

五分山雷達特性簡介

謝信良 林宏聖
中央氣象局

摘 要

五分山氣象雷達於民國 85 年 7 月 16 日正式驗收完成，隨即進行觀測作業之運轉測試。於賀伯颱風侵臺期間發揮其優良的監視能力，充分掌握颱風登陸前的動向約 17 小時之久，並超前花蓮氣象雷達約 3.5 小時。

五分山氣象雷達為 WSR-88D 型都卜勒氣象雷達，即所謂 S 波段之新一代都卜勒氣象雷達 - NEXRAD。其能連續於 5 - 10 分鐘內提供回波強度、平均徑向速度及頻譜寬等三種都卜勒雷達基本量之高精確度、高解析度量測，經氣象演算法產生高達 39 種不同的雷達氣象分析產品，並以彩色圖形方式顯示提供給氣象預報人員使用。

相較於花蓮及高雄傳統氣象雷達，WSR-88D 之重要特性為(1)增進了雷達系統之靈敏度及解析度，提升雷達資料的可信度。(2)提供自動化觀測作業、平均徑向速度與頻譜寬等風場觀測資料，強化了雷達系統功能。(3)並提供對雷達資料之演算分析，可進一步地增進預報效率及準確度。本文之目的乃在對五分山氣象雷達系統特性作一簡介。

一、五分山氣象雷達站簡介

五分山氣象雷達站 (RCWF) 位於臺北縣瑞芳鎮與平溪鄉交界的五分山頂，其座標為 25/04/22N、121/46/22E，高度為 766 公尺。自民國 79 年 7 月 1 日奉准成立以來，歷經建站、雷達採購及安裝，終於在 85 年 7 月 16 日正式驗收完成，隨即進行觀測作業之運轉測試。於賀伯颱風侵臺期間發揮其優良的監視能力，充分掌握颱風登陸前的動向約 17 小時之久，並超前花蓮氣象雷達約 3.5 小時。

五分山氣象雷達站採用 WSR-88D 型都卜勒氣象雷達，為高靈敏度 S 波段都卜勒雷達系統，能連續於 5 - 10 分鐘內提供回波強度 (reflectivity)、平均徑向速度 (mean radial velocity) 及頻譜寬 (spectral width) 等三種都卜勒雷達基本量之高精確度、高解析度量測，經其氣象演算法產生高達 39 種不同的雷達氣象分析產品，並以彩色圖形方式顯示提供給氣象預報人員使用。

相較於花蓮及高雄傳統氣象雷達，WSR-88D 增進了雷達系統之靈敏度及解析度，提升雷達資料的可信度；提供自動化觀測作業、平均徑向速度與頻譜寬等風場觀測資料，強化了雷達系統功能；並提供對雷達資料之演算分析，可進一步地增進預報效率及準確度。

二、雷達系統架構及其特性

五分山雷達為一軟體導向 (software-driven) 雷達系統，經由軟體控制包括特定掃描策略之操作控制、雷達基本資料 (base data) 之產生、氣象演算法基本及衍生 (derived) 氣象產品之產生、各項產品之彩色顯示、雷達基本資料及產品資料之儲存、雷達產品之傳送等作業。

五分山雷達之系統架構可區分為：雷達資料接收單元 (Radar Data Acquisition Unit, RDA)、雷達產品產生器 (Radar Product Generator, RPG)、主使用者處理器 (Principal User Processor, PUP) 等三大部分，如圖一所示。裝設於五分山雷達站之硬體設備包括雷達資料接收單元、雷達產品產生器及主使用者處理器所組成之獨立系統，而台北部分則是終端使用者界面之主使用者處理器，目前兩地之間是以 9.6Kbps 數據專線相互連接。

五分山雷達的通訊界面可區分為寬頻 (wideband) 及窄頻 (narrowband) 通訊二種。寬頻通訊之通訊速率為 1.544Mbps，可為硬線 (hard-wired) / 光纖 (fiber optics) / 微波 (microwave) / T1，供雷達資料接收單元與雷達產品產生器二者之間的訊息傳遞，包括雷達基本資料、控制及狀態等資訊，目前是以硬線方式相連。窄頻通訊之通訊速率為 56Kbps 及 9.6Kbps 二種，可為硬線/數據專線/撥接式線路，供雷達產品產生器與主使用者處理器

二者之間的訊息傳遞，包括雷達產品、控制及狀態等資訊。雷達產品產生器利用 RS232-RS422 轉換器提供一 56Kbps 硬線，目前專屬雷達站主使用者處理器使用，亦共計有 9.6Kbps 之撥接式線路 16 線及數據專線 9 線，用於提供對外之產品傳送。主使用者處理器則計有 9.6Kbps 之撥接式線路 2 線及數據專線 1 線，用於接收自雷達產品產生器傳來之產品傳送。

(一) 雷達資料接收單元—RDA

雷達資料接收單元為一可連續運轉、可無人操作之具獨立性 S 頻道都卜勒雷達副系統，產生且發射 RF (radio frequency) 脈波，接收且處理返回之 RF 信號以取得回波強度、平均徑向速度與頻譜寬等三種數位化之雷達基本資料，供儲存及傳送至雷達產品產生器產製雷達產品之用。其硬體設備包括調速管發射機 (klystron transmitter)、天線罩 (radome)、碟形天線 (antenna)、軸承座 (pedestal)、接收機 (receiver)、VME 機組 (即寬頻通訊界面) 及資料處理器機組等。資料處理器機組負責之工作則包括訊號處理、地面雜波去除 (ground clutter suppression)、雷達基本資料抽取、距離反褶錯 (range unfolding)、天線與軸承座控制、狀態監視與錯誤偵測、局地控制 (local control)、雷達效能訊息顯示、自動檢測 (auto-calibration)、雷達基本資料儲存及傳送雷達基本資料至雷達產品產生器。因此，自此輸出之雷達基本資料均經地面雜波去除及距離反褶錯處理之數據資料。

雷達資料接收單元為雷達最重要的設備，其特性如表一所示，提供回波強度之最大觀測範圍為 460 公里、距離解析度為 1 公里及資料解析度 0.5dBZ。提供平均徑向速度與頻譜寬之最大觀測範圍為 230 公里、距離解析度為 0.25 公里及資料解析度 0.5 公尺/秒。在方位向上之資料解析度則約為 1.0 度。因使用調速管發射機，大幅提高發射功率 (750Kwatts) 及精確度，其資料處理器機組監控電磁波之發射，使脈波寬度及脈波來復頻均可以調整，脈波寬度可分為 1.57 μ sec 短脈波及 4.5 μ sec 長脈波二種。脈波來復頻是可調整的：在短脈波時，每秒脈波數為 318 ~ 1304 個；在長脈波時，每秒脈波數為 318 ~ 452 個。而脈波發射型態可分為連續監視型態 (contiguous surveillance waveforms, CS)、連續都卜勒型態 (contiguous doppler waveforms, CD) 及批次型態 (batch waveforms, B) 等三種，其完全以脈波來復頻為基本，以使用低脈波來復頻於回波強度及高脈波來復頻於徑向速度為原則。CS 使用低脈波來復頻。CD 則使用高脈波來復頻。B 則在每一波束 (radial) 上交錯使用高、低脈波來復頻。接收機之線性動態範圍高達 95dB，可提供返回信號之精確量測。而地面雜波去除可分為利用地面雜波圖於回波強度之處理，硬線地面雜

波過濾器於都卜勒資料之處理。內建測試設備 (built-in test equipment) 則提供系統操作與錯誤隔離 (fault isolation) 之線上 (on-line)、離線 (off-line) 狀態監視及自我測試功能。在每一空域掃描中，均作自動檢測與修正基本資料，包括測量天線端與發射機端之平均發射功率、回波強度通路 (reflectivity channel) 檢測及檢驗平均徑向速度與頻譜寬之處理效率 (performance) 等。

(二) 雷達產品產生器—RPG

雷達產品產生器接收自雷達資料接收單元傳來之雷達基本資料，並利用各種演算法處理後，產生 39 種不同種類的氣象及水文分析產品，供即時觀測作業之用，並提供 2 組空域掃描 (volume scan) 基本資料及 6 小時分析產品之線上 (on-line) 儲存、徑向速度反褶錯 (velocity dealiasing)、雷達資料接收單元之遠地控制、控制與狀態之監視、錯誤偵測、產品儲存作業、產品傳送及水文氣象資料處理 (hydrometeorological data processing) 等功能。其硬體設備則包括 RPG 資料處理機組 (RPGDP)、VME 機組 (即寬頻通訊界面)、窄頻通訊機組、印表機、警報裝置及單元控制位置 (Unit Control Position, UCP) 等，其中單元控制位置為雷達操作運轉之主控位置，包括系統控制、測試、故障排除及各項操作設定等等。警報裝置則提供對所設定區域之雷達資料特性超出警戒值之警告聲音。雷達資料接收單元與雷達產品產生器之連接方式可分為二種：1、均在雷達站當地，2、分隔兩地，均以寬頻通訊相互連線，而五分山雷達則屬於前者。所產生產品傳送之主要對象為主使用者處理器，目前雷達產品產生器可提供 25 個使用者經由 9.6Kbps 數據專線/撥接線路同時連接。

(三) 主使用者處理器—PUP

主使用者處理器為使用者與產品之間的界面，使用者可以要求雷達產品產生器產生所需產品，亦可顯示、儲存、加註解及傳送產品。其硬體設備則包括資料處理機組、圖形工作站、系統控制台及通訊機組。而圖形工作站是雷達之使用者操作位置，包括高解析度之彩色雙螢幕顯示器、游標器、產品選擇繪圖板、彩色印表機及應用終端機等。主使用者處理器之最大特性是例行產品設定 (routine product set, RPS)、一次 RPG 產品要求 (one-time RPG product request) 及產品顯示。例行產品設定允許使用者預先設定最多 20 種產品表列，雷達產品產生器將根據此表列製作產品，並送至特定主使用者處理器。一次 RPG 產品要求則允許使用者對雷達產品產生器作額外產品產製需求。

三、雷達操作特性

在操作特性上，雷達依預先所設定之脈波寬度

、脈波來復頻、掃瞄策略與脈波發射型態作自動化觀測作業。雷達的操作模式可分為降水模式 (precipitation mode) 及晴空模式 (clear-air) 二種，依據脈波寬度、脈波來復頻、掃瞄策略與脈波發射型態之不同組成四種空域涵蓋型態 (volume coverage patterns, VCP)，包括降水模式之 VCP11 及 VCP21，晴空模式之 VCP31 及 VCP32 等。VCP11 每 5 分鐘掃瞄 14 個仰角角度；VCP21 每 6 分鐘掃瞄 9 個仰角角度；VCP31 及 VCP32 每 10 分鐘掃瞄 5 個仰角角度 (參考圖二)。天線轉速隨 VCP 而有所不同，晴空模式之 VCP31 及 VCP32 之天線轉速小於每分鐘 1 轉，降水模式之 VCP21 之天線轉速則介於每分鐘 1.9 ~ 2.4 轉，VCP11 之天線轉速則介於每分鐘 2.9 ~ 4.5 轉。晴空模式之天線轉速較慢之目的是希望能增加更多的採樣本及增加統計上精確度。而脈波發射型態之應用是以使用低脈波來復頻觀測回波強度，高脈波來復頻則用於徑向速度之測量。CS 型態之目的在於地面回波之去除，藉由低脈波來復頻增加低仰角資料的充分使用，應

用於 VCP11、VCP21 與 VCP32 之最低二個仰角及 VCP31 之最低三個仰角，並產生回波強度資料。CD 型態則使用高脈波來復頻以增加速度精確度，其所應用之仰角與 CS 型態相同，但必須使用距離反褶錯演算法，以產生平均徑向速度及頻譜寬資料。

四、結語

經過賀伯颱風的洗禮，五分山雷達將正式進入天氣守視作業，而完全不同於傳統氣象雷達的雷達系統，如何強化雷達系統的維護作業以開展新的觀測作業，實是五分山雷達站當前最重要的課題。

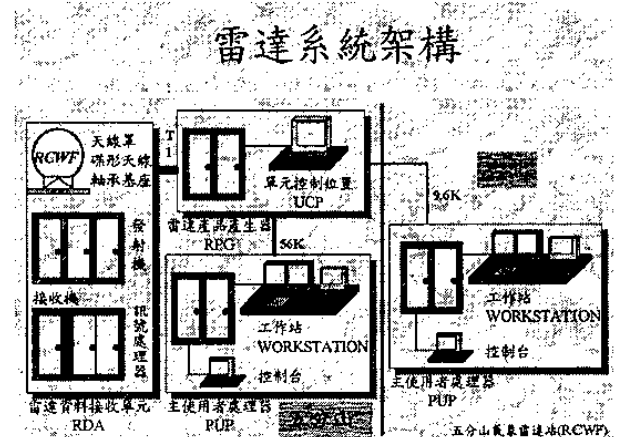
參考文獻

System Description of Doppler Meteorological Radar WSR-88D, NWS EHB 6-500.

雷達資料接收單元			
地理位置	臺北縣瑞芳鎮與平溪鄉交界的五分山頂		
座標	25/04/22N、121/46/22E，高度為 766 公尺		
雷達觀測範圍	回波強度	1 ~ 460 公里	
	平均徑向速度， 頻譜寬	1 ~ 230 公里	
距離資料解析度	回波強度	1 公里 × 1 度； 0.5dBZ	
	平均徑向速度， 頻譜寬	1.25 公里 × 1 度； 0.5 公尺/秒	
天線	型式	S 頻道，中央饋入式之 拋物碟形	
	直徑	9 公尺	
	波束寬	0.95 度	
	偏極化	線性水平	
	增益	45.5dB	
	副葉波	-27dB	
	軸承座	型式	水平旋轉與垂直升高
		方位角轉動範圍	連續 360 度
方位角轉速 (最大)		± 36 度/秒 (6 轉/分鐘)	
發射機	仰角轉動範圍	作業狀態：-1 ~ 45 度 測試狀態：-1 ~ 60 度	
	仰角轉速	± 30 度/秒	
	頻率範圍	2.7 ~ 3.0GHz	
接收機	峰值功率輸出	750Kwatts	
	平均功率輸出	300 ~ 1300watts	
脈波寬度	短脈波	1.57 μ sec	
	長脈波	4.5 μ sec	
距離取樣間隔	250 公尺		

	脈波來復頻	短脈波: 318 ~ 1304 脈波/秒 長脈波: 318 ~ 452 脈波/秒
	發射脈波型態	連續監視、 連續都卜勒及批次
接收機	動態範圍	95dB
訊號處理器	訊號處理方式	硬線/可程式化
	取樣速率	0.6MHz
	地面雜波去除	使用地面雜波回波圖 硬線地面雜波過濾器

表一、雷達資料接收單元之特性



圖一、雷達系統架構圖