

五分山雷達站數據化底圖的應用

許皓淳

五分山氣象雷達站
中央氣象局

摘 要

中央氣象局採購美國NEXRAD計畫下生產的最新型都卜勒氣象雷達：WSR-88D於民國85年啓用後，將可提供包含降水的回波強度、雲雨的徑向風速、波譜寬等三項基本資料及31大項，40種以上的雷達應用產品。這些延伸的應用產品除了提供氣象人員做為預報天氣的參考之外，也可以提供做為修定航道、水文資訊等等與交通、經濟有深切影響的參考資料。為了配合雷達產品所顯示的空間地理位置足夠精細且準確，必需建置一套除了包含一般的地形邊界外，也需包括行政區邊界、河流資料、流域範圍、交通網路、城市資料、雷達站資訊等等，以期能夠滿足所有使用者需求的WSR-88D都卜勒氣象雷達產品的數據化底圖資料庫。

本文主要介紹五分山氣象雷達站WSR-88D都卜勒氣象雷達數據化底圖資料庫的基本資料格式及已蒐集到的資料庫內容，並詳細說明這組資料庫在應用時所需特別注意的重點。同時，也針對許(1995)一文中部分較易混淆的內容做進一步的補充和修飾。另一方面也提出將來預期更新資料庫的目標與方向，並期待透過國內外氣象作業單位與學術界的專家、學者們的指正與建議，可以使這套底圖資料庫更臻完備、多樣化與實用性。

一、前言：

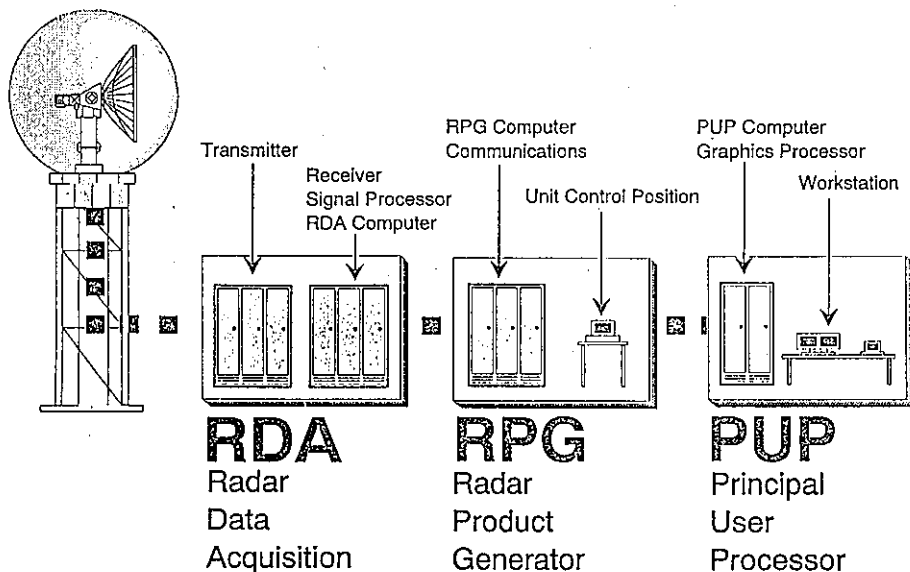
中央氣象局五分山氣象雷達站所安裝的最新型都卜勒氣象雷達：WSR-88D，將於民國85年正式啓用。預期將可有效(一)彌補花蓮、高雄兩氣象雷達站受中央山脈阻擋，以及地球曲度影響，而在台灣北部海上、陸上所形成的涵蓋空隙。(二)對北部颱風嚴密追蹤監視，加強對暴風、豪雨等預報，以減少民間之財務損失。(三)改善北部陸上暴雨預報，減少損害，並可增進水資源之有效運用。(四)加強冬季之寒潮偵測，促進農林漁牧各業對於寒害之預防及應變措施。

WSR-88D係美國商業部、國防部及交通部門自1979年起聯合發展的新一代氣象雷達，這個計畫即為 Next Generation Weather Radar program，簡稱NEXRAD (1991, Part A)。計畫原先是以整合原已發展使用的都卜勒氣象雷達為主，稱做 Joint Doppler Operational Project (JDOP)。隨後雷達及電腦硬體的快速發展，加上美國空軍及民航單位對中心尺度天氣守視的尋求日高，乃在1986年左右，重新由 Operational Support Facility (OSF)整合原有的計畫，不僅要發展更具實用功能的新一代都卜勒氣象雷達，也要進行全國包括空軍、民航、氣象單位的全面

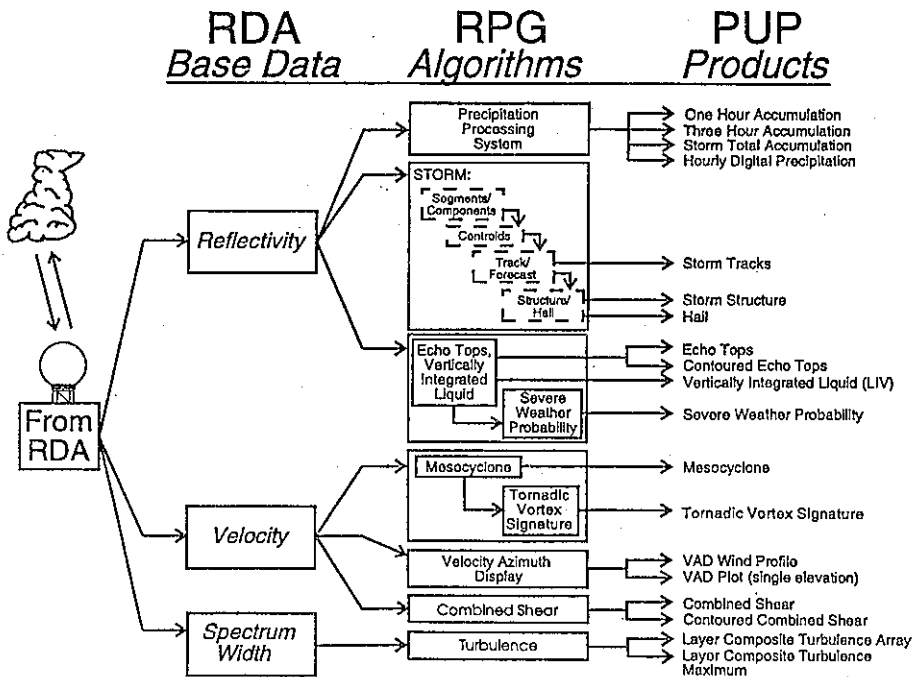
換裝，更新為同一型式的都卜勒氣象雷達，並對相關的使用機關、人員進行教育、訓練等工作。此NEXRAD計畫下的新型都卜勒氣象雷達即是由Unisys Corp. 所承製的WSR-88D型雷達。

WSR-88D可以蒐集高解析、高精確度的雲雨回波、徑向風場和波譜寬資料，並利用本身電腦的快速處理計算能力，立即提供使用者做進一步的分析和研判。WSR-88D主要的系統可以分成三大部分：(1)雷達資料取得部分(Radar Data Acquisition；RDA)，(2)雷達產品產生部分(Radar Product Generator；RPG)，(3)主要使用者的處理部分(Principal User Processor；PUP)(圖一)。RDA與RPG間主要以寬頻(Wideband, 1.544 Mbits)通訊連結；但WSR-88D原先的設計亦可讓掃瞄天線的RDA部分與控制、分析的RPG部分設在遙遠的兩地，如此的連結則可採用T1或微波通訊的方式連結。至於RPG與PUP之間則以窄頻(Narrowband, 9.6 Kbits)通訊連結(Crum and Albery, 1993)。

RDA所蒐集到的雲雨回波、徑向風場和波譜寬等三種基本資料，經由寬頻送至RPG後，分別做以下的處理：雲雨回波主要提供做為一般的降水估計計算，風暴結構、軌跡的計算等等。徑向風場



圖一：WSR-88D氣象雷達主要系統示意圖



圖二：WSR-88D氣象雷達資料、產品流程示意圖

則可提供處理中尺度、龍捲風、風切、VAD (Velocity-Azimuth Display) 等等產品所需的資料。而波譜寬資料主要可以用來計算中小尺度亂流(圖二)。至於再延伸出來的產品則更是五花八門，可視使用者的需求而做必要的搭配、擴充。現階段WSR-88D可提供的氣象應用產品計有31大項,40種產品(表一)(1991, Part C)。其中較重要的產品包括(1)不同仰角的 PPI回波圖,(2)顯示最大回波場,(3)顯示風暴路徑及可能行進方向,(4)顯示三維風暴結構,(5)風暴對流頂強度,(6)降雨量估計、即時降雨強度預報,(7)徑向速度的 PPI圖,(8)風暴氣流剖面結構圖,(9)龍捲風偵測及(10)時間與高度的水平風場圖(VAD)等等(許, 1994)。同時WSR-88D都卜勒氣象雷達產品所提供的解析度可高達 0.25 km × 1度(徑向速度場),因此為配合WSR-88D都卜勒氣象雷達的使用,底圖資料勢必要配合WSR-88D雷達產品的廣泛應用而包含更多的地理資訊。

惟根據本局與美國雷達儀製造商 Unisys Corp. 的合約規定,有關WSR-88D數據化底圖資料必需依照美方安裝的格式需求在民國83年11月以前提供給雷達儀製造商。而上述所提到的底圖資料,除了少部分已建置在本局其他系統使用外,其餘的項目、資料在過去幾乎不曾使用過。因此我們除在合約規定期限前將急需性的WSR-88D都卜勒氣象雷達底圖資料提交美方外,亦繼續研究其他的資料規格,期望能使雷達底圖資料庫更加豐富,提供本局預報人員或氣象學術界使用WSR-88D都卜勒氣象雷達時分析研判的參考。

五分山氣象雷達站的掃描半徑遠達450公里以上,涵蓋了大陸長江口以南的沿海地區及日本宮古群島;未來墾丁、七股雷達站的涵蓋範圍也將遠達呂宋島北部。因此本資料庫在建立之初,已考慮將範圍儘可能的擴大,以期畢全功於一役。至於底圖所需的地理資訊資料的蒐集,除了參考內政部國土資訊系統推動小組(內政部,1992 - 95)所研擬的資料架構外,主要係以資料的解析度及精確度必須符合雷達產品需求的考量來向外界各單位蒐集。至於部分無法立即取得的資料,如民航機航路、危險禁飛區域、公路網、鐵路路線等,則俟國土資訊系統資料庫的情況再來逐步添加、予以更新。本文主要簡介WSR-88D底圖資料庫的資料格式,並對較為重要的資料內容做進一步的說明。

二、標準線性圖的特性與格式簡介：

WSR-88D數據化底圖資料庫的格式係採用美國地理測量局(U.S. Geological Survey; USGS)在

表一：WSR-88D氣象產品一覽表

Product Name	System ID
Combined Moment	CM
Combined Shear	CS
Combined Shear Contour	CSC
Composite Reflectivity	CR
Composite Reflectivity Contour	CRC
Cross Section	
Mean Radial Velocity	VCS
Reflectivity	RCS
Spectrum Width	SCS
Echo Tops	ET
Echo Tops Contour	ETC
Free Text Message	FTM
Hail Index	HI
Layer Composite Reflectivity	
Average	LRA
Maximum	LRM
Mean Radial Velocity	V
Mesocyclone	M
One-Hour Precipitation Accumulation	
Array	DPA
Graphic	OHP
Radar Coded Message	RCM
Reflectivity	R
Severe Weather Analysis	SWA
Mean Radial Velocity	SWV
Radial Shear	SWS
Reflectivity	SWR
Spectrum Width	SWW
Severe Weather Probability	SWP
Spectrum Width	SW
Storm Relative Mean Radial Velocity	
Map	SRM
Region	SRR
Storm Structure	SS
Storm-Total Precipitation Accumulation	STP
Storm Tracking Information	STI
Supplemental Precipitation Data	SPD
Three-Hour Precipitation Accumulation	THP
Tornadic Vortex Signature	TVS
User Alert Message	UAM
Velocity Azimuth Display	VAD
Velocity Azimuth Display Wind Profile	VWP
Vertically Integrated Liquid Water	VIL
Weak Echo Region	WER

1990年所認可的數據化線性圖(Digital Line Graphs; DLG)標準格式來製作。美國地理測量局轄下的地球科學資訊中心(Earth Science Information Centers; ESIC)將數據化的地理資訊劃分為四大類,分別為(1) Digital Line Graphs (DLG), (2) Digital Elevation Models (DEM), (3) Land Use and Land Cover digital data, (4) Geographic Names。其中數據化線性圖(DLG)又分為五種不同尺度,三類資料格式。我們所採用的為兩百萬分之一(1:2,000,000)比例尺所建議的標準資料格式(Standard format, 亦即以經緯度表示為主)來製作資料檔。每一筆資料均由點線段來組成,每一筆資料的邏輯長度

(Logical record length) 為 144 bytes 為其最大特色。兩百萬分之一比例尺的數據化線性圖包含三大類的資料，一是邊界資料：如國與國的疆界、行政區域的邊界等。二是水系資料：如河川、湖泊、水塘、流域等。三是運輸系統資料：如公路、鐵路、航線等。此種比例尺的最小解析單元為 0.001 英吋，亦即約為 50.8 米。

資料庫的地圖投影(Map Projection)方面，本局作業中的即時預報系統採用的是二度分帶橫向麥卡托(Two Degree Zone Transverse Mercator Projection)投影法。但美國位在中緯度且屬東西較寬的國家，因此較適用亞爾伯斯等積圓錐(Albers Equal-Area Conic Projection)投影法。由於 Unisys Corp. 當初在設計 WSR-88D 都卜勒氣象雷達時並未考慮外售，所以在地圖投影法上也只設計接受亞爾伯斯等積圓錐投影法。因此在撰寫五分山雷達底圖資料庫相關程式時，為配合雷達儀的硬體設計，暫亦採用亞爾伯斯等積圓錐投影；但為將來亦有能力修改雷達儀硬體設計時的長遠著想，在建置軟體時，也增加可視需要修正為二度分帶橫向麥卡托投影的相關程式，以配合本局所發展的即時預報系統。標準數據化線性圖的資料格式(Standard DLG Distribution Format)主要分為報頭檔(Header records)與資料檔(Data records)兩大項。報頭內容依序包括了底圖名稱、版次、比例尺大小、地圖的投影參數、最大影響邊界參數、轉換座標參數及資料檔的組數、特性等。而資料檔則按特性筆數、相對座標及屬性代碼等方式依序排列(許，1995)。

三、WSR-88D 數據化底圖資料庫內容簡介：

WSR-88D 所使用的底圖資料檔除了上述標準格式(兩百萬分之一比例尺，每一筆資料的邏輯長度為 144 bytes)的數據化底圖資料庫外，亦可增加額外的資訊。這些額外資訊主要用來協助判斷人文地理位置、特殊區域，如城市、雷達站、民航機航路、危險空域等等資料。其中城市名稱、鄉鎮市名稱是以六個字元加以標示，且其每一筆資料的邏輯長度為 22 bytes 的 ASCII 格式。而雷達站名稱則標示為四個字元，每筆資料的邏輯長度也為 22 bytes 的 ASCII 格式。至於底下所介紹的資料格式，較不具急迫性，且使用的格式也較為專用特殊，不為吾人熟悉。因此在本局五分山雷達站所使用的底圖資料庫中，暫未建置：

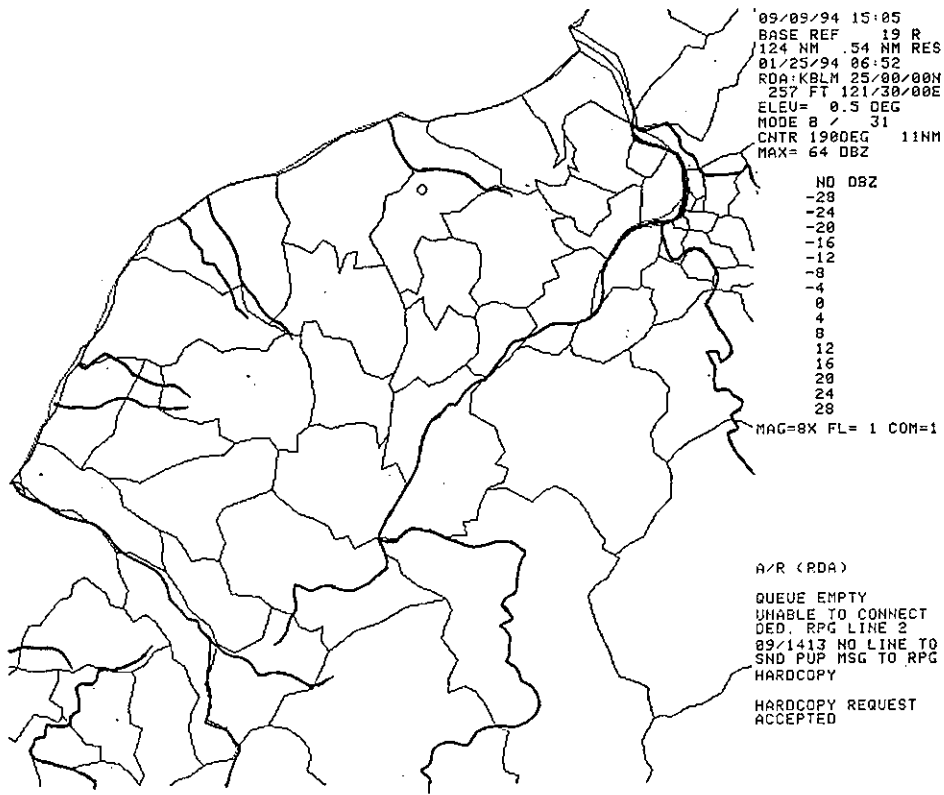
1. 特殊使用空域：包括軍事戰備空域、限制空域、禁止空域及危險空域等。WSR-88D 規定使用這類的資料格式，需根據美國飛行資料中心(National Flight Data Center)所訂定的 AAT.250 標準格式加以建置。該項資料的邏輯長度每一筆均為 520 bytes 的 EBCDIC 格式。
2. 航路及輔助航線：包括可標示高、低航路的 Vxxx 及 Jxxx 開頭的資料格式。其邏輯長度為 140 bytes 的 EBCDIC 格式。
3. 流域範圍邊界：係以向量標示出流域範圍的經緯度資料。資料的邏輯長度為 80 bytes 的 ASCII 格式。
4. 水系範圍識別碼：主要用來標示不同的流域範圍邊界的號碼。資料的邏輯長度為 30 bytes 的 ASCII 格式。

以上屬於標準數據化線性圖資料格式之外的額外資訊資料(如已完成的各縣市或鄉鎮市經緯度、縮寫名稱及雷達站編號、經緯度等)均可經由 WSR-88D 的主要使用者的處理部分(Principal User Processor; PUP)叫出並加以更新。

已完成的五分山雷達站標準數據化底圖資料檔的編排順序，依序為台灣本島邊界、大陸沿海暨島嶼邊界、呂宋島邊界、琉球群島邊界、台灣河流邊界、台灣流域邊界、台灣鄉鎮市邊界、民用航空站邊界與台灣縣市邊界等等。至於詳細的數據化底圖資料格式、內容說明，請參考許(1995)一文的介紹。

四、使用時應注意的事項：

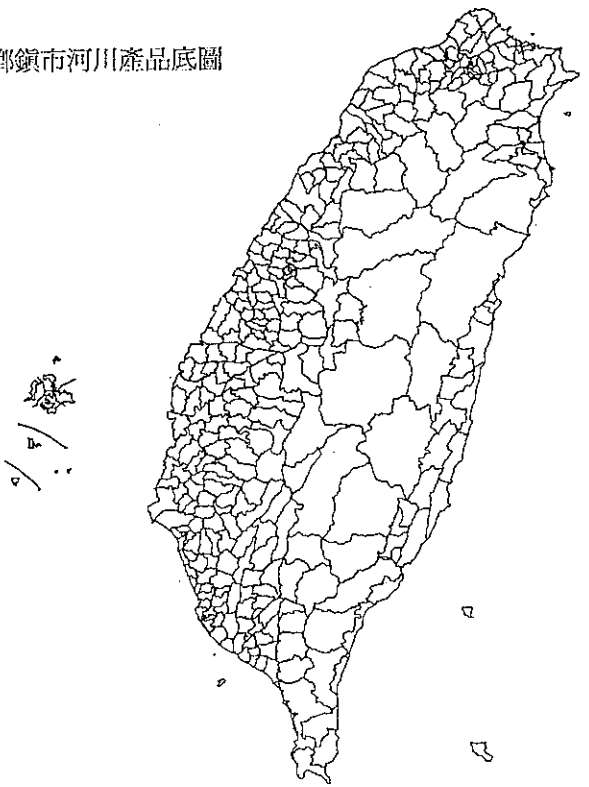
由於 WSR-88D 雷達用來處理底圖資料的電腦容量有限，雖然標準數據化線性圖要求的最小解析單元可達到 50.8 米，而我們所完成的五分山雷達站標準數據化底圖的平均解析單元則約為 150 公尺，但對 WSR-88D 而言整個資料量仍相當龐大。WSR-88D 其原先的設計在同時必須顯示 16 張產品圖或將產品作放大、縮小(Zoom in /out)時，將會依使用者所設定的取捨優先次序而修正數據化底圖資料檔的取捨標準，以避免造成電腦容量的不足。因此對於資料量大的河川、流域邊界、縣市鄉鎮邊界，必須要給予高、低兩種不同的解析度資料。底下，我們針對使用數據化底圖資料庫及額外資訊標示所需加以注意的項目，包括使用大量底圖資料而發生電腦容量無法依使用者需求掛載(Load)底圖時，WSR-88D 所自動定義的取捨條件，逐一做說明：



圖三: WSR-88D所使用之桃園地區鄉鎮市河川產品底圖

河川、流域邊界:在雷達底圖資料庫中對本省流域的劃分,主要是依據水資會所劃分的流域邊界。此邊界劃分和本局水文科所使用的流域邊界是一致的,所以在使用及判讀上較無問題。至於本省的河川,我們所蒐集到的資料高達326筆。由於水資會並未針對河川的長度、寬度、流經人文區域範圍、灌溉區域等標示出相對的重要程度,因此也無法判斷每一條河流的權重而給予更適當的屬性代碼做為取捨標準。當電腦容量不足而必須自動取捨時,我們採用以下兩種步驟:(1)先降低河川原有的解析密度。假如容量依然不足,則(2)放棄顯示該區的所有河川資料,但對個別產品作放大、縮小時,則仍保留並顯示該張產品的所有河川資料。圖三即為 WSR-88D 雷達顯示經放大後流經桃園地區鄉鎮市河川的產品圖。

縣市邊界:計蒐集包括台灣省309個鄉鎮市,台北市12個行政區,高雄市11個行政區,基隆市7個行政區,台中市8個行政區,台南市7個行政區及金門、馬祖,總計356個行政單位邊界資料。圖四顯示台灣地區的所有行政單位邊界。由於資料太密,可能會影響使用者的判讀,因此也提供只顯示縣、市邊界的低解析度邊界資料供使用者選擇。



圖四:台灣地區所有行政單位邊界圖

縣市名稱:WSR-88D的基本設計在雷達產品上僅能標示6個英文字組成的地區名稱縮寫。然而我們向內政部查詢的結果是並沒有類似的僅用6個英文字標示組成的名稱縮寫版本。因此乃依底下幾個原則,編撰了一套台灣地區所有鄉鎮市名稱縮寫及對應資料:

- (1):參考內政部編撰的中英文鄉鎮市名稱對照表。
- (2):名稱可用6個英文字來表示者,即取用內政部的編撰,如羅東(Lotung)。
- (3):儘可能保持一個中文字之完整英文翻譯,其它中文字則以英文開頭縮寫表示,如彰化(ChangHwa)改用(C.Hwa)。
- (4):若需再作縮減時,則簡化英文的母音,如橋頭(ChiaoTou)改為(CaoTou)。

經編撰後由6個英文字組成的台灣地區鄉鎮市名稱縮寫,請參考許(1995)一文的表四,表中有打星號(*)者為較重要且當做低解析資料使用時的名稱縮寫。根據1991年修訂的NEXRAD技術需求規範(NEXRAD Technical Requirements; NTR)對低解析城市的要求是:在250公里範圍內至少要有五個城市標示,且彼此距離需小於100公里。而對高解析城市的要求是:在500公里範圍內,每個州、郡所顯示的城鎮名稱至少有三個。因此以NTR的最新技術需求而言,五分山雷達數據化底圖資料庫所蒐錄的資料已遠遠超過該規範的標準。

雷達站名稱:WSR-88D雷達亦可在產品上標示雷達站所在位置。此項資料計蒐集了氣象局、民航局、空軍氣象聯隊及中央大學等雷達站的相關資料。雷達站縮寫名稱為配合我國國際氣象雷達電碼廣播,均以RC開頭,且均為四個英文字母。請參考許(1995)一文的表五。

五、結論與展望:

以上所建立的資料庫主要提供PUP來使用。圖五為PUP附屬工作站(Workstation)的重要諸元:包括顯示螢幕及操作面板。圖六為操作面板上所提供的函數鈕配置位置。所有WSR-88D提供的應用產品均可在此面板上直接利用滑鼠呼叫顯示,在該面板的右下角即為選擇各種不同底圖資料庫的函數鈕。圖七是將WSR-88D數據化底圖資料的行政區域邊界、大陸沿海邊界、河川等納入後,模擬五

分山雷達站在0.5度仰角、半徑250公里範圍內,由RDA所在位置作360度掃瞄一圈後,所看到的雷達回波與底圖重疊的結果。圖八係將北台灣縣界、河川、縣名、重要城市位置標示在一起的底圖。圖九則標示南台灣縣市邊界、重要城市位置及雷達站位置的底圖。

WSR-88D提供的應用產品雖然有31大項,40種產品,但是這些五、六年前所構思的氣象產品,在應付需求日增的氣象預報人員上,已逐漸顯現窘狀。另一方面 Unisys Corp. 雖然努力修改底圖版本,嚐試加入更多的資訊(1993)。但是RPG及PUP受到電腦容量的先天限制,RPG雖可分割為16個小螢幕,但是每個小單元卻只能容納20 kbytes 的底圖資訊。而PUP最多只提供16層顏色,20項產品可同時顯示的變化、修改能力,也難以滿足吾人的需求。未來,我們會嚐試將RDA所產生的資料直接依本局的需求來產生相關的應用產品做為努力的目標。因此在建立數據化底圖資料庫時,我們已考慮到將來可能的需求,而在資料的密度上、解析度上均儘可能的提高。

WSR-88D數據化底圖資料庫在建立之初,即不考慮使用三維的地形資料。主要的原因是因為立體的三維資料量太過於龐大,而且底圖資料只是用來輔助雷達產品發生位置的判讀,因此三維地形資料並不適宜加入WSR-88D數據化底圖資料庫內。

迫於合約時限的壓力,我們在建置相關軟體與資料庫應用的相關原則上來不及徵詢國內相關單位的意見。藉由此次研討會的機會,我們誠懇的希望國內外的氣象作業單位、學術界的諸位專家學者能夠提供建議,做為本資料庫未來修正及更新時的參考。

在將來有機會更新底圖資料庫時,我們認為最迫切的需求是加入鐵道、高速公路、民航機航路、危險空域、警戒區域等與交通有關的資訊。其次則希望對水庫、電廠、國內所有民用機場等與民生相關的重要網點能逐一納入。我們更盼望內政部的國土規劃工作能加緊推動,將來配合國土資訊系統資料庫的建立,修改相關的軟體,以便隨時能夠取得更新的地理資訊。同時視國土資訊系統資料庫屬性代碼的編撰結果,再研究是否配合更改本資料庫的屬性代碼。最後,更期待中央大學地球資源衛星接收站能協助取得大陸沿海更高解析的數據資料,以提昇WSR-88D都卜勒雷達的應用價值。

六、參考文獻：

- 許皓淳, 1994: 單一都卜勒雷達測風技術之研究。
中央氣象局研究報告第CW83-1A-10號。
- 許皓淳, 1995: WSR-88D數據化底圖資料庫之建立與應用。氣象學報, 41卷, 一期, 1-16頁。
- 國土資訊系統通訊, 1992-95: 內政部發行, 季刊, 一~十四期。
- Computer Program Development Specification for Adaptation and Geographic Data Program (B5, CPC1-26), Unisys Corp., Specification Number DV1208272D, SCN-003, 15 July 1993.
- Crum, T. D. and R. L. Alberty, 1993: The WSR-88D and the WSR-88D Operational Support Facility. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 74, 1669-1687.

Digital Line Graphs from 1:2,000,000 - Scale Maps., 1990: Data Users Guide 3. UNITED STATES DEPARTMENT of the INTERIOR U.S. GEOLOGICAL SURVEY., Reston, Virginia.

Federal Meteorological Handbook No.11: Part A: SYSTEM CONCEPTS, RESPONSIBILITIES, and PROCEDURES., 1991, Washington, DC.

Federal Meteorological Handbook No.11: Part C: WSR-88D PRODUCTS and ALGORITHMS., 1991, Washington, DC.

NEXRAD Technical Requirement, R400-SP401A, 1 November 1991.

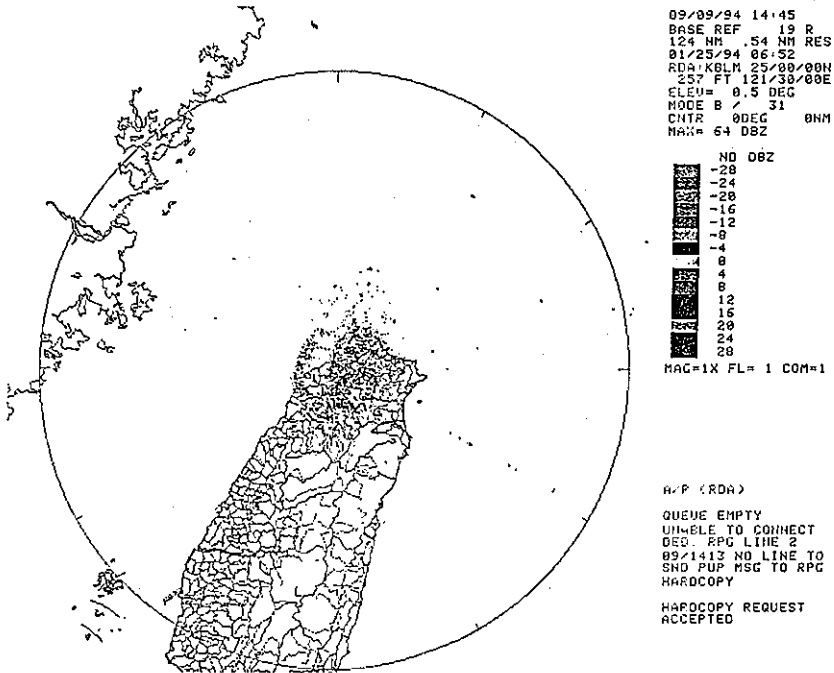


圖五：PUP附屬工作站重要諸元配置圖

GRAPHIC TABLE

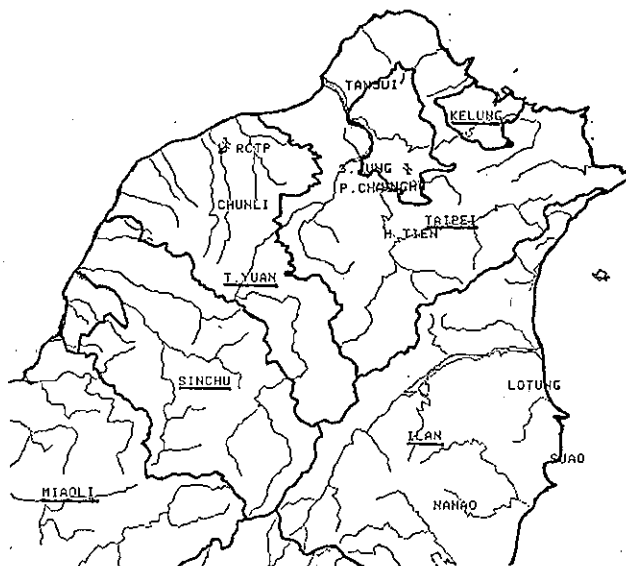
KEYBOARD	SYMBOLS																				USER FUNCTIONS				
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
EDIT COMMANDS	EDIT	DEL	INS	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL	DEL
PARAMETERS	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM	PARAM
PRODUCTS	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT	PRODUCT
BACKGROUND MAPS	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP

圖六：工作站之操作面板函數鈕配置圖



圖七：模擬在250公里半徑之七分山雷達涵蓋圖

05/19/95 10:35
 STORM TRACK 58 STI
 186 NM
 01/25/94 06:52
 RDA:RCWF 25/04/22N
 257 FT 121/46/22E
 MODE B / 31
 CNTR 237DEG 22NM
 0 IDENTIFIED STMS

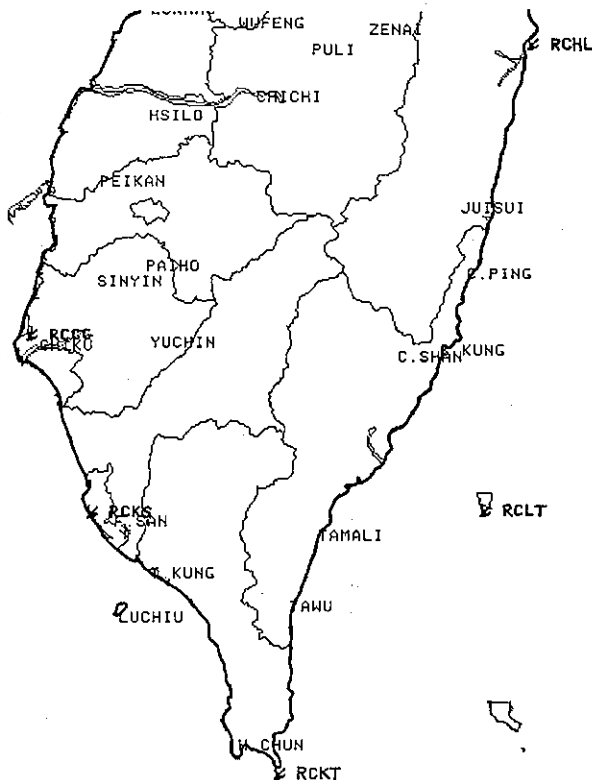


MAG=8X

QUEUE EMPTY
 UNABLE TO CONNECT
 DED. RPG LINE 1
 19/1013 OTHER USER
 LINE 8 ENABLED
 HARDCOPY
 HARDCOPY REQUEST
 ACCEPTED

圖八：包含縣界、河川、城市位置之北台灣數據化底圖

05/19/95 10:39
 STORM TRACK 58 STI
 186 NM
 01/25/94 06:52
 RDA:RCWF 25/04/22N
 257 FT 121/46/22E
 MODE B / 31
 CNTR 204DEG 148NM
 0 IDENTIFIED STMS



MAG=4X

R/R (ROA) 204 DEG
 148 NM
 QUEUE EMPTY
 UNABLE TO CONNECT
 DED. RPG LINE 1
 19/1013 OTHER USER
 LINE 8 ENABLED
 HARDCOPY
 HARDCOPY REQUEST
 ACCEPTED

圖九：包含縣界、城市位置、雷達站位置之南台灣數據化底圖