

1994年5月3日非地轉低層噴流與臺灣中尺度對流系統之個案研究

蒲金標
民用航空局飛航服務總台航空氣象中心

摘 要

本文選擇1994年5月3日在臺灣中、北部中尺度對流系統個案，研究非地轉低層噴流與臺灣中尺度對流系統之相關性，以期了解導致臺灣豪雨之對流雲系之形成條件、移動與發展過程以及激發機制。研究分析顯示1994年5月3日0000UTC在臺灣桃園、新竹、苗栗、台中和彰化及其沿海之中尺度對流系統，位在1000-850hPa非地轉低層噴流軸右前象限、700-500hPa非地轉噴流軸右後象限發展。也即非地轉低層噴流向中尺度對流系統內流，上層高空非地轉噴流由中尺度對流系統向外流，利於對流系統之發展。

此個案對流系統內流區附近，在925hPa以下，越近地層，實際風速越微弱；在850hPa以上，越遠離近地層，實際風速越強。但在925hPa近地層沿著對流系統內流區，則伴隨有一很強的非地轉低層噴流。外流區附近，在925hPa以下近地層，實際風速越微弱；在850hPa以上，遠離近地層，實際風速逐漸增強，在700hPa實際風速達最大值。外流區無論在近地層或遠離近地層之非地轉風風速不強。

一、前言

低層噴流形成之可能機制常透過東海高壓迅速移動使氣壓梯度增加，或四川低壓和雲貴低壓的生成與太平洋高壓脊西伸，透過地轉反應使西南風增強之綜觀強迫（陳與蒲，1985；蒲與陳，1986；蒲，1989；）。在低層西南風盛行時，於中對流層產生潛在不穩定度，當鋒面或高空槽接近時，因而產生強烈中尺度對流運動，導致低層輻合增強進而使低層噴流加強（蒲與陳，1988）。

臺灣豪雨可能源自噴流入區右方的劇烈對流。臺灣豪雨發生前，低層西南風增到最強，大雨結束後，風速減少。鐘（1988）研究指出低層噴流南側下層有微弱上升運動，上層有強烈下降運動；北側下層有微弱下降運動，上層有深對流。豪雨在低層噴流北側上層深對流區發生。Chen(1982)分析顯示低層噴流不僅將暖濕熱帶海洋空氣向北輸送，使低對流層產生潛在不穩定層，而且由於地轉不平衡和內部重力波之不穩定而引起一很強的垂直環流，在低層噴流北邊空氣上升，南邊空氣下沉，並指出華南地區豪雨在低層噴流與高層噴流軸間發生，850-700hPa低層噴流經常伴隨豪雨而加強。在台灣和中國華南觀測研究顯示引起梅雨鋒面暖區不穩定和對流性降水，其主要機制為先前已存在之低層噴流，因此低層噴流之存在可能係某些中尺度對流之原因而非其對流之結果（陳，1979；Chen,1982；陳與紀，1978；陳與蒲，1985；蒲與陳，1986）。

蒲與陳(1988)曾針對1983年6月3日台灣中南

部豪雨個案做綜觀天氣分析，研究結果認為(1)低層噴流引進暖濕氣流，在低層噴流出區左側，低對流層高溫潮濕，相當位溫甚高，而中對流層仍保時低溫乾燥，構成一潛在不穩定大氣。當鋒面和高空槽接近，強迫潛在不穩定大氣上升而產生強烈之對流系統，造成豪雨的發生。(2)低層西南噴流，不論中尺度對流系統向低對流層平均氣流之上游或下游發展，皆在成熟階段之對流雲帶東南側增強。

蔡與鄭(1987)研究顯示發生在華南地區的低層噴流，其水平尺度介於綜觀尺度與中尺度之間，並隨時間有明顯的變化，風速兼有地轉風與非地轉風分量。

本文選擇1994年5月3日在臺灣中、北部中尺度對流系統個案，研究非地轉低層噴流與臺灣中尺度對流系統之相關性，以期了解導致臺灣豪雨之對流雲系之形成條件、移動與發展過程以及激發機制，並期能作為建立即時預報系統之參考。

二、資料與分析過程

本文採用民用航空局所錄存1994年5月3日東亞地區高空測站之觀測資料。資料處理係以95.25公里之網格間距，採用Cressman(1989)客觀分析法，將高空測站觀測1000-500hPa定壓層之高度、風向和風速等資料分析至15°~42°N；100°~130°E之研究範圍內35 X 35特定網格點上，求取範圍內非地轉風與中尺度對流系統

之分佈，藉以分析中尺度對流系統之激發機制。

實際風：V

$$\text{地轉風： } V_g = - \frac{1}{f\rho} \frac{\partial p}{\partial n}$$

非地轉風：V_a = V - V_g

三、研究結果

(一) 雷達回波分析

圖1 為 1994年 5月 3日 0000UTC臺灣中、北部中正都卜勒雷達回波強度。3日0000UTC 回波強度達30dbz 以上，由臺灣東北方外海向西南延伸，經桃園、新竹、苗栗、台中和彰化及其沿海地區，止於濁水溪口，形成東北--西南走向的強回波帶，其中最大回波強度達40DBZ 以上。

(二) 實際風場與低層噴流

圖2 為1994年 5月 3日0000UTC臺灣中、低層高空實際風場分析。3日 0000UTC 1000hPa 實際風場分析(圖2a)，台灣位在鋒面前，同時台灣南端海面出現小高壓(66.4 gpm)，高壓涵蓋台灣南端。臺灣海峽中南部出現南南西風低層噴流(4 m/s 以上)，馬公風速達 6.1m/s。臺灣中、北部對流系統回波位在低層噴流軸右前象限和臺灣南端海面小高壓間發展。

3日 0000UTC 925hPa 實際風場分析(圖2b)，臺灣位在鋒面前暖區台灣南端海面也出現小高壓(782gpm)，高壓涵蓋台灣南部。西南風低層噴流軸(8m/s以上)行經南海北部、臺灣海峽至臺灣北部海面，其中馬公西南風風速達 10.1m/s。臺灣中北部對流系統回波也位在低層噴流軸之右前象限和臺灣南端海面小高壓間發展。

3日 0000UTC 850hPa實際風場分析(圖 2c)，臺灣位在鋒面前暖區，台灣南端海面上仍出現小高壓(1481gpm)，高壓涵蓋台灣南部。西南風低層噴流(8m/s以上)行經南海北部、臺灣海峽至臺灣東北部海面，其中臺灣東北部海面西南風風速達 16.0 m/s 以上。桃園、新竹、苗栗、台中和彰化及其沿海中尺度對流系統位在鋒面前低層低層噴流軸右後象限和小高壓間發展。

3日 0000UTC 700hPa實際風場分析(圖 2d)，臺灣位在700 hPa槽前，台灣南端海面上仍出現小高壓(3133 gpm)，高壓涵蓋台灣南部。西南風低層噴流(16 m/s以上)行經臺灣海峽經臺灣北

部至臺灣東北部海面，其中臺灣北部海面西南風風速達24.8 m/s。中尺度對流系統也位在槽前低層噴流軸右後象限和小高壓間發展。

3日 0000UTC 500hPa實際風場分析(圖 2e)，臺灣北部海面有低壓(5803gpm)，短槽位在臺灣北部沿海。西風高空噴流(20 m/s以上)行經臺灣南端海面，其中臺灣南端海面西風風速達 25.6 m/s。中尺度對流系統仍位在槽前和高空噴流軸左後象限發展。

以上實際風場與低層噴流分析顯示，桃園、新竹、苗栗、台中和彰化及其沿海中尺度對流系統位在1000-925hPa 鋒面前低層噴流軸下游右前象限、850hPa和700hPa槽前低層噴流軸上游右後象限以及500hPa短槽前高空噴流軸上游左後象限和臺灣南端海面小高壓間發展。也即低層噴流向中尺度對流系統內流，上層高空噴流由中尺度對流系統向外流。

(三) 非地轉風場與非地轉低層噴流

圖3 為1994年 5月 3日 0000UTC臺灣中、低層高空非地轉風場分析。3日 0000UTC 1000hPa非地轉風場分析(圖3a)，非地轉低層噴流(8 m/s 以上)由臺灣東南海面向西北行經臺灣東南部和中南部，噴流軸最大風速位在南投地區達 20.2m/s。桃園、新竹、苗栗、台中和彰化及其沿海之中尺度對流系統位在非地轉低層噴流軸右前象限發展。

3日 0000UTC 925hPa非地轉風場分析(圖 3b)，非地轉低層噴流(28m/s 以上)仍由臺灣東南海面向西北行經臺灣東南部和中南部，非地轉低層噴流增強，噴流軸最大風速位在南投地區高達40.3 m/s。中尺度對流系統也位在非地轉低層噴流軸右前象限發展。

3日 0000UTC 850hPa非地轉風場分析(圖 3c)，非地轉低層噴流(16m/s以上)仍由臺灣東南海面向西北行經臺灣東南部和中南部，唯再轉向臺灣北部，最後至臺灣東北部海面。非地轉低層噴流比925hPa為弱，噴流軸最大風速位在南投地區降為20.2 m/s。中尺度對流系統也位在非地轉低層噴流軸右前象限發展。

3日 0000UTC 700hPa非地轉風場分析(圖3d)，非地轉低層噴流(10 m/s以上)仍由臺灣東南海面向西北行經臺灣東南部和中南部，再轉向臺灣北部，最後至臺灣東北部海面。噴流軸最大風速(20.6 m/s)位在臺灣北部海面。中尺度對流系統則位在非地轉低層噴流軸右後象限發展。

3日 0000UTC 500hPa非地轉風場分析(圖 3e)，非地轉低層噴流(10 m/s以上)仍由臺灣東南海面向西北行經臺灣東南部和中南部，再轉向

臺灣北部，最後至臺灣東北部海面。噴流軸最大風速(15.9 m/s)位在臺灣北部海面。中尺度對流系統則位在非地轉高空噴流軸右後象限發展。

以上非地轉風場和非地轉低層噴流分析顯示，桃園、新竹、苗栗、台中和彰化及其沿海之中尺度對流系統位在 1000-850hPa非地轉低層噴流軸右側前緣、700-500hPa 非地轉噴流軸右後象限發展。也即非地轉低層噴流向中尺度對流系統內流，上層高空非地轉噴流由中尺度對流系統向外流，利於對流系統之發展。

(四) 對流系統內流區和外流區實際風場和非地轉風場之垂直分析

由前一節分析得知1994年 5月 3日0000UTC 桃園、新竹、苗栗、台中和彰化及其沿海之中尺度對流系統位在 1000-850hPa非地轉低層噴流軸右前象限和700-500hPa非地轉噴流軸右後象限發展。為了解此個案對流系統內流區和外流區實際風場和非地轉風場之垂直分布情形，本節特別在對流系統內流區附近選擇三個網格點--- A 點(23.5° N, 120.1° E)、B 點(23.3° N, 121.0° E)和 C 點(24.1° N, 121.2° E)；對流系統外流區附近也選擇三個網格點--- D 點(25.1° N,120.5° E)、E 點(24.9° N, 121.4° E)和 F點 (25.7° N, 121.7° E)，如圖 4，來分析對流系統內流區和外流區實際風場和非地轉風場之垂直分布情形。

1. 內流區

此個案對流系統內流區附近實際風場之垂直分布(圖5a,5b,5c)，在925hPa以下近地層實際風速僅為 10m/s以下，風力微弱。850hPa以上實際風速約在 20m/s 左右。顯示此個案對流系統內流區附近，在925hPa以下，越近地層，實際風速越微弱；在850hPa以上，越遠離近地層，實際風速越強。

對流系統內流區附近非地轉風場之垂直分布(圖6a,6b,6c)，在925hPa以下近地層非地轉風速相當強勁，尤其在925hPa近地層非地轉風速最大值達 40m/s。在 850hPa 以上非地轉風速減弱，約為15m/s。顯示此中尺度對流系統個案，在925hPa近地層沿著對流系統內流區，伴隨有一很強的非地轉低層噴流。此個案與日本地區在梅雨鋒面近 700 hPa沿著豪雨帶常伴隨有一類似很強的非地轉低層噴流，唯此對流系統個案在較低的925hPa近地層伴隨有一很強的非地轉低層噴流。另外，此對流系統個案非地轉低層噴流形成之可能機制是否由積雲對流引起水平動量向下傳送之

結果，有待進一步研究。

2. 外流區

對流系統外流區附近實際風場之垂直分布(圖5d,5e,5f)，925hPa以下近地層實際風速僅在 10m/s以下，風力微弱。850hPa以上實際風速約在 15m/s以上，其中700hPa實際風場風速為最大值，達23m/s以上。顯示在對流系統外流區附近在925hPa以下近地層，實際風速越微弱；在850hPa以上遠離近地層，實際風速逐漸增強，在700hPa實際風速達最大值。

外流區附近非地轉風場之垂直分布(圖6d ,6e,6f)，在925hPa以下近地層非地轉風速卻相當微弱，僅在 8m/s 以下。在 850hPa 以上之非地轉風速在 17-20m/s 。非地轉風速略為增強而已。顯示此中尺度對流系統個案，對流系統外流區無論在近地層或遠離近地層之非地轉風速不強。

四、結論與建議

本文選擇1994年 5月 3日在臺灣中、北部中尺度對流系統個案，研究非地轉低層噴流與臺灣中尺度對流系統之相關性，以期了解導致臺灣豪雨之對流雲系之形成條件、移動與發展過程以及激發機制，初步獲得下列結果：

(一) 1994年 5月 3日0000UTC 在臺灣東北方外海向西南延伸，經桃園、新竹、苗栗、台中和彰化及其沿海地區，止於濁水溪口，形成東北--西南走向之中尺度對流系統，位在1000-925hPa鋒面前低層噴流軸下游右前象限、850-700hPa 槽前低層噴流軸上游右後象限以及500hPa短槽前高空噴流軸上游左後象限和臺灣南端海面小高壓間發展。也即低層噴流向中尺度對流系統內流，上層高空噴流由中尺度對流系統向外流。

(二) 桃園、新竹、苗栗、台中和彰化及其沿海之中尺度對流系統，位在1000-850hPa 非地轉低層噴流軸右側前緣、700-500hPa非地轉噴流軸右後象限發展。也即非地轉低層噴流向中尺度對流系統內流，上層高空非地轉噴流由中尺度對流系統向外流，利於對流系統之發展。

(三) 此個案對流系統內流區附近，在925hPa以下，越近地層，實際風速越微弱；在850hPa以上，越遠離近地層，實際風速越強。在925hPa近

地層沿著對流系統內流區，伴隨有一很強的非地轉低層噴流。

(四) 在對流系統外流區附近，在925hPa以下近地層，實際風速越微弱；在850hPa以上遠離近地層，實際風速逐漸增強，在700hPa實際風速達最大值。外流區無論在近地層或遠離近地層之非地轉風風速不強。

誌謝

本文是在國科會之支助下始克完成，特此申謝。其次，感謝民航局飛航服務總台台北氣象中心黃麗君、陳炳全、劉煥湘、王太元、張翠分、黃紀仁、林慧娟和黃光遠等先生小姐在資料收集與處理等協助，在此一併致謝。

參考文獻

- 陳秋士，1987：天氣和次天氣尺度系統的動力學。科學出版社，pp. 165。
陳泰然與紀水上，1978：台灣梅雨鋒面之中幅度結構。大氣科學，5，1，35-47。
陳泰然與蒲金標，1985：華南春季低層噴流之

形成與台灣北部地區豪雨之個案分析。大氣科學，12，23-32。

蒲金標，1995：梅雨季中尺度對流系統與近地層氣象因子之氣候特徵研究(一)。國科會 NSC84-2111-M117-002-AP2 pp. 48。

蒲金標與陳泰然，1986：華南地區春季低層噴流之形成過程，第四屆全國大氣科學學術研討會，138-148。

蒲金標與陳泰然，1988：華南地區低層噴流與中尺度對流系統之初步分析。氣象學報，34，285-297。

鐘永明，1988：華南地區低層噴流之分析研究。中央大學碩士論文，102頁。

Chen, Q. S., 1982: The instability of the gravity-inertia wave and its relation to the low-level jet and heavy rainfall. J. Meteor. Soc. Japan, 60, 1041-1057.

Cressman, G. T., 1959: An operational objective analysis system. Mon. Wea. Rev., 87, 367-374.

Ninomiya, K., 1980: Enhancement of Asia subtropical front due to thermodynamic effect of cumulus convections. J. Meteor. Soc. Japan, 58, 1-15.

A Case Study of an Ageostrophic Low Level Jet and Mesoscale Convective Systems on May 3, 1994 in Taiwan

Chin-Piao Pu
Taipei Meteorological Center
Air Navigation and Weather Services
Civil Aeronautics Administration

ABSTRACT

Relationship between an ageostrophic low-level jet stream and mesoscale convective system (MCS) was analyzed for a case over Taiwan on May 3, 1994. The purpose is to study the environmental conditions and thermodynamical process of MCS in Taiwan.

The results indicated that the most remarkable structure is found in the wind field of 925hPa with a low-level jet stream which is considerably ageostrophic. The existence of a significant ageostrophic low-level jet stream seems to be deeply related with the precipitation and, therefore probably, with the convective activity.

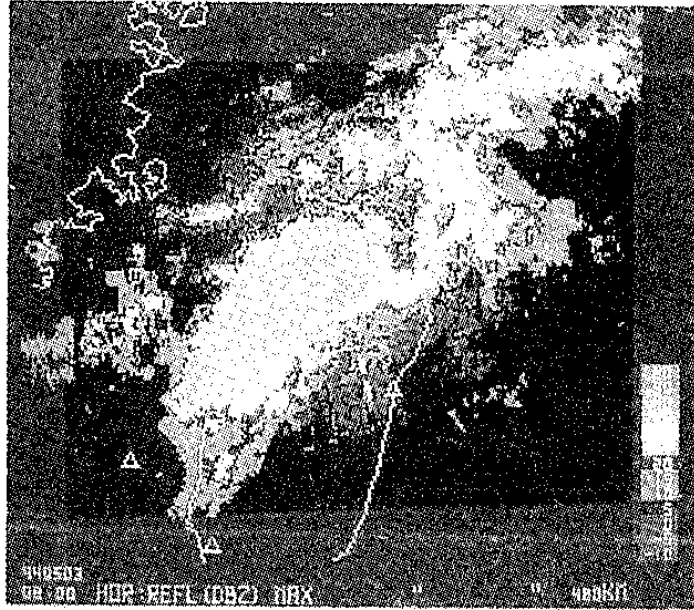


圖1 1994年 5月 3日 0000UTC臺灣中、北部中尺度對流系統之中正都卜勒雷達回波強度。

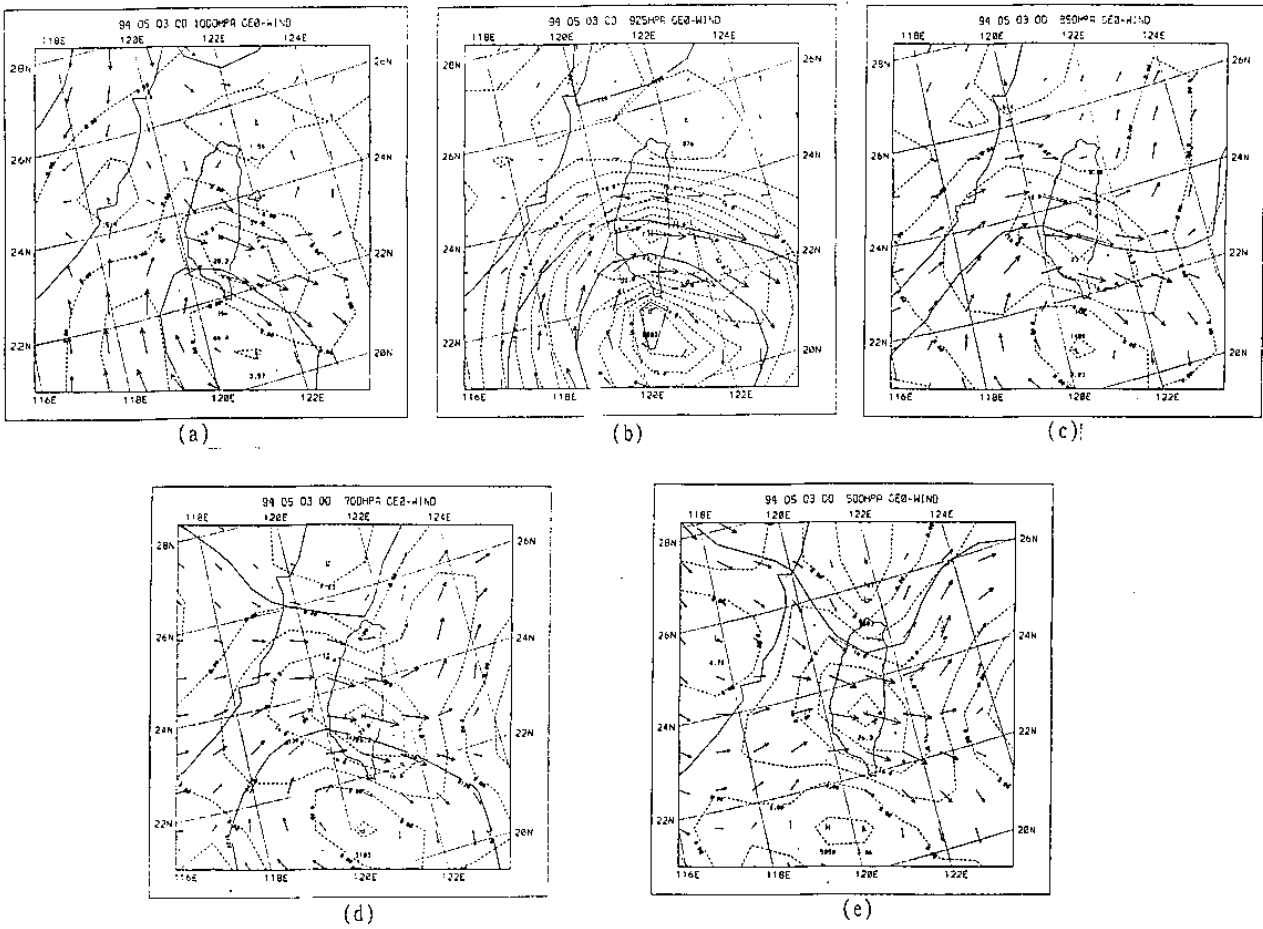


圖2 1994年 5月 3日臺灣中、低層高空實際風場分析(a) 1000hPa (b) 925hPa (c) 850hPa (d) 700hPa (e) 500hPa 圖中實線為等高線(gpm)，虛線為等風速線(m/s)

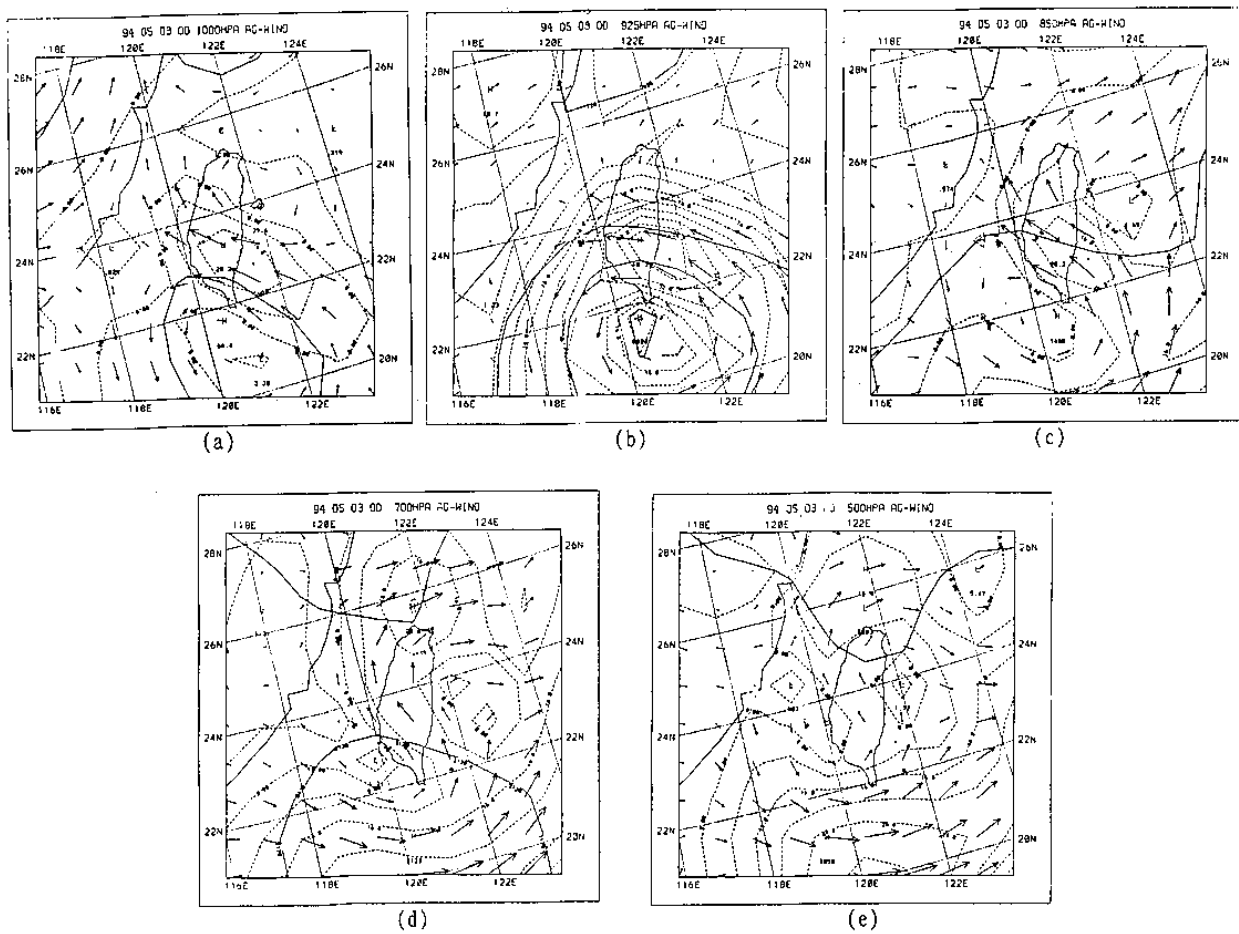


圖3 1994年 5月 3日臺灣中、低層高空非地轉風場分析(a) 1000hPa (b) 925hPa (c) 850hPa (d) 700hPa (e) 500hPa圖中實線為等高線(gpm)，虛線為等風速線(m/s)

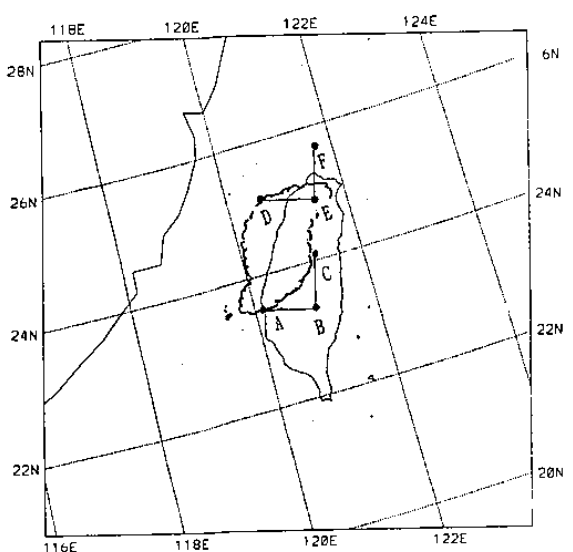


圖4 1994年 5月 3日 0000UTC台灣中、北部中尺度對流系統內流區和外流區選擇網格位置圖
 A 點(23.5° N, 120.1° E),
 B 點(23.3° N, 121.0° E),
 C 點(24.1° N, 121.2° E),
 D 點(25.1° N, 120.5° E),
 E 點(24.9° N, 121.4° E),
 F 點(25.7° N, 121.7° E)。

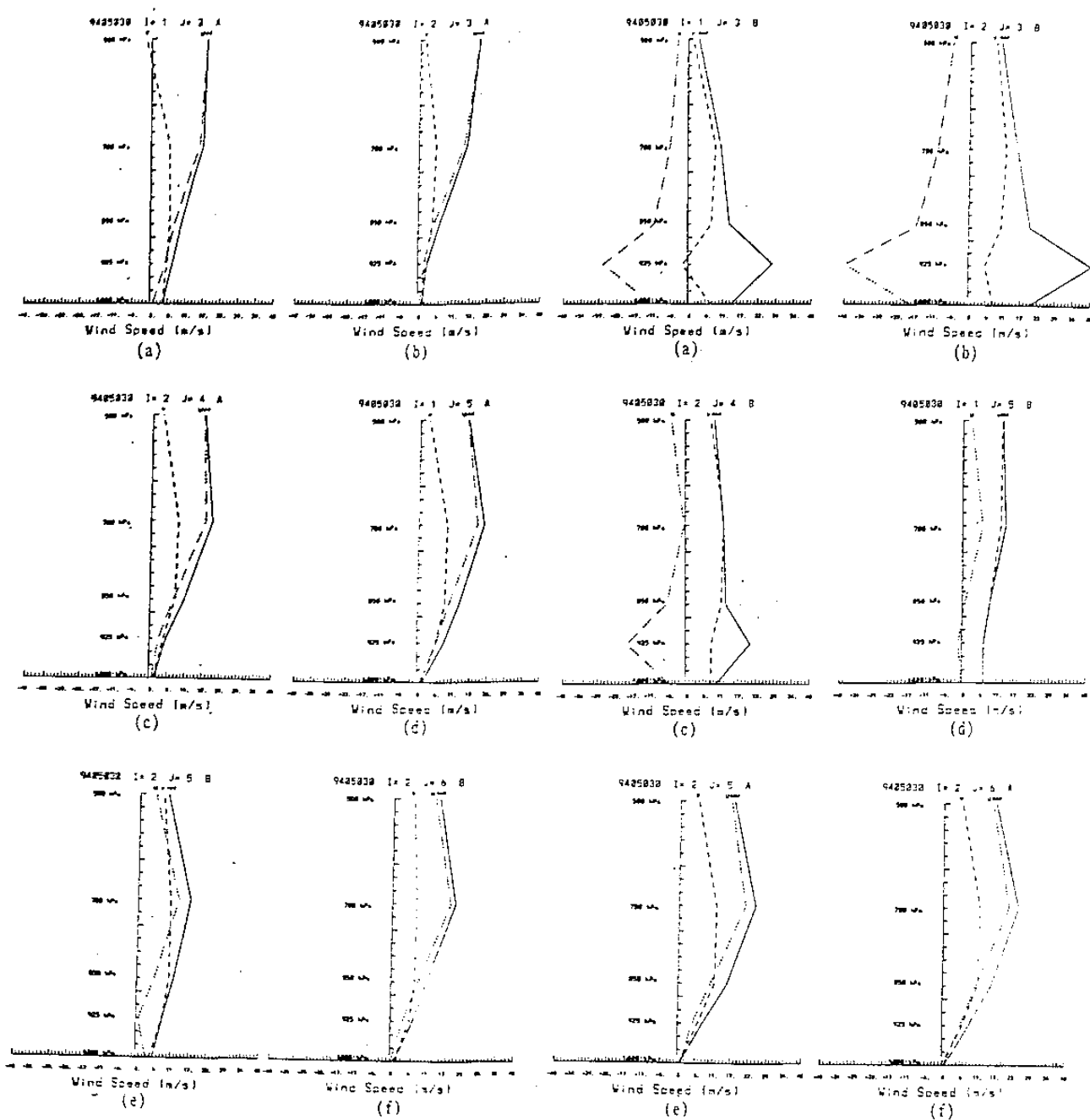


圖5 1994年 5月 3日 0000UTC台灣中、北部中尺度對流系統內流區和外流區附近實際風場之垂直分布

- (a) A 點(23.5° N, 120.1° E),
- (b) B 點(23.3° N, 121.0° E),
- (c) C 點(24.1° N, 121.2° E),
- (d) D 點(25.1° N, 120.5° E),
- (e) E 點(24.9° N, 121.4° E),
- (f) F 點(25.7° N, 121.7° E)。

圖中實線為實際風速(sp_d, m/s), 虛線為南風分量(v, m/s), 斷虛線為西風分量(u, m/s)。

圖6 1994年 5月 3日 0000UTC台灣中、北部中尺度對流系統內流區和外流區附近非地轉風場之垂直分布

- (a) A 點(23.5° N, 120.1° E),
- (b) B 點(23.3° N, 121.0° E),
- (c) C 點(24.1° N, 121.2° E),
- (d) D 點(25.1° N, 120.5° E),
- (e) E 點(24.9° N, 121.4° E),
- (f) F 點(25.7° N, 121.7° E)。

圖中實線為實際風速(sp_d, m/s), 虛線為南風分量(v, m/s), 斷虛線為西風分量(u, m/s)。