

冬季電暴個案模擬研究

陳柏榮 林沛練

中央大學大氣物理研究所

摘要

對於電暴系統的研究歷時已久，在過去對個案研究中，大部份以雷達資料為主。但雷達所能夠含蓋的範圍有限，且受限於移動上的不便，因此對於電暴系統的觀測，不管是在時間或空間上，通常僅是局部的。因此本篇希望能藉由數值模式的幫助，能夠完整的模擬出電暴系統的生成、發展及消散過程。

本文所用的模式為 Penn State/NCAR 所發展的第五代中尺度靜力/非靜力模式(MM5)，模擬的個案為發生於 2002 年 12 月 19 日從福建沿岸生成，並向台灣移動的電暴系統(圖 1)。此系統移進台灣後，在北中南三區均有造成相當的災害。初步結果顯示，有關對流系統生長及移動過程的模擬結果與觀測相當接近，但是在發展高度以及系統發展強度上，模式的模擬結果仍有很大的改善空間。而從敏感度的實驗中，發現武夷山地形的存在對個案的生成有加成性的作用，並且動力上的引發機制較熱力上的機制更為重要。

關鍵詞：電暴、MM5、鋒面

一、前言

自 1949 年“Thunderstorm Project”以來，風暴系統已經被廣泛的研究。對於風暴系統的生成，結構與發展，50 幾年來，不管是對於實際個案的觀測(Browning *et al.*, 1976; Foote and Frank, 1983)，或是利用模式模擬風暴的結構(Klemp, 1987)，都已經累積了相當的成果。

上述的研究，主要多集中在美國中西部大平原，而台灣本島的研究，一直到近幾年來，才有較多的學者，如陳等(1999)與黃等(2002)利用雷達資料，對發生在台灣附近區的劇烈對流系統有較詳細的討論。雖然透過雷達的觀測可以得到時間解析度很高的資料，但是卻礙於移動上的不便，當對流系統超出觀測距離時，或者是需要大尺度觀測場時，雷達在此便顯得有所不足。

因此本研究的目的，就是希藉由模式的模擬，補足雷達在大尺度環境場上以及在觀測上的不足。

二、研究方法

本文中使用的模式為第五代中尺度數值模式(MM5)。使用的資料為 ECMWF (歐洲氣象中心) 1.125°*1.125° 經緯度網格點資料，為了加強對中小尺度場的掌握，加入

了探空站加以調整。模擬的範圍如圖 2 所示。第一層與第二層網格模擬的啓始時間

為 2002 年 12 月 19 日 00Z，第三層則延遲六小時啓動。由於系統尺度較小，故三層網格的解析度分別為 54 公里、18 公里及 6 公里。垂直層數採用 23 層。在積雲參數化方面，第一、二層網格採用由 Grell *et al.*(1994)所提出有利於單胞對流系統發展的參數化法，第三層則由網格直接計算。

三、結果討論

a. 個案簡介

圖 3a 為探空站 59134 站於 1900 Z 的斜溫圖。此站的位於最北邊對流系統生成時的附近。由圖中可以看到，在此時期底層 1000 hPa~850 hPa 具有相當大的垂直風切存在，而底溼中乾的環境配置以及 CAPE 高達 1705 m²/s，這都是有利利用劇烈對流系統發展的條件。因此只要克服 925 hPa 以下的逆溫層，對流系統便可以得到良好的發展。而圖 3b 為對流系統生成後的斜溫圖(1912 Z)，從圖中可看到在對流系統生成後，由於對流的混合作用，不但破壞了逆溫層，也使得上下乾溼對比變的較不明顯，CAPE 值更減至 49 m²/s。

圖 4a 為 19 日 00 Z 於 850 hPa 的位溫

場。b~c 為圖 a 中的 AB 剖面 1818 Z~1912 Z 的相當位溫與流線場。在圖 b 中，從底層到中層(700 hPa)都是呈現西南風，顯示在此時台灣海峽一帶的環境風場主要還是受到太平洋高壓的影響。但在 19 日 00 Z 的(圖 4c)剖面中，可以看到由於鋒面的南移，在 900 hPa 以下，25N 以北處，風場已轉為東北風。並由圖中流線場的分佈可知，在鋒後冷空氣的推擠下，在鋒面的交界處激起了滾軸式的對流運動。06 Z 時(圖 4d)，鋒後所帶來低相當位溫的氣團前進到 24.5N，由鋒面所激起的滾軸式對流約在 23.5~25N 之間，高度約在 850 hPa。而對流系統則在二小時後生成(黃色箭頭中間的區域)。到了 12 Z(圖 4e)，在台灣海峽一帶 900 hPa 以下的風場已全部轉為東北風，顯示鋒面系統在此時已完全通過該區。

b. 模擬結果

從模式結果中發現對流系統生成位置與移動的路徑與實際觀測中第一個對流系統相類似，但是時間卻較真實的系統早了 3 個小時。對於台灣海峽中間鋒面的模擬上，在 01 Z(圖 5a)時，鋒後底層的東北風與 00 Z 相比並沒有太大的推進，但在 0230 Z(圖 5b)時，卻發現模式底層的風場前進到 23.5N，約與 EC 場 05 Z(圖 4d)相同。表示模式在模擬過程中，由於底層風場推進太快，由風場所造成的擾動也較實際個案為早，因此導致模式中對流系統在 0430 Z(圖 5c)就在福建沿岸生成(黃色箭頭處)。

另外，從雷達回波上發現在主對流胞後方，尚跟隨許多較弱的次回波中心。比對模式模擬的結果(圖 6c)，發現在 900 hPa 以下，由於鋒面的影響風場呈現東北風，但在 800 hPa 以上，風場則是從西南來的暖溼氣流，因此在 900 hPa~800 hPa 之間，由於空氣塊密度不同，且存在高度風切的情形下，引發許多滾軸式的對流。從圖 6c 中可看到，在滾軸對流的上升區，剛好都可對應到一對流系統的發展。這樣的結構，應該可以對對流胞後方跟隨許多次對流胞的現象做一合理的解釋。

在洪(2002)中提到，在鋒面南下的過程中，由於武夷山位在台灣的上游，武夷山對鋒面的影響，都有可能直接或間接的影響到鋒面南移到台灣時的行為。因此為了探討武夷山地形對於此個案的影響，在第一組敏感度實驗組中(NoTer)將福建沿岸武夷山地形給去除。對流系統生成的時間大約從 1400 LST 開始，此時恰好是地表熱通量傳輸最大以及海陸風環流最明顯之時，為了討論地表熱通量以及海陸風環流是否對此個案生成有所影響。在第二組敏感度實驗中(NoFlux)，關閉了模式中的通量傳輸

項。

而從模式結果發現，在 NoTer 的結果中，雖然對流系統依然會生成，但是強度較控制組為弱，且對流系統在到達台灣前便即消散，顯示出地形對此個案的生成有加成性的作用。而在 NoFlux 的模擬結果中發現其結果與控制組差異並不大，顯示此個案生成時，動力上的機制較熱力上的機制來的重要。

四、結論

由以上初步的討論結果得知，在 19 日當天，福建沿岸近地面處雖然有逆溫層的存在，但是在中層卻存在著相當大的不穩定度，因此若能克服底層的對流抑制能，對流系統則可以得到良好的發展。從分析以及模式的結果中，都顯示出鋒面的經過正提供了這麼一個機制，由於鋒後的冷空氣迅速鑽入暖空氣下方，迫使暖空氣抬升，突破了逆溫層的高度，因而激發此一對流系統。

從 NoTer 敏感度實驗的結果中，證明了地形的存在的確會對對流系統產生加成性的作用。而在 NoFlux 的實驗中，證實了動力上的機制較熱力上的機制更為重要，更進一步證實以上診斷分析之結果。

參考文獻

- 洪景山，2002：武夷山地形和海洋邊界層在梅雨鋒面南下過程中扮演的角色。*大氣科學*，30，275-290。
- 黃文亭與陳泰然，2002：台灣北部地區冬季劇烈天氣事件的診斷分析研究。*大氣科學*，30，217-240。
- 陳泰然、周鴻祺、楊進賢與陳熙揚，1999：台灣北部伴隨冰雹之春季颱風個案研究。*大氣科學*，27，257-272。
- Browning, K.A., J. C. Fankhauser, J-P. Chalon, P. J. Eccles, R. C. Strauch, F. H. Merrem, D. J. Musil, E. L. May, and W. R. Sand, 1976: Structure of an evolving Hailstorm. Part V: Synthesis and implications for hail growth and hail suppression. *Mon. Wea. Rev.*, **104**, 603-610.
- Foote, G. B., and H. W. Frank, 1983: Case study of a hailstorm in Colorado. Part III: Airflow from triple-doppler measurement. *J. Atmos. Sci.*, **40**, 686-707.
- Grell, G. A. J. Dudhia, and D. R. Stauffer, 1994: A description of the fifth-generation Penn State/NCAR mesoscale model (MM5). NCAR

Klemp, J. B., 1987 : Dynamics of tornadic
thunderstorms. *Ann. Rev. Fluid Mech.*,

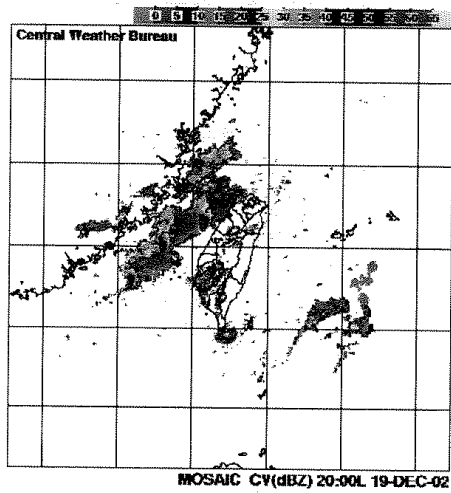


圖 1：中央氣象局所提供 2002 年 12 月 19 日 12Z 雷達回波合成圖。

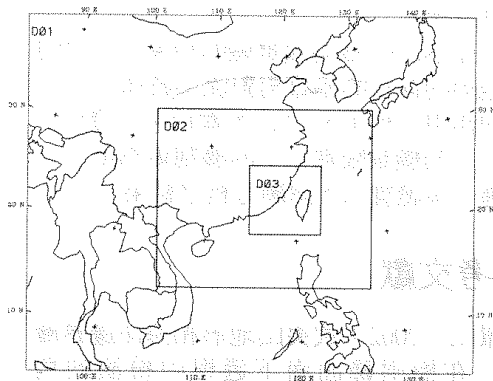


圖 2：MM5 模式模擬的範圍

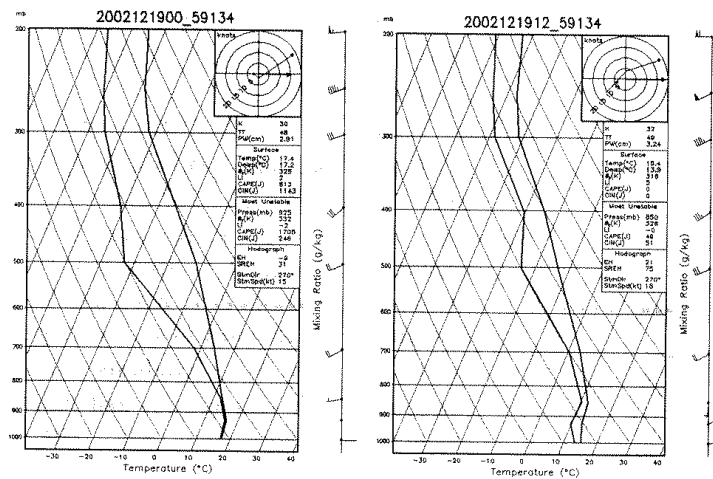


圖 3：探空站 59134 的斜溫圖。(a)1900Z。(b) 1912Z。

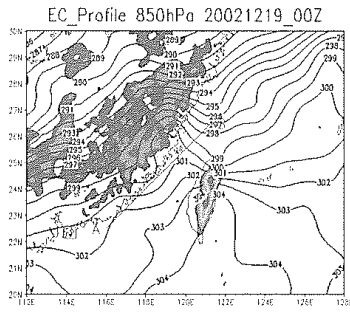


圖4、(a)19日00 Z、850 hPa位溫場。(b)1818 Z、(c)1900 Z、(d)1906 Z、(e)1912 Z 流線場與相當位溫。

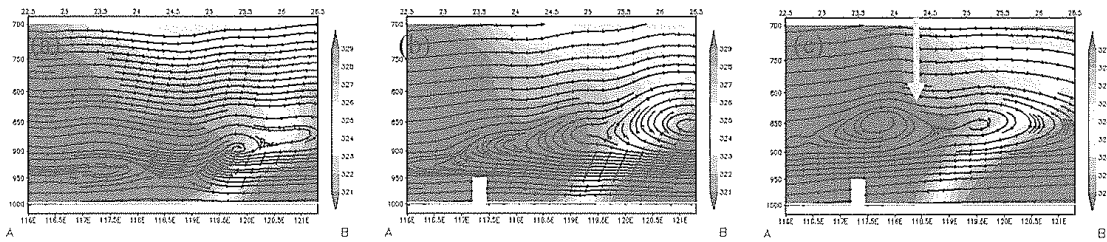
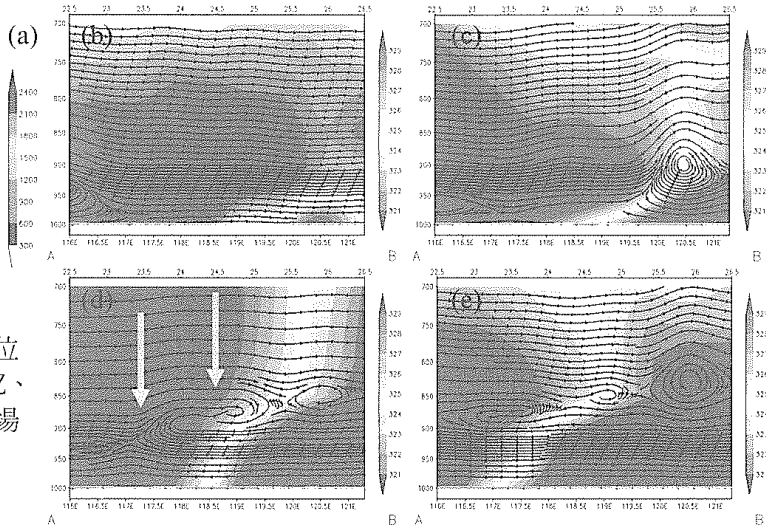


圖5：剖面同圖4a，但為模式模擬結果。(a)19日01 Z；(b)0230 Z；(c)0430 Z。

MM_Profile 700hPa 20021219_08:30Z

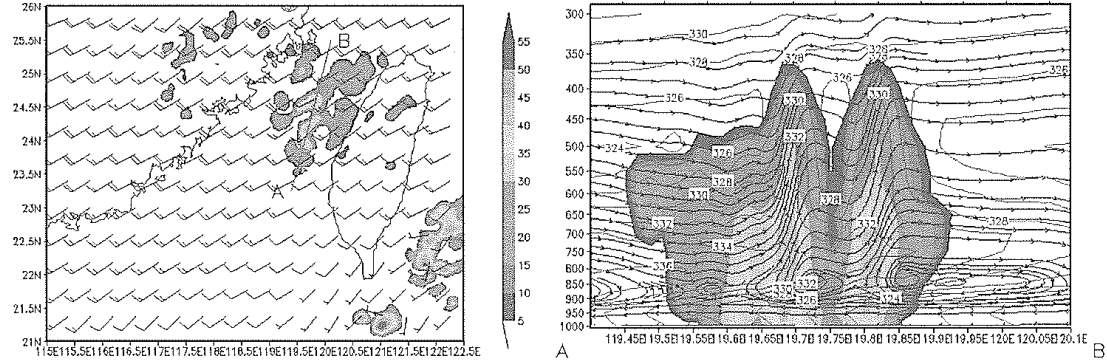


圖6：模式模擬結果。對流胞到達台灣海峽的(a)水平切面。(b)垂直剖面。