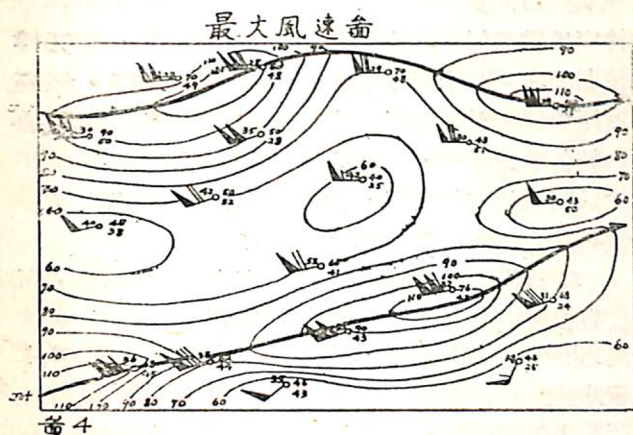


亂流預報作業討論 (續上期) 蔣志才

A Discussion of Turbulence Forecasting operation

(3) 最大風速圖——根據表 4 所有資料，個別填列在天氣圖上，風向風速以一般填圖法填繪錦旗圖樣。測站左方數字為主要最大風速之高度，右上方數字者為次最大風速 Kts，右下方者為其高度，該圖填妥後則分析繪製等風速線 (Isotach)，每 10 Kts 一條，如過于密集也可以 20 或 25 Kts 一條，以當時情況而定。最後分析繪製噴射氣流，一般情況噴射氣流是通過最大風速中心，不過也有例外，有時噴射氣流在次最大風速層或不在最大風速中心通過，這必需參考對流層頂圖及以下所述各項圖參照分析方可決定其位置，不可草率行事。因為高空亂流之預測主要是尋找噴射氣流之確實位置與其位移。若其決定位置有錯誤，則該次預測絕不會成功。若該圖資料充份而確實，噴射氣流定位準確，不



且可一目瞭然噴射氣流在平面上之位置，並可觀察其高度之變更，因各測站之最大風速高度均標示在左方。

(4) 垂直風切指數圖——根據垂直風切紀錄表所列各測站之資料，填繪四張圖：

A. Positive Primary Vertical Shear Chart. 正值主要垂直風切圖

B. Negative Primary Vertical Shear Chart. 負值主要垂直風切圖

C. Positive Secondary Vertical Shear Chart. 正值次要垂直風切圖

D. Negative Secondary Vertical Shear Chart. 負值次要垂直風切圖

垂直風切指數圖

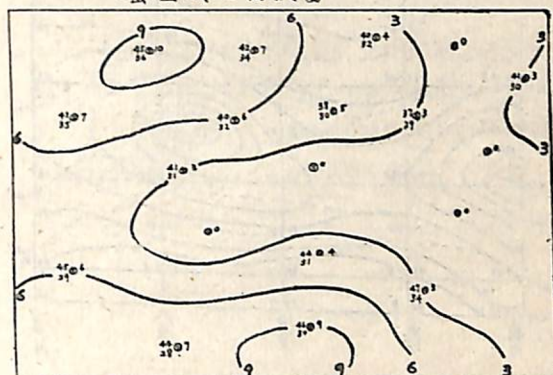


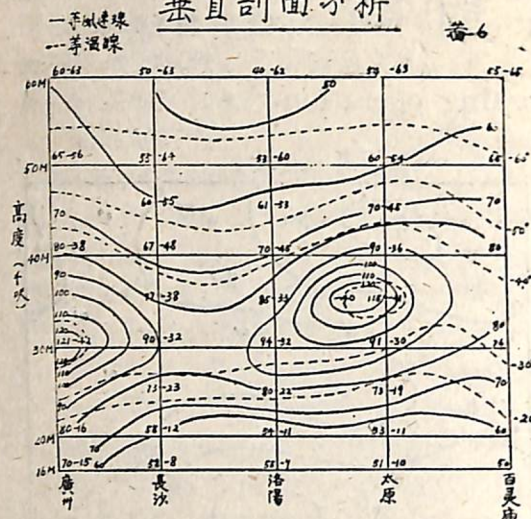
圖 5

該四張風切指數圖，係根據各地高空風剖面分析所得主與次最大風速，及其上下方之風切指數資料，分別填列如圖 5。所謂「正值、負值」即上述最大風速之上下層為判。如圖 5 為負值主要垂直風切指數圖，則屬填註主要最大風速之負風切，亦為最大風速高度上方之風切層資料。至「主要與次要」則決於各層最大風速之數值，至為簡易。

填圖舉例：如“ $\frac{55}{40} \otimes 9$ ”字樣表示風切層頂底高度為 40000—55000' 之間，風切指數 9。再根據所填列之風切資料，每隔隔 3 繪一等風切線，即成垂直風切指數圖。該四張圖應描繪在透明膠紙上，以便重疊分析之用。其測站左方之高度指示，不可忽視，因預測亂流高度與厚度時，將利用該項所填資料。

(5) 垂直剖面分析圖——圖 3 為單一測站之高空風垂直剖面，而本圖為挑選同一經度之測站資料，作同經度之垂直剖面分析，並加填各層氣溫，以便分析噴射氣流之準確高度與位置。以圖 6 為例，廣州、長沙、洛陽、太原與百靈廟五地，幾乎同在一經度，可作為橫座標，縱座標則以千呎表示。垂直線左面填該地探空之風速 Kts 數，右面填氣溫。風速每 10 Kts 繪等風速線一條，氣溫也以每 10°C 繪等溫線一條。圖 6 顯示等風速線之高中心幾與等溫線之低中心相吻合，以此法尋找噴射氣流（位置與高度）可得明確結果。因噴射氣流中心風速最強，而氣溫較週圍為低，如圖 6 所示，在洛陽與太原之間有噴射氣流，高度在 34000'，另一噴射氣流在廣

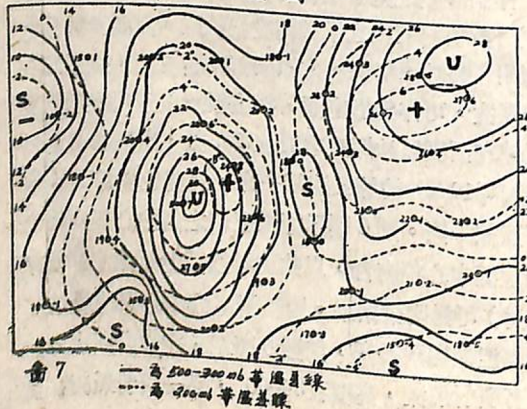
垂直剖面分析



州以南，高度約在30000'。

(6) 500mb, 300mb, 200mb 溫差圖——該項溫差圖可分兩張填繪：一為500mb氣溫減300mb 氣溫，填各測站之氣溫差，並每隔2°C繪一等溫差線；另一為200mb氣溫減過去12小時（或24小時）氣溫，也每隔2°C繪一等溫差線。為方便起見也可合併為一張（如圖7），前者之差數填在測站左方，後者之差數填在右方，然後用顏色筆分繪等溫差線，以資識別。該兩項氣溫差為預測亂流之輔助圖。500mb—300mb 氣溫差高區以“U”表示，因其差數大表示該層之垂直氣溫梯度大，有不穩定情況可能。反之則“S”表示，表示氣溫梯度小有穩定作用。至于200mb氣溫差增加區以“+”號表示，負區則以“-”表示。正區為一不祥之兆，因200mb層已為平流層，該高度氣溫分佈赤道反較極地為冷。通常噴射氣流均由極地行向赤道，很少有赤道類之噴射氣流不斷向極地移動。故氣溫增加象徵着極地氣流在

氣溫差圖



南下，將導引噴射氣流南下。

(7) 500mb 等壓面圖及對流層頂圖——500mb 圖之繪製與一般繪製等壓面方法相同，惟應將所決定之噴射氣流描繪在該圖上，以備預測亂流作業時參閱。至于對流層頂圖，係根據各探空測站之對流層頂資料填寫氣溫與風向風速，一如最大風速圖繪製等風速線，並繪等溫線，以鑑定噴射氣流之所在，不過一般亂流預報員均樂于利用最大風速圖分析噴射氣流，而該圖僅作輔助參考之用。因噴射氣流未必在對流層同一高度，若根據該圖分析噴射氣流未必準確，也感到難以着手，分析困難。

以上七項圖表為預測高空亂流之基本資料。繪製完畢後方可着手預測工作。

B. 高空亂流預測作業：

該項預測作業首要為分析噴射氣流之準確位置與高度，噴射氣流決定後，再繪製24小時槽脊線與噴射氣流預測圖，噴射氣流之位移尚無理論方面計算公式，可供作業時臨時計算，惟噴射氣流位置在氣候方面資料已有多年紀錄可供參考。在各季中緯度地帶噴射氣流南移每日約五個緯度，至低緯度後則減速。至于夏季噴射氣流位置較北移，然高緯度極地類噴射氣流仍有南移，但其南移週期與速度均較各季為緩慢。預測未來噴射氣流位置時，可參考該項氣候資料及前兩天噴射氣流位移速度。至于預測亂流作業可依以下步驟逐項實施：

(1) 首先用明膠板錄繪所決定之噴射氣流，再將該明膠板重疊在正值主要垂直風切指數圖上。依照表列標準草描亂流區，並標示亂流厚度，其厚度係根據垂直風切指數圖上測站左面風切層厚度再加其頂與底各兩千呎。並表明亂流強度（英文簡字 L、M、S）。該原始預測明膠板以後簡稱謂 A 板，以便於敘述，A 板上所寫數字與線條均用臘筆，便于以後擦改。

(2) 將 A 板再重疊在負值主要垂直風切指數圖，添繪該圖所顯示出之亂流區，所用亂流強度標準與上項表列數字相同。如亂流區與 A 板原有標示擴

水 平 風 切	垂 直 風 切	亂 流 強 度
25Kts/1.5緯度	3—9Kts/1000ft	輕 度
25Kts/1.5緯度	9—12Kts/1000ft	中 度
25Kts/1.5緯度	12—15Kts/1000ft	中度偶嚴重
25Kts/1.5緯度	15Kts/1000ft以上	嚴 重

大，則擦改之，其厚度與強度也然。其次再重疊 A 板于正負值次要垂直風切圖上，依照以上相同方法，修改 A 板之草描亂流區域（稱為 Box）。該四張垂直風切圖重疊後，乃 A 板上已有因垂直風切所引起亂流標示矣。

(3) 將 A 板再重疊在最大風速圖上，依照第(1)項表列數字作水平風切所引起之亂流標示，如發現亂流區域重疊或擴大，也照前例擦改標示之。乃 A 板標示亂流區域，厚度及強度，已包括垂直與水平風切所引起者。其結果嚴重亂流約在如圖 8 之斜線長方形內。

(4) 其次考慮其他情況：如槽線前方渦旋率最大之區域；高空與低空有噴射氣流相交處；500mb—300mb 溫度差圖有不穩定區及 200mb 有強大溫度增區；；噴射氣流彎曲處，應考慮亂流之存在，並修改 A 板標示。故 A 板原先預測亂流區域很小，然經各種圖表重疊修正再修正後，預測區域增大，厚度及強度也增加。可是預報員決不願意將預測亂流容積任意擴大，因預測考核得分與預報體積是成反比。

(5) 預測亂流存在 A 板既已完成，乃再依據 24 小時噴射氣流預測圖，預測 24 小時後亂流區之位移與形狀之改變。預測亂流區以原定長方形最前點延氣流方向（500mb）伸延 24 小時之距離，再以原定長方形最後一點伸延 24 小時之距離，再減去原有長方形長度，此點即為 24 小時後亂流區之最後一點，

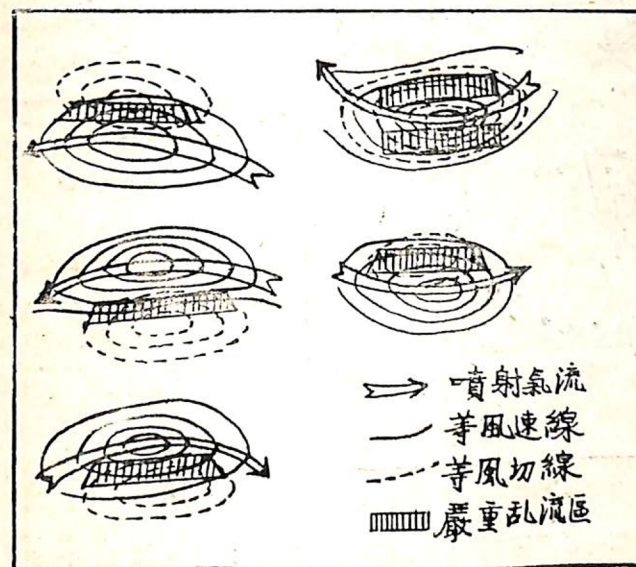
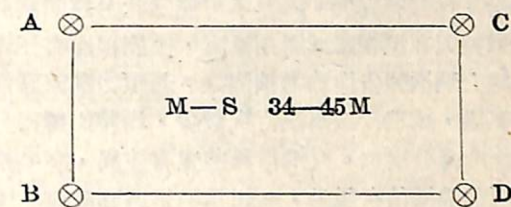


圖 8

結果 24 小時後預測亂流區域較在 A 板上原定亂流區域為大。事實上亦然，原有亂流區會在不斷伸展，其強度可能在改變。猶如炸彈爆發後之塵灰隨氣流飄動，其範圍會增大，然其濃度可能充淡一樣。當 24 小時之預測亂流區域。並將 12 小時與 24 小時預測亂流分別描繪在空白天氣圖上，以備考核。

(6) 編碼拍發高空亂流預報，假設該亂流預測為二月一日 00—12Z 之 12 小時者，乃可照圖逐個以四個方形（或多角形）編發，例如該 ABCD 四角形之四個角為四個測站，則電碼可編為：



CAT 0201 0012

ABCD M-S 34-45M

QPSYZ L 25-30M

XZJK M 30-42M

各航空基地收到該項報告後僅依照地名代號組順次連線則成四方形或多角形，不致發生誤會。

預 報 考 核

低空山波及高空晴空亂流預報可合併編發電碼供其他基地參考，故預報考核也可合併辦理。預報考核是將所作 12 與 24 小時亂流預測圖置於資料管制人員前，每有飛機亂流報告，即將其亂流高度，時間與亂流強度填寫在預測圖上（如圖 9），時間過後再數有多少報告是預報正確，有多少報告不是正確。再照下式計算此次預報之得分：

$$\frac{\text{命中數}}{\text{預報體積}} \times \frac{\text{未預報體積}}{\text{未命中數}} = \%$$

命中數——預報正確之報告數目

未命中數——預報不正確之數目

預報體積——為所預報區域體積之總和，計算該項體積應將預報亂流區逐個計算然後總合，若有一預報區為四方形僅需兩邊相乘，再乘以預報厚度即為該區體積；如所預報區為多邊形，則可分二或三個三角形，再合併計算。

未預報體積——為該預報單位權責預報範圍及

其厚度之乘積，然後減去已預報之體積是也。

由上式觀之，命中報告多則得分高，未命中報告多則扣分多；預報範圍愈小則容易得高分，預報範圍愈大則扣分也多，該項考核辦法較為合理，有使預報員以技術本位之思想作亂流預報。如欲將預報亂流區域與厚度盡量擴大，固然亂流報告預報容易正確，不會超出其預報範圍。可是預報準確率得分反而變小。因其預報範圍太大，是一沒有把握之預報。

此種考核方式堪稱公平合理，可是仍不免有運氣成份使得分有高低。因為不可能為此考核而派萬架飛機整天在預報區域探測亂流，僅能根據有任務或航線上飛機報告作為考核依據。若預報亂流區無飛機經過，或飛行該區飛行次數少，均將影響得分。反之則得分增加。又飛行員感覺有差異，有些飛行員認為飛機稍有震動，則認為是遇到亂流，別人則認為是飛機本身動力之不平衡所致。即使真是遇到亂流各人的感覺不同，各人所報告亂流強度也異，所以所考核的結果也就不能說是十分準確。不過目前情況下也能做到如此，所能改進者飛行報告應嚴格要求，報告間隔時間可要求縮短，使報告次數增加，增進該項作業之準確性。

結 論

該項亂流預測名稱有異，有似高度高低之分，也有稱謂方面之不同。如高空亂流空軍方面稱「晴空亂流 (Clear Air Turbulence)」，而國際民航組織則稱謂「Short Term Turbulence」。三年前國際民航組織曾要求各國提供該項高空 Short Term Turbulence 資料，本軍也為被要求單位。但是時本軍能提供該項高空資料之機種少，加之平時飛行員報告資料不多，未能履行該項國際義務。不過由此可見國際間重視該項亂流作業，筆者主持空軍氣象中心業務之始，有意創辦該項亂流預測工作，然因原始資料來源無着。平時僅收到國外探空定壓面層之資料至 100 mb 為止，又無高空風資料補足，無從着手。同時氣象中心人力不足，開展該項作業困難多，故延宕迄今尚未辦理，引以為憾。

近代航空事業發展神速，空中航行也日益頻繁，飛行高風度也逐漸增高，大氣中之亂流尤為空中航行安全之剋星，亂流預報將為航空事業必辦工作，尤其在反攻大陸後，飛機航行距離遠，若無是項亂流參考資料，可能發生無數之財產損失與生命慘案。並盼各氣象先進對該項作業方面不吝指教，因亂流預報世界各國辦理單位不多，相信作業方式也有異，更無定則可供遵循。唯有從實踐中求進步，由進步中研究發展。

亂流預報考核圖

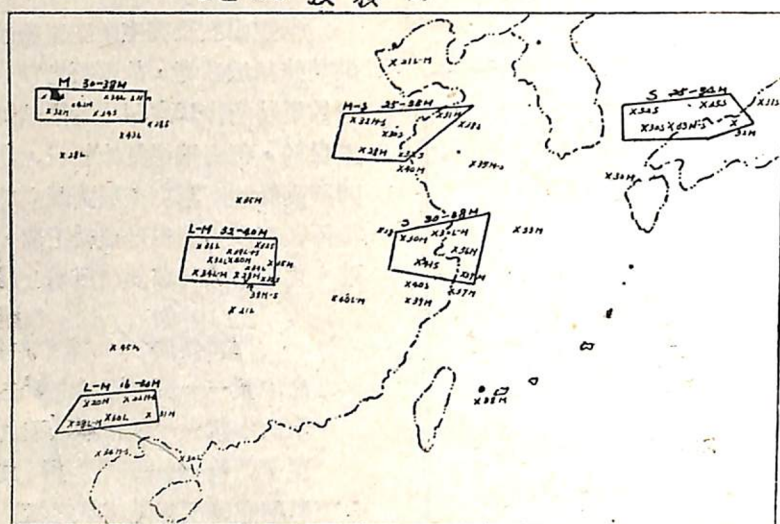


圖 9