

超音速運輸機所需之天氣預報

樊滌兮譯

Weather Forecasting for Supersonic Transport

T.S. Fan

提 要

- 一、本文着重討論對超音速運輸機作業有影響之氣象因素，並就切合本題氣象因素所可期望之預報準確性，而達成其評價。
- 二、本文所討論之項目，計有風因素、溫度、亂流、雲、雨及雹，而音暴與宇宙線之輻射問題，只在探討之列。

康科特機 (Concorde) 之外型於茲已為衆所熟知，其體積與波音七〇七或 VC-10 相近，惟其翼展却較小。康科特機在四、〇〇〇哩 (約七四〇〇公里) 之航程中可搭乘旅客一二八人，而波音七〇七或 VC-10 機則在五、〇〇〇哩之航程中可搭乘一四〇人。二者之主要不同是康科特機從倫敦至紐約只費三個半小時，而波音七〇七等次音速噴射機則需六一七小時。

康科特機之飛行依其航速之改變可分四個階段，從起飛及次音速爬升至二五、〇〇〇呎 (約四〇〇毫巴)，飛機之飛行速度多是次音速飛行 (雖其爬升率不能較大)，在此過程所需之氣象要素與他型飛機無異。穿音速期，當飛機之加速從 0.93-1.3 馬赫時稱之，其高度正常為四〇〇—二〇〇毫巴高度層。多波音爆問題亦發生於此階段，故此種飛行可能會遭到限制，換言之，穿音速加速度將被允許只有在海上飛行始可。在此階段時突然之動作應力求避免，因一般多有亂流、冰雹或豪雨及積雨雲等存在。繼續加速至 2.2 馬赫 (約 1200 kts) 而高度達五三、〇〇〇呎 (一〇〇毫巴) 之巡航期間始止。此將為一巡航爬升飛機逐漸上升至六〇、〇〇〇呎 (七〇毫巴)；燃料大量消耗而重量減低。轉瞬超音速運輸機之馬赫數即將增加，而此期無需航管方面採取一連串必要步驟，一直至較高的飛行高度層。在最後階段飛機在五〇、〇〇〇呎高度再減速至次音速，由於下降衝場落地過程，康科特機之作業酷似一架次音速運輸機。

為康科特機而設置的氣象組織

從一九六九年四月由費爾敦 (Filton) 至費爾福特 (Fairford) 之處女航開始，起康科特〇〇二

機即作業於費爾福特隸屬英氣象局而為英皇家空軍脈動之氣象官，其職責即為負責與康科特機人員保持連絡並向其飛行人員提供氣象簡報。供憲康科特機之天氣預報係由倫敦希斯洛航空站 (Heathrow Airport) 氣象局所備製，然後由傳真專線傳送至費爾福特。在希斯洛填繪與分析之高空圖表，祇有一〇〇及七〇毫巴二種，且每日要作二次。此外對飛行任務，希斯洛氣象局要為英國海外航空公司 (BOAC) 每日準備二次預報，以供超音速運輸機赴紐約及阿拉斯加安克雷契 (Anchorage) 模擬飛行之用。一如康科特機正式擔任英海外航空公司之作業時 (約為一九七二年)，與其最有關者將是對此新機種能圓滿服務之氣象勤務。總之，屆時某些有關的氣象因素不但將與現在不同，且將益趨重要，特述之如後。

風因素——此一問題之需要程度較目前為次音速飛機者可能為小。在同溫層底部 (該處將為康科特機之巡航高度，介於一〇〇至七〇毫巴間) 之風速較對流層頂部附近所發現之噴射氣流一般為小，以更大的巡航速度和較小的風速對逸出大圓環航路而尋找最少時間的飛行航路可能較為不適，且介於一〇〇—一三〇毫巴間風的逐日轉變亦較三〇〇—二〇〇毫巴間者較易預報。事實上最近的真時圖已可滿意的供給十二或十八小時之預報，且較易符合所述五〇〇哩範圍內平均平方根向量誤差不足十五哩之要求。在五〇毫巴層二十四小時風的向量改變之標準差誤，據引述約為十哩。

為供希斯洛應用氣象局的電子計算機 (程式 Cimst) 現供處理一〇〇毫巴層之分析和預報。其作業範圍約為 $1:20 \times 10^6$ 計包括北大西洋及北美洲在內。一〇〇毫巴之預報係運用正壓模式，且獨立

產生為較低層高度所用的三層模式。希斯洛氣象局為預報七〇毫巴所產生之圖表是主觀式的，其中多數為注意計算機一〇〇毫巴之預報改變，而將此相同改變應用到七〇毫巴圖而成。對今後之次一代電腦對數值預報處理能運用十層原始方程模式，其伸展範圍為從一〇〇毫巴至一〇〇毫巴。一些更進步的技術對更高層之預報將是需要的。

溫度——對溫度行準確的預報準備對超音速噴射運輸機而言，較目前為次音速運輸機之意義更見重要。在巡航期以二點二馬赫之速度飛行，其動能和熱能將可使飛機之部份表面溫度接近所能接受之極限，且如遇溫度高於「國際標準大氣」(The International Standard Atmosphere)時，某種程度之速度減低是有其必要的。溫度亦影響燃料之消耗一因週圍之溫度愈高耗油量愈大，愈低而由引擎所產生之推力亦愈小。但所值記憶者，在噴射引擎之早期時代，預報員常被要求較今日更準確之溫度預報，當超音速噴射運輸機大量發展應用時，此種要求可能再度發生。同時超音速噴射運輸機之性能可能更較敏感於週圍溫度的變化，故預報員將被要求以謀改善其溫度的準確性。

在由 Compt 電腦所產生之現行溫度預報，共有從八五〇——一五〇毫巴之八層，所根據之高度為一〇〇〇毫巴，五〇〇毫巴、二〇〇毫巴及一〇〇毫巴而利用回歸技術處理之。對溫度預報所建立之要求為其標準誤差不得超過三度攝氏溫度。此已大部份符合三〇〇毫巴及其較低層，然而在二〇〇毫巴之結果却不很好。於夏季與此種所需之準確性大致尚佳，然而某些誤差却超過十度，尤當對流層頂過低時。冬季二〇〇毫巴之溫度預報仍不够好。但布雷底氏 (W.R. Brady) 供三層預報模式求溫度剖面 (包括對流層頂) 代表性的一種方法，現正發展一種更為良好的回歸技術型方法，該方法並考慮將對流層頂包括在內，預期於成熟後可作作業應用，對未來上對流層之溫度預報將有更佳之改進。

全年中一〇〇毫巴以上之同溫底層其溫度的日變化甚小。對四月至十月間西大海上空五〇毫巴運用月平均溫度預報，可獲得一標準誤差少於 30°C 之結果，此種情形祇要能以連續預報即可獲得改善。於冬季期偶可發現溫度之甚大改變，此即所謂「突然增暖」(Sudden Warmings) 之可能現象。

但這並非突然至不可預報程度之現象，此種影響常發現於高層 (三〇或更高毫巴層)，然後向下傳播增殖，即可突然發現一暖區，以此較緩慢之速度在連續圖中可資發現，故以外延法將可獲得多數時間之較佳預報。全年期如其預報成績較連續二十四小時預報差為差，則其標準誤差將可達 2.7°C。

對超音速噴射運輸機之設計家言有一要素十分重要，那就是在短距離的飛行中可遭遇到大的溫度變差。一個 16°C 改變的溫度極端值在逼近積雨邊緣之一哩處 0 留下記錄，則一個更極端值在一哩的一山坡內會創下 21°C 之差。在不同馬赫數下之溫度改變，由於其當然事實所需的幾何進氣亦不同。故其設計需能顧及此種劇大改變。因預先預報此區域性或袖珍區之溫度大量改變殆不可能。

最後有溫度者所需或值得考慮者是講解或表示預報情報之方法，迄今，為長距離飛行之預報圖表，仍採取幾個定時和固定航路高度層而將預報溫度插入代表性地點之圖表方式為之。可能某段飛行具間之溫度作臨界改變而航速又極可能呈穿音速狀態，這種情形常發生於高層對流層中。假如在此常為穿音層中之溫度較標準溫度為高，但其較高層則呈標準狀態或低於標準溫度，則在抵達其更高層前頗適於作穿音速加速之延緩飛行。所以一般所表示之溫度預報與國際標準大氣者常有軒輊而勿寧為絕對值。飛行計劃中之此一階段既被簡化省略，如一沿規定爬升航路之垂直溫度剖面被供給時。此種情形在航路與飛行數量被限之早期即應予以實習演練，俾供以後多數之飛行計劃可能轉變為電腦到電腦為基礎，而對飛行人員講解之圖表亦可能有更多簡化時，飛行人員在心理及經驗上，已胸有成竹而知所警惕。

亂流問題——亂流對超音速機之重要性至少與對次音速者同，尤於穿音速階段更其如此。預報晴空亂流之現用方法，主要根據決定強烈的垂直或水平風切和或急峻的溫度梯度以及有山波等因子存在的地區。晴空亂流是對流層頂以下極其常見之現象，但亦可能出現於平流層較低高度，故亦於在超音速機飛行之各高度出現達某種程度。迄今預報各高度晴空亂流之經驗仍嫌不足，故於超音速機的試驗飛行階段，必需多進行高級技術之發展。亂流對飛機之影響，與飛機本身之結構及特性，航速及大氣狀況而定，因之超音速噴射運輸機對亂流之感受性

知識僅可逐漸予以建立。晴空亂流之現行預報所指出之區域與高度對此大有裨益，然實際甚多飛機飛入這些區域，却未遭遇亂流，而那些曾經經歷過亂流的飛行員，在預報全期之各階段中却無法予以找到。換言之顯然這種情形將迫使預報變為可悲的事物了。就事實而論，遭遇晴空亂流之適當比例已涵蓋於預報中，現行預報技術可能被延伸至更高的層次，但就預報晴空亂流之標準，可能無立具希望之重大改進出現。

在爬升與穿音速過程，超音速噴射運輸機，亦將與次音速機同將蒙受雲中或進雲處亂流的相同險相，且其對超音速噴射運輸機之影響較次音速者將有過之無不及也。積雨雲無疑的是雲團中最可能之劇烈亂流來源，故極力設法對此雲予以趨避乃為超音速噴射運輸機之當務之極。普通預報技術已差不多可以正確指出一已形發展的積雨雲區內可有亂流發生的一般區域，但他們不能，亦不可能能正確說出何處或何時將會有積雨雲發生。地面氣象雷達當積雨雲出現時能供給此有用的即時情報，但與飛行員需建立有適當的通信。但此種設備不可能適用於所有基地，而甚大之信賴仍需置於空用雷達之目證始可。據報告在接近積雨雲之晴空亂流中每有急峻之溫度梯度形成，故者對任何已發現之雲頂均需採取有效餘裕之趨避為佳。

於爬升及穿音速階段，對流層中之亂流甚為普遍，但在有利條件時，積雨雲頂每可伸入平流層內，此種情形如對大西洋上空的巡航期中飛行言，將不能有危險發生，但在夏季的美國中部及熱帶地區 60000 呎之高度，則與此不可同日而語。如空用雷達已指示某處有積雨雲線出現於航程之前面，此時飛行員需當機立斷決定其是否需要改變航線或從雲頂高度掠過。因雷達所示之雲頂高度可能無所預期者準確。沿航路雲頂最大可能高度之準確預報，自將有其一定之價值，且其供給亦不應有太大之困難。

雲、雨和雹的問題——雲就一般而言，似無特殊危險存在。因超音速噴射運輸機可順利穿越任何雲層作迅速完美的爬升運動，大量的水晶可能是不尋常的現象，然一般除冰雹設備已足可應付此種困難。豪雨之影響效果與特殊的水雹更較嚴重，故顯然在這種天氣下之穿越飛行需力求迴避。豪雨與水雹常與積雨雲相連，而積雨雲之存在或是孤立狀或

嵌入其他塊雲中不定，然其對飛行之危害，却因亂流關係慎勿蹈入險惡淵藪。復進言之，飛行員必需要信任天氣預報中所指示可發生豪雨及水雹之地區，然後輔以更精確的氣象雷達情報，殆為超音速噴射運輸機飛行之氣象支援勤務不可或缺者——不論地面或空用氣象雷達。

音爆——地面音爆之強度，係根據飛機之特性而定，諸如飛機之體積、載重、被操縱之姿態，受風情形以及飛機與地面間之溫度構造效應等。為估定音爆之大小而計劃一飛行路徑及對音爆噴應每一政府規定之航行速度，其飛行計劃人員皆將需更詳盡的天氣報告，諸如穿音速飛行開始區之風及溫度，馬赫數 1.6 至 1.3 之最高臨界區，及為從離場至五〇、〇〇〇呎之高度第一個 200 哩的垂直剖面圖等，是為最便於說明的圖表，因溫度逆增與風切可生成之音爆的積聚，由等溫線與等高線可作最佳之描寫。在溫度與風的正常良好結構中常可出現局部或生命週期短促改變之情形，故能構成超過一般程度之局部性音爆，構成此種預報之公算雖小，然其變化之效果却碩大無朋。

宇宙輻射線——宇宙輻射線與其他從放射性物質而來之輻射同，從太空不斷的向地球大氣集中並由大氣所吸收。在正常情況下此種輻射之活動性程度甚低，對馬赫 2 或有更大飛行高度之馬赫 3 機之乘員不足構成任何危險。在最大之太陽活動週期中，僅有的幾次 (每年二或三次)，但却可與太陽焰伴生造成意義重大的宇宙輻射線爆發現象。超出人體所能接受的高能輻射量預期將被遭遇，尤於作馬赫 3 之速度飛行者。所幸安全的保護可由降低高度，因該處已由其上空氣之被過慮而達適當程度而獲得保障。此種問題在相當高的地磁緯度帶最糟，而作穿極飛行時亦可能需降低至四〇、〇〇〇呎高度。

製作未來數十分數至一百分數之預報，可能要基於對日面花盤型的變化觀測，或監視檢查高能質點的抵達地面而作決定，然可信賴的警告却因該時無線電通信可能正處於被干擾情況下，而不能傳至飛機。故此對超音速噴射運輸機而言，由其本身攜帶或裝置輻射監視或感應器，或亦可裝警告聽音器等，乃更需要之舉。且在實際之實行上一架飛機如已感受過量的輻射，即可將此情報盡快轉告其他飛行中之飛機。(下轉 20 頁)