

# 台灣梅雨季海峽北部與鄰近地區 線狀對流之環境條件

陳泰然<sup>1</sup> 沈里音<sup>2</sup>

<sup>1</sup>國立台灣大學大氣科學系

<sup>2</sup>中央氣象局台北氣象站

(中華民國八十六年九月十六日收稿；中華民國八十六年十二月二十日定稿)

## 摘 要

本文利用1988-1993年5-6月民航局中正機場都卜勒雷達非都卜勒狀態之最大強度回波觀測圖，選取59個線狀對流系統個案，依系統形成之回波型態分類，並依系統於成熟期時與地面梅雨鋒之相對位置分類，以探討線狀對流之一般特徵。然後利用ECMWF網格點資料與板橋探空站資料，以研究不同類型個案之合成環境條件。

結果顯示，各類型線狀對流系統均發生於850 hPa梅雨鋒南側之西南氣流內，850-700 hPa之低層噴流提供低對流層強烈垂直風切，為線狀對流提供有利之形成與發展條件。中低對流層風場的水平輻合，舉升潛在不穩定大氣，配合水平水氣通量輻合，以維持線狀對流之發展，並使對流發展至200 hPa高度。同時發現，在鋒面類型中以鋒上型之平均生命期最長、移速最慢且系統長度最長，這些特徵似均與該型於成熟期時位於鋒面上，故低層水平輻合與水氣通量輻合最強且產生之高層輻散亦最強者一致。此外亦發現，鋒前型之低層 $v_n$ 垂直風切較 $v_t$ 垂直風切為小，但鋒上型與鋒後型者反是，此似與鋒前型平均生命期最短者一致。破線型與後造型環境條件相近，但破線型低層噴流之下垂直風切 $v_n$ 大於 $v_t$ ，而後造型則 $v_n$ 小於 $v_t$ 。 $v_n$ 之垂直風切以後造型較大，此似與該型生命期較長者一致。各類型之對流理查遜數顯示，除鋒前型環境有利於多胞颶線形成之外，其他各型環境均有形成超大胞系統之可能性。

關鍵詞：線狀對流、水氣通量、垂直風切、低層噴流、對流理查遜數

## 一、前 言

梅雨季的豪雨，為台灣地區最嚴重的災變天氣之一，故為氣象界與一般社會大眾所共同關切的氣象問題（陳 1988；1994）。導致豪雨的中尺度對流系統雷達回波結構，常呈現線狀對

流形式，或稱颶線。為探討線狀對流系統的大尺度環境條件，Barnes and Sieckman (1984) 曾依系統移速 ( $V_L$ ) 將熱帶地區之中尺度線狀對流分成快速移動 ( $V_L > 7 \text{ ms}^{-1}$ ) 與慢速移動 ( $3 \text{ ms}^{-1} \leq V_L \leq 7 \text{ ms}^{-1}$ ) 兩類，並利用GATE (GARP Atlantic Tropical Experiment) 的探空資料進行合成分析。結果顯示，快速移動系統之環境中對流層較乾燥，有利於降水蒸發以降低下衝流的溫度，使其移動速度較中對流層潮溼者為快。同時發現，垂直於快速移動系統之風分量於近地面至4公里左右高度具有強垂直風切，平行於系統之風分量，由地面至7公里高度則無太大變化。慢速移動系統，垂直於系統之風分量由近地面至6公里幾乎沒有垂直風切的存在，而平行於系統之風分量在對流層內有顯著垂直風切。換言之，低層垂直風切對於熱帶線狀對流的移動速度扮演重要的角色，即低層風切主要平行於快速系統的移動方向，但垂直於慢速系統的移動方向。

Bluestein and Jain (1985) 曾將1971-1981年間春季發生於Oklahoma的颶線個案，依雷達回波形成型態分為四類，即破線型 (broken line)、後造型 (back building)、破面型 (broken areal) 及嵌面型 (embedded areal)。其環境條件之合成分析顯示，所有型態颶線幾乎均處於條件性不穩定的對流層環境中。其中嵌面型對流可用位能 (CAPE; 即正區) 較其他三型為小，其露點溫度在600至800 hPa層較其他型為高，但在近地面則較其他型為低。因嵌面型是在層狀降水區內形成，故他們認為中層較潮溼和低層的冷空氣可能為降水蒸發而來，且下衝流在地面形成的外流邊界，將阻止低層環境潮溼的空氣進入系統內，使得近地層的露點溫度較低。破線型的環境具有較弱的垂直風切與較大的CAPE，後造型的環境具有較強的垂直風切與較大的CAPE，嵌面型的環境具有較弱的垂直風切與四種型態中最小的CAPE。所有類型颶線通常是沿著離地面1公里內之垂直風切方向移動，其移向與中對流層底部的垂直風切有較大的交角，而與高對流層風切的夾角約為30-40°。

鄧與陳 (1990) 曾探討1973-1989年3-5月發生於台灣地區的10個颶線系統個案的綜觀環境特徵，發現該等系統均發生於對流不穩的環境中，其CAPE均大 ( $> 1000 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ ) 且低層垂直風切亦強，對流理查遜數 (Ric) 約為10-40。Chen and Chou (1993) 則利用1987年5-6月TAMEX期間所觀測到的6個鋒前颶線個案，探討其一般特徵及不同生命階段的合成環境條件。他們發現這6個個案的平均移速為  $10 \text{ ms}^{-1}$ ，平均生命期為11.4小時，所有個案均於梅雨鋒面前發生且隨時間移離鋒面，其合成環境條件特徵介乎熱帶與中緯度颶線系統之間。颶線成熟期之駛流層約在7公里，形成期之環境於3-4公里存有低層噴流，並於700 hPa之下具有強烈垂直風切。類似中緯度颶線，系統主軸走向約與1-3公里垂直風切呈45°交角，但CAPE則類似熱帶系統。成熟期於系統前之內流在400 hPa以下較形成期為強且深厚，CAPE亦較大。颶線系統之消散，則與系統前之CAPE與低層內流減小有關。

最近，陳等 (1996) 分析1988-1993年2-7月台灣北部及鄰近地區線狀對流系統之氣候特徵，其中有59個線狀對流個案發生於5-6月之梅雨季。本文主要目的即針對這些梅雨季的個案進行分類，以探討不同類別之環境條件異同與不同生命階段的環境條件變化。

## 二、資料與分析

分析中正機場都卜勒雷達非都卜勒狀態（最大觀測半徑240公里）觀測之最大強度回波圖顯示之中尺度對流系統，當回波值 $\geq 20$  dBz之顯著回波區之水平尺度 $\geq 150$ 公里且持續時間 $\geq 3$ 小時，同時對流區呈現之長寬比至少為3:1之線狀型態持續 $\geq 3$ 小時，即定義為線狀對流（陳等 1996）。1988-1993年5-6月期間總計有59個線狀對流系統，當系統之對流區已達最大強度且呈現恆定狀態時定義為成熟期，其生命期則定義為包含出現回波開始至回波消失為止的時段。

台灣北部地區梅雨鋒面降水，主要發生在地面鋒前400公里至鋒後300公里之間（陳與紀 1978），因此依線狀對流成熟期相對於地面鋒之位置，將其分成三類：(1) 鋒前型：線狀對流系統在成熟期位於鋒面與鋒前400公里之間者；(2) 鋒上型：線狀對流系統在成熟期位於鋒面上者，即系統與地面鋒有相交或重疊者；(3) 鋒後型：線狀對流系統在成熟期位於鋒面與鋒後300公里之間者。並依Bluestein and Jain (1985) 回波型態標準，分成五類，即破線型 (broken line)、後造型 (back building)、破面型 (broken areal)、嵌面型 (embedded areal) 及其他型。本文利用歐洲中期天氣預報中心 (ECMWF)  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$  經緯度網格資料，求取合成綜觀天氣形勢分佈與台灣海峽北部 ( $120^\circ\text{E}$ ,  $25^\circ\text{N}$ ) 網格點之散度與水氣通量輻散之垂直分佈。以板橋探空資料，分析各類型之相當位溫 ( $\theta_e$ )、飽和相當位溫 ( $\theta_{e,s}$ ) 以及平行與垂直於線狀對流主軸之風分量 ( $v_l$ ,  $v_n$ )，並依 Weisman and Klemp (1982) 方法，求取各類型合成探空之對流可用位能 (CAPE) 與對流理查遜數 (Ric)。合成分析以各線狀對流成熟期最接近的綜觀時間為成熟期，其前12小時為增強期，後12小時為消散期。

對流可用位能為中高層潛在不穩度之量度，為單位質量之氣塊由自由對流層 (LFC) 至平衡層（即在 LFC 之上氣塊位溫與環境位溫相同之最低高度層）環境對氣塊所作的淨功，即熱力圖內之正面積，可由下式求得：

$$\text{CAPE} = \int_{z_1}^{z_2} g \left( \frac{\theta_e - \theta_{env}}{\theta_{env}} \right) dz \quad (1)$$

其中  $z_1$  為自由對流層高度， $z_2$  為平衡層高度， $\theta_e$  為地面氣塊之位溫， $\theta_{env}$  為未飽和環境之位溫。

對流理查遜數為由浮力而來的總能量與由垂直風切而來的總能量之比，可由下式求得：

$$\text{Ric} = \frac{\text{CAPE}}{\frac{1}{2} \left[ \left( \overline{U_6} - \overline{U_{0.5}} \right)^2 + \left( \overline{V_6} - \overline{V_{0.5}} \right)^2 \right]} \quad (2)$$

其中  $\left( \overline{\quad} \right)_6$  與  $\left( \overline{\quad} \right)_{0.5}$  分別為最低 6 公里與 0.5 公里內之氣壓權重平均，U與V分別為東西向與南北向之風分量。

### 三、線狀對流之一般特徵

依線狀對流系統與地面鋒面相對位置分類，59個個案中鋒前型有21個，其次為鋒上型13個，鋒後型11個，亦即有 76% 線狀對流系統發展於鋒面雲帶範圍內。另有4個在鋒前400公里之外，6個在鋒後300公里之外，4個與鋒面無關。其平均移速以鋒前型最快為 $9.7 \text{ ms}^{-1}$ ，此與Chen and Chou (1993) 之TAMEX 6個鋒前線個案平均移速 $10 \text{ ms}^{-1}$ 相近，鋒上型最慢為 $6.8 \text{ ms}^{-1}$ ，鋒後型居中為 $7.7 \text{ ms}^{-1}$ 。平均生命期以鋒上型最長為10小時，鋒前型最短僅7.9小時，此顯較TAMEX 6個鋒前線個案平均生命期11.4小時為短，鋒後型居中為9.3小時。平均最大長度以鋒上型最長為290公里，鋒後型260公里居次，鋒前型最短為210公里。依回波類型分類，破線型最多有22個占 37%，其次為後造型有20個占 34%，嵌面型與破面型僅分別為5個與2個，其他型則有10個。平均移速破線型 $6.8 \text{ ms}^{-1}$ 較後造型 $8.8 \text{ ms}^{-1}$ 為慢，平均生命期破線型7.3小時較後造型8.9小時為短，但平均最大長度兩者相近，後造型為240公里，破線型為230公里。

圖1為典型鋒前破線形線狀對流系統之形成期，此時鋒面位於台灣西北方在雷達觀測範圍之外，對流系統於台灣海峽北部幾呈南北走向。圖2為一典型鋒前後造型線狀對流系統之形成期，此時鋒面位於華南在雷達觀測範圍之外，對流系統於海峽中部幾呈南北走向。

表一為各類型在不同生命階段環境之CAPE與Ric，其中嵌面型與破面型因個案數較少，較無代表性，故未分析。表內顯示不論鋒前型、鋒上型或鋒後型之CAPE均以增強期為最大，但破

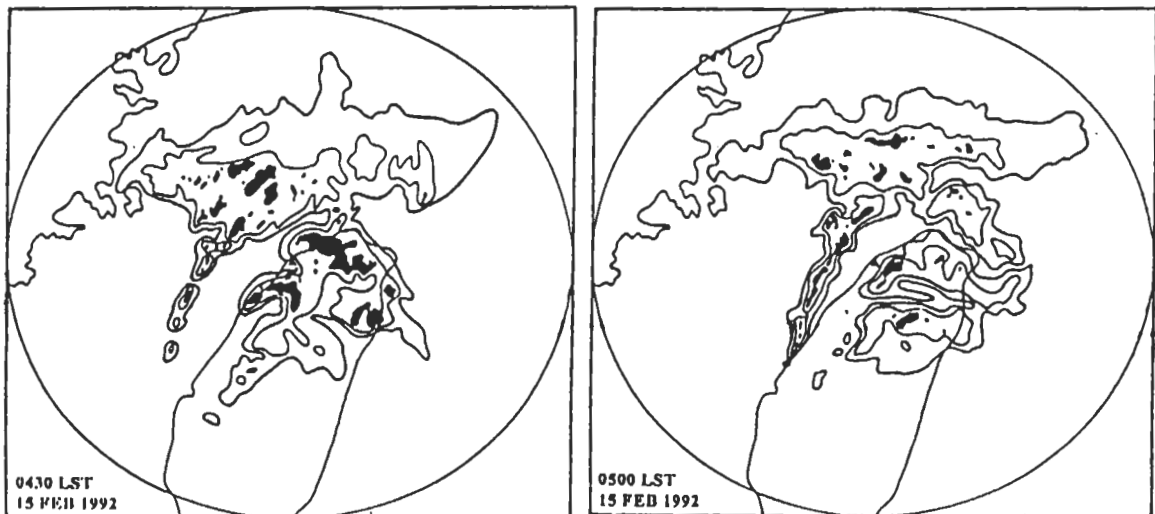


圖 1 1992 年 2 月 15 日 (a) 0430 LST 與 (b) 0500 LST 雷達回波圖。回波等值線最外圍為 20 dBz，由外向內依次為 30、40、50 與 60 dBz。黑色區域外圍為 40-50 dBz 內圍為  $\geq 60$  dBz。黑色區內之空白區為 50-60 dBz。此為鋒前破線型 (broken line) 線狀對流形成期之典型個案，鋒面仍在觀測區外。

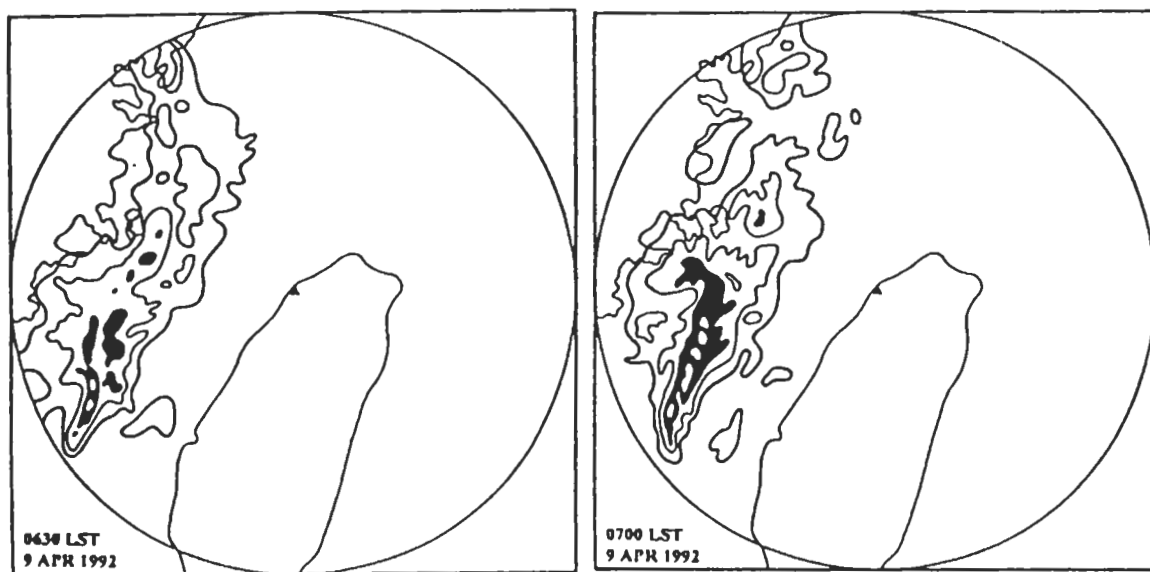


圖 2 1992 年 4 月 9 日 (a) 0630 LST 與 (b) 0700 LST 雷達回波圖。此為鋒前（鋒面仍在華南）後造型（back building）線狀對流形成期之典型個案，餘同圖 1。

表一 各類型線狀對流於各生命階段之CAPE ( $\text{m}^2\text{s}^{-2}$ ; 前) 與Ric (後)。

生命期 類型	增強期	成熟期	消散期
鋒前型	1532 / 66	1491 / 91	497 / 20
鋒上型	905 / 23	884 / 29	132 / 5
鋒後型	212 / 11	20 / 1	0 / 0
破線型	1123 / 23	1356 / 20	113 / 3
後造型	881 / 27	951 / 14	146 / 18

線型與後造型則以成熟期最大，唯各類型CAPE均於消散期大量減小，表明線狀對流釋放大氣不穩定度之有效性。成熟期之CAPE鋒前型 $1491 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ 與破線型 $1356 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ ，均和TAMEX鋒前颶線成熟期 $1330 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$  (Chen and Chou 1993)與Oklahoma嵌面型成熟期 $1340 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$  (Bluestein and Jain 1985)相近，但梅雨季各類型線狀對流在各生命階段之CAPE均較Oklahoma嵌面型之外的其他類型 ( $>2000 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$ ) 為小。成熟期TAMEX鋒前颶線Ric為175與Oklahoma最大值破線型

Ric 爲 111，均較梅雨季各類型爲大。Weisman and Klemp (1982) 認爲 Ric 在 15~35 時有利超大胞發展，大於 40 時則有利多胞風暴發展，顯然梅雨季除鋒前型之增強期 (Ric = 66) 與成熟期 (Ric = 91) 環境有利多胞颶線形成之外，其他各型合成探空之 Ric (< 30) 與鄧與陳 (1990) 之個案分析值 (Ric = 10-40) 相近，顯示梅雨季之大尺度環境條件有超大胞形成之可能性。唯至目前爲止，不論 TAMEX 或其他個案之中尺度對流系統觀測診斷分析，均尙未能證實在本研究區內確有超大胞之存在。

## 四、不同類別之合成環境條件

### (一) 鋒前型

圖 3 爲 21 個鋒前型線狀對流系統之 850 hPa 高度場、溫度場及風場之合成綜觀形勢，顯示梅雨鋒 (槽、風切線) 於增強期由東海向西南伸展，經華東至華南。鋒面南側盛行西南氣流，低層噴流 (LLJ) 由華南沿海向東北伸展，經台灣北部海面至西太平洋。成熟期鋒面已向東南移動，台灣與鄰近地區因鋒面南移且副熱帶太平洋高壓增強而使高度梯度增強，台灣海峽北部海面與西太平洋區風速亦見增強。此時，原西南段 LLJ 仍經台灣海峽北部且稍增強，原台灣東北部海面之 LLJ 已移至台灣東南部海面。不論增強期或成熟期，LLJ 均經過台灣海峽北部線狀對

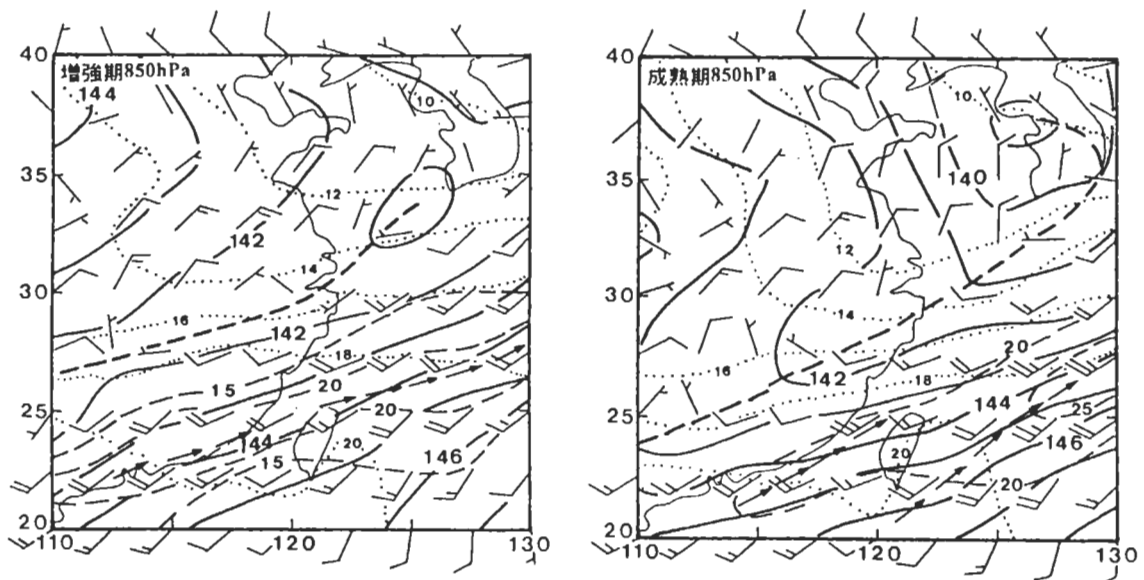


圖 3 鋒前型增強期 (左) 與成熟期 (右) 850 hPa 等高線 (細實線; dam)、等溫線 (點線; °C) 與風場 (慣用符號) 分佈，虛線爲等風速線 (kt)，以每 5 kt 間距分析，粗虛線爲梅雨鋒 (槽、風切線)，箭頭爲低層噴流軸線。

流區域。圖4a為鋒前型海峽北部之散度垂直分佈，顯示增強期600 hPa以下有顯著輻合，其上為微弱輻散，成熟期低對流層輻合仍然盛行，但上層（特別是200 hPa）輻散增強並隨時間增大，於消散期達最大，指示線狀對流於成熟期時即已影響高層使環境風場輻散增大。圖4b為海峽北部之水氣通量輻散垂直分佈，顯示各階段輻合主要均發生在500 hPa以下之中低對流層，且隨高度減小並隨時間減弱，顯然低對流層之水氣通量輻合為線狀中尺度對流系統所必需。

圖5之  $\theta_e$  與  $\theta_e^*$  垂直分佈顯示，增強期與成熟期之環境大氣均存在潛在性不穩度，氣塊若被舉升超過LFC (~800 hPa) 則可對流至約200 hPa，消散期之正區（即CAPE）顯著減小，顯然大氣之潛在不穩度與對流可用位能已因線狀對流而釋放。圖6為生命期各階段平行 ( $v_i$ ) 與垂直 ( $v_n$ ) 於颶線系統主軸之風分量之垂直分佈，顯示生命期各階段之垂直分佈變化不大，850-700 hPa均存有一LLJ，在LLJ以下，具有強烈垂直風切，其上至約400 hPa垂直風切微弱。LLJ以下之  $v_i$  與  $v_n$  垂直分佈相近，顯示颶線走向約與低對流層風向量呈45°交角，類似TAMEX合成個案 (Chen and Chou 1993)，但各階段之  $v_i$  均較  $v_n$  之垂直風切為大，與Barnes and Sieckman (1984) 之熱帶慢速移動之線狀對流環境垂直風切相似。系統平均移速約為9.7  $ms^{-1}$ ，駛流層約在300 hPa，此較TAMEX合成個案400 hPa為高，其下相對於系統之內流隨高度減小，其上外流隨高度增大。

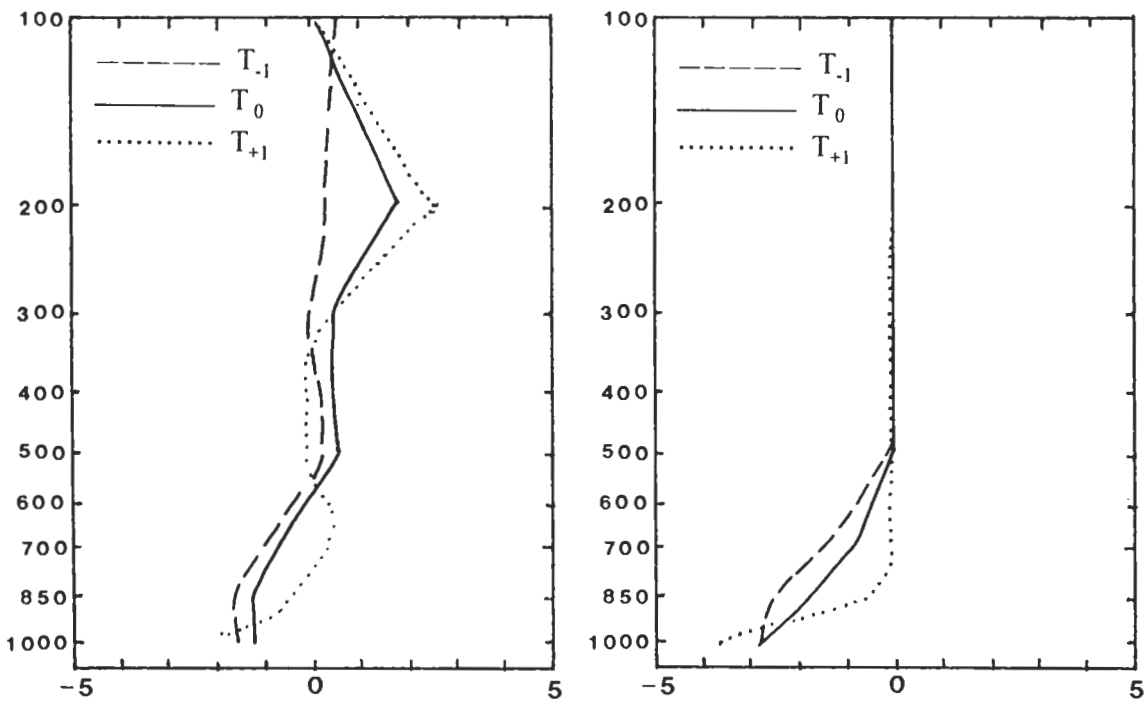


圖 4 鋒前型散度 (左;  $10^{-5} s^{-1}$ ) 與水氣通量輻散 (右;  $10^{-5} g kg^{-1} s^{-1}$ ) 於成熟期 ( $T_0$ ; 實線)、增強期 ( $T_{-1}$ ; 虛線) 及消散期 ( $T_{+1}$ ; 點線) 之垂直分佈，縱軸為氣壓 (hPa)。

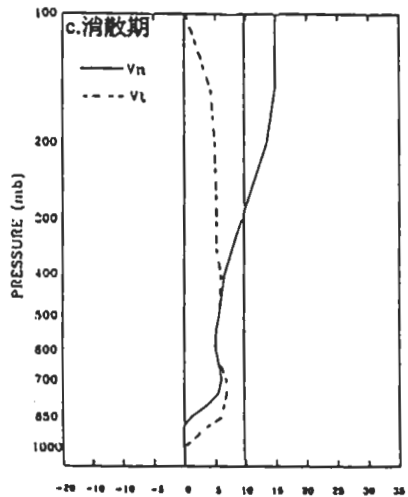
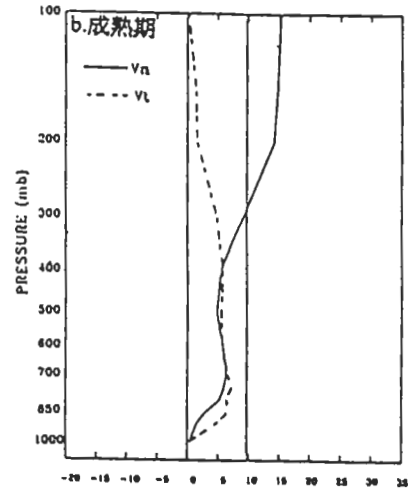
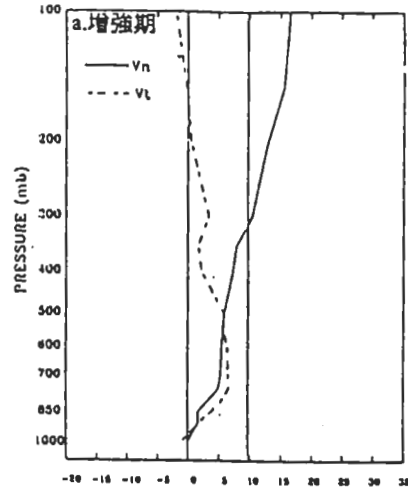
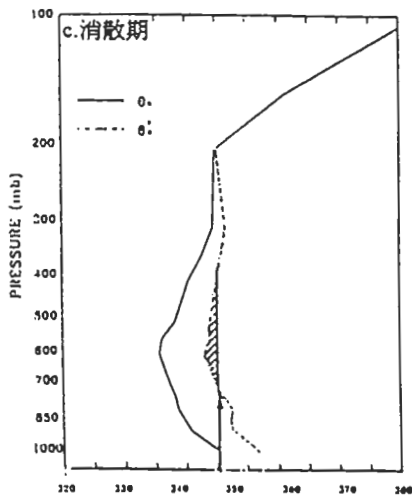
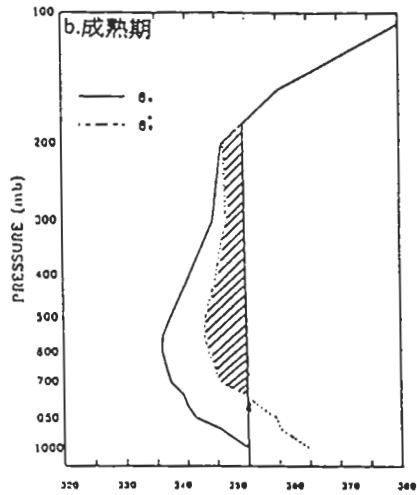
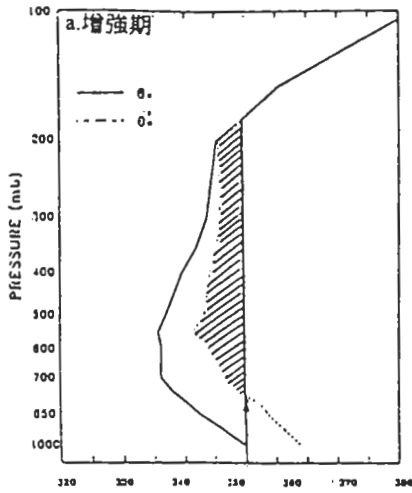


圖 5 鋒前型各階段相當位溫 ( $\theta_e$ ; 實線; K) 與飽和相當位溫 ( $\theta_e^*$ ; 虛線; K) 垂直分佈, 斜影區表正區即對流可用位能大小, 箭頭指出自由對流層 (LFC) 高度。

圖 6 鋒前型各階段平行 ( $v_t$ ; 虛線) 與垂直 ( $v_n$ ; 實線) 於線狀對流軸線之風分量 ( $ms^{-1}$ ), 兩條垂直線分別代表零風速及平均系統移速。



## (二) 鋒上型

圖7為13個鋒上型線狀對流系統之850 hPa合成綜觀形勢，其分佈與圖3所示鋒前型形勢相似。梅雨鋒於增強期由東海向西南伸展經華東至華南，鋒南盛行西南氣流，低層噴流主軸呈西南-東北走向，由南海北部經台灣南端至西太平洋。成熟期鋒面稍向東南移動，低層噴流及主軸幾呈恆定狀態。不論增強期或成熟期，台灣海峽北部線狀對流區域雖均位於低層噴流主軸西北側，但該區仍為盛行20 kt西南氣流之範圍。圖8a為散度垂直分佈，顯示各階段之輻合於500 hPa以下均甚顯著且隨高度減小，該層以上則為輻散並在200 hPa達最大。各層輻散/輻合均於成熟期達最大，顯示線狀對流產生之高層輻散對於環境風場的影響。顯然，鋒上型之輻合層較鋒前型者為深厚且強烈，成熟期引發之高層輻散亦較強。圖8b為水氣通量輻散之垂直分佈，顯示輻合主要在300 hPa以下且隨高度減小，並於成熟期達最大，消散期顯著減小。此外，鋒上型水氣通量輻合層顯較鋒前型深厚，且成熟期700 hPa以下之水氣通量輻合亦較鋒前型為大。

圖9之 $\theta_e$ 與 $\theta_e^*$ 垂直分佈顯示，各階段中低對流層均具有潛在不穩度，地面氣塊若被舉升至自由對流層（ $\sim 720$  hPa），則可對流至200 hPa，正區於消散期顯著減小。圖10為平行（ $v_i$ ）與垂直（ $v_n$ ）於颶線主軸之風分量，顯示各階段之垂直風切於850-700 hPa層上下變

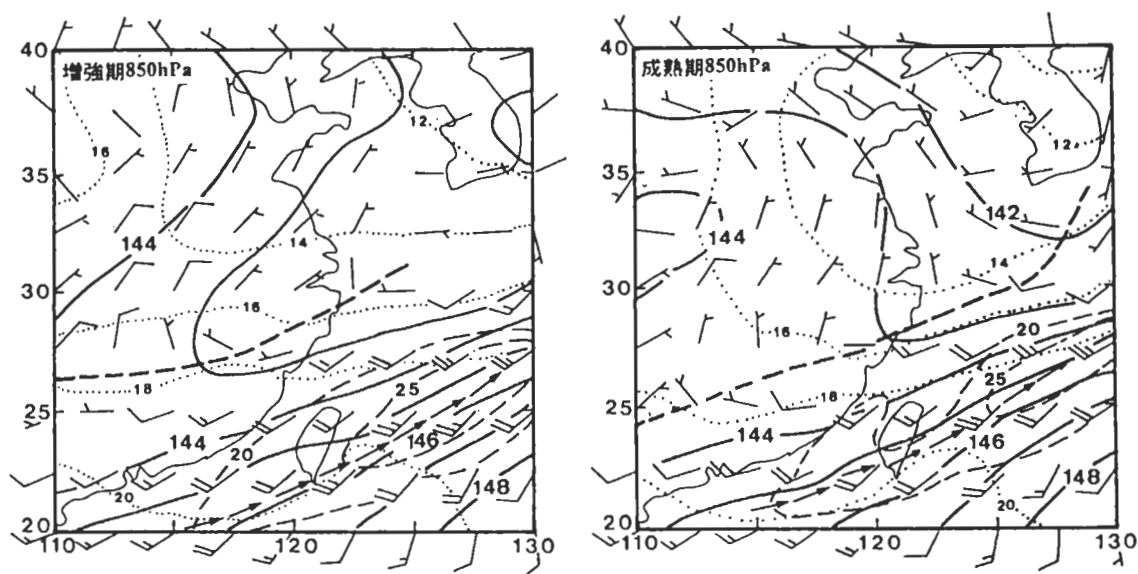


圖 7 同圖3，但為鋒上型。

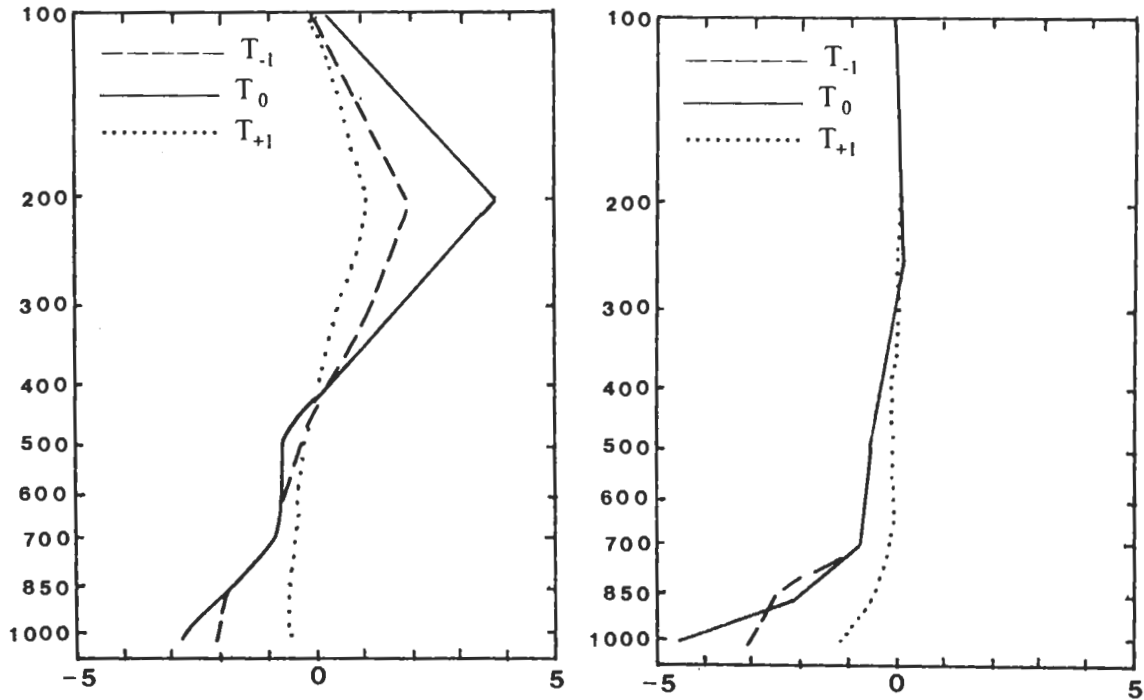


圖 8 同圖4，但為鋒上型。

號，即該區於850-700 hPa有一局部之低層噴流形式（噴流軸經台灣南端），該層之下 $v_i$ 與 $v_n$ 分佈形態相近，指明系統主軸約與低層風向呈 $45^\circ$ 交角。唯垂直風切之特徵與鋒前型者不同，增強期與成熟期之垂直風切 $v_n$ 較 $v_i$ 為大，此與Barnes and Sieckman (1984)之熱帶快速移動颶線之環境垂直風切相似。系統平均移速為 $6.8 \text{ ms}^{-1}$ ，駛流層約在400 hPa，此與Chen and Chou (1993)之TAMEX合成個案相同。其下氣流相對於系統有內流且隨高度減弱；其上為外流，隨高度增強。

### (三) 鋒後型

為節省篇幅，此型所有合成圖均從略。11個鋒後型線狀對流系統合成綜觀形勢顯示，850 hPa梅雨鋒於增強期由長江口向西南伸展至華南，低層噴流經台灣海峽北部；成熟期鋒面與低層噴流均向東南移動，噴流軸位於台灣南端，海峽北部西南風銳減。散度之垂直分佈顯示，低層輻合與高層輻散均於成熟期達最大，中低對流層之水氣通量輻合則於增強期最強。增強期與成熟期中低對流層均具潛在不穩度，但正區顯較鋒前型與鋒上型者為小。 $v_i$ 與 $v_n$ 垂直分佈顯示，增強期於850 hPa有低層噴流形式，但低對流層 $v_n$ 垂直風切層很淺薄；成熟期 $v_n$ 之垂直風切層增厚至整個對流層且強度增強，600 hPa以下之 $v_n$ 垂直風切亦見增強。此時駛流層約在600 hPa，其下相對於系統有內流，其上為外流。

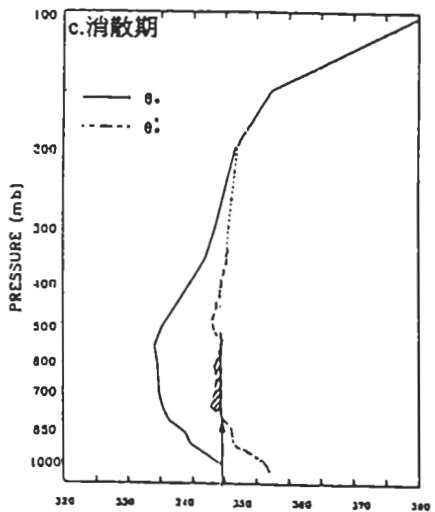
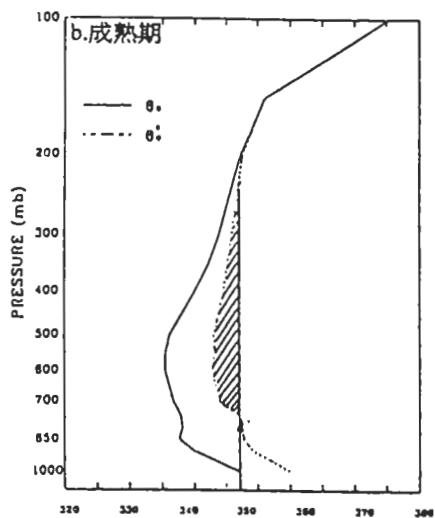
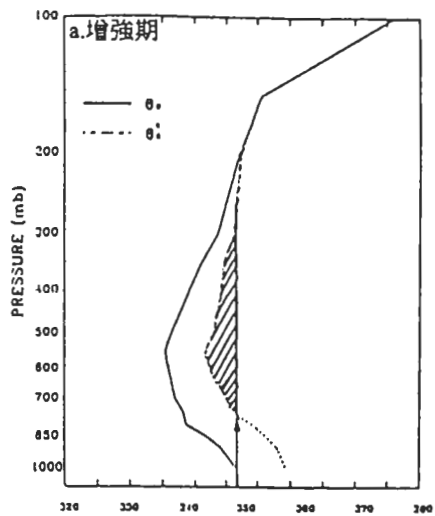


圖 9 同圖5，但為鋒上型。

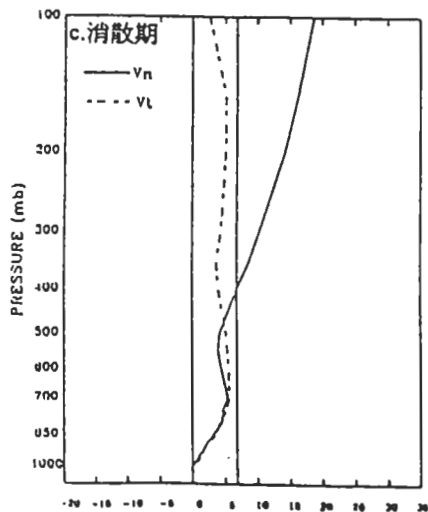
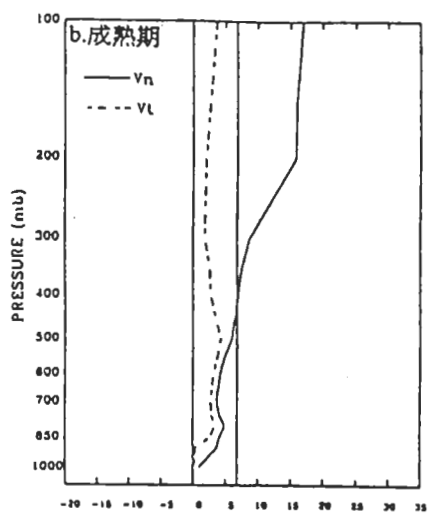
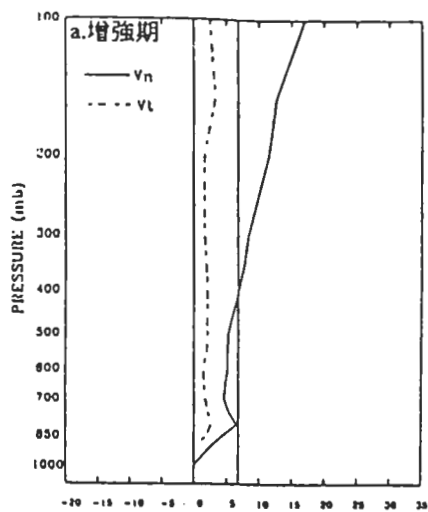


圖 10 同圖6，但為鋒上型。

#### (四) 破線型與後造型

如前所述在回波型態分類裡，梅雨季線狀對流以破線型與後造型發生頻率最高，分別為22個與20個，因此僅分析此兩類型之合成結構，為節省篇幅圖亦從略。破線型低對流層輻合與高對流層輻散均於成熟期達最強，但後造型各階段相近；成熟期後造型輻合出現在500 hPa以下，但破線型則局限在700 hPa以下。此兩型之增強期與成熟期之水氣通量輻合主要均出現在600-700 hPa以下，且以增強期較強。增強期與成熟期之破線型較後造型具有較不穩定之環境與較大正區，消散期兩者均顯著減小。 $v_i$ 與 $v_n$ 垂直分佈顯示，兩者均於850-700 hPa出現LLJ形式，其下垂直風切破線型 $v_n$ 大於 $v_i$ ，而後造型則 $v_n$ 小於 $v_i$ ，但兩型之 $v_n$ 垂直風切仍以後造型較大。

### 五、總 結

本文以1988-1993年5-6月發生於台灣海峽北部及鄰近地區之59個線狀對流系統個案，依其與地面梅雨鋒面相對位置以及回波型態分類，利用ECMWF網格資料與板橋探空資料，探討各類型及其不同生命階段綜觀環境條件之異同與演變。結果顯示，各類型均發生於850 hPa梅雨鋒南側之西南氣流內，850-700 hPa LLJ提供低對流層強烈垂直風切，此為線狀對流發展之有利條件，中低對流層的水平輻合舉升潛在不穩定大氣，配合水氣通量輻合，使線狀對流可發展至200 hPa高度。

鋒上型因其成熟期位於鋒面上，低層水平輻合與水氣通量輻合均較其他鋒面類型為強，其產生之高層輻散亦強，此似與該型平均移速最慢、生命期最長以及長度最長者一致。低層垂直風切，鋒前型 $v_n$ 較 $v_i$ 為小，但鋒上型與鋒後型反是，此似與鋒前型平均生命期最短者一致。破線型與後造型環境條件相近，但破線型環境較不穩定，且LLJ之下垂直風切 $v_n$ 大於 $v_i$ ，而後造型則 $v_n$ 小於 $v_i$ 。 $v_n$ 垂直風切則以後造型較大，此似與破線型生命期較長且長度較長者一致。各類型之Ric顯示，除鋒前型之環境有利於多胞龍線形成之外，其他各型之環境均有形成超大胞龍線之可能性，唯超大胞之存在尚有賴觀測加以證實。

本文以網格及探空資料探討梅雨季不同類型線狀對流之合成環境條件，結果與先前研究比較，似甚合理，因係很多個案之合成，故亦較有代表性。唯合成環境條件是否亦可代表個別個案環境條件之平均，是一個值得進一步探討的問題，而且各不同類別內之個案差異性亦為一有趣的問題，值得進一步研究。

## 致 謝

感謝莫冬立先生、吳連育先生、楊進賢先生及王子軒先生在本文打字與編輯方面之協助，本研究在國科會專案計畫NSC85-2111-M-002-011-AP6 支援下完成。

## 參考文獻

- 陳泰然，1988：台灣梅雨研究的回顧。科學發展月刊，16，239-266。
- 陳泰然，1994：台灣梅雨季之豪雨研究。大氣科學，22，455-477。
- 陳泰然與紀水上，1978：台灣梅雨鋒面之中尺度結構。大氣科學，51，35-47。
- 陳泰然、周鴻祺、林宗嵩及楊進賢，1996：台灣海峽北部與鄰近地區春夏中尺度對流系統之氣候特徵。大氣科學，24，（排印中）。
- 鄧仁星與陳景森，1990：台灣地區飈線之環境分析。大氣科學，18，149-158。
- Barnes, G. M., and K. Sieckman, 1984: The environment of fast- and slow-moving tropical mesoscale convective cloud lines. *Mon. Wea. Rev.*, **112**, 1782-1794.
- Bluestein, H., B. and M. H. Jain, 1985: Formation of mesoscale lines of precipitation: Severe squall lines in Oklahoma during the spring. *J. Atmos. Sci.*, **42**, 1711-1732.
- Chen, G. T. J., and H. C. Chou, 1993: General characteristics of squall lines observed in TAMEX. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 726-733.
- Weisman, M. L., and J. B. Klemp, 1982: The dependence of numerically simulated convective storms on vertical wind shear and buoyancy. *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 504-520.

# Environmental Conditions for the Line Convection over the Northern Taiwan Strait and the Adjacent Areas in the Taiwan Mei-Yu Season

George T. J. Chen<sup>1</sup> Li-Yin Shen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University

<sup>2</sup>Taipei Weather Station, Central Weather Bureau

## ABSTRACT

Doppler radar echo data observed in May-June 1988-1993 at the CKS International Airport, the Civil Aeronautics Administration, were used to identify the mesoscale lines of convection. Fifty-nine lines identified were categorized into different types according to the echo patterns of line formation and the line positions with respect to the surface front. The general characteristics and the composite environmental conditions were then obtained by using ECMWF grid and Panchiao rawinsonde data.

Results showed that all lines occurred in the southwesterly monsoonal flows in the south side of the 850 hPa Mei-Yu front. The strong low-level vertical wind shear below the LLJ at 850-700 hPa provided a favorable condition for line formation and development. Horizontal convergence coupled with the horizontal moisture flux convergence in the lower- and mid-troposphere ensured that the convection could reach 200 hPa level in the potentially unstable environment. Among all frontal lines, the "on-front" type had the longest mean lifetime, the longest horizontal length scale, and the smallest propagation speed. These appeared to be consistent with the fact that the mature line of this type was located right on the front where the horizontal convergence and moisture flux convergence were the strongest and thus the upper-level divergence produced were also the strongest. The low-level vertical shear of  $v_n$  was smaller than that of  $v_t$  ( $\partial v_n / \partial z < \partial v_t / \partial z$ ) for the "ahead-of-front" type, and the reverse was true for the "on-front" and "behind-front" types. These seemed to be consistent with the shortest lifetime for the "ahead-of-front" type.

The broken-line type had the greater vertical shear in  $v_n$  than in  $v_t$  below the LLJ level, and the reverse was true for the back-building type. The greater vertical shear in  $v_n$  for back-building type as compared to the broken-line type was consistent with the longer lifetime of the back-building lines. The convective Richardson number suggested that the large-scale environment for the "ahead-of-front" type was favorable for the formation of multi-cell squall lines and the formation of super-cell squall lines was possible in the large-scale environment of other types.

**Key words :** line convection, moisture flux, vertical shear, low-level jet, convective Richardson number.