

# 華南及鄰近地區中尺度對流系統之研究

丘台光 廖學鎰

中央氣象局 國立中央大學

(中華民國七十三年一月十二日收件，二月三日修正)

## 摘要

本文根據對流系統雲系 TBB  $< -32^{\circ}\text{C}$  之水平尺度範圍大於 200 公里以上的定義，就 1981、1982 年發生在華南及鄰近地區的對流系統中，選取兩個範圍較大且較明顯的個案加以分析探討。

於茲採用與 Maddox (1981) 研究中尺度對流複合體 (Meso-scale Convective Complex 簡稱 MCC) 相似的方法，利用氣象衛星、雷達以及地面與高空傳統觀測資料，針對每個個案加以分析研究，以探討伴隨對流系統的氣象條件、結構與組成，而研討美國中尺度對流複合系統與華南對流系統特性之比較。

由本文之研究顯示低層噴射氣流、持續強烈暖平流、短槽，以及配合北邊冷乾空氣輻合作用，為華南及鄰近地區對流系統生成、發展的有利氣象條件。而對流胞降水所產生的外流 (out flow) 或對流胞降水所產生的外流與鋒面之間的交互作用 (interaction)，在對流系統生成、及發展激發過程中占很重要的角色。

## 一、前言

有關中尺度 (指 meso- $\alpha$  scale) 的對流系統研究，日本方面有 Matsumoto, Yoshizumi, 和 Ninomiya (1971, 1972, 1973), Akiyama (1973b), Yoshizumi (1974b, 1977) 主要探討梅雨鋒面所生成的中間尺度擾動 (Inter-Mediate Scale Disturbance)，指出此種擾動低壓結構與察觀尺度低壓不同，其低壓軸隨高度往東傾斜，在中低層較明顯。下層大氣中擾動下方及東方較冷，而西方較暖。500mb 以上由對流雲潛熱釋放而生成暖心。由於此種擾動移速頗快，且 850mb 輻合場比地面氣壓場有以波長之落後，顯示此種擾動伴有內重力波之特性。

而美國方面，過去的研究由於衛星偵測的缺乏，不能區別中尺度對流複合系統 (Mesoscale

Convective Complex，簡稱 MCC) 與颶線 (Squall line) 系統，以及注意力集中龍捲風及劇烈風暴上。故有關此種對流系統 (水平尺度 250 - 2500 公里) 研究較少，直到孟氏 Maddox (1976、1978、1979a、1979b、1980、1981) 才逐漸開始有系統的探討。孟氏主要探討 3 月到 9 月發生在美國中西部有組織的中尺度 (此指 Meso- $\alpha$  Scale) 對流天氣系統，孟氏並將此對流系統命名為中尺度對流複合體，並加以定義如表一。

從定義上我們可以看出 MCC 大小超過個別雷兩胞兩個數量級 (order) 以上，不但範圍大且持續時間亦長，MCC 發生在強烈暖平流區域且在低層南方噴射氣流的尖端，低層與高對流層出現明顯中尺度高壓 (Meso High)，而中層則為明顯中尺度低壓 (Meso Low)，溫度場分布則為低層及高

表一、美國中尺度對流複合系統定義

- 1 大小：(A) IR 溫度  $\leq -32^{\circ}\text{C}$  之連續雲區必須  $\geq 100,000$  平方公里。  
(B) 內部冷雲  $\leq -52^{\circ}\text{C}$  區域必須  $\geq 50,000$  平方公里。
- 2 開始：滿足(A)、(B)條件時。
- 3 持續：滿足(A)、(B)條件之時間  $\geq 6$  小時。
- 4 最大範圍： $\leq -32^{\circ}\text{C}$  雲區範圍達最大。
- 5 形狀：最大範圍之短軸與長軸比  $\geq 0.7$ 。
- 6 結束：(A)、(B)條件不再滿足時。

層均為冷心，中層為明顯的暖心現象，大部分 MCC 在午夜之後才發展至最大範圍而後持續至清晨。

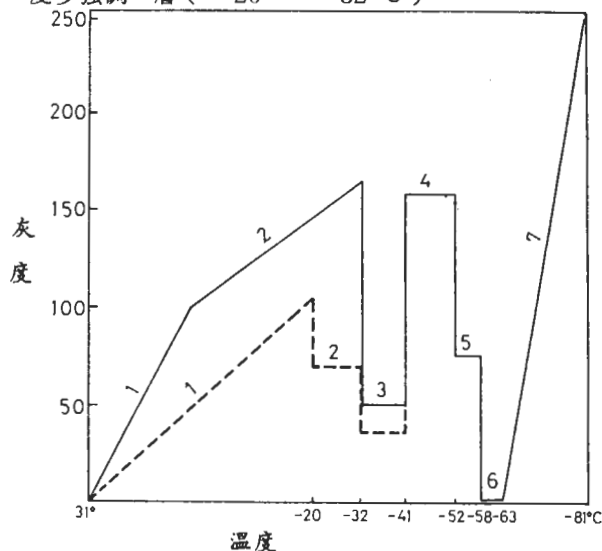
在國內有廖、嚴（1981），冷鋒前中間尺度擾動個案之分析，主要探討 12 月份冷鋒前對流系統，研究其結果與日本所研究的中間尺度擾動類似，而陳、紀等（1982），所探討初春華南中尺度對流系統主要研究 3 月的華南地區發生在鋒面後之對流系統，到目前為止有關華南及鄰近地區對流系統之研究很少，到底華南中尺度對流系統特性、結構如何，以及與美國 MCC 生成、發展的氣象條件及結構有何不同，乃為本文主要探討的重點。

本文針對民國 70 年 5 月 27 日至 28 日，在華南發生的兩個冷鋒前中尺度對流系統個案加以探討。使用每隔 3 小時的地面氣象資料，每天兩次探空資料，以及 GMS-1 同步氣象衛星所拍攝的紅外線雲圖及經包調強化處理過的雲圖，做一完整的分析研究，以探討有關伴隨對流系統的氣象條件，結構及對流氣流系之組成，最後討論一些美國 MCC 系統與華南系統之比較。

## 二、氣象衛星雲圖分析

要能分辨對流系統的範圍、強度、移動、生成、發展及消散最有力的參考資料之一與佐證就是氣象衛星雲圖，在此採用日本發射的同步氣象衛星 GMS-1 所拍攝的紅外線雲圖資料。為了使雲系的溫度分布與範圍更清楚可見，採用修正過色調強化 MB 曲線（如圖一）加以處理。此曲線與標準分析雷雨的 MB 曲線相似，差別在處理對流胞雲頂溫

度多強調一層（ $-20^{\circ}\sim-32^{\circ}\text{C}$ ）。



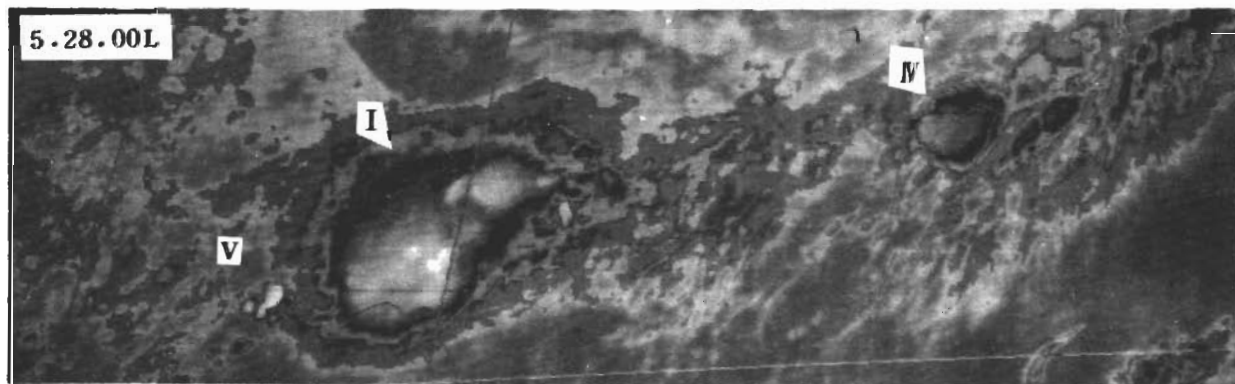
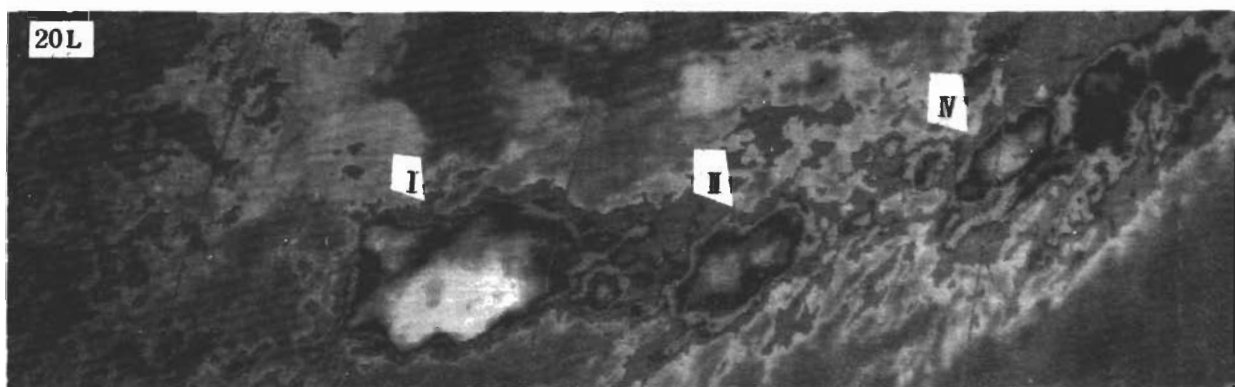
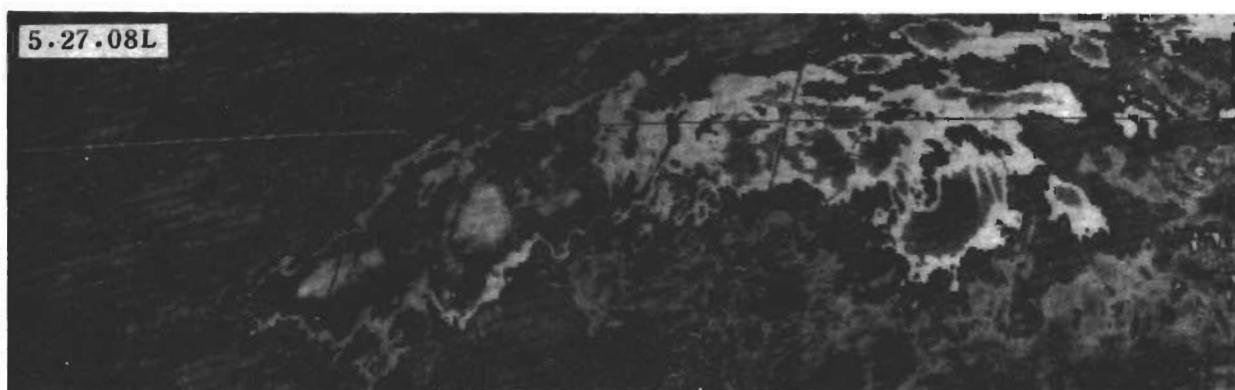
圖一：美國氣象作業利用衛星影像分析雷雨所採用的色調強化 MB 曲線圖，虛線部表示修正部分。

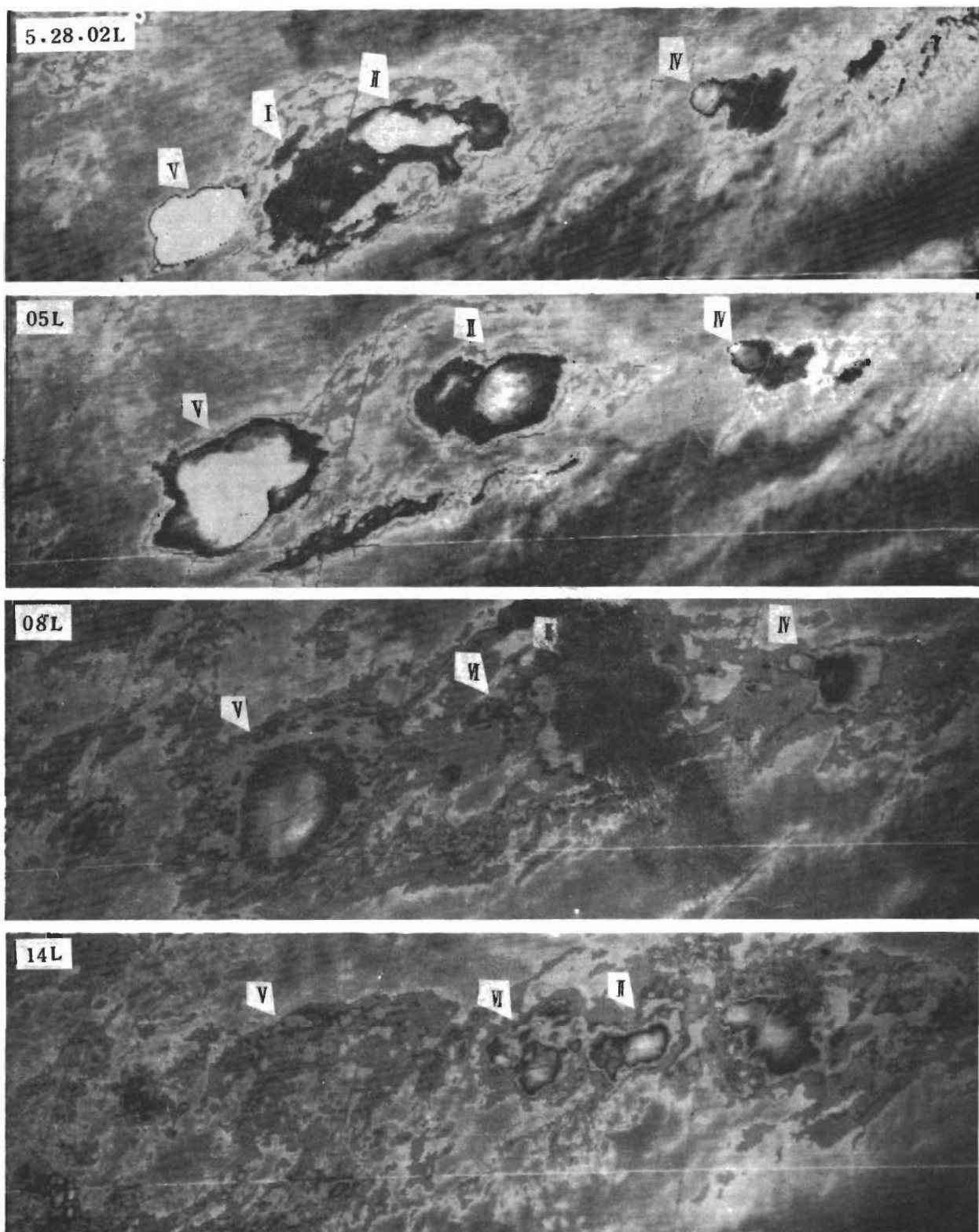
根據上述修正過 MB 曲線重新將 1981 年 5 月 27 日至 28 日之衛星資料經電腦處理後所得到的圖片如圖二。圖中箭頭所指 6 個對流系統隨時間變化情形（分別由 I、II、III、IV、V、VI 所示）。從圖中我們可以看出對流系統雲系形狀、大小各有不同，有的近似橢圓形，有的呈狹長形。

又由表二我們可以看出 5 組對流系統雲系 TBB =  $-32^{\circ}\text{C}$  及 TBB =  $-52^{\circ}\text{C}$  所占的面積變化情形。

由圖二及表二我們可以看出對流系統在生成期時，雲系分散對流胞較小，到了發展成熟期，雲系範圍擴大，對流胞變大，同時雲頂高度不但增高且雲頂 TBB  $< -52^{\circ}\text{C}$  範圍擴大，到了衰減期，雲系破碎，雲頂 TBB  $< -52^{\circ}\text{C}$  範圍顯著縮小。從生成、發展到成熟由 TBB =  $-32^{\circ}\text{C}$  至  $-41^{\circ}\text{C}$  灰度雲系追蹤，可發現對流系統內對流胞之間以及對流胞與鋒面之間交互作用（interaction）扮演非常重要的角色。

根據 Maddox（1981b）對中尺度對流複合體系統的定義（如表一），與表二比較，我們可以看出僅對流系統 II 及對流系統 III 滿足，對流系統 I 持續 15 小時左右，雲頂 TBB 溫度  $-52^{\circ}\text{C}$  之面積





圖二：民國70年5月27日08L至28日14L連續時間氣象衛星色調強化處理過之雲圖 L：表中原時間  
 I、II、III、IV、V、VI：表不同的中尺度對流系統  
 其中I、II、V為本文主要探討的中尺度對流系統

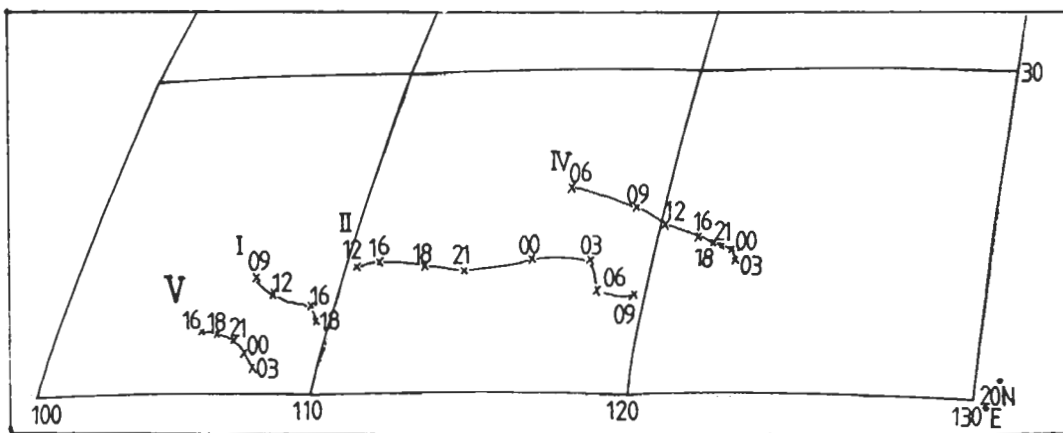
表二、對流系統之各時間雲系面積之大小

時間 對流系統	17L		20L		00L		02L		05L		08L		11L	
	-32°C	-52°C	-32°C	-52°C	-32°C	-52°C	-32°C	-52°C	-32°C	-52°C	-32°C	-52°C	-32°C	-52°C
I	8.5	4.8	16.9	15.1	24.5	14	14	7.2						
II							10.8	6.0	12.0	9.5	10.8	6.0	8.4	6.2
III	8.7	3.6												
IV	5.0	2.4	6.0	3.0	4.0	2.4	5.0	3.0						
V									21.6	14.4	21.6	9.6	9.6	1.3
VI											1.8	1.2	3.4	2.5

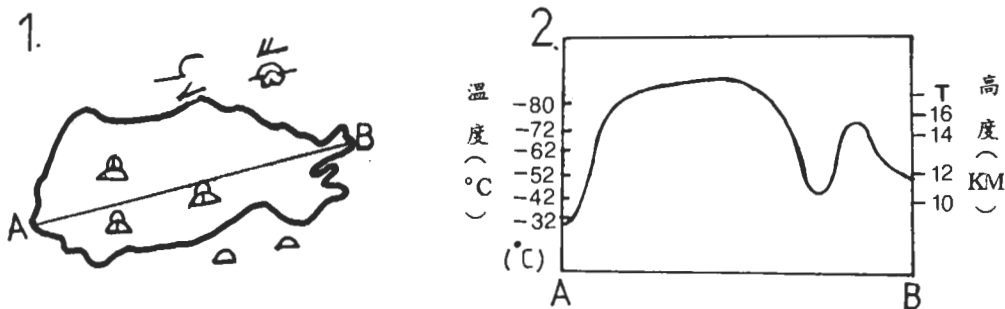
單位：萬平方公里

最大到 151000 平方公里，移動速度由圖三可推知 10 - 15 哩 / 時，移動方向大致與 500mb 與 200 mb 平均氣流方向一致，而對流系統 II 持續 12 小時左右，雲頂 TBB 溫度低於 -52°C 之面積為 95000 平方公里，移動速度平均為 30 哩 / 時。在此對流系統 I、II 即為本文所要探討的個案 I、II。

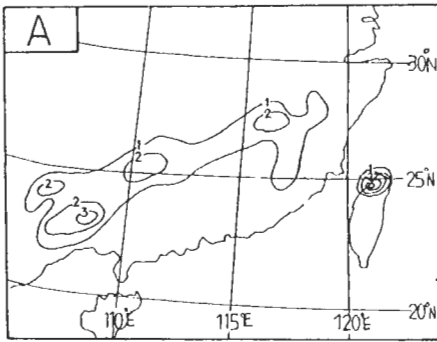
圖四所示為個案 I 亦對流系統 I 成熟階段雲頂 T3B 之分布，圖中雲頂最高位置在雲系中間附近且出現兩個極大值，此與 Ninomiya 和 Akiyama (1981) 所分析中間尺度擾動雲頂 TBB 分布有點不同。整個對流系統非常均勻結實，由地面測站觀測報告雲系以積雨雲為主。又由圖五 24 小時華南



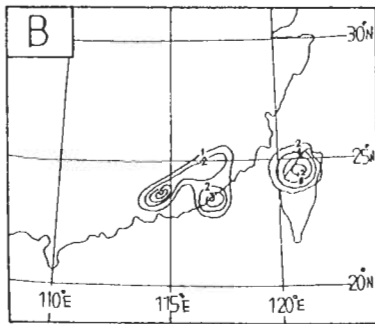
圖三：民國 70 年 5 月 27 - 28 日中尺度對流系統 I、II、IV、V 的移動路徑圖



圖四：民國 70 年 5 月 27 日 20 L 中尺度對流系統 I 成熟期雲頂溫度 TBB 之分布及雲系組成  
T：表對流層頂



A圖：70年5月27日08L—5月28日08L日雨量



B圖：70年5月28日08L—5月29日08L日雨量

圖五：中尺度對流系統降水量之分布圖

1表20mm，2表40mm，... 12表240mm

地區降水分布與圖二、圖三比較看出，對流系統與降水區非常配合。

### 三、伴隨對流系統的氣象條件

根據對流系統的移動發展過程（如圖二、三），本文將對流系統的生命史分成生成期、成熟期及衰減期加以探討，由於個案 I 在衰減期不在觀測時間故兩個個案主要探討對流系統生成期及成熟期時所伴隨的氣象條件。

#### (一) 個案 I 分析

##### 1 生成期

由地面圖分析（見圖六 A），圖中短形實線區域代表對流系統生成期的位置稱為生成區，虛線矩形區域代表對流系統 12 小時後成熟期的位置稱為成熟區，此矩形大小根據對流系統成熟期雲系最大範圍決定，而位置根據其移動路徑決定。由氣壓場分布的結果，顯示有一滯留鋒在生成區的北邊，且在生成區的西邊有一熱低壓，而風之來向以南風為

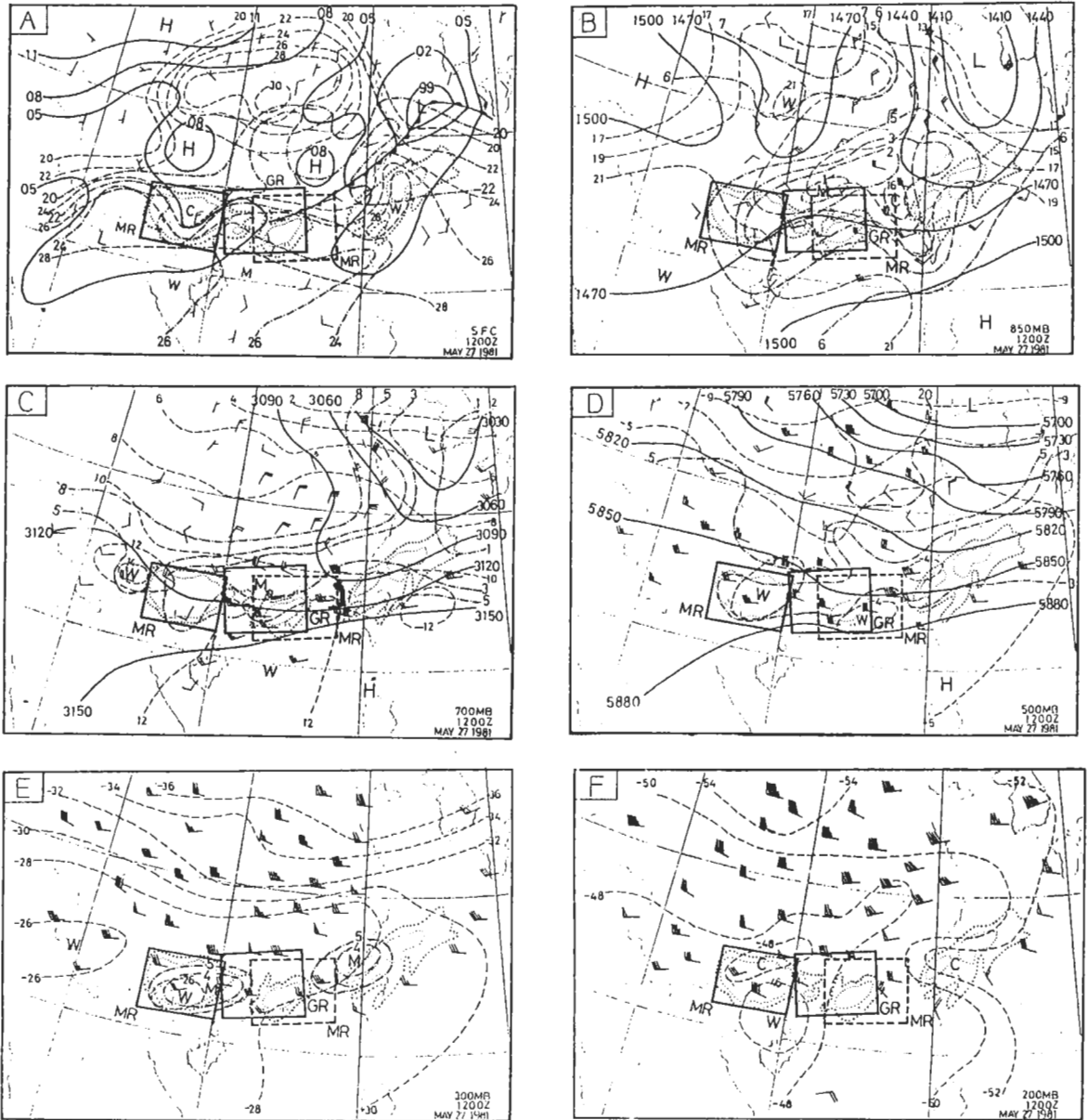
主。有一溫度脊與露點脊由南方經成熟區伸入生成區內，此表示南方持續供給暖濕空氣給對流系統。在生成區的北方有一溫度槽及露點槽伸入生成區的東北邊，顯示北方有一點冷乾空氣南下加強對流的發展。

850mb 天氣圖分析（圖六 B），有一風切線在生成區的北邊，在生成區內風向西南西到西南，風速 25—30 哩/時，有一暖舌由西南伸向東北經過成熟區進入生成區形成強烈持續暖平流。此時有一冷舌伸入生成區北邊，配合偏北氣流平均風速 15 哩/時，於是乎有一股微弱冷空氣進入生成區內此與南方暖濕空氣輻合構成很好的對流發展氣流系。在生成區的東北有一明顯乾舌伸入對流雲帶內配合北風侵入使得雲帶 3 小時後破碎分裂。

700mb 天氣圖分析（圖六 C），圖中由高度場與風場分析我們可以看出有一短槽在生成區的西邊，風系在生成區內順轉且風速有點增強，而在生成區的北邊風系逆轉且風速減弱，有一明顯的暖舌由西南方伸入成熟區進入生成區的南半部。顯示南方有很明顯強烈持續暖平流，而北邊有微弱冷氣南下。溫度場、風場以及濕度場配置形態與 850 mb 同，其中有一西南強風帶最大風速 40 哩/時通過生成區，提供充沛水汽給對流系統發展。

500mb 天氣圖分析（圖六 D），水平風切由 30 哩/時往北增加為 40 哩/時，沒有明顯暖平流，最明顯的特徵是有一短槽在生成區的西邊，在此槽後方有很明顯西北流配合冷舌的伸入使得中層有冷氣伸入生成區內，而同時低層有很明顯暖平流，於是乎大氣就變得非常不穩定。

300mb 天氣圖分析（圖六 E），在生成區西北邊有一弱噴射氣流，最大風速 60 哩/時，且在生成區內水平風速由南往北增加，根據 Riehl（1952）、Beebe and Bates（1955）的研究，若對流系統在噴射氣流軸（jet streak）的出口右前方，則不利於對流的發展，此個案亦有相同的情況，如此對流系統的發展主要不是靠高層的現象而是靠對流不穩定加上低對流的輻合抬升作用發展成對流系統垂直環流。200mb 天氣圖分析（如



圖六：民國70年5月27日00Z ( 08 L)地面、850mb、700mb、500mb、300mb、200mb天氣圖

粗實線	氣壓	GR: 生成區	粗點線表雲系 TBB = - 32°C
細實線	溫度	MR: 成熟區	細點線表雲系 TBB = - 52°C
虛點線	地面圖表露點溫度, 其他層表溫度露點差	W: 暖 M: 濕	

圖六E)，有一噴射氣流最大風速115浬/時，在生成區東北方800公里左右，在生成區內風系呈明顯的分散流 ( diffluence flow ) 且有一冷舌伸入生成區的北邊，由於高空冷空氣的移入，導致對流不穩定，有助於對流的發展。

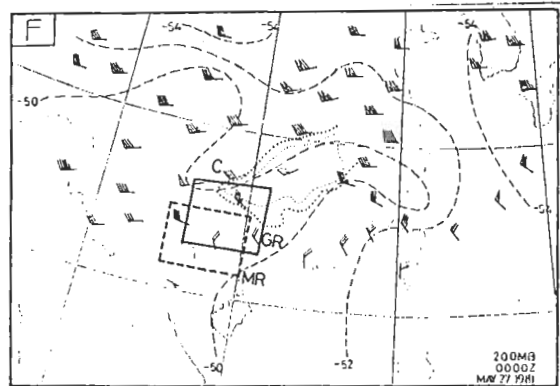
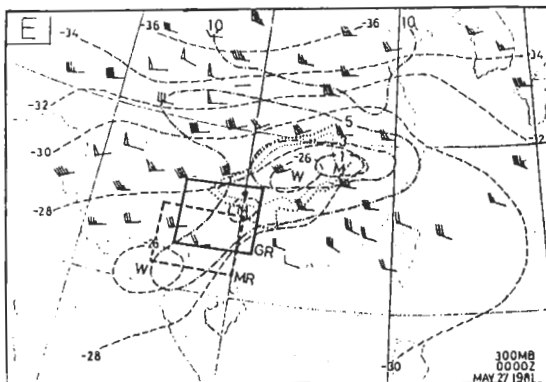
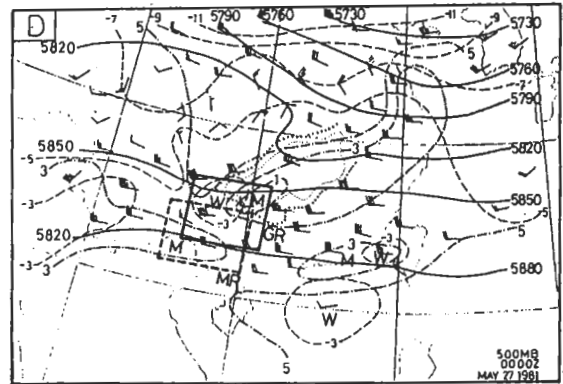
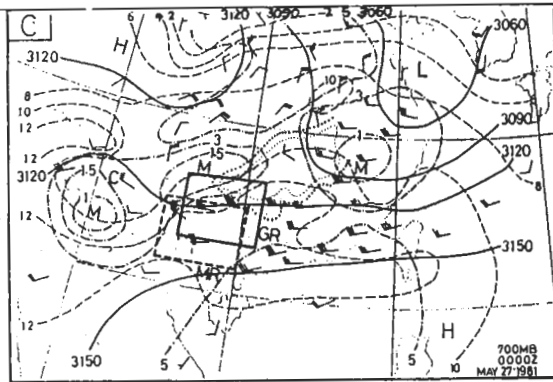
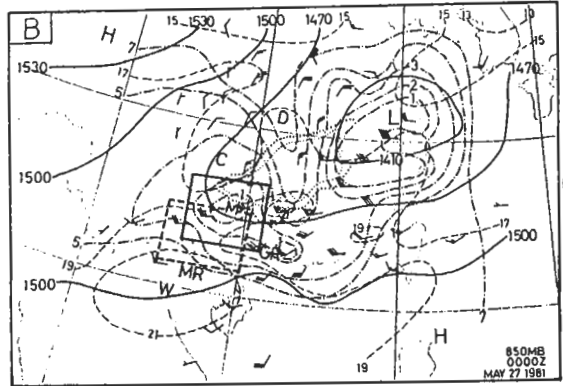
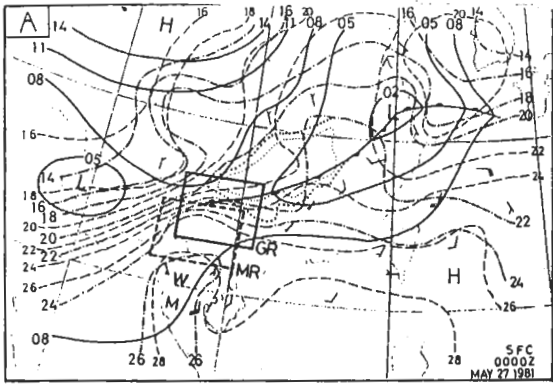
2 成熟期：

由地面天氣圖分析 ( 圖七A )，圖中矩形實線代表對流系統成熟期的位置。熱低壓仍在成熟區的西方，在成熟區內吹北風南邊吹微弱南風，有一明顯溫度與露點槽伸入其中部，而有二暖舌與露點

脊伸入雲區的東邊和西邊，由前生成期分析顯示有利於成熟區東、西部減弱後繼續發展，而不利於成熟區中部發展。850mb 天氣圖分析（見圖七B），西南氣流比12小時前減弱，東北方有一冷舌伸入成熟區的東北部，而有一暖舌伸入成熟區的東南邊，另一暖舌伸入成熟區的西邊，潮濕區在成熟區的東半部比西半部較濕，此種配置使得原對流系統

中部減弱分裂，而東西部發展。

700mb 天氣圖分析（圖七C）中，我們可以看出有一短槽在成熟區中部，且有一橫槽（風切線）在成熟區北方100公里，風速比過去減弱，500mb 天氣圖分析（圖七D）中，很明顯看出有一暖心（warm core）在成熟區內，且有一潮濕區比12小時前要大、在成熟區內此潮濕的增加，乃由



圖七：民國70年5月27日12Z（20L）地面、850mb、700mb、500mb、300mb、200mb天氣圖，圖中詳細說明同圖六。



於低層垂直上升氣流所引起。

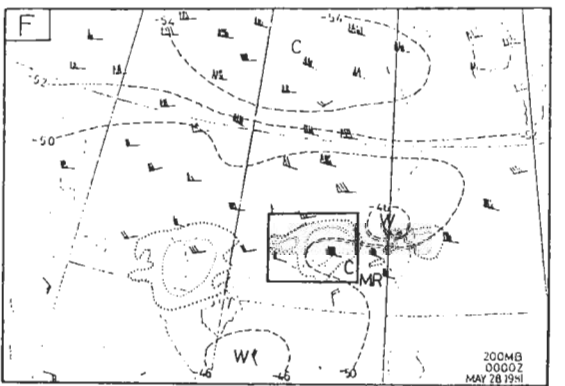
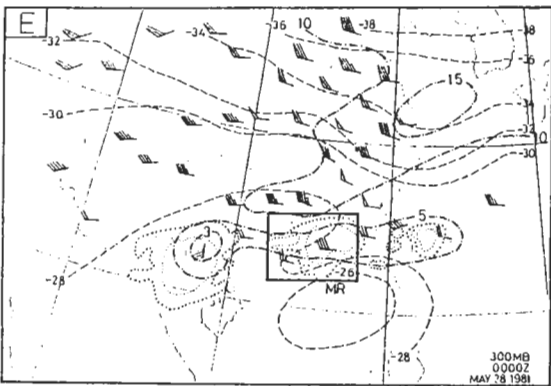
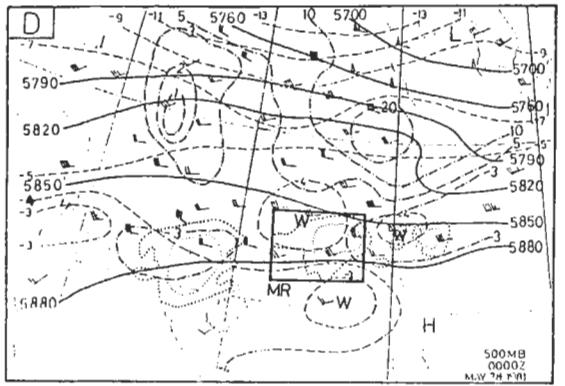
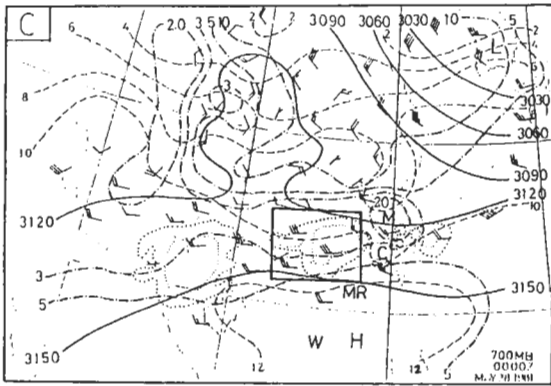
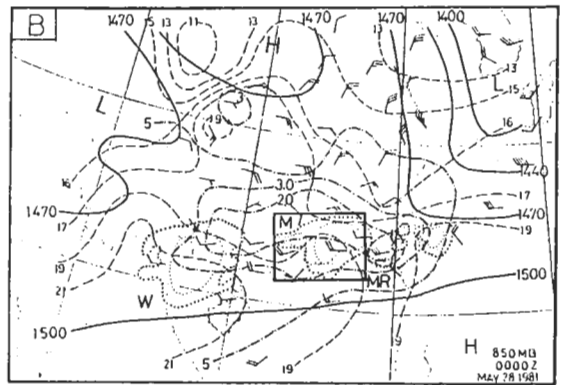
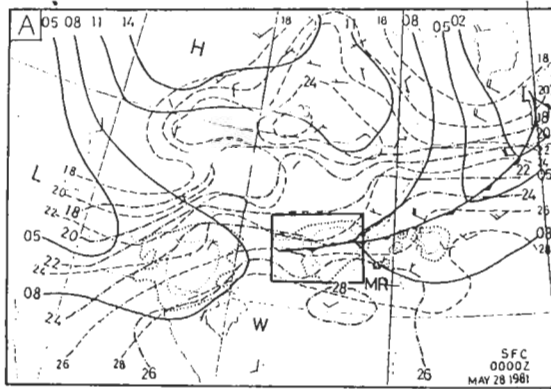
300mb 天氣圖分析(圖七E)，有一暖心與潮濕中心在成熟區內，此500mb與300mb暖區與潮濕中心的造成主要由於大範圍上升運動水流被抬升輸往中高層且水汽凝結潛熱釋放所造成。200mb天氣圖分析(圖七F)，有一明顯噴射氣流在成熟區北邊500公里，最大風速80浬/時，在此區域

內有明顯分散流且北邊風速有點增加，此結果與Maddox所研究MCC發展成熟產生明顯外流一致，但程度上差一點。

(二)個案II

1 生成期：

由圖七中在廣東附近矩形實線區域為個案II所要探討對流系統II生成區的位置，所伴隨氣象條件



圖八：民國70年5月28日00Z(08L)地面、850mb、700mb、500mb、300mb、200mb天氣圖，圖中詳細說明同圖六。

與個案 I 類似，主要特徵，地面存在一滯留鋒，西邊有一低壓，850mb、700mb 北邊有一橫槽，西邊有一短槽，700mb 比 850mb 有一較明顯強風軸出現，南邊西南暖濕空氣伸入與北邊有一點冷氣侵入輻合發展，中層冷乾流伸入生成區，配合高層分散流使得對流系統產生、發展。

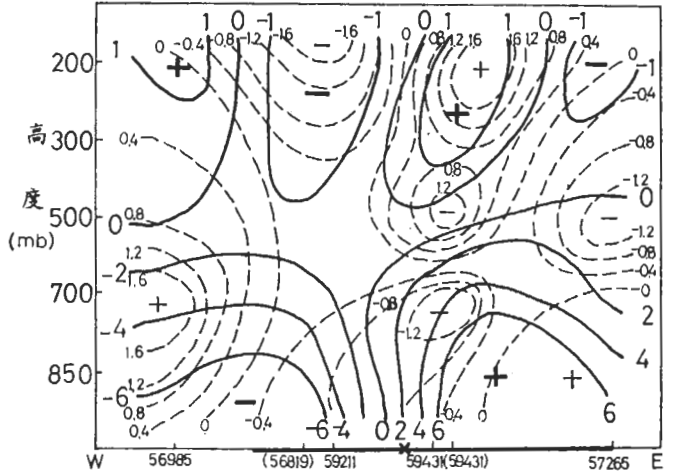
2 成熟期：

如圖八，亦與個 I 類似，低對流層持續暖平流有一風切線在成熟區北邊，850mb 強風軸不明顯，中層出現暖心，高層比過去更明顯外流現象，唯一不同的 700mb 強風軸仍存在。

四、對流系統之結構與對流氣流系之組成

基本上天氣現象是各種尺度綜合的結果，目前氣象發展對不同尺度尚未能完全同時處理，惟能就不同的尺度，分別就不同的理論及分析方法加以處理，所以欲了解中尺度對流系統的結構，就必須將觀測資料由通帶濾波過濾較小及較大擾動而抽取所需要中尺度的擾動分量，再加分析或合成，以研究中尺度對流系統的特性與結構。

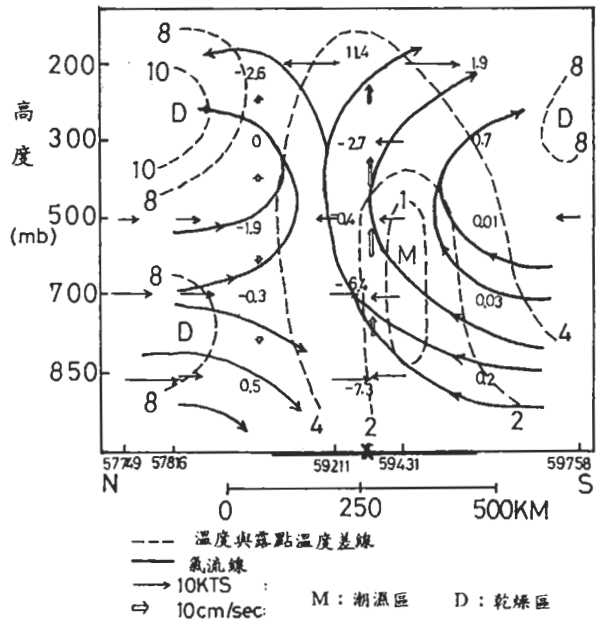
本文主要採用簡單的過濾法，將類似對流系統加以合成，求取平均值，再用各分量減去平均值，就獲得距平值，根據距平值探討對流系統的結構。圖九就是對流系統 I 與對流系統 V 成熟期徑向垂直剖面高度及溫度合成圖，從圖中我們可以看出 500 mb 以下 (不含 500mb) 在對流中心東邊為高度正距平，而在對流中心的西邊為高度負距平，此意謂著低對流層有明顯的南風上來，而中層高度距平接近零為無輻散區，在高層對流層中心上空有一正距平，而此對流中心後方有一負距平，此表示高層有一槽線，在此槽線前方為輻散區，如此構成很好的對流系統，又由溫度距平看出在對流中心附近低對流層為溫度負距平，此可能由降水下降氣流中水滴蒸發冷卻與空氣上升運動絕熱膨脹冷卻所引起，而中高層對流層則為很明顯的正距平，此乃由上升運動水汽凝結潛熱釋放所引起，而在對流系統西邊高對流層有一很明顯負距平，此可能由於輻射冷卻及上升冷卻所引起。



—：高度距平 --：溫度距平 ···：雲系範圍  
 +：高度正距平 +：溫度正距平  
 -：高度負距平 -：溫度負距平

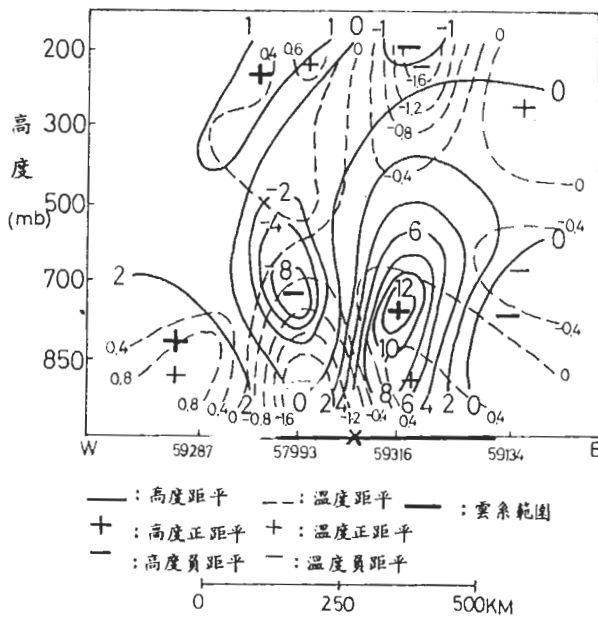
圖九：個案 I 中尺度對流系統徑向高度及溫度垂直剖面合成圖

又由圖六、七看出對流系統南北向潮濕對比很大，東西向較不明顯，可見對流系統在成熟階段近乎南北氣流較明顯，為此我們做緯向垂直剖面，由圖十我們可以看出最大上升軸略往北傾，最大上升



--- 溫度與落點溫度差線  
 —— 氣流線  
 → 10KTS : M：潮濕區 D：乾燥區  
 ⇨ 10cm/sec

圖十：個案 I 中尺度對流系統緯向垂直剖面氣流圖  
 圖中數字大小表輻合(散)量(單位： $10^{-4} \text{ sec}^{-1}$ )



圖十一：個案 II 中尺度對流系統徑向高度及溫度垂直剖面合成圖

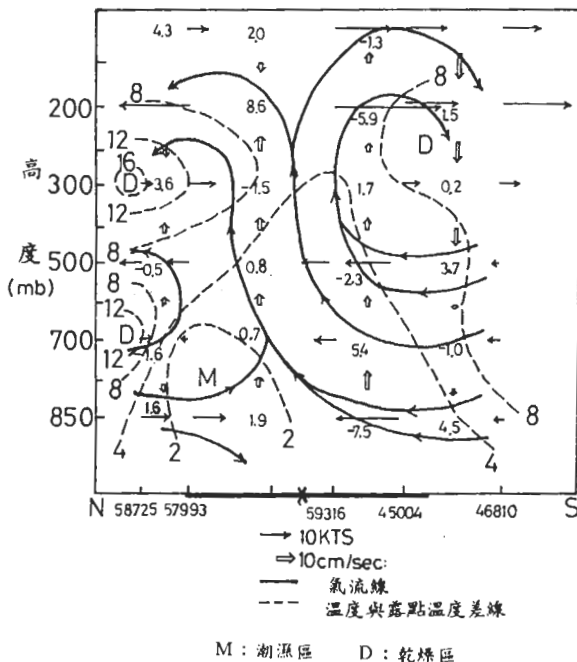
速度在中層，圖中上升速度是由各層水平輻合往上積分且經 Fank hauser 方法修正得出，在對流中心南邊中低層氣流往北往上，而在對流中心北邊 700mb 以下氣流往南往下，高層有明顯的輻散流，由濕度場分布，在低對流層中南邊較濕，北邊較乾，於是乎北邊來的冷乾空氣配合南邊來的暖濕空氣，就構成良好的強烈對流系。

圖十一為個案 II (即對流系統 II) 成熟期的垂直剖面高度及溫度合成圖，與圖九非常類似，在 500 mb 以下對流中心東邊為高度正距平，而在對流中心的西邊為負距平，所不同的是高度距平梯度要比圖七大大一點，尤其 700mb 有很強的梯度，顯示有很強的南風上來。溫度距平分析高層東邊為負距平，西邊為正距平此由於高度距平槽往東傾斜所引起。又圖十二為個案 II 南北向對流氣流系統亦與圖十非常類似，南方暖濕空氣與北邊冷乾空氣輻合上升，雲系內較雲系外潮濕，在中高層有二處乾燥區此由於高層外流下沉增溫所引起。

### 五、華南中尺度對流系統之特性

綜合以上個案分析，對華南及其鄰近地區中尺度對流系可以得到下列幾點特性：

- 1 對流系統內降雨胞間及降雨胞與周圍環境間之交互作用，對於系統的產生，持續與發展占很重要的因素。
- 2 對流系統常發生在低層暖舌的頂部及左邊附近。
- 3 在對流系統內北邊有微弱冷氣阻擋，南邊有明顯暖平流，對流易於發展。
- 4 在對流系統生成期經常伴隨地面滯留鋒。
- 5 在對流系統生成期，中層冷空氣的注入，易造成不穩定，有助於對流的發展。
- 6 在對流系統的生成期，高空微弱輻散，有助於對流的發展。
- 7 在對流系統發展過程中，垂直風切一直很小。
- 8 對流系統生成期及成熟期地面伴隨有很明顯的南北溫度梯度，但 850mb、700mb 在生成區除了強烈緯向溫度梯度外仍有中度徑向溫度梯度，在成熟區內則徑向溫度梯度要比緯向溫度梯



圖十二：個案 II 中尺度對流系統緯向垂直剖面氣流圖

度明顯。此種溫度形態非常有利形成強溫度平流有利對流的發展。

9. 對流系統在生成期時低層噴射氣流 700mb 要比 850mb 明顯，但到成熟期時，850mb 強風有時減弱但有時則增加，700mb 則仍明顯，此點不同可能與對流系統所在位置不同及地表的高度不同而有不同的特性。
10. 中層短槽 (700 - 500mb) 的移入，引進西南氣流為觸發對流系統發展主要因素。
11. 對流系統在成熟期的特徵是中高層出現明顯的暖心及潮濕區及高對流層出現冷心區。
12. 對流系統發展的對流氣流系為南方暖濕空氣與北方冷乾空氣輻合所組成，輻合軸隨高度略往後傾斜 (upshear)。
13. 對流系統在生成期移動方向大致與中高層平均氣流一致，到發展成熟期則與中層平均氣流一致。
14. 個案 I、II 對流系統在生成到成熟期時中層短槽移到對流系統的西邊，且此短槽與北方極鋒西風槽配合，使得對流系統在短槽前發展。此與丘、廖 1981 所分析五、二八豪雨之對流系統之配置有點不同，差別後者中尺度低壓較明顯，前者地面中尺度低壓較不明顯。

## 六、華南對流中尺度系統及美國中尺度對流複合系統之比較

從個案研究中所探討的華南及鄰近地區的對流系統，其大小、持續及形狀都符合美國 MCC 所定義，那麼到底與他們有什麼不同，以下分別就伴隨對流系統的氣象條件與結構加以比較。

1. 對流系統在發展成熟過程中，地面中尺度高壓 (Mesohigh) 並不明顯，反而中尺度低壓較明顯，但有時中尺度低壓與熱低壓或併入鋒面帶內合併則不易分離出，而美國 MCC 系統中尺度高壓非常明顯，此點不同可能兩地方雲底高度不同、潮濕度不同，以及下衝氣流冷卻效果不同所引起。
2. 對流系統發展中，低層噴射氣流占很重要的地

位，但華南的低層強風帶 700mb 要比 850mb 明顯，而美國 MCC 850mb 低層噴射氣流較明顯，且有很明顯的日變化，而華南則不明顯，又美國 850mb 噴射氣流主要偏南風，而華南則為偏西南風，以上差異是否與山脈走向有關尚待進一步研究。

3. 華南對流系統發展成熟期，中高層出現顯著暖心，而高對流層 (200mb) 出現冷心，沒有美國 MCC 系統那麼明顯與強烈。
4. 美國 MCC 系統從生成到成熟持續時間平均 16½ 小時，而華南對流系統持續時間為 13 小時左右，且範圍要比美國小一半左右。
5. 對流系統發展成熟時，高層產生明顯的外流且北邊風速增大，出現很強的噴射氣流條，此點美國 MCC 系統比我們華南對流系統要明顯且強。
6. 華南對流系統在發展過程中，北邊通常伴隨有微弱冷氣阻擋，使得對流發展，此點美國 MCC 系統較不明顯。

## 七、結 論

本文主要採用與 Maddox (1981) 研究中尺度對流複合體 (簡稱 MCC) 相似的分析方法，針對 1981 年 5 月 27 - 28 日發生在華南及鄰近地區，兩個中尺度對流系統個案加以研究其特性與結構，由以上的分析結果可歸納下列結論：

華南及鄰近地區中尺度對流系統特性在生成期時，以個別零散小對流胞存在，到了發展成熟期，合併成一個較大範圍的對流胞。對流系統常發生在低層暖舌的鼻端偏左區域。對流系統在生成期時，經常伴隨地面滯留鋒，850mb、700mb 除了強烈緯向溫度梯度外，仍有中尺度徑向溫度梯度，到了對流系統成熟期徑向溫度梯度要比緯向更為明顯，中高層出現明顯的暖心及潮濕區，而高對流層出現冷心區。中層短槽的移入，引進西南氣流為觸發 (trigger) 對流系統發展主要因素。在對流發展過程中下層垂直風切一直很小，但 700mb 強風帶比 850mb 要明顯。對流氣流系主要為南方暖濕空

氣與北方冷乾空氣輻合所組成。輻合軸隨高度往後傾斜。對流系統在生成期移動方向大致與中高層平均氣流一致，到了發展成熟期則與中層平均氣流一致。而對流系統從生成、發展到開始減弱平均約13小時左右。

經由Maddox研究MCC系統類似方法研究易於比較我國華南地區中尺度對流系統與美國地區所發生MCC系統之差異。與美國MCC系統特性最大差別，就是華南及鄰近地區的中尺度對流系統地面中尺度高壓不如美國MCC系統來得明顯，乃因美國之雷雨，次雲層(subcloud layer)較厚且乾燥，而華南地區大氣一般次雲層較薄且潮濕，於是降雨所引起下衝氣流(out flow)經蒸發作用產生冷卻作用所形成的中尺度高壓，美國要比我國華南地區明顯。低層噴射氣流700mb比850mb較明顯，而美國850mb較明顯且有晝夜的變化，華南對流系統持續時間較短，且對流發展範圍也較小。對流系統發展成熟時反應(response)到高對流層外流及加強北邊噴射氣流的影響程度不如美國MCC系統來得較為明顯及強烈，此點可能與雲系發展範圍有關。

## 八、誌謝

本文承蒙廖教授學鎰悉心指導與啓發，得以順利完成，謹致衷心的感謝，同時張隆男及陳景森教授提供寶貴的意見，氣象局沈秀蓉及鍾孝林先生協助繪圖，在此一併誌謝。

## 參考文獻

- Beebe, R. G. and F. C. C. Bates, 1955: A Mechanism for assisting in the release of convective instability *Mon. Wea. Rev.*, 83, 1-10.
- Maddox, R. A., 1980: Mesoscale convective complexes. *Bul. Amer. meteor. Soc.*, 61, 1374-1387.
- Maddox, R. A., 1981: The structure and life-cycle of midlatitude mesoscale convective complexes. *Dep. of atm. science, colorado state university, fort collins, Colorado. Atmospheric science paper No. 336, 311pp.*
- Doswell, C. A., 1981: An examination of jet stream configuration 500mb vorticity advection and low level thermal advection patterns during extended periods of intense convection. *Mon. Wea. Rev.*, 3, 184-197.
- D. M. Rodgers and K. W. Howard 1982: Mesoscale convective complexes over the united states during 1981-annual summary. *Mon. Wea. Rev.*, 110 184-197.
- Matsumoto, S., S. Yoshizumi and M. TaKeuchi, 1970: On the structure of the "Baiu Front" and the associated intermediate-scale disturbances in the lower atmosphere. *J. Meteor. Sot. Japan*, 48, 479-491.
- Matthews, D. A., 1981: Observations of a cloud arc triggered by thunderstorm outflow. *Mon. Wea. Rev.*, 2140-2157.
- Ninomiya, K., 1971a: Dynamical analysis of outflow from tornado-producing thunderstorms as revealed by ATS III pictures. *J. Appl. Meteor.*, 10, 275-294.
- 1971b: Mesoscale Modification of synoptic situations from thunderstorm development as revealed by ATS III and aerolopment data. *J. Appl. Meteor.*, 10, 1103-1121.
- Ninomiya, K. 1981: Long-lived medium-scale cumulonimbus cluster in Asian

- subtropical humid region. *J. meteor. Soc. Japan.* 59, 564-577.
- Nitta, Ta and J. Yamamoto, 1972: A statistical survey on frequency of the cyclogenesis of the intermediate scale disturbance near Japan, its vicinity and the southeast Asia. *J. meteor. Soc. Japan.* 50, 234-237.
- Nitta, Ts. M. Nanbu and M. Yoshizaki 1973: Wave disturbances over the China continent and the Eastern China Sea in February 1968. *J. Meteor. Soc. Japan.* 51, 11-28.
- Purdom, J., 1973: Mesohighs and satellite imagery. *Mon. Wea. Rev.*, 101, 178-181.
- Riehl, H., et al 1952: Forecasting in the middle latitudes. *Meteor. Monogr.* No. 5, Amer. Meteor. Soc., Boston, 80PP.
- Yoshizumi, S. 1977: On the structure of Intermediate scale disturbance on the Baiu front. *Jou. meteor. Soc. Japan.*, 55, 107-120.
- 廖學鎰, 徐明同 1978: 近年來國外梅雨研究之評介, 台灣地區災變天氣研討會, 108-149。
- 廖學鎰, 嚴明鈺 1981: 冷鋒前中間尺度擾動個案之分析研究, 中範圍天氣研討會, 613-623。
- 陳泰然, 紀水上, 謝維權 1981: 初春華南中尺度對流複合系統之個案研究, 中範圍天氣研討會, 593-612。
- 吳宗堯, 陳泰然 1983: 台灣地區春至初夏之局部性豪雨研究, 國科會 NSC71-0202-M052-02, 33-52

**A Study of Mesoscale Convective System in  
the Southern China and its Vicinity**

**Tai-Kung Chiou**                      **Shyne-Yih Liao**  
**Central Weather Bureau**      **National Central University**

**Abstract**

On the basis of the definition of the mesoscale convective system,  $TBB < -32^{\circ}\text{C}$  and horizontal scale  $>200\text{KM}$ , two evident cases occurred in the Southern China and its vicinity during the period of 1981 and 1982 are analyzed in detail.

The similar method which Maddox took to analyze MCC in 1981 is adopted in this study. The meteorological images, radar images, surface and air sounding data are used to study the associated meteorological condition and structure of mesoscale convective system. The MCC in the States and the MCC in the Southern China are therefore compared.

The results reveal that the favorable meteorological conditions of mesoscale convective system in the Southern China and its vicinity are lower level jet stream, continuous and strong warm advection, short trough and the convergence of southerly warm-humid air and northerly cold-dry air. The precipitation outflow of convective cells or the interaction between the precipitation outflow and cold front is very important triggering factor which affected the genesis, development of the mesoscale convective system.