

衛星探空反演在冷心低壓個案之分析

陳萬金 馬屏龍

中正理工學院應用物理系

摘 要

本研究中，我們利用 TOVS 衛星探空反演得到的三度空間高水平解析度高度及溫濕剖面資訊來分析冷心低壓系統的結構，這個個案是從 1998 年 5 月 4 日到 5 月 7 日發生在大陸東南地區，其移動方向是先向東移再轉向東北，其生命期約為 4 天。同時，本研究中也加入了冷心低壓的特徵討論。

（關鍵字：垂直探空探測頻道、衛星探空反演、冷心低壓）

一、前言

每年的 5 月開始南方系統逐漸增強，在此段期間的副熱帶對流層，並非僅有單純的副熱帶高壓脊，而是有許多屬於冷心結構的低壓系統共同存在，其強度自 200 - 300hPa 向上及向下減弱，一般稱為冷心低壓或冷渦。根據陳等人（1980）、陳等人（1988）、陳等人（1989）及陳等人（1990）的研究指出，當其在台灣附近時，此環流系統之溫度結構及伴隨的垂直運動場，往往會提供產生對流之有利條件或引發對流之有利機制，來誘發中尺度系統對流加強，而造成台灣地區大量的降水，甚至造成災害性的豪（大）雨（包含冰雹）。

然而，這些造成對流加強的冷心低壓，大部分都是發生在西太平洋上，只有少數發生在亞洲大陸地區的高空。由於傳統探測資料在海上相當缺乏，所以在分析海洋上的冷心低壓時，往往是非常困難。現今分析冷心低壓系統主要以傳統的觀測資料為主，然而傳統探空資料在空間及時間上均無法提供足夠的資訊，所以必須使用較密集的衛星觀測資料來分析。由於 NOAA 氣象衛星一天有兩次對同一地區進行觀測，以目前至少有兩顆氣象衛星同時作業的狀

況下，平均每 6 小時就有一筆觀測資料提供，此外，衛星資料具有水平解析度高、涵蓋範圍廣，對於系統的觀測、診斷及分析有相當大之助益。所以本研究除了利用 GMS - 5 衛星資料外，同時使用 TOVS（TIROS Operational Vertical Sounder）衛星的探測資料，其包括 HIRS 20 個頻道（1 個可見光頻道及 19 個紅外輻射頻道）以及 4 個 MSU 微波探測頻道，透過反演法獲得三度空間的溫濕（T 與 TD）剖面、高度（H）剖面、整層水汽（Water）資料，來分析 5 月 4 日冷心低壓的位置、強度、垂直溫度、濕度及高度結構分佈。

二、資料來源

本研究之冷心低壓個案時間為 5 月 4 日至 5 月 7 日。研究所使用之 TOVS 衛星資料為中央大學太空及遙測中心氣象衛星實驗室所提供，原始衛星資料已經過該實驗室做過定位及輻射校正處理，TOVS 衛星資料時間每日有 2 筆；傳統天氣觀測資料來源為中央氣象局，其中包括地面累積雨量資料及綜觀天氣圖。

三、反演方法

由於 TOVS 反演中所使用的二氧化碳吸收

頻道和水汽吸收頻道並不是一個理想的單一氣體吸收頻道，所以很難透過疊代的演算法將溫度垂直剖面及濕度垂直剖面各別的決定出來。因此，本研究所使用的反演方法乃採用 Smith (1985) 等人所提出的同時物理反演法 (simultaneous physical retrieval method)，此反演法可同時反演出地表溫度和垂直溫濕剖面值，使得原本疊代法所做的不合理假設而造成的困擾得到徹底解決。詳細之反演原理及反演步驟，可參見陳與劉 (1996a, 1996b) 之文獻。

四、分析與討論

(一) 衛星雲圖

本研究收集了此段時間 GMS 高解析雲圖資料，來密切追蹤此個案冷心低壓的移動與發展，而 GMS 衛星每 1 個小時即有一次觀測資料，所以一天有 24 筆資料，其中包括紅外線及水汽雲圖。如此高解析的觀測資料對於冷心低壓生命期中發展、成長與消散的過程研究有相當的助益。圖 1 為此個案時間內水汽頻道雲圖，由圖中可以看出冷心低壓渦旋的發展期至消散期的整個移動情形，在冷心低壓發展期的渦旋中心西北方有冷空氣移入，而東南方有一低壓鋒面雲系，在此區域有暖空氣流入，因而使得在 26° N，117° E 的高層有一冷心的渦旋低壓中心產生；同時在圖中冷心低壓的東南方有發展非常強盛的對流雲，而在冷心低壓的西北方則雲系較為淺薄；冷心低壓的消散階段，由於北方冷空氣已被其西北方鋒面所阻絕，南方的暖空氣仍然不斷的供應，使得其中心逐漸鬆散變暖。在此個案期間，雲系的變化會隨著每日時間的不同而有所變化，研究發現在午後 (1400 - 1700 LST) 及深夜至清晨 (2300 - 0500 LST) 這二時段的雲系對流發展為最強盛，尤以午後最烈。

(二) 地面降水觀測

在此段時期，降水大都集中在北部，其中

以 5 月 4 日的雨勢最大，雨量最多，其主要降水時間在 1400 - 2200 LST，衛星雲圖顯示在台灣地區有一滯留鋒面雲帶，而冷心低壓正好位於其西北側，故在此區域的低層有暖濕的西南氣流補充水汽，而使得鋒面中的中尺度對流雲系發展完整，因而造成此區域的強烈降水；5 月 5、6 日冷心低壓開始向東南移動，且鋒面系統也逐漸向東轉東北移動，使得台灣地區逐漸遠離鋒面的影響，但仍然受到高空冷心低壓東南象限上升運動區域之對流雲系影響，雨量仍以北部為主，主要集中在 1600 - 2000 LST；5 月 7 日台灣地區受到鋒面尾端對流雲系及高空冷心低壓的影響，仍有降水發生，但強度已大為減弱。

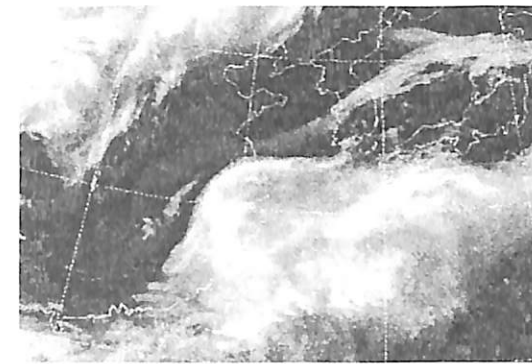
(三) 衛星反演分析

1. 高度場分析：

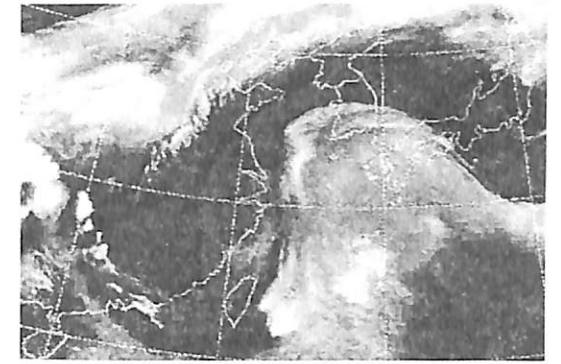
由 5 月 4 日反演資料中，在 1000hPa (圖 2(a)) 的定壓層可以分析出在 30° N 的地區為一較高高度區，在 850hPa (圖 2(b)) 到 100 hPa 的定壓層可以分析出在 26° N、117° E 的地區為一個較低高度區；在 5 月 5 日的資料中，1000hPa 的定壓層仍然可以分析出在 30 ~ 32° N 的地區為一較高高度區，在 850hPa (圖 2(c)) 到 100hPa 定壓層，較低高度區則北移至 26° N、116° E 的地區；5 月 6 日的資料中，1000hPa (圖 2(d)) 到 100hPa 的定壓層在 30° N、121° E 以東的地區為一較高高度區，高壓勢力有增強的趨勢，而 850hPa (圖 2(e)) 到 100hPa 的定壓層在 27° N、121.5° E 的地區為一個較低高度區，但冷心低壓高度的起伏已沒有先前明顯；5 月 7 日的資料中，1000hPa (圖 2(f)) 定壓層在 30 ~ 32° N 的地區為一較高高度區，且高度值亦比先前為高，500 hPa (圖 2(g)) 到 100hPa 定壓層中，先前所存在的低高度區已逐漸填塞。

2. 溫度場分析：

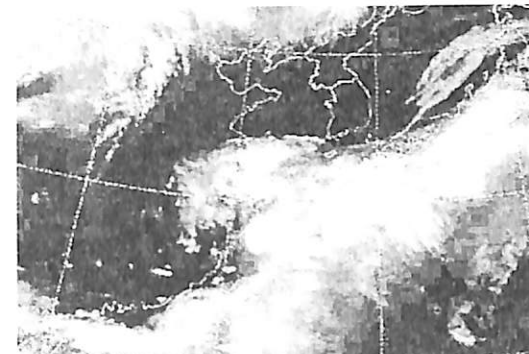
由 5 月 4 日反演資料中，在 1000hPa (圖



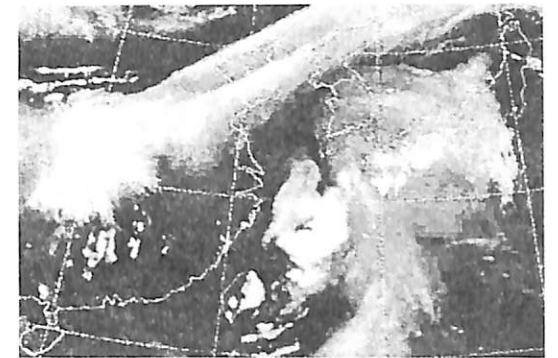
5月4日 1733LST



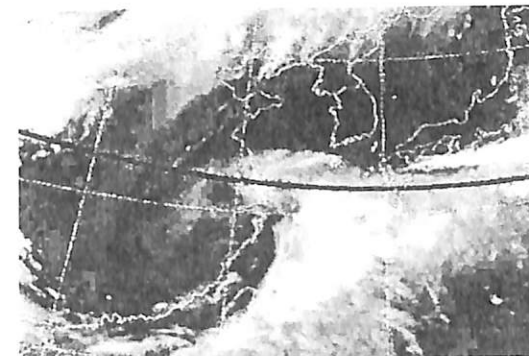
5月6日 1703LST



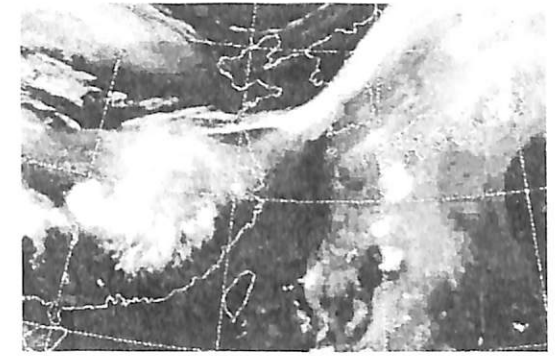
5月5日 0533LST



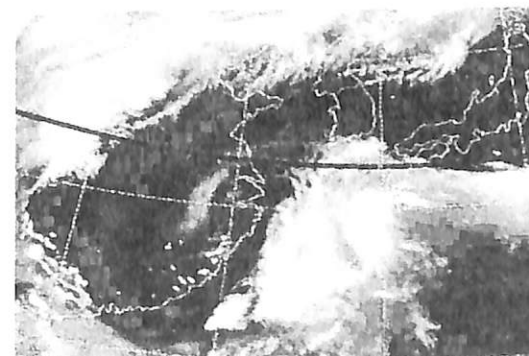
5月7日 0633LST



5月5日 1703LST

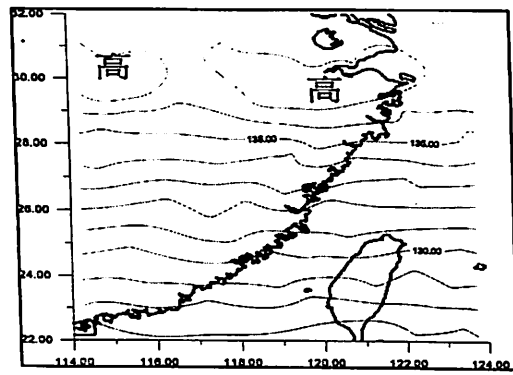


5月7日 1733LST

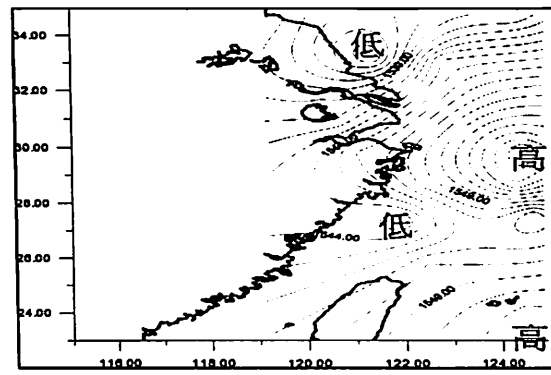


5月6日 0533LST

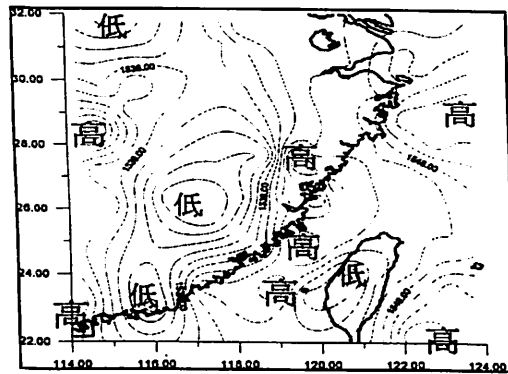
圖 1 冷心低壓個案時間內 (5 月 4 日 1733 LST 至 5 月 7 日 1733 LST) GMS-5 衛星水汽頻道之雲圖，冷心低壓渦旋約位於雲圖正中心無雲處。



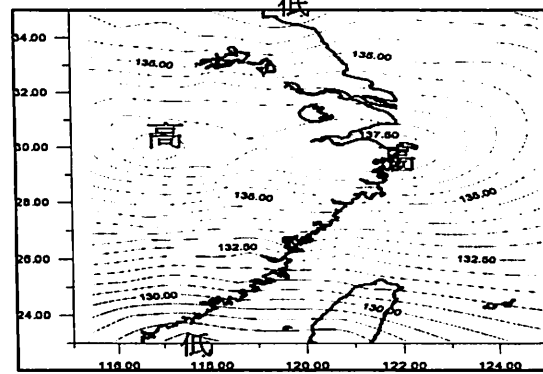
(圖2a) 5月4日 1000hPa



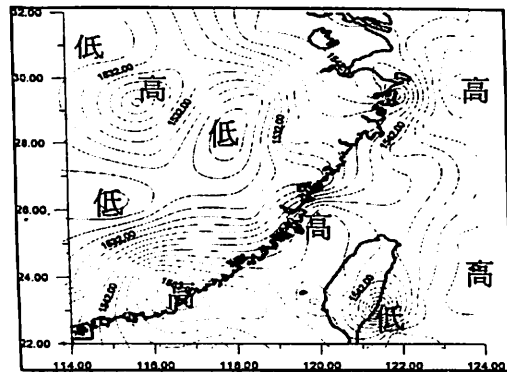
(圖2e) 5月6日 850hPa



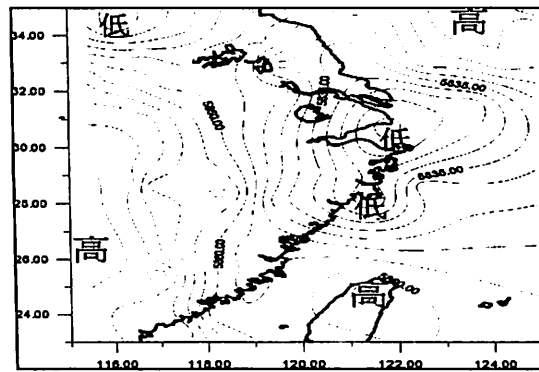
(圖2b) 5月4日 850hPa



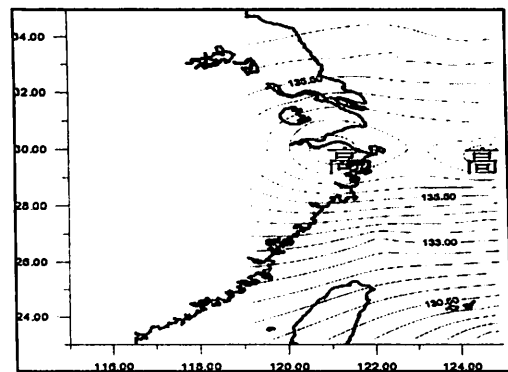
(圖2f) 5月7日 1000hPa



(圖2c) 5月5日 850hPa



(圖2g) 5月7日 500hPa



(圖2d) 5月6日 1000hPa

圖2 TOVS 資料反演 5月4日至5月7日之各定壓層高度場分佈情形，其冷心低壓渦旋位於圖中正中心附近較低高度區處。

3 (a) 到 500hPa 的定壓層可以分析出在 26° N、117° E 的地區為一低溫區，300hPa 及 200hPa 的定壓層可以分析出在 28° N 以北的地區為一個低溫區，100hPa 定壓層低溫區則位於 27° N 以南；在 5 月 5 日的資料中，在 1000 hPa (圖 3 (b)) 到 850hPa 的定壓層可以分析出 29° N、118° E 的地區為一低溫區，700 hPa (圖 3 (c)) 及 500hPa 定壓層的低溫區有東南移的現象，其位於 27.5° N、121.5° E 的地區，300hPa (圖 3 (d)) 及 200hPa 定壓層的低溫區則向北移動，100hPa 定壓層則轉為高溫區；5 月 6 日的資料中，1000hPa 及 850 hPa 定壓層冷區則位於 30° N 以北，700hPa (圖 3 (e)) 及 500hPa 的定壓層中，可以分析出 28° N、121° E 的地區為一低溫區，300 hPa (圖 3 (f)) 定壓層的低溫區有向東南移的現象，其位於 28° N、122° E，200hPa 以上原低溫區則轉為高溫區；5 月 7 日的資料中，1000hPa 定壓層的低溫區位於 29° N、119~123° E，850hPa 定壓層的低溫區則位於 30° N、121° E，700hPa (圖 3 (g)) 到 300hPa 定壓層的低溫區則位於 30° N、122° E，200 hPa 定壓層以上則轉為暖區。

3. 濕度場分析：

由 5 月 4 日反演資料中，1000hPa (圖 4 (a)) 到 300hPa 整個定壓層可以分析出在 27° N、117° E 的地區為一個乾燥區，850hPa (圖 4 (b)) 到 300hPa 定壓層在 27.5° N、119.5° E 為一潮濕區；在 5 月 5 日的資料中，1000hPa (圖 4 (c)) 到 300hPa 定壓層在 29° N、118.5° E 的地區為一個乾燥區，在其西北方為一潮濕區；5 月 6 日的資料中，1000hPa (圖 4 (d)) 到 300hPa 整層中，在 30.5° N、119° E 為一乾燥區，而濕度區則位於乾燥區的南側；5 月 7 日的資料中，1000hPa (圖 4 (e)) 到 300hPa 定壓層在 29° N、119° E~123° E 的地方為一乾燥區，而濕度區則位於乾燥區的北、西

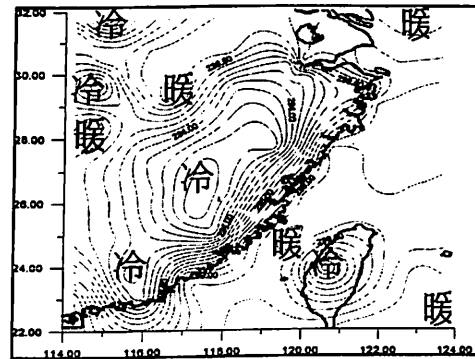
及南側。

由高度場分析來看，此低壓中心的移動，為向東移動再轉東北，而在 30~32° N 的地區為一高壓帶。高空渦旋中心在強盛期的高度及溫度分佈位置，隨高度變化不大，因此此低壓在強盛期為一正壓系統，而且其勢力最低可到達 850hPa，最高可以到達 100hPa。由溫度場分析來看，當此冷心低壓在發展期及消散期時，冷心結構則以低層較為明顯，而在消散期時，200hPa 定壓層以上，此區域則轉為高溫區。由濕度場分析來看，冷心低壓在 1000hPa 到 300hPa 整層中的一、四象限為一高濕度區，根據雨量資料及雲圖的搭配，此區域有降水發生。

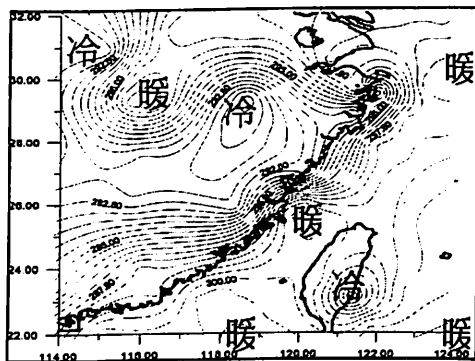
此個案為西風帶冷槽割離產生，其最冷距平出現在較低層，其中以 700hPa 最顯著，並隨高度遞減，其氣旋式環流隨高度增強至 500 hPa 達最強。同時由於此冷心低壓伴隨著鋒面，加上誘導地面鋒面雲帶中對流雲的對流加強，並且促使地面環流的發展，使得水汽補充足夠，因而造成台灣地區大量的降水。由本文分析個案顯示，高層冷心低壓伴隨的上升運動和高對流層輻散，可誘導低層輻合的加強而使得在不穩定的低對流層內產生積雲對流，而其雲系主要集中在冷心低壓的東南方，這表示在冷心低壓的東南方有較強的上升運動且比較不穩定；此外西北方則雲量較少，此區屬下沉輻散區。在空間上，西風槽割離所產生的冷心低壓範圍約為 5 個緯度左右，在時間上，西風槽割離所生成的冷心低壓生命期約為 4 天。其移動方向，西風槽割離產生之冷心低壓為先向東移至台灣附近再轉向東北移出。

五、結論與展望

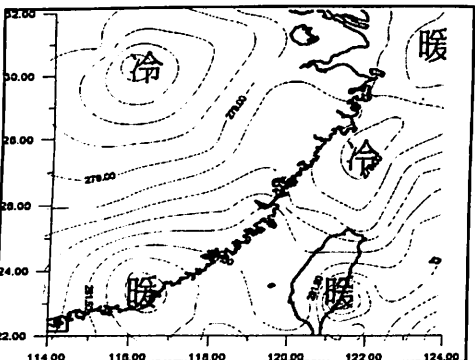
由 1998 年 5 月 4 至 7 日的 TOVS 衛星探測資料分析冷心低壓個案顯示，衛星探空反演具有分析中尺度天氣現象的能力，而且分析範



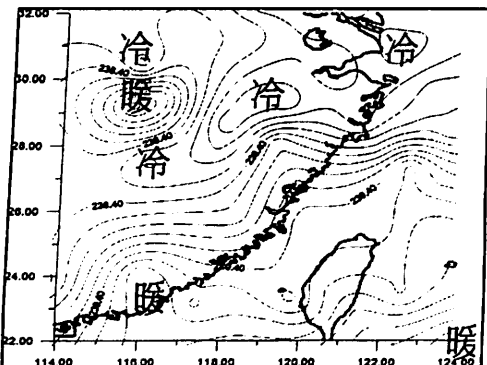
(圖3a) 5月4日 1000hPa



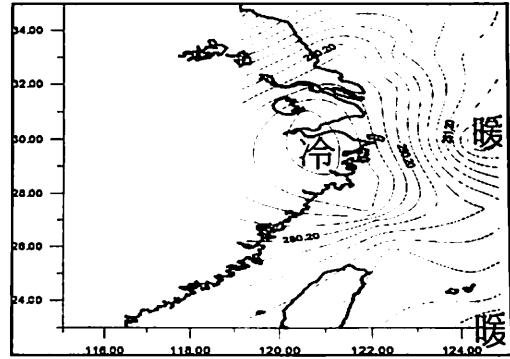
(圖3b) 5月5日 1000hPa



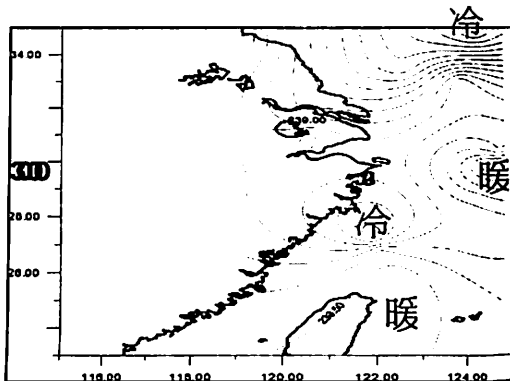
(圖3c) 5月5日 700hPa



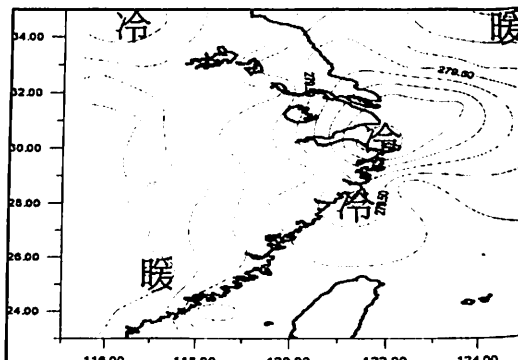
(圖3d) 5月5日 300hPa



(圖3e) 5月6日 700hPa

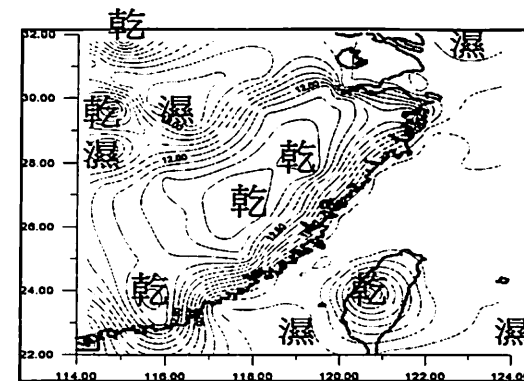


(圖3f) 5月6日 300hPa

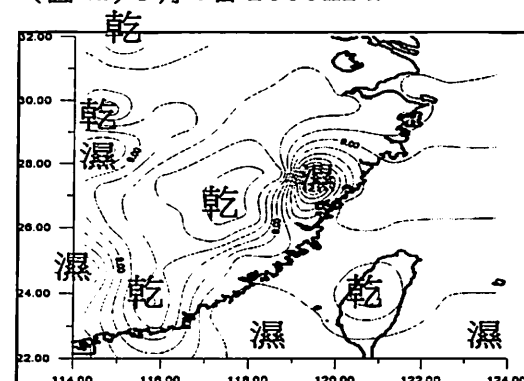


(圖3g) 5月7日 700hPa

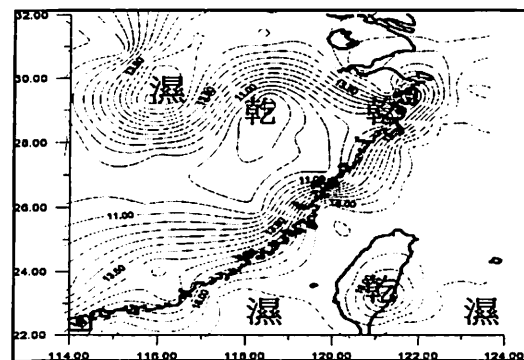
圖3 TOVS 資料反演 5月4日至5月7日之各定壓層溫度場分佈情形，其冷心低壓渦旋位於圖中正中心附近低溫度區處。



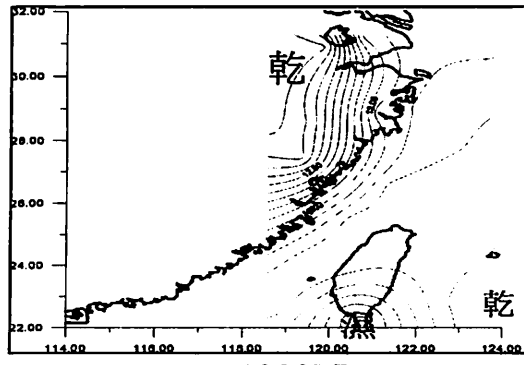
(圖4a) 5月4日 1000hPa



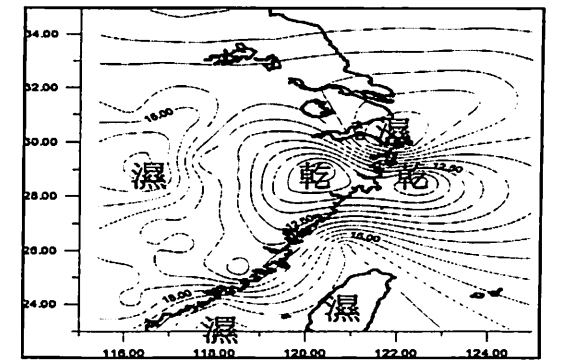
(圖4b) 5月4日 850hPa



(圖4c) 5月5日 1000hPa



(圖4d) 5月6日 1000hPa



(圖4e) 5月7日 1000hPa

圖4 TOVS 資料反演 5月4日至5月7日之各定壓層混合比分佈情形，其冷心低壓渦旋位於圖中正中心附近較低濕度區處。

圍涵蓋整個台灣及華南及西太平洋地區，對於冷心低壓移行的監視與分析有良好的發展潛力，同時，並對其中心位置、強度及垂直結構都有較明確的認識。此研究顯示衛星可以提供高時間密度、高空間密度，而且不受地域影響的觀測資料。因此未來台灣、華南及西太平洋地區對於冷心低壓的研究，甚至中尺度對流系統和颱風的研究，衛星探空反演將扮演相當重要之角色。如今新一代的探測衛星在水平及垂直解析度大為提升，尤其是微波頻道大為增加頻道數，對於未來不管是冷心低壓的研究，甚至颱風、中尺度系統都有相當大的助益，因此如何應用及推廣衛星探空反演，實為當務之急。

六、參考文獻

1. 陳泰然，陳來發，周芬蘭，1980：「伴隨雷雨天氣之高層冷心低壓研究」，氣象學報，36卷，1期，1-21。
2. 陳泰然，陳來發，周芬蘭，李育棋，1988：「1985年與1986年暖季西太平洋高層冷心低壓之初步分析」，氣象學報，34卷，4期，275-284。
3. 陳泰然，紀水上，吳樹旺，苟潔予，鄒中惠，1989：「高層冷心低壓之綜觀氣候研究」，氣象學報，35卷，1期，31-42。
4. 陳泰然，紀水上，1990：「暖月高空冷心低壓對台灣天氣之影響」，氣象學報，36卷，4期，315-326。
5. 陳萬金，劉振榮，1996：「衛星探空反演應用1995年5月12日至13日梅雨鋒面豪雨個案之分析」。
6. 陳萬金，劉振榮，1996：「衛星探空反演在1995年5-6月梅雨期豪雨個案之分析」，第五屆全國大氣科學學研討會論文集，氣象子題，1-6。
7. Smith, W. L. M. Woolf, and A. J. Schreiner, 1985: Simultaneous retrieval of surface atmo-

spheric parameters: A physical and analytical direct approach. In "Advances in Remote Sensing Retrieval Methods", edited by A. Deepark, H. E. Fleming, and M. T. Chahine, A. Deepark Publishing, Hampton, Virginia, North America, 221-232。

8. The Application of TOVS retrievals - - - the analysis of Cold Core Low Wann - Jin Chen Ping - Lung Ma Department of Applied physics, Chung Cheng Institute of Technology TA - HSI, TAO - YUAN, TAIWAN 33510 ABSTRACT In this study, we used the 3 dimensional and high-resolution retrieval sounding data of the TOVS (TIROS Operational Vertical Sounder) to analyze the occurrence and structure of Cold Core Low system. The case was occurred in the southeast area of China from May 4 through May 7, 1998. After having generated, it first moved eastwards and then turned toward northeast during the life of 4-day period. The characteristics of cold core low and its influence to weather system are also discussed in this study.

(Key word: TOVS, sounding retrieval and cold core low)