

# 論作為更高一級的天氣系統的 高空變形場\*

X. II. 帕哥香, H. II. 戴波羅夫斯基

高空變形場的改變，是大型天氣過程中最簡單的一個過程，亦是在目前能應用於具有物理基礎的分析與預告方法上的唯一的大型過程。高空變形場實際上就是某幾種高空的氣壓系統。它的意義本文的作者於1940年早已經介紹過了<sup>[1]</sup>。高空變形場是極有用處的。它在天氣分析中是作為一個比較高一級的天氣系統。它和天氣學上現有的初級的系統（例如氣旋與反氣旋及其他）相比較，是有更廣泛的預告可能性。關於高空變形場比地面氣壓場的優點，我們在過去已經講過一些。大家知道，在與鋒生過程及與鋒生過程有相聯的氣旋和反氣旋的生成過程中，對流層的高空變形場是起很重要的作用的。同時我們還着重指出高空變形場亦是大氣環流的一種機械結構，通過這種機械結構，南北緯度之間氣團的交換過程才能得以實現。

這篇文章是作者從先前幾篇關於高空變形場改變的機械結構<sup>[1,2,3]</sup>的研究論文中繼續與以發展起來的。這個問題是非常廣泛的，並且對於中期預告也是有非常重要的意義。所以，作者認為非常必需引起最大可能使多數的科學工作者對這個問題進行研究。毫無疑問，只要根據這條道路，天氣學是有充分的長遠發展前途的。並且根據高空變形場的研究，這還能使我們對於長期預告法的研究有所改進，這條道路的正確性是在於牠能探究地理環境與太陽氣候條件對天氣過程的物理影響。

這裏我們祇討論關於變形場問題的廣闊範圍中的一個問題，這就是高空變形場的改變與生成的平流動力的機械結構問題。關於高空變形場的地理與季節的約制性問題，我們保留在以後再談。這篇文章所討論的問題與上幾篇所討論的問題

\*原文載於蘇聯“氣象與水文”雜誌，1947年，第4號。

的區別，是在於在這篇文章中我們將更仔細分析平流動力因素之間的相互關係。這個問題的基本環節是在於對流層中的鋒生作用。

最簡單的理想高空變形場，是一個對稱的流場。這是由同樣強度的二個高空冷低壓與二個暖高壓組成的。牠們的分佈是好像棋子一樣的排列。在這個變形場中一共有四個鋒區。如果組成這個高空變形場的四個氣壓系統都是高空系統，換言之如果都是相當於對流層中的冷區和暖區，那末，變形場上每一個鋒區的強度都是一樣的。

在本文中我們只討論在H高度附近等壓面上的變形場。在這個高度上氣壓的平流變化與溫度的平流變化，對於H高度附近等壓面上高度變化的影響正好互相抵消，所以在這個高度上只有氣壓動力變化出現，這個高度平均是相當於650毫巴等壓面高度\*。

如果在H面的變形場上，四個氣壓中心都有相等數目的關閉等壓線，並且氣壓的水平梯度與溫度梯度到處是一樣的（圖1. a, b），我們就把這種變形場稱做是

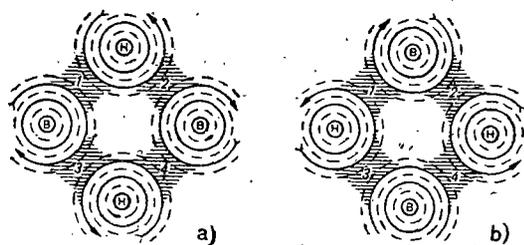


圖1. 對稱變形場（實線：等高線，虛線：等厚變線）

對稱的變形場。實際上，我們所見到的常常是不對稱的變形場，可能或多或少接近於對稱的變形場，亦可能和對稱的變形場相差很遠。這是要看暖壓和冷區的強度而決定的。然而在每一個變形場上必須存在着二個高壓區和二低壓區，雖然牠們的強度是不相等的。

在許多不同形狀的不對稱的變形場中，我們只討論二種最常遇見的情形。這二種情形亦是最不對稱的二個變形場。第一種情形，在這個變形場上有一個氣旋發展甚強並且是變形場上主要的冷區；另外一個氣旋發展非常弱小，它是出現在第一個氣旋的低壓槽中。在這個變形場上，高氣壓是位於低氣壓的二側，並且大約具有相等的強度。在第二種情形中，有一個高氣壓發展最大，而另外一個高氣

\*在實際工作中，我們可以拿700或500毫巴等壓面代替650毫巴等壓面——原註。

壓是非常弱小, 而且是出現在第一個高氣壓的脊線裏面。在這個變形場上低氣壓是位於高氣壓的二側, 並且大約有相等的強變(圖 2. a, b)。

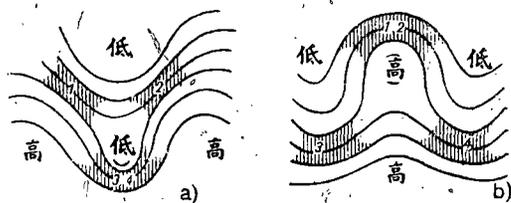


圖 2. 不對稱的變形場

從圖 2. a, b 可以看出, 在這二類變形場上有三個鋒區。若將圖 2 a 與圖 1 a 相比較, 我們發見鋒區 1 與 2 不論在對稱的變形場上, 與在不對稱的變形場上是維持同一的地位。但在對稱的變形場上的鋒區 3 與 4 在不對稱的變形場上已併成一個鋒區。同樣在圖 2 b 上, 鋒區 1 與 2 併成一個鋒區。上面所講的二類不對稱的變形場, 和高空氣壓場上單獨一個低槽與高脊很是相似的。在高空單獨的一個低槽或高脊中, 通常祇有一個鋒區。然而, 不對稱的高空變形場與單獨一個高空低槽或高脊的區別, 是在於在不對稱的變形場上, 在低槽之中另外還有一個低壓中心, 或者在高脊中還有另外一個高壓中心, 並且在不對稱的變形場上, 有三個鋒區存在, 每一個鋒區都有牠的獨立性。

在高空變形場的構造上常常是烙上了一定地理條件的痕跡。首先應該指出, 在高空變形場上, 溫度是由低緯度向高緯度減低的, 因而使得高空變形場在經向(南北)方向上常是不對稱的, 這就是說當變形場上的二個低氣壓成南北方向分佈時, 北面那個低氣壓常常比南方那個低壓更強烈(更冷); 相反, 當變形場上的二個高氣壓成南北方向分佈時, 南方那個高氣壓比北方那個高氣壓更強烈。此外, 大陸與海洋的熱力影響的季節差異, 對高空變形場的構造亦是有影響的。所以, 在歐州冬季, 當變形場上的二個氣旋成南北方向分佈時, 變形場西邊那個高氣壓經常比東邊那個高氣壓更強一些。在夏季在同樣的二個氣旋成南北方向分佈時, 變形場上東面那個高氣壓比西邊那個高氣壓要強些。

雖則高空變形場的構造具有許多不同形式, 然而地理與季節的條件却限制了牠的多樣性。因此, 在某一個地理區域與在某個季節中, 並不是所有能想像的高空變形場都有同樣的出現可能性。最常見的高空變形場構造, 是反應出這個區域的地理與季節條件。北半球月平均氣壓形勢圖(例如 500 毫巴等壓面圖與 1000

到 500 毫巴等厚度線圖) 指出, 在冬季高空氣壓場上, 在海洋的東半部上空, 有二個主要的高脊出現, 而在大陸東部上空却有二個低槽出現<sup>[2]</sup>。另外還有一個比較弱一些的高脊是出現在西部西伯利亞上空。因此, 這使得歐亞大陸上空的大低槽分成二個低槽, 其中有一個位東歐上空, 另外一個位於雅庫次克上空。

依據北半球冬季高空平均氣壓場上低槽與高脊的這種分佈, 在每一個地理區域中, 高空變形場的構造亦反應了這種分佈。所以在冬季歐洲高空變形場的某種程度的經向改變, 是歐洲冬季高空變形場的最大特徵。同時在高空變形場上, 二個高空氣旋作南北方向的分佈常常是出現在歐洲上空。在這個變形場上西邊的那個高氣壓, 亦就是上面所提到過的大西洋上空的高脊。圖 2 a 可作為剛才所講過那個變形場的圖例。由於高空變形場是時常在改變着的, 所以圖 2 a 上的高空變形場構造是最近於平均的情形。這個高空變形場是不斷改變着的, 然而它的主要特徵是仍舊在維持着的。在這裏我們只討論在歐洲上空, 高空變形場構造改變的二類型式(圖 3. a, b)。在圖 3 a 上, 這表示變形場南部的氣旋大大的孤立了, 而在

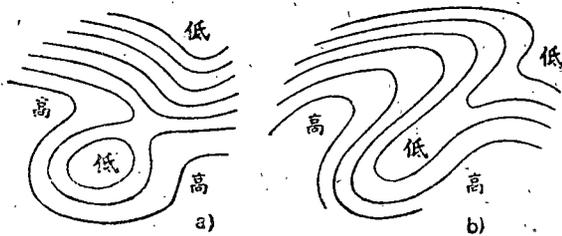


圖 3. 不對稱高空變形場的类型

牠的北面高空却一致是西風。在圖 3 b 上的高空變形場亦可以認為是圖 2 a 上的原始變形場的另一種改變。這就是說高空變形場西邊的高氣壓與它的高脊有強烈的發展。但在變形場上南部的高空低氣壓並沒有被切斷下來。這二類型式的區別, 是由熱力條件決定的; 在第一種情形中在南部低氣壓中的冷空氣是被孤立起來了, 而在第二種情形中, 却有冷空氣從東北流入高空變形場南部的高空低氣壓區域中(相當於冷空氣侵入的超極地軸)\*。從北半球等壓面圖和地面圖的研究指出, 大氣中的西風環流, 雖然是大氣環流的基本型式, 但並不是經常的, 而是常常被氣團向南北方向的移動所破壞的。所以在地面相當長的地段上, 西風氣流被南北方向的氣流所替代。在高空溫壓場上, 這是反映於向東西方向伸展的等壓線

\*這是俄國長期預告家穆爾美諾夫斯基所指定的名稱——譯者。

與等溫線改變成爲低槽與高脊的分佈。這種型式的環流引起了高空變形場形成的開始。很明顯，這個過程是與冷空氣向低緯度侵入與暖空氣向高緯北上同時發生的。隨着變形場的生成，低槽與高脊中的冷空氣與暖空氣便和冷暖空氣母體相脫離開來；而且在以後，這種孤立的暖冷空氣和其所在地的高低緯度的空氣逐漸同化了起來。在大氣環流中，南北緯度間空氣交換作用就是由這個過程實現的。

現在我們要講一講高空變形場或者對流層中溫壓場的經向度\*的生成條件。在一年之中，極地區域的大氣從太陽那裏所得到熱量，要比牠地面向空間放射出的熱量要少。根據辛普孫的材料，在一月份輻射負平衡區域（即將從太陽得到熱量減去地面向空間散失的熱量），籠罩了整個北緯 20 度以北地區；在 7 月份輻射負平衡區域，只限於北緯 70 度以北地區。因此，在全年之中，極地區域的熱量平衡，全靠從低緯度流入熱量。此外在夏季，一大部份的熱量，還消耗於溶解冰與增暖海洋的水中。所以，假如從低緯度沒有熱量流入極地區域中，或假如只有西風環流出現，那末極地區域將會不斷變冷起來。實際上沿着整個緯度圈上，南北緯度之間氣團的交換，是永遠不中斷的，僅僅在牠的強度方面是有些改變。氣團交換的強度的減弱，能阻止暖空氣流入高緯度，其結果在極地區域開始失掉熱量，故在此處空氣的溫度要降低。同時中緯度的南北溫度水平梯度亦增溫起來，因而亦使高空氣壓梯度增大。最後對流層中的南北水平溫度差異達到了一個溫差的臨界值，此時氣旋與反氣旋的活動便增強起來。因此亦就增強了南北緯度之間氣團的交換。很明顯，在接近大陸的東岸——此地高空溫壓場上正是氣候平均槽的位置，出現溫差臨界值的條件比較最有利，所以溫差臨界值常常最先在此地區出現。因此我們看出，大氣環流的機械結構，引起了氣團南北交換強度的改變。這種改變是由於在極地區域空氣的冷卻與冷空氣向低緯度的侵入以及同時暖空氣向北流入等過程所造成的。其結果使南北水平溫度梯度又減小起來，南北緯度之間氣團的交換亦減弱。然而，由於在極地區域空氣的冷卻與低緯度空氣的增暖，南北溫度水平梯度又開始增大，如此循環演變下去。然而由於地球上大陸和海洋的出現，這個過程是更變成複雜化了。所以，這個過程沿着整個緯度圈上並不是一致的，而是集中於一些固定的區域，這些地區却是和高空變形場的季節的平均構造有關連的。

由此看來，因爲南北緯度之間氣團的交換是時常存在着的，所以，在任何時

\*經向度是溫壓場上槽脊深度的一種度量，亦是南北環流強度的指標——譯者。

刻都有變形場存在。爲了要研究變形場生成的機械結構，我們假定，在開始時已經有一個發展了的變形場存在，這是因爲新變形場的生成，是由這個變形場上任何一個鋒區的動力變形所造成的。在這裏我們先從向東西方向的初級鋒區討論起。

大家知道鋒區是高空變形場上溫度與氣壓變化最大的區域，所以在我們討論整個鋒區的溫度與氣壓的變化以前，我們先要決定鋒區的加壓區域與減壓區域的生成與發展的條件。爲此，我們就須運用從基培爾理論<sup>[3]</sup>所推求出來關於氣壓變化的速度與加速度公式。

地面氣壓的變化，是由二個因素決定的：即平流的因素與動力的因素。與氣壓場與溫度場的移動相關聯的氣壓變化，是屬於氣壓平流的變化。這可以用下面的公式來決定：

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial P_0}{\partial t} + \frac{g}{l} \frac{T_s}{T_H} \left( \frac{\partial H}{\partial x} \frac{\partial P_0}{\partial y} - \frac{\partial H}{\partial y} \frac{\partial P_0}{\partial x} \right) &= 0 \\ \frac{\partial T_0}{\partial t} + \frac{g}{l} \frac{T_s}{T_H} \left( \frac{\partial H}{\partial x} \frac{\partial T_0}{\partial y} - \frac{\partial H}{\partial y} \frac{\partial T_0}{\partial x} \right) &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

在上式裏面  $P_0$  是地面氣壓， $T_0$  是地面溫度， $H$  是 650 毫巴等壓面上的高度； $\frac{g}{l} \frac{T_s}{T_H}$  是個常數。

氣壓場與溫度場平流的方向與速度，是由 3—4 公里高度上的氣壓場或 700—600 毫巴等壓面上的氣壓場決定。很明顯，平流因素只對與氣壓系統移動的解釋是重要的。然而氣壓場生成的主要因素，是氣壓動力變化。氣壓動力變化的發生，是由於空氣的運動與梯度風有偏向存在，即空氣的運動是有加速度的。

氣壓動力變化可用下式表示：

$$\left( \frac{\partial P_0}{\partial t} \right) = A T_v^2 \left[ H_{ns} \cos 2 \epsilon + \frac{1}{2} \left( \frac{H_n}{r} - H_{nn} \right) \sin 2 \epsilon \right] \dots\dots\dots (2)$$

從上面這個式子，我們便可以決定氣壓動力變化的符號及氣壓動力變化速度的數值。上式中  $A$  是個常數， $T_v$  是溫度水平梯度， $r$  是等高綫， $H$  的曲率半徑， $\epsilon$  是等溫綫與等高綫之間的交角， $H_{ns} = \frac{\partial^2 H}{\partial n \partial s}$ ， $H_{nn} = \frac{\partial^2 H}{\partial n^2}$ ；其中  $n$  與  $s$  是在等高綫上每一點的法綫與切綫方向上的長度單位。

(2) 式指出，氣壓動力變化的速度正與溫度梯度的平方是有關聯的，同時又與等高綫梯度沿等高綫方向的改變，亦即與等高綫的輻散，是有關聯的。然而爲

了要判斷氣壓動力變化過程的發展, 就必須決定氣壓動力變化的增強或減弱的條件。為此, 我們可以依據氣壓對時間 ( $t$ ) 的二次導來函數推斷出來, 亦即推求氣壓動力變化的加速度。

在等高綫輻合或輻散區域中, 如果等高綫的曲度很小, 則在這此區域中的平流零綫上, 亦即  $\epsilon=0$ , 氣壓動力變化的加速度, 可用下式求得:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial t^2} = 2 A H_n T_v^2 \left( \frac{H_{n\tau}}{H_n} - \frac{T_{v\tau}}{T_v} \right) H_{n\tau} \dots\dots\dots (3)$$

上式中  $T_{v\tau}$  是溫度梯度沿等高綫方向變化率, 亦即表示等溫綫的輻散。(3) 式指出, 氣壓動力變化的加速度, 是由等高綫與等溫綫輻散的相對差異決定。換句話說, 氣壓動力變化的增強, 是與等溫綫的相互密集過程(由於鋒生作用)有直接關係的。例如, 如果在等高綫的輻散區域中, 等溫綫的輻散比等高綫的輻散要大, 這表示動力減壓就要加強。因此, 在氣壓變化的過程中, 以及在地面與高空的氣壓系統改變過程中\*, 有二個主要的因素是在參加作用的: 即動力的和平流的因素。這二個因素, 正如在以前的文章裏面已經指出的那樣, 是互相緊密關連的。這二個因素構成了一個閉合的機械結構\*\*。這個機械結構亦是較長時期天氣過程的本質。在本文中我們要比以前幾篇文章更詳細的討論關於平流動力機械結構的結果。在討論之中, 我們把平流和動力的因素分開來講的。同時在本文中, 在我們作質的推論時, 我們是依據公式 (1)·(2) (3) 式所表示的溫度場與氣壓場的關係作基礎。所以, 在每一次敘說中, 我們不再提起上面所講的這三個式子。在本文裏面, 我們沿用了高空變形場“改變”這二字, 這是因為在我們的討論之中, 我們並不取假想的大氣靜止狀態或理想的西風環流作為起始時的高空流場, 而是取在任何時刻與包含所有一切實際出現的溫壓場特徵的真正溫壓場, 作為開始的高空流場。

平流動力因素的相互關連的循環作用, 是通過溫壓場上一對正負動力變壓區和鋒生的作用所實現的。

在鋒區(不論是正常鋒區或複雜鋒區), 動力變壓區的位置的分佈, 是成為一對對的。或者動力加壓區在前, 動力減壓在後; 或者動力減壓區在前, 動力加

\*原註 在這裏我們只討論短時期(1天或2天)的過程, 在這裏過程中我們可以假定大氣的變化是符合絕熱的條件。

\*\*譯註 這是說平流動力因素是互相約制的, 互相影響關連的循環作用。

壓區在後。我們把鋒區的每一對動力變壓區，稱做一對動力變壓區。所謂對流層中的鋒生（或鋒消），這是指在對流層中部的氣流場上，等溫綫（由於平流作用）趨於密集（或疏遠的）一種過程。

平流動力因素相互關連的機械結構的要點，可以敘述如下：

由於在鋒區有一對動力變壓區出現，這便使正常鋒區中冷平流加強，亦使複雜鋒區中暖平流增強\*。這種平流的增強，在一定條件之下，引起了鋒生（或鋒消）的過程。在一對動力變壓區域中的鋒生（或鋒消），根據(3)式，要使現在出現的動力變壓區的強度增強（或減弱）起來，因而這便引起各個動力變壓區的移動與變形。鋒區每一個動力變壓區的形狀或強度的改變，亦會引起這一對動力變壓區的相互位置發生改變，並且整個鋒區的強度亦發生改變。而這種改變反過來亦能引起平流的改變。

為要使得主要天氣過程的平流動力機械結構能明白表示出來，我們在這裏用圖例討論鋒區的動力變形問題。在下面圖4上所舉的二種溫壓場的構造，雖然外表上大致是相似的，然而在牠們構造的詳細情節上，却是根本不同的，因而這便造成了不同的結果。

在本文中，所有關於高空氣壓場變化的結論，我們是指 $H$ 等壓面上的氣壓場而言的。同時我們取1000到500毫巴中間的厚度綫梯度作為溫度梯度。

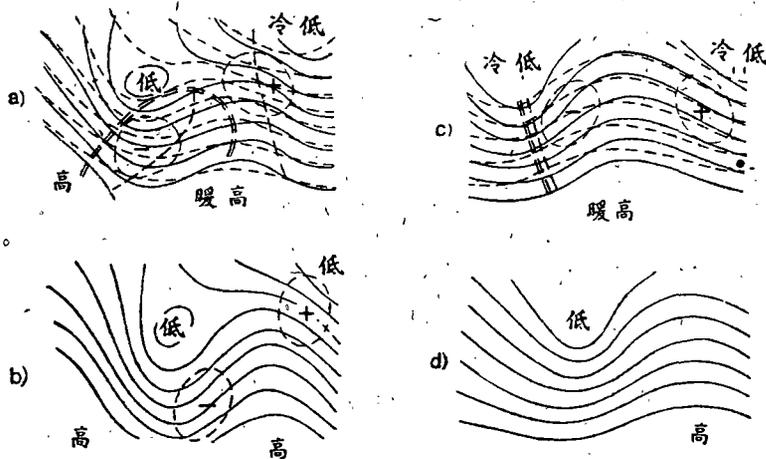


圖4. a), b), 鋒區動力變形略圖。

c), d), 鋒區動力移動略圖。

\*在動力加壓區的前面及在動力減壓的後面，冷平流要增強；但在動力減壓區的前面及在動力加壓區的後面，暖平流要加強——譯者。

在圖 4 a 上, 這是表示一個活躍的鋒區。在這個鋒區的右邊, 緊接着有另外一個鋒區的入口。這一個高空的形勢, 我們在任何一個發展過程的情形中經常是遇見的。這個高空形勢在地面圖上是相當於地面氣旋的填塞過程, 同時在地面錮囚氣旋的邊緣地區, 會有一個新的氣旋波生成。這是因為這個區域正好是位於高空等高綫輻散區的下面。溫壓場的構造決定了動力減壓區與加壓區的存在。在圖 4 a 上, 我們用關閉的虛綫, 代表動力變壓區。

在圖 4 a 上的鋒區出口區中, 動力減壓區的存在與增強, 是由鋒區的鋒生作用所引起的。這個事實, 我們可以從圖上平流的分佈情況看出。因為在圖上的出口區中, 如果我們沿着等高綫的法綫方向, 從北向南走去, 更發見我們是從冷平流區域過渡到暖平流區域。所以在這裏由於平流的作用等溫綫會愈來愈趨於互相密集。由於動力減壓的影響, 在圖 4 a 上的出口區中, 等高綫是要向南彎曲的, 並且等溫綫互相密集的区域 (即鋒區), 會伴同與鋒區相聯的動力減壓區, 一道亦向南移 (見圖 4 b)。這個鋒區出口區中的動力減壓區與它前面那個鋒區入口區中的動力加壓區, 合併起來組成一對動力變壓區 (加壓區在前, 減壓區在後)。這一對動力變壓區的出現, 便使得在圖 4 a 上這一對動力變壓區中間的複雜鋒區地段上, 暖平流增強起來。在這個複雜鋒區的入口區中, 同樣亦有局地鋒生發生, 這是由從北方過來的冷平流與南方過來的暖平流迎面會合所造成的。在這個複雜鋒區的北面, 因為在地面有一正在填塞的大低氣壓存在\*, 所以冷平流是常常出現的。

因為在圖 4 a 上的入口區中, 有鋒生現象出現, 所以入口區中的動力加壓區便增強起來。動力加壓區的增強使得入口區中的等高綫向北移動, 換言之使得圖 4 a 上的高脊增強起來 (見圖 4 b)。這個過程引起了暖平流向圖上更北的地區增強。因此在這個溫壓場上, 溫度梯度最大的区域 (鋒區), 亦要伴同與鋒區相聯的動力加壓區, 一道向北移動。

由於動力——平流機械結構作用的結果, 我們在圖 4 a 上所講的那個高空溫壓場便發生了變形。這就是說圖 4 a 上的低槽與高脊加深了起來, 換句話說, 高空溫壓場上的經向度增大了。變過形狀之後的溫壓場, 是表示於圖 4 b 上。

現在讓我們來討論另外一種情形。這是剛剛和上面所講的那個例子相反。我們從圖 4 c 的溫壓場的構造來看, 牠和圖 4 a 的溫壓場的構造是相似的。然而在

\*在高空是相當於圖上這個大低壓區——譯者。

詳細細節上，牠們之間是有差異的。牠們之間的主要差異，是在於氣壓場構造上的不同。在圖 4 a 上，氣壓場的構造是這樣的：即動力加壓區和減壓區的所在位置，並不是在同一數值的等高綫上，而是動力加壓區比動力減壓區位於比較低值等高綫的一方（即溫壓場上低氣壓的一例）。但在圖 4 c 上，氣壓場的構造便不同了。動力加壓區與動力減壓區的位置，是位於同一數值的等高綫上。

在圖 4 c 的複雜鋒區中，由於這一對動力變壓的位置分佈，有上面所述那種情況，在這個鋒區之中，鋒生作用便不能發生。所以溫壓場亦不會有甚麼變形。在圖 4 c 上，動力變壓的作用，只是推動溫壓場沿高空引導氣流的方向前進。這個過程的結果，是表示於圖 4 d 上。

在圖 4 a, 4 c 上，我們用虛綫畫上了平流零綫的位置。另外，用雙虛綫表示動力加壓區與減壓區中間的分界綫（在以後我稱它做輻散零綫\*（或動力零綫））。在圖 4 a 上，平流零綫的位置，是位於輻散零綫的右邊。這是由於動力減壓區擴佔到冷平流區域的結果。在圖 4 c 上，平流零綫與輻散零綫相重合。在圖 4 a 與 4 c 上。由於這兩類零綫相互位置的不同，鋒生的條件也因而不同。在上述第一種情形中，溫壓場上有鋒生作用發生，但在後者都沒有鋒生作用發生。

現在再讓我們討論一下高空變形場形成經向發展的過程。在這裏我不但要討論對流層溫壓場上的過程，同時還要討論地面氣壓場上的過程（圖 5）。高空溫

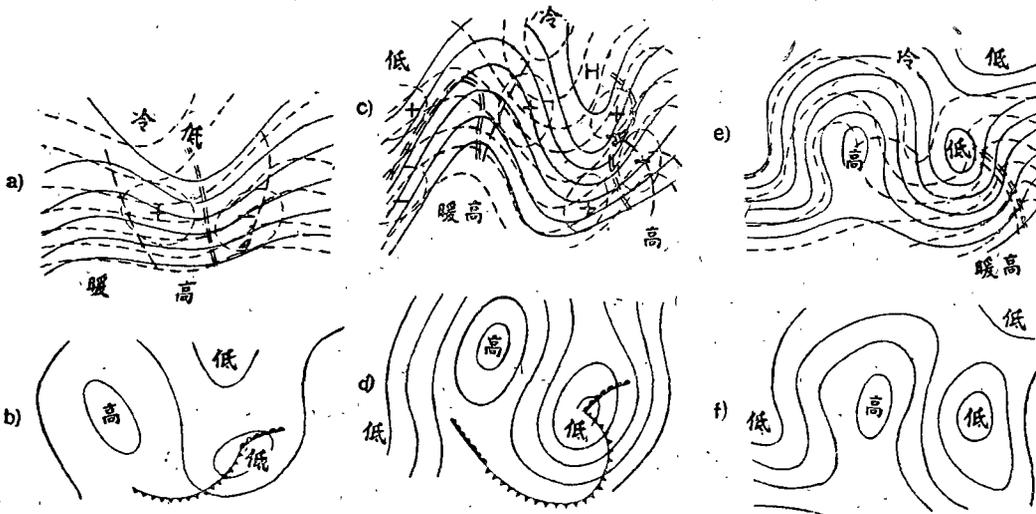


圖 5. 高空變形場生成略圖

\*所謂輻散零綫亦就是動力零綫——譯者。

壓場與地面氣壓場之間的關係, 可以用氣壓靜力學公式決定。請注意在圖 4 與圖 5 上所表示的三種溫壓場的構造不是固定在某一種地理的坐標系統或其他坐標系統中。這三種略圖只能作為這三類溫壓場相對改變的圖解而已。

在圖 5 a 上起始的溫壓場上, 溫壓場的構造與在圖 4 a 上的溫壓場構造一樣。它們之間的差異是在於在現在所講的那個溫壓場上(圖 5 a), 我們討論的重心是一個正常鋒區, 而在上面所講那個圖例中, 我們討論的重心是一個複雜鋒區。所以, 在圖 5 a 上, 鋒區的動力減壓區和動力加壓區的位置, 亦和圖 4 a 上所說的位置相顛倒。然而, 像在圖 4 a 一樣, 動力加壓區的位置仍舊是動力減壓區的位置, 更偏於低值等高綫的一側。

在圖 5 a 上, 鋒生區域籠罩了鋒區的大部分地區。在鋒區的左半部由於暖平流佔優勢, 故使高溫數值的等溫綫向北移動。但同時由於從北方有冷平流南下, 故在冷暖平流迎面會合之處, 溫度的水平梯度增大起來, 因而這便引起了鋒生作用。在另一方面, 在鋒區的南部, 溫度梯度要趨於減小, 這是因為平流的交角是向南減小的。這個鋒生過程的加強或維持的原因, 是可以由鋒區最左邊的溫壓場構造決定的。因為在這個溫壓場的最西南部分, 是一個微弱的動力減壓區(等高綫輻散區)。這個動力變壓區與入口區的動力加壓區, 組成了一對複雜鋒區(相當於圖 4 a 上)的動力變壓區域, 並能引起暖平流的增強。因此, 溫度梯度最大的區域應該向北推進。因為動力加壓區的強度是正等於溫度梯度的平方。因此很明顯, 動力加壓區是伴同着鋒區(溫度梯度最大的區域)一道向北推進的。

在鋒區的右半部, 有相反的過程發生。在這裏, 局地鋒生的作用, 主要是由冷平流造成的。冷平流使鋒區溫度梯度最大的區域及動力減壓區一道向南推進。由於在鋒區有這一對動力變壓區(加壓區——減壓區, 意思是說加壓區在後, 減壓區在前)的作用, 冷平流要增強起來。所以動力減壓區向南推進的過程能夠繼續維持甚至會加強起來。

與圖 5 a 上溫壓場相對應的地面氣壓場, 是表示於圖 5 b 上。在圖 5 a 上, 我們還畫了平流零綫與輻散零綫。從它們之間的相互位置, 我們可以看出, 在鋒生區域之中, 地面有氣旋及反氣旋生成, 地面氣旋與反氣旋是完全位於與其相對應的動力變壓下面。

圖 5 a 上的溫壓場, 經過了若干時期之後(例如一晝夜), 就有很大的改變。發生改變的結果可以從圖 5 c 看出。這種改變的性質, 亦反應出高空溫壓場向經

向發展的增強。這種溫壓場向經向發展的增強，是和地面反氣旋的加強及地面氣旋的加深同時發生的（圖 5 d）。高空溫壓場與地面氣壓場的繼續發展，可以由圖 5 c 上的溫壓場的詳細構造決定，我們在這裏所說的溫壓場詳細構造，只是與溫壓場發生變化有關的那些條件。這些溫壓場的改變條件，主要是關於動力變壓區的分佈與鋒生條件等等。

根據圖 5 c 上的等高綫的構造，我們看出，在這個溫壓場的整個的北面一半，有動力加壓區出現。這部分的溫壓場的特點是：除開在低槽的後面，高空等高綫的輻合區域，有一個動力加壓區出現之外，在高脊的西部，同樣亦出現了動力加壓區。這是由於溫壓場經向度增加的不可避免的結果。但另一方面，在溫壓場的南半部，動力減壓區却是佔優勢。這類動力減壓區，還要使溫壓場的經向度繼續增大起來。在圖 5 c 上，所有的動力變壓區，都是位於中度強度的鋒生區域。這表示這些動力加壓區都會繼續存在的。在圖 5 c 上，動力加壓區與減壓區的位置分佈，是相當於溫壓場上的主要的動力加壓區比動力減壓區是偏於比較低值等高綫的區域，這亦表示在圖 5 c 的溫壓場上的正負動力變壓區域的變形，將要引起溫壓場的經向度繼續加強。在圖 5 c 上，平流零綫與輻散零綫的相互位置，與圖 4 c 上的情形是不同的。

上面所說那些溫壓場構造的詳細情節，表示這個溫壓場還要繼續發展下去。最後變化的結果是在  $H$  高度上形成閉合的高低氣壓的中心（圖 5 c）。這個過程與對流層平流的減弱，鋒生作用的消弱，及地面氣壓中心強度的開始消滅（圖 5 f）是同時發生的。這時，高空溫度場與氣壓場以及地面氣壓場亦漸趨於重合。所以，地面上的氣旋一方面變成了高空氣旋，但同時亦填滿了對流層的冷空氣。反氣旋則填滿了對流層的暖空氣。

在以前的文章中，我們用圖例說明了對流層中變形場的生成過程。所謂變形場，這就是溫壓場上具有中性點（或雙曲綫頂點）的一種溫壓場系統。高空變形場的繼續發展，可以有許多不同的式樣。這是由變形場構造的詳細情節決定的。例如，如果在變形場上，低氣壓區域中發展出一個動力加壓區來，而在變形場的高脊區域中，發展出一個動力減壓區來。這表示變形場向經向的發展要變平。在特殊的地理條件之下（例如在東歐），在冬季，高空高壓脊的發展將是不同的。因為在從西歐過來的高空高壓脊的北部，動力加壓區往往是繼續發展的。因而到後來，這個高空高壓脊向東北方向發展，並且使得在這個方向上有強烈的暖平流發

生。結果形成了一個高空形勢，這是相當於穆爾光諾夫斯基所稱的冷空氣侵入的超極地軸的形勢。

最後有一種情形亦是很有趣味的，這便是在變形場上的一對高脊中發生了動力加壓的情形。這亦就是說在變形場的北面一半有動力加壓發生。圖 6 a 便是這個過程的圖例。從圖上我們看出，在這一對高脊的北部有鋒生作用發生，並且還有二個動力加壓區出現。但在變形場的南部却沒有動力加壓出現。圖 6 b 是這個過程發展到最後的高空氣壓場。這亦是高空冷低壓在南方孤立的一個過程。這個過程的結果，使得孤立的冷空氣緩緩變性起來。同時這個過程亦是天氣環流中南北緯度向氣團交換的初級過程的最後階段。

在上面每一個例子的略圖中，我們只把一些普遍的及對於解決變形場改變與生成問題有關的一些溫壓場構造，指了出來。對於溫壓場上一些不重要的特徵却撇開不談。在我們這個分析中，我們對於高空變形場改變的問題祇作了質的方面分析。然而這個分析是以數學的理化作基礎的。

## 結 論

1. 高空變形場比起初級的天氣系統（例如氣旋與反氣旋），是一種更高一級的天氣系統。這是因為在高空變形場的氣壓系統中亦包括着初級的天氣系統，但是高空變形場上各個初級天氣系統相互之間是有一定的關係存在着的。

氣旋生成與反氣旋生成是高空變形場改變過程中的一部分。

2. 當高空變形場生成或改變的時候，溫壓場的原始構造必須適合下列的條件：即鋒生過程必須同時包括着二個鋒區。並且如果鋒區中原始的溫度水平梯度愈大，那末高空變形場的生成或改變過程亦愈強烈。

3. 在溫壓場上鋒生過程出現的標誌是由平流零線的位置決定的，亦即假如平流零線的位置並不與等高線相垂直，此時在溫壓場上便有鋒生或鋒消過程出現。

4. 假如輻散零線的位置是位於平流零線之後，這就表示鋒區會有動力變形

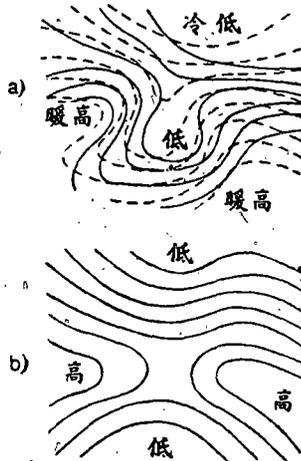


圖 6. 高空變形場的緯向改變

發生。

這種鋒區動力變形的標誌，亦可以在地面圖上看出：假使在地面冷鋒之後有負變壓出現，這就表示有強烈的動力減壓發生，亦即表示鋒區會有變形發生。同樣在暖鋒前面如果有加壓出現，這表示有強烈的動力加壓發生。

5. 假使鋒區的一對動力變壓區域是像下面所說那樣的分佈：即加壓區是位於 H 面上比較低氣壓區的一側，減壓區是位於比較高氣壓區的一側，這表示鋒區會有變形發生。當鋒區有局地鋒生出現的時候，這便能引起動力變壓區貫穿等高線的方向移動，因而這使得正負動力變壓區所處的等高線數值的差數亦增大起來。

6. 高空氣旋與反氣旋的發展，是由下列的條件所決定的：即在 H 面以上平流作用的效應與氣壓動力變化的效應相重合。所以，動力減壓區一方面使得氣旋發展起來，但同時又與對流層中的冷平流發展一道發生的。在反氣旋生成之時，動力加壓是與對流層中暖平流同時發生的。

7. 高空變形場的改變常常是在一定的地理區域中與一定的季節中出現的。因為地理的條件與季節的條件影響着高空變形場的存在。因此不同形式的高空變形場改變在各個不同地理區域中與不同季節中常常是不同的。關於這一方面的研究，使得我們能將地理與季節條件對天氣過程的一般影響考慮進去。

(陶詩言譯)

### 參 考 文 獻

- [1] 帕哥香和臧波羅夫斯：高空變形場及其對於氣旋與反氣旋生成的作用。水文學氣象，1940，第4期。
- [2] 帕哥香：極地高壓與其平流動力的性質。
- [3] 帕哥香：大氣環流的季節變化。中央預報所集刊，1947，第一組(28)。
- [4] 臧波羅夫斯基：斜壓大氣的流體力學及天氣學的基本問題。蘇聯氣象局科學研究所集刊，第二組26期，1947。
- [5] 帕哥香和臧波羅夫斯：1938年8月18—24日歐洲上空的反氣旋生成的平流動力分析。氣象與水文，1940年，第10期。

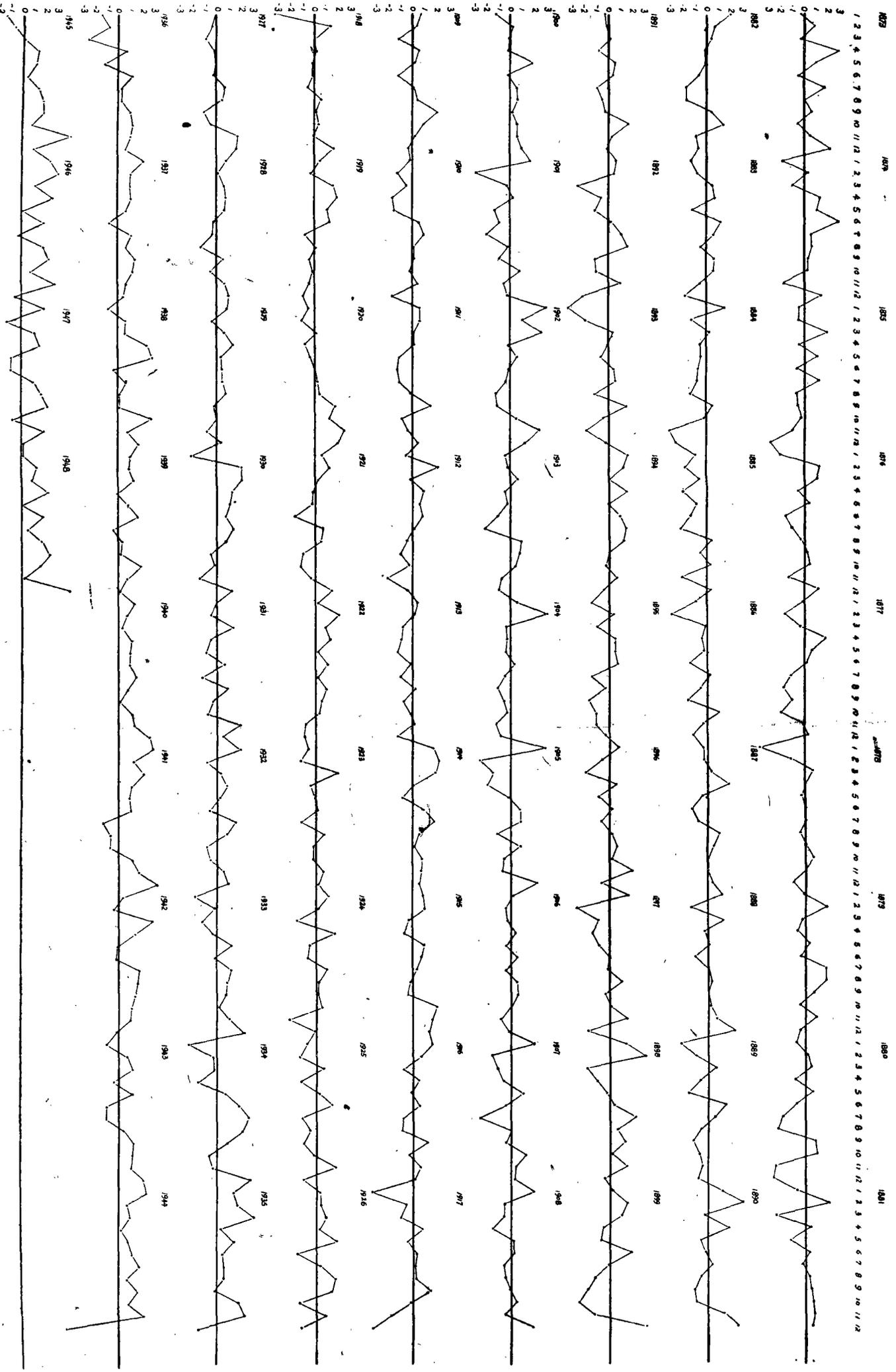


圖 1. 上海月溫距平 76 年的連續性歷史變化 (1873—1948)