

清泉崗機場低能見度統計分析

巫鈺惠

空軍第三天氣中心

摘要

能見度為影響飛行安全重要的天氣要素，更是影響空軍任務無法遂行天氣現象之一；清泉崗機場由於地理位置特殊，發生低能見度(不足 1,600 公尺)之機率相較其他西半部主要基地還要來的高出許多；本文整理 2012-2024 年計 10 年各項氣象因子進行統計分析，研究發現清泉崗機場低能見度發生次數以 2 月最多、3 月次之，且出現時間以晨間(04 至 09L)時段機率較高，低能見度發生大多伴隨著濃霧及低雲幕，僅少數是因為大雨或其他原因；其中又以大陸高壓出海變性，經過有強烈溫度梯度的洋面造成平流冷卻及地表輻射冷卻的雙重效應，所引起之平流輻射霧影響最劇，持續時間也最長。

關鍵字：低能見度

1. 前言

霧是由一種肉眼不易分辨，極細微而密集水滴所組成，懸浮於近地面空氣中，因數量很多，使的水平能見度大為縮減，霧也可以視為近地面的層雲，霧中的水滴直徑約自十分之一公厘到百分之一公厘，凡有利於空氣低層冷卻地區，如水氣充足且風速微弱，便容易形成霧。

霧的分類根據其生成的過程及方式大致可分為輻射霧、平流霧、鋒面霧等，輻射霧：包括有地面霧、高逆溫霧、平流輻射霧、升坡霧和山谷霧，平流霧：包括有海霧、熱帶大氣霧、海陸風環流霧及蒸汽霧，鋒面霧：包括有鋒前霧、鋒後霧及與鋒面相伴隨之霧。

清泉崗機場位於臺中大肚山台地，西臨臺灣海峽，北畔大甲溪，南鄰大肚溪，東接中央山脈，海拔高度 665 呎，距離海岸線約 15 公里（圖 1），低能見度發生季節以冬末春初為主，緯度恰好位於南北冷暖氣候交界地帶，加上地理環境與其他機場差異，更增添預報及測報之難度。

預報濃霧時除天氣系統及環境場分析外，附近海水溫度亦應密切注意，然而海面觀測資料有限，無法提供足夠資料以分析其

與低能見度間之關聯性，未來若能增加相關資料對於研究分析將會更有幫助。

本文統計分析清泉崗機場近 13 年發生低能見度機率及次數天氣資料，希望藉此了解造成低能見度氣象因子與要素，結合實際預報及觀測人員的寶貴經驗，以增加對低能見度預報及掌握。

2. 當地低能見度成因

濃霧類型大致可分為輻射霧、平流霧及平流輻射霧，其生成之條件及特點說明如下：

2.1 輻射霧

由於輻射冷卻，使下層空氣達飽和，由此而產生的霧就稱為輻射霧，發生季節以冬、春兩季為主，空氣冷卻至露點溫度達到飽和而生霧，此為輻射霧生成之主因，邊界層上方天空狀況晴朗且乾燥時輻射冷卻效果將特別顯著，同時風速必須低於 5KT 避免破壞逆溫層，但風場可助長渦動混合而影響近地層大氣降溫的效率，所以近地層靜風或弱風時有助於輻射冷卻效應。

輻射霧形成與氣溫降低快慢程度息息相關，氣溫降低得越快，霧形成的時間越早，而霧消散的時間，則由地面受熱使溫度達露

點時間所決定，後因日照增溫隨即消散。

2.2 平流霧

具有不同溫度濕空氣發生混合因而釋出多餘的水氣以形成霧，這是平流霧生成的主因，平流霧（或稱混合霧）是藉由不同溫度但均近乎飽和的兩種空氣，經由垂直混合所產生，例如海霧—溫暖潮濕空氣流過冷洋面所造成，冷氣團從陸地向海面移動時，經過潮溼洋面，氣團屬性逐漸由乾冷轉為暖濕，經過較冷洋面或輻射冷卻地面，降溫凝結易形成濃霧。

平流霧生成時間受許多因子影響，任何時間皆有可能發生，而平流霧之消散，一方面取決於流場之改變，使暖濕平流終止；另一方面取決於地面增溫或風速增大使穩定層被抬升或破壞。

2.3 平流輻射霧

結合輻射冷卻及平流作用，發生時間以為主，因伴隨著平流作用且風速較大，持續時間也較長，天空狀況從疏雲到密雲皆有可能發生。清泉崗機場低能見度發生前多以陸風為主且風速為弱，隨後因東北季風與海風混合效應使風向偏北至西北風，風速逐漸增強時能見度亦隨之下降。

3. 清泉崗機場低能見度頻率統計

統計（2012 至 2024 年）清泉崗地區發生低能見度（不足 1,600 公尺）的機率結果（如表 1 及圖 2）顯示，過去 10 年發生低能見度總時數 6,288 小時，每年自 1 月至 3 月為低能見度發生機率最頻繁的時節，佔發生總數達 63.88%，其中又以 2 月最多（1513 小時，佔每年 24.06%），4 至 12 月出現時數則相對較少。統計氣候資料並參照逐月各時段發生低能見度機，研析概述如後：

3.1 統計清泉崗機場低能見度發生月份機率

低能見度月份出現機率以 2 月 24.06% 為最高，3 月次之為 20.53%，1 月再次之為 19.29%，餘月份均低於 10%。

3.2 統計清泉崗機場低能見度發生時間機率

低能見度出現時段以冬至春季（11 月至

4 月）且以晨間（04 至 09L）最為明顯，其中以 2 月晨間時段（04 至 09L）出現機率最大，平均為 15.20%，3 月晨間時段（04 至 09L）最大機率次之，平均機率為 13.18%，顯示低能見度出現以晨間時段為主（如表 2）。

3.3 統計清泉崗機場低能見度風場變化

在風向方面 11 月至隔年 4 月的平均盛行風向以北風為主（如表 3），此期間平均風速低於 4kt 時發生低能見度機率最高（如表 4）。

4. 統計數據探討

4.1 氣象要素探討

低能見度主要天氣要素以風向、風速、無雲幕、降雨、及低雲（300 呎以下）等 5 項因子，統計數據如下：

4.1.1 風向

統計逐月發生低能見度結果顯示（如表 3），以 2 月北向風發生機率平均機率為 83.5%，次之為 1 月北向風平均機率為 78.2%，再次之為 12 月北向風平均機率為 76.2%，可知清泉崗機場全年易發生低能見度風向以北向風為主，並集中在 12 至 2 月；另西南至南向風出現機率極低。

4.1.2 風速

統計逐月發生低能見度結果顯示（如表 4），出現低能見度時風速偏弱，0 至 4KT 機率佔 44.3%，5 至 9KT 機率佔 30.1%，10 至 14KT 佔 13.9%，15KT 以上僅佔 11.7%，可知清泉崗機場冬季常出現受輻射霧及平流霧均於風速較弱時段。

4.1.3 無雲幕天氣

統計逐月發生低能見度結果顯示（如表 5 及圖 3），伴隨無雲幕天氣為 9 月 75.0% 最多，次之為 11 月 16.6%，餘機率均小於 10%。

4.1.4 降雨

統計逐月發生低能見度結果顯示（如表 5 及圖 3），低能見度同時伴隨降雨天氣機率在 13 年統計次數中為 24.4%，其中以 6 至

8 月出現機率較高，最高為 8 月 49.0%，7 月次之為 48.7%，合理推斷與午後對流及熱帶系統為正相關。

4.1.5 低雲（300呎以下）

統計逐月發生低能見度結果顯示（如表 5 及圖 3），低能見度與低雲幕同時發生機率為 71.2%。

4.2 清泉崗機場低能見度天氣系統

由上述資料顯示清泉崗機場低能見度出現時間以冬春季為主，夏秋季發生機率明顯較少；夏季系統主要是受太平洋高壓勢力影響溫度偏高，易有午後雷陣雨，且顯示所發生低能見度大多伴隨著降水或雷暴；冬季天氣系統則以北方氣團及鋒面過境為主，平均溫度明顯偏低，因此當有鋒面系統影響或變性氣團帶來暖濕氣流時，較容易達到飽和凝結而出現低能見度且易伴隨低雲天氣。

4.3 綜觀環境場關係及案例

低能見度在冬、春季出現機率較高，係受輻射霧、平流霧或平流輻射霧等影響，且時間較長；其中輻射霧受日照增溫影響，視障逐漸消失或減少。夏季時，低能見度一般結合短時間內強降雨，受午後對流發展或熱帶系統影響所致。分析歸納清泉崗機場常發生低能見度之綜觀天氣型態計有 3 類：

4.3.1 受高壓迴流（如圖 4 至 5）、鋒面接近影響（如圖 6 至 7）

受系統影響下，偏東風暖濕氣流受臺灣地形阻擋而北上，於抵達臺灣北部後，再沿臺灣海峽南下，暖濕空氣受臺灣海峽冷下墊面影響而冷凝成霧，於臺灣海峽上形成狹長型雲帶，若當時清泉崗機場晚間雲量少或碧空，提供良好輻射冷卻作用，再配合西北風將海上之雲系帶入清泉崗機場，則易形成平流輻射霧。

4.3.2 臺灣東北外海建立起的中小尺度低壓系統（如圖 8 至 9）

於系統增強過程中，持續生成較低之雲系，沿著東北風持續經臺灣北部沿海持續東行形成繞流，再經臺灣海峽南下，當受西北風影響時，低雲持續移入致低能見度發生。

4.3.3 梅雨季及滯留鋒面位於華南至臺灣上空（如圖 10 至 11）

當持續有強對流系統生成，易出現短時間內強降雨及雷暴等天氣，致出現低能見度及低雲幕天氣。

5. 結論

清泉崗機場 1 至 3 月份系統為高壓迴流及鋒面接近時，在晨間（04 至 09L）時段，且風場偏北風且風速 0-4KT 及 05-09KT 條件下，較易發生低能見度並常伴隨低雲幕，而 6 至 8 月低能見度主要為局部熱對流或熱帶系統影響之強降雨所致。

霧或低雲幕比其他任何天氣現象更常影響飛行的視覺判斷，氣象人員應先對大氣系統有基礎的認識與瞭解，再結合各種觀測資料詳加分析，並參考過去經驗及案例，研判天氣預報及未來趨勢。

6. 參考文獻

- 林則銘，(1981)：臺灣地區低能見度之調查研究。
- 俞家忠，(1980)：臺灣地區濃霧之初步研究，清泉崗機場歷年氣象預報研究資料。
- 空軍各基地危險天氣預報研究兵要，第 162 頁。
- 戚啟勳，(1993)：大氣科學，第 135 頁。
- 劉廣英，(2013)：風起雲湧：氣象與作戰。
- 蕭華、蒲金標，(2022)，航空氣象學，第 121 頁。

7.表附錄

表1 清泉崗機場2012至2024年各月發生低能見度 (<1,600公尺) 總時數及其所佔機率(%)統計表

	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	合計
發生時數	1213	1513	1291	547	265	101	39	143	32	116	561	467	6288
所佔機率 (%)	19.29	24.06	20.53	8.7	4.21	1.61	0.62	2.27	0.51	1.85	8.92	7.43	100

表2 清泉崗機場2012至2024年逐月各時段發生低能見度 (<1,600公尺) 機率(%)及其極大值機率(%)與發生年份

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
晨間時段 04-09L	12.4	15.2	13.2	6.0	2.0	0.9	0.1	0.6	0.7	1.5	5.7	4.0
晨間時段 04-09L (極大值)	2019	2012	2012	2016	2013	2021	2018	2021	2013	2016	2014	2018
午間時段 10-15L	2.9	4.2	2.8	0.9	0.8	0.2	0.2	1.0	0	0	0.8	0.7
午間時段 10-15L (極大值)	2016	2012	2016	2013	2014	2021	2024	2013	0	0	2024	2020
晚間時段 16-21L	5.3	8.7	5.1	2.4	1.5	0.9	0.5	1.1	0	0.2	2.1	2.7
晚間時段 16-21L (極大值)	2016	2012	2012	2013	2019	2017	2015	2012	0	2016	2013	2015
午夜時段 22-03L	10.5	12.5	11.3	4.2	2.2	0.6	0.1	0.3	0.1	1.7	6.7	4.5
午夜時段 22-03L (極大值)	2018	2012	2012	2013	2014	2014	2024	2019	2013	2016	2014	2018

表3 清泉崗機場2012至2024年逐月低能見度與各風向所佔比例統計表

風向 月份	北風(32-04)	東風(05-13)	南風(14-22)	西風(23-31)
一月	78.2	3.5	3.5	2.9
二月	83.5	3.9	5.2	2.1
三月	74.3	4.7	8.3	4.3
四月	64.2	7.5	13.0	6.9
五月	47.2	9.4	24.5	10.2
六月	38.6	4.0	37.6	15.8
七月	10.3	7.7	66.7	10.3
八月	25.2	9.1	43.4	21.0
九月	12.5	3.1	65.6	6.3
十月	34.5	12.1	25.9	3.4
十一月	53.1	4.8	17.6	4.1
十二月	76.2	5.8	3.6	4.9

表4 清泉崗機場2012至2024年逐月低能見度 (<1,600公尺) 與不同風速所佔比例統計機率 (%)

月份	風速	0-4KT	5-9KT	10-14KT	15-19KT	20KT 以上	所 佔 比 例 (%)
一月		37.4	40.4	3.0	3.0	0.1	
二月		28.8	38.5	8.0	8.0	0.3	
三月		40.3	40.4	3.3	3.3	0	
四月		44.4	39.7	1.3	1.3	0.2	
五月		62.3	30.9	1.1	1.1	0	
六月		36.6	37.6	5.0	5.0	0	
七月		12.8	20.5	10.3	10.3	48.7	
八月		9.1	21.0	18.2	18.2	31.5	
九月		75.0	15.6	6.3	6.3	0	
十月		87.1	12.9	0	0	0	
十一月		64.7	27.6	0.5	0.5	0	
十二月		33.4	35.5	2.4	2.4	0	
平均值		44.3	30.1	13.9	5.0	6.7	

表5 清泉崗機場2012至2024年逐月發生低能見度 (<1,600公尺) 同時發生各天氣現象機率

低能見度(<1哩) 各現象所佔機率(%)	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	平均
天空無雲幕	4.6	4.5	4.9	1.5	0	0	0	1.4	75.0	9.5	16.6	9.9	10.7
同時發生降水	14.8	10.9	15.7	24.7	38.9	47.5	48.7	49.0	3.1	12.1	7.7	20.1	24.4
同時有低雲幕 (<300呎)	82.4	80.6	77.7	82.3	88.3	84.2	82.1	76.2	15.6	55.2	55.1	74.5	71.2
空氣乾燥 (RH<85%)	2.7	0.8	0.5	0.2	1.1	2.0	7.7	0	0	4.3	0.5	0.2	1.7

8.圖附錄



圖1 清泉崗地區地理位置圖

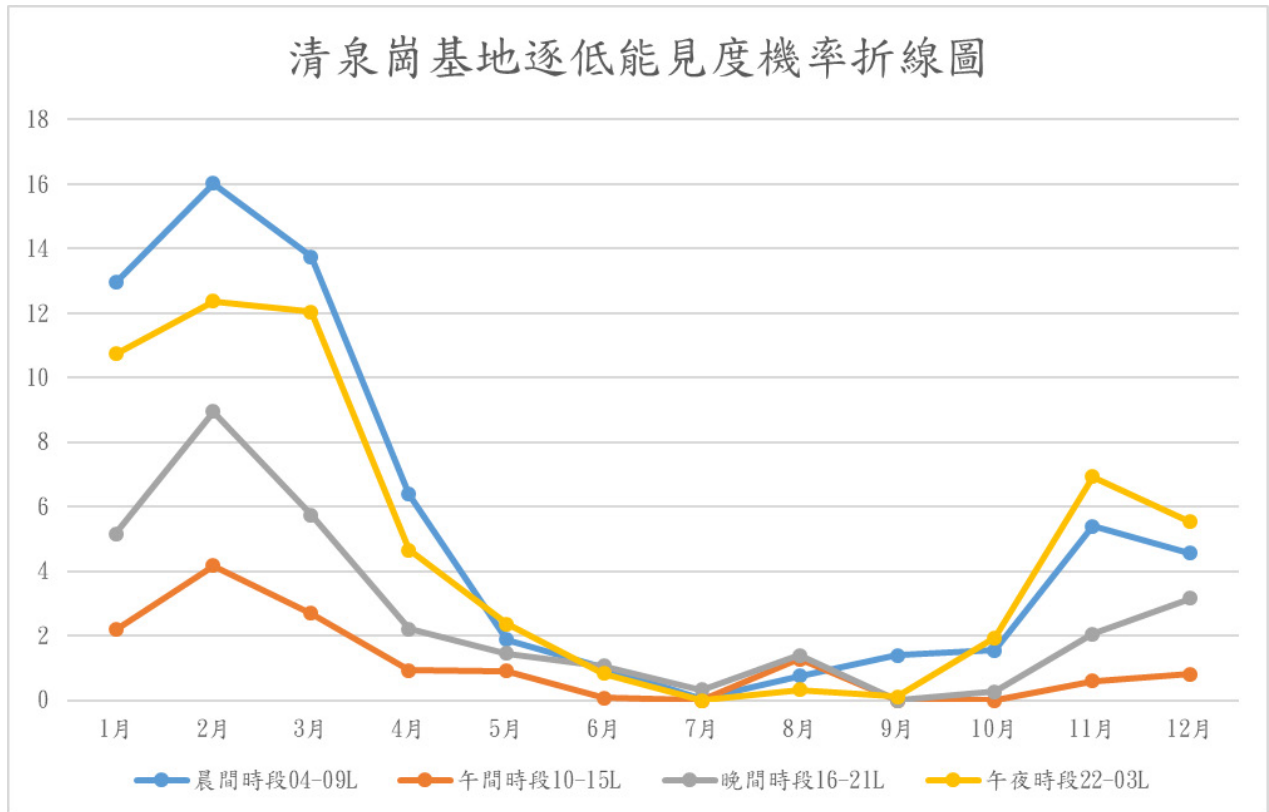


圖2 清泉崗基地2012至2024年逐月個時段發生低能見度平均機率

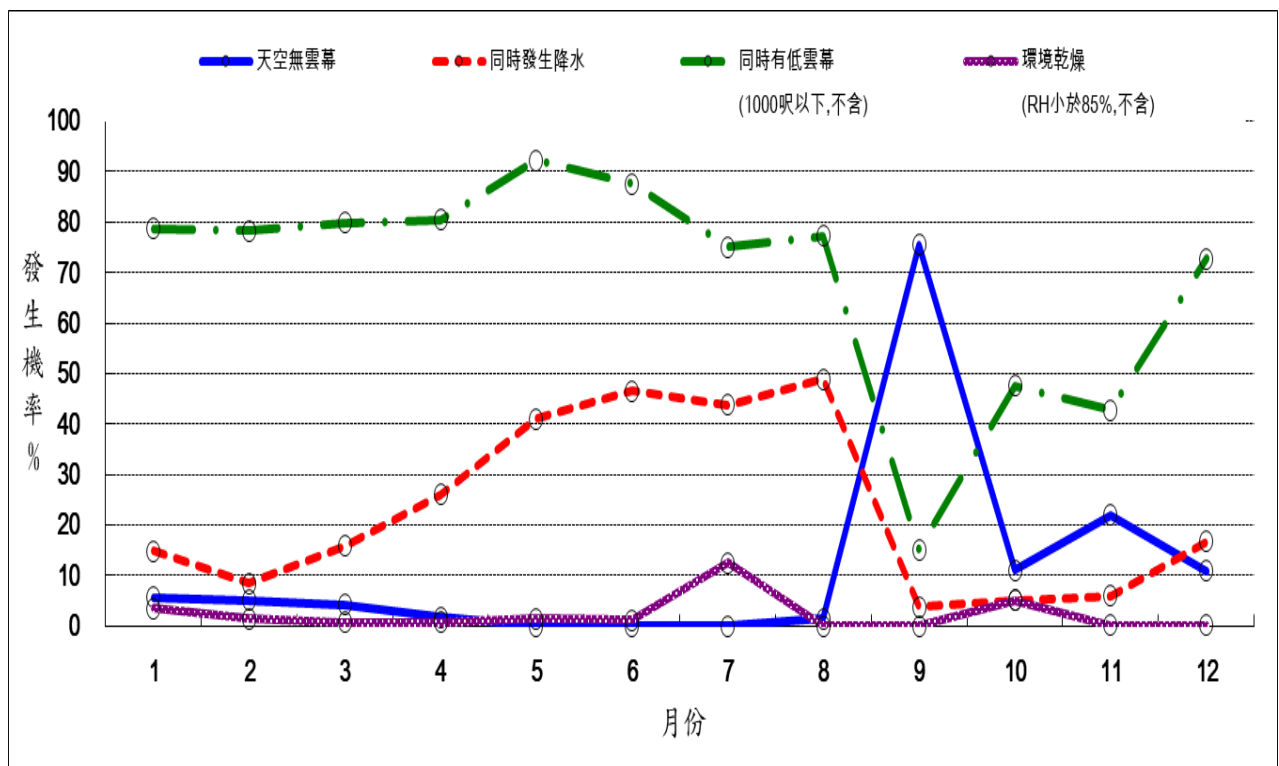


圖3 清泉崗機場2012至2024年逐月發生低能見度(<1,600公尺)並同時發生各天氣現象機率折線圖

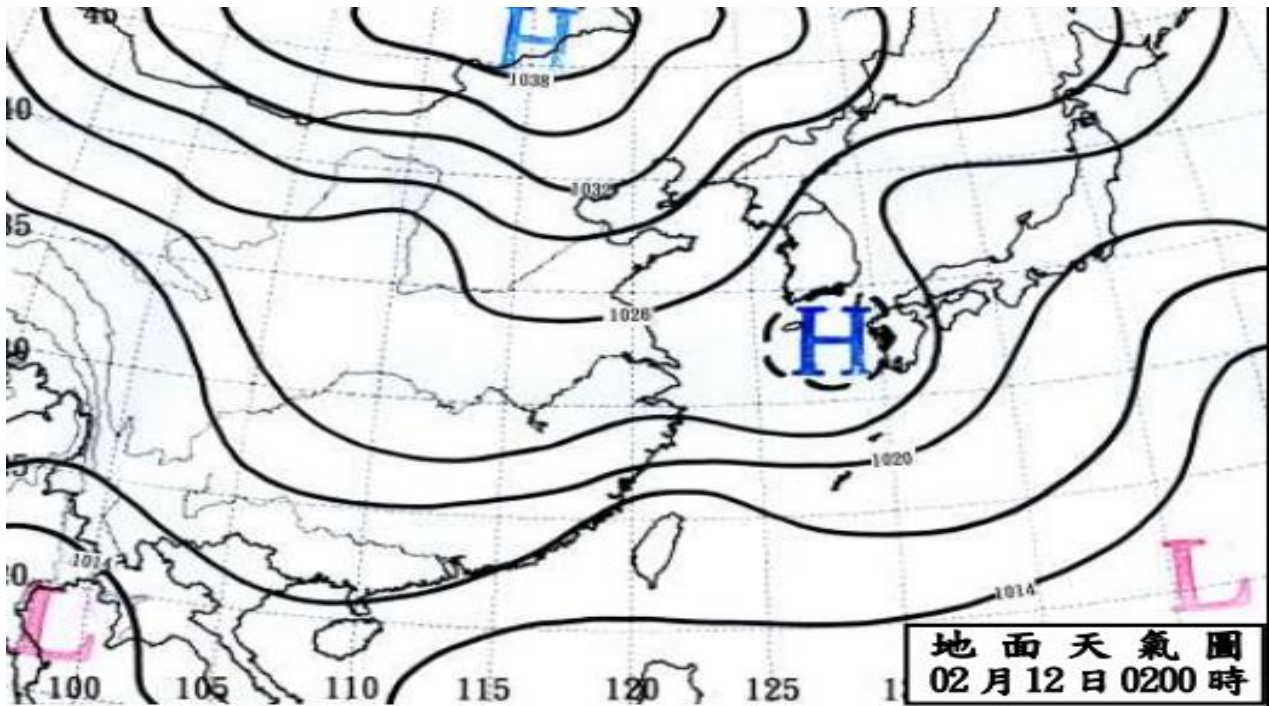


圖4 2022年2月12日地面天氣圖

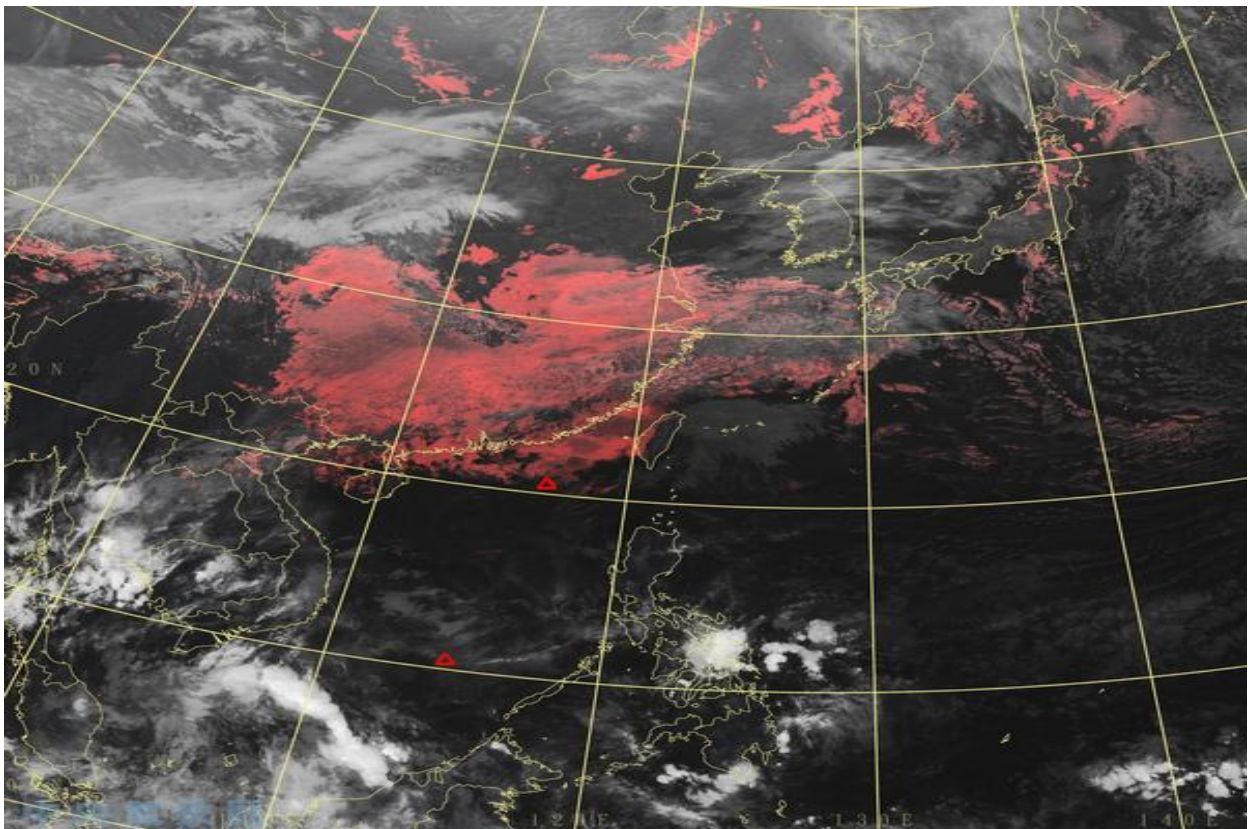


圖5 2022年2月12日真實色衛星雲圖

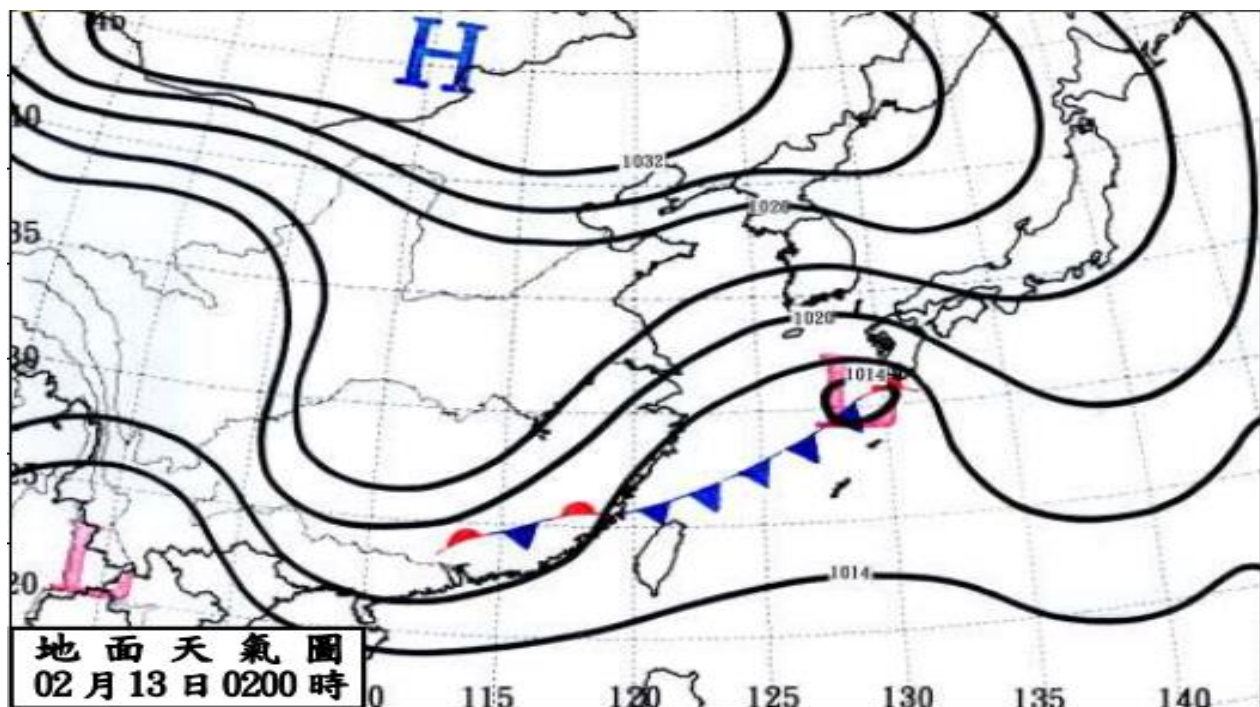


圖6 2022年2月13日地面天氣圖

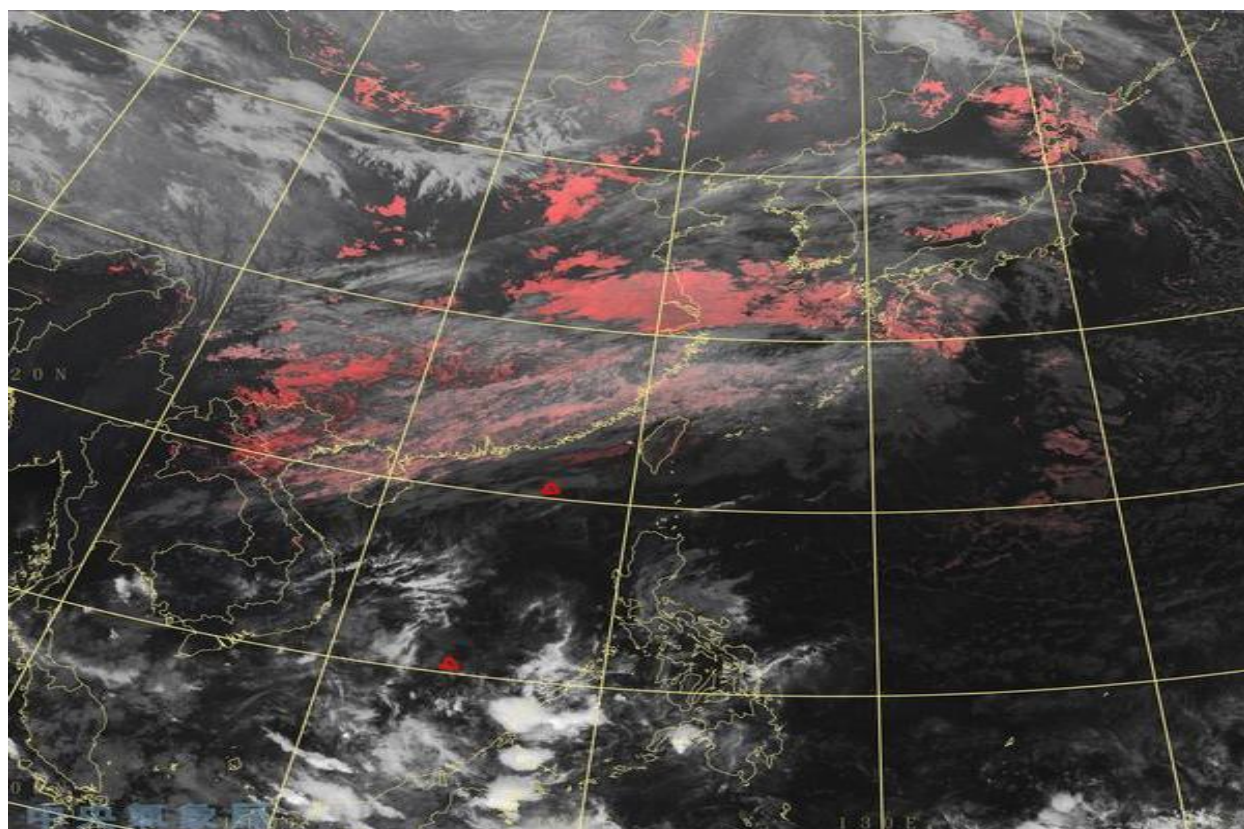


圖7 2022年2月13日真實色衛星雲圖

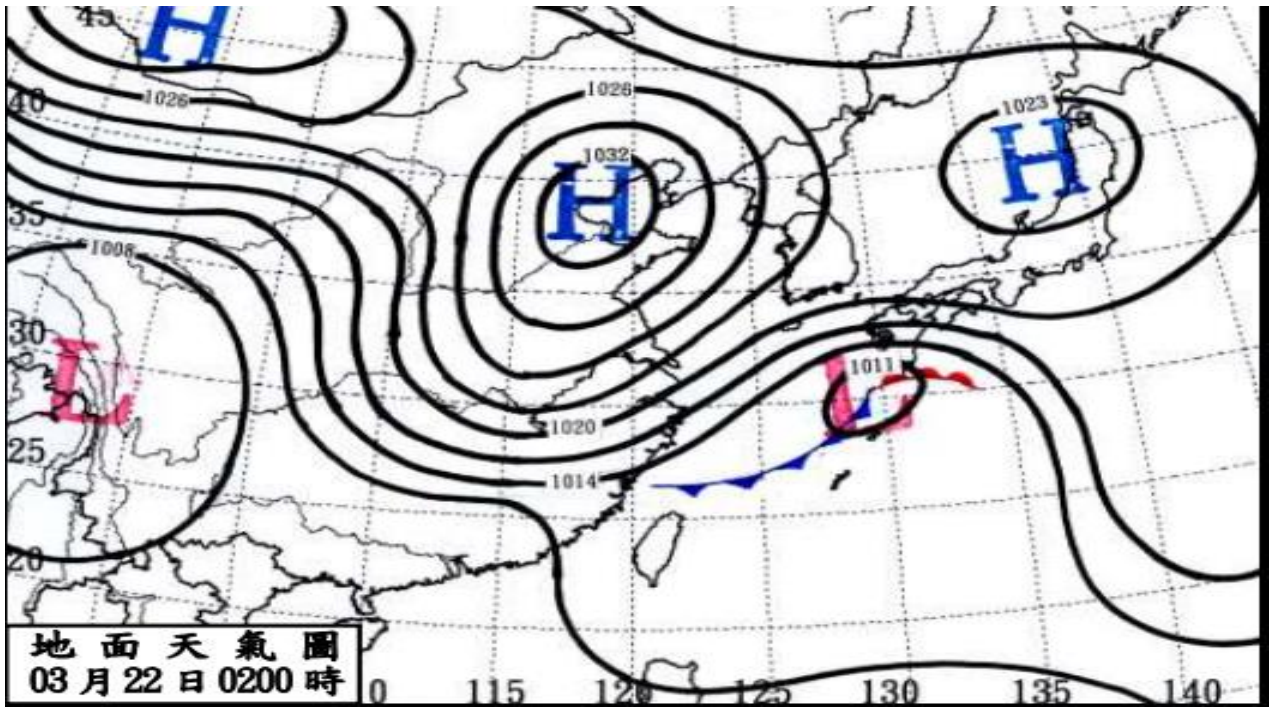


圖8 2022年3月22日地面天氣圖

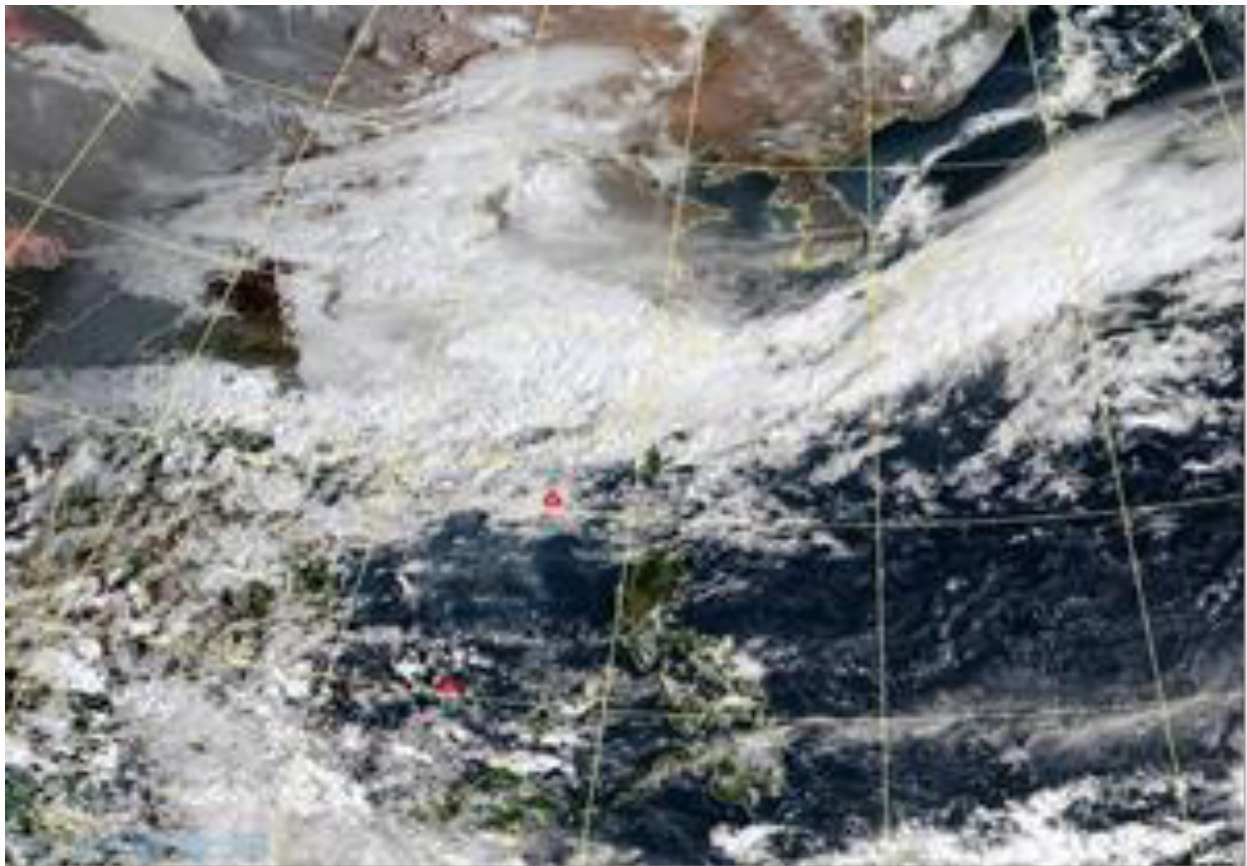


圖9 2022年3月22日真實色衛星雲圖

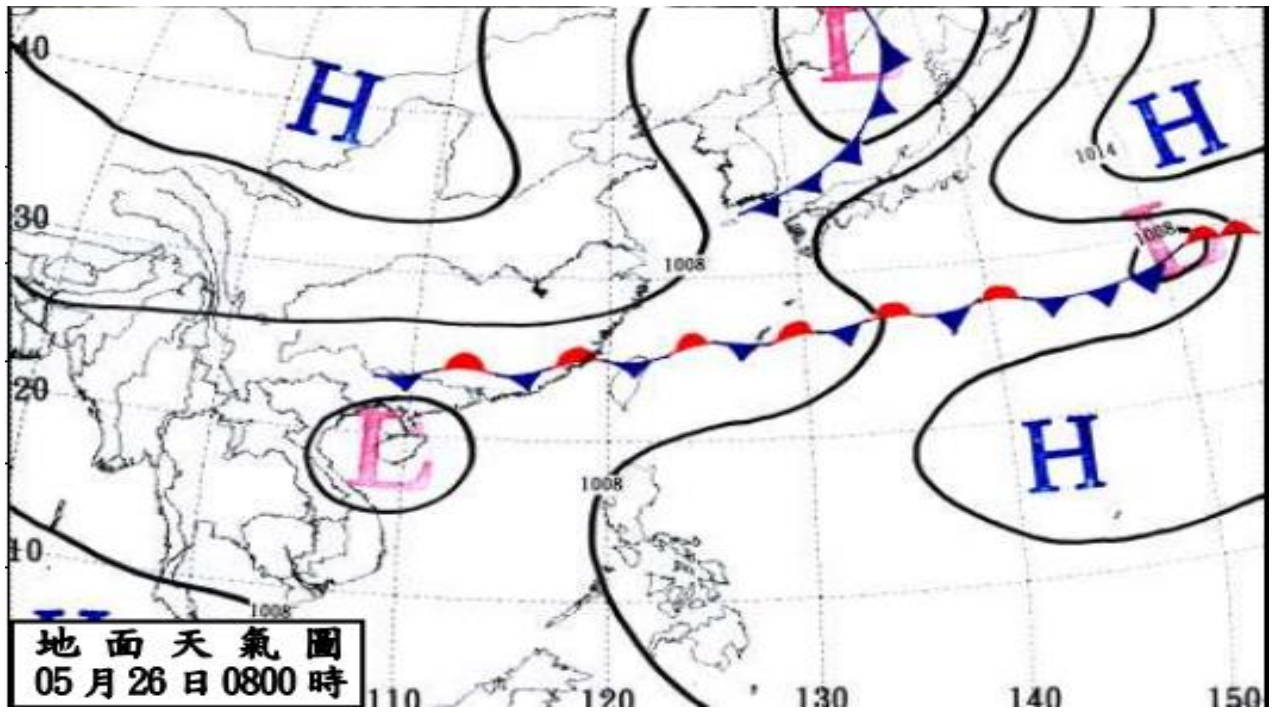


圖10 2022年5月26日地面天氣圖

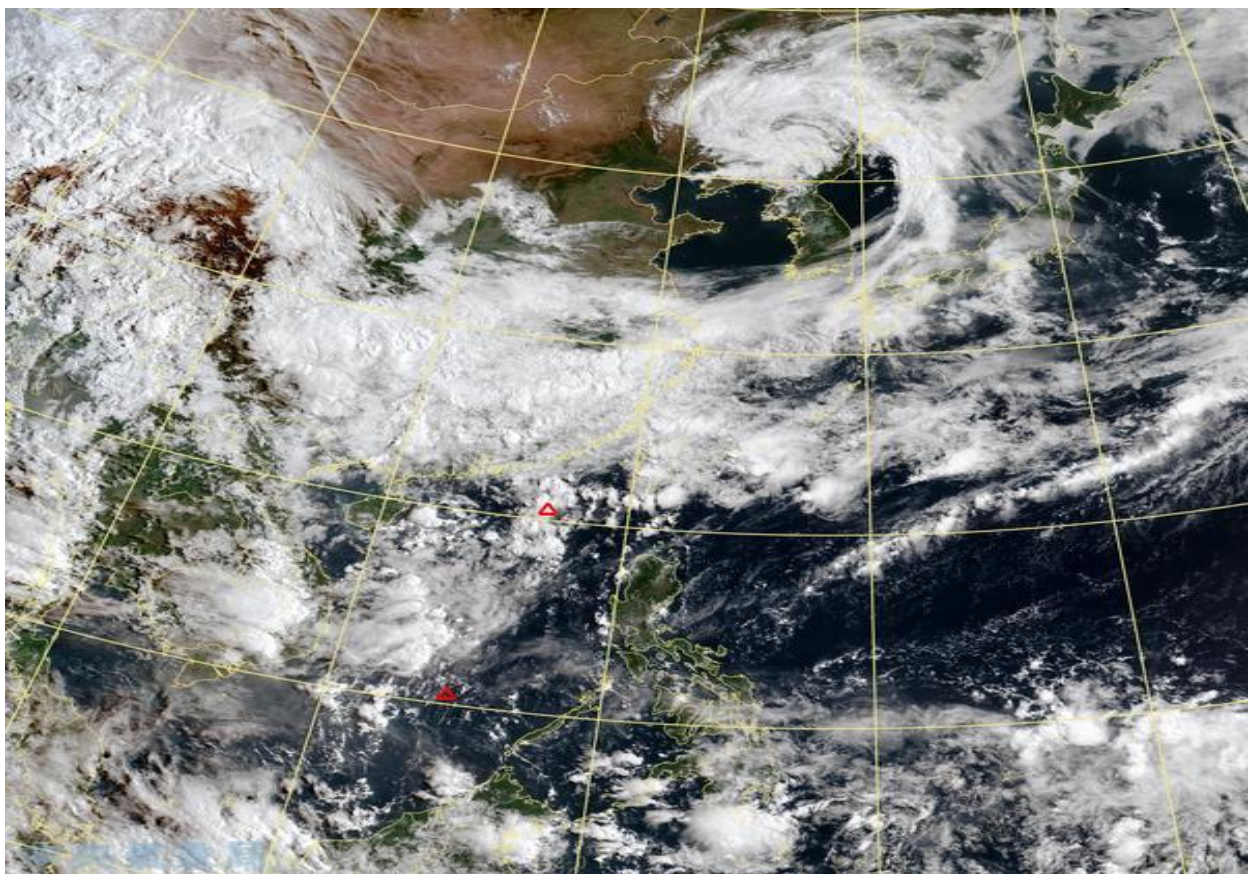


圖11 2022年5月26日真實色衛星雲圖

Ching-Chuan-Kang Airport Low Visibility Forecast Statistical Analysis

Yu-Hui Wu

The 3rd weather squadron of Winter Wing, R.O.C.A.F.

Abstract

Visibility represents a fundamental meteorological parameter that directly impacts aviation safety and Air Force operational capability. Owing to its distinctive geographic setting, Ching-Chuan-Kang Air Base a substantially greater incidence of low-visibility events (defined as visibility <1,600 m) relative to other western Taiwan bases.

This study analyzed meteorological data from 2012 to 2024 (an 13 year period). Results indicate that the highest frequency of low visibility events occurs in February, followed by March. Temporally, such events predominantly occur during early morning hours (04:00-09:00). Most episodes are associated with dense fog and low stratus, while only a minority result from heavy rainfall or other causes. The most severe and persistent cases are linked to advection radiation fog, induced when continental high pressure systems migrate offshore and undergo modification. As these systems traverse oceanic regions with strong temperature gradients, the combined effects of advective cooling and nocturnal radiative cooling promote fog formation, resulting in extended duration and significant operational impact.

Keywords : Low Visibility