

劇烈地方性風暴內上升氣流之推論

編輯室

Some Inferences About The Updraft Within a Severe Local Storm

撮 要

劇烈性地方風暴的雷達回波之各種特性，被用以解釋其上升氣流本性之目的為本說明之主旨。此分析說明利用傳統雷達資料的氣象學，以研究氣流並藉以確定由作者（1964）前所推介氣流模式的某些重要特性。例如，所被確定存在於其間之上升氣流，與雷達拱形回波有重要之關係。在拱形中的上升氣流隨對流層頂或更高層下向風暴左側的一分力向上傾斜。

此分析之異常特性是降水柄源自隣近風暴，已被顯示所被吸引之方向及拱形中之向上方向。這些降水柄型之研究，已可作為研究上升氣流之內流性質的許多推論能够成立。

一、導言

在吾人地方性風暴之瞭解上的最重要被遺漏的環結之一，是為此型風暴內部空氣運動之性質。其適當之敘述，即僅以一間接的探測技術，即可供充份的短期間內所需之觀測密度。在此方面我們已渴望對決定風暴內或風暴附近的天然速和人造追蹤器之都卜勒雷達技術的更大應用。同時，總之，吾人亦絕不能忽視現存傳統雷達對供給有價值的定性，偶為半定性有關氣流情報之潛勢。

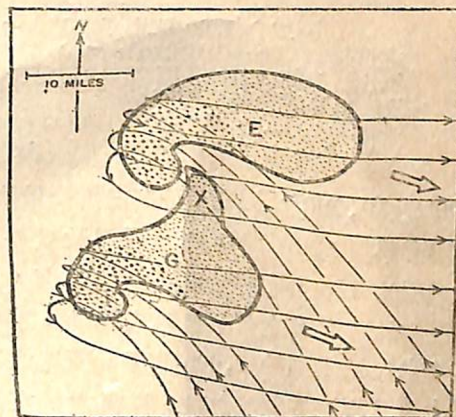
利用此潛勢之方法可能被稱為「幾何法」。就此，三度空間的形態學之降水量組成個別風暴細胞，已由經常雷達反射面，綜合運用從有精細刻度，被系統獲取步驟和定量掃描週次所操縱的雷達的資料中獲解至為詳盡了。對一風暴結構賜以如此詳盡解釋，如利用消除程序法以推論促成該結構之氣流，某些特性亦常可能。此種方法尤成功於當氣流與結構趨向於一穩定狀態，如偶然在劇烈風暴的例證中一樣。總之，為避免由於從雷達資料的減少中造成混亂而從事於一波長不足 10cm 的工作，則不應常應用於此類研究。

本文中所用之幾何法，旨在調查氣流之走向且其為位於單一劇烈風暴細胞中之上升氣流。此風暴可被認為風暴羣中之一，如發生於 1963 年 5 月 26 日 Oklahoma 者，且其一般特性已詳述於本人（Browning 1965，參見本刊本期「龍捲型風暴之發展」一文）前述論文。

二、可作為氣流研究法之風暴的「交互作用」

1963 年 5 月 26 日 1630 cst 同時有二劇烈風暴相距 15kts 分別位於 Oklahoma 城附近。為順應 Browning 氏（1965）所採用之專名我們亦應用其為 E 及

G（參見圖一）。此二風暴皆具作者（1964）所描述之該種特質的超級細胞組織，且皆當平行旅經 110 度方向之路徑——風暴 E 25kt 而風暴 G 以 20kt——一時產生大雹及龍捲。該處雖有較衰老之風暴衰亡於風暴 E 之北，及較幼的一個正發展於 G 之西南，然均未能劇烈如 E 及 G 者。吾人將專門注意風暴 E 及 G 以及有趣的回波構型 X，該點係由在低空將 E 及 G 延長觀測而得。



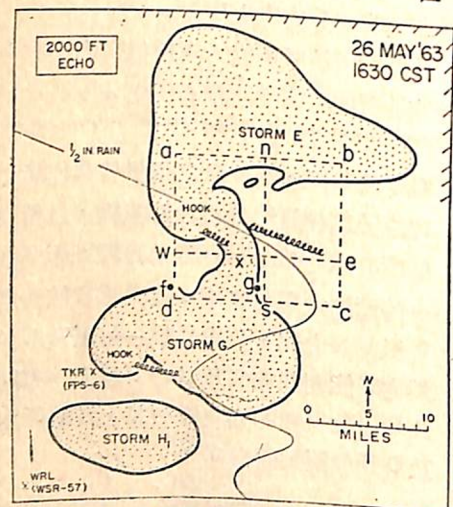
（圖一）1630 cst 劇烈風暴 E 和 G 之雷達回波低空平面圖。等反射因子 $Z_e = 10^3 \text{ mm}^6 \text{ m}^{-3}$ 。氣流線在低空接近上升氣流，在上空離開上升氣流。部份回波相信係主與上升氣流和下降氣流伴隨出現，如圖中各以輕重點所填成之點面積。指狀回波 X 之發展從風暴 G 指向風暴 E 想係由於指向 E 的上升氣流之進入內流 G 的雨滴降落前緣部份而成。較高層之回波延伸，係以一出或懸垂的姿態指向每一風暴之右側（南）。

指狀回波 X，顯得似從風暴 G 之雨區指向無回波缺口的風暴 E 之鉤狀回波頭拉出部份，所可相信者，此種情形乃由於從風暴 G 降至濕舌的降水質點，迅速接近風暴 E 的上升氣流底部而成。由於濕空氣環境，這些質點不能全部蒸發且在無回波之缺口

內，指向風暴E之上升氣流而被運至低空，而缺口處則被供為一空氣運動的天然追蹤者。故吾人可藉這些回波的三度空間結構分析而推論某些指向E的上升氣流之內流情形。

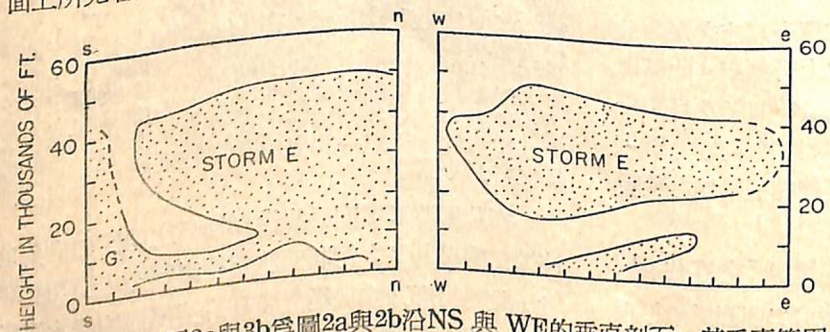
三、風暴G及E的降水幕分析

在1600—1630 cst 期，風暴E被一垂直掃描的10cm FPS-6雷達在 Oklahoma城東的一個美國防空指揮部站所測得。為區別與鄰近的 Tinker Air force Base，我們將上述前者定名為 TKR。在



(圖二)圖2a與2b為1630cst 風暴E、G及H₁於2,000ft和10,000ft (海拔高度)之回波 ($Ze=10^3\text{mm}^6\text{m}^{-3}$) 之發展圖。圖中f與g以北位置的「高解」(high-resolution)資料，係用獲自 TKR的FPS-6 型雷達者；在該位置以南資料，係獲自 WRL的WSR-57型雷達者。X為從指向風暴E的風暴G之降水幕。其時間與龍捲之等雨量線指向總雨量超過 $\frac{1}{2}$ in區之東。

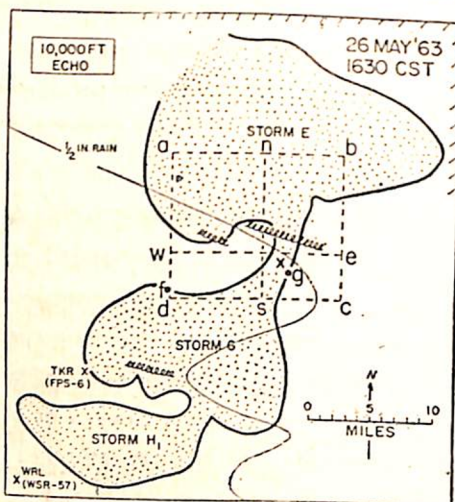
上2,000ft及10,000ft上雷達回波之發展情形(其地形約高出海平面1300ft)。除風暴E及G外，另有一新生發展的H₁，出現於風暴G之西南，及一衰老風暴發生於風暴E之北(圖中未現)。連接G與E的降水指軸出現於10,000呎圖，顯然為其在2,000呎圖上位置以東的數哩之遙。換言之，在此二平面上所見者是一幅指狀回波的連接圖，事實上為穿



(圖三)圖3a與3b為圖2a與2b沿NS與WE的垂直剖面。其垂直範圍與水平範圍相等。高度為海拔高度，水平範圍之每一點代表1哩， $Ze=10^3\text{mm}^6\text{m}^{-3}$ 在距TKR20哩之範圍。

此階段中空隙 TKR 甚多之風暴G，係由一水平掃描10cm的WSR-57雷達在距 TKR 210度的11kt處之「氣象雷達實驗室」(WRL)觀測得。此二雷達皆以系統的獲得步驟及量的掃描週次為着而被操縱着，以便可能的將其間之關係利用圖說將二風暴的三度空間回波及其介入回波之結構說明之。因二風暴各距其雷達範圍甚近，故可期有較佳之空間分辨。

圖二a及圖二b各表示1630cst 時平均海平面以



過一從西向東向上傾斜之回波幕的剖面圖。

在1630穿過此幕有真正比例的垂直剖面圖可參見3a及3b；前者表示一南北剖面，後者為東西剖面。除指向其北部者外，此幕具有一頗為一致和薄層的性質且其亦為有限的垂直延展，係由降水質點在一強烈的似水平氣流中，或多或少由一被動的平流之組成而組成。多數之幕位於0°C層下(海平面上14,000ft)且可信係由非結水水滴所組成。

為簡化起見，我們可視此幕為一不固定的薄層，如圖四中被指狀回波軸在2000ft層所指者。在1630此幕軸位低於8,000ft之層，直接指向風暴E的鈎狀回波處。如將見述於後的圖六所示，一甚為簡單之結構在一更早的時間34分鐘前

氣流將超過雨滴之落速。易言之，對jk以南區域言，該處隨風順轉之軸向，其水滴在甚弱之上升氣流甚或下降氣流中對地面相對的下降。根據如圖五之探空為完整有效，則吾人可認為jk是和風暴E伴隨有重大意義的上升氣流區之南緣。

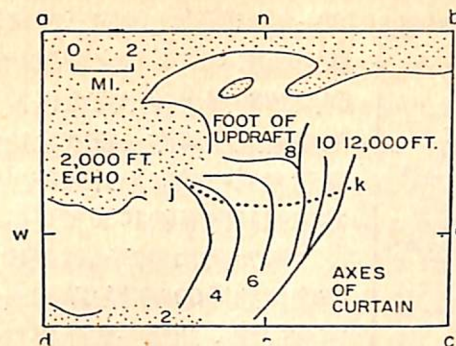
但當然吾人無理由期望圖五中近此區的任何處皆有完全的代表性。例如，如近幕區附近之各層風隨圖五中所示之情況向後退，則上升氣流(jk)之界，將較圖中所示者發生於更為較北之位置。總之，jk不能被從其所示位置向北位移超過2哩，因此處之幕底突然上升，此為一不能被解釋，除非以“敏感的”上升氣流之術語，始可解釋或說明其特性。沿NS(圖三a)剖面在 $1\frac{1}{2}$ 哩內表示從6000—10,000呎上升的幕底。以南北向 15msec^{-1} 之速(圖五)表示相對的水平內流分力，則此區幕底之坡度，則含有一等於 7msec^{-1} 之上升氣流速再加水滴終點落速，給予 10msec^{-1} 之總值。根據由Mr. Samuel J. Hall of Oklahoma University, 利用M-33雷達所測定之汽球軌跡獲知，總之指向此更相似風暴G的上升氣流之低空內流速，在近上升氣流處較遙遠處者約大二倍。在並非不可能的情形下，風暴E亦如此，其突然開始上升之幕區，其 20msec^{-1} 之處暗示約在8,000呎層。這種情形可與hall的汽球觀測，在另一相似劇烈風暴中(H₁)以大於汽球上升率的12,000呎層之 30msec^{-1} 上升氣流速作同樣的比較觀。

四、進入拱形之降水

在1630從風暴G的雨區進入風暴E之上升氣流從回波中不能決定風暴E內8000呎以上之層次。然而更先者，在1556當此幕被用一靈敏度較小的FPS-6所測得時，在另一無回波缺口內之鈎狀回波前，其各層可被清楚區別。此幕之結構及其對風暴E於1556時間之關係，其說明可分別參考圖六與圖七。

於1556水滴所組成之幕，係由位於風暴E及風暴G(而非該等風暴本身)間微弱之低空陣雨細胞而成。圖六C表示幕可能由於二個這種細胞而組成，幕軸在圖六D中，其高度為與2,000呎交叉處。風暴E之水平延展(僅右側)可見圖六b中4,000呎之交叉處，為澄清幕與風暴間之關係，二者均被併畫於圖六a(4000呎處)。

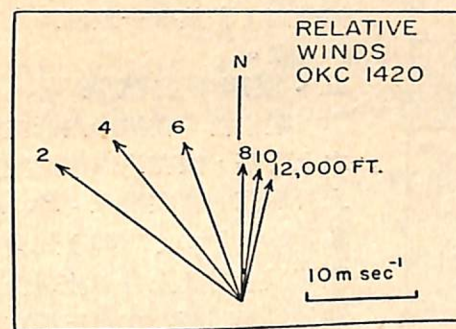
圖六a中之點曲線(a.b.c及d)表示各相關位置，於其間，一巨型曲線氣流體在1544被測得(參見圖10)。雖此氣流體於遲至1556仍存在，然圖六b



(圖四)為圖2a與2b中Abcd之放大圖，表示2,000ft高度間隔之雨幕軸。沿幕軸jk為平行於圖五中已給各層之相對風。

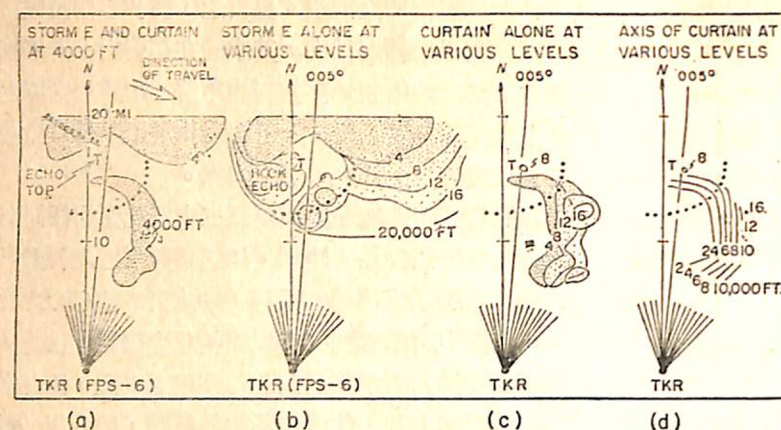
於1556時被測得。根據Browning(1965)，風暴E以一似安定姿態從1520—1720其組織被維持少變，且低空氣流內指向此風暴之雨滴幕亦應或多或少維持一安定的結構，此同一情形殊不為奇。

茲假定該幕真正安定，其構成水滴在其整個表面上，將有相對的軌跡出現。為瞭解真正是否有此種軌跡由其鄰近的合理氣流型態所組成，我們即需考慮於1420從奧克拉荷馬城所測之風暴G之前20分所施放的一次探空。(參見1965年 月 Journal of The Atmospheric Sciences P349 “A Comprehensive Study of The Storms in Oklahoma on 26 May 1963”一文)根據此探空有關此幕之低空風示如圖五。如吾人假定圖五有定量之代

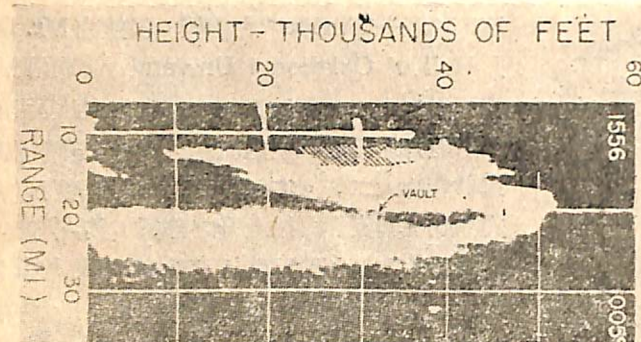


(圖五)1420cst於oklahoma city所施放探空而獲相對於幕的各層風。

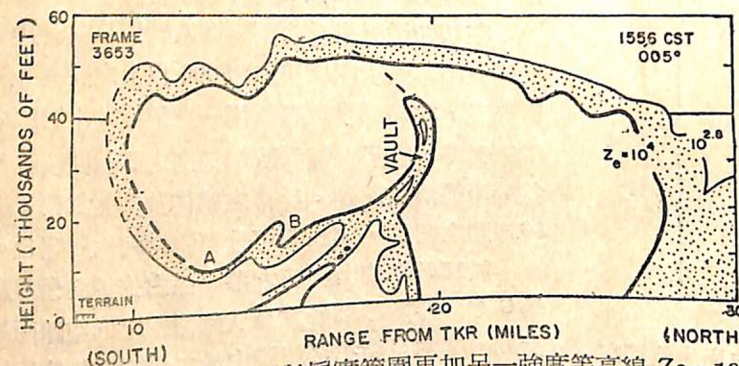
表性，則圖四中之焦距jk即可標註該位置為其間相關地面的垂直雨滴速度可變為零之區。以任何合理的水滴集中存在言， $10^3\text{mm}^6\text{m}^{-3}$ 的Ze暗示水滴之存在，其落速為數 msec^{-1} ，因之數 msec^{-1} 的上升氣流，將暗示存在於沿幕的鄰近區。對jk以北之區域言，該處之軸向係隨每層之風而後退，而上升



(圖六) 1556 cst 從風暴 E (僅右側) 通過幕與回波之平面剖面圖。 $Ze = 10^4 \text{ mm}^3 \text{ m}^{-3}$ 在距 TKR 20 哩之範圍。6a 為幕對風暴 E 之空間關係。6b 為風暴 E 之詳細結構，6c 為幕之詳細結構，6d 為幕之軸。剖面圖係由 FPS-6 雷達沿所指示方位角而獲之 RHI 圖相之綜合而得。所有標註高度等值線均為海拔高度之千呎為單位。點曲線代表巨型曲線氣流體之軸，T 為最高頂之位置（以此感光度為 52,000 ft），擺度代表在作圖時已有所進展改變之和龍捲地面軌跡一致的時間。



(圖七A) 1556cst 沿 005 度用 FPS-6 型雷達所獲風暴 E 及其幕之垂直剖面圖。圖示一以放大垂直範圍之原始 RHI 圖相，為此在 20 哩範圍 $Ze = 10^4 \text{ mm}^3 \text{ m}^{-3}$ 。



(圖七b) 從圖七a 以真實範圍再加另一強度等高線 $Ze = 10^{2.8} \text{ mm}^3 \text{ m}^{-3}$ 所得之垂直剖面圖。注意降水幕從風暴 G 在圖中 15 哩範圍處進入，然後又被向上捲入風暴 E 之拱形情形。

中所現者，則為一支離破碎的分離體。幕之上界於 1556 位巨型氣流體之軸下向西曲折部份止於 8,000 呎層（圖六d）。更遠的 2 至 3 哩者，其上界低至 6,000 呎，然後，突然上升達 8,000 呎以上距 TKR 005 的 16 哩位置。此可假定該處之水滴突然進入上升氣

流，且以位強烈上升氣流主緣於巨型主氣流體軸之後的三哩處低空姿態完成之。風暴 E 之回波結構在 1556 與 1630 間，並未完全保持安定，如是吾人能够作一有效之比較，所顯示者低空強烈上升氣流之主緣，其位置 1556 者較 1630 者更見相似。

圖 7a 與 7b 為穿過風暴 E 由 FPS-6 型雷達沿 005 度從 TKR 所獲之垂直剖面圖。此為一表示突然開始上升的有趣幕剖面圖。圖 7a 是用一般放大垂直範圍的原始 RHI 照相之一。圖 7b 是以另一 12 db 的較小獲相縮版結合真正範圍之同一輪廓圖。顯然一廣泛的伸展存在於風暴 E 之右側，介於 10—18 哩間；向下的突出部份標註 A 者，是巨型曲線氣流體而 B 為由鈎狀組成之氣流體之緣。（參見圖 7b 及圖十一）

圖 7 中尤為有趣者，是常有良好發展的拱形圖，該拱形為強回波之自由發展在 19 哩的範圍可高達 43,000 呎。傾斜指向拱形而幕升高之事實，指示拱形內有上升的上升氣流，至少在低高度層如此。實際上，幕不直接向拱軸升高，而向其南緣升高，和其幕一致進入上升氣流的主緣。

五、拱形中之氣流

嚴格言，在拱形內低空中降水之上升幕，僅在拱形的低空建立一上升氣流的存在現象。Browning 和 Donaldson (1963) 先曾建議對整個拱形言此上升氣流是合理的。關於拱形問題存在有三種不同解釋與上述看法並不一致，然而均將見於評論，其立論如下：

(一) 所謂拱形者不過是二強烈風

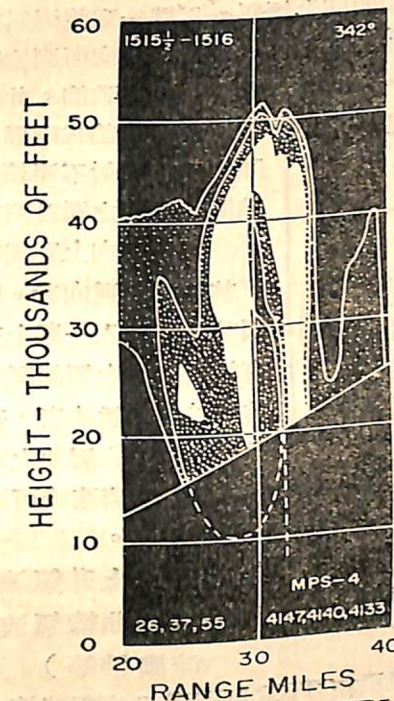
暴細胞間之缺口而已。

(二) 該拱形可能因下降氣流中質點之蒸發而成。

(三) 該拱形可能由於一旋轉空氣柱內質點的離心離離而成。

關於第一種解釋，需被認可者為介於相隣細胞

間之缺口相似於拱形者，現或將來可由孤立的剖面予以偵出。不像真的拱形，總之，牠們是絕少能够維持長久的；牠們亦不能分享與其他回波，如現被承認具有超級細胞結構特性者（Browning, 1964）之關係。當此細胞之最要結構為不明時，為證實一拱形從單一的 RHI 照相中，最佳的試金石之一，是查驗其是否公正的直接接近位於回波之最高部份的底部（Browning and Ludlam, 1962; Browning and Donaldson, 1963）。圖 7 及圖 8 亦為適例。



(圖八) 於 1515 1/2 與 1516 間在 WRL 以 MPS-4 型雷達所獲風暴 E 心之垂直剖面內之反射性等高線，此等高線為 $10 \log Ze = 26, 37$ 和 55 在 30 哩範圍處。

圖 8 主要代表反駁上述第二種解釋的證據。其由三幅縮版獲相之 RHI 照片所組成，係由一 MPS-4 式雷達於 1516cst 在氣象雷達實驗室而獲得，其所示者為垂直於風暴運行方向垂直剖面內之風暴 E 的結構。因 MPS-4 的狹窄垂直掃描角較低部份的回波未能攝入圖中。然而，在 30—32 1/2 哩範圍內 20,000 呎以上的拱形終被顯出。雖拱形未能以全獲相被測得於這些高度，（ $10 \log Ze = 26$ ）但如以 11db 的變弱及於 43,000 呎的 29db 變弱則可測至 40,000 呎。表示於圖 8 中之白色者，此最強回波不僅位於拱形之兩側抑且位其上。和 RHI 剖面一起在 342 度的每邊（圖中未示出），圖 8 指出拱形在一將被包圍或封閉的高度層，被一強雷達回波所鞘像一隻戴

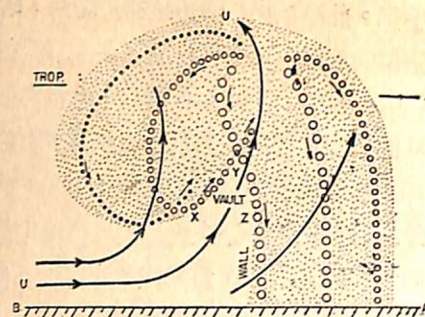
頂針的手指。此種結構被維持達甚長時期，暗示有某些大型濕的流星，可能為冰雹存在，不僅在拱形四週，在其直接的頂上亦同。圖 8 中近拱之頂部，在 3,000 呎高度距離內，其反射率幾減少百倍。此種情形如謂應僅由於蒸發似不可能；至如或應由於蒸發及無上升氣流情形下之對落體減低集中的聯合作用亦同不可能。所以，為真正禁止電進入拱形，至需假定有某種力的存在。此即涉及係由於上升氣流或旋轉，或二者兼備。

為決定是否僅有旋轉存在即可解釋有拱之理，我們再回溯到圖 7 並反問：在上升氣流不存的情況為說明近其最高點的拱寬所需之最小切線速度為何？為答覆此問題，吾人將力求保守和假定所有的電係從直接位拱頂以上之回波的最高點落下。在此例證中離心力需在假定的質點源地下四公里處撤離或撤空一半徑 $1/2 \text{ km}$ 的剖面區域。為成就這種電，姑不計其體積，因由於地心引力關係需有一相等 $1/2$ 垂直力的水平向離心力作用始可。利用 $Vt^2/r = g/8$ 之關係，則據在距軸 $1/2 \text{ km}$ 的距離 r 情況下，所需之切線空氣速為 25 m sec^{-1} 之 Vt 。更逼真言，以一在較低空有效的質點源，甚至需有一較大的切線速始可。雖此數值之旋轉速在龍捲之近隣微不足道，但却不可能存在遍及够大的空氣柱，以解釋所測到的拱形之水平伸展。所以，我們的結論為圖 7 之拱形可能不是無上升氣流而僅由離心力的撤退而產生。當然，我們不拒絕考慮離心力之撤退可為一機械結構，因為在一上升氣流中，比較適度的切線速形將變的有效。論述至此，吾人茲再在假設上升氣流是拱形之主要成分，但可能在由離心作用而加強的理論下進行。

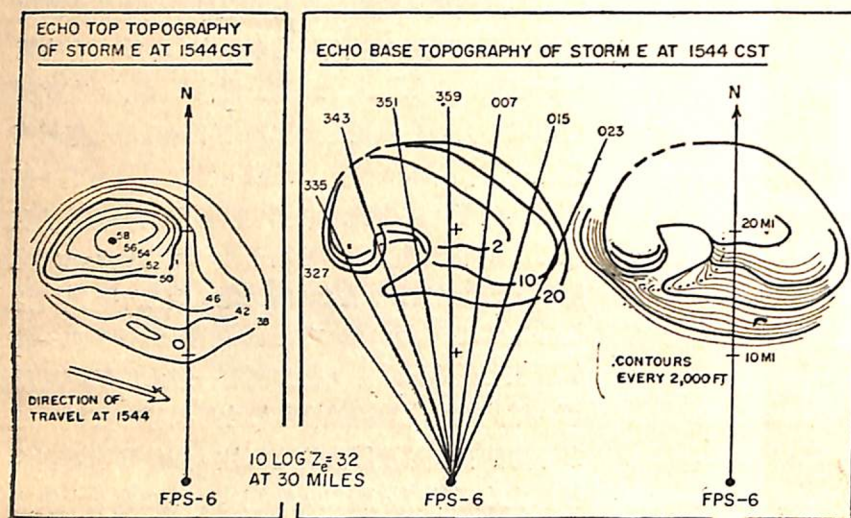
六、拱之形

因拱形回波跳躍的高反射率，故極難予決定由單獨研究所決定其形狀的拱形。雖根據其形狀，在當以短小範圍而有較佳分解之圖相發生於偶見情況的某些可能有用推理（如圖 7）。在再考慮圖 7 前，我們需考慮種屬。在述及一上升氣流如何可能產生一拱形（參見圖 9），為簡化起見，我們將不顧旋轉且將其作二度空間觀，如作者前此所述者。（1963）

電從圖 9 上升氣流頂附近的後退現象，其類別隨其體積於下降至頂之兩側時予以變更。隨此落於上升氣流之內流側（圖 9 左）而繼起者，為在較低層重入上升氣流之較強部份且再度被携向上，且以



(圖九) 所示為一在強烈上升氣流內何以可能產生一拱形之垂直剖面之有機結構圖。實線為上升氣流之氣流線，沿U-U者為上升氣流軸。圓圈代表電跡，圓圈之體積說明電之大中和小之跡象。點區代表回波之近視伸展範圍 ($Z_e = 10^3 \text{ mm}^6 \text{ m}^{-3}$)。



(圖十) 1544cst之風暴E的回波頂與回波底型，綜合於FPS-6RHI剖面以2度間隔者。

一水平分力指向風暴中心之後。

所供之上升氣流甚強，無此類電能在圖九的 x y 下可發現其本身之存在。然而，如由作者前此所指出者 (1963)，沿 xy 電跡之精確形狀甚敏感於上升氣流及電本身成長率之精確形。悉可確信敘述者為小於沿 xy 所生者之電，其上升將更為迅速且終將通過 y 以上之上升氣流軸U-U，而通過此軸之電則將在拱之另一邊下降至地面，然而那些失敗而未能通過者，則可能再循環一次。逐漸進行而較大之電將在較高高度重入上升氣流之心 (如圖九)，且在 y 層之某些區域此重入電終因過大而不能由上升氣流所支持沿 yz 軸向地面落於拱之另一緣。

然而，此仍非全部故事之過程，因拱之邊緣和 yz 相同之部份在圖七中有一複轉坡度，此坡度暗示沿 yz 下降之電，係由垂直於剖面之空氣運動的公力之影響 (否則電如何可獲沿 yz 之位置?) 可能這些垂直分力會存在，當接近拱或在拱內空氣沿軸旋轉

時。在任何情形下，在拱內之上升氣流線或多或少會平行於拱之軸。然此不暗示上升氣流軸亦需平行拱之軸；實際可能者，上升氣流軸隨上升氣流線對其不同的兩側以相反意義傾斜而更近垂直。在此情形下，拱之傾斜將由於其對上升氣流軸之一側具有限制性，而在上升氣流鄰近區內，該處巨電之進入係隨伸鉤狀氣流體部份消滅此拱時，氣流線隨反方向的傾斜而發生。

圖七中拱及幕之軸係於35,000呎下隨各層從南向北的分力而向上傾斜。以同一意義傾斜而存在之上升氣流線，是和由地面以北南向所測的體積相同

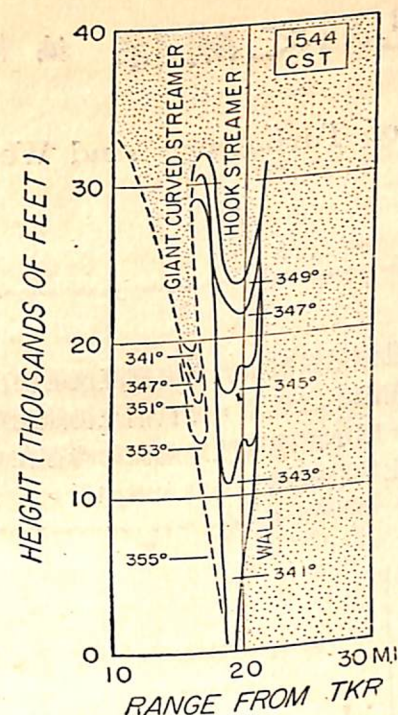
種別之電一致的。此種以和落於低空回波牆式南界巨電相伴隨的尖銳反射不連續結果，係被圖九概略之電跡所預測者。

其中拱向上穿過35,000呎，其傾斜為逆向者。假設此係因其然後進入一與上升氣流線有相反意義之傾斜區所致。此其所以饒富趣味者，蓋因其發生於低於對流層頂之高度層，該層上升氣流速或可被預期獲致一最高值。

七、圍繞上升氣流週匝之巨型曲線氣流 (或氣流旋帶等)

圖十表示在TKR以FPS-6型雷達按二度時間間隔從RHI剖面的綜合法獲得於1544所測定之風暴E之回波頂和回波底形。在此圖中所見之拱形，在鉤狀回波與巨型曲線氣流體間，像一無回波的缺口 (點線示軸)。現在，在拱形中已有一上升氣流建立；現在所發生之問題為不悉是否該上升氣流伸達被巨型氣流體所佔之區域。以一嚐試態度答覆此問題我們集合所有的RHI剖面圖，以在此時與氣流體交叉的2度間隔，而得到所組成之剖面圖 (參見圖十一)。

在圖十一中可看出三種特性。在圖中20—21哩之距離內，在所有的剖面上皆有一回波牆向上升至32,000呎，此外有一以 Z_e 超過 $10^3 \text{ mm}^6 \text{ m}^{-3}$ 堅實回波。在更近的距離中可見二個氣流體：一個在較近距離，是為巨型曲線氣流體，向下伸展指向較大之方位角；另一為一較為平坦和大的氣流體，向下伸向較小的方位角且構成鉤形回波。如吾人假設此二



(圖十一) 獲自FPS-6以2度間隔的組成垂直剖面圖，圖示1544風暴E之部份結構。目視此三度空間結構，應注意其與圖十之關係。反射值與圖十同。

氣流體維持一穩定狀態之結構且位於其中之濕流星創生於一以風暴速旅行的較高層區域，則其方向指出巨型曲線氣流體位於相對風暴的有從西向東平均分力的氣流內，雖鉤狀氣流體位於相對風暴的有從東向西平均分力的氣流內。如是，則在被兩氣流體所佔據之區域間存在一強烈的水平風切。

我們亦有理由假定此風切出現於通過強烈上升氣流——在上升氣流內有鉤狀氣流體——之南界，且巨型曲線氣流體恰位上升氣流之外，圍繞其界作曲線路徑之下降。有利於我們所述的巨型曲線氣流體之證據亦由此氣流體之兩側其坡度向內指向有高度減低的風暴中心之事實予以說明 (圖十一中指向較大距離者)。此種暗示說明一上升氣流不能引起可察得之濕星在圖十一之任何垂直剖面內作全部的再循環，因如此，則上升氣流需以相反意義，對氣流體之相反的兩側予以傾斜。相反的，濕流星相信其係循曲線氣流體之軸，向地面作其氣旋式下降。

如此特性之證實可因以WSR-57雷達在WRL所獲之PPI回波的時間遞減相影 (time-lapse movies) 予以說明。

八、總結

與劇烈的地方性風暴相伴隨之各種特性的雷達回波，為說明其中上升氣流性質之目的而被闡明。其分析以圖例說明利用傳統雷達資料氣象學以研究氣流並確定由作者 (Browning 1964) 所推薦部份氣流模式的重要特性。尤為重要者茲綜合數點推理如下：

(一) 在剖面圖二與三中，其中所示之降水幕，係從鄰近的風暴細胞進入劇烈風暴內的內流情形；其內流係從風暴之右側進入。

(二) 圖三之推理，係由幕形之實驗證明，即強上升氣流區在2哩內或更小前，無超過每秒數哩之上升氣流存在。

(三) 剖面圖三及四代表一頗令人置信之推理，由於在8,000呎層的幕曲度突然向上，該高度之上升氣流位於鉤狀回波與巨型曲線氣流體間無回波之缺口內更突變強烈。

(四) 低空無回波的缺口位於伸向高空的拱形頂端。在剖面圖四中所示者為直接向上被携入拱中之幕，故確信在拱內有上升的上升氣流。

(五) 在剖面圖五中所現之雷達形跡，乃為支持對各高度之拱形主由上升氣流之存在的論爭而設。剖面圖六所示者則為所推論有關拱形的某些所存在之旋轉型式。

(六) 剖面圖六所示之拱形方向，係和位於其內之上升氣流一致，該上升氣流在對流層頂高度之下，係從風暴右側 (南) 向上傾斜；在對流層頂以上，其意義與上述情況相反。

(七) 剖面圖七所推論者為將拱形分界於風暴之右的向側部份及恰位上升氣流之前的左側而降至地面的巨型曲線氣流體。

有關本文資料之進一步調查，為本人所深切期望者，尤其，如有10Cm的雷達而其波柱較窄者，尤所歡迎而符實效。(完) (取材於1965年11月份 Journal of The Atmospheric Sciences)