

台灣附近新生氣旋的特性分析

江珮羽 江火明

中央大學大氣物理研究所

摘要

由於台灣地理位置特殊，為一海島型氣候，地形對天氣系統發展與結構改變之作用，是極為重要的。然而，對於台灣地形引發新生低壓(氣旋)的現象，往往難以在24小時前，得到預報的徵兆，並掌握預報的先機；由過去的個案顯示，新生的台灣低壓常帶來天氣的劇變，甚至發生局部地區的豪雨。因此，台灣附近地區新生氣旋的研究與分析，對提高天氣預報以及防災、減災都是相當重要且有意義的。

過去研究較強調梅雨季時帶來豪雨的台灣低壓，甚少涉及其他季節的新生氣旋；本文利用1996~2000年的東亞天氣圖，統計選出台灣附近的十二個新生氣旋的個案，採用中尺度模式(MM5)進行模擬，並針對個案的氣流特性做分析，討論新生氣旋的熱力結構及動力過程。

根據氣旋發生的季節、區域與環境氣流場特徵，可將此十二個新生氣旋個案分為五類，即(A)春雨季東北角型、(B)梅雨季東南信風型、(C)梅雨季西南季風型、(D)秋初東北角型、及(E)綠島低壓型。春雨季和梅雨季為新生氣旋最常出現的季節，發生區域多在台灣東北方海面上，且當時均有鋒面通過台灣。

根據數值模擬分析的結果顯示，盛行氣流碰到台灣地形後，繞山產生氣旋式的曲率，或過山在背風面下沉增溫，並加上北來鋒面所帶來的冷空氣，使低層溫度下降，因而垂直穩定度加大，造成位渦距平增加，促使低層渦度增大以釋放穩定度，進而引發氣旋的生成。

關鍵詞：地形、繞山、過山、位渦

一、前言

台灣地理位置特殊，地形對天氣系統發展與結構改變之作用極為重要；當天氣系統經過台灣地區時，地形的動力與熱力作用常導致特殊的天氣現象發生，例如台灣低壓的新生。

Yu (1980)統計台灣低壓發生頻率，發現最大發生次數軸線恰與黑潮路徑一致。Kuo and Chen(1990)分析TAMEX IOP-II，發現下沉絕熱增溫為低壓生成主要的機制。許與黃(1991)使用數值模擬，認為海面熱通量增強亦是重要的影響因素。對於台灣西北沿海之中尺度低壓形成過程，Chern and Sun(1989)與Sun et al(1991)之模擬研究認為，下沉增溫與梅雨鋒後盛行東北風時，該區因地形阻擋缺少冷平流，可能為主要原因。Sun和Chern (1993)使用觀測資料和數值模擬，分析渦度的收支，得知水平渦度的傾斜作用造成渦旋生成，伸展項及平流項則影響渦旋的發展和移動。

Sun et al(1991)以不同方向的風來討論台灣背風面的中尺度低壓及背風渦旋，強調背風渦旋可存在於自由滑動邊界層條件之下；他們也計算了氣流在沒有垂直混合及絕熱的狀態；分析渦度方程，發現傾斜項、伸展項及摩擦項對背風渦旋的形成均同樣重要。Aebischer and Christoph (1998)利用高解析的數值模擬實驗，發現由地形引起的位渦距平，對於阿爾卑斯山脈的背風旋生有貢獻。

本研究藉由天氣圖的統計分析和數值模擬，以了解背風新生氣旋發生時的大尺度天氣系統特徵，並將新生氣旋分類，討論其發生機制和熱力結構變化。

二、台灣附近新生氣旋之調查

根據日本印刷天氣圖，針對在台灣附近地區，如圖1所示， $21^{\circ}\text{N} \sim 26^{\circ}\text{N}$ ， 117

°E~123°E的範圍內發生的新生氣旋，做1996~2000年五年間的分類次數統計。在地面天氣圖上可看出有低壓/氣旋出現者，如圖2所示。由表一的統計結果可知，在此五年間所發生的十二個個案中，年際的差異很大，如1997年有五次的氣旋/低壓新生，而2000年卻一次也沒有。發生的季節多為梅雨季(6次)和春雨季(4次)，秋季則有二次；第I區台灣東北方海面為最常產生新生氣旋的地區，共有七次之多；第II、III區則各有二次，第IV區最少，僅有一次。當台灣附近地區出現新生氣旋時，均有鋒面通過。

三、研究方法

為了克服資料上的不足，提高更高的時間與空間上的解析度，本研究採用第五代中尺度數值模式(MM5)的第三版本，對十二個個案進行每小時的個案模擬，以ECMWF(歐洲氣象中心)2.5°×2.5°的經緯網格資料為初始場資料，垂直分為23層，採用 σ 座標，使用之積雲參數化為Grellu，邊界層方面則使用MRF的參數化法，水汽使用簡單冰相(simple ice)參數化法，而輻射參數第一層使用雲冷卻(cloud cooling)法，第二、三層並沒有使用，三層網格均沒有加入淺對流。

四、新生氣旋的類別與分析

新生氣旋依據發生季節、區域和環境氣流場特徵可分為五類，其特徵分別敘述如下：

(A)春雨季東北角型，共有四個個案，風場變化如圖3所示，此類型的新生氣旋發生於一至四月的春雨季，主要的區域為台灣東北方海面上，當時台灣北側為東北風，南側為西南風，盛行氣流受到台灣地形阻擋，繞山之後產生氣旋式曲率，加上鋒面通過，低層因輻合作用引發正渦度的產生，氣旋在台灣東北角初生。

(B)梅雨季東南信風型，共有四個個案，風場變化如圖4所示；此類型的新生氣旋發生於五、六月的梅雨季，因鋒面通過，帶來冷空氣產生降溫作用，之後又因

氣流過山的下沉絕熱增溫，且此區的海面熱通量較鄰近海域大，垂直溫度遞減率減小，造成穩定度增加，因此位渦距平跟著增大，引發低層氣旋生成。

(C)梅雨季西南信風型，僅有一個個案，風場變化如圖5所示；此類型的氣旋出現在六月的梅雨季，與(B)型生成機制類似，但由於盛行氣流方向不同，發生的地區因此不同；最初因鋒面通過，帶來冷空氣的降溫作用，西南季風過山後的下沉絕熱增溫，使垂直溫度遞減率減小，造成穩定度增加，在南側繞山產生的微弱氣旋式曲率，加上鋒面帶的輻合作用，產生氣旋式風切，引發低層氣旋生成。

(D)秋初東北角型，亦僅有一個個案，風場變化如圖6所示；此類型的氣旋出現於九月的秋初，來自東南方的盛行氣流受台灣地形阻擋，在台灣北部產生氣旋式曲率，鋒面的輻合帶產生氣旋式風切；來自西南方的盛行氣流則越過地形，在台灣東北角地區作下沉運動，絕熱增溫效應和鋒面帶來的冷空氣使穩定度增加，造成此地區位渦增大，引發氣旋新生。

(E)綠島低壓型，共有二個個案，風場變化如圖7所示；與(B)型的生成機制類似，但此類之綜觀天氣場中，在南海附近有鞍型場存在，因此盛行氣流的方向呈現一個氣旋式風場，在台灣海峽上是由北風轉為西風，越過台灣地形後轉為南風。同樣地，因鋒面通過帶來冷空氣產生降溫，西風過山後產生下沉絕熱增溫，使穩定度增加，在南側繞山產生微弱的氣旋式曲率，加上鋒面帶的輻合作用，產生氣旋式風切，造成渦度產生，引發低層的氣旋生成。

五、結論與展望

在1996~2000年的12個新生氣旋個案中，部份個案(如：B1、B2、B3、B4、C1、E1、E2)顯現氣流爬山後在背風面的下沉增溫，配合鋒面帶來的冷空氣，進而改變穩定度，是造成正位渦距平的主因；部份個案(如A1、A2、A3、A4)顯示氣流繞山後，產生氣旋式的曲率，加上鋒面通過伴隨的氣旋式風切，造成低層正渦度的

增大，引發正位渦距平(如圖 11 所示)。

Hoskins et al(1985)的位渦距平反求原理指出，正位渦距平引發氣旋環流，負位渦距平引發反氣旋環流的概念圖，如圖 12 所示。由於穩定度增大，以及氣旋式風切的產生，造成正位渦距平，利用位渦反求原理，可得三維的氣旋環流，也就是新生氣旋；一方面因為穩定度的釋放產生氣旋，一方面因為鋒面的輻合，使得渦度增大，這兩種作用對於新生氣旋的形成均有正面的貢獻。

圖 13 所示為氣旋發展的機制概念圖，對於發展型的氣旋個案，在氣旋新生後，高層的西風槽接近，由於槽前為暖平流及正渦度平流，提高了大氣的斜壓不穩定，經由斜壓不穩定的機制，促使氣旋發展成溫帶氣旋，如 A2 和 A4 個案。而不發展的新生氣旋，則在它生成後，高空沒有明顯的槽接近，無法提供有利於維持氣旋發展的條件，故新生氣旋在一天內就消散殆盡，如 A1 和 A3 個案。

由於新生氣旋的年際變化很大，在沒有氣旋初生的年份，如 2000 年，了解該年的綜觀天氣環境缺少了何種因素，使得台灣附近並沒有引發氣旋生成的機制。海面熱通量對於氣旋的新生有時有加成的作用，但有時高的海面熱通量卻無發引發氣旋生成，期望未來可結合衛星觀測資料，確定海面熱通量在氣旋生成的熱力機制中所扮演的角色。

參考文獻

- 許武榮與黃麗玫，1991：台灣低壓的數值模擬。《大氣科學》，19，131 ~ 147。
- Aebischer, U., and C. Schar, 1998: Low-level potential vorticity and cyclogenesis to the lee of the Alps. *J. Atmos. Sci.*, **55**, 186-207.
- Chern, J. D., and W. Y. Sun, 1989: Lee cyclogenesis and interaction between front and mountain. *Proc. Workshop on TAMEX Preliminary Scientific Results*, Taipei, 22-30

June, 343-346.

- Kuo, Y. H., and G. T. J. Chen, 1990: Taiwan Area Mesoscale Experiment: An overview. *Bull Amer. Meteor. Soc.*, **71**, 488-503.
- Smith, 1989: Mountain induced stagnation points in hydrostatic flows. *Tellus*. **41A**, 270-274.
- Sun, and J.D. Chern, 1993: Diurnal variation of lee vortices in Taiwan and the surrounding area. *J. Atmos. Sci.*, **50**, 3404-3430.
- Sun, J.D. Chern, C. - C. Wu, and W. - R. Hsu, 1991: Numerical simulation of mesoscale circulation in Taiwan and surrounding area. *Mon. Wea. Rev.*, **119**, 2558-2573.
- Yu, C. C., 1980: Some climatological aspects of Taiwan Low. *Paper Meteor. Res.*, **3**, 78-90.

圖表

表一 針對1996~2000共五年內在21°N~26°N，117°E~123°E的範圍內進行調查，共得到十二個台灣附近新生氣旋的個案。

代號	年份	發生日期	季節	形成地區	鋒面性質
A1	1996	03/12/0600	春雨季	I	移動性鋒面
A2	1996	04/09/1800	春雨季	I	移動性鋒面
A3	1997	01/23/1800	春雨季	I	移動性鋒面
B1	1997	05/17/0600	梅雨季	II	滯留性鋒面
B2	1997	05/23/0000	梅雨季	II	滯留性鋒面
C1	1997	06/13/1800	梅雨季	I	滯留性鋒面
D1	1997	09/30/0600	秋季	I	滯留性鋒面
E1	1998	06/04/1200	梅雨季	I	移動性鋒面
B3	1998	06/07/1800	梅雨季	III	滯留性鋒面
E2	1998	11/27/0600	秋季	IV	滯留性鋒面
A4	1999	03/29/0600	春雨季	I	移動性鋒面
B4	1999	05/09/0600	梅雨季	III	移動性鋒面

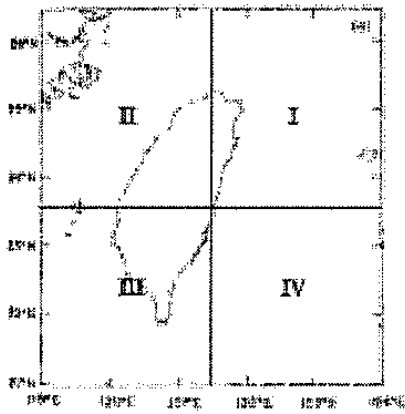


圖1 個案調查的範圍， $21^{\circ}\text{N} \sim 26^{\circ}\text{N}$ ， $117^{\circ}\text{E} \sim 123^{\circ}\text{E}$ ，共分為I、II、III和IV四區。

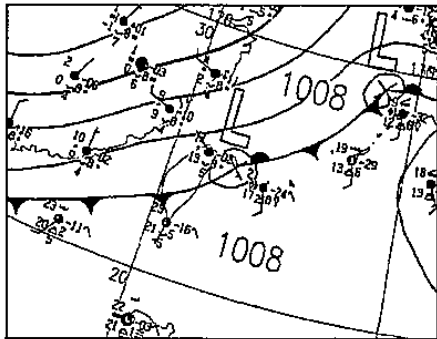


圖2 在調查範圍內的地面天氣圖上可看出有低壓/氣旋出現。

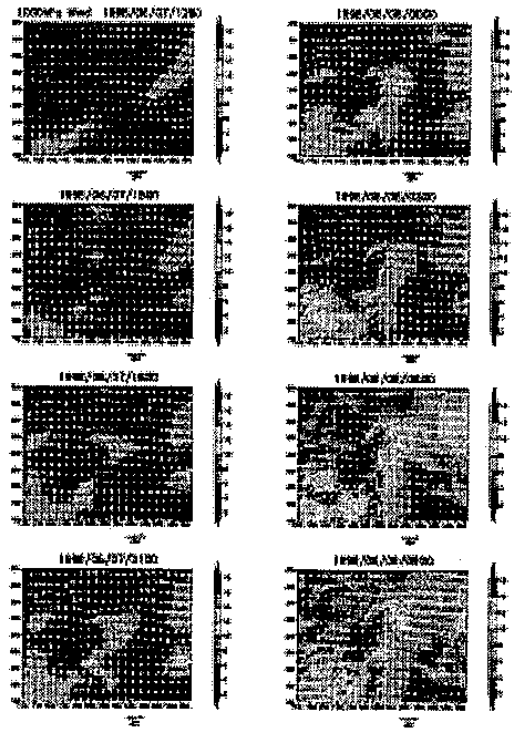


圖4 (B) 梅雨季東南信風型 1000hPa 風場，時間為 1998 年 6 月 7 日 12Z 至 8 日 09Z，由上到下，由左到右，間格為 3 小時。

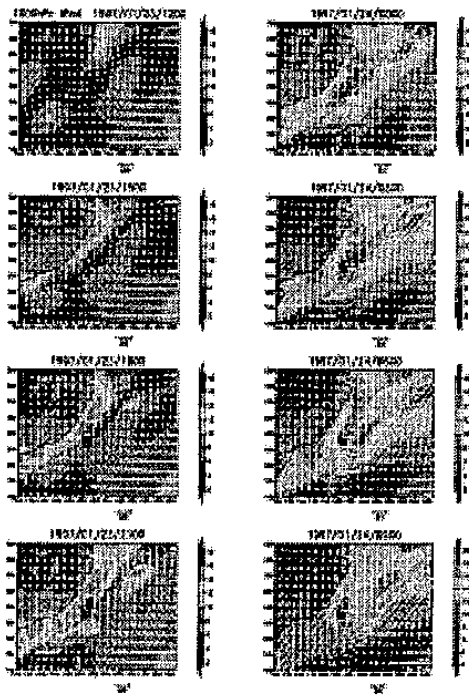


圖3 (A) 春雨季東北角型 1000hPa 風場，時間為 1997 年 1 月 23 日 12Z 至 24 日 09Z，由上到下，由左到右，間格為 3 小時。

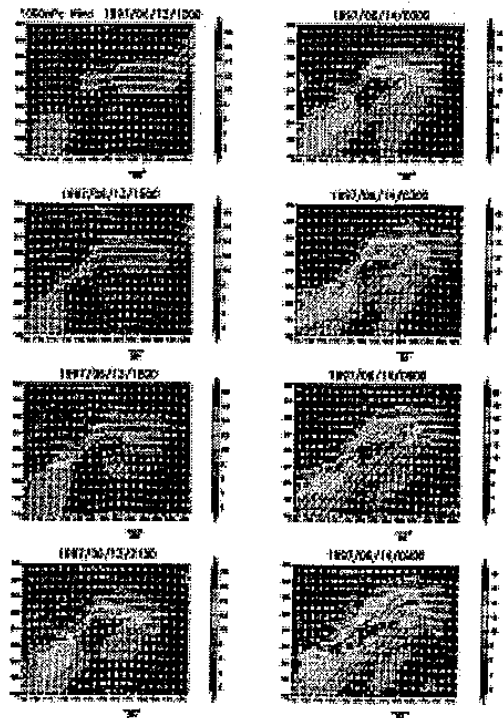


圖5 (C) 梅雨季西南季風型 1000hPa 風場，時間為 1997 年 6 月 13 日 12Z 至 14 日 09Z，由上到下，由左到右，間格為 3 小時。

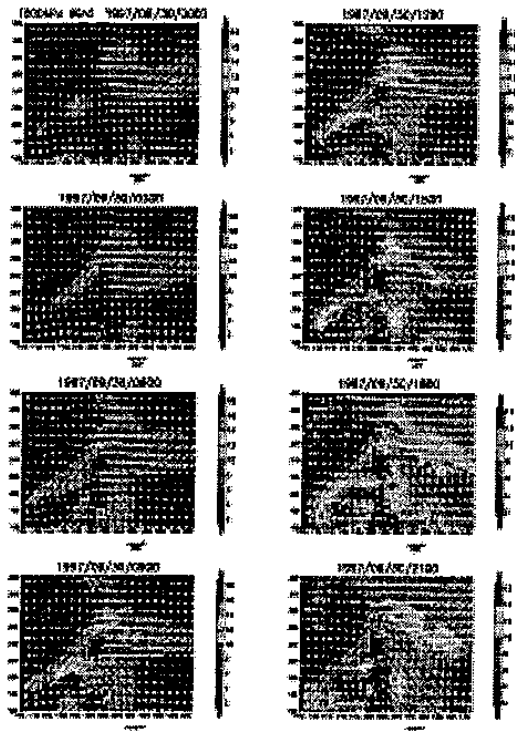


圖 6 (D) 秋初東北角型 1000hPa 風場，時間為 1997 年 9 月 30 日 00Z 至 30 日 21Z，由上到下，由左到右，間格為 3 小時。

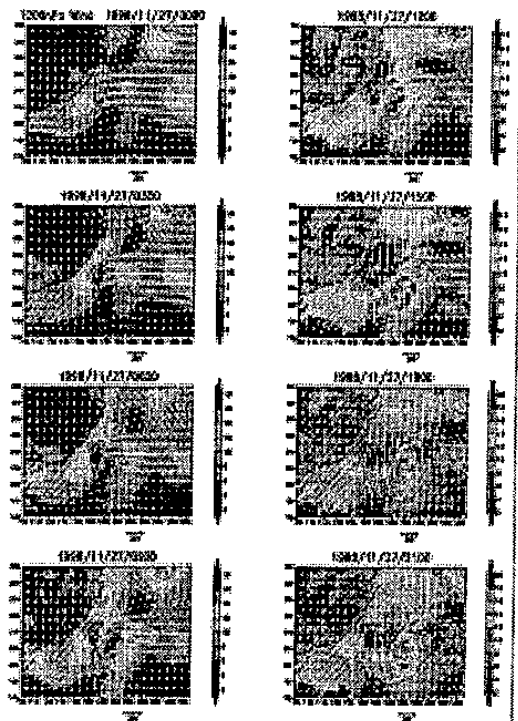


圖 7 (E) 綠島低壓型 1000hPa 風場，時間為 1998 年 11 月 27 日 00Z 至 27 日 21Z，由上到下，由左到右，間格為 3 小時。

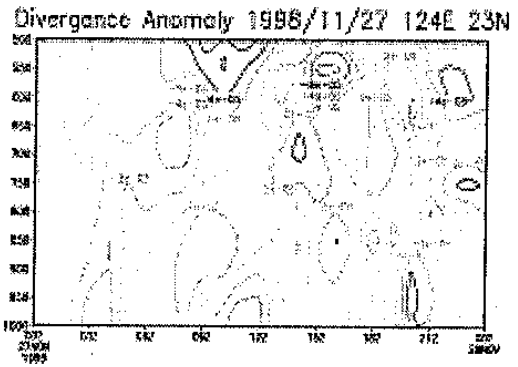


圖 8 (E) 綠島低壓型，1998 年 11 月 27 日 00Z 至 28 日 00Z 各點時間之輻散值減去初始時間 (11 月 27 日 00Z) 的輻散值之變化垂直剖面圖，剖面位置為 124° E、23° N，縱軸為氣壓 (hPa)，橫軸為時間序列。

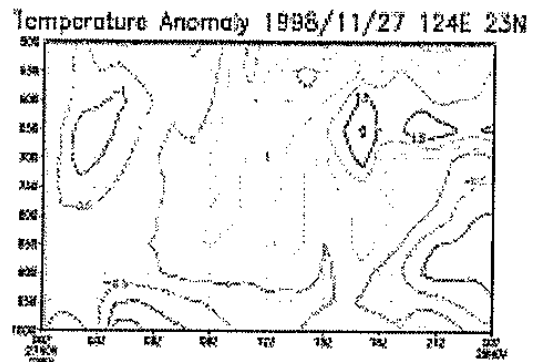


圖 9 (E) 綠島低壓型，1998 年 11 月 27 日 00Z 至 28 日 00Z 各點時間之溫度值減去初始時間 (11 月 27 日 00Z) 的溫度值之變化垂直剖面圖，剖面位置為 124° E、23° N，縱軸為氣壓 (hPa)，橫軸為時間序列。

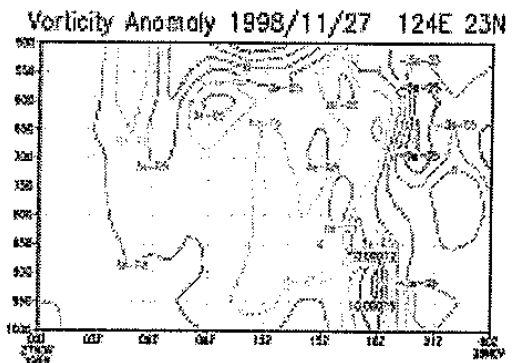


圖 10 (E) 綠島低壓型，1998 年 11 月 27 日 00Z 至 28 日 00Z 各點時間之渦度值減去初始時間 (11 月 27 日 00Z) 的渦度值之變化垂直剖面圖，剖面位置為 124° E、23° N，縱軸為氣壓 (hPa)，橫軸為時間序列。

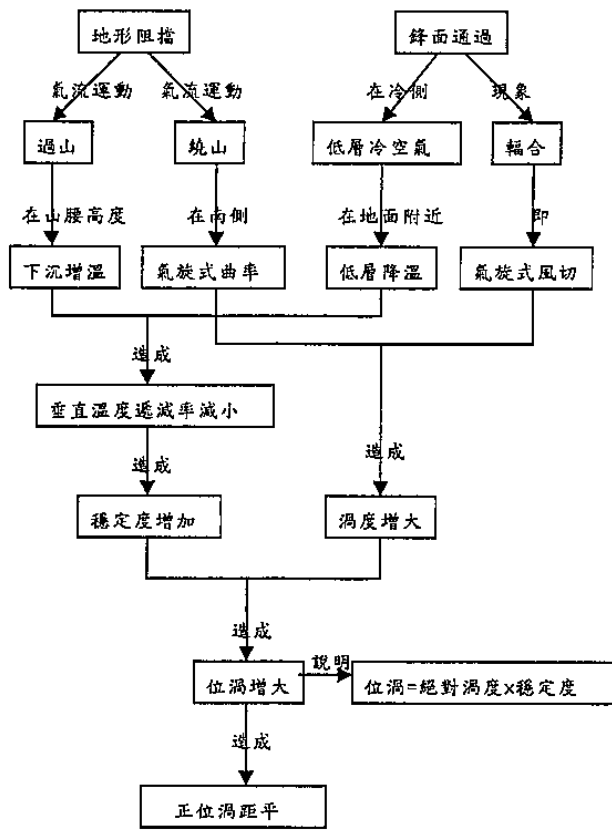


圖 11 位渦距平發生之概念圖。

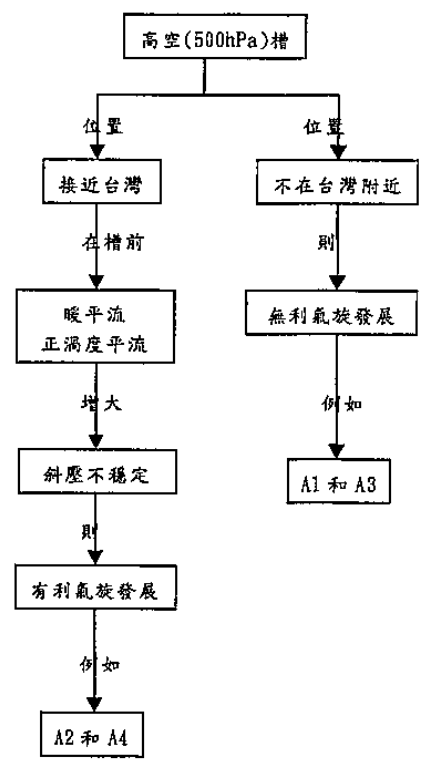


圖 13 氣旋發展的機制概念圖。

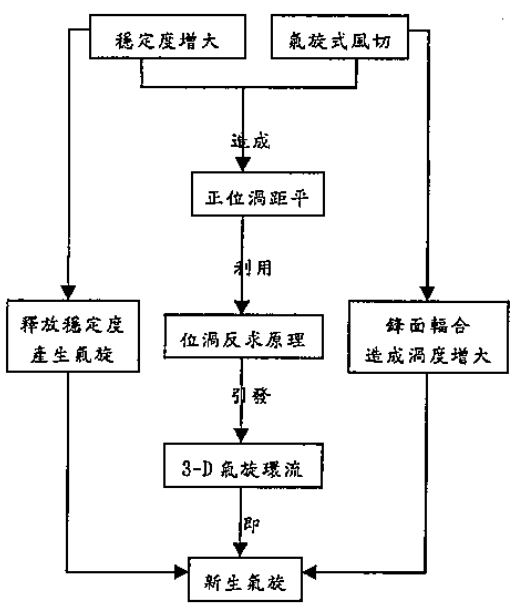


圖 12 位渦距平引發新生氣旋的機制概念圖。