

桃園機場低能見度氣候特性研究

黃耀仲

空軍第五基地天氣中心

摘要

桃園基地位於台灣西北部，坐標為 121.14° E, 25.03° N，周圍地勢低平，鄰接海邊(如圖一)，低能見度出現次數不但極為頻繁、且持續時間久暫不一、常濃霧與低雲連成一體，致使水平所涵蓋之面積與垂直所佔之空間均相當大，嚴重危害到飛行訓練及作戰任務之遂行，亦影響地面車輛行動之安全。本文研究係根據民國 72 年至 84 年(1983-1995)之地面觀測資料，對本場低能見度(低於一哩)發生時各項要素，包括溫度、露點溫度、風向、風速作出客觀預報圖，以期增加預報準確率。並把形成低能見度之綜觀天氣型態分類為(一)、輻射霧；(二)、平流輻射霧；(三)、鋒面霧；(四)、其他(包括夏季午後雷陣雨，鋒面滯留降水、台灣低壓、颱風等所造成局部短暫性之低能見度)四類型，分別加以探討。

一、前言

台灣為一海島，四週環海，水汽供應充沛，且受地形輻射冷卻作用顯著，當在平流與輻射之作用下，發生濃霧之頻率甚高，對飛行之訓練及任務安全影響甚大。而局部地形對霧的生成及消散頗有關係。在同一型式下，西部各地出現濃霧起止時間均不盡相同，在低能見度預報上，除對氣象理論須加運用外，對局部地區之客觀預報法則之應用亦為重要，以本場之原始資料加以統計、分析其生成之各項相關氣候因數，予以歸納研討，並製作濃霧客觀預報圖，作為今後預測桃園地區低能見度之參考。

二、駐地地理環境對低能見度影響

產生低能見度大都與霧有密切關係。形成霧之本條件為空氣穩定，相對溼度高，凝結核豐富，風速微弱以及開始凝結時之冷卻作用；促成霧之原因為空氣冷卻至露點或近地面空氣中水汽增加，致使露點接近。常發生於本場霧的種類有輻射霧、平流輻射霧、鋒面霧，分述之：

(一)輻射霧：本場地勢平坦，當在晴朗無雲之夜，無風及較大相對溼度時，近地面空氣由於受夜間長波輻射影響，自地面散熱於空中，使地面空氣進行冷卻

作用；林口火力發電場、南崁中油煉油廠、鄰近垃圾夜間燃燒、大園、蘆竹南崁、中壢三大工業區提供豐富凝結核，利於水汽凝結成細微水滴懸浮於低層空氣中，形成濃霧。通常為夜間至清晨時段出現，其厚度淺薄，隨日間溫度上升，相對溼度減小，地表增溫後下層空氣漸不穩定，引起上下混合作用，使霧氣消散，水汽完全蒸發於暖空氣中，能見度轉好；若輻射霧之上方成雲時，因阻止與延緩太陽熱力到達地面，使霧氣不易消散，能見度回升速度則緩慢。

(二)平流輻射霧：潮溼空氣移行較冷的洋面或地面，使空氣中熱量散失，空氣達到飽和，水汽凝結成霧，稱之平流霧。當暖溼空氣自廣大水面平流近乎同一溫度海岸或伸入陸地上，因冷卻效應完全由輻射之故而成濃霧。平流作用提供水汽；輻射作用使空氣冷卻凝結。所以氣流來自水面或暖地面，陸地會降水蒸發而使溫度升高，產生濃霧機率大增。反之當下列條件出現時則濃霧不易產生：(1)空氣中缺乏水汽；(2)由於前一日之午後受熱，使溫度上升過高；(3)有雲遮蔽，使夜間輻射不足；(4)由於溫度隨緯度而遞減，梯度過弱，使平流冷卻不夠；(5)地面有強風持續，使凝結無法形成；(6)空氣因降坡運動產生絕熱增溫；(7)平流作用為山脈破壞。

(三)鋒面霧：生成於冷鋒前之暖區內，由於上滑暖氣團降落之雨水，經過蒸發而形成，受地形效應較小。持續時間不定，端賴其後高壓移動速度而定，若鋒面移動迅速，濃霧持續時間較短，反之可延續數日之久。

(四)其他：夏季午後雷陣雨、鋒面滯留降水、台灣低壓、颱風等所造成短暫性之低能見度，皆因大雨所造成，可利用雷達及衛星監視、追蹤及預測。

三、低能見度氣候統計分析結果

依據民國72年至84年(1983-1995)之地面觀測資料統計，低於一哩發生總次數為1052次，總時數為4345小時，任何月份均可能發生，最常出現在2、3、4、5月份，天候由冷回暖之季，南來空氣漸向北移所致；最少出現在夏秋二季(詳見表一、表二)。在出現次數開始時間在日夜分佈上，仍以清晨居多4-7時(詳見表三)。就各項氣象要素相關之探討：

(一)溫度與露點關係，發生低能見度區間在冬春為18~25℃(佔此二季之86%)、夏秋二季多在23-27℃之間(76%)；而露點與溫度值相差不大，多在0-2℃之間(91%)。

(二)風向與風速之間關係，在風向方面以靜風居多(52%)，其他風向在風速上以0至7哩/時居多數，共計910次(87%)。(詳見表四、表五)。

(三)雲幕高(見表六)可知，雲幕高在1500呎以上或無雲幕時出現最多次共487次(46%)，其次是低於500呎以下共242次(23%)。

(四)天氣現象(如表七)，仍以霧(含霾)最多共802次(76%)，其次是雨245次(23%)，雷陣雨僅佔5次(0.5%)。

天 氣 現 象	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	小 計
72	4	11	19	17	14	6	3	5	6	5	9	9	108
73	5	11	33	11	7	10	3	5	6	5	9	3	79
74	5	0	17	9	3	11	7	3	12	9	0	3	79
75	4	5	11	17	8	9	3	1	4	5	1	7	76
76	8	10	19	13	13	7	3	1	7	0	6	2	89
77	8	9	19	11	17	15	2	3	5	1	2	6	98
78	9	10	12	15	10	8	3	6	7	2	3	1	86
79	12	21	27	23	12	11	3	4	2	0	3	0	78
80	8	6	23	12	14	3	0	0	3	1	5	11	75
81	7	4	22	13	3	0	0	0	2	1	5	6	68
82	3	7	8	17	4	3	0	0	3	0	1	1	46
83	3	0	8	9	1	0	0	2	7	0	2	0	49
84	4	5	17	7	3	0	2	7	0	2	0	2	49
85	86	104	235	180	109	83	33	39	53	35	33	62	1052

天 氣 現 象	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	小 計
72	10.00	24.00	25.00	43.00	31.00	11.00	8.00	4.00	3.00	6.00	0.00	3.00	184.00
73	12.30	12.30	02.00	81.20	33.30	22.30	4.00	3.00	6.00	4.00	15.00	4.00	231.00
74	8.00	0.00	25.30	21.00	21.30	11.00	14.00	11.30	14.00	55.30	0.00	19.40	355.10
75	13.30	23.00	4.00	23.30	22.40	35.40	0.00	1.00	8.00	0.00	4.00	33.30	187.50
76	33.50	23.50	05.10	24.30	22.50	29.10	3.15	1.00	35.15	0.00	43.00	111.00	421.50
77	33.50	23.50	16.50	9.00	18.50	15.50	3.05	3.10	50.30	0.45	8.40	27.25	240.35
78	81.30	123.15	111.30	108.00	35.40	30.25	4.00	2.30	29.35	3.35	0.00	19.00	572.50
79	62.05	125.25	145.30	92.25	12.00	21.47	2.33	23.3	3.25	0.00	16.50	19.00	522.30
80	21.40	31.00	37.25	6.10	80.45	37.10	0.00	2.30	2.00	9.30	12.10	0.00	257.10
81	29.20	15.25	155.27	165.40	56.15	0.00	0.00	0.00	4.45	1.00	31.35	71.00	511.67
82	29.50	33.15	33.25	22.20	13.10	10.50	0.00	4.20	11.00	1.40	50.25	13.00	297.30
83	6.40	2.40	28.50	23.20	2.30	0.00	0.00	-0.00	0.15	5.41	22.15	174.11	
84	22.30	15.30	139.00	18.10	11.00	0.00	1.45	14.2	0.00	0.00	0.00	3.20	297.44
85	49.15	59.00	126.4	62.11	46.5	22.2	40.30	22.5	128.25	9.25	195.21	398.19	644.40

天 氣 現 象	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	小 計
1	1	2	4	4	2	1	1	1	3	1	3	1	21
2	1	5	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
3	1	5	0	5	2	1	2	1	1	1	1	2	24
4	4	8	11	19	6	11	4	2	2	2	1	6	74
5	6	9	34	64	53	40	17	10	10	12	1	9	270
6	36	35	83	84	15	13	6	22	16	13	29	29	333
7	15	15	19	7	4	1	1	5	1	1	3	7	81
8	1	0	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	10
9	2	5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
10	1	1	4	1	3	1	1	1	1	1	1	1	11
11	1	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	11
12	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
13	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
14	1	2	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
15	1	2	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
16	1	2	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	13
17	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27
18	1	1	1	3	1	2	2	2	2	2	2	2	12
19	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
20	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
21	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
22	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	13
23	1	2	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	11
24	3	4	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	20
25	80	104	235	180	109	83	33	39	53	35	33	62	1052

風 向	次 數	百 分 比
0-7	910	86.5
8-12	76	7.2
13-17	30	2.9
18以上	36	3.4

風 向	次 數	百 分 比
C	547	52.0
360-089	130	12.4
090-179	226	21.5
180-269	92	8.7
270-359	57	5.4

雲 幕 高	次 數	百 分 比
低於500呎	242	23.0
501-1000呎間	190	18.1
1001-1500呎間	133	12.7
1501以上或無雲幕	487	46.2

天 氣 現 象	次 數	百 分 比
霧	802	76.2
雨	245	23.3
雷 暴	5	0.5

表七 1983-1995 低於一哩天氣統計

天 氣 現 象	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	天 數
鋒前暖區型	32	42	87	79	35	25	7			14	14	13	261
高壓迴流型	27	30	76	60	38	24				25	13	11	207
鋒面滯留型	7	10	23	23	17	22				3	3	1	132
台灣低壓型	20	22	43	28	19	12				1	1	4	163
颱風環流型													16
太平洋高壓型													50
午後雷陣雨													5
合計	80	104	235	180	109	83	33	39	53	35	33	62	1052

表八 各類天氣系統分析如下

四、天氣系統對低能見度之關係討論

造成低能見度危害飛行安全依本場資料統計結果，大致可分為(一)鋒前暖區型(34%)；(二)高壓迴流型(31%)；(三)鋒面滯留型(13%)；(四)台灣低壓型(15%)；(五)颱風環流型(1.5%)；(六)太平洋高壓型(夏季)(5%)；(七)午後雷陣雨(0.5%)。由上可知，鋒前暖區和高壓迴流，較易產生低能見度，至於各月份所出現的綜觀天氣型態分佈情形(如表八)。

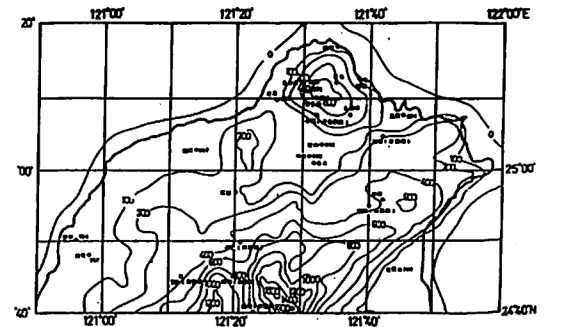
各類天氣系統分析如下：

(一)鋒前暖區型：氣旋波由日本南方經福建沿海至廣東省境內，大陸變性高壓中心位於日本、韓國一帶，向東北移動，(詳見圖二)，此種類型常出現於二、三、四月，以霧或毛雨天氣為主，伴隨著低雲幕，並有相當的持續性，故對飛行安全有極大威脅。

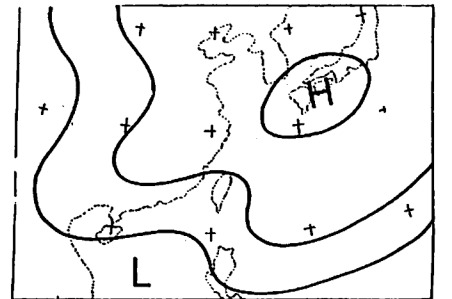
(二)高壓迴流型：變性高壓中心位於日本，屬性已然改變，並向東方緩移(如圖三)，整個氣流流至東海因底層增溫，至華南沿海後，偏轉成北來氣流進入台灣海峽，極易在華南沿海或沿海省份一帶生波，東移影響本場，晨間常出現偏南風(150-180)之風向且風速微弱。

(三)鋒面滯留型：地面圖上低壓中心位於日本，冷鋒自此中心向西南延伸經宮古島，貫穿本省中部至雲貴一帶，此時大陸冷高壓向南推力較小，且向東北方移動，鋒面尾部呈滯留狀態，(如圖四)，在高空圖850HPA上，輻合帶在本省北方海上，有溫度梯度的

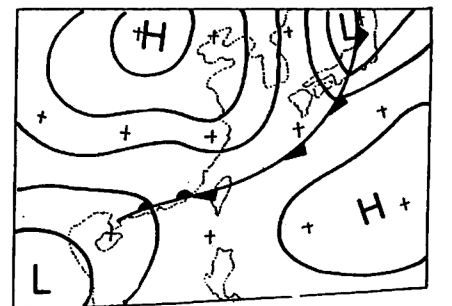
存在，且有明顯之溫度槽相伴隨，使冷空氣源源南下。



圖一 鋒前暖區型



圖二 高壓迴流型



圖三 鋒面滯留型

(四)台灣低壓型：發生於台灣四周近海低壓，多生成台灣東北東方近海上(如圖五)，自冬季至初夏均可發生。多因冷氣團南下，經黑潮流區的暖海面獲得

能量，配合高空有利條件而成，即850HPA以下於琉球一帶有增溫現象，700HPA槽線位於120°E左右，台灣上空有溫溼西南風，在500HPA台灣東部近海有輻散氣流及微弱溫度梯度。

(五)颱風環流型：因颱風或其環流(如圖六)帶來豪雨，造成之低能見度，以七、八、九月機會最大，但出現低能見度時間短暫。對飛安影響，重點在注意強風及豪雨所造成之災害。

(六)太平洋高壓型(夏季)：受太平洋高壓勢力籠罩(如圖七)，因輻射冷卻作用而成，因此高空為晴朗無雲，地面風速大多為靜風或小於4哩/時，地面有逆溫層。出現時間4-7時，持續時間一小時左右。

(七)午後雷陣雨型：在夏半年發生於本島東方及東南方山區之地形雷雨與氣團雷雨，發生時間13-18時最為頻繁，但出現低於一哩以下則僅有5次(0.5%)。

另外在地面圖等壓線對預測濃霧，極具參考價值，以2000L地面圖等壓線走向歸類如下：

(一)易發生低能見度：等壓線經台東後轉向北方，將溫溼空氣移入台灣海峽，若大陸東南沿海有鋒面時(如圖八、九)，則機會更大。

(二)不易發生低能見度：高壓中心緯度較低，無迴流現象，或高壓中心尚未出海(如圖十、十一)，氣流自較冷區移入，水汽含量不大，濃霧難形成。

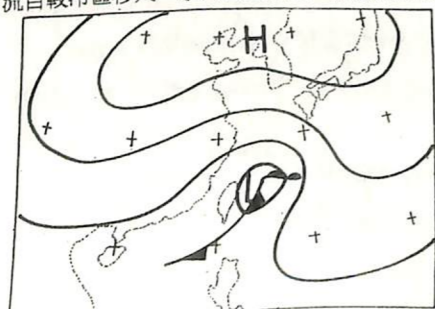


圖-5 台灣低壓型



圖-6 颱風環流型

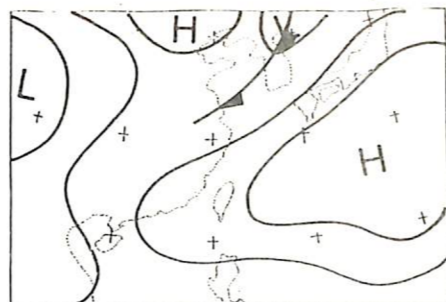


圖-7 太平洋高壓型

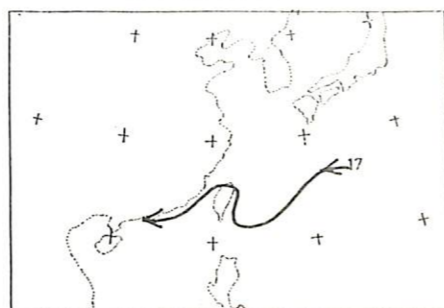


圖-8 (等壓線走向由太平洋向本省東北方轉西南，帶入暖空氣)

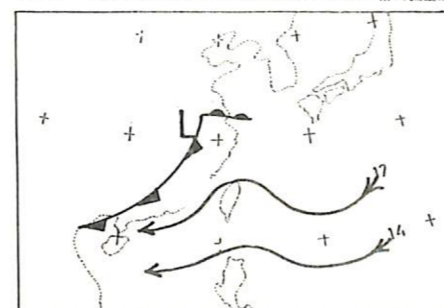


圖-9 日本省因有由太平洋帶入暖空氣，若鋒面接近本省則成霧之機會增高。

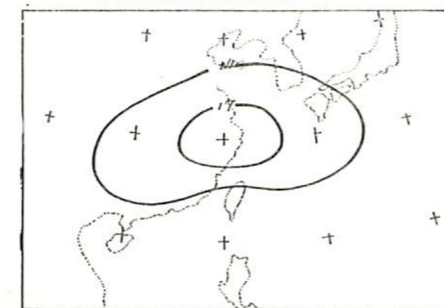


圖-10 高壓中心出海偏距則因在冷空氣籠罩下，成霧機率較小。

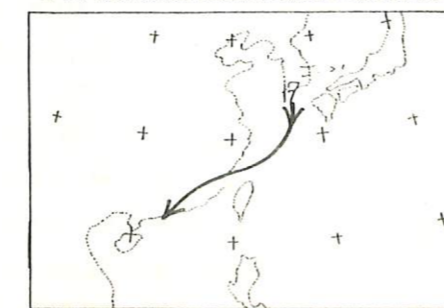


圖-11 高壓尚未出海，缺少冷空氣，成霧機率亦小。

五、客觀預報法及校驗

低能見度對飛安影響甚鉅，就濃霧而言，因隨季節不同，氣溫、露點、風向風速等氣象要素亦隨之改變。依據1982林之「台灣地區低能見度之客觀分析研究」中迴歸分析，以分季求出一溫度與露點差、一風速與溫度露點差、一風向與溫度露點差(民國53-67年)之散佈圖，及1985部頒「空軍各基地危險天氣預報研究」一累加民國68~71年資料，合計共19年之散佈圖，利用每日1200Z及1800Z之溫度、露點、風向風速，預測翌日低能見度之發生。

例一、85年3月21日天氣資料：

1200Z 天氣要素：T=17°C，Td=16°C，36004

1800Z 天氣要素：T=19°C，Td=17°C，C/0

按春季部份(3~5月)查得1200Z之數值為18，

31，43

1800Z之數值為6，78，75

故研判翌日發生。實際出現時間為0540至1500L出現低能見度。

例二、85年3月22日天氣資料：

1200Z 天氣要素：T=19°C，Td=18°C，03004

1800Z 天氣要素：T=17°C，Td=15°C，02009

按春季部份(3~5月)查得1200Z之數值為30，

31，18

1800Z之數值為6，0，1，故研判翌日不發生。

實際出現天氣為2至4哩偶雨

例三、85年3月24日天氣資料：

1200Z 天氣要素：T=17°C，Td=16°C，04018

1800Z 天氣要素：T=17°C，Td=15°C，C/0

按春季部份(3~5月)查得1200Z之數值為18，

2，43

1800Z之數值為12，78，75

故研判翌日發生。實際出現天氣為3至6哩短暫雨，雲幕曾出現500呎。

將民國85年1~6月之資料，加以校驗得結果如下：

預報發生共31次，實際出現17次，未出現14

次；預報不發生共150次，實際不出現143次，出現7次。

$$\text{準確率} = \frac{\text{預報與實際相符次數}}{\text{總預報次數}} = \frac{17 + 143}{181} = 88\%$$

得知準確率達88%，若利用此客觀預報在平時作業上，並配合當日天氣型態，必能補足此一失誤的比例，提高預報品質。

六、結論

桃園基地出現低能見度的次數相當高，嚴重影響飛行之戰演訓任務，甚至危害地面行車安全，利用氣候統計資料，可得出下列結果：

(一)一年中出現低能見度頻繁在二至五月，而每日出現低能見高峰在清晨4至7時。

(二)桃園地區較常發生低能見度的成因為鋒前暖區及高壓迴流型。

(三)形成低能見度的溫度區間：冬春季是18°C至25°C，而夏秋二季則為23°C至27°C。

(四)風向較難肯定何時會發生低能見度，但仍以靜風居多。風速是以0至7哩/時居多。

(五)遇有地面長波輻射冷卻情況，如雲量稀少，風力微弱；且氣流繼續冷卻降溫，使空氣飽和凝結形成濃霧(1980俞)。

(六)預報濃霧形成時，應注意海面之溫度分布。

(七)桃園基地在大陸高壓控制下，盛行風東北風時，絕難形成濃霧。

參考文獻：

- 林則銘，1982：台灣區低能見度之客觀分析。
- 空軍氣象聯隊，1985：空軍各基地危險天氣預報研究兵要。
- 空軍第五天氣中心，1983-1995：地面觀測資料。
- 空訓部，1975：氣候學。
- 俞家忠：台灣地區濃霧初步研究，氣象預報與分析，第28期。
- 蕭華，1983：航空氣象學。