

民國70年五月二十八日豪雨 與中範圍天氣系統之關係

劉廣英

摘 要

中範圍天氣系統無論在垂直運動、系統發展或移動方向，都與綜觀尺度者不同，而局部性及劇烈性的天氣均與它們有密切的關係，頗值深入探討。本文即利用民國70年5月28日發生在桃園新竹間的豪雨個案，透過傳統分析方法，探討中範圍系統在此事件中的可能作用，並進一步瞭解中尺度系統的一些特徵。分析結果顯示，豪雨並不在中尺度低壓中心，而偏在中尺度高壓的一邊，此一結果不但使我們得知中範圍系統確對豪雨的促成有相當的作用，亦瞭解到它們結構上的一些特徵，對後續研究是一大鼓勵。

一、前言

在與張等（1982）分析民國70年5月28日桃園至新竹地區豪雨時已察覺中尺度高低壓系統與該次豪雨有密切的關係，而且該分析結果顯示最大降水區並不與中尺度低壓中心相配合而有偏向相鄰中尺度高壓區之傾向。此顯示中尺度的天氣現象與我們熟知的綜觀尺度天氣現象具有不同的特性。關於這方面的研究國外很多（陳，1982；廖1982），而國內近年來也有不少學者專家（廖與嚴，1982；徐與賀，1981；徐等，1982；林等1982）從事這方面的分析與探討，所獲成果亦甚可觀。由於中小尺度系統常伴有劇烈天氣（如豪雨），影響國計民生甚大，相信國內在此種問題的研究上將來會投入更多的精力，其收穫是可以預期的。

基本上來說，中尺度擾動發生在有利的綜觀尺度系統中，台灣處於我國華南至日本西南部之副熱帶潮濕區內（廖、嚴，1982），不但易生成對流性降水及雷暴，更易受到源自華南地區中尺度擾動的影響，「五二八」豪雨就是一次很好的例子。本文之目的係利用此一個案顯示一些中尺度系統形成局部性暴雨的特徵，並探討一些分析中尺度天氣系統應注意的事項。分析將按綜觀天氣圖形勢，大氣中尺度運動的特性，中尺度系統在「五二八」豪雨

中的作用及其可能機制的次序進行，希望能由而對此種系統有所瞭解，更願有助於今後對局部性豪雨的預報。

二、豪雨的時間與空間分析

曲（1981）定訂時雨量等或大於20mm及等或大於50mm為一小時豪雨及暴雨，三小時累積雨量達40mm或以上而其中至少有一小時降水達20mm或以上者稱為三小時豪雨；三小時累積雨量達100mm或以上而其中至少有一小時的降水量為50mm或以上時則稱為三小時暴雨。同時，由分析15次個案得知（曲，1982），以上豪雨或暴雨都有最大中心或軸線，二者且會移動。上述現象在「五二八」個案中亦甚顯著。以下謹以逐時降水的空間分布圖分析之。

圖1為5月28日當地時間05、09、11及13的時雨量分布圖。0500 LST時大雨中心在桃園，新竹為次中心，是當日豪雨的第一波，只持續三個小時（04-06 LST）；最大中心04在新竹，05在桃園，06又回到新竹，二地間地帶即大雨軸上雨量甚可觀。在0800 LST桃園降水強度達一小時暴雨強度，是當日豪雨第二波的開始，0900 LST時間暴雨中心移至石門水庫，即由平地進入山區，1100 LST時中心移至新竹，此第二波豪雨的軸線

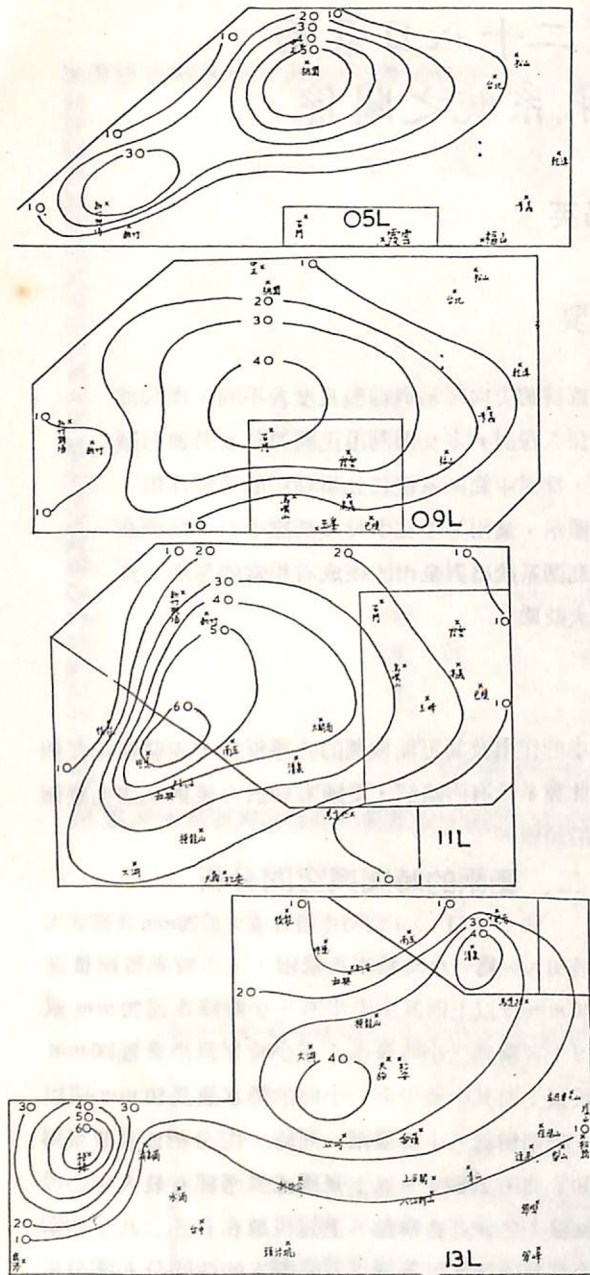


圖 1 民國 70 年 5 月 28 日 05、09、11 及 13 LST 時間降水區及最大降水中心變化。

約成西南西至東北東走向，並逐漸向南移，至 1300 LST 時已移至台灣中部。

由以上分析可獲得以下幾項特徵：(一)「五二八」豪雨在時間上有兩次最大且均達到暴雨的強度；(二)大雨中心大部分時間在桃園至後龍間的平坦地區，僅 0900 LST 曾東移至石門水庫山區；(三)大雨軸在 1100 LST 前變化不大，以後即向南移，於

1300 LST 移到梧棲向東至梨山一線後豪雨即停止。上述特徵可為大氣中蘊藏有適於發生豪雨系統的直接證據之一，而該系統的南移應係受到北來冷空氣逐漸進入台灣北部的影響。

三、綜觀天氣圖形勢

「五二八」桃園至新竹地區的豪雨與冷鋒前中尺度擾動(廖、嚴，1982)有密切的關係。圖 2 是 5 月 25 日 1800 GMT 時間的地面天氣圖，當時綜觀尺度的低壓中心在河套東部，冷鋒由此中心西伸至甘肅。值得我們注意的是有一脊線自廣東西部向北西伸展到冷鋒前的四川，在該脊線的兩邊都有一中尺度低壓 (L_1 及 L_2)，而且降水(圖中斜線區)發生在二低壓中心的東方即南來氣流的部分。至 5 月 26 日 1200 GMT (圖 3) L_1 已南移至長沙南方，時速約 17 公里， L_2 中心則無甚移動。圖 4 是 5 月 27 日 0000 GMT 時間的地面天氣圖，此時 L_1 及 L_2 均因冷鋒移入而減弱消失，但冷鋒前 L_3 及 L_4 處則正有新的中尺度低壓生成，此二低壓均向東南東移動，至 27 日 1200 GMT 時(見圖 5)已分別移至廣東西部 (L_4) 及福建沿海 (L_3)，深值注意的是有另一低壓 (L_5) 在台灣北端，主要的降水區就在 L_3 與 L_5 之間。

為確定各中尺度低壓的移動狀況，分析中利用 $1^\circ \times 1^\circ$ 網格以主觀的方法讀取氣壓值，繪成 5 月 26—28 日平均圖，而後再分繪每六小時的距平圖，所得結果可證實上述諸中尺度低壓都是存在的，圖 6 就是其中 5 月 27 日 1200 GMT 的一張距平圖，圖中 L_3 、 L_5 及伴隨鋒面的低壓中心(黃海與東海間)均有明確的顯示，而圖 7 就是根據地面分析圖及距平圖繪成的 L_1 、 L_3 、 L_5 的路徑圖。

由以上分析可見中尺度低壓相當活躍，各低壓由初生到成熟而後消散的時間約為 30 小時；初生時範圍小且中心氣壓與周圍氣壓相差不大，而後範圍增大氣壓下降，待到達相當強度後又趨於縮小填塞。不過上述範圍的變化並不規則，而氣壓的變化也很小，在前述各中尺度低壓中， L_1 氣壓約由 1006 mb 降至 1003 mb 是氣壓變化最明顯的一個， L_4 則是範圍變化最大的一個。此種變化中尚含有日變化的影響，因

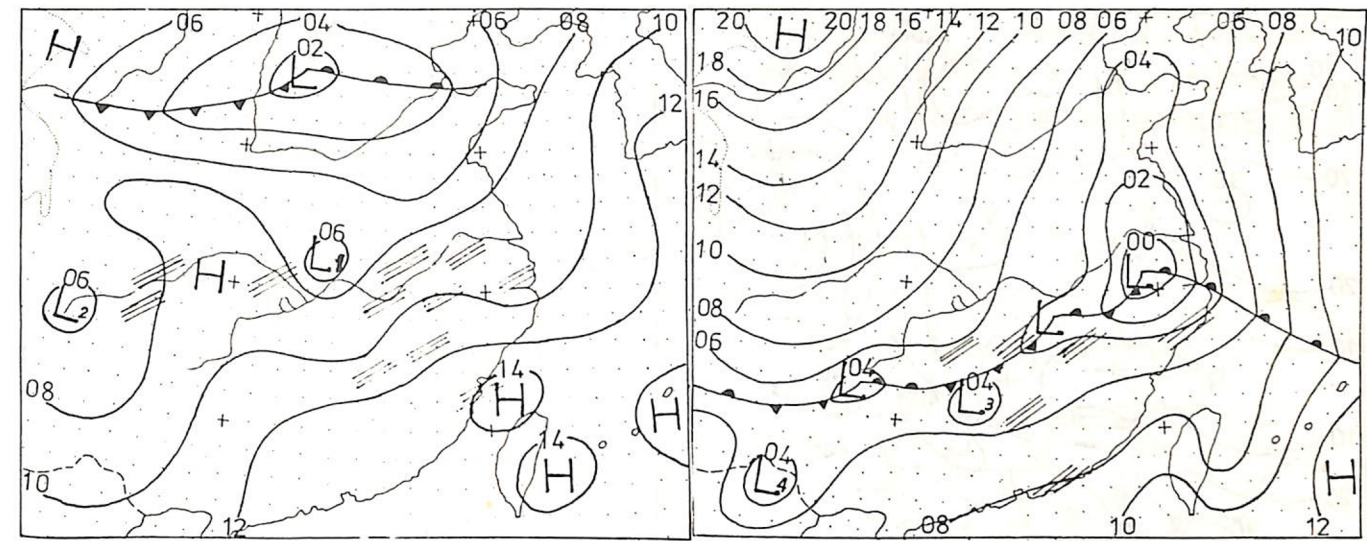


圖 2 5 月 25 日 1800 GMT 地面天氣圖

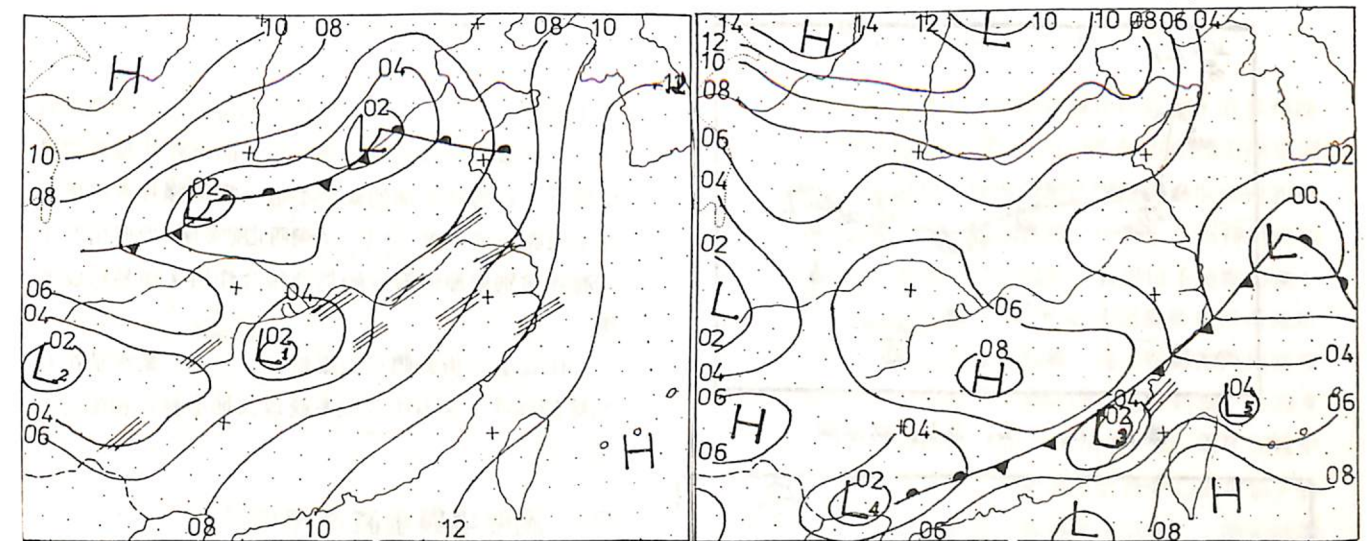


圖 3 5 月 26 日 1200 GMT 地面天氣圖

而其真正的變化情形尚需詳加觀測分析。

以上系統的垂直範圍很小，加以高空觀測資料較地面尤為缺少，因而在 850 mb 以上就很難分析得出來，至於其垂直結構如何也就更難由天氣圖中找到答案，但在高空圖中仍有形成降水的特徵，那就是低層西南強風及其軸線的變動，以及高層風場的適當配合。圖 8 為 26 及 27 日 0000 GMT 時間 850 (實線) 及 700 mb (虛線) 圖上風速 ≥ 30 Kts 的分佈圖，由圖可見低層西南噴射氣流在 27 日已移近台灣，當時的主要特徵有二，即 700 mb 強風區較

圖 4 5 月 27 日 0000 GMT 地面天氣圖

圖 5 5 月 27 日 1200 GMT 地面天氣圖

850 mb 者略偏南且伸至台灣北部，其次則是在長江下游南方 700 mb 面上有一西北強風區，前者顯示低層有旺盛的暖平流，而後者則使二強風區間產生強烈的輻合，此一輻合區於 27 日 1200 GMT 時南下至福建，並由於另有一股新鮮冷空氣自北北西方伸入湖南，在長沙南方形成一類似包圍的輻合區(劉、陶，1982)，在此狀況下對流是相當旺盛的。圖 9 是 5 月 27 日 1200 GMT 時 850 (斷線)，700 (斷點線) 及 300 mb (實線) 我國東南至台灣地區強風區分佈圖，由圖可見：(一)低層西南強風區處在台灣西方

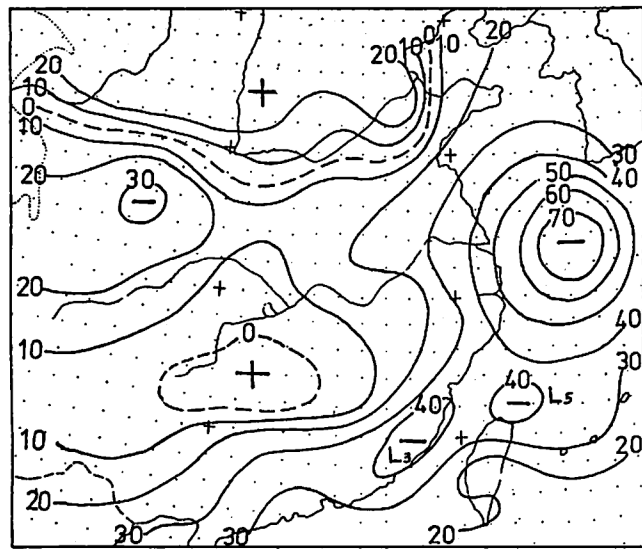
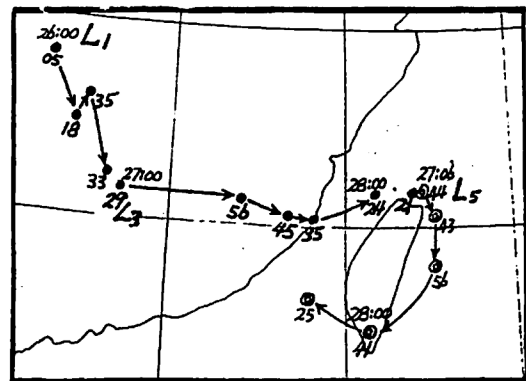
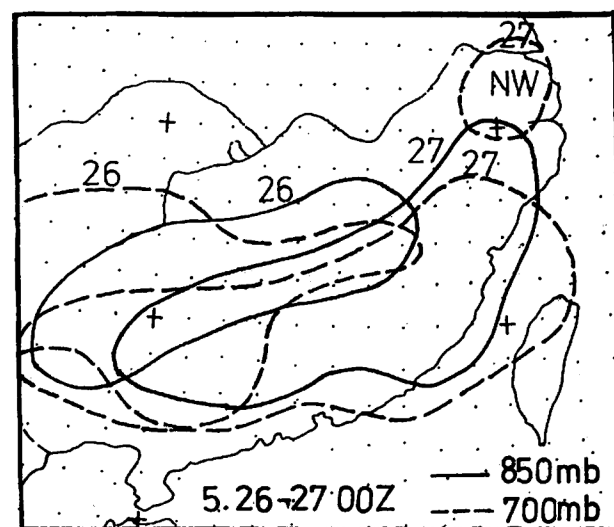
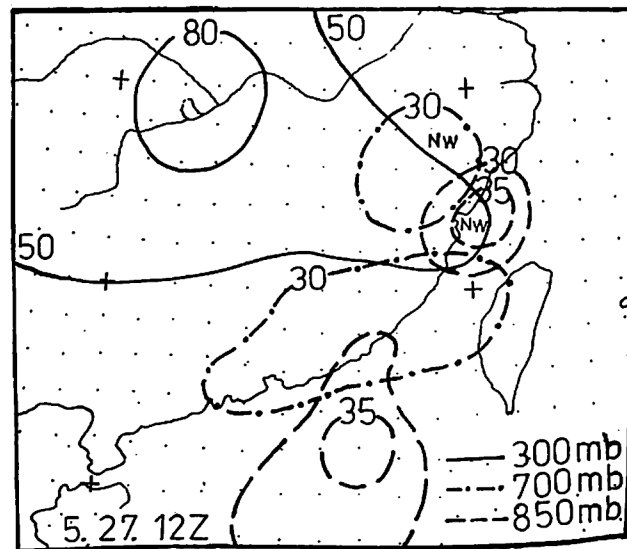


圖6 5月27日1200GMT地面距平圖

圖7 L₁、L₂及L₃路徑圖圖8 5月26-27日0000GMT時間850及700mb
強風分布及軸線移動圖圖9 5月27日1200GMT時間850、700及300
mb 強風及軸線分布圖

及上游鄰近地區，北端且與福建北部的西北強風區合流；(二)高層強風軸通過台灣北端外海。在此種高空風配置下，台灣西北部的輻合不但一定很強且水汽極充沛，而在上述條件下，加上台灣西北部尚有(一)地形抬升；(二)海陸差別摩擦所形成的局部輻合作用，極易形成豪雨。

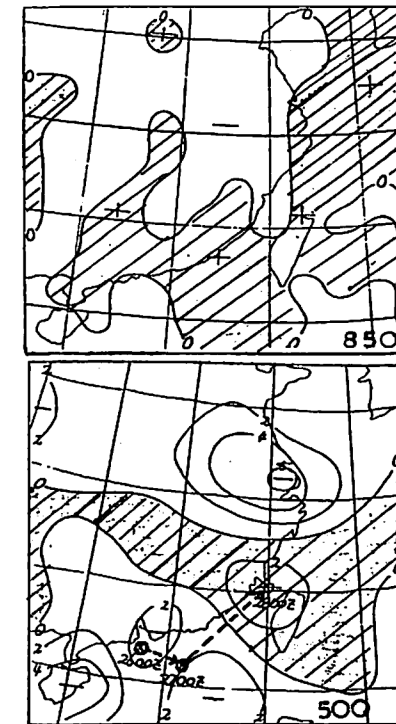
由以上分析我們可以瞭解「五二八」豪雨是在有利綜觀條件下又有中尺度系統以及地形條件相配合下的產物。

四、渦度場與垂直速度場分析

為驗證上述分析結果，我們也分析了相關期間的渦度及垂直運動。在計算渦度時係採用地轉近似，故所得結果只能代表綜觀尺度或中尺度系統所在環境的渦度場。圖10即為5月28日0000GMT時間850mb及500mb的渦度圖，其中850mb者為自行計算的結果，而500mb則採用日本氣象廳所計算的結果。由圖可見相關地區850mb層在負渦度區邊緣而500mb則正落在正渦度區內，渦度平流隨高度增加量是增加的。圖11係根據桃園探空資料計算出的5月26至28日，850、700及500mb地轉渦度的時間變化圖，此處特別值得我們注意的是5月27日1200GMT及28

日0000GMT時間，850mb層均為負渦度，而5月28日的豪雨集中於當日當地時間05至13之間，如果說此一渦度分布確具意義，則正與前述降水偏向高壓的一側相配合。由於觀測時距太長，此種配合有待進一步驗證。

圖12為同一時段內850mb及700mb的垂直運動分布圖，也是採用準地轉估計，且由於大範圍之垂直速度主要作用係對中尺度豪雨發生前的強制誘導，故潛熱釋放過程不予考慮。由圖可見台灣西部地區自27日0000GMT時間起即處於上升氣流區內，根據陳等(1982)分析顯示中尺度擾動移入有利的環境中時強度會增加，所以由華南沿海移來的各中尺度低壓到達台灣西北部時，無論綜觀環境或地形條件對它們都有增強作用。

圖10 5月27日0000GMT850及500mb 渦度圖
(取自張等，1982)

五、中尺度的垂直結構

為探討中間尺度的垂直結構，我們特以地面圖上L₃27日0000、1200GMT及28日0000GMT三次資料的中心為原點分析東西方

向的高度、溫度距平合成剖面圖，並分析桃園(或板橋)26-28日的相當位溫(θ_e)、混合比(q)、溫度露點差($T - T_d$)，以及風向風速之時間剖面圖，所得結果如圖13及14。

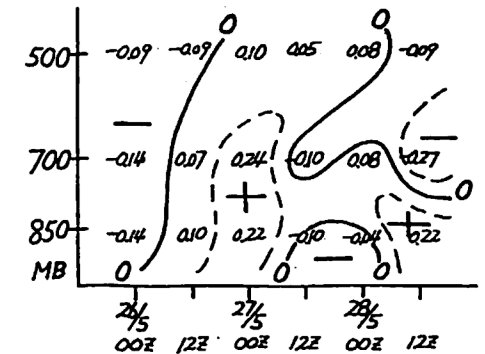


圖11 5月26-28日桃園地轉渦度剖面圖(取自張等，1982)

由圖13可見L₃在中低層比較明顯，其東西向的水平尺度約300公里，中心隨高度略微有向東偏的現象，即略有與中緯度斜壓波槽線隨高度偏向相反的情形，此等分析大致與丘等(1982)所得結果相同。至於溫度結構亦可由同圖中獲得以下幾點印象：(一)自地面至500mb L₃中心的溫度較東西兩側均高即在東西方向上是暖心結構，高空暖區約與相當層面上負距平中心相配合，亦即偏在地面低壓中心的東方。高空暖中心約在700mb高度；(二)近地面暖中心偏在低壓中心東方，與更東方之冷中心間有很大的溫度梯度，此溫度梯度約維持至850mb，顯示該層內有很強的熱力風作用，而且是暖平流，有上升運動，即最大上升氣流發生在中尺度高低壓系統偏高壓的一邊，此結果與地面觀測現象相符；(三)低壓中心西方自700mb以下為冷區，以上為暖區，該暖區中心隨高度向東傾斜；(四)高層冷心亦向東偏且低溫區偏在高度負距平的東方。

圖14之1-4圖是5月26日-28日根據桃園探空所作的相當位溫(θ_e)、混合比(q)、溫度露點差($T - T_d$)以及風向風速之時間剖面圖。由圖可見(一)27日1200GMT以前台灣北部不穩定層有二，即自地面至850mb及700至500mb兩層，在二不穩定層間，亦即自850mb至700mb間大氣層結構相當穩定(見圖14-1)，此現象在27日0000GMT時最明顯，

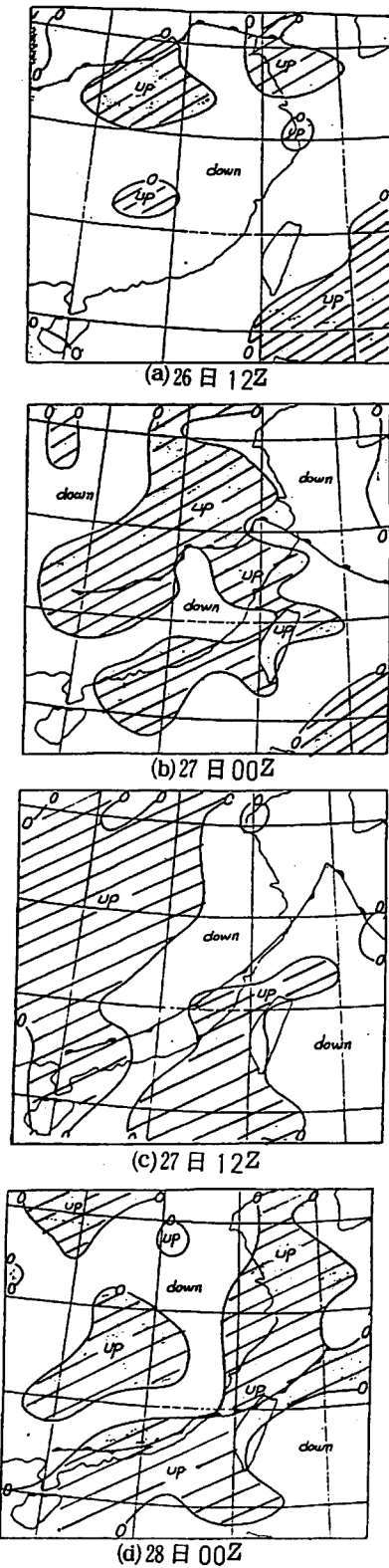


圖12 5月26-28日850-700mb 垂直運動圖(取自張等, 1982)

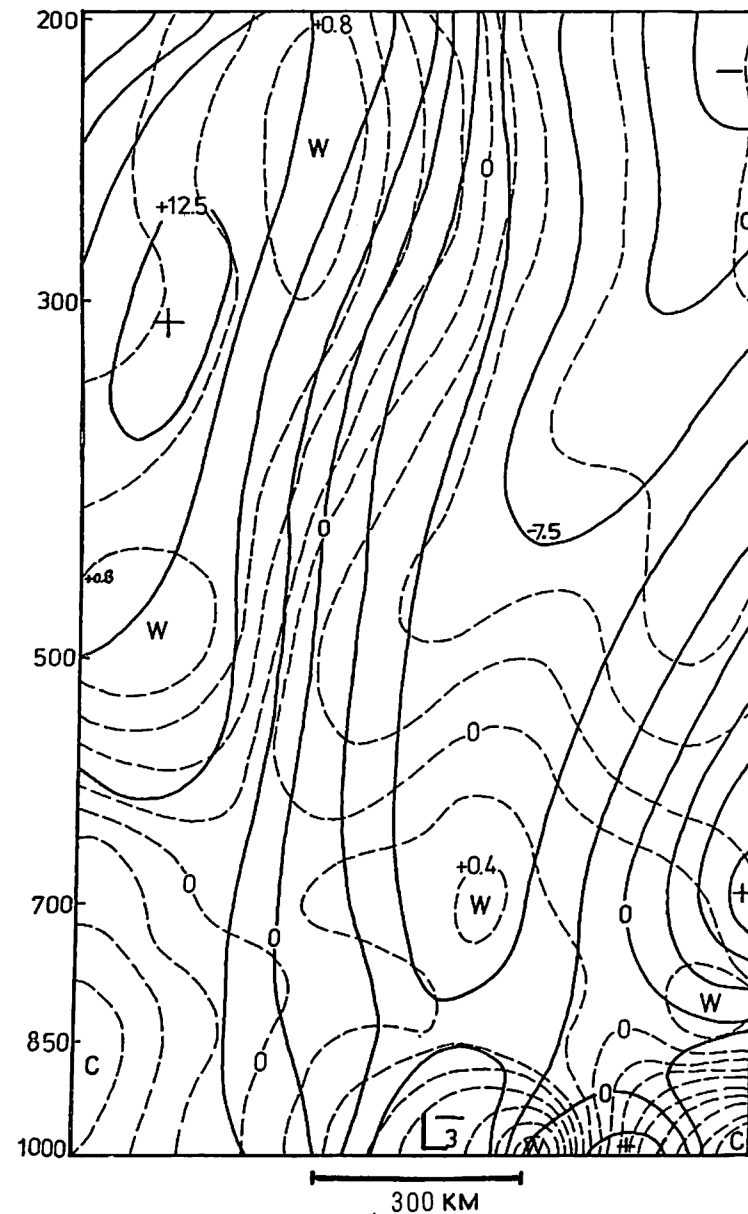


圖13 27日0000、1200及280000GMT 時間以L₃為中心之高度及溫度距平空間剖面圖。
—— 高度, 間隔 2.5 GPM
--- 溫度, 間隔 0.2°C

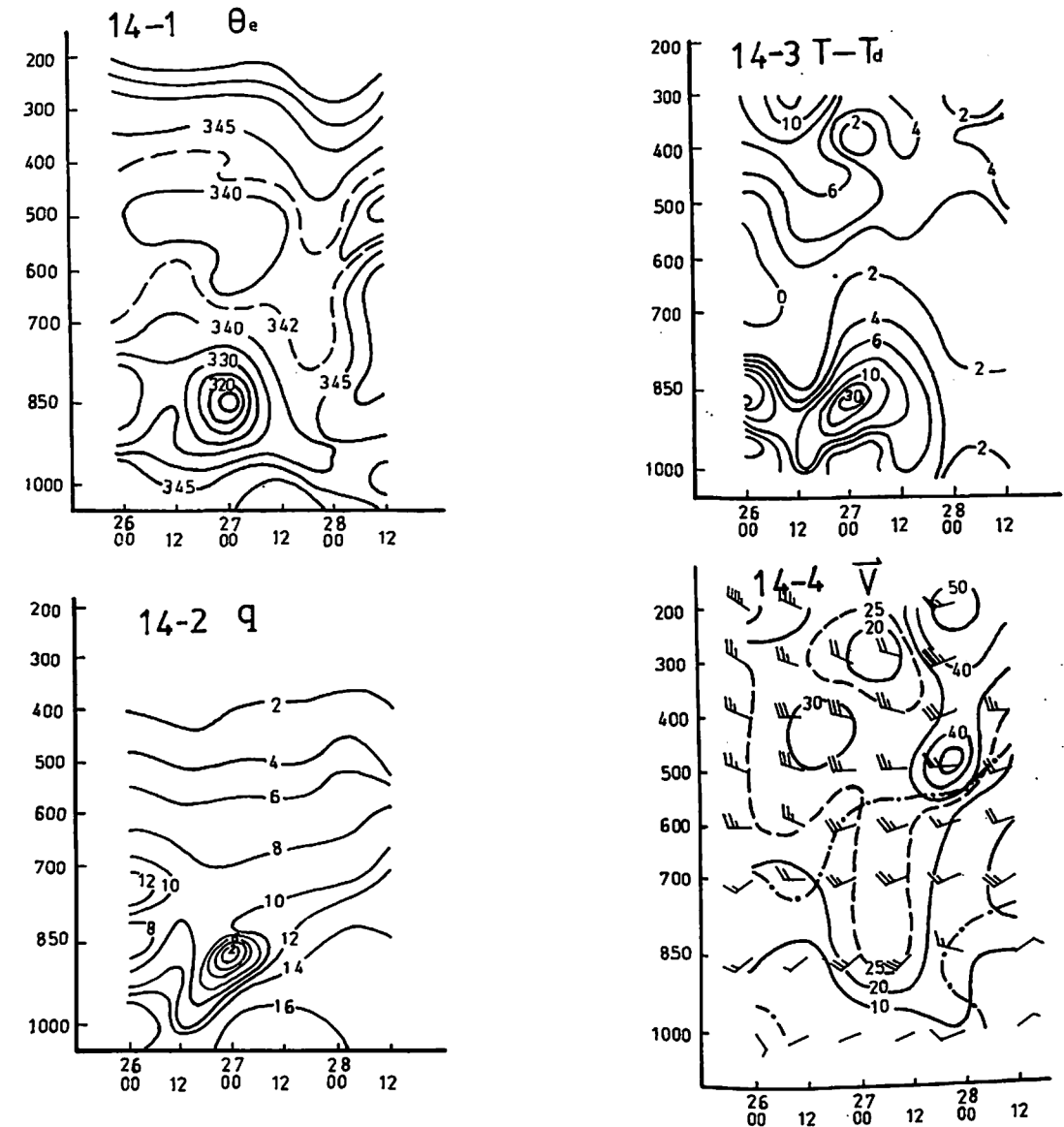


圖14 5月26-28日台灣北部 θ_e 、 q 、 $(T-T_d)$ 及 $\vec{V}$ 的時間剖面圖

此種垂直結構不但有利於水汽在近地層集中, 且一旦有足夠的激發能量可打破穩定層時, 對流就會很強且厚度亦大。27日1200GMT至28日0000GMT期間穩定層及其上方的不穩定層均顯著下降, 且穩定層厚度亦減小甚至消失, 最有利於較深厚之對流, 豪雨發生的時間正與此時段相配合。28日1200GMT時600mb以大氣層已完全穩定, 顯示中尺度系統已併入梅鋒, 台灣北部大雨亦已結束。(c)大氣中的水份含量及分布可由圖14-2混合比的分布圖中觀其特徵。圖中顯示穩

定層使水份在近地層集中, 至降水開始後中層水份顯著增大, 影響高度約至500mb。(d)在 q 增加的情形下由於穩定層的存在850mb附近在271200GMT以前溫度露點差很大(見圖14-3), 有利於近地層增溫增濕。(e)西南強風底自270000GMT(見14-4)下降至850mb, 280000GMT時低層強風減弱但500mb大風中心超過50KTS, 顯示中低層有豐沛的水汽輸入台灣北部上空。281200GMT時低層出現東北風, 亦顯示冷風已過境與穩定度分析

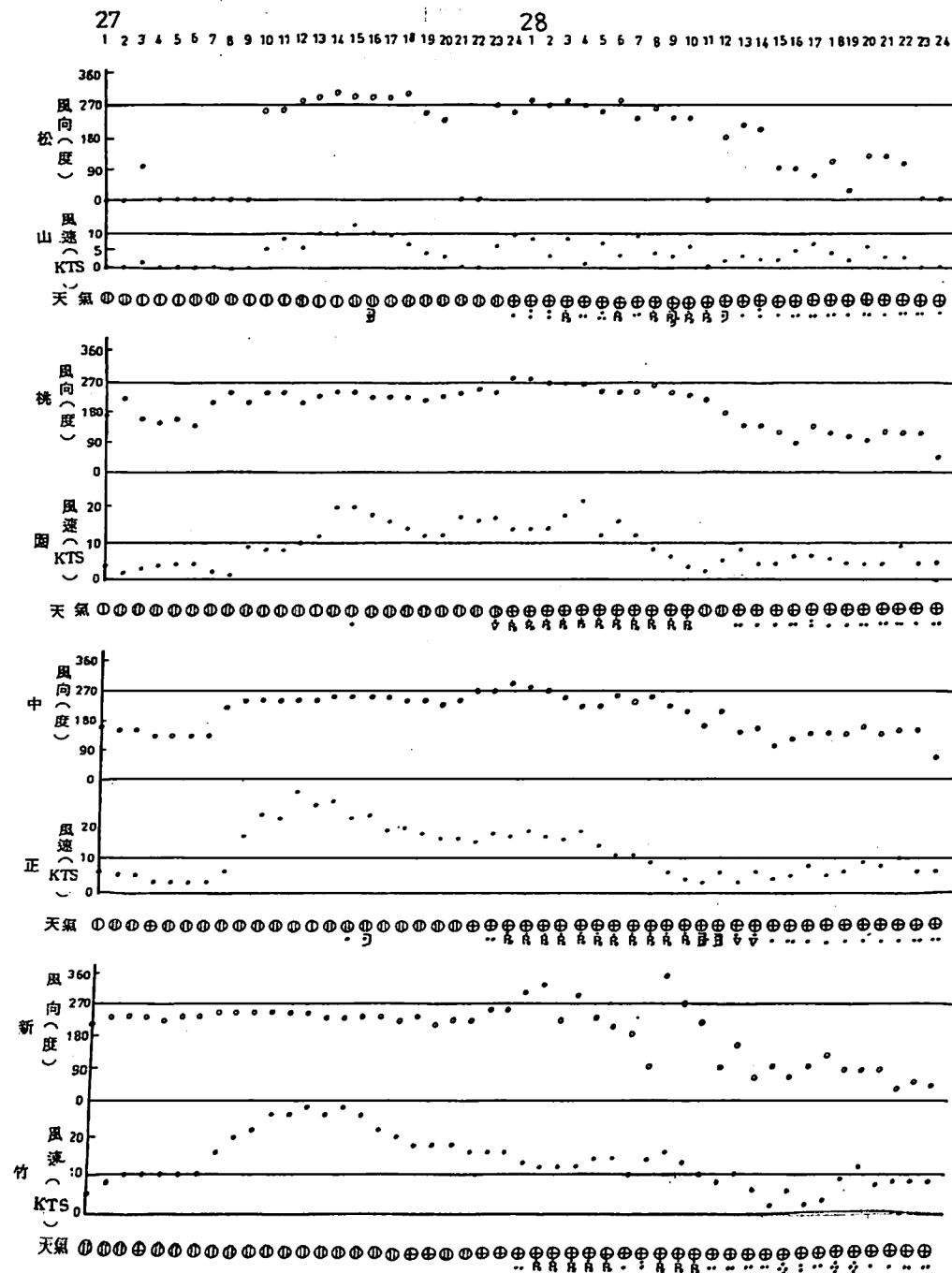


圖15 5月27-28日台北-新竹各測站地面氣象要素時間序列圖

結果(圖14-1)一致。

六、地面氣象要素演變

張等(1982)曾分析了台灣北部地區測站氣壓變化與本次豪雨的關係。圖15是台北、桃園、中正國際機場、以及新竹等四測站的氣象要素時間序列圖，由圖可見除台北盆地外各測站約於271500 GMT 時均發生風向與風速的變化，其中風向是由原來偏南的西風轉為偏北的西風，風速則先降後升，此一風變發生的時間亦正是相關測站開始降水的時間，顯示降水區與中尺度低壓(L_3)中心並不配合，而是處在 L_3 與台灣北端低壓(L_5)之間的中尺度高壓脊上(見圖5及6)，此結果與前面的分析以及張等(1982)就測站氣壓分析而得的結果相符。雖然由於現測資料空間密度不夠致不能分析詳細的流場，但由 L_3 及 L_5 配置可推知，在此二中尺度低壓間不但會有明顯的風向輻合，且為北來冷空氣與南來暖濕空氣間的輻合，有利於對流的激發。

至於台北盆地的風有兩項特點，即風速較小，大部分時間風速在5Kts左右，而風向於冷鋒過境前多在270°附近，其餘多為靜風，冷鋒過境後則為東來風，此顯示在相關時間內多係受到 L_3 的影響。

七、結語與建議

由以上分析可知，「五二八」豪雨是多種適當因素配合下生成者。這些條件中間有些是綜觀尺度的，也有些是中尺度的，作者以為中尺度系統是適當綜觀條件孕育出來的，美國Anthes(1982)教授的數值模擬就是以綜觀分析值為初始值，此可為作者想法的一種支持。總括來說，「五二八」暴雨發生前台灣地區盛行西南風，且上游地區有低層強風，而北部上空(850mb)有逆溫層，就像蓋子一般將水汽限制在近地層，至27日夜間蓋子作用消失，而中尺度擾動亦加入，乃引發一場暴雨。現在謹將「五二八」豪雨的重要特徵歸納如下：(1) 導致豪雨的系統產生於良好的綜觀環境中，此系統包

括兩個中尺度低壓(L_3 及 L_5)及中間的中尺度脊，最大降水發生在該脊線內；(2) 中尺度低壓 L_3 在東西方面呈暖心結構，東側的溫度梯度較西側大，有利 L_3 增強；(3) 高低層強風軸配置有利於 L_3 的發展，這些有利的條件包括穩定度的變化，濕度、高度、渦度、垂直運動與風場的變化等；(4) 降水開始前台灣西北部地面風，除台北盆地外，均由盛行西南風轉為偏北的西風，似顯示 L_5 （位於台灣北端）環流增強；(5) 降水中多在平地地區似顯示地形抬升作用並不重要亦即降水係隨系統而來；(6) 北來冷空氣、東北風、以及西南氣流的局部輻合對降水系統的發展有重大的貢獻；(7) 大雨中心係由北向南移動，初期移動緩慢，後期則很迅速；(8) 中尺度低壓系統最後併入冷鋒，降水即減弱並逐漸停止。

中尺度系統影響天氣及天氣預報甚大，為進一步瞭解其特性及生成發展與運動的條件，我們應改良觀測網及觀測方法，以便做正確的診斷分析進一步改進預報能力。願氣象學者多多努力，更希望能提供我們作業單位有力的指導。

八、致謝

本文撰寫中承徐天佑、張儀峯、李紀恩諸學弟大力支援，陶家瑞、陳邦正二學弟代校稿並提供意見，在此致誠摯的謝意。

參考文獻

- 林沛練、徐天佑、蔣佑良、1982：冬季雷暴的個案分析。中範圍天氣系統研討會論文集編，中央氣象局。
- 徐天佑、賀克強，1981：衛星雲圖中噴射氣流之個案分析與探討。氣象預報與分析，90期，空軍氣象中心。
- 徐天佑、謝維權、賀克強，1982：中尺度大氣擾動系統之個案分析。中範圍天氣系統研討會論文集編，中央氣象局。

陳泰然，1982：大氣中尺度現象之物理過程與觀念。同上。

陳泰然，紀水上，謝維權，1982：初春華南中尺度對流複合系統之個案研究。同上。

張儀峯、林沛練、徐天佑、劉廣英，1982：局部暴雨特性之分析研究。同上及大氣科學第9期

，中國氣象學會。

廖學鎰，1982：中氣象分析與劇烈天氣預報之研究發展。中範圍天氣系統研討會論文彙編，中央氣象局。

廖學鎰、嚴明鈺，1982：冷鋒前中尺度擾動個案之分析研究。同上。

On the Heavy Rainfall of May 28, 1981

Koung-Ying Liu

Abstract

The heavy rainfall of Northern Taiwan on May 28, 1981 made severe damage in that area. The work here present a detailed analysis of this weather event. The purpose of this study is to find out conditions that may related to the abnormal rainfall. The results show that there are pre-frontal meso-scale systems in the prevailing southwest flow over Southern China. In the meso-scale systems the maximum precipitation area, as well as the maximum convergence zone, is inclined toward the meso-high. The cross-section analysis of height and temperature anomalies of a selected meso-low (L_3) show that 1) the low tilt slightly to the east, 2) the low is a warm core system below 500mb but the warm core below 850mb, especially on the surface, is on the east side of the low center. Furthermore, according to the time cross-section analysis of θ , q , $T - T_a$ and wind of Northern Taiwan, the exists and breaks of the 850mb stable layer may play an important role in the heavy rainfall. The vorticity, vertical motion and the movement of the heavy rainfall center and axis are also analyzed. All of these have consistent results.