

產生劇烈風暴——龍捲風之氣團及其天氣類型

鮑學禮

Pao Hsi-Li.

The Air masses and relating Weather Types which Caused the Severe Storm-Tornado.

abstract

In this article, the author described the different air masses and its relating weather types in detail. Although most of the views

translated from USAF severe weather report, the author also discussed some his own views concerning Taiwan area.

壹、前言

龍捲風 (Tornado) 為大氣中一種範圍狹小，生命短暫而威力強大之劇烈風暴，其造成生命財產之損失，雖不若颱風之大，但亦甚為嚴重。世界上自1915年以來，發生於美國之發生龍捲風，其日期為1925年3月18日，該龍捲風橫掃密蘇里州 (Missouri)、伊利諾州 (Illinois) 及印第安那州 (Indiana)，死亡人數計695人，受傷者多達二千餘人，其損失高達四千萬美元。在東亞地區，1923年發生於日本之關東大地震，為人類有史以來為害最烈之天災，由地震引起山崩、海嘯、火災和烈燄蒸騰之旋風——龍捲風，總數約有五十股，上百難民似豆粒狀被風捲入空中，更因烈燄助紂為虐，吞噬空氣中之氧，導至難民窒息死亡，總數高達四萬，僅二三百人倖免於難，死裡逃生。我國地理環境，若干與美國相似，故大陸沿海夏季午後，龍捲風亦經常發生，台灣每年亦有龍捲形成，如55年8月23日龍捲風侵襲台東鄉間摧毀六座村莊，蕉園遭嚴重損害，損失高達四百萬元，今年7月14日於岡山及8月6日於屏東，均發生小型龍捲，所幸僅蕉園遭殃。又據報紙外電報導，本年(59年)9月11日深夜，龍捲風襲擊威尼斯之礁湖地帶，將廿五噸之渡船捲入空中，死亡人數達百人以上。故龍捲風之危害，已為今日氣象人員所注意。產生龍捲風之氣團屬性及其天氣情勢之分佈，對龍捲風發生之預報甚具參考之價值。

貳、產生龍捲風之氣團

一、劇烈天氣係產生於高度不穩定之大氣中，但自較穩定之大氣轉變成極端不穩定時，常係由下列兩種或更多之作用聯合而形成。

- (一)各高度層上之溫度平流。
- (二)各高度層上之濕度平流。
- (三)日照及輻射。

(四)蒸發及凝結。

(五)大規模之垂直運動。

劇烈天氣之預報人員必須決定氣團將由上列某些作用之結果而造成其變性，在無鋒面活動及天空有雲遮蔽時，則在大氣最低層由日射而起之受熱量，常可由查核前一天之溫度而決定之，以最近探空曲線間之相互比較，求得一對流作用形成之上升氣流，其可能抵達之正確近似高度值及其正區面積之大小，以供作垂直運動強度之參考。由風及溫度場之比較，常可明顯地看出其溫度平流，但大範圍之下沉作用及被迫抬升作用，必須加以考慮及計算。低層及中層之濕度平流常不甚明顯，故在缺乏其他資料時，常以風向為平流之方向，並以50%速度為平流之速度。當高空空氣均屬均勻乾燥時，則其任何濕度之增加，必來自低層，由對流或抬升作用將重要的濕度量帶入乾空氣層內。

二、氣團對風暴之影響 由於氣團之不同，在美國，其產生具有摧毀力地方性風暴之能力亦有顯著之差異，各種氣團之型式及其特性如下：

(一)極地大陸氣團因其固有之穩定秉性，無能力產生強烈垂直氣流。

(二)熱帶大陸氣團因其秉性乾燥，無能力產生大量之雲系，當垂直氣流十分強盛時，產生強烈之晴空亂流，其氣團甚少能支持其風暴型態，除非當有極地海洋空氣上駛於其上離地5000呎—8000呎時，此兩種氣團之聯合作用，產生了第四類“乾”或“倒V型”龍捲風氣團，其探空曲線如圖4所示，此型氣團最適於冰雹之發生。

(三)赤道氣團之不穩定度及具有豐富之水汽含量，為支持十分強烈垂直發展之能力，但由於濕球溫度之結凍高度過高，故僅偶有劇烈天氣現象(龍捲、雹或摧毀性大風)能抵達地面。第二類龍捲風之大氣結構為赤道氣團之代表，其平均探空曲線如圖2所示。

(四)在美國真正熱帶海洋空氣有下列兩種特性，

以阻礙劇烈地方性風暴之產生。

①下沈逆溫之穩定度歇阻垂直上升氣流。

②使穿越逆溫層之雲頂消散。

③極地海洋氣團具有能力產生強烈之垂直氣流，但當此氣團抵達中西部之前，由於鋒面及地形之抬升，多量之水汽均被凝結降落，此種氣團較常位於暖鋒型包圍鋒後部移入內陸近地面層之空氣為暖，如遭受較少之垂直向移動則攜帶大量水汽進入內陸之高空，倘極地海洋空氣上駛於熱帶海洋空氣離地 8000 呎—10000 呎高度上，其熱帶海洋空氣之對流凝結高度 (CCL) 不超過 6000 呎時，此實為產生劇烈雷雨及相隨之龍捲、雹及摧毀性大風之最適宜之氣團結構，此亦即第一類發生龍捲風之氣團結構，其標準型之探空曲線如圖 1 所示。又當其上駛氣流相隨強烈之順鐘向風切，其高度在中層及低層間，則為理想產生劇天氣之氣體。

三、第一類產生龍捲風之氣團特性 此型龍捲風氣團盛行於大平原區，由累積 230 個探空紀錄求分之特性如下：

①在對流層低層之空氣中，為一逆溫層或一穩定氣層，此層分隔上下兩層空氣，每層之溫度遞減率均為條件性不穩定。

②空中水汽分佈成層，為最下層屬潮濕氣層，相對濕度超過 65%，地面露點超過 55°F (13°C)，而在逆溫層中空氣顯呈迅速之乾燥現象，超過此層後，相對濕度則輕微增加，到達 550mb 高度後，則迅速增加。

③在逆溫層上乾燥空氣中有一狹窄氣流，其風力係隨高度而增加，其垂直於暖濕氣流之分速，至少達每小時 30 哩，探空曲線圖中指出之平均（中數）風，在 850mb 為 21.9°、30 哩/時，在 550mb 為 25.6°、50 哩/時。

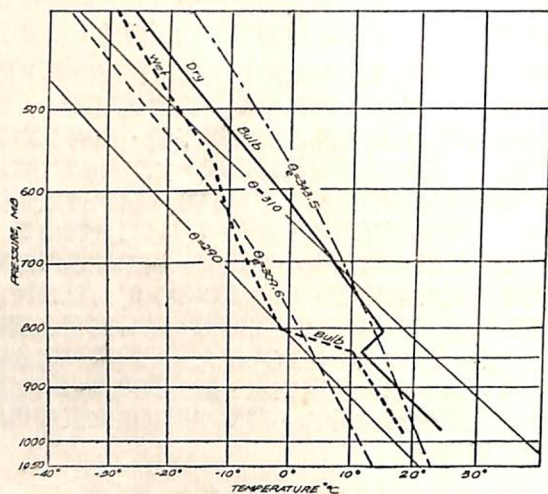
④自地面至 400mb 高度之空氣，其屬性為具有負蕭氏穩定指數 (Showalter Stability Index) 之條件性不穩定，其舉升穩定指數 (Lifted Stability Index) 在平均探空曲線約為 -6，垂直總指數 (Vertical Total Index) 為 28，橫向總指數 (Cross Totals) 為 26，合計總指數 (Total Totals) 為 54。

⑤此類氣團中之龍捲風常成群出現，且其路徑通常較其他類氣團中之龍捲風路徑既寬且長，不論白天黑夜，皆可發生，而傍晚時出現之次數較多，

出現之際，常伴有分佈較廣之摧毀性暴風及大雹，個別之龍捲風，其行動相當迅速，其路徑近於直線，平均為 35 哩/時，但亦偶有例外。

⑥此類氣團之龍捲風，通常先出現晨間層雲，短暫之碧空無雲，隨後中層雲，乳狀雲通常隨雷陣出現，而且經常在有龍捲風勢力附近有此報告，地面溫度較該季節之白天或夜晚溫度偏高，有時在風暴發生前一至四小時露點上升甚速，空氣沈悶，當風暴過境時，溫度急速下降，除非風暴係隨冷鋒運動，否則溫度應即回復正常狀態，風暴來臨以前，風力通常為中度，若干小時內氣壓緩緩下降，接着有一次短暫之微升，然後當風暴到達時，氣壓突然降落，當風暴經過，氣壓隨即又躍然上升，數分鐘內即回復正常，一般言之，天氣變化過程非常急驟。

⑦此類龍捲風，常易產生於兩條輻線或在中型氣旋區輻線與暖鋒區之交點，及沿“氣泡”產生之輻線而發展。“氣泡”或“氣泡型高壓”係指在以穩定區內受降水所誘發之中型反氣旋，此類反氣旋前緣常形成輻線，第一類氣團結構之龍捲風，通常發生於與中型低壓相隨之輻線上，故此類龍捲風之預測，即為預測輻線之生成及移動。



(內)此類氣團中之龍捲風，出現有稀疏之陣雨及零落之雷陣雨，常見之雲多為層積雲及乳房狀雲，雲之碎片中常見有滾軸現象，除本身之氣壓及溫度有變化外，其他天氣因素不會有特發性與不規則之變化。

(外)適宜本氣團中龍捲風發展之天氣情勢，包括有極地海洋性冷鋒之前部之因在龍線及“氣泡型高壓”後方常有充分冷卻之空氣，與前兩類不同者，本氣團中所發生之龍捲風，無隨同出現之中型氣旋，但常與高空冷核心低壓相伴。

六、第四類產生龍捲風之氣團特性 當極地海洋空氣上駛於熱帶大陸空氣上離地9000呎—8000呎時，即成為“倒V型”或第四類產生龍捲風之氣團探空曲線，此種氣團被觸發後即產生強烈直線型風暴，自西南部沙漠區向東進入落磯山背風面之高原區，自內布拉斯加州 (Nebraska) 西部向南進入德克薩斯州 (Texas)。此型龍捲風甚少到達地面，但當其成狹窄似繩索狀漏斗形時，而成一較小範圍之摧毀性風暴。在此種大氣結構中，由於乾空氣之存在及相隨有利之濕度高度，可決定此類氣團為具有危險性冰雹之產生者，其舉升指數對此類探空曲線無代表性，因其較低層空氣十分乾燥之故，其合計總指數54，由此類22個探空曲線之中數值繪出之特性曲線如圖4所示。

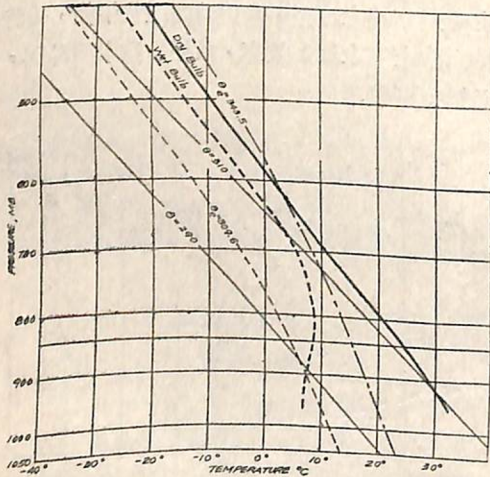


圖4. 產生第四類龍捲風之氣團平均探空曲線

叁、產生龍捲風之天氣類型

一、過去對劇烈天氣之基本預報規則，部分以利用已知資料以外延法求之。惟近年來由美軍用氣

象警告中心(MWWC)證實下列三基本規則對未來劇烈天氣之發展區域範圍，甚為重要，確定龍捲風發生之基本天氣型式，其原則性規則如下：

(一)高空風之水平向分佈，必須沿一相當狹窄帶具有一最大風速，其高度範圍介於10000呎—20000呎之間，其風速值等於或大於25哩/時。

(二)龍捲風發展前重要之天氣情勢，具有一明顯乾舌於低層或中層，如其他條件適合，則在乾空氣入侵及罩蓋於較低層濕舌區域上空時，則其初步發展即形成。

(三)在較低層潮濕空氣內之水平濕度分佈，在開始區域之向風面沿一相當狹窄帶具有一明顯之最大值，更簡言之，威脅區域上風面之乾空氣對龍捲風之發生，甚為有利。

“在中等高度層上具有狹窄最大高空風帶”之規則已成功地被應用於決定龍捲風及劇烈天氣發生空氣之侵入不但有助於決定未來龍捲風及劇烈天氣發生之區域，更顯示在大多龍捲風天氣情勢中，提供主要之機械性觸發作用。

二、發生龍捲風之五類一覽天氣型式 自1954—1964間由美軍用象氣警告中心重新分析四百個以上龍捲風之基本預報規則均為相似，下列情況依每

附圖說明

圖別	說明	符號
地面	鋒面	—▲—▲—▲—
850mb或 低層風場 及濕度場	乾空氣界線	—●—●—●—
	一般氣流	25K →
	低層噴射氣流最大風值	45K →
	溫度脊線	●●●●●
	濕度軸線	—●—●—●—
700mb	濕舌	—●—●—●—
	乾舌	—●—●—●—
	濕空氣區	—●—●—●—
	鋒面	—▲—▲—▲—
500mb或中層	一般氣流	30K →
	最大風軸線	50K →
	等溫線	—●—●—●—
	噴射氣流	80K →
圖 11	水平風切(速度)	—●—●—●—
	劇烈天氣發生區	—●—●—●—
圖 11	1955.5.25.0210Z 雷達回波	—●—●—●—
圖 11	1955.5.25.0345Z 雷達回波 (Oklahoma State University)	—●—●—●—

一龍捲風發生之情勢而分類，歸納成列五種天氣型式。

(一)第一類天氣型式—A型 如圖5所示，此型發生龍捲風之天氣型式之特徵：由一高空西南向噴射氣流(並非一般所指之高空噴射氣流)來限定其界限，及自地面—700mb而位於低層南來濕度入口西側之一明確乾暖空氣之西南氣流，及一相當於850mb及700mb乾濕兩空氣間分界處之氣流線之輻合。

雷雨發生於乾濕空氣間最大輻合區內(即混合區域)，此區可由低層及中層內最有效乾空氣平流之範圍而決定之，在正常情況下，此雷雨不會形成一條明顯而尖銳之龍線，但在最大輻合區內，甚至在呈孤立簇狀者，亦有發展甚速之趨勢，這些簇狀雷雨被發現有若干不規則之型態，在乾空氣侵入處之前緣或其鄰近地區，其最初爆發之發生，以沿乾濕空氣間最大濕度梯度處。在若干例中，此最大梯度區域似暖鋒樣向濕空氣傾斜，則其爆發發生於該個開廣區域上，不過其起初劇烈天氣活動常被限於850mb及700mb層上乾空氣之前緣地區。

最猛烈之雷雨區域，可由乾濕兩空氣間之最大氣流線輻合及噴射氣流之位置來決定之。實際上，劇烈天氣發生區域將自噴射氣流向右延伸200哩(分流區)及自最大輻合線之下游至其低層濕度降至無法支持劇烈活動之高度潛在不穩定度之值為止。倘若有一明顯之中層水平向風速切變橫越其濕度型至噴射氣流南方或東南方，則發展成為產生第二劇烈天氣區域，不過此第三區域之寬度常由150哩代替200哩。此種第一類天氣型式常由其急驟及劇烈雷雨之發展之特性而定之。通常與雷雨相隨之大體積冰雹及具有摧毀性之地面風或龍捲風之首次報導，則在雷雨發展之15分—30分鐘之短暫時間內。前直第一類產生龍捲風之氣團在A型龍捲天氣型式均出現，其對流活動之發展將遭標準之逆溫層阻滯，其至其氣團遭其他因子所觸發，而致其釋出其潛在穩定性，雷雨開始出現於地面受熱最強之時刻或其後六小時之內，平均言之，強烈之活動能連續六小時至八小時，其活動之停止僅當侵入之乾空氣由於其混合後介於乾濕空氣間氣流變弱而失去其本性為止。此種阻擾作用在夜間因空氣漸趨穩定而加強，但亦有若干甚少而特殊之例外，倘乾空氣入侵為特別明顯及由強風駛送之情況下，在有足夠之潛在

不穩定時，其猛烈之活動續而其微量減弱。龍捲與出現。當觀測發現其活動而與噴射氣流相側時較與中層風切相借者，更為持久而強烈。

大電在此天氣型式中甚為普遍，且龍捲風常呈成群

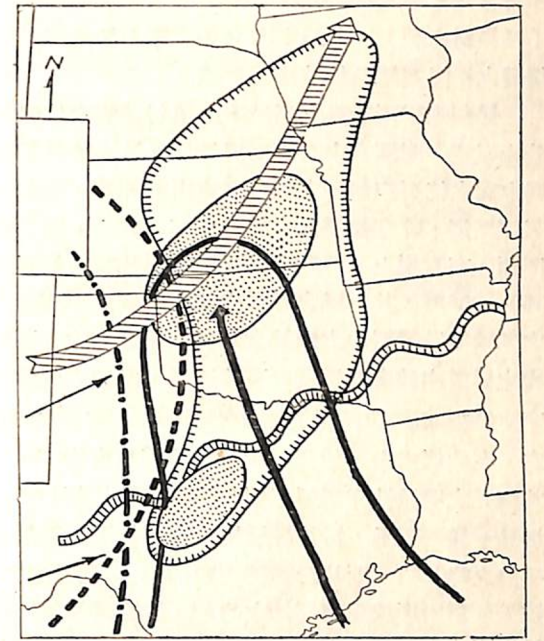


圖5 產生龍捲風之天氣類型—A型

(二)第二類天氣型式—B型 如圖6所示，此型發生龍捲風天氣型式之特性：高空常有一西南向噴射氣流，低層有明顯之乾空氣侵入，自地面至將近850mb，在有關地區之東部有一暖濕南來氣流。此型包含一主要低壓中心及伴件之冷鋒與暖鋒，其西部或西北部直至500mb均為明顯之冷平流，但可不需與A型相連，在700mb及500mb層上有一明確之高空冷鋒或冷槽直至美國西部，涼濕空氣沿其軸線延伸至後方，較乾之濕空氣僅位於其槽前，其氣流指出在各中氣高度上介於暖濕空氣及較涼空氣間重要之低層及中層輻合。由觀測獲知，每次均有鋒際或鋒前龍線之發展常甚明顯，雷雨之發生由於暖濕空氣鄰近乾空氣相互合併及中等及中等和較高高度之冷氣平流，故開始時沿地面冷鋒或位於鋒前。此種不常有情勢發展成一極端不穩定之空氣柱，其起初活動之爆發在沿冷鋒上較低層及中層最大輻合區，此區可由比較各高度層上之最強冷平流區域與850mb及700mb層上最強乾空氣平流區域定出之。其活動之發展逐漸沿冷空氣入侵而最後形成一條龍線

，其位置自噴射氣流北方150—200哩向南至乾空氣侵入之前緣。在很多次中，由舉升指數決定之最大靜力不穩定區域，將位於發展中飢線前方之甚遠處，則其雷雨直至飢線擾亂此一氣團為止，其強度將不會嚴重。當侵入之乾空氣較南來之濕空氣為暖時（風場為有利），則孤立型之劇烈雷雨初時以A型爆發之相同型態沿其前緣而形成。

最劇烈雷雨活動之區域，由噴射氣流之位置及分流區或一明顯之中層水平風切層，及介於較低層與中層之乾濕空氣間之輻合而定出其範圍，在此一天氣型態，乾空氣侵入之前緣常在850mb圖上為明顯。在實用上，這些準則係沿噴射氣流右側延伸150—200哩，其上風之界限由乾空氣侵入形成濕度之不連續及發展中之飢線之預報位置而定之，下風處之界限由該處低層濕度下降至某一數值而無能力來支持極端潛在之需求時，以主觀方式決定之。在此態式中，猛烈雷雨發生時間日夜均可，因其觸發之機械性作用並不似A型爆發時依賴日間之加熱一樣。不過，當其發展接近或延伸至地面最大受熱之時刻時，則其活動將更為活躍，且範圍更為擴大。雷雨形成正確開始之時刻，依冷鋒及乾空氣侵入形成之不穩定空氣之移動速度而定，劇烈風暴臨持續之時間與位於飢線前之氣團保持其不穩定之臨界值相等。當飢線沿暖鋒移行時，常產生一個或更多個其直徑25—100哩之短暫性中型氣旋，此種生命短暫但具危險性之低壓系統，最常形成於低層噴射氣流或與暖鋒之交點上，亦常普遍出現於飢線或其他不連續線或由降水誘導成之不連續線之交點上，成群之龍捲風及劇烈風暴之爆發亦普遍與此情勢同時出現，其位置常與短暫性低壓密切相連。

A型與B型在外形及一般發展上均十分相似，兩者間主要之分別，在B型中在威脅地區之西方，為有一明顯而主要之高空槽及鋒面系統，此與槽及鋒面相連結果產生一連串劇烈天氣之系統者，而定鋒B型。在另一方面，A型常每天重複出現，直至主槽遠離為止。其他另一不同之處，A型中當濕空氣籠罩威脅區時，在此區之上風面有一乾燥空氣，但與中層之槽相偕之濕空氣位於威脅區之上風面。

(三)第三類天氣型式—C型 如圖7所示，此型有發生龍捲風天氣型式之特性：有一較A型或B型更偏西向之噴射氣流，或自若干例中在各中層高度上有一強烈西向風切區，在700mb上由一西南氣流携

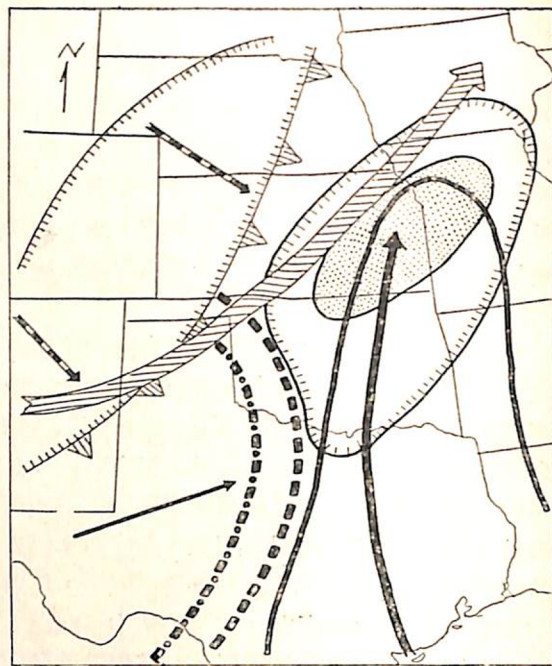


圖6 產生龍捲風之天氣類型—B型

帶乾空氣侵入威脅區。又於東西向半駐留地面鋒之北方地區，在700mb及500mb層上常指示為中性平流或輕微之冷卻，低層暖濕氣流上駛於半駐留鋒上，因此種舉升作用及位於高空較冷空氣下之低層空氣向北移動而增加其潛在之不穩定，而促使雷雨之發展。在發展中C型天氣型式，在地面半駐留鋒及其北方之高層噴射氣流之中間地區內之雷雨，仍保留着零星分散狀態，此分散雷雨直至侵入之乾空氣穿越滲透並擾亂此活動區域為止，隨之沿乾空氣前緣常形成一條活躍之飢線，同時雷雨之強度及個數即迅速增加。最劇烈活動區域由噴射氣流之位置或高強風切、地面駐留鋒、最強上駛氣流之軸線（由最層低層氣流決定之）與其力量，以及乾空氣侵入之位置等因素而決定。實際應用上，最劇烈區域之西方界限約在鋒面下低層最濕氣流軸線之西約50哩處，以噴射氣流及鋒面位置合理地定為南北界限，但東方之界限甚難確定，其東方界限之位置可依其溫度遞減率、有效濕度之低降、上駛氣流活躍性之減少，或由上述各穩定效應之聯合結果，而決定其界限，再者由觀測得知，倘乾空氣之侵入作用不論因任何理由而消失，則其雷雨將沉寂至劇烈強度範圍之下，在雷雨可能發展於白晝黑夜之任何時間這點上觀之，第三類與第二類均相似。其活躍最強之時

刻可預計約在侵入之暖濕空氣地面最高溫度出現開始之六小時內，但劇烈天氣之開始顯示出與乾空氣侵入一已發生大雷雨活動區域之時間有密切之關係，因之其劇烈風暴之持續僅有微小之日變化，直至前節情況之出現之終止。

C型情勢甚有利於由降水誘發之氣泡形小高壓及其在雷雨區相側之中型低壓之發展，此等生命短暫而範圍狹小之系統之移動方向，為中層風向右偏30度而指向較低氣壓區及向地面最高溫度區、此等系統常有一少於六小時之生命史，但極端嚴重之雷雨、大雹、地面強風及偶有出現之龍捲風，必在此種天氣型式而伴有強烈氣壓梯度下產生。因大多與C型相偕之活動發生於氣流上駛區域，除非當極端不穩定情況存在時，或有一特別強盛之乾空氣侵入情況上，龍捲風甚難到達地面。當低空各層甚冷（低於50°F）龍捲風應預報永不發生，當龍捲風確於C型天氣型式內發展，其通常均為單獨出現，如兩個或三個龍捲風同時出現時，其相隔為25—50哩。實際上所有地面強陣風及摧毀性強風均直接與氣泡形高壓或飢線之前緣相偕，或與中型低壓相連。由於濕球結凍高度甚低，故地面降雹常分佈甚廣。

當由強烈冷平流相伴一相顯冷鋒而替代活躍風暴區域時，通常由C型天氣轉變為E型，由此各劇烈雷雨細胞則失去其部分由上駛作用而形成之強烈抬舉作用。劇烈活動之擴展而成為與冷鋒相偕，並可能在暖空氣沿鋒面面向南伸展。

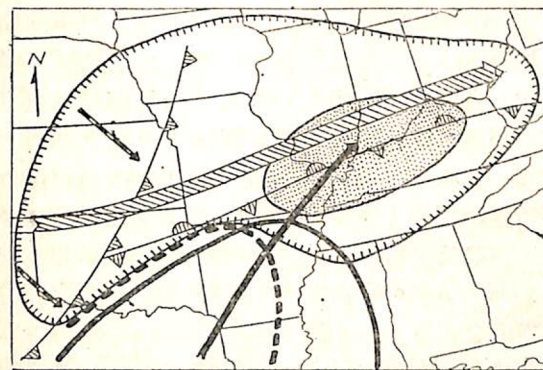


圖7 產生龍捲風之天氣類型—C型

(四)第四類天氣型式—D型 如圖8所示，此型發生龍捲風天氣型式之特性：其高空噴射氣流常較

其他類型者之來向較偏南方，環繞急速加深之低壓中心之底部之乾空氣平流，在全部高度層上具有涼爽之溫度。又在各低層上南來或東南來之溫濕氣流，自下方進入高空較冷之空氣柱下。地面低壓中心之移行常偏向北，而與500mb上適位於其西側之冷低壓中心相伴。

雷雨由強烈低層輻合所觸發，其潛不穩定度之增加係由於高空冷空氣平流於自下方進入低層各高度上暖濕空氣之上方所致，其開始爆發發現於由下方進入之暖空氣位於噴射氣流與500mb冷氣溫線封閉中心之中間位置，此區域由位於自西南來之一乾燥涼爽空氣侵入之前端之最大輻合區內，而由舉升指數定出之最大靜力不穩定區域。開始爆發之後，雷雨活動向東擴展，如其他型一樣，由位於低及中等高度各層之輻合區域之位置，噴射氣流之位置及位於西南方之冷空氣之前緣而決定之。再者，由上述條件繪出之區域，自噴射氣流至500mb冷中心，可能有150哩，又自西南向冷平流之前緣至下方進入之不穩定暖濕空氣之極限，其距離之變動則更大。在圖8中之劇烈天氣區域，已自噴射氣流向右延伸一段短距離，此界限之決定，係由強烈輻合及潛在之不穩定區之東側極限及自預測之噴射氣流向東或向東北之偏向情況而定之。

雷雨與D型相偕出現者，任何時間均可發生，但於猛烈之風暴常被限於午後及天暗間之時間內，因該時間內其暖濕空氣由於日變化受熱成為最不穩定之時間，天暗後其強度減弱甚速，雖其中等強度之風暴常可連續數小時之久。

在D型天氣情勢中，高空漏斗狀雲之出現報告甚多，但僅偶有龍捲風抵達地面，龍捲風之發生係單獨出現，不似A型及B型中之成群發生。在D型中欲產生一龍捲風，其低層氣團必遭加熱而移行至500mb上一甚冷氣團之下方。不過此型降雹常甚廣而嚴重，由噴射氣流向500mb冷中心，其電量及體積向西均增加，其電之大小常較由傅米二氏(Fawbush-Miller)預測電體積圖表求出者為大，此種預測偏低係由於此特殊天氣型式之強力低壓及中層高度上之輻合作用而引起。

(五)第五類天氣型式—E型 如圖9所示，此型發生龍捲風天氣型式之特性：有一顯著西來噴射氣流，由700mb層之暖區定出乾空氣之源地及一來自南向至西南向氣流帶來之暖濕舌。通常因暖鋒之存

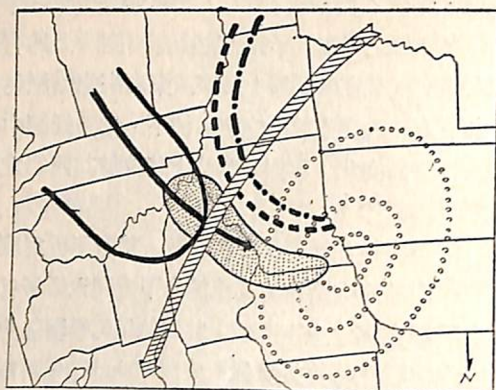


圖8 產生龍捲風類型—D型

在，其暖濕空氣上駛於較涼爽之空氣上，E型不同於C型之點，係在於其始終包含一與冷暖鋒相借之主要地面低壓，圖9為其標準型式，圖內包括一地面低壓及其相借之冷鋒及暖鋒之位置，其較低層及中層氣流指示其適量之幅合，在所有出現次數中，均形成一條龍線，此龍線之位置，可能位於鋒際或鋒前，但必為一十分明確。

暖濕空氣由鋒面之抬舉作用觸發雷雨活動之初步爆發，自西北來之高空強烈冷氣平流與前進之冷鋒相借，增強其風暴之劇烈性，真如暖濕氣流之由日變化地面加熱較上駛於暖鋒更為重要一樣。最後，中層侵入之乾空氣到達，顯示其最強活動之相借。在上駛之暖濕氣流內，雷雨開始介於850mb之暖鋒位置及噴射氣流軸之間，其分佈一般呈稀疏分散型，直至中層乾空氣侵入及冷鋒到達該區為不止。論在數量方面及其強度方面，其最大活動區域介於噴射氣流及乾空氣入侵之間；及介於700mb冷鋒下降風至一潛在不安定之假定極限處。實際應用上，850mb暖鋒被取用為與噴射氣流之相對界限，在其他天氣型式中，冷鋒之相對界限可由溫度遞減率之減小，有效濕度之降低，乾空氣不能利用之程度及其他增加穩定度之影響等因素，而求得其近似位置。在E型中（圖9），其東方之界限，由其自上駛之暖濕空氣結果所形成之潛在不安定之程度，以主觀決定之。雖由上駛作用形成之雷雨可發展於白晝夜晚之任何時間，但其最大之數量及最強之雷雨常發生於自接近最高溫度之時間至日落後之數小時之間，其劇烈活動之開始，依有關之若干因子聯合作用而定，其劇烈活動開始之時間在E型情形下甚難預報，其困難在於預測個別有關參數之移動及變化

，其中可能最困難者為預測各高層冷平流之正確時間及其數值。不過一次活動開始後在夜間必將持續，許多強烈雷雨可由於大氣穩定度之增加而減弱其活動，而成一般平均強度之分散或孤立型之雷雨，將持續遲至子夜而停止。劇烈雷雨第二發生區常發展於當中層乾空氣之入侵有足夠之強盛而形成一條龍線，沿暖濕低層氣流西側邊緣而發展，或延伸至850mb下暖鋒位置之南方。此第二發生區與高空風切及活躍而短暫之龍線相隨。

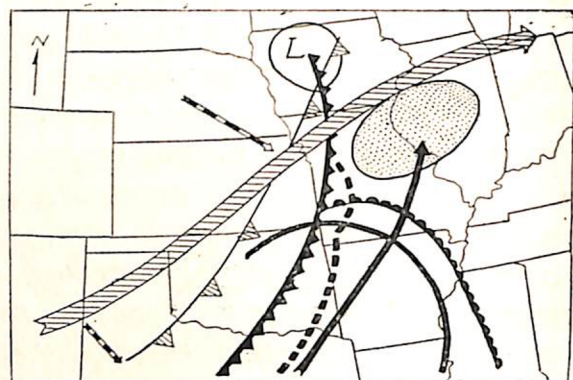


圖9. 產生龍捲風之天氣類型—E型

產生龍捲風之天氣型式分為上述五型，吾人深信此種分類適當而有用，其全部型式亦不相互獨有若干次情況無法加以分類，更特殊之一次，開出時似C型後轉變成E型，其他如當一移動槽相借始現時，亦常發生自A型轉成B型之天氣型式。

三、產生龍捲風之天氣型式示例10圖及圖11示例一甚劇烈之V型龍捲風爆發，發生於奧克拉何馬州（Oalahoma）之黑泉（Blackwell）至堪薩斯州（Kansas）之尤特（Udall）區域，造成了甚多之傷亡，自德克薩斯州（Taxes）西南部進入奧克拉何馬州再至堪薩斯州，廣大區域遭受嚴重摧毀，美空軍一架B-36轟炸自聖安東尼（San Antonio）至新墨西哥州（New Mexico）之羅斯威（Roswell），在飛航中墜毀，其失事地點適位於德州聖安格露（San Angelo）北方，失事時間即該區報導有龍捲發生之同時，另一架B-36轟炸機，較早十五分鐘在強烈亂流及大雹中一主翼骨幹受損折斷。圖11中陰影部分指示該區預期發生龍捲風，在此區域內任何一種劇烈天氣最初報導為位於德州恰爾屈斯（Childress）西北方2200E發生之棒球樣大雹，此風暴發展於地面乾空氣線上，該處露點沿橫越該線經

甚短之距離由18°F增加至68°F，在700mb以一強烈乾空氣激流亦甚明顯，當其移行於850mb乾空氣線前方之濕空氣上方時，龍捲風爆發並沿明顯之空層噴射氣流之南方向東北方擴伸，在有雷達回波繪入之圖11中，可看分其回波與700mb強烈乾空氣之前緣相一致。圖11南方之陰影區是第二龍捲爆發區，當乾空氣入侵之北方部分向東北移行時，其南方部分顯示出向西偏移，位在德州聖安格露（San Angelo）及愛必倫斯（Abilence）之西僅60哩。當高空槽之南方部分抵達時，自奧克拉何馬城（Okla-

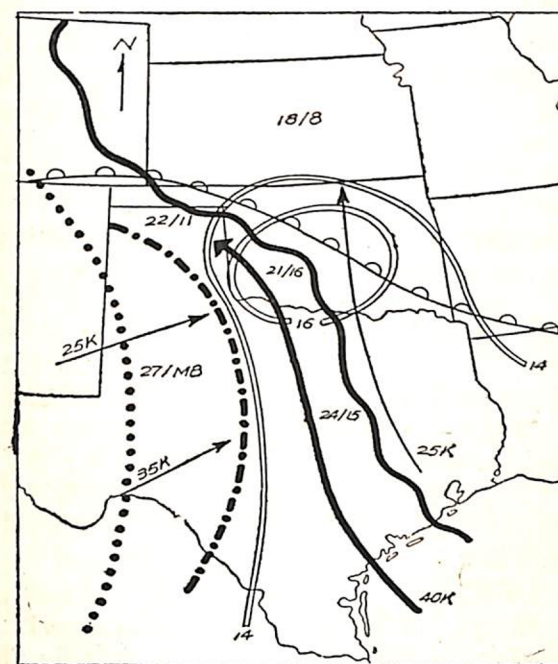


圖10 產生龍捲風之天氣類型實例（1955.5.25.2100Z. 850MB）重要資料）。

肆、結 論

產生劇烈天氣—龍捲風之四類氣團及五個天氣類型，雖屬由美國之資料統計研究而成，但我國之地理環境，與美國相較，亦有甚多相若，且我國沿海地區，每年亦常有發生，遭受其侵襲災害，惜我

homa City）之南至威啓太福爾斯（Wichita Falls）之西南至德州戴利馬（Del Rio）發展形成一條弱龍線，龍捲風發生於中型低壓區，此低壓發展於聖安格露（San Angelo）附近，在700mb以50哩/時氣流方向NNE移行，在德州風暴向東之進展，因受一主低壓向北移行進入明尼蘇達州（Minnesota）而限止。在德克薩斯州（Texas）、奧克拉何馬州（Oklahoma）西南部及密蘇里州（Missouri）次日又發生劇烈B型風暴，其與向東移動之主要高空槽相連。

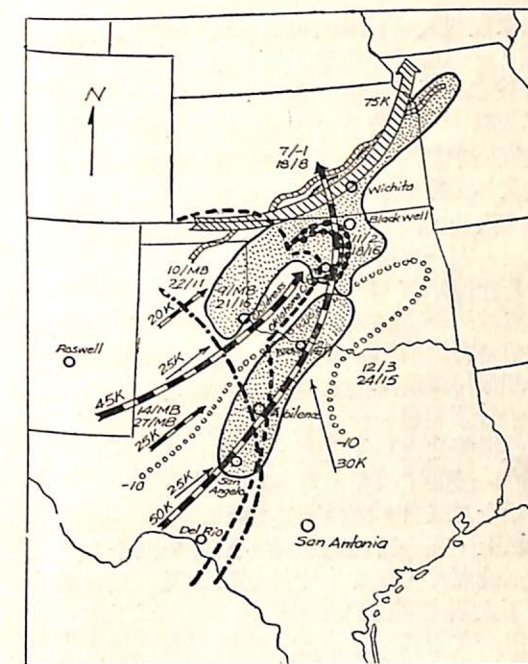


圖11 產生龍捲風之天氣類型實例（1955.5.25.2100E高空各層重要資料）

國尚無完整之紀錄，更未加以整理及研究，故美國發生劇烈天氣之氣團特性及其出現之天氣類型，實可供吾人作預測劇烈天氣—龍捲風之發生及研究之參考，以便軍民早作防範，減少生命財產之損害。