

2003 年伴隨梅雨鋒面所發生之水龍捲及龍捲風

劉清煌

中國文化大學 大氣科學系

台北市陽明山中國文化大學郵局 132 號信箱

chliu@twister.atmos.pccu.edu.tw

張智昇

中央氣象局 預報中心

台北市公園路 64 號

czsnwp@ms4.hinet.net

摘要

今年(2003)六月初在南部地區一連發生數次龍捲風/水龍捲(waterspout)個案,其中 6 月 11 日發生在高雄鳳山之龍捲風造成高雄地區的停電事件而引起廣泛之關注。本研究利用實地勘查,配合七股雷達資料針對此個案作進一步之探討。初步結果顯示此龍捲風之母雲是發生在鋒前的不穩定區域,龍捲風落地時間約 80 秒鐘,行進距離約 600-700 公尺左右,短暫時間有達 F0 之強度。

一、前言

台灣地區自 1990 至 2003 年間發生龍捲風的次數,根據媒體的報導約 40 次左右,其中以六、七月份次數較多,這與界面的移近和南來的暖濕空氣有密切的關係。然而這個統計有很大的不確定性,一則是這些報導沒有經過進一步的確認,再則,有些龍捲風沒有被目擊到或是沒有被報導出來,至於發生水龍捲的統計則更難以確定了。台灣地區有紀錄的龍捲風災害乃 1977 年 7 月之賽洛瑪颱風所引發之龍捲風,給高雄港地區帶來史無前例的災害。今年(2003)六月初在南部地區一連發生數次龍捲風/水龍捲個案,其中 6 月 11 日發生在高雄鳳山之龍捲風造成高雄地區的停電事件而引起廣泛之關注。

今年 6 月 11 日共有兩起報告,上午 10 時 45 分在台南縣北門鄉目擊到海上之水龍捲,而在當天晚上 7 時 10 分於高雄鳳山小港附近發生陸上之龍捲風。風龍捲風一般可分為超級胞龍捲風(supercell tornado)及非超級風龍捲風(non-supercell tornado) (Wakimoto and Wilson 1989),後者一般不伴隨中尺度氣旋,而發生在高雄之龍捲風應屬於後者,這兩起風龍捲風應屬於類似之系統。就發生水龍捲的說法

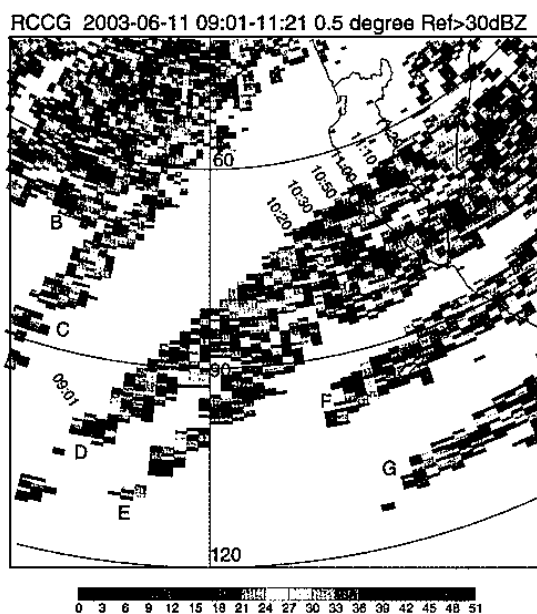
可分為兩派:1) Wakimoto and Wilson (1989) 認為界面(如鋒面、海陸風鋒面、或陣風鋒面, gust front)與環境場間水平風存在很強的水平風切,這些水平風切提供渦度的來源,透過強烈的積雲對上升運動將水平渦度轉成垂直渦度,再透過扭轉項的抽拉作用,使得渦度在短時間內增強。2) Simpson (1986, 1991)則認為水龍捲乃伴隨強烈積雲尺度之旋轉核心往下伸至地面所形成,而陣風鋒面的作用是用來改變環境場,使得積雲尺度之旋轉增強為水龍捲。從觀測的證據顯示,前一種理論較受到支持 (Verlinde 1997)。Golden (1974a)將水龍捲的發展過程分為五個階段:1) dark spot stage, 2) spiral pattern stage, 3) spray ring stage, 4) mature waterspout stage, 及 5) decay stage。並不一定每一個水龍捲都能觀測完整的每一個階段,多半是 1, 2, 4, 及 5 等四個階段。Golden (1974b)指出界面存在的重要性,大約不到 5% 的水龍捲是發生在獨立積雲系統裡。由探空資料可以知道產生水龍捲之雲底高度,很訝異的是雲頂高度只有 5~6 公里左右,而且約 10% 的水龍捲伴隨有若回波區(weak echo region)。由雷達觀測顯示,當積雲之強回波(降雨)降至地面時,切斷了上生氣流,使得水龍捲消逝 (Wakimoto and Lew 1993)。

資料與分析

本研究選取 6 月 11 日發生在鳳山之龍捲風之個案，11 日下午 7 時左右落地(touch down)後，根據推算在地面持續的時間不到兩分鐘，捲起物觸及高壓電線而引發跳電，頓時失去電力的供應。6 月 13 日的實地勘查顯示（圖於研討會時展示）龍捲風剛落地時直徑較寬（約 30 公尺），短暫時間隨即縮小且強度增強，由勘查跡象顯示此時伴隨極強之空氣內流(inflow)致使蔬菜、棚架及交通標誌的倒塌，強度極強時使得一棵直徑約 15 公分的樹被則毀，估計強度可達 F0。龍捲風隨即沿重劃區之馬路向東北方向移動，此時沿途可被破壞的東西較少，當龍捲風進入一空曠雜草區，勘查到留下的痕跡有旋轉的跡象，並且掀起鐵皮屋頂及車子，此時強度可達 F0。之後強度減弱而消失。

這是一個很弱的龍捲風，開始到結束行經的路徑接近直線，距離約 600-700 公尺，最寬約 30 公尺，最窄地區約兩公尺，龍捲風的移動速度可用母雲的移動速度來估計。圖一為七股雷達仰角 0.5 度 6 月 11 日 09:01 - 11:21 UTC 每 10 分鐘回波大於 30dB 的合成圖，在這張圖上總共有 14 個時間，清楚可見有七個對流胞，而 D 對流胞乃是產生龍捲風之母雲，圖中標示之時間為回波時間。可看出回波往東北方向呈直線移動，推算出其移動速度為 8.84m/s(31.84km/hr)朝 50.57 度方向移動，以此速度移動 700 公尺只需要 80 秒鐘。母雲回波在 09:01 已經出現在雷達幕上具雷達約 100 公里，在 10:20 時回波強度達 45dB，11:10 時移動到鳳山小港機場北邊，而發生龍捲風。

這些對流胞是產生在鋒面之前緣，生成環境極強度極為相同，均有產生龍捲風（或水龍捲）之可能性。



圖一：七股雷達仰角 0.5 度 6 月 11 日 09:01 - 11:21 UTC 每 10 分鐘回波大於 30dBZ 的合成圖

圖二至圖四為 10:51, 11:01 及 11:11 UTC 等三個時間 0.5 度仰角之回波場及徑向速度場，比較 10:51 及 11:01 兩個時間的速度場發現有很大的轉變，前一個時間母雲有很強之輻合，在下一個時間出現逆時針旋轉的跡象，在 11:11 時間強度更強，此時發生龍捲風，發生地點及旋轉方向均由地面勘查予以證實。10:51 時間強輻合的出現相當重要，顯示出強烈的上生運動，得以使渦度由水平轉垂直並且迅速增強(Wakimoto and Lew 1993)。

圖五為通過方位角 157 度之垂之剖面 (RHI)，回波場顯示風暴頂約 6 公里，速度場在低層為輻合，在 2.4, 3.3, 及 4.3 度仰角則為輻散，這些結果與前人之研究結果一致。

結果與討論

今年 6 月初在南部地區發生數起龍捲風及水龍捲事件，其中 6 月 11 日下午 7 點的鳳山龍捲風更造成高雄地區無預警的停電，初步研究解果顯示此龍捲風是發生在鋒面前之積雲對流系統內。環境場界面的存在極強水屏風之

水平風切很重要，但垂直風切並不需要很強，這與美國大陸龍捲風之形成不同。七股雷達每 10 分鐘的雷達資料顯示在龍捲風產生前 20 分鐘發現在低層有強烈的輻合現象，隨後出現旋轉的跡象。強烈的輻合顯示積雲的劇烈上生運動，使得渦度可以在短時間內迅速增強。本研究配合地面災後實地勘查，勘查結果在本研究中是一項非常重要的工作，可以確定龍捲風產生的地點、大小、及其強度，顯示勘查工作之重要性，本研究工作仍在積極進行當中。

致謝

感謝高雄楠梓佑昌汽車服務廠於勘查期間提供車輛使用及住宿之協助，以及朱良斌先生協助資料之蒐集、處理及圖表之繪製。資料由中央氣象局提供，設備中國文化大學大氣科學系提供，經費由國科會之研究計畫資助。

參考文獻

Golden, J. H., 1974a: The life cycle of Florida

Key's waterspouts. I. *J. Appl. Meteor.*, **13**, 676-692.

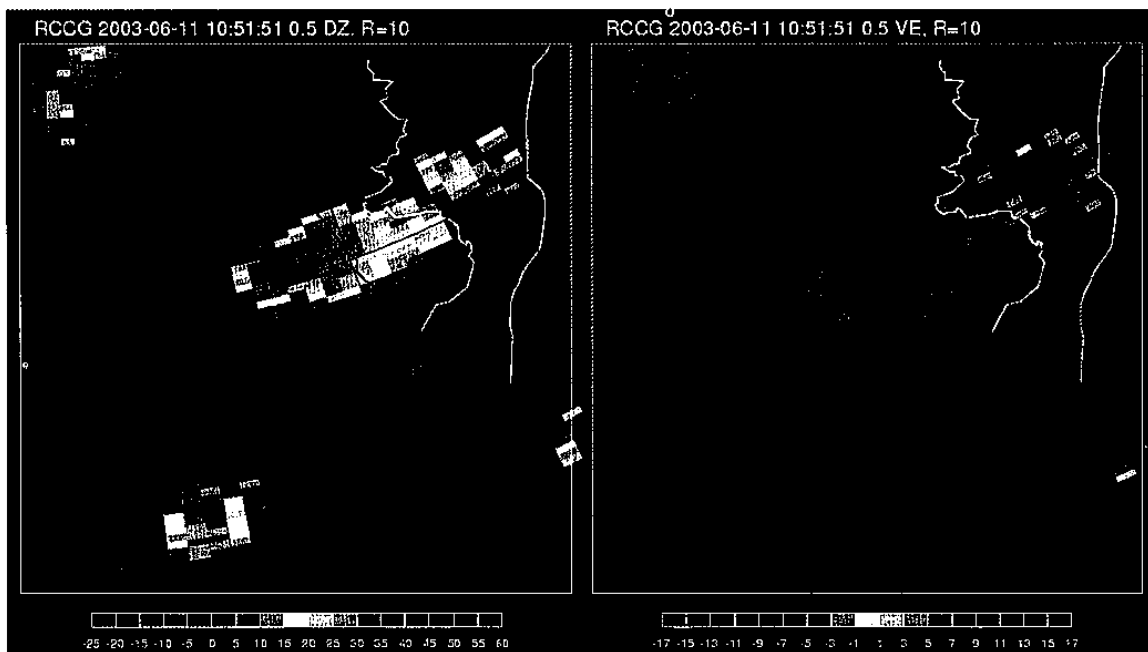
Golden, J. H., 1974b: Scale-interaction implication for the waterspout life cycle. II. *J. Appl. Meteor.*, **13**, 693-709.

Simpson, J., B. R. Morton, M. C. Cumber, and R. S. Penc, 1986: Observations and mechanisms of GATE waterspouts. *J. Atmos. Sci.*, **43**, 753-782.

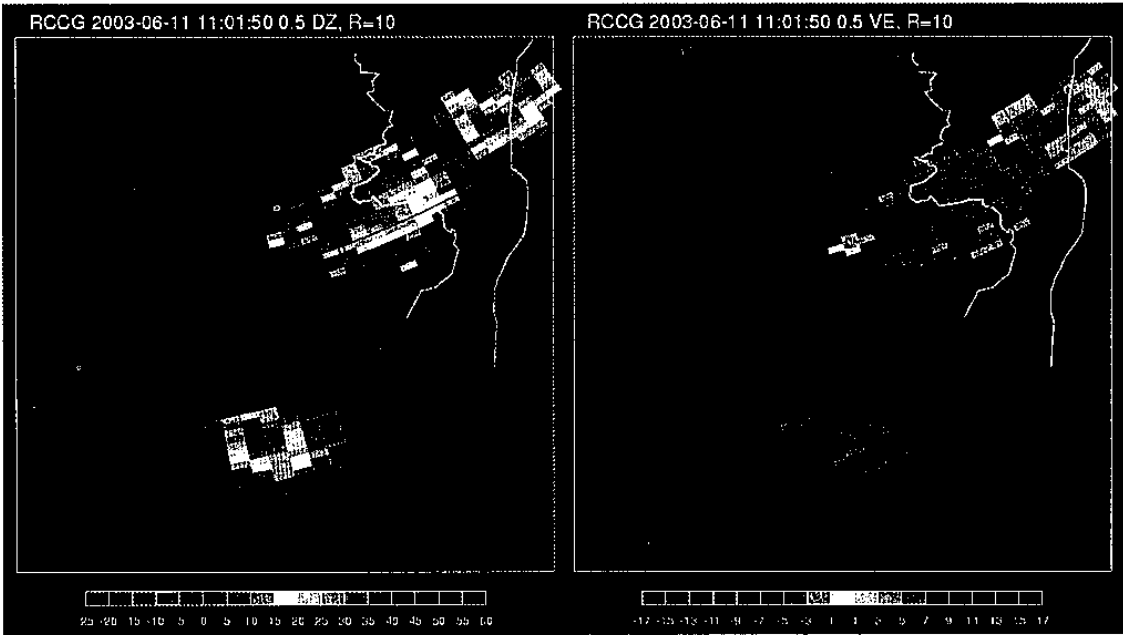
Simpson, J., G. Roff, B. Morton, K. Labas, G. Dietachmayer, M. McCumber, and R. Penc, 1991: A great Salt Lake waterspout. *Mon. Wea. Rev.*, **119**, 2741-2770.

Wakimoto, R. M., and J. W. Wilson, 1989: Non-supercell tornadoes. *Mon. Wea. Rev.*, **117**, 1113-1140.

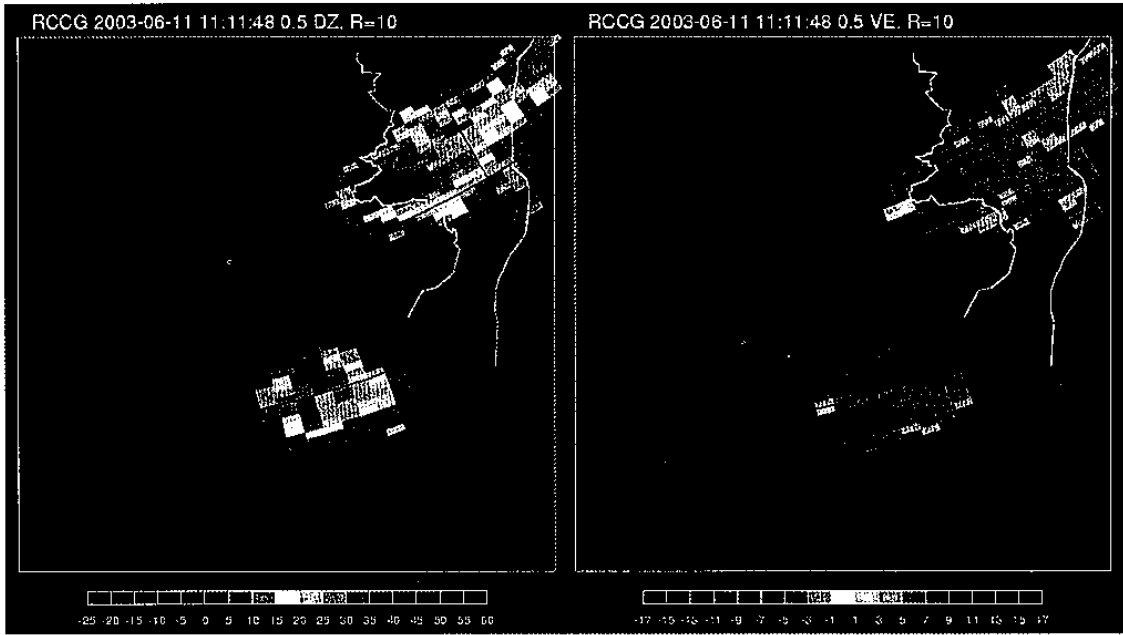
Wakimoto, R. M., and J. K. Lew, 1993: Observations of a Florida waterspout during CaPE. *J. Appl. Meteor.*, **8**, 412-423.



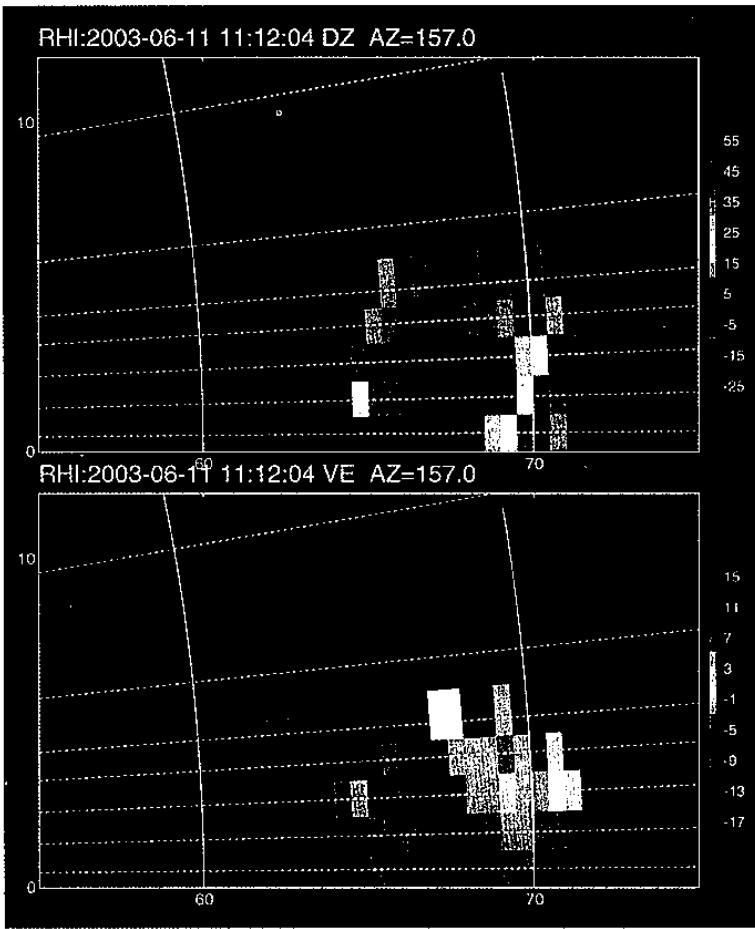
圖二：七股雷達 6 月 11 日 10:51:51 UTC 0.5 度仰角之回波場及徑向速度



圖三：七股雷達 6 月 11 日 11:01:50 UTC 0.5 度仰角之回波場及徑向速度



圖四：七股雷達 6 月 11 日 11:11:48 UTC 0.5 度仰角之回波場及徑向速度



圖五：七股雷達 6 月 11 日 11:12:04 UTC 回波場及徑向速度之垂直剖面