

500 - 700 毫巴厚度與颱風移動之關係

On the Relationship between 500-700 mb Thickness and Typhoon Movement

劉 廣 英

Koung-Ying Liu

ABSTRACT

The relationship between thickness of two isobaric surfaces and Typhoon movement is discussed. The result says that Typhoons will move to the maximum thickness region. And, according to the re-analysis of 92 Typhoons which occurred in the West Pacific, within the period from 1964 to 1971, we found that 500-700mb thickness is most favorable. Case studies are also presented, and approve the result except in which a cold front is approaching the same region.

一、前 言

CISK (Conditional Instability of Second Kind)⁽¹⁾機械理論說明熱帶擾動是否能發展為颱風，端視低層輻合所帶來之水汽，經積雲性對流凝結所釋出之潛熱，是否大於摩擦作用所消耗之能量而定。此一關係不但顯示熱帶擾動發展之第一步，必為由冷心轉變為暖心低壓，且顯示颱風係經由水汽輻合自周圍環境獲得較消耗為大之能量以供擴張勢力（範圍及風力），同時，在地面（ p_0 ）至某一等壓面（ p ）之間，空氣柱之內能與虛溫成正比，而位能又與內能成正比⁽²⁾，故知柱中虛溫之大小即代表其位能的大小，亦即二定壓間之厚度可視為該層內內能或可產生動能之大小。基於此，颱風未來移動應與虛溫或厚度最大之軸線相配合。同時，由大氣中機械能量（mechanical energy）收支可知⁽³⁾，大氣中高壓為機械能之製造者，低壓係吸收者，因而颱風未來之移向應與動能遞時遞增最大之軸線相符。此等軸線均與高空厚度有密切關係。1966 年山下洋⁽³⁾即曾根據動能增加之

概念，探尋颱風路徑與 100-500 毫巴厚度分佈之關係，分析結果顯示僅於強烈颱風時關係密切，此或與其所用上限過高有關。作者於民國六十二年夏，經林財旺氏指示，使用 500-700 毫巴厚度圖預測颱風動向，效果頗佳，本文特就理論與實用情形兩方面討論之。

二、理 論 根 據

(一) 二定壓層間厚度可由流體靜力方程求得，即由

$$dz = -\frac{R}{g} T dp/p$$

並以該層之平均虛溫 \bar{T}^* 表 T ，則上（ p_2 ）下（ p_1 ）二等壓面間之厚度

$$\Delta z = \frac{R_d}{g} \bar{T}^* \ln(p_2/p_1) \dots\dots\dots(1)$$

式中符號均為慣用者。

由式 (1) 可知，一發展中之颱風在適當溫度下即大致沿水汽含量最大之地區移動，亦應大致沿 Δz 最大之軸線前進。

(二)動能增量與二等壓面間之關係可由運動方程求得。在 xyp 座標中，以 x 方向分風速 u 及 y 方向分風速 v 分別乘各該方向之運動方程，並引用同座標系之連續方程即得

$$\frac{\partial K}{\partial t} = \nabla \cdot (K\vec{V}) - \frac{\partial}{\partial p} (K\omega) - \vec{V} \cdot \nabla \phi - \delta$$

式中 $K \equiv \frac{1}{2} |\vec{V}|^2$; $\omega \equiv \frac{dp}{dt}$; $\phi \equiv gz$, δ 為消耗項。

$$\begin{aligned} \text{或 } \frac{\partial K}{\partial t} &= -\nabla \cdot (K\vec{V}) - \frac{\partial}{\partial p} (K\omega) - \nabla \cdot (\phi\vec{V}) \\ &\quad + \phi \nabla \cdot \vec{V} - \delta \\ &= -\nabla \cdot (K\vec{V}) - \frac{\partial}{\partial p} (K\omega) - \nabla \cdot (\phi\vec{V}) \\ &\quad - \phi \frac{\partial \omega}{\partial p} - \delta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{又因 } -\frac{\partial}{\partial p} (\omega\phi) &= -\phi \frac{\partial \omega}{\partial p} - \omega \frac{\partial \phi}{\partial p} \\ &= -\phi \frac{\partial \omega}{\partial p} + \alpha\omega \end{aligned}$$

式中 α 為比容。

$$\text{所以 } \frac{\partial K}{\partial t} = -\nabla \cdot [(K+\phi)\vec{V}] - \frac{\partial}{\partial p} [\omega(K+\phi)] - \alpha\omega - \delta$$

上式說明一單位質量空氣動能之隨時變化量係由①能量(動能及位能)之水平及垂直傳送,②空氣之垂直運動,及③消耗等作用所導至。如果考慮自大氣層底至頂域內,且計消耗時,動能之總變化率,則

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint K \, dx \, dy \, dp = - \iiint \nabla \cdot [(K+\phi)\vec{V}] \, dx \, dy \, dp - \iiint \alpha\omega \, dx \, dy \, dp$$

就自由大氣而論,上下層水平能量之傳送量應大致相等但方向相反,即上式右側第一項可略而不計,故域內動能變化情形可由右側第二項求得,即

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \iiint K \, dx \, dy \, dp &\approx - \iiint \alpha\omega \, dx \, dy \, dp \\ &= -A g \bar{\omega} \Delta z \dots\dots(2) \end{aligned}$$

式中 A 為討論範圍之水平面積; $\bar{\omega}$ 為 Δz 內之平均垂直速度。

式(2)說明由暖空氣之上升運動($\omega < 0$)可使動能增加,而增量之大小則與厚度 Δz 成正比,亦即厚度最大之地區就是動能增加最大之地區,颱風應移向此一地區。

三、二等壓面之選擇

由上述討論知,使用厚度圖應可預測颱風未來之

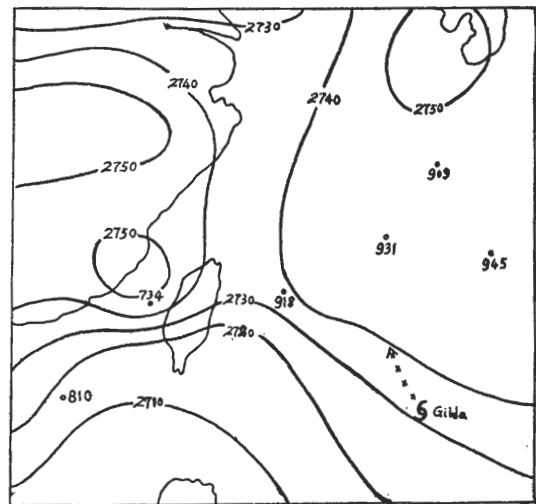
移動方向,問題僅在於選用那一層次效果最佳?為解決此一問題,特將民國五十四至六十年,七年內西太平洋地區所發生,並在資料報告範圍內之九十二颱風路徑加以分析,經與各颱風生命期中自 700 至 300 毫巴高空圖中導流形態相比後,發現僅當颱風中心氣壓低至 930 毫巴或以下時,其行動方受 300 毫巴氣流影響,而且需要 700 及 500 毫巴層配合,影響始明顯,凡氣壓較此為高者,均不受 300 毫巴氣流影響;反之,如颱風中心氣壓高至 980 毫巴或以上時,全受 700 或 500 毫巴氣流導引。此一統計結果,不但顯示選用 700 至 500 毫巴層之厚度場做為預報颱風動向之工具最佳,亦證明山下洋氏所用上限確實偏高。

四、個案分析

六十三年發生於西太平洋之颱風,除去本(臺灣)省較遠者外,均曾製做 500-700 毫巴之厚度圖,為節省篇幅,此處僅舉其三,即七月份之 Gilda,九月份之 Wendy 及十月份之 Bess。

個案一: Gilda

本颱風於 7 月 1 日生成於 20°N, 134°E 附近。其路徑為先向西北西,後轉西北,經琉球後轉北而去。圖一為 3 日 00Z 之 500-700 厚度圖,圖中顯示厚度最大之軸線一經琉球,一在我國大陸,二者間有一厚度槽經本省東方洋面。此一厚度分佈充份顯示 Gilda 將不致侵襲本省。同月略後期之另一颱風 Harriet 形勢與此極類似。

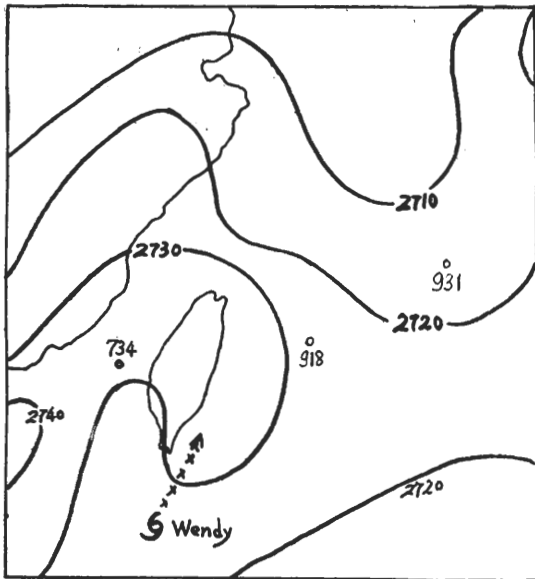


圖一: 61. 7. 3 0000Z 500-700 厚度圖
Fig. 1. 500-700 thickness at 030000Z, July, 1974.

個案二：Wendy

發生於九月下旬之 Wendy 颱風，起初向西行進，至菲島西北角後轉向北，至本省南端洋面轉北北東，沿東部外海北上，而後再轉向侵襲本省北部。圖二為 27 日 00Z 時之厚度圖，對颱風未來 12 至 24 小時之運動方向有明顯之指示。

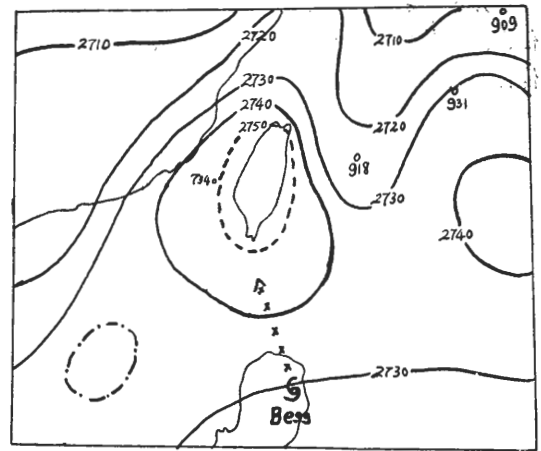
對另一侵襲本省之 Jean 颱風，本方法亦甚佳，此處不敷敘述。



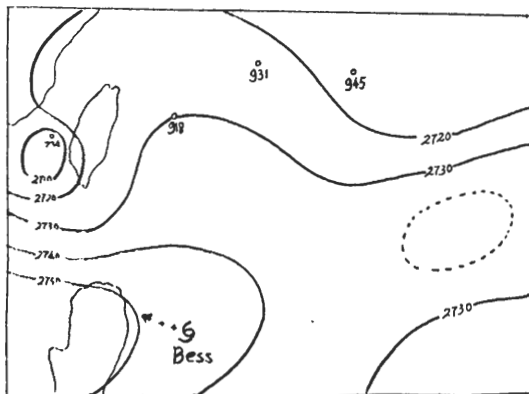
圖二：63. 9. 27 0000Z 500-700 厚度圖
Fig. 2. 500-700 thickness at 27 0000Z, Sept. 1974.

個案三：Bess

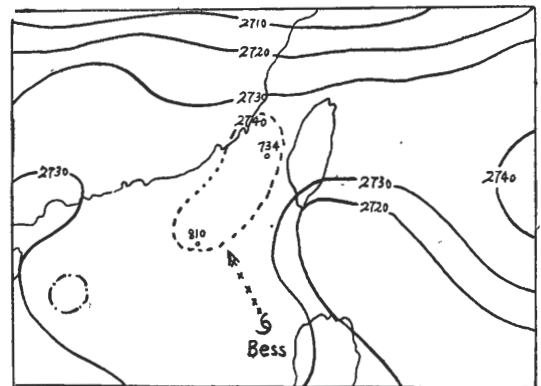
自發生至 10 日 22Z (參閱圖三)，此法對 Bess 行踪有正確之指示，但自 11 日 00Z 起，即難以由厚度圖中 (參閱圖四及圖五) 獲知颱風未來之行向。事後檢查原圖 (圖四、五) 發現，原認為颱風將移入之厚度最大區，實為一獨立系統，大致沿 22°N 伴同 Bess 一同自東向西移動，(圖中點線所示者)，而實際指示 Bess 行踪之最大區 (圖中——— 所示者)，一因資料不足，又因颱風本身厚度小，未能分析出來，同時，當 Bess 西移之同時，我國大陸正有一冷高壓南下，高壓邊緣之動力作用較強，遂導至錯誤之判斷。



圖四：83. 10. 11 0000Z 500-700 厚度圖
Fig. 4. 500-700 thickness at 11 0000Z, Oct. 1974.



圖三：63. 10. 10 1200Z 500-700 厚度圖
Fig. 3. 500-700 thickness at 10 1200Z, Oct. 1974.



圖五：63. 10. 11 1200Z 500-700 厚度圖
Fig. 5. 500-700 thickness at 11 1200Z, Oct. 1974.

五、結 論

利用厚度圖預報颱風行向，經一年之試用，證明確有很大之幫助，唯需注意以下數點：

(一)厚度圖之製做應力求詳細正確，資料稀少地區需利用高空分析圖內插增補。

(二)本法對預測颱風移動速率無甚幫助。

(三)寒潮與颱風相伴時應考慮高壓邊緣動能輸出之影響。此種影響與高壓強度成正比。就以六十三年之颱風為例，伴同 Bess 西行之厚度最大區似即為高壓邊緣之影響，而與 Bess 同月之 Carmen 雖亦有大陸高壓南下，但因強度較弱影響就不明顯。

(四)本省在深厚東風層內時應考慮中央山脈對 500 及 700 毫巴等壓面之不同影響。

用一年之資料固不足以確定本方法之可靠程度，但已證明其可用性，今後將繼續試用，以確定其使用條件及可信賴之程度。

本文之完成曾獲臺灣大學大氣科學系蔡清彥博士提供寶貴意見，並獲空軍氣象中心俞家忠，王時鼎二先進支持謹此致謝。

參 考 文 獻

- (1) Charney, J.G., and Eliassen, A., 1964: On the growth of the hurricane depression. *J. Atmos. Sci.* 21, 68-75.
- (2) Hess, S.L., 1957: Introduction to theoretical meteorology. 臺北狀元出版社，60年9月版
- (3) 山下洋 1966: On the relation between the movement of Typhoons and the 100-500 mb thickness pattern and its advection. *Japan, the Geophysical magazine* Vol. 33, No. 1.

作者通信處：空軍氣象中心