

高層割離冷心低壓之個案診斷分析—模式模擬

王尹懋 陳泰然

國立臺灣大學大氣科學研究所

郭英華

美國國家大氣科學研究中心(NCAR)

摘 要

本研究主要利用歐洲氣象中心的 $0.5^\circ * 0.5^\circ$ 經緯度網格點分析資料，針對一個發生在 1998 年 5 月 2~8 日東亞地區的高層冷心（割離）低壓個案，分析其生命史之結構特徵，並利用 NCAR 所發展的 MM5 中尺度模式探討其自中緯度斜壓槽割離之過程。

本個案之冷心低壓結構特徵與過去研究 Palmer 型冷心低壓所分析之結果大致上類似，與 Palmer 型冷心低壓較明顯之不同點包括：生命期較短（3 天與 6.3 天），平均移速 (5.1 m s^{-1} 與 4.1 m s^{-1})。

本個案冷心低壓的割離過程，是由一位在中緯度平均西風噴流南側之短波槽逐漸發展、呈東北—西南傾斜、東西向窄化與南北向拉伸，最後在槽線底部出現一割離且具冷心結構之低壓。此冷心低壓之割離機制和由中緯度斜壓波與噴流條系統交互作用而形成之水平尺度較大之割離低壓有明顯不同之形成機制，且在此槽線下游、台灣東北部地區存在持續時間超過一天的對流系統，對於此割離低壓能在台灣西北部割離扮演重要角色。

1998 年 5 月 3~7 日台灣北部地區連續出現五天的午後對流降雨，該期間低層除了 5 月 3 日台灣北部海面有一道逐漸減弱的鋒面存在之外，並無其他明顯之綜觀尺度天氣系統，而中高對流層則從 5 月 4 日開始有一個中緯度冷槽逐漸加深，隨後割離而形成冷心低壓逐漸靠近台灣。

過去對於高層冷心低壓 (cold core low, 簡稱 CCL) 的論文研究 (陳等 1988; 陳等 1989; 蔡 1998; 苟 1998), 以移動方向與形成原因將 CCL 分為兩類型, 其一為 Palmer 型 CCL (Palmer 1953), 形成於副熱帶高壓南緣東風槽或鞍形場之中性點附近, 通常向西移動; 另一為 Palmen 型 CCL (Palmen 1949), 是由西風帶高層冷槽割離所形成, 通常向東移動。

有關 Palmer 型 CCL 的特徵, Kelly and Mock (1982) 統計分析夏季發生於西北太平洋 Palmer 型 CCL 之結構特徵, 發現低壓存在於 700~100 hPa 之間, 水平尺度約 2000 km, 最大環流在 200 hPa, 最大冷距平出現在 300 hPa, 最大暖距平出現在 125 hPa, 在 CCL 東南側有顯著的上升運動與最多雲量, 而 CCL 的西北側則是下沉運動區與最少雲量。Chen and Chou (1994) 統計分析暖季 (6~10 月) 西北太平洋 60 個 Palmer 型 CCL, 除平均結構與 Kelley and Mock (1982) 所分析者類似以外, 他們亦發現 CCL 環流若伴隨有噴流條, 則 CCL 的水平尺度傾向較大, 生命期亦較長 (CCL 平均生命期為 6.3 天), 且

伴隨此噴流條的垂直次環流會影響雲區的位置。在他們分析60個CCL個案後，發現CCL的平均移速為 4.1 m s^{-1} ，暖季之出現頻率最多在8月、最少則在10月。

Palmer型CCL有學者稱之為TUTT cell (Colton 1973; Ferreira and Schubert 1999)，而TUTT對颱風之形成 (Montgomery and Farrell 1993)、移動路徑 (Hodanish and Gray 1993)皆會產生影響，且此型CCL對於影響局部地區午後劇烈對流天氣 (Erickson 1971; 林 1972; 吳 1976; 陳等 1990; 陳與紀 1990; 鄧 2001)亦扮演重要角色。而有關Palmen型CCL對於局部天氣影響的研究，Bell and Bosart (1989, 1993與1994, 文後簡稱BB)分析500 hPa封閉(割離)氣旋形成區域的氣候特徵與個案研究，他們認為除了夏季之外，北半球有三個割離低壓形成的主要區域，包括美國西南部、美國東部以及阿爾卑斯山南側背風處。割離低壓產生前的環境特徵，主要是有明顯南北向氣流的大尺度高度槽存在，噴流條位於此槽之上游(西側)，透過正(地轉)渦度平流將正渦度傳送至此槽線底部，使得隨後槽線加深，割離低壓於槽底形成。雖然氣候特徵上可以看到割離低壓有傾向於在地形背風處形成，但是BB94認為割離低壓的形成主要仍然是由高層槽線與噴流條間之交互作用而來，地形效應透過絕熱過程所造成的背風旋生，則扮演次要的角色。

Bell and Keyser (1993, 簡稱BK)以另一種觀點探討高層槽線—噴流條的交互作用。他們將總位渦分解為伴隨槽線的曲率位渦與伴隨噴流條的風切位渦。當高層噴流條由位於渦度槽西側逐漸移至高度槽的槽底時，總位渦受伴隨噴流條的風切位渦移動影響，由南北拉伸的狹長狀改變成近似圓形結構，割離低壓隨即於槽底生成。

由BB與BK所述之高層槽—噴流條交

互作用造成割離低壓形成的理論，並無法解釋槽線走向與割離低壓尺度大小的問題。Throncroft et al. (1993; 文後簡稱THM)以理論模式模擬高層斜壓波在不同背景西風帶中所具有的不同發展。中緯度高對流層等熵面之位渦脊即為等壓面之高度槽 (Hoskins et al. 1985)。THM假設在等熵面上某位渦等值線呈一理想之正弦波，若其所處的背景平均西風具有反旋式風切，由於位渦槽主軸南北側平均背景西風的差異，將會使得位渦槽主軸由原來的南北走向逐漸傾斜為東北—西南走向，若伴隨此位渦等值線之風場尚未即時調整適應此正負距平，將會使得槽西側出現跨等位渦線的負位渦平流，使得位渦槽逐漸變窄，若有割離低壓出現，則其水平尺度相對較小。同理，若背景西風為氣旋式風切，則將會出現西北—東南傾斜之位渦槽以及位渦槽逐漸變寬，可能出現相對尺度較大之割離低壓。

以250 hPa的IPV圖分析本個案高層冷心低壓之演變，顯示5月2日0600 UTC於 40°N 、 92°E 附近有一短波槽位於背景風場為反旋式風切的影響之下，槽線主軸由原本的南北走向傾斜為5月3日0000 UTC的北北東—南南西走向，且東移至 105°E 附近。此時槽線之背景緯向風場在平均西風最大值的南側，且槽西側出現明顯的跨等值線風，而槽東側則相對較不明顯，此種分佈將會使得槽線的走向持續傾斜，且槽線寬度持續變窄。5月4日1200 UTC槽線南端出現割離之PV極值，隨後此割離之PV即與原本呈東北—西南走向的槽線開始分離，且槽線下游出現反氣旋式風場與脊線，而北方槽線持續東移，使得割離PV近似滯留於原處。THM的觀點對於本個案高層槽線的主軸走向、槽線東西向尺度變化明顯較KS與BK有較合理之解釋，但是對於此槽線窄化過程，與下游脊線的變化則無法解釋。

以MM5模式做敏感度實驗，由於預報度限制的因素，若以5月3日之前的時間當做初始時間，則將無法預報出高層割離低壓的出現；若以5月4日0000 UTC為模式模擬的初始時間，雖然對於割離低壓出現的緯度位置有所誤差，但是對於槽線的演變與割

參考文獻

吳宗堯，1976：夏季高層冷心低壓之分析。*大氣科學*，**3**，1-11。

林鞠情，1972：由特例看高層輻散對雷雨的觸發作用。*氣象學報*，**18**，27-39。

苟潔予，1998：高層冷心低壓及其與熱帶氣旋發展之關係探討。私立中國文化大學地學研究所博士論文，221頁。

陳泰然與紀水上，1990：暖月高空冷心低壓對台灣天氣之影響。*氣象學報*，**36**，315-326。

陳泰然，陳來發與周蘭芬，1990：伴隨雷雨天氣之高層冷心低壓研究。*氣象學報*，**36**，1-20。

陳泰然，紀水上，吳樹旺與苟潔予，1988：高層冷心低壓之定位分析。*氣象學報*，**34**，175-187。

陳泰然，紀水上，苟潔予，吳樹旺與鄒中惠，1989：高層冷心低壓之綜觀氣候研究。*氣象學報*，**35**，31-42。

鄧耀民，2001：台灣北部地區夏季冰雹事件之環境條件與激發機制探討。國立台灣大學大氣科學研究所碩士論文，81頁。

蔡甫甸，1998：西北太平洋高層冷心低壓之氣候研究及個案分析。國立台灣大學大氣科學研究所碩士論文，123頁。

Bell, G. D., and L. F. Bosart, 1989: A 15-year climatology of northern hemisphere 500 mb closed

離低壓的出現仍有不錯的預報能力。由敏感度實驗，顯示對流潛熱釋放影響未被考慮時，此槽線演變過程幾乎與THM的乾的理論預測一致；相反的，如果有考慮對流潛熱釋放對此槽線的影響時，則將使得高層割離低壓得以與實際所發生的天氣現象類似。

cyclone and anticyclone centers. *Mon. Wea. Rev.*, **117**, 2142-2163.

Bell, G. D., and L. F. Bosart, 1993: A case study of the formation of an upper-level cutoff cyclonic circulation over the eastern United States. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 1635-1655.

Bell, G. D., and L. F. Bosart, 1994: Midtropospheric closed cyclone formation over the southwestern United States, the eastern United States, and the Alps. *Mon. Wea. Rev.*, **122**, 791-813.

Bell, G. D., and D. Keyser, 1993: Shear and curvature vorticity and potential-vorticity interchanges: Interpretation and application to a cutoff cyclone event. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 76-102.

Chen, G. T. J., and L. F. Chou, 1994: An investigation of cold vortices in the upper troposphere over the western north Pacific during the warm season. *Mon. Wea. Rev.*, **122**, 1436-1448.

Colton, D. E., 1973: Barotropic scale interactions in the tropical upper troposphere during the northern summer. *J. Atmos. Sci.*, **30**, 1287-1302.

Erickson, C. O., 1971: Diagnostic study of a tropical disturbance. *Mon. Wea. Rev.*, **99**, 67-79.

Ferreira, R. N., and W. H. Schubert, 1999: The

role of tropical cyclones in the formation of tropical upper-tropospheric troughs. *J. Atmos. Sci.*, **56**, 2891-2907.

Hodanish, S., and W. M. Gray, 1993: An observational analysis of tropical cyclone recurvature. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 2665-2689.

Hoskins, B.J., M. E. McIntyre, and A. W. Robertson, 1985: On the use and significance of isentropic potential vorticity maps. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **111**, 877-946.

Kelly, W. E. Jr., and D. R. Mock, 1982: A diagnostic study of upper tropospheric cold lows over the western north Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 471-480.

Montgomery, M. T., and B. F. Farrell, 1993: Tropical cyclone formation. *J. Atmos. Sci.*, **50**, 285-310.

Palmen, E., 1949: Origin and structure of high-level cyclones south of the maximum westerlies. *Tellus*, **1**, 22-31.

Palmer, C. E., 1953: The impulsive generation of certain changes in the tropospheric circulation. *J. Meteor.*, **10**, 1-9.

Throncroft, C. D., B. J. Hoskins, and M. E. McIntyre, 1993: Two paradigms of baroclinic-wave life-cycle behaviour. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **119**, 17-55.