

利用清泉崗都普勒雷達分析 中尺度對流系統的氣流及其降水結構

張耀升 陳台琦

國立中央大學大氣物理研究所

摘要

本文主要利用清泉崗(CCK)都普勒雷達資料分析1991年梅雨期間中尺度對流系統之氣流及其降水結構。

分析結果發現在雷達的南方有一股很强的南來氣流支持這中尺度對系統，且整個發展期間，中尺度對流系統的內部結構很結實。整個中尺度對流降水系統由高雄雷達做逐時追蹤發現是從南海發展出來的中尺度對流系統的雲雨帶往北移和鋒面雨帶在臺灣中部結合，而造成臺灣中南部的豪雨。在這個案期間，這中尺度對流系統的生命期有三天之久，由高雄雷達站所觀測到，最大回波強度在40dBZ左右；且從CCK雷達的徑向風場，得知整個降水期間有很強的西南氣流支持，使得南來中尺度對流系統在臺灣遇到地形而抬升，造成強烈的降水現象。

一、前言

臺灣五、六月梅雨期間中尺度對流系統常帶來豐沛的雨量，也常帶來災害。爲了要有效利用自然界給予我們這項水資源，我們就必須瞭解梅雨鋒面的特性及其所伴隨的中尺度對流系統，讓梅雨期間的降水得到最有效的利用。

要瞭解臺灣區梅雨的特性，最有效且最直接的利器，那就是使用雷達來對梅雨期間中尺度對流系統的觀測。目前在臺灣地區有六個雷達及一個教學用雷達，這雷達觀測網廣佈臺灣各地每天每小時都在進行觀測及資料的蒐集，因此對於任何天氣系統接近臺灣地區我們都能有效掌握其動態，進而解析其結構以防豪雨成災。

這七個雷達分別位於桃園中正機場、中壢中央大學、台中清泉崗機場、馬公機場、高雄、綠島、花蓮。其中桃園中正機場和臺中清泉崗機場所安制的是最新的都普勒氣象雷達，其它雷達站目前還是屬於傳統雷達。

1991/6/22到6/25日，在這段期間梅雨鋒滯留臺灣附近上空，從南海帶來了中尺度對流系統。使得中南部豪雨不斷，所得到的雨量幾乎要打破以往觀測記錄(如表1)；從其它地面氣象資料顯示，此個案和以往梅雨鋒面所帶來鋒後中尺度對流降水系統有明顯的不同，且從清泉崗都普勒雷

達(CCK)和高雄雷達，可清楚且明瞭看出這段期間梅雨鋒面的動態，中尺度對流降水系統的結構及其系統的發展，因此利用清泉崗都普勒雷達對此個案更深入的加以探討。

衛星影像及雷達回波圖顯示出1991年6月24日0700LST-0800LST的最大雨勢是MCS的發展所造成的，而1990年6月9日(王陳台琦等,1991)及1984年6月3日的豪雨是和MCS向後發展有關。此個案的豪雨和MCS向後發展所產生的豪雨似乎有所不同，這讓我們對這MCS雷達回波的特性及其氣流走向很有興趣。在美國，MCS或MCC的發展通常都帶來了大量降水(Scofield and Weiss 1976, Maddox et. al. 1986)。對6月24日的事件，VAD分析指出在MCS的底層有不太弱的輻合及變形，進一步的利用都普勒風場分析也許可更了解MCS的內部結構。

經由回波場及都普勒風場的詳細分析，對於中尺度對流降水系統的發展過程，希望都普勒雷達分析的結果能對即時預報有明確的幫助。

二、資料來源

本文所使用的氣象資料皆來自中央氣象局，各氣象站的一般正常作業資料，包括地面氣象資料、探空資料、逐時雨量資料及衛星雲圖。資料時間從80年6月22日至25日。東亞地區每3小時一次的AAXX電碼，及每一小時一次臺灣地區20餘站的氣象觀測站之氣象資料包括溫度、露點、

測站	臺	新	梧	臺	嘉	阿	玉	臺	高	屏	屏
日期	北	竹	棲	中	義	山	山	南	雄	北	南
22	88	35	49	56	130	188	93	290	124	122	115
23	65	32	39	43	38	297	118	97	164	133	140
24	57	154	123	112	142	388	190	131	236	230	196
25	4	12	21	23	38	111	30	47	65	61	62

表1為1991年六月份臺灣主要測站日雨量統計表。

氣壓、風向、風速、相對濕度等氣象要素。東亞地區每12小時一次的TTAA電碼包括臺灣地區的三個探空站(板橋、馬公及東港)。臺灣地區中央氣象局所屬的94個自動雨量觀測站及20餘站的氣象觀測站。GMS紅外線衛星雲圖，每3小時一張。

三、綜觀天氣概述

24日0000 UTC (圖1)，低壓中心位於日本本島，冷鋒面由此向西南延伸通過臺灣中部，經廣東沿海到海南島東方海面。850 hPa (圖2)高空天氣圖的冷鋒面位置大致在地面鋒面左方。強風速軸移到臺灣東岸上空，最大風速中心在臺灣東方海上，臺灣海峽與中、南部的西南氣流增強。衛星雲圖上(圖3)，臺灣上空有五分之四被中尺度對流雲雨區所佔據，且臺灣海峽南部及香港附近海面上各有一對流胞存在。

圖4、5、6分別為板橋(46692)、馬公(46734)及東港(46747)三站探空資料所得到的斜溫圖。

板橋、馬公及東港三探空站在24日整個溫度露點差不大，也是很潮濕，但沒有出現逆溫層。板橋地面風在24日0000UTC吹偏北風，南部的馬公及東港的地面風在24日0000UTC就以轉為偏南風，就整個地面風的氣流走向是呈逆時鐘旋轉，此和Maddox (1986)對MCC近地面層氣流走向是一致的。分析此三探空站之穩定度，發現臺灣整個大氣是處於不穩定狀態。由其是東港。

由北、中、南三站的探空資料得知，在24日臺灣上空的大氣是處於極不穩定狀態，且被大量的潮濕水汽所覆蓋。

四、回波及風場特性

圖7為高雄傳統雷達24日0300時至0800時每一小時的PPI圖，回波在這六小時是以 40 km h^{-1} 的速度，由南往北運動，回波面積是愈來愈大，涵蓋整個臺灣中南部。根據雨量資料中南部在0700LST有些地區的時降雨量高達50mm以上，因此利用這時段的回波，使用清泉崗(CCK)都普勒雷達分析降水結構及氣流走向時，這段期間由雨量資料知道最大降水區在中南部，因此下面的討論著重在中南部的強降水區。

07時03分(圖8)由CCK雷達所得到的回波圖及徑向風場圖。回波圖中的降水系統幾乎涵蓋整個臺灣，20dBZ等值線的面積包含臺灣中南部，雷達位於中央(0,0)的地方。最大回波區中心位置在CCK雷達東南方40公里，回波值尚維持在30dBZ至35dBZ間。最大波區面積大約有200平方公里。在二及三公里的徑向風場維持在西南風，但在臺灣西部外海似乎有一風切線存在，可見鋒面此時或許停留於此，其徑向風速在 $17-20 \text{ m s}^{-1}$ 。從通過雷達的南北的回波及風場縱剖面圖，可看到15dBZ的回波發展高度在7.5公里上下，範圍是相當的廣大，此時的風場也屬於南來氣流。從回波垂直剖面圖，看整個降水系統的結構，此中尺度對流系統發展的很結實，並沒有破洞，而在此時中南部時降雨量達30mm以上。

08時03分(圖9)降水系統此時的移動速度減緩，但繼續往北移動。最大回波區的面積已明顯的減小，且降水系統的20dBZ等值線，此時也開始分裂成南北兩個降水胞，北邊的降水胞面積遠大於南方的降水胞。可見此降水系統的分裂意味著此對中尺度流系統正逐漸消散當中。風場仍然為持著南來氣流，徑向風速則為持不變(圖9)。從回波及風場縱剖面圖(圖9)可看到回波發展高度現在已降到7公里上下，已沒有上個鐘頭發展的高，此時的風場也是南來的氣流。

由Browning和Wexler於1968年提出的VAD分析技術能夠提供更多低層的訊息。圖10顯示0700LST和0800LST這二小時雷達半徑30公里內主要風向、風速、輻散場、變形場以及變形場夾角的垂直剖面。0700LST地面到0.5公里之間，風向是由東風轉向南風，0.5公里以上則穩定地吹西南風。輻散場方面在最低層出現很大的輻合值，此為雷達在接近地面時資料搜集有誤，因此不考慮底層的資料。在1公里以下為輻合，1公里以上為輻散值幾乎為零，變形場最大值則出現在底層。而變形場夾角的絕對值在45度以內則有利於鋒生，則3.5公里以下此時間的變形場夾角皆在45度，可見在3.5公里以下有利於鋒生。而鋒面在臺灣西部外海，因此變形場夾角所得到的鋒生條件是可信。而0800LST的VAD分析結果大概和0700LST相似並沒有多大的變化，只有在輻散場方面，其最大值出現在1公里上下。圖11顯示的是0700LST五個北北西-西南東的剖面沿東北東-西南西方向排列，可清楚的看到此中尺度對流系統回波的三度空間分佈。

五、結果

梅雨期間的降水性質，大部分是連續性的，時常伴隨著雷雨、豪雨，而使得我們生命及財產受到極度的危險與損失，因此梅雨期豪雨的正確預報是非常的重要。

整個中尺度對流降水系統由高雄雷達做逐時追蹤發現是從南海發展出來的中尺度對流系統的雲雨帶往北移和鋒面雨帶在臺灣中部結合，而造成臺灣中南部的豪雨。在這個案期間，這中尺度對流系統的生命期有三天之久，由高雄雷達站所觀測到，最大回波強度在40dBZ左右；且從CCK雷達的徑向風場，得知整個降水期間有很強的西南氣流支持，使得南來中尺度對流系統在臺灣遇到地形而抬升，造成強烈的降水現象。

在這個案中，豪雨的發生皆在臺灣中南部，所搜集到的資料，可以提供降水系統的結構、型態及移動方向，從都普勒雷達回波的特性討論，得知中尺度對流降水系統的動向、強度及生命期；藉由都普勒徑向風場預估氣流的結構。希望藉由上面的討論能對MCS所帶來的豪雨更深入的瞭解。

參考文獻

- 王陳台琦, 林沛練, 陳景森, 楊健生與魏運寶, 1991: 梅雨期中尺度對流系統產生豪雨得雷達分析, 天氣分析與預報檢討會論文彙編, 交通部中央氣象局, 227-237。
- Browning, K. A. and R. Wexler, 1968: The determination of Kinematic properties of a wind field using Doppler Radar. *J. A. M.* V.7, 105-113.
- Maddox, R. A., Howard, K. W., Bartels, and Rodgers, D. M., 1986: Mesoscale Convective Complexes in the Middle Latitudes. *Mesoscale Meteorology and Forecasting*. American Meteorology Society.
- Scofield, R., and C. Weiss, 1976: Application of SMS products and other data for short range, forecasting in the Chesapeake Bay region. Preprints, 6th Conference on Weather Forecasting and Analysis, Albany, N. Y., American Meteorological Society, Boston, 67-73.

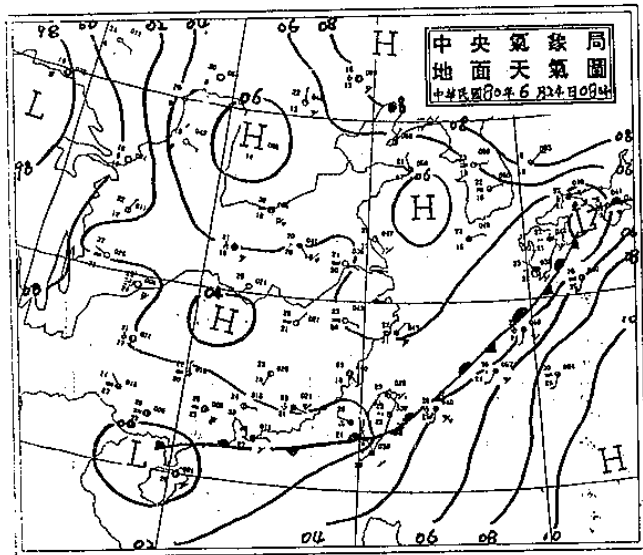


圖1為1991年6月24日00Z地面圖。

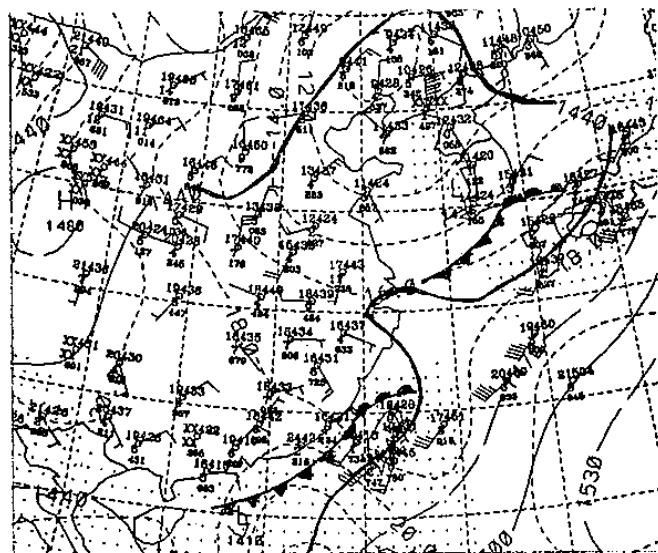


圖2為1991年6月24日00Z，850hpa 高空天氣圖

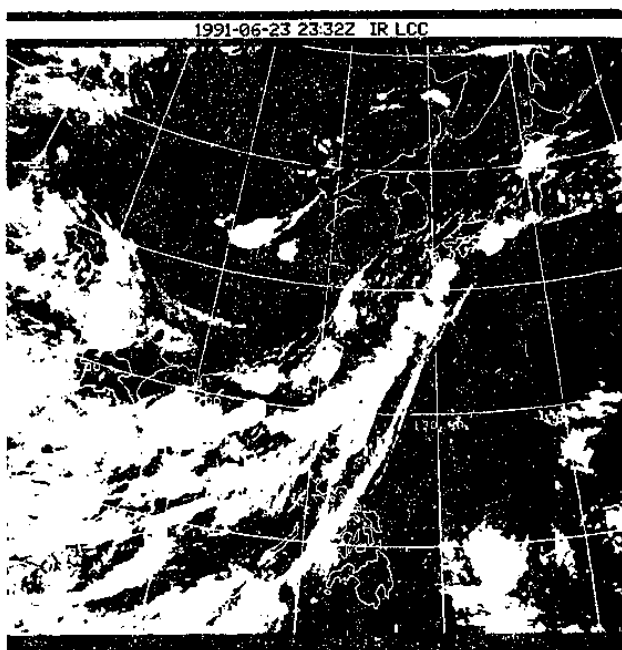


圖3為1991年6月24日00Z，衛星雲圖。

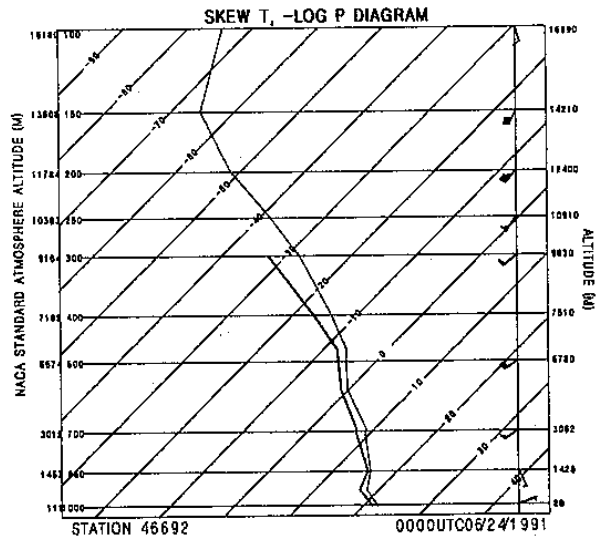


圖4為1991年6月24日00Z，板橋(46692)測站探空資料所得到的斜溫圖。

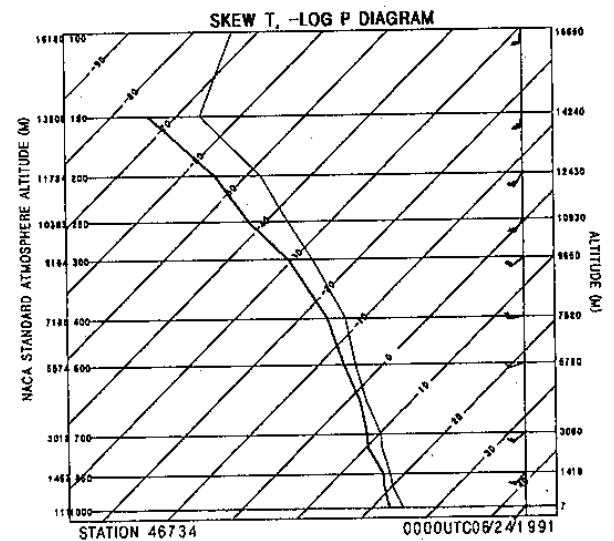


圖5為1991年6月24日00Z，馬公(46734)測站探空資料所得到的斜溫圖。

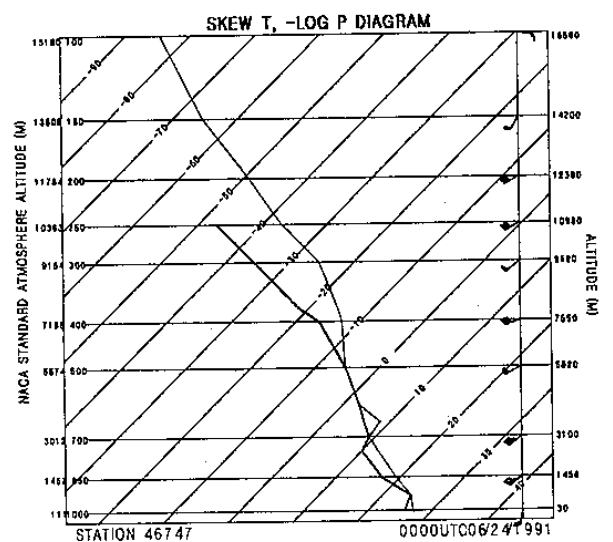


圖6為1991年6月24日00Z，東港(46747)測站探空資料所得到的斜溫圖。

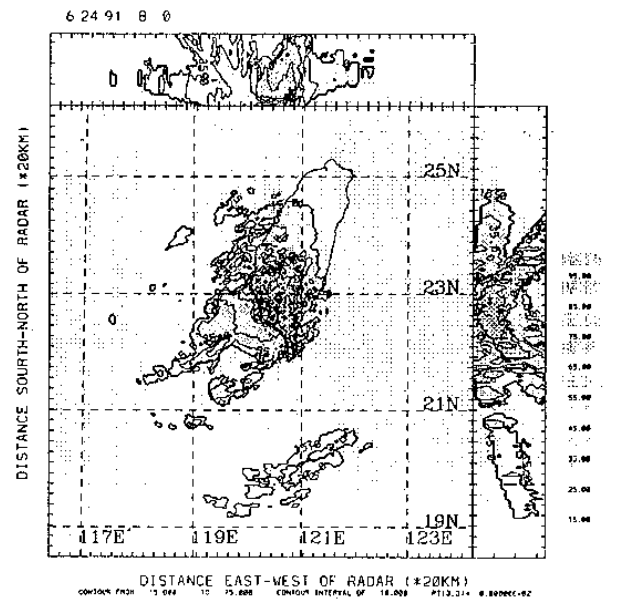
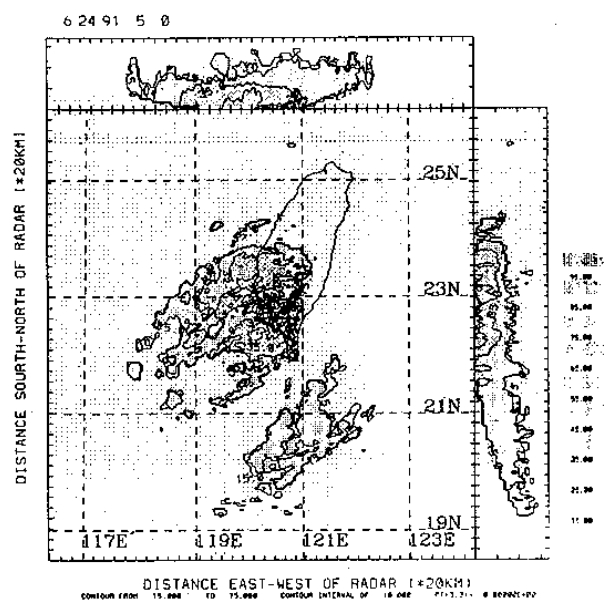
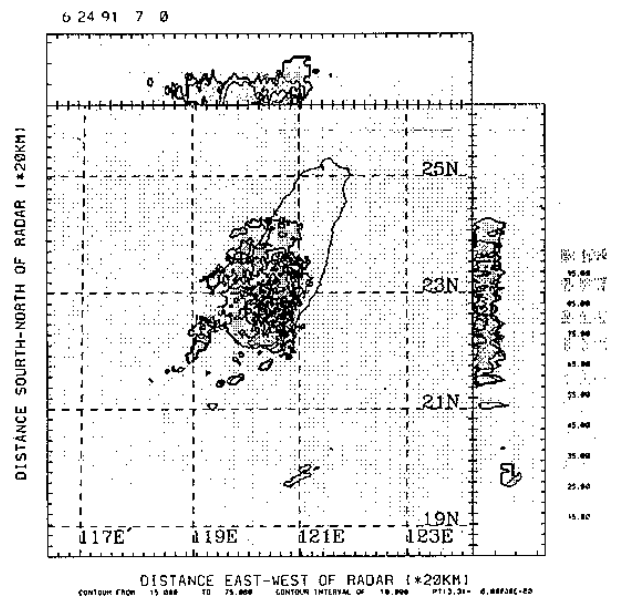
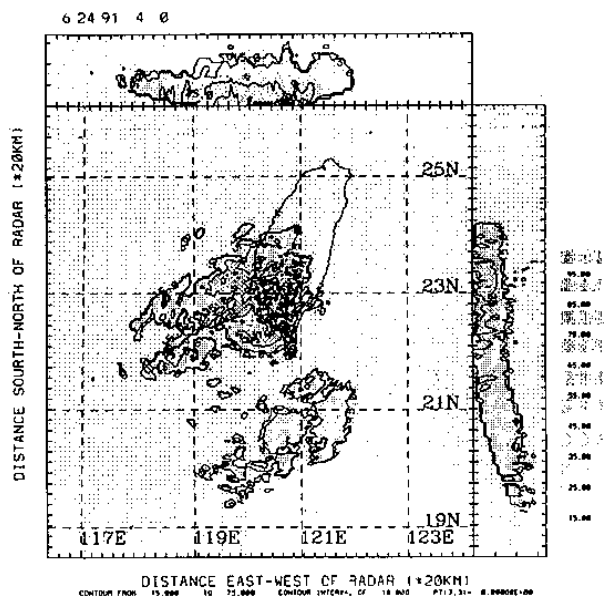
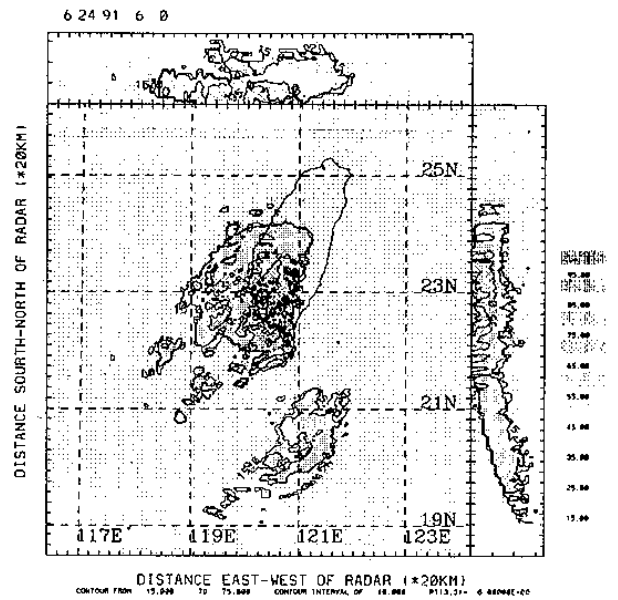
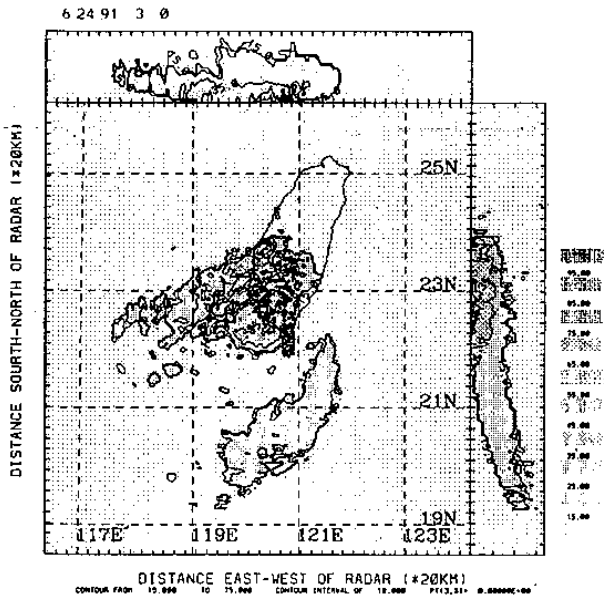
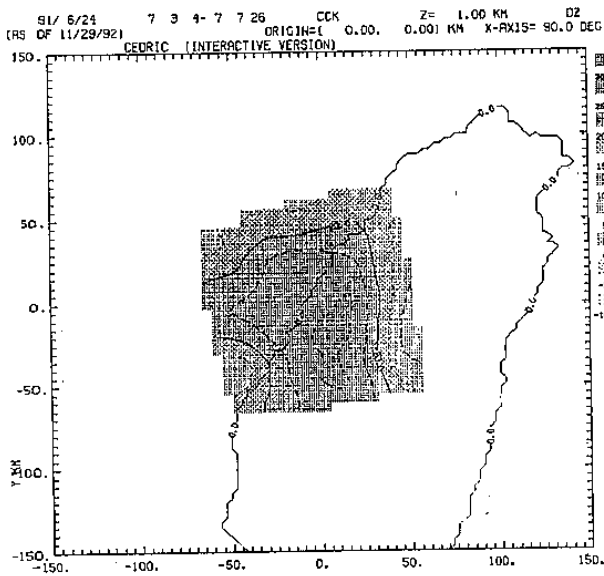
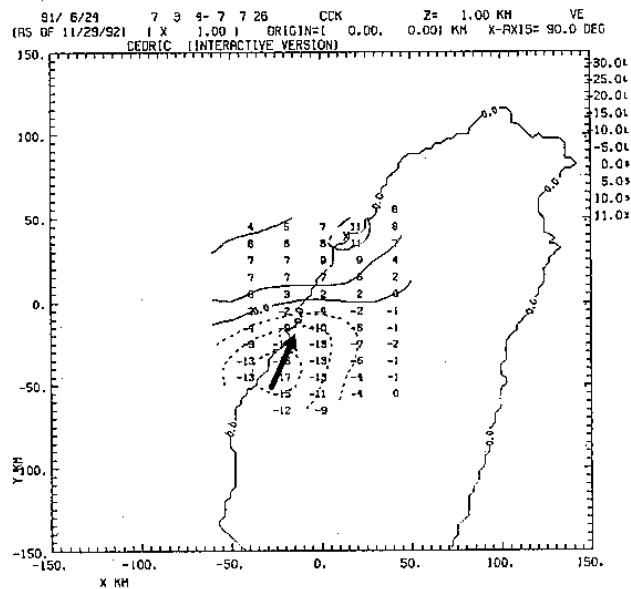


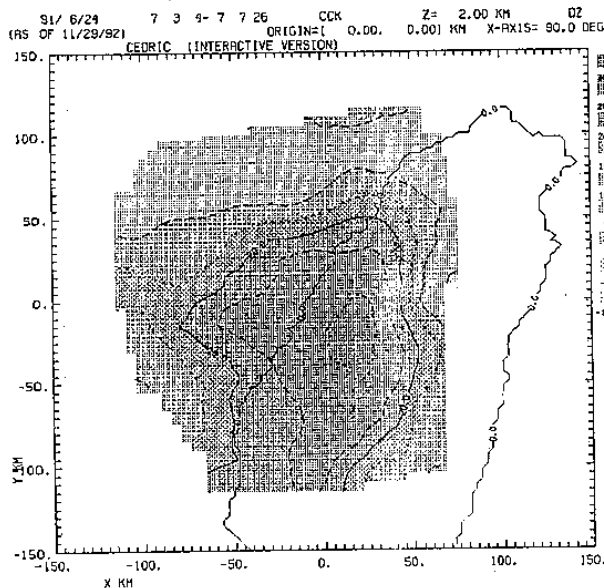
圖7為高雄傳統雷達站24日0300時至24日0800時所觀測到逐時回波圖。



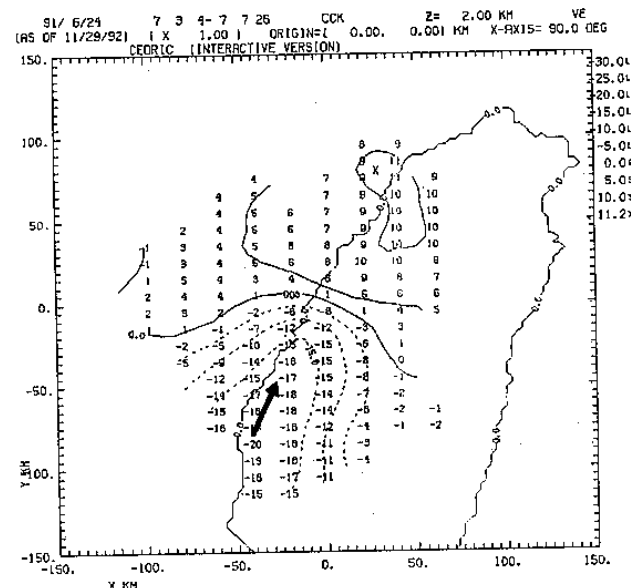
A、1公里等高面回波圖；



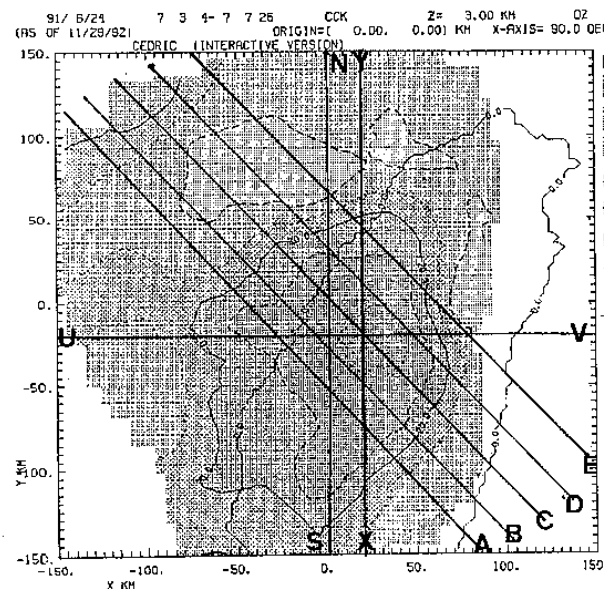
D、1公里等高面徑向風場圖；



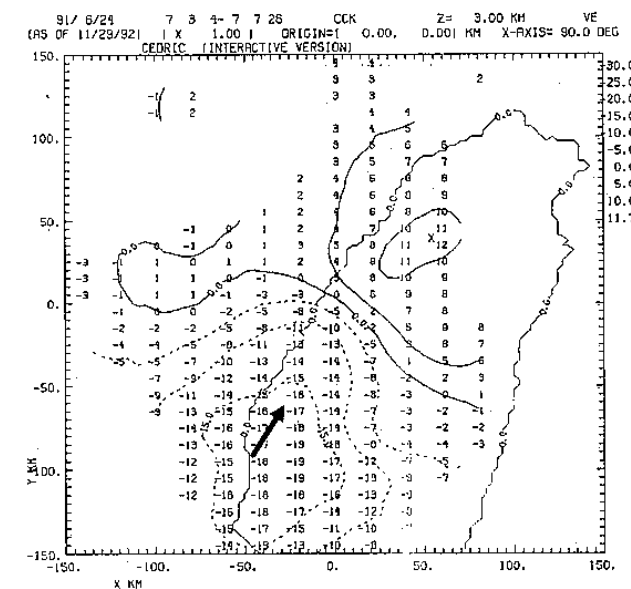
B、2公里等高面回波圖；



E、2公里等高面徑向風場圖；

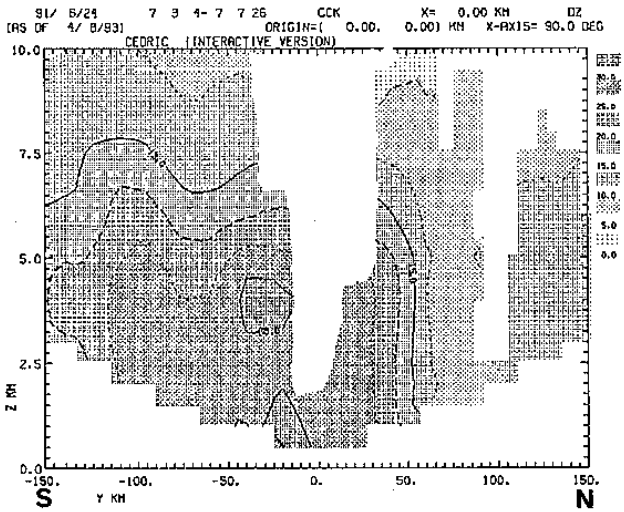


C、3公里等高面回波圖；

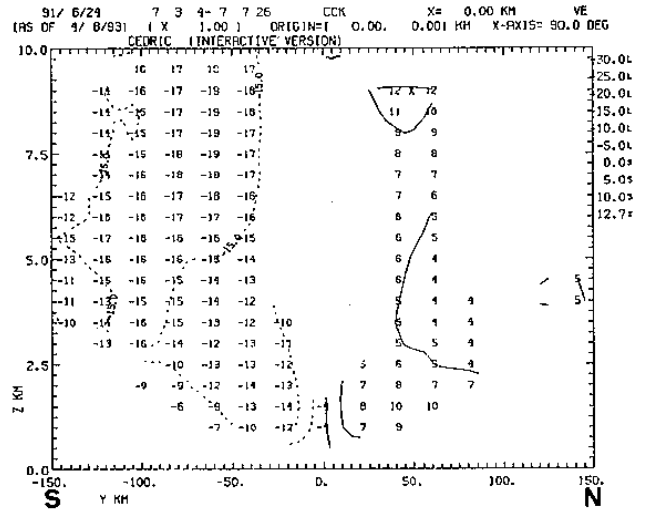


F、3公里等高面徑向風場圖；

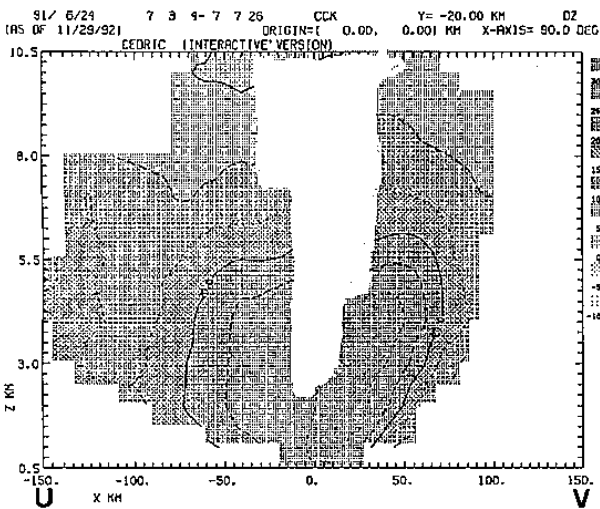
圖8為1991年6月24日0703LST的CCK雷達分析圖：CCK雷達位置在圖中央(0,0)。虛線位置表示風吹向雷達，實線表示風遠離雷達。鋒面符號表示風變位置，箭號表示氣流走向。



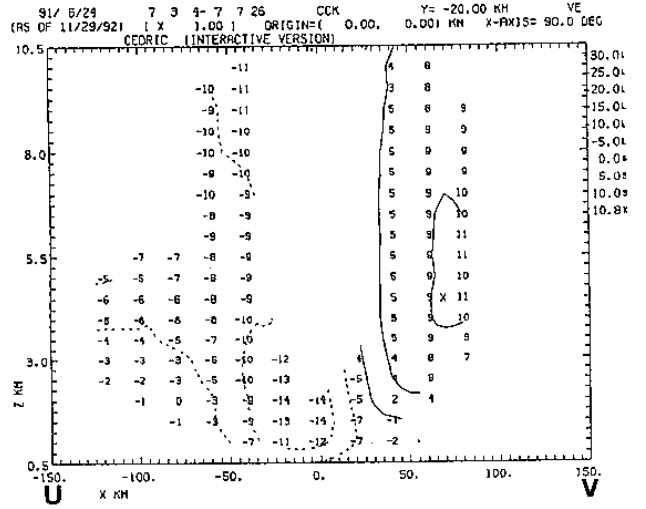
G、X=0 公里的回波縱剖面圖；



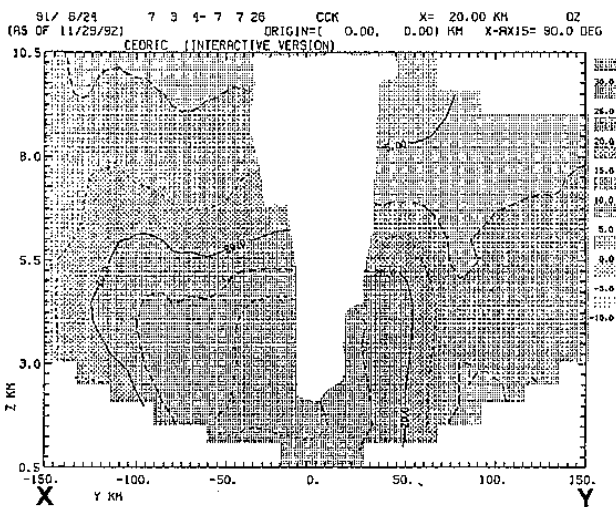
H、X=0 公里的風場縱剖面圖；



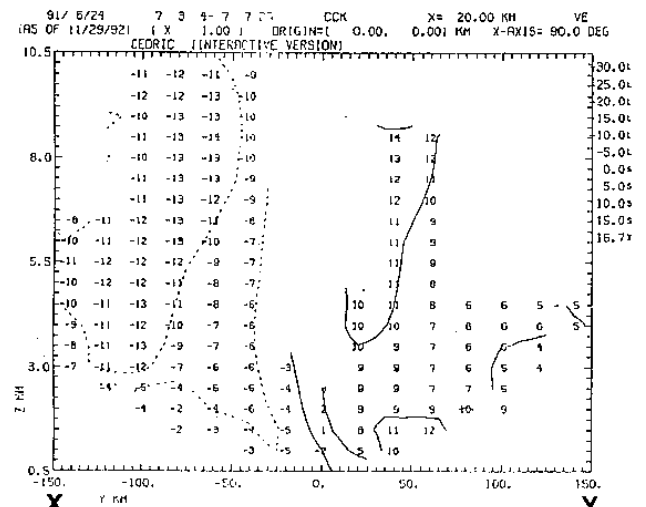
I、Y=-20 公里的回波縱剖面圖；



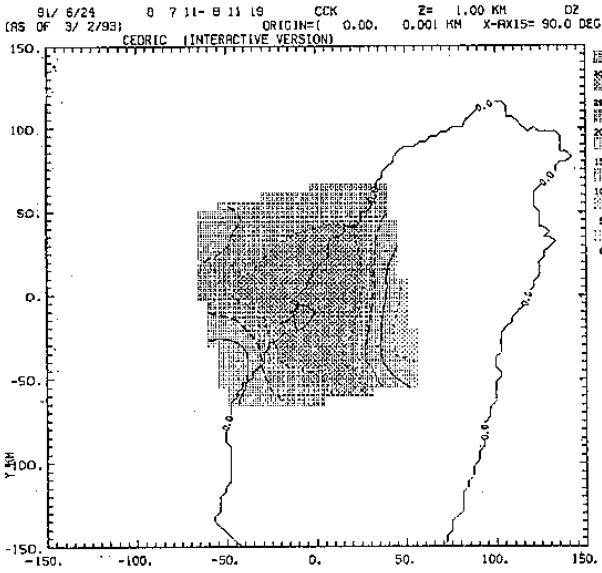
J、Y=-20 公里的風場縱剖面圖；



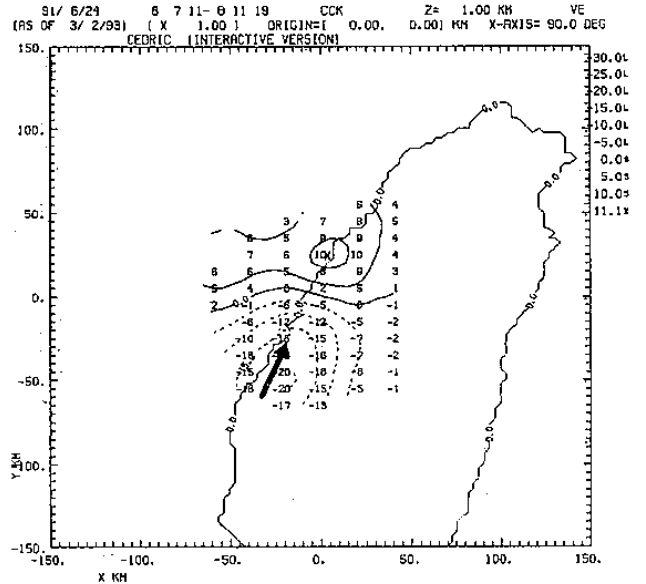
K、X=20 公里的回波縱剖面圖；



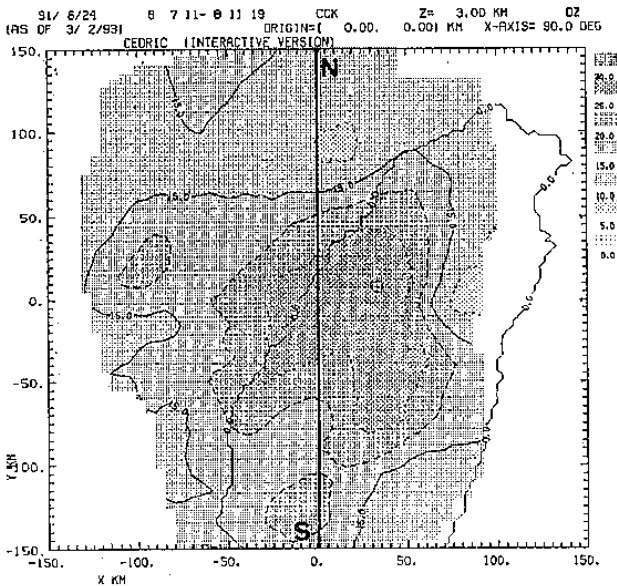
L、X=20 公里的風場縱剖面圖；



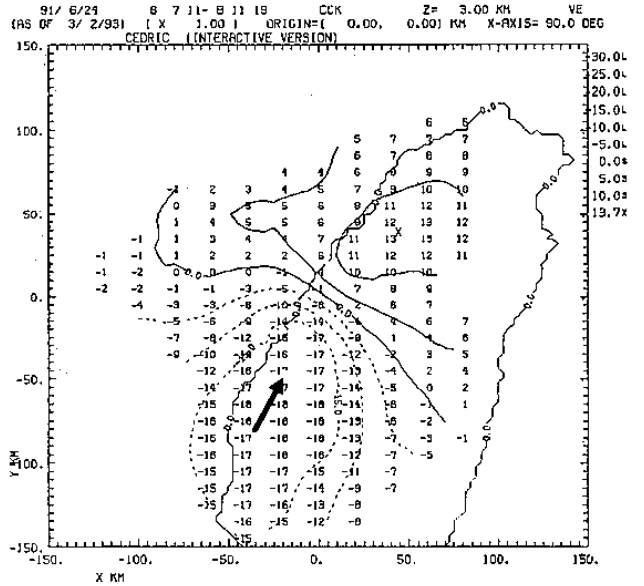
A、1公里等高面回波圖；



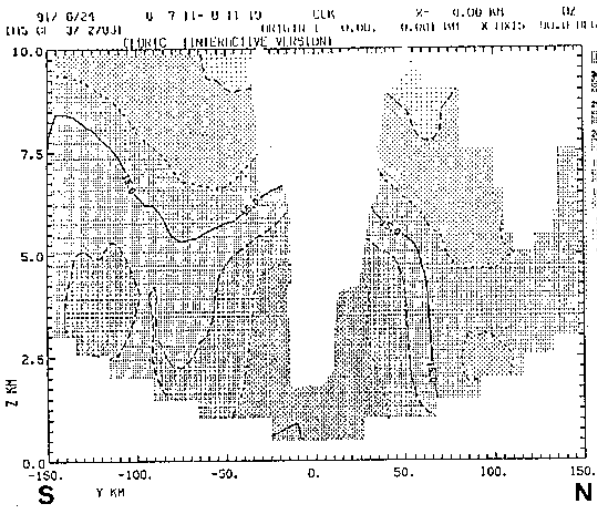
C、1公里等高面徑向風場圖；



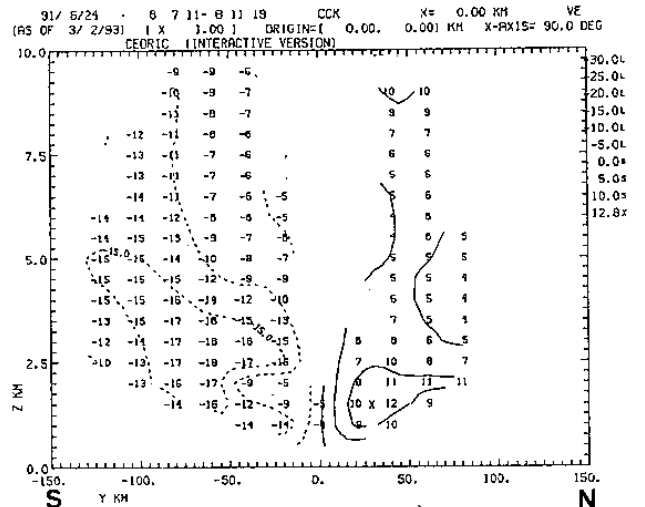
B、3公里等高面回波圖；



D、3公里等高面徑向風場圖；

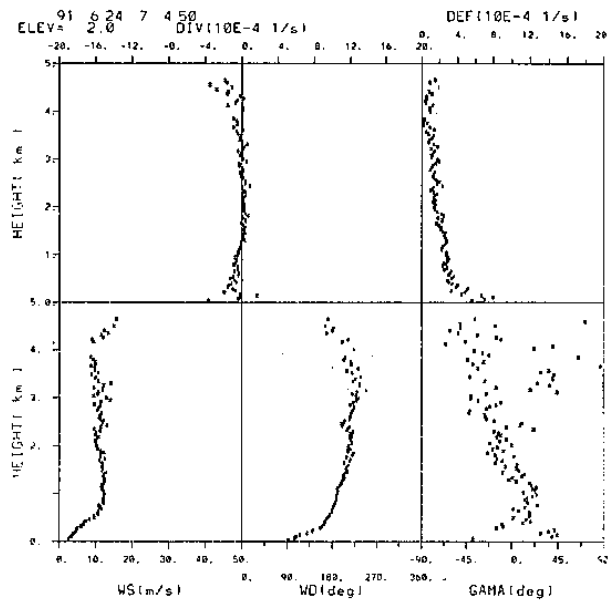


E、X=0 公里的回波縱剖面圖；

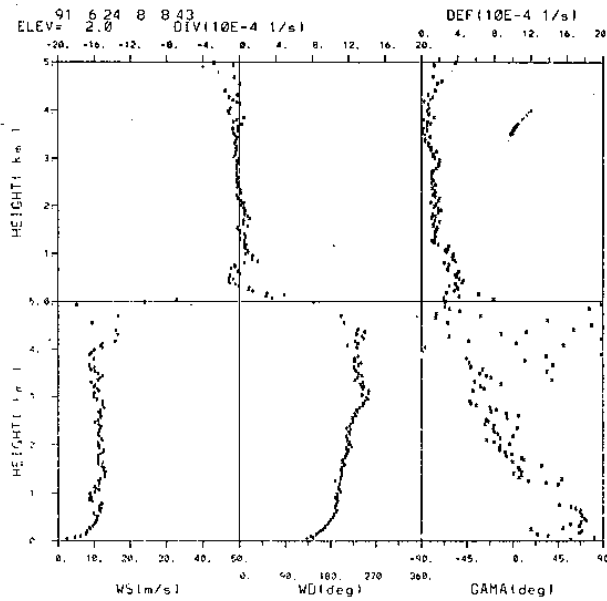


F、X=0 公里的風場縱剖面圖；

圖9為1991年6月24日0803LST的CCK雷達分析圖：CCK雷達位置在圖中央(0,0)。虛線位置表示風吹向雷達，實線表示風遠離雷達。鋒面符號表示風變位置，箭號表示氣流走向。



A、1991年6月24日0703LST



B、1991年6月24日0803LST

圖10 為CCK雷達風場資料用VAD法求出的風向、風速、輻合場、變形場、伸展軸夾角：

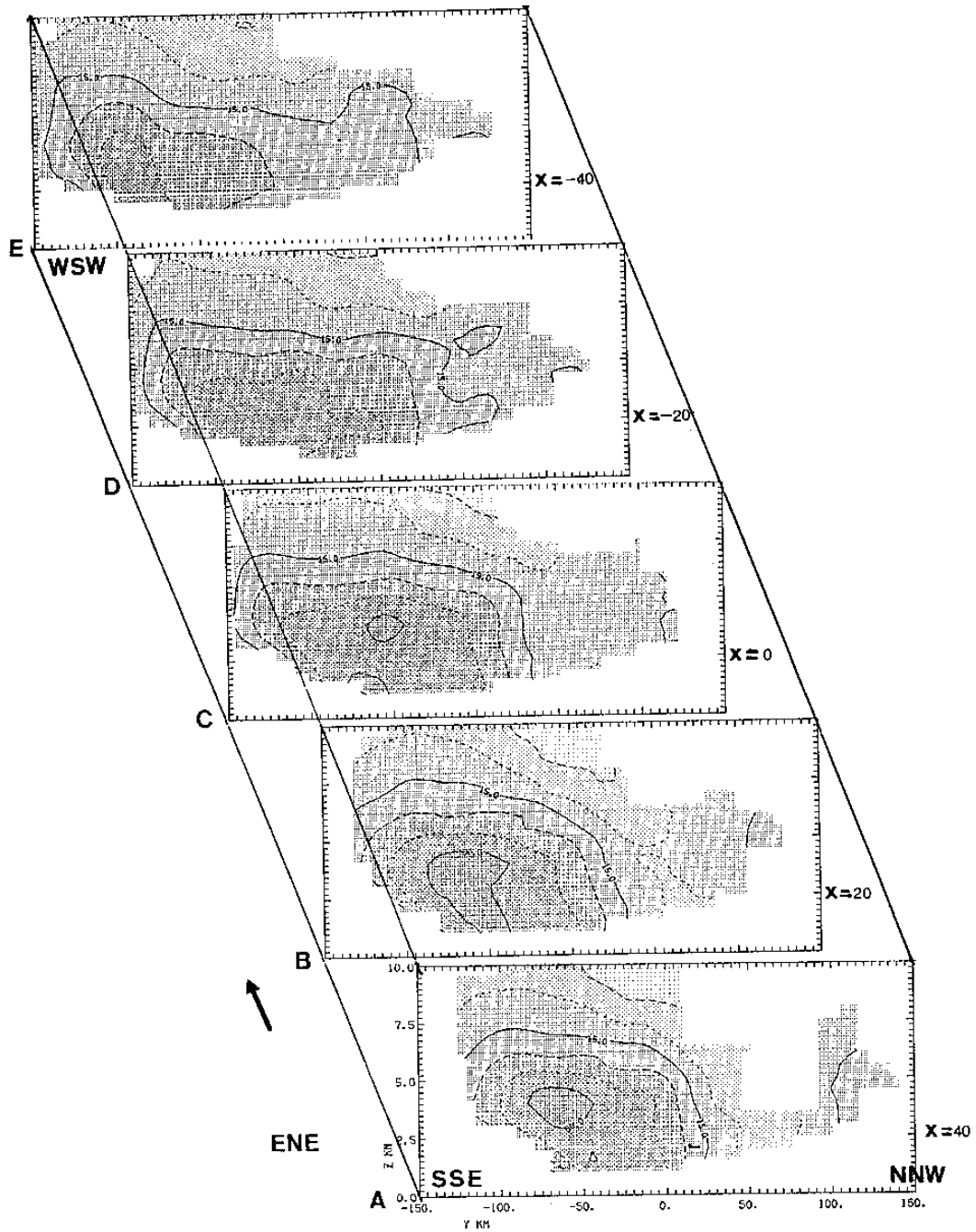


圖11 為1991年6月24日0703-0707LST，通過方位角 $320^{\circ} - 140^{\circ}$ 之五個回波垂直剖面圖(剖面位置標記於圖8中)。