

臺灣海峽外島及西部沿岸測站成霧特性統計分析

廖杞昌 沈正光¹ 崔怡楓 羅明福²
國防大學環境資訊及工程學系¹ 海軍大氣海洋局²

摘 要

台灣每年冬末春初(約每年的2至5月)時,為台灣本島西部沿岸以及外島地區最易發生霧的季節,海霧能見度不佳對飛航安全及船運交通有重大的影響。本研究選取台灣近五年(2009-2013)中央氣象局金門、馬祖、澎湖、新竹、台中、嘉義、台南逐時地面觀測資料,統計台灣海峽附近測站,海霧發生期間氣象要素特徵,並利用中央氣象局地面天氣圖與NOGAPS 925mb風場,分析2013年所有成霧期間的綜觀天氣型態,分析成霧的局部環流特徵。根據逐時觀測資料統計分析,本研究建立霧時預測參考指標,金門測站參考指標預測度50.4%,2-5月預測度43.5%;馬祖測站參考指標預測度68.8%,2-5月預測度31.7%。

關鍵字:霧,能見度

一、研究計畫之背景及目的

台灣位處中緯度副熱帶地區,深受獨特的海陸分佈與複雜的地形影響,配合冬、夏季風環流的演變,天氣型態非常多樣化,其中的低層天氣系統,例如:海霧、近岸強風、豪大雨、低空風切和亂流等,對船隻航行識別及飛機起降的飛航安全形成重大影響。

霧是懸浮於空中肉眼不易分辨及細微而密集的水滴組成。根據世界氣象組織的定義,霧的水平能見度必須不足1公里。中央氣象局針對能見度不足二百公尺的成霧現象發布濃霧特報。霧的形成因素相當複雜,依其成因大致可分為輻射霧、平流霧、鋒面霧、蒸氣霧、上坡霧。對台灣來說,以輻射霧及平流霧最常見,在冬春發生的機會最多。

海霧為發生於海上的霧,由於平流之暖溼空氣,經過較冷地面或海面,受冷卻作用形成,熱帶地區的海洋經年絕少生霧,而溫帶及高緯春季與夏初最常生成;海霧亦是海洋上的危險天氣之一,它對海上航行和沿岸活動有直接影響,長期以來海洋氣象學家對海霧的生消機制做了些許研究,為預測海霧提供了較充實的理論基礎和實用技術,目前預測海霧的方法常用的有三種:[1]

(一)天氣學法:把海霧視為天氣現象來對待,盡可能地考慮到各個水文氣象要素的作用及其相互關係。一般來說,與海霧有關的水文氣象要素,主要有風向、風速、降水、蒸發、氣溫、濕度、水溫、海流和穩定度等。風向從海上向陸地吹,常為沿海送來海上暖濕空氣,有利於霧的生長;風速大小對不同性質的海霧影響也不一樣,輻射霧只能在微風中存在,平流霧卻以4-5級風最合適,超過6級就會吹散霧;降水是產生混合霧所需要的條件,對輻射

霧、平流霧則起消散作用;蒸發則是蒸氣霧產生的必要過程;氣溫和濕度可作為一個要素的兩個方面來考慮,中國近海春夏季節的霧,當海面氣溫超過24攝氏度,就不再出現了;海霧與海流之間的關係更為密切,冷暖海流交界區和湧升的冷流區,都是海霧經常出現和集中的海域,表面看這是海流與平流霧之間的相關關係,實質上反映了海水溫度是生成各種類型海霧的重要條件之一;穩定度與海霧關係也非常密切,穩定的空氣層結,利於霧的生成和持續。謝等(2010)[2]使用數值模式的客觀分析資料,研究成霧期間綜觀環境特徵及天氣要素,發現成霧期間綜觀天氣型態可區分為東北季風、高壓出海、高壓迴流、鋒前、鋒面及呂宋低壓等六類。

(二)統計學法:利用歷史資料把水文氣象要素與海霧的關係,進行時空分佈統計,找出各種記錄中的規律。在統計過程中,要充分考慮水文氣象要素和天氣現象間的內在關聯及其物理意義,使統計的結果具有天氣學和氣候學上的意義。謝等(2010)[2]藉由1990年至2005年間的測站觀測資料統計結果指出,台灣地區之年平均霧日約57.4天,年平均區域霧日以馬祖23.5天最多,其次是金門、嘉義及台南。外島成霧好發於12月至次年6月,以4月最多;本島成霧則好發於11月至次年4月(圖1)。Zhang et al.(2009)利用測站觀測資料統計大陸黃海沿岸地區逐月發生海霧平均日數(圖2)。李(2011)[3]透過統計分析整理出有利於黃海海霧形成的條件有:(1)2-10 m/s的偏南風,(2)西北太平洋高壓位於(25-35°N,120-140°E),(3)大氣逆溫層的存在(7-20°C/km,2-6°C/300m),(4)南北海溫梯度(4-16°C),這些是黃海平流冷卻型海霧生成的重要因素。

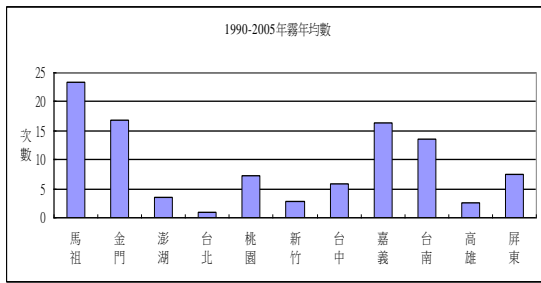


圖 1. 台灣海峽附近測站霧日年平均數(謝等 2010)

(三)預報法：由於海霧形成的因素很多，有的以空氣的平流為主；有的以空氣(或下墊面)的輻射為主；有的通過冷卻降溫；有的依靠增加水汽量來達到過飽和而凝結；有的幾種方法兼而有之。因此，用一種數值模式模擬海霧的形成過程是比較困難的。近年來多把數值預報和統計預報結合起來成為統計動力預報，取得比較明顯的效果。林(2010)[4]利用高解析熱帶對流年(Year of Tropical Convection; YOTC) 網格資料，解析 2010 年 1 年 24 至 25 日低能見度現象期間，位於台灣西北海岸之中尺度低壓環流的存在，並使用 YOTC 為初始場之 WRF 模擬可掌握低壓之形成和減弱過程。低壓系統北移過程中，台灣北部由偏東北風逐漸轉偏西北風之局部風場變化，可解釋桃園在 24 日 1600 UTC 轉微弱西北風，而松山為微弱西風的情形。由總雲混合比的模擬分析發現，自 1200 UTC 台灣海峽上高濕度區東移伴隨顯著混合比與觀測驗證，可視為低能見度區域，甚至為可疑的霧區。Koracin et al. (2005)[5]使用 MM5 (PSU-NCAR 第五代中尺度氣象模式(簡稱 MM5))來探討海霧的形成、維持及消散的細部演變過程。著重於美國加州海岸，鄰近舊金山國際機場之海霧形成個案分析。根據模擬結果的後軌跡線分析顯示，空氣塊軌跡路徑位在海洋或陸地上，對氣塊變性後的性質有決然性的影響。模式結果顯示雲頂的冷卻效應是造成整個海洋邊界層冷卻的主因。

台灣附近海域以金門、馬祖地區是最容易發生海霧的離島，該地區的霧以平流霧為主，每年春天約三到五月，南方的暖濕空氣開始北上，因位處在大陸沿海，受東北季風影響，海流由北向南沿中國沿岸南下。由於海水溫度相當低，而暖濕的空氣和冰冷的海水面接觸，就會形成大量的平流霧。這種霧即使太陽出來也無法徹底消散，因此金門及馬祖地區的空中及海上航行，在霧季常受嚴重干擾，進而影響船隻航行安全識別及飛機起降的飛航安全。本研究希望透過統計分析近年來外島及西部沿岸測站資料，建立台灣海峽外島及西部沿岸霧發生之局部環流場特性與季節特徵。

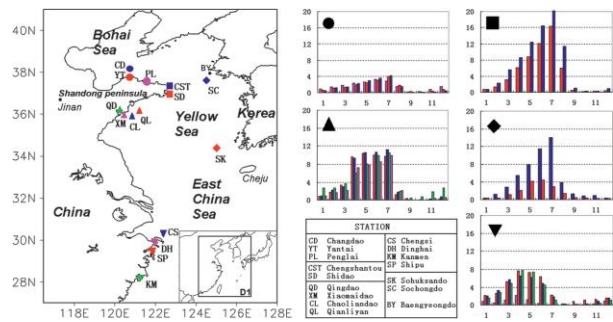


圖 2. 中國黃海沿岸鄰近測站逐月的霧發生頻率 (Zhang et al. 2009)[6]

二、研究方法

本研究計畫首先運用統計學法，選取台灣海峽附近近五年(2009-2013)中央氣象局金門、馬祖、澎湖、新竹、台中、嘉義及台南測站逐時地面觀測資料，統計霧發生期間氣象要素特徵；霧時的定義為該測站能見度小於 1 公里或視障為 1 或 3 的一小時區間。另外透過測站的直接觀測資料，估算比濕(q)、溫度露點差(T-Td)及比濕偏差(q-q_{avg})，進行霧時期的特性分析，建立霧時預測參考指標。

在環境特徵分析部分，參考謝等(2010) [2]利用美國國家環境預報中心(National Centers for Environmental Prediction, NCEP)2000-2005 年的客觀分析資料，研究成霧期間綜觀環境特徵及天氣要素，發現成霧期間綜觀天氣型態可區分為東北季風、高壓出海、高壓迴流、鋒前、鋒面及呂宋低壓等六類，外島測站以暖平流主導的高壓迴流及鋒前兩類為主，西部沿岸測站各類的成霧比例類似。本研究採用中央氣象局地面天氣圖與 NOGAPS (U. S. Navy's Operational Global Atmospheric Prediction System Model)925mb 風場，分析 2013 年所有成霧期間的綜觀天氣型態，藉以進一步瞭解實際成霧的局部環流特徵。

三、統計分析與預報參考指標

近五年(2009-2013)的地面觀測測站資料統計顯示(圖 3)，台灣海峽外島以金門、馬祖為主要成霧區，西部沿岸則為嘉義及台南；由逐月及逐時的霧時統計結果顯示，二區域的成因明顯不同，外島以平流霧為主，維持時間較長，嘉南沿岸以輻射霧為主，日出後逐漸消散，相關統計圖如下：

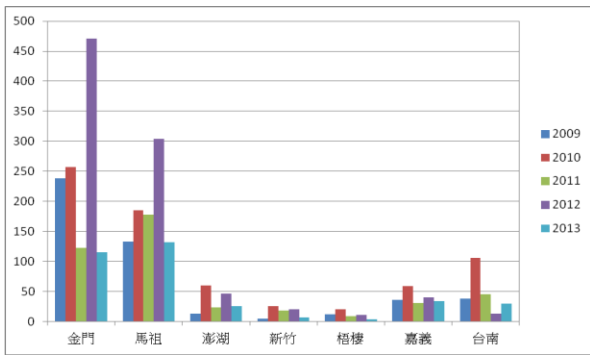


圖3.近五年台灣海峽週邊測站霧時統計圖。

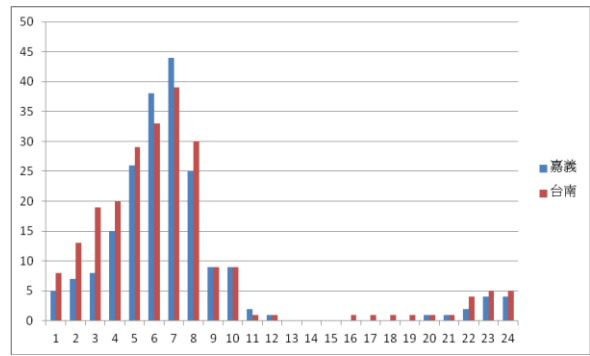


圖7.近五年逐時台灣西海岸測站霧時平均統計圖。

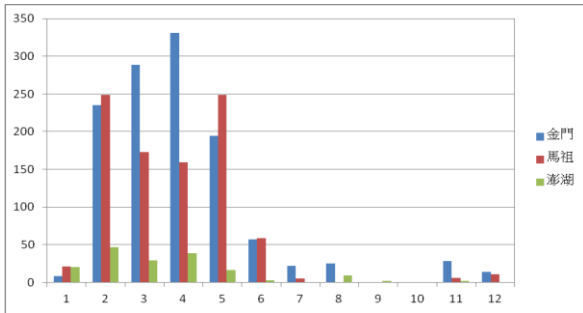


圖4.近五年逐月台灣海峽測站霧時平均統計圖。

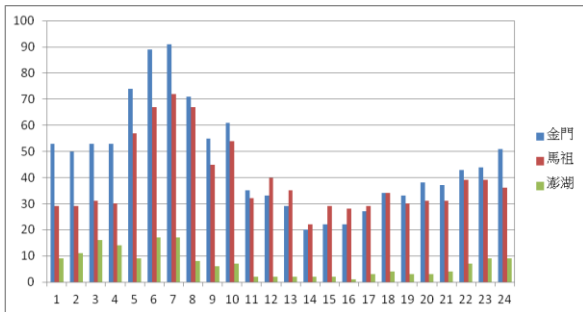


圖5.近五年逐時台灣海峽測站霧時平均統計圖。

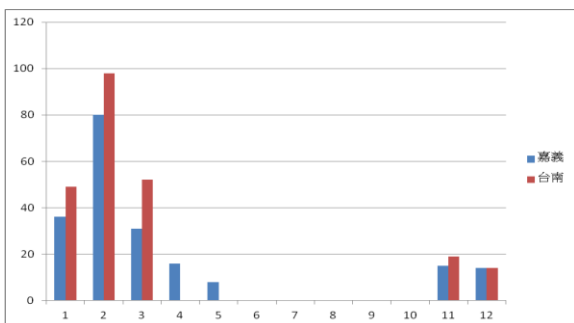
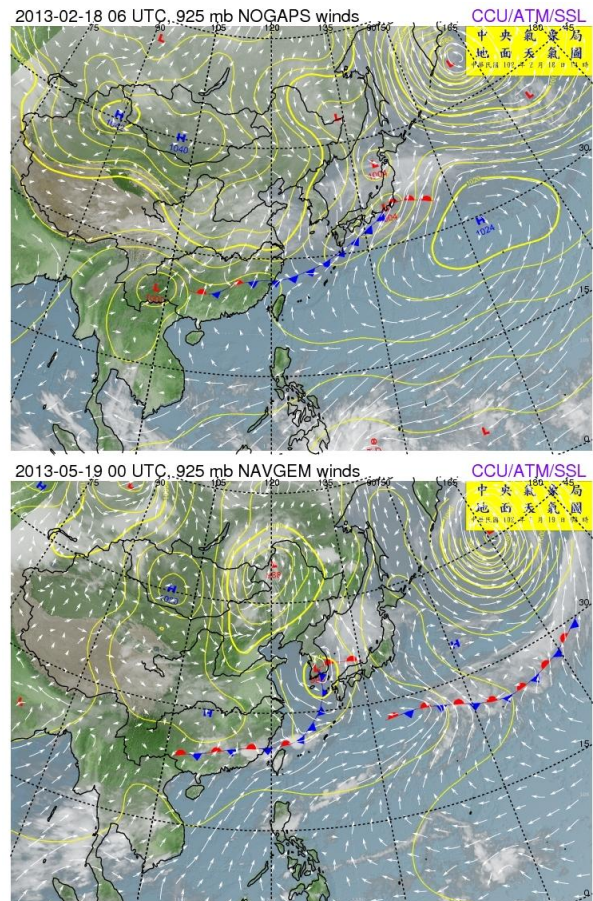


圖6.近五年逐月台灣西海岸測站霧時平均統計圖。

為瞭解成霧期間的綜觀天氣型態，及實際成霧的局部環流特徵，本研究利用中央氣象局地面天氣圖與NOGAPS 925mb風場，分析 2013 年所有成霧期間的近地面環境場。分析結果顯示，外島測站成霧的天氣型態，主要之一是鋒前高壓迴流帶來暖濕空氣，行經靠近大陸沿岸的冷洋面，造成下墊面凝結成霧(圖 8a)，另外則是滯留鋒位於台灣北部附近，冷、暖氣團低層交接處水氣凝結所致(圖 8b)；由統計結果顯示，台灣西部沿岸的成霧時機，與外島區域明顯不同，圖 8c為西部沿岸成霧的主要天氣型態，台灣位於微弱高壓環流外圍，西部沿岸風場微弱，夜間輻射冷卻造成近地面水氣達到飽和凝結。



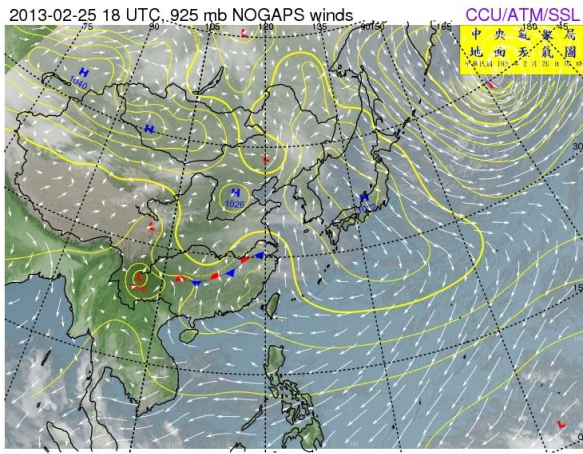


圖 8. 中央氣象局地面天氣圖與NOGAPS 925mb風場(文化大氣提供)；(a) 鋒前高壓迴流型態；(b) 滯留鋒型態；(c)西部沿岸成霧典型。

根據逐時觀測資料，本研究嘗試以測站資料建立霧時預測參考指標，統計資料指出，一年之中成霧最多的時間主要發生於 2-5 月，因此以近五年 2-5 月約 14400 小時為基礎，統計霧發生期間氣象要素特徵，估算比濕(q)、溫度露點差($T-T_d$)及比濕偏差($q-q_{avg}$)，進行霧時預測參考指標的特性分析：

外島測站部分以金門、馬祖為例：

金門測站：	馬祖測站
$T - T_d \leq 1.5 \text{ } ^\circ\text{C}$	$T - T_d \leq 1.5 \text{ } ^\circ\text{C}$
$q > 0.01 \text{ kg/kg}$	$q > 0.008 \text{ kg/kg}$
$q - q_{avg} > 0$	$q - q_{avg} \geq 0$
$W_s \leq 3.0 \text{ m/s}$	$W_s \leq 5.0 \text{ m/s}$
$Rain \leq 0.1 \text{ mm}$	$Rain \leq 0.1 \text{ mm}$

金門測站參考指標預測度 50.4%，2-5 月預測度 43.5%；馬祖測站參考指標預測度 68.8%，2-5 月預測度 31.7%。

台灣西部沿岸以嘉義測站為例：

$T - T_d \leq 1.0 \text{ } ^\circ\text{C}$
$q > 0.008 \text{ kg/kg}$
$W_s \leq 2.0 \text{ m/s}$
$Rain \leq 0.1 \text{ mm}$

嘉義測站參考指標預測度 33.3%，2-5 月預測度 1.0%，若僅用溫度露點差($T-T_d$)參考指標預測度 65.2%，2-5 月預測度 10.3%。

四、結論

台灣位處中緯度副熱帶地區，深受獨特的海陸分佈與複雜的地形影響，配合冬、夏季風環流的演變，天氣型態非常多樣化，其中的低層天氣系統，

例如：海霧、近岸強風、豪大雨、低空風切和亂流等，對船隻航行識別及飛機起降的飛航安全形成重大影響。

台灣每年冬末春初(約每年的 2 至 5 月)時，為台灣本島西部沿岸以及外島地區最易發生霧的季節，海霧能見度不佳對飛航安全及船運交通有重大的影響。本研究選取台灣近五年(2009-2013)中央氣象局金門、馬祖、澎湖、新竹、台中、嘉義、台南逐時地面觀測資料，統計台灣海峽附近測站，海霧發生期間氣象要素特徵，並利用中央氣象局地面天氣圖與NOGAPS 925mb風場，分析 2013 年所有成霧期間的綜觀天氣型態，分析成霧的局部環流特徵。根據逐時觀測資料統計分析，本研究建立霧時預測參考指標，金門測站參考指標預測度 50.4%，2-5 月預測度 43.5%；馬祖測站參考指標預測度 68.8%，2-5 月預測度 31.7%。

本研究結果僅針對測站資料，進行整理分析得到預測參考指標，在台灣海峽外島區域具有一定的預測能力，未來預計結合數值模式預報法及 MOS(Model Output Statistics)，提高台灣海峽附近區域海霧預報準確度。

參考文獻

- [1] 中國科學院電腦網路資訊中心：
<http://159.226.2.2:82/gate/big5/mtw.kepu.net.cn/gb/earth/ocean/protect/prt123.html>
- [2] 謝明昌、鄭師中、黃椿喜、謝晏耕，2010：台灣地區成霧預報指引之建立，台灣警察專科學校警專學報，第 4 卷第 8 期，143-162 頁
- [3] 李鵬運，2011：黃海海霧的觀測和基於 WRF 模式的數值模式研究
- [4] 林雍嵐，2010：臺灣北部低能見度天氣個案模擬分析，第五屆海峽兩岸航空氣象與飛行安全研討會論文集
- [5] Koracin, D., J. A. Businger, C. E. Dorman and J. M. Lewis, 2005: "Formation, evolution and dissipation of coastal sea fog". *Boundary Layer Meteor.*, 117, 447-448
- [6] Zhang, S.P., Liu, Q.Y., Yang, Y.Q., Wang, X.G. and Ren, Z.P., 2009: "Seasonal Variations of Yellow Sea Fog: Observations and Mechanisms", *Journal of Climate*, 22, 6758-6772.

