

# 厚度及相當位溫分布型式與中尺度對流系統移動之關係研究

吳倩雯 紀水上

中央氣象局  
氣象衛星中心

## 摘要

本文以GMS衛星雲圖，分析1992年POST-TAMEX預報實驗期間發生於臺灣及華南鄰近地區MCSS之移動型式，利用傳統的地面及高空觀測以及經由中央氣象局之即時預報系統處理之850~500 hpa厚度圖、850 hpa之 $\theta_e$ 圖，探討各移動型式所伴隨之環境條件，以及其與850~500 hpa厚度分佈、850 hpa之 $\theta_e$ 分佈之關係。

結果顯示，在 $\theta_e$ 脊軸附近具有豐富的水汽，有利於MCSS的形成與發展；微弱至中度厚度梯度區即溫度梯度分佈均勻區之南側，有利於MCSS的形成與發展，所以快速前進與再生型MCSS往下游移動，而厚度分佈呈現“分流”型式，即溫度梯度減小，溫差不明顯，阻滯MCSS的形成及發展，所以緩慢移動或滯留型與後退型MCSS往上游移動，而MCSS的移動則沿著等厚度線走向。

## 一、前言

自從地球同步衛星參與作業後，因可日夜不斷地觀測地球大氣，以提供高解析度的資料，提高了氣象學者對中尺度現象的研究興趣。中央氣象局氣象衛星中心為因應GMS-4廣播型態之改變，自1989年9月起開始接收由原三小時廣播一次類比式信號傳真改為每小時一次直接傳送的數據信號。

無論在美國或是在華南及臺灣地區之暖月，中尺度對流系統(Meso-scale Convective System; 以下簡稱MCS)皆為造成豪雨之重要天氣現象，以衛星雲圖上可分析出對流系統的形成、發展、最冷雲頂溫度(即最強對流區)及其最冷雲頂中心位置(即對流中心)，尤其利用每小時連續的衛星影像更可分析出伴隨對流系統的移動、發展或減弱、合併以及外流邊界等現象。而這些現象的發生往往會影響該系統的降水量，美國國家環境衛星資訊局(National Environmental Satellite, Data, Information Services; NESDIS)目前作業所用的衛星降水估計法中(參閱Scofield, 1987)，即

將這些現象列為影響降水量的重要因素。

Jiang Shi & Scofield (1987) 根據連續時間之衛星雲圖，將美國地區MCSS之演化及移動型式劃分為前進(向東移動)、後退(向西移動)和再生型(Regenerary)，並分析地面及高空天氣圖之特徵；他們也發現MCSS的移動及發展與低層強風和850~300 hpa厚度分佈型式、低層相當位溫分佈型式等因素有極大之相關。

本文利用衛星雲圖，追蹤發生於華南及臺灣地區MCSS之移動情形，並分析衛星雲圖、地面及高空天氣圖特徵，同時亦分析850~500 hpa厚度分佈型式、低層相當位溫分佈型式與MCSS移動及發展之相關。

## 二、資料來源與分析過程

本文所用衛星雲圖為1992年5~6月POST-TAMEX MY預報實驗期間，每小時之GMS紅外線衛星雲圖，

經色調強化(如圖1)處理,分析最強對流中心之位置並追蹤其移動及發展情形,同時研判是否有外流邊界或不同MCSS間之合併現象等;利用傳統的地面及高空觀測,以分析MCSS發生時之綜觀天氣圖特徵、垂直風切、不穩定爆發區、濕度場分佈等,以及經由中央氣象局之即時預報系統處理之850~500 hpa 厚度圖、850 hpa 之 $\theta e$ 分析圖,以分析MCSS之移動及發展與厚度分佈、低層相當位溫分佈之關係。

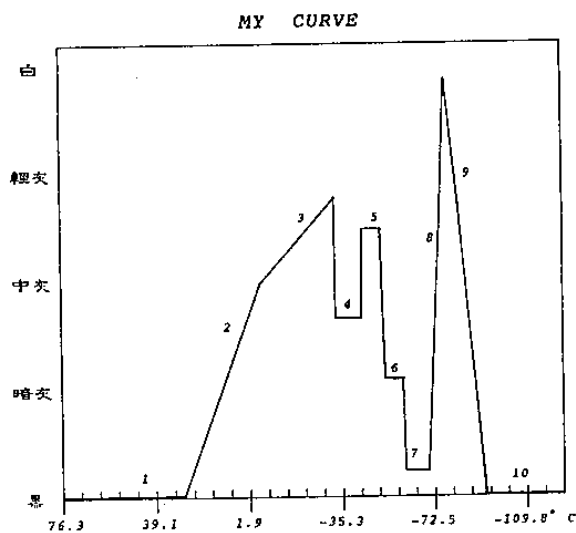


圖1 GMS 紅外線衛星雲圖MY色調強化曲線。

### 三、個案分析結果

利用衛星雲圖針對MCSS之移動情形追蹤結果選取各種類型中較典型之個案,各個個案之綜觀條件分析討論如下:

#### (1) 緩慢前進或滯流

此類型所選之個案為 6月12日2300 UTC~ 6月13日0400 UTC發生於本省西南海面及恆春南方之兩個MCSS,如圖2 每小時之衛星雲圖中 A、B 所示。圖中顯示MCSS的最強對流中心位於MCSS之西南側,由連續的衛星雲圖則可看出MCSS沒有明顯的移動或移動緩慢。

圖3-a 之 6月13日00Z 地面圖顯示,在臺灣附近沒有鋒面存在,但在臺灣海峽南部及巴士海峽有東風槽;由圖3-b 之850 hpa 天氣圖及圖3-c 之300 hpa 天氣圖亦很明顯看出在MCSS附近沒有低層強風或高層強風出現,但850 hpa 有南來氣流提供暖濕

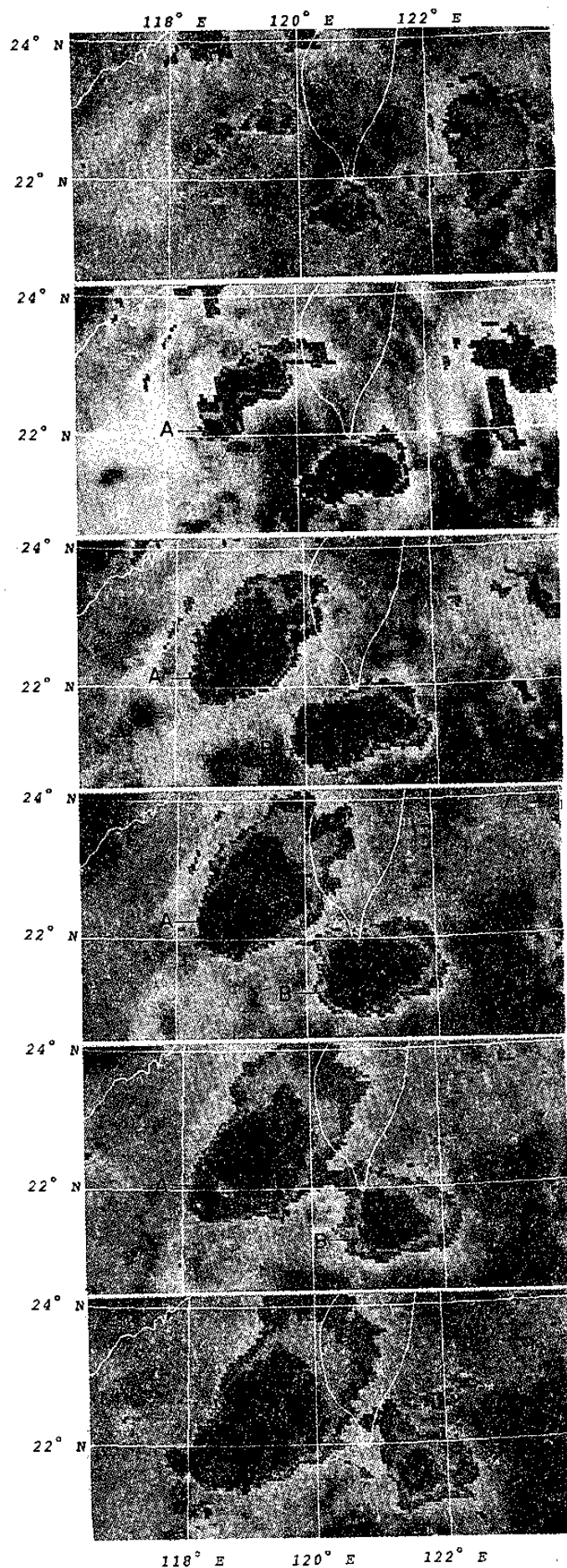
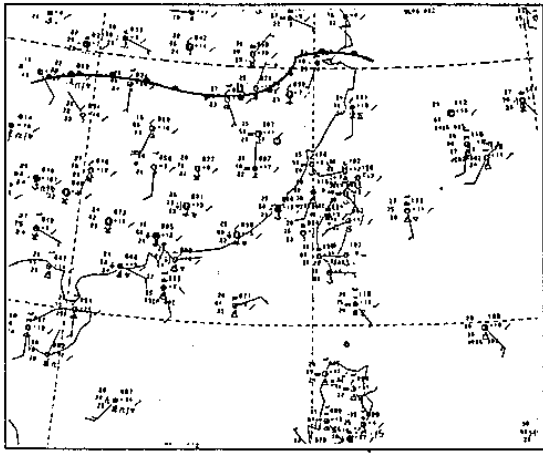
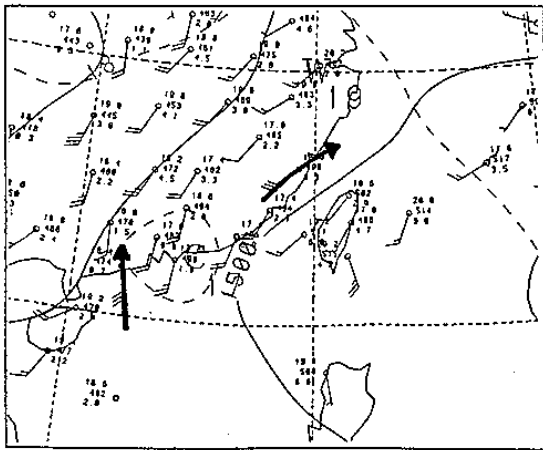


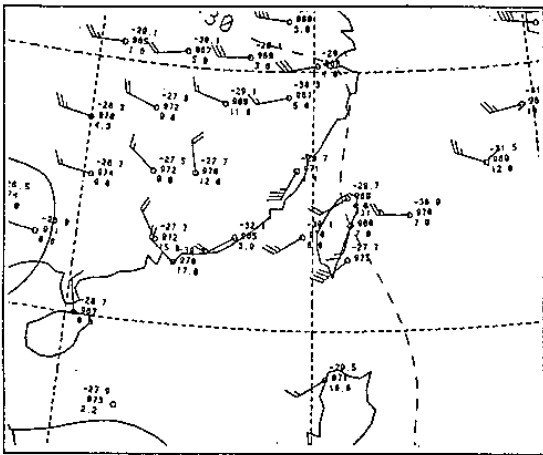
圖2 為 6月12日2300 UTC~ 6月13日0400 UTC每小時之衛星雲圖。



(a) 地面



(b) 850 hpa



(c) 300 hpa

圖3 (a) 為 6月13日00Z 地面天氣圖, (b) 為850 hpa 天氣圖及(c) 為300 hpa 天氣圖。

空氣, 在MCSs西北方之300 hpa 上空則有冷心低壓存在。

由圖4 為 6月13日00Z 850 hpa  $\theta_e$  分析圖。圖中顯示高 $\theta_e$  空氣由南海輸送暖濕空氣至臺灣南

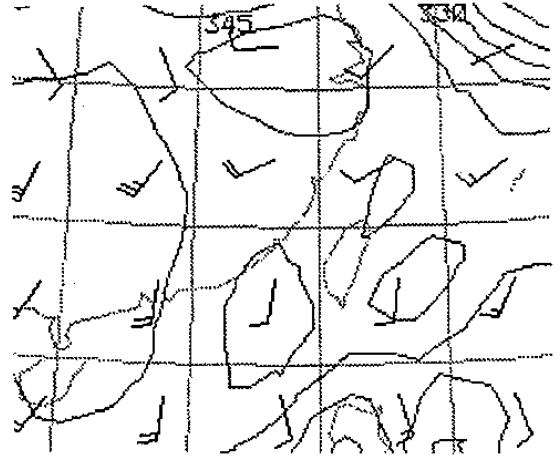


圖4 為 6月13日00Z 850 hpa  $\theta_e$  分析圖。

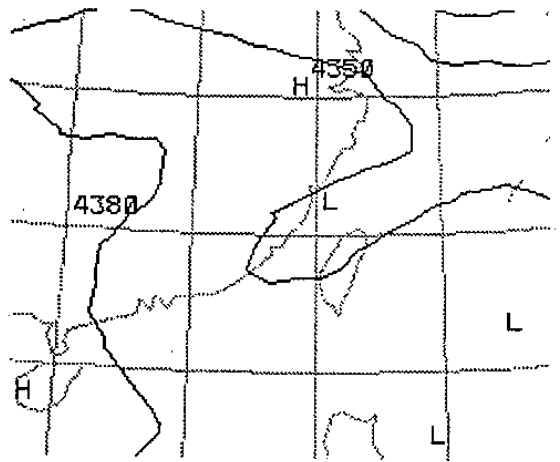


圖5 為 6月13日00Z 850 hpa ~ 500hpa 之厚度分析圖。

部, MCS-A 及MCS-B 皆位於850 hpa  $\theta_e$  值較高之脊軸附近; 圖5 則為 6月13日00Z 850 hpa ~ 500 hpa 之厚度分析圖, 可以看出MCSs位於厚度“分流”區緩慢移動。

### (2) 快速前進

此類型所選之個案為 6月 6日0800 UTC~1200 UTC 發生於華中至華南一連串之MCSs, 如圖6 之每小時連續衛星雲圖所示。圖中 MCS-A、-B、-C、-D 皆沿著華中至華南之地面鋒面後方形形成, 並隨鋒面雲帶快速往東移動, 個別MCS 之間無合併現象, 其中MCS-A 之冷雲位置偏北, 而 MCS-B、-D之冷雲位於東南部位, MCS-C 之冷雲則位於東側, 由連續雲圖顯示 MCS-A已開始消散, MCS-B 與MCS-C 間有外流邊界之交互作用而形成新的 MCS-E, 1200 UTC之雲圖則顯示MCSs正在消散中。

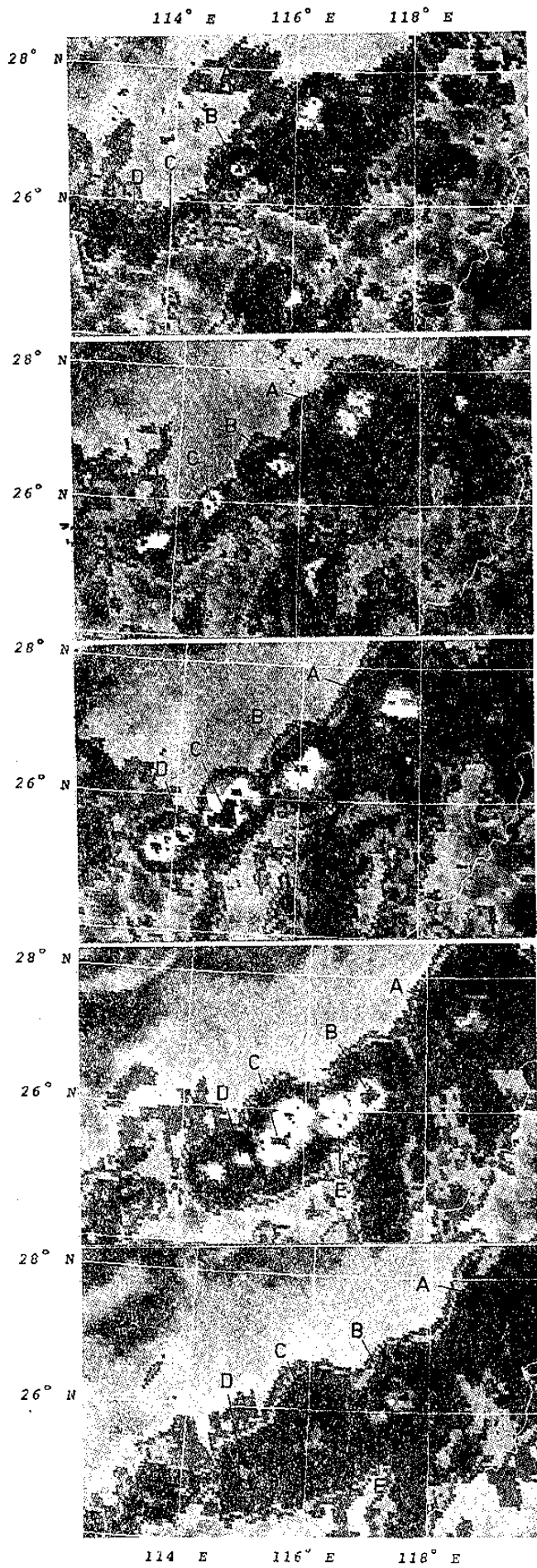
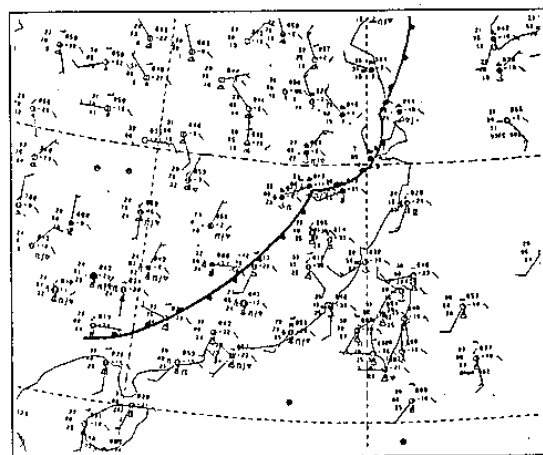


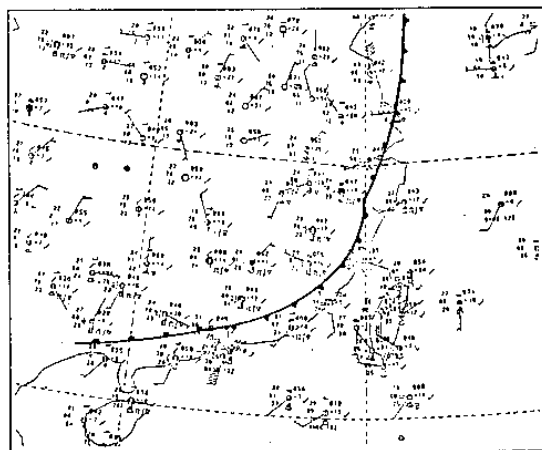
圖6 6月6日0800 UTC~1200UTC 之每小時連續衛星雲圖。

圖7 為 6月 6日 00Z 及 12Z 之地面及高空天氣圖。由圖顯示 MCSS 伴隨地面鋒面及 850 hpa 風切區而發展，最大風速達 30 kts 之西南風低層噴流，恰位於 MCSS 前方；300 hpa 天氣圖則顯示高層噴流約位於 34° N，在 MCSS 區僅有微弱的分流。

圖8 為 6月 6日 00Z 及 12Z 之 850mb  $\theta_e$  分析圖。圖中顯示高  $\theta_e$  空氣由中南半島輸送暖濕空氣至華南及臺灣地區，MCSS 沿著  $\theta_e$  脊軸而發展及移行，由圖9 之 850 hpa ~ 500 hpa 厚度圖分析顯示 MCSS 位於中至微弱厚度梯度區。

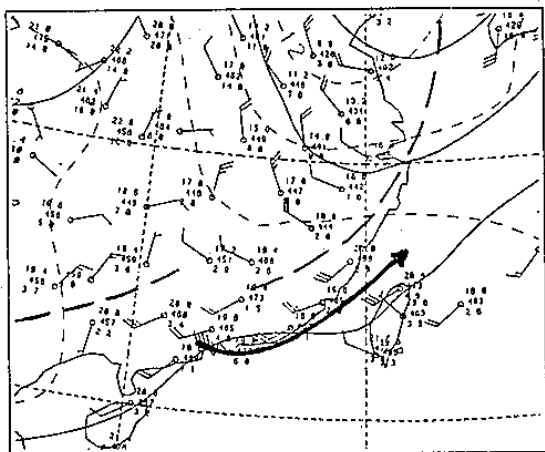


(a) 地面

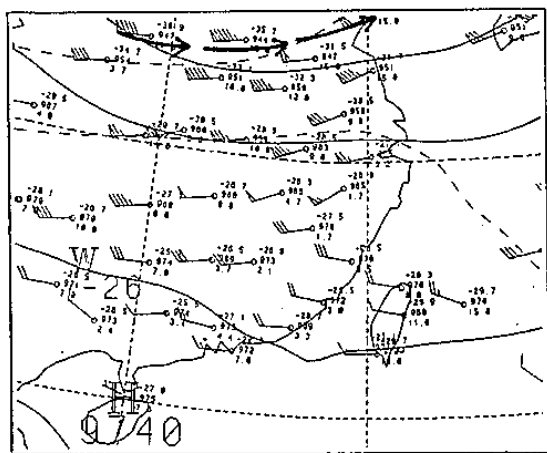


(b) 地面

圖7 為 6月 6日 00Z (a) 及 12Z (b) 之地面天氣圖及 6月 6日 12Z 之 850 hpa (c)、300 hpa (d) 高空天氣圖。



(c) 850 hpa



(d) 300 hpa

圖7 (續)

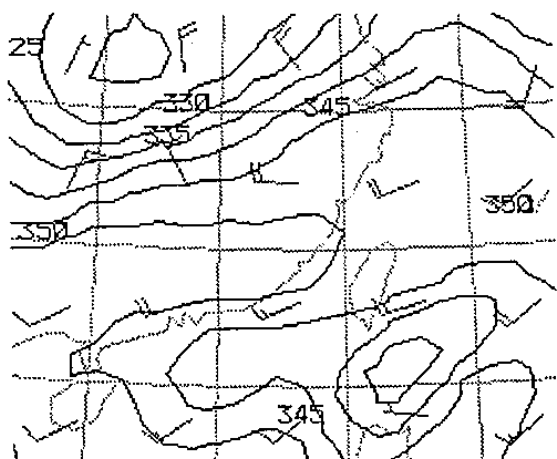


圖8 為 6月 6日 12Z 之 850 hpa  $\theta_e$  分析圖。

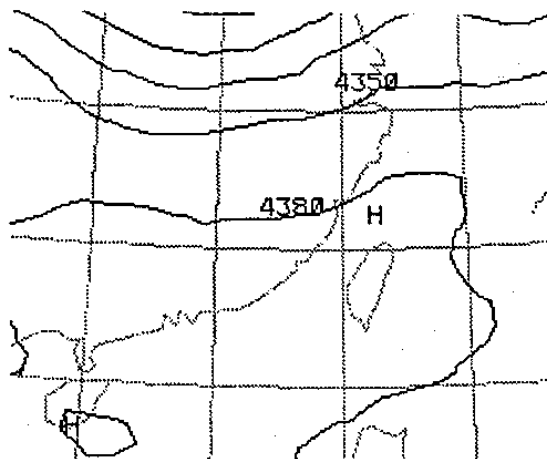


圖9 為 6月 6日 12Z 之 850 hpa ~ 500 hpa 厚度圖分析。

(3) 再生型

此類型所選之個案為 6月 3日 2300 UTC ~ 6月 4日 0400 UTC 發生於華中地區之 MCSs，由連續時間之衛星雲圖（如圖 10）顯示於  $26^{\circ}N$   $113^{\circ}E$  附近，有多個 MCSs 在同一地區相繼發展，但以各別之 MCS 而言，形成後即向下游（東南）移動，且最冷雲頂溫度較前二類型均較暖，為較暖雲頂之對流。

圖 11 為 6月 4日 00Z 之地面及高空天氣圖，圖中顯示 MCSs 之發展伴隨地面鋒面及 850 hpa 風切線，而華南 850 hpa 上空西南氣流盛行，但無明顯強風帶，高層噴流位於 MCSs 之北方，顯示 MCSs 對高層強風具有加強作用，另在 MCSs 區有明顯的分流，但風速微弱。

由圖 12 為 6月 4日 00Z 之 850 hpa  $\theta_e$  分析圖顯示 MCSs 恰位於  $\theta_e$  脊軸之左側；圖 13 則顯示 MCSs 恰位於 850 hpa ~ 500 hpa 微弱厚度梯度區，但為中度厚度梯度區之南方。

(4) 後退（向後發展）型

圖 14 為 6月 15日 0400 UTC ~ 0800 UTC 之逐時衛星雲圖顯示，位於臺灣東北方海面之 MCSs，其移動和發展方向在連續衛星雲圖上很明顯地呈現向西南發展至宜蘭外海，由對流之最冷雲頂可知，這些 MCSs 亦屬於暖雲頂之對流。

圖 15-a、-b 為 6月 15日 06Z 及 12Z 地面圖，圖中顯示 MCSs 位於地面鋒面前方，由 850 hpa 天氣圖

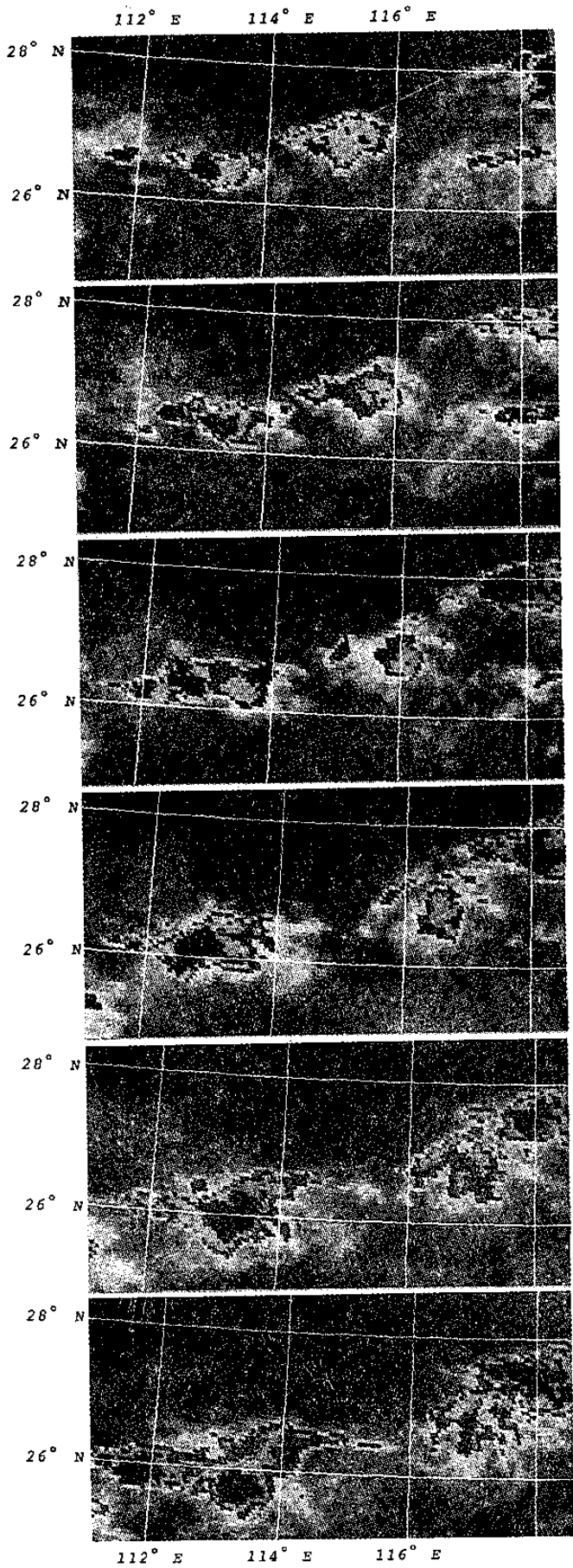
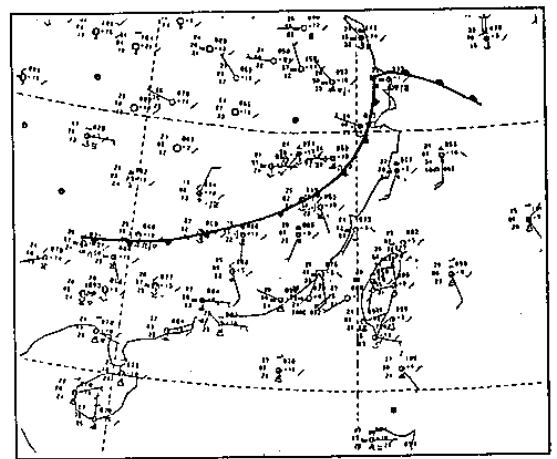
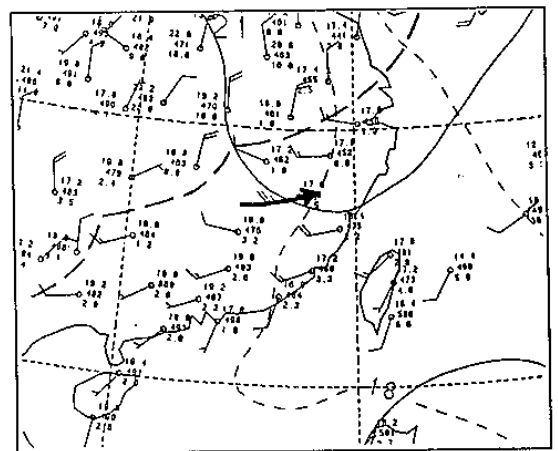


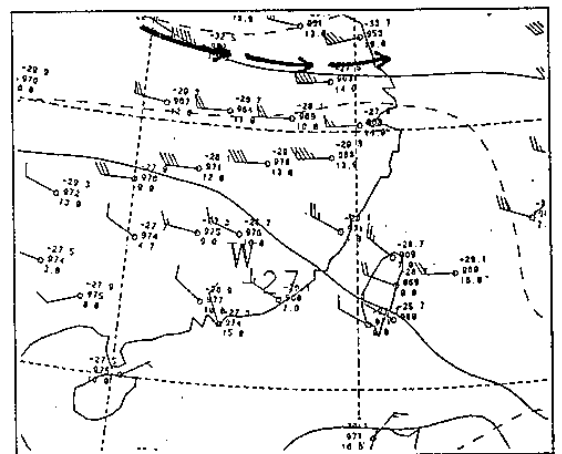
圖10 為 6月 3日 2300 UTC ~ 6月 4日 0400 UTC 每小時衛星雲圖。



(a) 地面



(b) 850 hpa



(c) 300 hpa

圖11 為 6月 4日 00Z 之地面(a) 及 850 hpa (b)、300 hpa (c) 天氣圖

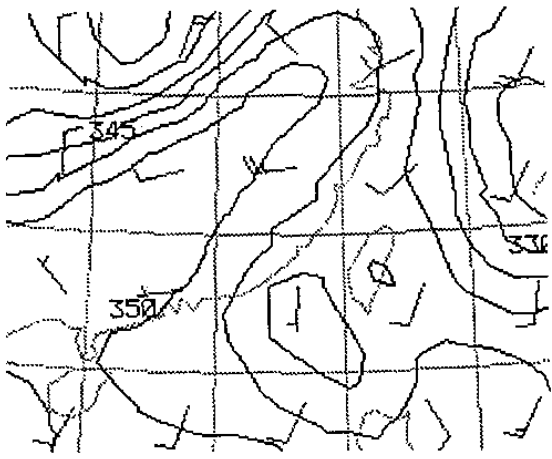


圖12 為 6月 4日00Z 之850 hpa  $\theta_e$  分析圖。

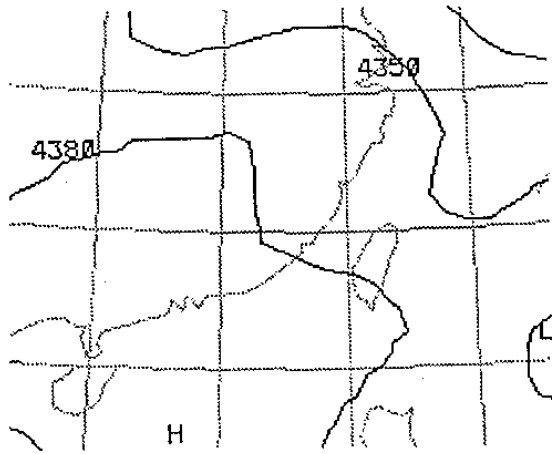


圖13 為 6月 4日00Z 850 hpa~ 500 hpa 厚度圖。

(圖15-c) 顯示低層噴流在MCSS之西南側，為此環境提供較不穩定空氣，有利於MCSS向後發展，高層300hpa之天氣圖則顯示高層噴流不明顯，但在MCSS上空呈明顯的分流唯風速較小。

由圖16之850 hpa  $\theta_e$  分析圖顯示，MCSS之所在為  $\theta_e$  脊軸東側；圖17為850 hpa~ 500 hpa 厚度圖，圖中顯示MCSS位於厚度分流區之東南方，且為微弱厚度梯度區。

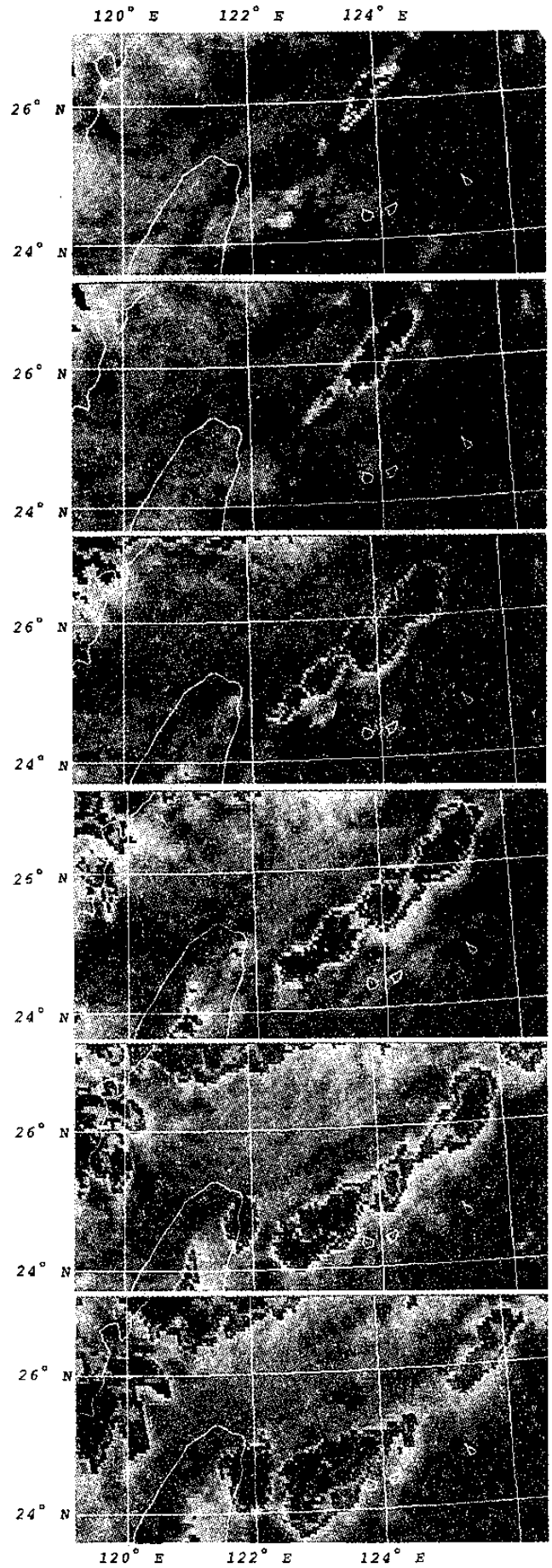
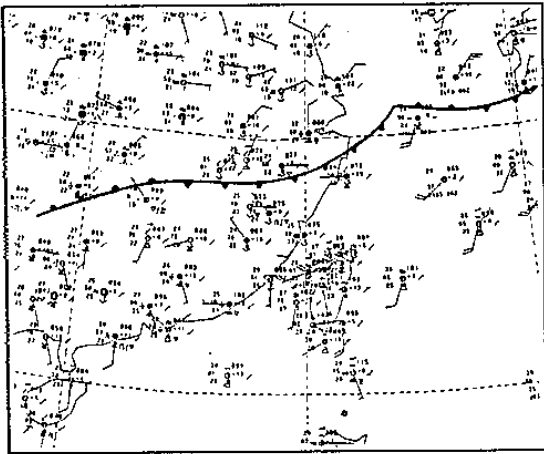
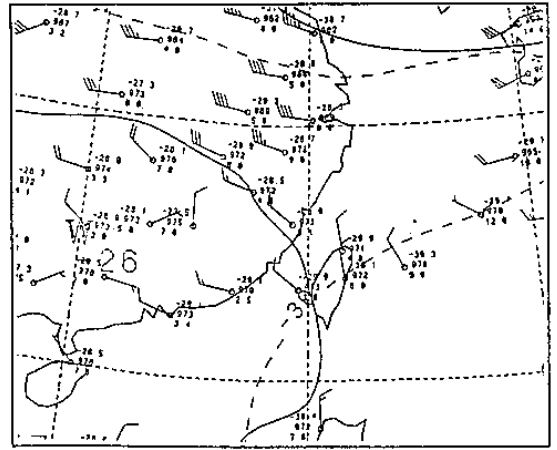


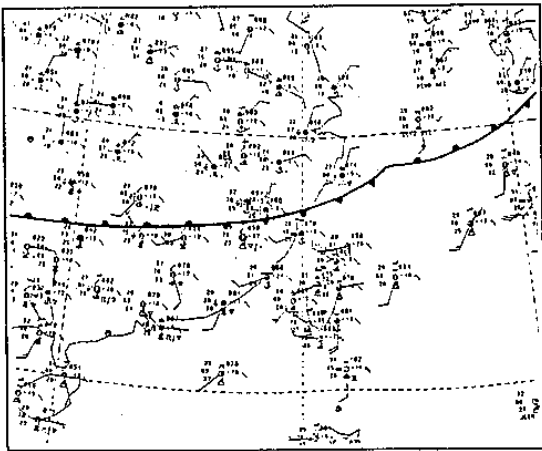
圖14 為 6月15日0400 UTC ~0800 UTC 之逐時衛星雲圖。



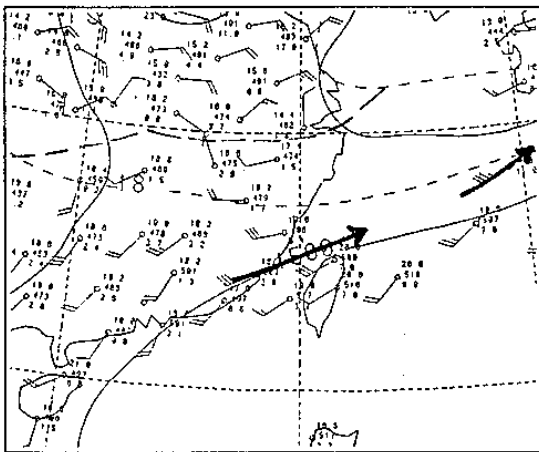
(a) 地面



(d) 300 hpa



(b) 地面



(c) 850 hpa

圖 15 (續)

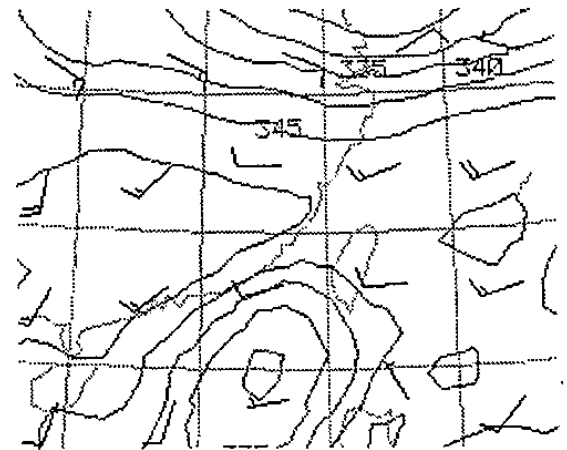


圖 16 為 6月15日12Z 850 hpa  $\theta_e$  分析圖。

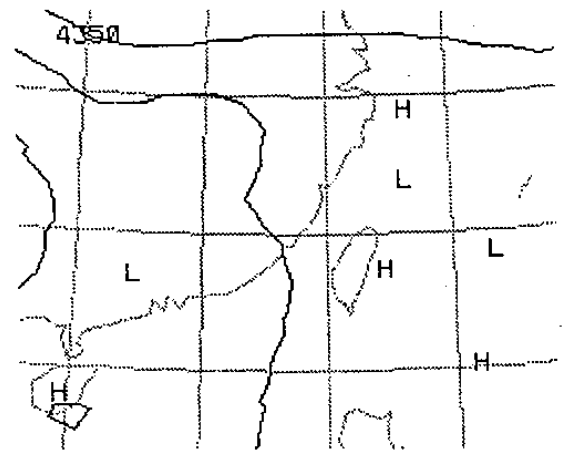


圖 17 為 6月15日12Z 850 hpa ~ 500 hpa 厚度圖。

圖 15 (a)、(b)分別為 6月15日06Z 及12Z 地面圖，(c) 為850 hpa 天氣圖，(d) 則為300hpa 天氣圖。



#### 四、討論

以下將華南及臺灣地區與美國地區MCSs的各種移動類型分別加以比較。

##### (1) 移動緩慢或滯流型

此類型所選之個案，在衛星雲圖所顯現的特徵除冷雲位置較偏西南外，其餘如移動緩慢、合併現象等則與 Jiang Shi & Scofield (1987) 所分析之特徵相同如表一所示；但在天氣圖上所顯現的特徵則有較明顯差異，由表中顯示低層強風不及美國地區之明顯，提供或維持不穩定空氣之能力較差，而高層風速弱，顯示此MCSs系統對大環境之加強作用較弱。

##### (2) 快速前進

此類型MCSs所選之個案，由表二顯示在衛星雲圖上所呈現的特徵，與美國地區之特徵比較，大致而言為相同，僅較冷雲之位置有些微差異；在天氣圖上，則同樣在MCSs下游區有低層噴流，以維持不

穩定空氣，對MCSs的下游環境提供有利的條件，致使MCSs快速向下游移動，而華南及臺灣地區有明顯的地面鋒面及850 hpa  $\theta_e$  脊軸走向與MCSs的配置，也有利於MCSs快速移向下游，在本區MCSs對高層風之加強作用亦不明顯。

##### (3) 再生型

華南及臺灣地區與美國地區此類型MCSs所顯現的雲圖特徵及天氣圖特徵並無明顯差異，如表三所示，唯850 hpa 低層噴流與MCSs之相對位置不同。

##### (4) 後退型

在本區與美國地區後退型MCSs之比較如表四，以衛星雲圖的特徵而言大致相同，在天氣圖上的特徵亦無明顯差異。

經由以上之比較分析可知，在本區及美國地區MCSs移動類型之分類中，快速前進型、再生型及後退型在衛星雲圖及天氣圖之特徵幾乎相同，沒有非

表一 緩慢前進或滯留型本區與美國衛星特徵與天氣圖特徵之比較。

	華南及臺灣地區	美國地區
衛星雲圖特徵	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 緩慢向東或東南移動。</li> <li>○ 較冷雲位於MCS 西南部份。</li> <li>○ MCS 之間有合併現象發生。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 緩慢往下游（一般向東或東南）移動。</li> <li>○ 較冷雲位於MCS 西側部份。</li> <li>○ 經常在MBE (Meso-Beta element) 內發生 merger 現象。</li> </ul>
地面及高空圖特徵	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 有地面鋒面存在。</li> <li>○ MCS 在微弱至中度厚度梯度南方，等厚度線呈“分流”現象。</li> <li>○ 高層強風不明顯。</li> <li>○ MCS 之移動平行於850~300 hpa 等厚度線。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ MCS 西側邊緣有850 hpa 強風帶（低層噴流），以維持不穩定空氣。</li> <li>○ PVA（最大正渦度平流）中心可有可無。</li> <li>○ 厚度線呈現“分流”，且接近於微弱至中度厚度梯度之南方。</li> <li>○ 高層強風區之南方。</li> <li>○ SFC boundary 可有可無。</li> <li>○ MCS 之移動平行於850~300 hpa等厚度線。</li> </ul>

表二 同表一，但為快速前進型。

	華南及臺灣地區	美國地區
衛星雲圖特徵	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 快速往向東（下游）移動。</li> <li>○ 較冷雲位於MCS 之中或南部位。</li> <li>○ 沒有合併現象。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 快速往下游（一般向東或東南）移動。</li> <li>○ 較冷雲位於MCS 東、南或西南部位。</li> <li>○ 通常沒有合併現象。</li> </ul>
地面及高空圖特徵	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ MCS 前緣（下游）有 850 hpa 強風帶（ 40 Kts ），以維持不穩定空氣。</li> <li>○ 位於中度厚度梯度之南方。</li> <li>○ 有地面鋒面。</li> <li>○ MCS 沿著 850 hpa <math>\theta_e</math> 脊軸發展。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ MCS 前緣（下游）有 850 hpa 強風帶（低層噴流），以維持不穩定空氣。</li> <li>○ 有 PVA（最大正渦度平流）中心。</li> <li>○ 東北--西南走向之等厚度線，具有中度厚度梯度。</li> <li>○ MCS 之北方有中至強烈高層風。</li> <li>○ SFC boundary 可有可無。</li> </ul>

表三 同表一，但為再生型。

	華南及臺灣地區	美國地區
衛星雲圖特徵	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2 個以上之MCS 連續在同一地區發展且通過該區。</li> <li>○ MCSs 往下游移動。</li> <li>○ MCSs 之尺度較小，且為暖雲頂。</li> <li>○ MCSs 沿著綜觀尺度之邊界發展。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 24 小時內有 2 個或 2 個以內）上之 MCSs 在同一地區發展且通過。（不同之 MCSs ）</li> <li>○ MCSs（通常尺度較小，且為暖雲頂）往下游移動。</li> <li>○ MCSs 通常沿著中尺度或綜觀尺度之邊界發展。</li> </ul>
地面及高空圖特徵	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 850 hpa 強風（ 25 Kts ）出現在 MCS 發展區之下游。</li> <li>○ MCS 在中度厚度梯度之南側發展。</li> <li>○ MCS 之移動平行於 850~300 hpa 等厚度線走向。</li> <li>○ 位於 <math>\theta_e</math> 脊軸之東南側。</li> <li>○ 有地面鋒面。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 850 hpa 強風帶持續地攜帶不穩定空氣進入 MCSs 發展區（沿著暴雨區西方之邊界）。</li> <li>○ 在 MCS 區有數個微弱之 500 hpa PVA 中心呈 NE--SW 走向。</li> <li>○ 在東西走向中度厚度梯度之南。</li> <li>○ 位於高層噴流之南。</li> <li>○ MCS 之移動平行於 850~300 hpa 等厚度線及 / 或 <math>\theta_e</math> 脊軸。</li> <li>○ 中高層風微弱。</li> <li>○ 有微弱之地面邊界。</li> </ul>

表四 同表一，但為後退型。

	華南及臺灣地區	美國地區
衛星雲圖特徵	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ MCS 西南側有較小尺度 MCS 沿外流邊界發展。</li> <li>○ 較冷雲頂在 MCS 西南部位，砧雲殘餘 (anvil debris) 則在東側。</li> <li>○ 沿著外流邊界對流胞輪流與 MCS 合併，而導致 MCS 往西移動。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ MCS 西側有綜觀或中尺度外流邊界，較冷雲頂在 MCS 西側部位，砧雲殘餘 (anvil debris) 則在東側。</li> <li>○ MCS 西側有較小對流胞沿著外流邊界發展。</li> <li>○ 沿著外流邊界之對流胞，輪流與 MCS 合併，而導致 MCS 往西移動。</li> </ul>
地面及高空圖特徵	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ MCS 沿著 <math>\theta_e</math> 脊軸向西南發展。</li> <li>○ 850 hpa 強風軸 (30 Kts) 在 MCS 西南方。</li> <li>○ 位於 850 ~ 500 hpa 厚度分流區，且具有中等厚度梯度。</li> <li>○ 高層風微弱。</li> <li>○ MCS 在 850 hpa <math>\theta_e</math> 脊軸之右側 (東南方) 形成。</li> <li>○ 微弱地面鋒面。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ MCS 沿著脊軸後退。</li> <li>○ MCS 向較高 <math>\theta_e</math> 值、較高的地面至 700 hpa 溫度區、較低不穩定度、較高的濕度區和低層最大風速區後退。</li> <li>○ 在厚度分流區及東西走向之中等厚度梯度之南側。</li> <li>○ PVA 不正常地出現。</li> <li>○ 高層風微弱。</li> <li>○ 地面至 850 hpa 之風順轉。</li> </ul>

常明顯的差異，而有比較明顯差別的則是緩慢前進或滯留型的 MCSs 形成當時的低層環境，即本區之 850 hpa 強風帶不顯著，另外在高層噴流所顯現的強度上，則顯示本區 MCSs 對大尺度環境的加強作用較弱。

由 850 hpa  $\theta_e$  分析結果顯示，無論 MCSs 之移動方向如何，皆位於高  $\theta_e$  值區，且在脊軸附近發展；而此高  $\theta_e$  值由 ITCZ 經孟加拉灣越過中南半島至華南及臺灣地區，或經南海、菲律賓群島而至臺灣地區，此即所謂之熱帶相連 (Tropical connection；參閱 Chi & Scofield；1992) 這種相連現象在水汽頻道觀測呈柱狀，稱為水汽柱 (Water vapor plume)，在紅外線雲圖則可見 ITCZ 或中南半島一帶對流相當旺盛，為本區帶來豐富之水汽，提供了 MCSs 發展之所需。

由 850 hpa ~ 500 hpa 厚度圖之分析顯示，快速前進或再生型 MCSs 之形成或發展，皆位在微弱至中度的厚度梯度南方，並沿著等厚度線之走向而移動，顯示均勻溫度梯度分佈的南側，有利於 MCSs 的形成與發展，導引 MCSs 沿等厚度線向下游移動；而緩

慢前進或滯留型以及後退型 MCSs，等厚度線分佈呈現 "分流" 型，顯示該區溫度梯度很小，溫差不明顯，不利於 MCSs 之形成、發展。

### 五、結論

經由以上之分析及討論，對於華南及臺灣地區 MCSs 各移動類型之環境條件分析，可得下列的結果：

1. 在上列四個各案中皆存在地面鋒面，而 MCSs 亦沿著此邊界而移動與發展，顯示 MCSs 在本區之形成環境條件中，地面鋒面仍為重要之因素。
2. 西南風低層噴流對本區提供不穩定之暖濕空氣，形成有利於 MCSs 發展的環境，但對於 MCSs 移動方向之影響較則不顯著。
3. 高層風微弱或噴流不明顯，顯示其對 MCSs 的加強作用效果不大，而 MCSs 形成後對環境的影響亦不顯著。
4. 850 hpa  $\theta_e$  分析顯示，在梅雨期熱帶相連的現象很明顯，在  $\theta_e$  脊軸附近具有豐富之水汽，有利於 MCSs 形成。
5. MCSs 位於 850 hpa ~ 500 hpa 厚度 "分流" 區，由於溫度梯度很小，溫差不明顯，較不利於 MCSs

之形成、發展，故MCSs緩慢移動或滯留或向後移動；而位於微弱至中度厚度梯度之南側之MCSs，由於溫度梯度分佈均勻，溫度有明顯差異，有利於MCSs的形成與發展，故而沿著等厚度線向下游移動。

### 參 考 文 獻

Chi Shui-Shang & R. A. Scofield, 1991: Study of the Mesoscale Convective System (MCSs) Propagation Characteristics over Subtropical China during Taiwan Mei-Yu Season. International Conference on Mesoscale Meteorology and TAMEX.

Jiang S. and R. A. Scofield, 1987 : Satellite observed mesoscale convective system (MCS) propagation characteristics and a 3 -12 hour heavy precipitation forecast index. NOAA/NESDIS Tech. Memo., 20, US Dept. of Commerce, Washington, DC. 43 PP.

Scofield, R.A. 1987: The NESDIS operational convective precipitation estimation technique. Mon. wea. rev., 115, 1773-1792.

Xie, Juying and R. A. Scofield, 1987 : Satellite-driven rainfall estimates and propagation characteristics associated with Mesoscale Convective Systems (MCSs). NOAA/NESDIS Tech. Memo., 25, US Dept. of Commerce, Washington, DC, 49pp.

**A STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN MCSS AND THE PATTERN OF  
THE ENVIRONMENTAL THICKNESS AND THE EQUIVALENT POTENTIAL  
TEMPERATURE DISTRIBUTION**

**Chain-wen Wu and Shui-Shang Chi**

**Meteorological Satellite Center, Central Weather Bureau**

**Abstract**

This study analyzes the movement of MCSs that occurred in Taiwan and southeastern China during 1992 POST-TAMEX period. To probe the environmental effects on a MCS's movement, we utilize the conventional surface observation and vertical sounding data as well as the thickness between 500 hpa and 850 hpa and the 850 hpa  $\theta_e$ .

The result shows plenty of moisture in the vicinity of the ridge of the potential temperature field. This favors the development of MCSs; The region south to a weak to moderate thickness gradient area favor for the initiating and developing of MCSs. Therefore, fast forward moving and regenerated MCSs move downstream. While the thickness distribution shows a "diffluent" pattern, i.e. a weakening on the temperature gradient, the formation and development of MCSs are suppressed. Therefore, the slow forward moving/standing and backward types moves upstream. All these propagations are along the iso-thickness line.

