

# 金馬地區低能見度氣候特性研究

王觀智 姚夢真 張鵬里

空軍氣象中心

## 摘要

本文係採用72~84年金門及馬祖本軍氣象測站之地面觀測資料，並以前一日晚間20時之風向、風速、雲幕、能見度及溫度露點差等氣項觀測資料，統計分析金門、馬祖地區低能見度之種類、季節分佈和持續時間，以及兩地出現低能見度的相關。本文內所謂低能見度，係指觀測人員其正常視力所目及的距離不足一哩(1600公尺)者為本文之研究對象。

從金馬地區氣候統計資料分析結果中發現：

一、金門和馬祖地區的低能見度，以春季(三、四、五月份)的發生頻率最高，秋季發生頻率最低(如表一)，而主要的因素是，春季時北方冷空氣仍持續南下，在沿海地區碰到南來旺盛之水汽，因而產生低能見度。金門及馬祖正位於此南北氣流輻合帶，所以產生非常嚴重之低能見度。

二、分析金門馬祖地區出現低能見度時之天氣系統，結果顯示金門地區或馬祖地區在發生低能見度時，其主要的天氣類型，可分為鋒面過境型、鋒面滯留型、鋒面前暖區型及高壓迴流型等類型。且上述之天氣型態影響的時間較長，如金門地區曾在民國80年4月9日至13日出現過連續84.5小時低能見度之惡劣天氣，當時金門地區之天氣型態即屬暖低壓。另外冷鋒在接近或過境本省時，較大的降水常使金馬地區的能見度的驟降。或是北方冷乾空氣南下經過水氣充沛的金門、馬祖形成大霧導至能見度降低。而高壓迴流的天氣系統，在冷空氣經過廣大的暖洋面後，在一接觸金馬地區之陸地時受地形抬升致使水汽凝結，而形成大霧。

## 壹、前言：

影響飛航安全之眾多因素中，低能見度佔有很重要的地位。對空軍飛行作戰而言，低能見度更影響戰力之有無。以往本聯隊為有效掌握低能見度之預報，確保空軍戰力，諸多學長投入低能見度的研究，更在七十四年六月出版「空軍各基地危險天氣預報研究兵要」，在兵要內將本島各基地的低能見度做一完整的介紹，但在眾多的研究報告中絕少出現探討金馬外島地區低能見度。因此對金馬地區的天氣的探討時可供參考的文獻非常少，如本文內引用資料有誤，請不吝指正。金馬地區低能見度的產生因素，主要是為霧、降水等項類天氣現象所造成。霧的形成過程和雲的形

成過程是一樣的，水汽附著在凝結核上，而飽合凝結，其兩者的差別是在於一個在地表附近，另一個在於高空之間。而降水則為天空的雲中之水珠當大氣浮力小於水粒的重量時，水粒往下掉落至地面，此時之降水稱之為下雨。金馬地區低能見度現象主要的特徵是地面的溫度露點差非常小，即表示地表附近的濕度非常大。但是在天氣系統的形態，卻沒有固定的形態。

金門地區和馬祖地區雖然都是屬於海島，但是由於兩者位置上的差異，緯度的不同、經度的不同以及地形的不同，使得兩者縱是在相同的天氣系統之下如高壓迴流、鋒面接近，亦有不同的天氣狀態。當其中一地發生低能見度(金門或馬祖)時，未必另一地會發

生，如當春季系統為高壓迴流或南來氣流時金門會形成低能見度，馬祖未必形成低能見度。同理之下當馬祖位於鋒前，會形成低能見度，金門也未必會形成低能見度。所以當氣象人員在從事小尺度氣象預報時，不僅只作氣象因子分析，更要注意到地理位置及地形的影響。尤其金門和馬祖地區同位於大陸和海洋的交界處。

本文金馬地區低能見度的統計分析，其目的就是為了獲得低能見度發生之頻率，及發生前氣象要素的徵候及天氣系統的形態，而依據統計分析結果，作出機率預報之準則，以期能夠掌握即時天氣系統作出精確的預報。於是對民國72年-84年(1983-1995)間，低能見度發生時候及之前氣象資料加以分析。不過由於，金門和馬祖的位置以及地形，對低能見度也有顯著的影響。所以也要併入參考條件。本文就把這些項目——加以簡介並將統計之結果使用在客觀預報，供予氣象人員參考。

## 貳、地理環境對低能見度之影響：

金門氣象台地理位置(北緯24.25度，東經118.2度，如圖一)，其東北方為太武山(標高約800呎)，其餘方向均面海，由於山嶺及料羅灣地形影響，當其受高壓回流影響或鋒面前暖區(偏南氣流)，均使其籠罩大霧，久久不散。並常伴有低雲霧；馬祖氣象台地理位置(北緯26.10度，東經119.57度，如圖二)，其西北為雲台山(標高320呎)，東北成功嶺(標高240呎)，均高於馬祖氣象台，當氣流來自北或東北時，因據台灣海峽口外，因噴風作用(Jet Wind Effect)，致產生輻合作用，使風速增加。金馬為我復興基地之前哨，因此研究其氣候狀況及惡劣天氣之預報有其價值(見氣象預報與分析第二十九期，96-8)。

由氣候資料得知，影響金門與馬祖之惡劣天氣，主要為雷雨、低雲、大風及霧，皆可由天氣系統之演變得其梗概。本文所欲研究者即為霧之預報，因霧能造成視障，故在支援作戰上為一大考慮因素。

金門與馬祖霧之年中分佈，平均霧日數以三月、四月、五月較多(如表一)。查該等月份屬於春季，

正值我國東南沿海出現濶濶天氣〔亦稱高趾細雨(Crachin)〕時期，其特徵在逆溫層下生一層雲，繼以毛毛細雨兼有海霧，因此本文試圖就此霧較多之月份，統計其氣象因素相似之處，找出一套客觀(Objective)預報方法，以補主觀(Subjective)預報之不足(見陳毓雷管1996)：氣象統計學。

在氣象觀測上，規定凡水平能見度不足一公里(或小於5/8哩者)，始得稱為霧(Fog)。霧乃觸及地表之雲，霧之形成是為穩定氣層之標幟，當有發展良好之逆溫層等溫層存在時，或夜間有輻射冷卻，及空氣流經較冷表面時，均能起穩定作用而成霧，唯一在不穩定層下所生之霧，是冷空氣流經暖水面向(或暖濕地表)上之蒸汽霧(Steam Fog)。故歸納霧之形成因有二：

### 一、與地(海)面接觸空氣之冷卻：

依熱力學第一定律：

$$dQ = cpdt - \alpha dp$$

$$\text{即 } dT/dt = 1/Cp dQ/dt + \alpha/Cp dP/dt$$

$$\text{因 } dP/dt = -Vh - gw$$

$$\text{故 } dT/dt = dQ/Cpdt + \alpha/CP(+Vh - gw) \quad (1)$$

據研究及 Vh 與其他作用相較而言甚小，可忽略不計式(1)，因此簡略如下：

$$dT/dt = dQ/Cpdt - Wrd \quad (2)$$

rd 為絕熱降溫率，rd = g/CP

除討論因絕熱冷卻所生成之霧外，式(2)，右邊第二項可忽略不計。

由式(2)可知，氣溫可由輻射冷卻及空氣流經冷地(海)面之受冷而降低，而降溫可促使空氣達於飽和而成霧，故霧通常有輻射霧(Radiation Fog)，平流霧(Advection Fog)及上坡霧(Upslop Fog)。

### 二、水蒸發而進入空氣中：

當冷空氣流經暖水面，如水溫較氣溫高出甚多，則空氣中水氣凝結，生成蒸氣霧。此乃由於在暖水面上有十分寒冷之空氣。因下部加熱而不穩所致。

由上述霧之生成原因，輻射霧尚可包括(1)地面霧(Ground Fog)在早秋時因夜長且空氣仍潮濕時，因長夜輻射冷卻所致。(2)高層逆溫霧(High-inversion Fog)

冬季時有較強的輻射效應，且伴隨反氣旋之下沉作用所致。平流霧亦包括(1)陸風和海風霧(Land and Seabreeze Fog)近似海霧(Sea Fog)，通常在午後由海風把海霧帶進內陸，主要生成為於中緯度之東海岸地區。(2)海霧(Sea Fog)由較暖地區來之空氣平流至冷海面形成。尤其在海面上有反氣旋時，下沉作用加強成霧的可能。(3)熱帶空氣霧(Tropical-air Fog)主要發生於冬季，當熱帶空氣向北通過冷水面或冷陸面所致。上坡霧則發可包括(1)鋒(暖鋒)前霧(Prefrontal (Warm-front) Fog)溫度較大，生成於鋒前氣壓梯度與風皆小時，水滴自上空暖空氣下降，獲得水汽凝結而向下擴展，乃生成霧。(2)鋒(冷鋒)後霧(Pastfrontal (Cold-front) Fog)冷鋒後之極地空氣有水平擴散及下沉運動，造成一穩定氣層，當移至濕地面時，即可能生成霧；如鋒後下雨，可增加霧之濃度。(3)鋒際霧(Front-passage Fog)由較低雲層所引起之霧(當鋒際在很濕的情況時)。

蒸汽霧為平流霧之一種，而平流輻射霧(Advection-radiation Fog)是因空氣由暖濕海洋上迴流，再經夜間輻射冷卻而成，算是輻射霧的一種。

綜觀金、馬春霧的形成，主要由下列因子控制：

- 空氣中的水汽含量。
- 空氣之穩定度。
- 空氣冷卻之程度。

在春季時，我國沿海自渤海至黃海北部尚多吹北或東北風，使沿海面產生一股洋流[中國海岸流(China Coast Current)]，經台灣海峽西部穩定流向香港，這股冷洋流在夏季時北退至北緯30度左右，故與黑潮(Kuroshio Current)之溫差較小。

太平洋暖流為黑潮，於北緯20度至北緯10度間由東向西流至南海，有一主流由菲律賓北端經台灣東部海面北流，再轉向東北沿日本海東岸北上，支流則北經對馬海峽及日本海流向高緯度，故琉球群島附近通常為寒暖流交匯之處，春季時該處形成一特強之水温梯度。

我們知道，海洋可藉傳導可感熱(Sensible Heat)及暖水面蒸發之汽化潛熱(Heat of Vaporization)，將熱量輸送到周圍的空氣。因春季時大陸溫度逐月迅速上生

升，而海水溫度上升較慢，較陸上溫度為低，所以冷性高壓入海之機會較多，且趨於穩定。只要移動性高壓能夠入海，當移至日本附近時，其迴流在暖洋流上吸收熱量，自東北轉東南，經琉球群島以西時，因有強之水溫梯度，故造成明顯之溫度梯度，其溫度及濕度皆大，到達我國東南沿海之洋流上時形成海霧，平流至金、馬陸上如陸地溫度較高則形成低雲，否則即成為所謂金馬地區之平流霧或輻射霧，該日金馬地區風向由北來風轉為南來風，而產生平流霧或輻射霧，該日馬祖風向為南來風，晚間時產生較濃之平流輻射霧；金門風速微弱，多為靜風，而產生輻射霧，皆於翌晨日出後霧即消散。在四月份以後東北季風較弱，東移出海之分裂高壓，如移動緩慢，則移至日本附近時，馬祖雖吹東北風，但因此於有利之環境，致時有輻射產生；在台灣梅雨期，金門、馬祖可有上坡霧發生。

由資料顯示，當有新冷空氣再度南下，或有冷海變性之極地大陸氣團南下時，則籠罩於華南之暖海變性極地大陸氣團將被替代，金馬之平流霧即不再發生。

由此可知預報金門及馬祖地區霧之發生，可從兩方面著手：

(一)預報地面高壓中心何時出海及馬祖出現南來風時，可有較強之溫度梯度；換言之，有由暖海變性之極地大陸氣團迴流入侵，且於850mb等壓面圖上伴有視暖氣平流時，則可能有平流霧或平流輻射霧產生，如大陸沿海地區氣壓梯度較小，當高壓出海時，馬祖時有輻射霧發生，當鋒面過境後，金、馬即無平流霧發生，但如鋒面北退，可有上坡霧產生。

(二)利用當日下午二時之溫度露點與前一日下午二時之溫度資料，可求得當晚至翌晨發生之機率。

## 參、金馬地區出現低能見度頻率之統計

### 一、馬祖地區低能見度出現時間之統計分析

綜理統計72-84年馬祖地區地面觀測記錄，其低能見度(<1哩)次數統計(如附表二)。出現的次數以春季3、4、5月之頻率最高，夏季及冬季次之，而

以秋季出現的次數最少，能見度常保持最佳狀態。馬祖低能見度除了一般霧所形成之低能見度外，尚有降水所造成之低能見度，其中霧低能見度出現季節，時間之統計次數如附表(二)佔總次數之65%，而雨低能見度出現之頻率次數佔總次數之58%，所以不能只重視霧所形成之低能見度，而把降水因素給排除。霧低能見度開始發生時間如附表(三)，在春季以5-7點開始為頻率統計上的最高峰，而以17-19為次高峰，夏季以5-6點的次數頻率最高，而秋季發生次數較少，無較顯著之處，冬季以7點為最高峰而下午16點為次高峰。雨低能見度如附表(四)在春季以6點的次數最多，夏季以7點的頻率最高。秋季發生時間分佈廣散，而冬季以11及17點的次數最多。而結束時間如附表(五)，霧低能見度結束時間，春季在8-12點、夏季7-9點、秋季10點、冬季10點。雨低能見度春季6-13點，夏季8點，秋季分佈廣散，冬季6及10點。雨及低能見度開始時大致配合，而結束時間則略有出入。

## 二、馬祖地區低能見度和氣象因素之相互關係

(1)風向：在過去12年之中雨低能見度共為219次，若為前一日12UCTC之風向在350-40度之間，易在隔日形成大雨而造成低能見度，其次數為141次佔全部之64%，為最高峰。風向若在170-250度之間隔日形成雨低能見度的次數是全部之15%為次高峰，見附表(六)，霧低能見度見附表(七)，前日晚上八時之風向若在350-40度之間，易形成大霧；其次數為154佔全部之47%為形成低能見度頻率之最高峰，而170-250度之次數為116次為全部之35%為次高峰。總言之，無論雨或霧，風向在340-40則為形成低能見度的最高峰，在170-250則為次高峰。

(2)風速：雨、霧低能見度前一日晚上八時之風速統計表如附表(八)(九)。從統計表上可以看出低能見度的產生機制大都集中在風速 $\leq 20$ KTS的條件上，若風速 $=20$ KTS則產生低能見度的次數就非常的少，但是秋季雨低能見度的大部份集中在前一日晚上八時的風速在16-20KTS之間。

(3)雲量：前一日晚上八時之雲量統計如附表(十)(十一)，若把天空分為密雲、裂雲、疏雲、碧空四

個等級，其中密雲所形成的霧低能見度為196次，與低能見度為176次，是形成低能見度頻率最高的等級，裂雲次之而以疏雲最少幾乎不會產生低能見度，無論四季春、夏、秋、冬都是如此，僅有在秋季之霧低能見度是以疏雲次之，撰雲狀態更是次之。

(4)溫度露點差：雲和霧的差別只在一個在天，一個在地，但是兩者都必需要有充足的水汽，因此霧才能產生，雲才能產生而導致降水。露點代表水汽凝結所需的溫度，而溫度露點差代表水汽的含量，和低能見度有密切的關係，見附表(十二)(十三)。雨、霧低能見度若其前一日溫度露點差在3℃之內易在隔日產生低能見度，由其在1℃其出現霧、雨低能見度之程度達3成7。若是溫度露點差超過4℃隔日形成低能見度的機率少之又少。

## (三)金門地區低能見度出現頻率之統計

金門地區低能見度頻率分佈見附表(十四)，大部份低能見度發生於春季(3、4、5月)其中以4月份次數最多，夏季(6、7、8月)，冬季(12、1、2月)次之，秋季(9、10、11)月最少。在72年至84年間10月份未發生過低能見度。同樣的形成金門低能見度也分成二種天氣形態：降雨與霧二種，分別見表(十五)及(十六)。其中因降雨而產生低能見度之次數佔總次數的1/5強，而因霧形成低能見度佔4/5弱，且在季節分佈上大致相同，但在每日出現的時段的分佈略有出入，則分開敘述：雨低能見度開使發生的時間如附表(十七)，分佈於24小時之上，並無特別集中開始的時段，以上午六點的次數為最多，而結束時間如附表(十八)，時間如同開始一般無集中之處而以上午八點此數最多，而其過去12年降雨次數最頻繁的時間是以上午八點次數最多。霧低能見度開始之時間見附表(十九)，大部份集中於上午5-7點，其次數為142次佔總次的6成2，其結束時間見附表(二十)，結束時段集中於5-14點，而下午17-凌晨04點結束的次數很少，其中以8-9點結束的頻率最高，而霧低能見度以6-9點發生頻率最高，13-18點的次數頻率最少。

## (四)金門地區低能見度和氣象因素相互關係

(1)風向：金門地區因降雨所產生之低能見度在風

向而言，以北風至東北東風(350-070°)發生的頻率最高，以南風(170-190°)的頻率次之。金門地區前一日晚間如出現東南風(140-160°)及西北西方(290-310°)的風向在隔日未曾發生過低能見度，見附表(二十一)。而在金門地區因霧產生低能見度方面，若前一日晚間20時的風向為南風至西南風(170-250°)則產生大霧的機率最高，如出現北北東風(020-040°)發生的機率次高，如前一日晚間出現西北風(320-340)其發生機率为0，見附表(二十二)。從附表中可以發現因降雨形成低能見度時其風向是一致性的，僅其發生頻率最高峰和次高峰是互相對調的。

(2)風速：前一日晚間20時風速與因降雨、大霧形成低能見度之關係，分別見附表(二十三)及附表(二十四)，因降雨、大霧形成低能見度大部份發生於風速低於11KT下，而風速在11KTS而風速在11KTS以下發生頻率就大幅度的減少。因此在金門地區產生低能見度時其前一日晚間20時的風速為靜風或微風狀態。大風就不易發生。

(3)雲量：前一日晚上八時的雲量若在碧空狀態之下，隔日不會發生低能見度。霧低能見度、雨低能見度和雲量間，以密雲發生頻率最高，裂雲次之。而雨、霧低能見度二者之不同，僅在於雨低能見度發生頻率從密雲→裂雲→疏雲，是急劇的減少如附表(二十五)。而低能見度發生頻率從密雲→裂雲→疏雲則為平緩的減少，如附表(二十六)。

(4)溫度露點差：雨低能見度或霧低能見度，若前一日晚上八時之溫度露點差在3℃之內發生的機率很高，若在3℃以上則發生的機率趨近0，但是霧低能見度，前一日晚上八時之差在1℃則是發生頻率的最高峰，二者之高峰稍又出入，分別見附表(二十七)及附表(二十八)。

## 肆、天氣系統對低能見度之關係

金馬地區之低能見度可區分(1)濃霧與(2)降水所形成之低能見度。茲將民國72年-84年之低能見度發生與天氣圖作一比較，將低能見度發生之天氣系統形態作分類比較，可了解低能見度發生與天氣系統之間

的關係，並可利於預報人員瞭解何種天氣形態有助於低能見度之發生，掌握低能見度之預報，以利飛安。

## 一、綜觀天氣系統對金門地區低能見度之影響

翻閱低能見度發生時所配合之天氣圖型態，主要低能見度發生時，金門地區屬於鋒前暖區，暖濕的南來氣流，提供了豐富的水汽，有助於低能見度發生。金門地區低能見度主要由於霧所形成(佔45.1%)，降水所佔比例較低(佔17.5%)，而不論是由霧或降水所形成，在全年發生的機率上，在春季(3-5月)，發生之比例最高，而且霧低能見度主要開始時間為5-7時，7-11時結束，少部分可持續至14時，顯然在清晨發生之晨霧是主要低能見度發生原因；所以可大致推論，在春季(3-5月)，西南季風逐漸增強，東北季風已較減弱，此時鋒面位於華中、華北一帶，屬於鋒前暖區，西南氣流增強提供了金門地區足夠的水氣，容易在晨間(5-7時)輻射冷卻，地面降溫後形成霧低能見度。而在夏季(6-8月)雖有更強的西南氣流提供水氣，但夏季平均溫度較高，大氣可容納較多之水汽，加上地面降溫不明顯，而不易飽和，不易在晨間形成弄濃霧。而冬季(12-2月)雖有較明顯之地面降溫，但此時東北季風盛行，冷乾空氣不易形成濃霧，且在冬季東北季風強勁，亦不利霧之形成。而降水所產生之能見度，主要還是發生在春季，驟急性降水是造成低能見度的主要原因。

## 二、金門地區長時間低能見度與天氣系統

霧是造成金門地區低能見度的主要原因，而霧是溫度降低，水汽凝結的產物，使能見度降低，對飛行有很大的妨害，短暫時間的低能見度；固然對飛行有妨礙，但相較持續長時間的低能見度，低能見度持續時間愈長，對於飛行的影響必然愈大。將此次分析資料，持續時間大於24hrs發生低能見度的情形，對照天氣圖，可發現金門地區發生長時間低能見度與天氣型態的關係，茲將影響金門地區長時間(>24hrs)低能見度的天氣型態可大致分為四類：(1)鋒面過境：低壓中心位於日本南方海面，冷鋒由此向西南延伸至雲南，此時金門屬於鋒前暖區，冷鋒逐漸向東南移動，並通過金門。(2)鋒面滯留：滯留鋒位於華中華南

地區，金門屬鋒前暖區。(3)暖低壓：主低壓位於雲貴一帶，金門仍屬鋒前暖區。(4)高壓迴流。而主要影響的天氣型態為(1)鋒面過境及(2)鋒面滯留。此次分析統計可發生長時間持續低能見度，幾乎皆發生在春季(3-5月)，顯見在春季時，太平洋高壓與大陸高壓勢力均衡，金門長時間處於鋒前暖區，容易持續長時間之低能見度，而其他季節顯然低能見度持續時間不易超過24hrs。

(一)鋒面過境：鋒面過境天氣型態在此次統計長時間(>24hrs)低能見度佔總持續時間43.46%(如表)。此種天氣型態一般在日本附近有一低壓中心，冷鋒由此向西南延伸經華中、華北一帶至雲南地區，並且隨著鋒面持續地向東南移動，金門地區的低能見度也一直持續著，直至鋒面通過，其後的高壓勢力籠罩，能見度迅速回升。

(二)鋒面滯留：鋒面滯留天氣型態佔38.22%，此種天氣型態有一滯留鋒面滯留在華中、華南一帶，南來水汽充足，低能見度也一直持續著，此和鋒面過境最大不同在於鋒面並未通過金門地區，能見度的回升也不那麼明顯。

(三)暖低壓：與前兩者類似，金門同樣處於鋒前暖區，和前兩者最大的不同在於有一暖低壓在雲貴一帶形成，而一鋒面則由此延伸而出。

(四)高壓迴流：迴流型天氣同樣從南方帶來充足水汽，惟不易持續很久(24hrs)。

### 三、馬祖地區與金門地區發生低能見度的差異

馬祖和金門的低能見度發生有很大的相似之處，同樣由霧造成之低能見度(佔57%)，仍是低能見度的主要原因，降水所形成之比例較少。而不論霧或降水所形成之低能見度也同樣在春季最易發生，清晨的晨霧同樣是低能見度的主因。

金門與馬祖同樣是屬於海島，四週環海，水汽充足，且面積狹小，而其差異除了地形上的影響之外，緯度上的差異應是最主要的原因。緯度上的差異也使得兩地低能見度發生的起始時間在同樣的天氣系統影響而有所不同。

而馬祖在長時間低能見度與天氣型態的關係，影

響的主要原因仍是鋒面過境與鋒面滯留，鋒面過境型態佔54.8%，鋒面滯留佔39.11%。

### 伍、金馬地區之客觀預報統法與校驗

由民國72年—84年之資料統計結果，可之發生低能見度主要出現在春季(在此指三四月)。以下針對發生低能見度前日晚上八時之各氣象因子作預測。

#### 一、金門地區發生低能見度

- a、溫度露點差小於3度以下。
- b、風向為南來氣流(170度-250度)，風速為靜風或5KT以內。
- c、溫度在17度-23度。

#### 二、馬祖地區發生低能見度

- a、溫度露點差小於3度以下。
- b、風向為北來氣流(350度-30度)，風速為靜風或5KTS以內。
- c、溫度在8度-12度。

金馬地區春季處於有利形成誤得環境，一旦自海上有暖濕氣流來臨，則易在此季節形成濃霧，使能見度下降。氣溫表示氣團的冷熱程度。溫度與露點差表示空氣的水氣含量，此二者為形成霧的重要因子。在此利用此二因子做客觀預報。依據每日2000時之地面溫度與露點差為縱座標，乾球溫度為橫座標，制成次日濃霧之客觀預報圖。初步分析結果繪一曲線，把霧發生之有無大致劃分，經進一步以區域平均後，分別繪出50%及75%之等機率線，以利預報作業。

#### 三、校驗：

以民國84年3月4月及5月試作霧之有無預報，當預報有霧發生而實際是降雨不計，假設A1為預報有霧發生之次數，A2為預報無霧發生之次數，R1為實際有霧發生之次數，R2為實際無霧發生之次數，F為預報正確之總次數，T為校驗之總次數，則

$$\text{準確率} = F/T$$

技術得分之公式為：

$$SS = (F - B) / (T - B)$$

$$B = (A1R1 + A2R2) / T$$

### 陸、結論

低能見度分析最終的目的地，在於維護飛航的安全，雖然低能見度的危害性不像雷雨、低層風切等天氣現象如此劇烈且快速，但因霧、雨所產生之低能見度亦足以造成相當程度的災難。低能見度之預報是一種小尺度的預報，數值天氣預報模式並不適用，因此採用氣候統計預報的方式，以氣候資料發生低能見度的頻率，預測低能見度發生的機率，再配合天氣系統及地形特性，雖然不能達到100%準確性，但仍能有效的掌握低能見度預報。金門與馬祖由於以往並無航空器起降，且為前線地區，因此相關研究文獻較缺，本文採用金門、馬祖地區72-84年之地面觀測資料做為統計分析之依據，再配合地形效應作用，期能找出一些預報法則，提供給預報人員。至於預報之精確度，則要看預報員經驗之熟巧程度了。

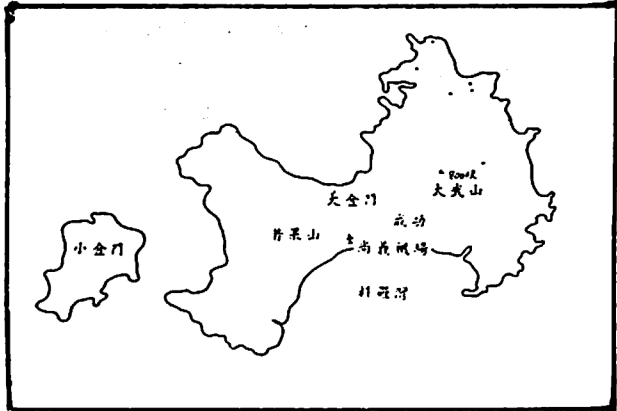
從本文之分析結果中可發現，金門和馬祖在生成低能見度，前一日晚上八時氣象要素大致相同，而唯一的不同在於風向上之差異，如馬祖低能見度以北來氣流之生成機率最高，而以南來氣流次之；金門剛好相反以南來氣流機率最高，而以北來氣流次之。這點的差異便可讓我們知道由於兩者緯度、地型的不同，導致形成低能見度之天氣系統也隨之變動。所以當一位氣象人員至不同地點做低能見度或其它小尺度日天氣現象時，首先要瞭解該地之所在位置及地型，在去熟悉以往之氣候狀態，如此才能做好區域性之天氣預報。

本研究係許多人投注心血才得以完成，許建煌的規劃，陳永強、陳麗雪、謝敏潔、吳志宏等人的協助資料整理、打字，在此一併感謝。

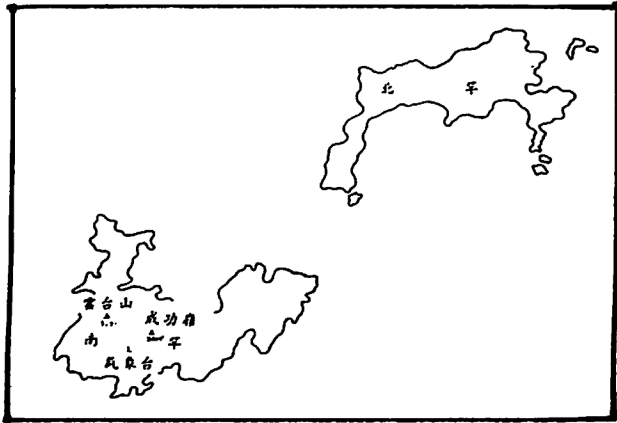
### 柒、參考文獻

- 一、空軍氣象聯隊：空軍各基地危險天氣預報研究概要
- 二、空軍氣象聯隊：氣象年報表(七十二年至八十四年)
- 三、空軍氣象聯隊：台灣暨外島氣候概況
- 四、曾憲瓊、王萬洲、李勝斌、林國平：金門基場之氣候概況與飛航天氣

- 五、李俊盛、郭少衡：金門與馬祖霧之預報研究
- 六、周根泉：霧發生時微氣象因子垂直變化
- 七、顏自雄：影響飛安之氣象因素—霧的研究



附圖一 金門地形圖



附圖二 馬祖地形圖

月份	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	總計
次數	120	219	698	1143	566	82	18	18	10	0	14	45	2933
百分比	4%	7%	24%	39%	19%	3%	1%	0%	0%	0%	2%	2%	

附表一：金門地區(72-84年)出現低能見度各月分佈統計表

月份	霧		降雨		總計
	次數	百分比	次數	百分比	
一月	124	44%	161	56%	285
二月	372	58%	267	42%	637
三月	651	61%	418	39%	1069
四月	840	66%	430	34%	1270
五月	770	53%	686	47%	1456
六月	447	49%	459	51%	908
七月	68	74%	24	26%	92
八月	24	44%	31	56%	55
九月	34	63%	20	37%	54
十月	5	33%	10	67%	15
十一月	65	44%	84	56%	149
十二月	73	57%	55	43%	128
小計	3473	57%	2645	43%	6118

附表二：馬祖地區形成低能見度之天氣現象(霧、雨)各月頻率統計表

月份	01L	02L	03L	04L	05L	06L	07L	08L	09L	10L	11L	12L	13L	14L	15L	16L	17L	18L	19L	20L	21L	22L	23L	24L	總計
春季	5	8	4	5	20	34	18	9	6	3	1	1	7	8	7	11	15	10	7	8	9	10	8	223	
夏季	1	0	0	6	23	19	9	3	1	2	0	0	2	1	1	2	1	2	0	3	3	3	4	0	86
秋季	1	0	0	0	2	4	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	2	1	0	3	18
冬季	1	2	1	1	0	4	8	4	1	2	1	2	1	4	3	6	3	3	2	2	2	1	3	3	60
總計	8	10	5	12	45	61	36	16	11	11	4	4	4	12	12	16	15	20	13	12	15	14	14	387	

附表三：馬祖地區霧形成低能見度出現時間統計表

月份	01L	02L	03L	04L	05L	06L	07L	08L	09L	10L	11L	12L	13L	14L	15L	16L	17L	18L	19L	20L	21L	22L	23L	24L	總計
春季	0	1	1	1	7	22	11	14	9	6	3	2	3	2	10	7	3	9	3	7	3	4	5	5	138
夏季	0	2	0	0	3	1	7	2	1	2	0	2	1	4	3	4	2	3	1	0	0	4	0	1	43
秋季	0	0	0	0	0	3	1	1	0	0	0	2	1	2	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	14
冬季	1	0	0	0	0	3	2	3	2	1	5	1	1	2	2	2	5	1	2	0	0	1	2	1	37
總計	1	3	1	1	10	29	21	20	12	9	8	7	6	10	15	13	11	15	6	7	4	9	7	7	232

附表四：馬祖地區降水形成低能見度開始時間統計表

月份	01L	02L	03L	04L	05L	06L	07L	08L	09L	10L	11L	12L	13L	14L	15L	16L	17L	18L	19L	20L	21L	22L	23L	24L	總計
春季	4	5	0	8	10	14	12	28	23	29	18	22	4	12	4	6	3	3	3	3	2	6	2	2	223
夏季	1	0	2	3	1	7	12	18	15	8	5	3	1	0	1	0	0	2	3	1	0	0	1	2	86
秋季	1	1	0	1	1	0	6	2	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
冬季	0	4	0	1	2	7	3	5	3	8	5	1	5	3	2	2	2	3	1	2	0	1	0	0	60
總計	6	10	2	13	14	28	33	53	43	45	32	26	10	15	7	8	5	8	7	6	2	7	3	4	387

附表五：馬祖地區霧形成低能見度結束時間統計表

月份	靜風	350-010	020-040	050-070	080-100	110-130	140-160	170-190	200-220	230-250	260-280	290-310	320-340	合計
春季	23	41	45	7	1	1	0	5	6	4	0	1	4	138
夏季	4	5	14	1	0	2	0	5	7	5	1	1	1	46
秋季	2	3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
冬季	5	9	15	0	0	1	0	1	0	0	2	2	2	37
合計	34	58	83	8	1	4	0	11	13	9	3	4	7	235

附表六：馬祖地區降水形成低能見度前日12Z風向統計表

月份	靜風	350-010	020-040	050-070	080-100	110-130	140-160	170-190	200-220	230-250	260-280	290-310	320-340	合計
春季	41	36	50	4	6	5	4	18	21	16	5	2	15	223
夏季	8	5	15	1	0	0	1	21	21	11	2	0	1	86
秋季	0	6	7	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2	18
冬季	10	16	19	2	0	0	0	3	2	3	1	0	4	60
合計	59	63	91	8	7	5	5	42	44	30	8	3	22	387

附表七：馬祖地區霧形成低能見度前日12Z風向統計表

月份	0-5 KTS	6-10 KTS	11-15 KTS	16-20 KTS	21-25 KTS	26-30 KTS	合計
春季	87	71	44	16	3	2	223
夏季	27	36	18	5	0	0	86
秋季	5	4	6	3	0	0	18
冬季	21	17	10	8	4	0	60
合計	140	128	78	32	7	2	387

附表八：馬祖地區民國(72-84)年發生霧低能見度前日12Z風速次數統計表

月份	0-5 KTS	6-11 KTS	11-15 KTS	16-20 KTS	21-25 KTS	26-30 KTS	31-35 KTS	大於36KT	合計
春季	41	37	21	25	9	4	0	1	138
夏季	6	13	8	9	5	0	1	1	43
秋季	4	1	0	7	1	0	1	0	14
冬季	10	10	5	10	1	1	0	0	37
合計	61	61	34	51	16	5	2	2	232

附表九：馬祖地區民國(72-84)年降水形成低能見度前日12Z風速次數統計表

季節	碧空	疏雲	裂雲	密雲	不明	合計
春季	2	38	50	116	17	223
夏季	6	19	24	37	0	86
秋季	0	6	4	8	0	18
冬季	0	10	14	35	1	60
合計	8	73	92	196	18	387

附表十：馬祖地區(72-84年)霧形成低能見度前日122天空雲量統計表

季節	碧空	疏雲	裂雲	密雲	不明	合計
春季	0	6	20	107	5	138
夏季	0	0	8	33	2	43
秋季	0	0	3	11	0	14
冬季	0	3	8	25	1	37
合計	0	9	39	176	8	232

附表十一：馬祖地區(72-84年)發生降水低能見度前日122天空雲量統計表

	0°C	1°C	2°C	3°C	4°C	5°C	合計
春季	61	81	57	19	3	2	223
夏季	24	38	16	5	3	0	86
秋季	5	8	4	1	0	0	18
冬季	12	14	19	12	3	0	60
合計	102	141	96	37	9	2	387

附表十二：馬祖地區民國(72-84)年發生霧低能見度前日122溫度露點差統計表

	0°C	1°C	2°C	3°C	4°C	5°C	合計
春季	50	50	23	9	6	0	138
夏季	15	17	7	2	2	0	43
秋季	4	3	6	1	0	0	14
冬季	6	17	8	4	1	1	37
合計	75	87	44	16	9	1	232

附表十三：馬祖地區民國(72-84)年發生降水低能見度前日122溫度露點差統計表

季節	01L	02L	03L	04L	05L	06L	07L	08L	09L	10L	11L	12L	13L	14L	15L	16L	17L	18L	19L	20L	21L	22L	23L	24L	小計
春季	95	99	97	98	99	150	178	171	143	118	103	91	82	78	69	78	73	75	87	88	85	84	87	90	2407
夏季	1	1	1	1	1	13	20	18	11	11	9	6	6	4	3	3	2	1	1	1	1	2	2	1	118
秋季	0	0	0	0	0	1	4	2	3	2	1	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	1	1	1	24
冬季	13	13	13	13	13	12	28	34	30	24	21	18	8	10	12	13	13	14	14	14	15	15	14	14	384
小計	109	110	111	110	113	176	226	223	187	155	134	113	98	92	84	92	89	91	104	103	103	102	104	108	2933

附表十四：金門地區民國(72-84)年低能見度各季逐時發生次數統計表

季節	01L	02L	03L	04L	05L	06L	07L	08L	09L	10L	11L	12L	13L	14L	15L	16L	17L	18L	19L	20L	21L	22L	23L	24L	小計
霧	94	95	98	95	97	158	197	190	162	131	105	90	73	72	65	68	62	67	81	80	82	82	84	91	2419
雨	15	15	13	15	16	18	28	33	25	24	28	23	23	20	19	24	27	24	23	22	20	19	15	15	514
總計	109	110	111	110	113	176	226	223	187	155	134	113	96	92	84	92	89	91	104	103	103	102	104	108	2933

月份	霧		降雨		總計
	次數	百分比	次數	百分比	
一月	91	76%	29	24%	120
二月	194	89%	25	11%	219
三月	601	86%	97	14%	698
四月	909	80%	234	20%	1143
五月	491	87%	75	13%	566
六月	59	72%	23	28%	82
七月	10	56%	8	44%	18
八月	9	50%	9	50%	18
九月	10	100%	0	0%	10
十月	0	0%	0	0%	0
十一月	12	86%	2	14%	14
十二月	33	73%	12	27%	45
小計	2419	82%	514	18%	2933

附表十五：金門地區形成低能見度之天氣現象頻率表

季節	天氣	次數	百分比
春季	霧	2001	82.7%
	雨	406	79.0%
夏季	霧	78	3.2%
	雨	40	7.8%
秋季	霧	22	0.9%
	雨	2	0.4%
冬季	霧	318	13.1%
	雨	66	12.8%
總數	霧	2419	82.5%
	雨	514	17.5%

附表十六：金門地區形成低能見度各季天氣現象分佈表

	01L	02L	03L	04L	05L	06L	07L	08L	09L	10L	11L	12L	13L	14L	15L	16L	17L	18L	19L	20L	21L	22L	23L	24L	小計
春季	1	0	0	0	4	7	3	3	0	5	1	0	1	2	2	3	1	6	0	2	1	2	0	0	44
夏季	0	0	0	0	0	2	1	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	10
秋季	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
冬季	0	0	0	0	0	3	3	1	0	2	0	1	3	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	16
合計	1	0	0	0	4	12	7	4	2	8	1	1	4	2	5	4	1	6	1	2	3	2	0	0	70

附表十七：金門地區民國(72-84)年降水低能見度開始時間統計表

	01L	02L	03L	04L	05L	06L	07L	08L	09L	10L	11L	12L	13L	14L	15L	16L	17L	18L	19L	20L	21L	22L	23L	24L	小計
春季	1	0	2	1	9	13	13	24	23	16	16	5	11	14	5	8	2	0	4	4	3	1	0	0	175
夏季	0	0	0	0	1	1	7	3	3	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
秋季	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
冬季	0	0	0	0	4	2	0	6	8	2	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
合計	1	0	2	1	14	16	21	33	35	22	21	10	12	14	5	8	2	0	4	4	3	1	0	0	229

附表十八：金門地區民國(72-84)年發生霧低能見度結束時間統計表

	01L	02L	03L	04L	05L	06L	07L	08L	09L	10L	11L	12L	13L	14L	15L	16L	17L	18L	19L	20L	21L	22L	23L	24L	小計
春季	3	4	0	4	47	37	18	1	4	1	3	0	5	3	4	7	4	8	6	3	4	2	4	3	175
夏季	0	0	0	0	8	7	3	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	22
秋季	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
冬季	0	0	0	0	3	11	7	1	2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	29
合計	3	5	0	4	58	55	29	3	7	2	3	1	5	3	4	8	5	9	6	4	5	2	4	4	229

附表十九：金門地區民國(72-84)年發生霧低能見度開始時間統計表

	01L	02L	03L	04L	05L	06L	07L	08L	09L	10L	11L	12L	13L	14L	15L	16L	17L	18L	19L	20L	21L	22L	23L	24L	小計
春季	0	0	0	0	2	4	3	3	2	0	4	2	2	2	2	1	4	0	3	2	2	4	0	0	44
夏季	0	0	0	0	0	0	1	4	0	1	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	10
秋季	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
冬季	0	0	0	0	0	2	1	3	2	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	16
合計	0	0	0	0	2	6	5	10	4	2	5	2	4	3	3	5	2	4	1	3	3	2	4	0	70

附表二十：金門地區民國(72-84)年降水形成低能見度結束時間統計表

	靜風	350-010	020-040	050-070	080-100	110-130	140-160	170-190	200-220	230-250	260-280	290-310	320-340	合計
春季	76	4	12	7	5	7	8	20	19	13	1	3	0	175
夏季	0	0	0	0	0	3	2	6	8	3	0	0	0	22
秋季	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
冬季	22	1	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	29
合計	99	5	15	10	7	10	10	26	27	16	1	3	0	229

附表二十一：金門地區民國(72-84)年霧形成低能見度前一日12Z風向統計表

	靜風	350-010	020-040	050-070	080-100	110-130	140-160	170-190	200-220	230-250	260-280	290-310	320-340	合計
春季	18	7	7	4	0	0	0	4	2	1	1	0	0	44
夏季	0	0	3	2	1	1	0	3	0	0	0	0	0	10
秋季	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
冬季	6	2	2	2	0	0	0	0	0	0	2	0	2	16
合計	24	9	12	8	1	1	0	7	2	1	3	0	2	70

附表二十二：金門地區民國(72-84)年降雨形成低能見度前一日12Z風向統計表

	0-5 KTS	6-10 KTS	11-15 KTS	16-20 KTS	合計
春季	34	7	2	1	44
夏季	4	5	0	1	10
秋季	0	0	0	0	0
冬季	13	2	1	0	16
合計	51	14	3	2	70

	0-5 KTS	6-10 KTS	11-15 KTS	合計
春季	133	35	7	175
夏季	14	7	1	22
秋季	2	1	0	3
冬季	29	0	0	29
合計	178	43	8	229

附表二十三：金門地區民國(72-84年)降雨形成低能見度前日12Z風速次數統計表 附表二十四：金門地區民國(72-84年)發生霧低能見度前日12Z風速次數統計表

	碧空	疏雲	裂雲	密雲	不明	合計
春季	0	2	8	34	0	44
夏季	0	0	4	6	0	10
秋季	0	0	0	0	0	0
冬季	0	0	5	11	0	16
合計	0	2	17	51	0	70

附表二十五：金門地區民國(72-84年)雨低能見度前日12Z雲量次數統計表

	碧空	疏雲	裂雲	密雲	不明	合計
春季	0	41	56	77	1	175
夏季	0	11	8	3	0	22
秋季	0	0	2	1	0	3
冬季	0	12	6	11	0	29
合計	0	64	72	92	1	229

附表二十六：金門地區民國(72-84年)霧低能見度前日12Z雲量次數統計表

	0°C	1°C	2°C	3°C	4°C	合計
春季	10	12	14	3	0	44
夏季	3	3	1	2	1	10
秋季	0	0	0	0	0	0
冬季	5	2	6	3	0	16
合計	18	17	21	13	1	70

附表二十七：金門地區民國(72-84年)雨低能見度前日12Z溫度露點統計表

	0°C	1°C	2°C	3°C	4°C	合計
春季	49	72	31	13	2	172
夏季	3	8	4	2	0	22
秋季	1	2	0	0	0	3
冬季	6	9	12	1	1	29
合計	64	91	47	21	3	226

附表二十八：金門地區民國(72-84年)霧低能見度前日12Z溫度露點統計表