

專稿

國際民航組織與世界氣象組織合辦之

畢夢痕

渦輪引擎飛機氣象預報講習會報告(節略)

A conference report on the Turbo-engine Aircraft weather forecasting discussion session—under the associated sponsorship of the ICAO and WMO

一、緣起

熱帶地區氣象資料太少，尤以海洋及高空為甚，對於渦輪引擎飛機越洋，洲際及橫渡兩半球飛行之效率及安全，影響甚大。國際民航組織及世界氣象組織有鑒於此，乃配合現有氣象網，暨從事熱帶航空氣象專家歷年來理論研究與實際工作經驗，擬具經濟有效分析預報方法，集合遠東及南洋一帶各國國際機場氣象人員，予以短期訓練，使在有限時間內，獲得熱帶航空氣象最新預報知識，而應渦輪引擎機長途高空飛行需要。

二、講習會日期及地點

講習會於民國五十一年十一月二十日下午在曼谷泰國氣象局開始舉行，至十二月七日下午五時結束。

三、主講人員及參加國家

講習會聘請泰國氣象局長瓦賽 (Real Admiral S. Vesse-Raimande) 為名譽校長，美國佛羅里達州大學教授納賽 (Prof. N. E. Le Seur) 為主任，國際民航組織伏司博士 (H. Voss) 擔任行政及財務及世界氣象組織范倫門先生 (N. L. Veranneman) 擔任技術事項，強生先生 (D. H. John-som) 及羅先生 (D. V. Rao) 為講師。派員參加此次講習

會國家，計有英、日、中、韓、泰、澳、寮、新、馬、越、緬、印 (印尼) 伊、錫等十六國，人員共有二十六名。

四、講習範圍及重點

為配合講習需要，所有教材及圖表，均以東經六五度至東經一三五度及北緯二五度至南緯一五度為限。重點則在該範圍內之熱帶及副熱帶地面及高空氣象分析預報技術之指導。

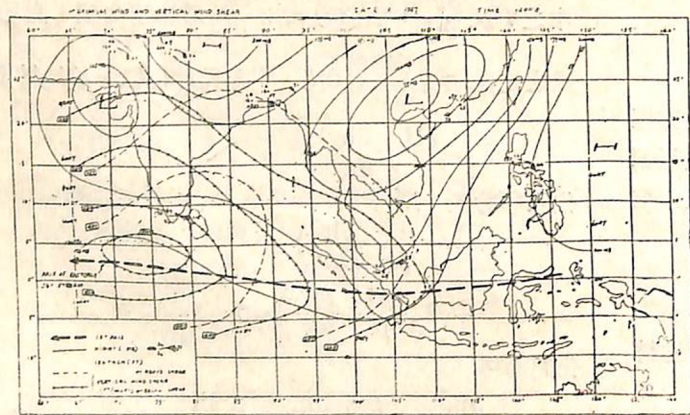
五、講習方式

此次講習，理論與實習並重，在每一項目講習後，隨即予以實例學習，或幻燈示範，繼之集合參加人員，共同檢討，務使獲得充份了解與運用。

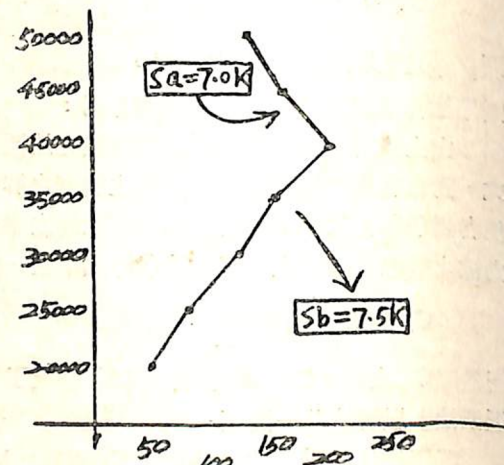
六、講習題材

講習題材共有氣流線、同風向線及等風速線之分析等九篇。實習圖例如下：

(一)分析一九五七年七月十二、十三日及同年八月十九、二十日之北緯二十五度至南緯十五度及東經六十五度至東經一三五度地面及高空八五〇、七〇〇、五〇〇、三〇〇、及二〇〇呎天氣圖，二十四小時氣壓及露點變化圖，對流層頂，最大風速層，垂直風變及航線垂直剖面圖共四十八份，非洲大陸八五〇呎、



第一圖 最大風速層圖



第一圖甲 水平垂直風變圖

七〇〇呎及五〇〇呎高空圖共三份。

(二)分析同風向線、等風速線及氣流圖共三份。

(三)按照國際民航組織規定，根據一九五七年七月十二日及八月二十日各種天氣分析圖，繪製飛行員預報手摺各一份，經過航線共為四條，一由曼谷至馬尼拉，一由曼谷至臺北，一由卡拉齊至新加坡，一由加爾各答至澳洲達爾文。內容包括顯著天氣圖各一份，終點預報各一份，航線垂直剖面圖各一份。

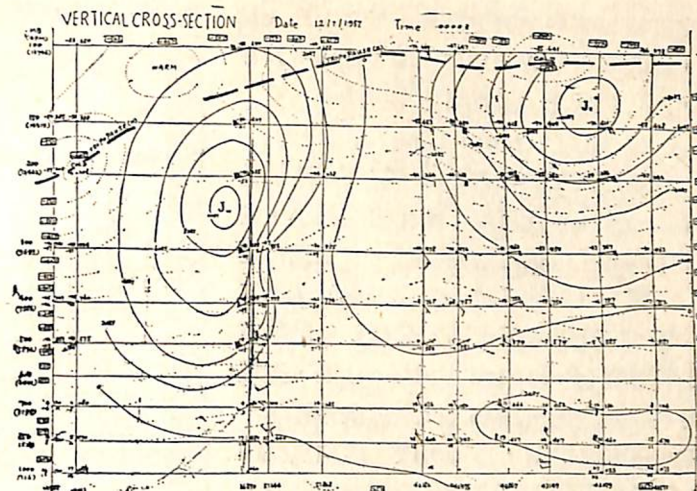
納賽教授專題講演五次題材如下：

1. 客觀天氣預報概勢。
2. 探空紀錄之應用。
3. 飛機偵察颱風及其路徑分析之幻燈示範。(共二次)
4. 晴空亂流之分類及預報。

七、講習內容摘要

(一)晴空亂流 (Clear-Air Turbulence)

渦輪引擎機航行高度，多在三萬呎以上，除起落站外，低空及地面惡劣天氣，已難困擾其飛行。唯一影響此類高空航行之要素，乃為噴射氣流 (Jet Stream) 及晴空亂流，前者可直接使其速度增減與燃料節省，根據飛越大西洋噴射機航行經驗，如能充分利用此項噴射氣流，可節省二十分至二十五分之飛行時間。後者則關係航行之安全。此項晴空亂流，通常是指一種與對流運動無關之高空亂流 (高度多在一六



第三圖 航線垂直剖面圖

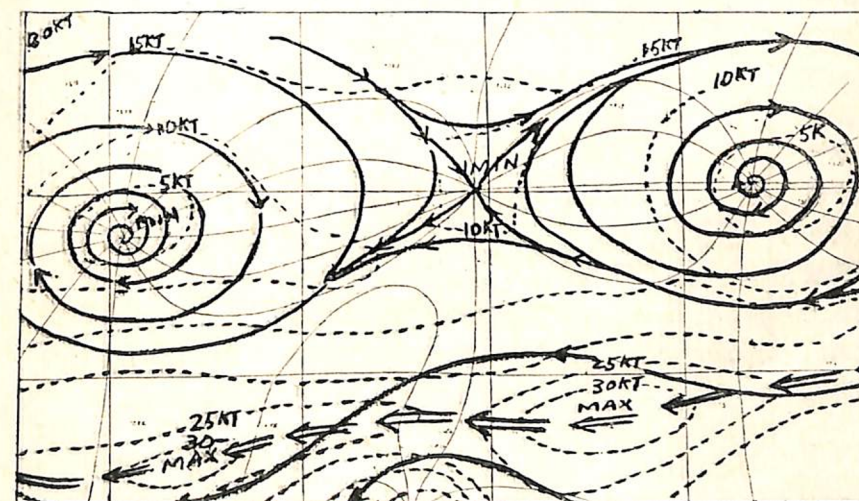
〇〇〇呎以上)，但包括因高山氣流波而引起之亂流。迄至目前止，產生此種亂流現象之原因，尚不充份了解。惟其未來變化，則可就現時各種高空探測報告，分析研究，予以推斷。從事此項預報，須作下列各圖：

1. 最大風速層 (Layer of Maximum Wind) 圖 (附圖一)，根據該圖可求得噴射氣流軸所在地及其趨向，同圖上，另有垂直及水平風變線 (Horizontal and Vertical Wind Shear)，垂直風變又分為兩種，一在最大風速層上空之風變，一在最大風速層下層之風變，下層風變多強於上空風變，單位為每千呎每時哩。該項風變可直接由各地探空報告計算而得，如附圖一甲所示者。按照各地垂直風變之大小，可推求晴空亂流之強弱如下：

垂直風變 (每千呎每時哩)	晴空亂流強度
八以上	劇烈
六一八	強度
四一六	中度
二一四	輕度
二以下	微弱

至水平風變與晴空亂流之關係如下：

水平風變 (每一緯度每時哩)	晴空亂流強度
六〇以上	強度
四〇—六〇	中度
二〇—四〇	輕度
二〇以下	微弱



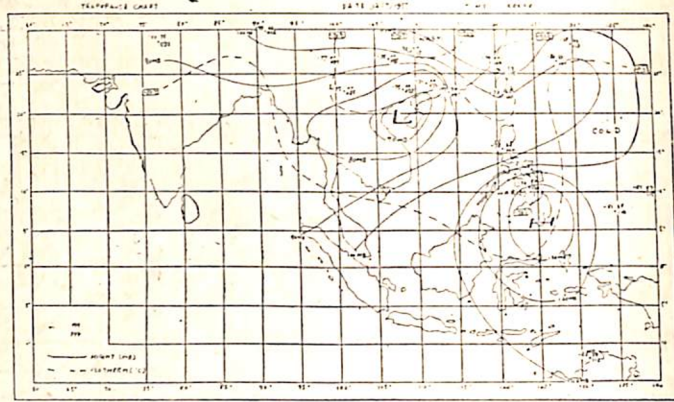
第二圖 氣流線圖



晴空亂流與噴射氣流之關係，就過去研究結果，則在噴射氣流出口處，晴空亂流次數最多，入口處次之，其他各方則較少。

(二)氣流線 (Stream Line) 圖 (附圖二)

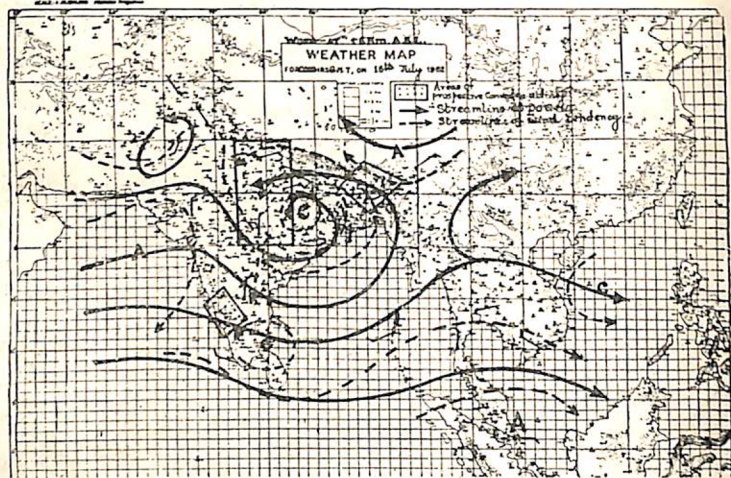
熱帶地區氣象報告既少，且探空所測之氣壓面高度，在此區域，變化幅度甚小，情況極不顯著；而經常觀測誤差，其幅度可達七〇〇呎，（大於正負十動力公尺），至二〇〇呎（大於正負四十動力公尺）。幾使習用之氣壓型 (Pressure Pattern) 圖，難以繪製。故從事此一區域之高空氣象分析者，只有使用氣流線圖，方能解決。該項氣流線圖，既無氣壓圖型高度變化不顯著之現象，低緯度上空之風向風速變化正常，易於分析，幅合幅散區，一經確定，變化分明，航空器依此飛行，即可暢通無阻。該圖復含有同風向線及等風速線二種，以資提供大氣流動基本結構之態勢。



第四圖 對流層頂分析圖

(三)航線垂直剖面圖 (Vertical Cross-Section) (附圖三)

遠東航線上各重要探空氣象台，其上空溫度氣壓及風向風速等變化，經探測得者，對往來飛機航行效率及安全，均有參考價值。此項資料定時予以繪成垂直剖面圖，則可顯示航線上三度空間之天氣趨勢，便利飛行氣象之預測。



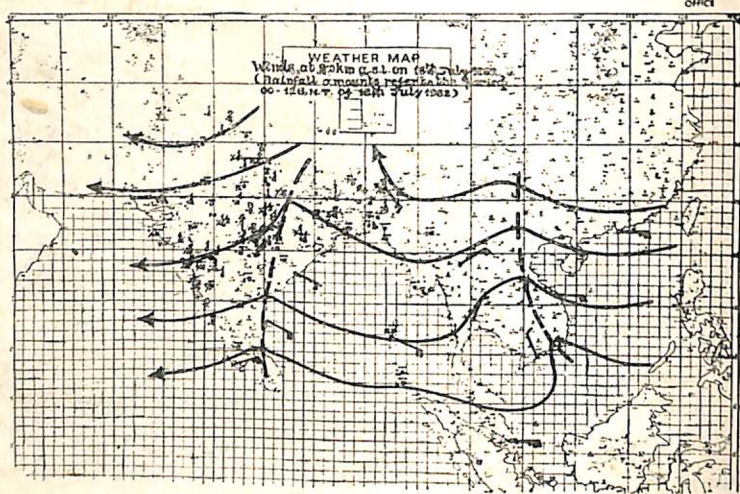
第五圖 雷雨預報幅合幅散氣流圖(一)

(四)對流層頂 (Tropopause) 之分析 (附圖四)

大氣層中可概分為對流層 (Troposphere) 及平流層 (Stratosphere)，前者為一般天氣發生處，後者則為穩定區域，界乎二者之間，則有對流層頂。該對流層頂多在四萬呎上下，與上述之最大風速層關係密切，根據各國飛機調查所得，百分之四十以上最大風速層在對流層頂下一千公尺以內。如高空風速紀錄不足，則可參考此項對流層頂推定最大風速所在高度。且對流層頂以上，氣流穩定，為一理想之飛行區域。故對流層頂之分析與預報，為渦輪引擎飛機高空飛行參考資料之一。

(五)雷雨預報技術

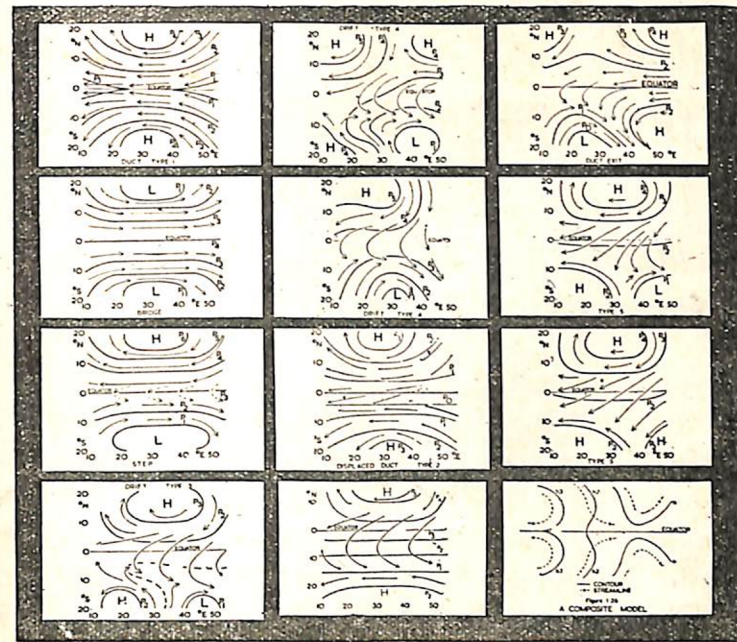
雷雨為對流旺盛之熱帶地區重要天氣現象之一，擾動甚烈，航空器對之極感危懼，故



第六圖 雷雨預報氣流圖(二)

。英屬東非於國際地球物理年中，曾設置相當數量之探空台，獲得足夠之探空紀錄，繪製赤道區風與氣壓關係如附圖七，按照該圖可將赤道區天氣分成四類標準如下：

1. 第一類係赤道旁之南北兩半球，為副熱帶之反氣旋所盤據。氣流線與等壓面高度線平行。幅合氣流在東部，幅散氣流在西部，但在中經區則氣流幾與緯度同向，等壓面高度梯度向赤道減低。
2. 第二類不似第一類之在非洲普遍，有時亦見於高空，東西氣壓分佈為一闊契尖形，赤道區則扁平。故氣旋分據赤道旁兩半球上。
3. 第三類係赤道區之東西氣壓分佈，有一種屈折現象，氣壓梯度消失，氣流則與緯度平行。非洲低空雖很少此類天氣，但通常所見者，則在一半球有一副熱帶高壓，另一半球同經度區則有一低緯度低壓。



第七圖 低緯氣流與氣壓關係圖

4. 第四類係在赤道北為一高壓，赤道南為一低壓，氣流以東北向經北半球通過赤道則轉向南，再折為西風而入南半球，故其為一簡單之繞經赤道偏流。

按照上述四類天氣類型，可供從事赤道區天氣預報人員，適當標準天氣分類之依據。

(六)高空風預報統計法

為補充現時高空風預報分析起見，可採用統計法中的一次迴歸方程式 (Linear Regression Equation)，將連續各日定時之風速紀錄，代入下式，以求得廿四小時後之預測風速。

$$\gamma_{24} = \frac{\sum(V_0 - \bar{V}_0)(V_{24} - \bar{V}_{24})}{\sqrt{\sum(V_0 - \bar{V}_0)^2 \sum(V_{24} - \bar{V}_{24})^2}}$$

$\gamma_{24}$ ——二十四時後之預報風速，單位每時哩

$V_0$ ——各次風速紀錄，單位每時哩。

$\bar{V}_0$ ——各次風速平均數，單位每時哩。

$V_{24}$ —— $V_0$  紀錄之次一位起各次風速紀錄，單位每時哩。

$\bar{V}_{24}$ —— $\bar{V}_0$  各次風速平均數，單位每時哩。

應用上式所得之風速預報，多屬平均數，在正常情況下比較準確，惟遇突變期間，則難免差誤。故須參考各當地高空情況予以修正，加入適當之參數，以資補救。(完)

須預為趨避，免遭摧毀。此項惡劣天氣，多為強烈上升氣流所造成，因屬地方性之短時間內天氣變化，目前尚無準確預報方法。唯一比較可靠方法，則為應用近地面一五〇〇公尺（八五〇呎）氣流圖，及九〇〇公尺（三〇〇呎）高空風分析，互相印證，亦可獲得相當之把握；即在近地面之氣流，如有一幅合區 (Convergence)，同地上空氣流為一幅散區 (Divergence)，如附圖五及六所示者，其雷雨之可能性甚大。

(六)熱帶颱風 (Tropical Cyclone)

颱風為熱帶溫濕氣團之產物，盛夏之季，挾其豐盛水份，自海上湧湧而來，既可摧毀田廬，為害人羣，亦可普降甘霖，灌溉農田，故科學家盡最大之努力，不斷從事研究。迄至目前止，關於颱風結構，經飛機雷達實際偵察之實例，認為其中心之確定，應以對流系統為依據，氣壓系統為輔佐。中心動向之推斷，則以外延法，與氣壓變化趨勢為主要依據。

(七)低緯度風與氣壓關係

赤道區域，高空觀測台稀少者，難以看出何種有組織天氣系統，對未來天氣有所影響。為適應飛行需要，故須選擇探空臺較稠密之赤道地區，藉所測高空資料，釐定一標準赤道天氣型，以供航空預報之參考