

鋒前線颶之客觀預報法

R.M. Whiting 著
陳良曜譯

一、引言

天氣預報人員所遭遇之最困難問題

之一乃為預報鋒前線颶之發生。氣象人員所用以對付此一問題者為關於不安定性之知識以及證明有效之估計不安定性及對流觸發作用之客觀方法。

直至最近數年，天氣預報人員對於鋒前線颶問題，可謂極為模糊。Harrison 與 Orendorff 二氏於 1941 年對於可能之線颶發生作用提出第一個預報線索。彼等指出由於鋒前之降雨冷卻使鋒前降雨區與無雨區之間形成所謂假冷鋒 (pseudo cold front)，自 1941 年後對於線颶及雷雨會有若干研究，因而增加對此等問題之一般知識。最近由於熱力學之應用，在雷雨預報方面亦頗有進步。最著者為美空軍之 Fawbush 及 Miller 二氏及美氣象局之 Showalter 氏。

本研究之目的在試用一種天氣學參變數，以預測鋒前非對流性之觸發作用。(Non-convective pre-frontal trigger mechanism)。

鑑於對非對流性之鋒前觸發作用之估計仍為主觀性的，故不管過去對於標準高空氣象參數如風、等高線、及等溫線等雖累有研究，僉認採用其他參數實屬必要。曾經試用過者有：溫度變化、厚度變化及高度變化等，由此發現 850mb 圖上之 12 小時變高槽似為一甚佳之預報指示因子。

Harrison 與 Orendorff 於 1941 年發現在地面天氣圖上線颶出現之數小時前，氣旋暖區內常有地面氣壓迅速下降區。Newton 於 1950 年謂若干線颶乃溯源於地面負變壓中心，並發現當線颶一旦形成時，則此項負變壓中心非移出該區，即完全消失。但上述負變壓中心移出或消失之情形並不適用於 850mb 之

12 小時負變高中心。此項結論乃基於下述事實：

1. 在冬春季內差不多所有線颶均沿 850mb 變高槽而形成，或生成於該槽之稍西。

2. 各季內非地形性夜間雷雨

最常見於 850mb 變高槽沿線或在 850mb 負變高中心內。

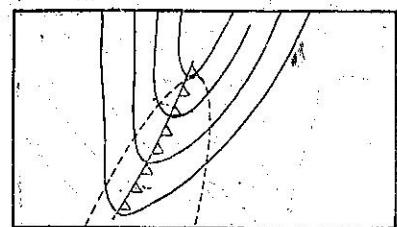


圖 2：類型 2

地面冷鋒在 850mb 變高槽上，且在 850mb 濕舌內。主要天氣在沿地面鋒線上。

850mb 之變高槽附近及負變高中心附近降水量常為最大或近於最大。

4. 在 850mb 變高槽前後常見槽前風變。

雖則其他參數亦曾先後試用，但最後之結論則為：對於鋒前線颶之生成，850mb 變高槽實為最佳之預報指示因子。同時經 Fawbush 與 Miller 二氏發現之事實，即水平與垂直向之水汽分佈亦為最重要之因素。因之欲預測鋒前雷雨必須綜合考慮 850mb 變高槽與水汽分佈之相互關係。由於對流天氣之季節性變化，故將資料分為冬春季與夏季。對於上述二季在使用變高槽上分別使用不同之方法。所謂冬春季乃指一至四月，夏季乃限於五六二月。

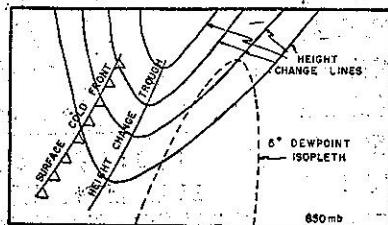


圖 1：類型 1

地面鋒面與 850mb 變高槽均居 850mb 濕舌之西。未來 15 小時內，鋒面天氣或鋒前天氣很少。

溫線等雖累有研究，僱認採用其他參數實屬必要。曾經試用過者有：溫度變化、厚度變化及高度變化等，由此發現 850mb 圖上之 12 小時變高槽似為一甚佳之預報指示因子。

二、方法

冬春季，一月至四月。

在冬春按下述步驟用 24 小時變高槽以預報線颶：

1. 在 850mb 圖上繪出 24 小時變高槽，變高線以 50 咫間隔繪出，槽線定於最大曲度點。

2. 在

850mb 圖上繪出 5°C 露點線，在此

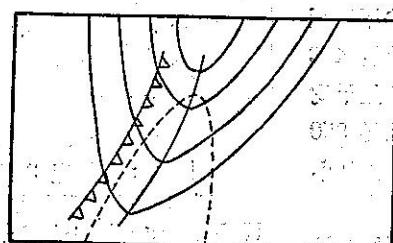


圖 3：類型 3

變高槽在濕舌內，地面冷鋒居其西線以內之地。主要天氣在鋒前，且可能發生線颶。

區，即為 850mb 之濕舌。

3. 在 850mb 變高槽上繪入與 850mb 圖同時之地面氣旋及鋒面位置。(本文所用者為美國東部時間 1030E 及 2230E)

使用上述參數，共分析約 150 張此項天氣圖，根據此項分析，關於鋒面及鋒前雷雨發現三種類型。如圖 1, 2 及 3 所示。

按變高槽之傾斜度以及其與地面冷鋒之相關位置，再將類型 3 分為五次類，如圖 4, 5, 6, 7, 及 8。

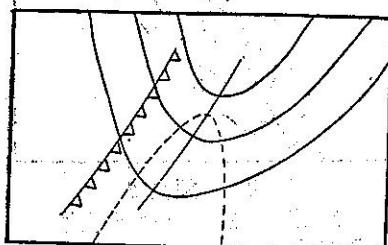


圖 4：類型 3 之 1
發生線颶之理想類型。

鋒前線颶發展時，變高槽必平行於地面冷鋒或取自北至南或東北至西南之方向。

鋒前線

颶發生之時

間 地面圖上發現利於鋒前線颶之變高槽類型時，與實際線颶之發生間，常有一時間上之落後關係。因在二次高空圖間之 24 小時內無法確知此項利於生成線颶之型態初生於何時。故此項落後時差殊難確定。但用下法可得相當準確之估計。

定時準則：下述準則適用於利於生成鋒前線颶之類型。

1. 如 500mb 槽與 850mb 變高槽間之平均東西距離大於 900 哩，則平均之落後時間為 21 小時，自所用之 850mb 圖時間算起。

2. 如 500mb 槽與 850mb 變高槽間之平均距離在 400 哩與 900 哩之間，平均之落後時間為 850mb 圖後之 15 小時。

3. 如

500mb 槽與 850mb 變高槽之平均距離小於 400 哩，則平均時差為 850mb 後 9 小時。

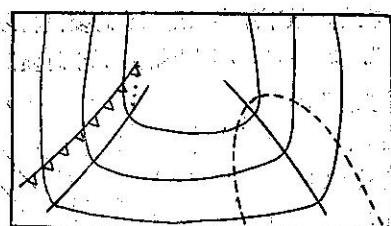


圖 5：類型 3 之 2
三角形槽。經濕舌之變高槽呈 NW-SE 向，其與地面冷鋒之相關位置為近於垂直而非平行。鋒前線颶不致發生，但在濕舌內及變高槽中心，且濕舌附近可能有分散之陣雨與雷雨。

如有封閉之負變高槽中心，且濕舌附近可能有分散之陣雨與雷雨。

舌至少佔此封閉區之半，則以上三條所述之落後時間須減去 6 小時。

生成線 (line of formation)。線颶發生於濕舌內 850mb 變高槽沿線。變高槽與濕舌之東移速度極相近，故一旦在濕舌內發現一變高槽，則此槽將始終在此濕舌內，移動時亦然。濕舌之北移速度可按濕舌北端附近之實測風速之 75% 預測之。

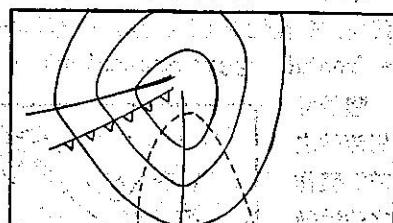
850mb 變高槽之東移速度可間接由地面鋒之位移預測而得。當變高槽距地面鋒在 150 哩以內時，變高槽與地面鋒同速東移。如變高槽距地面鋒大於 150 哩時，則其移動甚微，至二者相距為 150 哩時，即以同速東移。下述準則即係利用此項關係以助鋒前線颶形成之預測。

三、生成線準則 (line of formation criteria)

1. 當 850mb 變高槽離地面冷鋒在 150 哩以內時，即用地面冷鋒之預報移速以移動變高槽。移動時間即用定時準則一節中所述之落後時間。例如落後時間為 21 小時，即以冷鋒之預報移速移動變高槽 21 小時，從而定出

生成線。

2. 當 850mb 變高槽位於地面冷鋒之東面而距離大於 150 哩時則



在二者距離未達 150 哩時，變高槽常停留不動，但當距離達 150 哩後，變高槽即以冷鋒速度東移。在落後時間終了時，冷鋒仍西距變高槽大於 150 哩，則該時之變高槽線位置即為預測之線颶生成線，不管其在冷鋒以東 200 哩或 300 哩。

3. 線颶最北端之預報位置如在濕舌之最北端，可將濕舌之最北端以實測風速之 75% 沿其北端界線位移。如此預測得之緯度應按預測之地面氣旋及暖鋒位置加以修正，因在冬季及早春鋒前線颶罕有逾地面氣旋及暖鋒以北 150 哩者。

四、發生之頻率

有利於線颶發展之變高槽的發生頻率與 850mb

上濕舌之存在有甚大之關係。在一月及二月上旬甚多可能生成線颶之變高槽因缺乏水汽而未生線颶。迨二月中旬以後，在 850mb 高度濕舌出現較頻，因而利於線颶發展之變高槽出現的機會亦增多。是以線颶之發生在二月下半月較之一月份增加甚多。

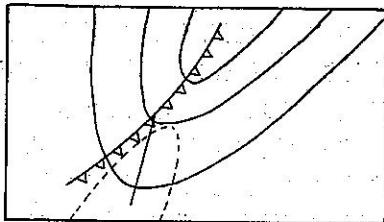


圖 7：類型 3 之 4

變高槽大致沿地面冷鋒而行，但其南端稍偏東。可能發生線颶，但常弱不可辨。按本文所用資料觀之，利於線颶生成之形態在三四月之次數較之一月至二月中者約為二與一之比。

五、預測線颶生成之工作程序

用本文所述法則以逐步測計線颶之生成可參考下列之工作程序。

1. 繪製 850mb 12小時變高圖，間隔為 50 呎。
2. 沿變高線之最大曲度處定出變高槽。
3. 在變高圖上描入與變高圖同時之地面氣旋與鋒面位置。
4. 在 850mb 圖上繪出 5°C 之露點線，再將此露點線繪入變高圖上。
5. 將變高圖按圖 1 至圖 3 予以分類，如為類型或 2，則在未來 15 小時內無線颶生成。如為類型 3，參考下述 6 條再予以分類。

6. 將類型 3 按圖 4 至圖 8 予以再分類。如為類型之 2 或 3 之 5，則預測未來 15 小時內無線颶。如為類型 3 之 1，3 或 4，則按下條預測其發生時間。

7. 按文中定時準則一節所述，預測線颶生成之時間。

8. 按文中生成線一節所述，

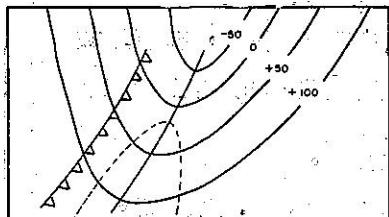


圖 8：類型 3 之 5

若干變高槽如本圖所示，即由負變高線與正變高線所組成。僅由負變高線形成之槽始與線颶之生成有關。如濕舌不伸入由負變高線所成之槽線部份，線颶不致生成。

預測線颶將生成之線。

夏季，五月至六月。

在冬季及早春各月中，差不多所有之線颶均直接與 850mb 變高槽有關。在 5,6 兩月則線颶與雷雨既發生於 850mb 負變高槽及負變高中心地區亦發生於 850mb 之正變高槽地區。此種現象可能由於四月以後日射與對流之迅速增強所致。而當日射增強與氣旋性活動減弱時，變高系統之強度與範圍亦隨之減小。明顯之線颶演變為移動之雷雨地區。

在此諸月中，變高區可用以決定雷雨之夜間持續性以及確定最強烈之雷雨地區。據美國氣候統計之惡劣天氣分析，可知在下午 10:00 與上午 10:00 時間之雷雨大致均發生於 850mb 負變高中心附近。同時亦發現大多數之龍捲風群亦生於 850mb 負變高中心附近。

下列各條在利用 850mb 變高區以預報雷雨方面，頗有幫助：

1. 線颶及雷雨常發生於 850mb 之正變高區，此類風暴通常發生於下午及晚間，但甚少持續經宵。
2. 一顯著之變高中心 (significant height change center) 必須最少有負變高 60 呎。
3. 大部天氣均集中於中心及中心以南沿槽線以迄 -50 呎變高線之地區。
4. 在 850mb 負變高中心及沿槽線之露點最少必須為 5°C 。
5. 當雷雨發生於 850mb 之顯著負變高中心時，常持續經宵。
6. 封閉之變高中心地區愈小，則雷雨愈集中，且強度愈大。（變高線之間隔為 50 呎）
7. 在 0300Z 圖上當一顯著變高中心形成或自乾區移入濕區 (850mb 露點高於 5°C 之地區) 則約在 15 小時後發生雷雨。
8. 在 1500Z 850mb 圖上一顯著變高中心形成或自乾區移入濕區時，則約在 6 小時後發生雷雨。
9. 變高中心之移向與移速大致與地面氣旋中心移速相彷。

圖 9 示變高中心穿越美國下部大平原移向東北時其伴隨之天氣。

準確度 按本文所分析之 92 例，其準確度經檢定如下：

1. 在可能發生線颶之 44 例中，有 40 例發生線颶。
2. 在不能發生線颶之 48 例中，有 1 例發生線颶。用其他資料檢定之結果如下：

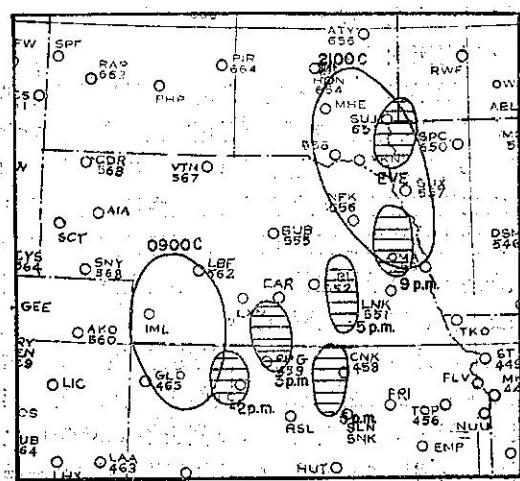


圖9：標註0900C及2100C之二圓形封閉區為1953年6月7日850mb之二連續的負封閉中心區。（變高線間隔為50呎）帶陰影線之諸圓形地區為集中之龍捲風地區，所註之時間為發生之平均當地時間。

- 在可能發生線馳之 16 例中，有 14 例發生線馳。
 - 在不能發生線馳之 17 例中，無線馳發生。

結論：由本研究之經驗結果可知在 850mb 之 12 小時變高槽代表一幅合線，因而亦代表一垂直安定線。假使變高槽位於地面冷鋒之前方，且有適當之濕度分佈，則陣雨與雷雨將沿變高槽發生，而形鋒前線颶。此項結果與 1941 年 Harrison 與 Orendorff 二氏之研究至為吻合。彼等指出氣旋暖區地面之氣壓迅速下降區，為陣雨與雷雨發生之先兆，而在陣雨區因陣

雨而生之下層大氣冷却在雨區與無雨區之間產生一個冷鋒。

六、評論

本研究之主要目的乃在爲熱力學範圍外尋求雷雨與線颶之預報參變數。本研究曾試用若干參變數，水平與垂直風切之分佈形態試用後獲得相反之結果。地面與高空圖會加分類以期獲得一典型之線颶天氣圖。此法雖頗有希望，但因計算上之複雜性與主觀性故捨棄未用。冷暖平流地區亦會加以研究，但僅獲得一般性之性質上之結論。溫度變差與厚度變差亦會利用，發現 850mb 與 500mb 間之厚度變差圖有時對線颶之形成有良好之指示。在 500, 700 與 850mb 上之高度變差圖會加試用，獲得之結論爲 850mb 之變高場在預報鋒前線颶之形成上效果最佳。

上述之預報線颶的變高圖方法有若干缺點。第一此法限於高空資料之標準發送時間，在此等時間之間則無從查對。且在介於標準發送時間之高空資料不足以準確地確定變高槽與中心之位置。其次落後時差為主觀的，有時難以計算。此項缺點可能藉熱力學參變數而加以改正。另一缺點乃為缺乏一有效而直接之方法以預報變高槽及中心之位移。位移之預報似需另一研究解決之，或尚有待於天氣預報之機器計算時代之來臨。（完）

原文題目：A synoptic approach to the trigger mechanism of pre-frontal line squalls.

·原文刊載：Scientific Report, USAF Cambridge Research Center, June 1954.

氣象學報徵稿簡則

- 一、本刊以促進氣象學術之研究爲目的，凡有關氣象理論之分析，應用問題之探討，不論創作或譯述均所歡迎。
 - 二、本刊文字務求簡明，文體以白話或淺近文言爲主體，每篇以五千字爲佳，如長篇巨著內容特佳者亦所歡迎。
 - 三、稿件請註明作者真實姓名、住址及服務機關，但發表時得用筆名。
 - 四、譯稿請附原文，如確有困難亦請註明作者姓名暨原文出版年月及地點。
 - 五、稿中引用之文獻請註明作者姓名、書名、頁數及出版年月。
 - 六、惠稿請用稿紙繪寫清楚，並加標點。如屬創作論著稿，請附撰英文或法、德、西文摘要。
 - 七、本刊對來稿有刪改權，如作者不願刪改者請聲明。
 - 八、惠稿如有附圖請用墨筆描繪，以便製版。
 - 九、來稿無論刊登與否概不退還，如須退還者請預先聲明，並附足額退稿郵資。
 - 十、來稿一經刊載即致稿酬，每千字按三十元至五十元計算。創作論著稿之特具價值者另議。
 - 十一、惠稿文責自負。
 - 十二、惠稿請寄臺北市公園路六十四號臺灣省氣象所收。