

高空氣象的研究

J. Durward 原著
耿秀雲 譯

本文目的，是要把高層風及其他現象的知識，作一概述，並敘述英國氣象家如何獲得這種知識，如何去發展其技術，使在航空上能有效的利用，俾在飛行時有所裨益。

通 論

現在，飛機大都在很高的大氣層中飛行，因此，濃雲，結冰，及其他氣象因素，對飛行已漸不是嚴重的問題，尤以在中緯度地區為然。

可是，在另一方面，又發生了問題，如地球上高空風的分佈，高空強風的發生（噴射氣流），以及晴空亂流等等，這些問題，在目前，對飛行上都很重要，本文就是要討論這些項目。

高 層 的 風

十五年來，無線電探空儀器的發展，我們能觀測高層的氣溫，氣壓及濕度，雷達測風儀的發明，使我們能測高空的風，同時，氣象人員對高空大氣層的知識有了很快的進步，世界各地成立了高空氣象台，氣象局(Meteorological Office)在英倫各島主要公路上建立了氣象網，英國聯邦各自治領也使用英國儀器，在許多地點，設立了同樣的氣象台，一般說來，世界各地的氣象經常觀測還算滿意，不過有些地區，迄今仍未達到同一標準。

經常的探空工作，使近十年來可作地面至二百呎等壓面（三萬八千呎）間各層的氣流圖，一天要作兩次，對短期高空風的預報工作，很快的發展開了！

要是計劃擴建航線，長期高空風的預報還是需要，在戰後幾年，英國自各地氣象台，搜集了很多可靠的資料，詳加分析，製成了春夏秋冬四季全球各地由地面以至一百三十呎處（五萬呎）各層的平均氣流圖，在一九五〇年出版，對航空公司開闢新航線時有很大的參攷價值，也是這類工作的創舉，最近又搜集了很多新的資料，將原有圖表予以修正，短期即將出版。

在這些圖上，最特出的一點，是在高層有一條強烈的西風帶，在冬季，主要發生在北緯二十至二十五度的上空，長度可延繞全球，在西風帶中某些特殊部份，大西洋及太平洋，由埃及到印度，其中的風速尤其強大，在冬季，四萬呎至五萬呎高空間，正規情況下，平均都在每時一百海里以上。

此種參攷圖，仍不能直接給工作人員所帶的資料，他們希望知道的是飛行時全線所需的時間，而不僅是在航線上某一部份的風速，因此，需要找一種新的方法，來解決這個問題，所需資料，可自氣象統計中很快的計算出來，氣象家處理這個問題，是指出「相當逆風」(Equivalent head-wind)的觀念，它的定義，是有一種不變的風，吹的方向，在各點沿着飛機的軌跡，因之造成實際的平均地速，亦即飛行時空速與地速的差數。氣象局在一九五〇年，出版了一種報告書，由統計資料表明了上述的理論，同時，還討論它的準確性，在上述報告書內，把理論計算及實際飛行所得的兩項報告，作了一個比較。

同年，氣象局又出版了另外一種報告書，供給世界許多航路上的「相當逆風」，並按春夏秋冬四季，求出了各航線由一萬呎到四萬呎，每隔一萬呎的相當逆風數值，所選擇的航線都是英國飛機經常飛行的。所發表的圖表，對於擴建正規航路的計劃者，有相當重要的價值，實在說，對每一個想駕飛機飛向海外者也都有所幫助。

當第八十五號地球物理誌 (Geophysical Memoir No. 85) 的圖表正在進行繪製時，測出了一種極強的氣流，持續有數日之久，並發現有相當的長度，但是寬度不大，同時，在美國出版的刊物中，也有報導。美國氣象工作者單獨繪製的圖中，也有這種情形，美國又把這種很快的氣流叫作「噴射氣流」(Jet stream)，這個名詞，事後已被公認。當然，在高空有強風的存在，很久以前就為人所測得，追溯到一九二五年，氣象員在英國南部，放了一個小氣球，四小時後，在德國萊比齊 (Leipzig) 城發現，這就指出了它是以每時二百海里的速度飄動。氣象員在地面所測五哩以上高空卷雲的移向及速度，也能得到充分的證明，就是在卷雲出現的高度，常有每時一百至二百海里的強風存在。

噴射氣流

高空中的噴射氣流，現在已是一個普通的名詞，很窄而又極快的氣流，沿着一個流向 (Direction of Flow) 能擴展到數百哩，超過每時一百海里的強風帶的寬度，大約平均二百哩至三百哩有時甚至可達五百哩以上，這種風的詳細結構，參攷噴射氣流的垂直剖面圖 (圖一)，即可瞭解。

圖一左面的刻度是高度，以呎為單位，圖底的刻度表示水平距離，以哩為單位，為求明顯起見，垂直比例比水平比例擴大很多，實線代表等風速線，例如，在線上標五十者，即表示沿該線垂直於紙面的風速都是每時五十海里，由圖可以看出，在各層高度上的風速，並不相同，有一中心，風速最大，在中心的上下及左右，風速減弱，最大風速的高度在三萬二千呎，不過，最大風速發生的高度，各個噴射氣流，不盡相同，噴射氣流掠過英倫的高度，一般在二萬呎至四萬呎之間。向氣流的下游看去，噴射氣流風速，在中心之左比右方減低的快，在氣流左方通常每一百哩風速減少四十至五十每時海里，有時會每百哩減少一百每時海里，在氣流的右方，風速減低，每百哩至多不過四十海里而已。至在噴射氣流的上下方，風速每隔千呎減低約十五每時海里。

噴射氣流長度變化很大，常自三、四百哩，至二、三千哩，較長的噴射氣流，其流向時常變化，很像一條灣曲的老年河流。

在每一噴射氣流中，最大風速區的下方，溫度自左向右增高，(面對下游)，因此通稱噴射氣流左方為冷區，右方為暖區 (如圖一)，其中斷線表示等溫線，這可以看出噴射氣流中，溫度及風速分布的正常關係。

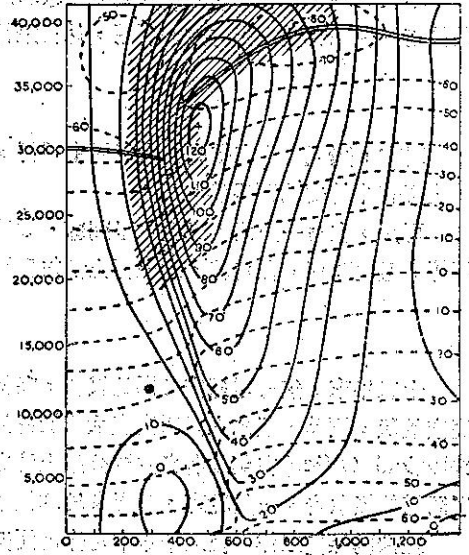
噴射氣流在中緯度與地面上極鋒相關，這並不足驚異，因為，在極鋒面上，有一顯著的溫度差異的集中區。噴射氣流的軸心 (Jet stream axis) 與鋒面有關，軸心通常是在冷鋒之後二百至四百哩，在暖鋒之前四百至四百八十哩，當然，其中的關係，並不像上述的那麼簡單，在最近曾作過調查，製成了東大西洋及西歐高空風的分佈圖，證實極鋒及噴射氣流之間，有着廣泛的關連。

英國及世界其他國家的氣象家業已證實，當飛機在二萬呎以上的高空飛行時，噴射氣流所佔的重要性，英國氣象局的達維斯及波斯特 (Davis and Burst) 曾作了一篇噴射氣流對航空的重要性一文，並經領航學院 (Navigation Institute) 於一九四九年五月，加以討論，引起了相當普遍的興趣。

西弗爾 (Vincent J. shaefer) 利用雲狀雲速以判斷噴射氣流位置的方法，曾在一九五三年十月三十日出版之「飛機周刊」上發表了一篇文章，並用有色照片，說明他在美國研究靠近噴射氣流附近的雲形，研究的資料，是用地面所觀測的雲狀紀錄。

英國氣象家曾把一九四九全年地面觀測，噴射氣流雲的分佈加以檢視，發現噴射氣流的卷雲，右方比左方為多，鋒面及層狀卷雲與中型雲大都在噴射氣流軸心的右方，但是，砧狀雲及由積雲分散而成的高積雲則多發現在噴射氣流軸心的左方，有一點值得提出的，就是噴射氣流的軸心很接近鋒面卷雲的邊緣。

為了更進一步研究靠近噴射氣流雲形的結構及其他氣象要素，在一九五一年至一九五二年間，氣象研究飛行隊 (Meteorological Research Flight) 的飛機曾作了二十次的特別飛行，氣象研究飛行隊是設在倫敦附近法爾包爐的皇家飛機建設部 (Royal Aircraft Establishment Farnborough) 內，後來，莫雷 (Murray) 對飛行觀測的紀錄予以分析，發現一個噴射氣流與另一個噴射氣流中的雲狀並不相同，但是傾向到相當的相似，在噴射氣流軸心的右方 (暖區) 為中型及高型雲所控制，此點已獲得證實，在軸心左方，發生頻率顯然減少，在左方水平雲分佈範圍，很少延展到軸心一百哩以外，在軸心的上層不會有層狀雲發生，雖然，在暖區對流層上部也會偶然有片狀卷雲發生。噴射氣流中暖區層狀雲的擴展，與地面極鋒有連帶的關係，若層狀雲很少或沒有時，則與地



圖一：標準型噴射氣流的剖面圖

- 等風速線 (海里)
- - - 等溫線 (華式)
- 對流層頂

陰暗斜線區表示時常發生激烈晴空亂流的區域

面極鋒就無關連，或僅與地面上很衰弱的鋒面有關係。

大部噴射氣流剖面圖（如圖一）所賴以供給高空觀測紀錄的氣象台，很少距離二百哩以內的，有時其詳細結構甚至有衝突之處，幸而在技術上英國氣象家已有了很好的發展，他們與皇家空軍工作上取得連繫，飛機可在一個固定的高度，與噴射氣流成直角飛入，因而可以獲得短距離內風速分佈的剖面。

最近，胡斯特（Hurst）作了兩篇報導，描述一架飛機，在二百呎固定高度，以同樣航速在同一航線上飛行，攜帶一具垂直照像機，每隔十二秒鐘照相一次，用以推論風向及風速，這是首次對噴射氣流作短距離多次連續性的觀測，根據這種觀測紀錄的分析，證實了用其他方法所作噴射氣流剖面圖的正確性。在設立有良好的高空氣象觀測網的地區，雖然這種技術用處很少；但是，經濟上常不許可設立高空觀測網的地區，用上述方法，來作研究之用，仍不失為良策，目前，專作研究噴射氣流的特別飛行，仍在繼續實施。

目前，在歐洲有足夠的氣象台以作噴射氣流變化的探測，在一般經常的氣象圖上予以分析，也可以看出噴射氣流，不過，在觀測網中氣象台很稀少的區域，預測二三百哩以外高空強風最大風速的位置及強風變區，還是困難，大部噴射氣流的移動，發展及衰退有一不變的型式，用最近高空觀測的資料，作短期的預測，非常的可能，不過現在氣象台分佈很稀，要是作噴射氣流的長期預報，尙感困難，還有現在我們所知道有關噴射氣流的學識，仍可能有錯誤存在。

在東斯大波爾（Dunstable）的氣象預報中心，對英國五百哩以內高空強風的發生或發展，經常的予以報導。

晴空亂流

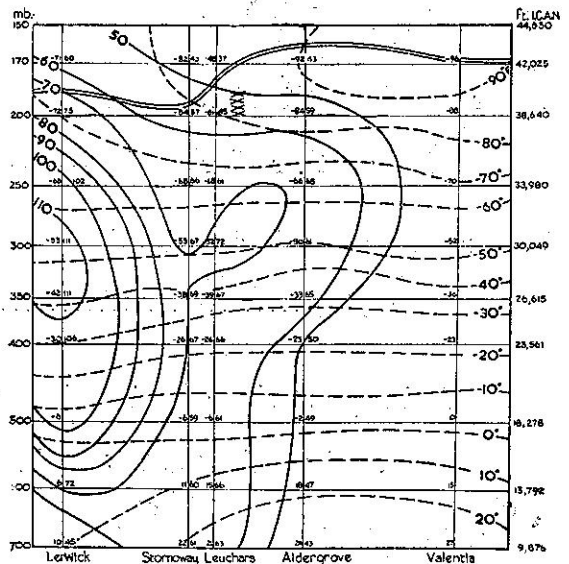
在低層發生的亂流，我們早已瞭解，從前人們認為，在對流層以上，空氣的流動是平滑的，除非有積雨雲的侵入，是無甚變化的。在過去十至十五年間，飛行員會報告，在對流層上部，或者在平流層的底部，晴朗的天空中，飛機有時發生強烈的顛簸，現在，稱這種現象為晴空亂流（Clear Air Turbulence）。

在戰後，當噴射推進的民航機開始研究的時候，晴空亂流問題就受到密切的注意，在一九四八年至一九四九年間，英國歐洲航空公司的蚊式機，爲了調查晴空亂流，特別作調查飛行，計飛了六百八十小時，在這一工作中，搜集了很多有價值的資料，希斯魯甫（Hislop）把這些飛行報告，加以整理，論及亂流發生的頻率，研究亂流水平及垂直的範圍，還有亂流強烈的程度，發現這種亂流每成條形大小不一，其代表性者約五十至一百哩長，三千呎厚。

氣象局也會把晴空亂流對飛行的影響予以調查，作成報告書於一九五一年出版，研究分析的結果，推論到英國上空，常在高層晴朗的空中，有相當強的亂流發生，但極強的亂流，則較少見，普通的分類如次：假如亂流對飛機的垂直加速度，大或等於 0.5g 時，就算是嚴重，g 是表示重力加速度，至於亂流層的高度及深度，可由統計資料推演出來，指示晴空亂流發生的高度在三萬呎左右，亂流與垂直及水平的風變（Wind shear）間，有密切的關連。

氣象局更進一步的研究因晴空亂流的嚴重事件與氣象情況的關係將自英倫及西歐收到的亂流資料與有關高度的圖表，加以研究，又將英國皇家空軍及法蘭包爐皇家飛機建設部所作特種飛行調查所獲得的資料也同樣加以分析，證實了在英倫及西歐發生的晴空亂流，百分之七十確定是伴同噴射氣流的，其餘大部是伴同高空強風，低壓或槽，

（接50頁）



圖二：Valentia 到 Lerwick 02:00 G. M. T. G.
 一九五四年四月十五日
 等風速線 (Kt) 上升線左方爲該層華氏溫度數
 等溫線 (華氏) 值，右方爲自310°來之風之分
 對流層頂 速 (Valentia無風之報告)。

十字交叉表示一九五四年四月十四日特別激烈的晴空亂流發生的地區