷達降雨估計技術更加準確。這些新技術可校正雷達回波,去除障礙物、非天氣因子回波及在降雪地區特別容易出現之亮帶(Bright Band)效應,提高雷達資料之正確性及維持雷達資料之高品質。另由於雷達掃描以極座標方式定義較為方便,但實務上卻以直角座標應用較為方便,因此必須將雷達回波資料轉換至適當座標,若有多個雷達同時運作,則必須另行整合,取得到三維整合回波反射率(3-D Reflectivity Mosaic),以利降雨估計。對流雲(Convective)和層流雲(Stratiform)之降雨型式不同,對流雲以暴雨型式降雨,雨滴較大,層流雲則造成梅雨型態降雨,雨滴較小,兩者之Z-R關係式不同,必須先判斷降雨型態後,才能採用適當之公式,求得正確之降雨量估計,目前此部份之技術已可克服。降水型式(Precipitation)不同,雷達回波也不同,降雨、降雪或降霜,必須先加以判斷後始能轉換為正確的降水量。QPESUMS最大的功能則是在整合數個雷達(Hybrid Scan Mosaic)、衛星、雨量計及傳統氣象水文觀測儀器之觀測數據,提供最準確之降雨量預估(Multisensor QPE)。

本系統兩年前就由交通部中央氣象局委託發展,故QPESUMS台灣版本已有雛形,系統為Java-based之展示與操作介面,共有四個主要產品:單一雷達產品(圖3-1-3)、整合雷達產品(圖3-1-4)、

定量降水產品（圖3-1-5）及監控狀態產品。單一雷達產品包括：最大回波、最大合成回波及最大合成風場，可以觀察單一雷達最大回波，及轉換為直角座標後之合成回波，另配合風場回波，可判斷風暴移動方向，作為預報工具。整合雷達產品包括：最大合成回波、最大合成回波高度、仰角合成回波、仰角合成回波高度、合成回波、溫度層回波及閃電分布，可同時觀察多個雷達之回波狀況，有整合多個雷達之功能，如果發覺在雷達整合邊界有不連續現象，表示兩雷達之發射功率不同，必須加以校正調整。定量降水產品包括：雷達覆蓋圖、雷達降水估計、衛星降水估計、雷達衛星降水、雷達雨量站、雷達衛星雨量站、雨量站資料。由雷達覆蓋圖可以了解哪個區域採用哪個雷達之回波資料，如果某個雷達不能運作，系統會自動採用其他雷達之資料。QPESUMS模式可以整合不同之觀測系統，可以做雷達降水估計、衛星降水估計，也可整合為雷達衛星降水估計、雷達雨量站降水估計，更可整合為雷達衛星降水估計，充分利用各種觀測系統之不同特性作最佳組合，目前系統設計是以雷達觀測為核心，整合衛星與地面雨量站之觀測資料，以準確預估降水。

台灣目前有中央氣象局完成之台灣全島都卜勒雷達網，包括五分山、七股、花蓮及墾丁等四個雷達，掃描區域涵蓋全台灣，有些區域重疊掃描，如何取捨雷達資訊究竟，需與以整合，國家劇烈風暴實驗室研發之雷達資料整合技術可解決此問題。本技術在地勢平坦的美國已經十分成熟，但遇到地形崎嶇、變化劇烈的台灣，還有很多問題需要克服。比如有些地區會因高山阻擋而無法量測資料（Ground Clutter），花蓮雷達站就是因為周圍高山環繞，無法發揮正常功能。

地面回波 (Land Clutter) 與海上回波 (Sea Clutter) 干擾則是台灣另一個很大的問題，空中群鳥效應及海上船隻回波都必須去除，五分山雷達因為靠近海邊，海上回波效應明顯。回波強度與降雨強度轉換關係不確定，目前已購置雨滴譜，觀察台灣降雨粒子特性，尋找適合台灣本土之回波 (Z) - 降雨 (R) 關係式。另多雷達觀測與地面降雨觀測系統之整合亦需解決。如何結合新技術使QPESUMS能適用於台灣，是一個新挑戰。

## 二、分布式水文逕流 (Vflo) 模式

Vflo 模式 (圖 3-2-1 及圖 3-2-2) 是一個分布式水文逕流模式 (distributed hydrologic model)，主要功能係將降雨 (precipitation) 轉換為逕流 (runoff)，模式特點是以 GIS 型式輸入計算所需參數及輸出展示介面。Vflo 模式之前置作業需與四個子模式結合，包括降雨模式 (Rainfall)、數位高程模式 (DEM)、土地覆蓋模式 (Land cover) 及土壤分布模式 (Soils)，以便輸入 Vflo 模式計算時所需之參數。將所有參數輸入 Vflo 後，需配合颱風事件進行水文、地文及氣象參數之率定，求得適用於台灣之參數。最終則需發展即時 Vflo 系統，以網頁展示水位預警，與 QPESUMS 模式之雷達降雨資料自動連結，進行即時水位預報，達到防災預警之功效。

### (一) 資料前置處理作業

Vflo 模式之前置作業需與四個子模式結合，包括降雨模式 (Rainfall)、數位高程模式 (DEM)、土地覆蓋模式 (Land cover)

及土壤分布模式 (Soils)，以便輸入Vflo模式計算時所需之參數：降雨 (Rainfall)、地形及排水網路 (Topography and Drainage Networks)、入滲 (Infiltration) 及曼寧粗糙度 n 值 (Hydraulic Roughness)。本次研習已將2001年納莉颱風之洪水事件輸入，率定完成北台灣淡水河支流基隆河流域之模式參數設定，將以此為例，分別說明如何處理前置作業之參數輸出。

降雨模式係利用QPESUMS模式估計之降雨轉換為可輸入Vflo模式之降雨條件。由於QPESUMS模式之解析度為4公里× 4公里，與Vflo模式因預警需求所需之解析度120公尺× 120公尺、甚至40公尺× 40公尺不同 (圖3-2-3)，加上座標系統不同，需將QPESUMS模式之降雨資料轉換為Vflo模式所使用之座標系統、解析度及時間間隔，另雷達降雨資料龐大，讀取檔案費時，亦須先將所需資料擷取以節省時間與空間，因此需利用降雨模式子系統之BAG功能進行轉換。以基隆河流域納莉颱風事件為例，雷達降雨資料來源為國家劇烈風暴實驗室，該實驗室已先將納莉颱風事件雷達降雨資料以降雨模式所需之檔案格式儲存，包含每十分鐘一筆之全台灣降雨資料，解析度為4公里× 4公里，共有數百個檔案且高達數十MB，降雨模式將之轉換為Vflo模式所使用40公尺× 40公尺之解析度及座標系統，並將之整合為單一降雨資料檔案，以利存取運用。

數位高程模式則是利用數位化高程資料 (DEM) 提供地形起伏及模擬排水網路，亦可判斷出流域之範圍及水路之流向與坡度，並利用GIS河川圖層之套疊修正排水網路。首先需利用GIS軟體將DEM資

料圖示化，以基隆河流域為例，先將解析度為40公尺× 40公尺之DEM數值資料，以ARCVIEW圖示化流域範圍內之地形起伏(如圖3-2-4)。套疊基隆河之河川圖層，利用ARCVIEW之運算功能，計算流域範圍內各點之坡度(如圖3-2-5)及判斷河川流向(如圖3-2-6)。另再次利用河川圖層之套疊修正河川網路，以符合實際排水狀況。

土地覆蓋模式係利用衛星影像圖層判讀土地覆蓋特性，可提供n值。將土地覆蓋圖層以ARCVIEW處理分級，對照n值表，即可獲得基隆河流域範圍內之n值(如圖3-2-7)。土壤分布模式係利用全球土壤分布之調查資料判讀，可提供入滲參數。配合已求得之基隆河流域坡度，以ARCVIEW處理，可獲得基隆河流域範圍內之k值(如圖3-2-8)。除上述四個模式外，另需取得基隆河流域之河川斷面資料，以求得每個模式中河川網格點之河道寬度、坡度及邊坡斜率。並配合水位觀測點於颱風事件中，實際量測得之水位與流量資料，求得水位流量率定曲線。

## (二) 參數率定

將上節所述之降雨、流域坡度、河川流向、n值、k值、河道寬度、坡度及邊坡斜率等資料匯入Vflo模式，再配合所需套疊之基隆河流域底圖，及河川、水位觀測點等圖層，即完成基本資料之輸入。在此Vflo提供一個BOP檔案功能，可將上述資訊(除降雨資料外)與圖層存入單一檔案，方便讀取。

所有資料皆具備後，接續工作就是將納莉颱風事件之雷達降雨資

料輸入Vflo模式中運算，獲得各水位觀測點之水位及流量歷線圖後，再配合水位觀測點實際量測之水位與流量資料，進行參數率定。首先需先確認水位流量率定曲線之正確性，再來則是比對雷達降雨資料與雨量站資料進行雨量因子校正，接著以流量資料校正入滲係數k值因子，再以尖峰流量發生時間之偏差校正曼寧係數n值因子。經過多場事件模擬後，即可獲得最佳之水文、地文及氣象參數。

Vflo模式目前已將北台灣淡水河支流基隆河流域之數位化高程資料輸入，並進行地形及排水網路之模擬與修正，另外蒐集台灣地區之土地覆蓋、土壤分布狀況、河川斷面及河川水位流量資料，配合過去兩場颱風豪雨事件：納莉颱風及雷馬遜颱風之雷達降雨及河川水位資料，進行水文、地文及氣象參數之率定，以符合台灣地區之本土特性。未來將以此為基礎，加入堰、壩及水庫之控制條件，擴展至整個淡水河流域（圖3-2-9），並增加今年（2003年）度之颱風事件進行參數率定。

僅將Vflo模式操作介面之簡單展示如附圖：加入地形圖（圖3-2-10）、降雨模式（圖3-2-11）、模擬排水網路（圖3-2-12）及水位歷線輸出畫面（圖3-2-13）。

### （三）Vflo模式即時系統

Vflo模式可與QPESUMS模式自動連結，當降雨事件發生時，Vflo模式可取得QPESUMS模式所提供之即時雷達降雨資訊，進行水文模式計算，求得洪水水位，分析該降雨是否超過水位觀測點之警界水



位，對於洪水預警判斷有很大助益。目前Vflo模式即時系統之預設視窗如圖3-2-14所示，圖中之圖例所在位置代表流域中設定之洪水觀測點，每個觀測點之洪水狀態都以不同圖例表示：●表示尖峰水位在洪水位以下，▲表示尖峰水位在80%洪水位以下，▼表示尖峰水位預測將在未來時段中超過洪水位，●表示尖峰水位已在過去時段中超過洪水位。

若將滑鼠移至設定觀測點之圖例上，可透過相關連結獲得更多資訊，點選圖示則會出現另一網頁顯示設定觀測點之水文歷線圖（如圖3-2-15）。水文歷線圖顯示過去48小時之計算結果及未來24小時之預測成果。藍線代表最後降雨輸入時間，即最後之更新時間。橫軸代表時間，第一排顯示每小時時間，第二排顯示日期；縱軸代表計算之水位值。在歷線圖下為說明，可另外連結到繪製本水文歷線圖之XML原始檔案。當新降雨資料檔案輸入到水文模式時，可自動計算每一個點之最新水文歷線圖。當最新的水文歷線求得後，Vflo模式即時系統可自動更新最新之水文歷線圖及狀態圖例。

Vflo模式有許多優點：由於模式架構在物理學的基礎上，即使輸入有限的歷史資料，仍可計算出有意義的結果；分布式模式使各種參數在空間上更具代表性，也使模式輸出之逕流量更準確。而利用有限元素法解動力波方程式提升計算效率，使模式可運用於大範圍之計算，並可視窗化。目前Vflo模式已可將洪水資訊系統建立在地理資訊系統及空間分布資料上，並結合各式的降雨觀測儀器輸入降雨資料，再利用分布式水文模式作更精進之計算，可視為一套先進洪水預警系

統。未來Vflo模式的發展方向可繼續朝下列目標邁進：建立更好的洪水預警系統、增進水資源管理功能、更有效率的水庫管理、利用Vflo模式所提供之水文預測作為工程上設計之依據、連結其他軟體如SOBEK及區域水資源整合規劃等，使Vflo模式功能更加強大更有價值。

### 三、進階水文預報服務（AHPS）模式

進階水文預報服務（Advanced Hydrologic Prediction Services, AHPS）模式是美國運用於氣候、水文及天氣服務的一套基本系統。AHPS模式以網頁為基礎，提供精確及資訊豐富之預報，這些產品可展示從數小時、數天至數月後之洪水或乾旱之強度與不確定度，對許多經濟專家及緊急事件管理者而言，是相當有用的資訊及工具，可作為政府單位、私人機構及個人在作洪水及乾旱這類風險決策之支援系統。

天氣變異影響經濟及社會許多層面，天然災害或多或少都會扼抑社會之穩定發展，尤其是劇烈天氣對於政府歲收及商務利益有直接衝擊。天氣預報目的係為提供社會大眾為避免因風暴、劇烈天氣及洪水所造成之自身生命及財產損失之必要資訊。根據統計，美國境內每年因洪水平均造成一三三人死亡及四十億美元以上財產損失。儘管洪水無法完全預防及消滅，但國家氣象中心基於職責所掌，期望藉由較佳之防災預警系統，減少生命財產之損失，因此發展了本套系統。

AHPS模式所提供之資訊可自網頁取得（圖3-3-1及圖3-3-2），

產品預報之時間範圍，可自數小時至數月，同時也提供洪水及乾旱發生機率之重要資訊。以洪水水位預報為例，哪一條河川會有洪水發生，何時出現峰值，水位有多高，皆可透過歷線圖展示。網頁上提供之資訊還包括：河川造成嚴重（Major Flooding）、中度（Moderate Flooding）或輕微（Minor Flooding）水患之機率，在九十日內河川中特定位置超過特定水位、流量及容積之機率，及在觀測點附近之區域地圖，包括主要道路、鐵路及地標等資訊。另AHPS模式提供七種示意圖資訊，包括水位歷線圖及洪水相關資訊（圖3-3-3），一週河川水位超越機率（圖3-3-4）、河川流量超越機率（圖3-3-5）及河川容積超越機率（圖3-3-6），及洪水事件期間河川水位超越機率（圖3-3-7）、河川流量超越機率（圖3-3-8）及河川容積超越機率（圖3-3-9）。

美國國家氣象中心計畫以五年時間，將AHPS模式建構發展至其所屬之各地區性機構，作為各地河川預警模式之依據。目前美國國家氣象中心全美洪水預警發布為每六小時更新一次，一次預報未來七十二小時之動態，解析度為4公里× 4公里，如需更精準及更即時之預報，則需由各地方氣象單位再詳細模擬預測。台灣地形及河川狀況與美國不同，需要較快的資訊更新速度，如每小時預報一次，但不需要太長之預報期距，如未來六小時即可。

#### 四、附圖



## Quantitative Precipitation and Estimation Using Multiple Sensors (QPE-SUMS)

The latest technology in rainfall estimation

Researchers at the NOAA National Severe Storms Laboratory in Norman, Oklahoma study a wide variety of severe weather. Challenges in estimating precipitation type and amount due to mixed-phase sampling, improper Z-R relationships, non-weather echos, and beam blockage in the western United States has led one group to investigate the computation, analysis and display of high-resolution radar data and radar-derived products to achieve accurate rainfall and snowfall estimates. The result, QPE-SUMS, uses a multisensor, physics-based approach to estimate precipitation type and rate through an optimal blend of model output with high-resolution radar, satellite, lightning, and gauge rainfall data. The outcome of this work is high-quality input to hydrologic models for national and international flash flood forecasting, new data interrogation products, and innovative data integration techniques.



Radar data quality control before and after correction

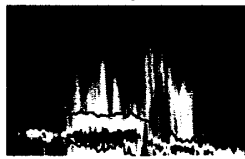
- **Radar Data Quality Control**

Radar reflectivity data must be corrected to account for anomalous beam propagation (A), ground clutter, and returns from non-weather echoes. These contaminants are removed from radar reflectivity maps upon examination of vertical reflectivity structures and velocities at each grid point.

- **Bright Band Identification**

As frozen hydrometeors fall through the melting layer, their cross-sections often increase due to aggregation and water coating. This in turn results in an artificially high layer of reflectivity that is known to contaminate radar precipitation estimates. The Bright Band Identification algorithm has been devised to search for the melting layer and ultimately remove it from precipitation maps.

*PAYOFF: This feature prevents contamination and overestimation of rainfall rates.*



Algorithm results are overlaid on a time series of reflectivity from an independent, vertically-pointing research radar.

- **3-D Reflectivity Mosaic**

A 3-D volume of reflectivity with a horizontal resolution of 1km or less and at least 21 vertical layers is produced every five minutes. Reflectivity data are converted to Cartesian coordinates using an adaptive Barnes interpolation scheme. Data from multiple radars are then put into a mosaic on a common grid using a Cressman, inverse distance weighting technique.

*PAYOFF: The 3-D reflectivity mosaic provides better visualization of storm structure and improved radar-derived products.*



Vertical cross-section of reflectivity on a composite reflectivity layer.

- **Convective/Stratiform Identification**

Differing drop size distributions that are a function of geography, season, storm type, and storm lifecycle result in both under- and over-estimation of rainfall when a single radar reflectivity to rainfall conversion (Z-R relationship) is applied to all regions. In an attempt to minimize these Z-R errors, QPE-SUMS utilizes a convective/stratiform identification component. This module segregates convective from

圖3-1-1 QPESUMS模式簡介



Radar reflectivity image (top) and convective/stratiform segregation results (bottom); Red indicates convective regions and blue indicates stratiform.



Precipitation phase product using RUC-2 model 0C heights



QPE-SUMS uses a mosaic of radar data based on the best available coverage above ground.

stratiform echo on a grid point-by-grid point basis by examining reflectivity magnitudes relative to atmospheric thermodynamic properties. High reflectivity at cold temperatures is suggestive of convective activity. Such grid points receive appropriate Z-R equations, while stratiform grid points are handled differently.

*PAYOFF:* Allowing differential Z-R on each gridpoint of data allows for a more physically-based radar reflectivity-to-rainfall conversion.

- **Precipitation Typing**

Recently, analyses from the RUC-2 model have been integrated into QPE-SUMS in order to assist in the segregation of frozen, liquid, and mixed precipitation. 0C heights from the model are ingested hourly and compared to terrain heights at each grid point. This information allows QPE-SUMS to adjust its precipitation scheme to accommodate different precipitation types.

*PAYOFF:* Identification of the rain/snow line supplies initial conditions for hydrologic modeling, supports snow removal operations for transportation purposes, and assists in watershed management.

- **Hybrid Scan Mosaic**

In the precipitation estimation component of QPE-SUMS, radar data are combined into a mosaic depending on which radar provides the best coverage above the ground. This mitigates "below beam effects" such as evaporation, phase changes, precipitation growth, and advection. This hybrid scan look-up table is also adaptive in the sense that radar coverages change depending on which radars are ingested on a five-minute basis. For example, a given radar will cover a larger region if data from an adjacent radar fail to arrive on time.

*PAYOFF:* QPE-SUMS exploits the overlapping regions of multiple radars by using the best quality data for any given point.

- **Multisensor QPE**

The most distinguishing characteristic of QPE-SUMS is the real-time calibration of satellite cloud-top temperatures using collocated radar rainfall rates. A regression equation is formed in real time that describes the relationship between satellite and radar rainfall. This adaptive regression is then applied to the satellite field so that realistic precipitation rates are applied every five minutes on a 1x1-km grid.

*PAYOFF:* More accurate precipitation estimates are vital, especially in the cool season where radar-only estimates are known to be problematic.



For more information contact:  
JJ Gourley, jj.gourley@noaa.gov  
<http://www.nssl.noaa.gov/teams/western/qpe>  
12/2001

National Severe Storms Laboratory • 1313 Halley Circle • Norman, OK 73069 • 405.360.3620 • <http://www.nssl.noaa.gov>

圖3-1-2 QPESUMS模式簡介 (續)

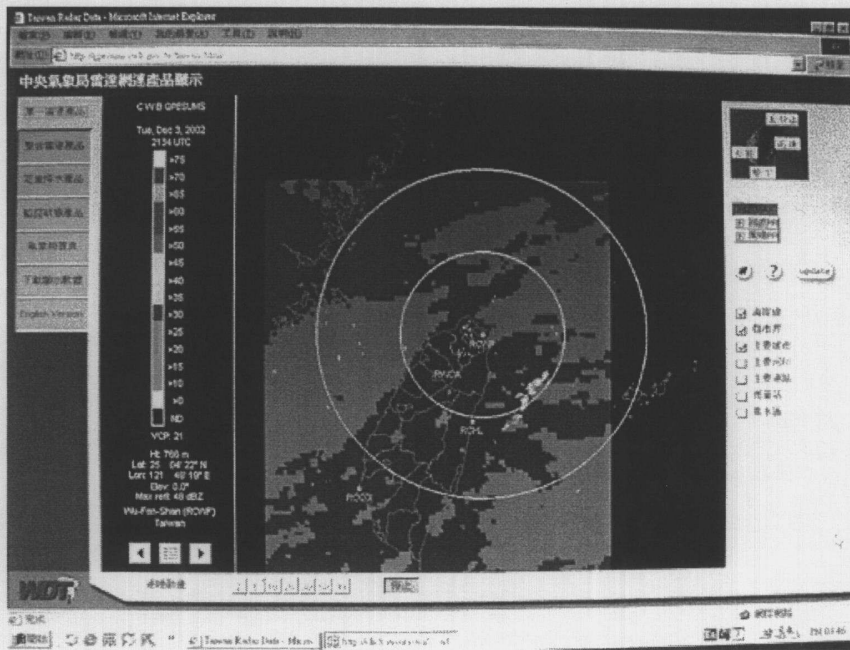


圖3-1-3 台灣地區之QPESUMS模式—單一雷達產品

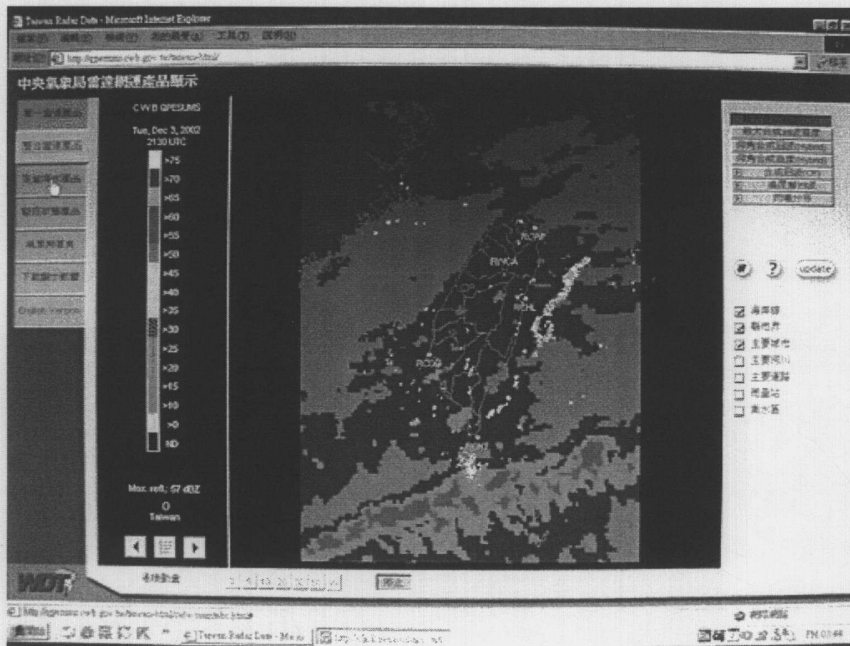


圖3-1-4 台灣地區之QPESUMS模式—整合雷達產品

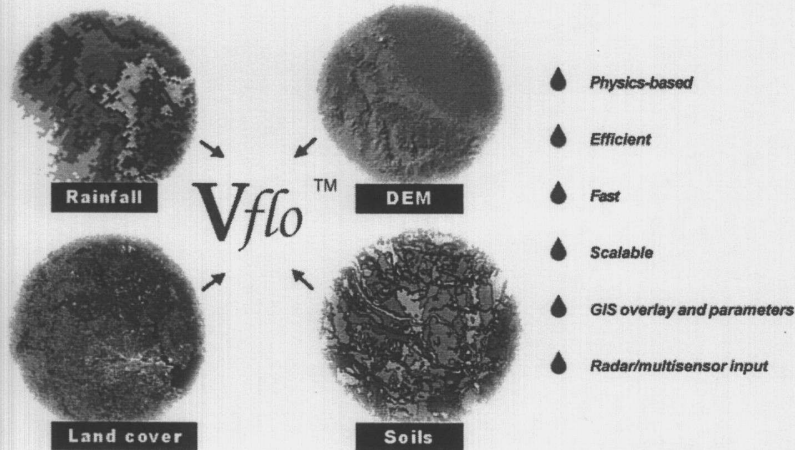


圖3-1-5 台灣地區之QPESUMS模式一定量降水產品

Vflo™

Hydrologic Analysis and Prediction

### Know where and how much runoff to expect



#### Turn your GIS data into a real-time hydrologic model

Vflo™ provides the highest-resolution; most advanced distributed hydrologic modeling for managing water from catchment to river basin scale. Improved hydrologic modeling capitalizes on access to high-resolution quantitative precipitation estimates from model forecasts, radar, satellite, rain gauges, or combinations of multisensor products. Worldwide digital datasets offer tantalizing detail, which Vflo™ utilizes directly at any resolution. The model is implemented in Java™ to take advantage of secure servlet/applet technology for multi-user access.

The advantage of physics-based models is that they can be setup with minimal historical data and still obtain meaningful results. Distributed models better represent the spatial variability of factors that control runoff, and therefore are more accurate. Finite

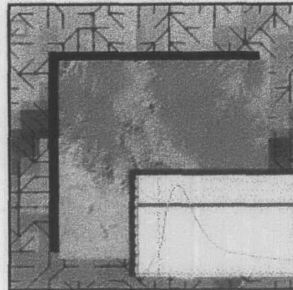
element solution to the kinematic wave equations is the most efficient solution allowing large systems to be solved quickly on a Windows-based desktop computer. Days of simulation can be accomplished in just minutes or seconds for large river basins.

Model input consists of rain-rate maps at any time interval from radar or multisensor sources. Data input for this model, besides the rainfall input, is derived from various commonly available sources of digital data. Parameters include topography and drainage networks derived from a digital elevation model (DEM), infiltration derived from soils, and hydraulic roughness derived from landuse/cover (Landsat). These parameters may be input manually or via ArcView grids.

圖3-2-1 Vflo模式簡介



## A Real-time Distributed Hydrologic Model



### Vflo™ Features:

- Easily extended to ungaged rivers
- Parameter input using GIS data sets
- Efficient simulation (days in seconds)
- Finite elements based on digital terrain
- Meaningful prediction without calibration
- Radar, rain gauge, satellite or multisensor rainfall input
- Forecast flooding using detected and forecast precipitation
- Scalable from upland watershed to river basin using the same drainage network

### REQUIREMENTS

Hardware requirements, software performance and model results depend on user determined configuration. Technical specifications provided are general guidelines based on tested configurations.

#### Data

Soil map  
Landuse/Landcover  
Elevation  
Slope  
Channel Cross-sections  
Rainfall (NIDS, QPE-SUMS, Rain Gauge)

Processor PIII 512 KB or greater  
RAM 256 MB/512MB  
SVGA display 1024x768/ (24 bit or greater)  
CD-ROM drive

#### Service

OS Windows2000 Server, SUN, or LINUX

#### Minimum/Recommended System

##### Vflo™ Technical Specifications

(based on a 7000 cell analysis)

##### Desktop Application

OS Windows2000

##### Server Enterprise Application

OS Windows2000 Server or LINUX  
INTEL PIII 512KB /INTEL XEON PIII  
900 2MB RAM

For more information, contact us at: Viewx & Associates, Inc. 1215 Crossroads Blvd., Suite 118  
Norman, Oklahoma 73072-3359 USA Phone: (1) 405-292-6259 Fax: (1) 405-292-6258  
www.viewxinc.com      jv@viewxinc.com

Vflo™

Hydrologic Analysis and Prediction

圖3-2-2 Vflo模式簡介 (續)

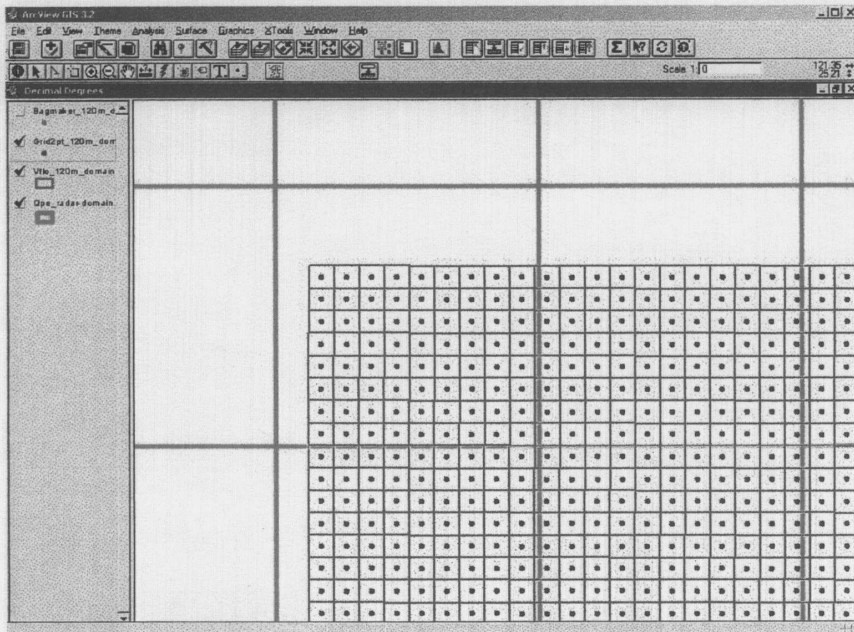


圖3-2-3 QPESUMS模式與Vfile模式解析度差異示意圖

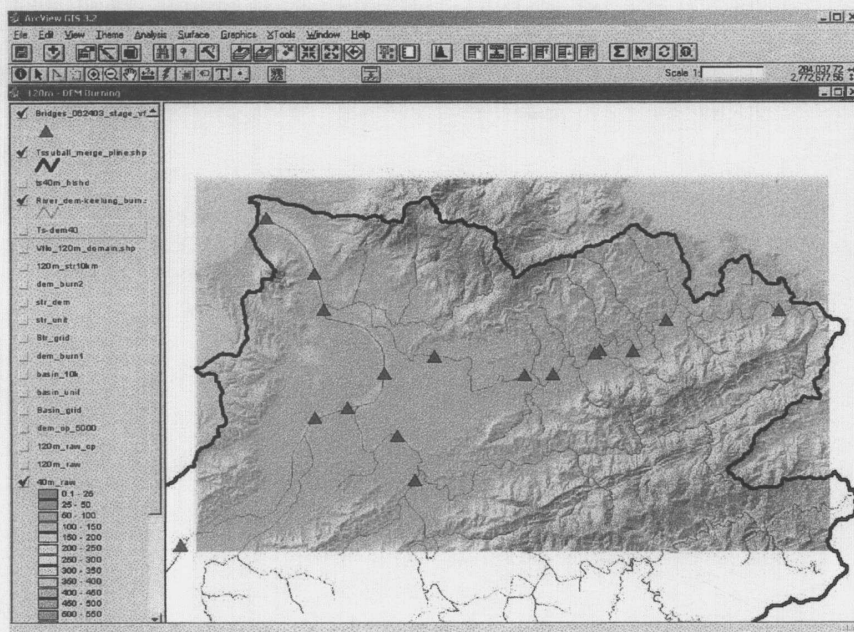


圖3-2-4 運用ARCVIEW圖示化基隆河流域數位高程資料

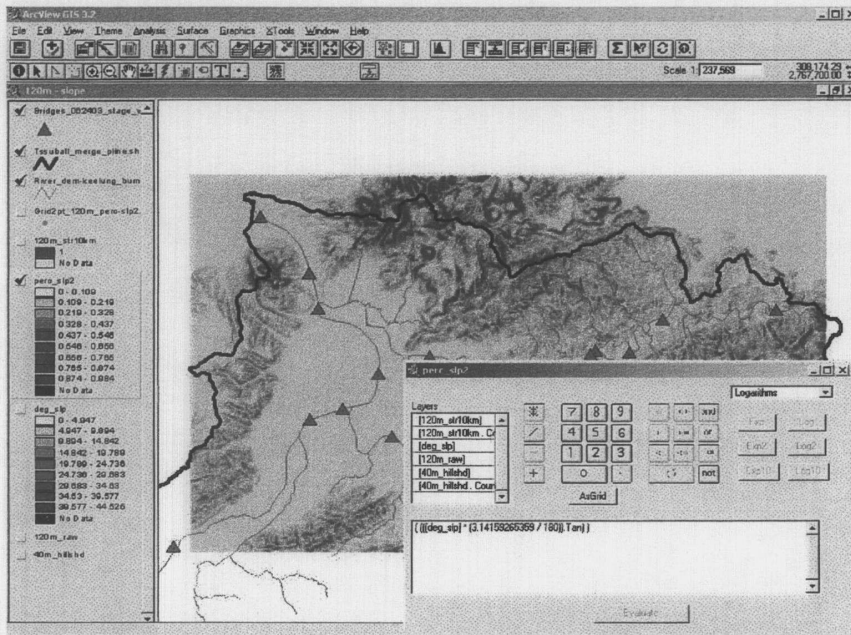


圖3-2-5 運用ARCVIEW求得流域坡度資料

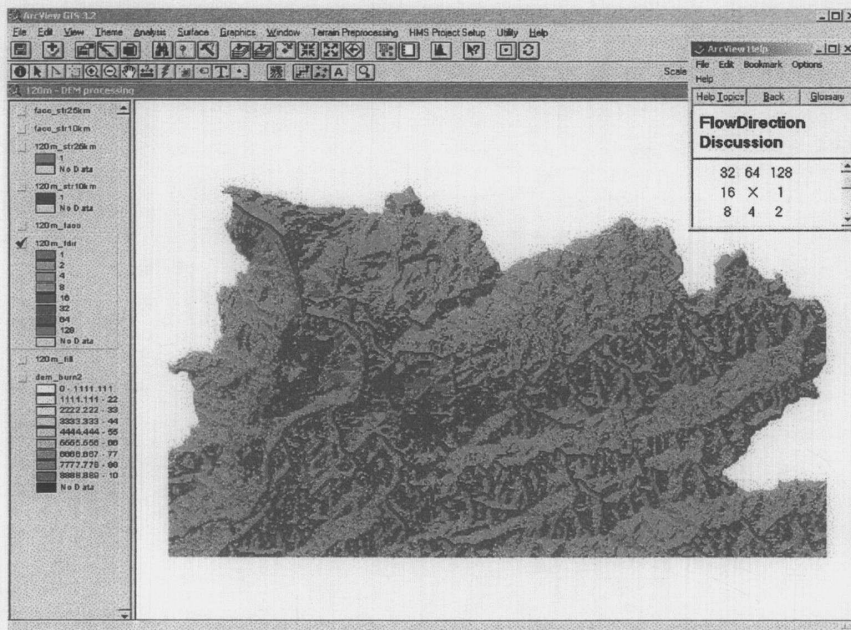


圖3-2-6 運用ARCVIEW求得河川流向資料

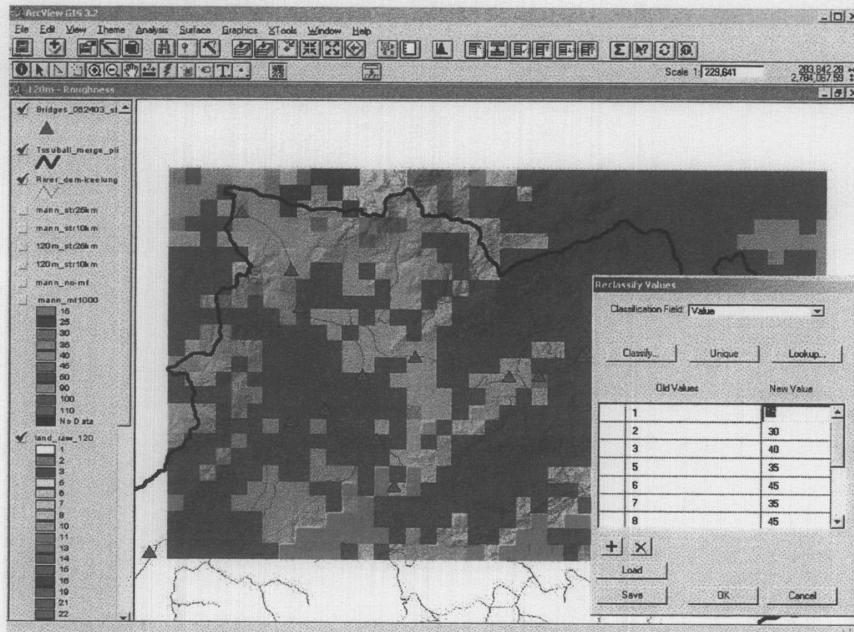


圖3-2-7 運用ARCVIEW求得流域曼寧係數n值資料

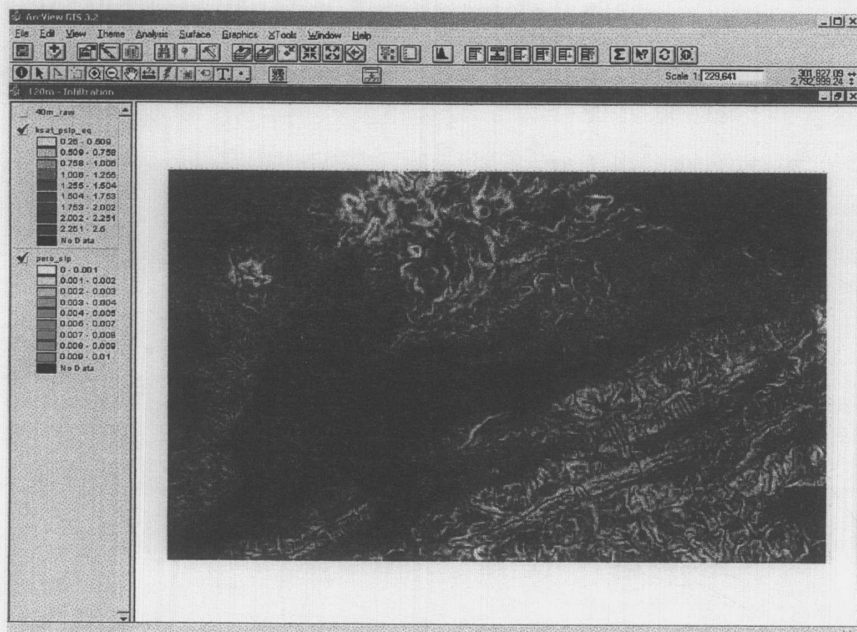


圖3-2-8 運用ARCVIEW求得流域入滲係數k值資料

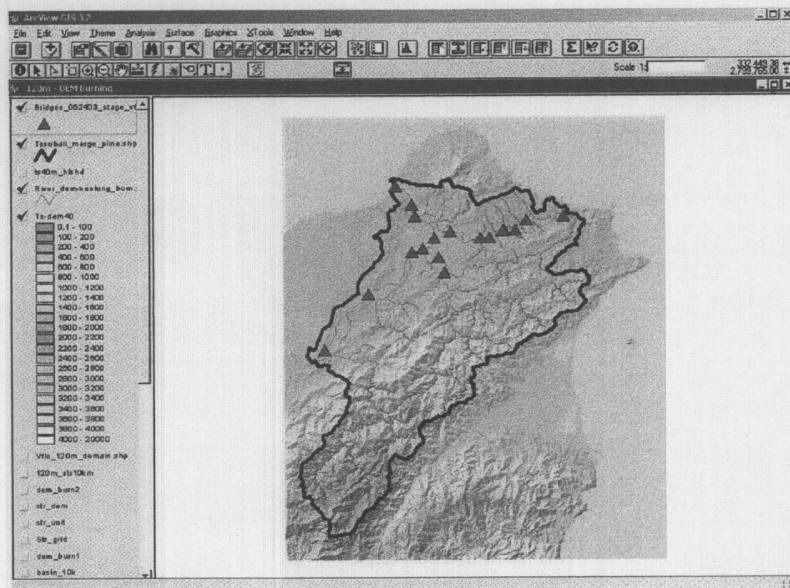


圖3-2-9 運用ARCVIEW圖示化淡水河流域數位高程資料

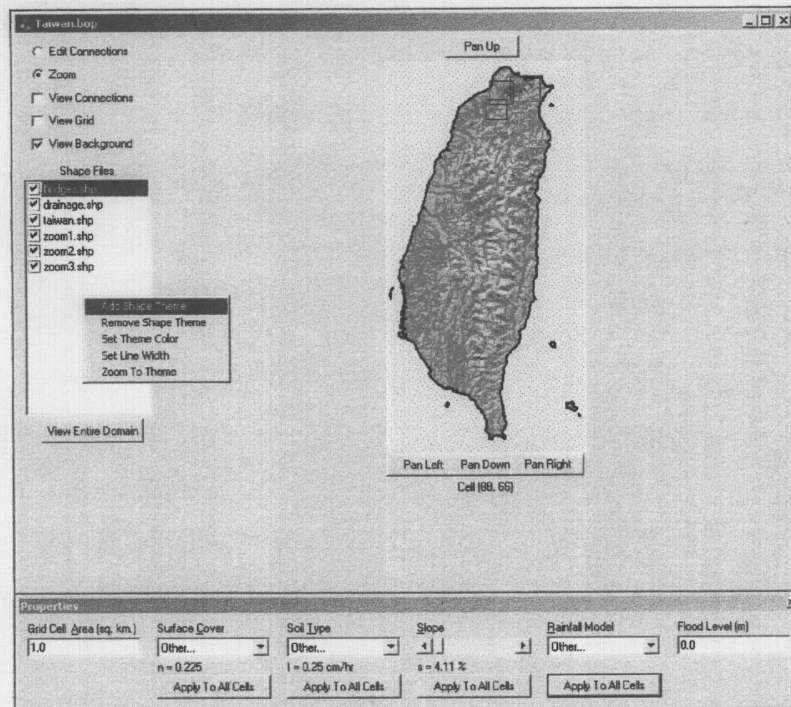


圖3-2-10 Vflo模式操作畫面—加入地形圖

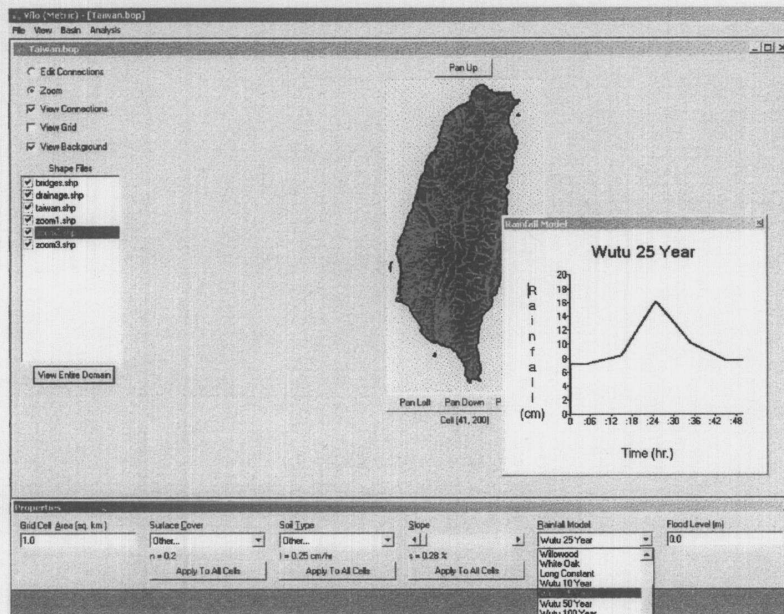


圖3-2-11 Vflo模式操作畫面－降雨模式 (Rainfall)

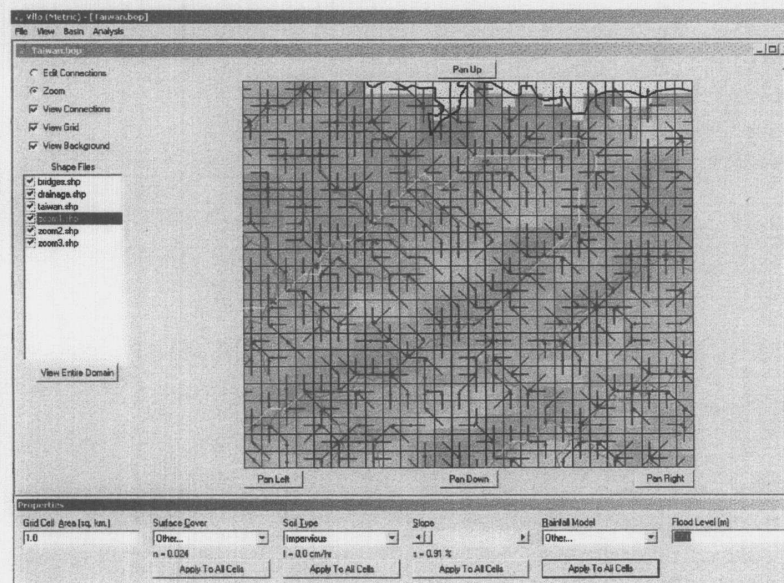


圖3-2-12 Vflo模式操作畫面－模擬排水網路

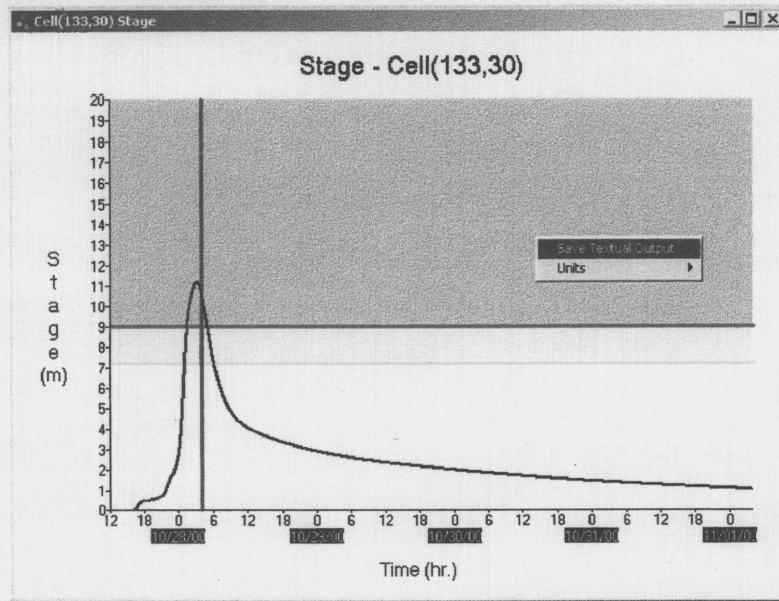


圖3-2-13 Vflo模式操作畫面—水位歷線輸出

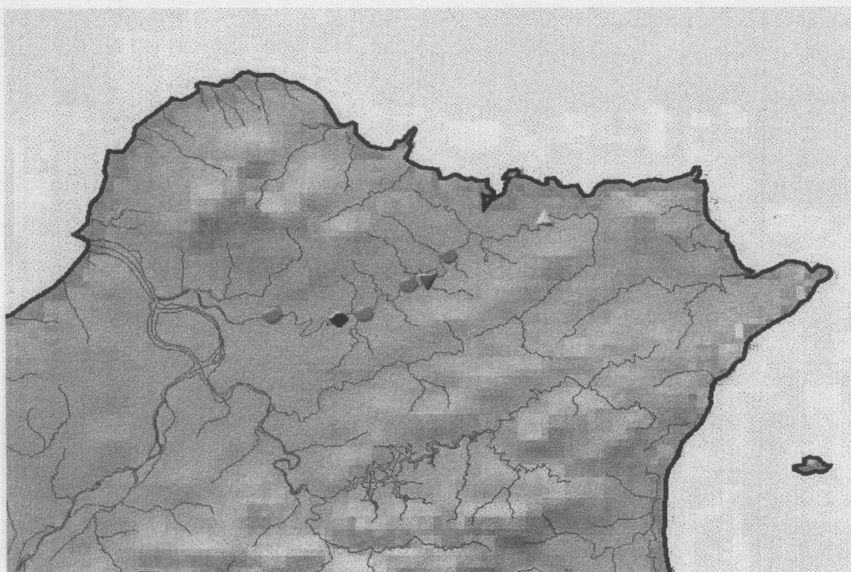


圖3-2-14 Vflo模式即時系統—展示畫面

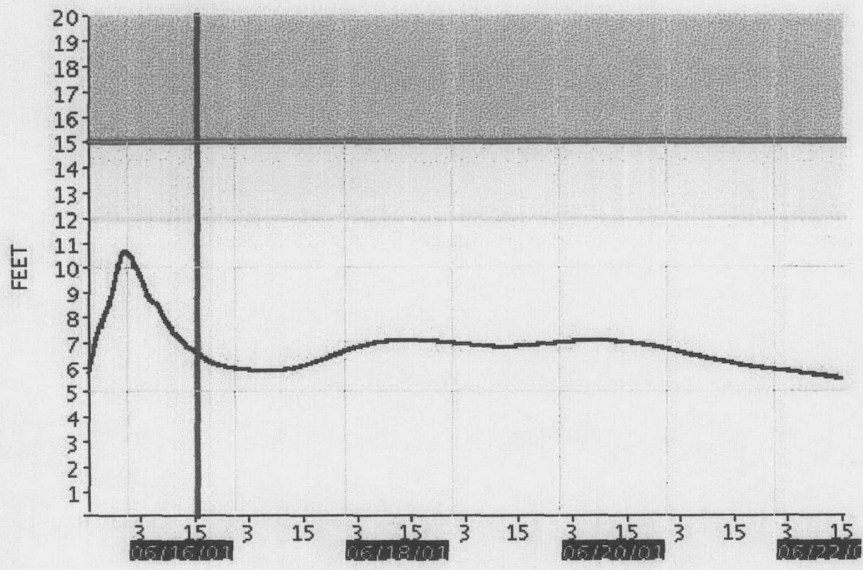


圖3-2-15 Vflo模式即時系統—水位歷線圖畫面



### Fountain Creek near Fountain

Flood Stage: 8 Feet

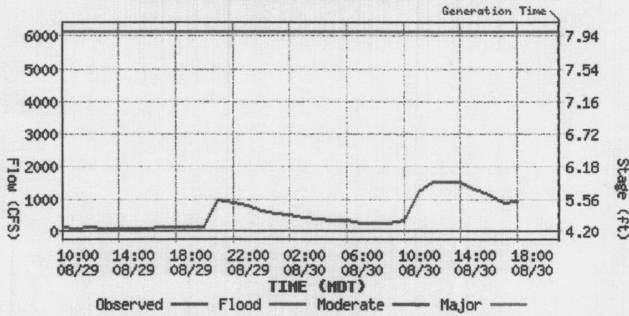
**Latest Stage: 5.46 Feet at 18:45 MDT 08/30**

[\[Graph Description\]](#) [\[Feedback\]](#) [\[Text Products\]](#) [\[Precip.\]](#)  
[\[Impacts\]](#) [\[Map\]](#) [\[Historical Crests\]](#) [\[Low Water Events\]](#)

[Click Here for Fountain Creek at a Glance](#)

							Arkansas River --
River Level Forecast Info	Weekly Chance of Exceedance			Chance of Exceedance During Entire Period			-- Fountain Creek --
							-- St Charles River --
							-- Purgatoire River --
							-- Rio Grande River --

#### FOUNTAIN CREEK NEAR FOUNTAIN (FHRC2, USGS 07106000) Gauge Datum = 5355.00ft



Latest: 5.46 ft 840 CFS (13% of flood flow) [18:45 08/30]  
 Max: 5.92ft (1589 CFS) Max Fcst: NONE  
 Min: 4.69ft (90 CFS) Min Fcst: NONE

Preliminary data  
 Forecast data only available when flood waters threaten

#### Tabular Data

**NOTE:** Forecasts for the Fountain Creek near Fountain are issued as needed during times of high water, but are not routinely available.

[About this graph](#)  
[Printable Forecast](#)

	<a href="#">Return to River Map</a>	
--	-------------------------------------	--

圖3-3-1 AHPS模式展示介面

A *hydrograph* shows how the river level changes over time at a specific location. Forecast hydrographs are displayed when flooding is expected, otherwise the hydrograph for the past few days is provided, if the data are available. At key river gages, such as along navigable rivers, daily forecast hydrographs are provided, whether or not flooding is anticipated. For some locations, probabilistic outlooks for extended periods of up to 90 days are provided.

Links to past and forecast precipitation, river level impact and historical flood information are also included on this page.

The following terminology is used when describing floods:

The term **Minor Flooding** is used to indicate minimal or no property damage. However, some public inconvenience is possible.

The term **Moderate Flooding** is used to indicate the inundation of secondary roads. Transfer to higher elevation may be necessary to save property. Some evacuation may be required.

The term **Major Flooding** is used to indicate extensive inundation and property damage, usually characterized by the evacuation of people and livestock, and the closure of both primary and secondary roads.

Past Precipitation

Forecast Precipitation

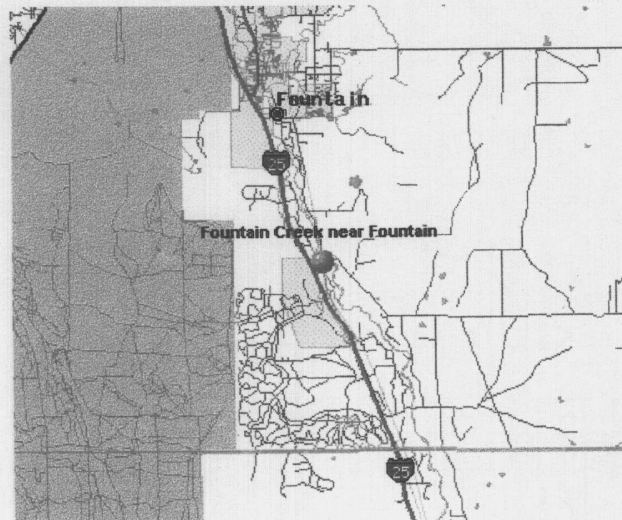
#### Information

##### Top 3 Historical Crests

- (1) 12.06 ft on 04/30/1999
  - (2) 10.34 ft on 09/03/1994
  - (3) 10.25 ft on 05/17/1995
- Crest Flow Information

##### Top Low Water Event

- (1) 0.0 ft on 09/24/1939



#### Impacts

- 12.0 Feet WATER FLOWS OVER OLD PUEBLO ROAD SOUTH OF FOUNTAIN
- 11.0 Feet WATER FLOWS OVER RAILROAD TRACKS SOUTH OF FOUNTAIN
- 10.0 Feet SERIOUS AGRICULTURAL FLOODING AND BANK EROSION OCCURS
- 8.0 Feet SIGNIFICANT AGRICULTURAL FLOODING OCCURS
- 7.0 Feet MINOR AGRICULTURAL FLOODING OCCURS
- 6.0 Feet THE RIVER IS BANKFULL

圖3-3-2 AHPS模式展示介面 (續)

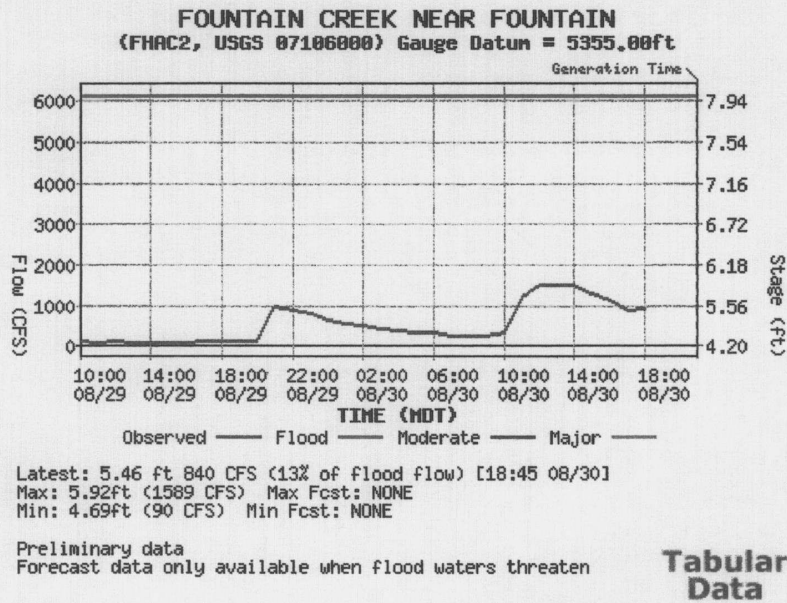


圖3-3-3 AHPS模式—水位歷線圖及洪水相關資訊

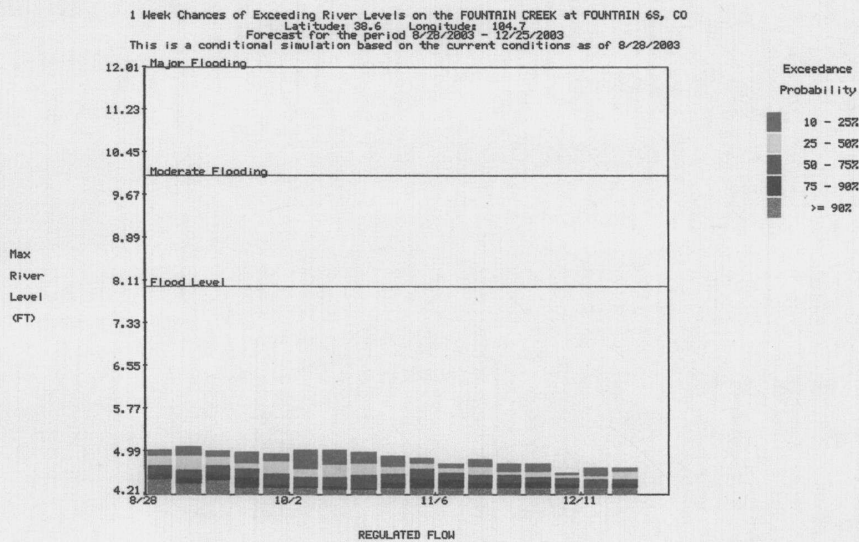


圖3-3-4 AHPS模式—一週河川水位超越機率圖

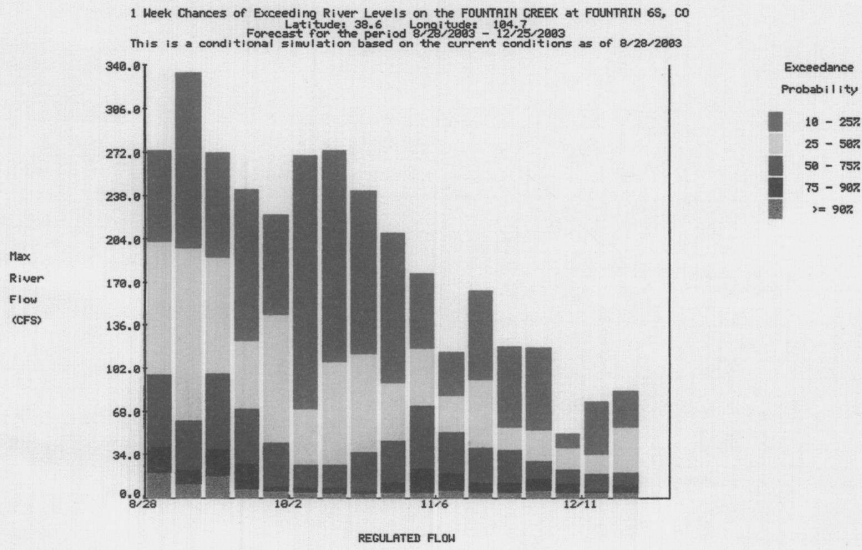


圖3-3-5 AHPS模式——週河川流量超越機率圖

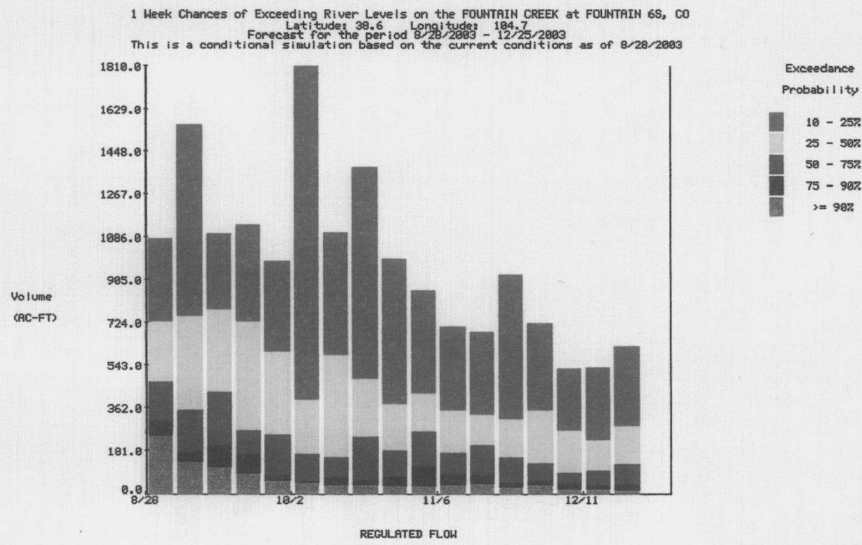


圖3-3-6 AHPS模式——週河川容積超越機率圖

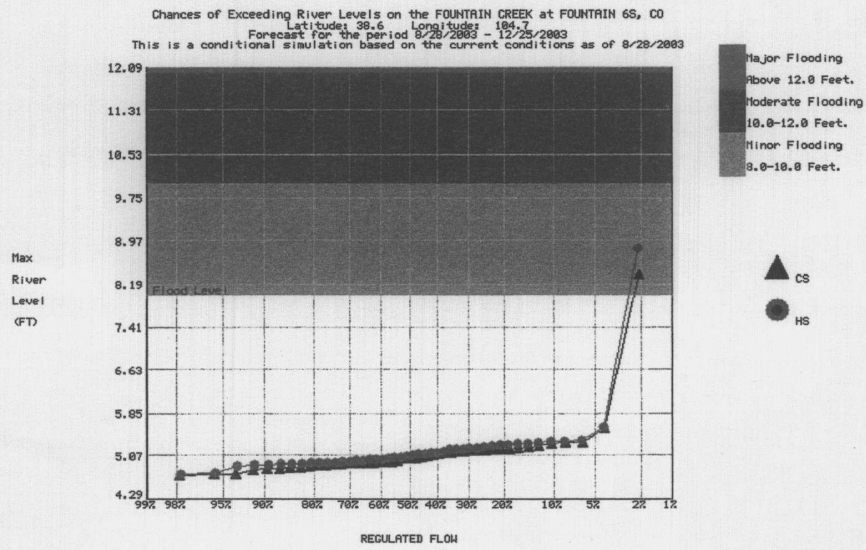


圖3-3-7 AHPS模式－洪水事件期間河川水位超越機率圖

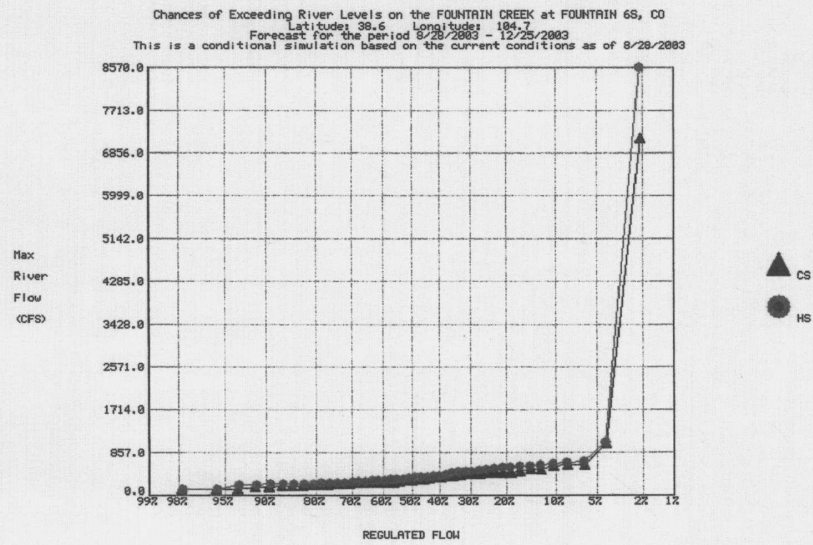


圖3-3-8 AHPS模式－洪水事件期間河川流量超越機率圖

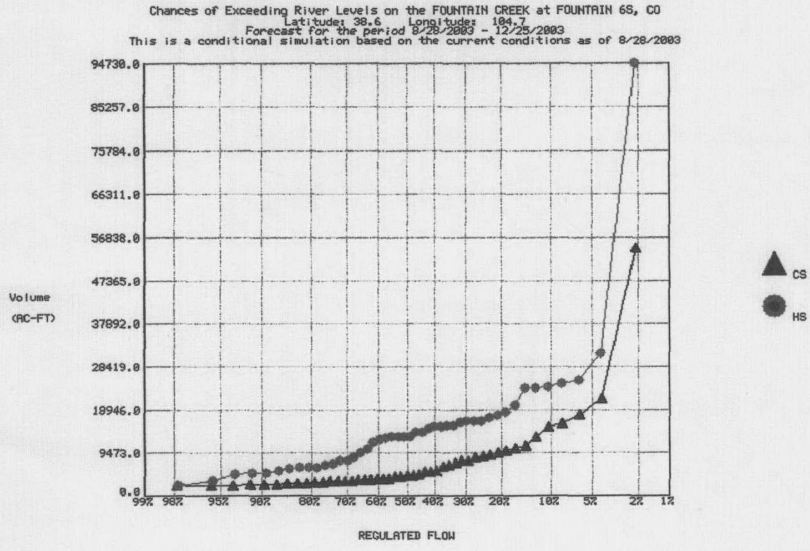


圖3-3-9 AHPS模式－洪水事件期間河川容積超越機率圖

## 肆、觀摩考察內容說明

本次觀摩考察機構主要為美國海洋暨大氣總署之附屬機構，包含國家劇烈風暴實驗室（NSSL）、國家氣象中心（NWS）、風暴預報實驗室（SPC）及與國家劇烈風暴實驗室合作密切之Vieux and Associates機構。四單位皆位於Norman，研究機構集中，相輔相成，造就超群的研究成果。本章將以四部分說明本次參訪結果。

### 一、參觀國家劇烈風暴實驗室（NSSL）

#### （一）國家劇烈風暴實驗室

國家劇烈風暴實驗室（National Severe Storms Laboratory, NSSL）（圖4-1-1）是美國海洋暨大氣總署之附屬機構，總部位於奧克拉荷馬州之Norman小鎮。美國每年遭受800至1000個龍捲風侵襲（圖4-1-2），而國家劇烈風暴實驗室由於地理位置特殊，龍捲風盛行（圖4-1-3），適合研究劇烈氣候變異，是美國劇烈天氣之預警與預報研究重心。該實驗室標誌（圖4-1-4）由龍捲風、洪水、閃電及冰雹四種劇烈氣候型態構成，即可看出端倪。

美國國家劇烈風暴實驗室是一個國際知名的研究實驗室，領導著各種劇烈變異氣候之發展研究方向（圖4-1-5及圖4-1-6），除進行觀測與觀測技術之研究外，亦進行預警模式及預報系統之發展。實驗室運用雷達（Radar）及衛星（Satellite）等最新科技，研究龍捲風（Tornadoes）、暴雨（Thunderstorms）、狂風（Damaging Winds）、閃電（Lightning）、冰雹（Hail）及洪水（Floods），並研發觀測產

品及預警模式，以拯救生命與減少財產損失。

為了觀測各式各樣的劇烈氣候變化，國家劇烈風暴實驗室佈下了雷達與衛星網，利用雷達與衛星之新技術與地面水文、氣象觀測站之觀測資料，提供颶風、龍捲風及洪水研究與預警時所需之大量即時資訊。以水文觀測為例，傳統上使用雨量計或流量計單點式的觀測儀器，獲得點之觀測值後，再運用各類方法轉成面之觀測值，沒有觀測值的點須以各種方式內插獲得。雷達及衛星網則是在同一時間，獲取面之分布資料，利用此類新技術，每個點都能有準確之觀測資料，而不需再靠內插或計算獲得資訊，並可利用地面觀測站之資料進行資料準確性驗證。

目前國家劇烈風暴實驗室已完成整合雷達資訊系統，發展定量降雨估計（QPESUMS）模式，使雷達、衛星、雨量計及傳統氣象水文觀測儀器之觀測資料作最佳之組合，並提供最準確之降雨量預估，使預報預警系統能發揮更大之效用。本次參訪，會見「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展計畫—預警決策支援系統」計畫執行長 Kenneth W. Howard（圖4-1-7），並由張健小姐（圖4-1-8）帶領解說QPESUMS模式及參觀實驗室、雷達與相關氣象單位。

## （二）雷達

目前國家劇烈風暴實驗室週邊有四個雷達，包括第一代雷達、WSR-88D雷達、雙偏振雷達（Polarimetric Radar）及相陣列雷達（Phased Array Radar）。第一代雷達（圖4-1-9）已經除役，目前



作為展示用；WSR-88D雷達（圖4-1-10），屬非偏振雷達，係利用傳送及接收水平脈衝波技術，觀測雲及降水粒子（雪、冰、雨等）之水平尺度。WSR-88D雷達為國家氣象中心所有，屬於美國整體158個氣候觀測雷達系統NEXRAD之一，提供全美地區雷達資料，供風暴預報中心（SPC）預警系統使用，以利全美警報之發布；雙偏振雷達（圖4-1-11）係利用水平及垂直偏振技術傳遞不同方向之脈衝波，取得水平及垂直方向之雲及降水粒子資料，可完整描述各粒子之大小、形狀、密度及特性，對於降雨及降雪率之估計有很大助益；相陣列雷達（圖4-1-12）原為美國海軍軍艦上之設備，除役後交由國家劇烈風暴實驗室用來觀測惡劣氣候，可協助提昇國家氣象中心氣候觀測雷達系統NEXRAD之整體功能，目前該雷達仍在建置與測試階段（圖4-1-13）。由於相陣列雷達同時可發射很多電磁波束，可將雷達掃描時間由原來WSR-88D雷達之六分鐘降為一分鐘，因此龍捲風之預警發布時間可由原來之十一分鐘大幅提前為二十二分鐘，未來之運用與發展可期（圖4-1-14）。

本次參訪，國家劇烈風暴實驗室人員帶領參觀雙偏振雷達（圖4-1-15），獲益匪淺。雷達系統包含天線（圖4-1-16）、波導管（圖4-1-17）、發送與接收設備、電腦系統、顯示介面（圖4-1-18）及電力系統（圖4-1-19）。雷達並非一般見到如球體之建築，那只是保護的外殼，最重要部分為發送接收設備及電腦系統。本系統只有一個發送暨接收器，發送水平偏振脈衝波後，接收反射訊號，再發送垂直偏振脈衝波，接收反射訊號，循環操作。

## 二、參觀國家氣象中心（NWS）

國家氣象中心（National Weather Services, NWS）隸屬於美國海洋暨大氣總署，提供美國各地之氣象、水文及氣候之預測與預警，涵蓋範圍包含水體及海洋，目的係為保護人民生命財產及增進美國國內經濟發展。氣象中心之基本觀測資料及各項研發產品，已建立完整資料庫，可提供其他政府部門、私人公司、人民團體及國際組織作為風暴、洪水、颶風、龍捲風、海嘯及其他惡劣氣候變化之預警及預報基礎。美國國家氣象中心是美國在氣候條件威脅人民安全時，唯一可以發布預警公告之政府單位。

國家氣象中心歷史悠久，可追溯至1870年，目前將全美分為中央（Central）、東（Eastern）、南（Southern）、西（Western）、阿拉斯加（Alaska）及太平洋（Pacific）等區，各區皆有國家氣象中心之地方性機構分布，還有地區性支援中心如區域總部（Regional Headquarters）、河川預報中心（River Forecast Centers）、氣候中心（Regional Climate Centers），以及國家級支援機構如氣候預報中心、風暴預報中心、…等。本次參訪（圖4-2-1），中心人員特別介紹美國目前正在推廣使用之AHPS模式，該模式可提供河川洪水水位及相關水文資訊，將運用於全美國之洪水預警。

## 三、參觀風暴預報中心（SPC）

風暴預報中心（Storm Prediction Center, SPC）隸屬於國家氣象中心（NWS）及國家環境預報中心（NCEP）的一部份，主要任務

係提供全美各地即時、準確之劇烈風暴與龍捲風預測及觀測資料，同時監測豪雨、大雪及足以引發森林大火的乾燥天氣條件。風暴預報中心運用了最先進的科技及科學方法，開發完成整套產品，作為劇烈天氣預報之用，目前可預測三天後之劇烈氣候變化，並且持續預報及監測至該事件結束為止。

風暴預報中心所使用之各項產品（圖4-3-1及圖4-3-2），皆可由網路取得，這些產品已普遍運用於國家氣象中心之地方分支機構，急難救助單位、電視及收音機氣象預報員、私人天氣預報公司、航空工業、風暴觀測機構、農業機構、教育機構及其他團體。各項產品包括：Current Weather Watches，可檢視目前雷暴及龍捲風之狀況；Current Mesoscale Discussions，檢視中尺度之氣候條件，探討小範圍內數個雷暴之影響；Current Convective Outlooks，檢視今、明及後天三天之雷暴預測狀況；Fire Weather Outlooks，預報亦引發森林大火之天氣；Watch, Warning and Advisory Display。

由於風暴預報中心特殊之任務需求，所進用之氣象專家除需具備一般降雨、降雪、乾燥氣候知識外，必須專精於風暴預測，同時需針對劇烈及危險天氣條件進行科學研究。目前所有預報人員至少擁有大氣科學相關之學士學位，有些成員擁有碩士學位或是具有研究級人員資歷。大部分成員有五年以上之專業素養，有些預報員甚至從事預報工作達二十年以上，團隊素質精良。

風暴預報中心二十四小時運作，預報全美各地之天氣狀況。本次參訪（圖4-3-3及圖4-3-4），中心電腦眾多，展示各項產品畫面，中

心人員全程監控天氣狀況及預報發展。由觀測至中尺度討論到預警，預報人員擁有很多工具可以自由運用，加上他們正規的訓練及預測的專業，正是風暴預報中心能獨步全美之最重要原因。

#### 四、參觀Vieux and Associates

Vieux and Associates顧問公司位於奧克拉荷馬州之Norman小鎮，由Baxter E. Vieux及Jean E. Vieux夫婦於1992年創建，專門研究GIS、水文研究、雷達降雨、洪水預警、流域管理、水資源工程及水質管理等問題。Baxter E. Vieux博士任教於奧克拉荷馬大學，目前擔任奧克拉荷馬大學天然災害中心執行長，專長為水文、污水系統管理及雷達降雨與暴雨逕流模式，目前致力於將GIS系統及雷達降雨應用於分布式水文逕流（Vflo）模式中。

利用雷達進行降雨估算與預測是水文觀測上之一大突破，而Vieux and Associates更進一步將這些水文氣象資料與GIS系統結合，運用於水文模式上，對水文研究與模式發展更有助益。該公司已成功的將雷達降雨資料運用於都市污水系統上（圖4-4-1），並利用雷達降雨技術及Vflo模式，展現8000平方公里大範圍區域之即時逕流變化（圖4-4-2），突顯了Vflo模式在運算上之快速與優勢。目前Vflo模式已可將洪水資訊系統建立在地理資訊系統及空間分布資料上，並結合各式降雨觀測儀器輸入降雨資料，再利用分布式水文模式作更精進的計算，可視為一套先進洪水預警系統。本次參訪，會見Baxter Vieux夫婦（圖4-4-3），並由Vieux and Associates同仁介紹（圖4-4-4）Vflo模式。

## 五、附圖





圖4-1-3 龍捲風



圖4-1-4 美國國家劇烈風暴實驗室標誌



圖4-1-5 NSSL各種劇烈變異氣候之發展研究

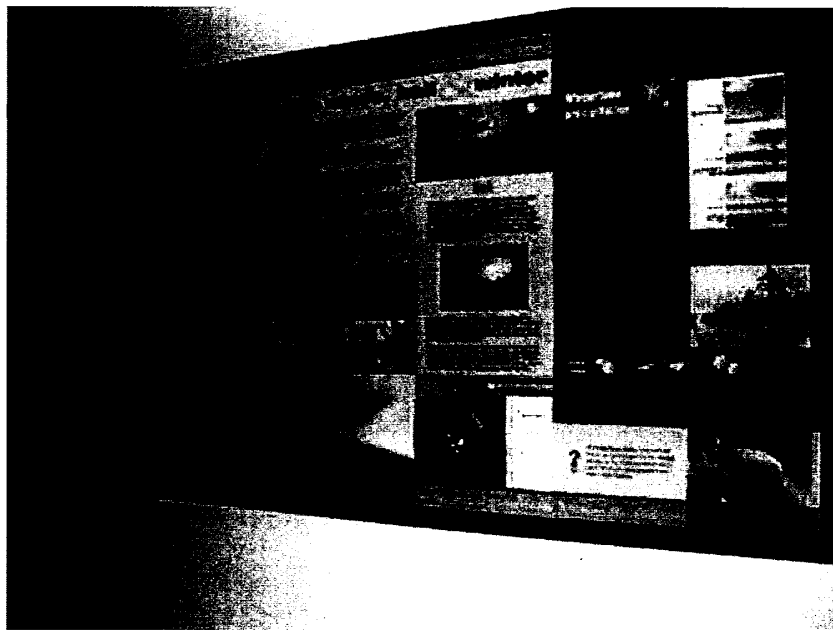


圖4-1-6 NSSL各種劇烈變異氣候之發展研究（續）



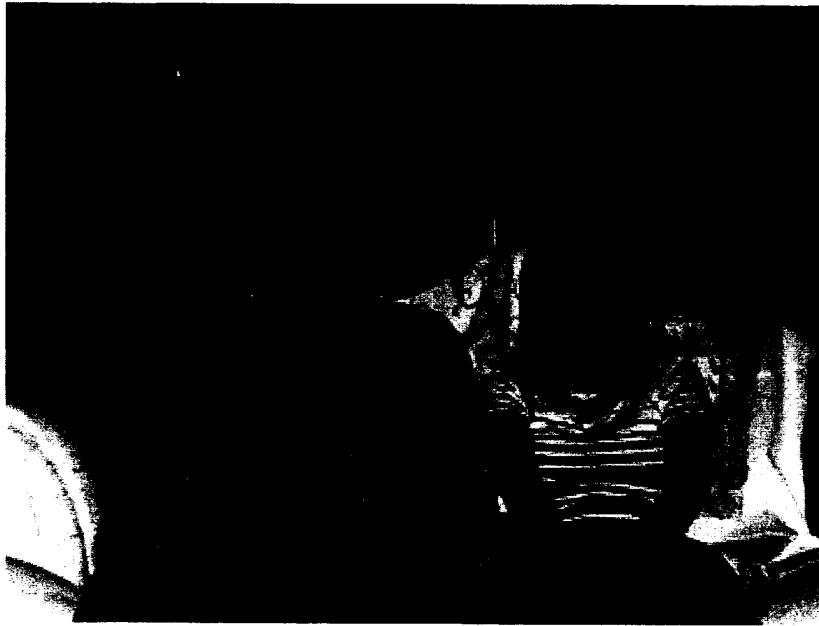


圖4-1-7 與Kenneth W. Howard合影



圖4-1-8 與張健合影



圖4-1-9 第一代雷達



圖4-1-10 WSR-88D雷達

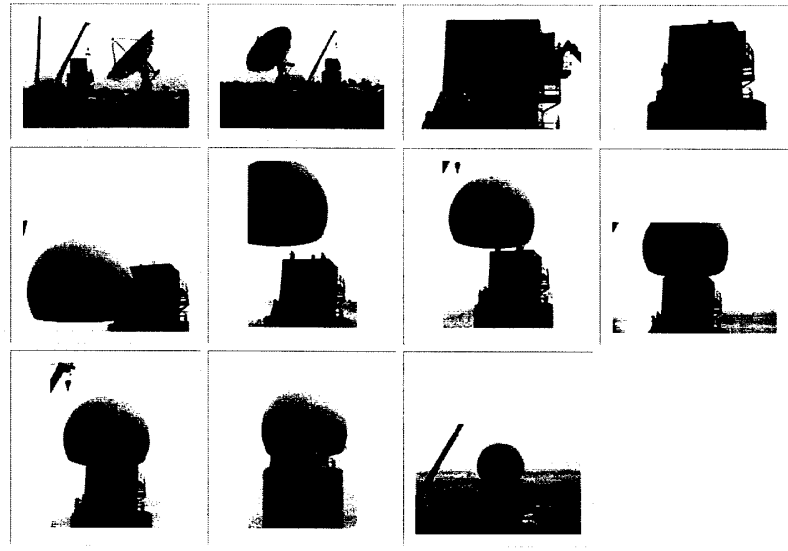


圖4-1-11 雙偏振雷達



圖4-1-12 相陣列雷達

### Phased Array Radar Construction



Photos © Kurt Hondl - April 22, 2003

圖4-1-13 相陣列雷達之建置過程

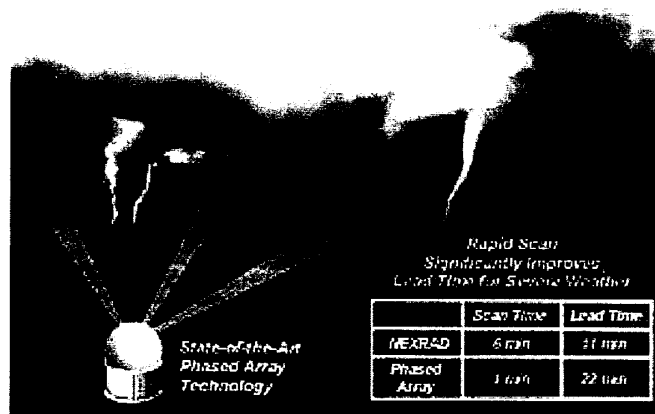


圖4-1-14 相陣列雷達之功效



圖4-1-15 劇烈風暴實驗室人員解說雙偏振雷達

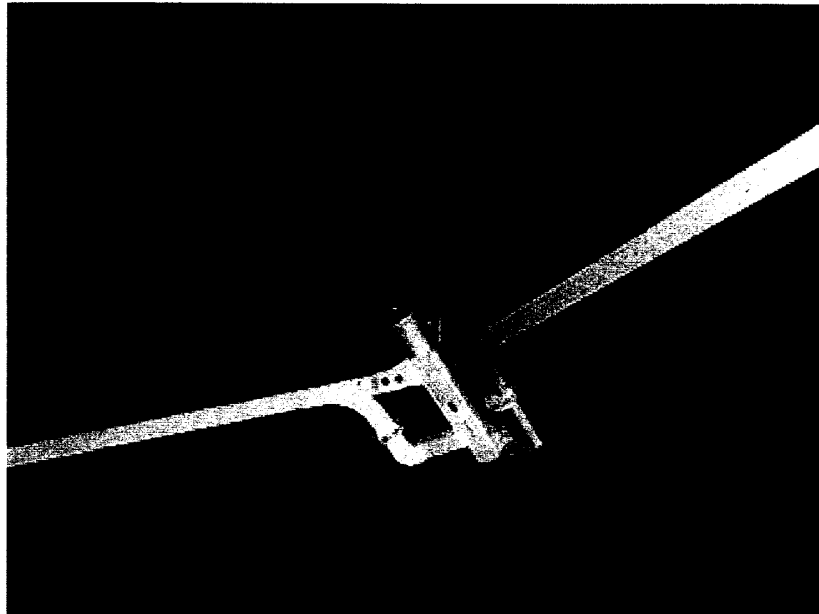


圖4-1-16 雷達系統一天線

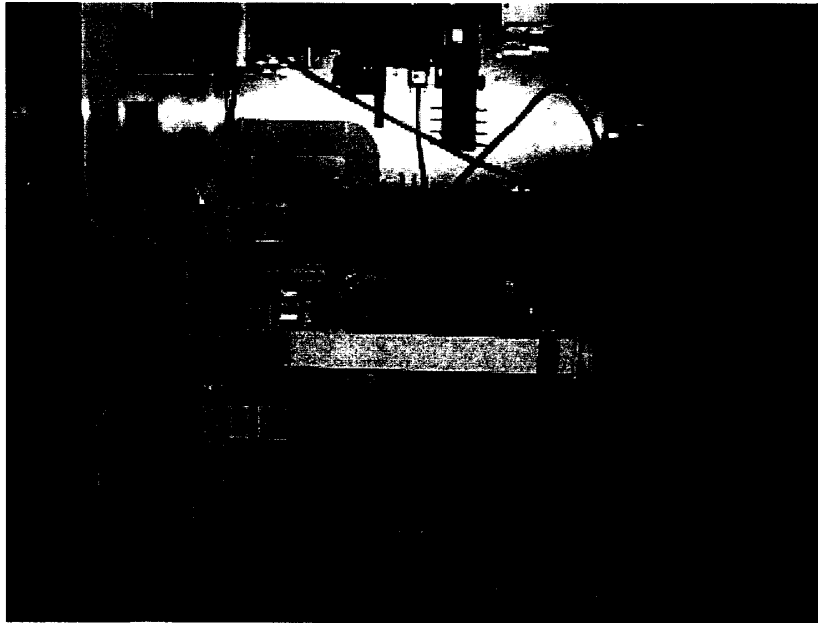


圖4-1-17 雷達系統—波導管

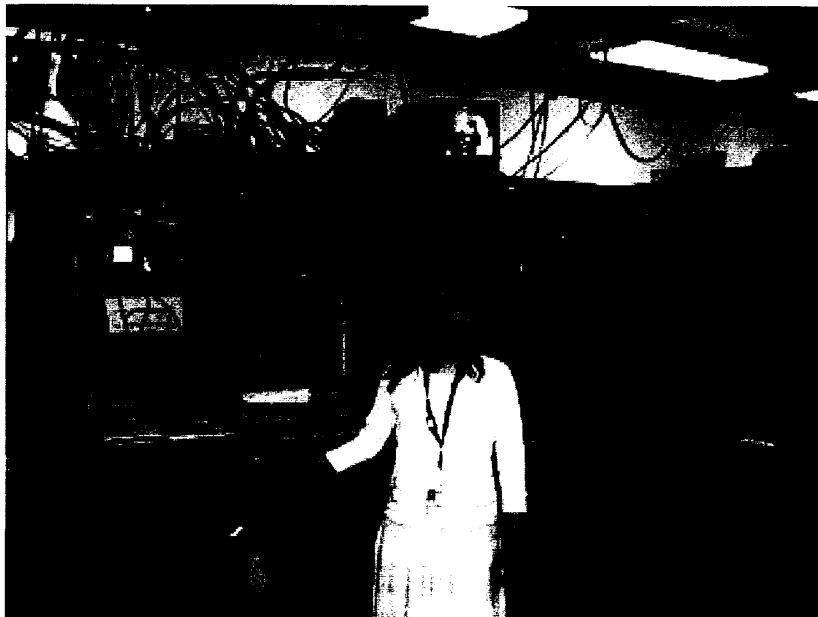


圖4-1-18 雷達系統—發送接收器、電腦系統及顯示介面



圖4-1-19 雷達系統—電力系統



圖4-2-1 與美國國家氣象中心人員合影



### Current Weather Watches

This is the current graphic showing any severe thunderstorm and tornado watches which are in effect over the contiguous United States. Please read about the the purpose of our watches for further information. Details on all valid watches may be found on our Current Convective Watches page.



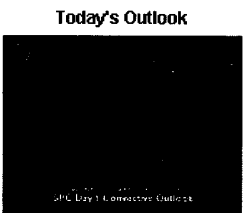
### Current Mesoscale Discussions

This is the current graphic showing any mesoscale discussions (MD's) which are in effect over the contiguous United States. Please read the description of the purpose of our MD's for further information. Details on all valid MD's may be found on our Current Mesoscale Discussions page.

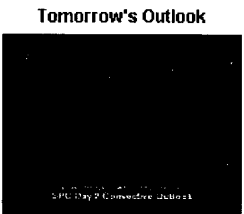


### Current Convective Outlooks

This is today's forecast for organized severe thunderstorms over the contiguous United States. Please read the description of the risk categories for further information. You may find the latest Day 1 Outlook available as well as all Outlooks issued today online.



This is tomorrow's forecast for organized severe thunderstorms over the contiguous United States. Please read the description of the risk categories for further information. The latest Day 2 Outlook is available as well as all Outlooks that have been issued today.



This is the day after tomorrow's (day 3) forecast for organized severe thunderstorms over the contiguous United States. Please read the description of the risk categories for further information. The latest Day 3 Outlook is available as well as all Outlooks that have been issued today. **Note:** The 10% and greater probability thunder line is not included on the Day 3 Outlook.

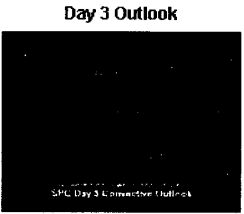
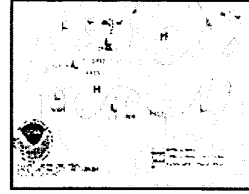


圖4-3-1 風暴預報中心產品

## Fire Weather Outlooks

This is today's fire weather forecast over the contiguous United States. The SPC issues critical and extremely critical fire weather outlook areas once a day for wind and low relative humidity situations as well as critical fire weather outlook areas for organized areas of dry thunderstorms.

### Today's Outlook



This is tomorrow's fire weather forecast over the contiguous United States. The SPC issues critical and extremely critical fire weather outlook areas once a day for wind and low relative humidity events as well as critical fire weather outlook areas for organized areas of dry thunderstorms.

### Tomorrow's Outlook



## Watch, Warning and Advisory Display

Current watches, warnings and advisories issued by the agencies of the National Weather Service.



圖4-3-2 風暴預報中心產品 (續)



圖4-3-3 風暴預報中心預報情形

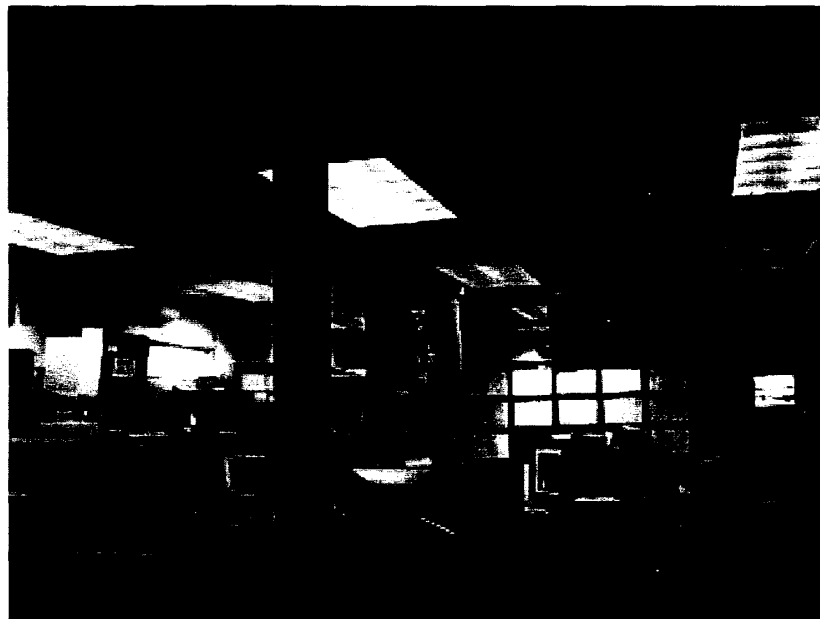


圖4-3-4 風暴預報中心預報情形（續）

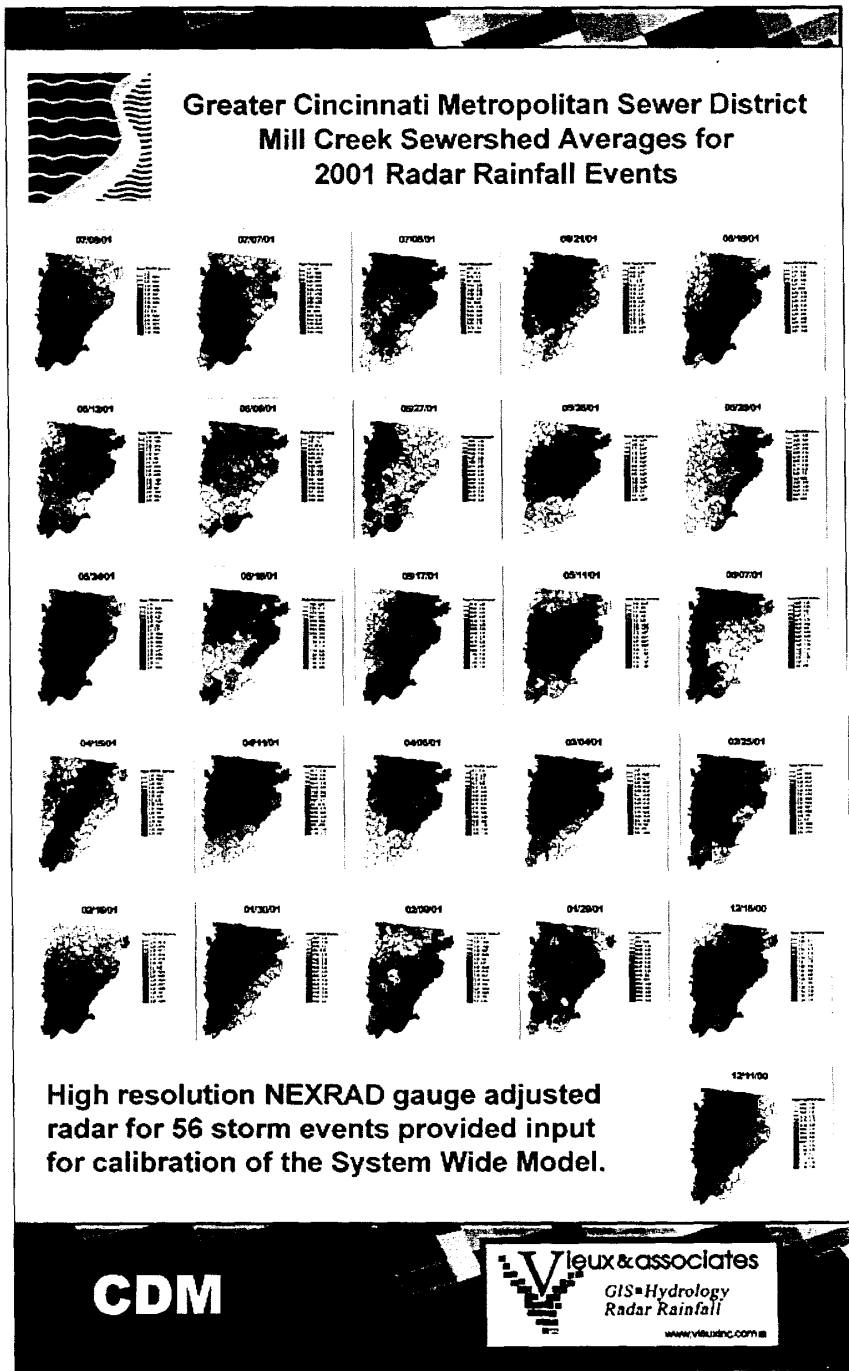


圖4-4-1 Vieux and Associates研究成果

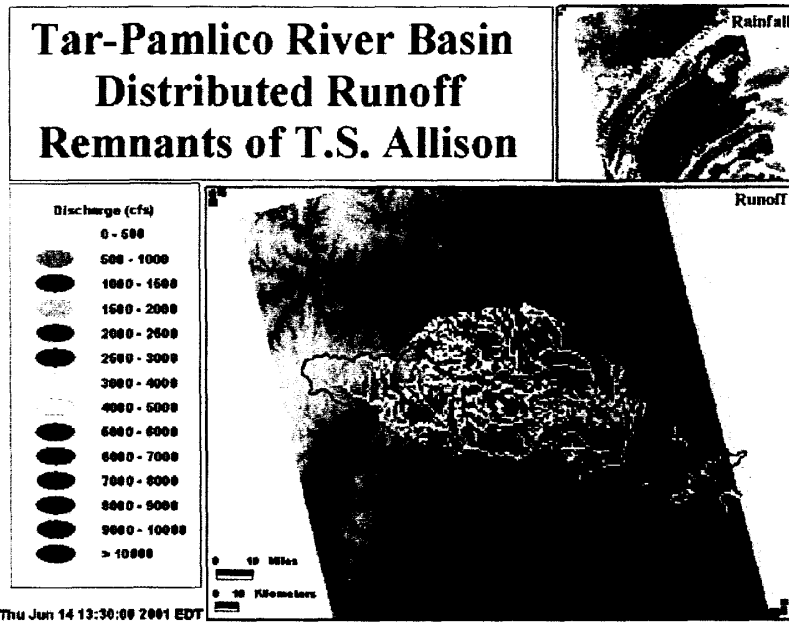


圖4-4-2 Vieux and Associates研究成果 (續)



圖4-4-3 與Baxter Vieux 夫婦合影



圖4-4-4 與Vieux and Associates人員合影

## 伍、結論與建議

### 一、結論

(一) 定量降雨估計 (QPESUMS) 模式，係整合雷達、衛星、雨量站及傳統氣象水文站等不同觀測儀器，提供最佳化之觀測數據，可準確估計降雨量。

(二) 分布式水文逕流 (Vflo) 模式主要功能係將降雨轉換為逕流，模式特點為計算快速，將洪水資訊系統建立在地理資訊系統及空間分布資料上，並結合QPESUMS模式，增加精確度。

(三) Vflo模式目前已發展完成Vflo模式即時系統，可與QPESUMS模式自動連結，當降雨事件發生時，Vflo模式可取得QPESUMS模式所提供之即時雷達降雨資訊，進行水文模式計算，求得洪水水位，分析該降雨是否超過水位觀測點之警界水位，對於洪水預警判斷有很大助益。

(四) AHPS模式以網頁為基礎，提供精確及資訊豐富之預報，展示從數小時、數天至數月後之洪水或乾旱之強度與不確定度，並提供七種示意圖資訊，包括水位歷線圖及洪水相關資訊，一週河川水位超越機率、河川流量超越機率及河川容積超越機率，及洪水事件期間河川水位超越機率、河川流量超越機率及河川容積超越機率，作為洪水預警判斷依據。

(五) 美國氣象部門及水利部門皆隸屬於國家氣象中心，發布警

報亦由風暴預報中心統一發布，權責單位與警報發布單位一致，與台灣不同。

## 二、建議


(一) 定量降雨估計(QPESUMS)模式及分布式水文逕流(Vflo)模式，符合台灣需要快速及準確預警系統之條件，值得引進。


(二) 目前美國國家氣象中心全美洪水預警發布為每六小時更新一次，一次預報未來七十二小時之動態，解析度較低，如需更精準及更即時之預報，則需由各地方氣象單位再詳細模擬預測。台灣地形及河川狀況與美國不同，需要較快之資訊更新速度，但不需要太長之預報。未來亦可考慮由中央統一發布警報後，如各分區需要更高解析度之詳細資料，則由地方流域管理單位自行模擬預測。

(三) 本次參訪各單位，其所需資訊皆可由網路取得，相當便利，值得學習。本次經濟部水利署暨所屬單位之「水文資料庫」相關網頁亦發揮強大功效，許多資料皆可由網站下載，惟受限於僅有中文顯示，在國外尋找資料較為不便，建議應附上英文對照，使能順利與國際合作。

(四) 本次前往研習各模式，操作手冊皆相當完備，使用人員只需依序操作，相當有制度。本署每年皆委託辦理開發各類模式，亦應力求操作手冊之完善，以利模式之操作與維修。



 廉潔、效能、便民

 經濟部水利署（台北辦公區）  
台北市信義路三段41之3號9~12樓  
總機：(02) 37073000  
傳真：(02) 37073166  
免費、服務專線：0800212239