

熱帶天氣與颱風

(日 85 8 7) 陳金裕

國立臺灣師範大學地球科學系學生

前言

熱帶 (tropic) 是指在南北回歸線中間的區域 ($23.5^{\circ}\text{N} \sim 23.5^{\circ}\text{S}$)，而其氣候型態所影響的區域則擴張至南北緯三十度之間。本區約占全球總表面積的百分之五十，約有全世界三分之一的人口居住於此，因此本區氣候型態對人類影響之大是無庸置疑的。我國因幅員廣大，各種氣候型都有，但處於較低緯度的地區（特別是台灣本島）多屬於熱帶天氣的範圍。本文將對熱帶地區的天氣型態做一介紹，特別是影響台灣天氣十分明顯的颱風。

一、熱帶地區的氣象因子

控制氣象的因子有很多個，最重要的因子應為氣壓、溫度、濕度、及風向風速。但在熱帶地區，氣壓資料對於天氣預報員並沒什麼利用價值。其原因之一在於其氣壓之變化不大，氣壓梯度太小，等壓線在天氣圖上表現得稀稀疏疏，無法顯現其天氣型態，即熱帶地區大多數的大氣擾動在地面天氣圖上並不明顯，但颱風是唯一的例外。另一個原因則是：熱帶赤道附近不能應用地轉風方程。因此熱帶低緯度地面天氣圖上的氣壓分析和定壓面上的高度分析，皆不如中高緯度來得有用。

所幸，大多數熱帶天氣都能從風場中得到解釋。這是因為風是熱帶天氣中唯一有顯著變化的因子，而其他基本氣象因素大都非常均勻，這正是熱帶天氣的特性。因此氣象學者都取氣流線和等風速線來取代等壓線做為熱帶氣象的有效分析工具。

二、熱帶地區的特殊綜觀系統

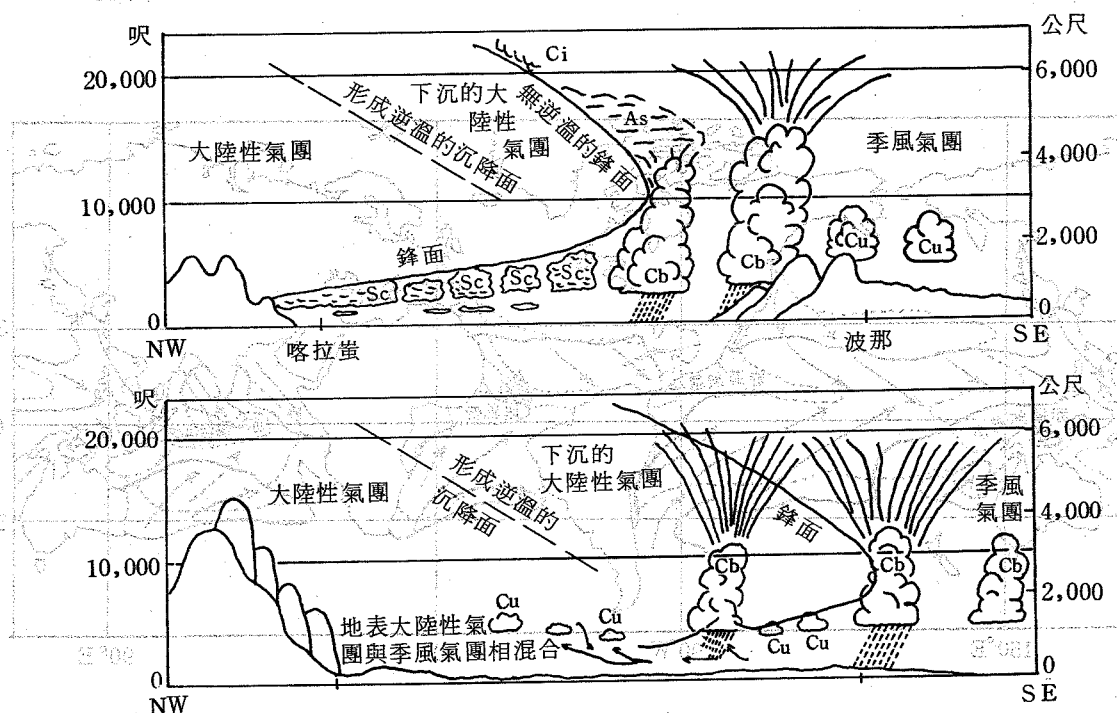
熱帶地區的綜觀天氣型勢雖然遠較中高緯度簡單而不明顯，但是仔細研究也能找出幾種影響範圍較大的特殊綜觀天氣系統，下面分別加以說明：

(一) 赤道槽 (Equatorial Trough)：

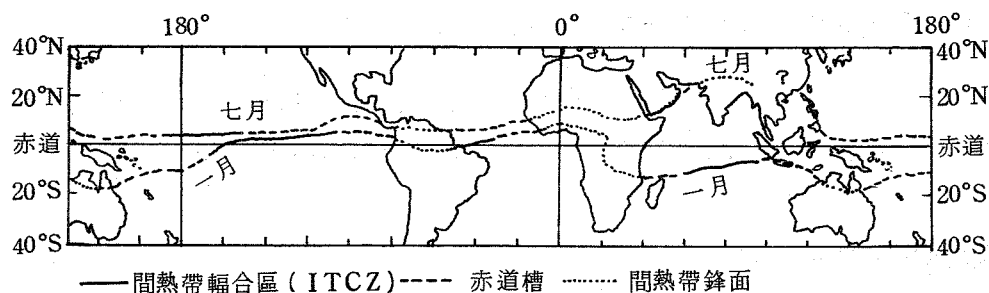
在全球盛行風系模型中，赤道南北的信風在赤道附近輻合，形成一低壓槽，在海洋上者稱為赤道槽。赤道槽又稱為間熱帶輻合區 (Inter-tropical Convergence Zone, ITCZ)，只是 ITCZ 較強調位於太平洋和印度洋上。在陸地上的輻合區稱為間熱帶鋒面 (Inter-tropical Front, ITF)，這是指例如在西非或南亞大陸上，當乾熱的大陸性熱帶氣團和濕涼的赤道性氣團輻合時，所形成的類似鋒面的輻合低壓區 (圖一)。

有關赤道槽、ITCZ、ITF，三者分佈的情形請參考圖二。

在一般人的印象中，總認為熱帶所有的地區永遠潮濕多雨，事實上除了地形雨和季風現象，(no/masqsb lso kpor) 熱帶地區也有乾燥的現象。熱帶地區一般以赤道為界，赤道以北為北半球，赤道以南為南半球。赤道地區是熱帶地區，赤道以北為北半球，赤道以南為南半球。



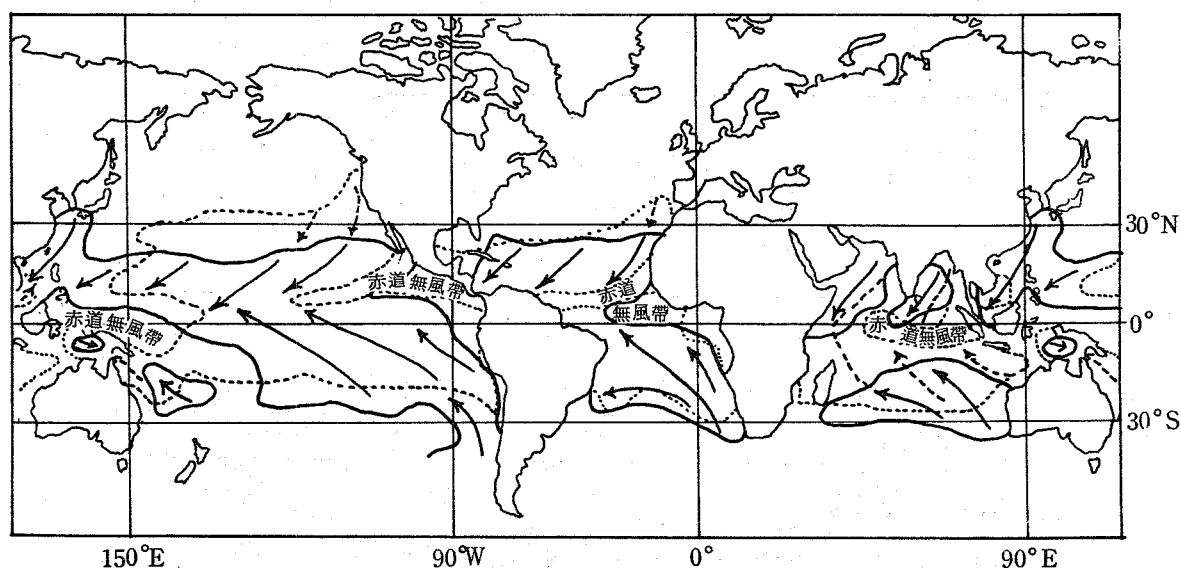
圖一 在印度大陸西北方之間熱帶鋒面構造。



圖二 一月和七月之赤道槽（在某些地區稱為間熱帶輻合區或間熱帶鋒面）位置圖。

風雨之外，只有赤道槽附近才有較豐的雨量。而赤道槽即然有季節性的南北移動（圖二），使得部分接近赤道地區一年中有極為明顯的雨季，其他時間則為當地之乾季。

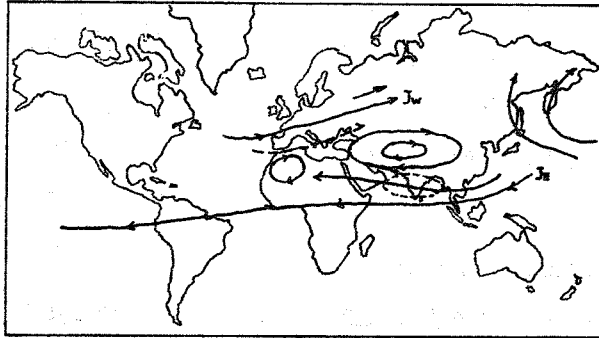
在赤道槽附近，因南北信風輻合舉升，而使得此帶在水平向常平靜無風，稱為赤道無風帶（doldrum）（圖三）。當此槽離開赤道緯度五度以上時，信風氣流可分裂成槽上的一些小氣旋，這些小型氣旋稱為熱帶低壓（tropical depression），如果其他條件能配合適當，則往往能發展成颱風。有關颱風的發展，本文後面會詳細討論。



圖三 海洋上信風帶和赤道無風帶之位置圖。實線所包圍的地區為一月的信風帶，虛線則為七月的信風帶。箭頭代表氣流線——虛線為七月，實線為一月或二月共有的氣流線。

(二) 東風噴流 (Eastly Jetstream) :

印度和北非上空在夏季發展出一東風噴射氣流，稱為熱帶噴流 (tropical jet - stream)。其中心高度在海拔二十公里左右。在此高度，有一圈微弱的熱帶東風噴流環繞整個地球，在其他地方都無法達到噴射氣流的風速 (圖四)。

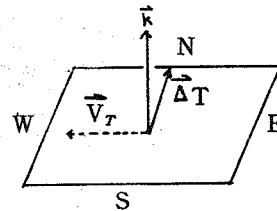


圖四 夏季熱帶東風噴流。噴流最大風速在印度上空，用虛線表示。實線為氣流線。

東風噴流的形成，可由熱力風方程來解釋：

$$\vec{V}_T = \frac{R}{f} \int_{P_2}^{P_1} (\vec{k} \times \vec{\nabla} T) d \ln P \dots\dots\dots (\text{方程式一})$$

由於北半球在夏季時日射北移，使得熱赤道也隨之北移。進而北半球低緯度地區之溫度向北遞增，即其溫度梯度 ($\vec{\nabla} T$) 向北為正； $\vec{k}$ 為一指向高空的單位向量，則此兩向量的外積 ($\vec{V}_T$) 會指向西方，即在高空會形成東風流 (圖五)。



圖五 熱力風方程示意圖。

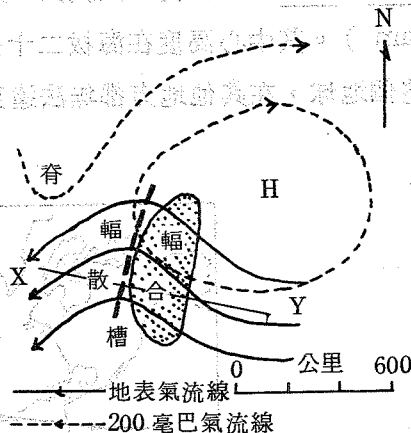
(三) 東風波 (Eastly Wave)

分析地面或低空盛行東風內的氣流線和等壓線，可發現其中有一種波型擾動，隨著盛行氣流由東向西緩慢移動，此種擾動稱為東風波 (圖六)。在擾動處會形成一低壓槽：槽前形成一幅散帶；槽線處和槽後則為一幅合帶。此輻散輻合的形成可由渦度守恆來解釋：

$$\frac{f + \zeta}{\Delta P} = k \dots\dots\dots (\text{方程式二})$$

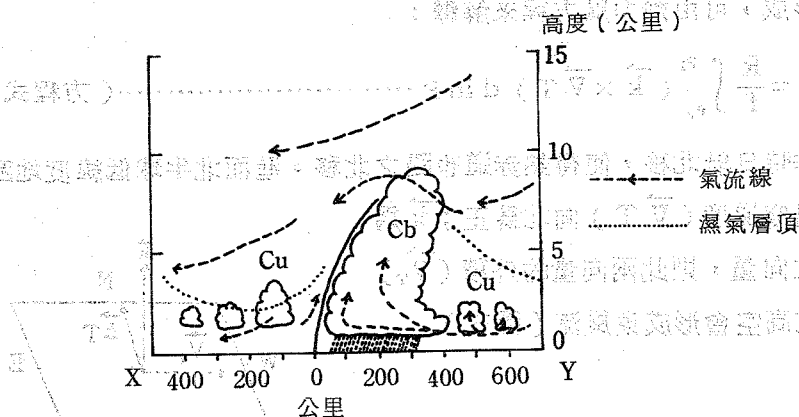
f : 科氏參數 ; ζ : 相對渦度 ; k : 常數 ; ΔP : 對流層內氣柱的深度。

當氣流向北運動 (f 增加) 又伴隨著呈逆時針 (即氣旋型) 旋轉 (ζ 增加) 時, 爲了平衡上式, 則 ΔP 也會增加。此氣柱垂直方向的擴張, 必定由地面水平方向輻合來補充。此即在槽後會形成輻合的原因。另一方面, 當氣流向南運動 (f 減少) 而轉成順時針 (即反氣旋型) 旋轉 (ζ 減少) 時則 ΔP 會變小, 在槽前便形成一幅散帶。



圖六 典型的東風波模式, 氣流線向北拱起, 槽線上及槽後輻合區爲惡劣天氣。

圖七爲東風波槽前槽後天氣情況的剖面圖。在槽前, 沉降作用伴隨著水平輻散, 導致氣塊絕熱增溫, 增加穩定度, 帶來晴朗的天氣, 只有一些散積雲和一些霧。而在槽後, 因其氣塊上升, 產生積雨雲和大量積雲, 天氣轉劣, 多陣雨、雷暴、氣溫下降。



圖七 東風波槽前、槽後的天氣分布示意圖。

東風波在北大西洋和北太平洋的ITCZ內常接踵而生, 造成晴雨相間的天氣變化。但在北太平洋西部接近亞洲地區, 則因爲完全被季風控制而罕見東風波出現。

三、熱帶氣旋——颱風

颱風 (typhoon) 便是由前面所提到的熱帶低壓，經適當條件發而成的熱帶風暴，通稱為熱帶氣旋 (tropical cyclones)。因其強大的破壞力，常造成嚴重的生命與財產的損失，因此對它的研究更顯重要。

(一) 熱帶氣旋的獨特性

熱帶氣旋是指發生在熱帶地區的氣旋形環流，和極鋒上形成的溫帶氣旋不同，包括下列幾點：

- (1) 熱帶氣旋只能在熱帶的某些地方和某些季節發生。
- (2) 它們生成在海面溫度很高的海洋上。
- (3) 它們既無風系，也不和移動性反氣旋結伴。
- (4) 它們的生成並無任何規律性，而且還只能在海洋上維持生命。
- (5) 它們大多比溫帶氣旋強烈。

(二) 熱帶氣旋的稱謂

熱帶氣旋是學術名詞，在世界各地皆有其地域性的名稱，如東亞稱為颱風 (typhoon)，北美洲稱為颶風 (hurricane)，印度稱為旋風 (cyclone)，澳洲稱為威烈威烈 (willy willy)，菲律賓則稱為碧瑤 (baguio)。在本文中則通稱為颱風。

(三) 颱風的分級

為了便於一般人了解颱風的強度，我國按照颱風的中心附近最大風速之大小分為四級：

表一 颱風分類對照表

我國分類	國際分類	中心附近最大風速		相當之風力 (級)
		每小時哩	每秒公尺	
輕度颱風	Tropical Storm	34 ~ 63	17.2 ~ 32.6	8 ~ 11
中度颱風	Typhoon	64 ~ 99	32.7 ~ 50.9	12 ~ 15
強烈颱風		100 ~ 129	51.0 ~ 66.9	16 ~ 17
超級強烈颱風	Super Typhoon	≥ 130	≥ 67.0	17 以上

在此要注意一點：我國所稱的輕度颱風在國際間稱為熱帶風暴（T.S.）。另外我們所稱的暴風半徑是指自颱風中心向外到風速為17公尺/秒（或34浬/時，即七級風風速）處的距離。

(四) 颱風的成因

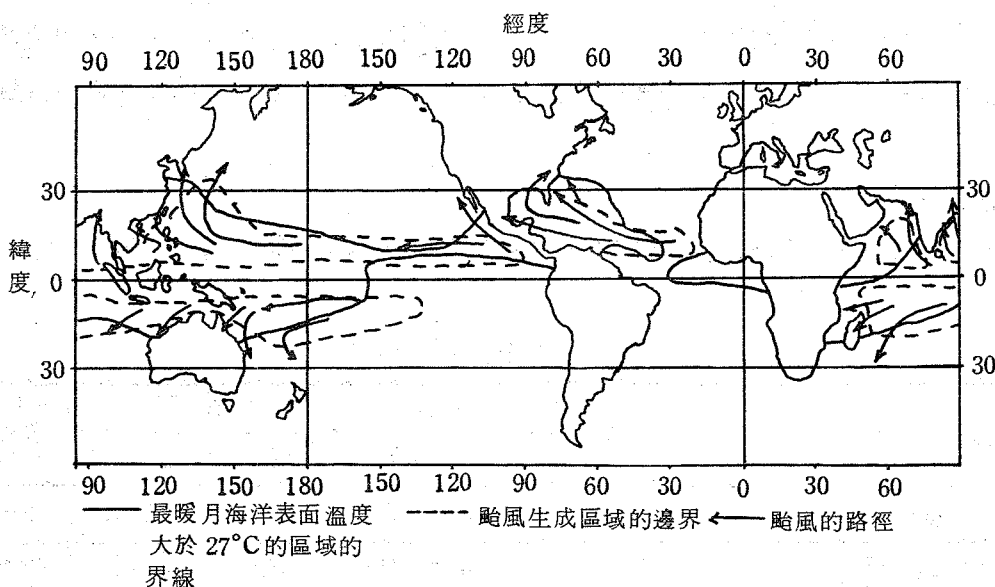
雖然氣象學者全力的研究颱風的成因，但是迄今尚無令人滿意的學說成立。但可歸納出下面幾個必要條件：

- (1) 颱風只發生在溫度高於 27°C 的海面上。
- (2) 在南北緯五度以內不會生颱風。

圖八為颱風之生成區域和最暖月時海洋表面溫度大於 27°C 區域之分佈圖。

以下簡述一些已被接受的主要成因：

- (1) 高溫的海洋表面，可以提供可感熱（sensible heat），以建立一個暖心系統，支持強烈氣旋的繼續發展。
- (2) 低空的擾動配合高空大量的輻散，才能使地面的氣壓下降，形成一幅合區。
- (3) 氣流的上升，使得濕暖的氣團凝結釋放出大量潛熱，以增加颱風的動能，加強颱風的威力，此即熱塔（heat tower）效應。



圖八 颱風生成的區域，颱風路徑和海洋表面溫度的關係。

(4) 爲了建立它的氣旋系統，必須有較大的科氏效應，此即在南北緯五度內不會產生颱風的原因。

(5) 爲了避免破壞它的結構，其所處環境的垂直風切要很小（即垂直方向的風向、風速變化均小）。

(6) 一旦中心氣壓下降，使氣旋系統隨之增強，地面水平輻合更帶進更多的外圍空氣激烈上升而生成更多的熱塔。於是氣壓續降，熱塔更多，建立起反饋循環。

(7) 當整個範圍都被積雨雲所充塞時，此種循環便告中止，暖心系統停止增溫，氣壓不再降低，颱風便無法繼續增強。

(五) 颱風的生命史

颱風的生命史約可分爲四個階段：

(1) 發生期 (formative stage)：此時僅爲一微弱的熱帶性低壓。

(2) 發展期 (immature stage)：如果上述的颱風生成條件能配合的好，則此熱帶低壓便可以繼續發展，而形成颱風。

(3) 成熟期 (mature stage)：颱風發展的最強階段，中心氣壓最低。大都是在登陸前爲此期。

(4) 衰弱期 (decaying stage)：登陸以後，由於熱能和水汽供應不足，所以颱風便漸漸減弱，至成一熱帶低壓而消失。

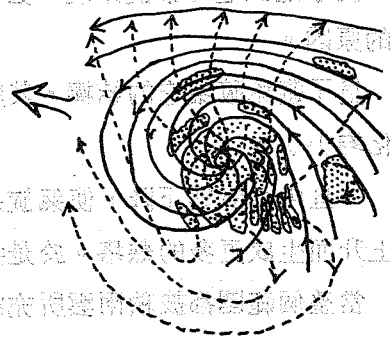
以上四個時期，每期短者一、二日，長者二、三日。每次颱風的生命長短不同，平均每次颱風自發生至消滅，短者四、五日，長者可達十餘日。

(六) 颱風的結構

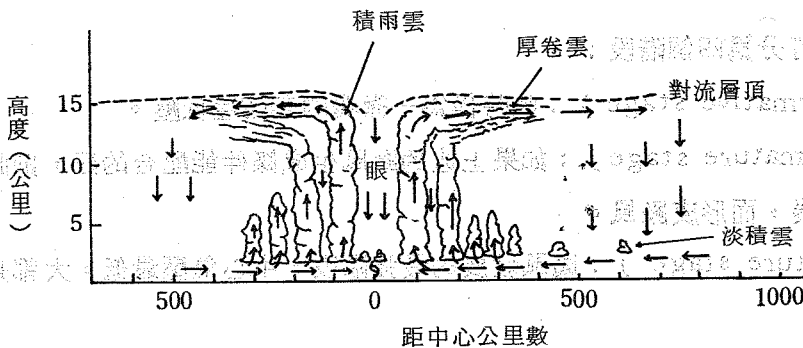
颱風的環流大致呈圓形（圖九），有很多螺線形雲帶（由無數對流雲組成）繞進中心。中心爲一無雲的區域稱爲颱風眼。

當颱風侵襲時，愈向中心，風速愈大，雨勢愈強。可是突然間風停雨止，雲散日出，一幅平和景像，令人覺得颱風已過，其實是在颱風眼內。颱風眼直徑平均約爲二十至五十公里，其四週是垂直發展的雲牆。氣象報告中常說的中心最大風速，便是指此雲牆內側的風速，颱風眼中反而沒有什麼風。眼中有上方空氣所提供的下沉氣流，由於絕熱增溫使得地面溫度大大的高於在颱風風暴中的其他地區（圖十）。關於爲何會形成颱風眼，迄今仍然沒有很好的解釋。

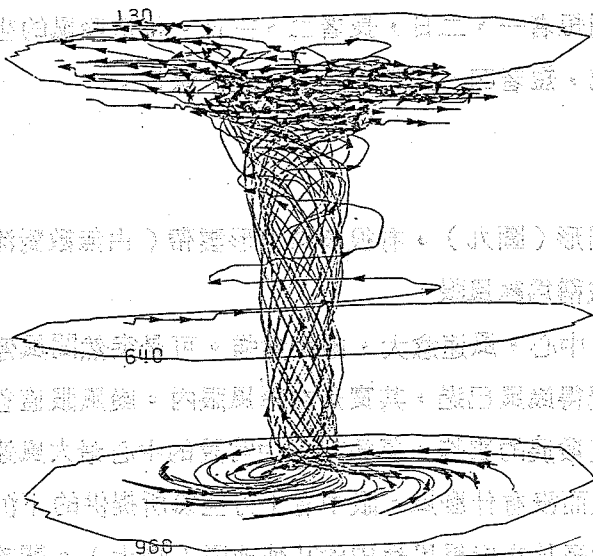
由颱風的垂直剖面圖（圖十），可以說明熱塔主要集中在近中心處，在眼的四周形成聳立的雲牆。此處不但風速最大，也是降水最強和上升運動最旺盛的地方。地面氣流呈氣旋型輻合上升，至對流層頂，向外輻散，呈反氣旋式流出（圖十一），在距中心四、五百公里外下沉，完成一個循環。



圖九 颱風的俯視圖，實線箭頭為地表流線；虛線為 200 毫巴等壓面氣流線。



圖十 颱風的垂直剖面圖，箭頭為氣流線。



圖十一 颱風裏面空氣運動的情形。

颱風裏面空氣運動的情形。本圖是以電子計算機算出來的（圖摘自 Weatherwise 1971 年 8 月號，作者為 Anthes 等三人）。

(七) 颱風的災害

颱風會造成災害的原因，不外乎下列三點：

(1) 暴風：因為風壓和風速的平方成正比。所以當風速增加時，物體所受風的壓力增加得非常快。而颱風的最大風速又常達十級以上，這對生命財產的威脅之大，是不必懷疑的。

(2) 豪雨：颱風一定伴隨著驚人的雨量，再加以高山地形的阻擋，在迎風坡往往降下巨大的雨量，造成山洪暴發，引起水災。

(3) 浪潮：颱風最可怕的一種危害因素就是浪潮，因為它的毀滅力最可怕。這種浪潮的起因有三：一種是颱風成浪區內向外推出的長浪 (swells)；一種是颱風中心氣壓太低，而引起中心水面的升高，稱為颱風海嘯 (typhoon tsunami)；另一種是颱風旋渦內強風推動海水，稱為風成浪 (winddriven surge)。臺灣南部的海水倒灌便是由浪潮所引起的。

結 語

臺灣每年從六月下旬至九月下旬經常會有颱風來襲，而都或多或少造成一些悲劇。最好的解決方法是早做預防。因此建立完善的天然災害預警系統，加強全民的防災觀念和教育，實為現今最重要的課題。

參考文獻

1. BARRY, R. G. and CHORLEY, R. J. 1971 : Atmosphere, Weather and Climate. P.253-269.
2. NEIBURGER, M. EDINGER, J. G. and BONNER, W.D., 1973 : UNDERSTANDING OUR ATMOSPHERIC ENVIROMENT.
3. 中央氣象局，1983：颱風百問，中央氣象局編印。
4. 中央氣象局，1988：中央氣象局颱風預報作業。全國防颱防災工作研討會專題報告彙編，P.139～163。
5. 戚啓勳，1983：大氣科學，P.319～343，大中國圖書公司。
6. 戚啓勳，關壯濤，1978：颱風的理論和預報。季風出版社。