

綜論惡劣天氣預報

劉昭民

一、前言

造成惡劣天氣及顯著危害天氣的氣象因素甚多，國際民航組織（ICAO）雖然規定次音速巡航空層中應編發 SIGMET 之天氣現象，包括雷暴、熱帶氣旋、亂流、積冰、山岳波、塵暴、沙暴、火山灰等。在近音速及超音速巡航空層應編發 SIGMET 之天氣現象，包括亂流、積雨雲、冰雹、火山灰等，但是在台北飛航情報區內並無活火山及沙漠存在，所以前述的這些顯著危害天氣中塵暴、沙暴及火山灰等，吾人無需討論。而濃霧雖未列為應編發 SIGMET 之天氣現象，但是它和降水所造成的低能見度却會嚴重危害飛航安全，因此本章將造成低能見度的霧和降水、飛機積冰、大氣亂流、積雨雲或雷雨、大風和低空風切等之預報，作為本章討論之重點。

各種惡劣天氣及顯著危害天氣之預報方法甚多，一般天氣學及天氣預報學教科書中也有很詳細的說明，但因各地所在之緯度、地形、地貌、季節、氣候等皆有極大的差異，故教科書中所提的預報方法不見得均適用於台北飛航情報區，例如美國的飛機積冰預報法即不見得適用於台北飛航情報區，需經長期的校驗，並累積自己發展的預報經驗，才能得到更準確的預報方法。茲根據筆者三十餘年來之預報經驗，並參閱拙著及專家學者的許多研究報告，摘出各種惡劣天氣及顯著危害天氣預報要領，並將各種預報檢查表緊列其後，以資應用。

二、低能見度（含平流霧、平流輻射霧、降水等）之預報要領

屬於穩定性天氣的濃霧、不穩定天氣（即強對流天氣）的豪大雨、颱風及熱帶性低氣壓等等，均能造成低能見度，茲分別略加討論如下。

（一）濃霧（冬季或春季且以西部區域為主）

台灣西北部、中南部和金馬地區在春末的三、四月份及夏初的五、六月尤多平流霧和平流輻射霧，而平流霧和平流輻射霧的先決條件是海水面溫度要冷，冬末春初，台灣海峽的洋流為自北南下的親潮，海水面溫度較冷，暖濕空氣在其上平流時，低層暖濕空氣將產生冷卻作用，使暖濕空氣達到飽和，形成平流霧或平流輻射霧，到了春末夏初（梅雨季的五月～六月中旬），台灣海峽的海水面溫度仍冷，故亦易產生平流霧及平流輻射霧，而台灣東部海域為自南向北流動的黑潮，海水面溫度較高，故不會有平流霧及平流輻射霧形成。

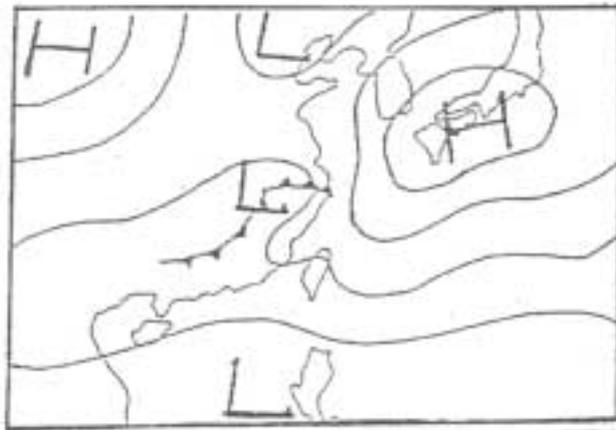
春季至夏初，台灣西半部和金馬地區的濃霧多和移動性高壓後部迴流及東海、江南、華南之間有冷鋒和滯留鋒有關。因此以下兩種天氣型存在時，台灣西半部和金馬地區容易出現平流霧和平流輻射霧。

1. 高壓後部迴流型（見圖一）

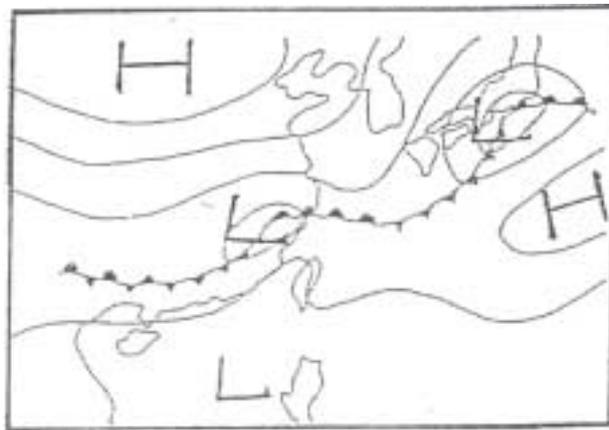
2. 鋒面暖區型 (見圖二)

此外還要考慮以下各點：

- (1) 925hPa 及 850hPa 天氣圖上顯示台灣地區有暖濕空氣平流，因此台灣地區 925hPa 及 850hPa 之風速不能太大亦不能靜風。
- (2) 台灣地區及大陸東南沿海區之低層大氣要飽含充分的水氣，因此這些地區要在濕區範圍內。
- (3) 低層雲量要少，以利晚上地面上的長波輻射。
- (4) 春季及梅雨季，台灣海峽的海水面溫度要較冷。
- (5) 春季及梅雨季，鋒面接近馬祖時，則金馬地區出現濃霧的機會更大。



圖一：高壓迴流型示意圖



圖二：鋒前暖區型示意圖

(二) 不穩定天氣的豪大雨、颱風及熱帶性低氣壓

1. 不穩定天氣所造成的豪大雨的定性預報方法，以夏半年強盛西南氣流引發豪大雨為例，其預報法則如下：

- (1) 850hPa 風速 $> 25\text{kts}$ 。
- (2) $(T - Td)_{850} \leq 2^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 台灣地區有顯著的正渦度或正渦度平流作用，Omega 值為負值及 700hPa

垂直氣壓速度。

(4) 蕭氏指數 (S.I) $\leq 1^{\circ}\text{C}$ ，Ri 為負中心。

(5) $\Theta_{se_{850}} \geq 75^{\circ}\text{C}$ (348°k)。

(6) $\Theta_{se_{850}} - \Theta_{se_{500}} \geq 5^{\circ}\text{C}$ (278°k)。

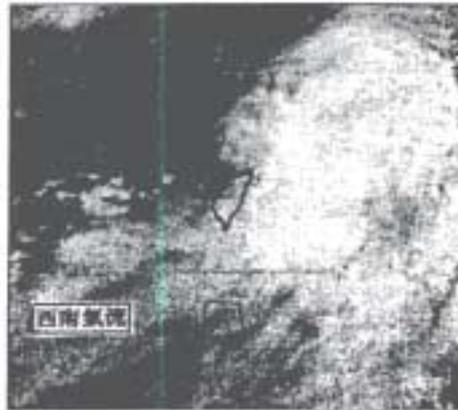
(7) 低層風速由上往下增強。

(8) 迎風面上的地形舉升作用。

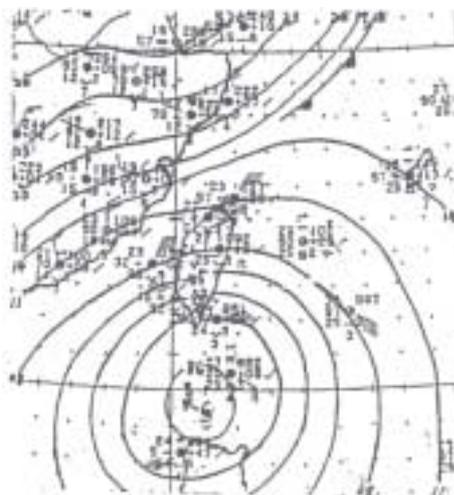
其定量預報方法可列舉所有的預報因子求得各地區豪大雨雨量之迴歸方程式。

2. 颱風侵襲所造成的豪大雨之落區預報

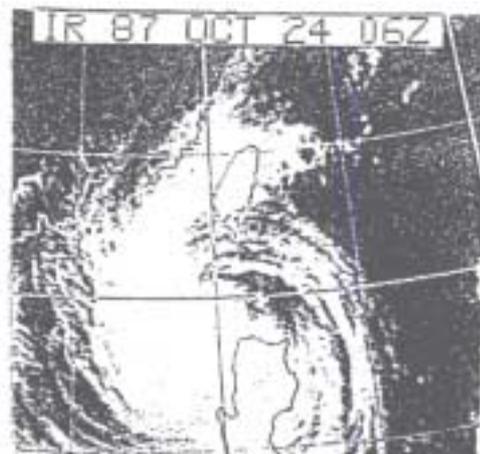
考慮颱風氣流之迎風坡以及水汽之來源為主，以夏颱9字型颱風環流雲帶及秋颱6字型颱風環流雲帶為例，前者螺旋雲帶分布在颱風中心之南象限，所以颱風自台灣地區或台灣東方海面北上時，台灣中南部地區容易因颱風9字環流，加上地形舉升作用而出現豪大雨（見圖三）。後者在秋末冬初多半有明顯的冷鋒雲帶，所以秋末冬初，颱風自呂宋島或巴士海峽西移，或自台灣東部近海面上或自台灣海峽北上時，台灣北部及東北部地區易出現豪大雨（見圖四及圖五）。



圖三：颱風北上東海後，引進旺盛西南氣流，造成台灣中南部地區豪大雨



圖四：1987年10月24日0000UTC
地面天氣圖（琳恩颱風）



圖五：1987年10月24日0600UTC
衛星雲圖（琳恩颱風）

3. 熱帶性低氣壓

夏季台灣及呂宋島附近有熱帶性低氣壓時，台灣地區大氣層常常十分暖濕不穩定，極容易發生豪大雨。

三、飛機積冰

飛機積冰多發生在 0°C 等溫線附近以及高度 5000 呎至 25000 呎之雲層中，因此預報飛機積冰之空域，視季節、0°C 等溫線所在高度、雲層之種類、雲層的厚度而定，因此預報飛機積冰首先要注意的是，有沒有 0°C 等溫線存在於 10000~25000 呎之間（夏半年），或者存在於 10000~20000 呎之間（冬半年）以及 5000~20000 呎之間（冬季有特強寒潮時），其次是雲層厚度有沒有達到 10000 呎或以上（冬季特強寒潮南移至本區時，則 5000 呎以上）。其他要注意事項如下：

- （一）梅雨季及夏季秋季有積雲及積雨雲存在時，則 0°C~-15°C（10000~25000）呎之雲層內容易出現中度及強烈飛機積冰。
- （二）冬季、春季以及梅雨季中，700hPa 高空槽前以及各種鋒面上之層雲、層積雲、厚高積雲、雨層雲、高層雲內 10000~20000 呎（0°C 等溫線為 5000 呎時，則 5000~20000 呎）雲層內容易出現中度積冰。

四、大氣亂流之預報（以中高層為主，強度達中度以上）

冬半年期間，噴射氣流軸心常常南移至本飛航情報區北部及中部之上空，且噴流軸常伴隨有對流層頂及高空穩定層（高空逆溫層），因此極容易產生大氣亂流，預報主要規則可分兩方面說明。

（一）分析垂直風切值圖

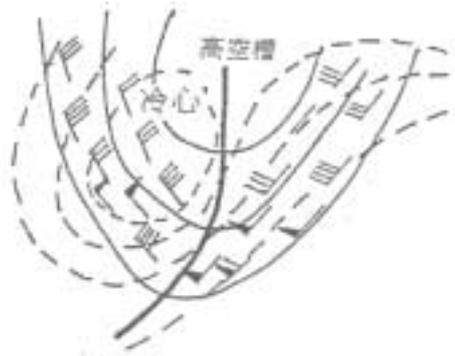
在垂直風切值圖上每間隔 3k（3kt/1000 呎）分析等值線，並依 6k~9k（6kt/1000 呎~9kt/1000 呎）為輕度亂流，9k~12k（9kt/1000 呎~12kt/1000 呎）為中度亂流，12k~15k（12kt/1000 呎~15kt/1000 呎）以上為強烈亂流。寫出中度以上亂流（k 值 \geq 9kt/1000 呎）之區域及亂流之強度。

（二）高空圖和地面天氣圖模式法

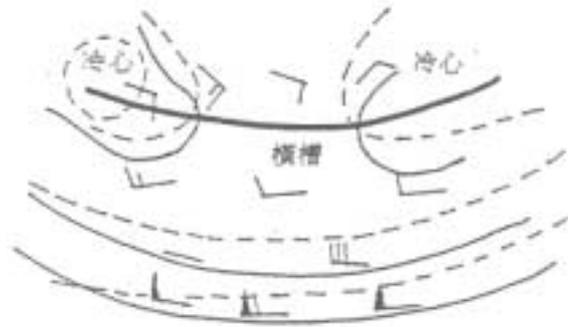
晴空亂流並非無中生有或無跡可尋，根據國內外航空氣象人員之統計，容易出現中度以上晴空亂流之模式圖計有以下各者：

1. 300hPa 高空槽前後有較強之晴空亂流（見圖六）。
2. 有 300hPa 橫槽之區域，因風向多變，風切明顯，故有較強之晴空亂流（見圖七）。
3. 300hPa 高空冷心低壓附近容易出現亂流（見圖八）。
4. 300hPa 噴射氣流軸心附近水平風速差較大區域多晴空亂流（見圖九）。
5. 在 300hPa 低壓槽中，噴射氣流之北側多晴空亂流（見圖十）。

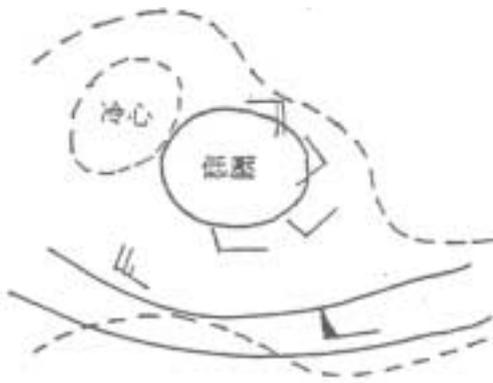
- 6. 兩支噴射氣流匯合處 < 500 公里 (5 個緯度) 時, 則匯合處容易出現晴空亂流 (見圖十一)。
- 7. 高空高壓脊處有噴射氣流經過且折向南方時, 則脊處多晴空亂流 (見圖十二)。
- 8. 300hPa 高空噴射氣流有地面氣旋伴生時, 則噴射氣流軸心附近及低氣壓上空多中度以上亂流 (見圖十三)。



圖六：高空槽和晴空亂流之關係



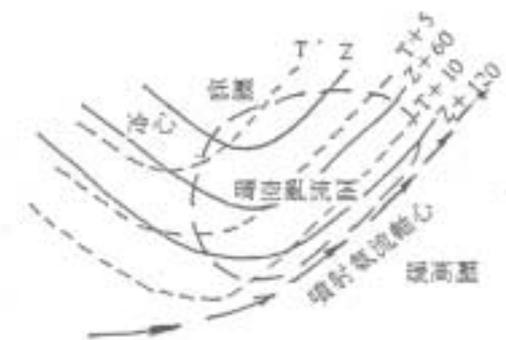
圖七：橫槽南北兩側多晴空亂流



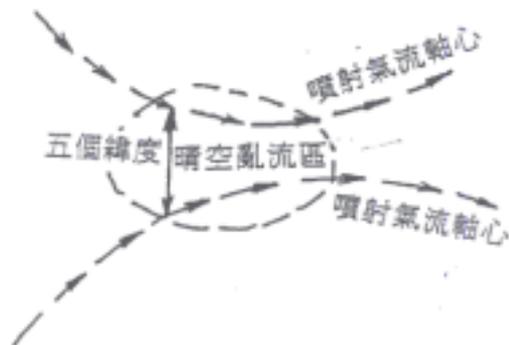
圖八：高空冷心低壓區多晴空亂流



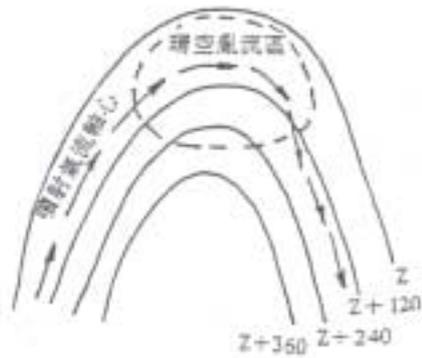
圖九：水平風速差極大的區域多晴空亂流



圖十：低壓槽中，噴射氣流之北側多晴空亂流



圖十一：兩支噴射氣流匯合處多晴空亂流



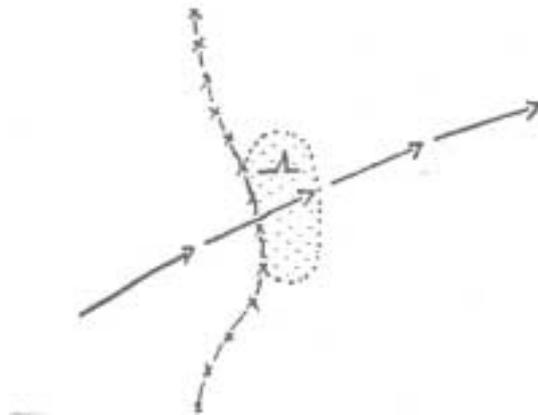
圖十二：高空高壓脊處有噴射氣流經過區域
多晴空亂流圖



圖十三：有地面氣旋伴生時，則噴射氣流軸
心附近多晴空亂流

(三) 山岳坡

冬半年期間東北季風越中央山脈之氣流若風速 $\geq 25kt$ ，且與山脈走向呈 50 度或以上交角時，則中央山脈山頂上方 4000 呎之空域內及背風面空域內多中度亂流，亂流區域且可向越山氣流之下游伸展至離山脈 120 哩之遠。反之夏半年期間，西南季風風速若 $\geq 25kt$ 時，則山脈之東側多山岳坡。其示意圖見圖十四。



圖十四：山岳坡亂流成因示意圖

五、積雨雲或雷雨之預報

雷雨（包括其母雲—積雨雲）之預報可分春季和梅雨季之非氣團雷雨—鋒面雷雨、夏季之氣團雷雨兩方面來說明：

(一) 鋒面雷雨之預報要領

鋒面雷雨是冷暖氣流之輻合，南來暖濕氣流在北來冷空氣之上方爬升，並觸發強對流作用，產生鋒面雷雨，因此低層要有 $850hPa$ 西南風噴射氣流 $\geq 25kts$ 及寬廣而長的濕舌，顯著暖平流，配合 $700hPa$ 、 $500hPa$ 高空槽冷空氣之南下，才能形成鋒面雷雨，因此單站之雷雨預報要考慮以下：

1.850hPa 之溫度露點差要 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ ，代表低層大氣非常暖濕。

2.蕭氏指數要 $\leq 1^{\circ}\text{C}$ ，代表有對流不穩定存在。

(二) 氣團雷雨 (熱雷雨)

夏季氣團雷雨乃綜觀尺度有利條件之下的產物，因此有利於產生氣團雷雨的天氣圖形成有以下各者：

1.台灣近海面上有 T.D 或低氣壓擾動。

2.有 300hPa 高空冷心低壓移至台灣地區上空。

3.有東風波移至。

4.台灣位於 850hPa 或 700hPa 高空槽前及高壓脊線之西北方。

5.颱風自南海北部西移，或自台灣及台灣附近西移進入大陸，或自台灣及台灣附近北上後引進旺盛暖濕西南氣流。

單站的氣團雷雨預報要考慮低層大氣水汽含量要多，850hPa 之溫度要高，850hPa 之溫度露點差要小，500hPa 之氣溫要低，使蕭氏指數小，其預報要領如下：

(1) 蕭氏指數 $\leq 1^{\circ}\text{C}$ 。

(2) $(T - T_d)_{700} \leq 9^{\circ}\text{C}$ 。

(3) $35^{\circ}\text{C} < T \text{ index} < 47^{\circ}\text{C}$ ， $25^{\circ}\text{C} < K \text{ index} < 41^{\circ}\text{C}$ 。

六、地面大風和低空風切之預報

台灣民航機場所出現的地面大風，除颱風和熱帶性低氣壓所造成的地面大風 (及強風) 外，冬半年和夏半年都會出現，冬半年為北來地面大風，夏半年為西南及西南西地面大風，茲將其預報方法分別說明：

(一) 冬半年 (10 月~3 月) 之北來地面大風強度與大陸冷高壓之強度、低層北來風速、本區之氣壓梯度有關，因此其預報方法要考慮以下三者：

1.西北、華北、蒙古、東北之大陸冷高壓強度要 $\geq 1040\text{hPa}$ 。

2.探空資料 5000 呎 ± 3000 呎之間之風速要 $\geq 25\text{kts}$ 。

3.馬祖與高雄之間的氣壓差 $\Delta P_{\text{MT-kh}} \geq 5\text{hPa}$ 。

(二) 夏半年之西南地面大風與地面天氣圖上華東有氣旋鋒面存在，南亞有高壓存在，氣壓配置呈現南高北低型，本區之氣壓梯度大等四個因素有關，因此其預報方法要考慮以下三者：

1.南亞有高壓存在，長江下游有江淮氣旋存在，氣壓配置呈南高北低型。

2.台灣各探空站低層 5000 呎 ± 3000 呎之風速 $\geq 25\text{kts}$ 。

3.高雄與馬祖之間的氣壓差 $\Delta P_{\text{kh-MT}} \geq 5\text{hPa}$ ，或者高雄與中正之間的氣壓差 $\Delta P_{\text{kh-TP}} \geq 3\text{hPa}$ 。

(三) 要注意的是冬半年預報有北來地面大風出現時，林口桃園一帶、苗栗台中一帶、高屏恆春一帶因位於大屯火山彙及中央山脈之背風面區，故多山岳坡效應引起之亂流。綠島、蘭嶼、馬公、馬祖等地北風甚強，亦多亂流。

位於上述山脈背風區的基隆、宜蘭一帶及台東、綠島、蘭嶼一帶亦因山岳坡效應，故亦多亂流。

(四)除上述大風會引起低空風切外，其他氣象因素如颱風本身環流及外圍環流、東北季風與颱風共伴環流、冷鋒通過時等皆會產生低空風切及亂流。

附、台灣地區容易出現地形性亂流之區域及造成亂流之氣象因素

本省除了高空晴空亂流較不易確定其位置外，一般只要有雷雨、颱風或颱風侵襲，一定會有強烈或以上的亂流產生，在幾個經常性亂流產生的地區，主要的成因都是地形因素（見圖十五）。



圖十五：台灣亂流發生位置示意圖

1. 東北部：宜蘭附近，夏半年西南季風或西南氣流盛行時，在中央山脈之背風面形成亂流。
2. 東南部：夏季西南氣流在台東附近形成之背風面亂流。
3. 西北部：東北季風配合大屯山、觀音山、林口台地地形所致。
4. 中部：大規模東北季風或東風越山後，至苗栗、台中一帶上空所產生者。
5. 恒春地區：東北季風加強時，落山風所形成者。
6. 局部地區：經常有亂流產生，大小強度不一。

根據吾人統計：如果東北季風增強，馬公地區風速達每小時 30 哩以上時，馬公東北方約 20 至 30 哩處，常有中度亂流生成；每年 9 月至次年 4 月，恒春地區落山風增強時，則恒春至鵝鑾鼻間就會有中至強烈亂流產生，且持續時間較長；又林口、楊梅、後龍地區及台灣東北角，一年四季均因地形影響而有輕度至中度亂流產生。綠島和蘭嶼一帶海域，因氣壓梯度大，加上海面上摩擦力小，故冬半年寒潮爆發時，北風甚強勁，加上地形因素，乃經常出現甚強之低空風切和亂流。而夏半年西南風或西南西風亦甚強勁，故多亂流。

註：上述附文中之資料大部分係參考自《航空氣象》第八期第 50~56 頁，林得恩先生撰〈亂流與飛安〉一文，並有所更正和補充。圖中亂流發生之區域較林文原圖廣大。