

歸仁機場濃霧校驗表分析及修訂

陳明毅、許恒韶、翁少于、張函
空軍第一基地天氣中心

摘要

本研究使用近5年歸仁機場氣象資料，來校驗現今使用於預報濃霧出現機率的濃霧校驗表，統計結果顯示有些項目並不如我們所預期之結果，如雲量較少的情況較容易發生輻射冷卻凝結成霧，但結果顯示稀疏雲發生低能見度機率只佔11.76%，顯示低能見度發生時雲量都是較多之情況，因此，在校驗過程中，為因應飛訓任務需求及派遣組律定值勤時間，將校驗表之校驗時間修訂為18時，以符合於19時前供應天氣預報趨勢。

研究結果顯示：歸仁地區近5年發生低能見度日數共計51日，風向以北向風場為主，斜溫圖以馬公測站及屏南測站做為比較，找出發生低能見度前一日，是否有明顯徵兆可做為預警，結果顯示馬公測站出現逆溫情況較為明顯為91.18%，而屏南測站顯示僅有85.29%，以馬公測站斜溫圖做為預報參數較具有參考價值，另加入近年來影響較深的懸浮微粒AQI指數加入計算，取得各項權重比，以此類方法修訂濃霧校驗表。

關鍵字：低能見度、濃霧

一、前言

因應現今部隊人員調動頻繁，人員短缺，預報人員經驗普遍較為資淺，在天氣守視失準後，往往造成人員心理層面壓力，導致缺乏信心，無法有效提供精準預報；影響飛安因素之一為低能見度，然而現今歸仁基地所使用的濃霧校驗表年久未修，且校驗結果不符合期許，無法有效運用於低能見度預報，且各項目未加入權重計算，無法以量化方式有效提供預報員做為參考，故此藉校驗內容並增修訂，使之可以做為後續預報低能見度發生之參考。

臺灣屬於海島型氣候，水氣充足，且西半部地區多屬平原及臺地地形，更有助於濃霧形成，故有效掌握濃霧形成時機對於歸仁機場更為重要。隨著氣候逐漸的不穩定，有霧型態的天氣影響飛航甚鉅，其成份主要由二氧化硫、氮氧化物和可吸入顆粒物組成，並與空氣中的水汽結合，進而造成能見度下降影響飛行安全，為提升預報準確度及維護飛航安全，建立一套有效精確預報工具，自是非常重要且必須的，而目前各機場所使用的低能見度預報工具之一濃霧校驗表，均已使用多年，而現今氣候變遷，地貌變化，濃霧校驗表內容早已不合時宜，故藉由本次

研究，剖析歸仁機場濃霧成因，以修訂濃霧校驗表提供有效之預報工具。

本研究資料來源主要以空軍歸仁基地為主，統計近5年來(2013至2017年)的地面氣象觀測資料，每年易形成霧之月份(1至4月及10至12月)的成霧時段，使用統計學方法及天氣學理論來進行研究，歸納出地區特性及成霧特徵，並藉由統計學法了解歸仁機場能見度1600公尺發生時段，探討歸仁機場地區特性及造成能見度下降其他原因，設定預期準確度最低為60%，用以修訂濃霧校驗表內各項氣象因子是否需要新增、刪除及篩選項目權重比數值，並將未達60%項目，調整校驗標準，使濃霧校驗表更臻完善。

本研究第貳章將說明原歸仁地區濃霧校驗表近5年4月至10月的初步校驗準確度；第參章為資料來源與介紹，說明本研究所使用的資料來源與資料的內容；第肆章為資料處理及分析，說明本研究資料處理與分析方式；第陸章為分析結果，將近5年分析統計結果配合原校驗表進行校驗項目權重配比並修訂；第陸章為結論，總結分析結果；第陸章為未來展望。

二、文獻探討

邱等(2016)以統計學法對較常發生濃霧之地區，如新竹、嘉義、歸仁、金門、馬祖等地區進行霧時統計分析，以了解成霧時該區域之氣象特徵，並進而建立霧時氣象要素預測參考指標，可供預報人員掌握氣象變化

三、資料分析

(一) 歸仁地區濃霧校驗表分析

歸仁機場目前現行使用之濃霧校驗表(如表1)，將各項次校驗項目，與近5年(2013至2017年)4月至10月資料比對後統計結果如后：

表 1 原歸仁機場所使用濃霧校驗表校驗成果 (1 至 4 月及 10 至 12 月)

項次	原項目	校驗結果 (符合%)
1	風向 270 至 330(14 時至 18 時)	27.45%
2	≤5kts 風速(18 時)	60.78%
3	<18kts 風速(14 時至 18 時)	100%
4	≥6°C 日夜溫 T(14 時)-T(18 時)	23.53%
5	≥90%相對濕度(18 時)	17.65%
6	疏-裂-疏天空狀況	11.76%
7	地面圖等壓線呈東西走向	50%
8	馬祖(金門)與本場氣壓差 ≤ 6hPa 氣壓梯度	35.29%
9	≤1022hPa 高壓中心數值	10.29%
10	下沉逆溫(底層似 V 字形狀)	64.71%
	輻射逆溫(溫度露點線接近且平行上升)	8.82%
	鋒面逆溫(溫度露點線相交沿乾絕熱上升處)	17.65%
11	鋒面位置東南沿海或臺灣北部海面或華中地區(鋒面霧)	32.35%
	高壓中心位於日本附近(平流霧)	11.75%
	高壓中心位於長江口以北或黃海(輻射霧)	22.06%

項次1，風向270-330(1400-1800L)校驗結果符合27.45%；項次2，≤5KT風速(1800L)校驗結果符合60.78%；項次3，<18KT風速(14至18時)校驗結果符合100%；項次4，≥6°C 日夜溫差 T(14 時)-T(18 時)校驗結果符合

23.53%；項次5，≥90%相對濕度(18時)校驗結果符合17.65%；項次6，疏-裂-疏天空狀況校驗結果符合11.76%；項次7，地面圖等壓線呈東西走向校驗結果符合50%；項次8，馬祖(金門)與本場氣壓差 ≤ 6hPa 氣壓梯度校驗結果符合35.29%；項次9，≤1022hPa高壓中心數值校驗結果符合10.29%；項次10，下沉逆溫(底層似V字形狀)，輻射逆溫(溫度露點線接近且平行上升)，鋒面逆溫(溫度露點線相交沿乾絕熱上升處)校驗結果符合96.92%；項次11，鋒面位置在東南沿海或臺灣北部海面或華中地區(鋒面霧)，高壓中心位於日本附近(平流霧)，高壓中心位於長江口以北或黃海(輻射霧)校驗結果符合66%。

(二)資料來源：

本研究收集歸仁基地測站2013至2017年共5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、陣風、天空狀況、天氣現象、溫度、露點、QNH高度表撥定值、時雨量。

機場定時天氣報告(METAR)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，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。

(三)資料分析結果：

在資料分析方面，時間以濃霧較易出現月份(1至4月及10至12月)，時序(6至18時)之方式，找出特定之時段進行時間上的分析

以近5年資料將其霧前一日資料分析，以統計學分析，設定準確度60%以上為預期值，並為因應飛訓任務需求及派遣組值勤時間，將校驗表之校驗時間修訂為18時，以符合於19時前供應天氣預報趨勢。

1. 風向：

分析歸仁機場102年1月至4月及106年10月至12月間，近5年內發生低能見度前一日平均風向統計，原校驗表以發生低能見度前一日14至18時，出現風向270至330方位時，結果顯示出現比例為27.45%。將風向改以330至020方位進行分析統計，統計結果出現頻率為

最高為68.71%，故建議修改為此校驗內容如圖1。

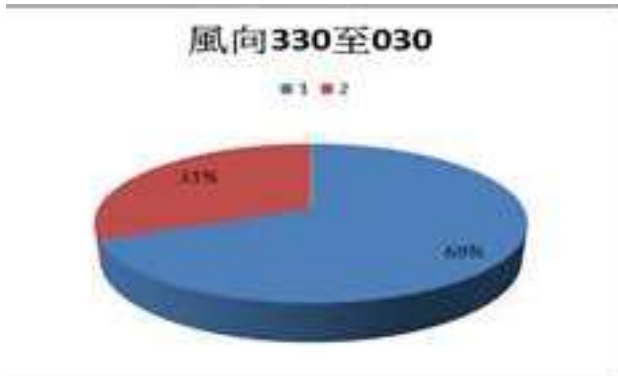


圖1 發生低能見度前一日1800時風向所佔比例。

2. 風速：

分析歸仁機場102年1月至106年12月間，近5年內發生低能見度前一日1800時平均風速 ≤ 5 kts統計，統計結果出現頻率為60.78%，故保留原校驗內容。

原校驗表第3項14至18時風速 < 18 kts，依5年統計資料分析，每日此時段風速 < 18 kts所發生機率過高為100%，無參考價值建議刪除此項目如圖2。

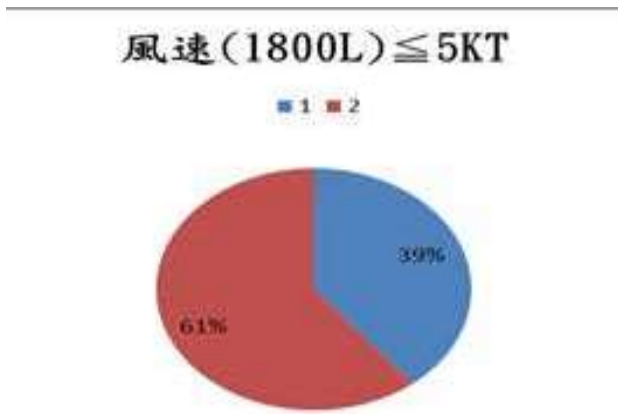


圖2 發生低能見度前一日1800時風速 ≤ 5 KT所佔比例

3. 溫度日變化：

原校驗表T(14時)-T(18時)時段日夜溫差 $\geq 6^{\circ}\text{C}$ ，統計結果出現頻率為61.76%，修訂校驗時間改使用發生低能見度前一日14時最高溫與18時之溫差，經統計結果溫差 $\geq 2^{\circ}\text{C}$ 出

現頻率為78.43%為符合預期值並具參考價值，建議修改此項目內容。

表1 發生低能見度前一日18時日夜溫差所佔比例

T(14L)-T(18L)時段日夜溫差 $\geq T$				
溫差	≥ 5	≥ 4	≥ 3	≥ 2
符合	12	18	30	40
不符合	39	33	9	6
所佔比例	23.53%	35.29%	58.82%	78.43%

4. 溫度：

依五年統計資料分析，發生低能見度前一日1800時之每月平均溫度如表3。

表3 發生低能見度前一日1800時之每月平均溫度

月份	平均溫度
1月	20.6 $^{\circ}\text{C}$
2月	22.1 $^{\circ}\text{C}$
3月	21 $^{\circ}\text{C}$
4月	22.4 $^{\circ}\text{C}$
10月	26 $^{\circ}\text{C}$
11月	24.6 $^{\circ}\text{C}$
12月	22.3 $^{\circ}\text{C}$

5. 相對濕度：

表4為發生低能見度前一日18時相對溼度所佔比例。依5年統計資料分析，發生低能見度前一日18時之相對濕度 $\geq 90\%$ 所佔比例為17.65%，不符合預期值，將相對濕度修改為 $\geq 80\%$ 時所佔比例為62.75%，為符合預期值並具參考價值，建議修改此項目內容為相對濕度 $\geq 80\%$ 。

表4 發生低能見度前一日18時相對溼度所佔比例

相對溼度	$\geq 90\%$	$\geq 80\%$
符合	9	32
不符合	42	19
所佔比例	17.65%	62.75%

6. 天空狀況：

依5年統計資料分析，天空狀況所佔比例為33.82%，與理論不符，並資料中無出現高雲層雲幕，經統計結果雲幕為密雲所發生機

率為0%。故校驗時可在篩選天氣系統後判斷雲幕為密雲時可列入為降低發生機率之因子如表5。

表5 發生低能見度前一日18時天空狀況符合疏裂疏雲量所佔比例

天空狀況	疏裂疏
符合	6
不符合	45
所佔比例	11.76%

7. 等壓線走向：

校驗結果準確率為50%，雖然未符合預期值，但因個人於判圖時過於主觀，故保留項目，並持續校驗，並建議修訂校驗表將此項目權重比值適當調整，以符合預期如表6。

表6 發生低能見度前一日天氣分析圖等壓線經臺灣時走向所佔比例

等壓線走向	東西
符合	25
不符合	26
所佔比例	50%

8. 馬祖(金門)與本場氣壓差 $\leq 6hPa$ 氣壓梯度：

依五年統計資料分析，扣除無資料4日，共47日，發生低能見度前一日1800時之馬祖(金門)與本場氣壓差 $\leq 6hPa$ 所佔比例為61.7%，符合預期值，建議保留此項目內容如表7。

表7 發生低能見度前一日1800時馬祖(金門)與本場氣壓差 $\leq 6hPa$ 所佔比例

氣壓梯度	馬祖(金門)與本場氣壓差 $\leq 6hPa$
符合	29
不符合	18
所佔比例	61.7%

9. 高壓中心數值 $\leq 1022hPa$ ：

校驗結果準確率僅10.29%，以及訂定標準不明確無參考價值，建議刪除。

10. 斜溫圖：

參考資料為馬公測站及屏東斜溫圖，經詢問圖資存管中心104年4月以前無資料存取

，故統計104年10月之後，統計馬公測站斜溫圖成霧天數具鋒面逆溫佔總比例17.65%、下沉逆溫佔總比例64.71%及輻射逆溫佔總比例8.82%，其加總逆溫現象佔總比例73.53%，屏東測站斜溫圖成霧天數具鋒面逆溫佔總比例17.65%、下沉逆溫佔總比例61.76%及輻射逆溫佔總比例2.94%，其加總逆溫現象佔總比例64.7%，因屏東測站斜溫圖校驗時，霧前一日無明顯逆溫現象佔11.76%，建議校驗時以馬公測站斜溫圖為主如表8。

表8 發生低能見度前一日馬公測站與屏東測站斜溫圖所佔比例

逆溫	馬公測站	屏東測站
鋒面逆溫	6	6
下沉逆溫	22	20
輻射逆溫	3	3
無逆溫	3	5
符合	31	29
不符合	3	5
所佔比例	91.18	85.29

(四)系統影響：

由霧前一日地面分析圖判圖，鋒面位置東南沿海或臺灣北部海面或華中地區(鋒面霧)佔總比例32%、高壓中心位於日本附近(平流霧)佔總比例12%及高壓中心位於長江口以北或黃海(輻射霧)佔總比例22%，其加總準確率達66%，符合預期值建議保留此項目。

(五)空氣品質(AQI指標)PM2.5及PM10：

楊等(2014)及行政院環保署針對PM2.5及PM10指數統計對能見度之影響；參考鄰近臺南機場(圖2)以近5年低能見度發生當日05至08時之空氣品質(AQI指標)-細懸浮微粒(PM2.5)指數出現濃度 $35.5 \mu g/m^3$ (對敏感族群不健康)以上時，出現日數達64日，所佔比例為94.12%，而(PM10)指數出現濃度 $126 \mu g/m^3$ (對敏感族群不健康)以上僅有11日，建議以(PM2.5)新增列入校驗表中，並於前一日以預報隔日懸浮微粒預報為參考依據來執行校驗(如表9)。

表9 發生低能見度當日05時至08時之空氣品質(AQI指標)所佔比例

空氣品質 (AQI 指標)	PM2.5	PM10
對敏感族群不健康 101~150	27	11
對所有族群不健康 151~200	37	0
非常不健康 201~300	0	0
符合	64	11
不符合	4	57
所佔比例	94.12%	11.17%



圖3 臺南機場與歸仁機場位置圖

四、結論

歸仁機場目前現行使用之濃霧校驗表，將各項次經研究分析結果並依任務需求，修訂建議如后(如表10)：

- (一) 項次1「風向270至330(14至18時)」：校驗結果符合27.45%，修訂為「風向330至020(18時)」，將可大幅提升預報準確度
- (二) 項目2「 ≤ 5 kts風速(18時)」，符合預期值建議不予修訂。
- (三) 項次3「 < 18 kts風速(14至18時)」：建議刪除項目。
- (四) 項次4「 $\geq 6^{\circ}\text{C}$ 日夜溫差 $T(14\text{時})-T(18\text{時})$ 」：建議修訂為「 $\geq 2^{\circ}\text{C}$ 日夜溫差 $T(14\text{時})-T(18\text{時})$ 」以符合任務需求並可增加準確率。
- (五) 項次5「 $\geq 90\%$ 相對濕度(18時)」：建議修訂為「 $\geq 80\%$ 相對濕度(18時)」以提升準確率。

- (六) 項次6「疏-裂-疏天空狀況」：原訂定時未明確律定校驗之時間及相關條件，且分析結果準確率僅11.76%，故建議刪除此項目。
- (七) 項次7「地面圖等壓線呈東西走向」：校驗結果符合50%，考量此判圖方式，因校驗項目與理論相符，故保留此項目持續驗證，或於爾後另行調整校驗條件。
- (八) 項次8「馬祖(金門)與本場氣壓差 $\leq 6\text{hPa}$ 氣壓梯度」：校驗結果符合61.7%，項次9「 $\leq 1022\text{hPa}$ 高壓中心數值」，因校驗項目於判圖分析後，高壓中心位置多小於1022hPa且經評估高壓中心位置未明確訂定其距離及範圍限制，故建議刪除此項目。
- (九) 項目10「斜溫圖下沉、輻射、鋒面逆溫」：符合預期值，建議不予修訂，項目11「鋒面及高壓中心位置」等項目均符合預期值以上建議不予修訂。
- (十) 另以近5年濃霧發生當日05至08時發現，「空氣品質(AQI指標) PM2.5細懸浮微粒指數」出現濃度 $35.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上時，出現次數達94.12%，具有參考價值及指標性，建議新增列入校驗表。

五、未來展望

本次研究只針對於歸仁機場近5年觀測資料進行統計，來了解歸仁機場之成霧特性，可作為歸仁機場預報上之參考，使預報人員能更掌握歸仁機場之氣候特徵。

囿於觀測資料僅以近5年資料來進行統計，所歸納出的校驗項目有待實際運用，期許未來以每5年校驗經驗來進行調整修訂，使濃霧校驗表可望達到所預期的預報工具。

表10 建議新修訂之歸仁濃霧校驗表

歸仁-低能見度預報檢查校驗表				
編號	校驗項目	是否符合 (符合打Y)	權重(%)	備註
1	風向230-020 (1400-1800L)		100%	
2	≥5 KT風速 (2000L)		100%	
3	≥10 KT風速(1400- 1800L)	正確則打		
4	≥4℃日變溫差 T(14L)-T(18L)		100%	
5	≥80%相對濕度 (1800L)		100%	
6	逆-層-級天空狀況	正確則打		
7	歸仁測站環線東風吹向		100%	
8	高雄測站環線東風吹向		100%	
9	≥1022hPa高雄中心氣壓			
10C 高公科 測站 850hPa以 下是否清 逆溫層)	下逆溫層			
	離地逆溫			
	離海逆溫			
11(系統類 型)	離海紅單東向沿海逆溫層 與離海或華中地區 (離海層)		100%	
	高壓中心位於日本附近 (平流層)			
	高壓中心位於長江口以北 或黃海(離海層)			
12 空氣品質 (AQI指數)	細懸浮微粒(PM _{2.5})指數 出現濃度≥25.5 μg/m ³			
13	低能見度(低於1哩) 不發生濃霧			
14	實際發生濃霧現象 (全天)			
15	上述發生過程			
16	實際發生低於1哩			

六、參考文獻

行政院環保署環境資料庫-空氣品質指標
(<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/b0203.aspx>)。

行政院環保署環境，2016，國空氣品質監測報告105年年報(Air Quality Annual Report of R.O.C.(Taiwan), 2016)」，P.40、P.85。

邱振源、廖杞昌，2016，「臺灣西部及外島低能見度環境特徵分析及模擬」，碩士論文，國防大學理工學院。

楊之遠、吳義林、林文印、王自發、李健軍、黃偉鳴，2014，「兩岸霧霾(PM_{2.5})污染現況與未來合作展望」，財團法人中技社，頁40。

龍石磊、曾建榮、王廣華、劉衛、李燕，2012，「逆溫層在上海市空氣顆粒物積聚過程中的作用」，臺灣環境資源永續發展協會、中國科學院上海應用物理研究所，P.3-120。