

# 氣象雷達在天氣預報上之利用法

## —雷雨之雷達回波分析—

林 瑞 山

### *On the Use of Weather Radar to the Weather Forecasting*

#### *—Analysis of the Radar Echoes for Thunderstorm—*

Ruey-shan Lin

#### *Abstract*

By definitions, a convective cloud does not become a thunderstorm until thunder is heard or lightning is seen, from precipitation echoes alone one cannot be absolutely certain that a given convective echo is a "thunderstorm". In this point, the author make a trial of the comparative study between the direct observation of lighting or peal and appropriate radar observations. Consequently, we knew that a thunderstorm existence is decided by the limitation of echoes intensity and it altitude. There are importance that we understand the radar scope interpretation of stable precipitation echoes and convective precipitation echoes before we analyze the thunderstorm echoes. And the author investigate the special charactor of thunderstorm echoes on eastern sea of Taiwan.

#### 一 前 言

關於雷雨示波之分析，自古以來就有若干之研究報告。尤其是可自氣象雷達探測大氣中之各種降水回波以來，更能詳細分析短時間內之立體變化及其一般特性。我們熟知雷雨係一種對流性之激烈雷暴。如果由視覺能察看近處之閃電或雷聲現象，而且在雷達PPI電幕上顯出細胞狀降水回波時，明確地可斷定為雷雨。如果未能察覺有閃電或雷聲等現象時，其回波斷定為雷雨或否，實際有增加雷達觀測人員之困擾。筆者鑑於此觀點，首先說明雷達回波之判讀法及其生成的物理意義，調查本站所得回波，統計各月回波分佈狀態。然後再進一步與地面天氣圖（包括氣象衛星圖），雷雨報告資料對照比較研究，找出雷雨之一般特性並提高雷達觀測人員之觀測技術及預報人員之預報技術為目的。

#### 二 降水回波之判讀法及物理的解釋

研究雷雨回波之一般特性以前，我們應該預先瞭

解顯示於雷達電幕上各種回波之形態及在大氣中所生成的物理意義始能進入正題，分析其一般特性。一般來說，雷達回波大致可分為氣象狀態之氣象回波及與氣象毫無關係之回波，即所謂氣象以外之回波。氣象回波係於大氣中所反映之現象，又大致可分為降水回波及非降水回波（例如電波異常傳播之回波、鬼波、海面回波、地形回波、飛機回波、船舶回波、烟回波、單形回波、碎屑回波、鳥昆蟲回波、砂塵回波、電波干擾回波等）。

由雨滴、雪片、雹、霰等之降水粒子所構成之回波叫做降水回波，可以說是雷達觀測之主要對象。在雷達電幕上所顯示之降水回波，由PPI或RHI觀測時，總是有各種各樣之空間分佈。在回波之配列、垂直構造、移動狀態上，如有共同特徵之系統回波時，我們可以看做一種回波系統（Echo system）。一個回波系統之範圍決定，當然依研究對象之氣象現象尺度而不同。一般認為預先著眼於中型尺度後，必要時可隨着觀測結果之利用目的，而擴展至較大之尺度。

這裏所謂之中型尺度 (Meso-scale), 在雷達氣象學上大致規定為數百公里, 因這範圍已足夠顯示雷暴、颱風、龍捲風、颱風等之主要氣象現象。例如一般在溫帶或熱帶所出現之波型低氣壓回波, 可分為若干之回波系統, 即在低氣壓前面所形成之面狀回波較均勻, 相當於颱風之雨蔭區 (Rain shield)。嚴格來說, 因這部份之降雨狀態較其他部份稍複雜, 可能有穩定性回波及對流性回波或者分不清之中間回波, 故一般均以穩定性回波表示之。其他尚有如暖鋒附近之線狀回波, 形成颱風之線狀回波, 散在暖氣團內之細胞狀對流性回波等。這些尺度約在十至數百公里之範圍內, 可以說是屬於中型尺度。如必要時又可著眼於這些回波系統之排列或移動狀態, 更詳分為若干之回波系統。相反的, 如這些回波系統看為一體時, 即變為較大之所謂低氣壓回波系統也。

在 PPI 電幕上時常顯示直徑約 10 公里 (3~4 哩) 或以下之細胞狀回波。通常以單獨存在或者若干個成羣在一起。有時候存在於面狀回波內部, 這可從雷達上之衰減器施衰減工作後由其形狀及強度上能判出細胞狀回波之存在。這種回波有對流活動之特性, 與穩定性回波 (Continuous echoes) 有極大之差別, 一般我們叫之為對流性回波 (Convective echoes)。總括而言, 在雷達觀測方便上, 降雨回波大別可分為穩定性回波與對流性回波之二大類。一個訓練有素的雷達觀測人員, 尚能在電幕上清楚地從各種目標物回波中分別出降水回波, 正如海面回波與輕微降水回波, 或島嶼之槽化回波與強烈降水回波等, 頗相類似。觀測人員雖然有上述熟練觀測技術, 但對於穩定性降水回波與對流降水回波之各特性, 尚需要更深地瞭解, 始能分析出雷雨回波之真面目, 茲述如下:

#### (A) 穩定性降水回波 (Stable precipitation echoes)

穩定性降水回波又叫做連續性降水回波 (Continuous precipitation echoes), 被認為降落於寬廣之面積上, 而且短距離內強度變化很小之一種降水回波。用 PPI 電幕觀察時發現, 連續降水強度, 實際上不一定都是均勻的, 其形態如有用刷子刷過的條紋, 複雜的花紋, 細小的斑點等。在大面積的連續性降水中也有強大的降水中心。因其降水強度一般較弱且高度較低, 在 100 哩以外之穩定性降水回波, 不能產生足夠強度的回波, 且亦常常在地面線以下, 故無法由雷達測出。雖然其降水面寬廣, 但往往使觀測人員

認為僅限於雷達站附近有降水, 範圍甚狹小之降水回波。穩定性降水回波, 又正像輕度朦朧而無明確邊緣的一個區域。其原因有二, 即①它的對流活動性甚微弱, 其降雨過程在靜悄悄之中生成的, ②假如有對流活動性, 一定是在較高之地方所生成之降水粒子, 降落途中受到風切之影響, 顯示細胞狀構成為朦朧而無明確邊緣的面狀回波。穩定性降水回波最有興趣的特點是在 7000-12000 呎高處有一層約 1000-2000 呎厚之強烈回波帶, 又在這回波帶上方有長而傾斜的下垂回波帶。這種回波帶因與穩定降水有密切關係, 茲將物理學觀念分別述之如下:

#### (1) 亮帶 (Bright band)

使用雷達 RHI 電幕垂直掃描時, 往往在  $0^{\circ}\text{C}$  線附近發現回波強度在很窄的一個帶中增加很快。這個窄帶叫做「亮帶」。它剛好在  $0^{\circ}\text{C}$  層以下, 其產生原因是①冰和水的雷達反射率由 [圖 2] 可知有不可。即凍結降水粒子在零度線 (融解高度線), 其反射率為 1, 在融解高度下面 1000 呎處, 反射率增加為 20, 而到 1200 呎處, 凍結粒子完全融解時, 反射率又迅速地降低為 5。②由質量相同的雪片和雨滴的末速度之不同造成零度線上下粒子的濃度不同導致反射率之變化。③雪片開始融化時合併增長率的變化而影響反射率之變化。④粒子形狀引起的反射率變化等。由雷達觀察亮帶中心之位置時, 因與雪片之降落情形有密切關係, 故約在  $0^{\circ}\text{C}$  下面 1200 呎以內的範圍。在亮帶之上方必須有較容易融化之雪片存在, 這即為生成亮帶之必要條件。又因雪片之降落速度約 1-2 公里/小時, 其附近若有強烈氣流時無法顯示明確亮帶。最旺盛雪雨有上昇下降氣流存在時又無法顯示亮帶, 即穩定降水回波與對流性降水回波之一種判別標誌。

#### (2) 下垂回波帶 (Streamer):

使用雷達之 RHI 掃過穩定性降水區時, 可以看到長而傾斜的下垂回波帶, 其頂部有很強的回波單體, 隨着高度的降低回波帶的尾部變得愈來愈接近水平。降水帶頂上的回波單體是雪晶形成區, 這些單體被叫做原始單體或原始元素 (Generating cells or generating elements)。在任何時候, 原始單體差不多都出現在相同的高度上, 因而這一高度被叫做發生層 (Generating level)。這是水晶在原始單體中形成後, 水汽附着到水晶而釋放出的熱量所造成的對流, 而對流又維持了原始單體的存在。

回波帶 (或雪尾) 的形狀決定於雪的降落速度和風的垂直分佈。今設  $x$  為雪尾平面內水平距離,  $z$  為

垂直距離以原始單體為原點，向下為正。 $v_g$  為發生層上之風速， $v_z$  為雪尾上任意一點之風速，粒子之降落速度為  $w$ 。這時其中任意一個質點之軌跡方程式是

$$\frac{dz}{dx} = \frac{w}{v_g - v_z}$$

今若設粒子之降落速度  $w$  為固定數值，風速隨着高度而成直線性的變化時， $v_g - v_z$  可寫為  $az$  (但  $a$  為常數)。上式積分後得軌跡方程式為

$$x = -\frac{az^2}{2w}$$

由上式可知，雪尾形成為拋物線狀。

### (B) 對流性降水回波 (Convective precipitation echoes):

我們已瞭解穩定性降水回波之一般特性。雷達之應用雲物理之研究有了很大進展。雲物理學的主要興趣在於研究雲和降水的發展，消散和其他有關過程。由於雷達能够探測固態和液態之水份，特別是大大滴和大大粒的存在，因而它在雲物理的研究中廣泛地被應用。本站氣象雷達係為美國製造最新式之 WSR-64 型氣象雷達。因所採用之波長為 10 公分，特別對於對流性降水之大質點效果鉅大。茲先述對流性降水之生長，持續時間，最後略述雷雨之一般特性。

降水之一個基本問題是確定「昇華——結合」作用和「凝結——結合」作用何者更為重要。前者假定先由水晶昇華增長，然後再由結合增長。雨滴通過暖區時融解，最後落到地面。後者則假定先由凝結增長到足夠大，再通過結合作用繼續增長。過去依據雷達氣象專家之研究結果，熱帶區域降水幾乎總是開始於雲的暖區，而不是冷區。雖然在雨強很大的積雨雲中，「昇華——結合」過程在降水形成中確實是起作用的，可是在一般海洋上的積雲降水過程中水晶並不是很重要的。在半乾旱地區，只有低於  $-12^\circ\text{C}$  的雲才有降水回波，此係水晶在降水形成中起了重要的作用。又在非熱帶地區的暖濕空氣的積雲降水形成過程中，「凝結，——結合」過程起着重要的作用。形成降水前，積雲本身大小取決於上升氣流的速度。如果結合增長過程在昇華、凝結兩種情況都差不多，則在形成降水所需要的時間裡較大的上升氣流將產生較大的雲及降水回波。大積雨雲一般是一步一步發展的。一般要有幾個雲泡連續在一個地方發展，才能使雲頂到達平流層的底部。後面一個雲泡或雲塔是通過上一個雲泡留下的潮濕空氣上升的，因此儘管平流把周圍乾空氣帶入，其浮力減少得並不多，從而雲泡（或雲塔）能達到比前一個雲泡更高的高度，以致最後形成非常高的雲。

根據雷達觀測之經驗對流性回波單體的生長和消

散都是很快的。在幾分鐘內，回波外形變化很大。如果注意一塊回波，就會發現回波生長有兩種過程即①回波向外伸長，②新回波單體在原有的回波單體旁邊生長或二者合併。因在第二種過程，進行得很快，以致常常在很短的時間內已經不能認清原來的回波單體是否還存在。對流性回波之垂直高度之伸展較穩定性回波為高大，而其變化情況亦較迅速。由 RHI 觀測時能發現其回波頂有顯著的凹凸形態。在夏季之垂直生長率約在 200-880 呎，最高高度有達 60000 呎以上之紀錄。極強烈之對流性回波因受天線型式影響易引起高度之失真而較實際高度為高。單體對流性回波大多為數十哩，有時候單體存在，但一般以數個或多個集羣存在。如果自遠距離漸漸接近雷達站時集羣之對流性回波，似乎有發生導波分散現象，此因受天線波束之效果而失真所致，並不是降水區域實際有發生分散現象。相反的在遠距離分散之小單體回波漸漸接近時似乎有發生連結現象，此係因僅能看到頂部之小單體回波以後漸漸接近而顯示回波全貌所致，也並不是回波實際有發展之現象。對流性回波之邊緣輪廓本來是很明確的，如果進入衰弱期之對流性回波會變為朦朧而無明確的輪廓回波。有時候在其衰弱回波附近時常發生新的對流性回波。冷鋒或不穩定線通過時所形成之對流性回波，大部份都排成一條或數條之線狀回波而其移動狀況大致都有一定之規則，可以說在對流性回波裡佔最重要之型式。如果穩定性回波內夾雜對流性回波時可利用雷達衰減接收增益或等回波線裝置，即能分別出對流性回波之存在。調整等回波裝置或者衰減接收增益來分析 RHI 時，能發現鉛筆型之垂直強烈回波，這即表示回波之生成期或最旺盛之時期。但進入衰弱期之對流性回波，其頂部由尖狀逐漸擴展為平坦，而時常顯示亮帶現象。

### (C) 雷雨回波

強烈對流性降水回波通常很容易和其他回波區別。在 PPI 上它們的回波特徵是接近於橢圓形，回波之強度及強度梯度都甚大。若使用 RHI 看它的特徵，回波之垂直範圍很大，在一個甚狹長之垂直柱裏回波強烈而且比較均勻。在對流性降水增長之初期，雖然按照理論不可能有亮帶之構成，亦從未出現過這現象，但在消散期，往往會出現亮帶。

根據定義，尚未聽到雷聲或看到閃電以前，對流性降水不能稱之為雷雨。僅根據降水回波，我們不能準確的認為對流性降水回波是屬於雷雨，但一般可以假定回波頂迅速地增長到某一高度以上之對流性回波

，可能是雷雨或者即將成為雷雨。關於雷雨回波之判斷，據 Louis J. Battan 之研究報告，回波頂迅速地增長到25000呎或30000呎以上之對流性回波，可能是雷雨或者即將成為雷雨。又據 Homer W. Hiser 之報告，在 PPI 電幕中如發現距離雷達站40哩或50哩以上有4-8哩以上直徑及相當大強度的回波時，通常判斷其為雷雨是正確的。假如回波距離少於40哩，則由遠處閃電或遠雷聲可以證明其為雷雨，電幕上任何距離中有時發現一些非常強烈的光塊，那可能就是雷雨。有時候這些強烈的雷雨光塊，安插在較大範圍微弱至中等強度的穩定性降水回波中間。RHI 電幕判別雷雨非常有用，每分鐘達1500-4000呎極端高的垂直發展率，這就是雷雨發展的最好證明。又回波在

溫暖季節或溫暖氣候中能擴展至結冰高度以上者，通常被判斷為雷雨。

我們已知生成穩定性降水及對流性降水之物理觀念，並已瞭解雷雨回波之判斷法。現利用這些降水回波之基本觀念，自下節起分析本省東部海面上所發生之雷雨回波分佈。

### 三 本省東部海面之雷雨回波特性

我們已知道對流性降水回波之主要特性是回波之高度及強度較其他回波強大，而雷雨回波屬於對流性之激烈回波。現在先把自去（五八）年八月起雷達修復完成後正式開始觀測迄今所得之回波資料，按月份分析其強度與高度，預先瞭解其回波之分佈情況。但回波之強度按照美國氣象局所規定之級數，即：

| 級 數 | 雷達報告之符號 | 估計降水 | 回波強度 | 理論上的降雨率 (吋/時) | 反 射 性 ( $\text{mm}^2/\text{m}^2$ ) |
|-----|---------|------|------|---------------|------------------------------------|
| 1 級 | — —     | 非常輕微 | 非常微弱 | $<0.03$       | $<1 \times 10^2$                   |
| 2 級 | —       | 輕 微  | 微 弱  | $0.03-0.12$   | $10^2-10^3$                        |
| 3 級 |         | 中 度  | 中 度  | $0.12-0.46$   | $10^3-10^4$                        |
| 4 級 | +       | 强 大  | 强 烈  | $0.46-1.75$   | $10^4-10^5$                        |
| 5 級 | + +     | 非常强大 | 非常強烈 | $>1.75$       | $>10^5$                            |

在58年8月份降水回波之平均高度大約位於15000-20000呎之間，平均強度之中心約在4級強度。這裏我們特別注意者，雖然最高高度沒有達到45000呎以上之觀測紀錄，但回波強度除了小數之3級回波以外，普遍地分佈於4級5級強度，這可證明尚有對流性降水回波成雷雨回波之存在。

9月份之回波與8月份比較，其回波分佈除了強度同稱地位於4級5級外，其高度有很大的差異。平均高度中心有二個，其一為4級強度之20000-25000呎之間，另一為5級強度之25000-35000呎之間。最高高度有5級強度之55000-60000呎之紀錄。可見9月份對流性回波之強度及高度較8月份強大且生成雷雨之機會較多。一般說，高度愈高其強度應該愈強烈。由〔圖4〕可知，自2級10000呎起至5級之35000呎止，形成為梯度每級約8500呎之增長率。以上8.9月份之回波，屬於對流性回波或者雷雨回波尚佔多數。

10月份之強度較分散分佈，即自1級強度至5級強度均存在。其強度在1-2級之高度位於5000-10000呎之間，3級強度約位於10000-15000呎，至4-5級時，伸到15000-25000呎之間。回波之分佈中心極減弱，即位於2級強度之5000-10000呎，這表示穩定性

降水回波多於對流性回波。但在3級處回波似乎有不顯明的分佈中心，其高度約在10000-20000呎之間。在4-5級強度之回波尚有45000呎高度，相反的1-2級強度回波也有若干5000呎以下之低回波。總括而言，10月份之回波將從對流性降水回波逐漸變成穩定性降水回波之變換時期也。

在11月份之回波分佈，其中心位於3級強度之10000-15000呎之間，而高度與強度之間沒有形成梯度關係。自1級強度至3級強度之間雖然稍有微弱之梯度約在5000-10000呎間之變化，但自4級強度至5級強度回波，反而降下高度構成對流性降水特性之反現象。由此可知，秋冬季節之對流性降水雖然永遠保持強烈回波，但從高度上看，不如6-8月份40000呎以上之對流性回波高度。

12月份之回波分析，可以說代表冬季之穩定性降水回波。其中心約在3級強度之5000-10000呎之間。在這裏我們特別注意者，沒有任何一個回波超過20000呎之高度，並沒有任何一個回波超過4級回波強度。這已表示大部份之回波，可能形成為穩定性降水回波，如果有對流性降水回波之存在，不可能形成像夏季之強烈強度及高度之回波。由此可知已談不上

有雷雨回波之存在。

1 月份之回波分佈與 12 月份極相似，其分佈中心同樣地位於 3 級強度之 5000-10000 呎之間，又任何一個回波沒有超過 5000 呎及 4 級強度之回波。高度方面很平均地，均在 1 級~4 級之 15000 呎以下，僅與 12 月份不同者，1 級強度次數稍增多而 4 級稍減少。當然這種回波分佈與 12 月份相同，不可能生成雷雨回波。

2 月份之回波分佈中心分裂為 2 級強度及 3 級強度之兩處，均在 5000-10000 呎之間。在 1 級強度之回波略在 5000 呎左右，2-3 級強度略上升為 5000-10000 呎之間，至 4 級強度時略形成微弱之梯度約在 10000-15000 呎之間。與 12 月份與 1 月份不同者，回波似乎有增長至 5 級強度之趨勢，但並不顯著。綜合而言尚未能構成雷雨之程度。

3 月份之回波分佈中心永遠位於 2 級強度之 5000-10000 呎處，未見有 25000 呎以上或 5 級強度回波。這很明顯的表示尚未發現有強烈的對流性降水回波。尤其是無論強度多少，其高度多佔於 5000-10000 呎之間，並無梯度之構成。

我們根據 4 月份之回波分佈，可以發現似乎與 11 月—3 月份之分佈有所不同者，其高度與強度均增大。雖然分佈中心很普通地分散在 2—3 級強度之 5000-10000 呎處，但過 3 級強度開始逐漸隨着強度之增強而高度又增高，形成爲很顯明的梯度。即在 3 級強度之前半尚保持 5000-10000 呎高度，自 3 級強度之後半開始，強度愈強高度愈高，自 10000 呎升至 35000 呎，這已表示有對流性降水回波之存在。是否有雷雨回波之構成，待於下節分析。但在這裏大概地可判斷生成雷雨之機會已增大。因為在 5 級強烈回波中，有若干回波已觀測出 40000 呎以上之高度。1 級強度回波普遍的減少而 5 級強度回波已有增至 45000-50000 呎之高度。

由 5 月份之回波分析可知，其分佈中心急速增長至 4 級強度之 20000-35000 呎間，一部份已升至 5 級強度，足夠生成對流性降水回波及雷雨回波之良好條件。全體回波分佈自 2 級強度之 5000 呎起至 5 級強度之 40000 呎，每級之平均梯度已達 12000 呎之斜度。雖然尚有低級強度低高度之微弱回波，但因這些微弱回波位於梯度線上，可以看作對流性降水回波發生初期之回波。在 5 級強度裏已有 55500 呎之觀測紀錄。

全年之回波裏對流性降水回波最顯著者爲 6 月份，它的分佈中心已到達能生成對流性降水回波或雷雨

回波之高度與強度，即在 4 級強度之 30000-35000 呎處。這裏特別注意者自分佈中心分爲兩條梯度，一爲 4 級強度至 3 級強度沒有構成梯度現象。這可能由於保持長久時間所發生的低氣壓或一部份颱風所帶來之對流性降水回波所致。因這些氣象現象所構成之回波均爲面狀回波，所觀測之對流性極穩定而保持它的繼續時間及強度，無法測出它的生長減弱情況。第二種原因可能是由依據圖表分類程度級數時其位置在 3 級與 4 級之界線上不明其級數，而所發生之現象。如果遇到這種情況時全部歸納於較高之級數，可能不會發生這平坦無梯度之不正常線狀。另一種是自分佈中心向左邊逐漸下降之正常梯度線。這正常梯度直線自 2 級強度之 10000 呎起至 5 級強度之 55000 呎止其每級之梯度率約爲 15000 呎，可謂梯度最大之月份。根據 6 月份地面觀測所得之雷雨次數佔最多之月份。

現在再進一步根據地面觀測所得之雷電紀錄與雷達觀測所得降水回波對照詳細分析其雷雨回波特性。自去(58)年 8 月份起迄今(59)年 6 月底止確實由視覺聽覺所觀測出之雷電閃光日數爲 8 月份之 3 天，9 月份之 5 天，11 月份之 1 天，3 月份之 1 天，4 月份之 3 天，5 月份之 5 天，6 月份之 11 天共計 29 天。根據這雷閃日，調查雷雨回波之強度及高度之最大數值製圖分析結果，其雷雨分佈中心位於 5 級強度之 35000-45000 呎處。由此可知，最保守之估計，在雷達 PPI 電幕上發現有 40000 呎之 5 級強度回波時，可斷定爲雷雨無誤。這可做爲雷雨觀測時判斷雷雨回波之依據。

#### 四 地面天氣圖與雷雨回波之比較研究

我們已知道雷雨之一般特性及在本省東部海面上所發生之對流性降水或雷雨等之回波分佈狀態。茲根據實際有閃電及雷聲觀測之紀錄中，選擇較顯著之雷雨回波與地面天氣圖比較研究，詳細分析其特性，找出雷雨之預報法則。

(A) 58 年 8 月 2 日至 8 月 7 日間之雷雨。

根據測候所之雷雨報告，於 2 日 23 時，5 日 21 時 35 分—21 時 40 分及 7 日 21 時 45 分—22 時 15 分均有閃電或雷聲之記載。在這期間之天氣概況是自北緯 20 度東經 140 度附近起經巴士海峽至南海止形成一道赤道鋒輻合帶，在這赤道輻合帶上由若干之熱帶性低壓或貝帶、艾麗絲等颱風串聯成列低壓帶。經查回波之形態結果，已知 2 日之雷電係受巴士海峽及南海之熱帶性低氣壓所生成的對流性雷雨回波所致，其回波形態與副

熱帶高氣壓籠罩下所引起之雷雨回波完全一致。2日23時到雷聲及閃光後即開機觀測回波形態18分鐘（請參照〔圖15〕）確實由細胞狀回波（Cell echoes）形成爲線狀，其最大高度及強度到達5級強度之4600呎，可以說是最標準之回波形態。這時候筆者發生二個問題：①在這短短18分鐘內回波生長衰弱情況，因變化迅速無法獲知？②根據雷達氣象專家研究報告，在20哩以外之回波所發生之雷電無法覺察。本次回波之最短距離本站尚在30哩以外，爲何能覺察雷電現象？。筆者再利用120哩範圍PPI，觀測回波20分鐘，已發現在本站沿海有3.5哩寬45哩長之線狀回波。其最短距離約5哩，已符合於見聞雷電之範圍條件。各個細胞回波變化極複雜，尙無法找出它的變化情況，但它所形成之直線狀態並無改變形態。再利用50哩範圍PPI查看38分鐘，其所形成之直線狀態更一目了然。至5日21時35分—21時40分之雷電係爲赤道鋒之接近時所生成之對流性細胞狀回波由圖可知雷電可能由最靠近本站之單體細胞回波發生。7日21時45分—22時15分之雷電係受貝蒂颱風之先驅鋒線之對流性降水回波所致。如58年9月6日，12日等之雷雨均屬於這種回波，由細胞狀回波而構成飢線，其最高高度及強度各到達5級強度（42.6 N.M./57db）之48600呎及5級強度（42.6 N.M./51db）之49800呎。

(B) 59年4月17日至4月20日間之雷雨。

4月15日在日本東方海之副熱帶高氣壓，雖然緯度稍高即位於40°N 160°E 但極旺盛，其尖楔已伸展到華南，而本省剛在這副熱帶高氣壓之南邊尖楔。至4月16日在華南之高壓尖楔減弱而移至日本本州南方沿海將與副熱帶高氣壓合併。這因自北平經漢口至貴陽之冷鋒接近所致。本省雖然位於副熱帶高氣壓之西面，但在本省東方海面生成一個低氣壓。尙至18日一低氣壓自長江口將出海至東海，而本省將受這低氣

壓所延伸之冷鋒影響。自這開始於18日13時38分—14時20分，17時28分—17時40分，19日14時54分—20日3時50分各發生雷聲電閃，可以說是本(59)年度之第一次春雷。這鋒面於19—20日通過本省。

根據18日10時15分之雷達觀測，在本省東部海面有一條線狀回波略向東移動，其最高高度已達到51000呎，強度爲142°/65.1N.M. (45db) 之5級強度已達到雷雨之標準。但距離本站有65哩之遠，無法察覺雷電現象。另在本站沿海有一條較短之線狀回波，其最高高度爲38800呎，強度爲50°/39.1N.M. (42db)之4級強度，可以說尙未達到雷雨標準。40分鐘後之11時55分再觀測時長線狀回波稍減弱，其最高高度及強度尙有45900呎之4級強度(139°/70.4N.M. 39db)。但本站沿海之短線狀回波反而增大爲46800呎之4級強度(71°/25.1N.M. 45db)。從距離上來看時，已經自39.1N.M. 移至25.1N.M.，接近了14哩。由此推測於13時38分—14時20分之雷電，可能由這回波增長而發生。18時觀測時成列顯明之兩條線狀回波雖然稍有逐漸衰減現象，但尙未脫離雷雨程度，於17時28分—17時40分尙可看到由靠近本站之線狀回波所備來的閃電。

鋒面之第一波動如此通過本省帶來了雷雨逐漸遠離本省後第二被動之主鋒面於19日13時58分觀測降水回波時，東北方沿海已出現由細胞形成之線狀回波最靠近本站之最強最高之回波爲75°/51N.M.處之16000呎3級回波，尙未發生雷電。自19日14時54分開始至20日3時50分止不斷地發生閃電與雷聲。16時56分觀測時已出現明顯的細胞線狀回波，其南端之面狀回波通過本站已有四分之三。茲自19日13時58分起至20日8時止共計觀測8次，其回波特性及發生雷電情形列表於后：

| 雷達觀測時間   | 最靠近本站之強烈回波           | 其他50N.M.內之強烈回波      | 發 現 雷 電 時 間                          | 備 註                                                             |
|----------|----------------------|---------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|          | 方向°/距離(N.M.)強度       | (db) 級數, 高度(呎)      |                                      |                                                                 |
| 19-0558Z | 75°/10 33 (3) 16000  | 無                   | 尙未發生雷電                               | 雷雨生長中                                                           |
| 19-0856Z | 157°/16 48 (4) 35000 | 無                   | 0654Z 開始發生雷電於SSW<br>0751Z-0950Z轉爲NNE | ①開始發生SSW於方雷雨，因在本省山脈內，故無法由本站雷達測出。<br>②由觀測之資料事實，強烈回波均在東北方與雷雨報告相符。 |
| 19-1108Z | 138°/17 57 (5) 46500 | 70°/24 51 (5) 16400 | 0950Z 轉爲SE                           | 自0950Z起至雷雨均由最靠近本站之強烈回波所發生與地面觀測相符                                |

|          |                      |                                                                     |             |                                                    |
|----------|----------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------|
| 19-1201Z | 153°/20 60 (5) 43200 | 無                                                                   | SE 方有雷電     | 雷電由 153°/20N.M 處發出地面觀測相符。                          |
| 19-1425Z | 162°/25 51 (5) 42800 | 72°/32 42 (4) 22400<br>188°/33 51 (5) 22300<br>188°/46 42 (4) 32600 | SE 方有雷電     | 雷電由 162°/25 處發出與地面觀測相符。                            |
| 19-1506Z | 155°/22 54 (5) 45000 | 68°/47 45 (5) 29500                                                 | SE 方有雷電     | 雷電由 155°/22 處發出與地面觀測相符。                            |
| 19-1800Z | 136°/15 48 (4) 18600 | 110°/29 51 (5) 29500<br>79°/47 48 (5) 35000                         |             | 可能由 110°/29 發出之雷電因 136°/15 處之回波已衰弱                 |
| 19-2100Z | 144°/30 33 (3)       | 無                                                                   | 1900Z 起雷電停止 | 144°/30 之回波已不算為雷雨。                                 |
| 20-0000Z | 117°/42 48 (5) 46700 | 無                                                                   | 已無發生雷電      | 回波距離本站在 42 N.M 以上，雖然地面觀測已無法測出雷電現象，但由雷達觀測尚可判斷為雷雨回波。 |

由上表我們已知道地面觀測所得之雷電現象與雷達觀測所顯示回波之雷雨分析完全一致。雖然在地面觀測已無法測出雷電現象，但氣象雷達尚可測得雷雨之行踪。

為了觀測風切的影響可以在 RHI 電幕中作估計。由於風之作用，雷雨回波經常是傾斜的。風隨高度增加之情況，上升空氣之水平動量決定於由回波底上升空氣之動量和從回波側進入空氣之動量，這樣上升空氣之水平動量在任何高度上都比四周空氣之動量小，因此回波中水平運動之切變就會比周圍的小。同樣可以解釋回波內有下沉氣流之情況，這時低層回波內空氣之動量比周圍大，因此回波內風速垂直切變也比周圍空氣為小。筆者在這次雷雨中由 RHI 在不同方向之回波下獲得受西南氣流影響所產生之風切現象，其作用高度平均在2000呎以下。本地因位於低緯度故

20000 呎以上之高空回波形成垂直並未因西風帶之影響而發生風切。

(C)59年5月2日至7日間之雷雨。

根據 5 月 2 日上午 8 時之地面天氣分析，本省在太平洋之副熱帶高氣壓籠罩之下天氣良好。但自黃海之低氣壓中心向西南延伸經東清至華南沿海之冷鋒逐漸接近本省，於 4 日通過第一波動後副熱帶高氣壓又向本省伸展，於 7 日冷鋒之主波南下，帶來了 2 日 19 時 40 分—3 日 0 時 20 分，3 日 17 時 55 分—22 時 15 分，4 日 17 時 16 分—20 時，6 日 20 時 48 分 7 日—5 時等發現雷電現象。前段之雷雨係受副熱帶高氣壓之所發生之所謂熱雷回波，關於這一點在 6 月份雷雨詳細述之。後段之雷雨係冷鋒通過時之冷鋒雷雨，這已在 (B) 節述過，茲僅分析雷鳴閃電期間之回波接近情形，比較於后表：

| 雷達觀測時間   | 最靠近本站之強烈回波            | 其他 50N.M 內之強烈回波        | 發現雷電時間                                                     | 備註                                                             |
|----------|-----------------------|------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|          | 方向°/距離 (N.M) 強度       | (db) 級數, 高度 (呎)        |                                                            |                                                                |
| 02-1152Z | 24°/37.8 39 (4) 25000 | 191°/38.9 48 (5) 38800 | 1140Z 在 S 方發現有閃電                                           | 24°/37.8N.M 之回波可能尚未達到雷雨 (不過高) 程度，所看到閃電者可能由 191°/38.9N.M 之回波發出。 |
| 02-1450Z | 33°/21.8 54 (5) 30000 | 190°/30.5 51 (5) 33500 | 1220Z 在 N 方發現有雷電<br>1430Z 在 NE 方發現有雷電<br>1620Z 在 NE 方發現有雷電 | 雷電轉由 N 方 33°/21.8N.M 處發出。                                      |
| 02-1802Z | 39°/50 48 (5) 39400   | 無                      | 無雷電現象                                                      | 最靠近本站之雷雨已距離 50 N.M 無法看出 39°/50N.M 處之雷電。                        |
| 02-2104Z | 36°/51 39 (4) 26400   | 無                      | 無雷電現象                                                      | 雷雨一時遠離本站。                                                      |
| 02-2315Z | 38°/27 48 (4) 24700   | 174°/43 39 (4) 18700   | 無雷電現象                                                      | 38°/27N.M 處之回波不過高。                                             |
| 03-0003Z | 50°/17 54 (5) 18400   | 165°/31 48 (4) 25400   | 無雷電現象                                                      | 50°/17N.M 處之回波不過高。                                             |

|          |                        |                                                |                 |                                             |
|----------|------------------------|------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------|
| 03-0216Z | 69°/20 51 (4) 25200    | 123°/28 39 (4) 24700                           | 無雷電現象           | 69°/20N.M處之回波不過高亦不過強。                       |
| 03-0303Z | 56°/29 45 (4) 17600    | 92°/29 30 (3) 11600                            | 無雷電現象           | 56°/29N.M處之回波不過高亦不過強全體回波之高度及強度普遍減弱，又逐漸遠離本站。 |
| 03-0503Z | 66°/42.7 45 (4) 35700  | 無                                              | 無雷電現象           | 66°/42.7N.M處回波太遠，不過強。                       |
| 03-0554Z | 59°/33.7 42 (4) 20000  | 無                                              | 無雷電現象           | 59°/33.7N.M處回波不過強，不過高。                      |
| 03-0800Z | 64°/21.7 48 (4) 24100  | 50°/48.8 39 (4) 41400                          | 無雷電現象           | 64°/21.7N.M處回波不過強，不過高。                      |
| 03-0901Z | 67°/24.8 51 (5) 44800  | 無                                              | 0935Z開始在ENE方有雷電 | 67°/24.8N.M處回波已生成為雷雨。                       |
| 03-1153Z | 178°/35 48 (5) 37200   | 189°/41 24 (2) 41800<br>61°/44 48 (5) 40600    | SE方有雷電          | 雷電轉由SSE方178°/35N.M處發出。                      |
| 03-1458Z | 138°/22 48 (4) 30000   | 100°/29 48 (4) 36500<br>186°/45 45 (5) 27600   | 1415Z 停止雷電      | 138°/22N.M處之回波已減弱不過強，不過高。                   |
| 03-1654Z | 158°/30 48 (4) 29500   | 無                                              | 無雷電現象           | 158°/30N.M處回波太遠不過高，不過強。                     |
| 03-1808Z | 099°/34 48 (5) 30300   | 無                                              | 無雷電現象           | 99°/34N.M處回波太遠。                             |
| 03-2005Z | 149°/31 51 (5) 34400   | 無                                              | 無雷電現象           | 149°/31N.M處回波太遠。                            |
| 03-2103Z | 134°/33 54 (5) 41000   | 無                                              | 無雷電現象           | 134°/33N.M處回波達到雷雨標準，但太遠。                    |
| 03-2257Z | 104°/32 54 (5) 32400   | 無                                              | 無雷電現象           | 104°/32N.M處回波過強，不過高太遠。                      |
| 03-2355Z | 159°/38 45 (4) 35000   | 無                                              | 無雷電現象           | 159°/38N.M處回波太遠，不過強不過高。                     |
| 04-0558Z | 183°/41 45 (4) 19800   | 71°/46 39 (4) 26600                            | 無雷電現象           | 183°/41N.M處回波太遠，不過強，不過高。                    |
| 04-0900Z | 67°/15 51 (4) 43600    | 179°/20 45 (4) 35200<br>184°/35 33 (3) 41200   | 0916Z在NE方有雷電    | 67°/15N.M處之回波已生成為雷雨。                        |
| 04-1105Z | 94°/27 30 (3) 33600    | 150°/42 24 (2) 29700                           | 1100Z 雷電停止      | 各處回波已減弱，變成爲一般對流性回波。                         |
| 04-1159Z | 29°/25 27 (2) 32800    | 189°/27 45 (4) 22800                           | 無雷電現象           | 29°/25N.M處之回波不過強。                           |
| 04-1409Z | 125°/17 51 (5) 28000   | 無                                              | 無雷電現象           | 125°/17N.M處之回波不過高。                          |
| 04-1502Z | 108°/19 54 (5) 2220    | 無                                              | 無雷電現象           | 108°/19N.M處之回波不過高。                          |
| 04-1715Z | 147°/24.6 24 (2) 23800 | 92°/26.7 48 (4) 18700                          | 無雷電現象           | 147°/24.6N.M處之回波不過高，不過強。                    |
| 04-1801Z | 138°/23.2 54 (5) 32000 | 86°/26.8 45 (4) 12700<br>80°/44.4 45 (4) 21600 | 無雷電現象           | 138°/23.2N.M處之回波，不過高。                       |
| 04-1958Z | 81°/26.7 48 (5) 22100  | 無                                              | 無雷電現象           | 81°/26.7N.M處之回波不過高。                         |
| 04-2051Z | 120°/22.5 54 (5) 18000 | 無                                              | 無雷電現象           | 120°/22.5N.M處之回波不過高。                        |
| 06-1100Z | 50°/45.5 39 (4) 21600  | 無                                              | 無雷電現象           | 50°/45.5N.M處之回波不過高，不過強，太遠。                  |

|          |                        |                                               |              |                                 |
|----------|------------------------|-----------------------------------------------|--------------|---------------------------------|
| 06-1158Z | 87°/27.6 48 (4) 14700  | 無                                             | 無雷電現象        | 87°/27.6N.M 處遠之回波不過高，不過強，太遠。    |
| 06-1401Z | 156°/19.7 57 (5) 19200 | 44°/49.2 45 (5) 26400                         | 1248Z在S方開始雷電 | 是否 156°/19.7N.M 處回波所發出之雷電需要查證。  |
| 06-1457Z | 153°/20.7 60 (5) 28200 | 56°/30 51 (5) 27500<br>175°/34.1 54 (5) 27200 | 有雷電現象        | 153°/20.7N.M 處回波發出。             |
| 06-1731Z | 56°/27 51 (5) 35600    | 125°/32 54 (5) 34400                          | 有雷電現象        | 56°/27N.M處回波發出。                 |
| 06-1804Z | 123°/30 48 (4) 37500   | 63°/37 48 (5) 42000                           | 有雷電現象        | 123°/30N.M 或 52°/37N.M 處回波發出。   |
| 06-2001Z | 131°/34 36 (3) 34200   | 63°/42 48 (5) 34700                           | 已於1950Z雷電停止  | 131°/33N.M 處回波不過強，太遠。           |
| 06-2100Z | 69°/37 48 (5) 38000    | 138°/38 48 (5) 40300                          | 無雷電現象        | 69°/37N.M 及 138°/38N.M 處之回波已太遠。 |

由上表可知確實發生雷電，須要有5級強度平均距離26哩以內，平均高度38200呎以上之回波為必要條件，始能聽到雷聲。閃電之觀測距離可能延長至40哩。在本次雷雨觀測中，使用 RHI 之衰減措施獲得細胞狀及面狀對流性雷雨回波之垂直構造可知單體細胞狀回波之頂端均形成為尖筆型，而最強部份位於中心軸之核心部份。亦可知其強烈部份不一定在地面附近，依各回波之構造而不同。

(D) 59年6月份全月之雷雨

6月份可以說全年當中雷雨最旺盛之月份。關於

鋒面通過前後所發生之雷雨我們已詳細述過。根據6月份之地面天氣圖分析天氣概況，前半月之小部份除了冷鋒通過之情況以多大部份均在本省東部沿海生成熱帶性低氣壓或低氣壓。自19日起至月底，雖然在副熱帶高氣壓籠罩之下天氣良好，但每日下午總是有雷電之紀錄。在這兩種情況下之雷雨有何區別，或與前所述之冷鋒通過之情況有否不同，實有詳細研究之必要。筆者茲根據雷達觀測統計最靠近本站之所有回波資料，與實際發生雷電之雷雨觀測資料——比較分析，探究雷雨特性及預報法則。

| 雷達觀測時間    | 最靠近本站之回波特性            | 50N.M以內之回波特性                                   | 發生雷電情況                        | 天氣概況               | 備註                        |
|-----------|-----------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------------|
|           | 方向°/距離(N.M)強度         | (db) 級數高度(呎)                                   |                               |                    |                           |
| 07-0202 Z | 66°/66 39(4) 45000    |                                                |                               | 7日低氣壓遠離本省，但本省在低壓帶內 |                           |
| 07-0300 Z | 79°/69 36(4) 43900    |                                                |                               |                    |                           |
| 07-0459 Z | 31°/40 36(4) 12000    |                                                |                               |                    |                           |
| 07-0557 Z | 106°/80 30(4) 35800   |                                                |                               |                    |                           |
| 07-0821 Z | 46°/12 45(3) 16800    |                                                | 0701Z-0800Z<br>雨量 0.7mm 無雷電現象 |                    | 雖然尚未發現雷電本站已有下 0.7mm。      |
| 07-0902 Z | 35°/25 48(4) 33800    |                                                |                               |                    |                           |
| 07-1057 Z | 48°/17.8 51(4) 16400  | 155°/23.6 51(5) 36000<br>183°/47.6 48(5) 41500 |                               |                    | 回波增強。                     |
| 07-1157 Z | 167°/35.6 48(5) 38200 |                                                |                               |                    |                           |
| 07-1359 Z | 35°/28.8 48(5) 12600  |                                                | 1325Z 在 NE 方有閃電               |                    | 可能不是 35°/28.8N.M處閃電，原因不明。 |
| 07-1454 Z | 46°/23.7 45(4) 14000  | 133°/24.3 48(4) 50800                          | 有閃電                           |                    | 閃電由 138°/24.3N.M處發出。      |
| 07-1704 Z | 121°/26 48(4) 31800   |                                                | 有閃電                           |                    | 閃電由 121°/26N.M處發出。        |

|           |           |       |       |                         |                                  |                        |
|-----------|-----------|-------|-------|-------------------------|----------------------------------|------------------------|
| 07-1803 Z | 68°/35    | 48(5) | 42200 |                         | 有閃電                              | 閃電由68°/35N.M處發出。       |
| 07-1956 Z | 122°/36   | 45(4) | 41600 |                         | 1954Z 轉由 E方有閃電                   | ○電由 122°/36N.M處發出。     |
| 07-2103 Z | 116°/34   | 36(3) | 29200 |                         | 閃電已於 2010Z 停止                    | 116°/34N M 處之同波不算爲雷雨。  |
| 07-2257 Z | 68°/19    | 51(4) | 21300 | 101°/38 51(5) 38000     |                                  |                        |
| 07-2356 Z | 128°/22   | 51(4) | 25000 | 75°/44 48(5) 49600      |                                  |                        |
| 08-0222 Z | 127°/33   | 45(4) | 35300 |                         |                                  | 8 日本省尚在低壓帶             |
| 08-0259 Z | 98°/45    | 33(3) | 31600 |                         |                                  |                        |
| 08-0458 Z | 42°/53.2  | 33(3) | 30300 |                         |                                  |                        |
| 08-0554 Z | 24°/22.9  | 39(3) | 16000 | 155°/32.6 39(4) 11400   | 0656Z-0700Z 有陣雨無雷電               |                        |
|           |           |       |       | 124°/34.6 42(4) 11200   | 0700Z-0712Z 有雨無雷電                |                        |
|           |           |       |       | 0712Z-0740Z 有陣雨         |                                  |                        |
| 08-0815 Z | 47°/24.4  | 42(4) | 29800 | 0732Z-0749Z 在 NE 方有雷聲   |                                  | 由 47°/24.4N.M 處同波。     |
|           |           |       |       | 0740Z-0806Z 有雨          |                                  | 發出雷聲。                  |
|           |           |       |       | 0749Z-0854Z 在 NE 方有雷聲閃電 |                                  | 可能不是由 25°/31.8 N.M處發出。 |
| 08-1058 Z | 143°/19   | 54(5) | 40300 |                         | 0854Z-1015Z 在 W 方有雷電             | 雷電由 143°/19N.M 處發出。    |
| 08-1200 Z | 122°/11   | 60(5) | 39000 |                         | 1015Z-1020Z 在 NE 方轉 E 方有雷電       | 雷電由 122°/11N.M 處發出。    |
| 08-1400 Z | 152°/18   | 60(5) | 43000 |                         | 1020Z-1320Z 在 E 方有閃電自 1320Z 閃電停止 | 雷電由 152°/18N.M 處發出。    |
| 08-1500 Z | 111°/10   | 60(5) |       |                         |                                  | 雷電由 111°/10N.M 處發出。    |
| 08-1700 Z | 92°/13    | 51(4) | 33700 |                         | 1632Z 雨停止                        | 92°/13N.M處之同波已不成爲雷雨。   |
| 08-1800 Z | 92°/13    | 54(4) | 33700 |                         |                                  |                        |
| 08-2000 Z | 47°/37    | 45(4) | 12000 |                         |                                  |                        |
| 08-2100 Z | 141°/15   | 51(4) | 22600 | 74°/15 48(4) 20600      |                                  |                        |
| 08-2259 Z | 112°/29   | 33(3) | 3500  |                         |                                  |                        |
| 08-2351 Z | 126°/16.2 | 48(4) | 9600  | 67°/19.6 45(4) 10200    |                                  |                        |
| 09-0205 Z | 64°/24.2  | 51(5) | 35800 | 174°/29.7 48(4) 32500   |                                  |                        |
|           | 43°/33.5  | 48(5) | 29300 | 174°/35.8 51(5) 44200   |                                  |                        |
| 09-0457 Z | 146°/12   | 60(5) | 50000 | 176°/36 48(5) 44100     |                                  |                        |
| 09-0556 Z | 181°/15   | 51(4) |       |                         |                                  | 9 日本省在低壓帶內             |
| 09-0756 Z | 24°/19    | 51(4) | 32300 | 160°/34 45(4) 28900     |                                  |                        |
| 09-0858 Z | 109°/18   | 51(4) | 23400 | 41°/24 39(3) 24900      |                                  |                        |
| 09-1104 Z | 129°/17   | 51(4) | 25500 | 27°/35 27(2) 19200      | 1118Z 開始下雨                       |                        |
|           |           |       |       | 157°/36 48(5) 30200     |                                  |                        |
| 09-1202 Z | 91°/18    | 42(3) | 28300 | 133°/28 45(4) 23600     |                                  |                        |
| 09-1358 Z | 169°/25   | 51(5) | 23300 |                         | 1335Z 在 S 方有閃電                   | 閃電由 169°/25N.M 處同波發出。  |
| 09-1500 Z | 153°/22   | 48(4) | 16000 |                         |                                  |                        |

|           |                 |       |                 |       |                     |                           |
|-----------|-----------------|-------|-----------------|-------|---------------------|---------------------------|
| 09-1652 Z | 63°/17.5 63(5)  | 30400 | 32°/46.3 42(4)  | 19600 | 1545Z 在 NNE<br>方有閃電 | 閃電由 63°/17.5N.M<br>處回波發出。 |
| 09-1758 Z | 156°/25.9 57(5) | 21800 | 39°/37.1 51(5)  | 28000 | 閃電在1545Z 以<br>後停止   |                           |
|           |                 |       | 177°/43.5 48(5) | 47700 |                     |                           |
| 09-1950 Z | 53°/22.6 57(5)  | 39000 | 159°/25.8 57(5) | 37800 |                     |                           |
|           |                 |       | 33°/35.1 54(5)  | 30200 |                     |                           |
| 09-2057 Z | 43°/19.8 54(5)  | 18300 | 189°/39.3 51(5) | 53800 |                     |                           |
|           |                 |       | 26°/43.7 45(4)  | 26700 |                     |                           |
| 09-2300 Z | 46°/17 51(4)    | 15400 | 185°/39 45(4)   | 20800 |                     |                           |
| 09-2359 Z | 177°/19 48(4)   | 28300 | 46°/22 51(4)    | 23000 | 2340Z 雨停            |                           |

7日8日9日，本省在低氣壓帶裏所統計之雷雨回波，強度，均為5級強度，其平均高度約36800呎與(C)節之冷鋒通過時之結果大致符合。雷電之觀測距離為22哩，閃電之觀測距離可能延長至35哩，這與冷鋒通過時之26哩與40哩很接近。在這裏我們特別注意者，因在低壓帶內所發生之對流性降水回波，由於氣流之不穩定，回波略形成於本省東部沿海，其移動方向變化多端，有時候滯留於本省東部沿海。這時候觀測雷電現象之機會較多。

當12日—17日之間，在本省東方海面頻繁地發生低氣壓或熱帶性低氣壓，其高度與強度已達到雷雨之標準。但因其回波均在東方海面上離本省甚遠，以致無雷電之觀測紀錄。

本(6)月份雷雨中，於19日~30日間所發生之熱雷，可以說是最主要之角色。即太平洋之副熱帶高氣壓向西或西南伸展，帶來了濕氣團侵入本省。一般在上午天氣良好，至下午以後由於地面上之氣溫上升生成積雲後，逐漸發達為積雨雲作成雷雨。因熱雷雨之生長，衰弱甚迅速，故根據雷雨報告內之發生雷電，時刻，再分析其回波特性。

[19日1149Z-1845Z之熱雷雨]：

根據19-1055Z之雷達觀測圖在182°/115.4N.M.處發生槽化現象(Ducting)，這已表示南邊有逆溫層之存在。其他地方僅有若干之單體細胞狀回波散見第一象限內，氣溫高天氣甚良好。我們特別注意者，為

36°/24.2N.M.處之細胞回波發展。其強度與高度雖然為51db(5)/22800呎，成為雷雨之趨勢甚大。在19-1158Z觀測時36°/24.2N.M.處之細胞已移至25°/21.1N.M.呎，而生長為51db(5)/44200呎。可見其移動速度為5N.M./h，高度之延長率為20000/h呎，已達到雷雨之標準，以19-1149Z看到來自25°/21.1N.M.處回波之閃電。19-1356Z觀測時，其回波移至38°/41.1N.M.再發展至51db(5)48800呎，其伸長率減至約2300呎/h。19-1452Z觀測時，其回波變為39°/25.7N.M.處之54db(5)/40800呎，強度不變而高度遞減率為8600呎/h。19-1701Z觀測時，移至37°/17N.M.逐漸接近本站，其強度及高度為60db(5)/41400呎。19-1759Z觀測法時，移至32°/35N.M.而強度及高度減弱為39db(4)/34200呎至19-1958Z時完全消失。

[6月20日—6月27日間之熱雷雨]：

在這期間內所發生之雷雨均屬於內陸受高氣溫所產生之熱雷雨。本站雷達位於花蓮海邊，對於內陸所發生之熱雷雨，因西面有3000公尺以上之臺灣中央山脈及南面有臺東山脈，以致受阻無法觀測，故在這期間所得之雷達回波觀測資料不能與地面觀測所得之雷雨報告對照比較分析。唯一的辦法，僅靠臺灣中央山脈與臺東山脈之間之山谷，如果有雷雨之回波，可作為參考資料來推測。雖然這地方佔本省山脈面積之小部份，有時候可推測山地內有否雷雨之依據。

| 雷達觀測<br>日期及時間          | 出現陸上之降水回波    |         |         | 雷 雨 出 現 狀 況                                                                                     |
|------------------------|--------------|---------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | 位 置          | 強 度     | 高 度     |                                                                                                 |
| 20-0554 Z<br>21-0456 Z | 199°/73.2N.M | 24db(3) | 30900 呎 | 19-1149Z~19-1950Z 無雨<br>(N) (NNE)<br>T (SE) 20-0508Z~20-0515Z 無雨<br>T (NW) 21-0610Z~21-0650Z 無雨 |

|           |            |          |         |                               |
|-----------|------------|----------|---------|-------------------------------|
| 21-0558 Z |            |          |         | T (SSE) 21-0942Z~21-1000Z     |
| 21-0755 Z |            |          |         | • 21-1415Z~21-1440Z 雨量 0.8mm  |
| 22-0558 Z | 210°/79N.M | 18db (2) | 33800 呎 | 23-1140Z~23-1205Z 無雨<br>(WNW) |
| 26-0459 Z | 202°/82N.M | 18db (2) | 22800 呎 | T (NNW) 260649Z~260750Z       |
| 26-0601 Z | 211°/74N.M | 24db (3) | 39900 呎 | • 26-0824Z~26-0826Z           |
| 26-0902 Z | 193°/44N.M | 27db (3) | 21600 呎 | • 26-1135Z~26-1250Z           |
| 26-1056 Z | 192°/24N.M | 30db (2) | 24900 呎 | 36-1205Z~26-1530Z<br>(N)      |
| 26-1201 Z | 192°/23N.M | 24db (2) | 21000 呎 | T 26-1440Z~26-1520Z 雨量 7.5mm  |
| 27-0503 Z | 210°/66N.M | 18db (2) | 27000 呎 | 27-1450Z~27-1520Z<br>(N)      |
| 27-0557 Z |            |          |         |                               |
| 27-0756 Z | 207°/78N.M | 24db (3) | 30800 呎 |                               |
| 27-1703 Z |            |          |         |                               |

由上面對照表可知平常很少測出之本站西南方，如果有出現陸上降水回波時，可以代表山地有降陣雨或雷雨。因臺灣中央山脈與臺東山脈間之山谷，地形複雜可能有山峯攔阻，故在這地方能測出回波須有20000呎以上之降水回波始能顯出。這時候最好利用雷達天線仰角拾至數度觀測山地之回波情況，像這種熱雷雨與其他雷雨稍有不同，大部份於上午天氣晴朗，至下午以後開始迅速地發展，消失又快，其繼續時間又短，可以說能代表雷雨之一般特性。

## 五 結 論

筆者已從物理觀念考察降水回波之各種現象並述各種回波顯示於雷達電幕上之判讀法。根據自58年8月起至59年6月止預先統計各月之回波分析狀態後，本站雷達所得之雷雨回波資料，與地面觀測雷雨報告比較研究，已獲得下列之結論。

(1)經統計結果，最保守之估計在雷達PPI及RHI電幕上發現有40000呎高5級強度之回波時，可斷定為雷雨無誤。

(2)雷雨之發生以6月份最多，全年當中以5-9月份為雷雨季節，4月及10月份為對流性降水轉變穩定性降水之交替季節。11月—3月份之回波，因其分佈均未超過30000, 15000, 20000呎之紀錄，故不可能生成為雷雨。

(3)根據雷雨回波與天氣圖分析結果，雷雨型式可分為「氣團性雷雨」，「鋒面雷雨」，「飢線性雷雨」。

(4)本省東方近海，巴士海峽及南海有熱帶性低氣壓或颱風時，容易發生飢線性雷雨。其最高高度及強度有測到5級49800呎之紀錄。

(5)冷鋒通過本省時又能引起冷鋒性雷雨之產生。尤其是冷鋒滯留於本省時，其雷雨繼續時間隨這延長，在這種情形下利用雷達分析雷雨回波最為實用。其最高高度及強度有測到5級51000呎之紀錄。

(6)太平洋之副熱帶高氣壓向西或西南伸展侵入本省時，在上午天氣良好，至下午以後容易產生所謂帶有熱雷之氣團性雷雨。但因回波之變化迅速並且產生於山地雷雨佔多，這時候已發現利用雷達天線拾至數度分析山地回波之分佈情形，作為雷雨預報之參考。

(7)一般在成熟之雷雨，由於風之作用經常形成為風切現象。對流性降水或雷雨之面狀回波如果經施強度之衰減工作，我們已發現仍由若干之細胞狀回波成羣構成。

(8)雷聲及閃電，根據雷達觀測及地面雷電觀測比較分析結果，已知雷聲之有感最遠距離約為22-26哩以內，而閃電之可視最遠距離約為35-40哩以內。

## 參 考 文 獻

- (1) 臺灣省氣象局花蓮測候所雷雨報告 (58年8月份-59年6月份)。
- (2) 臺灣省氣象局花蓮雷達觀測站雷達回波資料。58年8月份-59年6月份)。
- (3) H. R. Byers and R. R. Broham, Jr., (1949): The Thunderstorm (Washington, D. C.:

Government Printing office).

- (4) Donaldson, R. L. (1958): Analysis of Severe Convective Observed by Radar. J. Meteor., pp 40-50.
- (5) Leach, W. (1957): Observed Characteristics of Convective Cell band. Proc. 6th Weather Radar Conf., p 151.
- (6) Richard, J. R. and Prantner, G. D. (1960): A study of the Physical Conditions Leading to an Outbreak of Severe Convective Activity.
- (7) Donaldson, R. J. JR. (1964): Improvement in Accuracy of Thunderstorm Echo Top Measurement, Proc. 11th Weather Radar Conf. p 288-291.
- (8) Chisholm, A. J. (1966): Small-scale Radar Structure of Alberta Hailstorms. Proc. 12th Weather Radar Conf. p. 339.