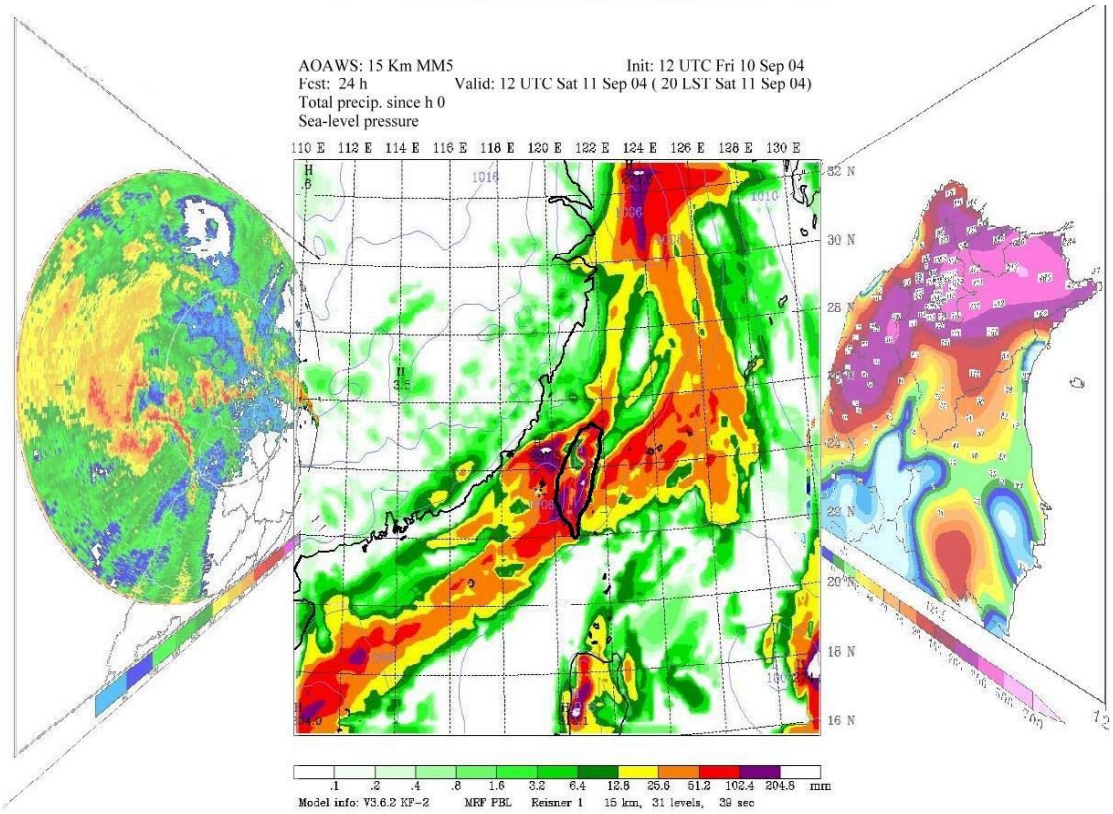
2006海峽兩岸航空氣象與飛航安全研討會論文集



2006 年 • 台北

封面說明：

台灣地區於 2004 年 9 月 10 日至 11 日發生之豪雨個案

中圖：AOAWS MM5 模式，以 2004 年 9 月 10 日 1200 UTC 為初始場，預報 24 小時後之雨量及氣壓分布圖

右圖：2004 年 9 月 10 日 0400 UTC 至 9 月 11 日 1200 UTC 之北台灣累積雨量分布圖

左圖：台灣桃園國際機場都卜勒氣象雷達於 2004 年 9 月 10 日 1135 UTC 所觀測之降水回波圖

2006 海峽兩岸航空氣象與飛航安全研討會
籌備委員會

主任委員　：王德和

副主任委員：沈　啟

副主任委員：蒲金標

委　　員：黃拔源、李金萬、郭忠暉、韓嘉勵
劉昭民、簡慶芳

執行秘書　：王崑洲

工作小組

論文組：童茂祥、李坤城

總務組：陳海根、林清榮、余祖華、鄭文通

財務組：徐敬輝

會場組：王太元、張瑞澍、許依萍、莊清堯

接待組：蔡嘉成、張友忠、陳玉芬、王玉蘭

庶務組：劉少林

2006 海峽兩岸航空氣象與飛航安全研討會論文目錄

大會籌備委員會----------I
目　　錄----------II
作　者　指　引----------IV

11 月 21 日(星期二)

08：30 ~ 09：00 報到

09：00 ~ 09：30 開幕式及貴賓致詞　　主持人：王德和、李宗冀

中華航空氣象協會　　王德和致詞

中國氣象學會　　李宗冀致詞

貴賓致詞

09：30 ~ 09：40 大會合影

09：40 ~ 10：40

第一節：　　機場觀測

主持人：蒲金標、索朗多吉

報告人　　報告題目
林博雄　　滯留鋒面對流不穩定天氣個案之飛航觀測----------1
于　為　　北京首都機場氣象綜合探測系統----------11
蒲金標　　台灣桃園國際機場低空風切之初步分析研究----------16

10：40 ~ 11：00 休息

11：00 ~ 12：20

第二節：　　航空氣象服務

主持人：牟艷彬、李金萬

報告人　　報告題目
汪宏偉　　新疆地區航空氣象服務探討----------32
李金萬　　機場雷達氣象服務----------38
劉　鵬　　提高預報員心理素質改善氣象服務質量----------42
林陳國　　CNS/ATM 簡介----------47

12：20 ~ 14：00 午餐

14：00 ~ 15：15

第三節：　　航空氣象預報

主持人：黃拔源、周建華

報告人　　報告題目
王崑洲　　飛行亂流預報----------65

牟艷彬　　高原航空天氣特徵和航空氣象服務保障----------72
劉昭民　　恆春機場冬半年強落山風之預報----------81
童茂祥、張友忠　收報系統之建構與航空氣象預報作業之應用----------85
郭　眾　　消息中間件在中國民航氣象信息系統中的應用----------90

15：15 ~ 15：35 **休息**
15：35 ~ 17：05
第四節：　　航空氣象與飛航作業
主持人：劉鵬、韓嘉勵
報告人　　報告題目
巴南星　　航務作業與飛行天氣需求（長榮航空）----------102
陳穗軍　　粵琼兩省天氣原因導致航班延誤的氣候特點分析--------105
劉美君　　航空安全與氣象雷達之應用(華信航空)----------113
林俊安　　航機作業與氣象預報（中華航空）----------117
簡智浩　　雷雨對飛行安全之危害（遠東航空）----------119
林整騏、陳戴男　馬祖氣候暨航班操作（立榮航空）----------123

11 月 22 日(星期三)
09：00～09：40
第五節：　　機場大霧與低能見度
主持人：王崑洲、孫啟原
報告人　　報告題目
孫啟原　　西安大霧特徵及其預報----------126
周俊明　　台灣桃園國際機場低能見度個案分析----------130

09：40 ~ 10：10
第六節：　　座談會
主持人：王德和 李宗冀

10：10　　**會程結束**

作者指引

姓名筆劃	作　　者	論文頁數
三　劃		
	于　　為	p.011
四　劃		
	巴 南 星	p.102
	王 崑 洲	p.065
六　劃		
	牟 艷 彬	p.072
七　劃		
	李 金 萬	p.038
八　劃		
	汪 宏 偉	p.032
	林 俊 安	p.117
	林 博 雄	p.001
	林 整 騏	p.123
	林 陳 國	p.047
	周 俊 明	p.130
十　劃		
	孫 啟 原	p.126
十 一 劃		
	張 友 忠	p.085
十 二 劃		
	童 茂 祥	p.085
十 五 劃		
	郭　　眾	p.090
	劉　　鵬	p.042
	劉 昭 民	p.081
	劉 美 君	p.113
十 六 劃		
	蒲 金 標	p.016
	陳 穗 軍	p.105
	陳 戴 男	p.123
十 八 劃		
	簡 智 浩	p.119

滯留鋒面對流不穩定天氣個案之飛航觀測

林博雄　鄭文通　蘇世顥

臺北市羅斯福路四段一號

摘要

本文透過 2006 年「西南氣流實驗觀測計畫」的投落送(dropsonde)與氣球無線電探空儀(radiosonde)，針對 2006 年 6 月 9 日 1200UTC 前後 3 小時所構成的空中觀測網，探討移速緩慢的鋒面對流不穩定天氣系統在臺灣周遭的大氣剖面特徵。資料分析針對香港—高雄剖面(M750 航道)，菲律賓西北海面--巴士海峽--馬公剖面(B577 航道)以及巴士海峽—蘭嶼—成功—三貂角剖面(B591 航道)，來探討經由南海向臺灣西部陸地和東部海域輸送的水汽通量特徵，以及顯著垂直風切發生的空層。本文亦透過美國威斯康辛大學雲物理/動力模式(WISCDYMM)的計算，定量估算本個案的鋒面對流系統，在臺灣東岸與西岸所產生的對流系統強度和高度，做為飛航天氣分析的參考。

1. 前言

臺灣南部地區每年春末初夏由於西南季風的增強和侵臺颱風常常產生豪大雨天氣現象，給當地居民帶來重大災害與不便；同時，這些劇烈天氣系統也會對於航空器飛行安全帶來威脅。如何善用與整合大氣觀測資源，進而有效改進西南氣流和侵臺颱風所帶來的豪大雨和亂流預測，必須仰賴學界與作業單位同步推動的天氣實驗計畫來蒐集詳細資料，做為數值模式改進的參考方向。西南氣流天氣實驗計畫(SoWFEX, South Weastern Flow Experiment)於 2006 年 5 月 15 日展開，為期 2 個月。觀測目標是蒐集鋒面進入或接近南海區域，或是劇烈中尺度對流系統(MCC)在臺灣西南方移行時，西南氣流內部的熱力與動力特徵資料，並適時校驗 2006 年 4 月升空的福爾摩莎 3 號氣象衛星大氣探空剖面。SoWFEX 觀測實驗地點則涵蓋了南中國海、東沙島、臺灣本島與西北太平洋。這二個月期間我們分別在 2006 年 5 月 27 日、5 月 30 日、6 月 9 日以及 7 月 9 日進行密集觀測(Intensive Operation Period ,簡稱 IOP)，聯合觀測設備包括無線電探空(radiosonde) 、飛機拋投的投落送(dropsonde)以及地面氣象觀測。

四次 IOP 觀測個案中，以 6 月 9 日個案的地面降水現象最為劇烈，鋒面對流系統由日本群島綿延到大陸華南，由東海向南通過臺灣。鋒面前緣的 MCC 群發展於當日 0000UTC (圖 1)，並持續到 1400UTC 鋒面通過臺灣為止。我們透過 0930UTC-1330UTC 期間的飛機拋投 dropsonde 觀測與 1200UTC 的氣球 radiosonde 探空觀測，所構成的中尺度大氣網格(圖 2)，針對香港—高雄剖面(M750 航道)，菲律賓西北海面--巴士海峽--馬公剖面(B577 航道)以及巴士海峽—蘭嶼—成功—三貂角剖面(B591 航道)，分析探討西南氣流水汽通量特徵以及顯著垂直風切發生的空層，做為飛航安全研探之參考。

2. 資料來源

dropsonde 探空資料空間分布解析度約 200 公里，由漢翔航空工業公司 ASTRA 飛機由 41000 英呎高空拋投 dropsonde；dropsonde 高空以降落傘下降到海面(約 15 分鐘)，垂直解析度約 10~20 公尺，以 0.5 秒頻率持續蒐集沿途大氣的氣溫、溼度、氣壓和風場，並即時以 UHF 頻道回傳到飛機的 AVAPS 接收系統，風場資料倚靠 dropsonde 的全球衛星定位系統(GPS)差分計算所得，解析度為 0.1 ms^{-1}。dropsonde 落海後由飛行組員即時處理編寫 WMO TEMPDROP 電碼，再透過衛星電話將資料下傳到氣象局電腦伺服器公布與儲放。2006 年 6 月 9 日個案飛航拋投路徑如圖 2 藍色實線所示，飛行時間約為 4.5 小時，總共拋投 15 份 dropsonde(圖 2 的紅點)，圖 3 是飛行路徑與當日 12UTC 的雲頂溫度紅外雲圖的重疊，圖 4 則是民用航空局 MM5 數植模式 前 18 小時的亂流強度空間分布預報圖(2006 年 6 月 8 日 18UTC 初始場)；這些圖表都一再顯示 6 月 9 日 12UTC 飛行航路上的劇烈天氣狀況。

radiosonde 部份，本文選取馬公、屏東以及東沙島三處探空站(圖 2 的橘點) 2006 年 6 月 9 日 1200UTC 資料，其內容雷同於 dropsonde，惟其由 800g 氣球酬載升空到達 60000 英呎高度以上，全程時間約 90 分鐘。探空站地面接收機透過 UHF 頻道收取 1 秒鐘頻率的氣溫、溼度、氣壓和風場資料，直到氣球爆破。radiosonde 風場同樣由全球衛星定位系統差分計算或是追蹤天線的仰角和方位角計算所得。

3. 資料診斷分析

本文利用上述的 dropsonde 和 radisonde 所構成的中尺度大氣環境觀測網，分析三條民用航空器航道附近的水汽通量與垂直風切等兩項變數隨高度的變化；這二種變數分別關係到對流系統發展，所需要的水汽能量的水平輸送與垂直輸送(Foote and Fankhauser, 1973)。

香港—高雄剖面(M750 航道)/

這一前往臺灣航道的左側有顯著對流系統，ASTRA 位於右側暖濕空氣供應區上空。水汽剖面的通量顯示，平行於航道的水汽輸送到達臺灣高雄的陸地上時達到輻合極大值(海面數值的 3-5 倍)，厚度伸展到 500hPa 高度。由於在海面上尚未有對流胞出現，因此水汽通量變化不太顯著，直到水氣受到中央山脈地形之阻擋輻合而產生顯著降水。海面各個 dropsonde 拋投點的垂直風切都顯示 700hPa (3000 公尺)以下和 500hPa (5000 公尺)以上高度有顯著垂直風切存在，到了高屏陸地 900hPa (1000 公尺)甚至放大 3 倍之多(圖 5)。

菲律賓西北海面--巴士海峽--馬公剖面(B577 航道)/

由綜觀天氣環境顯示 2006 年 6 月 9 日南海與巴士海峽受到西南風環流場之影響，因此 B577 航道的水汽通量向北分量相對於 M750 航道西南分量來得小，不過在呂宋島西北側的 900hPa (1000 公尺)低層有稍大的水汽通量。較為突出的是高雄外海到馬公之間，850hPa~500hPa (1500-5000 公尺)高度有顯著的輻合量，

而其下層卻是水汽輻散。這現象反應該空域的對流系統已由成熟垂直發展階段開始上下層傾斜，同時馬公上空的垂直風切也相較其南方的觀測點大(圖 6)。

巴士海峽—蘭嶼—成功—三貂角剖面(B591 航道)/

由圖 1 和圖 3 衛星雲圖可以隱約發現這一道鋒面系統在臺灣東部和西部海面通過的速度和對流強度稍有不同。西部臺灣海峽的西南氣流水汽受到中央山脈地形抬升效應，對流強度和持續時間都比東部海面大。低層西南氣流繞過臺灣南端地形的低壓渦旋經常發生在花蓮台東外海，由圖 7 可清楚得知成功外海以北低層都是水汽輻散，但是 800hPa (2000 公尺)以上還有水汽輻合現象。這一航道的垂直風切仍然顯著，尤其是在 500hPa (5000 公尺) 高度以上。

我們引用美國Wisconsin大學大氣與海洋系的雲物理/動力模式(Wisconsin Dynamic/Microphysical Model，簡稱WISCDYMM；Wang，2003；Wang，2004)來定量估算本個案滯留鋒面，來演算水平解析度1000公尺，垂直解析度200公尺的臺灣東部和西部海域環境所能提供對流發展的潛勢(最大垂直運動強度和高度)。這一模式考慮了38種雲-水-冰晶的物理和動力變化過程，12種預報輸出參數分別是三度空間的風場(u,v,w)、氣壓(p)、位溫(θ)、渦流動能(E)、水汽混合比(qv)、雲滴混合比(qc)、雲中冰晶混合比(qi)、雨滴混合比(qr)、雪片混合比(qs)以及冰雹混合比(qh)。我們發現將航路上第3份與第14份dropsonde大氣探空剖面觀測，分別代入WISCDYMM，都能模擬出強烈對流雲胞的發展；兩者都在模擬20分鐘左右產生最大上升速度(~30m/s)，高度分別可達16公里和13公里。兩者均在35分鐘產生第二次極值，但是東部海域的對流發展條件稍優於西部海域，同時兩者都可以維持60分鐘之久(圖8)。

結論與展望

本文簡要介紹2006年5-7月中央氣象局、國家科學委員會、國家太空中心共同贊助本系的「西南氣流實驗觀測計畫」(SoWFEX) 在6月9日(第三次IOP)期間密集觀測活動。這一天氣個案的環境背景是一道移速緩慢的鋒面對流不穩定系統通過臺灣周遭；我們動用飛機資源和地面探空站的投落送(dropsonde)與氣球無線電探空儀(radiosonde)，形成一片中尺度空中觀測網，來探討M750航道、B577航道以及B591航道沿線，由南海向臺灣西部陸地和東部海域輸送的水汽通量特徵，以及顯著垂直風切發生的空層。初步資料分析結果顯示，對流發展強烈地區內外的水汽輻合有3倍左右的差距。垂直風切擾動在1000公尺以下和5000公尺以上都相對顯著。雖然鋒面對流系統移行速度在臺灣東岸高於西岸，水汽輻合強度也較弱，但是2000公尺以上的垂直風切比西岸顯著。透過時空高解析度的美國威斯康辛大學雲物理/動力模式(WISCDYMM)估算，東部海域的對流發展條件稍優於西部海域。我們將持續透過WISCDYMM來進一步定量估算對流系統內部的亂流強度與積冰現象，做為危害飛航天氣之參考。

參考文獻:

Foote, G. B. and J. Fankhauser, 1973: Airflow and moisture budget beneath a

northeast Colorado hailstorm. *J. Appl. Meteor.*, **12**, 1330-1353.

Wang, P. K., 2003: Moisture Plumes above Thunderstorm Anvils and Their Contributions to Cross Tropopause Transport of Water Vapor in Midlatitudes. *J. Geophys. Res.,* **108**(D6), 4194, doi: 10.1029/2003JD002581, 2003.

Wang, P. K. 2004:, A cloud model interpretation of jumping cirrus above storm top, *Geophys. Res. Lett.*, **31**, L18106, doi:10.1029/2004GL020787,2004.

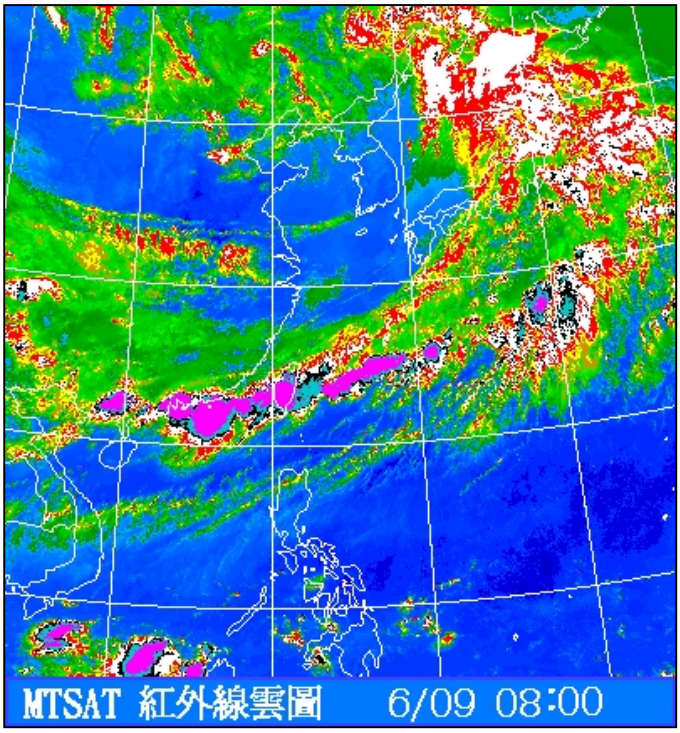


圖 1: 2006 年 6 月 9 日日本 MTSAT 地球同步衛星紅外雲圖。

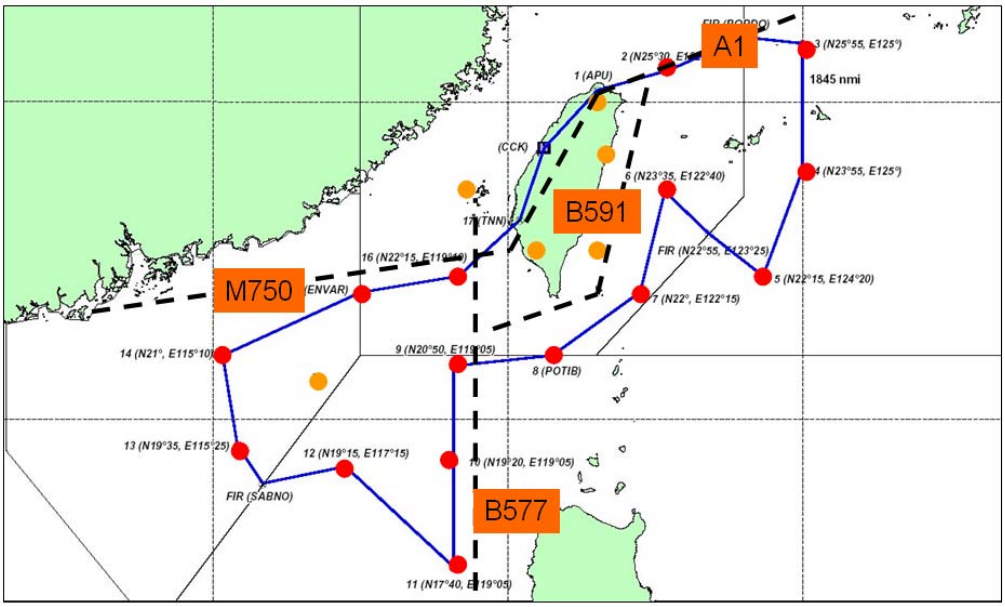


圖 2: 2006 年 6 月 9 日 10UTC-14UTC 漢翔 ASTRA 觀測飛機航路(藍線)與 dropsonde 拋投點(橘點)，黃點則是探空汽球施放站，三條民用航空器航道分別以黑色虛線標示。

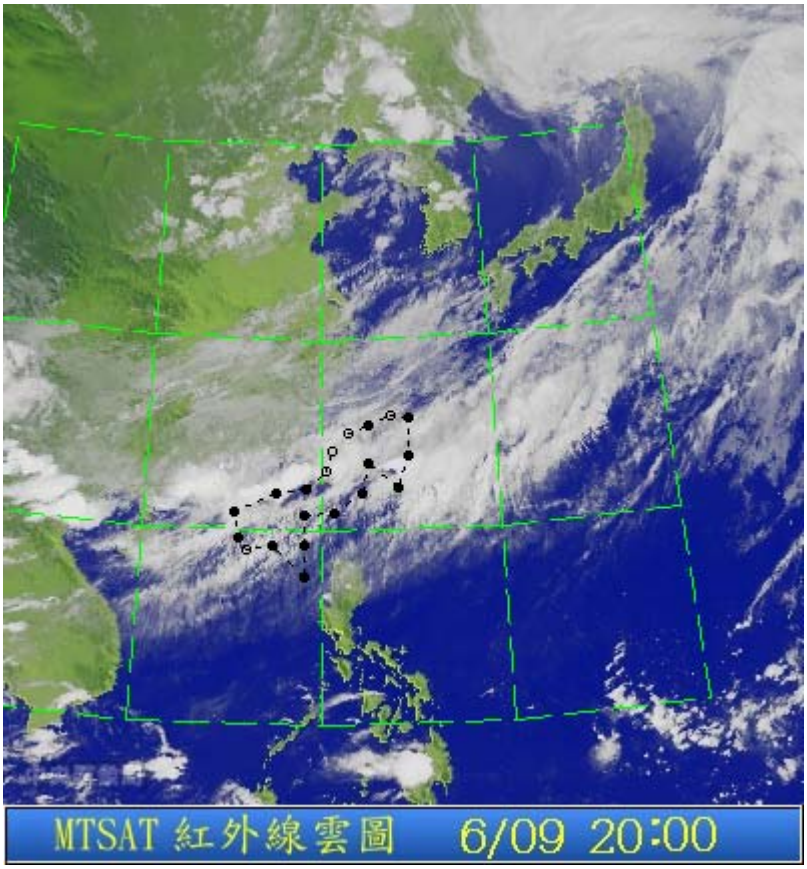


圖 3: 圖 2 飛行觀測航路和 2006 年 6 月 9 日 12UTC 日本 MTSAT 地球同步衛星紅外雲圖之疊合。

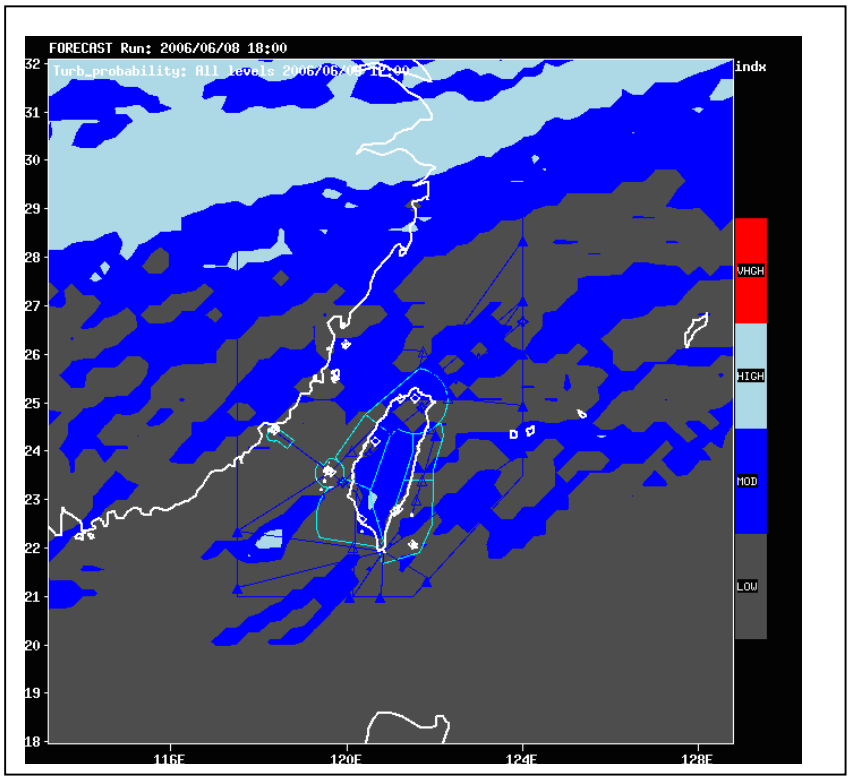
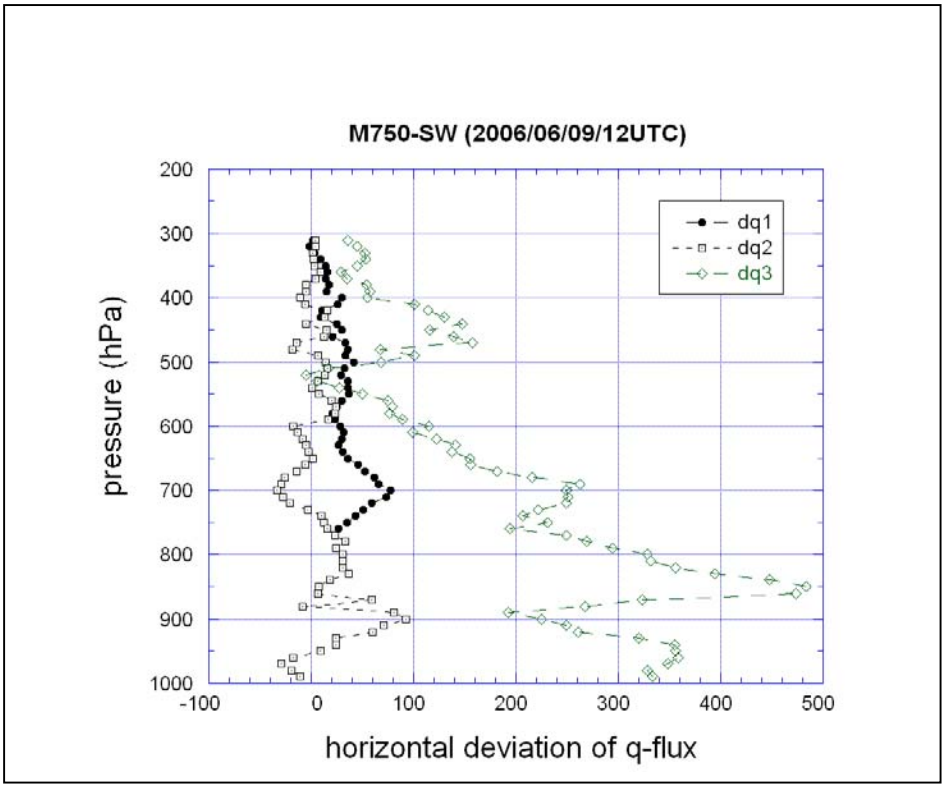


圖 4: 民用航空局氣象中心 MM5 模式由 2006 年 6 月 8 日 18UTC 預報 6 月 9 日 12UTC 的空層內亂流強度空間分布。



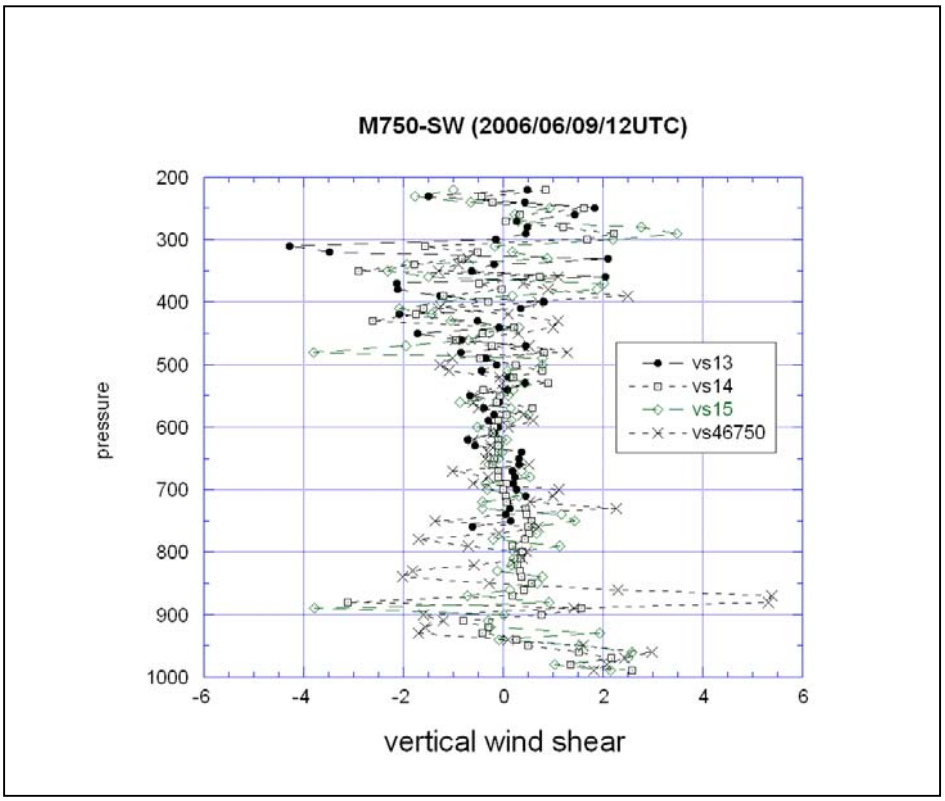
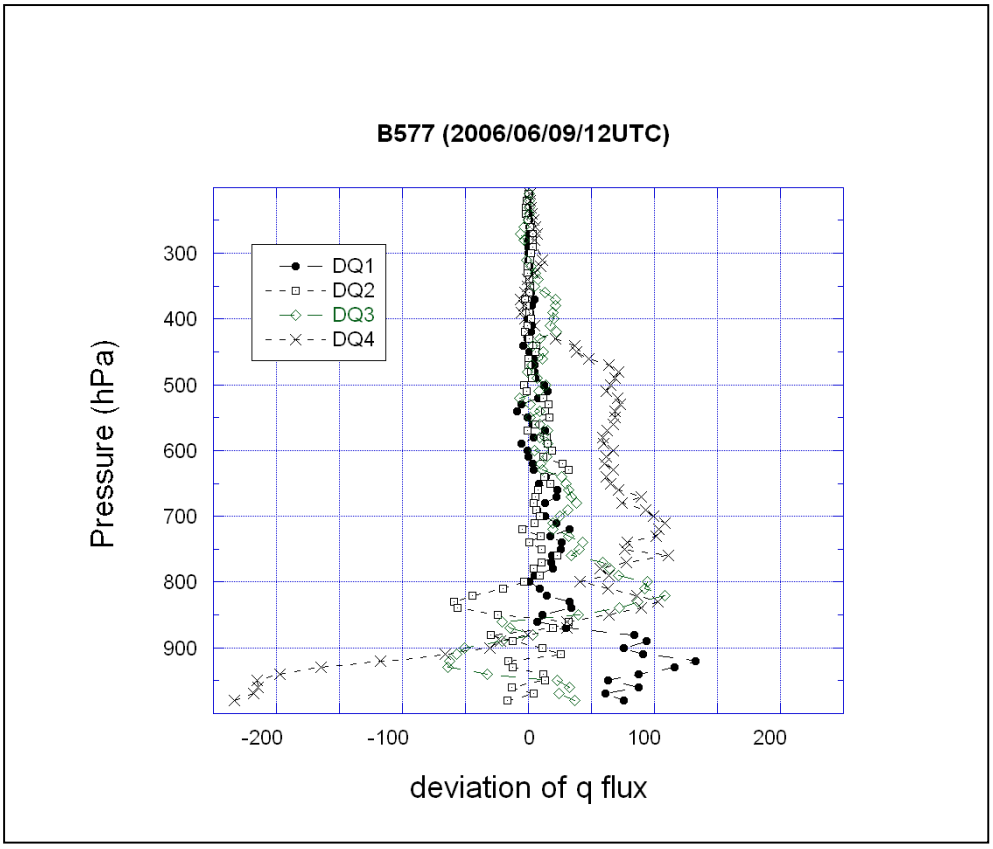


圖 5: M750 航道上由香港往高雄方向的水汽通量(上)與垂直風切(下)。



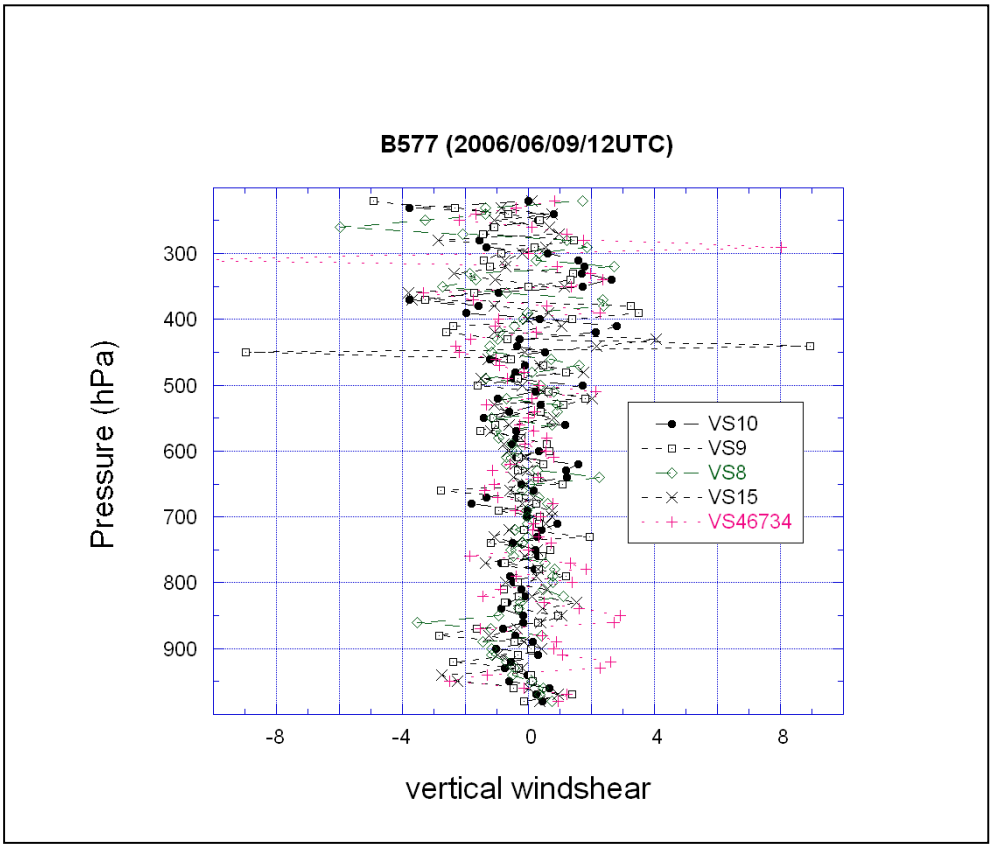
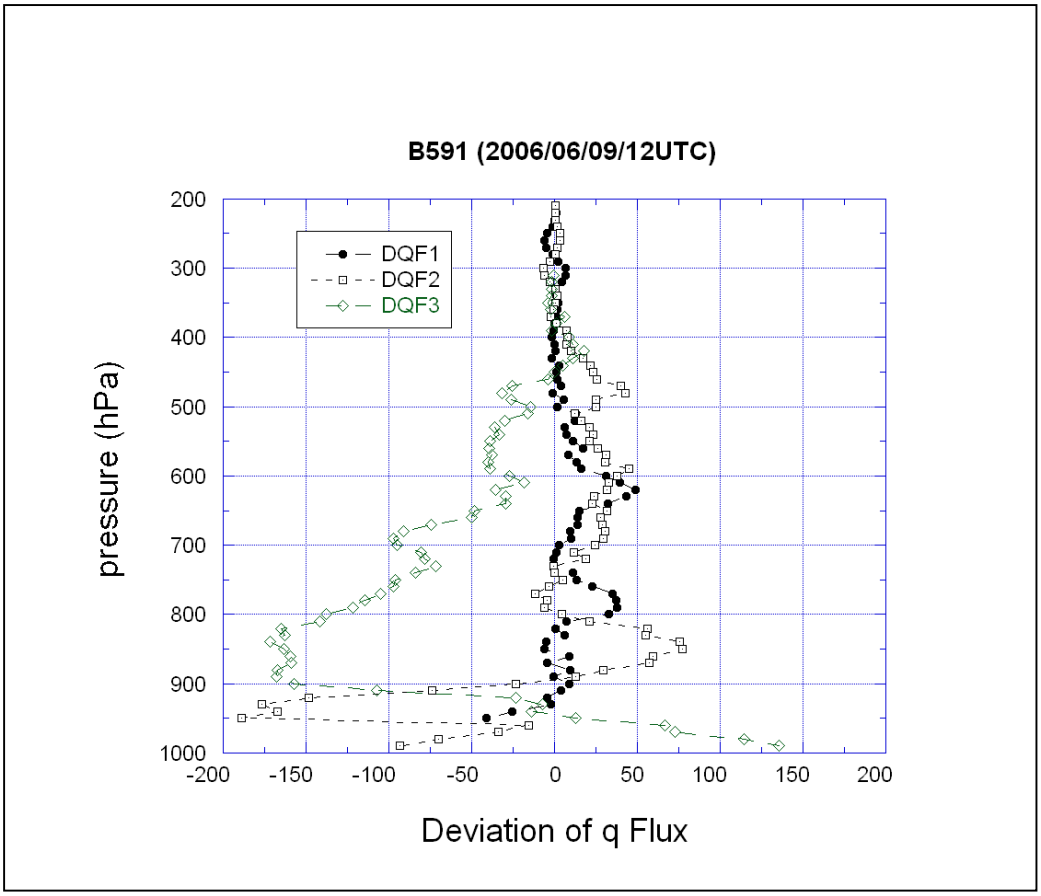


圖 6: B577 航道上由菲律賓往高雄方向的水汽通量(上)與垂直風切(下)。



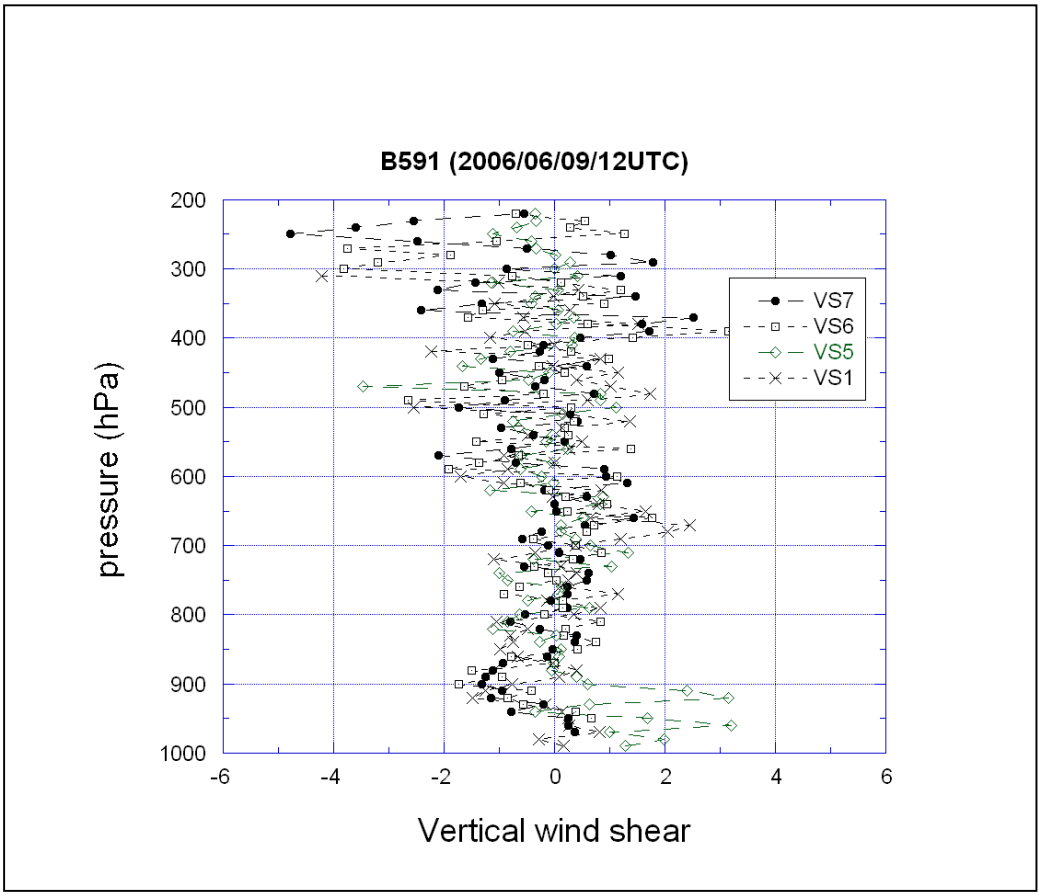
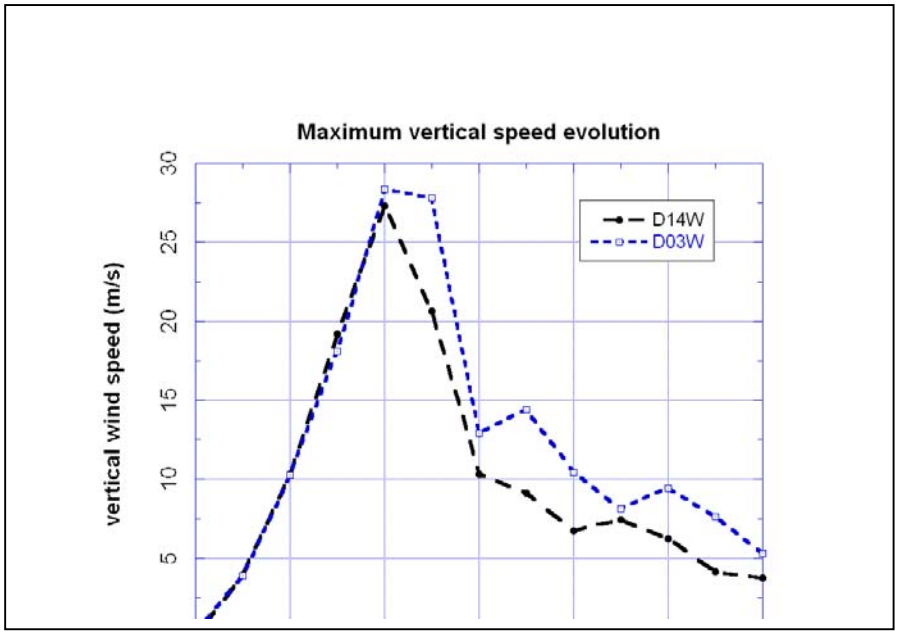


圖 7: B591 航道上由巴士海峽往東北角方向的水汽通量(上)與垂直風切(下)。



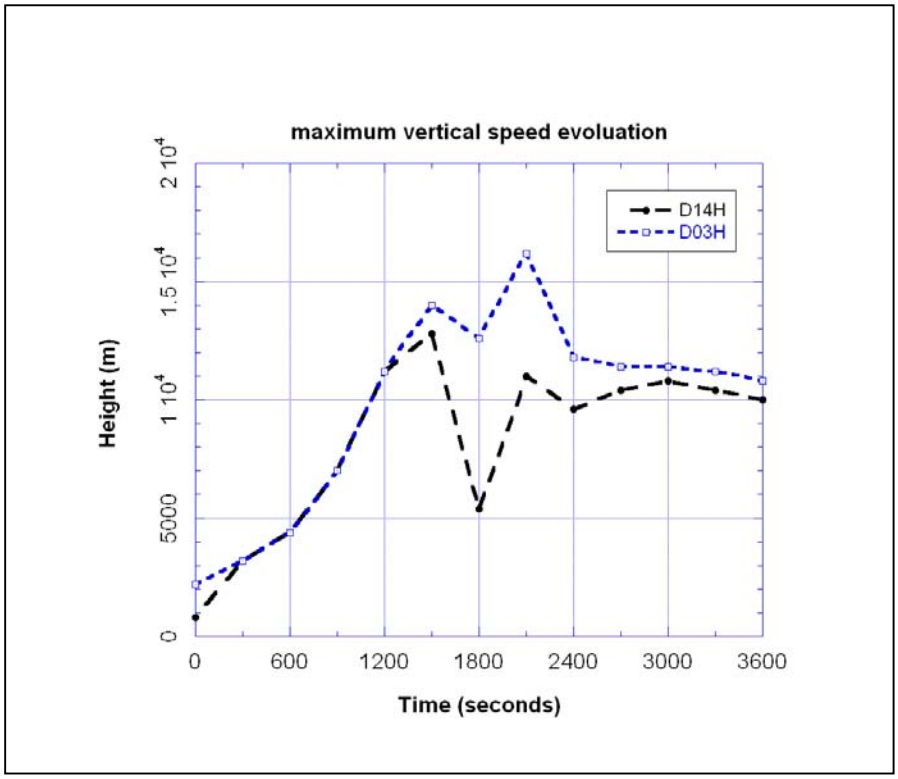


圖 8: Dropsonde #3 與 Drpsonde #14 大氣探空剖面資料在 WISCDYMM 模式所激發的對流系統(上)最大上升速度(m/s)強度和(下)發生高度(m)的時間序列。

北京首都機場綜合氣象探測系統

于爲

北京市首都機場南平東里 1 樓 5 單元 501

摘要

隨著中國經濟的騰飛，民用航空運輸業得到了迅猛的發展。2005 年我國航空運輸總周轉量躍居世界第二位，僅次於美國，已經步入世界航空大國的行列。首都機場作爲中國三大樞紐機場之一，國際國內航線最多，每天運行的航班量占全國航班總量的約四分之一，居全國第一，亞洲第一。香港機場算得上是世界繁忙機場之一，可北京機場的平均日起降航班架次比它還要多 300 多架次。06 年，首都機場飛行量屢創新高，據統計，二季度共保障 94787 架次，比上年同期上升 11、1%。日高峰起降達 1124 架次，小時高峰起降達 79 架次。爲迎接奧運，首都機場正在修建第三條跑道，建設第三航站樓，預計 08 年起降將達 45 萬架次。

現在首都機場有六條進出走廊，走廊口距機場 100 公里，一般在該處開始下降飛行高度，進入首都機場進近終端管制區，進行中低空飛行，直到降落在跑道上。（在民航十一、五規劃中，北京終端管制區面積將擴大，包含第二機場。和其他一些小的軍民用機場）這個空間區域就是首都機場航空氣象服務的重點區域。

面對首都機場密集的航班量，複雜天氣的影響日趨加大，據 05 年的統計，因天氣原因造成航班不正常，占不正常航班的 18.3%。例如今年夏季北京地區雷雨頻發，增加了機場、航空公司、地面交通、空中交通管制各方面工作及相互配合的難度，首都機場數次大面積延誤，國內四大航空公司被迫從 7 月 15 日---9 月 25 日在 17：00---20：00 的雷雨易發時段，在首都機場削減了 584 個定期航班。7 月 30 日北京地區暴雨，造成通往機場的高速公路部分地段被淹，當天上午近 300 個航班延誤；04 年 12 月 1、2、3 日連續三天大霧，能見度最低達 50 米，三天共有 400 多個航班延誤、取消。更突出的是，首都機場因天氣原因影響而造成的大面積航班延誤、返航、備降及延誤後飛機的調用，會在全國與北京通航的機場引發多米諾骨牌式的連鎖反應。首都機場的一次大面積延誤，全國的航班運行甚至幾天後才能完全恢復正常。

最大程度的減少複雜天氣對航空運行安全、正常和效益造成的不利影響，已成爲首都機場航空用戶日益增長的需求。而用戶的服務需求是推動航空氣象預報和服務向更高水準發展的內在動力。要想能夠更準確的預見未來的天氣，達到趨利避害，準確、豐富的氣象資料是開展氣象工作的基礎，否則巧婦難爲無米之炊。無論是機場區域的數值預報還是預報員的綜合預報，首先必須盡可能準確的知道機場地區現在的天氣狀況和相關的氣象背景狀況。因此建設和完善機場綜合氣象探測網是必須先行的一步。

在計劃進一步完善首都機場的探測設施，建設綜合探測系統階段，運用多年積累的機場觀測資料和實際的預報經驗，作了基本分析。

一是首都機場主要氣候特徵。首都機場位於中緯度大陸東岸，在華北地區北部，東、北、西三面環山，屬於溫帶半濕潤乾旱季風氣候，冬春季盛行西北大風和低能見度，夏秋季盛行東南風和雷雨天氣。每年 10 月到下年 5 月受西伯利亞冷氣團控制，氣候乾燥，伴有大風、低溫和大霧，每年 6 月至 9 月受太平洋暖濕氣團影響，天氣變化無常，伴有雷雨、大風等天氣。

二是爲機場地區服務所需的主要氣象資料有：1、本場和區域聯網的機場自

動觀測系統資料 2、終端區低空風切變告警資料;3、空中積冰和顛簸告資訊；4、機場測風即時資料，尤其是機場跑道及起降地帶即時的立體風場資料；5、機場天氣雷達資料；6、機場有限區域內高密度的高空風高空溫度預報及客觀分析資料 7、明語形式的機場警報資訊 8、重要氣象情報、相關的颱風警報；9 三維衛星雲圖資料；10、本區內高質量的具有客觀分析依據的機場天氣預報，11、飛機上的探測資料下傳等等。

這些探測資料不光直接面向航空用戶，也更是專業氣象人員製作高品質預報產品所依賴的基礎。

規劃綜合氣象探測網建設的考慮是：針對首都機場地區的地理、天氣、氣候特點，採用遙感、遙測等多種手段、技術，重點選擇功能強大、應用成熟的系統，優化配置，合理佈局，發揮各自的特長，優勢互補，不追求單一技術，單一設備探測獲取資料的完美性。在首都機場完善和建設接近國際水準的立體氣象探測網。探測網的資料應能基本滿足預報業務資料要求。綜合考慮探測網中各個分系統的介面標準，資料格式等環節，爲探測網的資料資料整編進入氣象資料庫、進行同化處理打下基礎，最終達到探測資料應能發揮的綜合整體作用。考慮經濟適用和可行性，通過引接共用，獲取國家氣象局已有的氣象探測資料，作爲背景支援。探測設備運行方式要求盡可能無人職守、自動連續、長期穩定。

探測網的基本組成：

1、終端區多譜勒天氣雷達一部；
2、邊界層風廓線儀一部；
3、自動氣象觀測系統一套；
4、雷射雷達一部；
5、氣象衛星接收系統；
6、閃電定位資訊引接

一、天氣雷達：

根據北方的氣候特徵和機場預報員多年的經驗積累，考慮建設 C 波段的終端多普勒天氣雷達爲宜，擬建站址在機場東南約 12 公里處，天線塔高約 40 米，在探測機場方向範圍內基本無遮擋物，要求雷達能夠即時獲取機場半徑 150 公里尤其是本場終端區低空區域天氣現象的強度速度譜寬的基礎資料，並作定量分析。在半徑 300 公里範圍內即時監視管區內航路上的天氣狀況。雷達採用全相參多普勒體制，除了要求自動連續穩定運行故障定位外，探測性能方面還要求支援在線標校，強的地物抑制功能和一定的晴空探測能力，在獲取有較高的解析度和精度的資料的基礎上，通過對風場的反演，具備較爲精細、快速的定量分析功能，可以較好的分辨降水天氣時的小尺度切變，自動識別雷雨、大風、風切變、微下擊暴流等影響飛行安全的強對流天氣現象，並對其發展趨勢等進行跟蹤分析預報，以資訊、圖像、警報、臨近預報等多種方式向本場的航空用戶發佈。這部雷達的資料以民航標準格式進入民航資料庫。在民航資料庫的支援下，民航氣象部門將搭建天氣雷達資料共用平臺，引接、應用國家天氣雷達網和區域網的資料，作爲重要的背景支援。

二、邊界層風廓線儀：

首都機場在 96 年前通過釋放升空氣球，獲取本場上空的測風資料。後取消。現在，首都機場擬建一部以大氣湍流爲探測目標，具有一定晴空探測能力的邊界

層風廓線雷達（RASS）。採用目前國際上流行的相控陣天線、固態發射機、相位編碼脈衝壓縮技術。站址初定在機場主降跑道附近。基本符合設備要求和行業規範，在處理軟體方面，要求有嚴格的資料品質控制和對非天氣信號的識別技術，來保證資料的連續性、精度和可信度。6—10 分鐘一條廓線的資料密度，能較及時詳細提供機場中小尺度大氣中的垂直風場結構和一定高度的大氣虛溫。有助於機場附近地區低空空域大氣活動的監測，大霧天氣的發生與消散，低空回流降雪形勢的形成與解除，鋒面有關的判斷，有助於低空垂直風切變的存在及可能造成的顛簸的預測等，當北京氣象局規劃中的京津冀地區對流層風廓線儀觀測網建成後，將相互交換共用資料。

三、　雷射雷達：

應用於氣象領域內的雷射雷達通過發射紅外光光束，接收來自空氣中懸浮粒子反射的紅外光，以計算懸浮粒子的移動速度，得出風場的分佈情況，能十分有效地在晴空狀態下探測風場及其變化。香港機場經過幾年的建設、使用、研究，積累了不少的經驗和成果，我們去香港天文臺和香港機場考察學習過。香港同行們給了我們很多幫助，提出了很好的建議。作爲綜合探測系統的重要設備之一，我們已規劃建設一部與香港機場類似的雷射雷達，選擇安裝在首都機場一個原航管雷達塔上，能基本無遮擋的覆蓋三條跑道頭及其爬升地帶，連續掃描獲取跑道周圍 8---10 公里低層空間三維風場資料，這個區域如發生低空風切變最易釀成災難，是特別需要重點防範的。雷射雷達獲取空間資料密度大，解析度高，尤其在晴空天氣條件下，可發揮其獨特優勢，與多普勒雷達和風廓線儀配合使用，可在任何天氣狀況下對風切變、湍流現象進行監測預警。

另外，根據 FAA 的研究，雷射雷達還可以用於研究飛機起飛時產生的尾渦流和相關湍流的特性，對合理調配航班起飛降落的分離間隔，提高繁忙機場的吞吐量有益。

四、氣象自動觀測系統：

首都機場已經建設了第三條跑道，現計劃在這條跑道上新配備一套自觀設施。同時，更新改造現有兩條跑道的自觀設施，最終整合成完整的一套系統。根據 ICAO 和中國民航的標準要求，對三條跑道周圍影響飛機起飛和著陸的各種氣象要素，溫、風、壓、濕、跑道視程、天氣現象作即時地採集分析處理和傳輸顯示。另外，系統計劃在六個跑道頭增加視頻觀測設備，替代氣象觀測員人工觀測，作爲低能見度天氣起飛降落地帶能見度探測備份資料。系統還計劃給在跑道上的感測器備份無線傳輸裝置。確保資料傳輸萬無一失。十一、五期間華北地區四個省級、直轄市級機場的氣象自動觀測系統和北京終端區內的各軍民機場氣象觀測資訊都將聯網，傳輸至北京氣象中心，提供給航空用戶。

除了在首都機場新建和改造上述四套探測系統外，我們還將引接國家氣象局衛星雲圖和閃電定位資訊：

氣象衛星資料應用系統：

由氣象衛星獲取的雲圖和多種天氣資料是航空氣象監測和預報重要天氣不可缺少的資料之一，衛星有多光譜通道資料，範圍廣，解析度高，可靠性強，產品豐富，資料密度較高等特點，在航空氣象中得到了廣泛的應用。如作爲可能出現的颱風，大範圍濃霧、降水、降雪的探測和預報的背景資料，航路上飛機飛機飛行高度上的風溫探測和預警等等。

國家氣象局衛星氣象中心成功研發了天地一體化的衛星遙感資料應用共用平臺，向用戶廣播靜止衛星（風雲二號、日本氣象廳的等）、覆蓋全國範圍的極軌衛星和美國環境衛星資料。其整體技術成熟先進，系統集成度高。

首都機場有計劃建設一套氣象衛星數位視頻廣播（DVB—S）業務應用系統。通過通訊衛星，獲取國家氣象局優質全面的專業衛星遙感資料和長期可靠的應用服務。今後，衛星資料源的變更，用戶端應用系統不需要改動，不會影響用戶的應用。衛星資料還將進入民航氣象資料庫，實現在本情報責任區域的分發。

閃電定位系統：

北京市氣象局已經建成了閃電定位探測系統，其覆蓋範圍達 150 公里，包括了首都機場終端區域。可探測到雲間閃和雲地閃的方位、距離、強度、極性，通過處理後，形成閃電位置圖和資料，對外發佈。我們將通過北京市氣象局引接該圖，時時獲取機場終端區及附近航路上發生閃電的第一手資料，推斷閃電的動向，雷暴的活動。

航空器資料下傳是國際民航組織和國際氣象組織聯合推動，利用飛行中航空器，在其飛行軌迹上實施氣象探測，通過自動相關監視系統下傳自動天氣報告。在民航總局和中國氣象局的共同努力下，2005 年已經基本覆蓋全國航路，從開始的每天獲取高空風、高空溫度等天氣報告僅 100 多份，到目前每天有 6000 多份。在首都機場終端區的空域中，飛機密度大，下傳資料的時空密度也大，作爲綜合探測網的重要補充，對於機場複雜天氣的預警，預報的驗證，及時訂正，都是十分有利的。

從以上綜合探測網系統性規劃佈局和功能的探討中可以預計，當探測網建成後，發揮各個探測系統獨立的探測功能以及其相互間的補充和加強，基本能夠對首都機場終端區域中小尺度範圍天氣進行多要素立體連續探測，從而即時獲取高時空解析度和高探測精度的各種天氣現象分佈資訊和大氣結構、運動特徵，全天候監測影響飛行的重要天氣現象和過程。朝著更准、更細、更豐富的提供氣象資料資料的目的邁進了一大步。

當然，在更加豐富的氣象資料這個重要基礎上，需要航空氣象人員不斷的從中提取和挖掘資訊，加強對探測資料的綜合分析應用，完善對天氣演變規律的認識。進一步研究開發氣象資訊資料收集、同化處理系統，高解析度區域精細航空氣象數值預報系統，重要天氣短時臨近預警系統和氣象資訊綜合顯示、服務系統。提高定量預報能力和整體氣象預報的科技含量。

---氣象資訊資料收集、處理系統：集成機場近進終端管制區各種常規和非常規氣象觀測、探測資料，運用變分同化技術進行分析處理，生成各種基礎資料和同化資料，供各氣象業務應用系統使用，同時爲其他航空用戶的應用系統提供資料介面，資料共用。

----高解析度區域精細航空氣象數值預報模式系統。研究建立高解析度區域數值模式預報及釋用系統，將同化資料運用於模式中，爲區域天氣預測預警提供高質量的背景場。

---重要天氣預警系統。在數值預報產品支援、探測資料分析的基礎上，對航空安全影響嚴重的天氣現象建立航空重要天氣預警、警報系統，設想包括：

1、 風切變警報系統；如類似香港機場的風切變警報系統。
2、 雷雨警報與預警系統；
3、 低能見度預警系統；
4、 航空器空中積冰與顛簸警報系統。

----**資訊綜合顯示、服務**：建立資訊綜合顯示服務平臺，集合觀測、預警和預報的資訊，爲空中交通管制、飛行機組、機場運行、航務簽派等不同用戶分別定制和提供更加有針對性的個性化精細氣象服務。

終端區管制人員可以利用機場終端區的氣象預警、警報資訊提醒飛行員及時避開風切變等飛行危險區域。區域管制人員可以利用區域內的氣象資訊，進行合理的流量管理。機組在進行飛行前準備時，可以通過氣象自動講解系統終端，方便查詢和提取氣象資訊，以人機交互的形式進行諮詢。在飛行中，利用上傳的氣象資料圖像，更清楚的瞭解航路上和降落機場的天氣變化。航空公司的飛行簽派人員通過獲取航路及終端區氣象資訊，掌握天氣形勢與變化趨勢，更好的調配航班。飛行計劃人員可以通過獲取精度更高的高空風、溫資料，選擇飛行航線，製作飛行計劃等等，總之，航空用戶能夠更多的利用我們的氣象資訊資料和服務，趨利避害，保證安全，獲取更大的經濟和社會效益。

台灣桃園國際機場低空風切之初步分析研究

蒲　金　標
台北市濱江街 362 號

摘　要

本文使用 2002 年民航局台灣桃園國際機場低空風切警告系統(Low Level Windshear Alert System；LLWAS)之觀測資料，分析與探討其低空風切之發生。初步研究結果發現，台灣桃園國際機場發生低空風切，輕度和中度各約佔四成和四成五，強烈者較少，約佔一成五。雖然發生強烈低空風切較少，但它對飛機起降之危害甚大，應給予重視。

5~6 月梅雨季，受鋒面和西南氣流； 7~8 月夏季受颱風和強烈西南氣流；9~10 月初秋受颱風、東北季風和鋒面過境；11~4 月深秋、冬季和春季受東北季風和鋒面過境等影響，機場都會有低空風切現象，其中以颱風引發最多且最強烈的低空風切。

台灣桃園機場發生低空風切，以上午 10 時至下午 16 時與晚上 22 時至清晨 3 時等兩個時段發生次數最多，而強烈低空風切非常集中在半夜前後發生。台灣桃園機場在中午前後時段，太陽輻射受熱最強，大氣下層變成不穩定層，產生熱對流而形成亂流，低空風切的發生與溫度高和風速強是有相當大的關係。而在半夜前後時分氣溫和風速皆較低較弱，卻集中發生強烈低空風切，其發生之原因係受颱風接近之影響所致。

台灣桃園機場發生中度以上低空風切之天氣類型，以颱風環流型和東北季風型為最多，鋒面過境型次之，西南季風型甚少。而發生強烈低空風切之天氣類型幾乎都在颱風環流型所發生。

台灣桃園機場近海邊，與海相距 3~4 公里，周圍地勢低平，平均海拔高度 33 公尺，對天氣系統無明顯阻擋作用，因此，颱風暴風圈接近機場，機場風場變化大；東北季風，陣風強烈；不連續且不穩定的鋒面會帶來風變和中小尺度對流，容易激發較大風切；以及夏季強勁西南季風，引發陣雨或雷雨，雨勢大，都是造成台灣桃園機場發生中度至強烈低空風切之主因。

關鍵詞：低空風切警告系統、低空風切、鋒面過境型、東北季風型、颱風環流型、西南季風型。

一、前言

飛機在起飛及降落階段通常飛行速度較小，距離地面高度較低，對於風速驟然的改變，飛行員之應變能力相對較差。飛機在起降階段遭遇低空風切(low-level windshear)，若應變不及或處理不當，輕者造成飛機重落地或衝出跑道，重者則可能釀成機毀人亡的慘劇，在國內外飛機失事中，已有相當多案例，證實是因低空風切所造成。

低空風切對飛機起降安全有重大的威脅，根據 1964~1985 年美國地區飛機失事統計，因為風切發生飛機失事有 26 件，意外有 3 件，造成約 600 人死亡，200 人受傷。另外，波音公司 Taylor(1993)的統計，1979~1989 年間美國地區風切因素發生飛安事故有 13 起，死亡人數達 455 人。其中以下列三個案例最令人印象深刻，1975 年東方航空 66 班機於紐約市甘迺迪國際機場降落失敗，造成 112 人死亡和 12 人受傷；1982 年泛美航空 759 班機在路易斯安那州紐奧爾良市起飛不成功而失事，飛機上 152 人死亡；1985 年達爾它航空 191 班機在德克薩斯州達

拉斯市降落不成功，134 人不幸遇難。1999 年美國航空 1420 班機在阿肯色州小岩城降落失事，也跟風切脫不了關係，使得 11 人死亡，89 人受傷。

第一代低空風切警告系統(phase-1 LLWAS)最初在 1970 年代由美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration；FAA)發展出來偵測大尺度的天氣系統，包括海風鋒面(sea breeze fornts)、陣風鋒面(gust fronts)、冷鋒(cold fronts)以及暖鋒(warm fronts)。這是因應 1975 年東方航空 66 班機於紐約市甘迺迪國際機場降落時失事而開始研發，當時飛機遇到海風和雷雨外流(thunderstorm outflow)交互作用產生的風變(wind shift)。Phase-1 LLWAS 系統偵測風切的原理是很簡單，僅將跑道中段測風台風場資料與在機場四周裝設五個測風台者加以比較，當風的向量差達 15 海浬/小時(knots; kts)以上時，塔台管制員就將每一測風台的風場觀測資料，直接告訴起降的飛機，飛行員收到各測風台風場資料後，自行計算頂風(headwind)或順風(tailwind)分量。

Phase-1 LLWAS 系統由於測風台間距離太大，無法偵測到較小尺度的風切，因此，1983 年 FAA 要求美國國家大氣研究中心(National Center for Atmospheric Research；NCAR)另外再發展一套 LLWAS 更新系統，期望系統可以偵測小尺度的微爆氣流(microbursts)，於是 NCAR 在 1983~1988 年間發展出一套加強型系統(phase-II LLWAS)，系統透過頂風或順風強度，來偵測位在跑道或跑道兩端離到場 1~3 海浬的低空風切或小尺度微爆氣流，Phase-II LLWAS 可以偵測到 90%以上的風切，但還有 10%以下的風切警告失敗率。系統再不斷改良，現在所用的系統稱之為第三代低空風切警告系統(Phase-III LLWAS)，Phase-3 LLWAS 系統在跑道兩端向外延伸三海浬範圍內有足夠的測風台，通常有 12-16 個測風台之多。LLWAS-III 系統能提供跑道向外延伸 3 浬離到場走廊 1000 呎(300 公尺)以下的風切偵測能力(UCAR,1992)。

交通部民用航空局有鑒於低空風切對飛機起降的威脅，於 2001 年 9 月 1 日於松山和台灣桃園國際機場各建置一套符合美國 FAA 第三代機場低空風切警告系統。台灣桃園國際機場 LLWAS 在測試期間，選擇 2001 年 6 月 17 日、20 日、22 日發生低空風切個案，經由美國大氣研究中心(NCAR)科學家和工程師和台灣民航局氣象專家和航電人員共同做個案以 15 個遠端測風台 24 小時風場加以分析，並與飛機風切報告加以比對，驗證結果台灣桃園國際機場 LLWAS 系統為可用的系統。本文分析資料已去除極少數線路故障所造成假警報。

本文採用台灣桃園國際機場 LLWAS 系統於 2002 年 1 月至 12 月期間所觀測到的資料，來分析台灣桃園國際機場附近低空風切發生之時間特性，包括每天二十四小時低空風切發生之日變化和每月低空風切發生之季節變化，並以中度和強烈低空風切發生時，所出現的綜觀天氣類型加以分類，計分為颱風環流、東北季風、鋒面過境和西南季風等四種類型，並就每一類型各選擇一個個案加以診斷分析。以期了解台灣桃園國際機場低空風切在那一時段最常發生？ 每季發生概況？那些綜觀天氣類型最有利低空風切的發生？

二、資料來源與研究方法

LLWAS 系統是由測風儀及處理器所組成的，它用以偵測並確認危害性低空風切，並將此即時(real-time)資訊提供給飛航管制塔台管制員和機場氣象台觀測員，以便提供危害性低空風切，包括微爆氣流，警訊給機場正在降落或起飛的航機。測風儀測量風向的精確度為±3.0 度，測風儀可自動進行磁北校準。測風儀對介於 0 到 99 kts 之風速的測量精確度為±2kts 或實際風速之±5 % (取較大值)，系統觀測週期為 10 秒。系統將風場資料轉換成一個風速的向量(u，v)，指

向風流動的方向(即風的去向)，提供危害風切偵測分析演繹法則(Hazardous Windshear Detection Analysis Algorithm)使用(UCAR,1992)。測量的單位以公尺/秒來表達，正 v 值表示磁北方向，而正 u 值表示磁東方向。

LLWAS 系統可支援的最大量演繹法則之邊(edge)數為 200 個；可支援的最大量演繹法則之三角形數為 250 個。機場真正的邊和三角形的數目定義於所提供的機場建構檔，微爆氣流是指一個被偵測到的輻散順風(減速)(單位為 kts)超過或相等於預定參數值(典型為 30 kts)。系統利用任意三點測風儀資料，算出此三角形內的輻合輻散場，再與其他三角形遞迴運算，得出起降區低空風切警示資訊。而此任意三點需符合三角形夾角不得小於 25 度和任二點距離需介於 1~5 公里之間(UCAR,1992)。由飛機因環境風場造成的增（減）速程度來決定，當飛機順風(減速)從 15kts 至 29kts 或頂風(增速)大於 15kts 時稱為風切，減速大於 29kts 時稱為微爆氣流。若有兩個風切/微爆氣流同時出現，則系統會以最嚴重者的強度和最接近飛機之起降位置編發警訊。當測風網內被偵測到跑道方向順風(減速)(runway-oriented loss)或頂風(增速)值(runway-oriented gain)超過預定參數值(單位為 kts)之風切情況時，系統則發佈風切警告(蒲，2003)。

台灣桃園國際機場低空風切系統在沿著機場跑道向外延伸 3 海浬和跑道中段共設有 15 個遠端測風台，系統會將每一測風台所觀測的風場資料換算為跑道方向(050°~230°)之分量，計算跑道兩端進場或離場航道方向之頂風(增風)或順風(減風)強度，來偵測位在跑道或跑道兩端離到場 1~3 海浬的低空風切或小尺度微爆氣流情形。台灣桃園國際機場低空風切之強度從跑道及跑道兩端各向外延伸 3 海浬等區域方向之頂風(正值)或順風(負值)強度來決定，根據 FAA 風切強度為標準，當頂風(增風)或順風(減風)數值介於 15 ~19kts 時，表示有輕度低空風切；介於 20~29kts 者稱之為中度風切；大於 29kts 者稱之為強烈風切，其中順風(減風) 大於 29kts 者稱為微爆氣流。

機場風場觀測係以十分鐘平均數，提供給機場以外的國內外單位使用，另外以風場兩分鐘平均數僅提供給航管塔台和飛機起降使用。台灣桃園國際機場 LLWAS 系統 15 個遠端測風台係以 15 個遠端測風台風場 10 秒鐘平均數用來計算機場是否有低空風切的發生，即低空風切發出警告一次代表十秒鐘，警告時間是次數×10 秒，可以時間長短來呈現，比較有具體的概念。台灣桃園國際機場 LLWAS 系統係以每 10 秒的週期，即時更新風場資料，遇有低空風切發生時，系統會發出警告一次，所以本文低空風切次數乘以 10 秒就是低空風切發生之時間長度。

三、台灣桃園國際機場地理位置與氣候概況

(一) 地理位置

台灣桃園國際機場位於台灣西北部桃園縣大園鄉境內，周圍地勢低平，海拔高度約 100 呎，西北鄰接海邊，距海岸約在三至四公里，附近海岸線成東北與西南走向，剛好位於台灣海峽北向喇叭口上。機場東和東南方有林口台地及觀音山丘陵，林口台地海拔高度約 200~250 公尺，觀音山高 612 公尺，較為突出。南距桃園中壢台地約十餘公里，西南盡是沿海平原，可延伸至新竹地區，西和西北緊接台灣海峽。台灣桃園國際機場位於 25˚04’ 35’’N，121˚13’ 26’’，跑道方向為東北~西南走向，分別為西南邊的 05 號和 06 號跑道及東北邊 23 號和 24 號跑道，北跑道長 3660 公尺，寬 60 公尺，南跑道長 3350 公尺，寬 60 公尺，標高平均海拔 33 公尺。

(二) 氣候概況

台灣桃園國際機場位於亞洲副熱帶季風氣候區內，冬半年受變性大陸冷氣團和鋒面系統南下等影響，盛行東北季風，風力持續且強勁。夏季受副熱帶海洋氣團或赤道海洋氣團影響，平均風力雖較微弱，但五月～十月間，台灣桃園機場常遭到西太平洋和南中國海的颱風侵襲，帶來狂風暴雨，迫使機場關閉，影響飛機起降。

四、台灣桃園國際機場低空風切警告系統

目前我們台灣台灣桃園機場安裝有一套低空風切警告系統，系統是由一個主機台控制器(master station controller)、遠端測風台(測風儀設備組)及顯示給使用者看的顯示器；顯示器通常安裝於飛航管制塔台及氣象台。主機台控制器利用風切偵測演繹法則處理由遠端測風台傳來的資料，以提供特定跑道之風速、風向及風切的種類與強度等資訊給航管使用。除了機場中央風速、風向及陣風(gust)資訊外，所有發佈的風切警訊均是針對單一特定跑道。

台灣桃園國際機場的主機台控制器及主機台無線電設備建置於台灣桃園管制塔台七樓，系統共有三部文數字警告顯示器，其中兩部設在管制塔台供管制人員使用，另一部設於氣象台供氣象人員使用。系統監控設備(System console)則與主機台控制器置放在同一地點。

台灣桃園國際機場 LLWAS 系統功能計有蒐集機場地區風場資料、提供危害性低空風切的自動偵測、提供危害性風切(包括微爆氣流)強度及發生位置的偵測、測量中央風場並提供陣風風速資訊、與現有跑道頭的測風儀相關設備互相銜接之介面、提供飛航管制員明確清楚的風切危害資訊(風切類別、位置及強度)、跑道頭風場測量資料，以利其傳送給(無線電語音)飛行員、提供有關系統維護、風切事件重建及飛航顯示等重要資訊的儲存設備以及提供查看和分析存檔資料之工具等等。

台灣桃園國際機場 LLWAS 系統在沿著機場跑道向外延伸 3 海浬設有 14 個遠端測風台，另外在跑道中央間附近即台灣桃園機場入境停車場靠近塔台區入口北側附近設有中央測風台，台灣桃園國際機場 LLLWAS 測風台依各台地勢高低不同，離地面高度為 20-30 公尺，系統能探測到的低空風切的高度約在 300 公尺以下，所以這套系統可提供 300 公尺以下的風切偵測能力。台灣桃園國際機場低空風切警告系統遠端測風台場址和實際離地高度等資料如表 1。

表 1 台灣桃園機場低空風切預警系統遠端測風台場址資料表

場址編號	場　址　地　點	經緯度位置	實際離地高度(m)
CF	台灣桃園機場入境停車場靠近塔台區入口北側附近	N25°04.881 E121°30.006	30
1	桃園縣私立大興高級工商職業學校勤學樓西側樓梯間屋頂（桃園縣大園鄉大興路 62 號）	N25°03.745 E121°11.513	30
2	台灣桃園機場 05 跑道頭圍牆角落環場路邊	N25°04.465 E121°12.668	20
3	台灣桃園機場 05-23 跑道中段近排水溝小路邊	N25°05.167 E121°13.594	20
4	台灣桃園機場 23 跑道頭排水溝邊	N25°05.964 E121°14.502	20
5	桃園縣南坎舊港廢棄檢查哨	N25°07.070	20

		E121°15.021	
6	桃園縣大園鄉農會橫峰倉庫(桃園縣大園鄉中山南路一段 546 號內)	N25°03.24 E121°12.306	20
7	台灣桃園機場國內站蓄水塔側邊空地	N25°04.087 E121°13.009	20
8	台灣桃園機場 23 檢查哨對面馬路排水溝內側空地	N25°05.432 E121°15.000	20
9	桃園縣海湖國小 B 棟屋頂 (桃園縣蘆竹鄉海湖村 1 鄰 57 號)	N25°06.165 E121°16.018	30
10	桃園縣大園鄉橫山大埤水源路側堤防與池塘間台地（台電電線桿編號尖山分線 56、57 間）	N25°02.266 E121°12.495	25
11	桃園縣埔心國小勤學樓屋頂 （桃園縣大園鄉埔心村 16 村 25 鄰 56 號）	N25°02.956 E121°13.505	30
12	空軍桃園基地莊敬樓屋頂 （桃園縣大園郵政 90319 號信箱）	N25°03.624 E121°14.272	30
13	桃園縣果林國小左側樓屋頂（桃園縣大園鄉果林村 12 鄰 41 號）	N25°04.675 E121°15.398	30
14	桃園縣山腳國中圖書館屋頂（桃園縣蘆竹鄉海山路 319 號）	N25°05.232 E121°16.734	30

台灣桃園國際機場 LLWAS 系統在機場管制塔台設置有文數字警告顯示器(Alpha-numeric Alarm Display；AAD) ，如圖 1 左上角，可顯示到場跑道頭及離場跑道末端之二分鐘平均風向風速。系統也可顯示中央風場(Center-field)之二分鐘平均風向風速，並可顯示陣風。LLWAS 系統在台灣桃園國際機場跑道與 10 跑道和 28 跑道向向外各延伸 3 浬之帶狀區域內，偵測到低空風切或微爆氣流時，AAD 顯示器會自動鳴叫（alarm），航管人員立即根據 AAD 顯示器上的文數字警告警告資料向飛行員提出警訊。系統在松山航空氣象台設置有圖形警告顯示器(Graphical Alarm Display；GAD)，如圖 1 下方，當 GAD 顯示器發出警告鳴叫時，航空氣象台值班觀測人員需將該低空風切警告資訊，附註在航空天氣觀測報告(METAR/SPECI)之補充資料欄內。

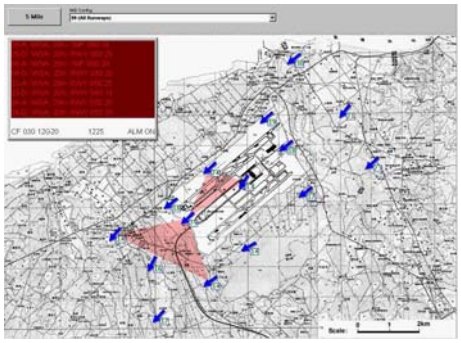


圖 1 台灣桃園國際機場圖形警告顯示(GAD)和文數字警告顯示(AAD)(左上角)圖，圖中

箭頭代表遠端測風台之風向，箭頭旁數字代風速(kt)，三角形陰影表示低空風切警示區。

五、研究結果

(一) 低空風切之月變化

2002 年 1 月至 12 月台灣桃園國際機場發生輕度、中度和強烈低空風切之次數計有 9592 次，總共發生時間有 95,920 秒(或有 1,598.67 分鐘；或有 26.65 小時)，其中輕度低空風切有 3,758 次佔 39.2%；中度者有 4,348 次佔 45.3%；強烈者有 1486 次。其中發生強烈風切之時間有 14860 秒(或有 247.67 分鐘；或有 4.13 小時)佔 15.5%。顯示台灣桃園國際機場發生低空風切，輕度和中度者分別約佔四成和四成五，發生強烈者較少，約佔一成五，雖較少，但發生強烈低空風切對飛機起降之危害甚大，應給予重視。

台灣桃園國際機場發生低空風切，按月分析，以 2002 年 7 月為最多，佔 29.0%；1 月和 12 月次之，1 月佔 12.9%，12 月佔 15.4%；3 月、4 月、9 月和 11 月再次之，各佔 9.0%、7.8%、6.8%和 6.7%。2 月、5 月、6 月、8 月和 10 月為最少，各佔 1.6%、3.6%、2.3%、2.1%和 3.0%，如圖 2。

就台灣桃園國際機場低空風切發生時的綜觀天氣屬性加以分析，2002 年 7 月受到強勁西南氣流引發雷陣雨與雷馬遜(Rammasun)和娜克莉(Nakri) 兩個颱風等影響，台灣桃園國際機場發生低空風切的次數最多，同時發生強烈低空風切達 1395 次之多。1 月和 12 月受東北季風和鋒面過境等影響，造成台灣桃園國際機場低空風切次多之原因。3 月、4 月和 11 月受到東北季風和鋒面過境等影響，9 月受東北季風、熱帶低壓和辛樂克(Sinlaku)颱風之影響，有次次多的低空風切發生。雖然 2 月受到東北季風、5 月受到鋒面過境、6 月受到鋒面過境、西南氣流和諾古力(Noguri)颱風接近、8 月受到西南氣流和熱帶低壓以及 10 月受到東北季風和鋒面過境等影響，但是發生低空風切的次數最少。唯 5 月發生強烈低空風切也有 31 次。

以上分析顯示台灣桃園國際機場 7~8 月夏季受颱風和西南氣流， 9~10 月初秋受颱風、東北季風和鋒面過境， 11~5 月深秋、冬季和春季受東北季風和鋒面過境，5~6 月梅雨季受鋒面和西南氣流等影響，機場都會有低空風切現象，其中以颱風引發最多且最強烈的低空風切。

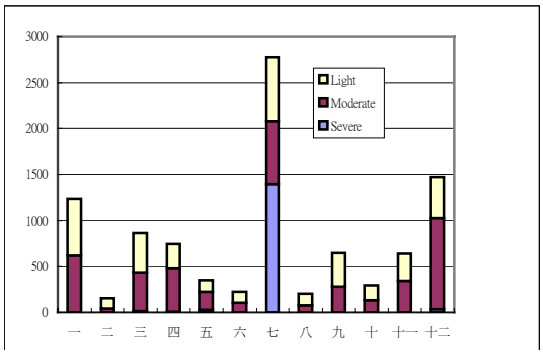


圖 2　2002 年 1 月至 12 月台灣桃園國際機場低空風切強度與次數之月變化
橫座標為月份，縱座標為低空風切發生次數。

(二) 低空風切之日變化

台灣桃園國際機場發生低空風切，按日變化分析，以上午 10 時至下午 16

時和晚上 22 時至翌日清晨 3 時等兩個時段，平均每小時發生低空風切之次數有 425 次以上，頻率佔 4.4%以上，其中以中午 12 時至下午 15 時之時段，每小時發生次數高達 646~825 次之間，頻率佔 6.7~8.6%為最高；強烈低空風切非常集中在晚上 22 時至翌日清晨 3 時發生，分別為 108 次(7.3%)、312 次(21.0%)、70 次(4.7%)、243 次(16.4%)、363 次(24.4%)和 272 次(18.3%)，在這個時段發生強烈低空風切佔整日的 92.1%，顯示台灣桃園機場強烈低空風切集中在半夜前後發生。而每天上午 4~9 時和下午 17~21 時等時段，每小時發生低空風切之次數在 325 次以下，頻率小於 3.4%，如圖 3。

2002 年台灣桃園機場平均風速和氣溫之日變化，如圖 4，顯示台灣桃園國際機場上午 9 時至下午 18 時平均風速大於日平均風速 8.8kts，尤其在上午 10 時至下午 17 時平均風速高達 10kts。下午 19 時至翌日上午 8 時平均風速小於日平均值，尤其在清晨 2~6 時平均風速小於 7kts。台灣桃園國際機場上午 8 時至下午 18 時平均氣溫大於日平均氣溫 22.6℃，尤其在上午 10 時至下午 16 時平均氣溫高達 24.0℃。下午 19 時至翌日上午 7 時平均氣溫小於日平均值，尤其在清晨 2~6 時平均氣溫小於 21.0℃。

比較台灣桃園際機場低空風切發生與其氣溫和風速之日變化，分析結果顯示上午 10 時至下午 16 時低空風切常發生時段，與該時段平均氣溫和平均風速之最高值相當一致。顯示台灣桃園國際機場在中午前後時段，太陽輻射受熱最強，大氣下層變成不穩定層，產生熱對流而形成亂流，低空風切的發生與溫度高和風速大是有相當大的關係。而在半夜前後時分氣溫和風速皆較低較弱，卻集中發生強烈低空風切，其發生之原因係受颱風接近之影響所致。

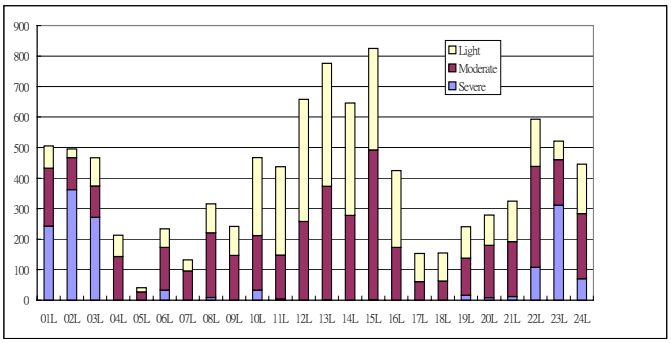


圖 3　2002 年 1 月至 12 月台灣桃園國際機場低空風切強度與次數之日變化橫座標為台灣地方時，縱座標為低空風切發生次數。

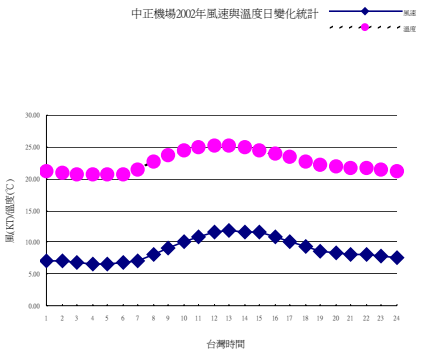


圖 4　西元 2002 年台灣桃園國際機場平均風速和氣溫之日變化，橫座標為台灣時間，縱座標為平均風速(kts)和氣溫(℃)。

3. 低空風切之天氣類型

本文就中度以上低空風切發生時，所出現的綜觀天氣類型加以分類，計分為颱風環流、東北季風、鋒面過境和西南季風等四種類型。

2002 年 1 月至 12 月台灣桃園國際機場發生中度以上低空風切之天氣類型，可分為颱風環流、東北季風、鋒面過境和西南季風等四種類型，各佔 38.3%(2230 次)、36.4%(2121 次)、24.8%(1447 次)和 0.4%(26 次)，如圖 5。其中颱風環流型、東北季風型和鋒面過境型等發生強烈低空風切則分別佔 93.9%(1396 次)、4.0%(59 次) 和 2.1%(31 次)，而西南季風型尚無強烈風切發生，顯示松山機場發生中度以上低空風切之天氣類型，以颱風環流型和東北季風類型為最多，鋒面過境型次之，西南季風型甚少。而強烈低空風切之天氣類型幾乎都在颱風環流型所發生。

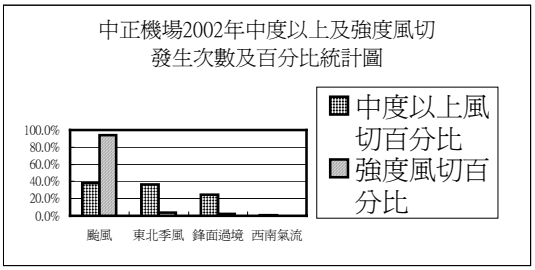


圖 5　2002 年 1~12 月台灣桃園國際機場發生
中度以上低空風切之天氣類型頻率

強烈低空風切發生之日期計有颱風環流型於 2002 年 7 月 3 和 4 日(雷馬遜颱風，Rammasun)、9 和 10 日(娜克莉颱風，Nakri)、31 日(熱帶低壓)和 8 月 2 日(熱帶低壓)；東北季風型於 2002 年 2 月 10 日、3 月 18 日、4 月 9 日、9 月 17 日以及 12 月 25、26 和 27 日；鋒面過境型於 5 月 23 日等日期發生。

(1) 颱風環流型個案

選擇 2002 年 7 月 9~10 日輕度颱風娜克莉(Nakri)侵襲桃園國際機場而發生強烈低空風切之個案加以分析。7 月 9 日 1100L 輕度颱風娜克莉中心(990 hPa)位於 23.6°N，119.5°E，即在澎湖附近，平均風速為 35kts，最大陣風為 45kts，34kts 之暴風半徑為 50 浬，以每小時 9 浬之速度向東北東方移動，澎湖和台灣西部機場風雨逐漸加強。9 日 1400L 颱風中心位在 23.7°N，120.0°E，颱風接近濁水溪口登陸。1700L 和 2000L 颱風中心皆位在 24.0°N，120.2°E，台灣西南部機場風雨逐漸加強。10 日 0800L 颱風中心位在 24.6°N，120.0°E。10 日 1100L 颱風中心位在 23.8°N，121.4°E，颱風暴風圈更逼近台灣桃園機場。

根據 2002 年 7 月 9 日 0100~2400L 台灣桃園機場地面自動氣象觀測系統(Automated Weather Observing System；AWOS)連續 12 小時觀測結果顯示，如圖 6，台灣桃園機場受此颱風接近的影響，9 日 1000L~1300L，吹東北東風，風速增強，平均風速為 20~24kts，最大陣風最強達 38kts，溫度高達 31.0℃，露點 26.0℃，溫度露點差較大，相對濕度降為 74%，無雨。由 9 日 0300-0400L，溫度 25.0℃，相對濕度 100%，至 9 日 1100-1200L，溫度驟升，相對濕度降為 74%，顯示 9 日上午期間受較強東北東風越過中央山脈之影響，有焚風的現象。此期間受強風影響，台灣桃園機場 LLWAS 發出輕度低空風切警告 85 次，中度低空風切警告 36 次。9 日 1900-2100L，吹東北風或東北東風，風力迅速減弱，但機場下陣雨，雨勢甚強，三小時雨量 12.75mm。這段時間風力雖減弱，但受颱風接近和大陣雨的影響，LLWAS 發出輕度低空風切警告 21 次，中度低空風切警告 85 次，

強烈低空風切警告高達 31 次之多，如圖 7。此段時間 9 日 1000~1300L 松山機場吹東北東風平均風速 14~18kts，陣風 24~38kts，松山機場 LLWAS 發出輕度低空風切警告 10 次，中度者 51 次；1900-2100L 松山機場沒有發出低空風切警告。顯然這段時間颱風接近，但松山機場低空風切警告較少，較弱。

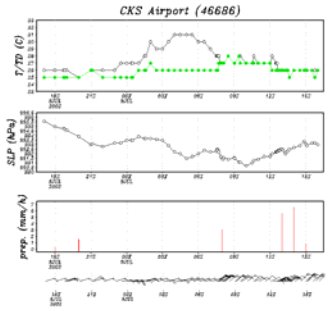


圖 6　2002 年 7 月 8 日 1600UTC 至 9 日 1500UTC 台灣桃園機場
溫度、露點、氣壓、雨量、風向及風速之時間序列變化圖

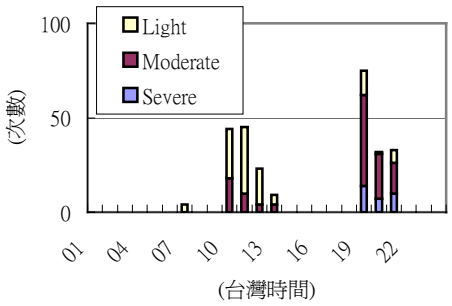


圖 7　2002 年 7 月 9 日 0100~2400L 台灣桃園機場低空
風切警告系統低空風切之時間序列分布圖

10 日 0900 - 1100L，風向大幅轉變，由西南風、西北風、北風轉為東北風和東北東風，風力也由微弱轉強，最強平均風達 21kts，最大陣風達 34kts，機場下陣雨和雷雨，雨勢甚強，六小時(0700-1200)雨量 71.75mm，如圖 8。這段時間機場受颱風暴風之侵襲，風向變化大，風力由減弱轉強，且下雷雨，LLWAS 發出輕度低空風切警告 73 次，中度低空風切警告 125 次，強烈低空風切警告高達 33 次之多，如圖 9。這段時間 10 日 0900~1100L 松山機場吹西南風，平均風速 7~9kts，最大陣風 10~18kts，松山機場沒有發出低空風切警告。

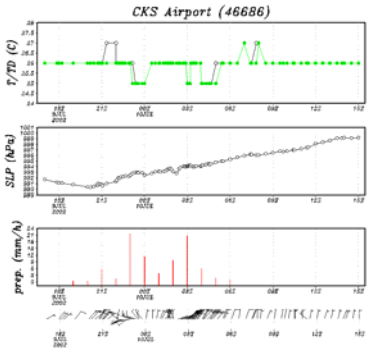


圖 8　2002 年 7 月 9 日 1600UTC 至 10 日 1500UTC 台灣桃園機場
溫度、露點、氣壓、雨量、風向及風速之時間序列變化圖

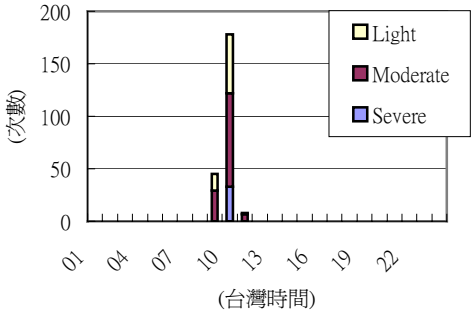


圖 9　2002 年 7 月 10 日 0100~2400L 台灣桃園機場
低空風切警告系統低空風切之時間序列分布圖

顯示颱風暴風圈接近台灣桃園國際機場時，機場吹西北風轉北風至東北東風，風場變化大，陣風強，雨勢大，為造成台灣桃園國際機場中度至強烈低空風切發生之主因。

(2)　東北季風型個案

選擇 2002 年 4 月 9 日 0400~1500L 東北季風引發台灣桃園國際機場強烈低空風切之個案加以分析。9 日 0400~1500L，鋒面遠離台灣，台灣東部和中部以北盛行東北季風，這段時間台灣桃園機場吹東北東風，最大平均風速達 22kts，最大陣風高達 32kts，如圖 10。機場 LLWAS 發出低空風切警告，輕度、中度及嚴重風切分別有 208 次、395 次及 9 次，如圖 11。這段時間松山機場吹東北東風，最大平均風速達 15kts，最大陣風高達 21kts，松山機場 LLWAS 發出低空風切警告，輕度、中度及嚴重風切分別有 249 次、54 次及 1 次，顯然在強烈東北季風盛行之下，松山機場風力較弱，低空風切警告比較少。

由東北季風型個案分析顯示，強烈東北季風會引發台灣桃園國際機場中度以上之低空風切現象。

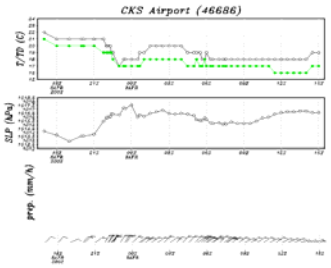


圖 10　2002 年 4 月 8 日 1600UTC 至 9 日 1500UTC 台灣桃園
機場溫度、露點、氣壓、雨量、風向及風速之時間序列變化圖

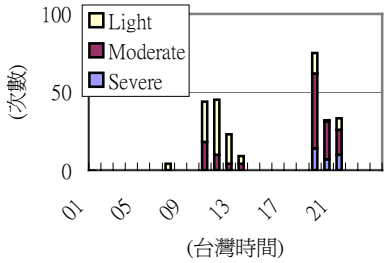


圖 11　2002 年 4 月 9 日 0100~2400L 台灣桃園機場
低空風切警告系統低空風切之時間序列分布圖

(3) 鋒面過境型個案

選擇 2002 年 5 月 23 日 0400~0700L 鋒面過境引發台灣桃園國際機場強烈低空風切之個案加以分析。2002 年 5 月 22 日 0000UTC，梅雨鋒面位於中國華南上空及台灣北部海面，以每小時 10-15 公里之速度巷向東南方向前進，逐漸接近台灣北部陸地，台灣桃園機場吹南南西風，從可見光衛星雲圖可以發現鋒面帶上及台灣中南部陸地出現甚強的對流系統，台灣西部從南到北都有降水現象，可見鋒前西南氣流帶來充沛水汽和雲雨。22 日 1800UTC，鋒面已到達台灣北部陸地，鋒面前端有中尺度高壓，應由鋒前西南氣流遇到中央山脈阻擋的質量累積所造成，但勢力沒有鋒後強，台灣桃園機場在鋒前，吹偏南風，三小時後，鋒面已通過台灣桃園機場到達新竹地區，台灣桃園機場改吹北北東風，鋒前中尺度高壓消失，鋒面受台灣地形影響開始斷裂，東段移速比西段快。

根據 2002 年 5 月 23 日 0100~1200L 台灣桃園機場地面自動氣象觀測系統(Automated Weather Observing System；AWOS)連續 12 小時觀測結果顯示，如圖 12，此鋒面約在 23 日 0434L(22 日 2000 UTC)抵達台灣桃園機場，此時溫度 24.0℃，露點 24.0℃，溫度露點差等於零，相對濕度為 100%，水汽達飽和，風向由 0400L 260°/05kts 轉為 0434L 330°/09G19kts，並開始下雨，之後順轉成北北東風或東北風，風速逐漸增強，最強風在 0600L 達 040°/17G27kts，降雨從 5 月 23 日 0434L 開始，至 1000L 止，6 小時累積雨量達 8.0mm。

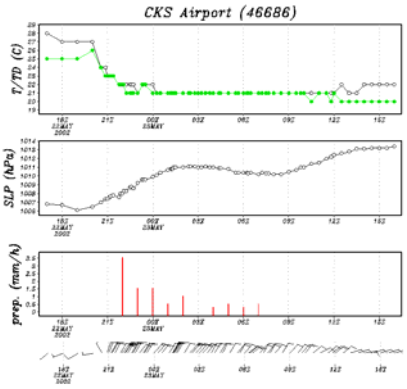


圖 12　2002 年 5 月 22 日 1800UTC 至 23 日 1500UTC 台灣桃園機場
溫度、露點、氣壓、雨量、風向及風速之時間序列變化圖

根據 2002 年 5 月 23 日 0100~2400L 台灣桃園機場低空風切警告系統低空風切之時間序列分布圖(如圖 13)顯示，當鋒面於 23 日 0434L(22 日 2000 UTC)抵達台灣桃園機場之後 3 小時期間，風向急速由偏南風轉偏北風再轉東北風，最大陣風劇增至 27kts，受此鋒面影響，風切警報次數與強度劇增，於清晨 0400L~0700L 台灣桃園機場輕度低空風切發生 35 次，中度 129 次，強烈 31 次。顯示台灣桃園機場近海邊，與海相距 3~4 公里，周圍地勢低平，平均海拔高度 33 公尺，對天氣系統無明顯阻擋作用，因此，當海上移入的鋒面系統進入台灣桃園機場時，不連續且不穩定的鋒面會帶來風變和中小尺度對流，容易激發較大風切。但是比較鋒面於 23 日 0500L 抵達松山機場時，風力由微弱轉強，東風增強為 12kts，最大陣風達 17kts，下雨，氣溫急速下降，氣壓快速上升，松山機場 LLWAS 於 23 日 0500L 鋒面抵達時僅發出輕度低空風切警告 1 次，中度 4 次。兩者比較，顯然鋒面造成台灣桃園機場低空風切比松山機場為強。

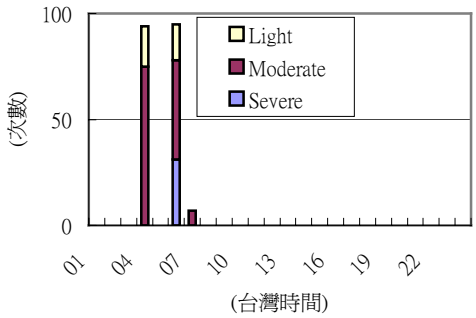


圖 13　2002 年 5 月 23 日 0100~2400L 台灣桃園機場
低空風切警告系統低空風切之時間序列分布圖

(4) 西南季風型個案

選擇 2002 年 7 月 17 日 1300~1500L 西南季風引發台灣桃園國際機場台灣桃園低空風切之個案加以分析。17 日 0600UTC 地面天氣圖滯留鋒位在長江流域，太平洋高壓脊向西南伸展至菲律賓東方海面，台灣位在滯留鋒和太平洋高壓脊之間，西南季風盛行，台灣桃園國際機場上午 1000L 至下午 1500L 吹強勁的西南風，最大平均風風速達 30 kts，最大陣風高達 42 kts。1500L 機場下陣雨，如圖 14。機場 LLWAS 警告系統在這段時間發出輕度和中度風切分別有 26 次和 18 次，如圖 15。這段時間松山機場於 1008L，西風才增強，平均風速為 7kts，最大陣風 15kts，隨後西風繼續增強，於 1430L，平均風速達 20kts，最大陣風 30kts，沒有下雨，也沒有低空風切警告。

透過西南季風型個案之分析顯示，台灣在夏季吹強勁西南季風，常促使台灣桃園國際機場有中度低空風切現象。

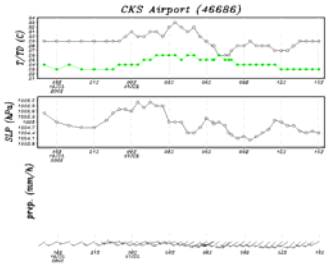


圖 14　2002 年 7 月 16 日 1800UTC 至 17 日 1500UTC 台灣桃園
機場溫度、露點、氣壓、雨量、風向及風速之時間序列變化圖

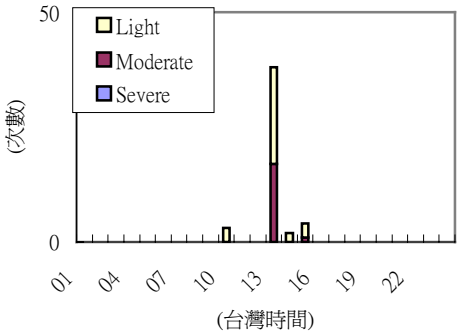


圖 15　2002 年 7 月 17 日 0100~2400L 台灣桃園機場
低空風切警告系統低空風切之時間序列分布圖

六、討論

本文經初步研究，結果顯示台灣桃園國際機場發生低空風切，輕度和中度各約佔四成和四成五，強烈者較少，約佔一成五。強烈風切大部分在颱風侵襲下所造成，發生強烈低空風切雖然較少，但它對飛機起降之危害甚大，應給予重視。比較松山機場發生低空風切，輕度和中度各約佔半數，強烈者甚少(蒲，2003)。另外，同一時期比較，2002 年 1~12 月松山機場發生輕度、中度和強烈低空風切之次數計有 12740 次，其中輕度低空風切有 5964 次佔 46.8%；中度者有 6143 次佔 48.2%；強烈者有 633 次，佔 5.0%。台灣桃園機場發生低空風切總數雖然比松山機場為少，但台灣桃園機場發生強烈低空風切則較多。概松山機場位在台北盆地，四周台地和高山對氣流和天氣系統的影響有重要關係(何、蒲、涂與魏，2003)。

台灣桃園機場 7~8 月夏季受颱風和西南氣流， 9~10 月初秋受颱風、東北季風和鋒面過境， 11~5 月深秋、冬季和春季受東北季風和鋒面過境，5~6 月梅雨季受鋒面和西南氣流等影響，機場都會有低空風切現象，其中以颱風引發最多且最強烈的低空風切。松山機場則以西南氣流發生午後雷陣雨引發最多且最強烈的低空風切(蒲，2003)，概松山機場位在台北盆地，夏季西南氣流經常發生午後雷陣雨，台灣桃園機場西南氣流引發午後雷陣雨較少。

台灣桃園機場發生低空風切，以晚上 22 時至清晨 3 時與上午 10 時至下午 16 時等兩個時段發生次數最多，而強烈低空風切非常集中在半夜前後發生。台灣桃園機場在中午前後時段，太陽輻射受熱最強，大氣下層變成不穩定層，產生熱對流而形成亂流，低空風切的發生與溫度高和風速強是有相當大的關係。此結果與松山機場低空風切之日變化相同(蒲，2003)；江等(1998)認為松山機場輻合型風切及太陽加熱有密切相關；蒲(2001)與 Arya(2001)研究顯示邊界層風速日夜變化的特性，近地面風速於太陽升起後，風速快速增加，中午過後風速達到最大值，日落後風速快速減弱。而在半夜前後時分氣溫和風速皆較低較弱，卻集中發生強烈低空風切，其發生之原因係受颱風接近之影響所致。

台灣桃園機場發生中度以上低空風切之天氣類型，以颱風環流型和東北季風型為最多，鋒面過境型次之，西南季風型甚少。而發生強烈低空風切之天氣類型幾乎都在颱風環流型所發生。台灣桃園機場近海邊，與海相距 3~4 公里，周圍地勢低平，平均海拔高度 33 公尺，對天氣系統無明顯阻擋作用，因此，颱風暴風圈接近機場，機場風場變化大；東北季風，陣風強烈；不連續且不穩定的鋒面會帶來風變和中小尺度對流，容易激發較大風切；以及夏季強勁西南季風，引發陣雨或雷雨，雨勢大，都是造成台灣桃園機場發生中度至強烈低空風切之主因。此結果與松山機場略有不同，松山機場發生低空風切之天氣類型，以東北季風型之天數為最多，西南季風型次之，颱風環流型再次之，鋒面過境型較少。其中發生強烈低空風切之天氣類型卻以西南季風型之次數為最多、颱風環流型次之、東北季風型和鋒面過境型再次，(蒲，2003)。

微爆氣流與低空風切對飛航安全的危害甚大，對於其產生原因及各種動力相關過程的瞭解，進而找出有效預報方法，就是相當迫切且必要的工作。然而，由於微爆氣流發生的時間及空間尺度一般來說都相當的小，時間尺度上通常一個個案從發生到結束只有數分鐘到數十分鐘，而空間尺度也只有數公里而已(Mahoney，1994)，因此，在現階段使用數值模式來預報的困難度較大。目前較可行的方式是加強觀測系統，從觀測資料的分析中，研判機場附近是否會有微爆氣流或低空風切的發生，以便及早提出警告，供相關人員採取因應措施。未來將進一步從強烈風切或微爆氣流的個案中，選取幾個案比較具有代表性的，來進行

個案的中尺度大氣條件的探討，把個案時間發生前、發生時和發生後探討其探空特性、穩定特性、都卜勒雷達風場特性，機場低空風切時風場變化與都卜勒雷達風場加以比對，並進行數值模擬的工作，以便對低空風切或微爆氣流的細部結構以及發展過程的細部時間變化有所瞭解，進而可以對形成低空風切或微爆氣流的機制、下降運動加強的原因等動力過程上的探討有所瞭解與掌握。最後，以期能找出一些對預報人員有實質幫助的預報技術，例如，低空風切或微爆氣流發生時偏好的環境參數、指數預報法等，這部分的工作挑戰性與困難度都相當的高，因為低空風切或微爆氣流的時間及空間尺度都相當小，預報相當困難。

過去我們台灣國內並無機場低空風切偵測系統，相關研究甚少，本文研究成果可供國內學術界參考，為未來關於此領域之研究奠定基礎。近幾年來，飛安的問題已引起全民的重視，LLWAS 是機場重要的基礎建設之一，對航空氣象相當重要，經本文分析研究，可使 LLWAS 發揮更大的附加效用，期能進一步提升飛安，並加強國家的競爭力。本研究透過對台灣桃園國際機場低空風切發生時間之特性與天氣類型的了解，可使機場觀測及預報人員對低空風切有更進一步的了解，對低空風切的診斷、預報將有所幫助。

七、結論

本研究主要是將台灣桃園機場低空風切警告系統所觀測的資料，針對其發生之月變化、日變化以及天氣類型和個案等加以分析和探討，初步研究成果如下：

(一)、台灣桃園國際機場發生低空風切，輕度和中度各約佔四成和四成五，強烈者較少，約佔一成五。雖然較少，但發生強烈低空風切對飛機起降之危害甚大，應給予重視。

(二)、台灣桃園機場 5~6 月梅雨季，受鋒面和西南氣流； 7~8 月夏季受颱風和強烈西南氣流； 9~10 月初秋受颱風、東北季風和鋒面過境；11~4 月深秋、冬季和春季受東北季風和鋒面過境等影響，機場都會有低空風切現象，其中以颱風引發最多且最強烈的低空風切。

(三)、台灣桃園機場發生低空風切，以上午 10 時至下午 16 時與晚上 22 時至清晨 3 時等兩個時段發生次數最多，而強烈低空風切非常集中在半夜前後發生。台灣桃園機場在中午前後時段，太陽輻射受熱最強，大氣下層變成不穩定層，產生熱對流而形成亂流，低空風切的發生與溫度高和風速強是有相當大的關係。而在半夜前後時分氣溫和風速皆較低較弱，卻集中發生強烈低空風切，其發生之原因係受颱風接近之影響所致。

(四)、台灣桃園機場發生中度以上低空風切之天氣類型，以颱風環流型和東北季風型為最多，鋒面過境型次之，西南季風型甚少。而發生強烈低空風切之天氣類型幾乎都在颱風環流型所發生。

(五)、台灣桃園機場近海邊，與海相距 3~4 公里，周圍地勢低平，平均海拔高度 33 公尺，對天氣系統無明顯阻擋作用，因此，颱風暴風圈接近機場，機場風場變化大；東北季風，陣風強烈；不連續且不穩定的鋒面會帶來風變和中小尺度對流，容易激發較大風切；以及夏季強勁西南季風，引發陣雨或雷雨，雨勢大，都是造成台灣桃園機場發生中度至強烈低空風切之主因。

八、致謝

本文在國科會專題研究計畫(NSC90-2111-M-117-001)支援下完成，特此申謝。作者並感謝交通部民用航空局飛航服務總台提供台灣桃園國際機場低空風切警告系統觀測資料，飛航服務總台台北航空氣象中心主任氣象員林清榮、預報員陳海根、張翠分、黃光遠、台北航空氣象台台長童茂祥和台灣桃園航空氣象台台長簡慶芳等同仁協助處理資

料。

參考文獻

江天錚、汪庭安、蒲金標和楊正治，1998：松山機場低空風切類型及產生機制之研究。交通部民用航空局專題研究報告，pp93。

何台華、蒲金標、涂明聖與魏志憲，2003，9：台灣桃園與松山機場低空風切預警系統對飛行安全的維護。中華技術學院「中華民國九十二年航空安全研討會論文集，89-106。

蒲金標，2001：台灣北部和南部氣壓日變化之分析研究。「大氣科學」第二十九期第三號，191~202。

蒲金標，2003：台灣松山機場低空風切警告系統與低空風切診斷分析。大氣科學，第三十一期，第二號，181~198。

Arya,S.P.,2001：Introduction to Micrometeorology，Second Edition，Academic Press，420pp.

Fujita, T. T., 1985: The downburst, microburst and macroburst. SMRP Research Paper 210, University of Chicago, 122 pp.

Mahoney, W. P. III, 1994: The 1993 demonstration and evaluation of an integrated windshear and gust front detection system (TDWR) with an operational Low-Level Windshear Alert System (LLWAS) at Stapleton International Airport, FAA summary project report, 15 Jan, 1994, 92pp.

Proctor, F. H., 1988: Numerical simulation of an isolated microburst. Part I: Dynamics and structure. J. Atmos. Sci., 45, 3137-3160.

Proctor, F. H., 1988: Numerical simulation of an isolated microburst. Part II: Sensitivity experiments.. J. Atmos. Sci., 46, 2143-2165.

Roberts, R. D., and J. W. Wilson, 1986: Nowcasting microburst events using single Doppler radar data. Preprints, 23rd Radar Meteor. Conf., Snowmass, Amer. Meteor. Soc., R14-R17.

Taylor, R. W., 1993: Technology of the airplane and its contribution to safety. The Boeing Company. 48pp.

UCAR,1992：Appendix A&B，Network Expansion LLWAS (Phase III)，Algorithm Specification，University Corporation for Atmospheric Research，pp51.

Wilson, J. W., R. D. Roberts, C. Kessinger, and J. McCarthy, 1984: Microburst wind structure and evaluation of Doppler radar for airport wind shear detection. J. appl. Meteor., 23, 898-915.

新疆地區航空氣象災害性天氣服務探討

汪宏偉
新疆烏魯木齊市迎賓路 33 號 66 樓 4 單元 502

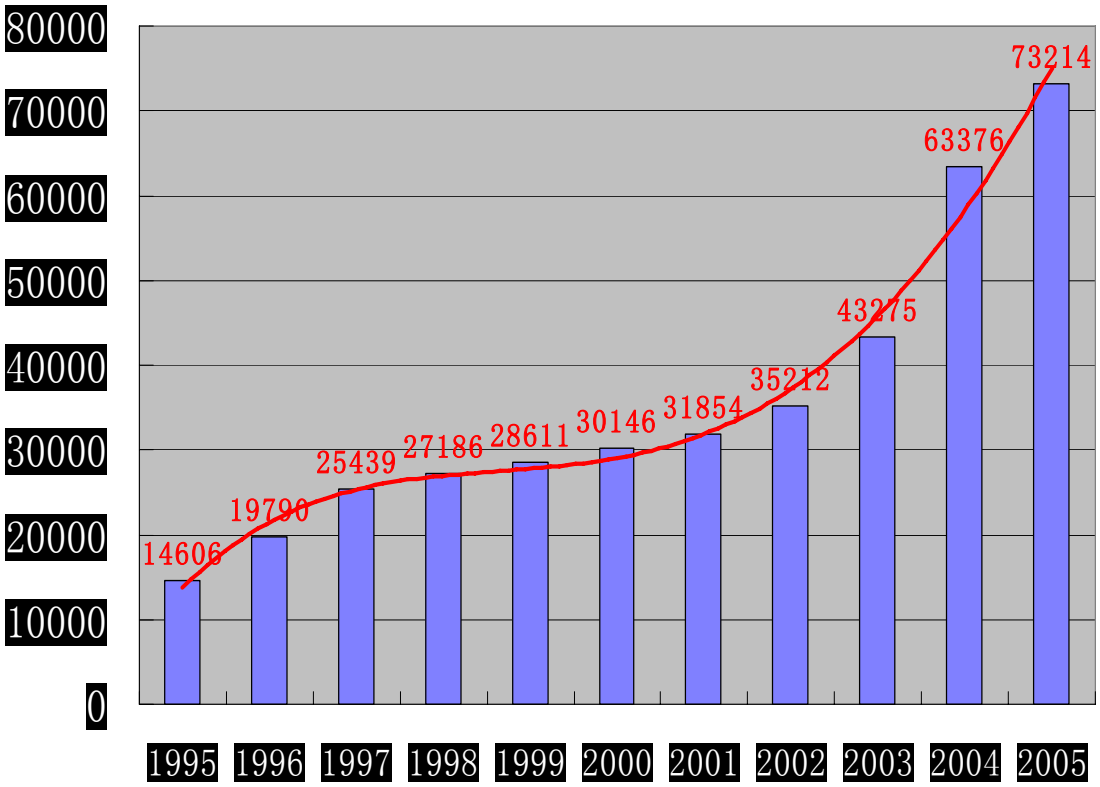
摘要

統計資料表明，隨著民航飛行量的增大，氣象對飛行安全與正常的影響明顯加大。新疆民航近年來的迅猛發展，對航空氣象服務提出了遠比以前更高的要求，我們在航空氣象技術革新領域尚沒有取得突破、預報準確率尚不能明顯大幅度改進的背景下，一方面繼續新技術應用研究，同時我們思索與探討如何通過加強與規範服務，提高現有技術水平下的氣象服務效率、提高氣象資訊運用效益，從而最大限度的滿足航空用戶的服務需求，保證飛行安全與正常、提高效益。

一、問題的提出

我國國民經濟大發展，中央英明決策提出西部大開發方針，新疆作爲資源、能源大省發展迅猛，旅遊業發展也非常突出，航空運輸市場呈現井噴式快速發展。以烏魯木齊機場爲例，短時期內日均飛行起落架次由 20、30 架次快速增長到 100、200 架次高峰已達 231 架次。

（近年飛行架次柱狀圖）



隨著飛行量的增加，天氣對飛行的影響越來越大。以烏魯木齊機場爲例，說明此問題。烏魯木齊機場航班正常性統計顯示：

年份	總航班	不正常航班	天氣原因 不正常航班	天氣原因 所占比例
2000	8832	1090	156	14.3
2001	6807	973	111	11.4
2002	8399	2709	370	13.7
2003	18745	2819	946	33.5
2004	21113	2530	915	36.2
2005	23117	5381	692	12.9

（這些不正常航班中尚包含了大量爲虛占航線而申報虛假航班造成的不正常航班，因此如果剔除虛占航線而申報虛假航班造成的不正常航班，實際上因天氣原因造成的不正常航班所占比例還要大。2005 年此情況特別嚴重。）

新疆幅員遼闊，總面積超過 160 萬平方公里，占全國六分之一多，是國內最大的飛行管制區域。新疆境內運營中的機場有十二個（含石河子通用航空機場），在建中的機場有兩個（那拉提、喀那斯），擬建中的機場有一個（哈密），至 2015 年運營機場將達到 20 個。這些機場分佈在天山南北，大部分機場周圍地形複雜，淨空條件較差。各機場天氣差異較大，雖同屬溫帶乾旱性大陸氣候，但因地形起伏變化，各機場天氣的地方性特徵明顯，中小尺度的局地性天氣多有發生，大風、揚沙、浮塵、沙塵暴、低雲、低能見度、雷暴、大雪、風切變等災害性天氣對飛行造成嚴重的影響。然而航空氣象卻沒有得到與服務需求相適應的充分發展。存在諸如：預報方法，很大程度上還是預報員主觀預報占了太大成分，數值預報等客觀定量預報的應用層次較低；西面中亞國家由於政治、經濟原因氣象工作不能正常開展，造成新疆地區天氣上游資料不能正常獲取，而本身氣象資訊的傳輸渠道不夠通暢，也造成氣象資訊利用率偏低，造成航空氣象服務質量難以完全滿足用戶需求的局面。

二、建立機場災害性天氣氣象保障系統，改善新疆地區航空氣象服務

機場災害性天氣是指由大霧、大雪、凍雨、大雨、雷暴、大風、低雲、沙暴、冰雹等造成低於機場運行最低標準而引起部分航班延誤、取消直至大面積航班延誤、機場關閉的天氣。機場災害性天氣是影響飛行安全、正常和效益的重要因素，因此，對於這類天氣的氣象保障工作尤爲重要。以下就建立烏魯木齊機場災害性天氣氣象保障系統的原則、工作流程、災害性天氣的氣象服務內容、服務辦法等進行了一些探討。

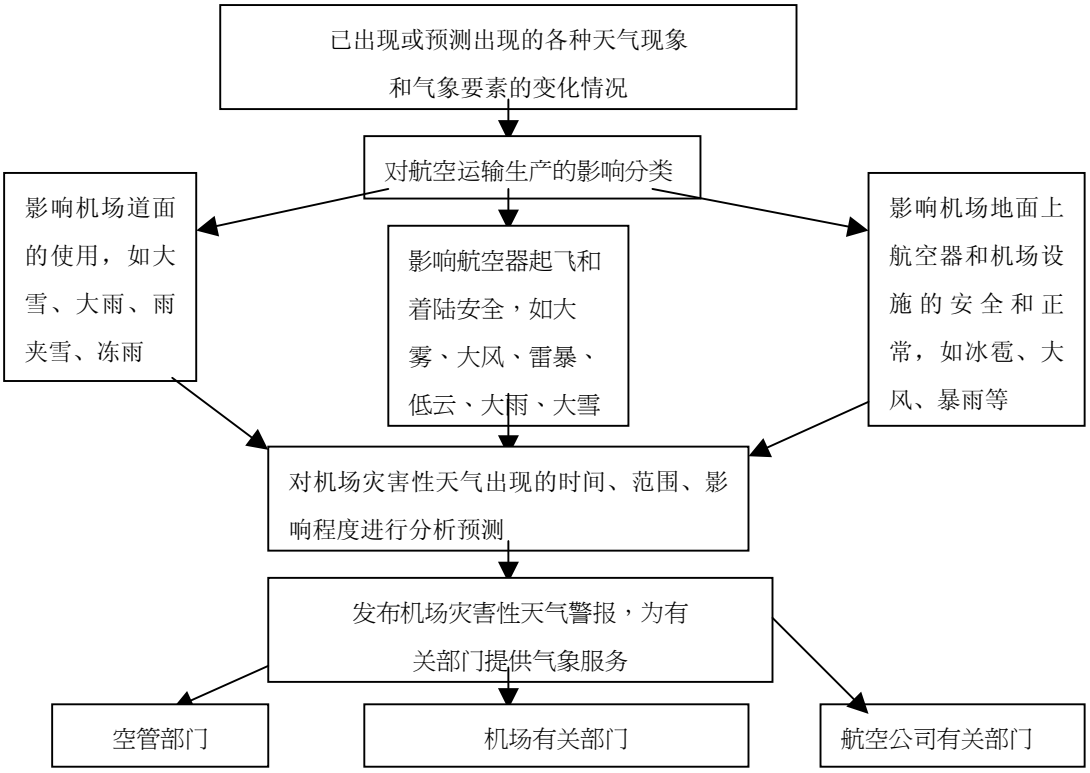
（一）、建立機場災害性天氣氣象保障系統的原則

保證飛行安全、正常，提高經濟效益是整個民航系統總的目標。民航運輸生產不是某一兩個單位所能完成的。它是航空公司、空管、機場等等關聯部門相互配合，共同努力的結果，是一個系統工程。任何一個環節出現問題都有可能影響系統的正常運行，產生極爲嚴重的後果。因此，有人提出將保證飛行安全的內涵擴展爲保證航空安全的觀點。

機場災害性天氣對航空運輸生產各環節的正常運轉有很大的影響。航空氣象保障就是爲航空運輸所涉及的各個部門提供所需的氣象情報，並且及時提出趨利避害的建議措施。基於這樣的原則，航空氣象部門有必要爲受機場災害性天氣影響的航空運輸各部門，提供氣象服務，爲各部門的防災減災工作提供技術支援，並作爲目前航空氣象服務工作的延伸。至於這部分工作，氣象部門應與被服務部門在協商的基礎上，以協定或合同形式，明確雙方的責、權、利。使機場災害性天氣的氣象保障工作納入標準化、規範化、科學化的軌道。

（二）、機場災害性天氣的氣象保障工作流程

由於機場災害性天氣對航空運輸生產的影響是複雜多樣的，因此，對氣象保障工作也有其特殊的要求，需要建立一套可操作性強，行之有效的氣象保障工作流程，如附圖。



在這個工作流程中，機場災害性天氣對機場運行的影響，以影響航空器起降安全和機場道面的使用出現的概率較大，而影響機場地面上航空器以及機場設施安全和正常的概率較小。下面，我們就機場道面結冰爲例，對機場災害性天氣的氣象保障工作流程進行應用分析。

造成機場道面結冰的天氣主要有以下三種情況。

（1）凍雨

（2）雨夾雪

（3）氣溫在 0℃以上，雪水或雨水造成道面積水，爾後，氣溫降至 0℃以下。

在以上三種情況中，前兩種天氣現象出現時容易引起警覺，而第三種情況則常常被忽視，小則造成被動，大則威脅飛行安全。因此，除了凍雨、雨夾雪等天氣現象外，氣溫也是一個與跑道結冰密切相關的氣象要素。當預報有以上三種情況出現時，要著重分析機場道面結冰的情況，及時向有關部門發佈機場災害性天氣警報，同時，爲機場場務部門清除道面結冰提供氣象服務。其中，如何把握清除道面的時機，就值得很好地分析和研究，這也是氣象服務工作的主要內容。由凍雨、雨夾雪天氣結束之後進行。對於雪水或雨水造成道面積水，當預測氣溫將降至 0℃以下時，應及時清除道面積水，而不應等積水結冰後再清除，這樣既可減少航班延誤的時間，又可爲機場節省經費（清除積水比清除冰面效率更高）。因此，氣象服務工作的社會和經濟效益是十分顯著的。同樣，對冬季的烏魯木齊機場來說，清除道面積雪，特別是陣性降雪，其時機的把握，也需要氣象部門提供趨利避害的建議和措施。其他天氣情況這裏就不一一贅述了。總而言之，機場和航空公司是該系統的最大受益者。

（三）、機場災害性天氣的氣象服務內容

機場災害性天氣的氣象服務內容，是由被服務部門（用戶）的要求和氣象部

門的預報質量所決定的，具體包括：

（1）氣象要素或天氣現象；

（2）空間範圍；

（3）時間範圍；

（4）情報發佈的提前時間；

（5）情報的格式和傳遞途徑

氣象部門提供的氣象要素或天氣現象的變化，是指爲用戶提供一個氣象要素警戒值和變化趨勢，或是提供一個逐漸變化過程。情報發佈的提前時間也是一個重要內容，提前多少時間，用戶才能採取有效的防災減災措施，並有效的利用氣象服務內容是應予以研究的問題。當然，氣象情報內容越細，時間範圍和情報發佈的提前時間越長，氣象服務的質量也將受到一定影響。至於情報的格式和傳遞途徑，則以內容表達明瞭，傳遞及時準確爲最佳，所有這些，氣象部門都應與機場、航空公司有關部門協商後通過協定解決。

（四）、災害性天氣氣象服務辦法

此辦法是一個設想方案尚未業務化，只作參考，具體的服務內容及發佈機場警報的定量標準，還需要各地區有關氣象用戶與氣象部門簽訂協定，加以確定。

1、發佈標準

（1） 雷暴指本場區域和附近區域以及空管重要設施設備所在區域發生的雷暴天氣現象；

（2） 大風是指本機場陣風達到或超過 17 米/秒的天氣現象；

（3） 強降水指降水強度達到暴雨的降水和能見度小於 800 米或造成積雪 5 釐米以上的降雪天氣現象；

（4） 揚沙、沙塵暴是指本場區域和附近區域以及空管重要設施設備所在區域發生的揚沙、浮塵、沙塵暴天氣現象；

（5） 冰雹、凍雨是指本場區域和附近區域以及空管重要設施設備所在區域發生的冰雹、凍雨天氣現象。

2、發佈要求

（1） 氣象臺在原有向空管部門、航空公司、機場當局發佈機場警報的基礎上，要將機場警報發佈給空管重要設施設備保障單位；

（2） 氣象臺要利用本機場雷達探測設備、衛星雲圖資料接收系統加強天氣監測；並利用地方氣象系統的氣象站資料，在預計本區域將要出現雷暴前 3 小時向空管重要設施設備保障部門發佈雷暴警報。沒有相關探測設備的要和地方氣象部門簽訂協定，落實探測資料來源；

（3） 氣象臺要在大風天氣現象發生前 3 小時向空管重要設施設備保障部門發佈大風警報；

（4） 氣象臺要在強降水天氣現象發生前 6 小時向空管重要設施設備保障部門發佈強降水警報；

（5） 氣象臺要在冰雹天氣現象發生前 3 小時向空管重要設施設備保障部門發佈冰雹警報；

（6） 氣象臺要在凍雨天氣現象發生前 6 小時向空管重要設施設備保障部門發佈凍雨警報；

（7） 氣象臺要在揚沙、沙塵暴天氣現象發生前 3 小時向空管重要設施設備保障部門發佈揚沙、沙塵暴警報；

（8） 如果預計天氣現象沒有達到發佈標準；未在有效時間（3 或 6 小時）前發出警報的，但經過監視分析天氣，預計或出現達到警報發佈標準的；要及時

發佈警報，如果發現天氣出現轉折，要及時發佈訂正警報；

（9） 對於已發佈災害性天氣警報，預計即將達不到警報發佈標準時或當在警報有效時段內災害性天氣已經發生並結束，在有效時段的剩餘時間內預計將不再發生時應及時解除警報；

（10）氣象臺要繼續落實好氣象業務總值班制度，加強通報工作。

3、發佈方式及記錄

（1）空管重要設施設備保障部門要和相關氣象服務部門簽訂服務協定，確定警報發佈方式；

（2） 報發佈必須要有書面記錄，有條件的單位要有錄音。

（五）、提高機場災害性天氣的氣象保障的可靠性

航空運輸生產需要高質量的氣象保障，目前，我國民航機場氣象臺提供的有效時段爲 9、12 個小時的機場航空天氣預報，按照世界氣象組織的定義，屬於甚短期預報或超短期預報（VSRF），即指 0—12 小時預報。它的氣象學基礎是中尺度天氣系統及其產生的中小尺度天氣現象，不同尺度天氣系統的可預報性是不同的，像湍流、雷暴等中小尺度天氣系統，其生命期 1—6 小時，水平尺度 10—100 公里左右，它們的可預報性是非常有限的。而中尺度預報的成功依賴於很多方面，它包括時空分佈更密集、更現代化的氣象探測網的建設，資料分析處理和通信服務系統的完善，以及中尺度預報工具和方法的改進。由於常規氣象資料時空分佈密度有限制，中尺度分析預報方法、手段、時效的限制等多方面的原因，對雷暴、冰雹等災害性天氣進行定點、定時、定量的預報，其準確性和可靠性與航空運輸生產的要求還有一定距離。因此，在目前應該強化以下兩個措施：

1、加強機場災害性天氣監測工作，充分利用天氣雷達、衛星雲圖等現有設備。當機場出現或預期出現災害性天氣時，按照《民航氣象工作規則》、《民用航空飛行氣象情報發佈與交換辦法》的規定及時發佈機場警報。

2、開展現時預報（臨近預報）工作，按照國際民航公約附件三中的標準和建議，發佈機場趨勢型著陸預報，相當於有效時段爲 2 小時的逐時預報。

以上這些對彌補有效時段爲 9、12 小時的機場天氣預報的不足，提高機場災害性天氣的氣象保障質量，爲機場防災減災工作的開展和航空公司 2—3 小時飛行距離的航班保證都非常有利。

(七)、烏魯木齊機場氣象臺加強服務意識、提高服務效益的成功案例

1、2003 年 11 月 12 日東南大風天氣服務情況：

本次東南大風是由於強烈的鋒前減壓而形成，在冬季烏魯木齊機場非常罕見。值班預報員從 11 日 23：35 分（以下均爲北京時間）本場上空 300 米出現強烈顛簸的飛機報告開始注意，00：10 查詢市天氣預報得知：市南郊 4-5 級東南風（機場處於西北郊），同時值班觀測員報告：1 小時氣壓下降 2 百帕，這時兩位值班預報員立即會商，有可能出現東南大風，12 日 01 時開始通知相關單位作好防風準備，並特別通知海航新疆公司，保護多尼爾等中小型飛機的停場，02 時 15 分本場東南風逐漸刮起，04 時至 06 時 40 分最大風速達 24 米/秒，由於及時通知和相關單位積極防範，大風沒有對飛行和停場飛機及地面設施造成影響和損失。事後得知，機場一塊巨大的廣告牌被風刮倒，足見暫態風力強勁。

2、2004 年 5 月 22 日雷雨天氣服務情況：

值班預報員下午詳細分析了氣象資料，充分運用衛星雲圖和雷達資料，實施跟蹤天氣演變後，預計 21：00 左右烏魯木齊機場將有一次中等強度的雷雨天氣過程，雷雨天氣強度強，範圍大，主要分佈在北疆盆地以及天山山區兩側，覆蓋疆內多條航線，多架航班的飛行因爲航路天氣將受到影響。隨後主動向相關部門

建議航班應避開天氣最強時段，23 點以後雷雨天氣基本結束，烏魯木齊機場可以正常接受航班，並及時發佈了重要天氣情報。根據預報室的對外服務，相關部門及時調整航班的起降時間。21：10 分，雷雨天氣如期而至,機場電閃雷鳴並伴有 6 級左右的西北風。23 點後受影響的航班陸續安全抵達了烏魯木齊機場。

3、2004 年 2 月 17 日大霧天氣服務情況：

2004 年 2 月 16 日烏魯木齊機場出現大霧天氣，大霧結束後本場天氣較好，17 日午後，領班工程師和值班預報員在認真分析了各種氣象資料後，認爲溫度異常偏高，下午將會出現雨夾雪和凍雨天氣，同時還會出現大霧天氣。於是預報員組織臨時天氣會商，將會商結果通知相關單位，及時安排航班備降並提醒機組注意小型機的航路天氣。下午 17 點開始下雨夾雪，然後爲小到中雪天氣，在降雪過程中溫度越升越高，20 點出現小雨和凍雨天氣，天空放晴兩小時後出現大霧，然後維持降雪天氣。一天經歷了大霧、雨夾雪、雪、小雨和凍雨五種天氣現象，天氣非常複雜。由於預報室提供了及時、準確的氣象服務，確保了當天的飛行安全。

4、2004 年 10 月 31 日、11 月 1 日大霧天氣服務情況：

從 2004 年 10 月 31 日淩晨 1 點 17 分到 11 月 1 日淩晨 02 點 18 分，2004 年深秋的第一場大霧不期而至。大霧出現時能見度最低 100 米，跑道視程最低 200 米,大霧造成 31 日的航班大面積延誤,部分航班備降。歷史資料表明,10 月出現的大霧較少見，而此次大霧維持時間長達 25 小時,是比較罕見的，預報難度很大，預報員及時調整預報思路，密切監視天氣，加強服務意識，及時通知管制、簽派、現場等部門利用天氣轉好的間隙及時安排航班的起降，使大面積延誤航班的狀況得以緩解，取得較好服務效果。

三、結語

國民經濟持續大發展的大背景下，民航業的發展勢頭不會減弱，在可以預見的將來，航空飛行流量還會不斷加大，因此，對災害性天氣服務保障會提出更高的要求。我們要認真總結已經獲得的災害性天氣的氣象服務保障經驗，在服務實踐中探索建立氣象服務保障系統，在努力研究新技術應用、提高航空氣象預報準確率的同時，加強服務意識、加大服務力度。進一步提高航空氣象資訊傳輸效率和應用效益，從而提高、改善航空氣象服務質量。

機場雷達氣象服務

李金萬
台北市富錦街 359 巷 1 弄 4 號 3 樓

周鴻祺 楊健生
桃園航空氣象台

二、桃園機場氣象雷達系統(續)—雷達新系統規格性能表

最大工作周期（Max Duty Cycle）	0.001
脈波寬（RF Pulse Width）	0.6、0.8 and 2.0 μsec
最大未折錯速度（Velocity Unfolding）	88 m/sec, with 5:4 stagger
天線罩損失（Radome Loss）	0.5 dB max attenuation；0.1 milliradians distortion
天線（Antenna）	4.5 m diameter；44.9 dB gain , typical；

李金萬(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937 2006年11月
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

二、桃園機場氣象雷達系統(續)—雷達新系統規格性能表

Beam width	0.89° max at -3dB；
Side Lobe ：	– 26 dB；Horizontal polarization
天線基座（Pedestal）	Azimuth Coverage：360°；Elevation Coverage：0° ~ 90°；
Rotation Rate：	0 ~ 6 RPM, 36° /sec
發射機（Transmitter）	Type：Pulsed Tunable Coaxial Magnetron

李金萬(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937 2006年11月
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

二、桃園機場氣象雷達系統(續)—雷達新系統規格性能表

Modulator Type：	All solid-state
Pulse Width：	0.6、0.8 and 2.0 μsec
接收機（Receiver）	Type：Super heterodyne, Single Conversion
Noise Figure：	2.25 dB typical；
IF Digitizer：	Sigmet RVP7；
STALO AFC：	Yes
Minimum Discernible Signal：	-114 dBm；

李金萬(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937 2006年11月
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

二、桃園機場氣象雷達系統(續)—雷達新系統規格性能表

Subclutter Visibility：	better than –40 dB
信號處理器：(Signal Processor)	Type：Sigmet RVP7（Radar Digital Processor
Data Moment Output：	Z, V & W

李金萬(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937 2006年11月
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

三、雷達氣象服務—個案說明

1.颱線與飛安(李金萬、蔡永智、楊健生、董昱昀、周鴻祺，1994)→

選擇1992/04/22及1994/05/14通過桃園機場之兩個強烈颱線個案分析。主要結果為：雷達分析颱線結構結果相當類似於中緯度地區情況，如對流線、層狀降水區、「亮帶」、弱回波區、及後方內流噴流等。

李金萬(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937 2006年11月
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

三、雷達氣象服務(續)

2.颱風結構及雨帶分析(李金萬、蔡永智、楊健生，1993及1995)→

選用亞力士(ALEX, 1987)、莎菈(SARAE, 1989)、歐菲莉(OFELIA, 1990)、楊希(YANCY, 1990)、愛麗(ELLIE, 1991)等五個個案分析。主要結果為：地形顯著破壞颱風結構；主雨帶為層狀回波特徵，可帶來持續性降水；西南氣流雨帶，上游為胞狀下游為層狀，其累積雨量易造成災害。

李金萬(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937 2006年11月
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

三、雷達氣象服務(續)

3.颱風中心定位(李金萬、蔡永智、楊健生， 1997)→

選用亞力士(ALEX, 1987)、楊希(YANCY, 1990)、愛麗(ELLIE, 1991)、葛拉絲(GLADYS, 1994)、賀伯(HOPE, 1996)等五個雷達個案。主要結果為：利用單都卜勒正、負速度極值中心距離、最大風速核心直徑、環流中心至雷達距離以及強螺旋回波帶估計距離修正等參數，可獲得滿意的結果。

李金萬(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937 2006年11月
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

三、雷達氣象服務(續)

4颱風降水(李金萬、楊健生、董昱昀、林慧娟，1999)→

選用亞力士(ALEX, 1987)、歐菲莉(OFELIA, 1990)、楊希(YANCY, 1990)、愛麗(ELLIE, 1991))、葛拉絲(GLADYS, 1994)、賀伯(HOPE, 1996)、瑞伯(ZEB, 1998)等7個雷達個案。主要結果為：連續性降水估計雨量最佳；即Z=a*R**b採用a=200, b=1.6得出降雨量值再乘上27.9可獲得最接近面積雨量之降水。

李金萬(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937 2006年11月
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

三、雷達氣象服務(續)

5.龍捲風與飛安(周鴻祺，2006)→

針對2006/05/02凌晨約1點50分通過新竹南寮(距雷達約36KM)地區附近疑似龍捲風個案分析。主要結果為 ：

- 綜觀尺度環境有利劇烈天氣發展。
- 有低層中尺度氣旋訊號。
- 颮線系統可正確掌握。

李金萬(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

三、雷達氣象服務(續)

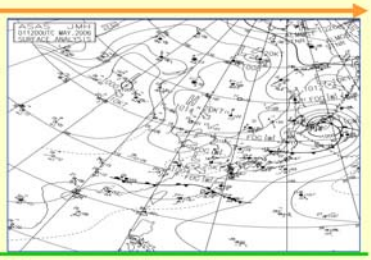
雷達掃描策略(S120R050E15)

Pulse Width	0.8 μs
Resolution	1°
雙PRF(高/低)	1200/800 MHZ (3：2)
最大可測距離	120 km
最大未折錯速度	31.8 m/s
Range Bin Spacing	125x4=500 m
Elevation(PPI full)	Total=15：0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 4.0 5.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.5 19.0
掃描速率	~24 deg/s (~17 s /1° EL)

李金萬(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

三、雷達氣象服務(續)

地面天氣圖(2006/5/01/1200 UTC)



李金萬(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

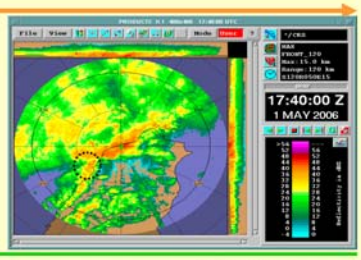
三、雷達氣象服務(續)

700hPa高空天氣圖(2006/5/01/1200 UTC)

李金萬(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

三、雷達氣象服務(續)

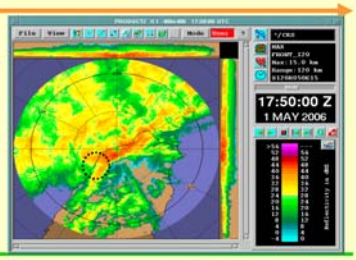
MAX降水回波圖



李金萬(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

三、雷達氣象服務(續)

MAX降水回波圖



李金萬(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

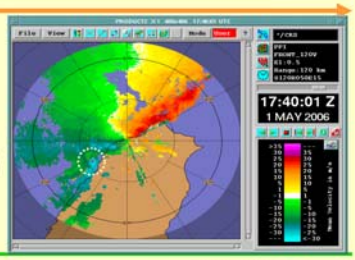
三、雷達氣象服務(續)

0.5度PPI

徑向速度

點線圓圈為渦旋所在位置

(高度約0.5KM)



李金萬(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

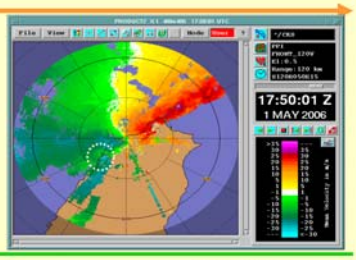
三、雷達氣象服務(續)

0.5度PPI

徑向速度

點線圓圈為渦旋所在位置

(高度約0.4KM)

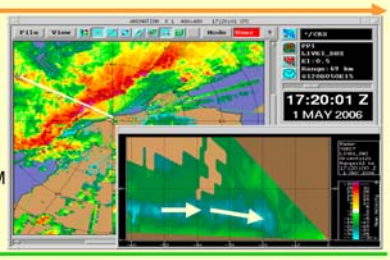


李金萬(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

三、雷達氣象服務(續)

方位角→
300度

後方內流
噴流→
高度：
2.5~3.0KM



李金美(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937 2006年11月
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

四、未來發展

- 加強自動化顯示與警示功能，俾利第一時間掌握危安天氣並發布警告。
- 整合雷達觀測風切之自動警示，以彌補「低空風切警告系統」(LLWAS)之不足。
- 擷取即時雷達觀測(回波及風場)，融入數值模式資料同化。

李金美(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937 2006年11月
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

五、結語

- 雷達氣象應用，有利於對中、小尺度劇烈天氣系統之了解與掌握。
- 雷達氣象服務，對機場上空及周圍有關危害飛安天氣，有能力提供即時警訊。
- 雷達觀測資訊，可提供數值天氣預報之資料同化應用，俾改善短期預報成果。另整合LLWAS及都卜勒雷達風切，則可提升機場低空風切警告效率。

李金美(Mike Lee)
E-mail:mli.ych@msa.hinet.net
Tel:02-23653937 2006年11月
財團法人氣象應用推廣基金會
(Meteorological Application & Development Foundation, MADF)

提高預報員心理素質　改善氣象服務質量
---------航空氣象預報員工作心理狀態分析

劉　鵬
瀋陽市沈河區萬柳塘路 69 號 19 棟 26 號

提　要

航空氣象服務直接關係到飛行安全、正常和效率，而天氣預報工作則是氣象服務的重心，因此，要重視預報員人爲因素的影響。本文從航空氣象預報工作的重要性、特殊性和工作差錯入手，對預報員在氣象服務工作中的心理狀態進行分析，以求減少消極反映，培養積極的心理狀態，提高預報員的心理素質，達到進一步改善氣象服務工作質量的目的。希望通過此分析對我們的航空安全管理工作有所啓示。

關鍵字：人爲因素　天氣預報　心理自我防衛　心理素質

安全是民航工作永恒的主題，是民航發展的生命線。人爲因素作爲引發飛行事故差錯的主要因素也已成爲各方關注的重點，開展人爲因素的研究，有助於提高航空安全管理水平。心理素質作爲人爲因素的誘因之一，也應引起我們的重視。

一、航空氣象預報工作的重要性

隨著民航運輸業的發展，氣象預報工作的重要性也日益突現，從歷史上的空難事故分析，很多飛行事故都是在惡劣的氣象條件下發生的，天氣在其中充當了元兇和幫兇的作用。雖然人爲因素在其中起了主要作用，但這也應了“凡是有可能搞錯的地方，一定會有人搞錯，而且是以最壞的方式發生在最不利的時機”。這裏最不利的時機就是天氣。此外，航空運輸企業成爲獨立的市場主體，追求經濟效益成爲其生存和發展的必須。航空公司用戶的需求關鍵是：在複雜氣象條件下，如何保障飛行的安全、正常和效率。氣象研究的方向也已不再停留在氣象條件對飛行的影響上面，而是解決如何在各種氣象條件下保障飛行安全正常，提高效率的問題。航空氣象服務就是爲航空公司、空中交通管制部門和機場等航空用戶提供其所需的氣象情報，協助航空氣象用戶制定趨利避害的綜合措施，其目的是充分利用有利天氣，避開不利天氣，預防和減少危險天氣的危害。因此，氣象預報員將要面對航空氣象用戶更高的要求和期望，氣象預報工作的重要性也就不言而喻了。

二、航空氣象預報工作的特殊性

氣象學是一門特殊的學科，它既古老又年青，既簡單又深奧。說其古老是因爲早在殷墟的甲骨上就刻有關於天氣的卜辭；說其年青則是因爲氣象隨著科學技術的發展而發展的時間也就一二百年，航空氣象學是氣象學與航空密切聯繫中發展起來的，二十世紀航空活動興起後，航空氣象學才開始萌芽。說其簡單，是因爲一些天氣過程的變化如“雨過天晴”般的容易，天氣與人們的生活息息相關，千百年人們總結的天氣諺語就足以集一本書；說其深奧則因爲目前天氣預報技術的發展和水平還不高，天氣預報的精細度和準確率還不能完全滿足航空氣象用戶的需求。雖然有數值天氣預報作爲基礎，但航空氣象預報目前仍然是以人爲決策主體，氣象預報工作也就必然受到人爲因素的影響。

三、氣象預報工作差錯分析

氣象預報工作差錯主要有以下五個方面的表現：

（一）對複雜、特殊天氣過程未能進行準確的預報，造成漏報。

（二）預報的重要天氣過程和氣象要素未能出現，造成空報。

（三）雖然因天氣過程複雜、特殊而未能準確預報（已漏報或空報），但未能及時採取正確的應對措施加以補救。

（四）對一些並不複雜的天氣過程未能進行準確的預報。

（五）錯、漏製作發佈氣象情報。

按照有關規定，一般將（一）、（二）類認定爲技術原因，而將（三）、（四）、（五）類認定爲工作責任心原因，當然還得根據分析具體事件的不同情況來界定，在《氣象法》中對氣象工作事故的處理也有明確的條款，對因“玩忽職守”造成的事故，要嚴肅處理。在我們實際工作中絕大多數爲（一）、（二）類方面的問題。考慮到氣象預報工作的特殊性，國際民航組織在國際民用航空公約附件三《國際航空氣象服務》中明確“由於氣象要素在時間和空間上的多變性和預報技術上的限制，以及某些要素定義的局限性，預報中任何要素的具體數值應當理解爲在該預報時段內該要素最可能的值，預報中某一要素的出現或變化時間應當理解爲最可能的時間”，這與氣象預報技術業務發展水平是基本一致的。以上這些說明，對氣象預報工作的複雜性和特殊性的觀點是基本一致的，並且通過有關規定給出了裕度。我們工作的方向是：努力減少（一）、（二）類事件，力求杜絕（三）、（四）、（五）類事件的發生。

四、預報員在氣象服務工作中的心理狀態分析

氣象預報員在氣象服務中所做的主要工作是：將通過各種技術手段和途徑收集來的氣象資料進行處理分析，這些資料包括高空探空資料、地面觀測資料、衛星雲圖、雷達探測資料和數值天氣預報產品，以及航空器的空中報告等各種氣象資料，對於這些即時變化的資料，預報員要進行認真的分析，對天氣形勢和氣象要素的發展變化給予預測，並按照有關規定，製作飛行氣象文件，對外發佈氣象情報，提供天氣諮詢服務。所以我們更多地看到，預報員在氣象服務工作中扮演著“不動聲色”地對各種氣象資料進行加工處理、分析、思考和決策的角色，但其心理狀態卻是非常複雜的。這主要有三個方面的原因：一是預報員的每天按規定對外滾動發佈天氣預報，其預報結果逐時得以檢驗，預報工作就是一項即時被考核的工作；二是由於目前氣象預報業務和技術發展所限，特別是近年來，全球氣候變暖導致的天氣、氣候極端事件增加的問題，天氣的複雜多變，增加了預報員對天氣把握的難度；三是由於天氣變化的複雜特殊性，預報天氣會商（群體決策）成爲一個普遍採用，行之有效的制度。預報員之間相互密切配合，充分發揮班組團隊的智慧，就變得非常重要。在這種情況下，預報員面對複雜多變的天氣，其心理狀態的變化直接或間接地影響其決策過程。而在不正常的心理狀態下做出的決策容易產生偏差，影響氣象服務質量。

作爲一名優秀的預報員應當具備良好的心理素質。首先是主班預報員（或領班預報員、帶班預報員、首席預報員）要有牢固的安全意識，以嚴謹、求實、科學的態度對待預報工作，尊重其他預報員就天氣發展變化提出的意見，防止獨斷專行，特別是在天氣會商（群體決策）過程中，要避免產生從衆和服從心態。從衆所謂“人云亦云”“隨波逐流”。特別是當一個人在群體中與多數人的意見有分歧時，會感到群體的壓力。有時這種壓力非常大，會迫使群體的成員違背自己

的意願產生完全相反的行爲。社會心理學中把這種行爲叫做“順從”或“從衆”。從衆心理主要是轉移風險，形成風險共擔的局面，既對複雜天氣過程要預報錯，大家一起錯。服從則是考慮到對方是領導、師長等，迫于各方壓力，不能堅持自己的觀點，採取服從的心態，導致氣象服務不良事件的發生。其次是值班預報員作爲班組團隊成員之一，應出於高度的安全責任心，出於關心團隊、愛護同事的角度，認真履行自己的職責，積極主動配合主班預報員提高預報準確率，改善氣象服務質量，要克服事不關己的利己心態。

修訂預報是國際民航公約附件三中規定的一項氣象保障措施，它是指因天氣變化與原先預報的結果出現了差異，當差異達到一定的標準時，應當發佈預報對原先預報結果進行修訂。這對預報員心理素質是一個考驗，“天有不測風雲”，預報員原先在頭腦中建立起來的天氣過程變化模式，已經部分或全部推翻，需要建立新的天氣過程變化模式。自我否定從心理學的角度看是一件“痛苦”的事情，它傷及人的自信心和自尊心。這時預報員容易出現驚慌失措導致工作差錯，或者猶豫不決、拖延等待而失去彌補的時機，造成更爲嚴重的後果。在這種複雜情況面前，心理素質對預報員的氣象服務工作至關重要，具有良好的心理素質就能夠保持穩定的情緒，從容應對，及時準確發佈修訂預報，減小甚至消除因原先預報不准對飛行安全、正常造成的影響。

預報員在工作中面臨著很大的心理壓力，本人通過問詢調查，在預報室有近八成的值班預報員在待崗休息中，出現失眠等症狀。幾乎所有的值班預報員都反映在複雜或轉折性的重要天氣情況下，對外發佈預報產品和答復航空用戶天氣諮詢時有心理壓力。長期的心理壓力對生理也會產生影響，造成身體自我調節能力降低，新陳代謝紊亂，精神恍惚，萎靡不振等，影響身體健康，從而又影響到預報工作質量的提高。

五、預報員工作失誤時的心理狀態的消極反應分析

對於預報員來說，每天在大到對天氣過程的把握，小到對某一氣象要素的預報中，都會出現失誤，這是由其工作的複雜性和特殊性決定的，是客觀存在的事實。只是這種失誤多在規定許可的範圍內，僅有極少數對飛行安全、正常和效率產生了影響。在這種情況下，預報員如何面對工作失誤，面對挫折，調整心理狀態，更好地進行氣象服務工作，則是需要我們認真考慮的問題。曾經出現過預報室組織對某次重要天氣進行天氣回顧總結分析時，當日值班預報員由於工作失誤在總結分析時竟然哭泣的情況。

預報員由於工作失誤，遭受挫折，必然會有所表現以解脫挫折對自己帶來的心理煩惱，減少內心的自責、衝突和不安，這是自我意識的防衛作用，心理學稱爲自我防衛。以下是幾種受不正常的心理狀態的消極影響產生的心理自我防衛方式：

（一）逆反。逆反行爲指當人遇到挫折後，不僅是一意孤行，而是根據自己的情緒對正確的方面盲目地持反抗抵制與排斥態度。由於預報員整體素質較高，在遭受挫折，受到批評後，很少直接表現出這種消極的心理自我防衛方式。

（二）責任推諉。當人遭到挫折後，不是從本身的缺點、弱點方面加以分析，而是把責任推給他人，或其他客觀條件，以減輕自己的焦慮與不安。其中，將責任推諉給他人，這種做法會引起人際關係的矛盾與衝突，故很少出現，更多的是將責任推諉與其他客觀條件。主要表現在預報不准（出現漏報或空報）時，多強調天氣變化的複雜性、特殊性，爲目前技術水平所不能及。

（三）自我安慰，也稱合理化。當人遭受挫折後，找出種種理由爲自己辯解，

進行自我安慰。如對一些天氣過程或影響飛行安全與正常的重要天氣現象的預報，預報其出現而實際未出現（稱之爲空報）時，多強調從保證飛行安全的角度從嚴掌握，以此爲自己進行辯解和安慰。

（四）自我整飾。有些人遭到挫折之後，往往表面上不動聲色，把心理上的煩惱、焦慮、苦悶統統埋藏在內心深處，以彌補失敗所帶來的自尊心上的挫折。

一般來說，挫折對人心理影響的消極成分遠遠大於積極成分，由於挫折使人的情緒處於不安、煩惱的消極狀態之中，過低估計自己的能力，過高估計各種困難，信心不足，從而降低人的抱負水平，影響積極性，長期下去會變得胸無大志，得過且過，無所作爲。如果是重大的挫折，則會引起情緒狀態的低落，直接影響神經系統，使人的情緒處於不良狀態，從而降低人的創造性思維活動的水平，由此導致錯誤是一錯再錯、接二連三地發生，從而嚴重影響安全。

六、培養預報員積極的心理狀態

在天氣預報工作中，預報員會受到挫折，遭受挫折後必然會有所表現，以解脫挫折對自己帶來的心理煩惱，減少內心的衝突與不安，這是一種正常表現。但是如何採取措施減弱消極妥協的情緒反應程度，建立積極的心理防衛方式，有必要從以下三個方面入手進行解決。

（一） 對受挫折者要有寬容的態度

這裏主要是管理者需要做好的工作，對受挫折者要有正確的認識和態度，寬容決不是慫恿，也不是軟弱，而是在有原則的前提下給予寬容。不能採取諷刺、嘲笑、漠不關心的態度，應當關懷他，尤其是幫助他分析受挫的原因，冷靜地對待失敗。

精神分析理論認爲，人遭到挫折就會產生緊張、焦慮的情緒，這種情緒一定要通過種種形式發泄出來，心理才能保持平衡。行之有效的方法是與受挫者談心、交流思想，做深入細緻的思想疏導工作，使受挫者儘早放下思想包袱輕裝前進。

（二）引導建立積極的心理自我防衛方式

部門的管理者、共事的同事有責任對受挫者進行正面的引導和轉化，使之將挫折變爲一種內驅力，推動其爲實現目標而做出更大的努力，花費更多的精力，將消極情緒轉化爲奮發圖強，爭取上進的積極情緒。在這裏團隊精神應當起到重要的作用，充分發揮其凝聚力，努力營造團結合作，積極進取的良好氛圍。

（三）受挫折者自身建立積極的心理防衛機制

作爲受挫折者，要正確對待挫折。首先應該正確地評價自己。實事求是地估價自己，有利於查找自身存在問題，解開挫折的因果關係；第二，要善於控制自己的情緒，提高心理承受能力。只有這樣才能在挫折面前，態度冷靜、沈著，採取積極的措施加以補救；第三，要善於思考，面對挫折，尋找對策。既要以寬廣的胸懷對待挫折，又要加強學習，不斷提高自己今後應對各種複雜重要天氣過程的能力。

七、提高預報員的心理素質

預報員良好的心理素質對提高氣象服務質量十分重要，因此，有必要積極地、有意識地從各方面加強培養。

（一）牢固樹立安全意識。作爲一名預報員要樹立高度的責任感和使命感，必須清醒地認識到肩上所擔負的責任，強化安全責任意識，以此克服在實際工作中的一些不良心理。

（二）培養嚴謹、求實、科學的工作態度。航空氣象是一門科學，它要求氣象服務工作必須以嚴謹、求實、科學的態度去對待，兢兢業業、一絲不苟地工作。同時，既然是一門學科，就要去研究探索，面對氣象科學中大量的未知部分，對預報員而言，既是挑戰，又是機遇，要努力學習，不斷鑽研，提高自己的技術業務水平。只有這樣，面對複雜多變的天氣，才能沈著應對，正確處置。

（三）充分認識嚴格執行各項規章制度，認真落實安全保證措施的重要性。雖然目前由於氣象業務技術發展所限，預報產品產生的過程還缺乏量化的制度約束。但是，有許多規章制度和安全措施是可以彌補預報員技術水平不足和克服不良心理影響等人的弱點。

（四）有計劃有意識地進行心理素質的鍛煉。樹立百折不撓的精神，培養頑強克服困難的意志力，加強對各種特殊情況和複雜場面的類比演練，提高預報員的應變能力和心理承受能力。

民航安全管理責任重大。本文僅對個人擔任預報員及近些年從事管理工作的經驗進行總結，就氣象預報員工作的心理狀態進行分析，以期達到進一步提高安全管理水平，改善氣象服務質量的目的。

參考文獻

1　時蓉華　現代社會心理學　華東師範大學出版社
2　盧盛忠　管理心理學　浙江教育出版社

台北飛航情報區
通訊、導航、監視與飛航管理（CNS/ATM）
發展建置計畫簡介

林陳國

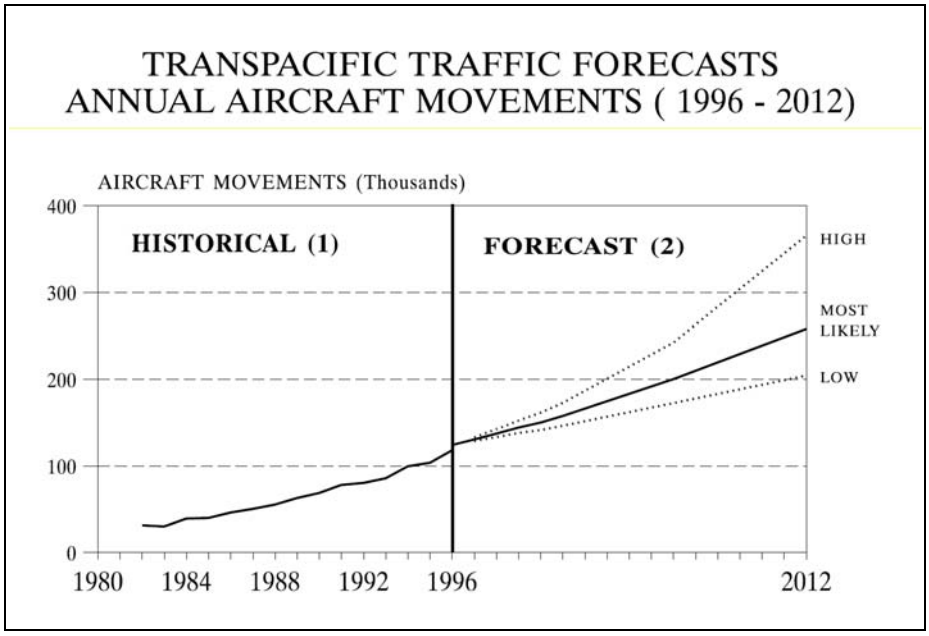
台北市濱江街 362 號

近年來，隨台灣地區經濟高度成長及國民所得增加，台北飛航情報區航空運輸量幾以倍數快速成長。民國 79 年全年飛航管制航空器架次為 84 萬架次，至民國 86 年已躍升為 176 萬架次。民國 89 年之後，本區雖歷經亞洲金融風暴、美國 911 恐怖攻擊事件，中亞地區伊拉克戰亂及嚴重威脅航空業的急性呼吸道症候群（SARS）等國際重大事件之影響，航行架次呈下降趨勢（如表 1-1），惟自民國 93 年起整體航行量已逐漸回昇。同時，國際民航組織（ICAO）對亞太地區之航機航行量預測值亦呈上揚趨勢（如表 1-3）。

表 1-1：台北飛航情報區航機架次統計表

統計年	統計架次	比例圖/百分比
1990	845,610	0.0403
1991	971,044	0.0463
1992	1,018,493	0.0485
1993	1,130,508	0.0539
1994	1,314,074	0.0626
1995	1,529,126	0.0729
1996	1,720,113	0.082
1997	1,768,164	0.0842
1998	1,663,366	0.0792
1999	1,578,793	0.0752
2000	1,534,600	0.0731
2001	1,530,797	0.0729
2002	1,520,408	0.0724
2003	1,397,906	0.0666
2004	1,466,651	0.0699
總計	20,989,653	

表 1-3：國際民航組織對亞太地區航空器飛航架次成長量預估



茲因全球飛航情報區之飛航服務，未來均將在 CNS/ATM 系統架構下進行資料傳輸及交換，故本局 CNS/ATM 項下各系統之建置期程，皆需配合鄰近飛航情報區之系統建置期程，方能完成系統連線測試及資料交換。本局依既定期程已完成飛航訊息處理系統（AMHS）建置作業，惟有關本計畫中之全球衛星導航系統建置子計畫，受國際發展延宕之牽累，其進展幾至遲滯。為鞏固台北飛航情報區於國際民用航空界之實質地位，奉行政院核准之 CNS/ATM 發展建置計畫第二次修訂版經審慎評估後，擬再作適當之內容調整，修訂後之計畫除包括原訂之「航空通訊系統建置」、「全球衛星導航系統建置」及「飛航管理建置」三大子計畫外，另增列「監視系統建置子計畫」並調整各項系統之建置期程，以因應國際發展現況，降低系統建置風險俾獲取最佳之投資效益。

1. 本計畫最終目標在於依本區飛航需求及 ICAO 所提之 CNS/ATM 概念，建置可滿足至公元 2025 年飛航服務需求之系統及作業程序，以鞏固台北飛航情報區於國際民用航空界之實質地位。茲將本計畫各項主要內容簡述如下：

1.1. 通訊（Communication）

1.1.1. 未來的飛航管理業務將由傳統之類比空對地（Air-Ground，A/G）通訊系統，轉變為整合式之空對地（A/G）數位語音與數據通訊系統，而現行地對地（Ground-Ground，G/G）通訊將會被併入整合式的數位通訊基礎架構。簡言之，以數據鏈（Data Link）通訊，取代大部份傳統之非緊急語音通訊，使用衛星通訊（Satellite Communication，SATCOM）或數據鏈通訊取代越洋高頻（HF）通訊。

1.2. 導航（Navigation）

1.2.1. 飛航業務架構將自現行以陸基為基礎之傳統助導航設施過渡到包含全球定位系統（Global Positioning System，GPS）以衛星為基礎之全球衛星導航系統（Global Navigation Satellite System，GNSS），為航機提供航路飛行及精確或非精確進場之導引訊號，提昇飛航效率及安全。

1.3. 監視（Surveillance）

1.3.1. 未來的監視系統將整合傳統雷達監視系統及自動回報監視（Automatic Dependent Surveillance，ADS）系統等兩系統，監視資料經由共通標準介面數據格式進行傳輸與交換，以提供航機動態資訊給所有的飛航管理系統（ATMS），強化地面管制單位對航機動態之掌握，提昇空域使用效率。

1.4. 飛航管理（Air Traffic Management）

1.4.1. 配合空域調整、飛航服務單位之整併及新建之北部及南部航管作業中心，新一代的飛航管理系統將整合各子計畫之系統介面，配合 ICAO 之建置期程及鄰近飛航情報區之發展，建置一全區完整之自動化系統，並配合新一代航機監視技術之運用，提昇台北飛航情報區之整體飛航服務品質及效率。

2. 計畫說明

3. 本計畫計分「通訊子計畫」、「導航子計畫」、「監視子計畫」及「飛航管理系統子計畫」等四項子計畫推展，各項子計畫內容概述如下：

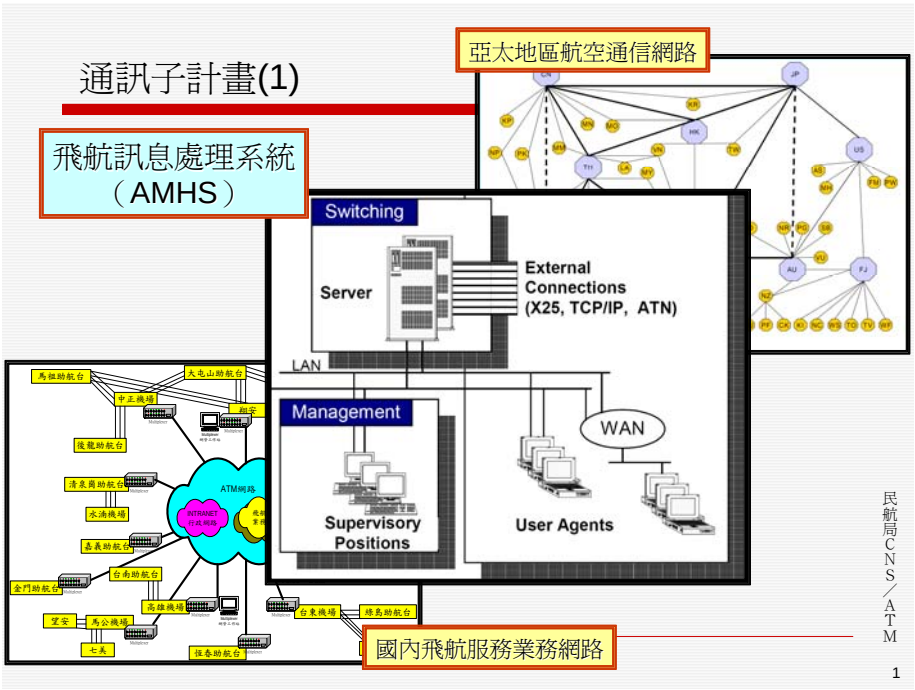
3.1. 通訊子計畫

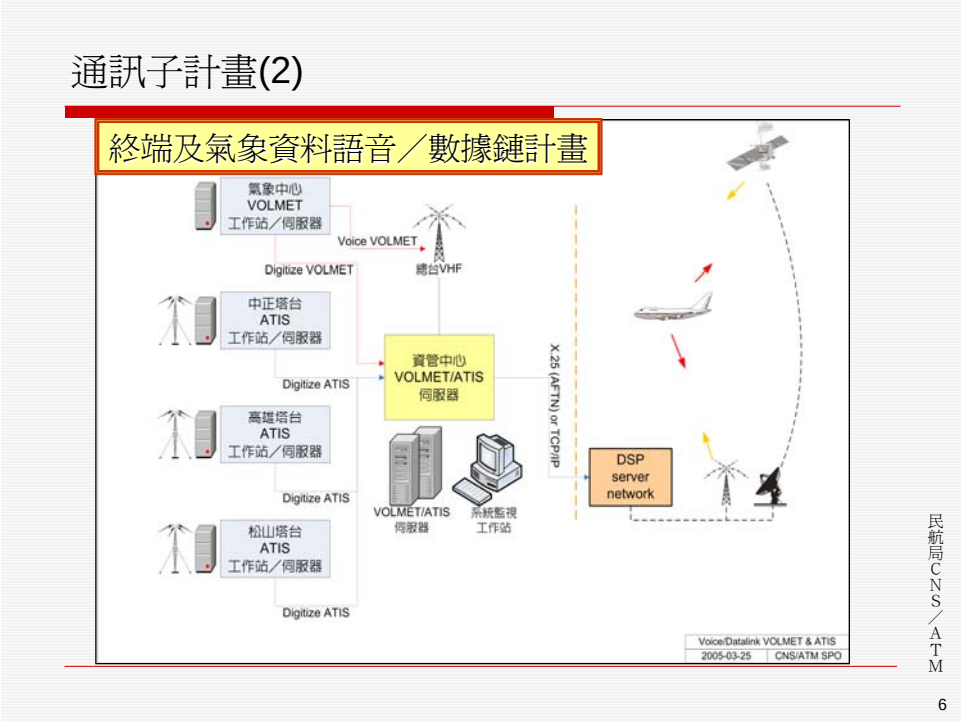
3.1.1. 建置飛航服務業務網路系統（ATS Service Network，ASN）

3.1.2. 建置飛航訊息處理系統（ATS Message Handling System，AMHS）

3.1.3. 建置語音及數據航空氣象資料及終端資料自動廣播系統（Voice/Data link - VOLMET And ATIS System）

3.1.4. 選擇數據鏈通訊服務供應商（Data link Service Provider，DSP）





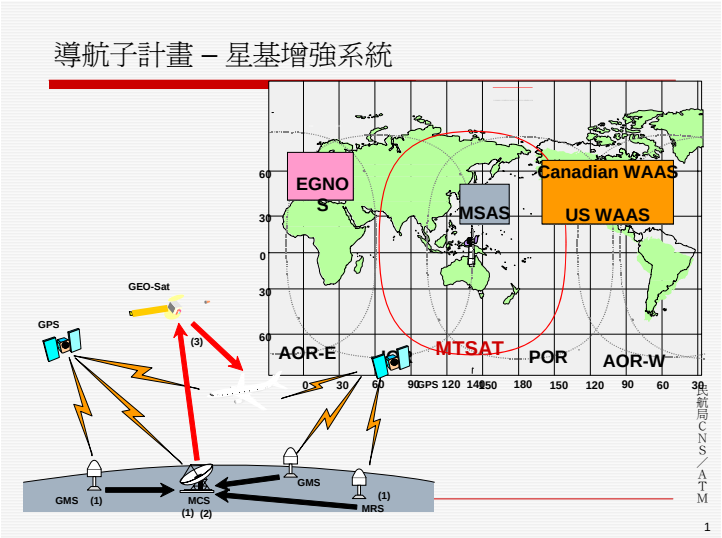
3.2. 導航子計畫

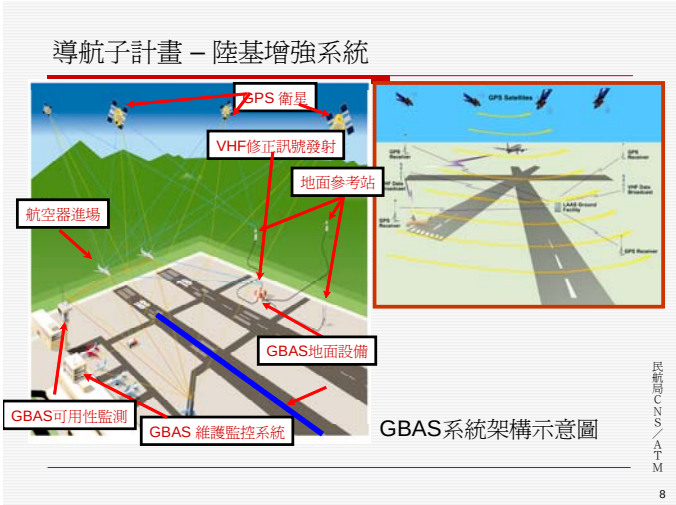
3.2.1. 星基增強系統（SBAS）建置：

目前亞太地區並沒有發展成熟的 SBAS 應用系統，故暫調整於 94 年進行系統建置前研究、評估美國 WAAS、歐盟 EGNOS、日本 MSAS 及澳洲 GRAS 之可用性；如對本區確有效益，將於 96 年開始規劃建置。

3.2.2. 陸基增強系統（GBAS）建置：

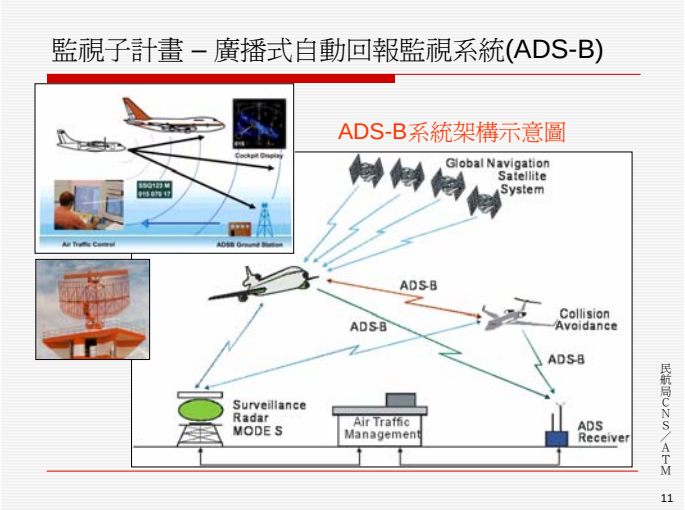
目前唯一發展 LAAS 系統之美國 FAA 已刪除公元 2005 年之 LAAS 預算，為因應該國際現勢變化，本局將密切注意美國及其他先進國家發展情況、主要飛機製造商支援、國際標準成熟度等，並暫時調整為自 96 年以後開始規劃建置。





3.3. 監視子計畫

3.3.1. 建置廣播式自動回報監視系統（Automatic Dependent Surveillance，ADS-B）



3.4. 飛航管理系統子計畫

3.4.1. 航管組織整併及空域調整（ATC Units Consolidation and Airspace Adjustment）

3.4.2. 北部及南部航管作業中心新建工程（ATM Buildings Construction）

3.4.3. 建置飛航管理系統（Air Traffic Management System，ATMS）

3.4.4. 數位語音交換系統（Digital Voice Communication Switching System，DVCSS）

3.4.5. 航空情報服務系統（Aeronautical Information Services System，AIS System）

3.4.6. 建置獨立備份航管系統（Independent Backup ATC System，IBAS）

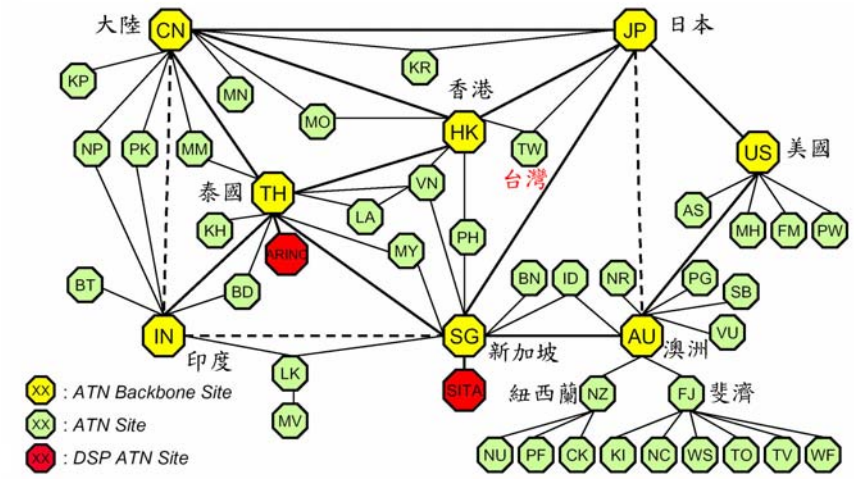
為因應國際民航組織(International Civil Aviation Organization，ICAO)預計於公元 2004 年開始進行之全球飛航服務安全管理查核計畫(Universal Safety Oversight Audit Program, USOAP)，交通部民用航空局(以下簡稱本局)於民國九十一年十一月成立飛航服務安全查核小組，負責本局飛航服務法規、程序及飛航服務安全管理機制之建立，以符合國際標準，進而達到 ICAO 要求之飛航服務安全水準。經過將近一年的努力，本局飛航服務安全查核小組在民國九十二年十月一日完成包括航空氣象業務在內與飛航服務有關之多本國內飛航服務規範。惟這些規範現階段因受到國情及飛航環境與國際政治現實的限制，仍有許多部分無法完全符合 ICAO 各項附約及相關文件訂定之標準與建議措施。為提升本局之飛航服務安全水準，本局接受美國民航總署(FAA)專家的建議，檢討本局各項民航規範

未符國際標準及建議措施部份，並提出改善方案，以進一步提昇台北飛航情報區(以下簡稱本區)飛航服務之國際水準。其中有關航空氣象規規範部份，由飛航服務總台(以下簡稱總台)負責檢視及研提改善計畫。

依據國際民航公約第三號附約（ICAO Annex-3）規定，航空氣象主管機關應對飛航中之航空器報告包括 METAR、SPECI、TAF、SIGMET、AIRMET 及未涵蓋在 SIGMET 內的航機特別空中報告(Special Air-report)等航空氣象資料。該項服務稱為航空氣象資料廣播(Meteorological information for aircraft in flight，VOLMET)。VOLMET 服務可利用特高頻(VHF)或高頻（HF）以語音方式對飛行中航空器語音廣播航空氣象資料或使用數據鏈（Data link）方式，供飛航中航空器獲取本區所提供特定機場之天氣資料。目前本區有針對終端地區提供氣象廣播服務，但並未對飛航中之航空器提供 VOLMET 服務。

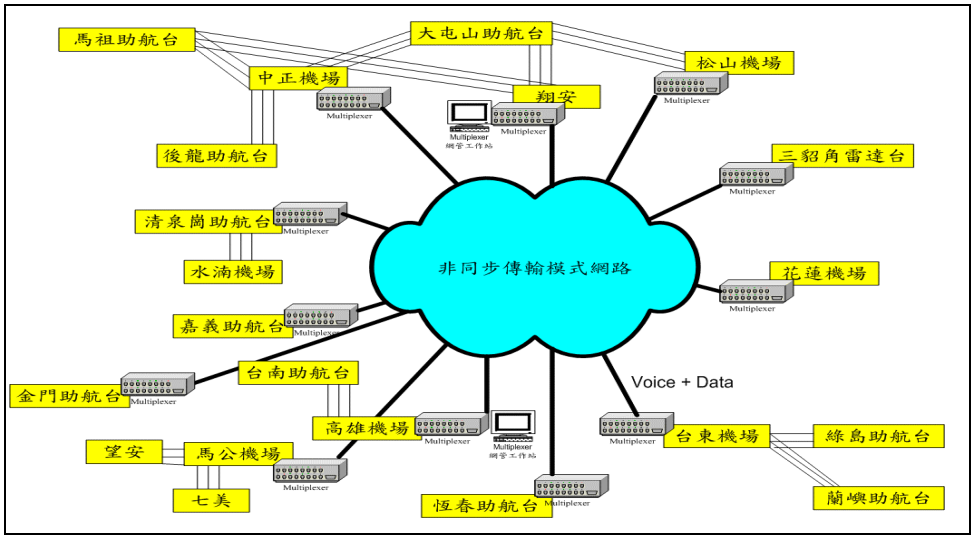
未來海峽兩岸將在 ICAO 所提之 CNS/ATM 系統架構下進行資料傳輸及交換，相關航空通訊網路（Aeronautical Telecommunication Network，ATN）及飛航訊息處理系統（AMHS）亦將依循 CNS/ATM 的概念作同步之發展。

航空通訊系統建置子計畫包含建置航空通訊網路（Aeronautical Telecommunication Network，ATN）、飛航訊息處理系統（AMHS）及語音及數據航空氣象資料及終端資料自動廣播系統（Voice/Data Link VOLMET and ATIS System）。航空通訊網路（ATN）包括陸／陸網路及陸／空網路兩部分，陸／陸網路包括連接台北飛航情報區各飛航服務單位之飛航服務業務網路（ASN），對外則以航空通訊網路路由器（ATN G-G Router）與日本及香港連接。陸／空網路則由連接機載通訊設備與地面通訊網路之陸／空路由器（ATN A-G Router）構成。本項建置計畫所使用之陸／空數據鏈通訊將採與數據鏈通訊服務供應商（DSP）合作模式實施，無須自建 ATN A-G Router。



3.5. 在 ICAO CNS/ATM 建置標準作業建議中對通訊部份有關地對地的數據鏈，規範各飛航情報區之間必須透過ATN路由器連接(本路由器已與AMHS建置案一併購置)，而對各飛航情報區之內則無特別規範。基於此項建議，加上現有非同步傳輸模式（ATM）網路技術已極為成熟， ATM 網路兼具線路中斷繞路（Reroute）能力，故本局已採用 ATM 網路技術建置本區飛航服務業務網路(ASN)，未來除可大符提昇整體飛航服務業務網路(ASN)之可靠度外，亦可減輕線路維護人員之工作負擔。

圖 3-2：飛航服務業務網路（ASN）架構圖



3.6. 語音及數據航空氣象資料及終端資料自動廣播系統（Voice/Data Link -VOLMET And ATIS System）

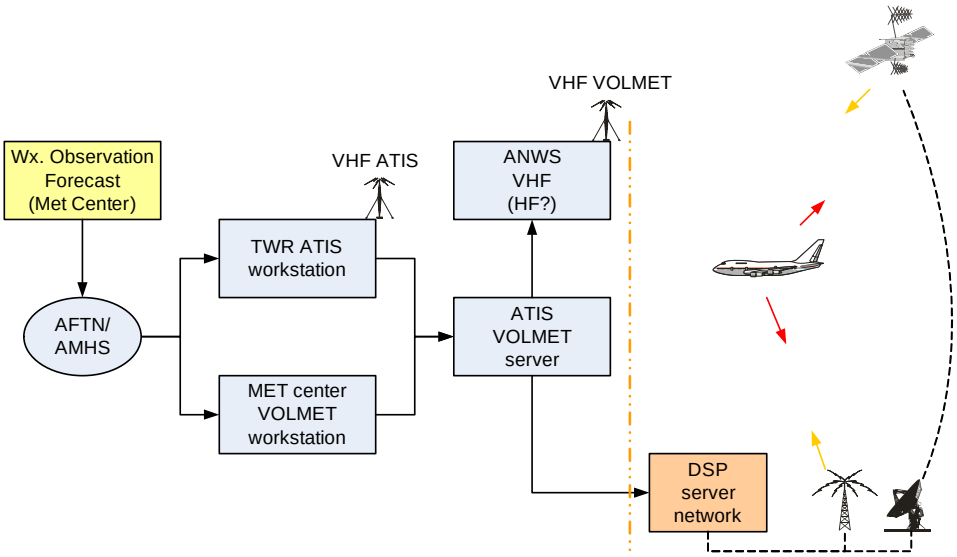
計畫簡介

為符合 ICAO 國際標準，民航局飛航服務總台(以下簡稱總台)於本（九十三）年二月召開航空氣象服務改善計畫會議，決議建置具備語音及數據鏈功能之航空氣象資料廣播服務（Voice / Data link VOLMET），並請總台飛航管理系統工程隊將該計畫納入 CNS/ATM 發展建置計畫。

飛航管理系統工程隊除規劃 Voice / Data link VOLMET 系統之外，並檢視目前建置於中正、高雄及松山等三機場之語音及數據鏈終端資料自動廣播系統（Voice / Data link Automatic Terminal Information broadcast System，ATIS）之使用情形及可改進之部分，並以系統整合之方向規劃語音及數據鏈航空氣象資料及終端資料自動廣播系統（Voice / Data link VOLMET and ATIS）系統(系統架構構想如圖一)，以對本區機場、終端空域及飛航中之航空器提供完整之氣象資料服務，並強化航管、氣象、維護等單位之作業效率。

Voice / Data link VOLMET and ATIS 系統主要流程為自本局航空氣象單位產生之氣象資料，經由 VHF、HF 以語音合成方式廣播，並與數據鏈通信服務廠商合作，建置氣象資料伺服器，供航空器透過數據鏈路取得相關機場氣象資料。

表二「語音及數據鏈航空氣象資料及終端資料自動廣播系統」建置時程



圖一：Voice/Data link - ATIS and VOLMET 系統運作概念

3.6.1. 計畫需求

建置目的：

以 HF、VHF 語音廣播及數據鏈通信方式對飛航於台北飛航情報區內之航空器，提供 VOLMET 服務。

以 VHF 語音廣播及數據鏈通信方式，提供航空器中正、高雄、松山三機場之自動終端資料廣播（ATIS）服務。

3.6.2. VOLMET 廣播方式及內容：

3.6.3. HF 語音廣播：

3.6.3.1. 依據 ICAO Annex 3，第 11 章第 5 節，採用排程方式(Schedule)進行 HF VOLMET 廣播，惟 HF VOLMET 廣播之機場氣象內容及頻率須與鄰區協調並簽訂區域空中航行協定(Regional Air Navigation Agreement)後方能據以播報。

3.6.3.2. 廣播內容：

a. Aerodrome weather reports(METAR/SPECI)
b. Aerodrome weather forecasts(TAF)
c. SIGMET
d. 提供中正、高雄兩機場上述氣象資料。
e. 目前香港依據 ICAO 亞太區空中航行協議規定播報本區中正及高雄兩機場。
f. 參考 ICAO Doc 9637 － Air Navigation Plan － Asia and Pacific。

3.6.4. VHF 語音廣播：

3.6.4.1. 依據 ICAO Annex 3，第 11 章第 6 節，採用連續方式(Continuous)進行 VOLMET 廣播。

3.6.4.2. 廣播內容：

a. Aerodrome weather reports(METAR/SPECI)
b. SIGMET
c. 提供中正、高雄、松山三機場上述氣象資料。
d. 數據鏈路(Data link)通信：
e. 依據 ICAO Annex 3，第 11 章第 5 節，具備數據鏈通信能力之航空器，可透過數據鏈路取得指定機場之 VOLMET 氣象資料。

3.6.5. D-VOLMET 廣播內容：

a. Aerodrome weather reports(METAR/SPECI)
b. Aerodrome weather forecasts(TAF)
c. SIGMET
d. Special air-reports not covered by a SIGMET, where available
e. AIRMET
f. 提供中正、高雄、松山三機場上述氣象資料。

3.6.6. ATIS 廣播方式及內容：

3.6.6.1. VHF 語音廣播：

a. 依據 ICAO Annex 3，第 11 章第 4 節，及 ATP88(CHG-6)，第 2 章第 9 節。
b. 廣播內容：
c. 指定機場之 METAR/SPECI 氣象資料
d. 指定機場設備使用現況(Airport Conditions)
e. 其它應告知航機駕駛員之資料

3.6.6.2. 數據鏈路廣播：

a. 依據 ICAO Annex 3，第 11 章第 4 節，及 ATP88(CHG-6)，第 2 章第 9 節，

具備數據鏈通信能力之航空器，可透過數據鏈路取得指定機場之 ATIS 資料。

b. 廣播內容：

c. 指定機場之 METAR/SPECI 氣象資料

d. 指定機場設備使用現況(Airport Conditions)

e. 其它應告知航機駕駛員之資料

f. 架設機場：松山、中正、高雄等三機場塔台。

3.6.7. 系統運作方式

系統架構：

本計畫系統組成如下：

D-VOLMET 工作站+ D-VOLMET 伺服器：

設置於台北航空氣象中心，供作業人員監視進入工作站準備形成 VOLMET 資料之氣象資料的正確性。該資料分別以（1）語音合成引擎製作成語音檔案，經氣象人員確認無誤後，經由區域網路將 VOLMET 語音檔送入 D-VOLMET 伺服器，再經由遙控專線經由北、南指定之 VHF 廣播站台對航空器廣播，（2）透過本總台之飛航服務業務網路(ASN)傳送至資訊管理中心之伺服器(Server)記錄存檔，航空器經由數據鏈通信服務商之全球性網路存取本局提供特定機場之 VOLMET 資料。

D-ATIS 工作站+ D-ATIS 伺服器：

METAR/SPECI 等氣象資料，經由航空固定通信網路（AFTN）送入 D-ATIS 伺服器，氣象資料進入後發出訊息警示管制員，管制員輸入機場資料後形成 ATIS 資料，該資料分別以（1）語音合成引擎製作成語音檔案，經管制員確認無誤後，經由區域網路將 ATIS 語音檔送入 D-ATIS 伺服器，再經由塔台指定之 VHF 頻率對航空器廣播，（2）透過本總台之飛航服務業務網路(ASN)傳送至資訊管理中心之 Data link 伺服器記錄存檔，航空器經由數據鏈通信服務商之全球性網路存取本局提供之機場 ATIS 資料。

Data link 伺服器：

設置於資訊管理中心，提供下列功能：

a. 透過飛航服務業務網路(ASN)與松山、中正及高雄機場塔台之 D-ATIS 工作站相連，紀錄相關機場之 ATIS 數據資料，並以 data link 專線與數據通信服務商相連接。

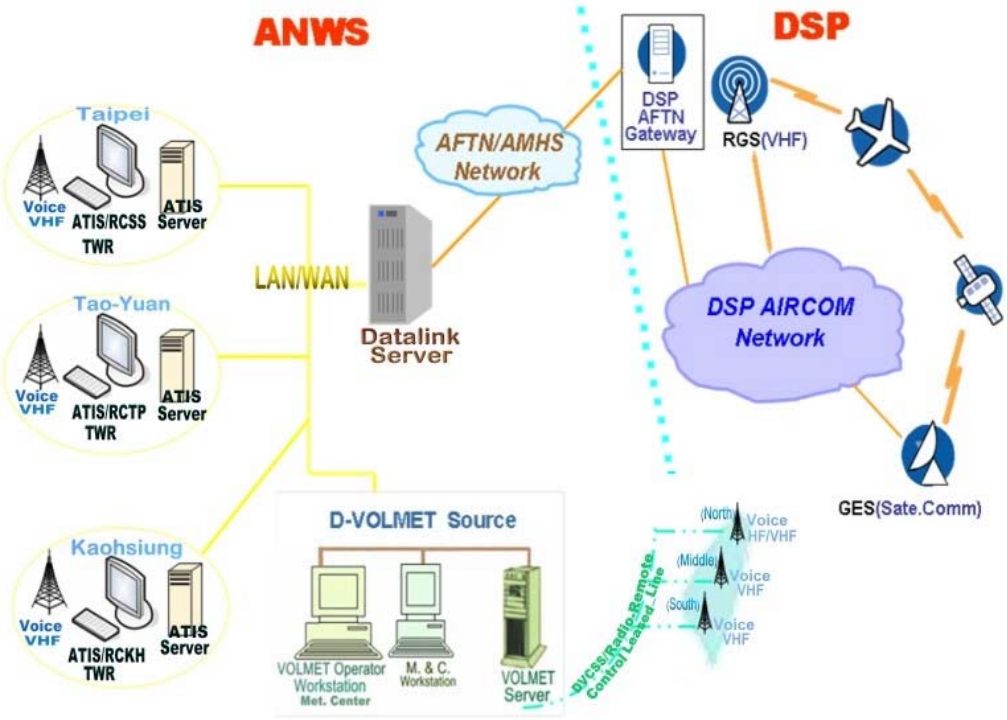
b. 透過飛航服務業務網路(ASN)與台北航空氣象中心之 D-VOLMET 工作站相連，記錄相關機場之 VOLMET 數據資料，並以 data link 專線與數據通信服務商相連接。

c. 系統監控工作站：設置於資訊管理中心，供系統維護人員監控 D-ATIS 工作站、D-VOLMET 工作站及 D-ATIS/D-VOLMET/Data link 伺服器之設備狀況。

d. VHF ATIS 語音廣播站台：設置於松山、中正、高雄機場塔台。

e. VHF VOLMET 語音廣播站台：為使航行於台北飛航情報區之航機皆可接收到 VOLMET 語音廣播資料，本總台已著手評估 VHF 廣播站台架設位置，預定於北、南部各增設一 VHF VOLMET 專用廣播站台。

f. Data link 專線：租用 X.25 或 TCP/IP 專線或與數據鏈路供應商(ARINC 或 SITA)連接，本計畫之系統架構可同時連接兩家數據鏈路供應商，未來將視必要性選擇一家或同時連接兩家數據鏈路供應商。



圖二：Voice/Data link - ATIS and VOLMET 系統架構構想圖

3.6.8. 作業構想：

3.6.8.1. D-VOLMET 運作方式

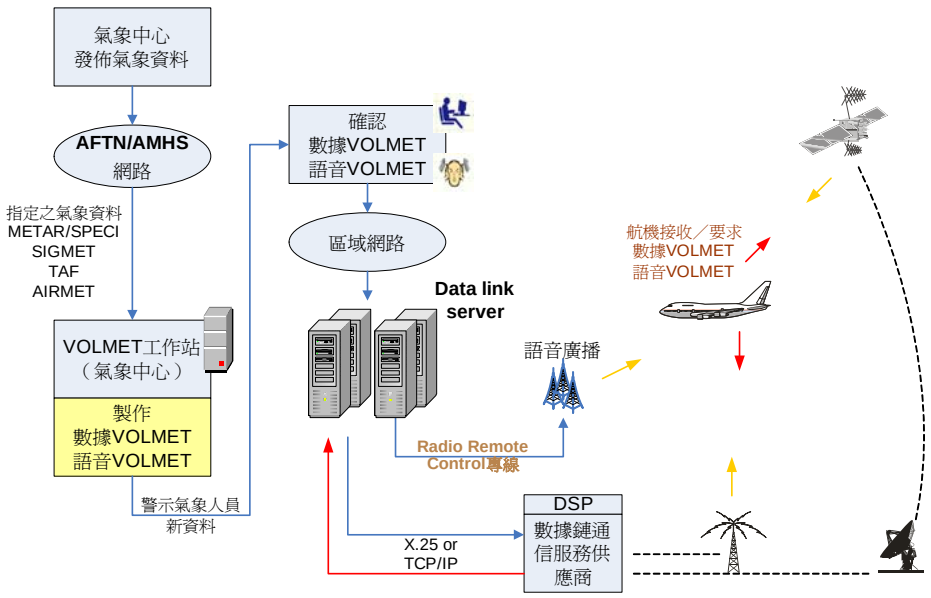
3.6.8.2. 位於資管中心 D-VOLMET 伺服器經由 AFTN 可自動接收松山、中正、高雄機場之氣象資料，包含：

a. METAR/SPECI
b. TAF
c. SIGMET
d. AIRMET

3.6.8.3. 台北航空氣象中心之操作員透過飛航服務業務網路(ASN) ，可於 D-VOLMET 工作站預聽指定機場語音 VOLMET 資料及預視 Data link VOLMET 資料之正確性。

3.6.8.4. 位於區管中心之 D-ATIS/D-VOLMET /Data link 伺服器採下列方式進行資料廣播：

a. 透過 Radio Remote Control 專線將語音 VOLMET 資料送入北、南 VHF 廣播站台，向航機發送。
b. 產生 Data link VOLMET 資料，配備有 ACARS 機載設備之航機可透過數據鏈路供應商(ARINC 或 SITA)之網路至本伺服器取得指定機場之 VOLMET 資料，本總台亦可據以統計航機之 Data link Request 情形。



圖三：Voice/Data link – VOLMET 系統運作流程圖

3.6.8.5. D-ATIS 運作方式

a. D-ATIS 工作站及 D-ATIS 伺服器設於中正、高雄、松山等三機場塔台。

b. METAR/SPECI 資料透過 AFTN 網路，送入 D-ATIS 伺服器。

c. D-ATIS 伺服器調整氣象資料傳送設定，解譯後之 METAR/SPECI 氣象資料透過區域網路傳送至塔台 D-ATIS 工作站。

d. 氣象資料進入 D-ATIS 工作站後，警示管制員新資料進入。

e. 管制員將機場資料輸入 D-ATIS 工作站。

f. 機場氣象資料及機場資料形成 ATIS 資料，並指定適當編號。

g. D-ATIS 工作站語音合成引擎將 ATIS 資料轉換為語音廣播資料，並產生 Data link ATIS 資料。

h. 管制員確認 ATIS 語音廣播資料無誤後，按鈕確認：

3.6.8.6. 語音部份：

a. ATIS 語音廣播資料經由區域網路傳回 D-ATIS 伺服器。

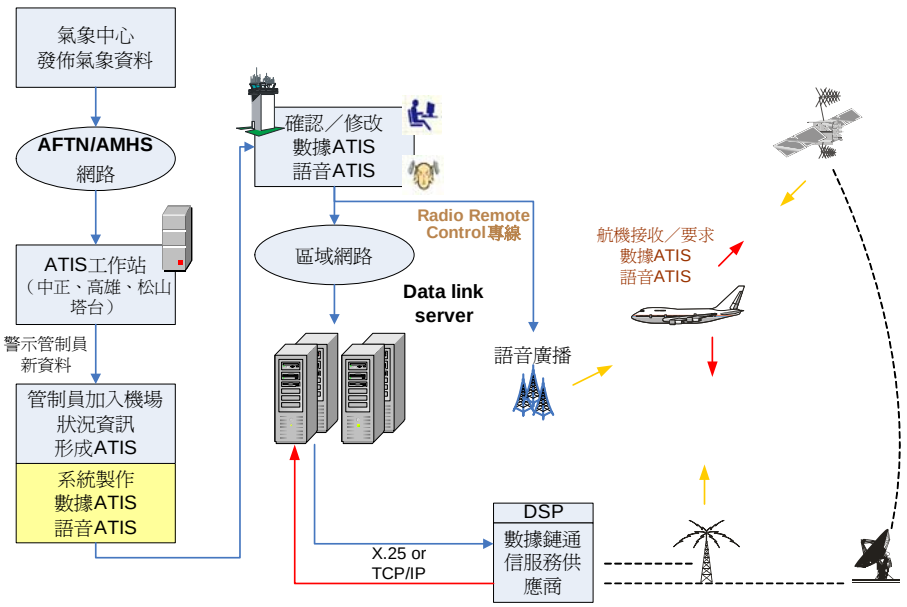
b. 透過塔台之 VHF 廣播站台對外廣播。

3.6.8.7. 數據鏈部份：

a. ATIS 資料經由飛航服務業務網路(ASN)傳送至資管中心之 Data link 伺服器記錄存檔。

b. D-ATIS/D-VOLMET /Data link 伺服器以 X.25 或 TCP/IP 專線與數據鏈通信服務廠商（如 SITA、ARINC）連接，具備數據鏈通信能力之航空器可經由數據鏈通信服務廠商之全球網路取得本區相關機場之 ATIS 資料。

c. D-ATIS/D-VOLMET /Data link 伺服器具備儲存 ATIS 資料、記錄航空器要求 ATIS 情況、ATIS 資料傳送內容以及製作相關統計報表之能力。



圖四：Voice/Data link – ATIS 系統運作流程圖

d. 系統監控運作方式：

d.1.1.a.1. 資料中心將架設系統監控工作站，供系統維護人員監控 D-ATIS 工作站、D-VOLMET 工作站及 D-ATIS/D-VOLMET/Data link 伺服器之設備運作狀況，以維護系統之正常運作。

3.6.8.8. 系統建置效益

a. 本項建置將採用語音合成方式將文字資料轉換為語音播報資料，氣象播報人員及塔台管制員毋須再以傳統人工方式錄製 VOLMET 及 ATIS 語音播報資料，減輕人員之工作負擔。

b. 提供 D-VOLMET 或 D-ATIS 服務，航機駕駛員可以 Data link 方式於任何時間及地點接收指定機場之 D-VOLMET、D-ATIS 資料，克服 HF 或 VHF 語音廣播之通訊干擾及語意誤解之情形。

c. 使本區之氣象服務符合 ICAO 之規範。

3.6.8.9. 系統風險評估

a. VOLMET 及 ATIS 兩項服務均採語音廣播及數據鏈通信方式傳送，氣象資料服務均有備援。

b. 系統伺服器均採多重主機(Redundant)架構，強化系統可用性(Availability)。

c. 本計畫項下各伺服器及工作站皆使用本總台飛航服務業務網路(ASN)進行資料交換，ASN 本身備援能力，若 ASN 仍因故中斷，各塔台仍可以人工輸入方式產生語音播放資料，故僅喪失 Data link 能力。

d. 氣象資料採雙路由設計(ASN or 撥接專線)，總台飛航服務業務網路(ASN)斷線時，仍可取得氣象資料。

3.6.8.10. 本計畫目前遭遇問題及處理方式

a. 由於 HF VOLMET 廣播之機場氣象內容及使用波道須與鄰區協調並簽訂區域空中航行協定(Regional Air Navigation Agreement)後方能據以播報，由於我國並非 ICAO 會員，故亦無法與鄰區簽訂相關協定並取得正式波道進行 HF VOLMET 語音廣播事宜，惟依據 ICAO Doc.9673 Air Navigation Plan – Asia and Pacific Region 及總台之監聽結果，目前香港已依前述計畫於 HF 2863KHz、6679KHz、8828KHz 及 13282KHz 波道播

放本區中正及高雄機場之 VOLMET 資料，經本總台蒐集國際間 HF VOLMET 使用之波道，擬暫以 HF 2880KHz 進行測試，確認技術問題皆可克服。

TABLE ATS 2 — HF RADIOTELEPHONY VOLMET BROADCASTS
TABLEAU ATS 2 — ÉMISSIONS VOLMET EN RADIOTÉLÉPHONIE HF
TABLA ATS 2 — DIFUSIONES RADIOTELEFÓNICAS HF VOLMET

ICAO Doc 9673 Air Navigation Plan – Asia and Pacific Region

The transmitting station appears at the top of each block.

Names in lower-case letters indicate aerodromes for which reports (routine or selected special) are required while names in upper-case letters indicate aerodromes for which forecasts are required.

FREQUENCIES — FRÉQUENCES — FRECUENCIAS 2863, 6679, 8828, 13282 kHz

Tokyo 10 – 15 40 – 45	Hong Kong 15 – 20 45 – 50	Auckland 20 – 25 50 – 55
Tokyo/New Tokyo Intl Tokyo/Tokyo Intl Sapporo Nagoya Osaka Fukuoka Seoul	Hong Kong Naha Taibei Gaoxiong Manila Mactan Guangzhou	Auckland Christchurch Wellington Nadi Nouméa Pago Pago Tahiti
TOKYO/NEW TOKYO INTL OSAKA/KANSAI INTL	HONG KONG	20 - 25 NADI NOUMÉA 50 - 55 AUCKLAND CHRISTCHURCH

表三：ICAO Doc 9673 HF VOLMET 廣播資料

b. 日前經本總台洽詢香港 HF VOLMET 語音廣播問題，香港方面表示：由於各飛航情報區以 HF 播放 VOLMET 氣象資料皆有五分鐘限制，目前由香港依據 ICAO 區域協議播放本區中正及高雄機場之 VOLMET 資料，若本區可自行播報 HF VOLMET，則香港將可撥放其它機場 VOLMET 資料(如澳門及廈門)，經本總台評估目前日本、香港等鄰區使用之 HF 波道(HF 2863KHz、6679KHz、8828KHz 及 13282KHz)之時間排程已全部額滿，故已無法將 HF VOLMET 氣象資料放入前述波道播放，故本次 VOLMET 建置將僅提供 VHF 語音 VOLMET 及 Data link VOLMET。

c. 使航行於本區航路中之航空器皆能取得清晰之 VHF VOLMET 廣播資料，故本總台將採用單一頻率，全區涵蓋之方式進行 VHF 廣播站台架設，站台位址預定於台北(大屯山)及高雄(萬壽山)，並以後龍做為備援站台，波道預定選用 123.8MHz，未來於完站台架設及調整後將再請本局協助進行相關飛測作業。

3.7. AISS 計畫緣起

航空情報服務旨在確保飛航資訊能通暢、及時、正確與完整，以臻飛航安全、迅速、有序之目標。隨著「區域航行」(Area Navigation, RNAV）與「導航性能需求」(Required Navigation Performance, RNP）以及「機載電腦化航行系統」之實施與使用，飛航資訊角色與重要性與日俱增，訛誤、不完整或不符標準資訊將潛藏影響飛安之危機。ICAO 建議各國除應儘量避免訂定異於「國際飛航」之「標準」與「程序」外，在飛航資訊編發與供應上更應儘量遵從國際共通之「一致性」與「一貫性」原則，以符合現

今先進電腦導航系統之所需。

面對全球性航空業務之變革、效率與安全之要求，各國飛航主管機關均致力於改善其相關系統及作業流程，並整合不同業務，以加速資訊流通。先進國家已透過自動化系統，將航空情報服務連接至航空公司、空域使用者，提供正確、快速、透明之資訊服務，大幅提昇效率與安全。

交通部民用航空局飛航服務總台(以下簡稱總台)為使航空情報服務符合國際標準與建議措施，參酌國際民用航空公約第十五號附約（Annex 15－Aeronautical Information Services），並訂定「航空情報規範」，以作為本區提供機場航空情報服務之標準。另為配合目前國際飛航及國際規範之需，提昇本區飛航服務水準，特參照國際民航組織第 8126 號文件訂定「台北飛航情報區航空情報發布程序」。

本總台期望整合航空氣象、飛航公告、飛航計畫、飛行前簡報、火砲射擊公告等業務，建置航空情報服務系統（Aeronautical Information Services System, AIS system），強化總台航空情報資訊之處理與流通，提升服務品質。

為配合本區未來 ATM 系統之實施，有必要隨著 ATM 系統的採購提升本區的航空情報服務品質，實施方式依國際民航組織第 8126 號文件第 9 章之建議，建置自動化航空情報服務系統(AIS system)。航空情報服務提供者一方面依據本身實際作業情形，另一方面參考國際標準作業，擬定作業單位對於未來自動化系統的功能需求， 本系統與飛航管理系統(ATM)以統包方式建置，以利系統整合，達成最佳效益。

航空情報服務系統(AIS system)將建置包括航空資料庫、飛航計畫、飛航公告與航空氣象等作業模組，另為擴大服務對象並提供完整的航空情報服務，AIS 系統將建置網際網路服務伺服器，以延伸網路服務的功能。各作業模組分享共同資料庫並互相關連以保持一致性及適時性的完整資訊系統。

3.7.1. 航空資料庫：航空情報 (例如飛航公告與飛航計畫)需要空域資料作為電腦輔助與驗證基礎，其格式必須須符合國際上通用且認可的航空資料格式，(例如 ARINC424)。資料內容為：

a. 基本資料：此部分資料將作為系統運算與判別基礎，例如航空地址組分送表、標準航路路徑及飛航公告選用標準。
b. 航空資料：包含 ARINC 424 格式之國際空域資料及國內飛航指南空域資料。

3.7.2. 飛航計畫模組：飛航計畫可由 AIS 系統用戶端、網際網路或 AMHS 系統用戶端輸入。AIS 系統輸入介面並提供標準格式及協助功能，以幫助使用者順利填寫飛航計畫及進行格式與文法檢查。任何輸入之飛航計畫，AIS 系統將依飛航計畫航路自動產生發送地址組，或是以手動方式修改或新增航空地址並透過 AMHS 進行發送並儲存於資料庫。有關長期飛航計畫部份，AIS 系統將提供填寫格式，以利長期飛航計畫資料庫的建立。

3.7.3. 飛航公告模組：處理飛航公告管理業務，公告格式包括 NOTAM、SNOWTAM、BIRDTAM 及 ASFTAM。為因應未來衛星導航發展，系統將保留彈性以供未來 GPS NOTAM 格式發展之用，其主要功能包含：

a. 管理功能
b. 自動偵測期滿及缺漏之飛航公告
c. 自動處理收到的飛航公告校對表

d. 自動定期或人工要求製作飛航公告校對表
e. 紀錄飛航公告交換執行過程
f. 可依飛航公告之欄位選項取出飛航公告
g. 來文檢查
h. 接收來自國內與國外之飛航公告，並與航空資料庫資料進行格式核對及文法確認檢查。
i. 分送設定
j. 督導席位可依需要設定發送程序。
k. 自動分送飛航公告，並儲存於飛航公告資料庫。
l. 過濾條件設定
m. 督導席位可依需要定義過濾條件，並可選擇手動或自動方式將接收的飛航公告儲存於資料庫。

3.7.4. 飛航公告查詢

a. 提供用戶端席位查詢功能，查詢方式可依機場、飛航情報區、航路等條件進行查詢。
b. .4.5. 航空氣象模組：因本總台航空氣象系統已非常完備，故未來 AIS 系統將由航空氣象現代化系統(Advanced Operational Aviation Weather System， AOAWS)與世界區域預報系統(World Area Forecast System，WAFS)提供航空氣象模組所需氣象資料，航空氣象資料傳輸將分三部份進行：
c. 本區航空氣象電報，包括飛行定時機場觀測報告、特殊報告等。
d. 有關中尺度氣象資料將由 AOAWS 系統輸入 AIS 系統，提供有關本區之較詳細的天氣資料；再由 AIS 系統處理後，將有關高空風、高空氣溫、最大風速之方向、速度與高度、對流層頂高度等資料傳送至 ATM 系統運用。
e. 有關全球區域氣象預報資料部份，則由 WAFS 系統傳輸至 AIS 系統提供服務。
f. .4.6. 網際網路服務伺服器
g. .4.1. 提供飛航計畫填報、取消、延誤等有關飛航計畫變更服務
h. .4.2. 航空資料查詢功能
i. .4.3. 航空氣象資料查詢功能
j. 依機場、航路、飛航情報區與飛行計畫等選項，進行飛行前簡報之查詢。

3.7.5. .未來 AIS 作業方式

a. 整合於未來的飛航管理系統：
b. 航空情報服務系統將整合至未來的飛航管理系統(ATM)，以提供完整的飛航服務，並利管制員於 ATM 席位查詢 AIS 系統有關飛航公告、儀航程序及航空氣象等資訊。另 AIS 系統可透過內建的氣象模組，提供 ATM 系統有關高空風速、風向、氣溫與壓力等網格點資料，以作為 ATM 系統軌跡運算數據。
c. 提供自動化情報業務：
d. AIS 系統將提供 NOTAM 自動化功能，包括管理、接收、分送與過濾條件設定。飛航計畫資料處理、飛行前簡報編製等自動化情報業務。
e. 提供網際網路查詢服務：
f. 網際網路伺服器提供飛行前簡報查詢、飛航計畫表格填寫及飛航指南文件閱覽等服務。

g. 航空資料管理：

h. 提供航空資料連結介面，接收符合 ARINC424 航空資料格式與 WGS-84 航空圖表等資料，以建立航空資料模組所需之基本資料與空域資料。

i. 飛航計畫流程：

j. 飛航計畫經由 AMHS 系統傳送至 AIS 系統內，以建立飛航計畫資料庫，以作為飛行前簡報查詢欄位與產生起飛報發送地址組之依據，再轉送至 ATM 系統飛航計畫資料庫內運用。

3.7.6. 氣象資料流程：

a. 有關航空氣象電報(METAR、SPECI、TAF、SIGMET etc.)將由 AMHS 轉送至 AIS 系統。

b. 有關中尺度氣象模式資料將由 AOAWS 傳輸至 AIS 系統，以提供未來 ATM 系統所需有關高空風速、風向、溫度、壓力等資料。

c. 有關世界區域預報氣象資料將由 WAFS 系統傳輸至 AIS 系統，以提供對外航空氣象諮詢服務。

3.7.7. 作業構想及功能敘述(Function description)

航空情報服務系統作業方式擬建置於北部航管大樓之 AIS 伺服器，經由 AMHS

可自動接收與處理國內外機場之航空氣象報文，包含：

a METAR/SPECI

b TAF

c SIGMET

d AIRMET

3.7.8. 航空氣象圖經由與航空氣象系統如航空氣象現代化作業系統(AOAWS)、世界區域預報系統(WAFS)之資料連結，獲取有關雷達、衛星、天氣觀測與預報等不同類型的天氣圖檔及全球氣象預報等 GRIB 圖檔。AIS 伺服器可以經由 AMHS 可自動接收與判別 FAA 與 ICAO 格式之國內外飛航公告，包含：

a NOTAM

b SNOWTAM

c ASHTAM

d BIRDTAM

3.7.9. AIS 伺服器經由內部網路，可自動接收與處理網際網路服務伺服器中，有關航空器操作者或是航空公司對於飛航計畫的申請、延誤、修訂、取消，並透過 AMHS 系統轉報相關單位或 ATM 系統。AIS 伺服器經由 AMHS 可自動接收與處理公務電報。

3.7.10. 航空資料管理，包含：

a 基礎資料：提供系統處理有關飛航計畫、飛航公告或航空氣象報所需之判別資料，例如參考表，標準航路等。

b 靜態資料：泛指有關機場、空域、助航設施、航圖、飛航規則及與飛航公告有關之資料。

c 動態資料：泛指由航空固定服務(AFS) 線路接收之國內與國外電報(包括飛航公告、冰雪公告、火山灰公告、公告檢查表、系統訊息及其他航空情報例如航行資料通報) 。

3.7.11. 網際網路伺服器：經可由網際網路提供以下服務：

a. 飛航計畫的臨時申請、延誤、修訂、取消

b. 飛行前後簡報

c. 飛航公告原始資料供應表格填寫
d. 航空氣象資料檢索
e. 提供航空資料查詢

3.7.12. WEB 伺服器系統運作流程圖

系統監控運作方式將架設系統監控工作站，供系統維護人員設定 IP 位址及監控 AIS 工作站、AIS 伺服器及網際網路服務伺服器之設備運作及網路狀況，以維護本系統之正常運作。

3.7.13. 系統建置效益

a. 網際網路普及化使飛行組員、航空公司和終端使用者不需特別訓練及添購網路、軟硬體設備即能連結本系統。
b. 飛行前簡報連結總台業務網路，未來將包含氣象情報諮詢系統(WFIS)、飛航情報資訊如飛航公告(NOTAM)、飛航公報(AIC)及飛行計畫(FPL)等資料，連接飛航管理系統，並對外提供網路查詢服務之功能，可將飛航情報業務擴展至全國各民航及軍民合用機場。
c. 提供臨時飛航計畫的申請、延誤、修訂與取消等網路填報服務以減少作業流程時間。
d. 航空情報服務伺服器
e. 建立航空資料庫
f. 飛航公告自動化作業可以更快速、更容易編製飛航公告報文。
g. 飛航公告自動化分送作業
h. 圖形化簡報
i. 使本區之航空情報服務符合 ICAO 之規範。
j. 供應航圖、氣象、航路等即時動態及靜態之情報資料，顯示於航管席位

3.7.14. 系統建置建議(Recommendation)

本計劃規畫未來情報業務系統為一個高度整合情報資訊及網際網路之作業環境，對業務呈現方式及執行流程產生重大的變化。考量航空情報資訊的運用利益及資訊安全，有必要界定本系統資訊產品之使用者，限制所供應之資訊等級和類別，以利階層化之管理。

3.7.14.1. 系統資訊產品使用者層級第一級：為高階使用者

a. 情報業務系統管理者
b. 大局及總台簡報室
c. 南、北管大樓簡報室
d. 飛航管制席位
e. 軍方情報單位

3.7.14.2. 第二級：為中階使用者

a. 各機場簡報室
b. 各機場之航機資訊顯示系統
c. 各航空公司航務室
d. 各航空事業單位
e. 國外特定組織及用戶

3.7.14.3. 第三級：為一般使用者

a. 一般民眾
b. 國外一般用戶
c. 旅遊業者

d. 國外用戶

3.7.15. 系統建置建議

a. 支援大局網頁及相關航空公司網頁連結
b. 下載監視資料處理系統(SDP)之航機動態位置資訊
c. 下載飛航資料處理系統(FDP)之飛航資訊
d. 支援各機場航站之航機資訊顯示系統
e. 支援航空公司航務及情報資訊
f. 有限度開放航空情報予一般民眾（如：航機離到場資訊）
g. 儲存使用者之個人操作模式，單鍵動作及個別航機快速查詢功能
h. 提供檔案下載並利用 E-MAIL 追蹤資料更新提示之功能
i. 內建完整縮語表，方便解譯
j. 研擬收費機制

飛行亂流預報介紹

王 崑 洲

台北市松山區濱江街 362 號

摘要

航空器每次遭遇飛行亂流致發生飛航事故後，輕者會增加飛行時間、延遲抵達目的地，及增加航空公司許多額外檢查和維護成本；重者造成人員受傷及機毀人亡之重大損失。根據美國民用航空總署（FAA）的調查資料，飛行亂流是造成航空公司最大傷害的天氣因素（74.2% ），每年至少增加 1 億美元的營運損失。為增加民航從業人員對飛行亂流之狀況警覺及降低它對航空器之危害，本文僅就飛行亂流的特性、分類與強度、飛行亂流經驗預報，以及目前臺北航空氣象中心航空氣象現代化作業系統（AOAWS）中模式預報亂流的法則做一扼要介紹，以增進本區飛航組員、航管人員及航務簽派員對飛行亂流預報資訊之應用。

一、 前言

飛行亂流是商用航空器最常遭遇到的顯著危害天氣現象之一，由於它存在於不同天氣情況中，甚至無雲時亦會發生，其存在區域或大或小、或高或低，會嚴重影響航空器巡航及起降安全。對現今大多數航空器而言，會影響其飛行操作的亂流尺度大約在 50 至 8000 呎之間，出現高度則高可達 40000 呎的高空，低則接近跑道。根據美國國家運輸安全部（NTSB） 調查 1994 至 2003 年全美 19562 件航空器失事（accidents）資料，其中因天氣因素造成之事件有 4159 件，佔總失事案件 21.3% 。這些事件中，有 116 件是發生在商用航空器身上，約佔 2.8% ，而造成這些航空器失事的主要天氣因素以亂流佔 74.2% 為最高，其次為風佔 8.9% ，至於其他天氣因素所佔比率如圖一所示。相對於這十年台籍航空公司也發生了 5 次失事案件，其中和天氣因素有關的就有 3 件，其中雖無亂流因素造成，但 2005 年 2 月 7 日華航 CI150D 班機及 3 月 28 日長榮 BR2196 班機分別於日本硫黃島上空及東京外海遭遇強烈晴空亂流（CAT），這兩架航空器雖都幸運逃過一劫，但卻也造成多位旅客及客艙組員的受傷事件，可見飛行亂流對國際商用航空器的危害是相當顯著的。雖然，目前在航空器的尺度亂流預報上，仍有極大困難，但利用大尺度的環境觀測資料及一些有效的亂流量測，還是可以預知飛行亂流發生的潛在區域。為增加民航從業人員對飛行亂流之狀況警覺及降低它對航空器之危害，本文將就飛行亂流的特性、分類與強度、飛行亂流經驗預報，以及目前臺北航空氣象中心航空氣象現代化作業系統（AOAWS）中模式預報亂流的法則做一扼要介紹，以增進本區飛航組員及航務簽派員對飛行亂流預報資訊之應用。

二、飛行亂流的特性

亂流可被定義成許多渦流（eddies）所產生的瞬時、不規則運動。而大氣亂流則可視為風場不規則擾動所造成。任何真實風場與分析後的氣流線場或

等風速場的差異都被稱作亂流。對飛行中航空器來說，當大氣中不規則的渦流影響到航空器的運動，導致一系列突然的顛頗或機師感覺到搖晃（bumpiness）都稱之為「飛行亂流」。雖然，大氣中存在著各種尺度的亂流，但可以使航空器產生搖晃的大致上與機身大小的尺度相近，所以飛行亂流的強度不但與大氣不規則運動的強度有關，而且與航空器本身的特性，如空速、重力穩定及大小有關。

（一）風切與晴空亂流(CAT)

水平或垂直方向相對較強的風場梯度會導致亂流的發生。風速或風向的變化越大，則亂流越嚴重，因此飛行亂流常發生於水平及垂直風切都很大的噴流附近。因為這類的亂流的發生沒有任何視覺上的表徵，因此稱為晴空亂流(CAT)。”晴空亂流”這個名詞常讓人誤以為所有的高空亂流都發生在晴朗的天氣，雖然大部分這類亂流(70%)都發生在沒有雲的大氣環境下。當然 CAT 並不是只限於在噴流的附近，也可能發生在大氣的獨立區域。大部分時候，CAT 的發生與噴流及山岳波有關，當然也可能發生在高空低壓、高空槽或是卷雲盾附近。當飛機爬升或下降通過逆溫層時，有時也會遇到風切亂流，同樣也可能在經過飛機尾流時遇到中度亂流。各種 CAT 亂流的規則歸納如下：

1、山岳波 CAT

大於等於 25 knots 風垂直通過地表障礙物，障礙物旁有明顯氣壓變化。

2、高層封閉低壓 CAT

當氣流有合流或分流的狀況發生時，可能發生輕度或中度亂流。高層封閉低壓的東北方，也可能有顯著的 CAT 發生。扮隨噴流的 CAT 強度常與風切的大小有關。

3、風切 CAT

風速超過 60 knots，水平與垂直風切存在的區域，如表一。上述任何一種情況都有可能產生中度到強烈亂流。然而當兩個或以上的條件同時存在時，就有可能產生嚴重（extreme）亂流。噴流也會與山岳波結合或伴隨出現。

表一：風切 CAT 強度表

水平風切(Knots/Miles)	垂直風切(每 1000FT)	CAT 強度
25K/90	9-12K	中度
25K/90	12-15K	中度到強度
25K/90	大於 15K	強度

（二）背風面亂流

當強風垂直吹過山，導致的亂流可能非常強烈。過山氣流引發的上升下降區域，可能延伸至 2-20 倍的山脈高度。當氣流穩定時，在背風面形成波動，且沿下風處延伸 150 哩到 300 哩，這種波動被稱為「山岳波」。有些機師在飛行經過此區域時，沒有遭遇任何亂流。有些則會報告遭遇嚴重亂流。

垂直山脈的風產生主要的波動，並逐漸減低強度，再產生另外的波動傳遞下去。有些可以利用雲的特性或特徵來判定亂流的區域。而機師最在意的是這些主波，因為他們的強度較強且發生較高的山。當山頂的風速超過 50 knots，強烈的亂流常在下風處 150~300 哩地方被發現。當風速低於 50 knots 時，則有較少的亂流。

山岳波比較危險的地方出現在背風面滾軸狀雲或其下方的亂流區、以及山頂

後方的下沉氣流。

當航機飛越山岳波可能存在的山時,機師最好遵守下列五項原則。

1、當形成山岳波的條件存在時，應盡可能繞過這些區域，如果無法繞過這些區域，飛行高度至少應高於山的高度 50% 。

2、盡量避開有強烈滾軸狀雲的區域。

3、盡可能避開背風面的強烈下降氣流區。

4、盡可能避開高空莢狀雲（lenticular clouds），尤其是邊緣有破裂（edges ragged）的區域。

5、靠近山頂時，飛機上之氣壓高度表讀數可能會劇降達 1000 ft。

（三）雷雨亂流

雷雨雲內和附近的亂流通常會出現在發展中的對流雲內、雷雨雲頂及移動前方、雲底下爆氣流（downburst）及陣風鋒面（gust fronts）等幾個地方。大多數的強烈或嚴重亂流案例會發生在地表上方 8000 ft 至 15000 ft 的雲內，以及下爆氣流和陣風鋒面附近，少數出現在雷雨雲頂，至於雷雨雲移動前方則較少出現，一般只為輕到中度亂流。

三、飛行亂流分類與強度

本節包含亂流報告之標準如表二,表內針對每一個亂流分類描述其氣象上的特性。

表二：亂流報告準則已經被採用為標準。

亂流強度類別	飛機反應	飛機內部反應
輕度（Light）	飛機發生短暫輕微不定之高度和姿態改變或規律晃動不會感受高度和姿態有改變，報告為輕亂流或 Chop。	乘客可能對座位或背帶稍微有拉緊之感覺，未固定之物品，稍微移動，送食服務可以執行，走路很少或沒有困難。
中度（Moderate）	與輕度 Chop 類似但較強,會發生高度和姿態改變.但仍可控制,指示空速有變動.搖晃不會感受高度和姿態有改變，報告為中度 Chop。	乘客對座帶或背帶有明顯拉緊之感覺，未固定之物品會移位，送食物之服務及走路都感困難。
強烈（Severe）	亂流使飛機高度或姿態發生強烈而突然改變，常使指示空速發生大變動，飛機可能短時間不能控制者，報告為強烈亂流。	乘客隨座帶或背帶猛烈摔動，未固定物品被拋出並反覆打滾，送食及走路均不可能，飛機有時無法控制。
嚴重（Extreme）	亂流使飛機被猛烈拋擲，實已無法控制，飛機結構損壞者，報告嚴重亂流。	同類似強烈亂流

（一）嚴重亂流

通常發生於強對流，強風切的地方。

1、當垂直山脈的風超過 50 knots，在背風面滾軸狀雲附近的山岳波。

2、伴隨大冰雹的強烈雷雨胞，尤其是颮線。

（二）強烈亂流

1、當垂直山脈的風超過 50 knots，於背山面延伸 150 浬，向上延伸約 5000ft，最高可能到對流層頂。當垂直山脈的風約 25-50 knots，背山面延伸 50 浬，向上延伸數千呎；

2、下降氣流區雲底和雲頂附近分別有約 30 knots 及 50~60 knots 風速的成熟積雨雲內和附近地區，偶爾發生於塔狀積雲；

3、水平風切大於 40 knots/150 浬，垂直風切超過 6 knots/1000 ft 的噴流附近。通常這種條件發生時，噴流軸上下附近及其冷面 50-100 miles 地方最有可能發生。

4、噴流核心冷邊 50~100 浬內；

（三）中度亂流

1、 當垂直山脈的風超過 50 knots，背風面約 150 浬範圍；

2、 上升氣流區的雲底和雲頂附近分別有約 10 knots 及 40~50 knots 風速的塔狀和積雨雲內；

3、 垂直風切超過 6 knots/1000 ft，或水平風切超過 10 knots/浬的噴流、高空槽、冷低壓、高空鋒裡；

4、 噴流核心（core）冷邊 100 浬內；

5、 近地層(通常低於 5000 ft)，當地面風超過 25 knots，大氣因強震盪、冷平流而不穩定時。

（四）輕度亂流

1、微風過高大山脈的山區；

2、積狀雲內及附近；

3、近對流層；

4、風速小於 15 knots，空氣溫度小於地面溫度的低層大氣；

5、風速超過 15 knots 的風吹過低高度粗糙地形。

四、飛行亂流經驗預報

（一）近地面亂流預報

除非強風吹過較為粗糙的地表，夜晚的陸地通常有少部分的亂流發生於近地表的地方，這類的亂流隨高度而遞減。在白天近地亂流則視輻射強度、溫度遞減率與風速而定。其亂流強度隨高度增加，並穿過地表上方之不穩定層和中性層，一直到第一個逆溫層或穩定層。

垂直陣風隨高度增加大過水平陣風。近地強烈亂流通常發生在冷鋒通過的短時間，其他如白天的沙漠地區或雷雨發生時也會有近地強烈亂流發生。

（二）對流雲中亂流預報

在缺乏任何劇烈改變垂直溫度及溼度分佈的動力條件下，可以用雷文送（rawinsonde）資料來估計未來 24 小時對流雲或雷雨中亂流的潛在性。以下是預報這類亂流的經驗方法。

1、天氣圖預報法

a) 中低層高濕：850hPa（T－Td）≤ 1℃；700hPa（T－Td）≤3℃；500hPa（T－Td）≤ 5℃；

b) 850hPa 等溫線密集區；

2、斜溫圖預報法

a) 首先決定對流凝結層（CCL）；

b) 從 CCL 沿濕絕熱線到 400hpa，這曲線稱為上升曲線；

c) 比較上升曲線與自由大氣溫度線，正值區表示上升曲線的溫度比自由大氣溫度高，利用此方法取得的最大正值區為ΔT。由ΔT 的大小可決定亂流強度，如表三。

表三：ΔT 決定亂流強度表

△T（℃）	亂　流
0-3	輕度（Light）
4-6	中度（Moderate）
7-9	強烈（Severe）
ABOVE 9	嚴重（Extreme）

（三）晴空亂流的預報

晴空亂流是飛機在高空中常見的災害之一，並非所有高空亂流都發生在晴空的天氣下，然而在沒有任何視覺表徵的情況下，飛機可能遭遇到一些亂流所導致的癲頗。這類的亂流可能嚴重到使飛機受到損害，甚至災難的發生。

大部分的高空晴空亂流的發生都與噴射氣流有關，尤其是噴流附近強烈的風切。因此晴空亂流的發生經常是在冬季噴流特別強的時候。

近年來，對於晴空亂流與綜觀天氣的關聯有較充分的了解，下面是一般 CAT 比較有可能發生的區域。

1.300hPa 噴流軸左右兩邊 4 個緯度內，上下高度 3000 ft 內，如圖二。

2.噴流最大風速（≧110 knots）附近，尤其在氣旋邊最明顯，如圖三。

3.噴流下方，位於噴流核心南側，靠近 35000ft 冷區深槽的地方。

4.風速直減率為 7 knots /1000 ft，300~400hPa 間溫度變化 15℃以上及 200~350hPa 間溫度變化 10℃以上，會有中度至強烈 CAT。

五、AOAWS 模式預報亂流法則

目前臺北航空氣象中心 AOAWS 所使用的亂流預報法則（Integrated Turbulence Forecasting Algorithm； ITFA）是美國國家大氣科學研究中心（NCAR）所研發的成果，其系統預報流程如圖四所示。系統對亂流發生機率預報係利用中尺度預報模式（MM5）預報資料演算出來的，由於預報技術限制，其預報範圍侷限於 FL200 至 FL400 間之晴空亂流以及與噴流和鋒面有關之亂流，對於對流和山岳波引起的亂流則仍無明確的診斷能力。根據統計 10 至 20,000 呎間，因對流產生亂流的機率約佔 90%, 而 CAT 則只佔 10%，所以目前仍缺乏 FL200 以下之亂流預報資料。NCAR 研究人員已經從模式預報資料獲得預報亂流發生機率的各種指數，AOAWS 的 ITFA 計算出其中的 25 種指數，然後結合這些指數，利用一種模糊邏輯（fuzzy logic）技術：ITFA = $W_1D^*_1 + W_2D_2^* + W_3D_3^* + \ldots$

（D*i = diagnostic, Wi = weight），產生一個可以解釋中至強度亂流發生機率的單一數值。任一指定網格點上亂流指數的組合進行如下：

1、每種指數有自己的權重值 (weight：0~1.8)；

2、每種指數有一個選取範圍(active range)；

3、每種指數有其指定的最低與最高飛航空層（FL200~FL400）；

4、網格點上的指數值如果界於選取範圍，且其高度介於最低與最高飛航空層之間，則其權重會被加在模糊邏輯總和(fuzzy sum)上形成該網格點的權重總值；

5、每個網格點上的權重總值再除以最高可能總值，以常態化成介於 0 與 1 之機率指數值；

6、中至強度亂流預報機率指數代表意義如下：

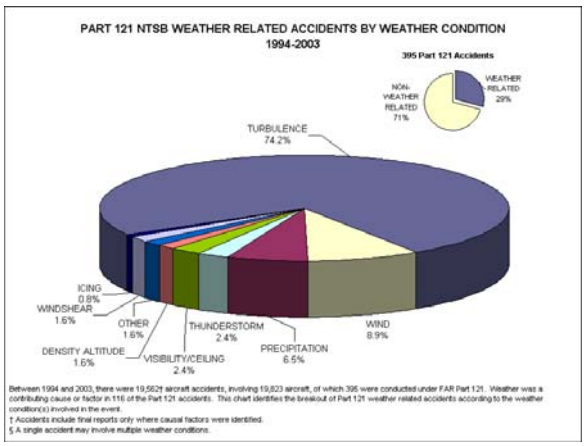
≦ 0.25	發生中至強度亂流機率：小（色階：灰）
＞ 0.25 且 ≦0.5	發生中至強度亂流機率：中（色階：藍）
＞ 0.5 且 ≦0.75	發生中至強度亂流機率：大（色階：淡藍）
＞ 0.75	發生中至強度亂流機率：非常大（色階：紅）

由以上說明，可見 AOAWS 中的亂流預報圖（如圖五）是預報「中至強度亂流」機率出現的大小程度，並非預報亂流強度是輕度、中度、強烈或嚴重，所以在參考該項預報資料之使用者應了解其預報涵義，以免和顯著天氣圖（SIGWX Chart）上亂流強度預報混淆。

六、結語

航空器每次發生飛行亂流之飛航事故後，輕者會增加飛行時間、延遲抵達目的地，及增加航空公司許多額外檢查和維護費用；重者造成人員受傷及機毀人亡之重大損失。根據美國民用航空總署（FAA）的調查資料，飛行亂流是造成航空公司最大傷害的天氣因素，每年至少增加 1 億美元的營運損失。為預防飛行亂流之天氣事件，FAA 目前正在執行一項飛航安全計畫（AvSP），計畫目標是建立一套好的數據鏈及亂流偵測警告系統，以便及時將資料傳送給機師、航管人員及航務簽派員使用。此一計畫除了要改進雷達遙測技術、增加商用航空器的亂流觀測密度外，改進中尺度數值預報模式、增加亂流預報模式 ITFA 的觀測資料、以及增加飛行亂流的實驗和個案研究等都是計畫的主要內容。計畫完成後，預計 2007~2017 的未來十年，因亂流所造成的天氣事件會比目前減少 80% ，以強化飛航安全和減少民航損失。

由於航空器尺度的亂流預報以目前的氣象預報模式發展仍存有相當大的困難，未來或許會有極大的進展，但模式預報及亂流偵測警告系統還未大幅改進前，飛行亂流的特性與經驗預報還是相當的重要有效，所以建議機師、航管人員及航務簽派員應多增進這方面的知識，至於氣象預報員則更應責無旁貸的充實飛行亂流的預報技術，以提供航空器準確的飛行亂流預報服務。



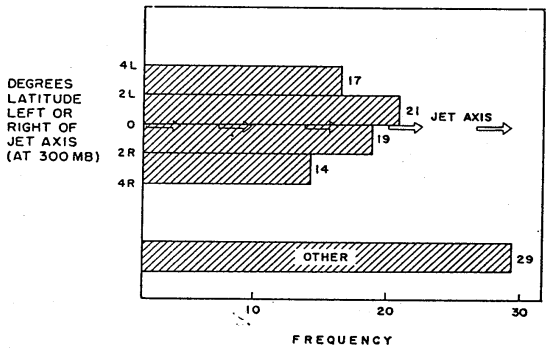


FIG. 2. The distribution of CAT with respect to the jet axis at 300 mb, derived from 470 cases of severe or moderate CAT. Frequency is in per cent and distances in degrees latitude.

圖一：1994~2003 航空器失事與天氣有關之統計。摘自*美國 NTSB 飛安報告*

圖二：300hPa 噴流軸附近 CAT 分佈圖
摘自 *G. Kroncbach 1964*

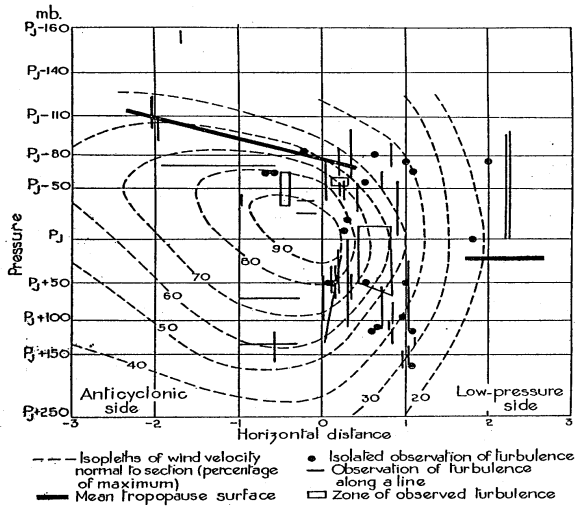
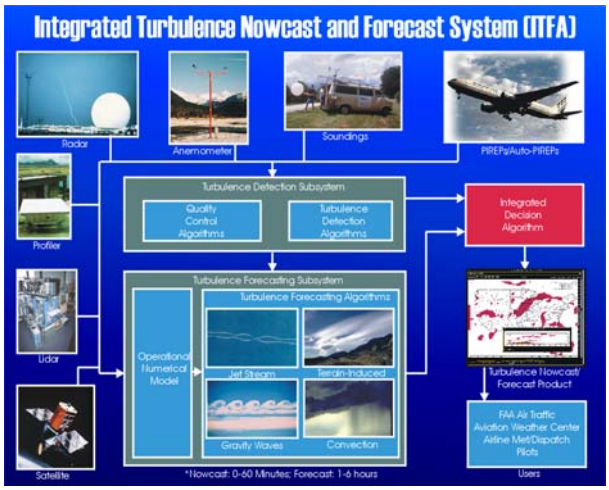
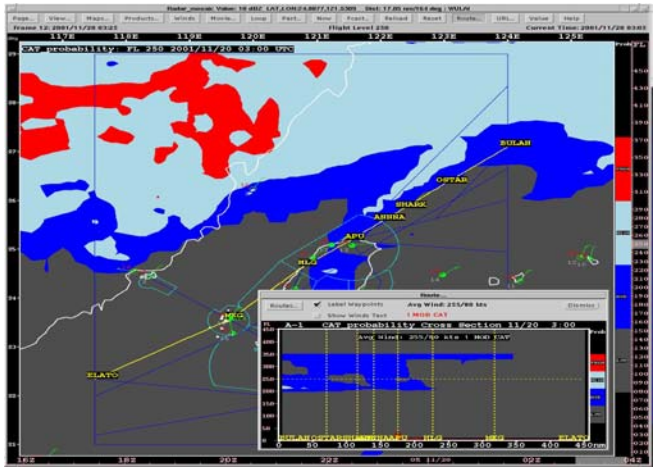


FIG. 1—POSITIONS OF OCCURRENCES OF SEVERE TURBULENCE RELATIVE TO A JET-STREAM AXIS



圖三：噴流軸附近 CAT 徑向剖面分佈圖
摘自 *J.K.Bannon,1952*

圖四：ITFA 系統預報流程



圖五：AOAWS 亂流預報圖

高原航空天氣特徵和航空氣象服務保障

牟豔彬

四川省成都市高新區芳草西一街 15 號

詳細摘要

高原機場是隨著西部大開發而迅速崛起的一個特殊群體，也是航空氣象保障面臨的一個新課題。高原機場大多地處高山峽谷之中，地理環境複雜、淨空條件差，天氣複雜多變，地方性特點突出，時常出現的大風、雷暴、低雲低能見度、低空風切變等天氣現象嚴重影響航班的正常，極大地增加了航空安全飛行的難度。加強和改進高原機場航空氣象服務保障工作是我們的當務之急。

本文簡要地闡述了廣義青藏高原的自然地理概況、高原主要天氣系統、高原大地形的作用、高原特殊的地形地貌和高原邊界層特點以及高原獨特的氣候特徵，分析了高原飛行的特殊困難和高原特殊天氣對飛行的具體影響及對飛行安全造成的危害。介紹了高原大氣科學在科學試驗、動力學研究、數值類比的研究現狀和我們航空氣象保障面臨的業務困境。最後提出了我們的航空氣象保障對策。

關鍵字：高原機場，天氣特點，航空氣象，服務保障，對策。

高原航空天氣特徵和航空氣象服務保障

牟豔彬

四川省成都市高新區芳草西一街 15 號

摘　要

本文簡要地闡述了高原氣候特徵、高原機場天氣特點以及對航空飛行的影響，介紹了高原大氣科學研究的現狀、高原機場航空氣象服務保障中存在的問題以及航空氣象服務保障對策。

關鍵字：高原機場，天氣特點，航空氣象，服務保障，對策。

1　引言

高原機場是隨著西部大開發而迅速崛起的一個特殊群體，也是航空氣象保障面臨的一個新課題。高原機場大多地處高山峽谷之中，地理環境複雜、淨空條件差，天氣複雜多變，地方性特點突出，時常出現的大風、雷暴、低雲低能見度、低空風切變等天氣現象嚴重影響航班的正常，極大地增加了航空安全飛行的難度。因此，加強和改進高原機場航空氣象服務保障工作是我們的當務之急。

我國共有 18 個高原機場，分佈在祖國的西南和西北。西南擁有我國 80%的高原機場，分佈在雲南、四川、西藏三省。目前，西南地區民用機場海拔在 1500 米以上的“高原機場”有 14 個，其中海拔在 2560 米以上“高高原機場”5 個，分別是邦達、拉薩、迪慶、九寨、林芝。隨著西部大開發戰略的繼續實施，康定、阿裏、馬爾康等機場的建成運行，西南擁有高原機場的百分比還將逐步提高。因此，可以說高原飛行問題就是西部飛行的問題，高原機場的問題基本上就是西南的問題。

2　青藏高原自然地理概況

一般習慣于把青海、西藏兩省區合稱爲“青藏高原”，實際上青海、西藏兩個行政轄區只是高原的主體部分，並非全部，稱爲狹義的青藏高原。從廣義上講青藏高原應包括西藏、青海兩省區，新疆的南部，四川西部和雲南西北的高原山區（如圖 1 所示），是僅次於巴西高原的世界第二大高原（注：本文討論的是廣義的青藏高原）。

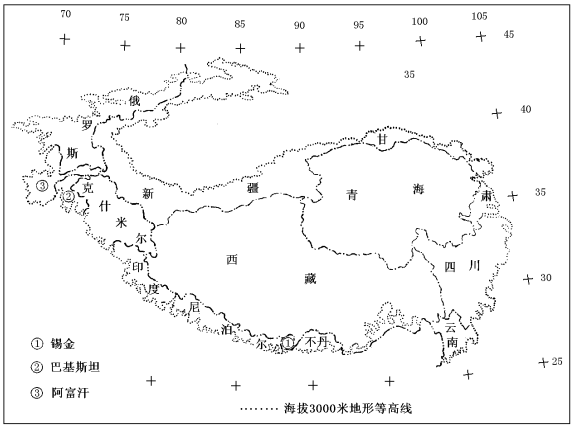


圖 1 廣義青藏高原地理範圍

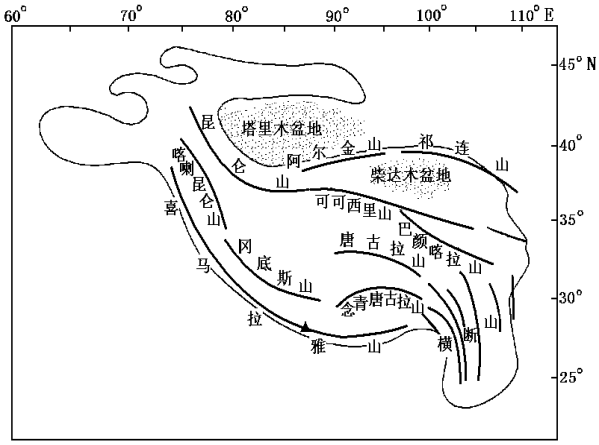


圖 2 青藏高原的地貌

青藏高原由山地、高原、盆地和谷地組成，地勢西北高，東南低（見圖 2）。其南北兩側外壁險峻陡峭，雄偉罕見，向內地勢和緩降低；它的東緣綠色山谷相

間，切割深遂，江流奔瀉，異常壯觀；西面毗連帕米爾高原，地勢高亢，冰川雪帽綿延。

3 高原大地形和獨特的氣候特徵

. 青藏高原占我國領土四分之一，平均海拔高度 4000 余米，是世界上海拔最高、範圍最大、地形最爲複雜的大地形，有“世界屋脊”和“地球第三極”之稱。喜瑪拉雅山、唐古喇山、巴顏喀拉山、橫斷山等高大山系橫垣于高原之上，許多海拔 6000-7000 米的山峰聳立在大氣對流層中部，以感熱、潛熱、輻射加熱的形式成爲一個高聳入大氣的熱源。青藏高原大地形極大地改變著對流層中下部西風氣流的運動，增加了高原地區大氣運動的複雜性，嚴重地影響著高原及其下游地區天氣氣候的變化。

青藏高原的主要天氣系統有 500hpa 低渦、500hpa 切變線、700 hpa 切變線、西南低渦、南亞高壓等，高原特殊的地形地貌形成了高原複雜多樣的邊界層，如動力邊界層、熱力邊界層、垂直邊界層、側向邊界層。高原邊界層特殊的動力熱力作用決定了高原天氣系統的結構特徵、發生發展和天氣特點。理論估算和探測研究表明高原邊界層的厚度約爲 2000～3000m，比平原地區邊界層厚度（1000～1600m）深厚得多，這就增大了高原的有效作用。邊界層高度的動力學定義式爲

$$H_E = \pi \left(\frac{2k}{f}\right)^{1/2}$$

其中 H_E 是邊界層高度，k 是湍流垂直交換係數，f 是 Coriolis 參數。顯然，高原邊界層高度大於平原意味著高原地區的湍流交換強度也大於平原，這種邊界層特徵爲高原地區積雲發生、發展提供了極爲有利的對流條件和湍流發展環境。

青藏高原的繞流作用迫使經高原南北兩側繞過高原的兩支氣流在高原東部匯合，易於形成高原東部對流層中下部的切變線，切變線兩側冷暖、幹濕不同性質氣流的交彙，爲複雜天氣的產生提供了環流背景。同時翻越高原的西風氣流在高原東部的動力減壓作用下，也易於誘發低氣壓系統，有利於雲、降水或其他複雜天氣的出現。青藏高原南側來自相鄰的印度洋、南海等地區的異常顯著的暖濕氣流及水汽輸送，在高原南側構成水汽異常輻合，並從孟加拉灣經青藏高原東部轉向長江流域和日本列島，造成這些地區的災害性天氣。高原東南部這一水汽充沛濕區的存在及青藏高原大範圍異常的加熱作用，進一步增加了高原東部地區地球大氣物理過程及天氣過程的變化，導致了青藏高原東南部強烈的對流性系統的活躍和異常複雜的天氣，形成了高原地區複雜多樣的獨特氣候，呈現出西北嚴寒乾燥、東南溫暖濕潤的總趨向和多種多樣的區域氣候特徵以及明顯的垂直氣候帶。具體表現爲：

（1）、空氣稀薄，氣壓低，氧氣少。

（2）、日溫差大，年溫差小。“一年難四季，全年備寒裝”。

（3）、幹季和雨季分明,多夜雨。由於冬季受西風帶幹冷空氣影響，夏季受印度西南季風控制，致使高原各地降水的季節分配非常不均,幹季和雨季的分野非常明顯。幹季乾旱多大風,低溫少雨雪,降水量僅占全年降水量的 10－20%。雨季多夜雨、雷暴和冰雹，降水量僅占全年降水量的 90%左右。

（4）、氣候類型複雜、垂直變化大。高原地勢西北高、東南低,藏北高原海拔 4500－5000 米,藏東南谷地海拔 1000 米以下。其氣候特徵自東南向西北依次分爲熱帶山地季風濕潤氣候－亞熱帶山地季風濕潤氣候－高原溫帶季風半濕潤、半乾旱氣候－高原亞寒帶季風半濕潤、半乾旱和乾旱氣候－高原寒帶季風乾旱氣候等各種氣候類型。

在藏東南和喜馬拉雅山南坡高山峽谷地區,自下而上,由於地勢疊次升高,氣

溫逐漸下降,氣候發生從熱帶或亞熱帶氣候到溫帶、寒溫帶和寒帶氣候的垂直變化。平原地區從南到北相隔數千公里才能呈現出熱、溫、寒三帶的自然景象,而這裏從低到高則出現在水平距離僅數十公里的範圍內,有“一山有四季,十裏不同天”的美譽。

4 高原特殊天氣及其對飛行的影響

4·1 高原對飛行的影響

高原飛行，不僅要求對飛機進行特殊的改裝，而且由於缺氧，對飛行員的生理要求也大大提高；高原航線主要是在無線電甚高頻不能覆蓋的高山穿行，因此航路上主要依靠無線電高頻通訊。但高頻通訊受無線電干擾大、信號弱、通訊不暢；高原航線助航設備少，航站區導航設備也常常因地形的影響會出現信號遮罩和假信號的現象，使飛機難以準確定位；高原飛行不可避免地要在高山峽谷中穿行，供飛機機動的空間和餘地非常小，供管制調配的空間非常有限,一旦遇上特殊情況，飛行員處置難度加大，如再遭遇變化多端的危險天氣，輕者返航備降，重者機毀人亡。

4·2 高原天氣對飛行的影響

高原大地形的動力和熱力作用，使得高原及其鄰近地區低層流場比較複雜，風、雲、溫度、降水等各種氣象要素也出現與平原地區不同的特徵。其天氣對飛行的影響主要表現在以下幾個方面：

（1）、地面大風多。由於高原機場海拔較高，機場地面接近大氣層中層，一般情況下，地面大風較多。在空中層結不穩定的情況下，高空強風向地面動量下傳，也常引起地面大風。在特殊地形的配合下，常常導致進近區域順風和側風超標，影響飛機起降。拉薩機場在冬春季節最容易出現此類大風，有時連續出現數日，且非常強勁，甚至引發風沙或吹雪。

（2）、地形對風的影響大，亂流多，風的變化大，低空風切變明顯。在高原或山區，氣流越山、繞山時，被迫發生方向或速度的改變，形成亂流、山地波和風切變。在強風作用下，氣流擾動更爲明顯。尤其是低空風切變可造成飛機失速，是航空器起飛和進近階段的安全殺手，嚴重危害飛行安全。昆明、大理、麗江、迪慶、九黃、西昌、攀枝花等機場時常出現的低空風切變，多次造成飛機的複飛或備降，不僅影響了航班正常，也嚴重影響了飛行安全。

（3）、多雷暴和冰雹飛行危險天氣。夏季，印度西南季風攜帶大量水汽侵入高原，爲高原地區強對流雲發展準備了條件，再加上高原較強的地面湍流加熱和地面動量輸送，午後熱力對流旺盛，下午至傍晚積雨雲、雷暴和冰雹等天氣出現頻次很高，爲北半球同緯度地帶的高發區。

（4）、多低雲低能見度。風沙、雨、雪、霧均可引起低雲低能見度。在高原，由於特殊地形的原因，低雲和霧經常互相轉換，爬坡霧（低雲霧、多變霧）時有發生。加上高原機場起降天氣標準高，常常導致航班的延誤。

（5）、高海拔地區常年結冰積雪。冬季九黃、迪慶、昭通、拉薩、邦達機場有跑道結冰積雪現象，增加了道面維護的難度並經常導致航班延誤。

（6）、日溫差大，影響飛機的配載，運行控制和簽派難度加大。

除上述特點以外，如下特徵更是其他地區少見，給航空氣象保障，特別是預報帶來相當大的難度。

（7）、各種天氣現象來去匆匆，在短時間內反復出現，具有短、頻、快的特點。例如九黃機場雷雨可以在一個下午時間內形成數次，一次雷雨過程從開始生成到完全消散只需要 30 分鐘左右；風向從正南轉向正北也只用不到 5 分鐘；能

見度從大於 10 公里到 0 公里或者從 0 公里到 10 公里只需要幾分鐘，而且在一個小時之內可發生數次。

（8）、天氣瞬息萬變、變幻莫測。有時一天之中可經歷風、雪、雷暴、冰雹等多種天氣甚至是幾種特殊天氣同時出現。

5 高原大氣科學研究現狀

5．1 高原大氣科學試驗

青藏高原的地-氣物理過程對全球氣候與東亞大氣環流以及我國災害性天氣和氣候的發生有重大影響，爲了揭示高原天氣氣候的物理本質，我國老一輩氣象學家從上世紀 50 年代開始就對青藏高原的動力作用和熱力作用進行了研究，但由於當時的觀測資料和研究方法所限，他們主要討論的是青藏高原的氣象要素、天氣現象、天氣系統、氣候變化及高原的影響，對青藏高原大氣的動力學問題涉及不多。爲了揭開青藏高原大氣的神秘面紗，我國開展了兩次青藏高原大氣科學試驗(QXPMEX 和 TIPEX)和多次國際合作的高原地面熱源觀測、大氣邊界層物理過程觀測和理論研究，獲得了豐富的實測資料，揭示了一些不爲人知的天氣事實和一些重要的物理過程。特別是第二次青藏高原大氣科學試驗（TIPEX）和多次國際合作的高原觀測試驗，採用了邊界層綜合探測系統，獲得了一批價值較高的高原邊界層實測資料，氣象學者利用這些資料，在諸如高原地-氣物理過程的研究以及高原對亞洲季風、全球氣候變化、區域性災害天氣及氣候的影響等多方面進行了廣泛深入的研究，取得了一系列有價值的新成果，填補了國際上在高原邊界層問題及地-氣物理過程研究領域的一些空白。

5．2 青藏高原的動力學研究

青藏高原的動力學研究主要集中在適應問題（地轉適應、熱成風適應、熱力適應、地形適應）、近地層能量收支分析、動力學診斷分析、地形背風波、地形動力和熱力作用下的線性和非線性波、高原天氣系統（青藏高壓、高原低渦和西南低渦）的動力學機制等幾個方面。20 世紀 80 年代中期以後，人們開始用非線性波動理論研究高原大地形影響下的大氣運動，討論了大地形與正壓 Rossiby 波的關係，研究了地形強迫下的非線性 Rossiby 波和高原大地形作用下的 Rossiby 波。1991 年李國平等應用熱成風適應理論研究了西南低渦，給出了暖性西南低渦生成的一種可能機制；1996-2000 年李國平從大氣波動方程組中求出了一類奇異孤立波解，並將其用於青藏高原低渦結構的研究，使高原低渦的一些重要特徵在理論上得到了較好的解釋，並且從動力學角度分析了熱力強迫對高原低渦結構和發展的影響；2002 年李國平等借鑒研究熱帶氣旋類低渦（TCLV）的動力學方法分析了地面感熱對高原低渦流場結構(如圖 3)及發展的作用。吳國雄（1999）導出了全型垂直渦度方程，提出了傾斜渦度發展（SVD）理論，並用於動力學診斷西南低渦的形成。劉新、吳國雄（2001）討論了夏季高原加熱和青藏高壓的關係，提出了熱力適應的概念等。

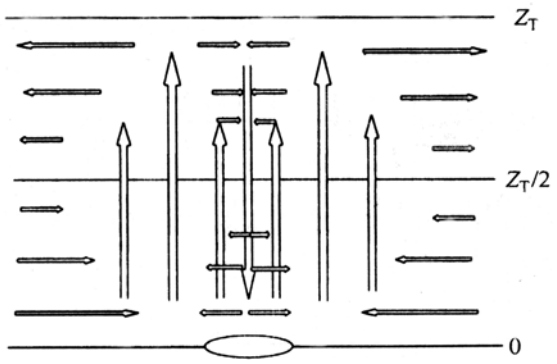


圖 3 高原低渦流場垂直剖面結構示意圖

應用動力學理論研究大氣運動，由於支配大氣運動的數學方程複雜、包含的物理過程繁多（特別是在高原地區），我們常常面臨這樣的困境：爲了求得方程組的解析解，所作的簡化（近似）不合乎實際，而合乎實際的簡化方程組仍然難以求得解析解。目前解決這一困境的有效方法就是數值類比。

5．3　青藏高原的數值類比

數值類比開創了大氣科學的新紀元，使大氣科學成爲一門可以實驗的科學。上世紀 80 年代之後，數值試驗有從輔助、驗證動力學研究的地位變到完全取代動力學研究的傾向。利用數值類比這一有效手段，國內外已對高原地形影響進行了不少研究，這些研究通過有無高原、高原不同高度和形狀、不同下墊面特徵、不同初始場等形式的敏感性試驗結果的對比分析，在一定程度上區分了高原的動力和熱力效應，高原地形對低空急流、東亞大槽、伊朗高壓和西太平洋副熱帶高壓等系統形成和維持的作用，比較了青藏高原和落基山地形影響的差異。如錢永甫等認爲夏季高原的熱力作用更重要，冬季地形的動力作用更重要；王安宇等指出：當高原的地形高度超過 3km 後，低空西風氣流主要從高原的南北兩側饒過，並在高原東側的江淮流域形成氣流輻合區和切變線等。

高原數值類比和預報作爲青藏高原氣象學中年輕的分支，在高原這樣複雜的地區進行數值試驗，

會遇到資料處理、垂直坐標系選取、水平氣壓梯度力的計算方法、模式物理過程的特殊考慮（如積雲對流參數化方案、次網格地形參數化方案）等一系列問題，這些問題統稱數值模式中的地形處理問題。

例如坐標系選取，常用的坐標系有兩類，一類是座標面接近水平的，但地表面隨時間起伏，下邊界條件很複雜，需要發展特殊的計算技巧。另一類有著簡單的下邊界條件，但在數值計算的精度上發生了困難。於是產生了混合坐標系，但也未能完全克服在數值計算方面的困難。爲解決這一問題，Mesinger(1979)設計了 η 坐標系

$$\eta = \frac{p - p_T \quad p_{rf}(Z_s) - p_T}{p_s - p_T \quad p_{rf}(0) - p_T}$$

其中 P 是氣壓，下標 T 和 S 分別表示在模式大氣上邊界和地表面的值，Z 是高度。$P_{rf}(z)$是參考氣壓，它是高度 Z 的函數。地表面的海拔高度理想化爲一組離散的值，即將實際地形理想化爲階梯形狀，因此既有簡單的下邊界條件，又沒有數值計算方面的困難。特別當取 $Z_S=0$ 時，η 坐標系就變成 σ 坐標系。σ 坐標系是數值模式中應用最廣泛的坐標系。

合理地求解數值預報問題的充要條件是：（1）對初始時刻的大氣狀況具有足夠正確的認識。（2）對大氣從一個狀況發展成另一個狀況的定律具有足夠正確的認識。但時至今日，在確定上述兩個條件上，我們的認知能力仍很有限，

特別是對於某些物理過程或象青藏高原這樣的特殊區域。在用數值模式方法研究青藏高原的天氣氣候問題時，遇到的特殊而又重要的問題是如何準確地刻畫高原的動力和熱力作用。在數值業務預報模式中引入高原地形影響方面，雖然數值預報業務模式中對高原地形高度的處理已比較真實，但數值預報的效果還較差，誤差還比較大，不能直接應用于高原天氣預報之中。

綜上所述，儘管國內外氣象學者對高原大氣開展了多方面的研究，也取得了不少的成果，但主要集中在高原大地形對天氣氣候的影響方面，在高原局部地形對天氣的影響如山脈邊界層效應、高原近地層小尺度天氣系統如浮力垂直卷流、輻合線、上升氣層等的研究方面還開展得很少，更沒有一套針對高原機場範圍的業務化的天氣預報模式，這給我們的航空氣象保障帶來了困難，也給我們的工作留下了空間。建立一套特殊的高原機場航空氣象服務保障方法就是我們的當務之急。

6　高原飛行的航空氣象服務保障對策

高原機場飛行難，保障難在航空界衆所周知。但是拉薩航線成功飛行 40 年，九黃機場自 2003 年 9 月開航以來大流量安全運行近三年給了我們巨大的鼓舞。難並不是沒有解決問題的辦法，難並不是束手無策。全面提高高原機場航空氣象服務保障能力需要我們付出諸多努力：

1．1　搞好高原機場選址論證工作

氣象條件是高原機場場址選擇的重要因素之一，事關日後機場運行的安全和效益，因此在高原機場選址論證工作中應充分開展氣象條件的適應性論證，利用有利氣象條件，避開不利氣象條件。

1．2　加強高原機場航空氣象設施設備配置的評估工作

高原機場地形地貌複雜，設備安裝選址難，各種探測設備（例如雷達、風廓線儀等）也各有適應範圍和優缺點，在加速高新技術設備引進建設的同時應充分考慮設備在當地的適應性和相容性以及各種設備的互補性和配套性，力爭上一套有效一套，避免資源浪費。

1．3　加強高原機場基礎氣象設施建設

1．3．1　高原機場由於地理位置所限，許多機場很難選到符合規範要求的常規觀測場場址，應配置自動觀測系統以滿足獲取近進區域航空氣象要素資料的需要。應根據機場地形條件和特殊需求，在一些風向風速變化較大的特殊位置適當增加系統中測風設備的布點。

1．3．2　爲保證航班的正常起降，航班量大的高原積雪結冰機場還應配備掃雪車和除冰設備。

1．3．3　建立低空風切變探測設備

國際航空和氣象界公認，低空風切變是對航空器在起飛和著陸階段飛行安全威脅最大的天氣現象，嚴重危害航空活動安全。低空風切變現象具有時間短、尺度小、強度大的特點，因而帶來探測難、預報難、飛行難等一系列困難。高原機場亂流多，風向風速變化大，應加大測風設備的投入，建立低空風切變預警系統。目前，風切變探測手段包括如下幾類：

多普勒天氣雷達在探測水汽含量較多的天氣系統如微下擊暴流和積雨雲所伴隨的低空風切變有著相當大的優勢，但是其缺點是（1）晴天不能使用；（2）反演風場與實測風場存在著誤差；（3）解析度隨距離變差，小尺度風場常常被忽略；（4）安裝位置要求高，選址常常受到限制，致使雷達不能直接應用於跑道範圍。雷射雷達能在晴天和乾燥的環境下進行風場的探測，但是在降水環境下信號

衰減比較強，主要可以對風切變、陣風鋒和紊流做出危險警報。目前用於機場低空風切變業務較少，沒有可以借鑒的方法和模型。

風廓線儀也稱風廓線雷達，它是採用多普勒全相干技術及微信號檢測技術，探測晴空大氣中風隨高度變化的資訊。通過發射不同方向的電磁波束，接收並處理這些電磁波束因大氣垂直結構不均勻而返回的資訊，得到了風的垂直廓線。風廓線儀利用多普勒效應能夠探測其上空風向、風速、和溫度等氣象要素隨高度的變化，具有探測時空解析度高、自動化程度高等優點，尤其是能夠在晴天條件下，觀測多普勒雷達等不能或不易直接觀測到的微下沖氣流和垂直陣風，並可以完成 LLWAS 不能完成的空間三維探測。在測風的基礎上，通過無線電聲波探測系統，觀測聲波在不同高度層的傳播速度，得到大氣虛溫的變化值，形成溫度廓線，測風測溫同時進行，這是風廓線儀的又一大特點。與多普勒天氣雷達相比，風廓線儀可以在晴空的情況下監測某處的垂直風場分佈，但是由於單部風廓線儀只能監測其上空的風的情況，只有將多部風廓線儀進行聯網才能得到整個機場上空區域的垂直風場分佈。

低空風切變預警系統（LLWAS 系統）具有時效性強、虛報率低和可以業務化的優點，由多個測風儀及處理器所組成，在跑道兩端向外延伸 3 海裏範圍內有足夠的測風感測器，它可以探測並確認離進場走廊 300 米以下區域的危害性低空風切變。而且自動化程度高，若有兩個風切變/微下擊暴流同時出現時，系統以最嚴重者的強度和最接近飛機的起降位置編發警報。但是由於測風儀和處理器安裝有一部分需要在機場圍界外，給安裝選址和維護保養帶來較大的難度，高原地區由於地形原因，安裝選址難度更大。還有一種集成的業務化風切變系統，一般是由 LLWAS 和機場多普勒雷達構成，可以全天侯、全方位測量，產品可信度高；但是造價昂貴，維護成本大。

綜合上述各種探測設備的利弊，結合西南地區地形特點，我們建議在高原機場應建設 2-3 套風廓線儀，同時在地面布測風系統，將地面資料與風廓線探測資料進行綜合分析，以確定機場地面及上空區域是否有風切變發生，提高低空風切變的預警能力。

1．4　改變輪換工作制

由於氣候和歷史的原因，一些高原機場實現人員輪換工作制。高原機場地方性天氣特點強，頻繁的輪換不利於航空天氣工作經驗的積累。在輪換的過程中應特別注意預報觀測經驗的傳承和氣象資料的交接，並創造條件逐步取消短期輪換制。

1．5　加強機場氣象臺建設，穩定航空氣象人員隊伍

目前多數高原機場氣象人員嚴重不足，專業素質偏低，應通過多方努力健全高原機場氣象臺機構編制，加大人力資源、業務培訓方面的投入，提高從業人員的福利待遇，穩定航空氣象人員隊伍。

1．6　全方位獲取原始氣象資料

高原輪換工作制地區氣象資料稀少，天氣瞬息萬變，適當加密觀測時次，增加探測方法，全方位、連續地觀測和記錄機場天氣的演變情況，存儲寶貴的第一手原始氣象資料，有利於完整地跟蹤天氣變化的過程，研究天氣演變規律。

1．7　加強對高原機場天氣的分析研究和經驗總結

由於青藏高原氣象觀測站稀疏，高原大地形對高原天氣的複雜影響，目前包括我國氣象科學家在內的科學家對發生在高原上的氣象變化及其影響還知之甚少。事實上，青藏高原地區的天氣及其複雜的變化是世界性難題，也是航空氣象研究的處女地。

航空氣象工作者要加強對高原機場天氣變化規律的總結，加強高原機場天氣氣候演變背景的研究，強化氣象基礎理論的學習，強化對高原機場複雜天氣其及變化特點的認識。具體的講 ：要分析研究高原機場天氣演變與亞歐地區大尺度環流調整或大尺度天氣系統活動的背景；要分析研究高原機場重要天氣的季節變化及日變化的特點；要分析研究高原機場航空氣象要素與天氣系統的關係；要分析研究高原機場近地面天氣的變化與高空天氣系統的關係；特別要分析研究機場天氣的地方性特點與地形、地貌等地理環境的關係，等等。要全面總結高原機場天氣預報工作經驗，逐步深化對高原機場天氣的理性認識；建立必要的高原天氣分析預報工具，提高高原機場重要天氣和短時天氣的預報能力。

1．8　加強高原航空氣候特徵研究

加強高原氣候特徵和高原機場航空氣候特徵研究，爲航空公司和航空氣象用戶編制提供機場《航空氣候概要表》，分析機場各個季節不利於飛行和有利於飛行的天氣出現的時間和規律，爲航空公司合理安排航班時刻提供參考。

1．9　打破閉關自守的局面，實現資源分享

加強與建立與國家氣象部門和科研院所的技術合作，聯合開展高原天氣的理論研究。加大科技開發力度，建立高原機場天氣預報模型和預報工具，提高預報準確率，爲飛行安全及公司的經濟效益做出貢獻。

2．0　加強協作溝通，改善航空氣象服務

及時發佈特殊天氣報告、重要氣象情報和機場警報，加強對航空氣象用戶氣象知識的培訓，增強航空氣象用戶對氣象情報的理解和應用，密切航空氣象用戶的聯繫和資訊反饋。

2．1　建立健全《高原機場航空氣象管理規定》

任何行之有效的方法和手段，只有制度化後才能發揮最大的效益。建立健全《高原機場航空氣象管理規定》，做到依法管理，按章行事。

2．2　加強航空器空中氣象報告的收集和應用

空中氣象報告是一種寶貴的資源,應充分的利用和共用,尤其是高原機場。通過陸空通信或其他媒介，迅速得到飛行機組在空中的氣象報告，進一步確切地定位當時天氣在第一時間的空間分佈，有利於氣象部門對重要天氣的訂正或驗證，有利於氣象部門將重要天氣資訊反饋給飛行中的其他機組或其他航空用戶，也有利於天氣經驗的積累。

2．3　加強高原機場氣象服務保障的規劃，提高氣象工作的適應能力。

社會經濟的高速發展，飛行流量的加大，飛行對航空氣象保障提出了更高的要求，航空氣象服務保障工作面臨著新的外部環境。機遇和挑戰並存。這就要求我們未雨綢繆，加強發展規劃研究，提高服務水平，增強適應能力，以積極的姿態迎接新篇章的到來。

參考文獻

1　李國平。青藏高原動力氣象學。北京：氣象出版社，2002

恆春機場冬半年強落山風之預報

劉昭民
台北市敦化北路 340 之 10 號 2 樓 208 室

摘　要

恆春機場自民國 93 年 1 月 10 日開航以來，冬半年期間(10 月至翌年 4 月)就經常遭遇到強勁落山風之侵襲，以致民航機經常停飛或減班，影響民航事業和觀光事業之發展甚鉅，因此恆春機場強落山風之預報方法值得吾人探尋。

本文結合前人和作者歷年之研究，提出恆春機場冬半年強落山風之預報方法如下。

一、綜觀天氣圖法—包括強烈寒潮型、移動性高壓出海型、颱風影響型。

二、南北氣壓梯度法—包括以下兩個方法

1. 沿 120˚E，在 22˚N~28˚N 之間，氣壓差大於 8 hPa。
2. 馬祖北竿機場與高雄機場之間氣壓差≧5 hPa，即 $\Delta P_{MT\text{-}KM} \geqq 5$ hPa。

三、在前述有利條件之下，再使用上游之綠島探空資料，低空 1000 呎~4000 呎間之風速要≧25 KTS。

關鍵詞：恆春機場、強落山風、綜觀天氣圖、氣壓梯度。

1.前言

落山風是台灣南端恆春半島西海岸一帶，即恆春、白沙和枋山之間地區冬半年期間非常強盛而且非常盛行的地方風，相當西人所謂的下坡風(即欽諾克風)。由於中央山脈在中北部地區之高度最高，平均高度多在三千公尺以上，但是到了高雄、屏東之後，即降至 1500 公尺，再往南到大武以南，高度再降至 400 公尺，厚度僅四、五千呎之東北季風即很容易翻山而過(見圖一)，再加上背風面的台灣西南部地區低層大氣較暖，空氣密度較小，氣壓較低，所以來自東部海面密度較大、較重、較冷的氣流乃自山嶺直瀉而下，造成落山風。氣象界人士還進一步指出它可能是受綜觀尺度天氣系統影響之結果(洪秀雄等，1990)。

落山風對民航機之飛安有非常重大的影響，因為落山風是相當不穩定的山岳波和亂流，所以恆春機場自民國 93 年 1 月 10 日開航以來，中型民航機在冬半年期間即經常停航或減少班次，因此冬半年期間強盛落山風之預報也是航空氣象人員所重視之項目之一。

2. 恆春機場冬半年期間強落山風之預報方法

關於恆春機場冬半年期間強落山風之統計工作，經過氣象界人士之努力，已有不少成果，有謂從 10 月至以年 5 月最為盛行，但五月份強度較冬季和春季稍弱者(1981，林政宏、曾憲瑗等)。有謂從 10 月至次年 4 月最盛行，尤其集中於 11 月至 2 月者，持續時間數小時至十數日不等(陳泰然等，1995)。也有氣象界人士統計強落山風出現之日變化，認為上午 10 時到下午 1 時強陣風出現機率

大於其他時段(李巨祥等，2004)。這些統計成果可提供強落山風季節預報和出現時段預報參考。至於每日 24 小時之機場天氣預報(TAF)可分成以下三種方法：

(1) 綜觀天氣圖法—氣象界人士曾統計歷年來恆春機場出現強落山風之綜觀天氣型態，計有三種—強寒潮型、高壓出海型、熱帶擾動型(陳泰然等，1995)。根據筆者歷年之統計則有以下三種：

a. 強烈寒潮型—當大陸西北、蒙古、華北、東北等地區有≧1040 hPa 之冷高壓；西北太平洋區有氣旋鋒面存在時，台灣地區在東北季風影響之下，地面天氣圖上等壓線密集時，不僅馬祖、馬公、桃園等地區會出現≧25 KTS/G35KT 之強風，而且恆春機場也會出現≧25 KTS/G35 KTS 之落山風。(見圖二)

b. 移動性高壓出海型—冬半年期間遇有分裂性太陸冷高壓從長江口或東海(30˚N-40˚N 間)出海，高壓環流常在台灣地區產生較大氣壓梯度力而有利於強落山風發生，見圖三。

c.颱風影響型—當秋末及冬季期間，有颱風自呂宋島北部和巴士海峽西移，或者自巴士海峽北上時，颱風之東風環流常常造成恆春機場出現持久性強落山風，由於台灣南部和東南部之等壓線特別密擠，氣壓梯度力特別強，故落山風特別強勁。見圖四 (2004 年 12 月 3 日 1400 UTC 恆春機場出現 090˚23 KTS/G41 KTS 之強風)。

(2) 南北氣壓梯度法—冬半年期間，馬祖和桃園機場之強風預報方法係採取南北氣壓梯度法，冬半年恆春機場強勁落山風之預報亦可採取這種方法，包括以下兩種：

a.沿 120˚E，在 22˚N~28˚N 之間氣壓差大於 8 hPa(陳泰然等，1995)。

b.馬祖北竿機場(MT)與高雄國際機場(KH)之間氣壓差≧5 hPa，即 ΔP_{MT-KH} ≧5 hPa。

(3)綠島低層風速要≧25 KTS

除颱風影響型要根據颱風中心位置與台灣各地最大風速之關係圖，預報恆春機場最大風速外，吾人可追溯恆春機場東北季風之上游—綠島之探島資料來預報恆春機場之強落山風，當綠島探島資料顯示低空 1000 呎~4000 呎之間風速≧25 KTS，則恆春機場將出現≧25 KTS/G35 KTS 之強落山風。反之，綠島探空資料顯示 1000 呎~4000 呎之間風速<25 KTS 時，則恆春機場之落山風將減弱。見表一。

表一：恆春機場落山風最大風速與綠島探空資料之關係

天氣圖型式及探空資料時間 / 風向 / 高度(呎) / 風速(KTS)	強烈寒潮型 2003 年 2 月 4 日 1200 UTC	移動性高壓出海型 2003 年 2 月 22 日 1200 UTC
4000	070˚20KTS	040˚20KTS
3000	070˚20KTS	040˚20KTS

2000	020˚35KTS	030˚35KTS
1000	020˚35KTS	040˚25KTS
次日恆春機場所出現之最大風速	040˚30/ G 45 KTS	050˚25/ G38KTS

3.結論

由本文之討論，可知恆春機場冬半年期間強盛落山風對中型民航機之飛航安全影響十分重大，吾人可根據綜觀天氣圖法、南北氣壓梯度法、綠島低層探空資料、颱風中心位置與台灣各地最大風速之關係圖等資料，來進行恆春機場冬半年強落山風之預報。

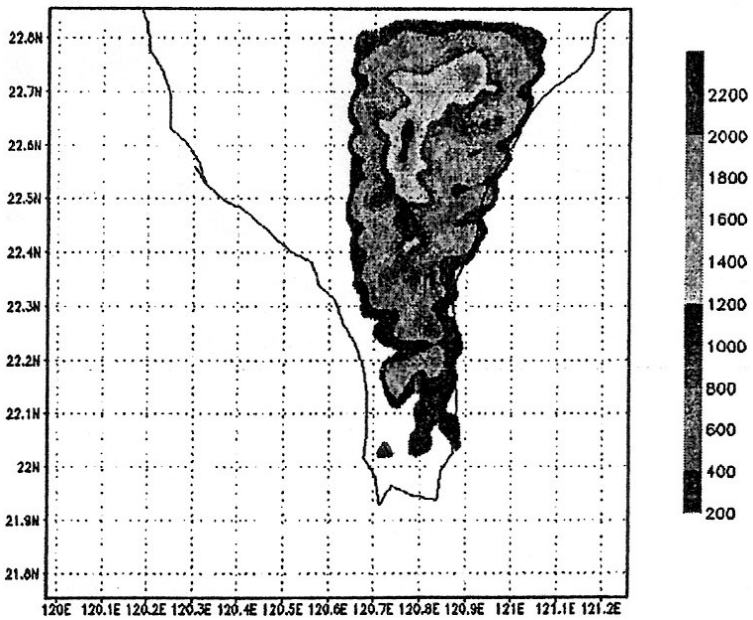
4.參考文獻

(1)林政宏、曾憲瑗等，1981：恆春機場及其鄰近佳冬機場之氣候概況與顯著天氣分析研究。民航局研究計畫，共 47 頁。

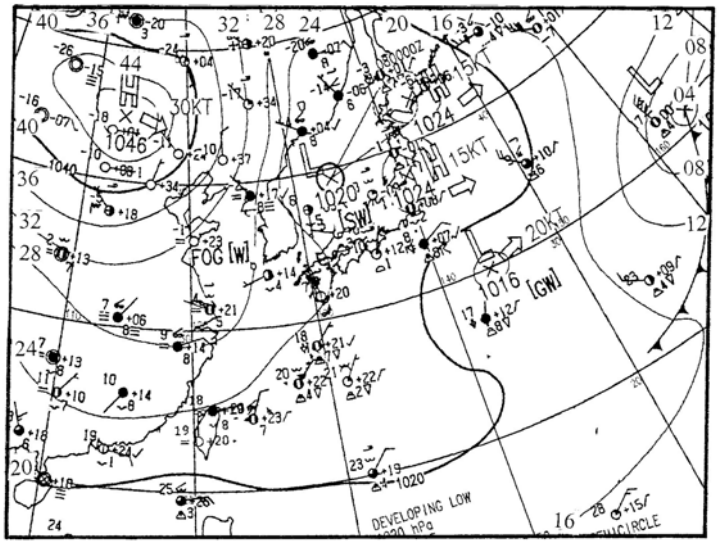
(2)洪秀雄、胡仲英，1990：恆春落山風之分析研究，一、現象分析。大氣科學，P.171-191。

(3)陳泰然、李清勝、林沛練，1995：影響恆春機場飛航安全之氣象因素調查與風險評估，民航局委託研究計畫，239 頁。

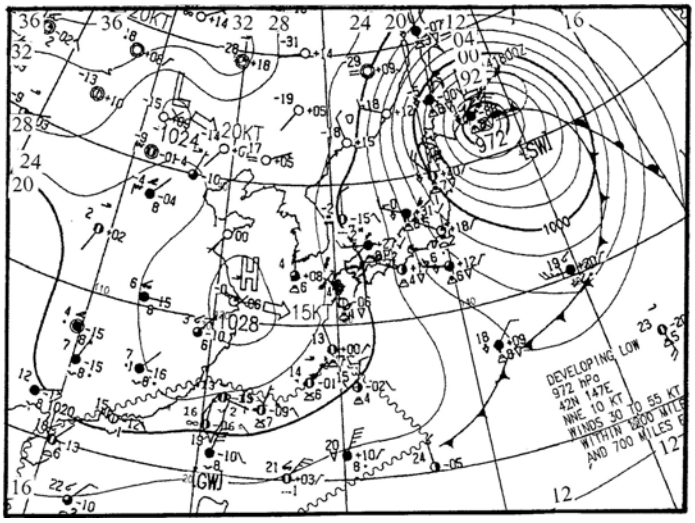
(4)李巨祥、葉斯隆，2004：冬季恆春機場風場特徵分析，氣象與航空安全研討會論文集(2004 年 4 月 14 日-15 日，民航局國際會議廳)，P.80-83。



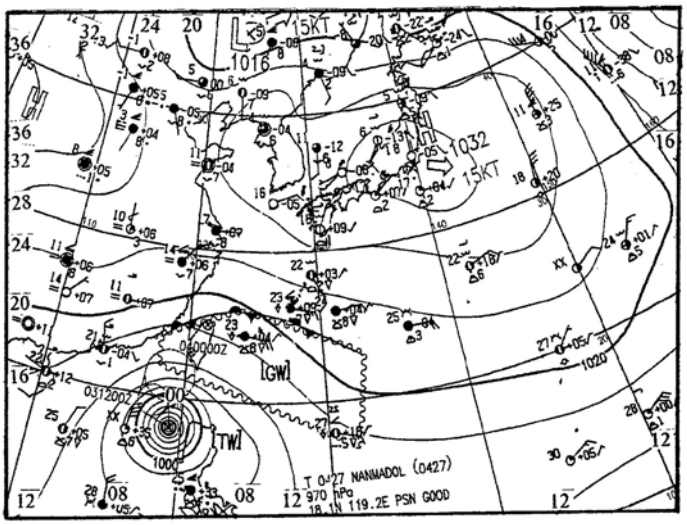
圖一：恆春半島地形圖，最上方者地勢最高，其下方顏色較淡之部分地勢次高，下方顏色較深之部分地勢較低，高度單位為公尺。三角形記號代表恆春機場之位置。(參考自李巨祥、葉斯隆，2004)



圖二：2004 年 1 月 7 日 0000 UTC 地面天氣圖



圖三：2004 年 1 月 13 日 1800 UTC 地面天氣圖



圖四：2004 年 12 月 3 日 0000 UTC 地面天氣圖

航空氣象自動化收報系統之建構與作業應用

童茂祥 張友忠 莊清堯
台北市松山區濱江街 362 號

摘　　要

航空氣象作業必需要作到迅速與正確無誤，為達到此目標最佳方法即建立一套自動化監視系統來替代人工處理，也就是將人為疏失完成屏除。為便於操作，決定利用物件導向之 VB 軟體來撰寫此系統。

然而完善的系統必需具備極佳的穩定性及擴充性。本系統完成後經過近兩年測試及多次改善，不僅能完全勝任收報作業並且完成多項擴充功能，例如：比對校驗、警示與製圖等。對航空氣象觀測或預報作業人員而言，確實帶來莫大方便。

一、前言

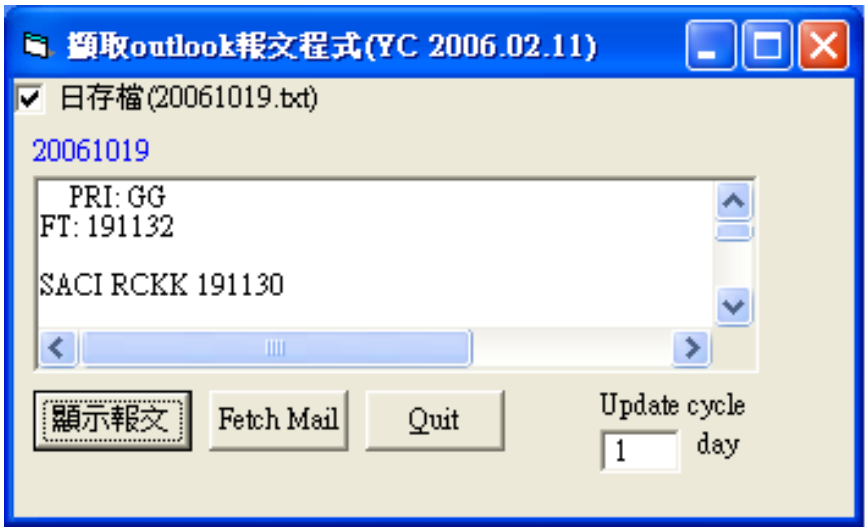
為使航空氣象作業完全電腦代，台北航空氣象中心自2000年開始自行研發完成多項自動化作業軟體，而收報系統係其中之一項，之後由於通信系統(AMHS)之建立，需加以修改同時亦作部份改善，經過一年多的線上作業後，已確認其穩定性而功能皆可達到預期效果。

此系統之穩定儲存資料庫，相對的其再利用價值很高，不僅收報正確並可擴充直接使用資料庫之程式，項目包括：各民航機場天氣報文顯示、現在及過去天氣資料搜尋、是否低於天氣起降標準警示、一覽表繪製、檢驗香港回報(METAR & TAF)正常與否，以提升服務品質，確保飛安。

二、各項功能之簡介

本系統起動後即自動執行擷取outlook報文程式之接收介面(圖1)，然後執行Fetch Mail鍵至AMHS資料庫將收到的電子封包加以解碼成報文形式，並錄存至此系統建立之資料庫。

圖1：擷取outlook程式之接收介面



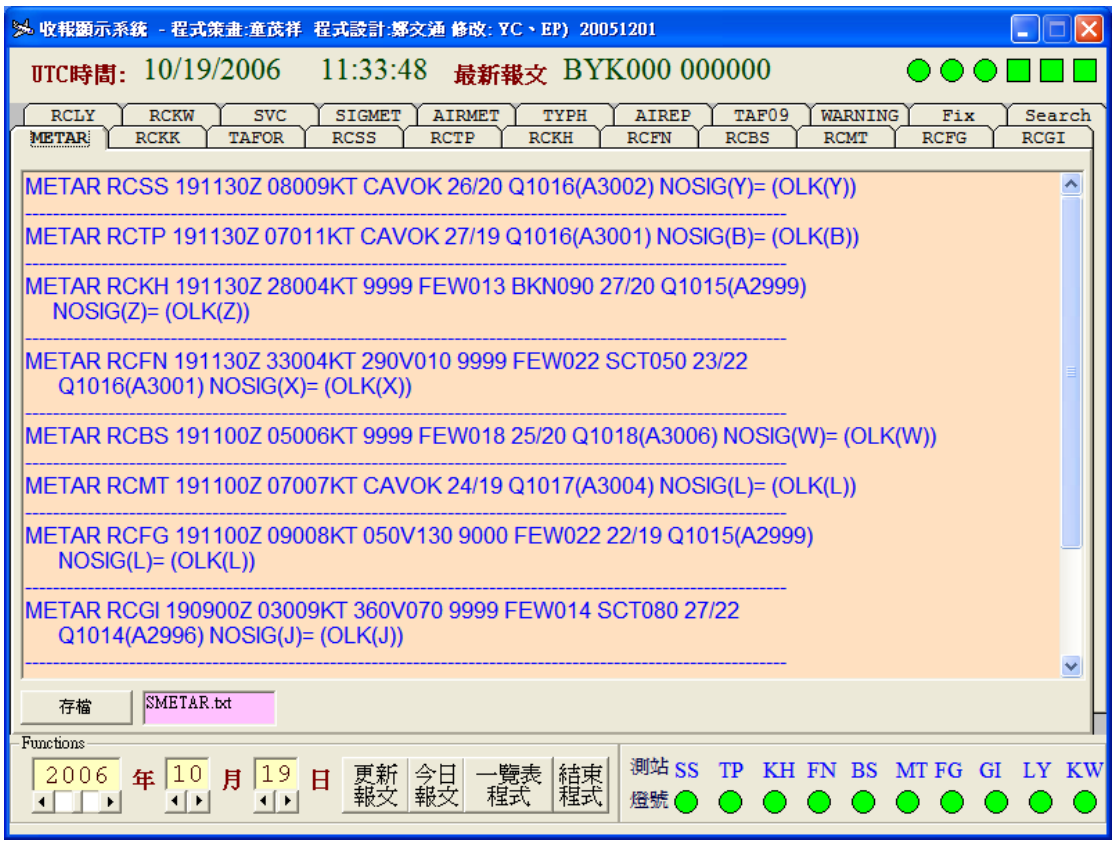
接著執行顯示報文鍵，即啟動報文解碼程式至資料庫執行報文內容解碼，將所需

報文儲存至一覽圖資料庫，供顯示及其他各項擴充功能使用。

1、各民航機場天氣報文整合顯示版面：

天氣報文整合顯示版面(圖2)包含可選擇之各種報文之顯示頁面及不會更動之目前年月日及時間、最新一份報文的編號、各項功能鍵及燈號警示。

圖2：天氣報文整合顯示版面



利用活頁簿的形式點選不同的顯示頁面，包括民航測站天氣總覽(METAR)、各民航測站頁面(十個測站)、終端機場天氣預報（TAFOR）、服務公告（SVC）、劇烈天氣（SIGMET）、低空危害天氣資訊（AIRMET）、颱風警報（TYPH）、航路天氣報告(AIREP)、9 小時終端機場天氣預報（TAF09）、測站警示設定頁(WARNING)、報文修正（FIX）及搜尋報文(SEARCH）等。

另外，在每一個顯示頁面最下面皆有一個【存檔】的按鈕及其右方有一個放置檔名的文字框，當使用者按下按鈕時，作業系統會將該畫面的文字內容存到該檔名中，並同時開啟 Windows 的記事本(notepad.exe)，供編修後列印。

2、現在及過去天氣資料搜尋

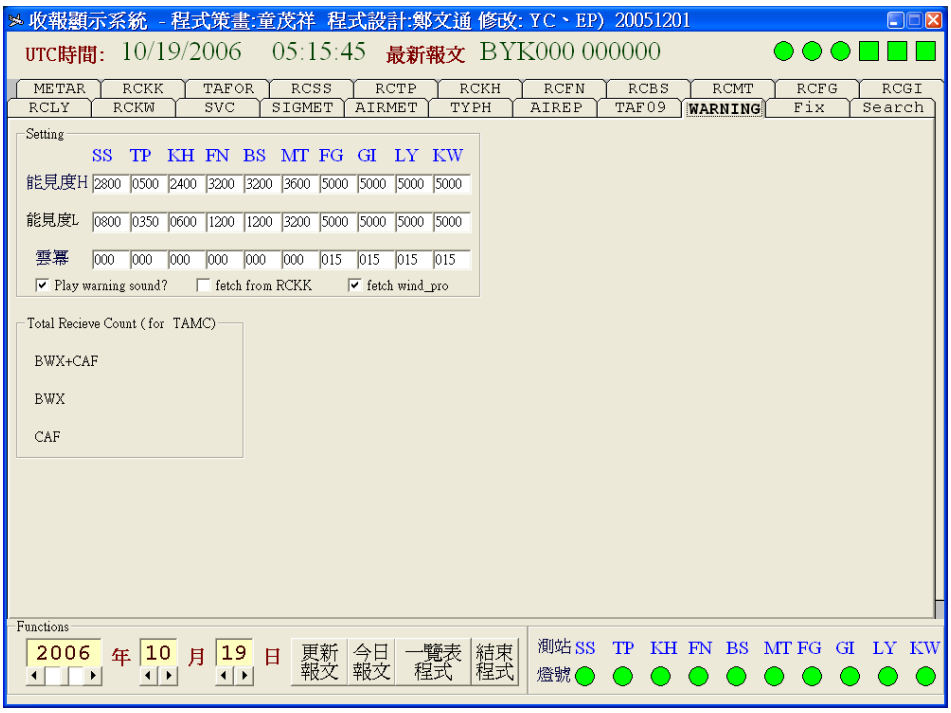
整合顯示版面的左下方有查詢頁功能，搜尋字根右方有兩個文字框，可設定兩組條件做 AND 邏輯判斷的搜索方式，輸入字根條件後點選【搜索】即可。此搜索是將出現該字串的完整報文顯示出來。

3、是否低於天氣起降標準警示

整合顯示版面右下方另有一排【警示燈號】，當某測站天氣低於天氣起降標準時，警示燈會變紅燈；之後天氣轉為高於天氣起降標準時，再由紅燈轉為綠燈。當燈號變化時會同時發出警示聲音以提醒值班人員，而設定測站的天氣起降標準

值在上述之測站警示設定頁面上(圖 3)。

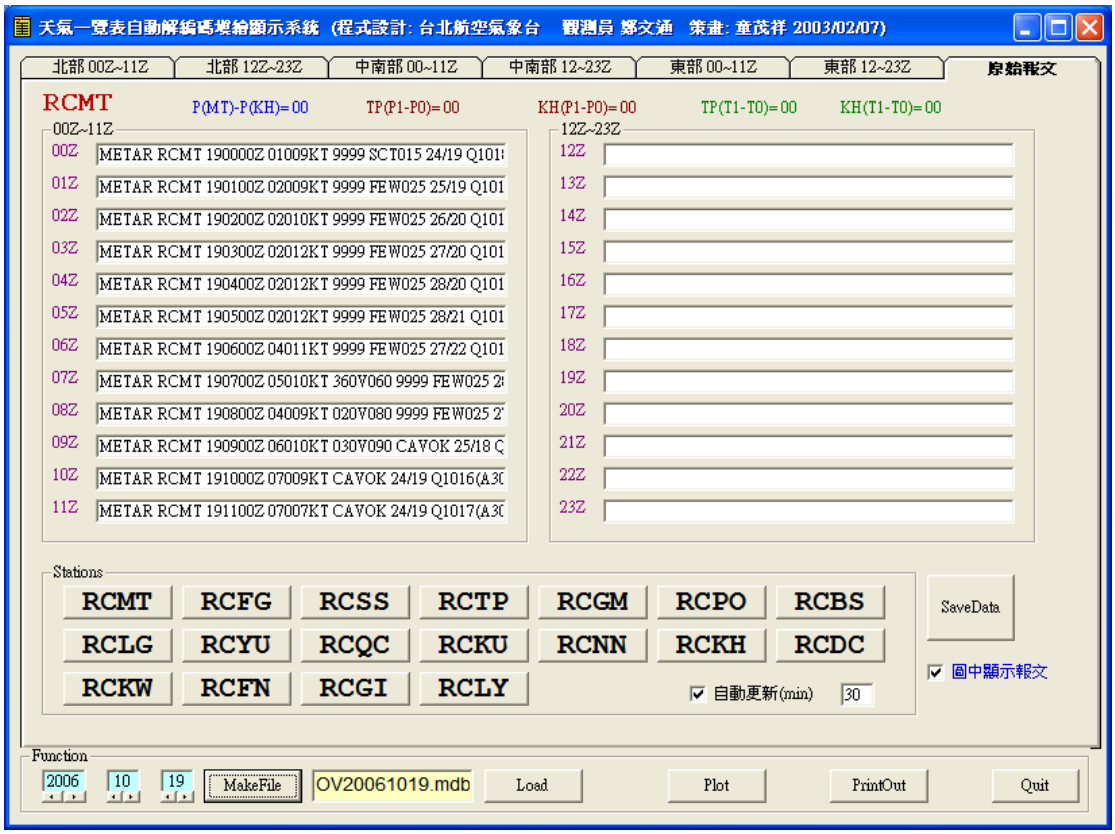
圖 3：測站警示設定頁面



4、一覽表繪製：

執行一覽表程式後，出現自動解編碼填繪顯示系統如圖4。

圖4：自動解編碼填繪顯示系統

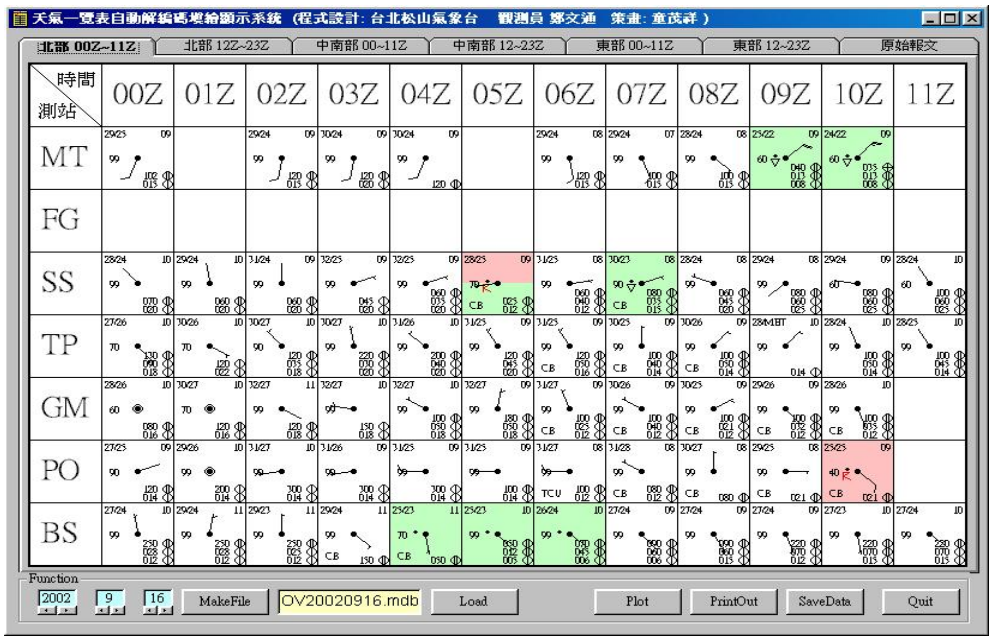


當按下plot鍵後，程式自動檢查所選擇之當日報文是否有缺失或錯誤發生，假如

有的話會出現一錯誤或遺失顯示小視窗(見圖5)告之資料需修改，當資料完成修改後才能進行繪製一覽表(圖6)。為易於清楚了解各站之氣象要素(風向速、能見度、天氣現象或視障、溫度露點、雲量及雲底高度)，將版面分成北部00~11Z、北部12~24Z、中南部00~11Z、中南部12~24Z、東部00~11Z及、東部12~24Z及原始報文等顯示頁面，但列印時將6個區域整合在一張A3紙上完整印出。

圖5：錯誤或遺失顯示小視窗

圖6：一覽表



3、檢驗香港回報是否正常：

目的為針對由AMHS系統收到香港回報之報文，檢驗香港通信中心是否有收到通信中心轉發之松山、中正、高雄三國際機場的METRA及TAF報文。因某種因素導致香港未收報報文，而香港通信系統在連續兩次未收到定時報文才會自動發出SVC報要求重發。為提高作業效率及服務品質控管，撰寫檢驗程式針對香港每一份回報作檢查，發現有缺報時即刻處理重發程序。

因此在整合顯示版面右上方(圖2)設計以圓圈表示香港是否正確收到METAR報文的狀況及正方形顯示收到TAF報文的狀況，燈號排成一列共6個，前三個燈號代表METAR；後三個代表TAF，排序由左至右依序各代表RCSS、RCTP、RCKH等三站國際機場，當收到香港回報內容正常時保持綠燈，報文缺時則變為紅燈並發出聲音提醒守視員注意。當變成紅燈時守視員無法改變燈號，一直維持至香港

收到正確報文始自動變回綠色同時發出聲音提醒。

三、結論與建議

此收報系統完成後經一年多的測試與改善，雖不算十全十美，但已達完善與穩定程度，目前已納入正式作業系統。此系統提供之各項顯示功能，在航空氣象人員在作業上，確實提供甚多方便。

目前此系統與另行研發之發報系統也已整合成一個完整系統，但也因是獨立撰寫之程式經多次整合，結構上較為鬆散，雖然無關於作業方便，但就程式而言仍有簡化及加強結構空間。

參考文獻：

1. 航空氣象規範，2006,交通部民用航空局。
2. 台北航空氣象中心業務手冊，2002,飛航服務總台。
3. VISUAL BASIC 6.0 進階程式設計,2002,松崗電腦圖書。

消息中間件在中國民航氣象資訊系統中的應用

郭衆

上海市關行區航東路 255 弄 30 號 501

內容摘要：

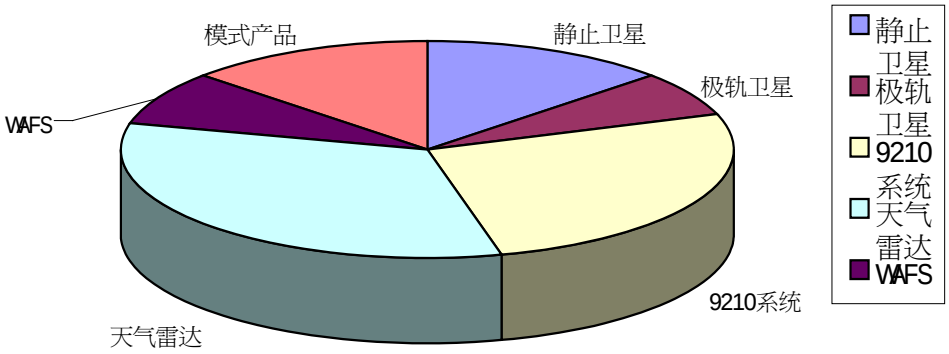
中間件（Middleware）是一種獨立的系統軟體或服務程式，分散式應用軟體。借助這種軟體在不同的技術之間共用資源，中間件位於客戶機伺服器的作業系統之上，管理計算資源和網路通信。消息中間件（MOM）是中間件的一種，它利用高效可靠的消息傳遞機制進行平臺無關的資料交流，並基於資料通信來進行分散式系統的集成。本文描述了消息中間件在中國民航氣象資訊系統中的應用，包括需求描述，設計方案，系統實現和達到的目標。探討如何實現系統的安全、靈活、穩固和多平臺的目標。

中國民航氣象資訊系統的背景

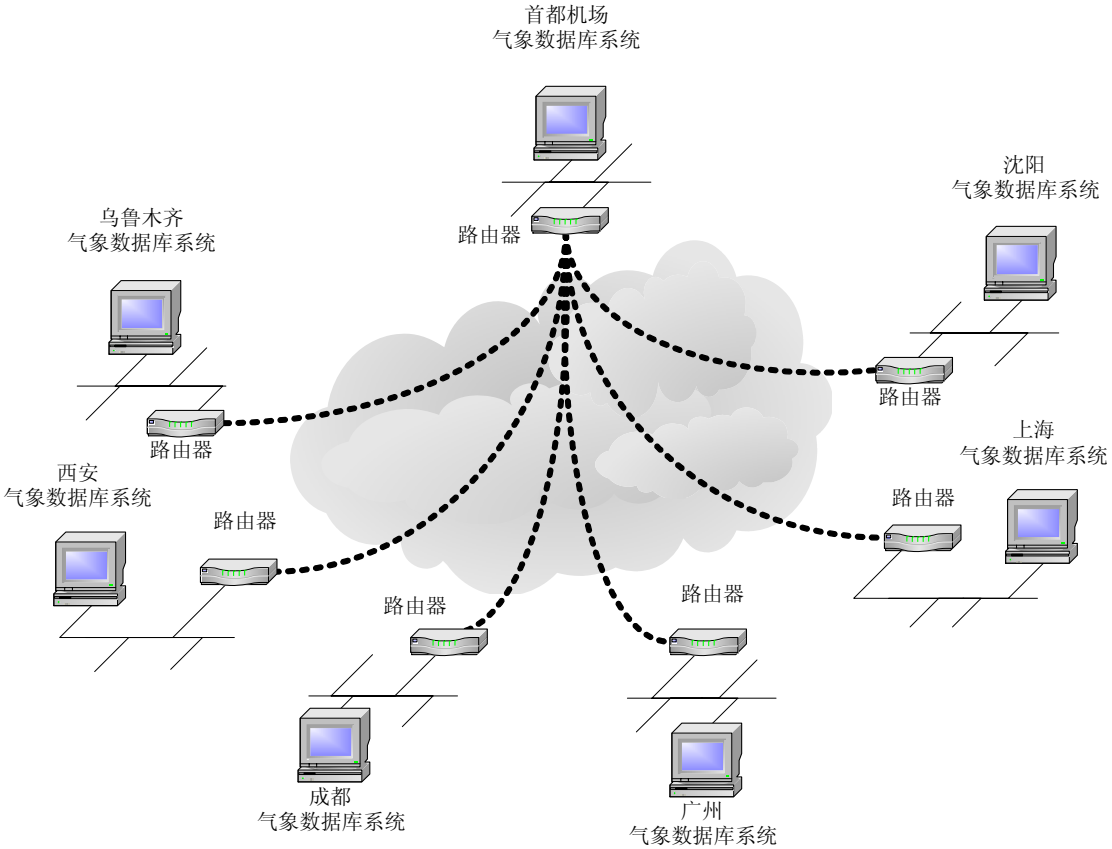
中國民航氣象資訊系統分爲兩期，第一期爲 1995 年建設、第二期爲 2005 年竣工。系統以北京民航氣象中心爲樞紐，以各地區空管局氣象中心爲輔的資訊系統，覆蓋北京、上海、廣州、瀋陽、西安、成都、烏魯木齊七地。用於民用航空氣象服務不間斷運行的資訊系統。它可以即時採集、收集民航國內、國際飛行所需的綜合航空氣象情報資訊，綜合航空氣象資料庫的管理和查詢，按區域劃分的分散式資料庫系統的管理和資料交換，氣象資料的歸檔、編輯、檢索、顯示和統計，分析部分氣象資料，人機交互和自動生成大部分航空天氣產品，爲航空氣象用戶提供服務。民航氣象資料庫系統的建成改變了原民用航空氣象業務運行中情報交換、資料分析、產品製作和對外服務四個主要環節的運行模式，使整個業務運行流程流暢合理。

本系統具有良好的穩定性、可靠性、有效性及可擴充性，特別關注系統的開放性和分佈性。系統分爲資料庫和通信兩個子系統，本文討論的通信子系統是利用商用軟體模組開發完成。目前系統處理的氣象資料資料量，氣象靜止衛星的資料量每天爲 200M 位元組，極軌氣象衛星的產品資料量 100M 位元組，中國氣象局（9210）業務系統分發的資料 270-400M 位元組，主要機場氣象臺的天氣雷達即時探測資料的日平均量 500M 位元組，世界區域預報系統已開始傳輸全球重要天氣預告圖的二進位壓縮編碼資料，解壓縮後的資料量爲 50M。

业务数据量

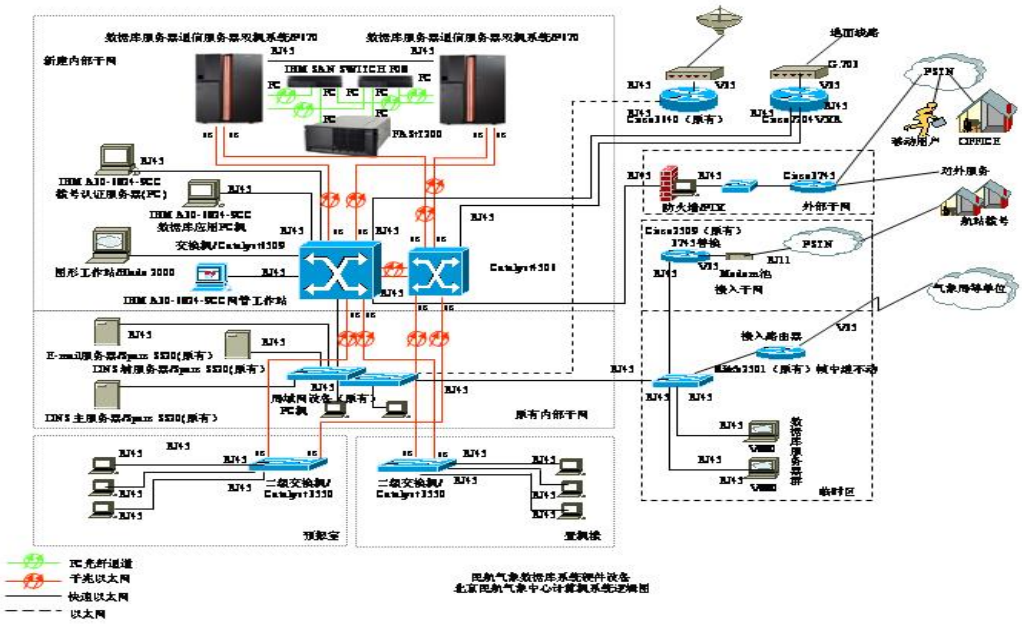


截止到 2005 年，民航有限區域預報模式的輸出產品資料每日預計達到 100M 位元組的資料量。中國民航氣象資訊系統日處理量設計能力爲 3G 位元組。按照航空氣象預報業務及航空氣象服務對資料動態處理的要求，資料在資料庫中保存的時間爲 6 個月，因此資料庫主機資料處理能力爲 600G 位元組。



中國民航氣象資訊系統示意圖

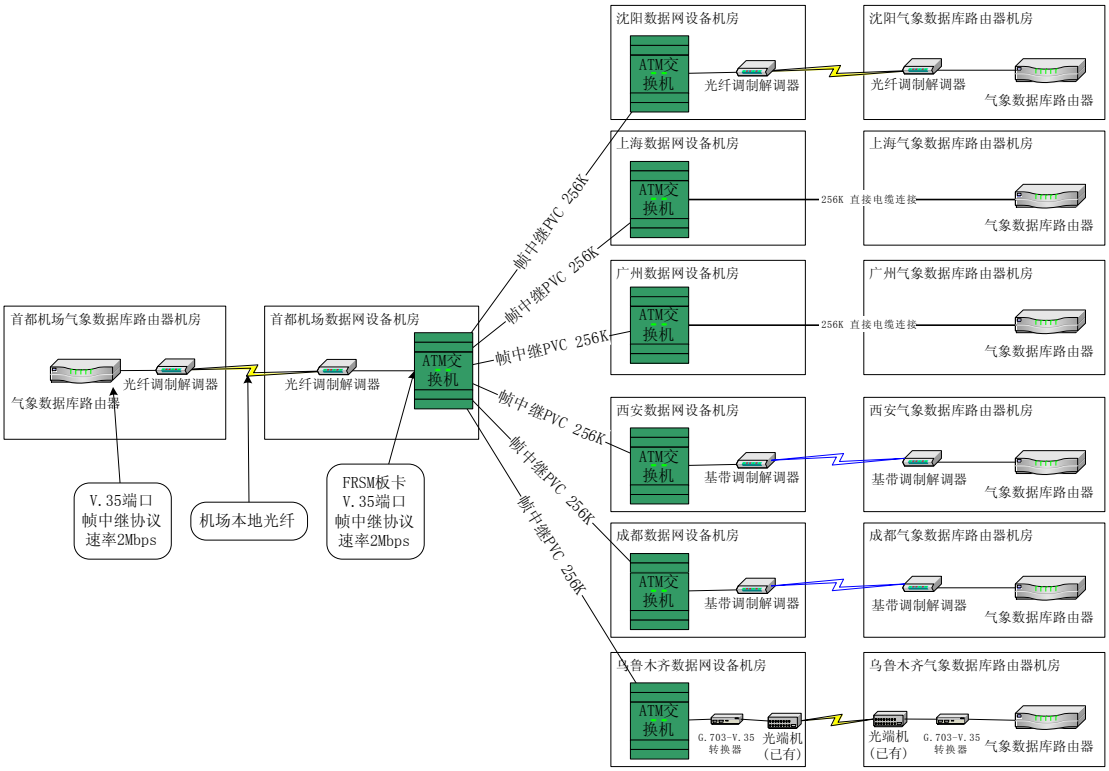
中國民航氣象資訊系統北京站示意圖



廣域網實現

設計中各地的路由器以幀中繼協定分別通過本地的線路延長設備接入民航資料網的 ATM 交換機，然後在資料網內通過幀中繼虛電路實現北京氣象中心系統與各地空管局氣象中心系統的星形連接，硬體均採用 V.35 埠。

其總體實現的示意圖見下圖：



廣域網互聯示意圖

北京氣象資料庫路由器的 V35 埠，通過一對光纖基帶數據機與 ATM 交換機 MGX8850 的 FRSM 模組提供的 V.35 介面連接，FRSM 模組提供的介面支援幀中繼封裝,然後通過民航資料網爲業務主中心和業務分中心之間分別建立 6 條幀中

繼 PVC，幀中繼 PVC 的速率均爲 256Kbps，這樣氣象資料庫路由器之間就可以實現 IP 路由互通。

消息中間件與通信系統

航空氣象服務需要安全、可靠和及時的消息傳遞機制，航空氣象服務系統需要一種高效的、可靠的、跨平臺和易於擴展的通信系統。因此，符合這一要求的消息中間件就成了系統重要的基礎，本系統選擇了 websphere MQ。

消息中間件最重要的功能是及時提供可靠的消息通信手段。爲了能夠完成消息的可靠傳輸，系統使用佇列的方式進行消息管理，也就是說，能常在進行資料傳輸時，將資料按照用戶定義的大小，拆分成若干消息放入消息佇列，按照同步或非同步的通信方式發送或者接收消息。

消息佇列服務是一種松耦合的分散式應用集成形式。發送者將消息發送給消息伺服器，消息伺服器將消息存放在若干佇列中，在合適的時候再將消息轉發給接收者。這種模式下，發送和接收是非同步的，發送者無需等待；二者的生命周期未必相同；發送消息的時候接收者不一定運行，接收消息的時候發送者也不一定運行；一對多通信：對於一個消息可以有多個接收者。

在本系統設計中出於功能、安全性、可靠性等方面的考慮，大量使用路由器、交換機、防火牆的網路設備，或使用集群、雙機熱備份等網路技術，網路結構複雜。爲了能夠滿足網路使用的要求，中間件產品採用多種方式進行部署，做到系統之間構築一對一、一對多、多對一、多對多的樹型網路結構，使系統配置和管理大爲簡化，同時也能滿足系統資料傳輸的要求。

消息傳輸中間件的跨平臺能力也是中間件的重要指標。中國民航資訊系統是一個綜合的鬆散耦合的系統，各個年代、各單位、各種類型的資料源和作業平臺較多，因此通信必須滿足異構平臺的資料通信要求。消息傳輸均使用標準的 IP 包封裝，因此中間件產品能做到真正跨平臺的資料通信。此外，消息傳輸中間件通常都提供豐富的 API 函數介面，可以支援標準 C/C++、Microsoft Visual C++、Microsoft Visual Basic、Borland C、PowerZBuilder、Java 等開發語言，特別是對標準的 C/C++和 Java 的支援，方便在不同應用平臺的應用開發，同時實際上也增強了消息傳輸中間件的跨平臺能力。

航空氣象通信的需求

航空氣象主要的通信事件是各種報文和航空氣象產品。主要有：

航空報文資料　　SA、SP、FT、FR 等

作業系統產生的圖形、圖像(SWH、SWM、SWL)

WAFS（T4，P4，GRIB，BUFR，報文）

各機場的 AWOS 資料

各地自動站的資料（氣象局）

T213 及其它產品

氣候志資料

雷達資料

衛星（極軌、靜止）

消息中間件主要解決以民航報爲主的即時報文，具體要實現的內容有：

- 系統能夠接收從即時通信線路和網路（AFTN 和 DDN）兩種方式傳遞的民航報。
- 原始報文以文件形式存檔，並提供時間段檢索和全文模糊檢索的圖形化介面(集成到監控、維護系統中)
- 質量控制(人工糾錯，錯誤報文加一個標誌，進入錯報庫，只要報頭正確，

就轉發出去，未糾錯的報文不入庫，不轉發)

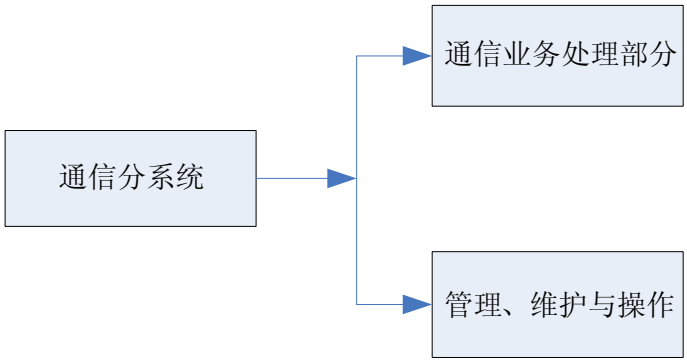
- 分解成報告和要素
- 合乎質量控制的報文入庫之前按用戶定義的地址或通信埠進行轉發，並保留報底
- 定時編公報(定時檢查來報情況、缺報自動請求一次、定時發出，並保留報底。缺報編 NIL 報並給監控台發出警告)
- 根據授權表，回應請求報（RQM），並保留報底
- 編發本地 METAR 報，並保留報底
- 提供管理轉發報位址和請求位址的圖形化介面(集成到監控、維護系統中)
- 提供從原始報文再入庫功能（即資料故障恢復功能，集成到監控、維護系統中）
- 提供列印功能
- 將報文、要素從資料庫歸檔
- 按時間點將報文、要素從文件反演到資料庫功能。

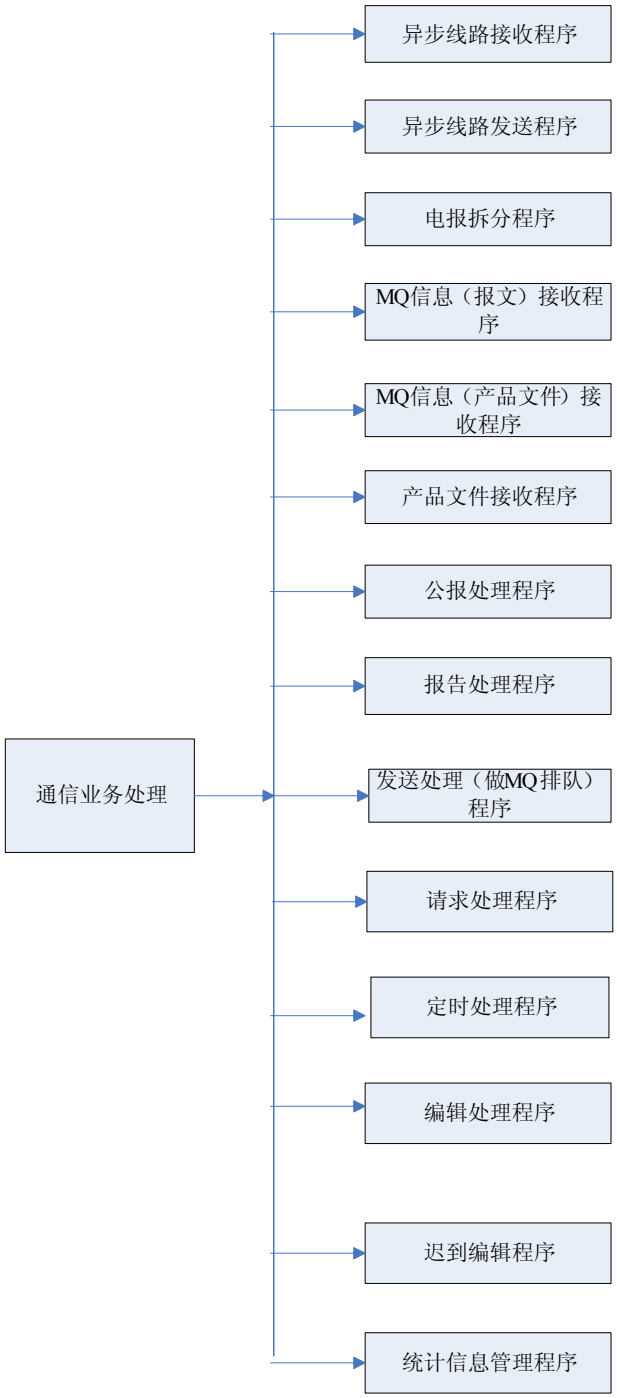
SPECI（特殊報）SIGMET、AIRMET、GAMET、WV、WT、WC、WAFS（T4，P4，GRIB，BUFR，報文）的處理類似。

具體實現

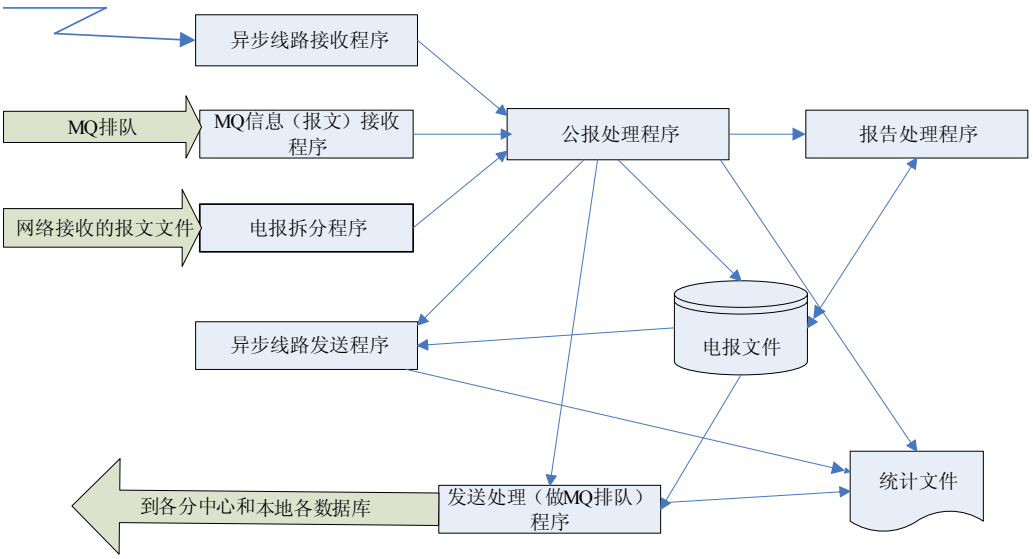
通信子系統是即時系統，負責中國民航氣象資訊系統的資訊接收、發送和請求處理，爲了使接收到的資訊能儘快得到處理，將設計爲多進程運行，進程間參數及資訊的交換，通過內部的資訊排隊進行。通信分系統的功能分爲兩部分，業務處理部分和管理維護及人工作業部分。

業務處理部分的主要功能有：氣象資料的接收；氣象資料的檢查與處理；電報的發送；圖形、圖像、格點數據的發送；請求的回應處理；缺報的自動檢查及自動發送請求。氣象資料的接收包括從 AFTN 線路和網路接收的。管理、維護及操作處理主要功能有：本分系統的起始、各種表格的維護、操作命令的處理等等。其主要進程示意圖如下：

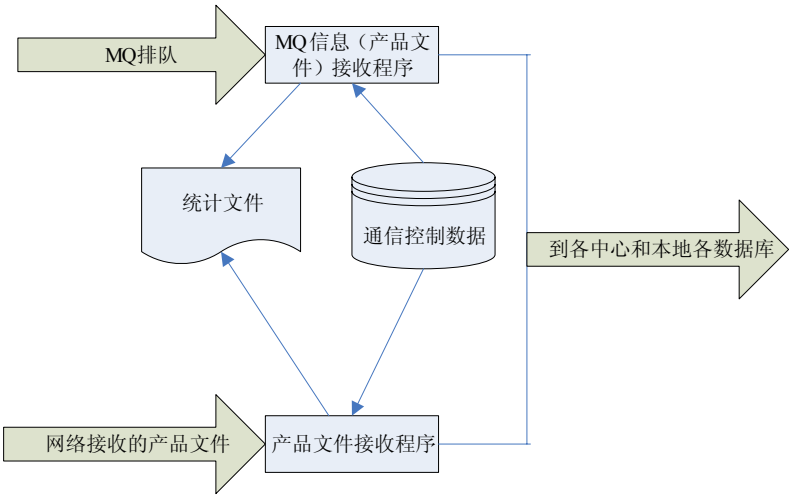



通信业务处理
异步线路接收程序
异步线路发送程序
电报拆分程序
MQ信息（报文）接收程序
MQ信息（产品文件）接收程序
产品文件接收程序
公报处理程序
报告处理程序
发送处理（做MQ排队）程序
请求处理程序
定时处理程序
编辑处理程序
迟到编辑程序
统计信息管理程序

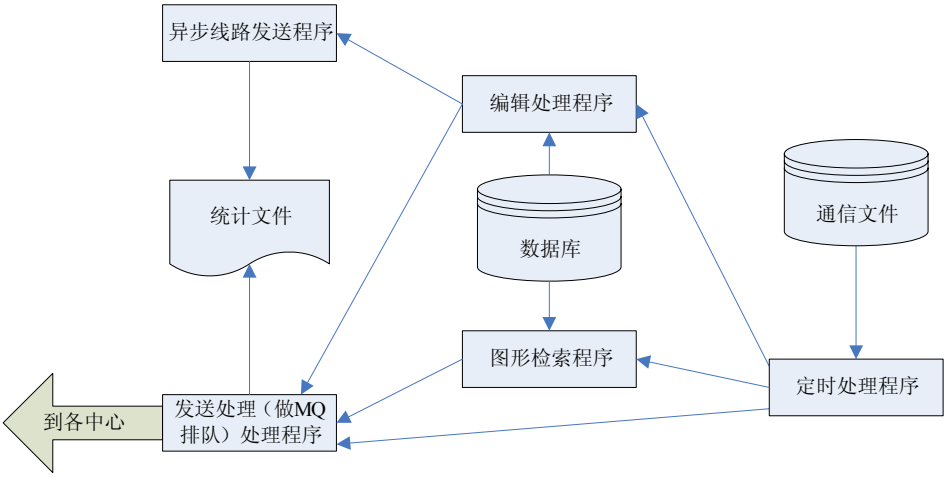
圖一 主要進程示意圖



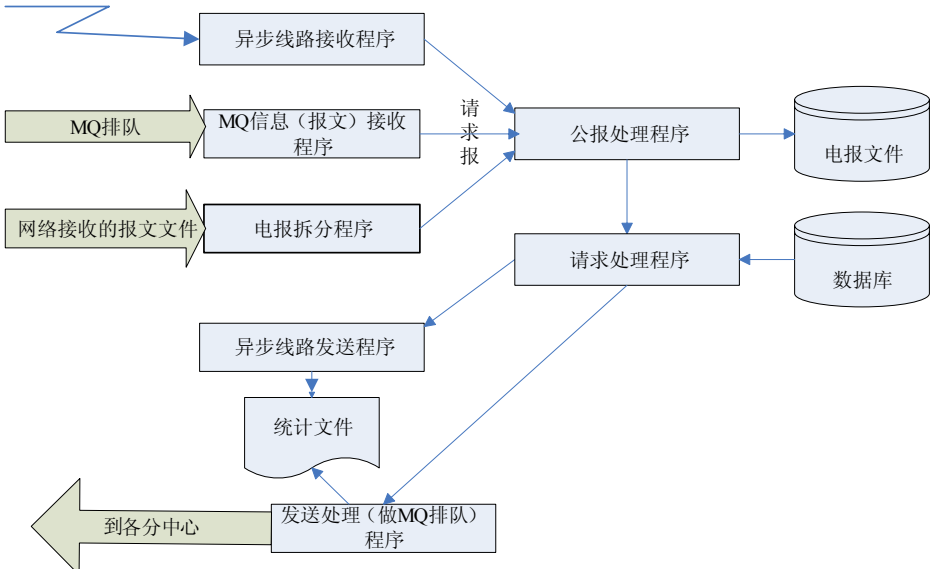
圖二 電報接收及轉發處理



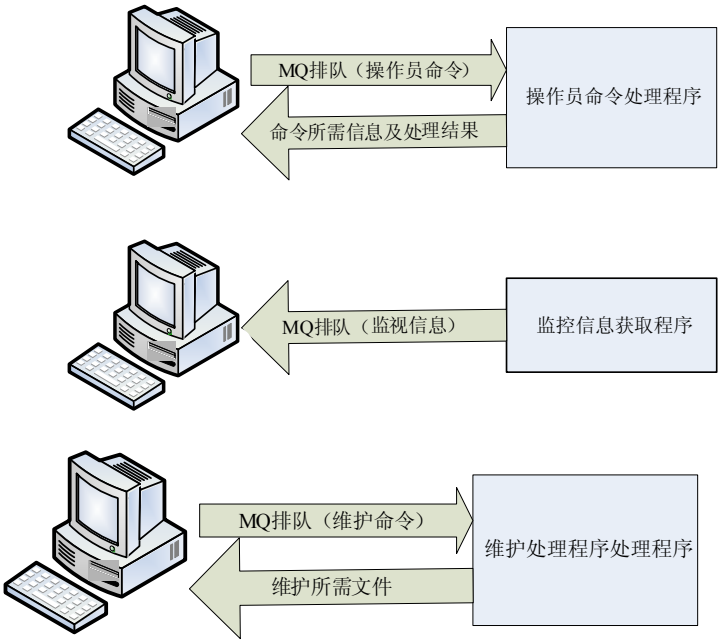
圖三 產品文件接收及轉發處理



圖四 定時處理



圖五 請求（包括電報和產品的請求）處理



圖六 與監視平臺和操作平臺的介面程式

系統中一些問題：

在系統運行時難免會遇到各種問題，本系統的工作人員逐步總結了一些系統常見問題的解決方法：

一、明確 MQ 的配置

1、用戶和組：mqm:mqm

2、在機器中存在的位置：

安裝目錄：/usr/mqm

配置文件目錄：/var/mqm

日誌目錄：/usr/mqm/log

3、配置文件：

管理器通用配置文件：/var/mqm/mqs.ini

管理器個性化配置文件：/var/mqm/qmgrs/qm.ini

二、MQ 的雙機配置方法

1、用戶和組必須統一：mqm:mqm

2、在機器中存在的位置：

安裝目錄：/usr/mqm

配置文件目錄：/var/mqm/ZXXX/qmgrs（磁碟陣列）

日誌目錄：/usr/mqm/ZXXX/log （磁碟陣列）

3、配置文件：

管理器通用配置文件：/var/mqm/mqs.ini

管理器個性化配置文件：/var/mqm/ZXXX/qmgrs/qm.ini

三、如何手工刪除 MQ（單機）

1、使用命令 dltmqm ZXXX 刪除。

報錯退出。

2、更改配置文件：

編輯配置文件：/var/mqm/mqs.ini

將 QueueManager 和 DefaultQueueManager 兩項刪除。

3、刪除在機器中存在的目錄：

安裝目錄：/usr/mqm

配置文件目錄：/var/mqm/qmgrs/ZXXX

日誌目錄：/usr/mqm/log/ZXXX（1 條已經刪除）

手工刪除 MQ（雙機）的方法

1、使用命令 dltmqm ZXXX 刪除。

報錯退出用戶和組必須統一：mqm:mqm

2、在機器中存在的位置：

安裝目錄：/usr/mqm

配置文件目錄：/var/mqm/ZXXX/qmgrs（磁碟陣列）

日誌目錄：/usr/mqm/ZXXX/log （磁碟陣列）

3、更改配置文件：

管理器通用配置文件：/var/mqm/mqs.ini

管理器個性化配置文件：/var/mqm/ZXXX/qmgrs/qm.ini

四、MQ 錯誤日誌

1、日誌文件：

雙機：/var/mqm/ZXXX/qmgrs/ZXXX/errors

單機：/var/mqm/qmgrs/ZXXX/errors

2、查看日誌文件：

08/19/05 06:45:47
AMQ9002: Channel program started.
EXPLANATION:
Channel program 'PLOT.TO.ZBAA' started.
ACTION:
None.
08/19/05 02:01:15
AMQ9209: Connection to host '172.21.2.2' closed.
EXPLANATION:
An error occurred receiving data from '172.21.2.2' over TCP/IP. The connection to the remote host has unexpectedly terminated.
ACTION:

Tell the systems administrator.
----- amqccita.c : 2732 ----------
五.如何解決 MQ 的序列號錯誤
08/19/05 06:36:36
AMQ9526: Message sequence number error for channel 'ZBAA.TO.ZSSS'.
EXPLANATION:
The local and remote queue managers do not agree on the next message sequence number. A message with sequence number 282441 has been sent when sequence number 1 was expected.
ACTION:
Determine the cause of the inconsistency. It could be that the synchronization information has become damaged, or has been backed out to a previous version. If the situation cannot be resolved, the sequence number can be manually reset at the sending end of the channel using the RESET CHANNEL command.
1、處理方法：
在兩個節點分別使用命令：reset channel（*）
2、查看方法：
Display chstatus（*）curseqno
1 : dis chstatus(zbaa.to.zwww) curseqno
AMQ8417: Display Channel Status details.
CHANNEL(ZBAA.TO.ZWWW) XMITQ(ZWWW)
CONNAME(172.27.2.1) CURRENT
CHLTYPE(SDR) CURSEQNO(159010)
STATUS(RUNNING)
六、查看 MQ 的佇列屬性
1、處理方法：
在兩個節點分別使用命令：display ql（*）
dis ql(local.prd)
2 : dis ql(local.prd)
AMQ8409: Display Queue details.
DESCR( ) PROCESS( )
BOQNAME( ) INITQ( )
TRIGDATA( ) CLUSTER( )
CLUSNL( ) QUEUE(LOCAL.PRD)
CRDATE(2005-06-14) CRTIME(04.03.35)
ALTDATE(2005-08-05) ALTTIME(07.39.52)
GET(ENABLED) PUT(ENABLED)
DEFPRTY(0) DEFPSIST(YES)
MAXDEPTH(100000) MAXMSGL(10485760)
BOTHRESH(0) SHARE
DEFSOPT(SHARED) HARDENBO
MSGDLVSQ(PRIORITY) RETINTVL(999999999)
USAGE(NORMAL) NOTRIGGER
TRIGTYPE(FIRST) TRIGDPTH(1)
TRIGMPRI(0) QDEPTHHI(80)
QDEPTHLO(20) QDPMAXEV(ENABLED)
QDPHIEV(DISABLED) QDPLOEV(DISABLED)
QSVCINT(999999999) QSVCIEV(NONE)
DISTL(NO) DEFTYPE(PREDEFINED)
TYPE(QLOCAL) SCOPE(QMGR)

DEFBIND(OPEN)　　IPPROCS(1)
OPPROCS(1)　　CURDEPTH(0)

七.查看 MQ 的通道屬性

1、處理方法：

使用命令：display channel（*）

: dis channel(zbaa.to.zwww)

AMQ8414: Display Channel details.

CHANNEL(ZBAA.TO.ZWWW)　　CHLTYPE(SDR)
TRPTYPE(TCP)　　DESCR( )
XMITQ(ZWWW)　　MCANAME( )
MODENAME( )　　TPNAME( )
BATCHSZ(50)　　DISCINT(999999)
SHORTRTY(10)　　SHORTTMR(60)
LONGRTY(999999999)　　LONGTMR(1200)
SCYEXIT( )　　SEQWRAP(999999999)
MAXMSGL(10485760)　　CONVERT(NO)
SCYDATA( )　　USERID( )
PASSWORD( )　　MCATYPE(PROCESS)
CONNAME(172.27.2.1)　　HBINT(300)
BATCHINT(0)　　NPMSPEED(FAST)
MCAUSER( )　　ALTDATE(2005-08-09)
ALTTIME(06.38.53)
MSGEXIT( )
SENDEXIT( )
RCVEXIT( )
MSGDATA( )
SENDDATA( )
RCVDATA( )

八、查看佇列管理器的屬性

1、處理方法：

使用命令：display qmgr

: dis qmgr

AMQ8408: Display Queue Manager details.

DESCR( )　　DEADQ(ZBAA.DEADQ)
DEFXMITQ( )　　CHADEXIT( )
CLWLEXIT( )　　CLWLDATA( )
REPOS( )　　REPOSNL( )
COMMANDQ(SYSTEM.ADMIN.COMMAND.QUEUE)　QMNAME(ZBA
A)
CRDATE(2005-06-08)　　CRTIME(08.35.51)
ALTDATE(2005-08-05)　　ALTTIME(07.39.51)
QMID(ZBAA_2005-06-08_08.35.51)　　TRIGINT(999999999)
MAXHANDS(256)　　MAXUMSGS(10000)
AUTHOREV(DISABLED)　　INHIBTEV(DISABLED)
LOCALEV(DISABLED)　　REMOTEEV(DISABLED)
PERFMEV(DISABLED)　　STRSTPEV(ENABLED)
CHAD(DISABLED)　　CHADEV(DISABLED)
CLWLLEN(100)　　MAXMSGL(10485760)
CCSID(819)　　MAXPRTY(9)

結論

中間件在中國民航氣息資訊系統中的應用是比較成功的。雖然在大位元組資料方面並非其擅長，但是通過不斷的軟體改進，相信系統會越來越穩健。同時得益於中間件的跨平臺、可靠性和開發技術的便捷使得未來系統能夠快速地回應不同的需求，更好地爲航空業服務。

參考資料：

1. 《**民航氣象資料庫升級改造電腦網路系統集成專案**》招標書
2. 《資料庫改造天津會議》系列文件
3. 《民航氣象資料庫空管局互聯方案》 天航信網路公司
4. 《軟體功能規格書》 北京市天譯科技開發公司
5. 《民航北京中心實施方案》 太極電腦股份有限公司
6. http://met.atmb.org
7. http://www-128.ibm.com/developerworks/websphere/library/techarticles/0512_elkins/0512_elkins.html
8. Parallel Sysplex Application Considerations (SG24-6523)
9. WebSphere MQ in a z/OS Parallel Sysplex Environment (SG24-6864)
10. WebSphere MQ SupportPac MP16: Capacity Planning and Tuning for WebSphere MQ for z/OS
11. WebSphere MQ SupportPac MP1D: WebSphere MQ for z/OS V5.3 and V5.3.1 Performance Report
12. http://www.ibm.com/software/integration/wmq/
13. http://www.ibm.com/software/integration/wmq/library/ WebSphere MQ
14. WebSphere MQ V6 Information Center
15. developerWorks WebSphere Business Integration

航務作業與飛行天氣需求

巴南星

桃園縣蘆竹鄉新南路一段376號2樓

一、 前言：

飛航管制作業為航空公司24小時作業，有別於票務、貨運或行政等單位，其工作性質特殊，必須綜合考量各項運航需求，在確保運航安全的前提下，執行公司運航政策，追求最高效率。航務作業涉及人員、裝備、環境等諸般因素，本篇報告以偏重環境因素中的飛行天氣，作為提報重點。

二、 現行航務作業概況：

1.起飛前：

飛航管制部依據本公司向交通部民航局空運組申請且核准之航班班機，執行簽派，並依飛機機型、飛航法規、飛行天氣、飛航指南〔AIP〕、飛航公告〔NOTAM〕與機務狀況，規劃適切的航路，擬妥飛行計畫書〔Flight Plan〕，向飛航組員作飛航簡報〔Briefing〕。

2.飛行中：

注意航機動態，掌握航路、目的地與備降場天氣資訊，作為一旦航機轉降時，次一飛行計畫書的擬訂。

3.飛行後：

留意飛航組員是否有書面或口述意見，作為爾後製作飛行計畫之參考。

三、飛行天氣與飛航安全：

1.人類飛行歷史已有百餘年，天氣變化始終困擾著飛行者，近代航空科技發展奇速，可謂日新月異，各種飛航問題由於航空器設計之精密與導航助航設備之不斷研究更新，幾已盡可控制，惟獨飛行領域中，關係密切而變化複雜之氣象因素尚難以駕馭，如低能見度、風切、亂流、積冰與雷雨等均能危害飛行安全。

2.飛行天氣的變化絕對是一個威脅或危機(THREAT)，不同性質的危害天氣會產生不同性質的THREAT，飛行前的飛航簡報對危害天氣的描述愈精細明確，愈能使飛航組員瞭解THREAT之現象，進而在飛行操作中，充分管理(MANAGE)，避免犯錯(ERROR)，以確保飛行安全。

3.本公司已將THREAT and ERROR MANAGEMENT 作為飛航作業的標準程序，所有在飛航管制部實施的飛航簡報，均由合格的簽派員，將該次飛行的THREAT分析並列舉於簽派員工作表(Dispatcher Work Sheet)，向飛航組員提示，飛航組員依據各項飛航簡報文件，於簡報完畢時分析且列舉該次飛行的THREAT於飛航組員工作表(Crew Work Sheet)，雙方充分交換意見，並簽署飛行計畫書。

4.經飛航管制部的長期觀察顯示，飛行天氣因素被飛航組員

與簽派員共同認為 THREAT 的機率高達所有航班架次的 80%；可知不論起飛機場、航路、目的地機場與備降場的飛行天氣，實為影響飛航操作與飛行計畫擬定的重要因素之一，易言之，忽視飛行天氣是絕對有礙飛行安全的。

四、 飛航任務提示之天氣考量：

1.濃霧是一種 THREAT：

(1)當起飛機場的濃霧造成能見度低到某一程度，航管單位將實施流量管制作業，飛機在地面滑行的時間會增加，燃油需求增加應列入飛行計畫。

(2)當起飛機場的能見度低到某一程度，無法於起飛後因故降落回原起飛機場，飛航組員與簽派員必須依據法規，檢視並選擇一個離起飛機場適切距離的備降場，該備降場的天氣限度必須合乎該型飛機的儀降標準。

(3)當預報目的地機場的能見度低到某一程度，無法於預計落地時段實施儀降，目的地機場的航管單位將實施流量管制作業飛，飛航儀降批次隔離增加，飛行計畫書內應增列盤旋與隔離所需之燃油。

2.雷雨是一種 THREAT：

(1)當起飛機場或目的地機場有雷雨或預報雷雨，飛航組員將面對風切、下暴氣流、大雨〔可能造成低能見度與跑道積水〕的挑戰，飛航任務提示必須考量萬一機場關閉時，飛航組員值勤時間或飛航時間的延長，是否超過法規的許可，必要時將加派飛航組員人數。

(2)當起飛機場或目的地機場有雷雨或預報雷雨，簽派員應考量在飛航計畫書增加額外的油料，已備地面滑行及飛抵目的地機場時盤旋待命之用。

(3)航路上及其附近的雷雨，可能產生亂流，若因航管的高度隔離或飛機較重等因素而無法由飛航組員飛到較高的高度以躲避雷雨，飛機就必需採偏離航路的左右閃躲，勢必增加航程與油量銷耗。

3.颱風是一種 THREAT：

(1)當起飛機場或目的地機場受颱風侵襲，飛航組員將面對狂風、亂流、大雨的挑戰，飛航任務提示必須考量萬一側風超限導致機場關閉而轉降時，飛航組員值勤時間或飛航時間的延長，是否超過法規的許可，必要時將加派飛航組員人數。

(2)當原有航路及其附近受颱風的威脅，簽派員應重新規劃航路以避讓，並在飛航計畫書增列額外的油料，以備飛航組員採偏離航路的左右閃躲。

4.積冰是一種 THREAT：

(1)當起飛機場有嚴重降雪或預報嚴重降雪，飛航組員將面對除冰操作程序的壓力，向除冰作業單位申請依序、除冰操作完成後到起飛前的時效計算、地面積冰使滑行的速度較難控制等‧‧均會造成航班延誤，如有任何匆忙

造成疏失，都會影飛安。

(2)得知天氣預報結冰空層涵蓋飛航路徑，簽派員於任務提示時，必須與飛航組員詳加說明，飛航天氣資訊的精確度與飛航組員的是否按標準操作，影響飛安甚鉅。

(3)預報目的地機場於預計降落時段嚴重降雪，而該時段恰逢機場航空器起降頻繁，則額外油量的攜帶必須由簽派員依公司的燃油政策增列，已備航管要求作隔離與盤旋之用。

(4)如天氣預報目的地機場降雪嚴重係氣團所致，則選擇其附近機場作備降場實屬不智，此時簽派員應選較遠之機場作備降場，不易受氣團影響。

5.亂流或火山是 THREAT：

(1)當天氣預報亂流區域涵蓋飛航路徑，簽派員於任務提示時，必須對飛航組員詳加說明亂流空層與幅度，以利飛航組員向空服人員提示，避免於該區域作餐飲服務，以維飛安。

(2)當火山活動區域涵蓋平日飛航路徑，簽派員必須另行規劃航路，遠離火山活動區域。

五、 異常天氣資訊獲得與運用：

1.飛航管制部鼓勵飛航組員，於任務歸詢(Debriefing)時，對飛航天氣預報的精確度提供意見，並將異常天氣的實際遭遇，透過簽派員分享經驗予後續航班的組員。

2.要求簽派員熟悉天氣資訊管道，例如日本空域亂流頻繁，可由多處網站及時獲得亂流預警之飛航天氣，提供飛航組員參考。

3.如天氣因素造成額外油量需求增加，而使飛機總重超過最大許可起飛限制，簽派員必須適時與貨運管制部門協調，減少貨運酬載，以使飛機符合最大許可起飛限制。

4.如已知被派遣的飛機其防冰裝備不佳，而預知飛航路徑會經過結冰空層時，簽派員應調派防冰裝備妥善的飛機執行任務。

5.如遇颱風侵襲而影響飛航作業，當預知航機不易順利起降，導致飛航組員超過值勤時間或飛航時間，應及早向航員管理階層反應，加派飛航組員人數，以符法規要求。

六、 結語：

飛行天氣雖是飛航作業考量因素的一環，但天氣變化多端難以掌握，今日氣象研究科技進步已達古人所謂「上通天文，下知地理」的境界，惟航空事業與飛行天氣工作的介面仍有賴人為因素的努力；簽派員與飛航組員的合作無間，以細膩的思考、專業的判斷加上標準的作業程序，才能使飛行天氣變化的危機(THREAT)作有效的管理(MANAGEMENT)，減少錯誤(ERROR)的發生，使飛航更安全，這也是長榮航空全體人員共同努力的目標。

粵瓊兩省天氣原因導致航班延誤的氣候特點分析

陳穗軍　肖海平

廣州市東風東路 577 號 504 房

詳細摘要

隨著飛行量的增加，天氣對航班正常的影響也越來越大，統計結果表明：中南地區天氣原因導致延誤的航班量占總航班架次的比例由 1999 年的 1.326%上升至 2005 年的 2.906%，增加了 1 倍多。本文通過分析粵瓊兩省的廣州、深圳、湛江、梅縣和海口機場的航空氣候志，總結出粵瓊兩省天氣原因導致航班延誤的氣候特點：對於廣州和深圳來說，天氣原因導致航班延誤主要出現在春（2-4 月）、夏（5-8 月）兩季，春季的主因是由於低雲和低能見度，夏季的主因是雷暴；對於湛江機場和海口大英山機場來說，天氣原因導致航班延誤主要出現在冬春夏三季，冬季的主因是由於低雲和低能見度，春季的主因是低雲、低能見度，夏季的主因是雷暴。對於梅縣機場來說，天氣原因導致航班延誤主要出現在冬春夏三季，冬季的主因是由於低雲和低能見度，春季的主因是低能見度，夏季的主因是雷暴。此外，對於廣州白雲、深圳寶安、湛江和海口大英山機場來說，在颱風季節，熱帶氣旋的活動對它們的影響也是明顯的，尤其是有熱帶氣旋正面襲擊時對航班正常的影響尤爲顯著。低雲、低能見度和雷暴都有明顯的日變化，根據這些天氣的日變化特點，可以適當調整航班計劃，趨利避害，提高航班正常率，降低航空公司的運營成本。

關鍵字 天氣 航班延誤 航空氣候志

粵瓊兩省天氣原因導致航班延誤的氣候特點分析

陳穗軍　肖海平
廣州市東風東路 577 號 504 房

摘要

隨著飛行量的增加，天氣對航班正常的影響也越來越大，統計結果表明：中南地區天氣原因導致延誤的航班量占總航班架次的比例由 1999 年的 1.326%上升至 2005 年的 2.906%，增加了 1 倍多。本文通過分析粵瓊兩省的廣州、深圳、湛江、梅縣和海口機場的航空氣候志，總結出粵瓊兩省天氣原因導致航班延誤的氣候特點：對於廣州和深圳來說，天氣原因導致航班延誤主要出現在春（2-4 月）、夏（5-8 月）兩季，春季的主因是由於低雲和低能見度，夏季的主因是雷暴；對於湛江、梅縣以及海口機場來說，天氣原因導致航班延誤主要出現在冬（12-2 月）春（2-4 月）夏（5-8 月）三季，冬春的主因是低雲和低能見度，夏季的主因是雷暴。此外，在颱風季節廣州、深圳、湛江和海口機場都受到熱帶氣旋的影響。低雲、低能見度和雷暴都有明顯的日變化，根據這些天氣的日變化特點，可以適當調整航班計劃，趨利避害，提高航班正常率，降低航空公司的運營成本。

關鍵字 天氣 航班延誤 航空氣候志

1　引言

十五期間中南地區的航班架次由 2001 年的 168282 架次，增加至 2005 年的 334183 架次，增加了 98.6%。同時，天氣對航班正常的影響也越來越大：2001 年中南地區天氣原因導致延誤的航班量爲 9710 架次，占總航班架次的 1.285%；2005 年中南地區天氣原因導致延誤的航班量爲 2162 架次，占總航班架次的 2.906%。增加了 126%。可見天氣對航班正常的影響隨著飛行量的增加越來越大（表 1）。

表 1 中南地區天氣原因導致延誤的航班架次比例

年份	1999	2001	2003	2005
天氣原因導致延誤的架次	1813	2162	3341	9710
總架次	136732	168282	231550	334183
天氣原因導致延誤的比例（%）	1.326	1.285	1.443	2.906

爲總結粵瓊兩省天氣原因導致航班延誤的氣候特點，本文通過分析粵瓊兩省的廣州、深圳、汕頭、湛江、梅縣和海口機場的航空氣候志，對於廣州、深圳、汕頭、湛江、梅縣五地來說，天氣原因導致航班延誤主要出現在春夏兩季，春季的主因是由於低雲和低能見度，夏季的主因是雷暴；對於海口來說，天氣原因導致航班延誤主要出現在冬春夏三季，冬春的主因是低雲和低能見度，夏季的主因是雷暴。根據這些天氣的日變化特點，可以適當調整航班計劃，趨利避害，提高航班正常率，降低航空公司的運營成本。

2　六機場的航空氣候志分析

2.1　廣州舊白雲機場（資料年限：1986-1995 年）

2.1.1 氣候概況

廣州舊白雲機場出現雲底高度低於 90m 而雲量大於 4/8 的雲多集中出現在春季，其餘各月僅有臨星記錄。在春季其日變化特點是：下半夜和早上集中出現，其餘時間極少甚至沒有出現過，兩個峰值分別出現在 16 和 22UTC[1]（圖略）。能見度小於 1km 是春季出現最多（表 2），其日變化特點是：峰值在 23UTC，穀值

在 15UTC，12-18UTC 爲谷區，出現的頻率都很低，早上 21UTC 開始上升，直至早上 23UTC 出現峰值後開始下降[1]（圖略）。雷暴集中出現在 4-9 月，以 7 月份最多，8 月次之（表 2）。夏季雷暴的日變化特點是：較集中出現的時間爲 05-13UTC，其中又以 06-10UTC 出現最多，17-02UTC 最少[1] （圖略）。

表 2 累年各月能見度低小於 1KM（雨、大霧）及雷暴的平均日數（單位：天）

月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
大霧	0.7	1.6	1.8	2.4	0.6	/	/	/	/	0.2	0.4	1.0
雨	0.3	0.2	0.9	2.4	0.6	1.7	0.7	0.9	0.3	0.2	0.1	/
雷暴	/	1.5	3.6	6.4	9.0	11.0	13.0	11.6	5.9	1.0	0.2	0.1

2.1.2 主要影響系統和極端個例

造成春季低雲低能見度的天氣系統主要是華南准靜止鋒。小於 1KM 的最長持續時間爲 12 小時 29 分，出現在 3 月份，而小於 800m 的最長持續時間爲 6 小時 52 分，也出現在 3 月份。夏季雷暴的主要影響系統是副熱帶高壓，副高的強弱和位置直接決定本場天氣的好壞；當本場處在副高的內部時，下沈增溫的作用使本場持續高溫，此時多爲晴朗的天氣；當本場處在副高的西北側時，由於強勁的西南風把潮濕的海洋氣流輸送到陸地，在動力和熱力的作用下，將產生雷暴天氣；當副高脊線在北緯 30 度以北時，華南沿海地區將在副高南側的熱帶輻合線控制之下，本場易產生雷暴，且持續時間較長，通常在 2-5 小時，連續出現天數多在 3 天以上；如果副高脊線在北緯 30 度以北，700 百帕本場東面有東風波活動時，當東風波自東向西移至本場時就會出現雷暴或雷雨天氣。夏季，又是熱帶風暴的活躍時期，每年都有幾個熱帶風暴在華南沿海地區登陸，影響本區，帶來雷暴、大風、低雲、低能見度等惡劣天氣。10 年中雷暴的最長持續時間爲 11 小時 40 分鐘，出現在 1989 年 5 月 17 日。當時靜止在南嶺山區的靜止鋒逐漸轉爲冷鋒南移至南海北部，廣州受弱冷高脊控制，處於 500 百帕南支槽槽前的不穩定區中，造成了這次長時間、大範圍的強對流天氣[1]。

2.1.3 安全事件重播

1983 年 4 月 4 日，中國南海石油聯合服務總公司民航直升機公司，向法國道達爾中國公司租用的在法國註冊登記的“空中王-200 型”FBVRP 號飛機在廣州機場起飛後爬升過程中墜地，機組 3 人，乘客 5 人全部遇難。造成一等飛行事故。分析造成事故的直接原因是：飛機起飛後，在上升轉彎過程中，低空進入單體積雨雲下，遭遇了下擊暴流和風切變，造成飛機失速而墜毀。

2.1.4 新舊機場對比

新舊機場雖同屬華南氣候，但地理環境有所不同，其天氣特點也略有所不同。本文利用廣州舊白雲機場 2003 年 8 月至 2004 年 8 月和新機場 2004 年 8 月至 2005 年 8 月的氣象觀測即時資料和天氣雷達資料，結合舊白雲機場 1986 年—1995 年的氣候志資料，進行了對比和初步分析。結果表明，新機場出現低雲的次數多於舊機場，低雲的高度也明顯低於舊機場；新機場出現大霧的天數比舊機場以及氣候資料的多一倍；新機場的降水日數比舊機場多，降水強度和全年總降水量也比舊機場大得多；新機場出現的強對流天氣的日數明顯比同時期在舊機場出現的要多，並容易產生強雷暴、冰雹、大風等強對流天氣[2]。

2.1.5 小結

對於廣州舊白雲機場來說，天氣原因導致航班延誤主要出現在春夏兩季，春季的主因是由於低雲和低能見度，夏季的主因是雷暴。根據低雲、低能見度和雷暴的日變化特點，春季午後和上半夜及夏季上午和下半夜的天氣較好，對飛行正

常影響較小。新機場 2004 年 8 月至 2005 年 8 月的氣象觀測資料來看，新白雲機場的天氣更爲複雜、惡劣，但要從氣候尺度分析還需積累更多的資料。

2.2　深圳寶安機場（資料年限：1992-1997 年）

2.2.1 氣候概況

春季是全年出現低雲最多的季節，出現低於 90 米的低雲只在上午的 00、01 時和下午的 05 時及傍晚的 11 時出現，其頻率分別只有 0.6%，其餘季節未出現低於 90 米的低雲[2]（圖略）。能見度小於 0.8km 是春季出現最多（表 3），其日變化特點是：峰值出現在下午的 06 和 10UTC，平均頻率爲 1.7%，最小值分別出現在上午的 01、03、04 時和下午的 08、12 時，其平均頻率分別爲 0.6%[2]（圖略）。寶安機場一年之中，雷暴主要集中在夏季，出現的雷暴日數占全年雷暴日數的 55．1%，6、7、8 月份的平均日數分別是 6.7、7、7.5 天（表 3），雷暴出現的時間有明顯的日變化特點，並隨不同的季節出現一定程度的差異，在夏季的峰值出現在下午的 05UTC，較集中出現在 03-10UTC，其中又以 04-08UTC 出現最多[3]（圖略）。

表 3 累年各月能見度低小於 1KM（雨、大霧）及雷暴的平均日數（單位：天）

月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
大霧	0.3	0.3	2.2	1.3	/	/	/	/	/	0.2	0.3	1.2
雨	/	0.3	0.2	1.2	0.3	1.2	1.2	1.5	0.5	/	/	0.2
雷暴	0.2	0.3	1.8	4.2	4.8	6.7	7.0	7.5	5.2	0.8	0.0	0.0

2.2.2 主要影響系統和極端個例

造成春季低雲低能見度的天氣系統主要是華南准靜止鋒。寶安機場能見度小於 1 公里的持續時間及平均次數各季節不同，春季出現的平均次數最多，而且持續時間最長，如 1995 年 04 月 06 日出現了長達七小時三十分鐘低於 1 公里的最長持續時間，出現小於 0.8km 的最長持續時間也達七小時十五分。本機場出現的雷暴多由低壓槽、副高、熱帶氣旋、東風波等系統的活動而引起。夏季還表現爲熱力性及局地性。寶安機場出現的雷暴，其活動持續時間絕大多數都在 2 小時以內，最長持續時間以可達到 12 小時以上(如 1997 年 07 月 03 日)。[3]

2.2.3 安全事件重播

1997 年 5 月 8 日，中國南方(集團)航空公司深圳分公司 B737-2925 號飛機在執行重慶至深圳 3456 航班，飛機於 19：45 在重慶起飛，航線飛行正常，飛機在 21：16 與深圳塔臺建立聯繫。由於受高空槽前暖濕氣流及地面鋒前不穩定區的影響，當時機場陣雨，能見度 1500 米。飛機下降到 6．50 米轉彎，過近台姿態正常，飛機接地三次跳躍後複飛，過五分鐘左右，機組報告有緊急情況請求其他飛機避讓，塔臺即時通知各部門做好應急準備。機組做了反向落地，機身尾部和右發動機擦地，機身斷爲三部分，隨即起火燃燒。機上載有 74 人(其中機組 9 人)，共有 35 人遇難。[3]

2.2.4 小結

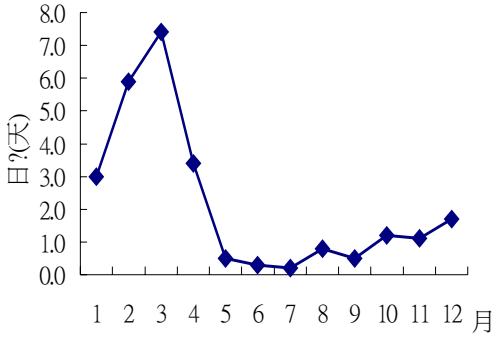
對於深圳寶安機場來說，天氣原因導致航班延誤主要出現在春夏兩季，春季的主因是由於低雲和低能見度，夏季的主因是雷暴。根據低雲、低能見度和雷暴的日變化特點，春季及夏季上午的天氣較好，對飛行正常影響較小。

2.3　湛江機場（資料年限：1986-1995 年）

2.3.1 氣候概況

春季出現 90 米以下以下的雲最多，冬季次之，兩季出現 60 米以下的低雲都不少，低雲的日變化特點是在上午頻率最大，中午減弱，

晚上增加。出現 90 米以下雲高的頻率在春季各時段都有可能出現，主要原因是這段時期內多平流大霧天氣，有時影響連續幾天；冬季只有早上和晚上出現 90 米以下低雲（圖略）。湛江機場冬季和春季是出現能見度小於 1KM 的主要季節，這個時期容易出現大霧，造成低雲低能見度天氣，平均每月有 5.4 天出現能見度小於 1KM，占全年的 80%以上，最多爲三月份的 7.4 天（圖 1、表 4））。低能見度的日變化明顯，在冬春季節通常是在早上生成大霧後，到 03UTC 左右消散（圖 2）。湛江機場 11 月至次年的 1 月期間內沒有雷暴出現，從 2 月開始出現雷暴天氣，但 2～4 月雷暴出現的日數很少，合起來只有 5.6 天，5～9 月是湛江機場雷暴日數最多的月份，合計有 49.5 天，占全年的 88.7%。其中 5 月出現雷暴的日數最多，有 12 天，5～8 月平均雷暴日數均接近或超過 10 天，每月中有 1/3 的天數有雷暴影響，爲全年的雷暴活躍期。夏季出現的雷暴卻具有明顯的日變化特徵。06～11UTC 是出現雷暴的高峰期。雷暴出現次數最少的時段爲 00～03UTC[5]（圖表略）。



? 1累年能? 度小于1KM日? 年? 化?

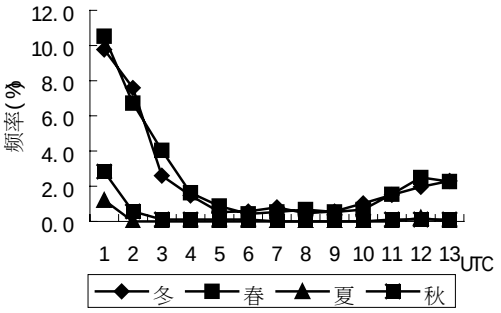


图2　累年能见度小于1KM频率日变化

表 4 累年各月能見度低小於 1KM（雨、大霧）及雷暴的平均日數（單位：天）

月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
大霧	2.6	5.2	7	3.2	0.4	0.2	0.2	0.7	0.4	1.2	1.1	1.5
雨	1.1	3.4	3.3	1.5	0.3	0.2	0.1	0.5	0.2	0.1	0.2	0.3
雷暴	/	1.1	0.9	3.6	12.0	11.5	10.4	9.5	6.1	0.7	/	/

2.3.2 主要影響系統和極端個例

造成低能見度的主要天氣系統中春季是華南准靜止鋒，冬季是冷高壓或變性冷高壓。冬春低能見度出現的頻率高，並且持續的時間長，往往對航班的正常飛行造成很大的影響，特別是會有持續一日或數日的低能見度天氣出現，如 1992 年 1 月 3 日和 1988 年 4 月 1 日，因能見度差和雲底高很低，全天不適航，爲了確保飛行安全，機場不得不處於關閉狀態，嚴重地干擾航班的正常飛行。造成湛江機場雷暴頻繁的天氣系統主要有鋒面、空中槽和切變線、副熱帶高壓、西南渦、颱風槽等。持續時間 0～2 小時的雷暴占全年的 78.2%，出現持續時間 2～4 小時的雷暴也較多，占全年的 19.3%。持續時間超過 4 小時

以上的雷暴就比較少,僅占全年平均總數的 2.6%，而出現持續時間 6 小時的雷暴只有 5 月和 8 月出現過。從十年的統計資料來看,持續時間最長的雷暴爲 6.3 小時，出現在 1995 年 8 月 3 日[5]。

2.3.3 安全事件重播

歷史上沒有出現過重大災害性天氣和與氣象有關的等級飛行事故。

2.3.4 小結

對於湛江機場來說，天氣原因導致航班延誤主要出現在冬春夏三季，冬季的主因是由於低雲和低能見度，春季的主因是低雲、低能見度，夏季的主因是雷暴。根據低雲、低能見度和雷暴的日變化特點，冬春午後和夏季上午的天氣較好，對飛行正常影響較小。

2.4　梅縣機場（資料年限：1988-1997 年）

2.4.1 氣候概況

低於 90 米的低雲在冬季出現的最多。基本只在 00-03UTC 出現。能見度小於 1 公里的平均日數全年爲 16.8 天，以 12 月份最多有 4.4 天,1 月份 3.4 天,次之,6 月份最少，僅出現 0.3 天。歸納起來，能見度小於 1 公里的情況主要在冬春季出現，冬季有 9.6 天，占全年總日數的 57.1%。其次是春季 4.1 天，占全年的 24.4%（表 5）。 冬春兩季大霧基本只在 00-03UTC 出現（圖 3、4）。全年出現雷暴次數特點是以夏半年 5—8 月爲最多（表 4），雷暴出現的時間有明顯的日變化特點，06 時—12 時爲雷暴出現最多時段，此時段的雷暴占雷暴總數的 82.9%，其中 07—10 時爲高峰期[5]。

表 5 累年各月能見度低小於 1KM（雨、大霧）及雷暴的平均日數（單位：天）

月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
大霧	3.3	1.7	1.8	1.5	0.4	0.2	0.2	0.3	0.6	0.4	0.9	4.3
雨	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	/	/	/	0.3	1.5
雷暴	0.1	0.3	3.4	5.6	5.7	8.8	9.7	9.5	5	0.8	0.2	0.1

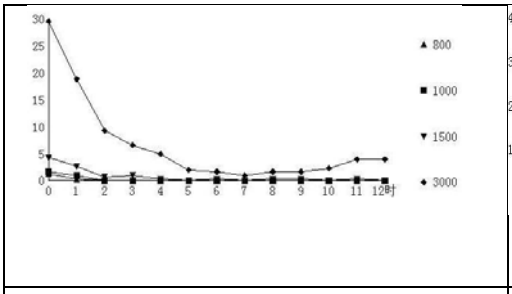


圖 3 累年冬季逐時能見度低於規定值的頻率

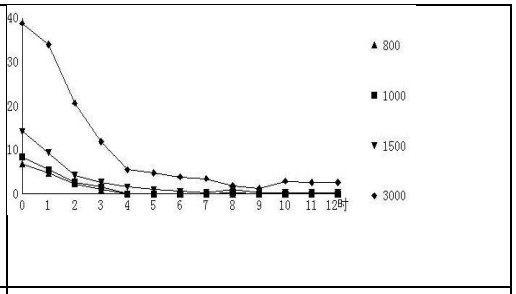


圖 4 累年春季逐時能見度低於規定值的頻率

2.4.2 主要影響系統和極端個例

當本場受華南靜止鋒控制時，出現低溫連陰雨天氣。這種綿綿細雨有時持續一個多月，造成低雲、低能見度天氣，影響航空飛行。春季小於 800 米最長持續時間近 2 小時（1 小時 59 分），小於 1000 米爲 2 小時 04 分。冬季小於 800 米最長持續時間 4 小時 29 分，小於 1000 米 4 小時 34 分。夏季影響的主要天氣系統有華南靜止鋒、切變線和南支槽，以及熱帶系統的輻合帶、東風波、颱風等。雷暴出現的

持續時間大部分在 4 小時以內，占 96.3%，絕大部分出現在 2 小時以內，占總數的 84.3%。最長持續時間 8 小時 10 分鐘，出現在 1990 年 4 月 19 日[5]。

2.4.3 安全事件重播

梅縣機場開航以來，連續保持了安全飛行，未出現等級飛行事故。表 3-2 列舉的是民航史上與天氣有關的等級飛行事故史料。

2.4.4 小結

對於梅縣機場來說，天氣原因導致航班延誤主要出現在冬春夏三季，冬季的主因是由於低雲和低能見度，春季的主因是低能見度，夏季的主因是雷暴。根據低雲、低能見度和雷暴的日變化特點，冬春午後和夏季上午的天氣較好，對飛行正常影響較小。

2.5　海口大英山機場（資料年限：1986-1995 年）

2.5.1 氣候概況

雲高低于 90 米雲高的頻率主要出現在冬季、春季；秋季、夏季不曾出現低於 90 米的雲。雲高低于 90 米出現的頻率峰值在 00UTC，波谷在 06UTC（圖略）。能見度低於 1km 的天氣主要出現在冬、春季節，占總數的 89%（表 6），冬季能見度低於 1KM 米的峰值是 00UTC，低能見度主要出現在 00-02UTC，春季的低能見度日變化基本連續、緩慢，早晨、傍晚出現多，白天減少，變化平穩（圖 7、8）。一年中，雷暴主要發生在夏半年，5-8 月的雷暴日數之和占全年總數的 77.4%，按季節劃分，平均雷暴日數夏季最多（表 6）。夏季雷暴的出現時間有明顯的日變化，早晨至中午（00-04 ）這段時間出現最少，較集中出現的時間爲 07-12 時[6]（圖表略）。

表 6 累年各月能見度低小於 1KM 及雷暴的平均日數（單位：天）

月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
大霧	3.7	3.5	3.6	2.3	/	/	/	0.1	/	0.5	0.3	1.3
雨	0.7	1.1	0.9	1.0	0.4	0.9	0.1	0.1	0.2	/	0.1	0.6
雷暴	0.1	0.9	1.3	4.2	13.0	14.3	11.6	10.1	6.0	2.5	0.1	0.0

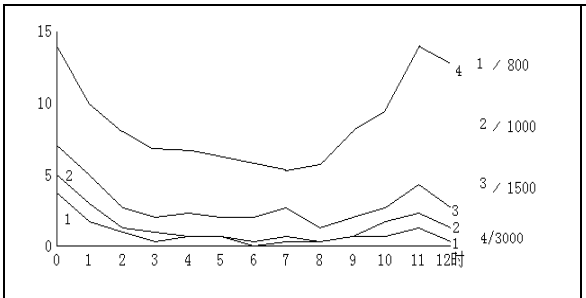


圖 7 累年冬季逐時能見度低於規定值的頻率

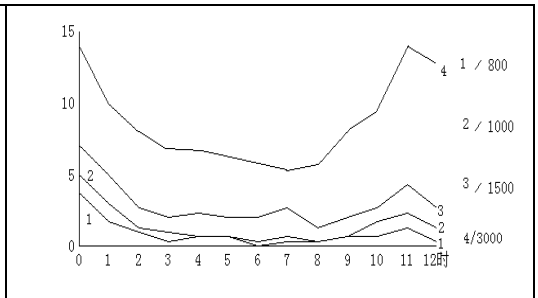


圖 6 累年春季逐時能見度低於規定值的頻率

2.6.2 主要影響系統和極端個例

冬春季的鋒面活動產生的低雲、低能見度天氣。春季低能見度持續時間在 0—1 小時的最多，月平均次數爲 1.5 次；其次是持續時間在 2—4 小時的次數爲 1.2 次；持續時間在 6—12 小時的次數僅爲 0.1 次；最長持續時間爲 6 小時 44 分，出現在 1988 年 4 月 1 日。冬季低能見度持續時間在 1—2 小時的最多，月平均次數爲 2.0 次；其次是持續時間在 0—1 小時的次數爲 1.3 次；持續時間在 6—12

小時的次數僅爲 0.1 次；最長持續時間爲 10 小時 50 分，出現在 1992 年 1 月 3 日。夏季的熱力性雷暴持續時間較短。華南切變線、東風波、鋒面等天氣系統引起的雷暴，則持續時間長，強度大，範圍廣，常有反復。飛機起降及航行時遇到這種天氣要慎重。夏季還是受熱帶氣旋影響最多的季節，東北到陽江，南到三亞登陸的熱帶氣旋都對本場產生影響，在登陸前後，本場常出現大風和暴雨。持續時間在 0-1 小時的雷暴最多，平均次數爲 31.6 次，約占累年平均雷暴次數的 43.1%；其次是持續時間在 1-2 小時的雷暴，平均次數爲 23.6，約占總數的 32.2%；2-4 小時的雷暴排第三，平均次數爲 15.9，約占總次數的 21.7%；4-6 小時的雷暴很少，僅爲 2.0 次; 6 小時以上的雷暴很少出現, 僅占總次數的 0.7%。海口大英山機場大部分雷暴持續時間在 4 小時以內[6]。

2.6.3 安全事件重播

本機場沒有出現過等級飛行事故。

2.6.4 小結

對於海口大英山機場來說，天氣原因導致航班延誤主要出現在冬春夏三季，冬季的主因是由於低雲和低能見度，春季的主因是低雲、低能見度，夏季的主因是雷暴。根據低雲、低能見度和雷暴的日變化特點，冬季午後和春夏上午的天氣較好，對飛行正常影響較小。

3 結論

3.1 天氣對航班正常的影響隨著飛行量的增加越來越大。

3.2 對於廣州白雲和深圳寶安機場來說，天氣原因導致航班延誤主要出現在春夏兩季，春季的主因是由於低雲和低能見度，夏季的主因是雷暴。

3.3 對於汕頭外砂機場、湛江機場和海口大英山機場來說，天氣原因導致航班延誤主要出現在冬春夏三季，冬季的主因是由於低雲和低能見度，春季的主因是低雲、低能見度，夏季的主因是雷暴。

3.4 對於梅縣機場來說，天氣原因導致航班延誤主要出現在冬春夏三季，冬季的主因是由於低雲和低能見度，春季的主因是低能見度，夏季的主因是雷暴。

3.5 對於廣州白雲、深圳寶安、汕頭外砂、湛江和海口大英山機場來說，在颱風季節，熱帶氣旋的活動對它們的影響也是明顯的，尤其是有熱帶氣旋正面襲擊時對航班正常的影響尤爲顯著。

3.6 低雲、低能見度和雷暴都有明顯的日變化，根據這些天氣的日變化特點，可以適當調整航班計劃，趨利避害，提高航班正常率，降低航空公司的運營成本。

參考文獻

[1] 張美平，鄧文珍等.廣州白雲機場航空氣候志.民航中南地區 11 機場航空氣候志彙編.廣州：內部資料，2003：7-20。

[2] 楊建宇.深圳寶安機場航空氣候志.民航中南地區 11 機場航空氣候志彙編.廣州：內部資料，2003：63-80。

[3] 邱俊喜，林浩川等.汕頭外砂機場航空氣候志.民航中南地區 11 機場航空氣候志彙編.廣州：內部資料，2003：462-487。

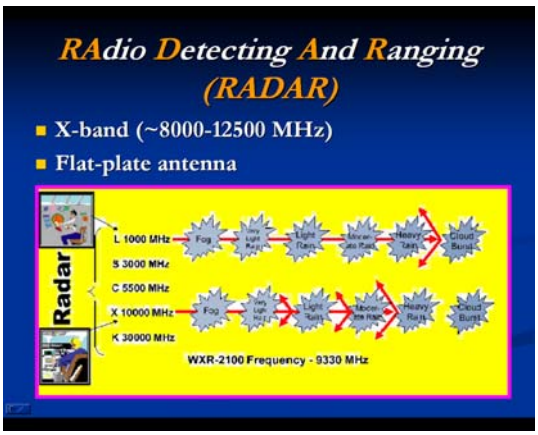
[4] 陳海平，賴建茂，張永華等.湛江機場航空氣候志.民航中南地區 11 機場航空氣候志彙編.廣州：內部資料，2003：513-527。

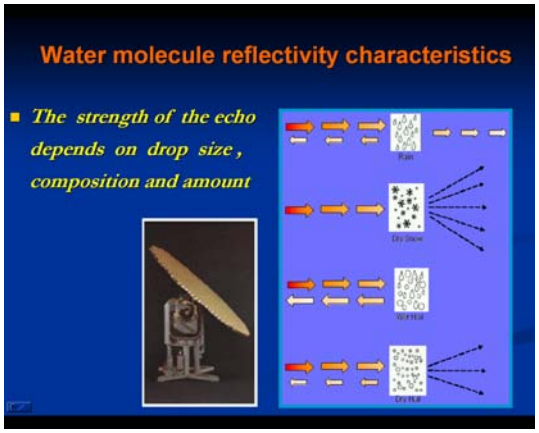
[5] 林燕紅，萬山等.梅縣機場航空氣候志.民航中南地區 11 機場航空氣候志彙編.廣州：內部資料，2003：660-690。

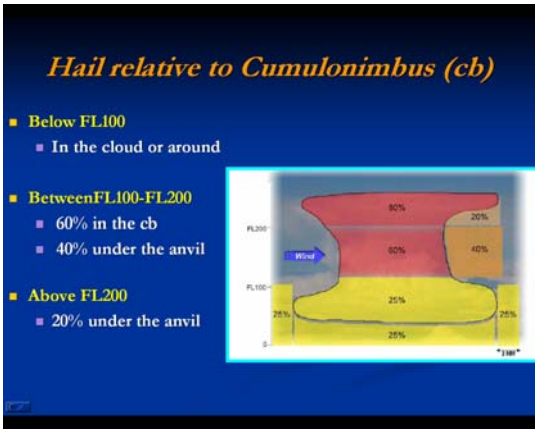
[6] 王虹麗，蔣文毅等.海口機場航空氣候志.民航中南地區 11 機場航空氣候志彙編.廣州：內部資料，2003：584-603。

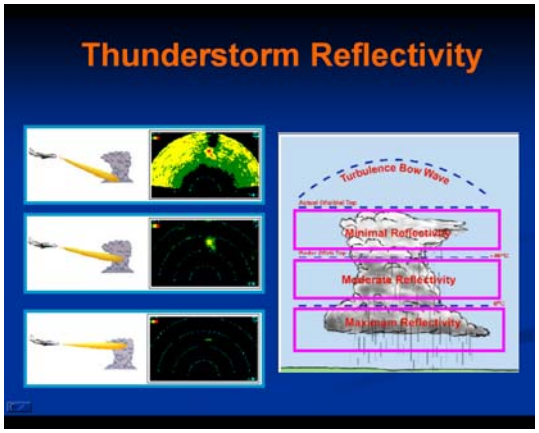
航空安全與氣象雷達之應用

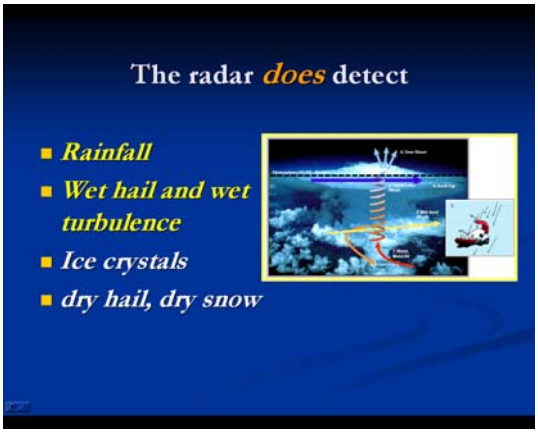
劉美君
台北市敦化北路 340 號之 10











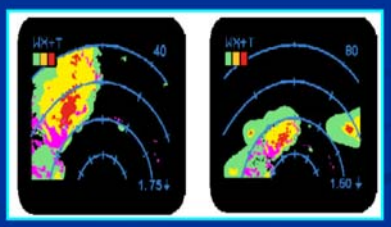
The radar *does not* detect

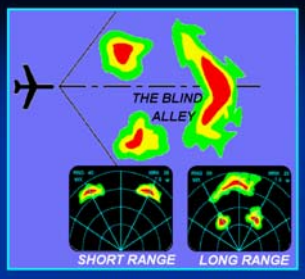
- *Clouds, fog or wind (droplets are too small or no precipitation)*
- *Clear air Turbulence (no precipitation)*

Weather radar control panel

Turbulence

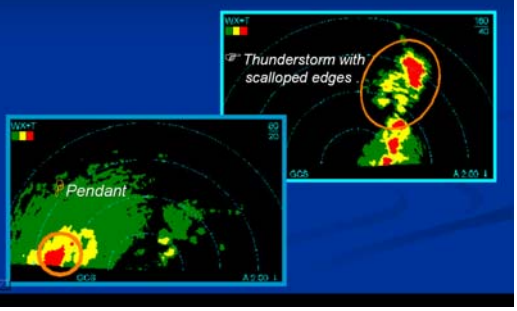
- Doppler effect
- Detect water droplet velocities of 5m/s or greater
- Within range 40 nm



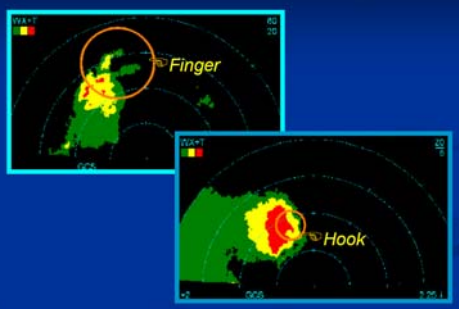


☞ *When viewing the short ranges , periodically switch to longer-range displays to observe distant conditions .*

Adverse Weather Shape



Adverse Weather Shape

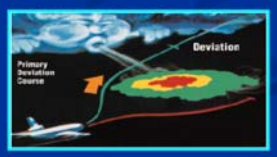


Adverse Weather Shape

The best way to identify hail-containing storms is to recognize their characteristic shape as seen on the display .

Weather Avoidance

1. Avoid magenta and red area
2. 10 nm lateral separation on the up wind side
3. 20 nm down wind side
4. 5000ft clear top of cloud

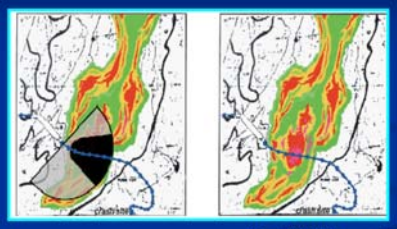


Radar Attenuation

✓Lack of green on the back side

✓The concave shape ✓Lack of ground clutter

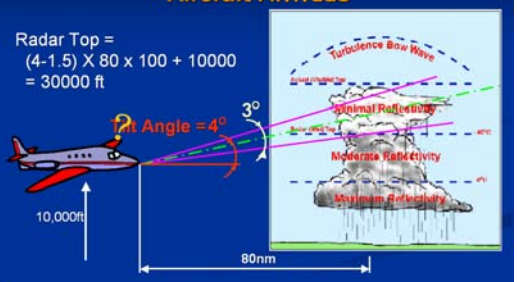
IN 1977 SOUTHERN AIRWAYS DC-9 CRASH INTO THE RADAR SHADOW



- Top 55000ft, tornadoes
- 3 inch hail

Radar Top = (Tilt Angle-1.5) X Range X 100 + Aircraft Altitude

Radar Top =
(4-1.5) X 80 x 100 + 10000
= 30000 ft



Taxi and Takeoff

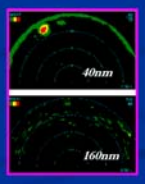
1. Set ND 10nm
2. Tilt down until grand echo then up (confidence check)

1. Scan up to 15 up
2. Select tilt at 4 up for takeoff

Climb- out

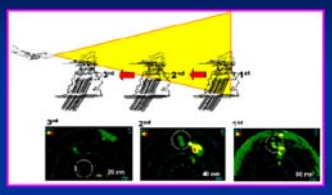
1. *Scan up to 15 then back +4*

1. *Select tilt maintain ground returns on top of ND*



High altitude tilt control

(FL 250 and above)



- Over-scanning and subsequent inadvertent thunderstorm top penetrations is a significant threat during high altitude operations

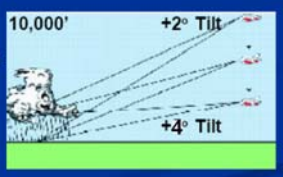
Cruise

- *Maintain ground return on top of ND*
- *WHEN APPROACHING WEATHER*
  1. *-Decrease ND range*
  2. *-Tilt down*
  3. *-Use TRUB Mode*
  4. *-Gain to AUTO*

Altitude	Range (nm)	Tilt Angle
40,000'	40 nm	7°↑
	80 nm	3°↑
	160 nm	2°↑
35,000'	40 nm	6°↑
	80 nm	2°↑
	160 nm	1°↑
30,000'	40 nm	4°↑
	80 nm	1°↑
	160 nm	0°
25,000'	40 nm	3°↑
	80 nm	1°↑
	160 nm	0°
20,000'	40 nm	2°↑
	80 nm	0°
	160 nm	1°↑

Descent and Approach

- Above FL150
  - Every 10000 ft ~ tilt +1 up
- Below FL150
  - Every 5000 ft ~ tilt +1 up
- Approach
  - Select tilt at +4 up



- Do not turn on at the gate
- Turn on after leaving terminal area
- Do not turn on during refueling

Weather radar is for avoiding severe weather not for penetrating it

Reference Document

- *Rockwell Collins WXR-2100 Multi-Scan Radar Pilot's Guide*
- *Honeywell RDR-4B User's Guide*
- *AIRBUS Flight Operations Briefing Notes*
- *CAL WX Radar CBT*

THE END .....

航機作業與氣象預報

林俊安
台北市南京東路三段 131 號

航機作業與氣象預報

中華航空
聯合管制處 林俊安

System Operation Control Division

-1-

前言

- 航機派遣係依據氣象預報、航務通告 (Notams) 及飛機機況之是否適航 (Airworthness) 來執行.
- 法規規定..天氣預報決定選擇之備降站. 航機攜帶之最低油量
- 航機起飛、降落依據實際天氣是否合於起降標準.

-2-

報告內容

一. 航機放行前所須攜帶油量.

二. 2006/01/30 RCTP TAF 與 METAR 比對.

三. 華航因受低能見度影響之航班調度.

四. METAR 與 TAF 不同時應變措施.

五. 結論

-3-

一. 航機放行前所須攜帶油量

1. 起站至目地站耗油 Burn off
2. 備降站油料 Alternate fuel
3. 待命油料(30 分鐘) Holding fuel
4. 應變油料 Contingency fuel
5. 滑行油料 Taxi fuel

放行前所須油量 Ramp fuel

-4-

天氣預報影響備降站之選擇

- 目的站天氣預報如低於落地標準,須多攜帶待命油料由30分鐘增加為1小時,或備降站油料須滿足兩個場站.
- 選用的備降站天氣於飛抵前後一小時其天氣預報須高於標準 (ie. vis 3200m ceiling 600ft for ILS approach) 否則須另選用較遠之機場. 如須改降,該機場實際天氣只要高於落地標準即可.
- 長程班機選用較遠之備降站,因多帶油料,在最大起飛重量時,因此減少酬載(payload),頂風大的航程如, LAX/TPE等..會因此限制座位數.
- 航機多攜帶油料,於空中多burn off.以B747-400 多攜帶30分鐘待命油料 9000 磅,每小時多燒 extra weight 3 %, 14 小時航程為例

Extra burn = 9000 lbs x 3% x 14 hr =3800 lbs ..600 gal..USD 1200
營收(Revenue) = 0.5 US$ / lb s x 9000 lbs = USD 4500
Total cost = USD 1200 + USD 4500 = USD 5700 per flt.

-5-

二. RCTP 2006/01/30 TAF/METAR

TAF RCTP	METAR RCTP
300400Z 300606 32005KT 4000HZ FEW005 SCT010 BECOMG 1214 1200 BR SCT006 BKN010	300930Z 30004KT 0800 R23/1500D R24/P1500 FG SCT000 BKN120 18/16 Q1018 NOSIG
TEMPO 1824 00000KT 0600 FG FEW002 OVC015 BECMG 2224 05020KT 4000 RA FEW006 BKN012..	301000Z 27005KT 0800 R23/1100D R24/P1500 FG SCT000 SCT003 BKN017 17/16 Q1018 NOSIG
	301030Z 23003KT 0400 R23/P1500 R24/P1500 FG VV001 17/16 Q1018 NOSIG
RCTP RWY 05/23 CAT II RVR 350 m DH 100 ft LVP phase 1 vis 800m phase 2 vis 550m	301100Z 22003KT 0200 R23/1000U R24/0550D FG SCT000 BKN001 BKN003 17/16 Q1019 NOSIG

-6-

301000Z 301212 31006KT 2500 BR SCT003 SCT008 BKN030 TEMPO 1224 0600FG SCT002 BKN006 OVC020 BECMG 2224 02020G30KT 4000 RA FEW008 BKN 012 BKN035	301130Z 23002K 0100 R23/0325N R24/0275N FG VV001 17/16 Q1019 NOSIG
	301200Z 20003KT 0050 R05/0375N R06/0200N FG VV001 17/16 Q1019 NOSIG
	301230Z 20003KT 0100 R05/0350N R06/0200N FG VV001 17/16 Q1019 TEMPO 0200FG
	301300Z 22003KT 0100 R05/0250D R06/0200N FG VV001 17/16 Q1019 TEMPO 0200FG
	301330Z 27001KT 0100 R05/0225D R06/0200N FG VV001 16/15 Q1019 TEMPO 0200FG
301100Z 301221 22003KT 0400 FG VV003 TEMPO1221 0100 FG VV001	301400Z 30002KT 0100 R05/0200D R06/0250U FG VV001 16/16 Q1019 TEMPO 0200FG

-7-

301400Z 301524 26002KT 0200 FG VV003 TEMPO 1524 0100 FG V001 (TPE 整晚無法起降)	301430Z VRB02KT 0050 R05/0225U R06/0175D FG VV001 16/15 Q1019 TEMPO 0200 FG
	301500Z 22003KT 0050 R05/0225N 06/0200N FG VV001 16/16 Q1019 TEMPO 0200 FG
	301530Z VRB02KT 0100 R05/0400U R06/0250N FG VV001 16/15 Q1019 TEMPO 0200 FG
301600Z 301818 22003KT 0100 FG SCT002 BKN 006 OVC015 BECMG 0204 36010KT 2000 BR BECMG 1214 0800 FG	301600Z 26003KT 0150 R05/0400N R06/0400D FG VV001 16/16 Q1019 TEMPO 0100 FG
	301630Z 25004KT 0150 R05/0450N R06/0400U FG VV001 17/16 Q1019 TEMPO 0100FG
	301700Z 24005KT 0150 R23/0450N R24/0350N FG VV001 17/16 Q1019 TEMPO 0100FG

-8-

301700Z 301803 25003KT 0100 FG SCT002 BKN 005 OVC015 BECMG 0203 36010KT 2000 BR	301730Z 22007KT 0250 R23/0800N R24/0400N FG VV001 16/16 Q1019 TEMPO 0100 FG
302000Z 302106 21008KT 0200 FG SCT001 BKN003 OVC008 BECMG 0204 36010KT 2000BR	301800Z 21007KT 0200 R23/0650D R24/0500N –DZ FG VV001 16/16 Q1019 TEMPO 0100FG
	301830Z 21007KT 0150 R23/0900D R24/0500N –DZ FG VV001 17/16 Q1019
	After 1900Z RVR and VIS Became Above 1200M..2000M.. 3000M…天氣變為起降標準之上

-9-

三.影響之航班

- By Taf 0606 RCTP 整晚無低能見度情況
- By Metar RCTP

自 0930z vis 800 實施LVP I, 1030z 實施LVP II,
1130z 起 至 1500z Rwy 05/23 低於 CAT II 標準

華航轉降 OKA 3 flts (2 /744 , 1/738)
KHH 4 flts (1/744, 2/A333, 1/738)
HKG 8 flts (2/744,3/A333,2/A340,1/738)
空中回航 2 flts (HKG-TPE , ICN-TPE)
地面滑回 1 flts (KHH-TPE)
取消班次 5 flts (2 / HKG , 3 /KHH)
TPE站延後至半夜 離場班次 8 flts

-10-

四. METAR 與 TAF 不同之應變措施

- 諮詢氣象人員, 了解趨勢.
- 告知進場班機是否繼續進場待命或及早轉降備降站.
- 調整離場班次, 延後或取消.
- 轉降備降站之班次,是否旅客住宿, 或待命飛返TPE.

-11-

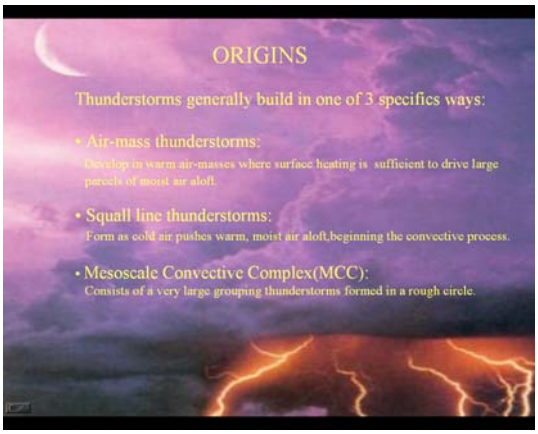
五. 結論

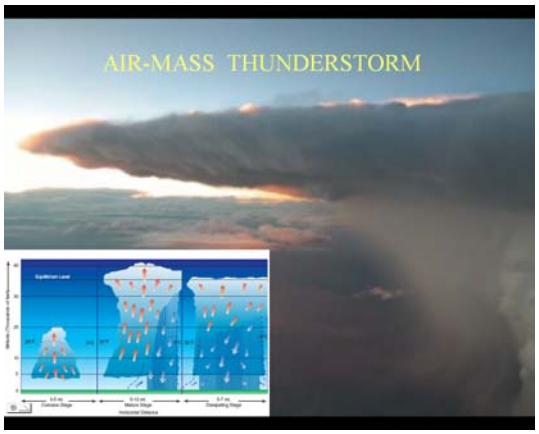
- 飛航操作受天候影響甚巨, 尤其於颱風來襲時, 側風影響起降,大風影響地面作業, 以及低能見度之影響起降.
- 航班之簽派, 調度 依據氣象之資訊,是否調度得宜,不良天候之提早應變, 有賴準確之氣象資訊.
- 華航感謝氣象中心長久來提供的資訊及協助.

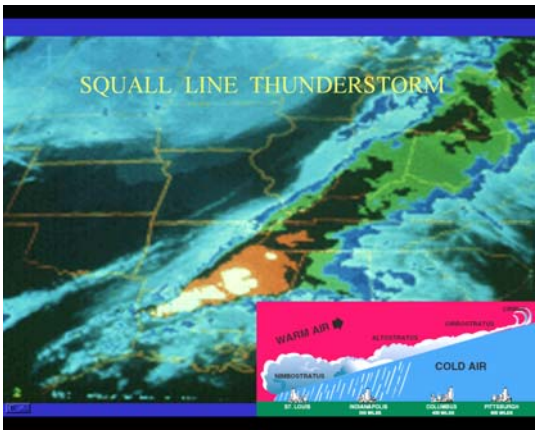
-12-

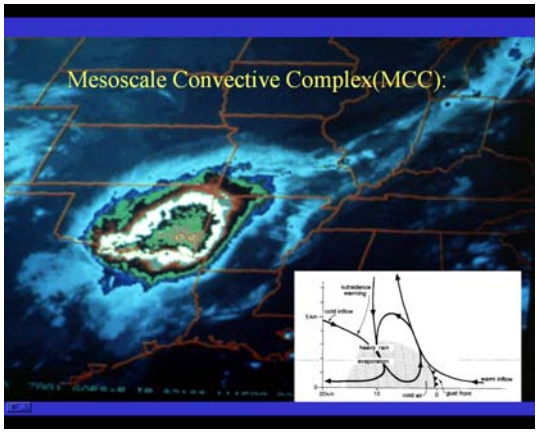
雷雨對飛行安全之危害

簡智浩
台北市敦化北路 405 巷 123 弄 5 號

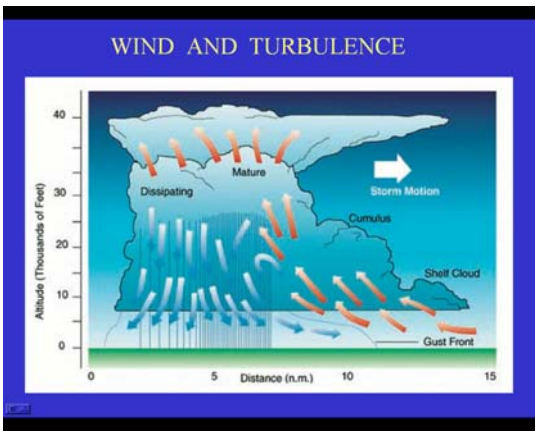




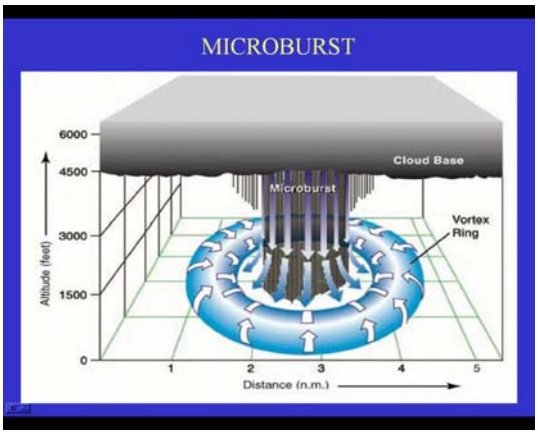


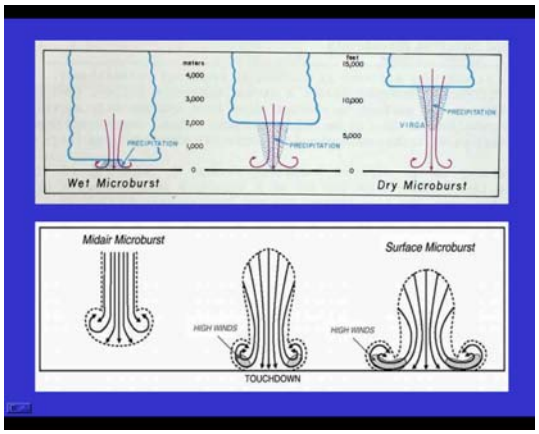


WIND AND TURBLENCE
• Gust fronts
• Updrafts and downdrafts
• Wind-downbursts
• Tornados


WIND AND TURBULENCE
Altitude (Thousands of Feet)
Dissipating
Mature
Storm Motion
Cumulus
Shelf Cloud
Gust Front
Distance (n.m.)

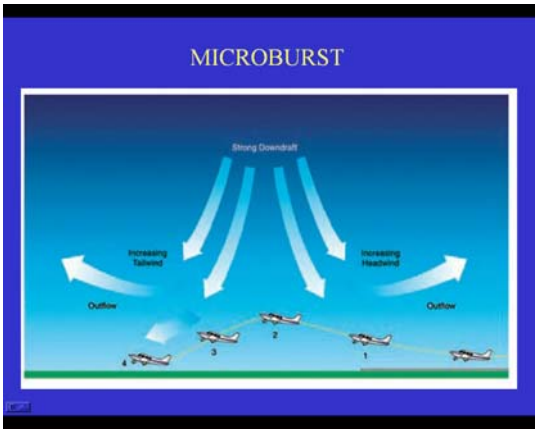
MICROBURST


MICROBURST
Cloud Base
Microburst
Vortex Ring
Altitude (feet)
Distance (n.m.)


Wet Microburst
Dry Microburst
Midair Microburst
Surface Microburst
HIGH WINDS
TOUCHDOWN

VIRGA
雨 幡

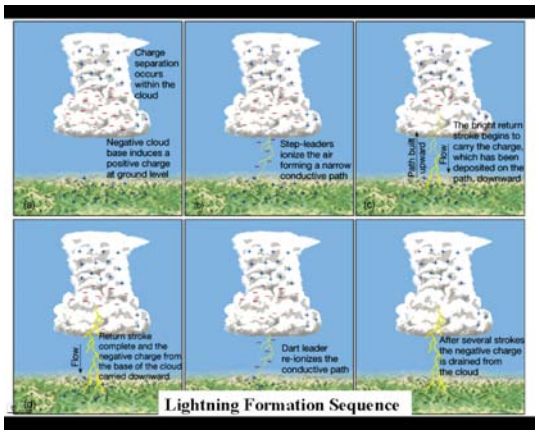
VIRGA


MICROBURST
Strong Downdraft
Increasing Tailwind
Increasing Headwind
Outflow
Outflow

Level	Wind Speed	Possible Damage
F0	40 - 72 mph	Light damage: Tears branches from trees; rips shallow-rooted trees from the ground; can damage sign-posts, traffic signals and chimneys
F1	73 - 112 mph	Moderate damage: Roofing materials and vinyl siding can be displaced; mobile homes are highly vulnerable and can easily be knocked from the foundation or toppled; motorists can be sent careening off road and possibly flipped over
F2	113 - 157 mph	Considerable damage: Well established trees are easily uprooted; mobile homes are dessimated; entire roofs can be ripped off houses; train cars and trucking hauls are knocked over; small objects become dangerous missiles
F3	158 - 206 mph	Severe damage: Forests are destroyed as a majority of trees are ripped from the ground; entire trains are derailed and knocked over; walls and roofs are torn from houses
F4	207 - 260 mph	Devastating damage: Houses and other small structures can be razed entirely; automobiles are propelled through the air.
F5	261 - 318 mph	Incredible damage: Cars become projectiles as they are hurled through the air; entire houses are completely destroyed after being ripped from the foundation and sent tumbling into the distance; steel-reinforced concrete structures can be seriously damaged.

ICE

Icing Type	Outside Air Temperature Range
Clear	0°C to -5°C
Clear or Mixed	-5°C to -10°C
Mixed or Rime	-10°C to -15°C
Rime	-15°C to -20°C



SUMMARY

Never regard any thunderstorm as "light" even when radar returns show the echoes are of light intensity. Avoiding thunderstorms is still the best policy.

Don't land or take off in the face of an approaching thunderstorm. A sudden wind shift or low level turbulence could cause loss of control.

Don't attempt to fly under a thunderstorm even if you can see through to the other side. Turbulence under the ston-n could be disastrous.

Do avoid any thunderstorm identified as severe or giving an intense radar echo. This is especially true under the anvil of a large cumulonimbus cloud.

Weather radar is intended for avoidance only. All areas of steep gradient should be avoided by twenty miles at all altitudes.

Flight over the top of thunderstorms is not recommended. If necessary, clear the tops of thunderstorm clouds by 5,000 feet.

For flight planning, coordinate with flight dispatch. Fuel conservation is secondary to safety, comfort, and schedule.

Below the freezing level - avoid contoured areas by at least 10 miles. Above the freezing level - avoid contoured areas by at least 20 miles.

馬祖氣候暨航班操作

林整騏 陳戴南
台北市敦化北路 340 號之 10

時間	風向	風速	陣風kt	能見度	天氣	雲量雲高	總雲量	溫度	露點	QNH(mb)	雨量mm	附註
270400	30	20	0				0	2.3	0.9		0.00	
270500	30	20	0				0	2.3	0.9		0.00	
270600	30	23	33	6000	61-RA	3ST008 5ST013 8SC022	8	2.3	0.7	3040.00	1.00	
270700	40	21	33	6000	79PL	3ST008 5ST013 8SC020	8	2.3	0.9	3043.00	1.50	
270800	40	24	35	6000	79PL	3ST008 5ST013 8SC020	8	2.5	0.8	3044.00	1.50	WS RWY03
270900	30	23	32	8000	61-RA	3ST008 5ST013 8SC020	8	3.0	1.7	3045.00	1.00	WS RWY03
271000	40	26	38	8000	79PL	3ST008 5ST013 8SC020	8	3.0	1.3	3044.00	1.00	WS RWY03
271100	30	26	33	8000	61-RA	3ST008 5ST013 8SC020	8	3.8	2.1	3042.00	1.25	

精緻服務 邁向卓越 UNI AIR 立榮航空

本公司飛行班表

本公司飛行馬祖班次
台北-南竿每日8班
台北-北竿每日3班
台中-南竿每日1班

精緻服務 邁向卓越 UNI AIR 立榮航空

資料統計

以今年六月份為例，馬祖地區因天候影響，南竿關場共18天，取消95班(約當月總班次1/3)，北竿關場共15天，取消27班(約當月總班次1/3)。

	南竿關場時間	北竿關場時間	南竿取消班次	北竿取消班次	空中轉降班次	空中回航班次	加班班次	備註
6月1日	全天關閉	全天關閉	8	3	0	0	0	
6月2日	全天開場	全天開場	0	0	0	0	0	
6月3日	全天開場	全天開場	0	0	0	0	0	
6月4日	全天關閉	全天關閉	8	3	0	0	0	
6月5日	全天關閉	全天關閉	8	3	0	0	0	
6月6日	全天關閉	全天關閉	8	3	0	0	0	
6月7日	全天關閉	(0800-1100)	8	3	0	1	0	
		(1111-)						
6月8日	(0800-1329)	(0800-1302)	8	3	0	0	0	
		(1723-)						
6月9日	全天開場	全天開場	1	0	0	0	0	班機調度
6月10日	全天開場	全天開場	0	0	0	0	0	
6月11日	(0921-)	全天開場	7	0	1	0	4	
6月12日	(0800-0918)	全天開場	2	0	5	5	0	
6月13日	(0800-1300)	(0800-1218)	8	3	0	1	0	
	(1330-)	(1251-)						
6月14日	(0800-0742)	(0800-0800)	1	0	0	0	0	
6月15日	全天關閉	全天關閉	8	3	0	0	0	
6月16日	(0800-1022)	(0800-1025)	7	2	0	0	0	
6月17日	(1440-)	全天開場	2	0	1	0	1	
6月18日	(0800-1012)	(1443-)	5	1	0	1	0	[illegible]
	(1420-)							[illegible]
6月19日	(0800-1010)	(0800-0915)	2	0	0	0	0	
6月20日	(0800-0828)	(0800-0845)	2	0	0	0	0	
6月21日	(0741-0828)	(0825-0917)	2	0	0	1	0	
6月22日	(0801-1007)	(0700-0845)	2	0	0	0	0	

精緻服務 邁向卓越 UNI AIR 立榮航空

馬祖交通

- 空中交通：
  可由松山、台中機場搭乘立榮航空班機至南、北竿機場，抵達後，往各離島可轉搭其他交通船。
  海上交通：
  自基隆搭乘臺馬輪(計有550席位)或軍租船(合富輪保留一般民眾50席位)，至馬祖南竿福澳港或東引中柱港。

精緻服務 邁向卓越 UNI AIR 立榮航空

航班操作原則

- 保障飛航安全，提高飛行效率。
- 不同氣象條件→有效運用航空技術。
  →順利完成飛航任務。
- 充分利用有效的天氣。
- 避開危險的天氣。
- 預防及減少危險天氣的危害。

精緻服務 邁向卓越 UNI AIR 立榮航空

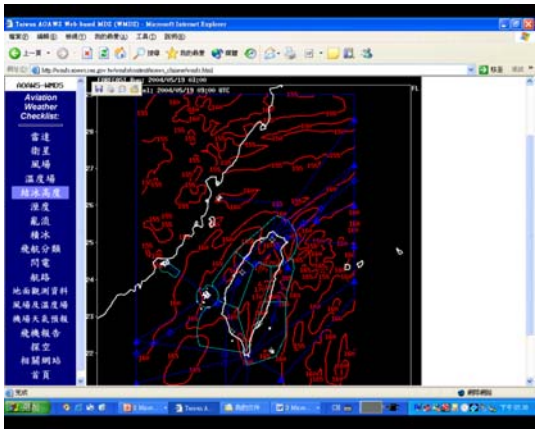
冷天氣操作

- 溫度低於10度(OAT)即視為冷天氣。
- 需配合跑道風向、風速。
- 區分跑道狀況(乾、濕、結冰跑道)。
- 限制起飛、落地載重。

精緻服務 邁向卓越 UNI AIR 立榮航空

民用航空局航空氣象現代化系統網站
(http://wmds.aoaws.caa.gov.tw/)

- 使用者可在家或旅館透過網站索取所需的氣象資料
- 航空氣象作業由過去傳統作業方式
  →轉為航空氣象作業現代化方式
- 航空氣象預報模式電腦自動輸出氣象產品
  →增加各高度層和各航路上數千種氣象產品和內容豐富整合各種氣象資料
  →雷達回波、衛星雲圖、風向風速、飛機積冰、濕度、晴空亂流、飛航種類、閃電、航路和機場氣象、天氣預報



精緻服務 邁向卓越 UNI AIR 立榮航空

✈航機派遣(一)

- 本公司視已關場機場旅客之滯留人數情況，以及仍開場機場之持續開場天候情況，於前往原關閉機場之班機表訂時間一到，將立即取消該班機，同時著手申請改飛加班機至仍開場機場，並依旅客意願自行決定搭乘，或選擇等待原機場開場。已安排前項加班機時，對原取消的關場航班將不再補開替代班機。

精緻服務 邁向卓越 UNI AIR 立榮航空

✈航機派遣(二)

- 本公司得在評估並發現因前述加班機派遣作業後，將導致之原關閉機場後續表訂航班之延誤時，即進行包括航班之時間變更、機型調度、或部分航班取消等之必要運航調度處理作業。

精緻服務 邁向卓越 UNI AIR 立榮航空

✈航機派遣(三)

- 本公司將視機場實際滯留人數，由場站主任立即與總公司及相關部門協調可調度之航班情況，於當日適當時段調度加班機，或派遣北竿夜航加班機。有關前述北竿夜航加班機之派遣，需以符合班機運作之飛航安全標準與飛航員飛行時數規定之原則為之。縣政府需負責協調夜航北竿與南竿間之接駁船班與地面交通車輛之安排事宜。本公司將儘可能提早確認可安排加班機之時段，主任(或代理人)通知連江縣政府交通局，並於馬祖場站公告有關當日班機動態之最新資訊。

精緻服務 邁向卓越 UNI AIR 立榮航空

簡報完畢

西安機場大霧特徵及其預報

西北氣象處　孫啓原

陝西省西安市原西關機場家屬院 9313

引言

西安咸陽機場大霧年均 72 天，最多一年達 102 天，其中，1991—2001 年（10 月至次年 1 月）秋冬季共有 401 個大霧日。2000 年 12 月 10 日—18 日連續 9 天大霧，4 天能見度均在 400m 以下。1992 年元月 4—6 日連續三天大霧能見度均小於 500m，最小能見度 0m，造成機場關閉三天，大量航班取消。

1、 時間分佈：

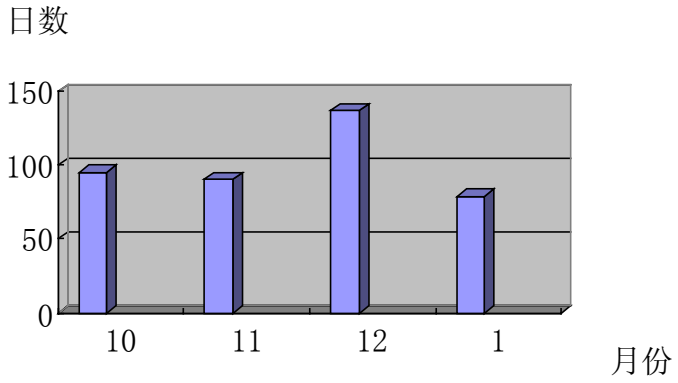


图1 大雾年分布

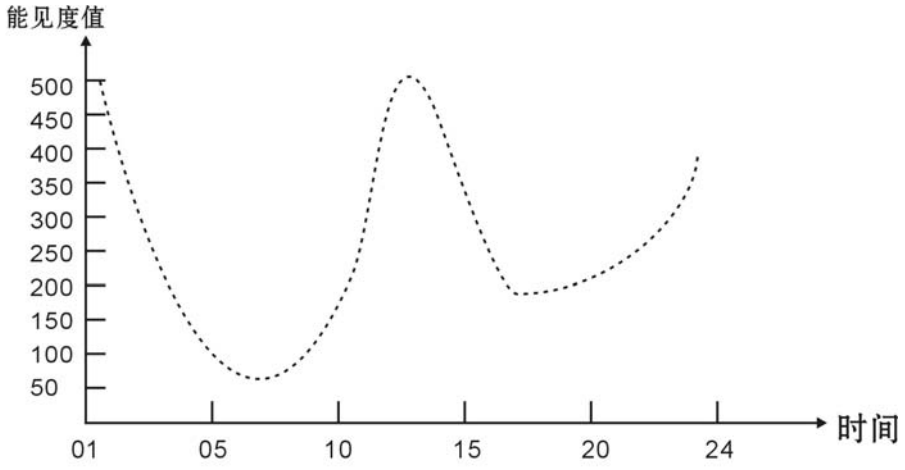


图2 能见度日变化

大霧主要分佈在 10 月至次年 1 月份的秋冬季節，其中 12 月份最多達 137 天，從能見度日變化看大霧一般出現在 4-9 時，和下午 17 時-20 時，其中上午 07-9 時能見度一般較差，大霧出現時能見度<500 米的次數達 385 次，秋冬季大霧消散一般在 11-13 時，秋冬季大霧持續時間最長 216 小時。

2、霧類別的判定

西安大霧從霧內氣溶膠成分、相對濕度等不同分爲煙霧和水霧，而水霧占西安大霧的 97.8%，水霧的類型主要是輻射霧，平流霧和雨霧。利用資料分析，從能見度，空氣濕度、長波輻射平衡三個要素，可以判定煙霧和水霧。

2.1　相對濕度

水霧中水汽含量大，懸浮的水滴多，氣溶膠粒子數密度大，相對>78.8%，91%的水霧過程中相對溫度在 90%-98%，而煙霧過程中，空氣中懸浮的幹粒子居多，相對濕度一般<78.8%。

2.2　能見度

煙霧和水霧過程中，能見度<1.0km，但水霧形成過程中，能見度降低很快，消散時，能見度在短時間內提高也很快。水霧形成過程中的爆發性發展過程會導致能見度的突度。而煙霧的突變不明顯，特別是降低的過程緩慢。

2.3 長波輻射平衡

在水霧發展過程中，由於水滴吸收和發射長波輻射，又因霧層內水滴溫度差異較小，因此，光空氣中水滴達到一定濃度時，長波輻射處於平衡狀態，由於水霧在形成時發展很快，因此，輻射也會發生突變。水霧向上和向下的長波輻射，在其形成前和消散後處於水平衡狀態，而在水霧維持期間處於平衡狀態。而煙霧中的幹粒子對長波輻射的吸收遠遠小於水滴，因此，長波輻射處於不平衡狀態。

3、水霧過程的過界層結構

3.1 相對濕度

水霧在接近地面的一定高度上形成，霧層內相對濕度保持近飽和狀態直到霧消散，霧頂附近相對濕度發生突變，隨著高度升高相對濕度急劇減小，霧頂以上比較乾燥。霧消散時，從近地面相對濕度降低，霧滴蒸發、消失、霧底擡升，同時霧頂下降，霧層減薄。煙霧狀態下，空氣遠未達到飽和，隨著夜間逆溫層加強和降溫過程，近地面相對濕度有所增加，但僅在近地面薄層內濕度較大，隨高度升高相對濕度很快降低。水霧形成階段 97%，形成時地面與 900hpa 的 T-Td＜05℃。在輻射霧導致的水霧過程中相對溫度 85%~92%，T-Td<4℃。在平流霧導致的水霧過程中，相對溫度>92%，T-Td<2℃。在雨霧導致的水霧過程中相對濕度>94%，T-Td 在 0℃-2℃，雨霧導致的>3 天的連續性水霧占西安連續性大霧的 82%，前二天有明顯增濕過程。

3.2 水汽分佈：

煙霧情況下，近地面水汽密度相對較高，並隨高度升高水汽密度減小。水霧情況下，由於霧頂的上有逆溫層出現，在霧層內有水汽滯留層形成，其厚度不斷增加且向上發展，使得較厚的穩定層內水汽濃度很大。由於過飽和凝結的發生，有潛熱釋放使水汽滯留層底部出現增溫，其頂部是輻射冷卻，在湍流作用下，逆溫層內水汽含量隨高度增加，逆溫層頂以上，水汽密度隨高度迅速減小。水霧發展的大部分時間內，密頂以上一定高度內，水汽密度在霧頂部有突變，並隨高度降低。在霧消散階段，霧頂以上水汽密度有明顯增大，並延伸到逆溫層頂，水霧形成階段氣溶膠粒子數密度達到峰值 3072.個/cm^3，含水量達 0.4g/m^3。發展階段氣溶膠粒子數密度 2953.7 個/cm^3，含水量達 0.58g/m^3。在 400m 以下逆溫層內一

般氣溶膠密度爲 2840 個/cm^3，含水量 0.45g/m^3；雨霧前一天西安處於θse 強暖舌區，中心θse>44℃，消散階段增溫率 0.34℃/h，氣溶膠數密度降爲 55.9 個/cm^3。

3.3　風速分佈

西安機場水霧主要爲雨霧，輻射霧和平流霧，因此，風的分佈對水霧的形成和分佈作用較大。雨霧形成的低能見度出現前，地面至 700hpa 連續二天以上西南風爲主，連續三天以上從地面至 500hpa 的西南氣流的輻合，必然會導致水霧持　續 24 小時以上並使能見度<300m。平流霧導致的水霧形成過程中，一般爲東風或東南風爲主。煙霧過程中，一般爲暖脊和西北氣流控制，大多數情況下維持微風或靜風。水霧過程中，貼近地面的霧層內有 1—3.5m S^{-1} 的微風，隨著高度升高風速增大，但霧頂以下風速不大，霧頂以上風速較大，急流層內最大風速>11m·S^{-1}，最大風速層高度在霧頂以上。輻射霧形成當天風場平均 1.2m S^{-1}。雨霧形成當天風速<0.8m S^{-1} 雨霧垂直環流比較淺薄，風場較弱，抑制上升，水汽聚集。

3.4　逆溫層：

在水霧形成的過程中，霧層內沒有逆溫，逆溫層擡升到霧頂以上，在近地面層溫度低於霧層溫度，整個霧層內隨著暖濕氣流的輸送在雨霧的情況下會增高，特別是 970hpa 至 700hpa 之間有深厚的逆溫層，逆溫梯度較均勻，並小於霧頂的以上逆溫梯度。當鋒前或槽前暖濕氣流輸送沒有中斷的情況下，這種結構一直維持，由於霧層內部大量潛熱的釋放，造成霧層整層溫度升高。在霧頂附近，主要是水滴蒸發過程通過吸收潛熱，使霧頂附近空氣溫度降低，造成霧頂以上逆溫增強，逆溫梯度加大。煙霧過程中，低層降溫大於上層，夜間逆溫層穩定發展，當陰天有雲覆蓋時，逆溫結構會保持不變。

因輻射霧導致的水霧過程中，地面到 980hpa 附近有薄層逆溫層，溫度遞增升爲 0.5~2℃/100m。因雨霧導致的水霧情況下，980hpa~850hpa 常有逆溫層，逆溫層內溫度分佈均勻，逆溫層頂上部溫度往往高 5°左右，在鋒前或槽前暖濕平流增大，有很強的水汽輻合的情況下。逆溫層一般出現二種結構，一種是不連續逆溫層，即在近地層有一薄逆溫層，第二層在其上部爲一等溫層，第三層又有一逆溫層。另一種是無逆溫層，在 700hpa 以下整層爲等溫層或梯度很小的隨高度降溫。水霧形成階段逆溫一般爲 50~100m（頂高）。

4、西安水霧的預報：

4.1　利用數值預報產品作霧的預報

4.1.1　用天氣在線提供的 RH0-300 預報產品（RH300）直接進行大霧預報。RH300 反映的是地面 0-300m 之間的平均相對溫度值，0-30m 是極淺薄層，相當於貼地逆溫的厚度，若預報圖中出現大值濕度區時，有二種可能，一是此大值區正是降水區，只有降水減弱或間歇時，才可能形成雨霧，這種情況需要與其他資料一起分析。第二種情況可能是單純的水汽滯留區即大霧區。RH300 等值線直接反映了近地面水汽滯留層（水汽滯留層：通過冷卻或增濕使水汽達到飽和並發生凝結的一段垂直空間。冷卻主要是平流冷卻、輻射冷卻。增濕主要是平流增濕和蒸發增濕）的強弱及範圍，對無降水區的 RH300 預報大值區，特別是 95%以上的區域可直接預報大霧，RH300 對範圍廣、強度大的霧預警效果非常好。。

4.1.2　利用 WAFS 的 Grrads 提供的格點數據和顯示環境（交互操作）可獲得地

面 2m、10m 或標準等壓面等不同高度平面的流場，氣壓場、水汽分佈溫度分佈及平流，渦度、散度等，也可以獲得垂直剖面圖形式下的大氣內部溫、濕、風的垂直分佈（以經線度爲基準線，以氣壓爲高度座標）預報大霧生消密切相關的下 T-Td，風、水汽壓 θse 相對溫度、逆溫。一般霧出現在正渦度區其下風方向，說明正溫度區對水汽彙聚作用，一般 800hpa 以下整層濕度非常大。

4.1.3　NCEP 基於有限區套網模式 NGM 的產品製作 mos 預報，Td、雲量，VV、ff/fafd。θse-400hpa 以下相對溫度、水汽通量輻合輻散量。中國 T_{213}、HLAFS 模式提供 15 層的 06h、12h，壓、溫、濕、風、渦度、散度、相當位元溫等 15 類資料診斷大霧，利用水汽通量、水汽通量散度、T-Td，相對濕度預報水汽通量最大值，水汽通量散度輻合區，T-Td 飽和區，相對濕度大值區的軸線位置。

4.2　利用衛星資料預報水霧

4.2.1　利用 NOAA-15、Eos-modis 資料提供的不同高度層分層溫度、濕度、風向風速資料。國家中心下發的 TOVS 資料 1000~10hpa　15 個層的<T、1000hpa-300hpa6 層的大氣濕度、moDIS 的 3 個大氣水汽通道、6 個地面、雲溫通道（分辯 1000m）大氣溫度（分辯 250m）2 個通道的資料。

4.2.2　利用 SBDART 輻射傳輸模式（計算雲霧狀態下地球大氣及雲霧輻射傳輸模式）提供的大氣有關要素的廓線資料（P.T.水汽含量、大氣氣溶膠輻射值）和反射模式計算出任意高度上總向上輻射，向下輻射，霧雲層底的直接向下輻射，層頂的向上輻射等預報水霧。

台灣桃園國際機場低能見度統計與個案分析

周俊明
台北市濱江街 362 號

題目：

台灣桃園國際機場低能見度統計與個案分析

台灣桃園國際機場

- 台灣桃園國際機場（RCTP）位於本島西北邊的桃園縣大園鄉，爲中華民國對外主要門戶，臨台灣海峽北緣。
- 機場現有東北西南走向的05/23、06/24兩條跑道。其中05/23 屬於第II類跑道，最低起降標準爲350公尺；06/24 屬於第I類跑道，起飛標準600 公尺、降落標準800 公尺。

低能見度主角－霧的簡介

- 本報告依據國際民航組織（ICAO）中所定義霧爲水平能見度低於1000公尺。
- 爲識別方便，將報告中能見度低於400公尺定義爲濃霧。
- 霧大致可分爲輻射霧、平流霧、鋒面霧、蒸氣霧及上坡霧等。
- 造成RCTP低能見度的主因爲平流霧。

平流霧

- 平流霧的形成和大氣水平方向流動有關，當暖濕空氣流經較冷之海面或陸地時，其低層因接觸遇冷而飽和凝結成霧。只要風向和風速適宜，一經成霧，常不因日照加熱而消失，除非風場轉變，使暖濕空氣來源中斷，否則易持續一段相當長時間不見消散。

構成平流霧之條件有三：

1、 暖濕空氣在冷表面上平流。
2、 此冷表面使流動之空氣冷卻，最後到達飽和。
3、渦流混合使此飽和之氣層伸展至相當高度。

預報RCTP低能見度的作業考量因素

1. 大陸移動性高壓出海，高壓外圍迴流，高壓中心位於東經125度以東，因迴流的範圍大，增加暖濕效果。
2. 本區的海溫低於攝氏20度。
3. 高層925、850百帕有暖平流。
4. 中尺度的台灣低壓位於台灣海峽北邊、本島北或東北邊，距台灣約2個經緯度附近。
5. RCTP的風場可能受台灣低壓的影響而發生西北風到達10KT，但小於15KT。

個案的選擇

- 個案的選取以過去4個冬春交接RCTP最易起霧的冷季，分別爲02~03年、03~04年、04~05年及05~06年間的12月到4月期間。
- 選取的資料來源爲機場航空氣象台METAR或SPECI的觀測資料，條件分別爲能見度低於1000公尺（霧）及400公尺（濃霧）
- RCTP的低於起降標準爲350公尺。

個案發生的日期

	DEC.(7)	JAN.(9)	FEB.(11)	MAR.(9)	APR.(6)
02~03年(11)	5、8、18	7、17~19、27	15~16	6、17	3~4、8
03~04年(12)	24、29	16、29	1、14、17~21、28	12、30	23~24、27
04~05年(11)	20		5~10、14~17、22~23、26	11、16、21~23、29	1、24
05~06年(8)	29~ 30	12~13、15~16、18~19、30~31	16、21~22	8~9	

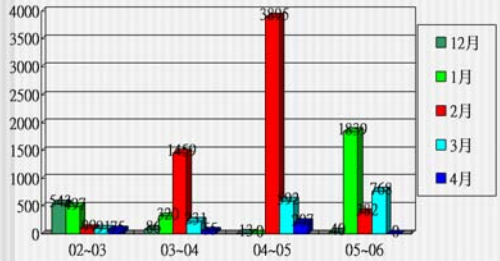
能見度小於1000公尺個案細節資料

- 2002年12月~2003年04月之個案
- 2003年12月~2004年04月之個案
- 2004年12月~2005年04月之個案
- 2005年12月~2006年04月之個案

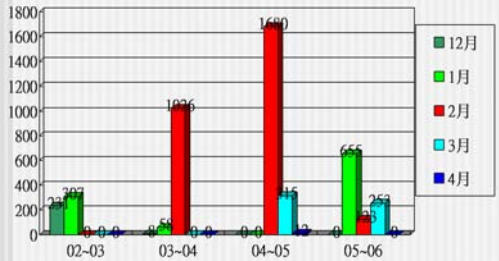
能見度小於400公尺個案細節資料

- 2002年12月~2003年04月之個案
- 2003年12月~2004年04月之個案
- 2004年12月~2005年04月之個案
- 2005年12月~2006年04月之個案

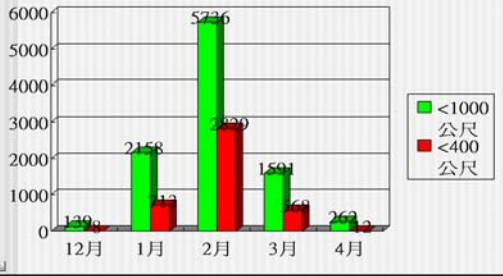
RCTP能見度＜1000公尺累計時間（分鐘）



RCTP能見度＜400公尺 累計時間（分鐘）



RCTP低能見度月份差異 累計時間（分鐘）



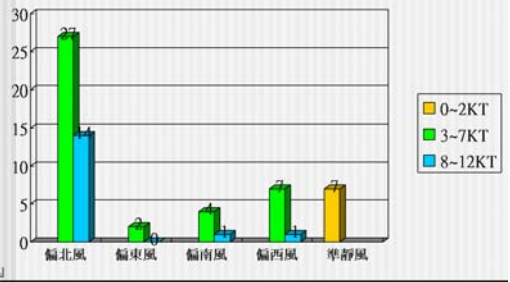
月份統計結果

- 統計結果：在02~06年之間的個案，RCTP發生霧或濃霧累計時間最長的月份爲2月，其次爲1月及3月，4月及12月則較短。
- 起霧的月份會因年份不同而有差異，例如05年1月即無個案發生；而03年2月爲該冷季累計時間的次少。
- 長期的統計發現1月份發生霧或濃霧的頻率較高，而2月份的累計時間較長。

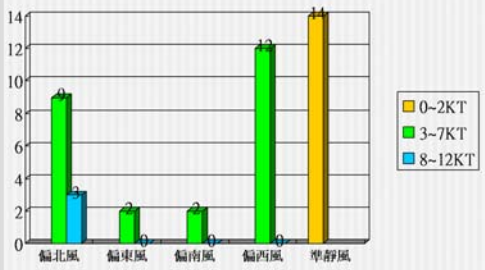
05及06年個案的風場分布

- 由05及06年起霧個案在整點METAR報文風場分布。
- 風速方面以0~2KT，3~7KT及8~12KT三種標準。
- 風向方面則以：偏北風:315°~045°；偏東風045°~135°；偏南風135°~225°及偏西風225°~315°四種大概風向的範圍。
- 當風速爲0~2KT時，視爲準靜風，不考慮風向。

能見度＜1000公尺的風場分布



能見度＜400公尺的風場分布



風場的分析結果

	風向	風速
VIS＜1000M霧（63）	以偏北風出現頻率最大（65%），其次爲偏西風（13%），然後爲風向不定的準靜風（11%），再來是偏南風（8%），而偏東風（3%）則較少霧的個案。	以3~7KT發生頻率最高（64%）；其次爲較強風速的8~10KT（25%）；然後是準靜風（11%）。 可能因分析個案不多，並未發現大於12KT的個案。
VIS＜400M濃霧（42）	風向不定的準靜風出現頻率最大（33%）然後偏西風（29%）與偏北風相當（29%）；偏東風（5%）與偏南風（5%）較少發生。	3~7KT發生頻率仍然最高（60%）；然後是準靜風（33%）；只有在偏北風時才發生8~10KT的個案（7%）。也未發現大於12KT的個案。

桃園國際機場發生低能見度與上下游機場的相關性

- 利用台北航空氣象中心的天氣一覽表（包含民用及軍方機場24小時整點METAR資料）在低能見度個案中，觀察RCTP與上下游機場發生低能見度在時序上的相關性。
- 上游取馬祖北竿機場的METAR資料。（因南竿航空氣象台的海拔高度近300呎，有可能發生北竿低雲幕而南竿報霧的情形）
- 下游取新竹基地及清泉崗國際機場的METAR資料。

上下游時序相關性

- 以上游而言，當北竿機場起霧時，RCTP發生低能見度的機會增大，但不易判斷是否能見度會低於1000M，甚至低於350M。而南北竿航空氣象台夜間並無觀測，RCTP後半夜起霧的頻率較高，所以在進行分析比對或實際預報的協助都增加困難度。
- 以下游而言，當RCTP的能見度變差，新竹基地及清泉崗國際機場的能見度亦轉差，但轉好的時間序列不一，要依賴下游預報RCTP能見度的好轉須再進一步觀察。

天氣現象與霧

- 有著作或報告提到當發生低能見度時，如果伴隨下毛雨或小雨，有機會延長低能見度的時間。
- 從觀察的個案情形，RCTP起霧時在METAR報文中伴隨降水的情形不明顯，當已發生低能見度後再伴隨毛雨或小雨時，常見能見度有好轉的趨勢。
- 可能因地理環境的差異，上述的情形RCTP較少發生。

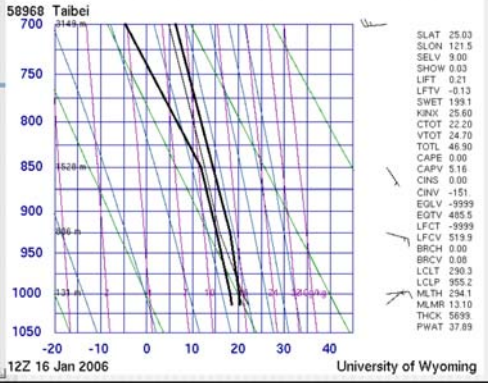
以板橋探空站的探空資料分析

- 利用METAR及SPECI觀測報告，取當發生能見度小於1000公尺期間及約前12小時的板橋探空站探空資料。觀測時間爲每日00Z及12Z，探空站距離桃園國際機場不到40公里。
- 選取的探空資料爲霧的持續時間達兩小時或以上做爲分析的個案。
- 資料來源爲網站 http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html

爲美國懷俄明州立大學大氣科學相關學系的網站。

探空資料運用的方式

- 探空資料提供垂直方向的資訊，在下列的分析中，會運用不同等壓面的風場及水氣資料，主要爲1000、925、850百帕等壓面的資訊。
- 暖平流是判斷及預報低能見度的重要指標，分析由地面上升到850百帕風向的順轉情形，了解溫度平流所扮演的角色。
- 當起霧時，水汽亦達到飽和，報告將分析1000及925百帕相對溼度分布情況，了解與霧的相關性。



分析結果

- 所選取的15個個案當中，有2個案例起霧之前或已經發生低能見度，風向隨高度順轉的情形都不顯著。其餘的13個案例幾乎在發生低能見度之前已出現暖平流的現象。
- 有5個案例起霧之前或已經發生低能見度，在1000、925、850百帕的相對溼度都不到90%。其餘的案例在霧的期間至少有1次出現1000或925百帕相對溼度大於90%。

- 04年2月17~18日的個案比較特別，雖然有出現低於起降的濃霧，但其間的探空既未發生順轉的情形，相對濕度亦持續4筆未達90%，是其他案例未出現的現象。
- 研判板橋探空站距離台灣桃園國際機場雖然不遠，但機場位於海邊，極易受平流霧的影響，板橋與RCTP在近地面層大氣秉性應該差異頗大。
- 探空資料的時間間距頗大，如果要從12小時一筆的探空資料來輔助預報低能見度，從暖平流的發生的確有明顯的相關；但若由相對濕度的下降去判斷能見度將好轉的趨勢，則有待商榷。