

低雲幕對飛航安全影響之統計研究

莊耀中¹ 林裕豐² 林得恩²

國立中央大學太空及遙測研究中心¹

空軍氣象聯隊氣象中心²

摘要

低雲幕之危險天氣對於飛航安全的影響甚鉅，如何掌握低雲幕天氣現象的形成、發展與持續，至今仍是氣象預報上非常重要的議題之一。本文利用1994至2003年，共計十年之資料統計分析桃園機場各年度、月份及時段限制飛航之低雲幕(≤ 300 呎及 ≤ 200 呎)現象出現的頻率及其所伴隨之天氣現象、溫度與露點差。由分析結果顯示，桃園基地之低雲幕現象大多發生在1月至4月冬春之際，尤以3月發生頻率最高。發生低雲幕之時間，以清晨5時至9時及凌晨24時至1時最頻繁，其伴隨之天氣現象則以霧、霾占半。在冬春之際溫度以 15°C 至 19°C 間為發生低雲幕最多之範圍，而溫度與露點差 $\leq 1.1^{\circ}\text{C}$ 為發生低雲幕最多之區間。藉由統計分析不同氣象因子的變化探討桃園基地低雲幕天氣的形成與發展，以提高對低雲幕天氣的掌握，並適時提出預警，以確保飛航安全。

關鍵字：低雲幕、危險天氣

一、前言

低雲幕和低能見度為限制飛航安全之主要天氣現象之一；低雲幕的發生將造成垂直方向能見度的下降，而當雲幕高度向下發展至地面，此時水平及垂直方向之能見度將顯著降低，飛航活動也將因此而受到影響。一般而言濃霧或劇烈天氣的發生常伴隨低雲幕的出現，因此如何掌握這些影響飛安的天氣現象一直是各機場的首要問題。回顧過去，因氣象因素而造成飛航事件的案例不計其數，而其中低雲幕及低能見度天氣佔相當大的比例(林，2003)。舉幾個國內外飛機在惡劣天氣下起降所造成失事案例，例如2000年10月31日桃園中正機場發生新加坡航空公司一架波音747-400飛機失事，當時夜晚天色昏暗，能見度很差，且台灣正遭受象神颱風侵襲，桃園中正機場正處在大風雨中，進場雲幕低且伴隨顯著的劇烈降水。2000年5月17日，阿維雷克斯航空公司一架比奇1900C飛機在加蓬莫安達機場著陸時墜毀，事故原因為飛機在低雲幕和低能見度等惡劣氣象條件下，未達跑道著陸，撞在比機場高度約低150呎的一個通向跑道的斜坡上。2001年3月3日，摩洛哥王家航空公司一架ATR42

—300飛機在摩洛哥卡薩布蘭卡國際機場著陸時發生事故，事故經過為飛機嘗試在低雲幕的天氣情況下降落，最後在霧中重著陸，前起落架因此折斷，以致於釀成飛安事件。由以上案例可以發現低雲幕天氣現象在飛安執行過程中扮演著重要的角色。

二、研究方法

本文研究主要參考謝與陳(1982)之統計方法，選取桃園機場近十年之地面觀測資料，包括逐時的正常觀測及特別觀測紀錄，予以統計有可能危害飛安的起降限制標準300呎或以下之雲幕。不構成雲幕之低雲，不在統計範圍。低雲幕的「次數」是以發生與否而定，不論雲幕持續之時間久暫。低雲幕「時數」則以出現之小時計數，如0500L~0630L則在0500L~0600L和0600L~0700L區段各計一次；如0630L~0701L則在0600L~0700L計一次，而不超過五分鐘者不予以計算。天氣類型則分為霧霾、降雨、毛毛雨、雷雨及無天氣現象。統計結果將和謝與陳(1982)所研究的結果相比較，以探討近年來影響桃園空軍基地發生低雲幕現象之氣候差異。

三、研究結果

(一)低雲幕發生的月及年平均比較

圖1和圖2分別為 ≤ 300 呎和 ≤ 200 呎低雲幕各月份發生日數(實線)和次數(虛線)的百分比。低雲幕 ≤ 300 呎發生的總日數為104天,總次數為102次;低雲幕 ≤ 200 呎發生的總日數為90天,總次數為88次。就次數與日數比較而言,同一天不只發生一次,有可能出現二次,所以造成次數百分比日數百分比高一點;就各月次數和日數的比較來看,發生低雲幕較多的月份分別為:一月份19%、二月份21%、三月份39%及四月12%,其他月份發生機率都在2%以下,所以低雲幕發生的機率大多在冬春之際;以低雲幕 ≤ 300 呎和 ≤ 200 呎的比較顯示,兩者的趨勢大致相同,但低雲幕 ≤ 200 呎比 ≤ 300 呎總次數和日數都小。圖3是發生低雲幕 ≤ 300 呎(實線)和 ≤ 200 呎(虛線)各月時數的百分比,低雲幕 ≤ 300 呎的總時數為476小時, ≤ 200 呎的總時數為400小時。就二者的變化趨勢而言大致相同,低雲幕出現頻率較高的區間仍在1月至4月。圖4是發生低雲幕 ≤ 300 呎(實線)和 ≤ 200 呎(虛線)各年次數的百分比,各年發生次數變化很大,發生低雲幕次數較多的區間是在1996年至1999年,最高值則出現1998年。

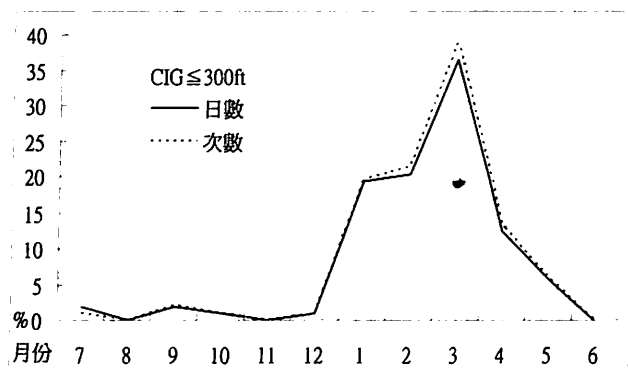


圖1 1994~2003年桃園機場各月份出現雲幕高 ≤ 300 呎之日數(實線)及次數(虛線)占統計總數的百分比,總計104天,102次。縱座標為百分比,橫座標為月份。

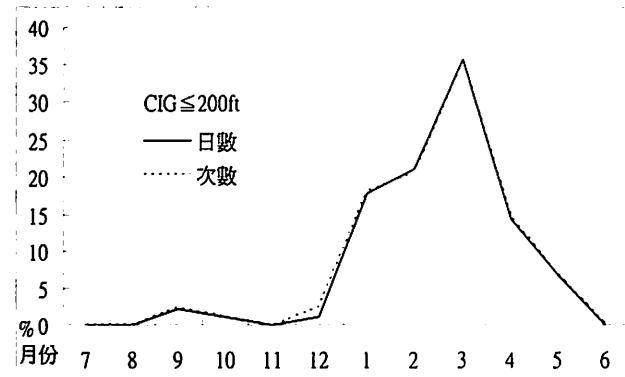


圖2 1994~2003年桃園機場各月出現雲幕 ≤ 200 呎之日數(實線)及次數(虛線)占總百分比,總計90天,88次。縱座標為百分比,橫座標為月份。

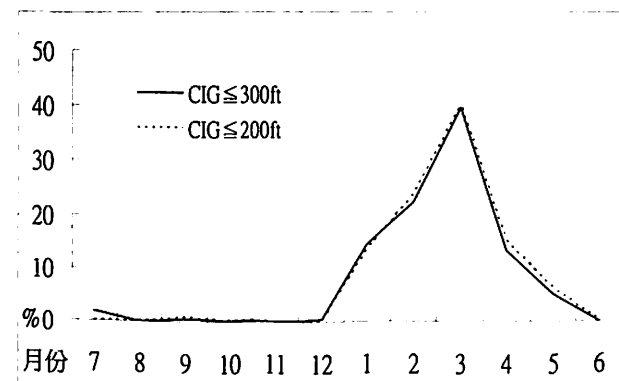


圖3 1994~2003年桃園機場 ≤ 300 呎(實線,總時數為476小時)及 ≤ 200 呎(虛線,總時數為400小時)雲幕,各月份發生時數占總時數之百分比。縱座標為百分比,橫座標為月份。

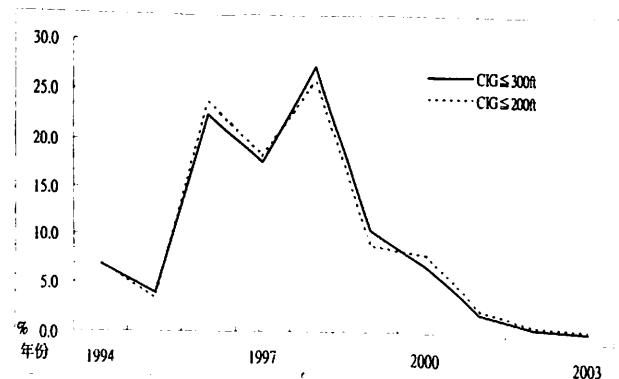


圖4 1994~2003年桃園機場 ≤ 300 呎(實線,總次數為102次)及 ≤ 200 呎(虛線,總次數為88次)雲幕之各年發生次數百分比。縱座標為出現百分比,橫座標為年份。

(二)發生低雲幕時伴隨的天氣現象

圖5是發生低雲幕 ≤ 300 呎(實線)和 ≤ 200 呎(虛線)所伴隨天氣現象次數(圖5a)和時數(圖5b)之百分比。比較發生低雲幕 ≤ 300 呎和 ≤ 200 呎,兩者趨勢大致相同;就次數比較而言,霧霾和降雨次數是相同的也是最多,毛毛雨和雷雨次之,無天氣現象最少;就時數比較而言,霧霾最多,其次分別為降雨、毛毛雨及雷雨,無天氣現象最少,顯示霧霾不管在次數及時數都是最多占40%以上,雖降雨在次數也是最多,但是在時數反而比霧霾少,因為持續的時間較短暫導致累積的時數減少,毛毛雨和雷雨發生的機率較少,即使無天氣現象發生仍有機會出現低雲幕。

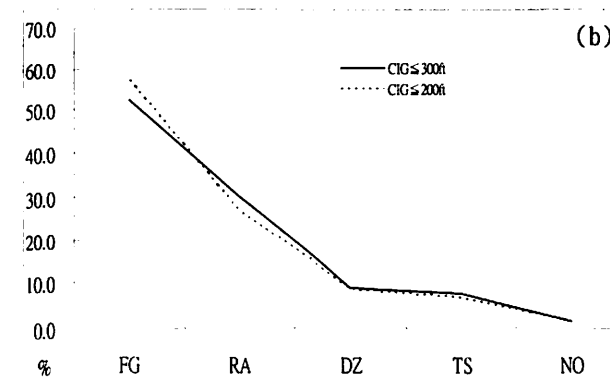
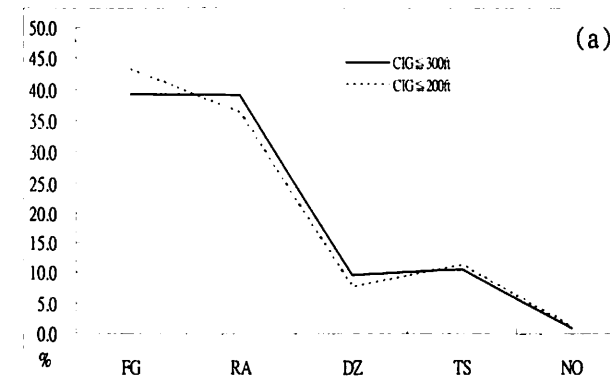


圖5 1994~2003年桃園機場發生低雲幕時所伴隨天氣現象次數(a)及時數(b)之百分比。總次數為102次(≤ 300 呎)與88次(≤ 200 呎)。總時數為476小時(≤ 300 呎)及400小時(≤ 200 呎)。縱座標為百分比,橫座標為伴隨天氣現象:FG為霧、RA為降雨、DZ為毛毛雨、TS為雷雨、NO為無天氣現象。

(三)低雲幕發生時數之日夜變化

圖6是發生低雲幕 ≤ 300 呎(實線)和 ≤ 200 呎(虛線)時數之日夜變化。就發生低雲幕 ≤ 300 呎和 ≤ 200 呎比較而言,除了 ≤ 200 呎在0500L~0600L次數較少外,趨勢是大致相同;就日夜變化而言,有二個高峰期,分別是清晨0500L至0900L和凌晨2400L至0100L,不過幾乎任一時段均有可能發生低雲幕,出現最多時刻在0700L。

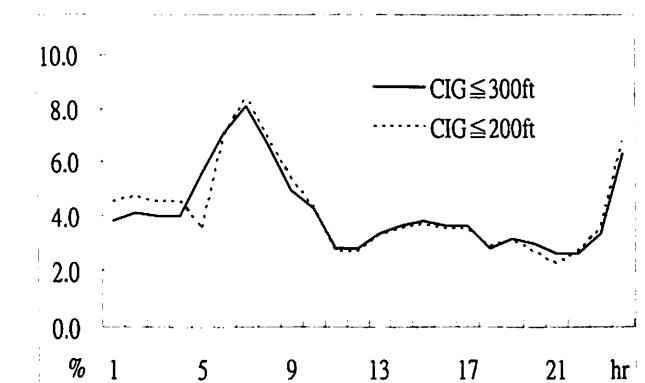


圖6 1994~2003年桃園機場低雲幕發生時數之日夜變化分布。 ≤ 300 呎(實線)總時數為476小時, ≤ 200 呎(虛線)總時數為400小時。縱座標為百分比,橫座標為時段。

(四)低雲幕出現時之溫度

圖7是各月份發生低雲幕 ≤ 300 呎(實線)和 ≤ 200 呎(虛線)的溫度分佈。就發生低雲幕 ≤ 300 呎和 ≤ 200 呎的比較而言,趨勢是大致相同的;從圖可以看出各月份溫度的區間分佈情況,一月在14~19°C區間,17°C為尖峰;二月在14~17°C區間,16°C為尖峰;三月在14~20°C區間,18°C為尖峰;四月分佈比較廣在10~23°C區間,10°C和20°C為尖峰;五月分佈起伏較大,大多在21、23及24°C,21°C為尖峰;六、八及十一月沒有低雲幕發生,七月低雲幕發生機率開始減少,分佈在24~28°C區間,九月在24~25°C區間,24°C為尖峰;十月在23°C,十二月在18~19°C區間,18°C為尖峰。從十二月到四月之間低雲幕發生主要在15~19°C區間,五月到十月之間低雲幕發生主要在23~25°C區間。

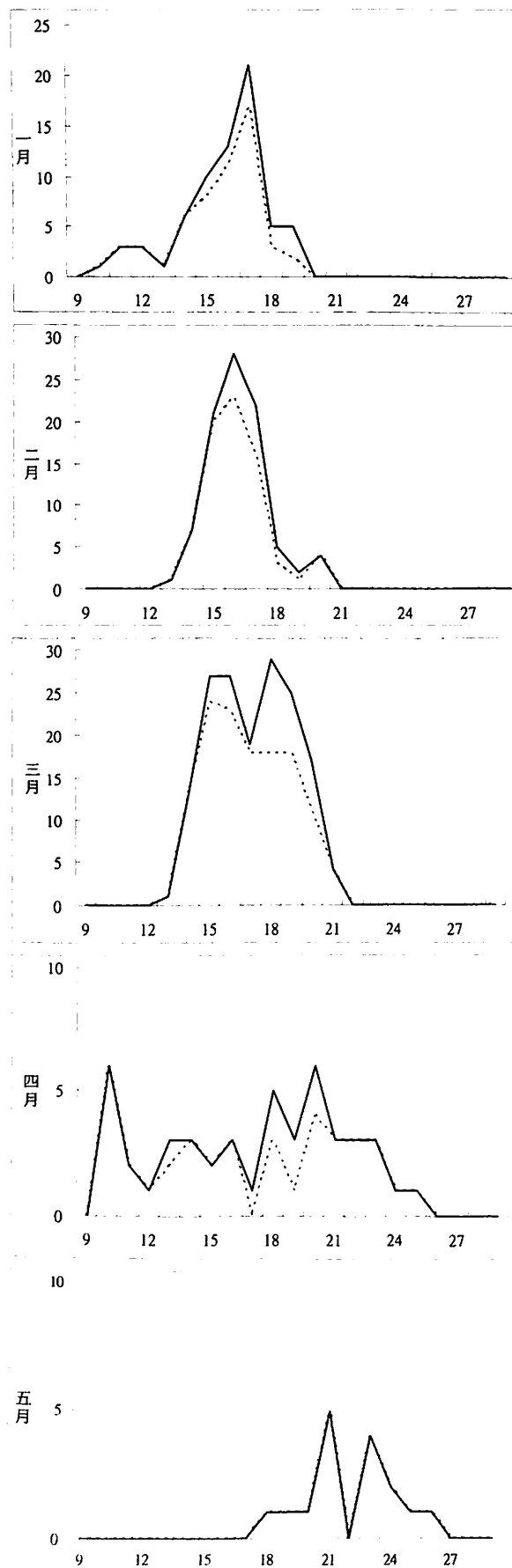


圖 7 1994~2003 年桃園機場各月份出現低雲幕時之溫度逐時分布。實線 ≤ 300 呎，虛線 ≤ 200 呎，其中 6 月、8 月及 11 月沒有出現低雲幕。縱座標為次數，橫座標為溫度 $^{\circ}\text{C}$ 。

(五)低雲幕生成之溫度露點差

圖 8 是各月份發生低雲幕 ≤ 300 呎（實線）和 ≤ 200 呎（虛線）的溫度露點差的分布情形。

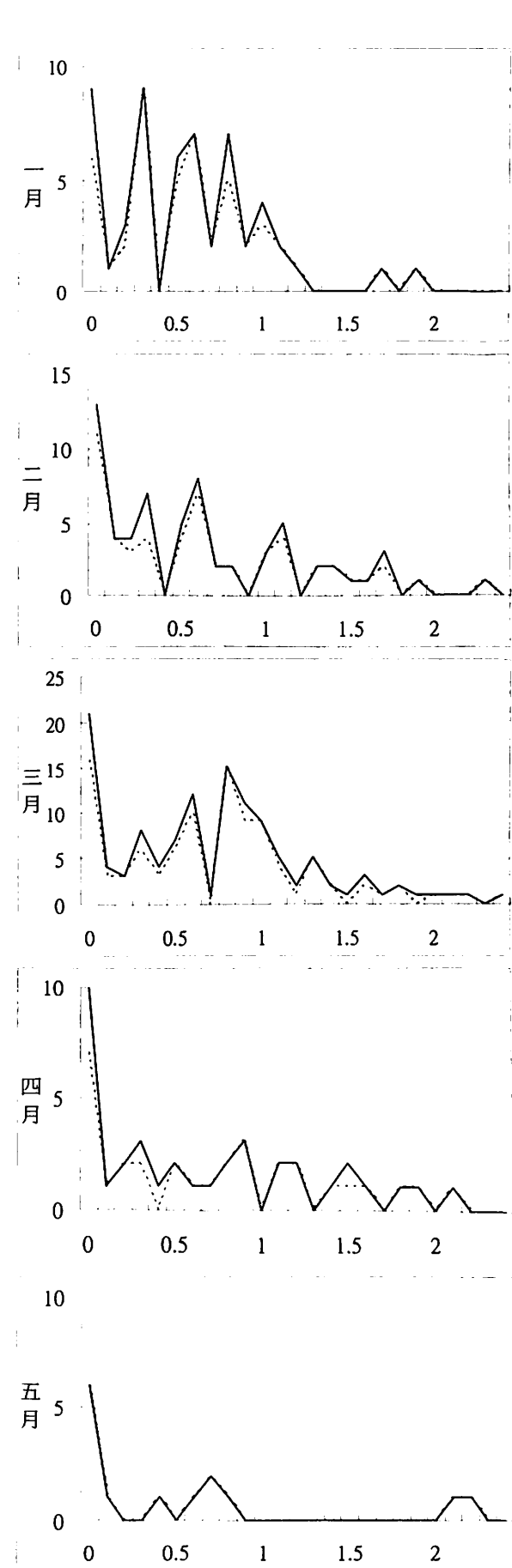


圖 8 1994~2003 年桃園機場各月出現低雲幕時之溫度露點差分布。實線 ≤ 300 呎，虛線 ≤ 200 呎，其中 6 月、8 月及 11 月沒有出現低雲幕。縱座標為次數，橫座標為溫度露點差 $^{\circ}\text{C}$ 。

就發生低雲幕 ≤ 300 呎和 ≤ 200 呎比較而言，趨勢是大致相同的；從圖可以看出各月溫度露點差的區間分佈情況，各月溫度露點差分佈狀況都大不相同，一到五月發生次

數比較多，其他月份有偏少的情況，以發生次數多的區間來看，一月在 $0\sim 1.1^{\circ}\text{C}$ 區間，二月在 $0\sim 2.2^{\circ}\text{C}$ 區間，三月在 $0\sim 1.3^{\circ}\text{C}$ 區間，四月在 $0\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 區間，五月在 $0\sim 0.8^{\circ}\text{C}$ 區間。由以資料可以發現各月份溫度露點差在 0°C 是發生次數最多，出現低雲幕主要區間為 $0\sim 1.1^{\circ}\text{C}$ ，低雲幕發生在溫度露點差 ≤ 1.1 時機率最大。

四、討論與結論

低雲幕之危險天氣對於飛航安全的影響甚鉅。如何掌握低雲幕天氣現象的形成、發展與持續，至今仍是氣象預報上非常重要的議題之一。本文利用統計的方法，探討過去十年(1994至2003年)間發生於桃園機場各年度、月份及時段限制飛航之低雲幕(≤ 300 呎及 ≤ 200 呎)現象出現的頻率及其所伴隨之天氣現象、溫度與溫度露點差。由統計分析可以發現桃園機場低雲幕天氣現象發生有以下幾項特性：(一)低雲幕發生的月份主要集中在一月到四月之間，也就是冬春之際，最多的月份在三月，其他月份也有可能發生低雲幕只是時間和次數都偏少。(二)每年發生低雲幕的次數變化較甚大，不過以1996~1998年發生最頻繁。(三)發生低雲幕伴隨的天氣現象以霧霾時間及次數最多，占四成以上，降雨則是次數較多，發生時間較短暫，毛毛雨和雷雨都偏少，無天氣現象還是可能發生低雲幕。(四)低雲幕在一天之中都有可能發生，不過以0500L~0900L和2400L~0100L為高峰時段，發生最頻繁是在0700L~0800L之間。(五)冬春之際發生低雲幕的溫度主要在 $15\sim 19^{\circ}\text{C}$ 之間。(六)發生低雲幕時溫度露點差 $\leq 1.1^{\circ}\text{C}$ 所占的機率較大，其中溫度露點差為 0°C 時次數最多。

根據謝與陳(1982)統計顯示，形成桃園機場低雲幕之綜觀天氣型態大約可分為(1)鋒前暖區型；(2)鋒面過境或滯留型；(3)高壓迴流及東北季風型；(4)臺灣低壓型；(5)颱風環流及其他等。其中以鋒前暖區型出現比例最多，其次為臺灣低壓。比較本文統計1994至2003年桃園機場低雲幕之天氣發生的環境、季節及各項氣象因子跟謝與陳(1982)所統計之結果，在天氣類型分佈上大致相

符，劉(1995)就低能見度、視障、低雲幕與飛航安全之間可能存在的關聯也有定性上的描述；對於局部地區低雲幕的產生，其綜觀天氣環境反映出來的訊號是氣象預報人員判斷研析的重要參考依據之一。

現今作業單位對於低雲幕及低能見度等天氣現象的預測仍受限於觀測資料時間及空間解析的不足，以現階段的觀測工具預報低雲幕及低能見度的形成、發展及持續仍有很大的困難。由於低雲幕及霧等天氣現象均隸屬大氣邊界層的範疇，若要提高對於低雲幕及霧等天氣現象的預報，則必須增加對於邊界層內渦流運動的掌握，因為這些小尺度的渦流運動過程是導致低雲幕及霧形成、發展、持續及消散的主要機制(王等，2004與林，2003)。而考慮目前的數值模式，則不難發現模式在邊界層內的物理過程多以參數化的方式處理，實無法精確反應低層大氣的渦流運動過程。因此未來惟有藉著邊界層模式的發展，提高對於邊界層內小尺度渦流運動的解析以及觀測資料時間、空間解析度增加，我們才能對於邊界層內大氣運動有更深入的瞭解，進而提高對於邊界層內低雲幕及低能見度天氣現象的預報。本文以統計的觀點，探討桃園機場發生低雲幕的條件及各項氣象因子的變化，提供對於低雲幕天氣現象預報之參考，進而提升對於低雲幕出現時機的掌握能力，最終目的乃是提供飛行部隊更有效之天氣預報，以利空軍各項戰、演訓任務之遂行及確保飛航安全。

致謝

感謝空軍氣象中心氣候資料的供應及資訊設備與各項資料運算上的支援；空軍氣象中心主任呂木村上校在研究意見提供與協助在此一併致謝。

參考文獻

- 王義發、楊忠權、林裕豐，2004：台灣西北部機場低雲幕個案探討。氣象預報與分析，179，21-26頁。
- 林得恩，2003：影響飛行安全的氣象要素，空軍學術月刊，555，70-77頁。

林裕豐，2003：谷風環流與對流邊界層發展關係之數值研究。國立台灣大學大氣科學系碩士論文，81頁。

呂英展與劉代山，1998：松山機場低雲幕氣候特性研究。氣象預報與分析，157，48-54頁。

劉昭民，1995：低能見度、視障與飛航安全，飛航安全，3，42-45頁。

謝維權與陳泰然，1982：桃園新竹松山空軍基地影響飛航安全之低雲幕研究。國立台灣大學大氣科學系研究報告1982-1-1號，37頁。

Hilliker, J. L., and J. M. Fritsch, 1999: An Observations-Based Statistical System for Warm-Season Hourly Probabilistic Forecasts of Low Ceiling at the San Francisco International Airport. *J. Appl. Meteor.* 38, 1692-1705.

The statistic research of low ceiling influencing flight security

Yau-Jung Juang¹, Yu-Feng Lin², De-En Lin²

Center for Space and Remote Sensing Research, N.C.U¹

Weather Center, Weather Wing of C.A.F., R.O.C²

Abstract

The low ceiling is dangerous weather extremely influencing flight security. How to realize the form, development and sustainability of low ceiling phenomenon is still an important topic in weather forecasting. In this research, ten years surface observation data (from 1994 to 2003) were utilized to analyze the occurrence frequency of low ceiling phenomenon ($\leq 300\text{ft}$ and $\leq 200\text{ft}$) restricting in flight and it's accompanying weather, temperature and dew point in Taoyuan Airport.

The results show that the low ceiling phenomenon occur mostly from January to April between winter and spring, especially in March. The frequency of low ceiling occurrence was mostly happened on 0500 LST ~ 0900 LST and 2400 LST ~ 0100 LST and accompanied with fifty percent of fog and haze. The temperature from 15°C to 19°C and the difference between temperature and dew point $\leq 1.1^{\circ}\text{C}$ were the most suitable conditions for occurrence of low ceiling. The Statistic research in variation of different meteorology factor in Taoyuan Airport help weather forecaster to realize the form and development of low ceiling weather, improving forecast in low ceiling. Then, weather forecaster can provide warning immediately as the low ceiling occur and ensure flight Security.

Keyword : low ceiling 、 dangerous weather