

空軍氣象雷達之演進與功能簡介

郭 兆 憲

(空軍第三天氣中心)

一、前 言

民國80年3月1日，空軍於清泉崗架設之都卜勒氣象雷達正式啟用，為使我氣象人員對空軍氣象雷達演進與貢獻有深刻的認識，並對新都卜勒氣象雷達作業多深一層的了解與有效率的運用，特撰本文供大家參考。空軍氣象雷達歷經三代，由於科技的進步，天氣系統中的雲雨探測（傳統雷達）已能發展到對劇烈天氣中風切、亂流、風場變化以數據化電腦處理全部資料（都卜勒雷達），以滿足飛航需求，增進飛行安全。

二、傳統氣象雷達

(一) F P S—77型傳統氣象雷達：

此雷達為民國54年駐台美軍於台中清泉崗基地架設使用，以支援越戰期間美軍作戰、運補飛行任務，同時由本軍派員參與共同觀測，所得雷達回波資料供本軍參考運用，天氣守視則由我與美軍各一員共同測報，天氣室則各自分別作業，但天氣預報則經共同研商後，各自提供有關單位參用。其天線架設於96呎（29.3公尺）高之鐵塔上如圖一所示，天線海拔高度776.3呎（233.6公尺），民國66年越戰結束後，駐台美軍撤離，此雷達雖屬老舊但亦同時拆回美國。

(二) W S R—74 C型傳統氣象雷達：

1. 架裝源起：

民國66年空軍有鑒於氣象雷達對飛航的

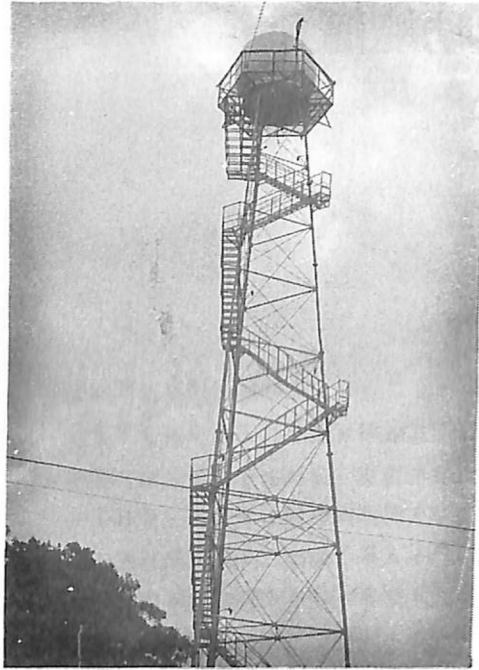
重要，在12月17日此雷達於清泉崗基地架設完成正式啟用，以取代美軍拆遷之F P S—77型氣象雷達，保持24小時值班觀測編碼。其裝備有觀測顯示器（P P I、R H I、D V I P、A R）如圖二，其天線基座安置於原美軍F P S—77型氣象雷達所用之鐵塔，天線直徑1.6公尺，發射接收機如圖三，由於中部地區，地理位置適中，該型雷達頗能掌握本省西部航線之各種危險天氣如颱風、雷陣雨、颶線、鋒面之偵測以維護飛安。

2. W S R—74 C之特性：

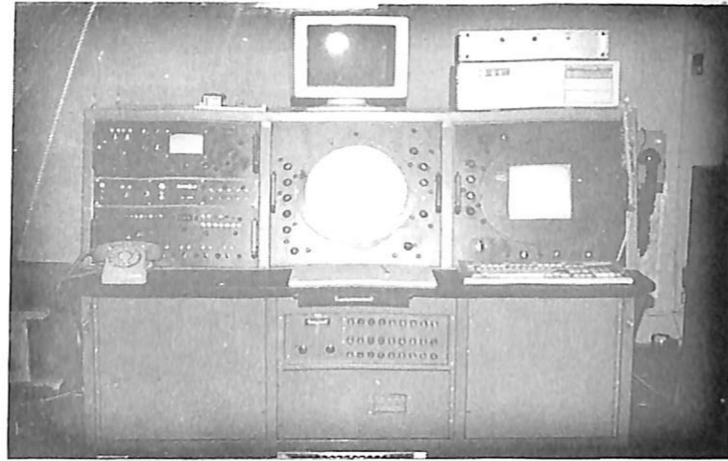
如附表一，利用平面位置顯示器（P P I）觀測天氣回波範圍距離與測高顯示器（R H I）觀測回波雲頂高度，及D V I P觀測降雨強度資料予以編碼發出，供本軍參用。

附表一：W S R—74 C 雷達特性。

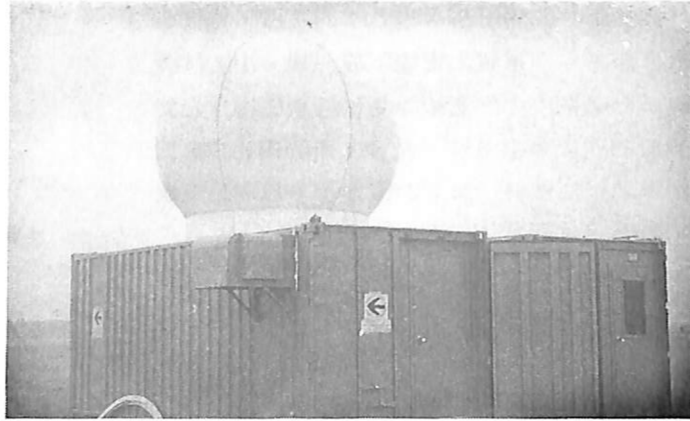
有效測距	230 公里
最大測距	450 公里
波 長	5.3 公分
頻 率	5600 至 5650 MH. (可變頻率)
脈 波 寬	3.0 μ sec
最大輸出電力	250 kw
脈波往復頻率 (P R F)	260 P P S
天 線	拋物線體，直徑 8 呎
波 柱 寬	1.65 度 (最大)
天線掃描	水平向可連續 360 度旋轉，仰角 -1 至 60 度
平面位置顯示器 (P P I)	直徑 12 吋，亦有 100、230 及 450 公里三種掃描範圍
測高顯示器 (R H I)	直徑 12 吋，亦有 100、230 及 450 公里三種掃描範圍，最大高度可達 21 公里。
A 型顯示器	4 × 5 吋之長方型，掃描範圍同 R H I。
D V I P 設備	可以顯示 6 種平均強度之等值線。



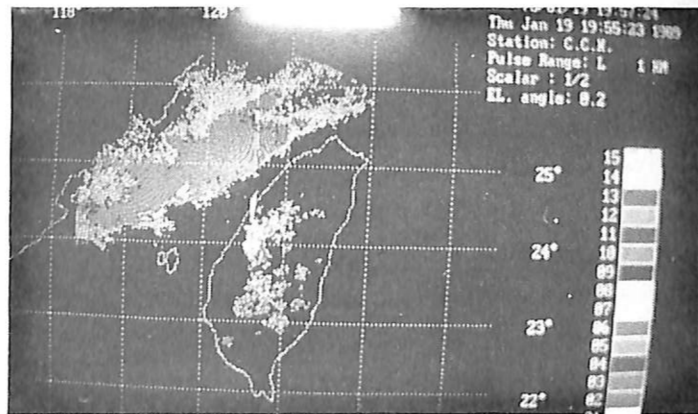
圖一：FPS-77及WSR-74C
傳統氣象雷達天線鐵塔。



圖二：WSR-74C氣象雷達顯示器（PPI、
RHI、AR）及傳輸顯示氣象資料電腦。



圖四：TOGA都卜勒氣象雷達天線。



圖五：雷達回波資料電腦顯示圖。

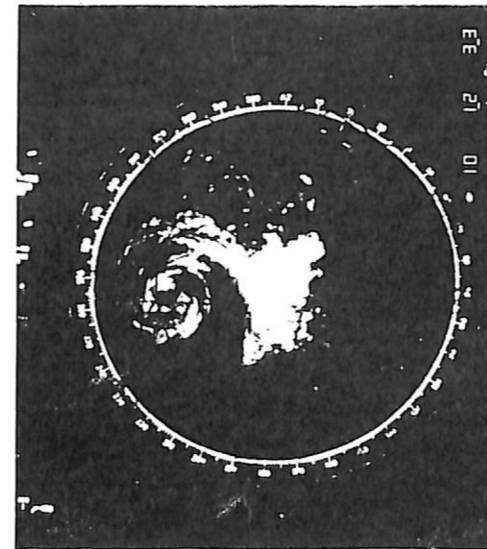


圖三：WSR-74C雷達發射接收機。

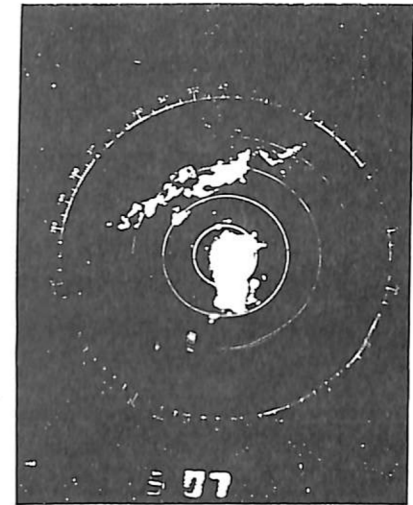
3. 氣象雷達資料運用：

- ①民國71年至75年本中心氣象雷達與國立中央大學大氣科學系合作執行鋒面結構研究計劃，貢獻頗多。
- ②民國75年4月架設氣象雷達PPI顯示器傳送系統(MODEM)與中央氣象局及空軍氣象中心連線，傳送雷達回波資料。
- ③民國76年5至6月配合台灣地區中尺度實驗(TAMEX)計劃實施豪雨觀測。(美方亦曾臨時架設TOGA都卜勒氣象雷達如圖四)。
- ④民國77年6月20日架設氣象雷達傳輸顯示氣象資料電腦與中央氣象局、空軍氣象中心連線，增加資料運用成效。參閱圖五。
- ⑤歷年來掌握颱風、鋒面、颱風線、熱雷雨等危害飛行天氣，頗具成效。如圖六、七。

4. 清泉崗WSR-74C氣象雷達，因中央山脈阻擋影響台灣東部天氣觀測，民國73年12月，本軍再於台東綠島架設同型之氣象雷達，以確實掌握台灣東部天氣變化及颱風動態。



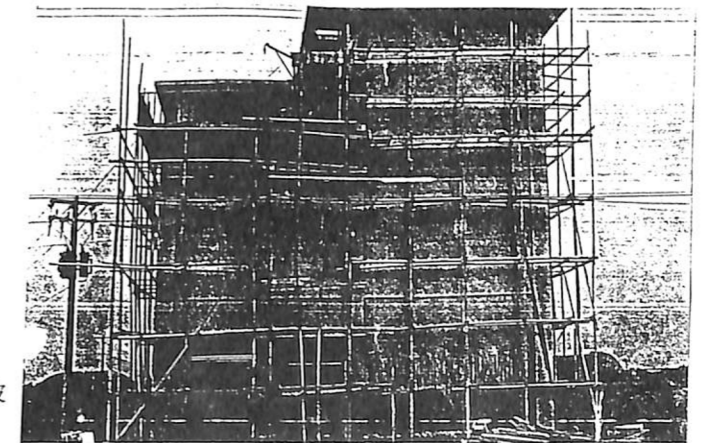
圖六：WSR-74C傳統氣象雷達觀測颱風之回波圖。(颱風中心位於馬公地區)



圖七：WSR-74C傳統氣象雷達觀測之鋒面過境台灣地區圖。(中心為清泉崗測站)

三、DWSR-88C型都卜勒氣象雷達

- 1. 本聯隊為確保飛行安全，以氣象直接支援國軍作戰任務與訓練，聯隊長劉廣英將軍於民國77年6月13日向前參謀總長郝一級上將簡報“國軍氣象業務整體規劃”，執行氣象精進案計劃，特於清泉崗架設國軍首套都卜勒氣象雷達。
- 2. 雷達廠房工程於79年6月30日完成如圖八。



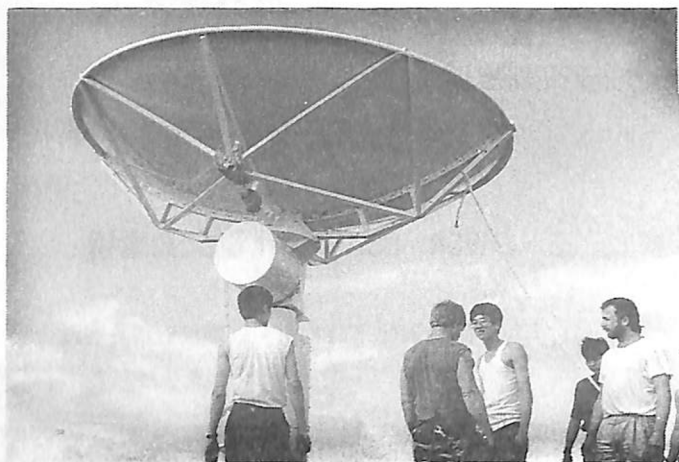
圖八：都卜勒雷達房整建工程

3. 雷達裝備 DWSR—88 C 於80年 2月13日架設
測試完成如圖九。

4. 雷達於80年 3月1日，由作戰司令范將軍，
氣象聯隊長劉將軍、427聯隊長李將軍共同
剪彩，正式啟用，來自民航局、氣象局、台
大、中大、國防部、空總、陸總、海總、通
校、中正理工學院、及記者等貴賓一百餘人
參與盛會（如圖十(1)~(4)）。



(2) 作戰司令范中將、本聯隊聯隊長劉將軍、
427聯隊長李將軍共同剪彩



圖九：都卜勒雷達天線



(3) 參加開幕啓用典禮之貴賓（聯隊長右側為
中央氣象局蔡清彥局長，左側為中央大學
張隆男院長及台灣大學陳泰然主任。）



圖十：(1) 作戰部司令范中將致詞



5. DWSR—88 C 都卜勒氣象雷達特性

氣象雷達是利用電磁波的反射原理，探
測水滴、大氣粒子的目標物，來偵測雷雨、
颱風、颱風線、鋒面等之電子儀器；若雷達與
目標有相對之運動，須依據都卜勒效應（
Doppler effect）完成探測目的者，
則稱為都卜勒雷達（Doppler Radar）
。DWSR—88 C 都卜勒氣象雷達為美國 EBC
公司功能甚佳之新產品，其由已在60個國家
所使用的傳統 WSR—74 和 WSR—81 氣象
雷達所改良發展而來，除磁控管、陰極射線
管外，其餘完全是由電晶體所組成，故有甚
高的可信度及優異的性能。其特性如下：

(1) 具有都卜勒及傳統強度雷達二種功能，且
可都卜勒與非都卜勒兩種影像同時顯示，操
作方式可手動、自動或電腦定時設定24小
時觀測。

(2) 能夠自行診斷測試各項功能、機組。

(3) 可利用電腦程式計算降雨、冰、下雪之強
度。

(4) 螢幕顯示特性：

① 螢幕上可分離顯示不同影像。

② 可利用搖桿或滑鼠控制畫面使其放大、
左右及上下移動。

③ 使用者可利用16種顏色來作各項區分判
別。

④ 可記憶16種影像，以測量回波系統移動
及風速資料。

⑤ 可儲存及顯示不同時間之影像。

⑥ 可選擇開始時間及某時段擷取資料，以
24小時為一週期。

(5) 地形回波可降至27 d B。

(6) 降雨率的強度以6種顏色區分。

(7) 速率是由0到32公尺/秒區分為9種，或
是由0至16公尺/秒區分為9種。

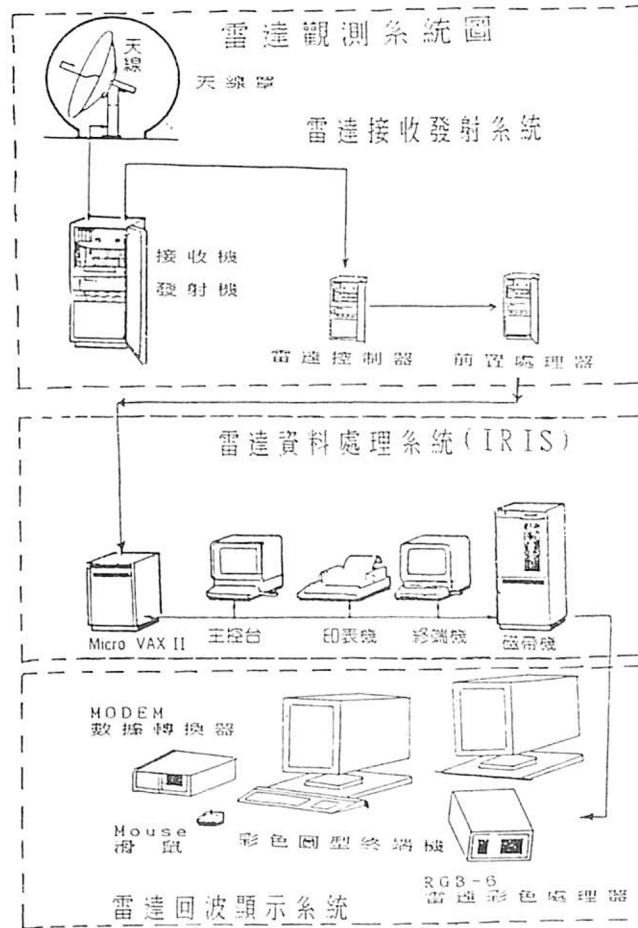
(8) 亂流強度區分為6種。

6. 雷達性能：如附表二。

7. 雷達觀測系統圖如圖十一。

附表二：DWSR-88C 雷達性能表

操作項	非都卜勒	都卜勒
頻率範圍	5.6-5.65 GHz	5.6-5.65 GHz
往復波頻	250 Hz	800/1200 Hz
脈波寬	2 us	0.8 -0.9 us
輸出功率	250 KW	250 KW
天線罩損	<0.5 dB	<0.5 dB
天線轉速	360° 5 rpm	360° 5 rpm
天線增益	40 dB	40 dB
波束寬	1.1°	1.1°
側波	-27 dB 水平面	-27 dB 垂直面
天線極化	水平線性	水平線性
天線仰角	-2° - +90°	-2° - +90°
接收機輸出	對數 >78 dB	線性 1和0信號26-80 dB
雜訊	5 dB	5 dB
動力範圍	>80 dB	>80 dB
可測最低信號	>-106 dBm	>-106 dBm
涵蓋範圍	480 KM	120 KM
解析度	2 KM	0.25 - 1 KM
最高可精測風速	--	±32 m/s
溫度範圍	-20°C - 65°C	-20°C - 65°C



圖十一：都卜勒雷達觀測系統圖

8. 雷達裝備系統名稱與功能分析如下

裝備名稱	功能分析
雷達天線 (Antenna)	直徑12呎。
天線軸座 (pedestal)	由鋁合金製成，使其質輕且耐用，減少塔架負荷，增加其可靠度。
天線罩 (Radome)	採玻璃纖維製成，以避免天線受風及冰之衝擊，直徑18呎。
發射機及接收機 (Transmitter Receiver)	發射機使用一長壽命之磁控管，產生高能量之微波，供雷達發射，發射頻率可用旋鈕設定。 接收機使用一低雜訊之射頻放大器，混合器將其轉變為30 MHz 中頻，而振盪器則產生都卜勒信號，中頻放大器及 LOG 和 LIN 放大器產生強度之影像和 I、Q 速度影像。
雷達控制器 (Radar Control Processor)	控制雷達天線的姿態以及發射機、接收機的微處理機等開關的控制。
訊號處理器 (Signal Processor) RVP-5	經由高速的平行界面與主機相連。
前置處理器	為發射及接收系統與雷達資料處理器之介面，具都卜勒作業狀態 (Doppler Mode) 與非都卜勒狀態 (Non Doppler Mode) 供選擇，解析度 (Resolution) 分別為1與2公里。

裝備名稱	功能分析
空氣增壓器 (Air Dryer/ Compressor)	將空氣打入導波管，使其保持乾燥，以免受潮，影響發射接收之信號。
主電腦 (The Host Computer) Micro VAX 3400	處理前置處理器傳來的雷達回波訊號；儲存並提供顯示系統所需畫面訊號。
磁帶機	TK—50機種，可用來儲備軟體、存取及轉換資料。
彩色印表機	使用 DEC LJ-250 printer 將所需的回波資料以彩色印出。
V T 320 及 V T 340 彩色圖型終端機及鍵盤	經由資料處理器顯示各種型態之 CAPPI 圖。
雷達彩色顯示處理器 RGB - 6	以數位化來處理 LOG、I 和 Q 之信號，LOG 影像的範圍修正，可用來產生降雨強度信號；I 和 Q 的信號，則以脈衝對處理 (Pulse-Pair-Processing) 可提供降雨區移動速度及頻譜寬。地形回波因其移動速度為零，可以將其濾去；此並具備製作16張電影 (movie) 連續放映的功能。
滑鼠 (Mouse)	具有左右及上下移動 (panning) 目錄 (scroll) 及畫面放大 (Zooming) 2—4 倍的功能。
調變解調器 (MODEM)	將信號轉換經電話線傳輸至各使用單位，再經此裝備解調回原信號，顯示於使用單位顯示

裝備名稱	功能分析
調變解調器 (MODEM)	器上。 MODEM 數據《——》類比
雷達顯示處理 控制器	手控雷達及指示機能處理選擇。可選擇顯示 P P I、R H I、傳統與都卜勒回波、強度速度之對比、游標指示回波距離。顯示幕色彩之調整等。
雷達彩色顯示器 (19吋) (Indicator or Display)	1. 由頻率變動求得的速度分布可即時 (real-time) 顯示。 2. 搖桿可使游標至所要觀測之點。 3. 與彩色圖型終端機同步之圖片。
智慧型終端機 ESP 6110 ⁺	可由操作人員由鍵盤選擇其功能，並可輸入雷達所需之相關資料，鎖定資料，自動檢查雷達功能。

9. 都卜勒氣象雷達資料之應用：

- (1) 地形圖設定，包括本基地地形、各區域機場、城市、經緯度及觀測距離，當某一區域有危險天氣，回波可立即顯示其高度及位置供傳報及應用。
- (2) 可觀測在偵測半徑內所有各雲層雲頂高度，同時可定點設定觀測；例如，飛行高度一萬五千呎在佳冬，則可設定此高度觀測天氣狀況。
- (3) 定高平面 CAPPI 徑向風場圖 (Constant Altitude Plan Position Indicator)。

(4) 速度方位彩色顯示圖 (VAD — Velocity Azimuth Display)

都卜勒氣象雷達所偵測到之徑向風速資料，可獲知大氣風場結構外，亦可利用 VAD 法求得實際運動參數，測定不同高度上的水平風速，分析各種天氣系統。VAD 法即在水平均勻的降水分布下，由仰角固定下旋轉天線，此雷達波束作 360° 方位角掃描，得到平均徑向速度，可以用來決定中尺度對流系統的水平風向、風速和水滴終端速度或風切。

(5) 決定鋒面位置：

因鋒面附近含有急驟風切，故可利用有彩色的顯示器加以判定鋒面位置、移動方向和移動速度。

(6) 颶風偵測：

對颶風中心可以反射率 (Reflectivity) 圖、都卜勒風場圖 (Isodop CAPPI)、亂流圖 (Turbulence CAPPI) 精確定出。

(7) 颶線 (Squall line) 偵測：

颶線來襲常發生強風、雷雨，對飛行造成危害，利用都卜勒雷達觀測可確切掌握。

(8) 熱雷雨偵測

可將低雲掩蓋之積雨雲精確定出其相關位置、距離、高度、移動方向、下衝氣流 (Downburst)。

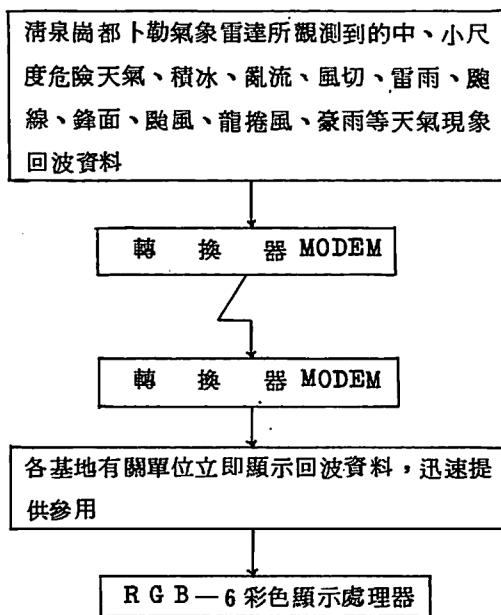
(9) 龍捲風、冰雹偵測

在國內所見不多，但亦可以偵測掌握。

10. 未來展望：

(1) 與各有關單位連線：

使各基地單位能迅速獲得氣象雷達回波最新、最精確的資料，以提供飛行參考。



四、結語

本文簡介清泉崗基地架裝氣象雷達之演進及其功能，其中都卜勒氣象雷達佔有相當重要的地位，由於它能全天候守視其偵測半徑內三度空間的氣象變化，尤其是針對各種降水及風場、亂流、風切變化的資料，更可以運用 IRIS 系統做不同平面的資料剖析；如此不但能隨時守視突變危險天氣的動態，並可將歷年原始資料做一有系統的分析研究，以逐步深入了解中、小尺度大氣結構的成因與變化。因此，本軍氣象工作者若能充分利用此一流的裝備，必能完成上級可交付的任務，有效維護飛行安全。

(2)加強儲存完整的特殊天氣資料，可供分析研究，以增進對中尺度天氣系統的了解。

