

計畫委託機關：交通部民用航空局  
CAA-ANWS-097-3-02

# 天氣預報檢查作業之電腦化與客觀分析



交通部民用航空局

中華民國九十七年十二月



民用航空局自行研究計劃報告書摘要表

名稱：天氣預報檢查作業之電腦化與客觀分析	
主辦單位：飛航服務總台 計畫主持人：童茂祥 協同主持人：劉聖宗 研究人員：沈義欽、張友忠、莊清堯、徐光前 連絡電話：(02)87702112 傳真電話：(02)27175947	研究期間：  自 97 年 1 月  至 97 年 12 月
關鍵詞： <u>檢查表</u> 、 <u>修正指數</u>	
摘要： 臺北航空氣象中心於2001年在民航局聘請之技術顧問汪庭安博士帶領下，同仁閱讀國內外有關預報技術文章，綜合所有分析研判技術與經驗法則，建立一套客觀預報方法，並製作成檢查表供預報員填製後參考使用。由於科技的進步，將檢查表電子化是必然作法，可節省紙張使用合乎環保，最重要的是直接在電腦上輸入預報因子的資料後，立即由電腦執行客觀分析及判斷；而資料可長期保存，供日後研究分析使用。本計劃嘗試由檢查表找出與天氣演變的定量相關，來替代傳統的定性分析，得到下列幾點結果供預報作業參考： 1.解釋檢查表之各細項含意：讓預報員了解各細項與天氣系統變化之關聯。 2.松山機場熱雷雨之預報因子：每年6月中下旬至9月底，熱雷雨發生的預報以舉升指數(LI)配合低層噴流(LLJ)的因子最有效，目前每日00Z計算的熱雷雨預報與修正指數仍有參考價值。 3.松山機場出現西風超限(>10KT)之預報因子： (1)桃園機場的風向風速：僅發生在盛行風220°~280°之間；風速則介於15~27KT，同時相關性與風速遞增成正相關，當風速到達20KT時其相關性達到最高，其後再逐漸降低相關性。 (2)桃園機場與松山機場的氣壓差：兩機場的氣壓差在0.3~1.6百帕最明顯，但這項因子雖然的確會導致松山機場西風超限，但其影響相對較小。 (3)高雄機場與松山機場的氣壓差：西南季風期間兩機場的氣壓差在1.6百帕時開始發生西風超限，與氣壓差遞增成正相關，當氣壓差在3.1百帕時達到最高點，其後再逐漸降低相關性。 4.桃園機場出現大霧之預報因子：主要是受高壓迴流與暖平流的影響，當台灣附近的大氣低層(925、850百帕)有潮濕暖舌分布、850百帕高度層在6小時至24小時濕氣分佈圖上其相對濕度大於90%情況時，預報員就需要格外密切注意。	
出版日期：97.11.30	頁數：45
管制等級： <input type="checkbox"/> 機密( <input type="checkbox"/> 解密日期為           年    月    日、 <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解密) <input type="checkbox"/> 限閱( <input type="checkbox"/> 解限日期為           年    月    日、 <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解限) <input checked="" type="checkbox"/> 一般	
備註：	

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROGRAM  
CIVIL AERONAUTICS ADMINISTRATION  
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATION

<b>TITLE : The computerization of weather forecast checklists editing and objective analyze</b>	
DIVISION : AIR NAVIGATION AND WEATHER SERVICE PRINCIPAL INVESTICATOR : M.S. TUNG COINVESTICATOR : S.T. LIU PROJECT STAFF : C.W. YANG, Y.C. SHEN, Y.C. CHANG, C.Y. CHUANG PHONE : (02)87702112    FAX : (02)27175947	PROJECT PERIOD : FROM : JAN.2008 TO : DEC.2008
KEY WORD : <u>checklist</u> <u>operational index (OPI)</u>	
<b>ABSTRACT</b> <p>In 2001, the technical adviser by CAA invitation, Dr. Wang Ting An led TAMC forecasters to read the domestic and foreign forecast related technical papers, and integrated his analysis ability and empirical rules, they established a set of objective forecasting method and made the checklists for forecasters to refer to. At present, as a result of the advance in technology, computerization of the checklists is necessary; not only to save paper for environmentally friendly, most important is after finishing the checklists, computers can analyze and diagnose immediately. The data can be long-term preservation for study in the future.</p> <p>This plan attempts to discover the quantitative correlations between the predictors and weather changes, then to replace the traditional qualitative analysis. After undergoing a lot of study and discussions, we obtained the following results:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. To explain each meaning of checklists for forecasters to understand the correlation between weather change.</li> <li>2. Predictors about the hot tower over Sungshan Airport: During mid- June to September, LI and LLJ index are most useful, even so, the previous check-list for hot tower (done at 00Z everyday) and OPI index are still worth to be consulted.</li> <li>3. Predictors about western wind speed is greater than 10 KT in Sungshan Airport:           <ol style="list-style-type: none"> <li>(1)The wind direct and speed in Taoyuan airport: It only occurs while the prevailing wind direct is 220°~280°, and the wind speed is 15~27KT. Furthermore, the relevance increases along with the wind speed increases till 20KT, then it decreases gradually.</li> <li>(2)The barometric differential between Taoyuan and Sungshan Airport: It's useful that the differential is 0.3~1.6hpa, but the influence is relatively small.</li> <li>(3)The barometric differential between Kaohsiung and Sungshan Airport: During southwestern monsoon period, western wind speed becomes greater than 10 KT while the differential increases to 1.6hpa. The relevance increases along with differential increases till 3.1hpa, then it decreases gradually.</li> </ol> </li> <li>4. Predictors about fog over Taoyuan Airport: It's mainly influence by anticyclonic outflow and warm advection; moist and warm tongue occurs in 925 and 850hpa nearby Taiwan; and the relative humidity in 850hpa is greater than 90% (extremely moist) from 6 to 24hrs. Therefore when the above-listed weather conditions occur, forecasters have to pay attention.</li> </ol>	
DATA OF PUBLICATION : NOV.30,2008	NUMBER OF PAGES : 45
CLASSIFICATION : <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED	
REMARK :	

# 目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目錄	III
圖目錄：	IV
表目錄：	V
第一章：緒論	1
第二章：電子檢查表之設計與統計分析	1
一、完成電子化之天氣預報檢查表	1
二、各檢查表之內容說明	2
第三章、分析結果與探討	23
第一部分：熱雷雨檢查表之統計分析	23
一、背景	23
二、目前例行作業的松山機場熱雷雨預報指數之 1999 至 2007 統計。	23
三、實際驗證	26
四、近年來影響松山機場的雷雨胞的發源地及移動路程之新增與變動：	30
五、結論	33
第二部分：松山機場西風超限統計分析	34
二、背景	34
三、海陸風介紹	34
四、資料處理與分析	35
五、統計結果分析	35
六、結語	38
第三部分：桃園機場大霧與綜觀天氣系統關係	
一、背景	39
二、桃園機場濃霧特性	39
三、機場守視席檢查表介紹	40
四、資料處理	40
五、結語	42
第四章：總結	43
參考文獻	43
附錄：審查意見與回覆	44

## 圖 目 錄

圖 1：本文使用的熱雷雨發展區域劃分	25
圖 2：雷雨胞在雪山山脈內發展	30
圖 3：雷雨胞發展後向北移動	31
圖 4：雷雨胞移至松山機場上空	31
圖 5：雷雨胞在雪山山脈西側發展	32
圖 6：雷雨胞向北移出至桃園機場	32
圖 7：海風與陸風	34
圖 8：松山機場超限與否與桃園機場風向關係分布圖	36
圖 9：松山機場超限與否與桃園機場風速關係分布圖	36
圖 10：桃園機場與松山機場之間的壓力差(桃園減去松山)分布圖	37
圖 11：高雄機場與松山機場之間的壓力差(桃園減去松山)分布圖	38
圖 12：機場守視席天氣檢查表中，「WRF 預報」	39

## 表 目 錄

表 1：機場守視天氣檢查表.....	2
表 2：航路守視天氣檢查表.....	5
表 3：臺北機場熱雷雨預報檢查表.....	8
表 4~1：預報席天氣檢查表—冬季(1~6 月及 10~12 月)—地面(SFC)~700hPa .....	12
表 4~2：預報席天氣檢查表(1~6 月及 10~12 月)— 500hPa~200hPa .....	13
表 5：預報席天氣檢查表(7~9 月) .....	17
表 6：探空檢查表.....	21
表 7：七月份熱雷雨預報指數統計結果與分析.....	23
表 8：八月份熱雷雨預報指數統計結果與分析.....	24
表 9：九月份熱雷雨預報指數統計結果與分析.....	24
表 10：2008 年 6 月熱雷雨校驗表.....	26
表 11：2008 年 7 月熱雷雨校驗表 OPI = 2.7.....	27
表 12：2008 年 8 月熱雷雨校驗表 OPI = 2.6.....	28
表 13：2008 年 9 月熱雷雨校驗表 OPI = 2.59 .....	29

# 天氣預報檢查作業之電腦化與客觀分析

## 第一章 緒論

航空氣象現代化作業系統(AOAWS)為民航局與美國大氣科學研究中心(NCAR) 合作共同建置之研究計劃，第一期五年計劃已於 2003 年結束，2006 年開始進行第二期五年(2006~2010) 強化計劃。臺北航空氣象中心為配合航空氣象現代化計劃的執行，自 2001 年開始自行研發多項電子化作業系統以提升作業效率，目前皆已納入正式作業。

在計劃執行初期為有效提高預報準確率，民航局聘請之技術顧問汪庭安博士集合中心在雷達、衛星、數值分析及天氣圖分析有特殊專長且具有預報經驗之同仁，閱讀國內外有關預報技術之文章，並綜合其提供之分析研判能力與經驗法則，建立一套客觀預報方法，並製作成檢查表(check list)供預報員填製後參考使用。此檢查表於 2002 年正式納入例行作業程序，經過 5 年時間之實際作業，期間針對檢查表上之各項預報因子作重新探討並加以篩選預報因子，修訂為目前使用之預報天氣檢查表。

為能有效利用檢查表及更客觀的預報天氣變化，部分因子須宜加以數量化，也就是儘量以定量代替定性敘述。基此，擬建立一套電腦輸入版本代替書寫紙本，同時撰寫軟體自動分析天氣預報因子之權重，及導出客觀預報結果供預報員作為機場天氣預報參考使用。

本計劃預期遭遇到困難點，主要在數度修改預報因子之過程中，並未針對預報因子作任何統計值或定量分析來篩選預報因子，僅很單純的以討論方式進行，偏重於個人主觀認定是應保留或刪除，導致檢查表不具完整性，當然效果就會降低。另外，在紀錄資料保存方面經查證後，因有保留三個月期限的規定，僅留存不到 6 個月且為不同版本的紙張檢查表，因此造成分析上的困難，為解決此問題必須儘量補足資料及利用 97 年資料同時分析。

## 第二章 電子檢查表之設計

### 一、完成電子化之天氣預報檢查表

首先將臺北航空氣象中心目前例行作業中，仍使用紙張填寫之天氣檢查表，以 VB 軟體撰寫成電子化表格，利用儲存格與下拉選單方式作業，可直接在席位電腦上直接填寫並儲存檔案，因而不僅資料具有相同格式利於分析；在資料保存方面亦較方便與持久，另因不在使用紙張，符合綠色環境的要求。完成的電子化表格包括：

1. 機場守視天氣檢查表(表 1)
2. 航路守視天氣檢查表(表 2)
3. 臺北機場熱雷雨預報檢查表(表 3)
4. 預報席天氣檢查表(1~6 月及 10~12 月)－地面(SFC) ~700hPa (表 4~1)與(1~6 月及 10~12 月)－ 500hPa~200hPa(表 4~2)
5. 預報席天氣檢查表(7~9 月)(表 5)
6. 探空檢查表(表 6)

## 二、各檢查表之內容說明

(一) 機場守視天氣檢查表(表 1)：利用 WRF(Weather Research and Forecast)模式預報產品及天氣一覽表作為天氣預報因子，綜合研判臺北飛航情報區域未來 24 小時之天氣演變。

表 1：機場守視天氣檢查表

文件編號: WXC-FM-102 臺北航空氣象中心業務手冊 版次: AB  
發行日期: 96年10月1日 機場守視天氣檢查表 頁次: 2 of 3

Select data 請由此開始 → 資料時間 [ ] Z [ ] 完成時間 2008/10/06 [ ] (地方時)

**WRF 預報**

- TP FIR 24小時內屬於  高壓迴流  鋒前暖區  東北季風  鋒面  副熱帶高壓  颱風  西南氣流
- 925hPa 15~30N,110~130E有  低壓  鋒面  冷舌(濕)  冷舌(乾)  暖舌(濕)  暖舌(乾)
- 850hPa 15~30N,110~130E有  低壓  鋒面  冷舌(濕)  冷舌(乾)  暖舌(濕)  暖舌(乾)
- 850hPa 濕區(RH>=90%)北部地區  6小時  12小時  18小時  24小時
- 850hPa 濕區(RH>=90%)南部地區  6小時  12小時  18小時  24小時
- 850hPa 濕區(RH>=90%)東部地區  6小時  12小時  18小時  24小時
- 18~26N,115~125E有低層噴流  6小時  12小時  18小時  24小時
- 未來24小時台灣地區為  冷平流  暖平流
- 700hPa 20~35N,110~130E之槽線  6小時  12小時  18小時  24小時
- 700hPa台北飛航情報區之W>=10CM/S  6小時  12小時  18小時  24小時
- 700hPa 濕區(RH>=90%)  北部地區  南部地區  東部地區
- 300hPa及200hPa未來24小時  
(1)本區西邊南支噴流所在最低緯度 [ ] N/300hPa [ ] N/200hPa  
(2)TP FIR 噴流軸最大風速 [ ] KT/300hPa [ ] KT/200hPa  
(3)20~35N,110~130E範圍內之冷心低壓  是  否

**天氣一覽圖**

- TP 24小時溫度變化 [ ] C 2. TP 24小時氣壓變化 [ ] hPa
3. KH 24小時溫度變化 [ ] C 4. KH 24小時氣壓變化 [ ] hPa 5. MT-KH氣壓差 [ ] hPa

**綜合判斷未來24小時**

- TP FIR 天氣  轉好  不變  轉壞  其他
- TP FIR 能見度  轉好  不變  轉壞  其他
- TP FIR 可能低於起降之機場天氣  TP  SS  KH  FN  BS  MT  FG  GI  LY  KW
- TP FIR 有TSRA之機場  TP  SS  KH  FN  BS  MT  FG  GI  LY  KW
- 風場變化 TP WI [ ] KT轉 WI [ ] SS WI [ ] KT轉 WI [ ] KH WI [ ] KT轉 WI [ ]  
FN WI [ ] KT轉 WI [ ] BS WI [ ] KT轉 WI [ ] MT/FG WI [ ] KT轉 WI [ ]  
GI WI [ ] KT轉 WI [ ] LY WI [ ] KT轉 WI [ ] KW WI [ ] KT轉 WI [ ]

備註 [ ]

預報員 [ ] 值班督導 [ ]

存檔 離開 查詢過去資料

程式設計: 童茂祥 莊清堯

檢查表之各細項含意與探討：

### 1. WRF 模式預報的各項產品應用

(1) TP FIR 24 小時內屬於高壓迴流、鋒前暖區、東北季風、鋒面、副熱帶高壓、颱風、西南氣流中之何種系統影響，是利用地面降水、地面氣壓、風場、溫度場、溼度場……等，來研判未來 24 小時影響本區的天氣型態。

(2) 925hPa 15-30°N、110-130°E 範圍內有否有低壓、鋒面、冷舌(濕)、冷舌(乾)、暖舌(濕)、暖舌(乾)存在，配合 925hPa 的高度場和溫度場，確認在此範圍內是否有上述等天氣現象或特徵，並研判其影響範圍、時間、移動方向以及強度的改變。

(3) 850hPa 15-30°N、110-130°E 範圍內有否有低壓、鋒面、冷舌(濕)、冷舌(乾)、暖舌(濕)、暖舌(乾)存在，配合 850hPa 的高度場和溫度場，確認在此範圍內是否有上述等天氣現象或特徵，並研判其影響範圍、時間、移動方向以及強度的改變。

- (4)850hPa 濕區( $RH \geq 90\%$ )北部地區未來 6 小時、12 小時、18 小時、24 小時之位置與數值
- (5)850hPa 濕區( $RH \geq 90\%$ )南部地區未來 6 小時、12 小時、18 小時、24 小時之位置與數值
- (6)850hPa 濕區( $RH \geq 90\%$ )東部地區未來 6 小時、12 小時、18 小時、24 小時之位置與數值
- 第 4~6 項係利用 WRF 模式的 850hPa 的高度場和溼度場，研判未來 6、12、18 及 24 小時各時間階段內將影響本區北、中與南部的濕區範圍、大小以及移向。
- (7)以 850hPa 的風場預報產品分析  $18-26^{\circ}N$ 、 $115-125^{\circ}E$  範圍內於未來 6、12、18 與 24 小時之各階段時間是否有低層噴流存在(風速 $\geq 25KT$ )及風速變化及影響區域。
- (8)以 850hPa 的溫度場及風場等預報產品，估計其水平風場與溫度場之間的夾角，預測未來 24 小時臺灣地區為冷平流或暖平流。若同一區域的溫度為下降的趨勢且風場為偏北風，則判定有冷平流；反之，若溫度為上升的趨勢且為偏南風，則為暖平流。
- (9)研判 700hPa 的高度場、溫度場以及風場預報產品於  $20-35^{\circ}N$ 、 $110-130^{\circ}E$  範圍內，是否有西風槽的存在，及其未來 6、12、18 及 24 小時各時間階段內的強度、移向、影響區域的變化，再配合 850hPa、925hPa，看整個垂直方向上是否配合得宜。
- (10)檢查臺北飛航情報區內 700hPa 之垂直運動場( $W \geq 10cm/s$ )為上升運動或下沉運動，及未來 6、12、18 及 24 小時各時間階段內的變化狀況；若有上升運動，則本區天氣較為不穩定；反之，則較為穩定。
- (11)700hPa 的高度場和溼度場(濕區  $RH \geq 90\%$ )分佈，研判未來 6、12、18 及 24 小時各時間階段內，影響本區北、中、南部的範圍、大小以及移向。
- (12)300hPa 及 200hPa 未來 24 小時

a. 本區西邊南支噴流所在最低緯度 ( ) $^{\circ}N$ /300hPa ( ) $^{\circ}N$ /200hPa

b. TP FIR 噴流軸最大風速 ( )KT/300hPa ( )KT/200hPa

利用的 300hPa、200hPa WRF 模式預報之高度場、溫度場和風場，研判未來 24 小時內本區及其附近是否有噴流軸接近或影響。噴流條所伴隨的垂直次環流為對流層中重要舉升機制來源。另根據質量連續方程，在噴流層如有輻合則低層輻散，伴隨有下沉運動；若噴流層輻散，低層輻合，則伴隨有上升運動。另一方面，噴流如果夠強，其伴隨的垂直次環流可使平流層與對流層會發生交互作用。

c.  $20-35^{\circ}N$ 、 $110-130^{\circ}E$  範圍內由 WRF 模式的 300hPa、200hPa 之高度場、溫度場和風場，研判未來 24 小時內此範圍及其附近是否有冷心低壓接近或影響。

高空冷心低氣壓是一種位於對流層高層的冷核心之低壓區，在此指位於熱帶地區出現之冷心低氣壓，出現及活躍於夏季時。其特徵為：主要降雨區在其東南象限(因有氣流上升及輻散活動)，而中心及西側因下沉氣流而差不多無雲。冷心低壓具移動性，僅見由東往西移，或極少個案有短暫時間往西南移。其出現原因有二，一是由中緯度高層槽振幅增大延後割離出來的，二是由高層反氣旋南側之高空東風波動而成。

高空冷心低氣壓在地面並沒有相對應的強低壓系統，700hPa 以下看不出其氣壓場或波動，而最強冷心區則大約在 200~300hPa。在北半球的高層流線圖中可見反時針的風場運動，可以是槽形狀態或原整環流，200hPa 或 300hPa 高空天氣圖會以 L 及 C 表示其低壓及冷心特性。而在水汽動畫中則可見到高層水汽作氣旋式的旋轉活動。

高空冷心低氣壓對熱帶氣旋最大的影響通常是因影響其高層輻散環境而使熱帶氣旋之

強度相應受到影響，例如，熱帶氣旋位於冷低東南側便會得到較佳輻散而增強，位於西側便可能受下沉氣流影響而減弱。高空冷心低氣壓本身發展得強烈時也可直接誘生出地面擾動的出現，環境適合時可增強成熱帶氣旋。

## 2. 天氣一覽圖

- (1)TP 24 小時溫度變化：桃園機場(RCTP)
- (2)TP 24 小時氣壓變化
- (3)KH 24 小時溫度變化：高雄機場(RCKH)
- (4)KH 24 小時氣壓變化
- (5)MT-KH 氣壓差：北竿機場(RCMT)

利用各民航機場每小時天氣報告(METAR)繪製的一覽圖，比較同一測站當日 00Z 與 24 小時前的氣壓場與溫度等氣象要素變化情形。

氣壓變化：影響該測站的天氣系統變化。

氣壓差：南北氣壓梯度的大小，研判風向與風速在未來之變化。

## 3. 綜合研判未來 24 小時

根據實際的地面、高空天氣圖以及衛星雲圖、雷達回波、各民航機場的 METAR 報文等觀測資料，並參考 WRF 模式所提供的預報產品，來研判未來 24 小時影響本區的天氣系統、型態，來預報能見度、風場趨勢以及是否有危害天氣，編發機場天氣預報 (TAFOR)。

- (1)TP FIR 天氣將轉好、不變、轉壞。
- (2)TP FIR 能見度將轉好、不變、轉壞。
- (3)TP FIR 可能低於天氣起降標準之民用機場：TP、SS、KH、FN、BS、MT、FG、GI、LY、KW。
- (4)TP FIR 可能發生雷陣雨(TSRA)之民用機場。
- (5)預測各民用機場之風場變化。

(二) 航路守視之檢查表(表 2)：解析衛星雲圖與雷達回波，綜合研判臺北飛航情報區域未來 24 小時之天氣演變。

表 2：航路守視天氣檢查表

檢查表之各細項含意與探討：

### 1. 衛星雲圖

(1) TP FIR 及附近範圍之雲型：是利用紅外線及可見光雲圖，來判斷天氣系統特徵及可能的雲物理過程。

a. 帶狀：常見之衛星雲圖特徵，寬度大於 1 個緯度，當可見光或紅外線衛星雲圖有大範圍連續存在之雲區時，表示有上升運動，且雲區存在高度較為潮濕，冬季時更注意是否有積冰存在。TP FIR 常出現帶狀雲的天氣為：

(A) 鋒面，通常為東北西南走向，鋒面雲帶常夾雜有對流系統，鋒面後為層狀性降水。

(B) 大量水氣自南海或印度洋輸送至東亞地區，呈現大範圍之層狀降水，如春雨。

b. 線狀：為狹長之線型對流區，寬度小於 1 個緯度，一般 FIR 可能出現之對流線狀回波為

(a) 鋒面前緣之飈線系統，伴隨強烈上升運動及強陣風。

(b) 颱風前緣之飈線系統。

(c) 當 FIR 盛行風為東風時，受地形影響，在東部外海形成與山脈平行之線狀回波。

- (d)夏季清晨之西部及東部地區的外海，微弱西南風與陸風交會，形成之海陸風鋒面。
- c. 渦狀：回波之生成，表示該區有旋轉運動，常見之渦狀回波為：
- (a)颱風螺旋雲帶。
  - (b)背風面之中尺度渦旋，生命其通常為 6-12 小時。
  - (c)高層冷心低壓，中心無雲。
- d. 波狀：波狀雲為大氣中的氣流有波浪運動所造成，出現不連續之帶狀或條狀分布。通常在大氣條件為穩定，才會有連續的上下震盪運動。當波狀雲出現時，應注意是否有亂流生成。
- (a)低層噴流或高空噴流通過時，出現與氣流垂直之橫向條狀紋波狀雲。
  - (b)背風面地區，山岳波形成之波狀雲，台灣地區較少。
- e. 胞狀：當寒潮爆發時，可見光衛星雲圖可見到雲街 (cloud street) 以及雲胞。雲胞又分開放胞 (open cell) 和封閉胞 (close cell)。
- (a)開放胞：雲少，中間下沉，旁邊上升，海溫大於氣溫，垂直風切大，有冷平流。
  - (b)封閉胞：雲多，中間上升，旁邊下沉，海溫小於氣溫，垂直風切小，有暖平流。
- f. 雲繩：冷鋒前緣之滾軸雲，在可見光雲圖之外觀如細繩般的雲型，為判定鋒面位置。
- g. 雲漩：為一條或多條雲帶向同一(共同)中心迴旋組成，該中心即為實際大氣之渦度中心 (VORTICITY CENTER)，適用於熱帶及溫帶氣旋雲系。
- h. 雲簇：由許多雲個體聚集在一起組成，通常組成個體為 Cb，因此泛指 Cb
- i. CDO：用可見光雲圖來判定颱風 Cb 雲所圍繞之中心眼區。
- (2). TP FIR 及附近之雲屬：研判雲屬為低雲、中雲或高雲。
- a. 若可見光雲圖有雲，紅外光無雲，則可能為低雲，應注意是否有霧或低雲幕 (St) 生成。注意是否發布低能見度或低雲幕 AIRMET
  - b. 可見光雲圖，或紅外光雲圖，皆為厚實，可能為對流雲。注意是否發佈對流性 SIGMET。
- (3)TP FIR 附近之雲種
- 研判雲種為卷狀、積狀、層狀。若為積狀雲，則可能有對流活動，應注意積狀雲範圍及強度隨時間之變化，若為擴大增強，有可能系統正發展
- (4)雲系為移入或本地發展。
- (5)110-130E 範圍內 ITCZ 是否北抬超過 20N，是的話注意 TP FIR 南部是否應發佈 SIGMET。
- (6)110-130E 是否有鋒面，鋒前之區域應研判是否應發佈低雲幕、低能見度 AIRMET；鋒面區域則研判是否佈對流性 SIGMET；鋒後區域，對背風面之西部區域發布低層亂流 AIRMET。

## 2. 雷達回波

- (1)TP FIR 有否有強度  $\geq 30$ dbz 的回波，可能有對流雲系在發展，進一步注意其發展情況。
- (2)該範圍是否垂直發展：在用垂直剖面圖分析是否垂直發展及其發展高度。可以 18dBz 之回波作為對流發展高度之參考，若 18dBz 之回波高度超過 25000 英尺，對流可能發展為 CB 雲。
- (3)隨時間之變化：研判對流系統之增強或減弱。
  - a. 對流雲隨時間逐漸增強，考慮是否發佈或持續發佈對流性 SIGMET。
  - b. 對流雲隨時間不變，考慮是否持續發佈對流性 SIGMET。
  - c. 對流雲隨時間逐漸減弱，考慮是否取消對流性 SIGMET。

- d. 該對流胞移向移速，預測對流波可能影響之範圍
- e. 對流波影響之機場，預測對流胞可能影響之機場

### 3. 綜合研判

#### (1) 本區能見度<1000M 之機場

用來研判各機場是否受天氣系統影響而有能見度低於 1000M 之情形，並適時發佈 AIRMET

#### (2) 本區能見度<5000M 之區塊

用來研判 FIR 各區域，是否受天氣系統影響而有能見度低於 5000M 之情形，並適時發佈 AIRMET

#### (3) 本區主要風系

利用本區之主要風系，研判可能之天氣系統，並用來判定是否應發佈顯著天氣。

各風系預報之重點如下：

- a. 海陸風：天氣系統大致穩定，研判午後山區是否發佈 Cb SIGMET。
- b. 東北風：東北風強時，注意背風面山區是否發佈低層亂流 AIRMET。
- c. 西南風：西南山區是否 Cb SIGMET。
- e. 東風(高壓迴流)：TP FIR 是否出現低能見度，發佈或能見度 AIRMET。

鋒前暖區：

研判是否發佈低能見度、低雲幕之 AIRMET。

研判是否有低層噴流，及可能的對流活動，適時發佈 SIGMET。

#### f. FIR 亂流預報

搭配模式預報未來二十四小時可能發生亂流時間區段。

#### g. FIR 積冰預報

搭配模式預報未來二十四小時可能發生積冰時間區段。

#### h. 雷雨預報

研判未來二十四小時可能發生雷雨的時間區段。

#### i. 雲幕<1500FT 之機場

研判未來二十四小時，雲幕可能低於 1500FT 的機場。

(三) 預報席負責輸入之臺北機場熱雷雨預報檢查表(表 3)：各項預報指數之輸入與判斷。

表 3：臺北機場熱雷雨預報檢查表

檢查項目包括：

### 1. 熱雷雨檢查表預報因子

(1)連續性：經驗上顯示在 7 月及 8 月中，當連續性為 1 或以上的時候，則相對發生熱雷雨的機率也提高；9 月因為逐漸進入秋季，太平洋副熱帶高壓勢力開始減弱，所以連續性要到達 2，才有利熱雷雨發生。

檢查依據：合乎條件 為 yes。

(2)KI (K Index)：測量雷雨胞的位能(POTENTIAL)

$$\text{計算公式 } K = T850 - T500 + Td850 - (T700 - Td700)$$

K < 15 氣團雷雨發生的機率為 0% \

21-25 氣團雷雨發生的機率為 20-40%

26-30 氣團雷雨發生的機率為 40-60%

31-35 氣團雷雨發生的機率為 60-80%

36-40 氣團雷雨發生的機率為 80-90%

K > 40 氣團雷雨發生的機率為 >90%

檢查依據： $KI \geq 35.0$  為 yes。

美國實驗值分類為：

- 0~15 No thunderstorms
- 18~19 Thunderstorm unlikely
- 20~25 Isolated thunderstorms
- 26~30 Widely scattered thunderstorms
- 30~35 Numerous thunderstorms
- 36~39 Thunderstorms very likely
- 40+ 100% chance of thunderstorms

(3)To(Total Totals Index)：測量雷雨胞的位能(POTENTIAL)

計算公式 Total index (T0)： $TT = T850 + Td850 - 2T500$

- 44-45 Isolated moderate thunderstorms
- 46-47 Scattered moderate / few heavy thunderstorms
- 48-49 Scattered moderate / few heavy / isolated severe thunderstorms
- 50-51 Scattered heavy / few severe thunderstorms and isolated tornadoes
- 52-55 Scattered to numerous heavy / few to scattered severe thunderstorm / few tornadoes
- > 55 Numerous heavy / scattered severe thunderstorms and scattered tornadoes

檢查依據： $T0 : 45.0 \leq T0 \leq 55.0$  為 yes。

美國實驗值分類為：

- <43 Thunderstorms unlikely
- 43-44 Isolated thunderstorms
- 45-46 Scattered thunderstorms
- 47-48 Scattered Thunderstorms/isolated severe
- 49-50 Scattered Thunderstorms/few severe/isolated tornadoes
- 51-52 Scattered-numerous thunderstorms/few-scattered severe/ isolated tornadoes
- 53-55 Numerous thunderstorm/scattered tornadoes
- 56+ You don' t want to know.

(4)Si (Showalter index)：大氣局部「靜力穩定度 (static stability)」之一種量度，用數值表示。此指數由一上升氣塊自 850hPa 循乾絕熱上升至飽和點，再循飽和絕熱線至 500hPa 面決定之。在 500hPa 面上，氣塊溫度和周圍溫度相比較，此兩溫度之差值即為 SI 之大小。假定氣塊較其新環境為冷，指數為正；反之，則為負。

當 SI 指數  $\leq 3$  的時候，該區域內可能有陣雨並預期有雷雨。

當  $-2 \leq SI \leq 1$  的時候，下雷雨的機會迅速增加。

當  $SI \leq -3$  的時候，有劇烈雷雨發生。

當  $SI \leq -6$  的時候，預報員應考慮發生龍捲風的可能性。

檢查依據： $SI \leq 1$  為 yes。

美國實驗值分類為：

- >4 Thunderstorms unlikely
- 1~4 Thunderstorms possible-trigger needed
- 1~-2 Increasing chance of Thunderstorms
- 2~-3 High potential of heavy Thunderstorms
- 3~-5 Getting scary
- 5~-10 Extremely unstable
- <-10 Head for the storm shelter

(5)SWEAT index：\*中心目前尚未內入評分。

檢查低層大氣的濕度、對流不穩定、噴流核心及暖平流量度雷雨位能。

SWEAT < 300 不會有雷暴發生

300 < SWEAT < 400 有劇烈雷暴發生的機會

SWEAT > 400 有劇烈雷暴甚至龍捲風發生的機會

美國實驗值分類為：

- <272 Thunderstorms unlikely
- 273~299 Slight risk-general Thunderstorms
- 300~400 Moderate risk- approaching severe limits
- 401~600 Strong risk-few severe-storms/isolated tornados
- 601~800 High risk of severe t-storms/scattered tornados
- 801+ High wind damage, but not favorable for severe weather

(6)Li (Lifted Index)：\*中心目前尚未內入評分。

舉升指數(LI)是一種表示自由對流高度以上不穩定能量大小的指數。它表示一個氣塊從抬升凝結高度出發，沿濕絕熱線上升到 500 百帕(海拔 5200 米左右高度)處所具有的溫度被該處實際大氣溫度所減得到的差值。比如，某一氣塊沿濕絕熱線上升到 500 百帕時的理論值為  $-14^{\circ}\text{C}$ ，而該處的實際溫度為  $-18^{\circ}\text{C}$ ，那麼抬升指數就是  $-4$ 。當差值為負數時，表明氣塊比其環境溫度更暖，因此將會繼續上升。該差值的絕對值越大，出現對流天氣的可能性也越大。差值為正數時，表示大氣層結構穩定。

美國實驗值分類為：

- >0 Thunderstorms unlikely
- 0~-2 Thunderstorms possible-trigger needed(若有其他動力來源或舉升作用，有陣雨或雷暴發生的可能)
- 3~-5 Thunderstorms probable(有雷暴發生的機會)
- 5~-7 Strong/severe thunderstorms. Tornadoes possible
- 7~-9 Move to Alaska
- <-9 Yikes

(7)500hPa 等壓面天氣分析圖上的 5880 東西向脊線及西伸位置：經驗法則

太平洋副熱帶高壓的勢力範圍及其消長。

檢查依據： $115^{\circ}\text{E}$ 以東為 yes。

(8)700hPa 風向風速：經驗法則

7~9月通常盛行西南季風，西南風配合暖濕氣流，則大氣變的不穩定，有利對流發展。

檢查依據： $0\sim 90^\circ \leq 5\text{KTS}$ 、 $136\sim 180^\circ \leq 25\text{KTS}$ 、 $91\sim 135^\circ \leq 25\text{KTS}$ 及 $181\sim 270^\circ$ 等範圍內為 yes。

(9)700hPa 溫度露點差：經驗法則

700 hPa 的溫度露點差愈小，代表著此高度層的空气愈接近飽和狀態，相較於溫度露點差大的空气(較不飽和)而言，空气愈是接近飽和狀態的環境，更容易有對流的產生，所以當700 hPa 的溫度露點差小，環境較適合對流發展。

檢查依據： $(T-T_d)_{700\text{hPa}} : (T-T_d)_{700\text{hPa}} \leq 9^\circ\text{C}$  為 yes。

(10)地面露點：露點為定壓下，溫度下降至飽和時的溫度。地面露點越高，則相對的地面溫度越高，地表炎熱高溫。

(11)正能區 (PA)：\*中心目前尚未內入評分。

由於空氣塊於氣層內所沿升之絕熱線溫度均大於四周環境之溫度，因此空氣塊能自由上升，此時濕絕熱線與探空溫度曲線所夾之面積與空氣塊所釋放出來的動量總合成正比，此面積即稱之為『正能區』。正面積的大小代表著空氣塊在上升過程中所釋放出來的能量大小，也就表示大氣所潛藏之不穩定程度。

指對流可用位能 (Convective Available Potential Energy: CAPE) 的大小，CAPE 越大則表示大氣處於條件性不穩定，有利對流發展。

(12)負能區 (NA)：\*中心目前尚未內入評分。

當空氣塊於某氣層內所沿升之絕熱線溫度均小於其四周環境之溫度時，此空氣塊於該氣層內無論上升或下降均需仰賴外界環境能量的輸入才可運動，此時濕絕熱線與探空溫度曲線所圍之面積與空氣塊獲自四周環境之動量總合成正比，此面積即稱為『負能區』。所以負面積的大小代表著外力需對上升空氣塊作功使其達到自由上升之能量。因此，負面積愈大，表示環境大氣愈不易產生雲雨。

指對流抑制能 (Convective Inhibition: CIN) 的大小，此數值越大則表示大氣越穩定，不利對流發展。

(13)整體理查遜數 (Bulk Richardson Number: BKN)：\*中心目前尚未內入評分。

研究成層流體切變流動所產生之一無因次數。 $Ri = g\beta / (\delta u / \delta z)^2$ ，式中  $g$  為重力加速度， $\beta$  為代表性垂直穩度(通常作  $\delta\theta / \theta \delta z$ ， $\theta$  為位溫)， $\delta u / \delta z$  為風之特性垂直風切。按李查遜之原始解釋，此為抵抗力穩定度所作之功與自平均運動中轉移至渦動運動之能量二者間之特性比值。理論研究指示，臨界李查遜數係在 1/4 至 2 間變動，不穩定時其數較小，穩定時數值較大。

CNTR：臺北航空氣象中心目前作業之各指數的評分，以 yes(是)及 no(否)表示。

Yes 總次數：上項評分 yes 的總數，目前  $yes \geq 5$  應考慮會下雷雨。

Level：美國實驗值評等。

分項研判：美國實驗值之明語指示。

OPI：作業指數值。

FCST SS TS：預測松山機場下雷雨機率。

(四) 冬季(1~6月及10~12月) 預報席天氣檢查表(表4~1與表4~2)：預報席負責輸入檢查，因項目較多分成~1及~2兩表。

表4~1：預報席天氣檢查表—冬季(1~6月及10~12月)—地面(SFC)~700hPa

天氣圖		天氣重點		檢查項目	
文件編號：WXC-FM-302      臺北航空氣象中心業務手冊      版次：AB 發行日期：96年10月1日      預報席天氣檢查表(1~6月及10~12月)      頁次：2 of 4					
請由此開始 → 資料時間： <input type="text"/> Z      完成時間： 2008/10/06 <input type="button" value="Select date"/> <input type="text"/> (地方時)					
亞洲 地面天氣圖	高低氣壓 鋒面,氣團 降水,風場 ITCZ 地形影響	1. 20~30N,110~130E是否有低壓?.....	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	2. 台灣中上游是否有鋒面?.....	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	冬季適用 月~月	3. 台灣地區盛行風?.....	風向/風速 <input type="text"/> / <input type="text"/> KT	4. 18~25N,124~135E間是否有東風波?.....	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
925hPa 等壓面圖	鋒面位置 溫度平流 溼區分佈 (T-Td=<2)	5. 青康藏高原東側是否有短波槽?.....	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	6. 華南地區是否有雲雨帶?.....	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
		1. 蒙古高壓中心所在位置?中心氣壓?.....	<input type="text"/> N <input type="text"/> E <input type="text"/> hPa	2. 40N以南大陸是否有分裂高壓?.....	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
850hPa 等壓面圖	鋒面位置 溫度平流 溼區分佈 (T-Td=<2)	3. 上海與高雄之間氣壓差?.....	<input type="text"/> hPa	1. 25~35N,100~130E是否有鋒面(風切線)?.....	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
		4. DC與TP間之溫度差?.....	<input type="text"/> C	2. 溼區是否在TP FIR範圍內?.....	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
700hPa 等壓面圖	槽線 脊線 濕區	5. 特定測站等溫線與風場交角(冬:板橋 夏:屏東)?	<input type="text"/> 度	3. 15~30N,110~130E間有無冷暖舌?.....	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
		6. 上海或溫州之溫度值,過去24小時之變化?.....	<input type="text"/> C	4. DC與TP間之溫度差?.....	<input type="text"/> C
700hPa 24hr 高度變差圖	系統移動之 牽引用	7. 台灣地區附近是否有低層噴流(風速>=25KT)?	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	5. 台灣地區風場與等溫線之交角(溫度平流)?.....	<input type="text"/> 度
		1. 臺灣屬於正或負區?.....	<input type="checkbox"/> 正 <input type="checkbox"/> 負	6. 上海或溫州之溫度值,過去24小時之變化?.....	<input type="text"/> C
		2. 20~30N, 110~135E間有變高中心?.....	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	7. 台灣地區附近是否有低層噴流(風速>=30KT)?	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

表4~1 檢查項目包括：

1. 亞洲地面天氣圖：高低氣壓、鋒面、盛行風、東風波、短波槽、華南雲雨帶
2. 925hPa 等壓面：風切線、濕區、冷暖舌是否存在；屏南與桃園溫度差，特定測站之等溫線與風場交角。
3. 850hPa 等壓面：風切線、濕區、冷暖舌、低層噴流是否存在；屏南與桃園溫度差，台灣地區風場與等溫線之交角。
4. 700hPa 等壓面：西風槽、風切線、橫槽及低層噴流是否存在；本區有否分流或合流。
5. 700hPa 24小時高度變差圖：本區變量為正區或負區；是否有變高中心。應用在預測颱風未來移動使用。

表 4~2：預報席天氣檢查表(1~6 月及 10~12 月)－ 500hPa~200hPa

天氣圖		天氣重點	檢查項目	預報員
500hPa 等壓面圖	長波槽 脊線 波數分析 西風帶分析 大尺度 大氣分析		1. 15~30N, 100~130E 是否有西風槽?..... <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	[ ]
			是否落後 700hPa 槽線(風切線)?..... <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
			2. 台灣地區是否有合流?或分流?..... <input type="checkbox"/> 合流 <input type="checkbox"/> 分流	
			3. 25~32N, 100~120E 是否有橫槽?..... <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
			4. 台灣附近是否有中層噴流?(風速 45 KTS)..... <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
			5. 20~28N, 100~115E 間是否有短波槽?..... <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
			6. 140E(庫頁島)附近是否有阻塞高壓?..... <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
			7. 90E 附近是否有阻塞高壓?..... <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
北半球 500hPa 5日 平均距平圖	配合上圖 看天氣大勢		1. 台灣屬於正負距平?..... <input type="checkbox"/> 正 <input type="checkbox"/> 負	[ ]
			2. 60~70N 附近的波數?..... [ ]	
			3. 35~50N 附近的波數?..... [ ]	
300hPa 等壓面圖	噴流 噴流條 噴流心		1. 台灣西邊南支噴流所在最低緯度?..... [ ] N	[ ]
			2. 噴流心最大風速?..... [ ] kts	
			3. 台灣位於噴流條那一象限?..... <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	
			4. 地面鋒面位於噴流條那一象限?..... <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	
			5. 台灣地區是否有合流?或分流?..... <input type="checkbox"/> 合流 <input type="checkbox"/> 分流	
200hPa 等壓面圖	噴流 噴流條 噴流心		1. 台灣西邊南支噴流所在最低緯度?..... [ ] N	[ ]
			2. 噴流心最大風速?..... [ ] kts	
			3. 台灣位於噴流條那一象限?..... <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	
			4. 地面鋒面位於噴流條那一象限?..... <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	
			5. 台灣地區是否有合流?或分流?..... <input type="checkbox"/> 合流 <input type="checkbox"/> 分流	
6. 20~35N, 100~135E 範圍內是否有冷心低壓?..... <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否				
結語				

表 4~2 檢查項目包括：

- 500hPa 等壓面圖：西風槽、風切線、橫槽、短波槽及中層噴流是否存在；本區有否分流或合流。判斷是否梅雨鋒面的阻塞高壓，西風強弱的緯流指標
- 北半球 500hPa 5 日平均距平圖：大氣環流指標，長期預報參考。
- 300hPa 等壓面圖：南支噴流最南位置、本區或鋒面與噴流相關配置位置、本區有否分流或合流、本區附近是否有高層冷心低壓。
- 200hPa 等壓面圖：南支噴流最南位置、本區或鋒面與噴流相關配置位置、本區有否分流或合流、本區附近是否有高層冷心低壓。

檢查表 4~1 與 4~2 之各細項含意與探討：

**1. 地面天氣圖檢查**

- (1) 20~30N, 110~130E 是否有低壓：一般而言低壓區內，天氣較不穩定，可能伴隨有降水、低能見度、或低雲幕。本項檢查的重點在於：
  - 高壓出海後，華南地區是否有低壓生成(旋生)。研判旋生後，是否鋒生及鋒面可能影響台灣的時間。
  - 台灣低壓是否生成，是否可能導致鋒生。並留意台灣低壓位置，若台灣低壓的出現接近

台灣西北陸地，桃園機場可能起大霧，松山機場出現 2000 公尺以下能見度，500-1000ft 雲幕。

c. 是否有中小尺度低壓，短時間影響機場風場及能見度。

- (2) 中上游是否有鋒面：鋒面代表兩個不同性質氣團的交界處，天氣較不穩定，通常伴隨降水、低能見度、低雲幕，較強的鋒面甚至伴隨積雨雲、積冰、亂流的出現。若台灣中上游有鋒面，表示鋒面可能往下游移動並影響到台北飛航情報區。應注意其移動速度，可能影響各機場的時間，鋒面通過前後，被影響之機場其風場、能見度、雲幕的變化。
- (3) 台灣地區盛行風：盛行風場可用來了解各機場盛行風的風向、風速。盛行風通常受到大尺度天氣系統影響如：冬季時通常為東北季風，若鋒面南下時，鋒前偏南風-西南風，鋒後吹東北風。夏季時若在太平洋副高西北側盛行風為西南，若在副高西南緣則為東南風。
- (4) 東風波：東風波為熱帶地區向東移動的系統，在其波動前緣，為不穩定區，當 18-25N，124-135E 存在東風波動時。台灣東部、東南部常有惡劣天氣發生機會。
- (5) 青康藏高原短波槽：
  - (1) 搭配高層天氣圖研判，青康藏高原東側是否有短波槽生成，若有的話 36 小時後可能影響台灣地區。
  - (2) 短波槽生成，低面是否伴隨旋生、鋒生。
- (6) 華南雲雨帶：搭配 700hPa 天氣圖研判，當有大量水氣，自印度洋或南海地區，輸送至華南地區並形成大片雲雨區時，其雲雨區移入台灣後，可能導致台灣地區較長時間之降水，例如春雨。
- (7) 蒙古高壓中心所在位置及中心氣壓：研判貝加爾湖附近，蒙古高壓的位置，及中心氣壓。
  - (1) 貝加爾湖附近存在蒙古高壓，且中心氣壓高，表示可能有一波冷空氣準備南下。
  - (2) 貝加爾湖附近之蒙古高壓減弱，表示 A. 較強之中心已向東移動，短時間不會有較強冷空氣南下。B. 高壓可能在四十度以南分裂。
- (8) 40N 以南有分裂高壓：研判 40N 以南有分裂高壓時，應注意分裂高壓出海移動之方向
  - (1) 若往東在黃海出海，高壓冷海變性，台灣天氣較差
  - (2) 若在東海出海，高壓暖海變性。
  - (3) 華南 27N 以南出海，因高壓本身靠近台灣，天氣較好。
- (9) 高雄上海氣壓差：上海高雄氣壓差用以研判，大陸冷高壓的強度，氣壓差越大，梯度越大，風速越強。

## 2. 925 hPa、850hPa 等壓面圖

- (1) 25~35N，100~130E 是否有鋒面(風切線)：風切線，為風場不連續面，它可以是鋒面位置，或是兩個高壓間的不連續面，是個不穩定帶，當出現有風切線時，常伴隨有惡劣天氣。經驗顯示在預報時應注意 925hPa、825hPa 風切線未通過時，能見度、雲幕不會完全好轉。
- (2) 濕區是否存在 TP FIR 範圍內：濕區代表雲區，有濕區的地方應預報多雲。若有濕區且伴隨不穩定天氣系統，有可能帶來降水。
- (3) 15~35N，100~130E 有無冷暖舌：通常用來當作預報低能見度的因子。冬、春季高壓出海後之迴流期間，台灣海峽常有暖舌出現，此時暖空氣通過較冷的陸地或海面，常帶來較低

能見度或霧。

- (4)DC TP 溫度差：指示南北溫梯度大小，可作為東北季風或西南季風強度之指標。
- (5)測站等溫線與風場交角：本項用來判斷頂台灣附近風場是否為冷平流或暖平流，溫度梯度相同時，風場與溫度場之交角越大，冷、暖平流越強。典型冷鋒面的前緣有暖平流，鋒後有冷平流。當鋒面移進，台灣處於冷鋒面前的暖區內時，容易產生低能見度。華南地區如有較強之暖平流出現時，有機會發展鋒生。
- (6)上海或溫州之溫度值，過去二十四小時變化：上海或溫州位於台灣北方，為東亞季風之上游，當寒潮爆發時，上海或溫州的溫度會驟降，可藉由這兩站溫度的改變來判定，冷高壓或冷空氣正在增強或減弱。
- (7)低層噴流：梅雨季時，低層噴流因地形或鋒面系統舉升，常引發豪大雨事件。本檢查項目，用來判定低層噴流出現時間、地點，以預測大雨的發生。

### 3. 700hPa 等壓面圖

- (1)15-35N, 100-130E 是否有西風槽，是否落後 850hPa 鋒面(風切線)：西風槽前為上升運動及正渦度平流區，有利地面低壓系統生成，為天氣系統較不穩定的區域。預報時因留意其位置、移動速度、地面是否有相對應的天氣系統。若西風槽落後 850hPa，表示為非典型斜壓系統，系統移速較快。
- (2)台灣地區有合流或分流、對應高層是否有合流或分流：用來判定不穩定區域的方法之一，合流出現的區域，可能也會有輻合現象。若相對應之高層為分流，上下層偶合，則有不穩定的天氣出現。
- (3)25-32N, 100~120E 範圍內是否有橫槽：700hPa 之橫槽，也是一種風場的不連續線，其不連續面呈東-西或東北-西南走向，故稱橫槽。形成橫槽的原因可能是西風槽南北移速不同，變形而成。或是存在於南北兩個高壓間的橫向不連續面。由於橫槽本身具有正渦度，容易形成輻合、上升運動，容易出現陰雨甚至劇烈天氣。橫槽後方為偏北風或高壓區，通常 700hPa 之橫槽通過後，天氣好轉。
- (4)台灣地區附近是否有低層噴流(風速 $\geq$ 30kt)：與 850hPa 低層噴流的預報方法相同，低層噴流通常伴隨降水，及亂流。當低層噴流出現，則應考慮是否預報降水、或亂流的發生。
- (5)700hPa 24hr 變差圖：
  - a. 台灣屬於正區或負區：變差圖主要是利用 700hPa 過去 24 小時之高度場變化，來預測系統未來可能的變化。其差值考主要用在下列預報：
    - (a)系統移動方向，例如颱風之移動方向可能會朝 700hPa 高度場降低最大的地方移動。或高空槽脊通過或接近。
    - (b)系統強度增強或減弱，例如太平洋地區的高度場降低，表示副熱帶高壓正在增強或減弱。或是用來判定高空槽脊之增強、減弱。
  - b. 20-30N, 110~135 間有變高中心。

### 4. 500hPa 等壓面圖

- (1)15-30N, 100~130E 是否有西風槽，是否落後 700hPa 槽線(風切線)。

- (2)台灣地區是否有合流、或分流
- (3)23~32N, 100~120E 是否有橫槽。
- (4)台灣附近是否有中層噴流。
- (5)20~28N, 100~115E 是否有短波槽。

(1)至(5)項應注意事項與 700hPa 同，其用意在於 700~500hPa(中對流層)之槽線(風切線)之配置位置、厚度與傾斜，進而分析未來其強度與移動將如何變化。

- (6)140E(庫頁島)附近是否有阻塞高壓：當大尺度環流具有阻擋西風帶內移動性高低壓之正常東移現象形勢時，謂之阻塞此時天氣系統移動緩慢，影響時間拉長，梅雨季時，140E(庫頁島)常有阻塞現象發生。
- (7)90E 附近是否有阻塞高壓：同上。
- (8)20~30N, 100~115E 緯流指標為何：本區靠近低緯地區，在此緯流指標用來判定，天氣系統移動的快慢，高緯流指標代表高速度緯流(zonal flow)而空氣之南北輸送較小，天氣系統移動較快，低緯流指標代表低速度緯流而空氣之南北輸送較顯著，天氣系統移動要慢，若有不穩定天氣，則影響時間將延長。

#### 5. 北半球 500hPa 5 日平均距平圖。

- (1)台灣屬於正距平或負距平：負距平為不穩定區，正距平區為穩定區。
- (2)60~70N 附近的波數，
- (3)35~50N 附近波數。
  - 3 波：流線密集風速強，西風帶強，不利於南北振盪及短波發生。
  - 5 波：流線間隔寬氣流較弱，西風帶較弱，易出現短波槽發展。

#### 6. 200hPa、300hPa 等壓面圖

- (1)台灣西邊南支噴流所在最低緯度
- (2)噴流心最大風速：噴流為風速大於 60Kt 之強風速帶，通常對流層內西風帶可分辨出兩支噴流，一為北支噴流(極鋒噴流)，一為南支噴流(副熱帶噴流)，兩支噴流於日本附近會合。冬季時南支噴流大致出現在北緯 20 到 30 度之間，由於噴流附近常有晴空亂流，有時亦伴隨地面不穩定的天氣，本一、二檢查項在提醒預報員亂流可能出現的位置，當噴流出現的緯度越低，越靠近台灣地區時，應別注意。
- (3)台灣位於噴流哪一象限：高空噴流軸之入區右側及出區左側為輻散區，有助於地面之輻合定之天氣發生。
- (4)台灣地區是否有合流或分流
- (5)20~35N, 100~135E 是否有冷心低壓：冷心低壓主要出現在副熱帶地區 200hPa、300hPa 以上高層，少部向下延伸至 500hPa。和一般溫帶或熱帶氣旋不同的是，中心為冷心且為下沉運動，外圍則為上升運動。冷心低壓形成後向東移動，可持續超過一兩個禮拜，由於冷心低壓之中心下沉無雲的天氣，航機容易忽略其危險性，故台灣附近出現有冷心低壓時，應考慮是否發佈亂流。另外應注意其在東南象限常有不穩定之天氣。

(五) 夏季(7~9 月) 預報席天氣檢查表(表 5)：預報席負責輸入檢查。

表 5：預報席天氣檢查表(7~9 月)

每年 7~9 月夏季期間預報員檢查表以(表 5)代替(表 4~1)及(表 4~2)，主要原因是此段期間內中緯度天氣系統已不再南下影響本區，而是以太平洋高壓的變化與其對本區天氣帶來的影響為最主要因素。同時西南季風開始出現並增強，低緯度天氣系統亦逐漸北上，另外熱帶低壓與颱風開始在洋面上發展。

檢查表之各細項含意與探討：

### 1. 地面天氣圖

(1) 台灣地區是否在太平洋副熱帶高壓勢力範圍內？

- a. 過去 24 小時副高之消長？
- b. 預估未來 24 小時副高之消長？

台灣的梅雨季結束之後，台灣地區因副熱帶高壓帶的籠罩，為乾熱季節，且西南季風增強。台灣西半部受到西南季風盛行影響，當副熱帶高壓稍弱且高壓邊緣東退至台灣附近時，會產生較頻繁的午後西北雨。但如果太平洋高壓位置西伸，則台灣將會是持續乾熱的高壓型天氣；另外，考慮颱風天氣型態，颱風過後台灣西南部往往引進強烈的西南氣流。颱風形成與副熱帶高壓減弱也有密切關係。

(2)西太平洋上有熱帶低壓或颱風：台灣地區在 7~9 月屬於颱風發生頻繁的季節，所以在西太平洋上經常會形成熱帶低壓或是低壓強度增強為輕度颱風的情形，所以要密切注意。

(3)ITCZ 是否北抬至 20N：ITCZ 稱為間熱帶輻合區 (Intertropical Convergence Zone；ITCZ)，ITCZ 的短期變化主要表現為位置的移動，以及強度的增強和減弱。西太平洋 ITCZ 的演變過程可分為兩個不同的階段：

a. 不活躍階段

當來自南半球的東南信風減弱時，西太平洋地區低層盛行北半球副熱帶高壓南側的東北信風。赤道西風只在中南半島一帶，它們與東風的匯合帶在南海地區。此時，ITCZ 較弱，位置偏南，在菲律賓以東地區接近赤道，主要表現為一條弱的、不明顯的來自兩半球信風氣流（東北與東南風）間的匯合線。雲系主要是面積較小的分佈散亂的信風雲系。在這階段，西太平洋地區的熱帶氣旋活動頻數一般較少。

b. 活躍階段

當南半球冬季高壓勢力增強，其北側東南氣流迅速增大時，西太平洋地區出現大範圍西風和東風，原來低緯地區的偏東氣流撤到北緯 15 - 20 度以北，ITCZ 北抬。由於南、北半球氣流強烈的相互作用，在輻合帶水平切變較大的地區開始出現一些氣旋性渦旋環流，產生大面積雲團。在衛星雲圖上表現為一條東西向連續的密閉雲帶。這個階段，熱帶氣旋最易在輻合帶中發生。且常有一些熱帶擾動同時或相繼發展成熱帶氣旋。

衛星雲圖上的低緯度地區，在 ITCZ 的位置上常有一條東西走向的雲帶，其上有強烈的積雨雲活動。在輻合帶中常有擾動出現，每個擾動伴隨著一片稠密的積雨雲區，有時它的雲帶很窄（只有 2 - 3 個緯距），但雲區連續且長達千餘公里；有時它的雲帶斷裂成一團一團的雲區，直徑可達 5 - 10 個緯距，其中有些還表現為渦旋雲系。這種擾動雲系一般自東向西移動，西太平洋上的大多數颱風就是由它們發展起來的。

在每日的衛星雲圖上，ITCZ 中雲型變化很大，雲帶中可包含有積雲、濃積雲以及與熱帶擾動相聯繫的大片積雨雲區。由於在垂直方向上輻合帶是向南傾斜的，因此它的雲帶的北側大約與地面輻合漸近線相對應，它的雲區主要出現下漸近線南側的西南氣流中。一般情形下，ITCZ 可以分成季風槽和信風槽兩種。季風槽是由西南季風與偏東信風形成的，槽中風速小，擾動較為活躍。信風槽是由東北信風和東南信風形成的，主要表現為一條輻合漸近線，通常槽中的擾動不活躍。

(4)台灣地區盛行風

台灣地區在 7~9 月受到東亞夏季季風的影響，主要的盛行風場以西南風為主。而東亞夏季季風也受到西太平洋高壓的影響，所以台灣在夏季不僅會吹西南風，也會出現偏東南風或偏南風。另外，盛行風向也影響各民航機場在跑道方向的使用。

## 2. 700hPa 等壓面圖

(1)17~22N, 100~115E 範圍是否有西南季風槽？

東亞季風區範圍包括南海及西北太平洋沿岸地區，包含中南半島東岸、中國東部和南部、菲律賓群島、琉球群島等地。在北半球的夏季，南半球的大洋洲散熱明顯，成了一個冷源，氣壓比海洋高，季風氣流自東南向西北吹，進入北半球受地轉偏向力影響偏轉為西南風，混合越過中南半島的南亞季風後在中國內陸的內陸熱低壓影響下轉而吹向中國。此

外西北太平洋副熱帶高壓脊西側的東南氣流也是東亞季風的組成部分，並會和越赤氣流發展出季風槽。大部分西北太平洋的熱帶氣旋都是在季風槽中發展出來的。

受地理環境、季節變化等因素影響，地面氣壓分佈一般並不均勻。氣壓較四週為低的地區，稱為低壓區。從低壓區延伸出來的狹長區域，稱為低壓槽。有鋒性的槽〔槽的兩邊有冷暖氣團的差異〕，視乎槽的移動方向，稱為冷鋒、暖鋒或靜止鋒。在華北地區，尤其在冬季，低壓槽通常以冷鋒形式出現，由東北向西南伸展，自西向東移動。在華南地區，低壓槽通常為東西走向，自北向南移動，推向南海北部。冬天鋒性較強，在天氣圖上多以冷鋒形態出現。到春天及初夏鋒性較弱，五、六月便是華南低壓槽的旺季。這些月份，夏天西南季候風正向北進入中國內陸，其前沿的位置往往就是在槽線上，故這時候的低壓槽也被稱為季風槽(monsoon trough)。空氣則朝氣壓低的地區走。不同的氣流在低壓槽上匯聚，空氣被迫上升，空氣中的水汽凝結成雲及雨。在適當條件下更可能有雷暴發展。

低壓槽伸延數百公里，但惡劣天氣主要是來自當中面積數十平方公里的對流細胞(convective cells)，這些細胞的生命史只有短短數小時。故此暴雨警告的有效時間通常不會太長，不像熱帶氣旋警告訊號一掛整天。但如果低壓槽移動緩慢，其盤踞的地區便會經常受新發展的對流細胞影響，惡劣天氣便會持續。在這個範圍內若有西南季風槽，則需要注意是否有加深、減弱以及移動或滯留，隨後加以研判未來趨勢是否會接近台灣地區或是靠近本區的上游地區，一旦靠近本區，則必須注意是否有危害天氣的發生。

#### (2)過去 24 小時高度變差台灣屬於正區或負區？

藉由高度變差可以研判台灣地區附近的太平洋副熱帶高壓以及季風槽，兩者勢力的消長，對本區未來天氣型態的轉變有相蕩大的影響。若過去 24 小時高度變差台灣屬於正區，則顯示太平洋副熱帶高壓增強或是西伸；反之則減弱或東退。

#### (3)預估未來 24 小時之變差變動趨勢

用來研判且預報未來台灣地區的天氣型態是否轉變，若是研判為正，顯示太平洋副熱帶高壓增強或是西伸，天氣相對而言較為穩定；反之若研判為負，則顯示太平洋副熱帶高壓減弱或東退，天氣型態將有所改變或相對而言較不穩定。

### 3. 500hPa 等壓面圖

#### (1)太平洋副熱帶高壓西伸，5880 等高線超過 115E？

太平洋副熱帶高壓的強度和範圍，在 500hPa 高空天氣圖上以 5880 線來表示，而在衛星雲圖上則表現為廣闊的黑色無雲區，兩者一般有很好的配合。另外，雖然 5880 線範圍很廣，且呈現緯向分布，但衛星雲圖上副高區內有較多的對流雲區，這表明副高實際上較弱，或甚至即將分裂。有時副高會突然顯著增強並西伸，導致颱風路徑的明顯改變。以 115E 做一個分界，當太平洋副熱帶高壓西伸且 5880 等高線位於 115E 以西，表示天氣相對而言較為穩定；反之若 5880 線在 115E 以東，顯示太平洋副熱帶高壓減弱或東退，台灣地區位於太平洋副熱帶高壓邊緣，它的邊緣較不穩定，屬於雲雨區，在預報時會研判受「西南氣流」或「偏南氣流」影響，有機會造成午後雷陣雨的天氣型態。

#### (2)北半球五日距平，台灣屬於正或副距平？

距平(anomaly)：在氣象學上，係指某地點知氣象要素之數值與同期沿著通過該地之緯度上平均值之偏差。五日距平顧名思義為五日的平均值，若台灣地區五日距平為正，顯

示太平洋副熱帶高壓勢力範圍仍強或是 500hPa 高度場高於過去五日平均，反之則為減弱，用此數據來研判太平洋副熱帶高壓勢力的消長。

### (3) 預估未來 24 小時之距平趨勢？

若未來 24 小時距平趨勢為正，顯示太平洋副熱帶高壓勢力增強，天氣穩定；反之，若趨勢為負，則顯示太平洋副熱帶高壓勢力減弱，此時天氣較為不穩定，一旦副高邊緣在台灣地區附近，產生午後雷雨的機會則相對提高。

## 4. 300hPa、200hPa 等壓面圖

### (1) 20~35N，110~135E 範圍內是否有冷心低壓？

高空冷心低氣壓是一種位於對流層高層的冷中心低壓區，在此指位於熱帶地區出現之冷心低氣壓，出現及活躍於夏季時。其特徵為：主要降雨區在其東南象限(因有氣流上升及輻散活動)，而中心及西側因下沉氣流而差不多無雲。冷心低壓具移動性，通常見得較多的是東往西移，或往西南移。其出現原因有二，一是由中緯度高層槽振幅增大延後割離出來的，二是由高層反氣旋南側之高空東風波動而成。

高空冷心低氣壓在地面並沒有相對應的強低壓系統，700hPa 以下看不出其氣壓場，而最強冷心區則大約在 200~300hPa。在北半球的高層流線圖中可見反時針的風場運動，可以是槽形狀態或原整環流，200hPa 或 300hPa 高空天氣圖會以 L 及 C 表示其低壓及冷心特性。而在水氣動畫中則可見到高層水氣作氣旋式的旋轉活動。

高空冷心低氣壓對熱帶氣旋最大的影響通常是因影響其高層輻散環境而使熱帶氣旋之強度相應受到影響，例如，熱帶氣旋位於冷低東南側便會得到較佳輻散而增強，位於西側便可能受下沉氣流影響而減弱。高空冷心低氣壓本身發展得強烈時也可直接誘生出地面擾動的出現，環境適合時可增強成熱帶氣旋。

### (2) 台灣地區是否有合流？或分流？

一般來說若高空有分流，且配合低層有合流以及有利對流發展條件，低層輻合、高層輻散，則對流系統會發展旺盛，反之則會抑制對流的發展。

## 5. 熱雷雨檢查表

### (1) 前一日 00Z 符合熱雷雨條件有幾項？

實際天氣是否有午後熱雷雨發生？

透過熱雷雨檢查表裡面的各項穩定度指標，來研判當日午後雷雨發生的機率以及實際情況。

### (2) 前一日 12Z 符合熱雷雨條件有幾項？

透過熱雷雨檢查表裡面的各項穩定度指標，來研判熱雷雨發生機率。

### (3) 今日 00Z、12Z 符合熱雷雨條件有幾項？

透過熱雷雨檢查表裡面的各項穩定度指標，研判熱雷雨發生機率，並透過統計方式來比較各項指標跟熱雷雨發生的相關性。

※熱雷雨檢查表預報因子的檢查見表 3(臺北機場熱雷雨預報檢查表)

(六) 預報員每日輸入之探空檢查表(表 6)

表 6：探空檢查表

探空檢查表

46692 板橋探空站

46699 花蓮探空站

46750 屏東探空站

1. 濕區分布：可以了解到對流層的水汽含量集中在高、中、低對流層的分布情形。一般而言，濕區的定義為溫度露點差 $\leq 3^{\circ}\text{C}$ （即 $T-T_d \leq 3^{\circ}\text{C}$ ）。
2. 是否有冷暖平流  
高度範圍：在垂直方向上，風向隨高度的改變，若風是隨高度增加而順轉，則有暖平流；若風是隨高度增加而逆轉，則有冷平流。
3. 是否有逆溫層  
高度範圍：在對流層大氣中，一般大氣溫度之垂直分布隨高度而降低，因此在對流層中，溫度隨高度而增加之大氣範圍稱為逆溫層。通常發生在晴朗 無風 無雲的晚間 由於輻射冷卻地表散熱比高度較高的地方快，所以當清晨或是早上就會有出現逆溫層的現象。逆溫層

非常穩定，不利於污染物的垂直擴散，因而增加區域性污染濃度。

#### 4. 各項指標

**KI :**  $K = T850 - T500 + Td850 - (T700 - Td700)$

$K < 15$  氣團雷雨發生的機率為 0% \

15-20 氣團雷雨發生的機率為 <20%

21-25 氣團雷雨發生的機率為 20-40%

26-30 氣團雷雨發生的機率為 40-60%

31-35 氣團雷雨發生的機率為 60-80%

36-40 氣團雷雨發生的機率為 80-90%

$K > 40$  氣團雷雨發生的機率為 >90%

**SI :**

Showalter index (SI) : 大氣局部「靜力穩定度 (static stability)」之一種量度，用數值表示。此指數由一上升氣塊自 850hPa 循乾絕熱上升至飽和點，再循飽和絕熱線至 500hPa 面決定之。在 500hPa 面上，氣塊溫度和周圍溫度相比較，此兩溫度之差值即為 SI 之大小。假定氣塊較其新環境為冷，指數為正；反之，則為負。

當 SI 指數  $\leq 3$  的時候，該區域內可能有陣雨並預期有雷雨。

當  $-2 \leq SI \leq 1$  的時候，下雷雨的機會迅速增加。

當  $SI \leq -3$  的時候，有劇烈雷雨發生。

當  $SI \leq -6$  的時候，預報員應考慮發生龍捲風的可能性。

**To :** Total index (TO) :  $TT = T850 + Td850 - 2T500$

44-45 Isolated moderate thunderstorms、  
孤立的、中度雷暴

46-47 Scattered moderate / few heavy thunderstorms  
散佈的、中度 / 少量的、大雷暴

48-49 Scattered moderate / few heavy / isolated severe thunderstorms  
散佈的、中度 / 少量的、大雷暴 / 孤立、嚴重雷暴

50-51 Scattered heavy / few severe thunderstorms and isolated tornadoes  
散佈的、大的 / 少量的、嚴重雷暴以及孤立的龍捲風

52-55 Scattered to numerous heavy / few to scattered severe thunderstorm / few tornadoes

散佈的、到數量多的大雷暴 / 少量的。到散佈的嚴重雷暴 / 少量的龍捲風

> 55 Numerous heavy / scattered severe thunderstorms and scattered tornadoes  
數量多的大雷暴 / 散佈的嚴重雷暴以及散佈的龍捲風

### 第三章 分析結果與探討：

#### 第一部分 熱雷雨檢查表之統計分析

##### 一、背景

熱雷雨檢查表在臺北航空氣象中心已執行 20 年以上，目前仍為每年 7 月至 9 月之例行作業項目。長期以來僅作片段時間之驗證，加上雷雨在機場上空(TS OVHD)或在鄰近(VCTS)之不同的定義不差異，造成當每次結果也不相同，有必要作一次長時間之客觀驗證作合理的定論。資料期間：1999~2006 之 7 月至 9 月。

資料內容：1. 松山航空氣象台錄存之觀測資料(包括 METAR 及 SPECI)。

2. 電子化檢查表輸入紙本保留資料。

驗證方式：1. 定義松山航空氣象台天氣報告有 TS 或 VCTS 都算有雷雨天氣。

2. 資料期間計算每一項指數之機率。

3. 含各項指數的單迴歸方程式中各自之權重。

$$OPI = a1 \times \text{連續性} + a2 \times KI + a3 \times T0 + a4 \times SI + a5 \times (5880 \text{ 線}) + a6 \times Td(700) + a7 \times Td(sfc) + a8 \times WND(700)$$

4. 以 2008 年 7 月至 9 月每日 00Z 例行作業中驗證(含 6 月下旬)。

##### 二、目前例行作業的松山機場熱雷雨預報指數之 1999 至 2007 統計。

表 7：七月份熱雷雨預報指數統計結果與分析

	連續性		K 值		To 值		S 值	
	成功	失敗	成功	失敗	成功	失敗	成功	失敗
1999	17	13	18	12	15	15	17	13
2000	26	4	15	15	12	18	6	24
2003	21	8	19	10	17	12	12	17
2004	20	8	19	10	15	14	11	18
2005	17	7	19	8	19	8	14	13
2006	21	4	19	6	20	5	14	11
2007	14	15	13	16	12	17	13	16
比例	0.697	0.303	0.613	0.387	0.553	0.447	0.437	0.574

1                      0.879                      0.793                      0.627

	5880 線		700hPa 溫度露		地面露點		風向風速關係	
	成功	失敗	成功	失敗	成功	失敗	成功	失敗
1999	13	14	16	14	13	17	14	16
2000	3	18	6	23	4	25	11	18
2003	20	8	15	14	8	21	10	19
2004	10	19	16	13	8	19	13	16
2005	10	15	20	7	8	19	12	15
2006	16	9	14	11	5	19	10	15
2007	18	11	20	9	15	14	13	16
比例	0.489	0.511	0.54	0.46	0.213	0.687	0.419	0.581

0.701                      0.775                      0.306                      0.601

原本                      調整權重    總計

準確                      49.53%                      69.52%    5.681

表 8：八月份熱雷雨預報指數統計結果與分析

	連續性		K 值		To 值		S 值	
	成功	失敗	成功	失敗	成功	失敗	成功	失敗
1999	24	7	14	17	16	15	16	15
2000	12	7	6	11	7	10	9	8
2003	22	6	21	7	15	13	12	16
2004	20	8	18	10	19	9	18	10
2005	16	8	16	8	10	14	9	15
2006	19	9	18	10	18	10	19	9
2007	16	5	13	8	11	10	11	10
比例	0.721	0.279	0.599	0.401	0.542	0.458	0.531	0.46

1                      0.831                      0.753                      0.737

	5880 線		700hPa 溫度		地面露點		風向風速關係	
	成功	失敗	成功	失敗	成功	失敗	成功	失敗
1999	12	18	15	16	14	16	19	12
2000	8	11	8	11	8	11	10	9
2003	16	12	18	10	8	20	15	13
2004	11	17	15	13	9	19	16	12
2005	8	15	14	10	9	15	11	13
2006	21	7	15	12	6	21	13	15
2007	14	6	14	7	9	12	10	11
比例	0.511	0.489	0.556	0.444	0.246	0.644	0.525	0.475

0.71                      0.772                      0.341                      0.729

原本                      調整權重                      總計

準確 52.90                      62.21%                      5.872

表 9：九月份熱雷雨預報指數統計結果與分析

	連續性		K 值		To 值		S 值	
	成功	失敗	成功	失敗	成功	失敗	成功	失敗
1999	22	7	18	12	14	12	16	13
2000	24	6	20	10	12	18	15	12
2003	20	9	12	17	17	12	14	14
2004	20	9	19	10	15	14	14	12
2005	22	7	18	10	15	14	15	12
2006	17	9	17	12	16	12	15	11
2007	21	9	14	12	16	12	17	10
比例	0.723	0.277	0.587	0.413	0.528	0.472	0.558	0.416

1                      0.812                      0.73                      0.772

	5880 線		700hPa 溫度		地面露點		風向風速關係	
	成功	失敗	成功	失敗	成功	失敗	成功	失敗
1999	13	14	18	10	9	18	16	14
2000	12	15	14	15	10	20	17	12
2003	14	16	15	14	10	18	19	10
2004	12	18	16	14	10	18	17	12
2005	15	15	17	12	11	16	16	12
2006	16	9	18	11	11	17	16	11
2007	18	11	17	13	12	18	18	11
比例	0.505	0.495	0.564	0.436	0.254	0.631	0.592	0.408

0.699                      0.78                      0.352                      0.819

原本                      調整權重                      總計

準確 53.88%                      59.51%                      5.964

說明：

1. 將原本各因子權重為 1 之情況，進行成功與失敗結果分析。
2. 當因子達到預報雷雨之臨界值，同時雷雨發生或未達臨界值且雷雨不發生，皆視為成功預報；其餘為失敗。求得成功及失敗比率，可得知各項因子在過去預報雷雨發生之實用性。
3. 將實用性最高的因子保留其權重為 1，其餘依比率修正。並將得到之新權重再次進行結果分析。
4. 原本八項因子需要五項或以上符合，將列入雷雨預報參考。新權重為成功率最高的三項指標值之總和預報門檻。(避免只需此三項因子同時成立，使值超過全部指標總和之一半)
5. 經由修正後之因子權重將原本七月成功預報率由 49.53% 提升至 69.52%；八月成功預報率由 52.90% 提升至 62.21%；九月預報成功率由 53.88% 提升至 59.51%。
6. 其中以七月份提升預報成功率最為顯著；九月份可能受到颱風及季節轉換影響，提升程度較不理想。
7. OPI 指數之發生雷雨臨界點：7 月為 2.7、8 月為 2.6、9 月為 2.59。

※本文以下將使用到的台灣地型以及地區劃分圖如圖 1。

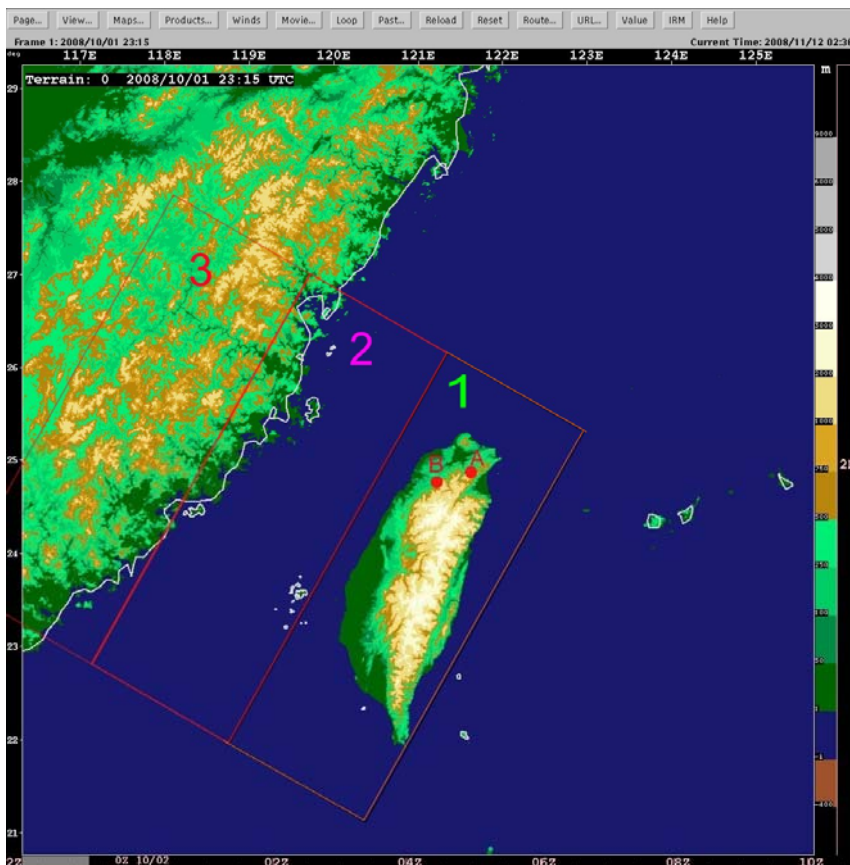


圖 1：本文使用的熱雷雨發展區域劃分：雪山山脈東側以○A，西側以○B 表示；

低層噴流(925hPa LLJ $\geq$ 15KT；850hPa LLJ $\geq$ 20KT)出現區域劃分：1 區為本島及東部近海，2 區為海峽地區，3 區為大陸東南區域。

### 三、實際驗證

表 10：2008 年 6 月熱雷雨校驗表

DATE	TIME	LLJ 位置	熱雷雨 YES 總數	LI	SS/TS	TP/TS
15	00Z	1	3	2.7	Y	N
16	00Z	1	7	-0.6	Y	N
17	00Z	2	5	-1.3	Y	Y
18	00Z	2	5	-1.2	Y	Y
19	00Z	3	4	-0.8	N	N
20	00Z	3	5	-1.2	N	N
21	00Z	3	3	-2.7	N	N
22	00Z	N	3	1.1	N	N
23	00Z	N	3	2.0	N	N
24	00Z	1	4	-1.6	Y	N
25	00Z	1	5	-1.1	Y	N
26	00Z	1	4	-2.2	Y	N
27	00Z	2	6	-2.4	Y	N
28	00Z	2	6	-2.	Y	N
29	00Z	2	7	-1.4	Y	N
30	00Z	2	6	-1.6	Y	Y

\* 舉升指數(Lifted Index：LI)於 2008 年 6 月才開始填寫。

以往 6 月梅雨季節時期在氣象中心例行作業中並不進行熱雷雨檢查，但理論上梅雨季結束後應可行，因此嘗試驗證 97 年 6 月 15 日以後松山與桃園機場雷雨狀況，此期間因太平洋高壓西伸導致西南氣流逐漸增強，在 925hPa 及 850hPa 等壓面上常出現風速>20KT 的低層噴流(Low Level Jet：LLJ)。

由表中 16 天中 LI 都>-3.0，依據美國實驗值 0~-2 Thunderstorms possible-trigger needed(若有其他動力來源或舉升作用，有陣雨或雷暴發生的可能)，11 次 SS/TP 發生雷雨中都有 LLJ 配合 LI，除了 15 日 LI 值大於 0，因此準確率為 90%；熱雷雨 YES 總數有 8 次在 5 以上合於標準、3 次小於 5 但仍有雷雨未預測到，準確率為 72%、但 20 日有 5 個 YES 但無雷雨發生。

分析後顯示氣象中心的熱雷雨指數在 6 月中下旬有不錯表現，但 LLJ 配合 LI 指標的表現似更為亮麗。

表 11：2008 年 7 月熱雷雨校驗表 OPI = 2.7

DATE	TIME	LLJ 位置	熱雷雨 YES 總數	LI	OPI	SS/TS 01Z WND	TP/TS 01Z WND	備註
1	00Z	3	5	-2.0	3.327	(NW10)	(SW10)	
2	00Z	3	2	0.6	0.907	(NW10)	(SW10)	
3	00Z	3	4	1.5	2.327	(NW10)	(SW10)	
4	00Z	3	2	-1.5	0.907	(NW10)	(SW10)	
5	00Z	3	4	-2.6	2.327	(NW10)	(SW10)	
6	00Z	3	4	-2.1	2.309	(NW10)	Y(NW10)	cb
7	00Z		5	-2.7	3.01	(E10)	(E10)	
8	00Z		4	-0.5	2.383	(E10)	(E10)	
9	00Z	2	4	-0.5	2.383	Y(NW05)	(SW10)	
10	00Z	2	4	-0.7	2.708	Y(NW05)	(SW10)	
11	00Z	2	5	-0.8	3.383	Y(NW05)	(SW10)	
12	00Z	2	5	1.3	3.383	(CALM)	(NW10)	
13	00Z		5	-1.2	3.01	(NW10)	(SW10)	
14	00Z		3	-1.7	1.634	(NW10)	(NE10)	
15	00Z		1	0	0.306	(NW10)	(NE10)	
16	00Z		4	-0.1	1.782	(E10)	(E15)	TYPH
17	00Z		4	-0.3	2.409	(E10)	(E15)	TYPH
18	00Z		4	-1.2	2.309	(NW10)	(SW15)	TYPH
19	00Z		4	2.1	2.383	(SW10)	(SW15)	
20	00Z		3	0.6	1.682	(NW10)	(SW15)	
21	00Z		3	0.5	1.682	(NW10)	(SW15)	
22	00Z	3	5	-2.5	3.102	Y(CALM)	(SW10)	
23	00Z	3	2	-2.0	1.007	(NW05)	(SW10)	
24	00Z	3	1	-1.0	0.306	(NW05)	(SW10)	
25	00Z		4	-2.8	2.427	(NW05)	(SW10)	
26	00Z		6	-1.4	4.081	(E10)	(E15)	TYPH
27	00Z		4	-1.4	2.409	(E10)	(E15)	TYPH
28	00Z		3	2.0	1.634	(E10)	(E15)	TYPH
29	00Z		5	0.1	3.188	(E10)	(E15)	TYPH
30	00Z	2	4	0.9	2.383	(E10)	(E15)	
31	00Z	3	5	-1.9	3.01	(CALM)	(VRB05)	

7 月 LLJ 出現的頻率雖不及 6 月，但仍很高。扣除受颱風環流接近影響外，松山機場發生 4 次雷雨中 LLJ 配合 LI 有 3 次吻合；但熱雷雨預報指數 7 次有 2 次吻合，2 次雷雨無法預報到，加上有 4 次預報有雷雨而實際未發生，有過度預報現象；OPI 指數 8 次有 3 次吻合，1 次雷雨無法預報到，加上有 5 次預報有雷雨而實際未發生，掌握發生雷雨次數有改善，但過度預報現象較明顯。

表 12：2008 年 8 月熱雷雨校驗表 OPI = 2.6

DATE	TIME	LLJ 位置	熱雷雨 YES 總數	LI	OPI	SS/TS 01Z WND	TP/TS 01Z WND	備註
1	00Z	3	2	0.1	1.113	(E05)	(NE10)	
2	00Z	3	3	-0.0	1.85	(SW05)	(SW10)	
3	00Z		6	-0.8	4.033	(SW05)	(NW10)	
4	00Z		2	-0.5	0	(E10)	(E10)	
5	00Z		4	-1.7	2.508	(E10)	(E10)	TYPH
6	00Z		5	-2.8	3.28	(E10)	(E10)	TYPH
7	00Z		3	-0.3	1.842	(E10)	(E10)	
8	00Z		2	0.4	1.07	(E10)	(E10)	
9	00Z	1	4	-1.9	2.543	Y(NW05)	(NW10)	
10	00Z	1	4	-0.8	3.543	Y(CALM)	(NW10)	
11	00Z	1	4	-0.9	2.842	Y(CALM)	(NW10)	
12	00Z		4	-0.7	3.543	(SW10)	(SW10)	
13	00Z	3	4	-2.3	2.638	(SW10)	(SW10)	
14	00Z	3	3	1.5	1.771	(SW10)	(SW10)	
15	00Z	2	4	-0.5	2.508	Y(CALM)	(SW10)	
16	00Z	2	5	-0.6	3.28	Y(CALM)	(SW10)	
17	00Z	3	5	1.2	3.543	Y(NW05)	(SW10)	
18	00Z		6	-1.8	4.28	(NW05)	(SW10)	
19	00Z		5	-3.7	30332	(E10)	(E10)	TYPH
20	00Z		2	-1.3	1.07	(SW10)	(SW10)	TYPH
21	00Z		5	-2.5	3.332	(SW10)	(SW10)	TYPH
22	00Z		6	-3.2	4.163	(WN10)	(WN10)	TYPH
23	00Z	2	7	-1.5	4.864	Y(CALM)	(WN10)	
24	00Z	2	4	-0.2	2.603	Y(CALM)	(WN10)	
25	00Z	3	4	-1.3	2.842	(SW10)	(SW10)	
26	00Z	3	4	0.2	2.579	(SW10)	(SW10)	
27	00Z		4	0.2	1.807	(NW10)	(NE10)	
28	00Z		5	-2.0	3.332	(E10)	(E10)	
29	00Z	3	4	-2.2	2.543	(CALM)	(SW10)	
30	00Z	3	5	-2.8	3.41	(NW10)	(NW10)	
31	00Z		3	-2.7	1.842	(SW10)	(SW10)	

8 月 LLJ 出現的日子仍有佔有一半比率，同樣扣除受颱風環流接近影響外，松山機場發生 8 次雷雨中 LLJ 配合 LI 有 7 次吻合；但熱雷雨預報指數 7 次有 3 次吻合，其他 5 次雷雨無法預報到，有 4 次預報有雷雨而實際未發生；OPI 指數則 13 次有 6 次吻合，其他 2 次雷雨無法預報到，有 7 次預報有雷雨而實際未發生，掌握發生雷雨次數有改善，但過度預報情況反而較明顯。

表 13：2008 年 9 月熱雷雨校驗表 OPI = 2.59

DATE	TIME	LLJ 位置	熱雷雨 YES 總數	LI	OPI	SS/TS 01Z WND	TP/TS 01Z WND	備註
1	00Z	1	2	-0.8	1.171	Y (VRB)	Y (SW100)	
2	00Z	2	6	2.0	5.111	(E05)	(E05)	
3	00Z	N	2	0.8	1.07	(E05)	(E10)	
4	00Z	2	2	-0.6	2.07	Y (CALM)	(NW10)	
5	00Z	2	6	-1.9	4.28	Y (CALM)	(NW10)	
6	00Z	N	4	1.5	2.842	(VRB)	(E10)	
7	00Z	N	2	0.2	1.07	(E10)	(E10)	
8	00Z	N	2	-1.0	1.078	(E10)	(E10)	TYPH
9	00Z	N	3	0.8	1.8412	(E10)	(E10)	TYPH
10	00Z	N	2	0.7	1.042	(E10)	(E10)	TYPH
11	00Z	N	2	3.3	1.042	(NE10)	(NE15)	TYPH
12	00Z	N	3	2.3	1.117	(NE10)	(NE15)	TYPH
13	00Z	N	6	-0.5	0	(NE10)	(NE15)	TYPH
14	00Z	N	5	0.6	3.339	(NE10)	(NE15)	TYPH
15	00Z	N	7	-4.5	4.864	(NW10)	(NW10)	TYPH
16	00Z	N	5	-1.9	3.28	(NW10)	(NW10)	
17	00Z	N	5	-1.7	3.3339	(NW10)	(NW10)	
18	00Z	N	3	1.2	1.807	(E10)	(E10)	
19	00Z	N	3	-0.4	1.807	(CALM)	(NW10)	
20	00Z	N	3	-2.6	1.807	(E10)	(NW10)	
21	00Z	N	1	1.6	0.341	(E10)	(E10)	
22	00Z	N	2	-0.1	1.042	(E10)	(E10)	TYPH
23	00Z	N	3	-1.4	1.779	(E10)	(E10)	TYPH
24	00Z	N	3	-0.2	1.842	(E10)	(E10)	TYPH
25	00Z	N	4	-2.9	2.56	(E10)	(E10)	
26	00Z	N	5	-3.7	3.391	Y (E05)	(E10)	
27	00Z	N	2	4.3	1.07	(E15)	(E15)	TYPH
28	00Z	N	2	4.8	1.807	(E15)	(E15)	TYPH
29	00Z	N	6	1.0	4.864	(SW15)	(SW15)	TYPH
30	00Z	N	3	4.1	1.807	(SW05)	(SW10)	TYPH

9月初仍有 LLJ 出現但之後就不存在，同樣扣除受颱風環流接近影響外，松山機場發生 4 次雷雨中 LLJ 配合 LI 皆吻合(其中 26 日雖無 LLJ 但 LI<-3 表示不需外界動力即可自行發展)；但熱雷雨預報指數 5 次有 2 次吻合，2 次實際雷雨無法預報到，3 次預報有雷雨而實際未發生，有過度預報現象；OPI 則預報發生雷雨 6 次有 2 次吻合，而 2 次雷雨無法預報到，4 次預報有雷雨而實際未發生，同樣有過度預報現象，總體上改善較不明顯。

由 97 年 6 月中下旬與 7、8、9 月的實際驗證，LI 指數與 LLJ 的配合之預報準確率相當高，相對的現行作業的熱雷雨預報指數參考性要差很多。唯今年夏季受颱風環流影響的天數特別多，因此今年松山機場發生熱雷雨的天氣比以往要少，因此驗證個案也較少，導致下定論的依據較薄弱，雖然已很明顯看出結果，但往後仍需繼續驗證才能下最有力的定論。至於其他指數如 SWEAT、BRN 等僅填寫 1 至 2 個月而已，無法驗證。

#### 四、近年來影響松山機場的雷雨胞的發源地及移動路程之新增與變動：

95 年以前松山機場發生的熱雷雨，大都來自雪山山脈的烏來山區發展結構良好的雷雨胞；雪山山脈的其餘地區亦有多處雷雨胞發展，但較為零散且絕大多數不會影響松山機場。此現象從追蹤氣象雷達回波及氣象衛星雲圖可很明顯解析出，觀測經驗告訴以往雷雨胞在烏來山區發展後，往外移動的路徑大致有三條：

- 1.約一半的雷雨胞會直接向東北方向移出源地，然後經過新店向板橋地區移動，此路徑並不會影響松山機場。
- 2.直接向西北移動到達影響松山機場上空或鄰近地區，此種移動路徑比較少發生，所佔的比率很低。
- 3.另外約一半雷雨胞為先向西移至四象山後再向東北移動，此路徑的雷雨胞常會影響到松山機場上空或鄰近地區。

上述參個熱雷雨胞的移動路徑都不會影響桃園機場，當桃園機場在少雲情況下，可看到雷雨胞上半部份。

96 年以後在例行觀測作業中發現似多出兩個雷雨胞的發源地，同樣都是在雪山山脈，其中之一在山區中央，剛好在松山機場南方，因此向北移動時僅會影響松山機場或鄰近地區(圖 2~圖 4)；另一在西邊山區，當雷雨向北移動時，往往會先通過桃園機場上空(圖 5 與圖 6)或鄰近地區，之後再到達松山機場上空或鄰近地區。

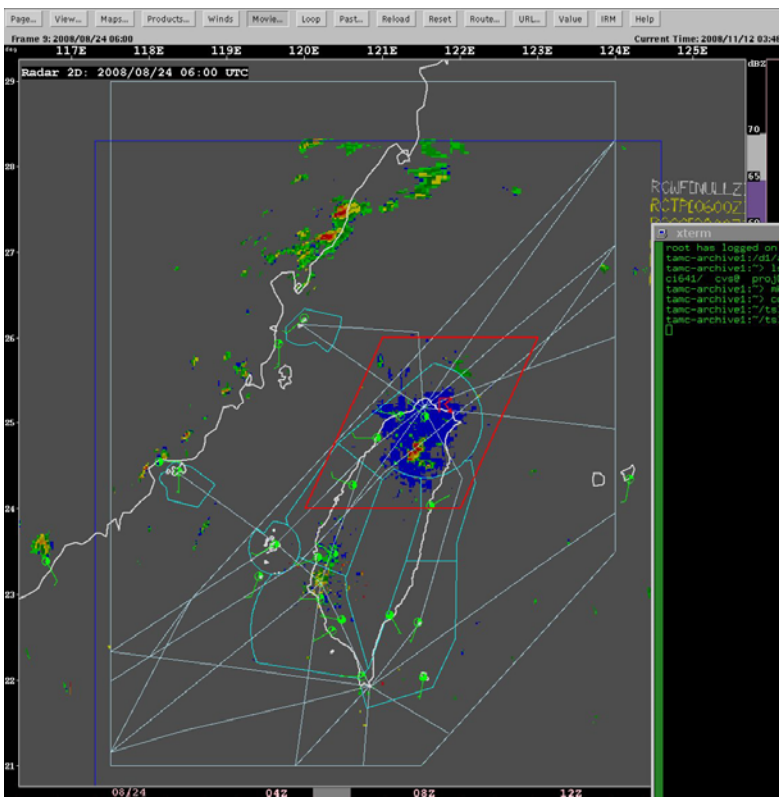


圖 2：雷雨胞在雪山山脈內發展

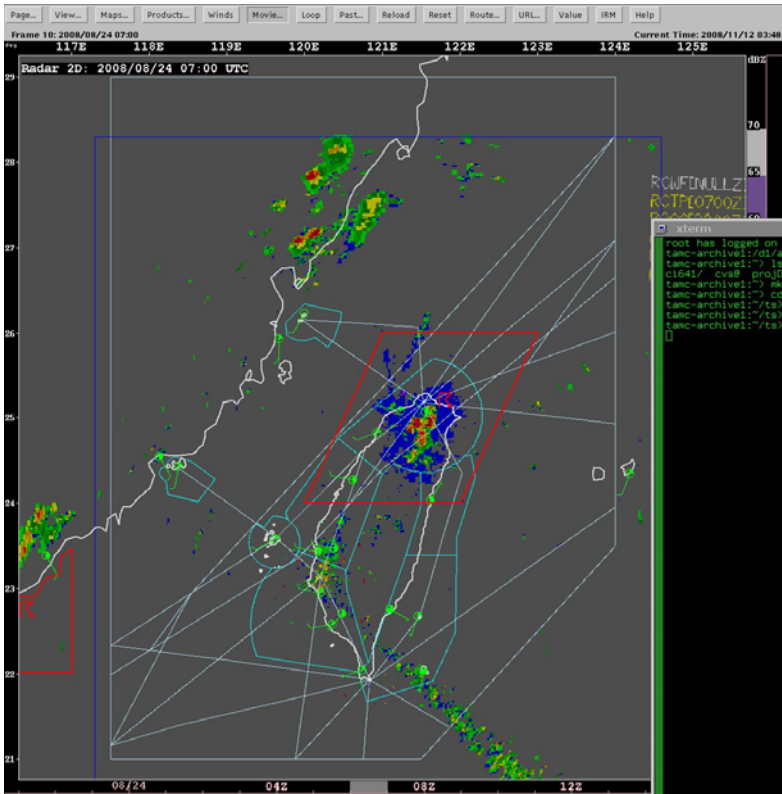


圖 3：雷雨胞發展後向北移動

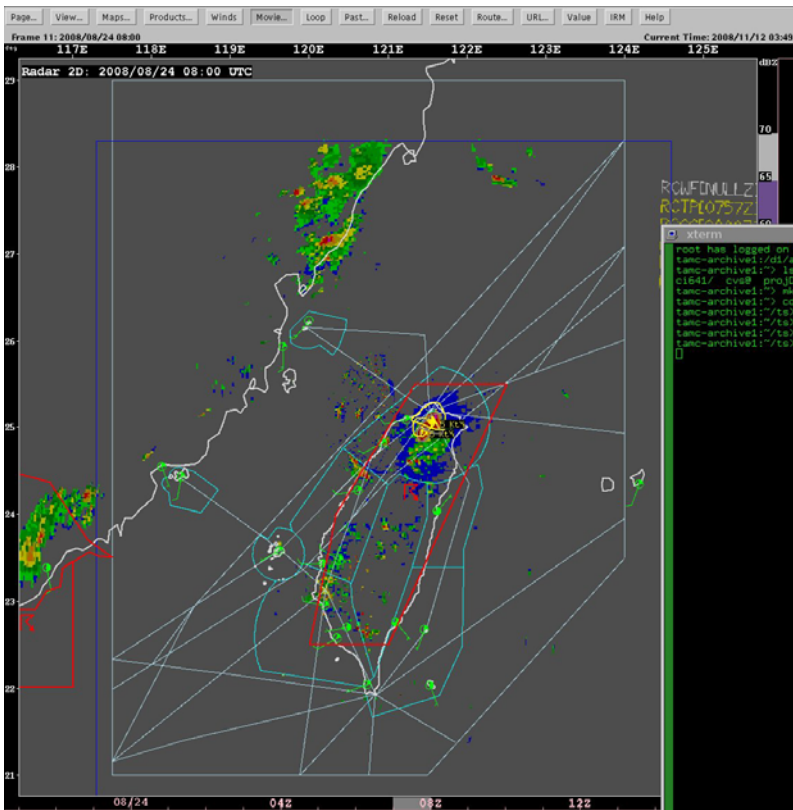


圖 4：雷雨胞移至松山機場上空

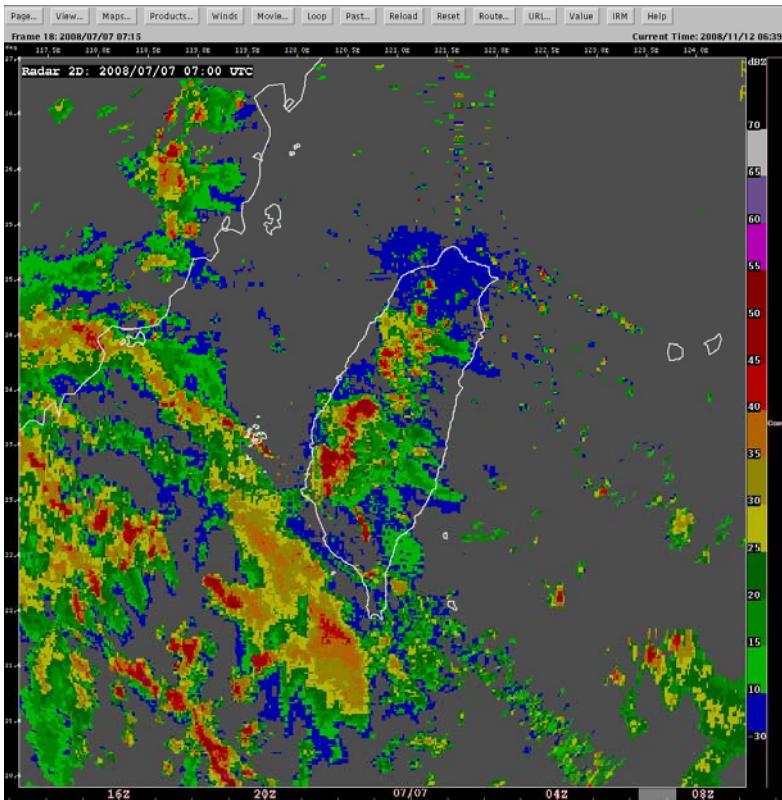


圖 5：雷雨胞在雪山山脈西側發展

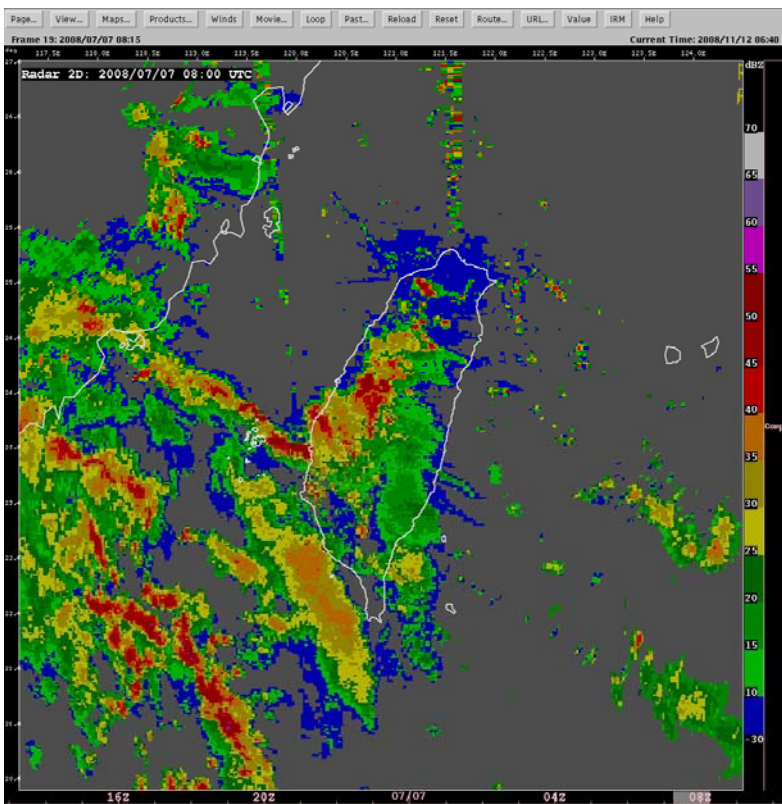


圖 6：雷雨胞向北移出至桃園機場

## 五、結論

就單純由熱雷雨預報指數之準確率而言，僅達到約 51% 似稍偏低，但由整體而言，影響松山機場的夏季雷雨胞(下雷雨代表有閃電、雷聲)並非全部單純由熱力引起，而是由上述動力為起發機制之雷雨胞。另外使用探空測站設在板橋(資料時間為 00Z)，理論上可代表北部地區大氣條件，但要用來預測局部地區例如松山機場，在空間的尺度上就有些困難，加上僅計算松山機場是發生雷雨(TS or VCTS)次數，而不考慮積雨雲(Cb)，雖然兩種強度有所差別，但實際上的差距在後者未發生閃電及雷聲，造成被認定的雷兩次數一定較少，當然準確率會降低。

一半的準確率或許偏低，但不表示此檢查表不適用。檢視預測誤差時，以預測值為 YES 但實際為 NO 較多，也就是過度預報。但從另一方面來看，當檢查結果為 NO 時，實際上大都無雷雨發生。顯示檢查結果已分析出大環境是否有發展雷雨胞的機會，當檢查結果為 YES 的話配合資料時間之後 1~3 個小時的雷達回波，追蹤雷雨胞的發展與移動，配合考慮上述不同的移動路徑會影響不同地區，對雷雨胞的預測確能提供很好的參考。

就目前作業規定而言，12Z 另需填寫熱雷雨預報檢查表，事實上並無多大意義。熱雷雨顧名思義就是午後雷陣雨，極少數因海陸風輻合帶的東西向擺動導致延至傍晚；另外，有時晚上松山航空氣象台值班人員會觀測遠處仍有閃電，其實那是發生在守視範圍之外的山脈裡。為讓實際作業合理化，建議如下：

1. 經實際驗證後發現以 LI 配合 LLJ 的指數所預報熱雷雨的成功率最高，因此必需加強預報員分析氣流場能力，才能達到效果。但研判 LLJ 的區域劃分有些許模糊地帶，如區域 1 的右邊界、區域 2 與區域 3 之交接線，必須再有更多個案來確認。
2. 12Z 的熱雷雨預報檢查表填寫可以取消，無意義的作業僅會浪費時間而已。
3. 檢查表中之地面露點  $Td(sfc) > 20^{\circ}\text{C}$  項可取消，經檢查 8 年的記錄資料中 6~9 月低於  $20^{\circ}\text{C}$  不超過 3 次。

## 第二部分 松山機場西風超限統計分析

### 一、背景

每年的4月至10月，台北松山機場西風超限(風速大於10KT)的問題一直困擾著松山航空氣象觀測台；另外在冬季的東北季風期間，在合於某種條件些情況下，北部會有一副低壓形成，中心在松山機場東邊，此時松山機場亦會出現西風，同樣會有西風超限的問題。在沒有任何天氣系統接近台北盆地的情況下，單純由海陸風效應所造成的西風超限，是很難去預報的。多數的松山氣象台的觀測同仁，都是依據某些個人的經驗法則來預測今日是否會西風超限，即使預報會西風超限，但發生的時間點仍然是相當難以掌握。

因此為了改善此一情況，我們試著將同仁口中的經驗法則逐一量化，以檢視法則是否具有參考價值，或是藉由統計結果，希冀能夠找出西風超限的參數臨界值，讓松山航空氣象觀測台同仁在預報西風是否超限之時，有所依據。

### 七、海陸風介紹

海陸風的形成因子，主要是由於海洋與陸地比熱的不同，當受到太陽加熱時，彼此增溫的速度不同所引發的區域性環流。白天時，陸地的比熱比海洋小，增溫速度較快，間接地也加熱上方的空氣而產生上升運動，並促使海洋上的空氣向陸地補充而形成海風；相反地，夜晚時，陸地也因為比熱比海洋小，所以降溫速度也較海洋快，間接地冷卻陸地上的空氣而引發下沉運動，並向海洋擴散形成陸風(圖7)。

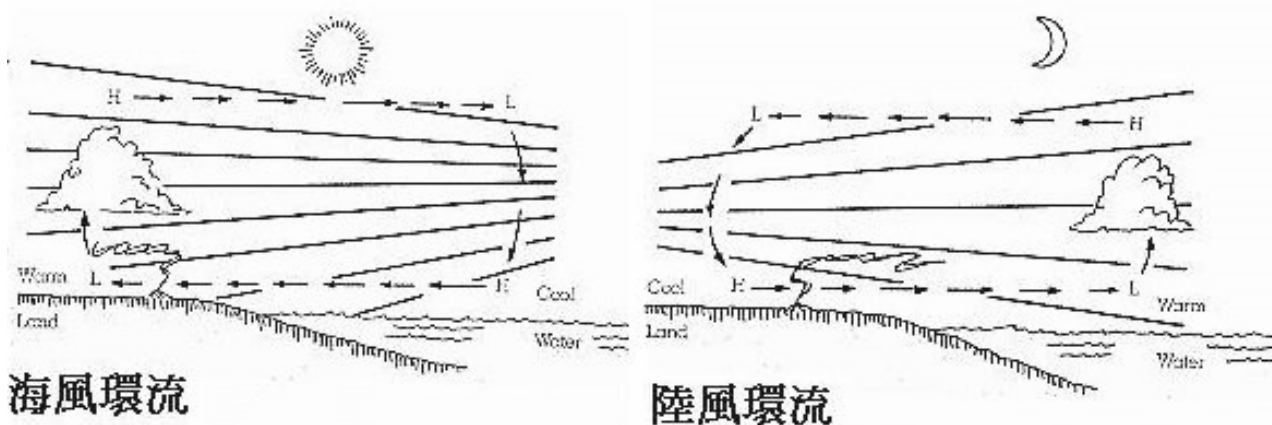


圖7：海風與陸風

由於海陸風效應單純只是熱力加熱因素所造成，因此夏季較冬季明顯，其發生範圍不會很大，通常發展高度約200~300公尺左右，但至多應不超過600公尺，至於海風深入內地程度多視海洋與陸地兩者溫差而定，通常約20公里左右，至多應不超過25公里。

海陸風的強度由溫差決定，夏季白天，海洋與陸地由於太陽直接加熱影響，溫差較大，海風較強，通常在每日早上8時、9時就開始蘊釀，10時左右便會開始增強，當下午日照最強烈的時候(約下午1時或2時)，海風強度便會達到最強，之後才又逐漸減弱。夏季夜晚，雖然陸地降溫迅速，但海洋與陸地兩者溫差較日間縮小許多，因此陸風較海風微弱許多，甚

至並不明顯。

## 八、資料處理與分析

首先，我們以 1997 年(民國 86 年)至 2006 年(民國 95 年)共 10 年期間當作一個基期，逐一檢視松山航空氣象觀測台在這 10 年間，每年 4 月至 10 月，每日上午 8 時至下午 18 時的定時定點天氣觀測報文(METAR)。由於主要是要分析海陸風環流所造成的松山機場西風超限問題，所以我們先將沒有任何天氣現象、能見度 10 公里以上、松山機場附近沒有任何的塔狀積雲或是積雨雲存在(因為塔狀積雲或是積雨雲的下衝氣流會影響到松山機場的風向，故得先排出)的觀測報文篩選出來後，再依據風速大小原則，先排除掉 0-4KT 的過小風速與大於 15KT 的風速個案(若只是單純海陸風環流，風速應不至於超過 15KT，若大於 15KT，可能還有其它系統在松山機場附近影響)，而留下來的有效個案，為在日間目視適航且風速介於 6-15KT 之間的觀測報文。

將松山機場有效個案的觀測報文可以分成兩類：一種是風速介於 5-10KT 未超限的部份，另一種是風速介於 11-15KT 超限的部份。藉由這兩部份的觀測報文的觀測時間，就可以找到其它觀測台(如：桃園航空氣象觀測台，高雄航空氣象觀測台)相對應的報文，當然，這時其它觀測台的報文也需是能見度 10 公里以上，而沒有觀測到塔狀積雲或積雨雲。若檢視其它觀測台的報文，就可以知道當松山機場因海陸風環流而西風超限時，其它觀測台當時的天氣狀況(如風速大小與風向，兩觀測台間的氣壓差等)。當兩者關係為穩定狀況之時，就可以進一步預報松山機場西風是否會超限。

## 九、統計結果分析

根據在松山氣象觀測台值班的經驗，松山機場單純因海陸風環流而造成西風超限的因子，可能與下列幾個條件有關：

(1)桃園機場的風向風速：位於松山機場西方的濱海桃園機場的風向風速是很好的海風強度的指標，若海風是西南風的話，需較強的海陸效應才能越過林口台地而造成松山機場西風超限，若海風是西北風的話，由於台北盆地地形淡水河口效應的影響，較弱的海陸效應就可以造成松山機場西風超限。

圖 8 是桃園機場風向與松山機場西風超限分布圖，紅色分布曲線表示當松山機場在 1997 年至 2006 年共 10 年間，每年 4 月至 10 月，每日 8 時至 18 時，能見度 10 公里以上，沒有塔狀積雲與積雨雲，也沒有任何天氣現象時，西風(220 度-360 度)未超限時(6-10KT)，所相對應的桃園機場的風向分布；而藍色曲線則代表當松山機場西風超限時(11-15KT)，所相對的桃園機場風向分布；而黃色曲線則是代表兩者之間的比值，當比值越大的時候，代表超限的比例越高(右邊縱軸)。

從曲線的分布來看，松山機場未超限時(紅色線)，桃園機場的風場分布在 220 度至 040 度之間，其中以 240 度至 260 度發生的個案數目最多，高達 1000 次以上，說明了桃園機場在夏半年，是以西南風系為主，而西北風系為輔。當松山機場超限時(藍色線)，卻發現桃園機場的風向只介於 220 度至 280 度之間，顯示在夏半年，只有桃園機場是西南風或是西風系才會造成松山機場超限。至於超限與未超限的比值(黃色線)，顯示在西南風 240 度之時，造成松山機場超限的比例最高，其比值約為 0.35 左右，依序向兩側

遞減，對於比值來說，比例不算是相當高，但這與未超限的高個案數相關。至於在 190 度比值暴增的情況，是因為兩者的個案數都相當少，只要一方有些許的變動，便會造成比值的劇烈跳動，因此忽略不計。

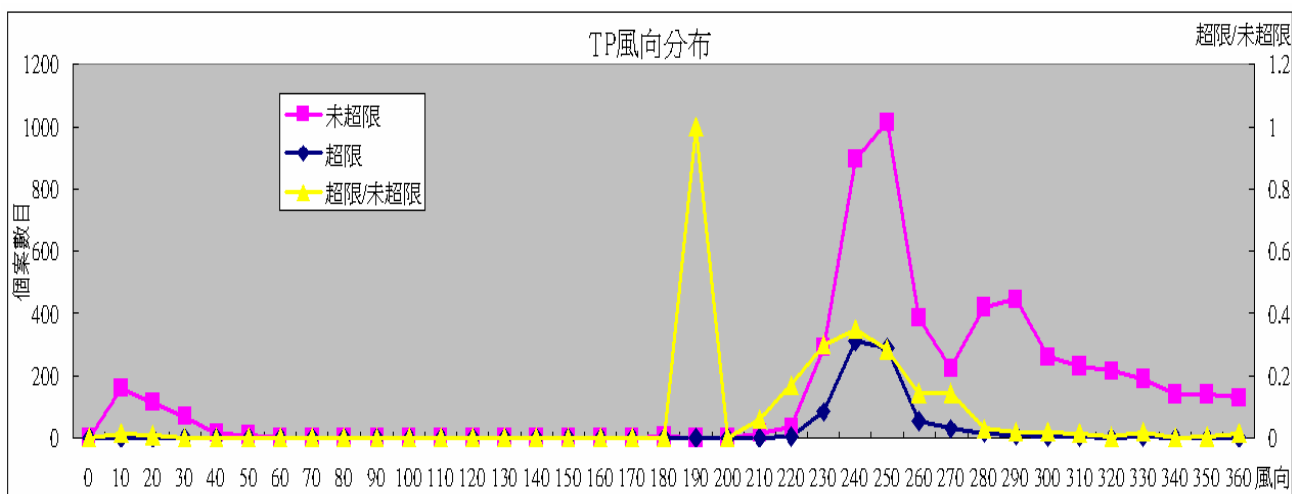


圖 8：松山機場超限與否與桃園機場風向關係分布圖，紅色：松山機場未超限，桃園機場的風向分布；藍色：松山機場超限；黃色：超限與未超限的比值。

另外在風速方面(如圖 9)，從紅色曲線分布來看，桃園機場風速等於 12KT 的時候，未超限的個案數目達到最大值，約為 430 次左右，之後就隨著風速的增大而約呈線性減少；而當桃園機場風速大於 15KT 的時候，松山機場的超限個案數目才有比較明顯地增加(藍色線)，但是大於 20KT 時，也逐漸地減少，這是因為較強的海陸風環流原本個案數目就偏少的緣故。至於兩者的比值，明顯地隨著風速的增大，比值有顯著地增加，當風速等於 20 的時候，比值約為 1，表示當桃園機場風速等於 20KT 的時候，松山機場有一半的機會會西風超限。

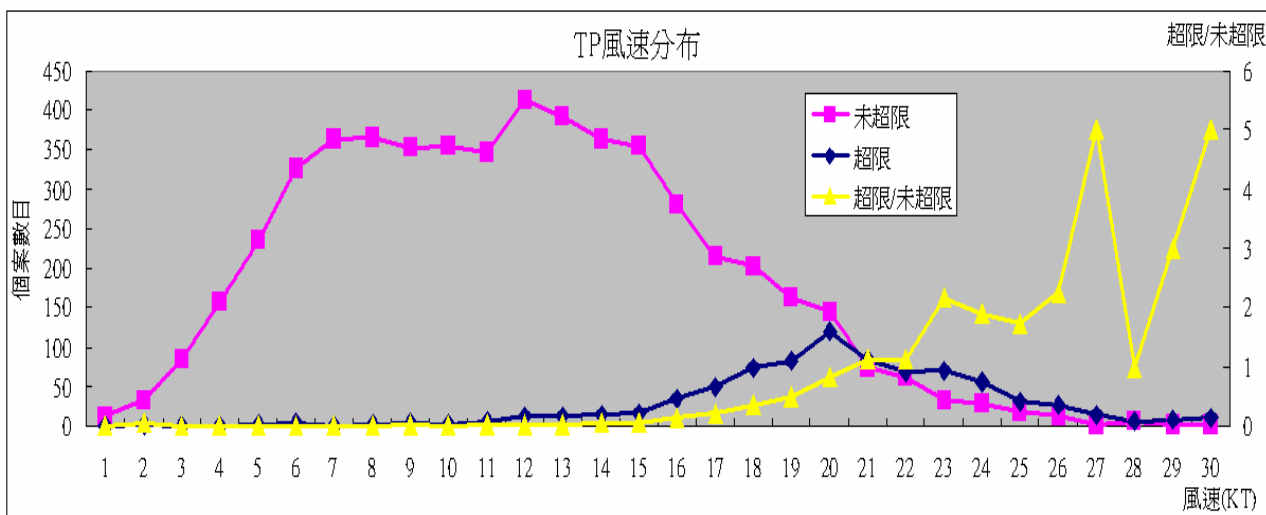


圖 9：松山機場超限與否與桃園機場風速關係分布圖，紅色：松山機場未超限，桃園機場的風速分布；藍色：松山機場超限；黃色：超限與未超限的比值。

(2) 桃園機場與松山機場的氣壓差：雖然海陸環流是靠熱力所趨動，但壓力差的變化仍是形

成風的主因。夏季由於台北盆地地形效應，吸收太陽能量後卻不易散熱，使得松山機場午間的溫度常較桃園機場高上幾度，而間接地造成兩地間壓力的不對等，松山低而桃園高，無疑地也會加強兩地之間的西風強度。

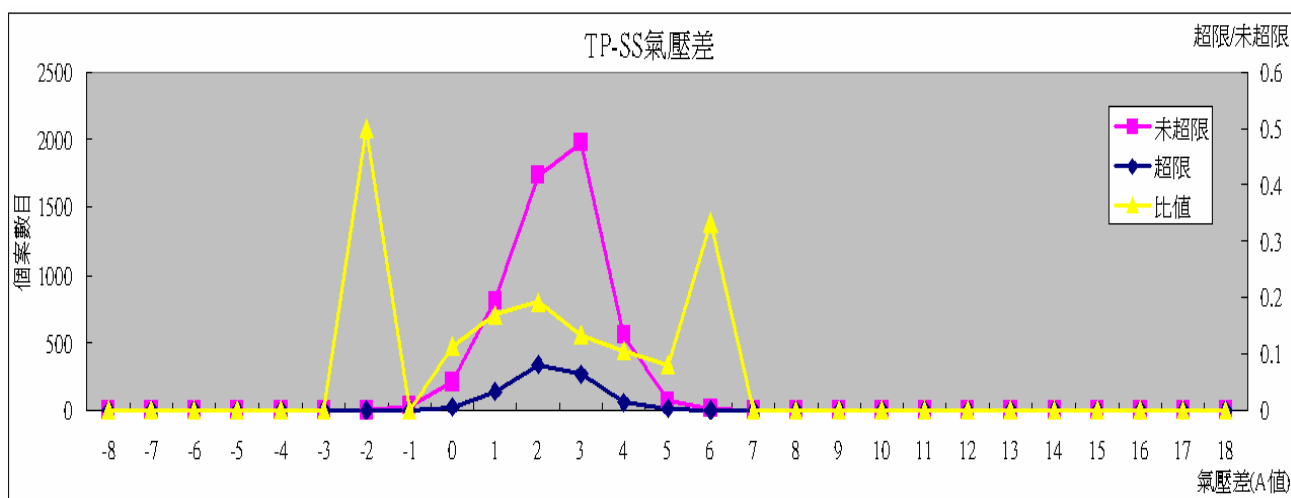


圖 10：桃園機場與松山機場之間的壓力差(桃園減去松山)分布圖，紅色：松山機場未超限，兩者之間的壓力差分布；藍色：松山機場超限；黃色：超限與未超限的比值。

圖 10 是桃園機場與松山機場之間的壓力差(桃園減去松山)分布圖，紅線與藍線分別代表當松山機場未超限與超限的情況，黃線則是超限與未超限的比值。從圖上看，兩者之間的氣壓差並不是很明顯，最高的氣壓差約為 1.6 百帕(約 5 個 A 值)，但多數的個案的氣壓差在 1 百帕(約 3 個 A 值)以內。此外，對於比值來說，其數值並不是很高，最高也只有約 0.2 而已，表示未超限的個案數目比例較大。因此對於桃園機場與松山機場的氣壓差來說，這項因子雖然會影響到松山西風超限，但其影響相對較小。

### (3) 高雄機場與松山機場的氣壓差：

另外，對於高雄機場松山機場的氣壓差(高雄減松山)而言，由於兩機場的距離較遠，因此，兩機場因氣壓差而推動的風場是屬於較大尺度系統的風場，並非桃園機場與松山機場間的區域性環流。如果兩者之間的壓力差是正值的話，表示台灣地區有一明顯地偏西南風的盛行風系。

從圖 11 上看，未超限個案在氣壓差值於 1 百帕達到最多，約有 600 次之多，之後便隨著氣壓差的增大而逐漸地減少；超限的個案數目，從氣壓差值 1.6 百帕才比較明顯，3.1 百帕達到最多，而又隨氣壓差值增大而逐漸減少；比值的分布是隨著壓力差值越大，其數值越高，顯示兩機場間的壓力差越大，松山機場西風超限的比例越高，當兩者氣壓差值為 3.1 百帕時，比值為 1，表示氣壓差大於 3.1 百帕時，松山機場西風超限的機會大於 50%。

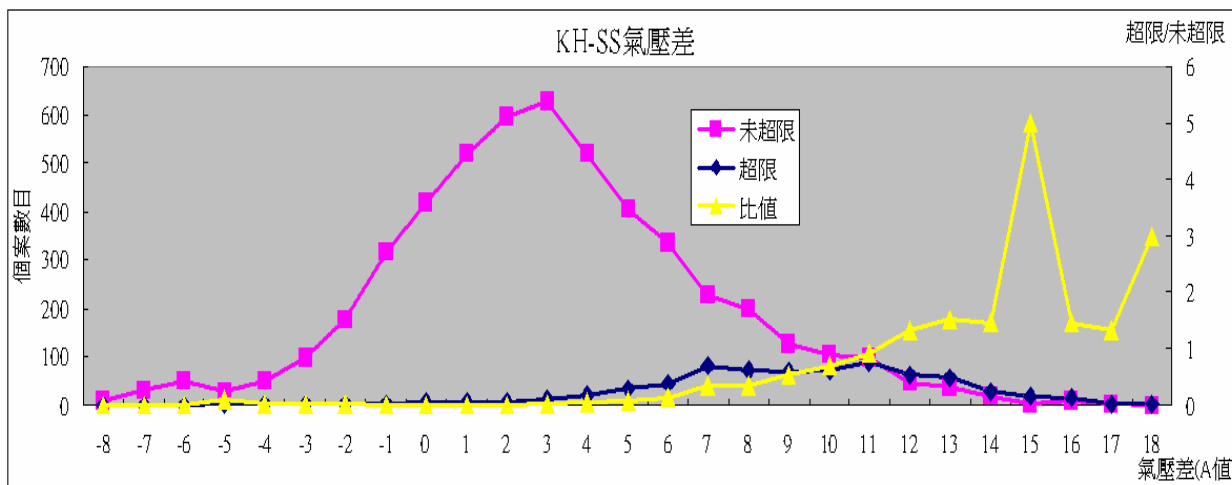


圖 11：高雄機場與松山機場之間的壓力差(桃園減去松山)分布圖，紅色：松山機場未超限，兩者間的壓力差分布；藍色：松山機場超限；黃色：超限與未超限的比值。

## 十、結論

松山機場夏半年西風超限的問題，不僅僅造成管制員在執行工作上的困擾，也是松山氣象觀測員相當頭疼的問題。一來由於海陸風環流系統是非常小尺度的天氣系統，本來就難以掌握、預報，二來很多因子都會影響到小尺度天氣系統的形成，如太陽加熱速度、天空雲量的多寡、大範圍的天氣系統配置等等，更加深小尺度系統的風場掌握的困難度。

本文試著從三個主要機場的定時定點天氣觀測報文(METAR)中，找尋一些蛛絲馬跡以推敲小尺度系統的強度，進而試著讓松山氣象觀測台同仁在預報松山機場的西風趨勢時有所依據。但利用定時定點天氣觀測報文(METAR)，本身仍有盲點存在，因為即使報文中顯示是好天氣，也是針對機場小範圍的觀測而言，並無法表現較大區域的天氣現象。舉個例子來說，當鋒面在台灣外海附近，鋒前強勁的偏西南風系常會造成松山機場西風超限，而對於桃園機場或是松山機場的觀測報文的內容而言，都是顯示好天氣，但是這樣引發西風超限的因子，就並非單純只由海陸風環流所造成。因此，若要討論單純以海陸風環流所造成的西風超限問題，這樣的個案應該排除，但目前卻無法作到，所以若要再嚴謹地區分西風超限的因子的話，還得利用別的輔助資料才行。

### 第三部分 桃園機場大霧與綜觀天氣系統關係

#### 六、背景

每年冬末春初(恰適逢中國農曆新年前後)，剛好是桃園機場最容易產生霧的季節。由於霧形成時常伴隨低雲幕與低能見度，基於飛航安全上的考量，機場往往必須停止起降，或延遲起飛降落時間，結果導致飛機航班大亂，旅客抱怨的事件時有所聞。產生大霧之外，其餘5年均產生大濃霧而影響桃園機場的航班作業。

台北航空氣象中心同仁楊志文在「桃園機場濃霧分析」一文中指出，從2001至2008年共8年間，除了2003、2004與2008年因大陸冷、乾氣團南下而沒有在冬末春初005、2006、2007年最低能見度甚至還低於350公尺，使得桃園機場被迫暫停起降，對於航空公司的營運與旅客的權益影響甚巨。根據同仁的分析結果，冬末春初濃霧的成因主要是受鋒前暖區或是冷高壓出海變性高壓回流所致，因此，若能在模式預報上，提早掌握桃園機場濃霧的成因，便能夠及時在終端機場天氣預報(TAF)中告知航空公司，以減少其營運成本的損失，同時也避免影響到旅客的權益。

基於上述理由，我們嘗試利用機場守視席天氣檢查表與桃園機場定時定點天氣觀測報文(METAR)兩者之間作統計分析，試著要去釐清何種因子才是造成桃園機場濃霧的主因，或是在怎樣的天气條件之下，有較高的機會使桃園機場產生濃霧，以提供預報員在編報終端機場天氣預報(TAF)時的參考。

#### 七、桃園機場濃霧特性

桃園機場濃霧的成因主要為輻射霧與平流霧，或是兩者混合的輻射平流霧。輻射霧的發生，主要是在晴朗無雲的夜晚，在清晨日出之前，地表輻射冷卻效應最強，使得地面溫度迅速降低，在近地面上便會形成霧氣。這種霧氣發展並不深厚，並與地表溫度息息相關。因此，當日出之後，太陽直接加熱地表，使得地表溫度迅速回升的話，便會破壞輻射霧的形成，故在發生輻射霧地區，清晨的能見度最低，但在日出之後，能見度又逐漸回升，其濃霧持續時間並不會很長。

至於平流霧，通常是當暖濕空氣通過較冷的地表，水氣凝結而成水滴所導致。桃園機場的平流霧，通常都是鋒面暖區，或是高壓回流兩者所挾帶的南來暖濕空氣，經過冬季桃園外海較冷的洋面，而在海面附近形成霧氣，再經由偏西風系的影響，將其霧氣自外海逐漸吹入桃園機場。由於平流霧的發生，是主要受到綜觀天氣系統型態配置的影響，除非天氣系統配置相位有所變化，或是系統強度減弱，才會不利平流霧的形成，因此平流霧的範圍較輻射霧為大，且持續時間也較輻射霧為久。

發生在冬末春初的桃園機場濃霧現象，若單獨只是受輻射霧影響的話，並不會使桃園機場的能見度低於350公尺，且持續好幾天，因此，桃園機場的濃霧主要是受平流霧，或是輻射霧、平流霧同時存在的輻射平流霧影響。

此外，在楊志文的報告中，也特別指出，桃園機場發生濃霧的機會，以1至3月最多，其中又以2月的頻率最高。若以濃霧發生時間的日變化來看的話，在半夜12時過後，至清晨8時，是濃霧最易發生的時間。對於風場而言，發生濃霧的時候，風速多數小於5KT，風向偏西風系，使得霧氣易於累積，並吹向桃園機場。

## 八、機場守視席檢查表介紹

天氣檢查表的勾選是中心預報員上班必做的工作之一，但由於各席位的工作內容不一，因此檢查表也針對各席位的工作內容而加以特別設計，希冀藉由每日天氣檢查表的勾選，一來幫助預報員加強對今日天氣型態的掌握，二來能夠將今日的天氣型態完整且詳盡地紀錄，以利日後作天氣分析統計之用。

檢視氣象中心三個預報席位(預報席、機場守視席與航路守視席)的個別天氣檢查表，發現機場守視檢查表中的「WRF 預報」的細項中，包含對於台灣附近乾、濕區分布的描述與預報、24 小時內的綜觀天氣系統的勾選、低層噴流與槽線位置的預報。這些細項的描述，剛好是符合大霧天氣型態的形成因子。因此，若可以從這些因子之中，找出何種因子是對桃園機場大霧的成因最具影響力的話，往後，若出現相似的天氣型態的話，便可以作為預報員在編報終端機場預報(TAF)時的參考依據。

回顧表一之機場守視席電子化天氣檢查表的版面，其天氣檢查表主要分為三個部份，分別是「WRF 預報」、「天氣一覽圖」、「綜合判斷未來 24 小時」。若逐一檢視三部份的細項內容的話，會發現桃園大霧的形成因子主要受「WRF 預報」項目中的細項(1)至細項(11)所主宰，因此，之後所作的資料分析亦是針對這 11 項來討論。

「WRF 預報」的細項(1)是造成濃霧的可能綜觀天氣型態之判別，包括高壓回流、鋒前暖區、東北季風、鋒面、副熱帶高壓、颱風與西南氣流；細項(2)與細項(3)分別是判斷在接近台灣地區的中低層(925hPa, 850 hPa)的大氣溫、濕狀況，較為暖濕的空氣遇到較冷的地面，或較為冷濕的空氣遇到較暖的地面都可能會有霧氣的生成；細項(4)至細項(6)是預報判斷 850 百帕相對濕度大於 90% 的區域發生的時間，如果北部在 12 小時內預報都很潮濕的話，便有助於濃霧的維持；細項(7)是低層噴流的預報，當低層噴流越強勁的話，便會帶來更多的南來暖濕空氣；細項(8)是未來 24 小時內冷暖平流的判別，若是暖平流的話，會對濃霧有利；細項(9)至細項(11)是對 700 百帕(約 10,000 英呎)的大氣層狀況的描述，當有低層槽在台灣北部附近，或是濕區相對濕度大於 90%，都是有利濃霧的發展與維持。

## 九、資料處理

近年來由於電腦的普及，在便利性與保存性的考量之下，越來越多的文件都已電子化。有鑑於此，氣象中心在本年初(民國 97 年)便已開始著手各席位檢查表電子化程式的撰寫，經過中心同仁二個月餘的努力，正式在今年(民國 97 年)三月啟用。不過，令人遺憾的是，過去中心的紙本檢查表資料只保存三個月，因此在今年三月正式啟用之時，所能追溯到最久的資料，只能從民國 96 年 12 月開始。再加上今年(民國 97 年)四月之後，桃園機場便沒有觀測到大霧的天氣型態，因此，在檢查表資料的選擇時段，是從民國 96 年 12 月為始，至民國 97 年 4 月為終，共 5 個月的時間。

由於機場守視席天氣檢查表每天由早班與夜班同仁各勾選一次，共計每日二次，因此，即使桃園機場定時定點天氣觀測報(METAR)一整天都發濃霧，但所對應到檢查表的次數，最多也只有兩次而已。

當搜尋民國 96 年 12 月至民國 97 年 4 月共 5 月定時定點天氣觀測報文時，先將有觀測到能見度小於 1500 公尺的輕霧(靄)與能見度小於 1000 公尺的霧，兩者的觀測報文挑出，再利用報文中的發報時間，就可以找到相對應的檢查表，但由於檢查表一日只有兩次，因此會發

生有很多觀測報文同時對應到同一份檢查表的情況。當找到所有符合條件的相對應檢查表之後，便可以獨立計算各個細項欄位中，所被勾選的次數，進而求得發生的比例(圖 12 所示)。

TP FIR 24 小時內屬於	高壓回流	鋒前暖區	東北季風	鋒面	副熱帶高壓	颱風	西南氣流
	78.57%	21.43%	07.14%	21.43%	00.00%	00.00%	00.00%
925hPa 15-30N 110-130E	低壓 14.29%	鋒面 28.57%	冷舌(濕) 07.14%	冷舌(乾) 00.00%	暖舌(濕) 57.14%	暖舌(乾) 14.29%	
850hPa 15-30N 110-130E	低壓 07.14%	鋒面 28.57%	冷舌(濕) 07.14%	冷舌(乾) 00.00%	暖舌(濕) 50.00%	暖舌(乾) 21.43%	
850hPa RH>=90% 北部地區	6小時 28.57%	12小時 57.14%	18小時 50.00%	24小時 50.00%			
850hPa RH>=90% 南部地區	6小時 35.71%	12小時 50.00%	18小時 50.00%	24小時 35.71%			
850hPa RH>=90% 東部地區	6小時 50.00%	12小時 50.00%	18小時 71.43%	24小時 57.14%			
18-26N 115-125E 有低層噴流	6小時 21.43%	12小時 21.43%	18小時 14.29%	24小時 14.29%			
未來24小時 台灣地區	冷平流 21.43%	暖平流 64.29%					
700hPa 20-35N 110-130E槽線	6小時 28.57%	12小時 28.57%	18小時 35.71%	24小時 35.71%	Total case number : 14 個		
700hPa FIR Wind > 20KT	6小時 50.00%	12小時 42.86%	18小時 42.86%	24小時 28.57%			
700hPa RH>=90%	北部地區 28.57%	南部地區 07.14%	東部地區 14.29%				

圖 12：機場守視席天氣檢查表中，「WRF 預報」細項(1)至細項(11)與桃園機場大霧發生的比例。

由於天氣檢查表電子化才剛開始，到目前為止，總共只有 5 個月的資料可供比對，因此總共符合條件的個案數也才 14 個而已，數量偏少，其統計結果只能當作參考之用，而無法作出結論，但日後當電子檢查表持續的運作，累積到一定數量的檢查表資料庫的話，相信所得到的統計結果會更具有代表性。從圖二所羅列的各細項的比例中，若其比例高於 50% 的話，則用紅色顯示，若是低於 50% 的話，則以綠色為代表，舉個例子來說：在「高壓回流」的項目中，其比例是為 78.57%，表示在總共 14 次的有效個案數中，高壓回流就佔了 11(14\*78.57%) 次之多，顯示此項因子的比例越高的話，就顯得越重要。

從圖 12 的粗略的統計結果來看的話，當桃園機場發生濃霧的時候，主要是受 24 小時內受高壓回流與暖平流的影響，且台灣附近的大氣低層(925、850 百帕)有潮濕的暖舌分布，850 百帕高度層在 6 小時以上，24 小時以下其相對濕度大於 90%(表示此層未來仍是處於極為潮濕的狀態)。因此當未來發生類似上述的天氣條件之時，預報員就要特別地注意，桃園機場是否有發生濃霧的機會。

再次強調本次的統計結果由於有效個案數目偏少，僅當參考之用，但並不是意味著其它低於 50% 的選項就是比較不重要因子。此外，此結果只針對桃園機場大霧的情況所做的統計，並不能依此類推至別的機場大霧的成因(如：金門尚義機場大霧或馬祖南、北竿機場大霧)，故在使用其統計結果時，需要特別地留心。

另外，還有一個值得一提的問題就是：由於機場守視席檢查表是由早班與夜班的同仁填寫，因此檢查表資料庫並非由一人獨立完成，但因為每位輪班同仁對檢查表細項上的主觀認知略微不同，所以在判斷勾選上就會有所不同。因此在有效個案偏少的情況下，這種統計偏差可能較容易隱藏在統計結果之中而不自覺，但在統計的過程中，又很難將偏差排除。若檢查表資料庫逐年累積而完整建立起來的話，將來在統計分析上，有效個案的數量逐漸增多的情況下，便可望透過統計平均來將偏差降至最低。

## 十、結論

雖然在氣象學上，各種霧的成因學理都早已清楚明瞭，但在氣象預報作業上面，常有預報過度或不及的問題，而造成航空公司營運成本的負擔或損及旅客權益。這樣的預報結果，並不是氣象中心預報同仁學識涵養不夠，而是在於濃霧發生的時間點，或是濃霧的強度實在是太難以預報，任何從表面層到 700 百帕層的一項成霧因子的改變，都會影響霧的生消，而造成完全不一樣的結果。

除此之外，經驗預報也是許多資料預報員的預報工具之一，但每個人都有自己本身一套的經驗法則，彼此之間可能存在某些歧異，也會造成預報結果上的不同。若是經驗不足的預報員當班的時候，本身經驗法則尚未成型，對這類顯著危害天氣的掌握，可能就無法像資深預報員那樣駕輕就熟。因此，這一套針對桃園大霧的統計結果，除了可以讓經驗不足的預報有所憑恃之外，更可以向資深預報員提供一個驗證方法，將本身的經驗法則與統計結果互相比對，使其經驗法則更加的適用，而可以傳承給年輕的預報員。

現在資料庫仍處於建資料的階段，而本文所得到的統計結果，由於有效個案數量偏少，只能當作參考之用，不能當作統計結論，待天氣檢查表資料庫漸漸完備之後，所作的統計結果才較具有參考價值。

## 第四章 總結

將檢查表電子化是目前必然作法，表面上可節省紙張使用合乎環保，其實最重要是可以在電腦上直接輸入預報因子的資料後立即客觀分析及判斷，並且資料可長期保存，供日後研究分析使用。計劃中原期望能將細項加以定量分析，並嘗試找出與天氣演變的相關來替代定性的分析，但很多細項利用圖面分析而偏重於定性的討論，因此無法將所有預報因子全部量化。經詳細探討後得到下列幾點結論，可供預報作業參考：

1. 檢討表之各細項內容：為使預報員能從檢查表上獲得信息，使用大量篇幅解釋每一細項的含意，讓預報員在填寫檢查表時，即能對天氣系統變化有所了解，才能作出客觀的預報。
2. 松山機場熱雷雨之預報因子：每年6月梅雨季結束後之中下旬期間至9月期間內，有關熱雷雨發生的預報以舉升指數(LI)配合低層噴流(LLJ)的指數最具參考價值，原先每日00Z填寫的熱雷雨預報檢查表與修正指數(OPI)仍具有參考性，但12Z的檢查表填寫似可停止作業。
3. 松山機場出現西風超限(>10KT)之預報因子：
  - (1) 桃園機場的風向風速：僅在桃園機場風場介於盛行西南風或是西風( $220^{\circ}\sim 280^{\circ}$ )之間；風速相關則介於15~27KT，同時相關性與風速增加成正相關，當風速到達20KT時其相關性達到最高點，此時松山機場有一半的機會發生西風超限，其後再逐漸降低相關性。
  - (2) 桃園機場與松山機場的氣壓差：兩機場的氣壓差在0.3~1.6百帕最明顯，但這項因子雖然會導致松山機場的確西風超限，但其影響相對較小。
  - (3) 高雄機場與松山機場的氣壓差：西南季風期間，兩機場的氣壓差在1.6百帕時開始有松山機場西風超限情形發生，相關性與氣壓差增加成正相關，當氣壓差在3.1百帕時達到最高點，此時松山機場西風超限的機會大於50%，其後再逐漸降低相關性。
4. 桃園機場出現大霧之預報因子：主要是受24小時內高壓迴流與暖平流的影響，當台灣附近的大氣低層(925、850百帕)有潮濕的暖舌分布，850百帕高度層在6小時至24小時濕氣分佈圖上其相對濕度大於90%情況時，預報員就要特別地注意。

歸因目前資料庫仍處於建立階段，因而本文所得到的統計結果，由於有效個案數量偏少，只能當作參考之用，不能當作統計結論。待天氣檢查表資料庫漸漸完備之後，再次作的統計結果，其參考價值會提高很多。

### 參考文獻：

1. 臺北航空氣象中心作業手冊. 松山機場熱雷雨預報檢查表 2006.12.10
2. <http://twister.sbs.ohio-state.edu/severe/>

### 一、審查意見：

- (一) 本研究探討過去 5 年所累積的天氣客觀預報檢查表 (check list)，用來輔助氣象中心同仁在天氣預報作業的客觀化作業，其動機和執行過程相單合理，並能累積與修正氣象中心同仁們的預報方法，並將此一經驗傳承透過具體的天氣圖特徵來達成，這種「天氣預報客觀化能力提昇」的用心和成果值得肯定。Check list 電子表單化方向也值得肯定。
- (二) 然而，在「研究架構」方面並未具體回顧中央氣象局預報中心或國外氣象單位 check list 內容，稍嫌窄化研究方法，在研究「層次與條理」較為薄弱。
- (三) 透過現階段的七種檢查表內容，來探討松山機場(1)熱雨預報因子、(2)西風超限等兩項議題，以及桃園機場大霧預報議題，值得鼓勵，但是分析方法的適用性和細節仍有待深入。
- (四) 本研究由氣象作業人員自行研發，故能符合作業需求，且維護更新版本均可自行辦理，除節省公帑外，並可增進服務品質。
- (五) 天氣預報檢查表作業電腦化，可降低人為作業，改進資料庫之存儲完整性。
- (六) 長期電腦化作業所儲存資料，有利於客觀預報分析，並提昇預報準確率與飛航氣象之服務。
- (七) 利用 WRF 預報產品並應用預報檢查作業之電腦化及客觀預報研判多機場未來 24 小時天氣系統型態，預報能見度、風場趨勢以及有無危害天氣作為編報 TAFOR 參考。
- (八) 該研究由氣象作業人員針對早期人工作業之天氣預報檢查表，加以修訂，並建立電腦化作業系統，系統可以自動分析天氣預報因子的權重，以及導出客觀預報結果，提供給預報員，作為機場天氣預報之參考。本研究具有實用性和提昇機場預報的準確性。
- (九) 該研究由氣象作業人員針對機場預報作業需求，以少許的經費(1 萬 5 千元)自行研究設計而建立，不但可以提昇航空氣象效益，而且日後容易自行擴充和維護，值得鼓勵。
- (十) 該研究章節編排與聯結混亂，建議重新編排 (如附件)。

### 二、後續研究之建議：

- (一) 補增中央氣象局預報中心的 check list 內容，以和本研究 check list 的異同作一討論。
- (二) VB 程式撰寫人員力多所訓練儲備，以因應程式未來的擴充與更新需求。
- (三) 鼓勵同仁將 check list 的統計資料進一步分案探討，並將研究成果在國外相關研討會發表，以促進氣象中心和國內外氣象界之交流互動。
- (四) 本研究所使用之資料禡資料不足，影響預報準確率分析與預報參數之選取。

- (五) 建議大量增加資料庫資料後利用回歸方程式法或檢查表法中有利用預報參數，作為雷雨、西風強度、能見度、低雲幕等預報。
- (六) 進一步利用 AOAWS 及 WRF 產品結合檢查表多項資料求取各民航機場最適之 TAFOR。
- (七) 建議系統將日常作業資料隨筆增加，累積資料，並隨時修訂天氣預報因子之權重。

### 三、審查意見回覆：

- (一) 第(二)點國內外相關研究之回顧：國外(美國、澳洲、中國等)無此作業，中央氣象局僅有 TAMEX 期間留下一份針對梅雨季校驗表、日本則聘請退休預報員以一年時間將預報經驗以檢查表方式留下來供日後校驗，但都未納入例行作業，因此無正式文件供參考。本研究為獨創性的經驗傳承方法。
- (二) 第(三)點檢查表分析方法：
  - 熱雷雨：統計分析預報因子幾乎已包含於內
  - 松山機場西風超限：檢驗目前觀測員之個人判斷方法，確認相關性極低後，就各種因子找出之最佳相關性。
  - 桃園機場大霧：暫不考慮天氣分析圖僅就氣象因子分析其相關性。
- (三) 第(十)點章節編排：已依建議修改。

### 四、後續研究建議回覆：

- (一) 第(二)、(七)點建議事項，中心已持續進行中
- (二) 第(四)建議事項：由於電子化才正在進行中，資料庫才開始建立，隨著使用時間增長，資料庫會更加地完整，之後所作的分析，亦會更有參考價值。
- (三) 其餘建議項目將列入中心往後颱風作業後續發展之評估。