

新竹機場低能見度及氣象要素分析探討

葉南慶¹、莊耀中²、林信奇³

¹空軍航空技術學院軍事氣象系

²空軍航空技術學院通訊電子系

³空軍氣象聯隊第二基地天氣中心

摘要

新竹機場位於新竹市區內，為一提供軍方使用之機場，是第二戰術戰鬥機聯隊的駐紮地及本軍幻象2000唯一進駐基地及大本營。本文係利用民國94年至103年計10年新竹機場之地面觀測資料，統計分析各月份限制飛航之低能見度(不足1,600公尺)出現機率，並探討大風、低雲幕、降雨、溫度等天氣現象，來了解機場之氣候特性，以作為氣象人員預報之參考，進而提供更好之氣象服務，使機場之戰演訓任務能順利遂行。過去10年新竹機場低能見度發生，可歸納下列幾點：(1)全年於1至3月最易發生低能見度，其中以2月份平均發生機率6.45%為最高月份。(2)低能見度發生機率顯示，以午夜(22至03時)及晨間(04時09時)2時段為最易發生時段，顯示低能見度主要以晨霧為主。(3)降雨發生機率顯示，冬季晨間及午後的降水應為能見度下降的原因之一。(4)霧發生機率顯示，2月份低雲幕出現機率為全年最高，且以夜晚及晨間最高，顯示低雲幕易伴隨低能見度發生。

關鍵詞：觀測資料、低能見度

一、前言

空軍新竹基地是位於新竹市北區的軍用機場，為第二戰術戰鬥機聯隊的駐紮地及幻象2000唯一進駐基地及大本營，負責執行捍衛領空及支援營區開放業務，飛行任務相當繁重，因此對於氣象觀測與預報需求甚盛。所以本研究想藉由統計該機場民國94年1月至103年12月共10年之觀測資料，來了解新竹機場發生濃霧特性，以提供氣象人員預報上之參考。

臺灣西部機場冬季常見濃霧造成低能見度，不僅影響戰機訓練成效，更造成飛安重大威脅。在觀測上，當霧瀰漫於近地面層空氣中時，易呈現白色幕狀，進而影響能見度之測報，依本軍手冊上規定：水平能見度小於1公里稱為霧(FG)，若能見度到達1公里以上多為靄或稱輕霧(BR)。新竹機場為空軍幻象2000之重要基地，飛行訓練任務較為繁重，而該機場冬季常因濃霧天氣影響飛行任務。

針對新竹機場歷年觀測資料，統計分析新竹機場濃霧特性，望能有效輔助預報人員

判斷其濃霧發生之機率，以減少因濃霧停止訓練所肇生相關成本，並維護飛航安全。

二、文獻探討

在機場的統計方面，陳玉芬，高雄國際機場冬季低能見度(視障)天氣成因探究，顯示高雄國際機場因霧發生低能見度的天氣系統只有2種：大陸冷高壓變性迴流型和大陸冷高壓東北季風型。有利高雄國際機場清晨出現輻射霧之大氣條件為：

- (一)當大陸冷高壓出海變性迴流或其冷氣流自北南下西轉經太平洋低緯度暖水面到達台灣。
- (二)臺灣南部夜間低層盛行5 kts以下的微弱偏東風。
- (三)850hPa高空圖上出現鞍型場或東西向高壓脊，且無明顯的冷暖平流現象，同時1200UTC探空2,500呎以下台灣南部地區出現絕對穩定之大氣條件時。
- (四)入夜11點後高雄國際機場能見度降至5,000公尺以下，溫度介於20至24°C之間，雲量為疏雲且風速低於6 kts以下。

廖杞昌、邱振源、崔怡楓、羅明福，臺灣西部及外島地區低能見度環境特徵分析及模擬，分別以本島西部地區1至3月及外島2至5月為基礎，統計濃霧發生期間各測站之氣象要素特徵，以了解成霧時的區域特性，進而建立霧時預測參考指標。霧的預報技巧—霧季檢查表及即時測報，利用霧季檢查表將個人長期對臺灣地區春季大霧的預報經驗嘗試加以量化，主要構想是將有利起霧的因子，藉由定量比對的運算，客觀判斷是否會起霧。2012年12月完成程式撰寫，2013年上線測試效果良好，經部分微調2014年再度作業測試，並於天氣發生後利用此工具檢視未預報及過度預報原因，以進行準確率校驗。

許武榮、侯昭平(1996)，海風環流與陸地對流邊界層交互影響之數值研究，海風環流與陸地邊界層之間交互影響顯著，白天陸地邊界層的發展在海岸地區引發了海風環流，海風環流向內陸伸展時又改變了陸地邊界層的結構，同時海風鋒面在遭遇陸地邊界層內的對流胞時，也因為此兩種不同尺度運動交互作用而產生週期性的變化。黃清勇、李坤城(1997)，區域空氣擴散數值模式之應用研究，模擬結果顯示，在複雜地形流場下，臺北、臺中、高雄3大都會區汙染源對其山脈背風區或平地下風區皆有相當大的汙染潛勢。柳中明、沈金清、李崇德、張修武(1997)，懸浮微粒衰減直達太陽輻射研究：1995年2至3月臺南永康監測分析，探討晴日時，大氣中懸浮微粒之大氣混濁度的方法，同時探究近地面懸浮微粒對衰減直達太陽輻射之重要性。吳清吉、吳志宏(1998)，大氣邊界層汙染物擴散之日夜變化，顯示大氣邊界層具有強烈的日夜變化特性，在大氣邊界層內汙染物的擴散，會受到這種大氣熱力結構及動力狀態日夜變化強烈的影響。

因此本研究想藉由統計過去(民國94年1月至103年12月)10年霧季的觀測資料，來針對新竹機場產生濃霧之特性分析，以提供機場天氣預報之參考。

三、資料分析

(一)新竹機場地理位置

新竹地區因地理環境等因素，冬季易受平流霧影響，容易造成霧來時迅速，能見度降至1哩以下，對飛安有甚大影響；因此，如何有效提升低能見度之預報準確度是極為重要的課題。然而欲掌握低能見度預報，必先瞭解霧之成因；然促成霧原因各不相同，且部分屬於地區性因素，不易掌握。預報新竹地區低能見度需瞭解其地理位置及環境，新竹基地位於北緯24.8度，東經120.9度，其北方緊鄰頭前溪，南部為竹東丘陵的西側延伸，最高峰為五步哭山，海拔187公尺，且其位置距海岸線最近距離約7公里，位海陸交界之處，又因地理環境較為平坦，夜間至清晨輻射冷卻亦為明顯，天氣變化深受地形效應影響。

(二)資料來源

本研究收集新竹基地測站民國94年1月至103年12月年共10年之機場定時天氣報告(METAR)統計資料進行分析，分析資料內含以下之氣象參數：觀測日期、時間、風向、風速、天空狀況、天氣現象、溫度、降雨、能見度。

機場定時天氣報告資料中，風場(包含風向與風速)為觀測時間內之10分鐘平均。本研究所使用資料，均以每日正點來加以分析，未濾除半點資訊與特別觀測之風場資料，依照月份累加方式表示，來顯示出機場的氣候特徵。再將上述所找出之要素，與發生濃霧(能見度小於1,600公尺)之日期時段，比較其當日各要素相符情況。

(三)結果分析

霧為新竹機場基地冬季常見之天氣現象之一，其主要組成多為微細密集小水滴(水滴直徑約在0.1~0.01公釐之間)。

依新竹機場基地測站民國94年1月至103年12月年共10年之機場定時天氣報告統計資料分析顯示：

1. 低能見度：統計逐月各時段發生低能見度危險天氣機率(如表1)，並參照逐月各時段低能見度危險天氣機率(如圖1)，研析概述如后：

表1 新竹機場(2005至2014年)逐月發生低能見度機率

| 月份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 晨間時段 04-09L | 3.98 | 10.06 | 4.52 | 1.42 | 0.41 | 0.22 | 0.54 | 0.11 | 0.06 | 0.05 | 0.5 | 0.75 |
| 午間時段 10-15L | 1.67 | 4.91 | 1.99 | 0.56 | 0.46 | 0.23 | 0.16 | 0 | 0 | 0.16 | 0 | 0.11 |
| 晚間時段 16-21L | 1.99 | 4.14 | 1.56 | 0.56 | 0.17 | 0.22 | 0.22 | 0.34 | 0 | 0.11 | 0.22 | 0.43 |
| 午夜時段 22-03L | 2.64 | 6.68 | 1.77 | 0.43 | 0 | 0.28 | 0.32 | 0.16 | 0.11 | 0 | 0.33 | 0.65 |

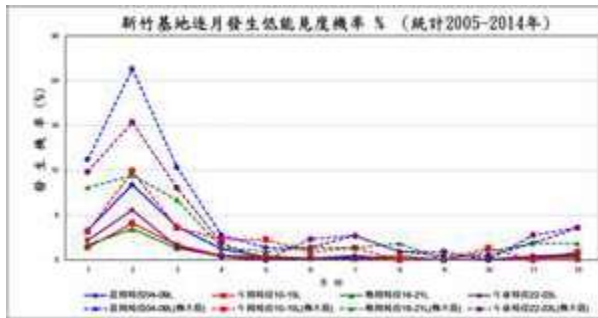


圖1 新竹機場(2005至2014年)逐月發生低能見度機率 (實線)及其極大值機率折線圖(虛線)

- (1) 新竹機場全年於1至3月最易發生低能見度，其中以2月份平均發生機率6.45%為最高月份，另以午夜(22至03時)及晨間(04至09時)2時段為最易發生時段，顯示低能見度主要以晨霧為主。
- (2) 全年除7月晨間(04至09時)出現低能見度事件為全日最高機率時段外，主要以冬季發生低能見度事件最為明顯，統計亦顯示夏季出現低能見度機率遠低於冬季；其中，2月晨間出現全年各時段之最大值為10.06%，3月次之為4.52%，顯示低能見度主要以晨霧為主，由冬末春初高壓迴流型態下發生夜間輻射冷卻為其主因；另配合逐月各時段降雨出現率(如圖2)得知，冬季晨間降水機率為全日最高，顯示晨間降水亦造成能見度下降的次因。
- (3) 在午間時段中，2月出現低能見度機率為全年該時段最高(4.91%)。由各時段降水出現機率得知(如圖3)，午間時段冬季高於夏季(1至5月)，因此低能見度出現機率亦相對較高，情況顯示，此時期降水

對於午間時段低能見度影響應為原因之一。

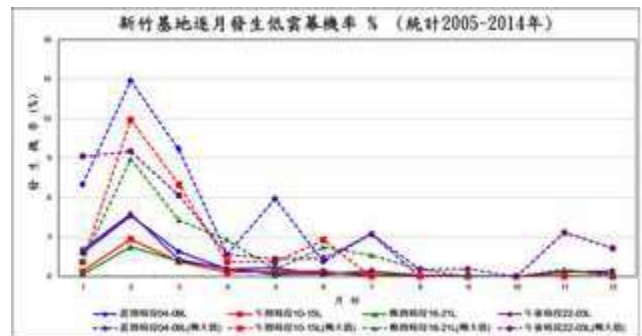


圖2 新竹機場(2005-2014年)逐月發生低雲幕機率(實線)及其極大值機率折線圖(虛線)

- (4) 在2月出現低能見度機率為全年該時段最高(4.91%)，且以冬季最為明顯。由各時段低雲幕出現機率得知(如圖2)，2月份低雲幕出現機率為全年最高(平均為3.16%)，且以夜晚及晨間最高(如表2)，此情況顯示，低雲幕易伴隨低能見度發生。

表2 新竹機場(2005至2014年)逐月發生低雲幕機率

| 月份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|------|------|
| 晨間時段 04-09L | 1.78 | 4.62 | 1.88 | 0.56 | 0.64 | 0.17 | 0.43 | 0 | 0 | 0 | 0.39 | 0.22 |
| 午間時段 10-15L | 0.38 | 2.84 | 1.13 | 0.31 | 0.35 | 0.39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 晚間時段 16-21L | 0.16 | 2.25 | 1.18 | 0.62 | 0.12 | 0.28 | 0.16 | 0.05 | 0 | 0 | 0.06 | 0 |
| 午夜時段 22-03L | 2.02 | 4.76 | 1.29 | 0.56 | 0.23 | 0.19 | 0.4 | 0.08 | 0.06 | 0 | 0.33 | 0.43 |

2. 低雲幕：

新竹機場全年於1至3月最易發生低雲幕，其中以2月份平均發生機率3.16%為最高月份，另以午夜(22至03時，機率4.76%)及晨間(04至09時，機率4.62%)等2時段為最易發生時段。

3. 降雨：

新竹機場全年於1至6月最易發生降雨現象，其中以2月份平均發生機率20.71%為最高月份，另以晨間(22至03時)及晚間(16至21時)2時段為最易發生時段。



圖3 新竹機場(2005至2014年)逐月發生降雨機率(實線)及其極大值機率折線圖(虛線)

4. 溫度：

新竹機場全年平均溫度為22.7℃(如圖4)，最高溫為民國98年8月份達38.2℃，最低溫為民國94年3、12月份5℃，其中1至3月平均溫度為16.3℃。

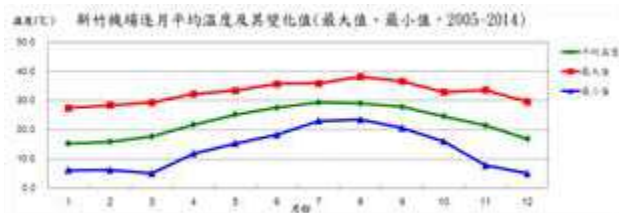


圖4 新竹機場(2005至2014年)逐月平均溫度及變化值

5. 風向：

新竹機場全年於1至5月及9至12月風向以東北風為主(如圖5)，6至8月以西南風為主，顯示新竹機場主要風向深受季風影響，僅於夏季盛行西南風，其他季節均以東北風為主。

6. 風速：

新竹機場全年平均風速為10.6m/s(如圖6)，其中以1至3月及10至12月風速較大，平均為12.3m/s。

7. 雷雨：

新竹機場全年於4至6月最易發生雷雨現象(如圖7)，其中以6月份平均發生機率2.77%為最高月份，另以晚間(16至21時)為最易發生時段。

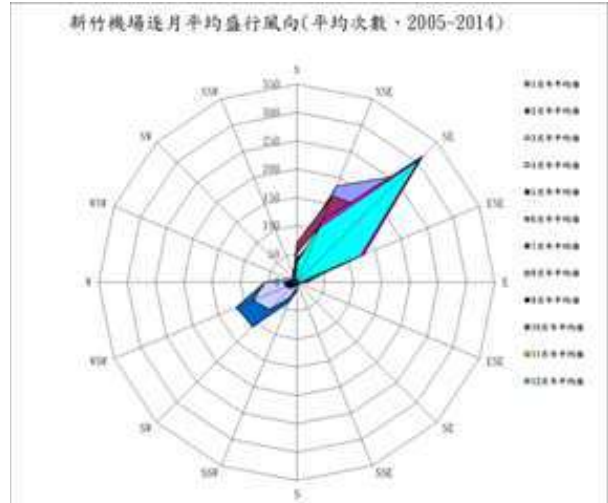


圖5 新竹機場(2005至2014年)逐月平均盛行風向

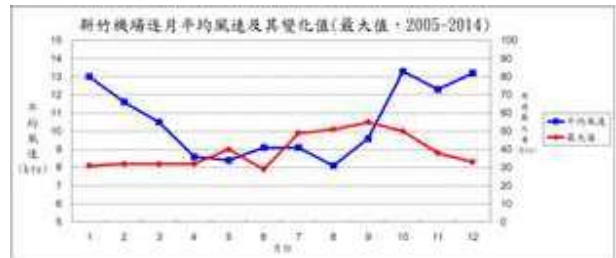


圖6 新竹機場(2005至2014年)逐月平均風速及變化值

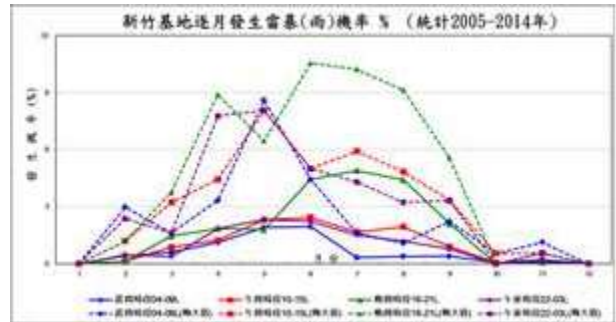


圖7 新竹機場(2005至2014年)逐月發生雷雨機率(實線)及其極大值機率折線圖(虛線)

8. 大風：

新竹機場全年於10至12月最易發生大風現象(如圖8)，其中以10月份平均發生機率6.62%為最高月份，另以午間(10至15時)及晚間(16至21時)為最易發生時段。



圖8 新竹機場(2005至2014年)逐月發生大風(>24 kts)機率(實線)及其極大值機率折線圖(虛線)

四、結論

(一) 氣象因子與飛行的關係

依據美國國家運輸安全委員會(National Transportation Safety Board, 簡稱NTSB)統計西元1999至2008年美國地區發生與天氣有關之飛航意外資料(如圖9)顯示,大風與側風為造成失事主要天氣因素(約占48%)。而能見度則為第二高之天氣因素。

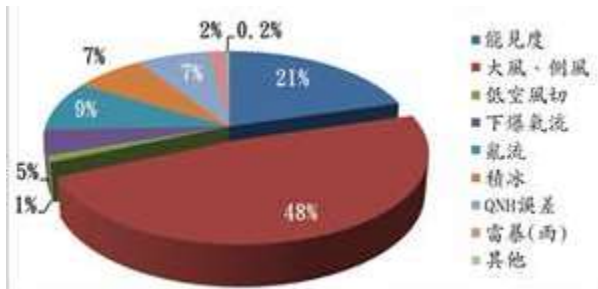


圖9 西元1999年~2008年美國地區發生與天氣有關之飛航意外資料比例圖

因此除大風因素外,大氣能見度是影響新竹機場冬、春季飛訓執行與否的重要天氣現象(如表3),而低能見度的發生對飛訓執行更具有極大的危險性;因此,新竹基地的氣象值勤人員如何有效地針對低能見度進行預報是極為重要的課題,而如何針對低能見度進行預報,必先瞭解霧之成因,然促成霧的原因各不相同,部分屬於地域性因素,須全盤掌握。

表3 新竹機場(2005至2014年)氣候摘要表

| 月份 | 大風警報(日) | | | 溫度 | | | 日照時數(小時) | 相對濕度(%) | 降雪量(公分) | 盛行風向 | 最大風速(kts) | 平均風速(kts) | 可飛日數 | |
|----|---------|-----|------|------|------|------|----------|---------|---------|------|-----------|-----------|------|------|
| | 目標 | 誤差 | 誤差機數 | 最高 | 最低 | 平均溫度 | | | | | | | | |
| 1 | 27.3 | 3.6 | 0.3 | 27.4 | 6.1 | 17.3 | 4.5 | 0 | 0.0 | 0.0 | 東北 | 21 | 13 | 23.5 |
| 2 | 18.2 | 7.8 | 1.4 | 28.4 | 6.2 | 15.8 | 6.2 | 1.9 | -21.2 | 東北 | 32 | 11.8 | 21.1 | |
| 3 | 22.2 | 7.2 | 0.6 | 28.3 | 5 | 17.7 | 6 | 0.3 | 0.0 | 東北 | 22 | 14.3 | 28.1 | |
| 4 | 24.1 | 5.9 | 0 | 32.2 | 11.4 | 21.7 | 6 | 0.4 | 0.2 | 東北 | 22 | 8.6 | 23.7 | |
| 5 | 25.8 | 2.2 | 0 | 31.4 | 13.3 | 25.2 | 4.9 | 0.6 | 2.7 | 東北 | 44 | 8.4 | 23.1 | |
| 6 | 28.5 | 1.4 | 0.1 | 33.7 | 18.3 | 27.8 | 4.5 | 0.6 | 0.1 | 西南 | 29 | 8.1 | 25.8 | |
| 7 | 30.7 | 0.3 | 0 | 33.9 | 23 | 29.3 | 2.3 | 0.5 | 0.1 | 西南 | 49 | 8.1 | 29.4 | |
| 8 | 29.9 | 1.1 | 0 | 38.2 | 23.3 | 29.0 | 2.9 | 0.5 | 0 | 西南 | 31 | 8.1 | 28.3 | |
| 9 | 29.3 | 0.7 | 0 | 38.6 | 25.6 | 27.9 | 2.4 | 0.2 | 0.1 | 東北 | 35 | 9.6 | 28.3 | |
| 10 | 26.4 | 0.6 | 0 | 32.6 | 16 | 24.6 | 2.9 | 0 | 0 | 東北 | 36 | 13.3 | 28.6 | |
| 11 | 28.2 | 1.9 | 0 | 32.9 | 7.9 | 21.3 | 4.9 | 0 | 1.4 | 東北 | 38 | 12.3 | 29.1 | |
| 12 | 28.7 | 2.3 | 0 | 29.8 | 5 | 18.9 | 4.9 | 0 | 0.3 | 東北 | 25 | 13.2 | 28.6 | |

(二) 綜合上述,過去10年新竹機場低能見度發生,可歸納下列幾點:

1. 全年於1至3月最易發生低能見度,其中以2月份平均發生機率6.45%為最高月份。
2. 低能見度發生機率顯示,以午夜(22至03時)及晨間(04至09時)2個時段為最易發生時段,顯示低能見度主要以晨霧為主。
3. 降雨發生機率顯示,冬季晨間降水機率為全日最高,顯示晨間降水亦造成能見度下降的次因。另午間時段冬季高於夏季,低能見度出現機率亦相對較高,顯示,此時段降水對於午間時段低能見度影響應為原因之一。
4. 由各時段低雲幕出現機率得知,2月份低雲幕出現機率為全年最高,且以夜晚及晨間最高,此情況顯示,低雲幕易伴隨低能見度發生。
5. 冬季高壓迴流或鋒前暖區系統所產生之晨霧,大多為輻射霧或平流輻射霧,係為低能見度之主因,而夏季出現低能見度主要受到局部對流系統或颱風環流伴隨強降水所致。

六、參考文獻

吳清吉、吳志宏,1998「大氣邊界層汙染物擴散之日夜變化」。
 陳玉芬,飛航服務總台,「高雄國際機場冬季低能見度(視障)天氣成因探究」。
 許武榮、侯昭平,1996「海風環流與陸地對流邊界層交互影響之數值研究」。
 童茂祥,「霧的預報技巧—霧季檢查表及即

時測報」，飛行安全夏季刊，2014。

黃清勇、李坤城，1999，「區域空氣擴散數
值模式之應用研究」。

柳中明、沈金清、李崇德、張修武，1997「
懸浮微粒衰減直達太陽輻射研究：1995年
2~3月台南永康監測分析」。

廖杞昌、邱振源、崔怡楓、羅明福，「臺
灣西部及外島地區低能見度環境特徵分
析及模擬」。

閻雅婷，飛航服務總臺臺北航空氣象中心，
「2013 年2 月濃霧個案預報檢討」。