

龍捲亂流之移行研究 編者

Advance of Tornadic Turbulence

美國聖路易大學理工學院地球物理及地球物理工程學系教授拍茨博士(Fred C. Bates, PH. D)最近為文報導說，藉某些研究和觀測得知，那些渦旋或煙區狀龍捲物或近似龍捲強度之滾軸雲，看去無邪，却可發生於從雷雨發展延伸的雲線上。能見的水陸龍捲之煙區狀物，不會經常現示以警告粗心大膽的飛行員，然這類渦旋却可存在於與雷雨相連的二十五哩遠的地方。這些有煙區狀的區域，其天氣現象可能為降水，亦可能只有閃電，其週圍鄰近區之亂流呈輕至中度。雲底以下所不能見到之渦旋，有時可因地面上之塵捲得證明。(或海洋區之海嘯)。

由某些失事事件之推論，說明那些煙區狀物在雷雨鄰近區的側翼雲線內(至少達平均海平面以上18,000呎—理論上近雷雨雲處可達35,000呎)可達甚大之高度。當地面雷達所觀測之三十哩範圍內缺乏劇烈降水，雖該雷達測定雲線，而所顯示於飛機雷達(或空用雷達)上之煙區狀或雲上的嵌入物均非可靠偵察。在二十哩距離內低於平均海平面8,000呎之飛機雷達可偵得雲線。標準的回波現出一尖銳的原始「同型回波」(Iso-Echo)輪廓且有一相當乾燥的內部。其原因可能是這些雲線伸達至較低的附屬回波，偶與龍捲同時被偵得。

此種險象的一個重要姿態，是與雷雨相連之大距離內可能有煙區狀物存在。雷聲之可聽距離，十哩為其平均數，所以相鄰甚近之地面觀測站，不一定會同時將雷雨同時報出。因渦旋之存在無完全可靠的局部指徵，故趨避之道，需根據雷雨存在之知識，庶幾，那些雲線和煙區狀物可能常會相連，由之，飛行程序之製訂，需對這些雲線予以趨避。

在這種情況下之天氣狀況所含之險象不亞於和龍捲相同。在龍捲風預報區內之雷雨應被懷疑，而那些煙區狀物亦較所觀測到及報告者之出現為多，由之，對那些與熟知屬氣團性雷雨有別的現象，亦應被懷疑。對這一險象為絕對安全的正確而最要法則是：「無論在任何高度及任何方向，要遠避一切可疑的雷雨，至少達二十哩外」。

橫越較平坦地形之電線雷雨，可能適於形成龍

捲，尤當隨高度至20,000呎以下有大於80KTS的可觀風速改變存在時。一優先東向之雲線進入與風暴有關的風系中，特別有利於其發展。為估計這種現象，以風暴之運動向量(像從雷達觀測所顯示者)減去20,000呎低層之平均風向量，其合成風將位於雷雨之來向，其中有關煙區狀物的這些雲線常可趨予型成。對這種雲要避免飛入或在其下飛行，尤其有關這一向量象限中的雲線。在儀飛級條件下，建立一趨避準則：地面上5,000呎高度要保持二十哩之距；15,000呎為15哩；25,000呎則為七哩。

特別小心之告誡，尤應於飛機之落地、起飛、下降及爬升，在雲下或穿過這些雲線時提神注意。因雲線中漏斗雲之輻合上升，其危險在雲中有趨向隨高度增加。

飛機遭遇這些漏斗狀雲之影響，其範圍從有數個地心引力(G)與一較弱之漏斗雲直接遭遇之硬撞，經與漏斗狀環流一個不尋常猛擊而造成擦傷事件，而在另一次擦傷中又被一有力之顛覆予以挫傷，卒至驟然大禍來臨，飛機結構因與發展成熟之漏斗雲中央遭遇終致解體。因：

「史無前例，有任何飛機之裝造，能預期可經得起去乘載一碩大無朋，威力無比的龍捲風，還可徵俸求存」。

這些發展成熟的漏斗狀雲，甚至其龍捲漏斗有時並不會觸地。這就是那種「不受損傷，不能通過」的大自然現象的本性和強度。

據初期估計，在美國落磯山以東區，高度85,000呎以下，一架空運機如作毫無目的之亂飛(無趨避技術)，其與這些漏斗狀雲遭遇之或然率為每飛行3,000小時將遭遇一次。這種遭遇或然率，其強度被估計為八次中有一次為重大或摧毀性漏斗狀雲。似此，如無趨避之道，則於飛行24,000小時中將可預期有一次大禍臨頭。運用趨避技術即可使此遭遇機宜落後(或使遭遇的時間延長)。

「注意，總之，在一劇烈雷雨回波之南或西南方作近距離迴避，可能產生一負

的迴避技術」。陳舊的規則是「遠離回波即不會惹出麻煩」，倒確實可以避免遭遇這種現象。（預先檢查天氣圖）

爰為飛行安全對此危險現象，特提供下列數點建議：

一、在目視飛行等級下，千萬不能飛在和強烈雷雨相連向外發展之雲線下。如飛行絕對需要，則於獲得適當許可後，採取環航或從頂部飛過之技術。要記着該雷雨之危險區有多大範圍，且可能顯示之空域其安全性如何。

二、設如不慎進入這些雲線下，要儘快注意地面（或水面）有否塵捲（或海嘯）並避免企圖穿過雲帶飛行其上，試圖儘快予以脫離。

三、利用當地地面氣象監視雷達報告於起飛前簡報中獲得最佳之有利情報。常生成漏斗雲之雷雨類型顯示有一標準的回波（轉向延續的廣大砧狀，一扇形，有時為一與雲線符合一致之附屬波）。在起飛前或在 8,000 呎以下時對空用雷達作同樣之觀測檢查亦極有助。運用發像鈕，該鈕較找雷雨回波最佳輪廓之電鈕位置為高，然後抓住較弱雲之回波。

四、如無估計相對「風暴」風向量的可用情報，最常見的側面雲線方向和雷雨相連者，是東南轉西南然後西北。

五、在儀飛級標準下，要小心注意有關雲線的方向，可能與雷雨線本身之方向不一致。要運用已給之估計基礎再尋找可能的雲線方向。在運用地面雷達的向量上，需肯定所用之雷達確具能夠偵察這類雲線之能力，或可由此型雷達予以支援。

六、在雷雨之相反的側面，作近距離迴避的建議，無考慮之價值。需記着那會有其他危險，那即是必需品迴避的「巨雹」問題。

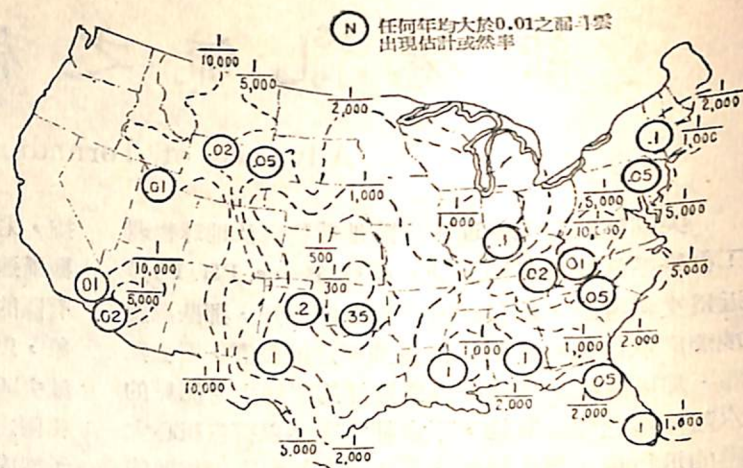
附圖一為一九五三——一九六二年期平均各年美國落磯山以東所示現龍捲或漏斗狀雲之或然率。

附錄「閃電與龍捲防護安全守則」

一、閃電防護守則。

(一)關閉門窗躲在室內，除絕對必要時嚴禁外出。

(二)遠離開敞的門窗，壁爐，電熱器，火爐及金屬線管，水槽及電器裝備插頭，如收音機，電視機，電燈和水箱等。



圖一

1953——1962年期平均各年所出現之漏斗雲或然率圖

(一)不可用電器裝備插頭，如吹風機，電牙刷，及電鬚刀等。

(二)不可用電話機——因戶外電線可能遭受電擊。

(三)當你在戶外時，停止對圍牆，電話或電線，油管及鋼架或有鋼筋建築等工作。

(四)不可使用金屬物，如魚桿或高爾夫球棍等。

(五)在開口的器皿中，不可執着有火物質。

(六)停止進行曳引車一類工作，尤當曳引車曳拉着金屬性裝備時，要儘快將其卸下。在開闊場地之曳引機車常有被閃電襲擊之事件發生。

(七)離開水面，跳下小船。

(八)如正在乘車旅行途中，則應躲在車中不動，汽車（有蓬或轎式車）是最佳的防護物。

(九)躲入屋內的防空洞，如無大廈可資利用，最佳的藏身之地是洞穴，溝壑，峽谷，或開闊林中空地一人高之樹叢下。

(十)當在一區域無防空洞一類隱避地避開附近之最高建築物或天然物，如附近只有絕緣的樹，則最佳的防護法是遠離絕緣樹而在開闊區臥伏地下。（因該樹木可能仍為最高者）。

(十一)避免山頂，開闊空間，電線藩籬掠衣索線，曝露的小型棚屋機車以及任何垂直導體。

(十二)當你覺得自己荷電頭髮豎起，皮膚刺疼——閃電可能即將打擊你，則應立即倒地。

二、龍捲風防護守則

(一)野外遭遇。

以直角脫離龍捲風路徑。如猝急應之，無法躲避，則應就最近地勢，平躺於小溝峽谷中。

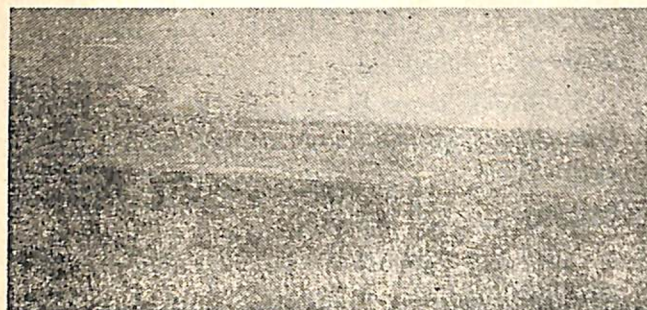
(二)城區遭遇。

1.快進室內防空洞，最好是個防龍捲風的地窖，地下坑道，或鋼架及水泥等堅固建築物，如大廈等。特別要遠離窗戶，以防吸出！

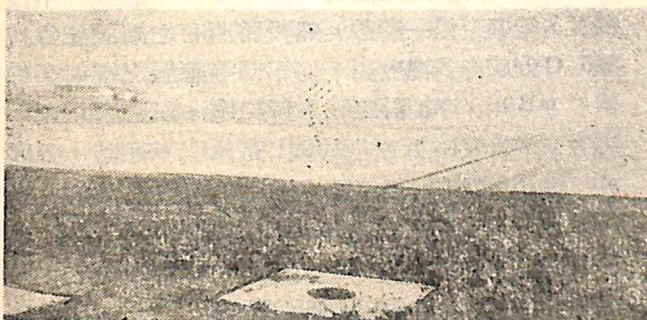
2.在辦公大廈中，要躲在最低層內之過道中，尤以地下室最佳。

3.在家中時，要對正龍捲風來向，躲在地下室的適當角落下，可供最大安全。在無地下室設備的屋中，要蹲在屋之中央，取較重大傢俱以為遮蓋而利防護。留着部份窗子不關，以防房屋爆炸，但與之遠離。

（上接第11頁）在每次的五分鐘試車期，據估計有14,000磅噴射機油（JP-4）被消耗，而共放出熱量為 6×10^{10} 卡路里。每次試驗後之水平能見度的增加，從不及 $\frac{1}{4}$ 哩增至一哩的 $\frac{3}{4}$ ，垂直方向則從地面至 200 呎（霧頂）。試驗前之能見度與五分鐘後之能見度，分別（參見圖十及十一）。圖十中只能看到一號飛機，而圖十一中則一號二號均可清晰看到，而三號為僅見。這些圖相是在機後 600 呎處所拍攝者，顯著區或前景所見乃為其右翼尖外的 150 呎區。不幸，掠過跑道區晴空的平均時間僅為二分鐘。所以此種技術的未來試驗被設計要延長其晴空



圖一〇 暖霧計劃試驗前天氣狀態



圖一一 試驗五分鐘後之能見度

4.在工廠時遭遇，於接到龍捲風警告後趕快要張貼佈告，按照疏散計劃，儘快進入有安全保障之疏散區。

(一)在學校中遭遇。

進入風暴避難窖或地下坑道，如無此類設備，可躲入大廈內，遠離窗戶。儘可能躲入最低層內部的走廊過道中。避免那些大而空闊（缺乏護物）的禮堂或健身房一類建築物如無鋼筋水泥建築物庇護，勿寧就地平躺找低凹地形藏身。

(二)守聽消息，注意通信。廣播站和電視台均為供給龍捲風最新情報之機構。給氣象局打電話，僅當報告一個龍捲風的行踪時。

——取材於1968年6月份Interceptor——

期，所樂觀的是飛機構造及油料消耗，均可補償更強的側風。如未來之試驗舉行後，其技術顯示證明可行，然後我們即將考慮設計一系統之任務，在該系統中飛機被置於空軍的較繁忙基地之一之落地區以供作業使用。

四、結論

空軍氣象勤務部的天氣改造計劃，在設計上先求能够做到為作業性之試驗，如證實可行，即進一步再求作工具式之試驗。在科學化的藝術境界範疇中，我們所用之技術，潛在的可應用到 AWS 的任務上，尤其 AWS 擁有全球性觀測站網及偵察機，故頗有資格完成其天氣改造野外試驗計劃。

AWS 現正從事六個天氣改造計劃，五個有關對空軍基地出現過冷霧之驅散——一個將碎乾冰從飛機上投下，另一個是將碎乾冰懸掛於汽球上；三個是用液體二氧化碳或丙烷從地面釋放。其中的一個用液體二氧化碳做試驗者，係以巨扇將合成水晶促進其分佈。第六個計劃是用噴射引擎的廢氣熱將跑道霧予以燃燒、蒸發。

冷罩計劃係用乾冰於空中散佈，在本年冬季已於愛勒孟德爾夫完成將近 200 次成功的飛機作業，而其技術仍在計劃的執行中導向標準作業程序。在以地面為基礎的丙烷和液態二氧化碳之釋放，與引擎廢氣熱之效果同，亦產生宏大成功效果。

AWS 的天氣改造計劃將續行於現行研究調查和已臻科學化藝術境地之二範疇。此外，更期克用 AWS 電腦，先助成野外計劃。最終，求能預先預告大規模試驗對週環境所達成之效果。