

# 影響飛安甚巨之劇烈對流個案環境特徵分析--以 2006 年 6 月 9-10 日梅雨鋒面期間台灣中南部豪大雨個案為例

林得恩

## 摘要

飛行起降機場或飛航路線上所伴隨之劇烈對流系統，常常是導致我飛行安全維護最嚴重的困擾之一，尤其對其環境條件的特徵與對流結構的特性，至今我們的瞭解仍相當有限，導致在預報診斷及守視掌握上更大的挑戰；本文利用美國國家環境預報中心(NCEP)之  $1^\circ \times 1^\circ$  基本網格分析資料，探討 2006 年 6 月 9 日至 10 日期間，台灣中南地區出現持續性豪大（雷陣）雨劇烈天氣之主要機制及綜觀環境特徵的分析。由初步的分析結果顯示，此期間梅雨鋒面滯留於台灣至南海一帶，在鋒面南則存在一強勁的低層(850~700hPa)噴流(Low Level Jet；LLJ)，除了將南海地區暖溼空氣傳送至台灣地區，更是激發梅雨鋒面上中尺度對流系統發展的重要因子，也因此使得對流雲簇不斷的在南海與台灣地區之間生成與發展。這些生成發展於南海海面上的中尺度對流系統亦受低層西南噴流的傳送，持續的朝台灣中南部地區移入，並在中央山脈地形舉升的雙重效應作用下，使得水氣能夠在迎風面前迅速的堆積與凝結，以致於造成 6 月 9 日至 10 日期間台灣中南部地區出現持續性超大豪雨之劇烈天氣，嚴重影響飛行安全的維護。

**關鍵詞:**梅雨鋒面、低層噴流(Low Level Jet；LLJ)

## 一、前言

台灣與華南位於活躍的東亞季風區內，每年五、六月春夏之交，該地區為冬季東北季風與夏季西南季風的轉換期，是為「梅雨季」。此時，副熱帶太平洋高壓與大陸移動性高壓提供有利鋒生的運動變形場，形成自日本往西南延伸經台灣至華南附近的鋒面，稱為「梅雨鋒面」。梅雨鋒面和中緯度鋒面的不同點在於它的水平溫度梯度很小，但是濕度、相當位溫水平梯度很大，而且低對流層存在明顯的風切線。梅雨鋒面是一個綜觀尺度的現象，但造成豪大雨的主要天氣系統卻是中尺度對流系統（Chen 1992）。在此時期，伴隨梅雨鋒面的組織性中尺度對流系統經常在華南地區生成之後沿

著鋒面東移，導致所經地區豪大雨發生，造成嚴重災害。

而在飛行起降機場或飛航路線上所伴隨之劇烈對流系統，常常是導致我飛行安全維護最嚴重且棘手的困擾之一，可惜的是，至今我們對對流發生的環境條件特徵與結構特性，認識及瞭解仍相當有限；2006年6月9日至10日期間，台灣地區適逢一梅雨鋒面由華南移入，並導致台灣中南部地區出現豪大（雷陣）雨之劇烈天氣，造成民生經濟重大的損失，而當時航空班機的調度因此大亂、預劃航班多數取消、嚴重影響飛行安全的維護。因此本文將針對6月9日至10日梅雨鋒面滯留期間，大氣綜觀環境特徵，藉以初步分析探討台灣中南部地區持續性豪大雨的降水過程與誘發機制。

## 二、綜觀環境概述

由6月9日0800LST海平面氣壓圖(圖1a)顯示，低壓中心位於日本附近，鋒面由此低壓中心向西南延伸至台灣地區，此時存在一梅雨鋒面滯留於台灣至海南島一帶。位於華南沿海之移動性高壓環流與西南季風在台灣至南海地區建立一匯流輻合區。由於6月9日0800LST至6月10日0800LST期間太平洋高壓勢力並未有減弱趨勢，因此滯留鋒面於6月10日0800LST仍停滯於台灣地區(圖1b)。直至6月10日2000LST後，太平洋高壓勢力略為東退減弱，鋒面始逐漸南移至台灣東部外海一帶(圖略)。

由6月9日0000LST至6月10日1800LST每六小時連續的IR雲圖(圖2)顯示，於6月09日0000LST位於台灣海峽及華南沿海地區已有範圍較小之對於雲系發展，此時對流雲系為一初期生成階段，隨後0600LST至1200LST雲圖顯示，位於南海地區中尺度對

流系統持續發展，並不斷朝台灣地區移入，至 1800LST 位於南海地區之中尺度對流系統已有明顯減弱之現象。但在 6 月 10 日 0000LST，南海地區中尺度對流系統再度被激發，並仍持續朝台灣地區移入，由 6 月 10 日 0600LST 雲圖顯示，台灣地區有一較強之中尺對流系統移入，隨後在 6 月 10 日 1200LST 之後有逐漸減弱並向東南移出。經由 IR 雲圖我們發現，位於台灣海峽至南海地區之中尺度對流雲系形成後，持續增強發展，並朝台灣地區移入。雲圖時間序列顯示，在 6 月 9 日 0000LST 至 6 月 10 日 1800LST 期間有兩次較強的中尺度對流系統由南海地區生成及移入台灣地區，並導致台灣西部地區降下持續性豪大雨天氣。其中究竟什麼樣的機制促使中尺度對流系統不斷生成及發展，在下一節中，將會針對海峽南部及南海地區大氣環境特徵做進一步之分析及探討。

6 月 9 日至 10 日梅雨鋒面滯留於台灣期間，各地均出現明顯的降雨現象，其中以台灣中南部地區所降下的累積雨量最為顯著，由中央氣象局自動雨量測站資料顯示，6 月 9 日台灣中南部山區最大之日降雨量高達 717.5 毫米(圖 3a)，而 6 月 10 日中南部地區日累積雨量最大亦有 491.5 毫米(圖 3b)，中南部豪大雨現象直至 6 月 11 日梅雨鋒面東移至台灣東部外海後，始有明顯減緩之現象(圖略)。

從 1000hPa 風場及溼度場分佈(圖 4)顯示，6 月 9 日(圖 4a)及 10 日(圖 4b) 0800LST 均有一低層風切(虛線)橫跨台灣至南海地區，風切線南側有一顯著的西南氣流，且伴隨較高的水氣量分佈於南海至台灣中南部地區。6 月 9 日至 10 日位於 850hPa 的風切線(圖 5)位置略較 1000hPa 偏高，風切線主分佈於台灣北部至大陸沿海一帶，但

在風切線南側仍為一強勁的西南氣流，尤其是南海至台灣中南部地區，不但有較強的西南氣流，同時亦存在一較高相當位溫分佈於南海經台灣中南部至台灣東部外海，此一現象顯示，低層西南氣流將低緯地區較高的相當位溫帶往南海及台灣地區，使得此區域大氣轉變為較暖溼的秉性。但從 1000hPa 水氣(圖 4)及 850hPa 相當位溫(圖 5)分佈可以發現，6 月 10 日 0800LST 南海至台灣地區的水氣及相當位溫均較 6 月 9 日 0800LST 小，顯示低層由較低緯地區所傳送至台灣地區的暖溼空氣有逐漸減弱之趨勢。另由 700hPa 垂直速度場分佈(圖 6)顯示，6 月 9 日至 10 日台灣地區均位於槽線前的不穩定區，並伴隨有很強的上升運動，且槽前的西南噴流仍然強勁。6 月 9 日 0800LST 500hPa 槽前的正渦度區(圖 7a)位於台灣海峽及大陸東南沿岸一帶，並有持續朝東南方向移動，至 6 月 10 日 0800LST，正渦度區已南移至台灣地區。6 月 9 日 0800LST 至 6 月 10 日 0800LST 期間海峽至南海地區 300hPa 風場則是呈現分流現象(圖 8 箭頭符號所示)。

綜合以上雲圖、海平面氣壓場及各層量場分析圖綜觀環境可以初步發現，在 6 月 9 日至 10 日期間，台灣地區有一梅雨滯留鋒面移入，鋒面結構發展完整，此滯留鋒面除有提供台灣地區中尺度對流系統有利的發展條件，另位於南海地區持續生成及發展的對流雲簇受到西南氣流導引，不僅旺盛將對流系統帶移至台灣地區，同時亦將暖溼空氣持續往台灣地區傳送，此為造成台灣中南部地區豪大雨天氣主要的因素之一。而在這樣的大氣環境條件下，除受旺盛對流雲系移入台灣地區所造成的降水外，中央山脈地形舉升效應，也

是激發台灣中南部地區對流降水的另一個重要因素。陳與楊(1988)及陳(1994)均指出在梅雨季低對流層內盛行西南氣流與中央山脈間的作用，決定了豪大雨發生之重要性，因此地形效應及低對流層內之西南氣流在本次中南部超大豪雨個案中確實也扮演了非常重要的角色。

### 三、診斷結果與討論

#### (一)低層噴流(Low Level Jet)分析

梅雨季豪雨發生時，在低層 850~700 hPa 之梅雨鋒面南側經常伴隨有低層噴流(LLJ) 出現。Chen(1982)與林(1999)研究認為低層噴流，提供有利天氣系統發展的條件，且低層噴流位於潛在不穩定的大氣中，對中尺度對流系統的生成扮演提供舉升機制的重要角色。Akiyama(1975)強調梅雨鋒面上豪雨發生時其南側的低層噴流流入鋒面區，造成水平水氣通量的強烈輻合。在台灣和大陸華南地區，梅雨鋒面南側的低層噴流也都被認為是暖濕空氣的輸送帶和促使豪雨發生的重要因子(Chen et al.1994)。Jou and Deng (1992) 利用雙都卜勒雷達資料分析 TAMEX IOP13 個案，發現在梅雨鋒面前一公里高度有明顯西南低層噴流存在，風速可達 20m/s；此低層噴流在鋒面上所造成強烈輻合是對流的重要激發機制。

由 850 hPa 的低層噴流顯示(圖 9)，6 月 9 日及 10 日 0800LST 均有一強勁的噴流條自日本南方海面向西南延伸經過台灣中南部地區，到達南海一帶。6 月 9 日 0800LST 位於台灣海峽南部之最大風速高達 40Kt，10 日 0800LST 此地區最大風速更高達 45Kt，且分

佈範圍較 9 日 0800LST 更為增大。700 hPa 的低層噴流條分佈(圖 10)則較 850 hPa 略為偏高，且噴流條含蓋台灣地區，而 6 月 9 日 0800LST 位於台灣海峽南部之最大風速已達 45Kt，10 日 0800LST 低層噴流明顯增強，位於海峽最大之風速高達 55Kt。以海峽南部區域(116~120E；20~24N)平均風速時間序列(圖 11)可以明顯發現，自 6 月 8 日 0800LST 開始，海峽南部 700~850 hPa 平均風速均已大於 25Kt，風速並有隨時間增強之趨勢，約至 9 日 2000LST 出現最大值(700hPa 高達 46Kt)，自此時間之後，風速逐漸減弱，並於 10 日 2000LST 後減至小於 25 Kt，顯示低層噴流所提供的動力機制已明顯減弱。綜合以上 700~850 hPa 低層噴流的分析可以發現，6 月 9 至 10 日位於梅雨鋒面南側之強勁噴流，適時提供鋒面上造成強烈輻合，是為本次造南海至台灣地區中尺度對流的重要激發機制。

## (二)大氣垂直結構分析

由於在南海和台灣之間，不斷有中尺度對流雲簇發展，並多呈胞狀，向東北移動影響台灣中南部地區，造成台灣地區豪大雨的發生。在上一章節中我們已針對大氣環境特徵加以分析說明，在此我們將探討大氣的垂結構，試著瞭解大氣穩定度的變化情形。

圖 12 為 6 月 8 日 2000LST 海峽南部區域(116~120E；20~24N)平均位溫( $q$ )與相當位溫( $q_e$ )的垂直分佈，由圖中顯示，近地面層的  $q_e$  高達 360K，並隨高度迅速遞減，至 700hPa 時約略降至 330 K， $q_e$  隨高度增加而減小( $\frac{\partial q_e}{\partial z} < 0$ )，但  $q$  仍隨高度增加，顯示在 700hPa 以下為一條件性不穩定大氣，且由於低層  $q_e$  值明顯偏高，亦顯示出低層

大氣具有一暖溼的特性。另外由同一時間馬公(46734)探空曲線分佈(圖 13)顯示,當時的大氣的可應用位能(CAPE)相當大,且低層亦有 35Kt 的西南噴流。透過上述分析,我們發現事實上在 6 月 8 日 2000LST,海峽南部地區已存在提供對流發展的有利條件。

### (三)水氣場分析

由 6 月 9 日及 10 日 0800LST 台灣海峽區域(116~120E;20~24N)平均水氣通量輻散場( $\nabla \cdot q\vec{v}$ )垂直分佈(圖 14)顯示,最大之水氣通量輻合均發生於低層(約 900~975hPa 附近),唯 6 月 10 日的水氣輻合量略較前一日減小。由 925hPa 水氣通量輻散場位於北緯 23 度的經度-時間分佈(圖 15)可以發現,自 6 月 8 日 0800LST 至 10 日 2000LST 期間有 2 波(圖中黑色虛)較強的水氣通量輻合區移入台灣中南部地區(約位於 120E),第 1 波為 6 月 8 日 2000LST 自海峽移入,並於 6 月 9 日 0800LST 達到 120E 時增強,通過移出後減弱。第 2 波緊接著第一波之後,於 6 月 9 日 1400LST 在海峽有最強之水氣輻合,但在移入過程中有略為減弱,這一波在 6 月 10 日 0800LST 達到 120E,移出後於 123E 又再度增強。在 6 月 10 日 2000LST 之後,台灣地區僅有較弱的有水氣輻合量存在,而由雲圖及降雨量我們亦可以發現,在此時間之後,主要的雲雨區均已明顯移出台東部外海一帶,因此台灣地區降雨現象明顯趨於和緩。

## 四、結論

根據氣候資料統計顯示,台灣地區豪大雨發生頻率的季節分佈,除了伴隨颱風外,主要出現在 5、6 月的梅雨季,特別是 5 月

中旬至 6 月中旬的連續性降水期間，豪大雨的機率更達高峰。梅雨季華南與台灣地區低層多盛行暖濕西南氣流，大氣環境多具潛在不穩度，若有適當的強迫作用，如鋒面或低層噴流等系統提供輻合與舉升機制，即可能激發對流性降水發生；所衍生在飛行起降機場或飛航路線上伴隨之劇烈對流系統，常常是導致我飛行安全維護最嚴重的困擾之一。

在本文中，利用美國國家環境預報中心(NCEP)之  $1^\circ \times 1^\circ$  基本網格分析資料，探討 2006 年 6 月 9-10 日梅雨梅鋒面影響期間，台灣中南地區出現持續性豪大雨劇烈天氣之主要機制及綜觀環境特徵的分析。由初步的分析結果顯示，6 月 9 日至 10 日期間，台灣地區有一梅雨滯留鋒面移入台灣地區，鋒面結構發展完整，在鋒面南則 850 - 700 hPa 有強勁之低層噴流(LLJ)存在，此一低層噴流造是造成鋒面上強烈輻合對流的重要激發機制。此外，南海至台灣海峽南部地區低層大氣為一暖濕且為條件性不穩定的環境，同時大氣中的對流可應用位能(CAPE)偏高，且台灣至大陸東南沿海附近有一明顯的低層風切輻合線，這些條件均有利對流運動生成與發展。

由水氣通量輻散場顯示，6 月 9 日至 10 日期間共有 2 波較強的水氣輻合區通過台灣地區(120E)，分別是 6 月 9 日 0800LST 及 10 日 0800LST。另外，位於南海地區的對流雲系生成發展後，亦受到低層強勁之西南噴流導引，使得對系統持續朝至台灣中南部地區移入；而西南噴流與中央中央山脈地形間的舉升，及南海地區對流雲系移入的雙重效應作用下，使得水氣能夠迅速在中央山脈前堆積與凝結，以致於造成 6 月 9 日至 10 日期間台灣中南部地區出現持續



性豪大雨之劇烈天氣，嚴重影響飛安，值得注意。

### 參考文獻：

- 林得恩，1999：梅雨季中尺度對流系統與低層噴流之數值模擬，台灣大學大氣科學研究所碩士論文，73 頁。
- 陳泰然與楊進賢，1988：台灣梅雨期豪雨之時空分佈特徵。大氣科學，16，151-162。
- 陳泰然，1994：台灣梅雨季之中尺度現象：中尺度低壓。海峽兩岸天氣與氣候學術研討會論文？編，中國氣象學會，台北，193-211。
- Akiyama, T. 1975：Southerly transversal moisture flux into the extremely heavy rainfall zone in the Baiu season. J. Meteor. Soc. Jpn., 62, 485-504.
- Chen, G. T. J., 1992：Mesoscale features observed in the Taiwan Mei-Yu season. J. Meteor. Soc. Japan., 70, 497-515.
- Chen, Y. L., X.-A. Chen, and Y.-X. Gang, 1994：A diagnostic study of the low-level jet during TAMEX IOP5. Mon. Wea. Rev., 122, 2257-2284.
- Jou, B. J.-D. and S.-M. Deng, 1992：Structure of a low-level jet and its role in triggering and organizing moist convection over Taiwan：A TAMEX case study. TAO, 3, 39-58.

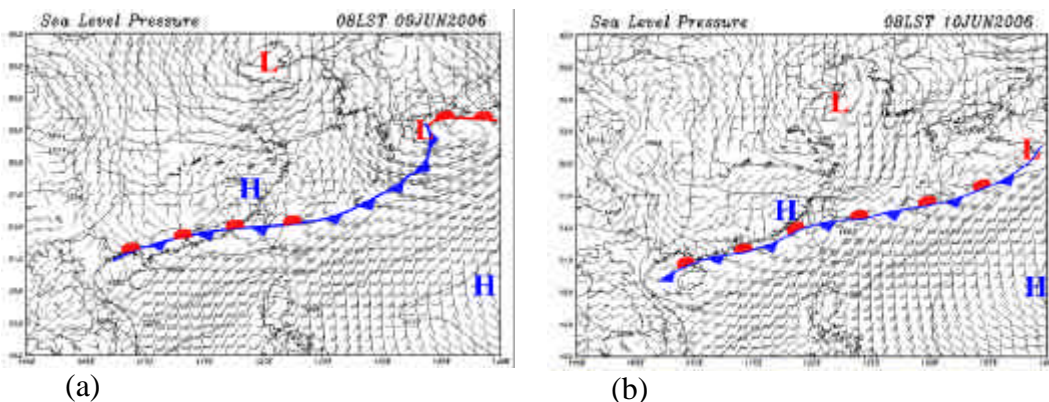


圖 1 2006 年 6 月(a) 9 日及(b) 10 日 0800LST 海平面氣壓及風場

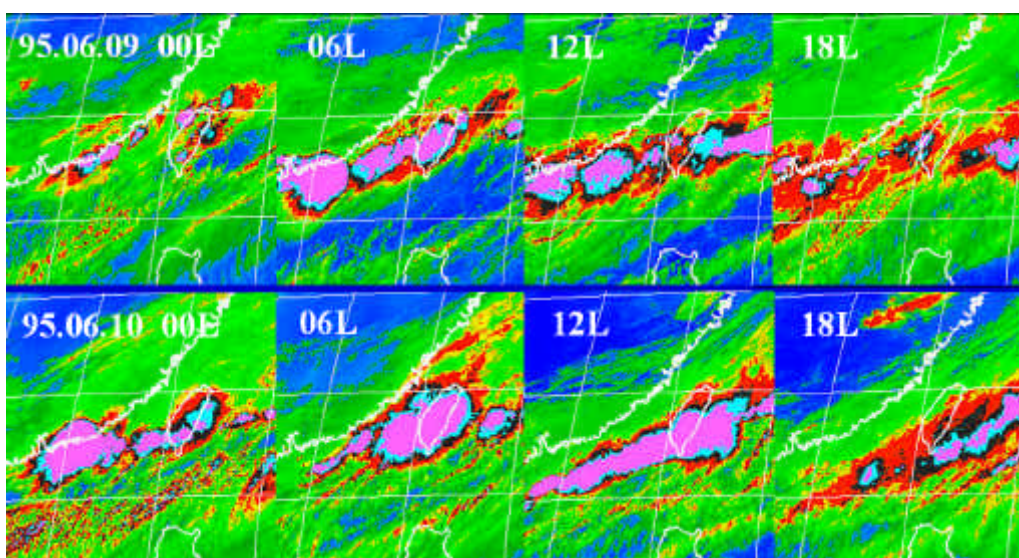


圖 2 2006 年 6 月 9 日 0000LST 至 6 月 10 日 1800LST 期間每六小時連續之 IR 雲圖。

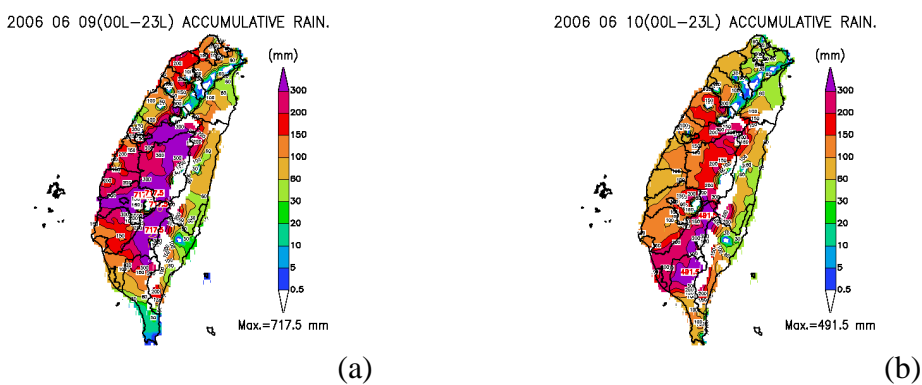


圖 3 2006 年 6 月(a) 9 日及(b) 10 日台灣地區日累積雨量分佈圖。

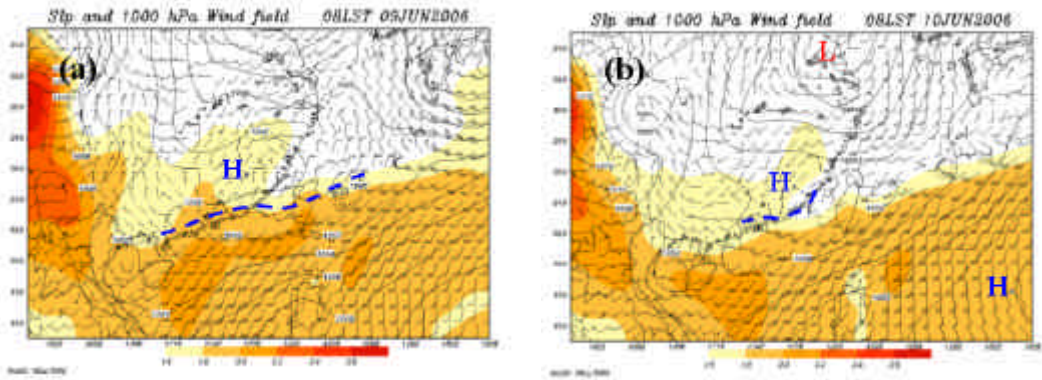


圖 4 6月(a)9日及(b)10日 0800LST 之海平面氣壓(等值線間距為 2hPa)、1000hPa 的風場及比溼(陰影部份, 單位為  $g\ kg^{-1}$ )。

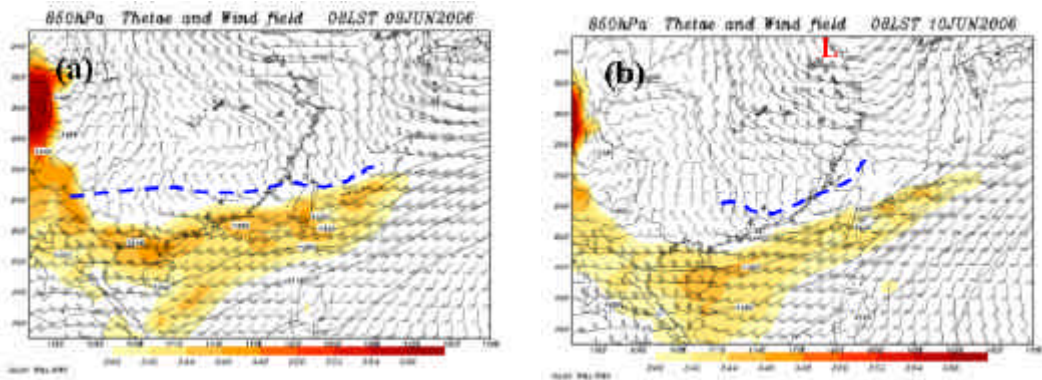


圖 5 6月(a)9日及(b)10日 0800LST 之 850hPa 的風場、高度場及相當位溫(陰影部份, 單位為 K)。

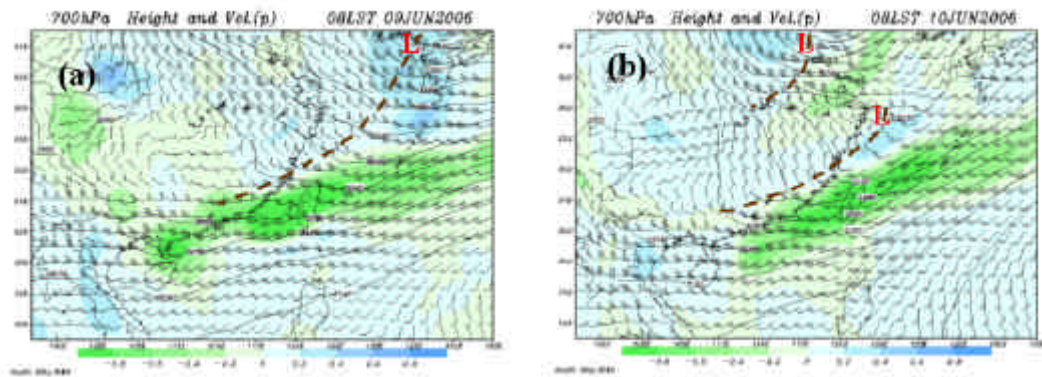


圖 6 6月(a)9日及(b)10日 0800LST 之 700hPa 風場、高度場及垂直速度(陰影部份, 單位為  $ms^{-1}$ )分佈。

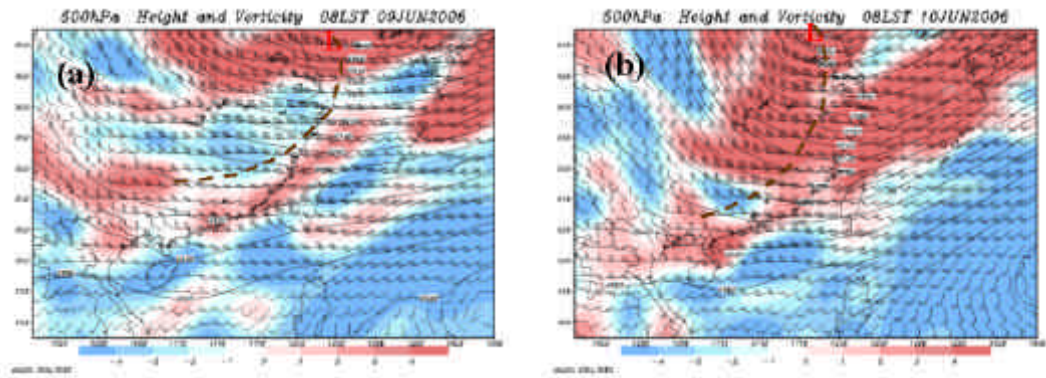


圖 7 6月(a)9日及(b)10日 0800LST 之 500hPa 風場、高度場及渦度場(陰影部份, 單位為  $10^{-5} s^{-1}$ )分佈。

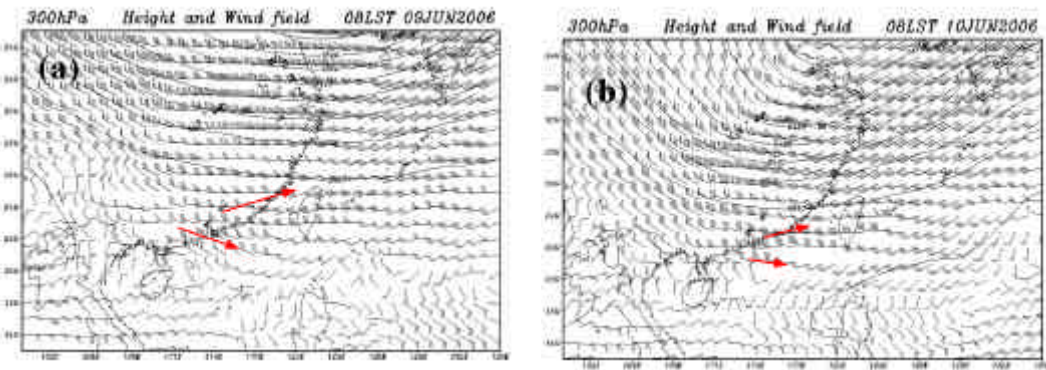


圖 8 6月(a)9日及(b)10日 0800LST 之 300hPa 風場、高度場分佈。

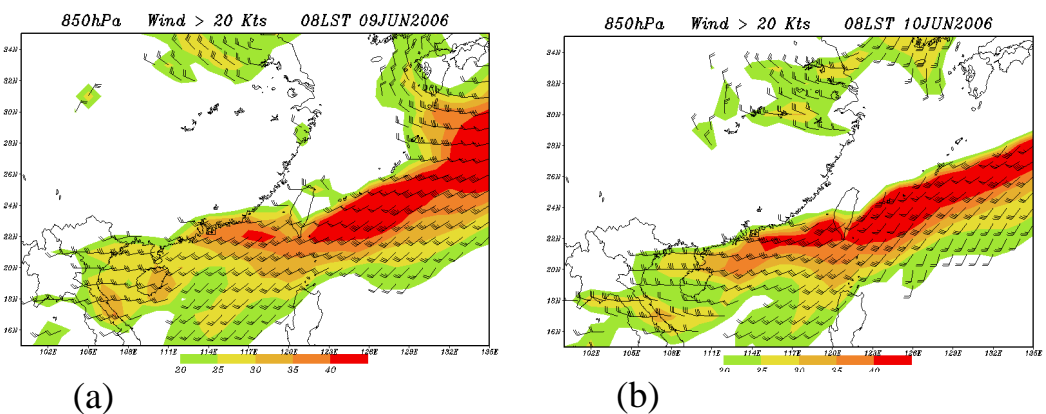
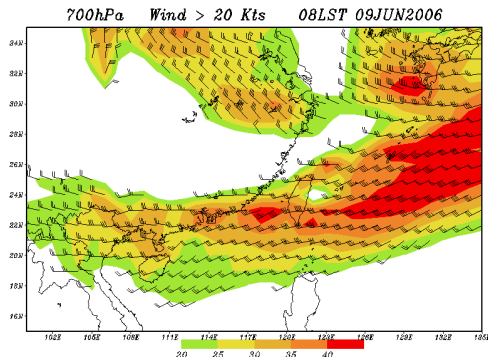
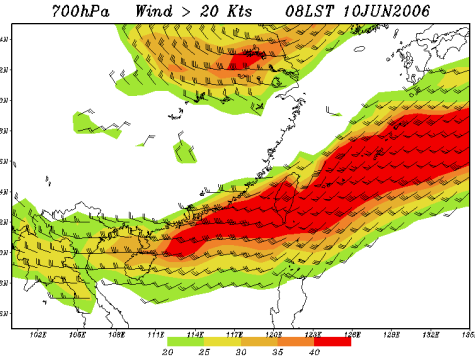


圖 9 6月(a)9日及(b)10日 0800LST 之 850hPa 風速大於 20 Kt(海浬/小時)區域分佈。



(a)



(b)

圖 10 6月(a)9日及(b)10日0800LST之700hPa風速大於20Kt(海浬/小時)區域分佈。

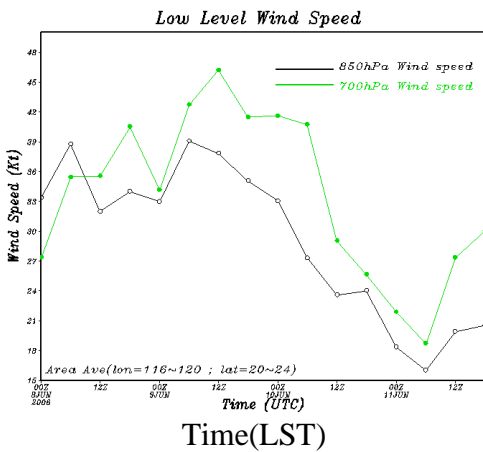


圖 11 6月8日0800LST至12日0200LST期間850hPa(黑線)及700hPa(綠線)於區域(116~120E; 20~24N)平均風速(Kt)時間序列。

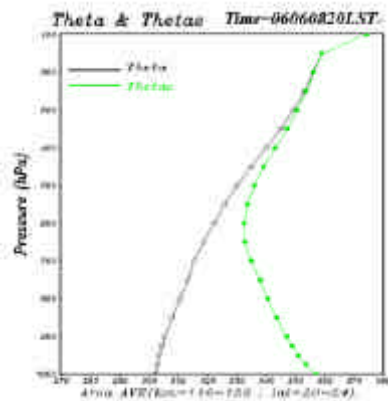


圖 12 6月8日2000LST位溫( $q$ )與相當位溫( $q_e$ )於區域(116~120E; 20~24N)平均垂直分佈(黑線位溫、綠線相當位溫, 單位為K)。

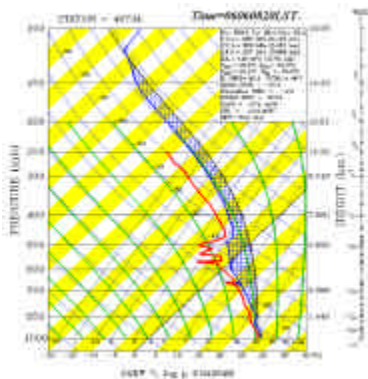


圖 13 6月8日2000LST馬公(46734)測站斜溫圖。

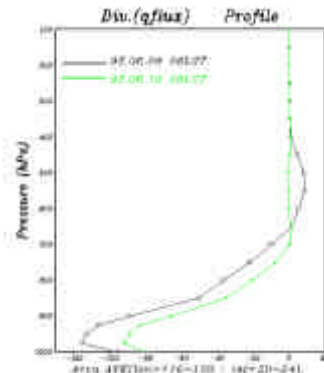


圖 14 6月9日(黑線)及10日(綠線)0800LST於區域(116~120E; 20~24N)平水氣輻散場垂直分佈(單位為 $10^{-8} g kg^{-1} s^{-1}$ )。

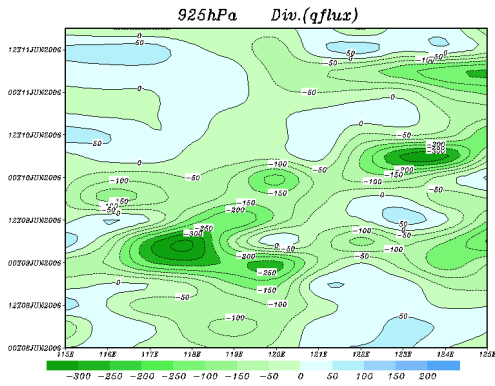


圖 15 北緯 23 度之水氣輻散通量經度(X 軸)-  
時間(Y 軸)序列圖 (水氣通量輻散場、  
單位為  $10^{-8} \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ )。