

新一代氣象雷達之發展與應用-利用雙偏極化雷達觀測馬公冰雹事件

呂崇華 劉仲潤

空軍氣象聯隊第三天氣中心

摘要

本文為利用空軍氣象聯隊新一代C頻雙偏極化(C-Pol)雷達進行馬公降雹個案，並進一步對雹暴對流系統特徵之觀測分析，由雙偏極化水象粒子分類產品初步證實了雙偏極化雷達分辨水象粒子功能的成效，並經由密集的觀測資料，了解強對流胞發展的演變過程。

雙偏極化雷達，傳送水平及垂直極化電磁波且接收受極化的反散射訊號，經由交互作用的訊號差異，可反演或估算獲得水象粒子的大小、數量、形狀、指向、降落行為以及熱力相態等訊息，藉由其分辨水象粒子的能力及氣象雷達原本就是近距離監控劇烈天氣系統利器的特性，將能更有效提供航線或戰演訓區域天氣系統之三維結構，預期本聯隊新一代氣象雷達提升案將提升航空氣象觀測作業品質、效率及精確度，進而改善機場短時天氣預報，達到對危害性天氣之監測及預警效果，以維護飛航安全。

關鍵字：雙偏極化雷達、水象粒子分類

一、前言

「雷達」一詞是英文RADAR的音譯(Radio Detection And Ranging的縮寫)，原意是無線電探(檢)測和測距。雷達是利用無線電電磁波發現目標探測，並測定目標位置、速度和有關參數的軍、民、科技用電子裝備，具有發現遠距離目標，即時測定目標，能全天候使用等特點。

氣象雷達是目前全球氣象單位所運用的高解析度氣象遙測工具之一，當雷達波束投射到雲、降水粒子上時，雲、降水粒子就會產生散射現象。其中向後方散射的部份，散射波重新返回到雷達天線處，並在雷達顯示器上顯示出各種圖像，這就是所謂的雷達回波。雷達回波強度不僅取決於雷達系統各參數的特性，而且和被觀測的雲、降水粒子的性質有關，還與雷達和被觀測目標之間的距離以及其間大氣狀況有關。只有把這些要素分析清楚，才能根據所觀測出的雷達參數強度去推斷雲、降水的物理狀況。經由氣象雷達觀測可充分獲得周遭數百

公里內，天氣的型態、結構與發展。

1.1、新一代氣象雷達-觀測兩滴圓、扁

傳統的天氣雷達傳送和接收平行於水平電場的線性電磁波輻射，而具有雙偏極化功能之新一代氣象雷達不止可傳送和接收水平方向，也包括垂直方向的電場電磁波輻射。

由於直徑大於1mm的雨滴在下落的過程中，會受到空氣阻力的影響而變成扁球狀，因此電磁波所照射的水象粒子可能不是球體(小雨滴趨近於圓形，大雨滴呈扁平狀，雨滴越大越扁平)，因此這些非球狀水象粒子反散射截面的水平及垂直極化並不會相同，而電磁波傳播經過降雨區將會遭受到散射(scattering)、差異衰減(differential attenuation)、差異相位差(differential phase shifts)以及退極化(depolarization)等各種改變訊號的因素，也因此可以由電磁波傳播所產生的訊號改變資訊，來估算或反演獲得水象粒子的大小、形狀、指向以及熱力相態等訊息，使得具有雙偏極化功能

雷達可計算出雨滴數目隨形狀的變化，進而準確估計出降雨量，同時分類降水型態，如雨滴、冰晶、雪花、冰雹、過冷水等。

1.2、世界趨勢與國內現階段雙偏極化雷達研究

自從1976年Seliga and Bringi首先提出差異反射率估算降雨的概念，雙偏極化雷達的技術以及在雲物理上的應用，開始引起世界各先進國家在雷達氣象研究的注意，近幾年也已逐漸應用於實際天氣觀測與預報的實際作業中。

2004年中央大學大氣系與氣象局及水利署合作，將校內都卜勒雷達升級為雙偏極化雷達，同時亦為國內首先引進雙偏極化雷達功能之研究單位，利用水平與垂直方向電磁波觀測雨滴是扁或圓，藉由掌握雨滴大小、扁平度等資料，對北部降雨等個案預測成效良好。

2008年5月台灣地區西南氣流實驗乃針對豪雨預警和防減災需求，加強西南氣流導致的豪大雨天氣系統之基礎科學認知，改進現有短期定量降雨估計與預報精確度，利用環島都卜勒氣象雷達，中央大學車載X波段雙偏極化雷達(TEAM-R)(圖1.1)、美國國家大氣科學研究中心S波段雙偏極化雷達(S-POL)(圖1.2)，以及測雨雷達、自動氣象測站和地面GPS測站等儀器，進行西南季風環境下豪雨個案密集觀測和分析診斷研究。該實驗與各國科學家共同合作進行，利用美國特大型低衰減雙偏極化雷達系統(S-POL)，研究團隊首度在南台灣發現豪雨系統的前兆，若氣象局將現有雷達系統升級，未來將有機會在豪雨系統形成之前1、2小時，提前精準預警。

各國研究均證實，雙偏極化功能可測量出極為精確的降雨率，且可以反演出三維空間中的雨滴粒徑分布，同時亦可分辨出雨雲系統中各種降水粒子之型態，此種資訊有助於雲模式之驗證，對目前蓬勃發展的資料同化也非常重



圖1.1 台灣首部移動式雙偏極化都卜勒氣象雷達(TEAM-R)，由國科會補助，國人自行組裝，中央大學負責執行，同時具有移動式、雙偏極化與都卜勒三大功能。



圖1.2 S-POL為全球最先進地面可移動式S波段雙偏極化都卜勒氣象雷達，是由美國國家科學基金會資助並委託美國國家大氣科學研究中心(NCAR)操作及維護；主要任務為協助大氣科學家從事劇烈天氣研究。

1.3空軍氣象聯隊首先完成作業用升級

空軍氣象聯隊基於危害性天氣之監測與預警效果以及改善機場短時天氣預報提高空軍氣象服務品質，於2008年底完成清泉崗及馬公二座新一代氣象雷達提升案，自德商Gematronik公司引進具有雙偏極化功能之C波段都卜勒氣象雷達(圖1.3)，為國內氣象作業用雷達開闢下一代氣象雷達應用新紀元，未來將與氣象學界、氣象局、水利單位合作，利用雙偏極化之潛在能力，針對劇烈降雨估算與預報、偵測冰雹、大氣中水象粒子之分辨及改善雷達資料的品質等功能發揮最大的貢獻。本文將逐一介紹

雙偏極化雷達各參數功能及其應用，並針對2009年03月6日清晨澎湖地區發生冰雹個案，利用本聯隊新一代氣象雷達驗證偵測冰雹的能力。

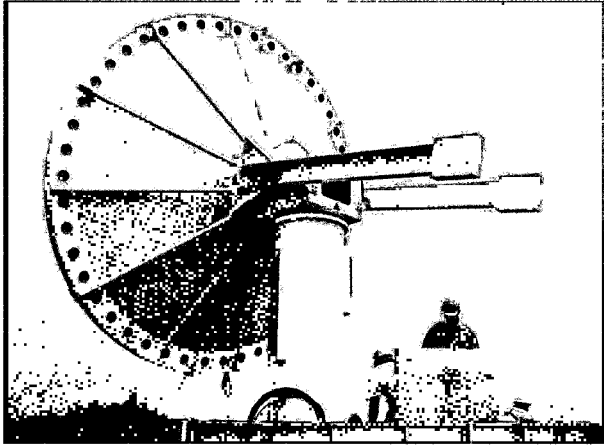


圖1.3 隸屬於空軍氣象聯隊位於清泉崗機場之C波段雙偏極化都卜勒氣象雷達；圖為雷達天線之安裝架設。

二、雙偏極化雷達觀測原理

雙偏極化雷達的基本原理是利用雷達發射水平及垂直兩種偏極化之電磁波，並可分別接受水平及垂直偏極化之回波。由於水相粒子尺寸形狀之多變，從小水滴到大水滴時，隨著雨滴成長演化，會由球形變成較扁的形狀，而冰晶亦有多種形狀及翻滾的方式，冰雹則通常很圓，因此，使用偏極化雷達時因為此種幾何的因素得到種種對比的觀測。以下就本探討個案所應用之各偏極化參數做基本的介紹。

2.1 反射率(reflectivity; Z_{HH} 、 Z_{VV})及差異反射率(Differential reflectivity; Z_{DR})

假設任意掃描體積內有一群降水粒子之 $N(D)$ 分佈，由雷達反射率 Z_e 與考慮橢(扁)球狀水象粒子所造成之水平、垂直之散射截面，則水平、垂直偏極化反射率 Z_{HH} 、 Z_{VV} 可分別表示為：

$$Z_{HH} = \frac{16\pi}{9|K|^2} \int_0^{D_{\max}} D_{eq}^6 \left| \frac{m^2 - 1}{4\pi + (m^2 - 1)P} \right| N(D_{eq}) dD_{eq} \quad (2.1)$$

$$Z_{VV} = \frac{16\pi}{9|K|^2} \int_0^{D_{\max}} D_{eq}^6 \left| \frac{m^2 - 1}{4\pi + (m^2 - 1)P} \right| N(D_{eq}) dD_{eq} \quad (2.2)$$

單位以 dBZ 表現($10 \log Z_{HH, VV}$)。

根據 Seliga and Bringi (1976)，差異反射率 Z_{DR} 定義如下：

$$Z_{DR} = 10 \log \left(\frac{Z_{HH}}{Z_{VV}} \right) \quad (2.3)$$

由於 Z_{DR} 為 Z_{HH} 、 Z_{VV} 之推導量，其值受水象粒子的形狀及介電常數所控制。各種水象粒子在同一軸長比(axis ratio)時(形狀相同)，會因介電常數不同而對應到不同之 Z_{DR} ，但對同一種水象粒子(介電常數固定)而言， Z_{DR} 和軸長比是呈一對一關係的。降落中雨滴($D \geq 1mm$)的平衡態為橢(扁)球體，如圖 2.1 所示，其對應到的 Z_{DR} 值隨雨滴扁平程度的增加而增加，而雨滴的扁平程度和大小有關，因此可由 Z_{DR} 來判斷雨滴的大小，當觀測物為小而圓的雨滴時，雨滴兩軸長比接近一，此時的 Z_{DR} 值會趨近於零，降落中的冰雹或軟雹常因翻滾而造成觀測區域內 Z_{HH} 、 Z_{VV} 的平均值相近，而使 Z_{DR} 值趨近於零，因此， Z_{DR} 也可以輔助區別冰雹或軟雹的存在區域。

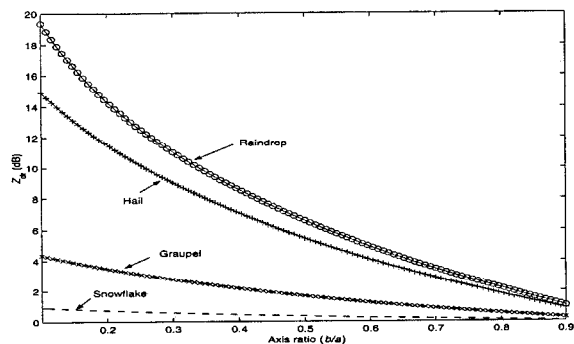


圖2.1 不同相態水象粒子的軸比和 Z_{DR} 的相對關係圖，橫軸代表水象粒子軸比(短軸長度除長軸長度)，縱軸代表 Z_{DR} 。四條線分別代表雨滴(Raindrop)、冰雹(Hail)、軟雹(Graupel)、雪花(Snowflake)在不同軸比和 Z_{DR} 的相對關係。(摘自 Bringi and Chandrasekar, 2001)

2.2 差異相位差(Differential phase shift; Ψ_{DP}) 及比差異相位差(Specific differential phase shift ; K_{DP})

以上所談偏極化參數為雷達發射電磁波依被照射粒子反散射特性所獲得的電能強度，而另一方面雷達發射電磁波同時也會遭受到傳播效應(propagation effects)造成電磁波衰減以及相位差(偏移)等特性，此部分則由傳播效應產生相位偏移所做的應用來進一步說明。

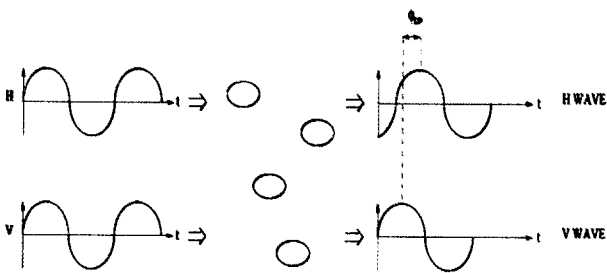


圖 2.2 電磁波在各向異性的介質 (anisotropic medium, 非球狀體) 區中傳播時，水平極化波 (圖上) 的傳播將會延遲於垂直極化波 (圖下) 的傳播，不斷的延遲累積會造成水平與垂直極化的相位(時間)差，即 ϕ_{DP} 。(摘自 Illingworth, 2004)

由圖 2.2 所示，當雷達發射電磁波在各向異性的介質 (Bnisotropic medium, 非球狀體) 區中傳播時，水平極化波的傳播將會延遲於垂直極化波的傳播，而不斷的延遲累積會造成水平與垂直極化的相位(時間)差，因此所累積的差異相位差亦與水象粒子大小、形狀、數量以及對於雷達的距離有關，差異相位差可描述為 2.4 式:

$$\phi_{DP} = \phi_{HH} - \phi_{VV} \quad (2.4)$$

這裡 ϕ_{HH} 及 ϕ_{VV} 為雷達水平與垂直極化在特定距離時，雙向傳播的相位角度，(單位： $^{\circ}$, degree); 差異相位差(ϕ_{DP})，其值會隨著兩電磁波在降水區傳播距離的增加而增加或維持不變，所以在弱降雨區累積量少，在強降水區累積量較大。然而相位是屬週期性的，當差異相位差累積超過二分之一週期 (π , 180°) 時，

就會產生混淆即折疊 (folding) 的問題，此時觀測資料必須做折疊校正 (unfolding) 的處理。

因為雷達是藉由反射回到雷達的電磁波來偵測差異相位差，所以雷達偵測到的為總差異相位差 Ψ_{DP} ，造成差異相位差的來源有三，可表示如下：

$$\Psi_{DP} = \phi_0 + \phi_{DP} + \delta \quad (2.5)$$

其中 ϕ_0 為雷達系統本身的起始(offset)差異相位差，亦即兩偏極化電磁波在離開雷達時即擁有的差異相位差。 ϕ_{DP} 為兩電磁波在雷達和觀測區之間往返時，在雷達傳播的波束上水象粒子的前散射 (forward-scattering) 電磁波所累積的差異相位差，而當電磁波從觀測區返回雷達時，它也包含觀測區水象粒子的反散射 (backscatter) 電磁波疊加在內的，此分量造成的差異相位差為 δ ，又稱做反散射差異相位差 (backscattering differential phase shift)， δ 是存在於總差異相位差的觀測量中，其值與每個散射粒子特性有關但與傳播路徑無關，所以 δ 並不像 ϕ_{DP} 具有隨距離累積的特性，因此一般計算 ϕ_{DP} 時會利用平滑的過程過濾掉存在於各距離位置上的反散射差異相位差，紀 (2005) 利用 17 點平滑方法來濾除 δ 。

另一個更有用的參數為比差異相位差 K_{DP} ，為雙向 ϕ_{DP} 在單向隨距離的變化率，即：

$$K_{DP} = \frac{1}{2} \frac{d\phi_{DP}}{dr} \quad \text{或} \quad \phi_{DP} = 2 \int_0^{r_0} K_{DP} dr \quad (2.6)$$

其中 r_0 為雷達到觀測區的距離。

由於 K_{DP} 是差異相位差的導出，因此是估算降雨率的一個很好的因子，特別在強降水估計時比 $R(Z_H)$ 、 $R(Z_H, Z_{DR})$ 估算表現更好，鳳 (2002)、紀 (2005)，使用 K_{DP} 估算降水有以下優點：

1、 K_{DP} 對於波束遮蔽 (beam blockage) 和波束填

塞(*beam filling*)較不敏感。

2、 K_{DP} 與雷達系統校正無關。

3、 K_{DP} 是由電磁波相位導出，而非強度導出，比較不會受到信號衰減影響。

2.3 同極化相關係數 (Co-polar correlation coefficient; $\rho_{hv}(0)$)

$\rho_{hv}(0)$ 是雷達觀測在連續脈衝裡到 Z_H 和 Z_V 之間的相關性，同極化相關係數定義如下：

$$\rho_{hv}(0) = \frac{\langle S_{VV} S_{HH}^* \rangle}{\sqrt{\langle |S_{HH}|^2 \rangle \langle |S_{VV}|^2 \rangle}} \quad (2.7)$$

其中“ $\langle \rangle$ ”代表期望值，為假設水象粒子的大小、形狀、傾斜角是依統計特性的分佈；*代表共軛複數。

同一解析體積裡的 Z_H 和 Z_V 是經由雷達連續發射數個脈衝而獲得，在電磁波持續打在同一觀測目標的時間裡(*dwell time*)，若該解析體積裡的水象粒子的統計特性不變，各脈衝所測到的 Z_H 和 Z_V 的相對關係相近，則相關係數就大，純雨區的相關係數通常可以高達 0.98 以上，若在觀測該解析體積時，水象粒子有翻滾、破碎、不規則形狀或者有其他不同性質的水象粒子(如：冰水混合)存在該解析體積內等現象，皆會造成散射行為的不一致性，則各脈衝所測到的 Z_H 和 Z_V 的相對關係差異性就大，該觀測區的相關係數就會降低，例如亮帶區會出現較低的相關係數，由 Illingworth (2004) 指出在亮帶區或冰雹粒子粒徑大過雷利散射的範圍時，則相關係數會降至約 0.9 左右，因此 Illingworth and Caylor(1989)即利用混合相態區相關係數較小的特性，來鑑別融解層(*melting level*)和劇烈對流中含有、過冷雨滴、冰滴、霰和雹的混合區域。

相關係數同樣也敏感於雜訊比

(*signal-to-noise ratio*)、天線側波瓣(*sidelobes*)以及地形雜波(*ground clutter*)，因為地形的散射行為是較雜亂的，所以可以藉由相關係數來辨別降水或地形回波，做為雷達資料品管上濾除地形有效的工具。

三、雙偏極化雷達觀測冰雹個案

今年 3 月 5 日為二十四節氣裡的「驚蟄」，湊巧的是這天入夜後，台灣地區受鋒面雲系影響，中部以北地區陸續均發生雷陣雨天氣，特別在澎湖縣馬公市鎖港、五德地區，當地居民表示於 3 月 6 日清晨 0720 時，當地降下直徑約十元硬幣大小的冰雹，本文將利用本聯隊雙偏極化氣象雷達觀測資料首度運用於冰雹偵測的可行性，驗證各參數對冰雹的反應及未來在實際天氣監測作業上做為冰雹發生之參考範例。

3.1 馬公降雹個案綜觀天氣分析

發生降雹事件，大氣中必有一些由綜觀尺度至中小尺度的背景條件，以下就以馬公降雹事件個案探討進而瞭解當時之綜觀環境條件，由美國國家環境預報中心(NCEP)1°×1°基本網格客觀分析資料如圖 3.1(a-1、a-2)海平面氣壓場可發現，地面鋒面於 2009 年 3 月 5 日 12Z 通過台灣地區，6 日 00Z 時台灣北部已有較密集之氣壓梯度線發生，顯然北方高壓勢力已向東南伸展之趨勢，此時台灣地區盛行東北風。圖 3.1(b-1、b-2)為 850hPa 高空圖，鋒面系統伴隨著高於 80%相對濕度區，同時由 3.1(b-2)發現鋒面系統被台灣地形分成二段現象，東邊一段從日本上空的低壓中心向西南延伸至台灣東南方海面，持續以冷鋒形式快速向東移動，西邊一段則從台灣西部向西南延伸至廣東沿海，華南至台灣地區可明顯分析出氣旋式風切線，

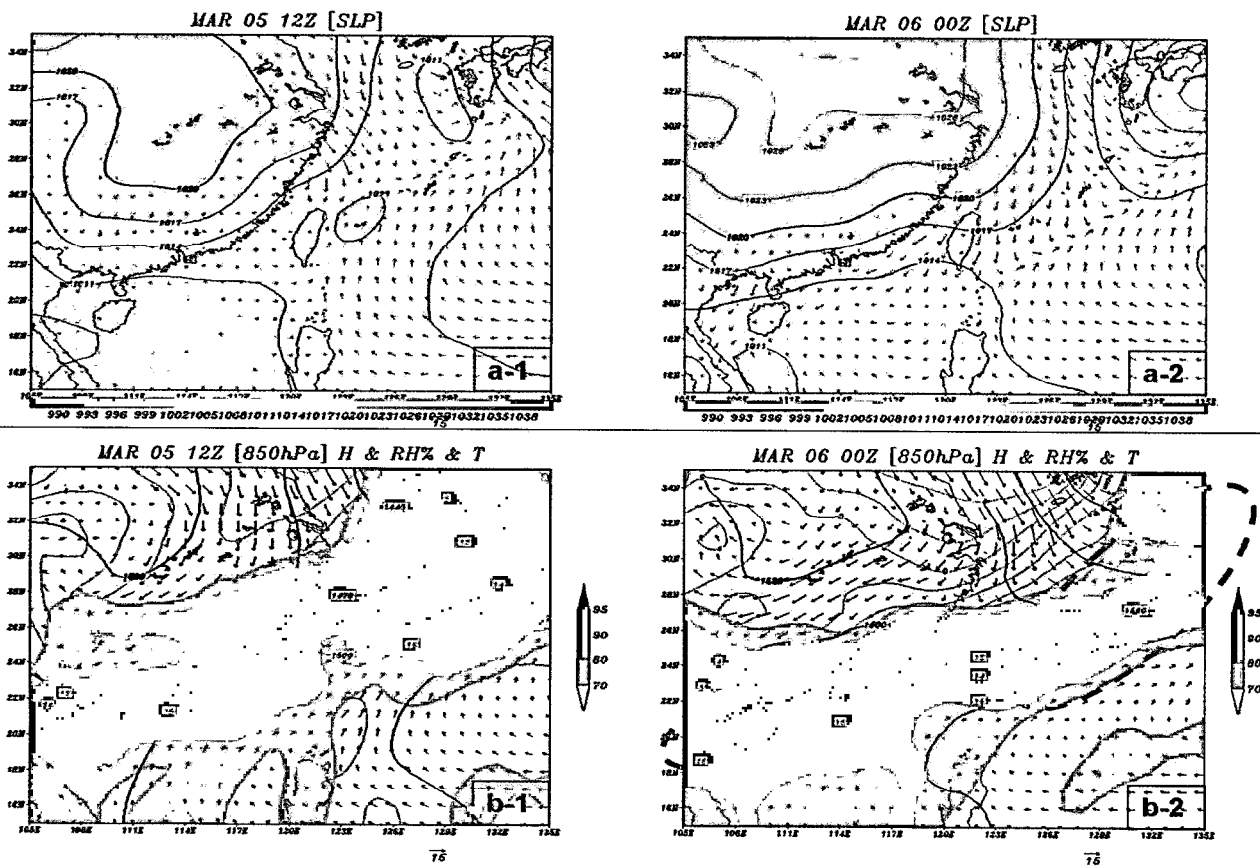


圖3.1 美國國家環境預報中心(NCEP)1°×1°基本網格客觀分析資料如圖，(a-1、a-2):海平面氣壓場，(b-1、b-2):850hPa高空圖(高度場、相對溼度、溫度)。

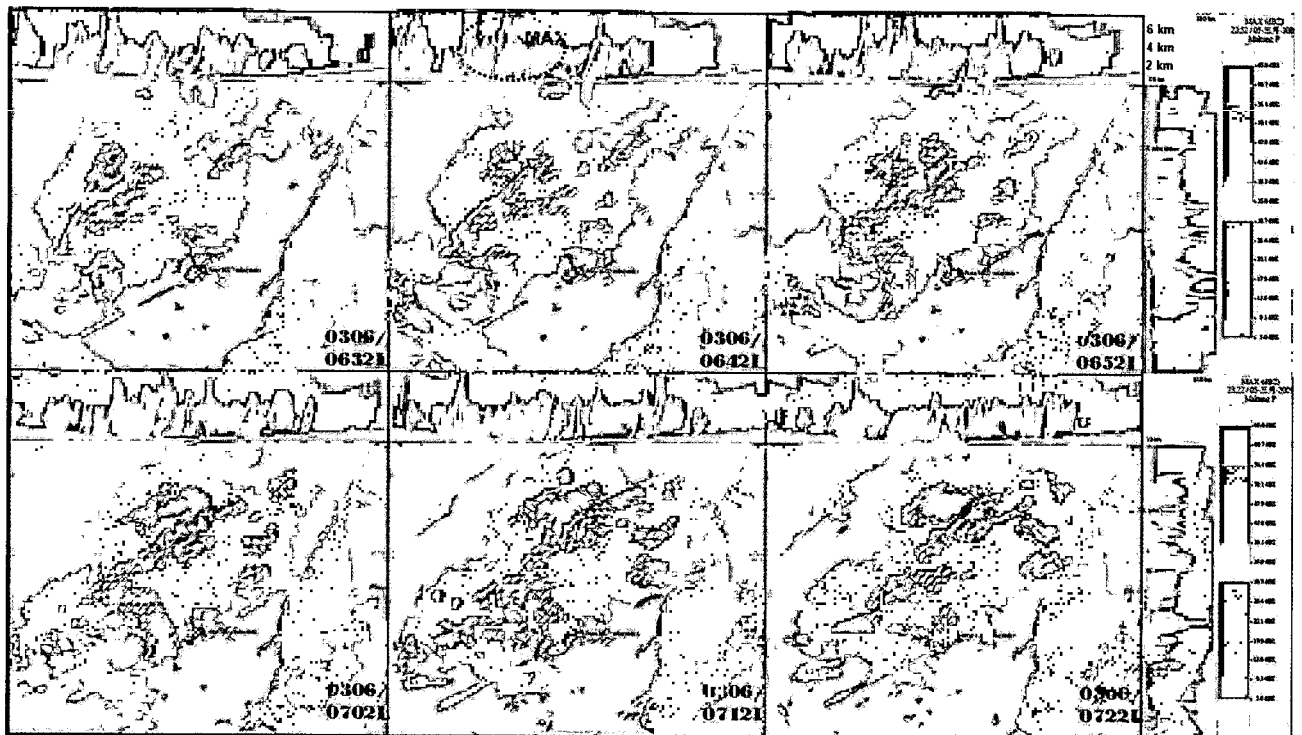


圖3.3 馬公機場雷達3月6日0632L至0722L每十分鐘一筆共六筆時間序列回波資料圖，所用雷達回波資料為掃描半徑120km，徑向解析距離為300公尺，回波產品為最大回波圖(為一解析體積內最大值)，圖上呈現為X軸切面資料，圖右呈現為Y軸切面資料。

同時隨著冷空氣持續南壓，此一不穩定帶由大陸華南東移至大陸東南沿海附近。不過，僅管在綜觀環境場上，存在著有利劇烈對流系統發展的條件，卻不代表劇烈天氣系統就一定會發生，Doswell(1987)認為大尺度的有利條件，僅能影響對流系統的強度與發展，而中尺度的強迫舉升過程，才是主宰劇烈天氣系統爆發時間與地點的重要因子，因此本研究利用雙偏極化雷達觀測資料分析降雹當日對流系統的演變。

3.2 馬公雙偏極化雷達資料

馬公地區發現降雹時間點為3月6日清晨0720時，利用雙偏極化雷達0722時水象粒子分類圖(ECLASS:利用模糊邏輯法對雙偏極化雷達觀測參數進行各水象粒子分類)，圖3.2所顯示為高度1.7公里之CAPPI水象粒子分類圖，位於馬公機場西南方約5公里處有「Rain-hail mixture (雨-冰雹混合)」訊號發生，與當時位在澎湖鎖港、五德地區居民所見到的降雹情形，在時空上是相當符合，也直接證實雙偏極化雷達分類水象粒子的可行性。本研究選擇由馬公機場雷達3月6日0632L至0722L每十分鐘一筆

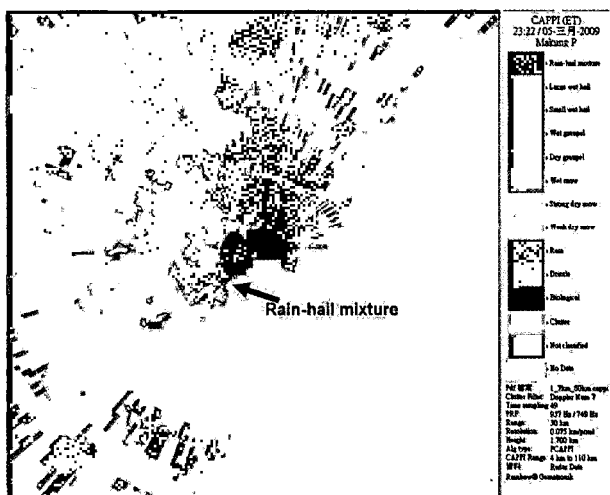


圖3.2 高度1.7公里之CAPPI水象粒子分類圖，位於馬公機場西南方約5公里處有「Rain-hail mixture(雨-冰雹混合)」訊號發生。

共六筆時間序列回波資料圖(如圖3.3)，所用雷達回波資料為掃描半徑120km，徑向解析距離為300公尺，回波產品為最大回波圖(為一解析體積內最大值)，圖上呈現為X軸切面資料，觀測強對流區位於馬公西南西方約60km處並逐漸發展成熟，並持續向馬公方向移動，強對流區於0632時之後強度增強、範圍擴大，單胞主體以62km/hr快速向東北東方移動，於0642時對流區垂直高度上約4km處出現最大強度59.5dBz，顯然此對流胞已發展成熟，0652時之後更發現對流胞單體已發展成弓狀回波(bow echo)，並且此時對流胞回波強度亦達到50dBz以上。圖3.4為0652時沿方位角274度做水平距離61公里之垂直剖面，分別為(a)反射率 Z_H 、(b)雙偏極化雷達水象粒子分類產品、(c)相關係數 $\rho_{hv}(0)$ 、(d)差異反射率 Z_{DR} ，藉由回波資料可發現對流胞垂直發展高度接近10km，最大回波強度超過52dBz，最大回波強度在3.5~4km高度上，有界弱回波區(bounded weak echo regions :BWER)特徵，顯然其對流胞內上升氣流特別強，在其上升運動區出現了相對弱的回波區，在水象粒子分類圖於強回波區處存在雨-冰雹混合區，配合相關係數低於0.9及差異反射率高於2.0以上，可以判斷此區有雨水包覆冰的現象，在降雹區，由於雹塊集中降落，形成了垂直方向的最強回波區。

四、結論

空軍氣象聯隊於2008年12月完成了清泉崗及馬公機場二座雙偏極化氣象雷達的建置工作，將原有的傳統雷達升級為能夠同時發射水平和垂直偏極化電磁波的新一代氣象雷達系統，同時為台灣地區首次將雙偏極化都卜勒氣象雷達運用於氣象觀測作業。

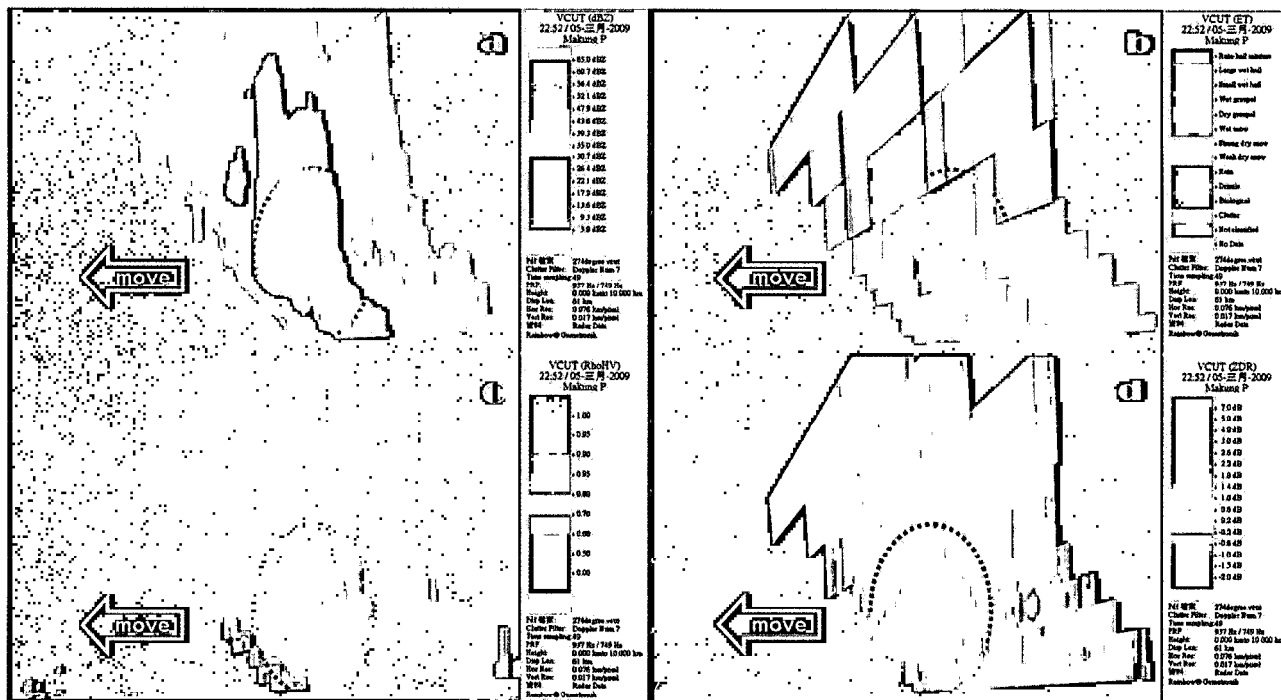


圖3.4 0652時沿方位角274度做水平距離61公里之垂直剖面，分別為(a)反射率 Z_H 、(b)雙偏極化雷達水象粒子分類產品、(c)相關係數 $\rho_{hv}(0)$ 、(d)差異反射率 Z_{DR} 。

Zrníc and Ryzhkov(1999) 認為雙偏極化雷達已經通過兩個重要測試：偏極化的資訊包含水象粒子特性，以及反演足夠精確度的其它訊息。由於雙偏極化雷達對於水象粒子(hydrometeor)的個數、介電常數(dielectric constant)、形狀、粒徑與降落時的傾斜角分布有不同反應，所以雙偏極化雷達較傳統雷達具備更多的能力：1、改善雷達資料品質，濾除非氣象回波；2、獲得解析體積內雨滴的統計資訊(如：雨滴粒徑分布)；3、利用模糊邏輯(fuzzy logic)辨別空間中的水象粒子；4、能夠得到較為準確的定量降水估計。

本文乃藉由馬公降雹事件，初步證實了雙偏極化雷達分辨水象粒子功能的成效，並經由密集的觀測資料，了解強對流胞發展的演變過程，當然配合雙偏極化雷達各參數所代表的不同物理意義，未來仍可持續嘗試去探討冰雹成長的雲物理過程、雹暴的動力機制，以及由冰

雹的生長史預先掌握降雹發生機率。

空軍氣象聯隊雙偏極化雷達的發展，對於天氣觀測與預報的實際作業方面均有非常大的幫助，預期將提升航空氣象觀測作業品質、效率及精確度，進而改善機場短時天氣預報，達到對危害性天氣之監測及預警效果，以維護飛航安全。

參考文獻

鳳 雷, 2002: 熱帶降水系統之雙偏振雷達觀測研究, 國立台灣大學大氣科學博士論文, 161 頁。
 紀博庭, 2005: 利用中央大學雙偏極化雷達資料反求雨滴粒徑分佈及降雨率方法的研究, 國立中央大學大氣物理碩士論文, 70 頁。
 呂崇華, 2006: 雙偏極化雷達資料分析梅雨鋒面雨滴粒徑分佈的物理特性, 國立中央大學大氣物理碩士論文, 100 頁。
 Bringi, V. N., and V. Chandrasekar, 2001: *Polarimetric Doppler Weather Radar:*

- Principles and Applications*, Cambridge Univ. Press, 636 pp.
- Doswell, C. A., III, 1987 : The distinction between large-scale and mesoscale contribution to severe convection: A case study example. *Wea. Forecasting*, 2, 3-16.
- Gorgucci, E., V. Chandrasekar, V. N. Bringi, and G. Scarchilli, 2002: Estimation of raindrop size distribution parameters from polarimetric radar measurements. *J. Atmos. Sci.*, **59**, 2373–2384.
- Illingworth, A.J., and I.J. Caylor, 1989: Cross polar observation of the bright band. *Proc. 24th Radar Meteor. Conf.*, Amer. Meteor. Soc., 323-327
- Illingworth, A. J., 2004: Improved Precipitation rates and data quality by using polarimetric measurements. *Advanced Applications of Weather Radar*, Chapter 5, Springer Press, 130-166
- Seliga, T. A., and V. N. Bringi, 1976: Potential use of radar differential reflectivity measurements at orthogonal polarizations for measuring precipitation. *J. Appl. Meteorol.*, **15**, 69–76.
- Vivekanandan, J., D. S. Zrnich, S. M. Ellis, R. Oye, A. V. Ryzhkov, and J. Straka, 1999: Cloud microphysics retrieval using S-band dual-polarization radar measurements. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **80**, 381-388
- Willis, P. T., 1984: Functional fits to some observed dropsize distributions and parameterization of rain. *J. Atmos. Sci.*, **41**, 1648-1661
- Zhang, G., J. Vivekanandan, and E. Brandes, 2001: A method for estimating rain rate and drop size distribution from polarimetric radar measurements. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, **39**, 830-841
- Zrnich, D.S., and A. V. Ryzhkov, 1999: Polarimetry for weather surveillance radars. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 80, 389-406

Development and application of the next generation weather radar – using dual-polarization radar to observe the hail events in Makung

Chung-Hua Lu Chung-Ruenn Liou

The 3th Weather Center, Weather Wing, CAF, R.O.C

Abstract

In this paper, using Air Force weather wing C-band dual-polarization (C-Pol) radar observe the hail events in Makung, and further on the characteristics of convective systems hailstorm of observation and analysis, using the dual-polarization radar products of a preliminary classification of hydrometeors to verify the effectiveness, and through intensive observation data to understand the development of strong convective cell evolution.

Dual-polarization radar, horizontal and vertical polarization transmission and reception of electromagnetic waves by the polarization of the anti-scattering signal, the signal through the interaction of the difference can be inversion or estimate access to the hydrometeors particle size, number, shape, direction, landing behavior and the thermal phase. With the ability to distinguish the hydrometeors and the characteristics of weather radar which is close monitoring of severe weather systems, will be better able to provide the three-dimensional structure of weather systems in the fight training zone. Upgrading the next generation weather radar system will enhance the quality of aviation weather observation operation, efficiency and accuracy, and to further improve the short-term weather forecasts. The next generation weather radar will keep the flight safety to achieve surveillance and early warning effect.

Keyword: Dual-polarization radar, Classification of hydrometeors