

雷暴系統之簡介

徐光前

一、前言

雷暴系統是在台灣夏季常見的天氣現象之一，其系統常伴隨著冰雹、雷電、降水、積冰、下暴氣流、龍捲風等等劇烈天氣現象，可獨立存在如午後雷雨系統，也可以成串出現如飈線。由於雷暴系統對於飛航安全有極大的威脅性，因此我們必須對其有所瞭解，才能降低雷暴系統所帶來的災害。

二、雷暴系統形成與發展

雷暴系統在發展之初，其近地表之暖濕空氣須受抬舉作用而使空氣塊克服能量負區並達到自由對流高度，常見雷暴系統的抬舉方式有(1)鋒面抬舉、(2)地形抬舉、(3)下層受熱抬舉、(4)空氣塊因輻合作用而產生垂直運動之抬舉。但除了舉升作用之外，所抬舉的空氣塊還須具備有強不穩定度與充足水汽，使空氣塊能很快地舉升達自由對流高度，並有很強的正能區使其垂直發展至對流層頂。如此三方面條件的具備，才能使雷暴系統迅速發展而威脅到飛航安全。

雷暴系統的生命期可分為初生期、成熟期與消散期三個階段。在初生期階段，近地表的暖濕空氣受抬舉作用達到自由對流高度而逐漸地往高處發展，暖濕空氣逐漸凝結成小水滴並隨著上升氣流帶往高處。於成熟期時，積雨雲發展達到顛峰，強勁的上升氣流可竄入平流層。水滴及冰晶等受地心引力的影響，不能再被上升氣流所支持而落下，其表面摩擦力帶動周圍空氣下沉，逐漸加強向下的力產生下降氣流，故常有下暴氣流、強降水等現象發生。在消散期階

段，雲內上升氣流逐漸減弱而至消失，最後僅剩下沈氣流，系統能量來源被切斷而使得雷暴系統逐漸地減弱，如圖 1。

三、雷暴系統的成熟期結構

圖 2 為雷暴系統成熟期的剖面結構，在此剖面圖中，可以發現幾個雷暴系統的重要特徵結構。

- (1) 在對流區中，明顯地可以看到有三個對流胞形成，最左邊是正在成長的新對流胞，中間的是已經發展成熟的對流胞，最右邊的為正在消散的對流胞（如圖 1）。當此區的對流旺盛之時，會往上發展衝破雲頂。已老化的對流胞會被前面上升往後流出氣流（ascending front-to-rear flow）帶往對流區後方，而使得對流區後方的層狀雲區能夠形成。
- (2) front-to-rear flow：此流場是由陣風鋒面(gust front)開始發展，到達對流區的時候，出現很強的上升氣流，高度可以發展到中對流層以上，當此流場到層狀降水區時，其上升氣流已經趨緩，並向後延伸到整個層狀區域。此流場對於水平的動量傳送及垂直的冰粒子的往上傳送的作用，對於整個颶暴系統的維持及發展，有著很重要的影響。
- (3) 後方流入氣流（rear inflow）：此流場是位於 front-to-rear flow 之下方，從層狀降雨區後方進入，經過亮帶區，最後到達對流區的後方，因為有時候 rear inflow 的風速很強，又稱之為後方流入噴射氣流（rear inflow jet），此可能和維持雷暴系統內的中尺度高低壓有很大的關連。
- (4) 亮帶：當 front-to-rear flow 在對流區有很強的上升氣流，會把較

小的冰粒子往上帶，在冰粒子隨 front-to-rear flow 移動的時候，會吸附在附近的水氣而成長，當冰粒子夠大使得其重力大於其向上的力量時，大的冰粒子便會往下掉，在下降的過程中，又會因碰撞作用，使得冰粒子增大，當到 0°C 的高度時(即為溶解層)，冰粒子便會開始溶解，使得冰粒在外面會被一層水包住，裡面則仍是未溶化的冰粒子。雷達對於這種尚未溶解完全的冰粒子會有較大的回波表現，因此在觀測上，此區會出現較附近為大的回波值，故稱之此區為亮帶。

- (5) 在 front-to-rear flow 和 rear inflow 中因為兩者流場方向相反，因此有極大的風切不穩定機制，稱之為 Kelvin-Helmholtz instability，這種不穩定是因為不同速度的非黏滯流體層，而在其交界處有速度不連續，而在交界處有擾動，造成交界處的壓力增大，而使得不穩定成長。
- (6) 對於單細胞雷暴系統而言，從初生期至消散期約 1 小時左右，但對於中緯度中尺度對流系統而言(為多細胞結構，如飆線)，其生命期約為 5-10 小時左右，甚至長者可達 24 小時。

四、參考資料

Rutledge, Steven A., Houze, Robert A., Biggerstaff, Michael I., Matejka, Thomas. 1988: The Oklahoma-Kansas Mesoscale Convective System of 10-11 June 1985: Precipitation Structure and Single-Doppler Radar Analysis. *Monthly Weather Review*: Vol. 116, No. 7, pp. 1409-1430.

氣象雷達學講義，台灣大學周仲島教授。

線上維基百科，wikipedia，<http://en.wikipedia.org/wiki/Thunderstorm>

作者為松山航空氣象臺觀測員

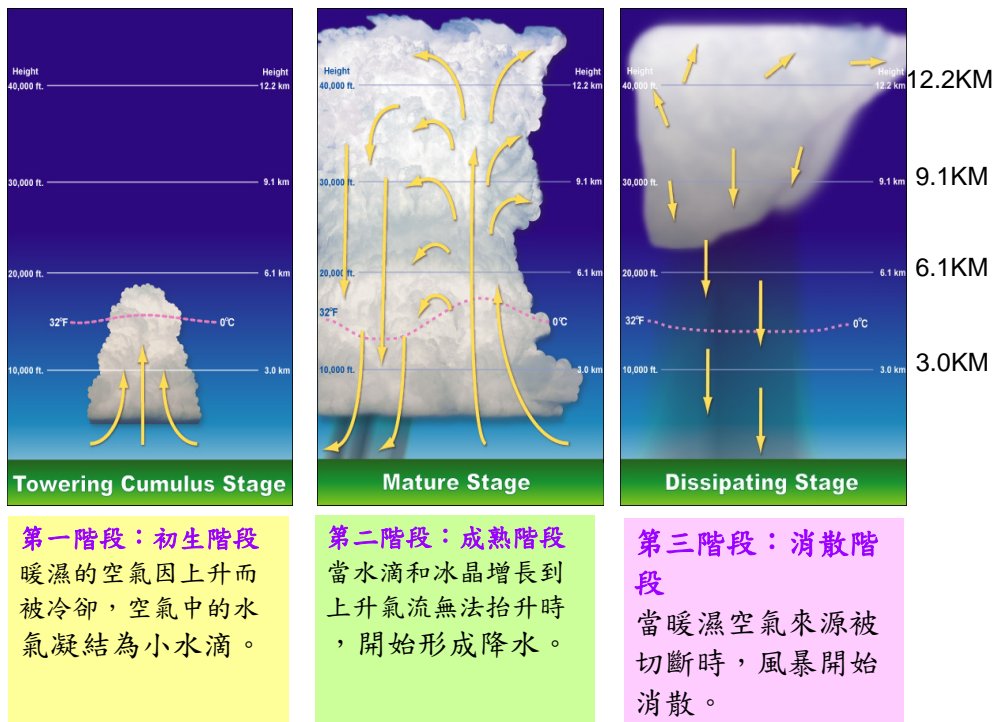


圖 1. 雷暴系統發展三階段的說明與圖示，(wikipedia)

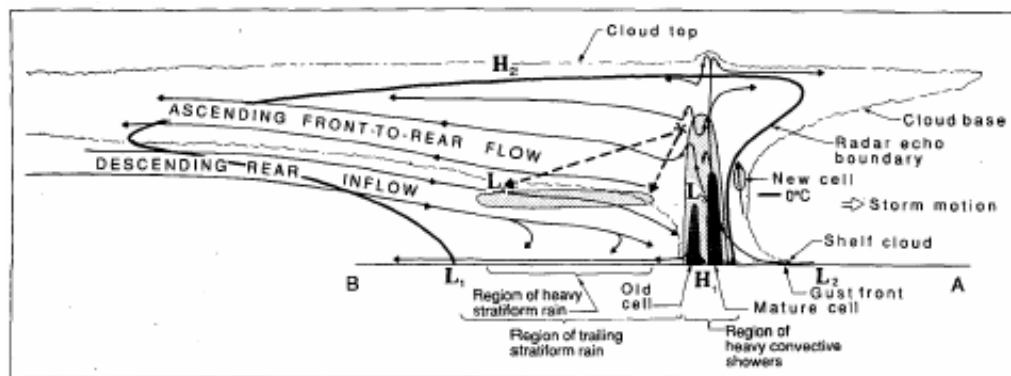


圖 2. 雷暴系統(中尺度對流系統)之剖面圖。