

111-010-7C94

MOTC-IOT-110-H2CA001d

馬祖港域能見度探討之研究 (1/2)-環境因子特性分析



交通部運輸研究所

中華民國 111 年 3 月

111-010-7C94

MOTC-IOT-110-H2CA001d

馬祖港域能見度探討之研究 (1/2)-環境因子特性分析

著者：許義宏、林達遠、李政達、陳子健、李俊穎

交通部運輸研究所

中華民國 111 年 3 月

馬祖港域能見度探討之研究. (1/2)：環境因子特性
分析 / 許義宏，林達遠，李政達，陳子健，李俊
穎著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運輸研究所，
民 111.03
面；公分
ISBN 978-986-531-371-5(平裝)

1.CST: 海洋氣象

444.94

111000745

馬祖港域能見度探討之研究(1/2)-環境因子特性分析

著者：許義宏、林達遠、李政達、陳子健、李俊穎

出版機關：交通部運輸研究所

地址：臺北市敦化北路 240 號

網址：www.iot.gov.tw (中文版>數位典藏>中心出版品)

電話：(04)2658-7200

出版年月：中華民國 111 年 3 月

印刷者：

版(刷)次冊數：初版一刷 50 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：200 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)2349-6789

國家書店松江門市：104472 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02) 2518-0207

五南文化廣場：400002 臺中市中山路 6 號•電話：(04)2226-0330

GPN：1011100133

ISBN：978-986-531-371-5 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：馬祖港域能見度探討之研究(1/2)-環境因子特性分析			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-371-5 (平裝)	政府出版品統一編號 1011100133	運輸研究所出版品編號 111-010-7C94	計畫編號 110-H2CA001d
本所主辦單位：港灣技術研究中心 主管：蔡立宏 計畫主持人：李俊穎 研究人員：許義宏、林達遠、李政達、陳子健 聯絡電話：04-26587196 傳真號碼：04-26564418			研究期間 自 110 年 1 月 至 110 年 12 月
關鍵詞：濃霧事件、能見度觀測、資料品管、馬祖港			
馬祖地區於每年 3 至 5 月間，受到南風影響，暖濕空氣流經較冷的水面或地面而形成多雲霧的天氣。平流霧厚度可達 7 百公尺以上，天氣好時的日間太陽幅射最多只能消除雲層頂部一部分，因此，如果平流霧歷久不散，能見度驟降，即可能造成馬祖交通停航的情況產生，一但對外交通中斷，則會影響到居民的生活與經濟的發展。 本計畫透過長期港區環境監測工作，包括風速風向、能見度、空氣溫度、相對溼度、大氣壓力、露點等環境因子，進行深入分析探討，藉由環境因子特性分析，瞭解馬祖港域濃霧形成之特性，以提供馬祖港務單位做為港區能見度預警應用之參據。 本計畫蒐集世界氣象組織「氣象儀器與觀測方法指南」(WMO-No.8) 及美國海洋綜合觀測系統計畫辦公室之海洋即時資料品保手冊 (QARTOD Manual) 等資料品管相關文獻，探討應用於能見度自動觀測資料品管機制之可行性，並提出 9 項品管程序。同時，針對 2021 年上半年馬祖濃霧事件進行個案探討，進一步進行環境因子分析。 本計畫完成馬祖福澳港區能見度觀測資料庫建置，以及港區能見度資料品管分析程式模組開發，可提供連江縣政府港務處做為港區能見度監測系統開發之依據。完成歷年能見度統計及圖表產製模組開發，同時完成馬祖地區 2021 年上半年濃霧事件探討，篩選出濃霧發生之 3 項重要環境因子，可提供連江縣政府港務處掌握濃霧發生時間、延續時間及消散趨勢，做為港區船舶進出港管理之參考。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
111 年 3 月	204	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Study on the Visibility of the Matsu Port Area (1/2) - Analysis of the Characteristics of Environmental Factors			
ISBN(OR ISSN) 978-986-531-371-5 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011100133	IOT SERIAL NUMBER 111-010-7C94	PROJECT NUMBER 110-H2CA001d
DIVISION : Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR : Li-Hung Tsai PRINCIPAL INVESTIGATOR : Chun-Ying Lee PROJECT STAFF : Yi-Hung Hsu, Ta-Yuan Lin, Cheng-Da Lee , Tzu-Chien Chen PHONE : (04)26587196 FAX : (04)26564418			PROJECT PERIOD FROM Jan. 2021 TO Dec. 2021
KEY WORDS: Fog event, Visibility observation, Data quality control, Matsu Harbor			
Each year, subject to southerly wind from March to May, the Matsu area is of a cloudy and foggy weather formed by warm and humid air that flows over colder water surface or ground. The advection fog can be as thick as over 700 meters, of which the sun radiation on a fine day can only eliminate the top part. In that case, should the advection fog persist for a long time and the visibility drops sharply, it may cause the suspension of Matsu air traffic, which affects the lives of the local residents and economic development. This project involves in-depth analysis in environmental factors such as wind speed and direction, visibility, air temperature, relative humidity, atmospheric pressure, and dew point based on long-term environmental monitoring in the port area. By analyzing the characteristics of environmental factors, we are able to understand the characteristics of the formation of dense fog in the Matsu Port area, so as to provide references for the Matsu Port Authority in the application of early warning on visibility in the port area. We collected the World Meteorological Organization's "Meteorological Instruments and Observation Methods Guide" (WMO-No. 8) and the United States Integrated Ocean Observing System Program Office's QARTOD Manual and other documents related to data quality control. And, we explored the feasibility of applying to the quality control mechanism for automatic visibility observation data, and proposed nine procedures for quality control. We further conducted a case study on the dense fog incidents in Matsu in the first half of 2021 for environmental factor analysis. Under this project, the visibility observation database of the Matsu Fuaao Port Area was established and an analysis program module for port area visibility data quality control was developed, which can provide the Port Affairs Office of Lienchiang County Government as the basis for development of the visibility monitoring system in the port area. Also completed were the development of a production module for historical visibility statistics and charts, and the investigation into dense fog events in the first half of 2021 in the Matsu area, where we screened three important environmental factors for the occurrence of dense fog. The findings can provide the said Office to keep updated on the occurrence time, duration and tendency of dissipation of dense fog, as a reference in the management of ships accessing the port area.			
DATE OF PUBLICATION March. 2022	NUMBER OF PAGES 204	PRICE 200	
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目 錄.....	III
圖目錄.....	V
表目錄.....	VI
第一章 緒論.....	1-1
1.1 計畫緣起與目的.....	1-1
1.2 計畫範圍與對象.....	1-2
1.3 計畫內容與工作項目.....	1-2
第二章 文獻回顧.....	2-1
2.1 霧的種類及特性.....	2-1
2.2 能見度觀測與分級.....	2-2
2.3 資料品管與控制.....	2-9
2.4 能見度特性分析相關文獻.....	2-12
第三章 能見度資料庫及品管機制建立.....	3-1
3.1 馬祖地區能見度觀測系統建置概況.....	3-1
3.2 能見度資料庫建置.....	3-4
3.3 資料品管機制.....	3-9
3.4 資料品管結果.....	3-25
第四章 馬祖港域能見度特性分析.....	4-1
4.1 觀測資料紀錄.....	4-1
4.2 能見度資料分析.....	4-8
4.3 低能見度分析.....	4-24
4.4 案例探討.....	4-25
4.5 小結.....	4-33
第五章 結論與建議.....	5-1
5.1 結論.....	5-1
5.2 建議.....	5-2
5.3 成果效益及應用情形.....	5-3

參考文獻.....	參-1
附錄一 簡報資料.....	附 1-1
附錄二 工作會議暨專家學者座談會紀錄.....	附 2-1
附錄三 觀測資料歷線圖.....	附 3-1
附錄四 開發程式碼.....	附 4-1
附錄五 期末審查意見及辦理情形說明表.....	附 5-1

圖目錄

圖 3.1	馬祖南竿能見度觀測系統分佈位置圖.....	3-2
圖 3.2	南竿福澳碼頭能見度觀測儀安裝位置圖.....	3-4
圖 3.3	新舊站每日資料筆數時序列圖.....	3-7
圖 3.4	航空站氣象資料介接流程圖.....	3-9
圖 3.5	QARTOD 資料品管手冊標記方式.....	3-10
圖 3.6	新舊站觀測中斷持續時間統計圖.....	3-11
圖 3.7	馬祖福澳港能見度逐月變化圖.....	3-13
圖 3.8	不同方法之離群值標定分佈圖.....	3-16
圖 3.9	短時距離群值檢查綜合評斷流程圖.....	3-17
圖 3.10	鄰近站相關性檢查流程圖.....	3-23
圖 4.1	舊站 2015~2020 年能見度分佈圖	4-15
圖 4.2	舊站 2021 年 1~6 月能見度分佈圖.....	4-16
圖 4.3	新站 2020 年 3 月至 2021 年 6 月能見度分佈圖.....	4-16
圖 4.4	馬祖地區各月份低能見度發生機率百分比.....	4-23
圖 4.5	新舊站低能見度發生比例圖(依月份統計).....	4-24
圖 4.6	新舊站低能見度發生比例圖(依時統計).....	4-24
圖 4.7	近 5 年霧時延續時間發生次數直方圖.....	4-25
圖 4.8	2021-3-19~2021-3-20 濃霧事件觀測數據圖	4-26
圖 4.9	2021-3-26~2021-3-27 濃霧事件觀測數據圖	4-27
圖 4.10	2021-3-29~2021-3-30 濃霧事件觀測數據圖	4-28
圖 4.11	2021-4-1~2021-4-3 濃霧事件觀測數據圖	4-29
圖 4.12	2021-4-1~2021-4-2 濃霧事件觀測數據圖	4-29
圖 4.13	2021-4-13 濃霧事件觀測數據圖	4-30

表目錄

表 2-1	中央氣象局各能見度距離範圍之解析度	2-8
表 3-1	南竿福澳碼頭能見度觀測儀概述表	3-3
表 3-2	南竿福澳碼頭能見度觀測站舊站觀測情形表	3-5
表 3-3	南竿福澳碼頭能見度觀測站新站觀測情形表	3-6
表 3-4	舊站及新站能見度蒐集率之依日及依時統計表	3-7
表 3-5	新舊站觀測數據超過 1 小時之 Missing Data 統計	3-11
表 3-6	新舊站觀測中斷之持續時間統計	3-11
表 3-7	新舊站觀測資料之儀器極限值檢查結果	3-13
表 3-8	不同閾值之離群值數量統計表-舊站(2017/04 以前).....	3-14
表 3-9	不同閾值之離群值數量統計表-舊站(2017/04 以後).....	3-15
表 3-10	不同閾值之離群值數量統計表-新站	3-15
表 3-11	新舊站觀測資料之短時距離群值檢查結果	3-18
表 3-12	新舊站觀測資料超過 3 倍標準差之可疑資料筆數統計	3-18
表 3-13	新舊站連續觀測資料無變化檢查結果	3-19
表 3-14	新站變數關聯性檢查結果	3-20
表 3-15	新舊站長時間資料變化幅度檢查結果	3-21
表 3-16	新舊站數據差值變化率之平均值及標準差	3-22
表 3-17	以舊站檢核新站之相關性檢查結果	3-22
表 3-18	新站與鄰近站數據差值變化率之平均值及標準差	3-24
表 3-19	新舊站與鄰近氣象站相關性檢查結果	3-24
表 3-20	新舊站各項品管結果彙整表	3-26
表 3-21	新舊站綜合品管結果	3-27
表 4-1	馬祖福澳港能見度觀測資料逐月統計表-新站	4-2
表 4-2	馬祖福澳港能見度觀測資料逐月統計表-舊站	4-3
表 4-3	WMO 能見度分級代碼表	4-8
表 4-4	馬祖福澳港能見度觀測資料逐月基本統計表-新站	4-9
表 4-5	馬祖福澳港能見度觀測資料逐月基本統計表-舊站	4-10
表 4-6	馬祖福澳港各級能見度聯合機率分佈-新站	4-17
表 4-7	馬祖福澳港各級能見度聯合機率分佈-舊站	4-18
表 4-8	馬祖地區 2021 年濃霧事件列表	4-31

第一章 緒論

1.1 計畫緣起與目的

能見度是反映大氣穩定度的重要指標之一，其代表大氣清濁程度之光學狀態，綜觀影響能見度之主要因素，包括受到空氣中所含之空氣分子、雜質、水氣及氣膠體等對光線產生散射與吸收，使通過的光線受到衰減，而造成視程障礙現象。低能見度現象，對於駕駛視覺判斷及反應時間有極大影響，包括飛機起降、道路安全、船舶進出港等，因此可能嚴重影響交通安全。

馬祖地區於每年 3 至 5 月間，受到南風影響，暖濕空氣流經較冷的水面或地面而形成多雲霧的天氣。平流霧厚度可達 7 百公尺以上，天氣好時的日間太陽幅射最多只能消除雲層頂部一部分，因此，如果平流霧歷久不散，能見度驟降，即可能造成馬祖交通停航的情況產生，一但對外交通中斷，則會影響到居民的生活與經濟的發展。

本所臺灣技術研究中心於 108 年起協助連江縣政府完成港域多參數氣象站之建置，其監測項目包括風速風向、能見度、空氣溫度、相對溼度、大氣壓力、露點等環境因子，監測期間已達 2 年，爰透過本計畫將相關監測資料進行深入分析探討，藉由環境因子特性分析，瞭解馬祖港域濃霧形成之特性，以提供馬祖港務單位做為港區能見度預警應用之參據。

1.2 計畫範圍與對象

本計畫利用連江縣政府港務處架設之多參數氣象站，以及介接中央氣象局馬祖氣象站與民用航空局南竿機場氣象站之氣象資訊，藉由多參數氣象站監測資料庫建置、資料品管機制探討、以及馬祖港域(南竿福澳港)能見度分析及特性探討，提供港務管理人員做為港區能見度預警應用及港區船舶進出管理之參據。

1.3 計畫內容與工作項目

(一)馬祖港區多參數氣象站監測資料庫建置

在馬祖南竿能見度觀測系統，可分為本所協助連江縣政府建置之福澳碼頭能見度觀測儀、中央氣象局馬祖氣象站能見度觀測系統，以及民用航空局南竿機場氣象站能見度觀測系統。

本計畫利用所建置之觀測儀器於現場取得觀測值後，立即將原始觀測資料以文字檔透過現場數據機傳送至雲端主機儲存，再利用雲端主機將文字檔觀測資料傳送至雲端資料庫（SQL Server）伺服器提供連江縣政府港務處應用。整理監測期間之風速風向、能見度、空氣溫度、相對溼度、大氣壓力、露點、系統電壓值等基本分析資料，並建置資料庫。本計畫透過 MS-SQL 進行資料彙整並建立資料庫，資料庫欄位包括測站編號、測站名稱、觀測時間、平均風速、平均風向、最大陣風風速、最大陣風風向、能見度、空氣溫度、相對溼度、大氣壓力、露點、系統電壓等資料。此外，為驗證本計畫之能見度調查資料，介接中央氣象局與民用航空局之相關氣象資料。

(二)資料品管

資料品質是系統加值應用開發之重要關鍵因素，如若使用無效且錯誤的資料，可能影響未來系統開發之可用性。本計畫蒐集世界氣象組織「氣象儀器與觀測方法指南」（WMO-No.8）及美國海洋綜合觀測系統計畫辦公室之海洋即時資料品保手冊（QARTOD Manual）等資料品管相關文獻，探討應用於能見度自動觀測資料品管機制之可行性。首先將先蒐集彙整監測期間之各項氣象資料，進行初步品管工作，濾除不合理、明顯錯誤、離群值等資料，並透過鄰近觀測站之相關性探討，確認可納入分析資料。本計畫品管程序依據資料連續性、合理性與關聯性進行自動化即時品管程式開發，以進行最基本之自動篩選機制，以提供準確度高、品質良好之觀測資料。

(三)馬祖(南竿)港域能見度分析及特性探討

透過能見度資料之基本統計分析，包括觀測資料紀錄統計表、聯合分佈百分比統計表、時序列歷線圖、逐月及分時能見度分佈圖、低能見度發生比例分析、霧時延續時間等，提供馬祖地區近 5 年之能見度觀測趨勢。同時藉由馬祖地區 2021 年上半年濃霧事件環境因子探討，瞭解馬祖地區濃霧事件之基本環境特性、延續時間及影響程度，以做為下一年期深入探討之依據。

第二章 文獻回顧

2.1 霧的種類及特性

凡會造成水平方向能見度（visibility）低於 10 公里者，可視為一種視障現象（Obscuration phenomenon），包括霧、靄、霾、吹雪、塵霾、煙、降灰、塵暴或沙暴等現象。霧為一種最常見的視障現象，其主要由細微密集的小水滴聚集並懸浮在空中，使水平方向能見度未達 1 公里，若能見度小於 200 公尺，則稱為濃霧（dense fog），若能見度大於 1 公里而不足 2 公里者，則稱作輕霧或靄（mist）。

另外一種常見的視障現象為霾（haze），其主要由懸浮於大氣中的非吸水性固態顆粒—塵埃、花粉、黴菌、有機化合物、金屬等物質所組成，這些顆粒對陽光的散射作用會使近地表處呈現黃色、橘色或淡藍色。除了導致能見度不佳外，人體若是吸入此類物質，對人類的健康便會造成損害，輕則咳嗽、重則造成心血管疾病。要區分霧、霾其實不難，前者組成物質為水滴、後者則是固態微粒，因此只要看看此種現象發生之際，當地的相對濕度是多少就可以了。一般來說，起霧時的相對濕度會高於 75%，而霾害發生的時候，其相對濕度則不會高於 75%。

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、蒸氣霧等。在臺灣來說，以輻射霧及平流霧最為常見，在冬春季發生機率最高。

（一）輻射霧：透過地面長波輻射冷卻，降低近地面空氣的溫度，使空氣中所含的水氣達到飽和而凝結成霧，須在天晴無風、微風（風速每秒 2~5 公尺）與高雲之夜晚始有足夠的輻射冷卻作用。輻射霧既厚且濃，多發生在晨晚及冬季，待輻射冷卻停止後，陽光使地面增溫，霧才漸漸消散。

(二)平流霧：係由較暖空氣（多為偏南氣流）經過較冷的地表面將空氣的熱傳輸給地表面，空氣降低溫度使空氣中的水氣達到飽和而凝結成的霧。平流霧只要風向和風速適宜，一經成霧，其濃度高，能見度低，持續時間久，除非風停止，或風向轉變，使暖濕空氣來源中斷，霧才會消散。平流霧多發生於海洋（或海岸邊）及冬春之際，例如 2~5 月間金門及馬祖地區的濃霧。

(三)鋒面霧：鋒面上方暖空氣的水滴進到冷空氣中達飽和而在近地面形成的霧。鋒面霧多發生在兩種不同氣團之不連續面上，尤其以暖鋒面之鋒前霧最明顯，該暖氣流延冷氣流上方而上升，當達某一高度發生凝結降水，此種較暖之雨滴經過冷空氣時，因蒸發使下層空氣達到飽和，遂在地面形成鋒面霧。

(四)蒸氣霧：空氣流經過暖水面（如溫泉）獲得水氣而凝結成的霧，通常在氣溫低於水面溫度 15 度以上較易形成。蒸氣霧通常會在極地發生，並且最常見於晚秋及早冬時的大型湖泊及高緯度沿海，其特點是濃度不高、佔據面積不廣。

2.2 能見度觀測及分級

能見度是為了達到呈現大氣清濁程度(光學狀態)之量化目的，而採用之人工觀測估計量；能見度之定義係指觀測員站在地面上，沿水平方向以正常之肉眼所能分辨以天空為背景之黑色物體之最大距離。所謂肉眼係指正常之視力，不得使用望遠鏡等之幫助。又所謂能分辨，則不僅能分辨某物體（相當大者，如山頂、遠樹、建築物等）之存在，且必須能確認為何種物體（例如能確認為山、樹木等）。因此，能見度的觀測與估計受到許多主觀及物理因素影響。

2.2.1 通用規範

世界氣象組織（World Meteorological Organization，簡稱 WMO）在「氣象儀器與觀測方法指南」（WMO-No.8）第一篇第 9 章針對能見度觀測訂定通用的觀測方法與流程規範。

在白天能見度和夜間能見度定義為：白天相對於地平天空，或者夜晚假想總體照明增加到正常白天的水準進行觀測時，一個安置在地面附近的適當尺度的黑色目標物能被看到和辨認出的最大距離（WMO，1992a；2010a）。地面氣象觀測所提及之能見度，均指水平能見度，以公尺為編報單位，對於較高之能見度，亦可用公里表示。

為了客觀測量能見度，可藉由儀器進行大氣透明度的測量，並換算為氣象光學視程（Meteorological optical range，簡稱 MOR）。氣象光學視程係指由白熾燈發出色溫為 2700K 平行光束的光通量在大氣中削弱至初始值 5% 所通過的路徑長度，該光通量採用國際照明委員會（International Commission on Illumination，簡稱 CIE）的光度測量發光度函數來確定。

氣象學採用的能見度測量應不受極端氣象條件影響，且必須能反映普通目標物在正常情況下能被確認觀測距離之直覺概念。MOR 在晝夜均可透過儀器測量，並與能見度其他測量方式具有完全明確的關係，因此，WMO 已正式確認 MOR 可做為一般性或航空用之能見度測量標準，而 MOR 也由國際電工委員會（International Electrotechnical Commission，簡稱 IEC）認可應用於大氣光學和視覺通訊（visual signalling）。

氣象能見度或氣象光學視程 MOR 之測量單位以公尺或公里表示。對天氣尺度要求，MOR 測量範圍可從 100m 至 70km，並可依照應用性質做不同的限制，例如在民用航空之應用，則依照國際民航組織（International Civil Aviation Organization，簡稱 ICAO）國際民用航空公約附件 3（Annex 3: Meteorological Service for International Air Navigation）將上限值訂為 10km，當應用於描述著陸和起飛條件的能見度較小情況下的跑道視程的測量時，測量範圍還要進一步縮小。對於其他應用，諸如陸路或海上交通，WMO 建議仍可按照測量要求和位置設定不同上限值。

2.2.2 測量方法

能見度是一種複雜的心理物理現象，主要受制於懸浮在大氣中的固體和液體微粒引起的大氣消光係數；消光主要由光的散射而非吸收所造成。其估計值依從於個人的視覺和闡釋能力而變化，同時受光源特徵和透射因數的影響。因此，能見度的目測估計值都是主觀的。當觀測者估計能見度時，並不僅僅是取決於所理解的或應當理解的目標物的光度測定和尺度特徵，還取決於觀測者的對比閾值（Contrast threshold，係人眼能察覺的最小亮度對比值，亦即使目標物與其背景相區分的值，該對比閾值隨個人而異）。在夜間，取決於光源強度、背景照度，若由觀測者估計的話，還取決於觀測者的眼睛對黑暗的適應能力和觀測者的照度閾值（Illuminance threshold，在特定亮度背景下人眼察覺點源光所需的最小照度。因而，該值隨光照條件而變化）。在能見度觀測，包括目視估計及儀器測量方法，茲分別敘述如下：

1. 目視估計氣象光學視程

氣象觀測員可以通過自然的或人造的目標物（樹林，岩石，城堡，尖塔，教堂，燈光等）對 MOR 進行目測估計。每一測站應準備一張用於觀測目標物分佈圖，在其中標明它們相對於觀測者的距離和方位。分佈圖中應包括分別適用於白天觀測和夜間觀測的各種目標物。觀測者必須特別注意 MOR 的顯著的方向變化。觀測必須由具有正常視力且受過適當訓練的觀測員來進行，不能用附加的光學設備（單筒、雙筒望遠鏡、經緯儀等），更要注意不能透過窗戶觀測，尤其是在夜間觀測目標物或發光體時。觀測員的眼睛應在地面以上的正常高度（約 1.5m），不應在控制塔或其他較高建築物的上層進行觀測，特別是在能見度低時。

當能見度在不同方向上變化時，記錄或報告的值決定於所作報告的用途，其在水氣電報中取較低值能見度作報告，而用於航空的報告則應遵循 WMO 在 2014 年訂定之航空天氣服務之氣象觀測及訊息發布指引（WMO-No.731）。

白天觀測能見度之目測估計值可取得 MOR 真值有較好的近似值，一般應滿足以下要求：白天應選擇盡可能較多的不同距離目標物，並以黑色（或接近黑色）且在天空背景下突出於地平面的目標物，應避免淺色目標物。如果必須採用地形背景下的目標物，則該目標物應位於背景的前方並遠離背景，即至少為其離觀測點的距離的一半遠處。為使觀測值具有代表性，在觀測者眼中目標物的對角不應小於 0.5° 。選定方法可利用一個打在卡片紙上的 7.5mm 直徑的孔，把它放在一隻手臂長度處，其對角即近似等於 0.5° ，因此，通過此孔能看到的物體應填滿此孔。然而，這類目標物的對角又不應超過 5° 。

在夜晚觀測能見度需要透過光源的感覺距離來估計 MOR 值。任何光源都可做為能見度觀測的目標物，只要該目標物在觀測方向之強度是已知且可完全確定的。夜間能見度測量中，只能採用呈適當分佈的點光源作為目標物，不宜選擇成群、成帶、重疊或焦點投射之燈光。

2. 儀器測量方法

考量目視能見度受到天氣狀態、光照度、眼睛對當時光線適應情形之影響，因此，逐步開發出測量儀器來輔助人工判識。能見度測量儀器對於缺乏合適目標物或者夜間觀測具有很高的效益。其中測量 MOR 的儀器可分為以下兩類：

- (1) 測量水平空氣柱之消光係數或透射因數：光的衰減是由於大氣微粒沿光束路徑之散射和吸收。其量測消光係數之儀器，包括：遠距光度計（如 Lohel 式遠距光度儀、Collier-Taylor 式透射儀）、目視消光儀、光學透射儀、光達等。
- (2) 測量小體積空氣之光散射係數：在自然霧中，吸收通常可以忽略，因此，散射係數可視為與消光係數相同。其量測散射係數之儀器，包括：反向散射、前向散射及廣角散射積分等。

透射儀因需要基線，占地範圍大，不適用於海岸、燈塔自動氣象站及船舶上，但其具有自檢能力、低能見度下性能好等優點而適用於民航系統；而散射儀由於測量只與很小體積的空氣有關，對該處大氣

普遍狀況的測量代表性可能會產生疑問，不過該代表性可以通過取大量樣本或測量值的平均來改善，或者可採用刪除極端值的方法來平滑測量結果，因此，散射儀以其體積小和低廉價格而廣泛應用。

測量儀器應設置在能確保測量目的且具有代表性之處，因此，如為一般天氣觀測目的時，儀器應安裝在遠離局部大氣污染的地方，例如煙塵、工業污染、多塵路面等。用於測量消光係數或散射係數之儀器應與觀測者眼睛位在同一水平面上，大約在地面上 1.5 公尺左右，其測光區應避免太陽光影響，並在緯度 $0\sim 50^\circ$ 間採用南北方向設置（偏差可達 $\pm 45^\circ$ ）或採用遮罩或擋板來達到這種要求。安裝發射器和接收器的立柱應具有機械堅固性，以避免在結凍及解凍時造成的定線偏離。另外，外露裝置在熱應力作用下必須不致產生變形。至於航空目的，測值需可代表在機場之狀況，可參照 WMO-No.8 第二篇第 2 章之相關規範進行設置。

觀測儀器之校準，應定期在非常好的能見度下（超過 10~15km）執行，以避免因大氣狀況而導致的誤差，例如，當有強大上升氣流或暴雨後，接近地面氣層之消光係數會有明顯改變，而無法得到正確的教準值。大多數透射儀，必須定期清潔光學表面，特別在主要大氣擾動後必須對儀器進行清潔，以減少水滴和固體顆粒覆蓋於光學系統上，進而導致測量誤差。另外降雪會堵塞光學系統造成測量誤差，一般會設計加熱系統於光學系統前側以改善儀器性能，有時採用吹風系統亦可減少清洗的次數，然而此類加熱與吹風系統會產生比周圍空氣更熱的氣流，可能影響消光係數的測量。在乾旱地區，沙塵暴和揚沙會堵塞光學系統甚至造成損害，亦需加以留意。

相對於觀測員所觀測，所有用來實際測量 MOR 的儀器只是採集了相當小範圍的大氣樣本，只有當儀器所取樣的空氣體積可代表觀測點周圍大氣狀態時，儀器才能提供一個準確 MOR 測量值。因此，在不均勻霧或局部降雨情況下，儀器數據可能出現誤導的情況。但是，從各種儀器使用經驗來看，這種情況並不經常發生，且用儀器連續監測 MOR 通常會比不用儀器的觀測員提前監測到 MOR 的變化。不過，當

討論測量代表性時，應該考慮大氣本身均勻性的因素，對所有 MOR 量測距值，小範圍之消光係數通常快速且不規則波動，如未設定平滑或平均系統的散射儀和短基線透射儀，將會呈顯明顯的偏差，因此有必要進行多次採樣並將數值進行平滑或平均化，以獲得具有代表性的數值。根據 WMO 在 1990 年第一次能見度測量比對研究報告（WMO/TD-No. 401）指出：對大多數儀器來說，平均時間取樣超過 1 分鐘並無太大益處，但是對於「雜訊極高」的儀器而言，以平均 2 分鐘做為取樣時間是相當合適的。同時，該報告亦指出使用散射儀測定低能見度值遠並沒有透射儀測得準確，其讀數中表現出很大的變動性，並且在降雨時有更大的影響，然而，最好的散射儀在 100m~50km 的範圍內只有約 10% 的標準偏差。

攝像系統近期已逐步做為能見度觀測之輔助工具，並應用在能見度觀測過程之建築物遮擋區域評估，以及對遠程位置判釋。目前市面上正在開發可自動辨識濃霧存在之技術，其藉由相機圖像技術來估算能見度，包括利用影像邊緣評估技術、或利用對比度降低來確定已知物體之距離、或利用圖像統計參數（如梯度或傅立葉分析）建立能見度分析之深度學習技術、或使用圖像增強方法（例如去霧）等，不過，通常這些技術多僅限於白天使用，並需要針對特定點位之圖像及場景進行客製化調整（Wiel Wauben, Martin Roth, 2016）。

2.2.3 編報方式及解析度

在能見度分級依照 WMO 電碼手冊（WMO-No.306）第 1.1 卷 Part A 之能見度編報規範（Code Table 4300），將能見度分為 10 級，包括 50 公尺以下、50~200 公尺、200~500 公尺、500~1000 公尺、1~2 公里、2~4 公里、4~10 公里、10~20 公里、20~50 公里，以及 50 公里以上。又考量能見度測量誤差與能見度成比例增加，因此在不同能見度需訂定不同的解析度。WMO 在 Code Table 4377 規範能見度在 5 公里以下，採用解析度為 100 公尺，能見度 5~30 公里，採用解析度為 1 公里，能見度 30~70 公里，採用解析度為 5 公里，能見度 70 公里以上，採用解析度為 5 公里。另外在海洋站的能見度觀測，考量在沒有合適陸

標的情況下，不可能達到與陸地站相同的精確度。因此，對海洋站準確的能見度觀測要求較低，依照 WMO 電碼手冊（WMO-No.306）第 1.1 卷 Part A 規範，其能見度觀測可分為 50 公尺以下、50~200 公尺、200~500 公尺、500~1000 公尺、1~2 公里、2~4 公里、4~10 公里、20~50 公里，以及 50 公里以上等 10 個級距。

另外，根據中央氣象局「地面氣象測報作業規範」：能見度之觀測以公里為單位，但在 1 公里以下之近距離，則以 10 公尺或 100 公尺為單位，以小數 2 位表示，惟為觀測紀錄合理有效，氣象局在各距離範圍採用之解析度如表 2-1 所示：

表 2-1 中央氣象局各能見度距離範圍之解析度

能見度範圍	解析度	實例
0~100m	0.01 km	0.01、0.02、0.03、.....
100~500m	0.05 km	0.10、0.15、0.20、.....
500~1000m	0.10 km	0.50、0.60、0.70、.....
1~5km	0.1 或 0.5 km	1.00、1.10、1.20、.....
5~30km(或 20km)	1 km	5.00、6.00、7.00、.....
30(或 20km)~70km	5 km	20.00、25.00、30.00、...
70km 以上	10 km	70.00、80.00、90.00、...

資料來源：中央氣象局「地面氣象測報作業規範」(2014)

在航空能見度編報部分，航空能見度量測及發佈重點，依據交通部民用航空局「航空氣象規範」及國際民航組織國際民用航空公約附件 3 之相關規範，其能見度編報規定如下：當使用儀器測量能見度時，能見度值應於跑道上方接近 2.5 公尺(7.5 呎)處量測；當使用儀器測量能見度時，其值至少每 60 秒更新一次，以提供最新具代表性之值。平均區間如下：當編報 METAR 及 SPECI 時，應使用 10 分鐘平均，惟當觀測前 10 分鐘有能見度顯著不連續時，應使用不連續後之值進行平均。在 METAR 及 SPECI 報文中，當能見度小於 800 公尺時，應以 50 公尺之級距編報；當能見度為 800 公尺以上，但小於 5 公里時

，應以 100 公尺之級距編報；當能見度為 5 公里以上，但小於 10 公里時，應以公里之級距編報；當能見度為 10 公里以上時，應編報 10 公里，但適用 CAVOK 條件時除外。任何未合於所使用報告級距之觀測值，應採用最接近之較低級距。

2.3 資料品質管制

品質管制目的是用來確保資料以最低可行的成本滿足預期應用的要求（包括不確定性、解析度、連續性、均一性、代表性、及時性和格式等）。WMO 在「氣象儀器與觀測方法指南」（WMO-No.8）第五篇針對氣象資料品質管制框架與影響資料品質的因素提出基本建議，摘述如下：

1. 用戶要求：考慮使用者的資料品質要求與儀器性能的匹配性，藉以評估測量系統的品質（本益比和性價比）。
2. 職能規範和技術規範：將所要闡述之資料要求轉化為職能規範，在進而轉化為技術規範，該項工作需要全面瞭解使用者的要求、氣象測量技術、觀測方法、WMO 條例、基礎設施狀態、以及相關業務條件，是一項極為重要且複雜的工作。
3. 儀器的選擇：儀器選擇應當慎重，要考慮必要的的不確定性、範圍和解析度、用戶應用所處的氣候和環境條件、工作條件以及用於培訓、安裝和維護的現有技術基礎設施。
4. 接受度測試：在安裝和驗收之前，必須確保儀器能夠滿足設計規範。製造商應公佈儀器性能及其對影響因素的敏感度，且有時可由權威標定部門進行驗證。
5. 相容性：在單一測量類型時，採用不同技術特點之儀器可能帶來資料相容性問題。
6. 選址和安裝方位：氣象臺站的密度取決於所要觀測氣象現象之時間尺度和空間尺度，而且通常是用戶指定或按 WMO 條例的規定。如若選擇不適當的地點或方位可能會嚴重影響測量的準確性和代表性。

7. 儀器誤差：儀器的正確選擇不代表可以獲取高品質資料，如果沒有透過良好的測量技術，所有儀器都有不同的系統誤差和隨機誤差。
8. 資料獲取：資料品質不僅依靠儀器品質及其正確選址和安裝方位，而且還取決於獲取資料並將其轉換為代表性資料所使用的技術和方法，且應當對自動測量和人工觀測加以區別。其必須依據感測器的技術特點，特別是對其時間常數運用正確取樣和求均值程式。
9. 資料處理：用於將感測器資料換算為二級或三級數據的換算技術或計算程式也會引起誤差。此類實例包括根據測量的相對濕度或露點來計算濕度值以及平均海平面氣壓修正。此外，在氣象電報的編碼或轉錄過程中，如果交由觀測員負責時亦會出現誤差。
10. 即時品質控制：資料品質取決於在資料獲取和處理以及編寫電報過程中所使用的即時品質控制程式，以便消除主要的誤差源。此類程式專門用於各類測量，但通常包括對似真值、變化率以及與其它測量結果的對比進行全面檢查（例如，露點不能超過溫度）。
11. 性能監測：由於即時品質控制程式有其局限性，且有些誤差仍無法檢測到，例如感測器的長期漂移和資料傳輸誤差，因此，有必要在氣象分析中心以及由網路系統管理員在網路層面實施性能監測。
12. 測試和標定：在氣象儀器運行期間，其性能和儀器特點會因各種原因發生變化，例如硬體老化、維護水準降低、暴露度等，因此，為提供可靠的資料，儀器需進行定期的檢查和標定。
13. 維護：維護可以是修復性（零件故障時）、預防性（如清潔或上油）或適應性（以應對需求改變或儀器陳舊問題）。
14. 培訓和教育：資料品質還取決於負責測試、標定和維護工作的技術人員的技能，以及觀測員的技能。
15. 中繼資料：健全的品質保證需要提供觀測系統本身的詳細資訊，尤其是關於系統運行期間發生各種變化的資訊。此類資料資訊稱

之為中繼資料，它可以使觀測系統的操作員採取最為恰當的預防、修復和適應性行動，以保持或提高資料品質。

此外，WMO 在「氣象儀器與觀測方法指南」（WMO-No.8）第三篇第一章針對自動氣象站提出品管建議，重點如下：

1. 感測器內部檢驗：該步驟是資料處理中最早遇到之檢測點，其包括對每個感測器取樣樣本的合理測值以及合理變化率進行的一種檢驗。
 - (1) 合理測值：這是一種對測值的絕對變化極限範圍之粗略檢驗。這些極限值不僅與氣象變數或現象的性質有關，但也是取決於所選感測器和資料獲取硬體量程。可比照極限值進行補充檢驗，而極限值是隨地理區域、一年中所處的季節和時間變化。
 - (2) 合理變化率：這是根據之前所接受的某一水準對變化率進行的檢驗。檢驗效果好壞取決於資料在時間上的一致性或持續性，其適用於高時間解析度（高取樣率）的資料，因為相鄰樣本間的相關性隨著取樣率增加而提高，通過比較兩個連續報告的資料，可增加時間一致性檢驗。
2. 感測器間的檢驗：基於已建立之物理和氣象原理，可針對某一變數參照其它變數進行內部一致性檢驗。例如，露點溫度不能超過周圍的氣溫、不可能有天空無雲之降水、當風速不為零而風向變化為零之狀況、平均風速為零而風向（變化）不為零之狀況。
3. 人工輸入的觀測值：當人工觀測值輸入自動氣象站時，可進行上述傳感器內部和傳感器之間的檢驗。WMO 建議透過一些特殊的一致性檢驗內容，例如，現在天氣與能見度、雲量、氣溫、露點之關聯性之探討。
4. 硬體檢查：在運行過程中，自動氣象站的性能會因硬體元器件的老化、放置在未測試的環境中、維護不當、儀器故障等原因而降低。因此，利用自動氣象站的內置測試設備，使自動氣象站自動地進行週期性自檢，把檢驗結果提供給相關人員，或存入緩衝記

記憶體。其可透過緩衝記憶體進行檢查，並對正確測值、有誤差的或可疑測值進行分類。

5. 報文檢查：對於配備編報軟體和通過全球通信系統傳輸報告的自動氣象站，除執行上述檢測外，並應對字元、數碼、格式是否符合相關規定進行監控。

美國海洋綜合觀測系統 (Integrated Ocean Observing System, IOOS)計畫辦公室於 2003 年起推動海洋即時資料品保手冊 (Manual of Quality Assurance of Real- Time Ocean Data, QARTOD Manual)等一系列海洋觀測數據管理準則，包括：pH、Stream Flow、Passive Acoustics、Phytoplankton、HF Radar、Dissolved Oxygen、Wind、Water Level、In-Situ Surface Wave、Ocean Optics、In-Situ Temperature and Salinity、Dissolved Nutrients、In-Situ Current 等 13 種觀測項目。其中較為通用之資料品管項目有：時間（間隔）檢查（Timing/Gap Test）、傳輸格式及編碼檢查（Syntax Test）、座標檢查（Location Test）、儀器或物理現象極限值檢查（Gross Range Test）、逐月及季節變化合理性檢查（Climatology Test）、短時距離群值檢查（Spike Test）、短時距變化率與標準差之檢查（Rate of Change Test）、連續資料無變化（或微小）之檢查（Flat Line Test）、變數間關聯性檢查（Multi-Variate Test）、長時間資料變化幅度檢查（Attenuated Signal Test）、鄰近站相關性檢查（Neighbor Test）等 11 項，並將其分為必要性（Required）、強烈建議（Strongly Recommended）與建議性（Suggested）等 3 大分組檢驗程序。

2.4 能見度特性分析相關文獻

交通部民用航空局於 103 年針對臺灣地區春季大霧經驗預報之量化研究指出，臺灣北部及西部地區包括離島的金門、馬祖每年 1 月至 5 月，即冬末至春季有一明顯的霧期，而發生的霧大都以平流霧與輻射霧為主。因常伴隨有低能見度與低雲幕等惡劣天氣，導致機場暫停起降作業，而影響航班的正常運作。然而霧大都為區域性且尺度小，在

預報上要做到精確掌握其發生及消散的時間，確實有其困難點，因此目前的預報方法仍僅為定性分析加上主觀的判斷。雖然近年來航空氣象現代化作業系統的天氣研究與預報模式 WRF，在模式輸出統計 MOS 對霧的預報產品雖然有明顯的改善，但要利用在實際作業上仍需再提升其準確度。該研究利用霧季檢查表，對臺灣地區春季大霧的長期定性分析預報經驗嘗試加以量化，其將有利於起霧的氣象因子藉由定量比對的運算，再以客觀條件自動判斷是否會起霧，其研究結果顯示霧季檢查表僅能提供未來 6 至 12 小時預測是否可能有霧發生，但無法指出在那一個時刻發生，因此，後續建議可進一步利用日本氣象衛星 METSAT 紅外線 1 號與紅外線 4 號差分圖 IR1 IR4 image 即時追蹤霧的發展、移動及消散。

童茂祥 103 年針對我國主要機場霧的特性與經驗指出，馬祖地區之南、北竿機場位置接近，且起霧時間類似(南竿的霧維持時間較長)，該地區以平流霧為主，夜間至清晨伴隨輻射霧影響濃霧發生頻率最高約 8%，白天受日照升溫影響濕度降低，至晚間起霧頻率又略為增加。其濃霧最常發生於 2~5 月，且全年平均能見度最低為 4 月，其次為 2 月、3 月、5 月，霧季時間較長，而 9 月為能見度最高的月份。每日能見度最低時間落在清晨 8 時，而中午前後為能見度最好的時間。

許秀妮於 104 年蒐集 99 至 104 年期間各機場觀測資料進行統計分析，結果顯示金門、馬祖南竿、馬祖北竿及桃園機場之年平均霧日分別約 27、30、16 及 9 天，離島(金門、南竿及北竿) 機場和本島桃園機場霧日分別呈現 2-3 年和 3-4 年之年際變化特徵。桃園機場霧日高峰期為 2 月，盛行弱西北風。離島機場霧日以 4 月最多，金門機場盛行西南風，南竿及北竿機場則有東北風和西南風二種風場特徵。另利用數值模式客觀分析資料，瞭解過去 15 年來霧日之變化趨勢。

交通部民用航空局於 105 年馬祖地區（南、北竿）低能見度觀測資料分析研究指出，馬祖地區春季時常有平流霧影響低能見度進而影響飛機起降，霧所造成的低能見度問題在過去很常被探討，由過去馬祖地區氣候分析結果得知，當霧（能見度低於 1000 公尺）發生時的風

速偏弱（小於 5KT），鮮少出現超過 10KT；但當馬祖地區受到污染物影響造成低能見度時（能見度 1000 公尺～ 5000 公尺）有很高的機率為東北風且風速大於 10KT。污染物影響的低能見度往往顛覆預報員的預報經驗，且因為缺乏個案及長時間統計研究分析，使其不易被預報員所預報。該研究利用 2011～2014 年馬祖南竿機場(RCFG)、北竿機場(RCMT)之機場天氣報告（METAR 及 SPECI），以及 2011～2014 年環保署馬祖地區空氣品質監測資料（PM2.5），其研究結果發現馬祖地區能見度與當地的 PM2.5 濃度有很高的負相關，而北京、上海及馬祖地區的 PM2.5 濃度則有極高的時間延遲相關性。利用主成分分析將綜觀天氣系統拆解成數個模態，發現天氣主要為東北風盛行且風速極強的型態，而其水氣在傳播路徑上則偏少。在此分析中我們利用相關係數分析，污染物從北京到馬祖地區的時間約為 43 小時。最後，該研究利用現有的預報工具及預報經驗建立一套標準作業流程，以期望能對於污染物影響終端機場的天氣預報能更為準確。

國家災害防救科技中心於 107 年嘗試蒐整交通部民用航空局與本所港灣技術研究中心分別在機場及商港能見度觀測站資料，建立能見度觀測資料庫，將即時觀測資訊整合於單一頁面，並以燈號輔助警示低能見度站點。其透過 National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA)/ Forecast Systems Laboratory (FSL)發展的能見度反演經驗公式進行全臺網格能見度計算。此外，配合臺灣本島與離島地區的能見度觀測資料，提供觀測站點上時間延遲系集預報結果，進行觀測與預報結果的即時校驗。

第三章 能見度資料庫及品管機制建立

3.1 馬祖地區能見度觀測系統建置概況

馬祖列島位於臺灣本島與臺灣海峽西北方，為我國最北端之領土，距離臺灣約 114 哩，離福建沿海僅約 10 哩。馬祖列島由十個島嶼所組成，除南竿、北竿、西莒、東莒及東引等 5 個島外，其餘屬較小之無人島嶼。馬祖港由 5 個島嶼之碼頭組成，包括南竿福澳碼頭、北竿白沙碼頭、西莒青帆碼頭、東莒猛澳碼頭及東引中柱碼頭，連江縣政府為推動國內商港（馬祖港）建設計畫，自 101 年起委託本所協助建置海氣象觀測系統。其中，在能見度觀測系統建置上，本所分別於 103 年 9 月完成南竿福澳碼頭能見度儀安裝工程、於 104 年 9 月完成北竿、西莒及東引能見度儀安裝工程，於 105 年 11 月完成東莒能見度儀安裝工程。而後，於 108 年 7 月再次更新南竿、北竿、東引及東莒之能見度觀測系統，並同步建置多參數氣象站。

南竿鄉為馬祖列島第一大島，舊稱「南竿塘」，面積 10.64 平方公里，實際居住島上的居民約四、五千人，為連江縣政府所在地，南竿機場興建完成後，已成為馬祖海空交通、政治經濟、教育文化之中心。其中南竿福澳碼頭位於北緯 26.05°、東經 119.943°，為馬祖港五碼頭區中最具規模者。因其所在位置南竿鄉為連江縣政經中心，故此碼頭區成為馬祖地區與臺灣本島、馬祖各離島以及小三通之主要客、貨運港口。目前本港區之配置大致可分為 2 區域，即現有營運碼頭區及施工中之深水碼頭區。

在馬祖南竿能見度觀測系統，可分為本所協助連江縣政府建置之福澳碼頭能見度觀測儀（26°09'42.24"N 119°56'33.52"E，海拔高度 5m）、中央氣象局馬祖氣象站能見度觀測系統（26°10'10"N 119°55'23"E，海拔高度 97.84m），以及民用航空局南竿機場氣象站能見度觀測系

統 ($26^{\circ}9'38''\text{N}$ $119^{\circ}57'26''\text{E}$ ，海拔高度 70.7m)，其分佈地理位置如圖 3.1 所示。

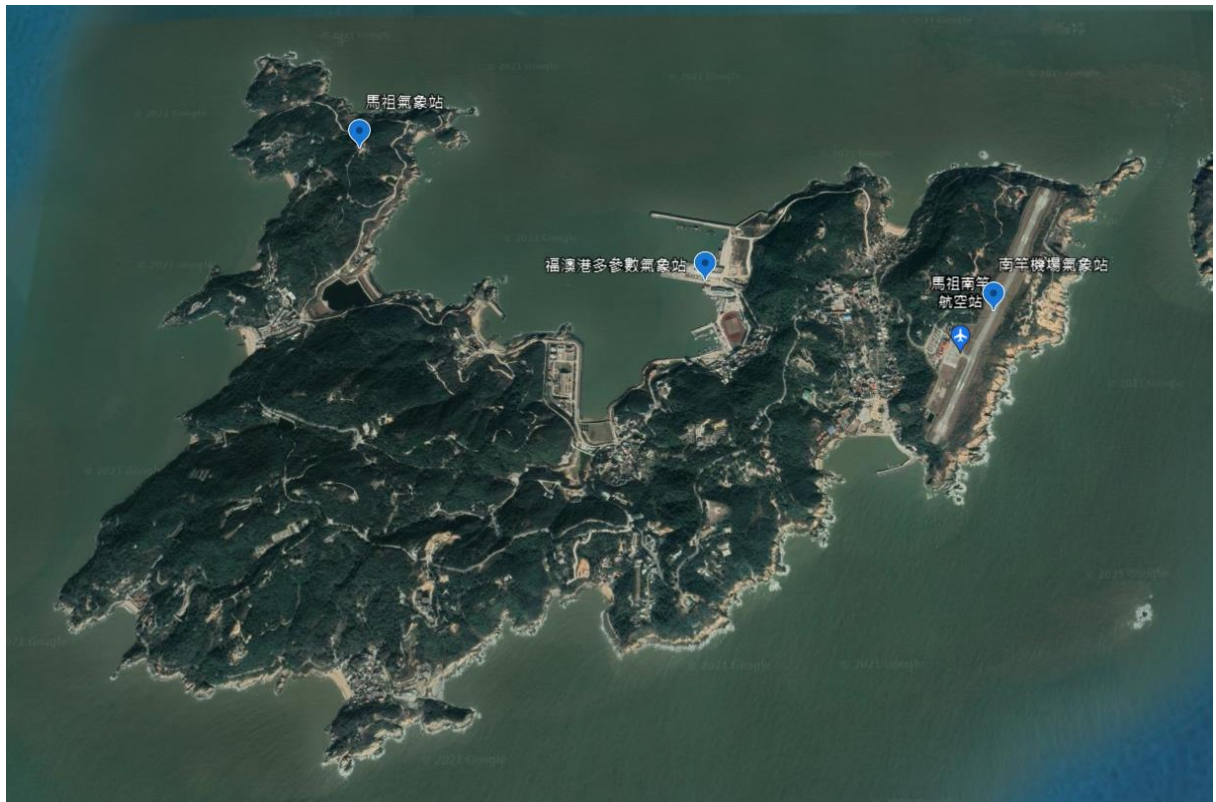


圖 3.1 馬祖南竿能見度觀測系統分佈位置圖

在本所協助連江縣政府建置之福澳碼頭能見度觀測系統，主要採用前向散射式能見度儀，並可分為 103 年及 108 年建置之能見度儀（以下簡稱舊站及新站）。其中舊站為 Campbell 之 CS120A 能見度觀測儀，而新站為 Biral 之 SWS-100 能見度觀測儀（含 Gill MetPak Pro 多參數氣象觀測儀），兩組儀器均安裝於南竿福澳 S1 碼頭（臺馬輪、合富輪及貨輪碼頭），如圖 3.2，相關儀器規格、觀測資料項目、取樣頻率、觀測上限值等系統設定參數，如表 3-1 所示。

表 3-1 南竿福澳碼頭能見度觀測儀概述表

	舊站	新站
建置年度	103 年	108 年
廠牌/型號	Campbell CS120A	Biral SWS-100
規格	1. 量測原理：42°前向散射 2. 量測範圍：5m-75km。 3. 量測誤差：8% at 600 m，10% at 10,000m，15% at 15,000 m，20% at 15,000m 以上。 4. 輸出率：1~3600 秒 (default=60)。 5. 類比輸出。	1. 量測原理：前向散射式 39°~51°、中心 45°。 2. 量測範圍：10m-2km(預設)、10km、20km、32km、50km、75km。 3. 量測誤差：4.5% at 600m，5.0% at 1,500m，5.1% at 2km，12.5% at 15km，20% at 30km。 4. 輸出率：10~300 秒 (default=60)。 5. 數位輸出。
資料項目	Station_ID(觀測站 ID)、Date_Time(紀錄時間)、Visibility_Value(能見度值)、Volt(電壓)	Station_ID(觀測站 ID)、Date_Time(紀錄時間)、Visibility_Value(能見度值)、Volt(電壓)、WS_AVG(平均風速)、WD_AVG(平均風向)、WS_MAX(最大風速)、WD_MAX(最大風向)、MAX_T(最大風速時間)、Temp(溫度)、Humidity(濕度)、Atmospheric_P(氣壓)
系統設定 參數	1. 資料取樣頻率：1 分鐘/筆。 2. 上限值設定：32km。	1. 資料取樣頻率：10 分鐘/筆。 2. 上限值設定：30km。



圖 3.2 南竿福澳碼頭能見度觀測儀安裝位置圖

3.2 能見度資料庫建置

3.2.1 福澳港能見度資料庫建置

本計畫之能見度即時觀測系統，其觀測儀器於現場取得觀測值後，立即將原始觀測資料以文字檔透過現場數據機傳送至雲端主機儲存，再利用雲端主機將文字檔觀測資料傳送至雲端資料庫（SQL Server）伺服器提供連江縣政府港務處應用。

在能見度資料庫內容，可分為舊站資料表及新站資料表。其中舊站資料表儲存欄位有：ID(流水號)、Station_ID(觀測站 ID)、Device_ID(儀器 ID)、Date_Time(紀錄時間)、Visibility_Value(能見度值)、Volt(電壓)，統計至 110 年 6 月底之觀測情形如表 3-2，該觀測站

原觀測頻率為 10 分鐘/筆，於 106 年起重新調整觀測頻率為 1 分鐘/筆；另新站係整合多參數氣象站之觀測資料，爰資料表儲存欄位有：ID（流水號）、Station_ID（觀測站 ID）、Date_Time（紀錄時間）、Visibility_Value（能見度值）、Volt（電壓）、WS_AVG（平均風速）、WD_AVG（平均風向）、WS_MAX（最大風速）、WD_MAX（最大風向）、MAX_T（最大風速時間）、Temp（溫度）、Humidity（濕度）、Atmospheric_P（氣壓），統計至 110 年 6 月底之觀測情形如表 3-3。

表 3-2 南竿福澳碼頭能見度觀測站舊站觀測情形表

（單位：筆）

觀測期間	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00
觀測頻率	10min	1 min
應觀測日數	898	1,535
觀測日數	871 (96.99%)	1,493 (97.26%)
應觀測時數	21,523	36,823
觀測時數	20,776 (96.53%)	33,689 (91.49%)
應觀測筆數 (備註 1)	129,138	2,209,380
可觀測筆數 (備註 2)	124,656	2,021,340
回傳資料庫筆數	110,819	1,834,261
觀測期間資料蒐集率	85.81%	83.02%
儀器正常資料蒐集率	88.90%	90.74%

備註 1：應觀測筆數=應觀測時數*取樣頻率，其用以呈現觀測期間應取得之資料數。

備註 2：可觀測筆數=觀測時數*取樣頻率，其扣除儀器異常狀況下，可取得之資料數。

表 3-3 南竿福澳碼頭能見度觀測站新站觀測情形表

(單位：筆)

分析時間	2019-07-26 18:00 ~ 2021-06-30 24:00
觀測頻率	10min
應觀測日數	706
觀測日數	706 (100%)
應觀測時數	16,927
觀測時數	16,455 (97.21%)
應觀測筆數 (備註 1)	101,562
可觀測筆數 (備註 2)	98,730
回傳資料庫筆數	90,125
觀測期間資料蒐集率	88.74%
儀器正常資料蒐集率	91.28%

備註 1：應觀測筆數=應觀測時數*取樣頻率，其用以呈現觀測期間應取得之資料數。

備註 2：可觀測筆數=觀測時數*取樣頻率，其扣除儀器異常狀況下，可取得之資料數。

為檢測資料傳輸穩定性，本計畫利用逐分、逐時、逐日資料傳輸量進行分析，就整體而言，港區能見度觀測資料蒐集率均達 80%以上，具有良好的資料蒐集穩定度，若再按日及按時統計，106 年以後之資料蒐集率約可達 90%以上，如表 3-4。其中在按日統計中，新舊站約有 60%以上之單日蒐集率達 90%，若按時統計，可發現約有 75%以上之小時資料蒐集率達 90%，其代表單日或小時調查資料量具有良好的蒐集穩定度可供後續進行數據分析，另從每日資料筆數時序列圖，圖 3.3 顯示，舊站在 108 年 8 月後之資料傳輸穩定度均維持在 90%以上，而新站資料除 109 年 12 月中下旬有短暫中斷外，其餘時間均維持高穩定

度。然從資料傳輸量分析中，本計畫亦有發現部分時段有重複資料產生（傳輸間隔小於觀測頻率），初步研判其主要因素在於現場電力不穩定造成傳輸設備程式判定異常。

表 3-4 舊站及新站能見度蒐集率之依日及依時統計表

站別 蒐集率分級	舊站 2017-04-18 18:00~2021-06-30 24:00		新站 2019-07-26 18:00~2021-06-30 24:00	
	依日統計	依時統計	依日統計	依時統計
0~30%	68 (4.55%)	1,008 (2.99%)	17 (2.41%)	614 (3.73%)
30~50%	66 (4.42%)	629 (1.87%)	1 (0.14%)	178 (1.08%)
50~80%	184 (12.32%)	3,426 (10.17%)	50 (7.08%)	1,525 (9.28%)
80~90%	182 (12.19%)	1,814 (5.38%)	216 (30.59%)	1,811 (11.02%)
90~100%	993 (66.51%)	26,812 (79.59%)	422 (59.77%)	12,313 (74.89%)

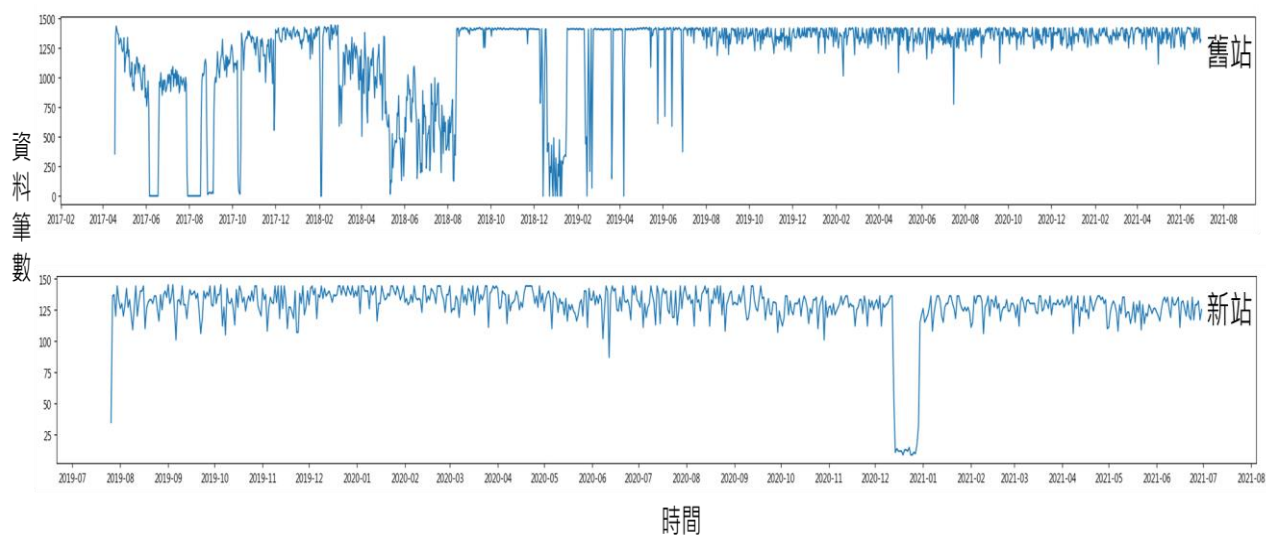


圖 3.3 新舊站每日資料筆數時序列圖

3.2.2 鄰近氣象站資訊介接

為檢核及分析本計畫能見度觀測資料之正確性及代表性，本計畫另蒐集及介接鄰近氣象站之觀測資料，其來源包括：交通部中央氣象局馬祖氣象站及民用航空局南竿機場氣象站之氣象觀測資訊。

氣象局馬祖氣象站係於 103 年 1 月 1 日起開始進行觀測業務，為該局三等氣象站，作業方式採十六小時輪班。在地面氣象觀測部分，該站每日定時實施氣壓、氣溫、風向、風速、濕度、雲、天氣現象、降水、日射、日照、能見度、蒸發量、地溫等氣象要素觀測，其在 104 年起陸續建置閃電落雷、能見度與現在天氣儀、雨滴譜儀等自動觀測儀器作為觀測輔助。其中在能見度觀測數據上，本計畫主要透過該局氣象資料開放平臺（即時資料介接）與民生公共物聯網（歷史資料匯入），完成 106 年 6 月以後之氣象觀測資料，其資料更新頻率為 10 分鐘/筆，並包括風速、風向、溫度、相對溼度、測站氣壓、十分鐘盛行能見度、天氣現象描述、…等 20 項觀測數據。

在南竿機場之航空氣象介接部分，本計畫主要利用民航局飛航服務總臺氣象報文歷史資料，以及「公共運輸整合資訊流通服務平臺」（Public Transport Data eXchange, PTX）提供之航空站即時氣象資訊，其中航空氣象報文係依據世界氣象組織電碼手冊與國際民航組織（ICAO）航空氣象相關文件編譯而成，其主要目的係為整合航空氣象相關資訊，建立航空氣象電碼之使用指南，以提供航空氣象專業人員及非氣象專業人員之電碼使用者參考。航空氣象報文包括 METAR 機場例行天氣報告（依各機場特性，原則以每小時或半小時 1 筆）與 SPECI 機場特別天氣報告，本計畫係透過 Python 自動擷取航空氣象報文，並轉譯存入 MSSQL 資料庫，如圖 3.4，其資料區間為 102 年 1 月迄今，資料欄位包括：METAR 本文、報文種類、機場名稱、觀測時間、風速風向、風向變化、能見度、溫度、露點、氣壓、雲高、風轉向角度、特殊天氣描述、垂直能見度、跑道視程等 15 項主要欄位。其中在能見度部分，依據 WMO 及 ICAO 相關規定，以 10 公里為編報上限值。

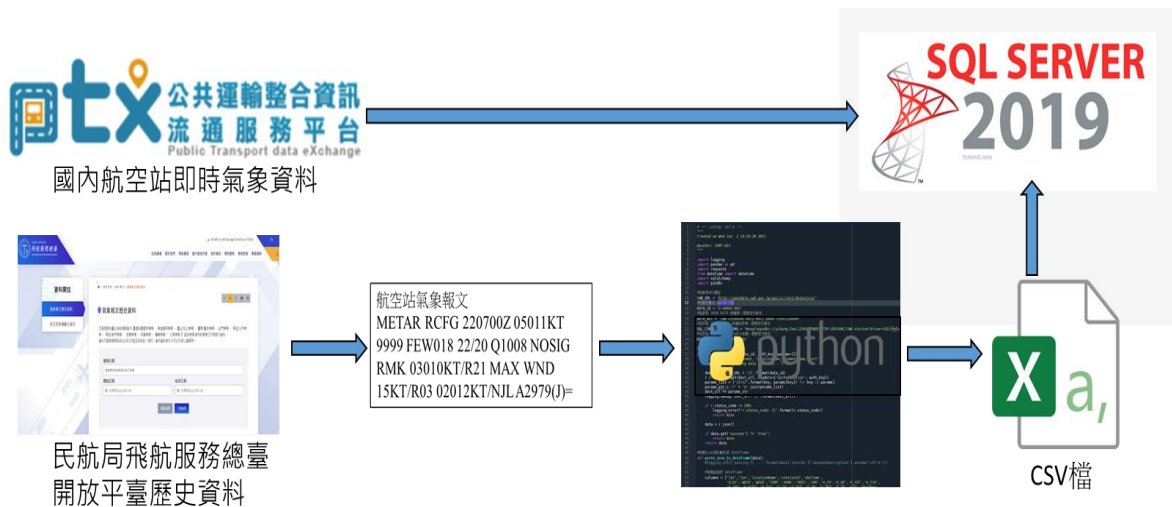


圖 3.4 航空站氣象資料介接流程圖

3.3 資料品管機制

依據國際氣象組織、氣象局與民用航空局等單位在能見度觀測實務上，考量能見度觀測受到整體大氣均勻性影響，單以儀器觀測時容易造成誤判，因此，傳統上仍以人工目視觀測為主要方式，必要時則透過儀器進行輔助，以確保資料可信度。為提升自動觀測效率及效果，本計畫第 2.3 節蒐集 WMO「氣象儀器與觀測方法指南」(WMO-No.8)及美國 IOOS 計畫辦公室之海洋即時資料品保手冊(QARTOD Manual)等資料品管相關文獻，惟目前並無能見度之自動品管程序，因此，本計畫嘗試建立一套港區能見度資料品管機制，以提供相關單位做為自動觀測及資料檢核程序之參據。

參酌 WMO 在氣象品管機制，大致可歸納為：合理測值檢驗、合理變化率檢驗、與其他物理變數之關聯性檢驗、人工檢驗、編碼檢驗。而 QARTOD 的品管機制，則更為客製化及細緻化，惟仍可歸納為：時間連續性檢驗、編碼檢驗、物理與季節及極限值檢驗、變化率檢驗、與其他物理變數或鄰近測站相關性檢驗等。

本計畫將嘗試利用 QARTOD 在風力資料之品管程序，逐一檢視套用在能見度自動觀測之可行性。其主要程序包括：時間（間隔）檢查

(Timing/Gap Test)、傳輸格式及編碼檢查 (Syntax Test)、座標檢查 (Location Test)、儀器或物理現象極限值檢查 (Gross Range Test)、逐月及季節變化合理性檢查 (Climatology Test)、短時距離群值檢查 (Spike Test)、短時距變化率與標準差之檢查 (Rate of Change Test)、連續資料無變化 (或微小) 之檢查 (Flat Line Test)、變數間關聯性檢查 (Multi-Variate Test)、長時間資料變化幅度檢查 (Attenuated Signal Test)、鄰近站相關性檢查 (Neighbor Test) 等 11 項，並將其分為必要性 (Required)、強烈建議 (Strongly Recommended) 與建議性 (Suggested) 等 3 大分組檢驗程序。資料依照檢查程序予以逐一標記，其標記內容可分為：通過 (Pass=1)、無法評估 (Not Evaluated=2)、可疑的 (Suspect=3)、錯誤 (Fail=4) 與缺值 (Missing Data=9)，如圖 3.5。

Flag	Description
Pass=1	Data have passed critical real-time quality control tests and are deemed adequate for use as preliminary data.
Not Evaluated=2	Data have not been QC-tested, or the information on quality is not available.
Suspect or Of High Interest=3	Data are considered to be either suspect or of high interest to data providers and users. They are flagged suspect to draw further attention to them by operators.
Fail=4	Data are considered to have failed one or more critical real-time QC checks. If they are disseminated at all, it should be readily apparent that they are not of acceptable quality.
Missing Data=9	Data are missing; used as a placeholder.

圖片來源：QARTOD Manual

圖 3.5 QARTOD 資料品管手冊標記方式

3.3.1 時間 (間隔) 檢查 (Timing/Gap Test)

本項檢查為即時品管作業，在於確認資料是否有延遲傳送情形，其主要針對資料超過 1 小時以上未進入資料庫，則標記為 Missing Data=9。經統計超過 1 小時以上之 Missing Data 數量，如表 3-5，顯示新舊站通過時間間隔檢查之通過率為 90%以上，另從中斷時間進一步統計如表 3-6 及圖 3.6，新站之平均中斷時間為 1.78 小時，舊站於 106

年 4 月以後之平均中斷時間為 4.02 小時（75 百分位為 2.6 小時），顯示有良好及穩定的觀測品質。

表 3-5 新舊站觀測數據超過 1 小時之 Missing Data 統計

站別	統計時間區間	應觀測筆數 (筆)	超過時間間隔 筆數(筆)	通過率 (%)
舊站	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	129,138	3,193	97.53%
	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00	2,209,380	192,926	91.27%
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	101,562	4,152	95.91%

表 3-6 新舊站觀測中斷之持續時間統計

（單位：小時）

站別	統計時間區間	平均值	標準差	最小值	25 百分位	50 百分位	75 百分位	最大值
舊站	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	39.01	80.87	1.17	1.33	2.00	19.71	282.00
	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00	4.02	18.63	1.02	1.12	1.22	2.60	484.37
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	1.78	0.87	1.00	1.33	1.33	2.05	8.17

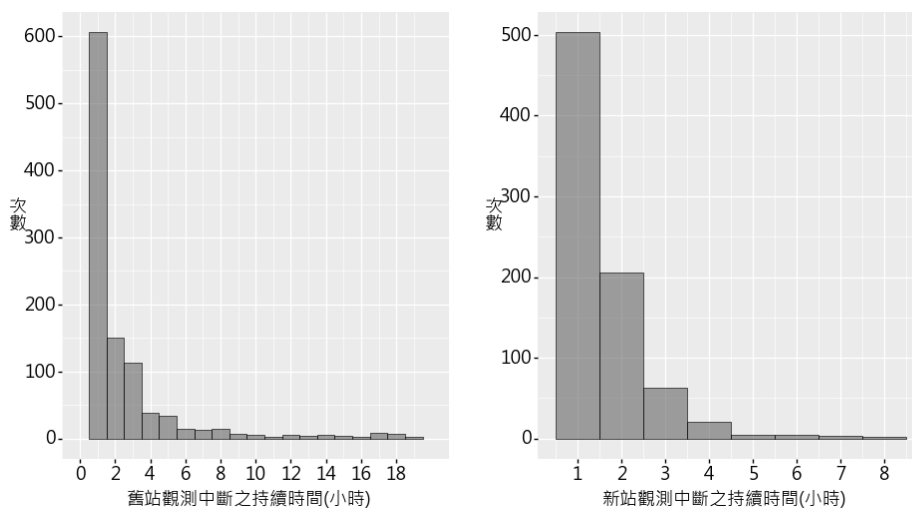


圖 3.6 新舊站觀測中斷持續時間統計圖

3.3.2 傳輸格式及編碼檢查 (Syntax Test)

本項檢查主要在於確認傳輸格式及編碼是否正確，其確認內容包括接收到之數據訊息結構是否正確、預期字符數與接收字符數是否相符。語法檢查僅在訊息級別執行，而不需要確認訊息內容是否正確。本計畫之能見度觀測訊息傳輸方式，係由現場儀器透過 RS232 連接數據機，透過 4G 傳送至接收電腦（雲端主機）進行訊息文字檔儲存及編碼傳送本所資料庫伺服器，其中接收電腦在編碼傳送時，可透過自動化程式確認傳輸格式是否正確。

3.3.3 座標檢查 (Location Test)

本項檢查主要在於確認訊息發送之當前物理位置（緯度/經度）是否在操作員確定的限制範圍內，其檢查內容可包括：座標有效性、位移檢查、座標移動速度的距離限制，其主要用來確認海洋浮標站或移動式觀測儀器是否有效。本計畫建置之能見度觀測系統，為固定式陸地站，並未安裝 GPS 座標系統，爰不適用於本項檢查。

3.3.4 儀器或物理現象極限值檢查 (Gross Range Test)

所有感測器都有一個有限的輸出範圍，可以做為最基本的總範圍檢查。以本計畫採用之能見度觀測儀器來說，馬祖福澳港能見度觀測上下限設定值為 10m~32000m，因此任何小於最小值或大於感測器可以輸出最大值的數值，都可視為錯誤值 (Fail=4)，檢查結果如表 3-7。經檢查超過儀器極限值之數據為 2019-02-14 12:37:00 之能見度觀測數值 999999，經檢視該筆資料與前後一筆資料時間間距均超過 12 小時，係儀器維護保養之儀器調校資料，而未於資料庫刪除。

另外，在本項檢查中，QARTOD 亦提出使用者定義之極限值設定，當數值小於或大於使用者設定極限值範圍，則可標記為可疑數據 (Suspect=3)。

表 3-7 新舊站觀測資料之儀器極限值檢查結果

(單位：筆)

站別	統計時間區間	通過筆數	未通過筆數	通過率
舊站	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	110,806	0	100%
	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00	1,834,260	1	99.99%
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	90,125	0	100%

3.3.5 逐月及季節變化合理性檢查 (Climatology Test)

本項檢查程序是以觀測值之總範圍檢查，並按照每月或季節的變化上下限數值做為檢查依據。這項檢查需使用觀測員在當地長期紀錄及專業知識來確認季節性平均值之適當的閾值。本計畫利用當地所設置能見度長期觀測數值顯示，如圖 3.7，歷年逐月觀測數據均介於 10m~32000m（儀器上下限），觀測時以高能見度為正常現象，低能見度為特殊天氣現象，因此，逐月能見度變動合理範圍幾乎可視為儀器上下限。整體來說，在能見度觀測上，本項檢查程序可與儀器或物理現象極限值檢查（Gross Range Test）合併處理。但從各月份平均值及 25、75 百分位仍有顯著差異，仍可做為港區管理參考依據。

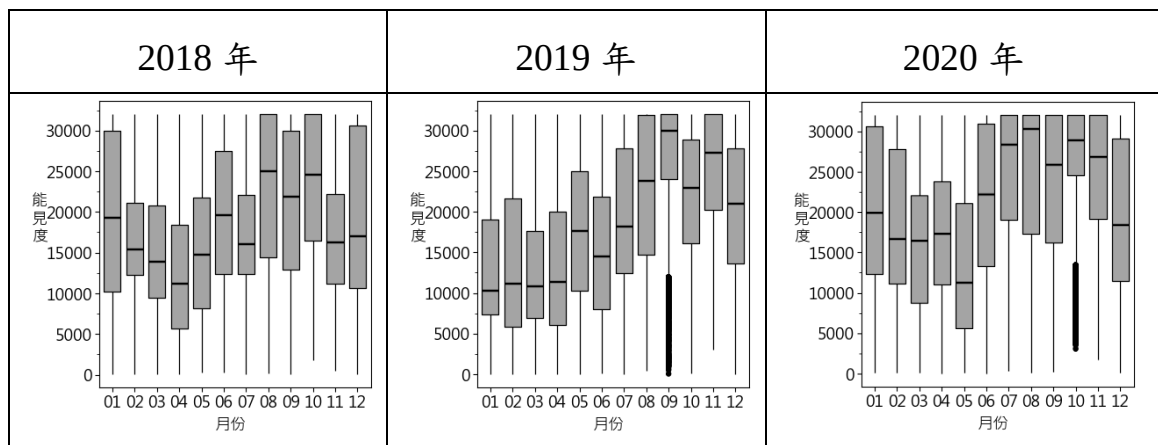


圖 3.7 馬祖福澳港能見度逐月變化圖

3.3.6 短時距離群值檢查 (Spike Test)

本項檢查主要用來確認個別數據之離群值，特別是針對 $n-1$ 處的數值。離群值的檢查可由 2 組不同的閾值進行標記，包括高閾值與低閾值的處理。其檢查程序可透過相鄰數據點 ($n-2$ 和 n_0) 之平均值做為參考點，如果 $n-1$ 與該平均值之差值大於高閾值，則標示為錯誤值 (Fail=4)，如果差值介於高閾值與低閾值之間，則標示為可疑數據 (Suspect=3)。閾值的選擇可以是固定值或動態數值（例如，由操作員選擇時間段內標準偏差之倍數等）。另外 QARTOD 手冊亦建議可利用三階差分進行離群值判定之方法。

閾值的選擇會影響離群值的標定的數量，本研究比較鄰近兩點平均 (QARTOD 建議)、1 小時平均、一階差分、二階差分、及三階差分法 (QARTOD 建議) 在不同閾值下，其被標定之離群值數量如表 3-8、3-9、3-10。從分析結果來看，閾值在 5000m 可以得到不錯的分辨結果，該值約為觀測上限值之 17%，接近儀器觀測誤差（約 20%）。

表 3-8 不同閾值之離群值數量統計表-舊站(2017/04 以前)

(單位：筆)

閾值(m) 方法	3000	4000	5000	6000	7000
鄰近兩點平均	6,483	4,036	2,674	1,905	1,355
1 小時平均	10,196	6,288	4,085	2,777	1,956
一階差分	10,357	6,707	4,620	3,400	2,571
二階差分	16,534	11,547	8,465	6,483	5,065
三階差分	25,625	19,760	15,648	12,691	10,426

表 3-9 不同閾值之離群值數量統計表-舊站(2017/04 以後)

(單位：筆)

閾值(m) 方法	3000	4000	5000	6000	7000
鄰近兩點平均	29,905	15,484	8,892	5,608	3,685
1 小時平均	178,059	112,094	75,098	52,535	37,567
一階差分	50,732	27,670	16,890	11,073	7,669
二階差分	116,513	69,472	44,146	29,905	21,128
三階差分	267,225	180,160	127,108	92,825	69,582

表 3-10 不同閾值之離群值數量統計表-新站

(單位：筆)

閾值(m) 方法	3000	4000	5000	6000	7000
鄰近兩點平均	3,514	2,024	1,313	901	623
1 小時平均	4,636	2,887	1,901	1,301	921
一階差分	5,497	3,358	2,217	1,617	1,211
二階差分	10,618	7,102	4,857	3,514	2,623
三階差分	18,534	14,180	10,969	8,646	6,906

從上述 5 種方法來看，以舊站 110 年 3 月之觀測數據為例（如圖 3.8），1 小時平均法在大氣穩定度較佳時，可獲得較正確的篩選結果，鄰近兩點平均法容易因觀測數據不夠而造成低度篩選結果，而差分法則因差分量隨階數增加，而造成過度篩選。惟值得注意的是，採用 1 小時平均做為閾值篩選時，在觀測頻率為 1 分鐘之舊站（表 3-9），在大氣穩定度較差的狀況下（亦即能見度變動率較高），容易將觀測數據標定為離群值。

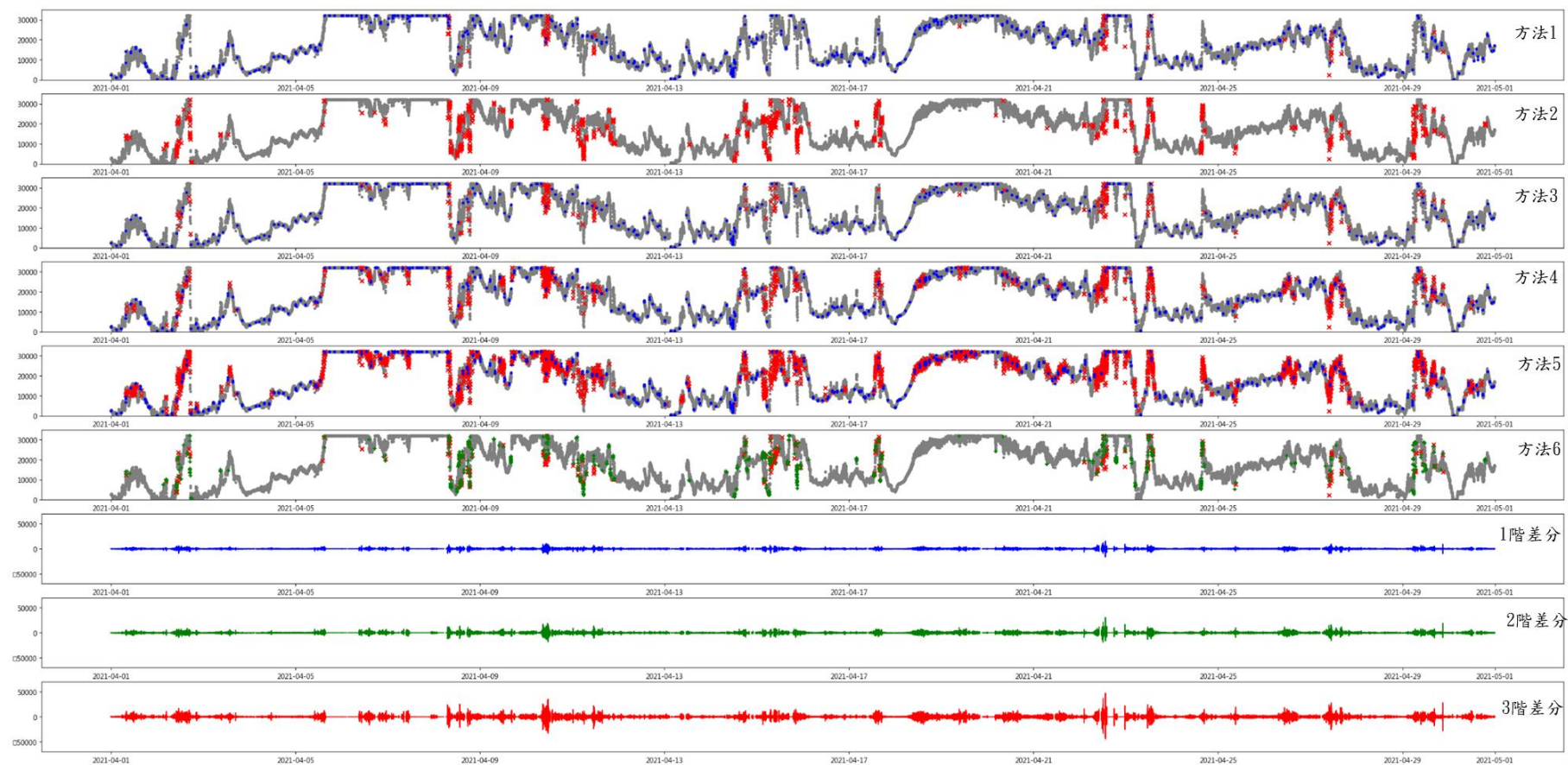


圖 3.8 不同方法之離群值標定分佈圖

考量鄰近兩點平均（方法 1）、一階差分（方法 3）、二階差分（方法 4）及三階差分法（方法 5）等方法，在觀測資料不連續下，其觀測點與各方法之差值為空值，且各方法在不同情境下有其適用優缺點，因此，本研究以 1 小時平均值法（方法 2）做為主要篩選依據，另輔以其他 4 種方法做為標記之參考依據。其綜合評斷方法（方法 6），其標定程序如圖 3.9，在採用閾值為 5000 之分析結果如表 3-11，其未通過率約在 1.22%~2.57%。

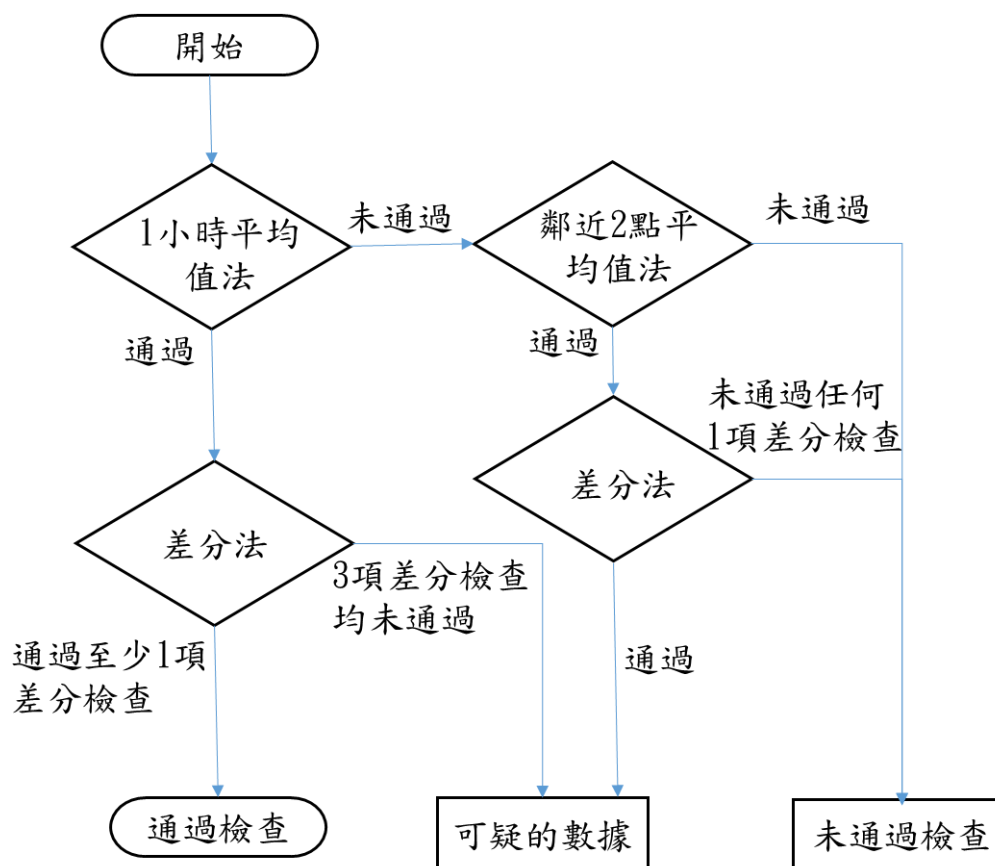


圖 3.9 短時距離群值檢查綜合評斷流程圖

表 3-11 新舊站觀測資料之短時距離群值檢查結果

(單位：筆)

站別	統計時間區間	總筆數	未通過 (Fail=4)	可疑數據 (Suspect=3)	未通過率
舊站	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	110,806	2,854	2,908	2.57%
	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00	1,834,261	22,404	59,206	1.22%
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	90,125	1,462	1,333	1.62%

3.3.7 短時距變化率與標準差之檢查 (Rate of Change Test)

本項檢查主要分析資料在時間序列下之變化率是否超過操作員確定的閾值。QARTOD 手冊建議可透過一定倍數的標準差，來確認觀測數據是否為可疑的數據 (Suspect=3)，一般常用的標準差倍數為 3 倍標準差，而分析時距則可依觀測頻率決定（在海洋觀測上多採用 8 小時做為分析時距）。從新舊站之能見度分析結果顯示，如表 3-12，當分析時距增加，則被標記為可疑的數據亦會增加。另外，能見度變化程度大，且低能見度之發生機率少，能見度觀測數據之分佈曲線具有明顯之偏態，使用標準差進行檢查，容易對低能見度之觀測值過度標定，而造成誤判。

表 3-12 新舊站觀測資料超過 3 倍標準差之可疑資料筆數統計

(單位：筆)

站別	統計時間區間	分析時距			
		1 小時	3 小時	5 小時	8 小時
舊站	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	0	1,241	2,079	2,694
	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00	34,822	50,227	54,995	59,245
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	0	1,356	2,333	3,030

3.3.8 連續資料無變化（或微小）之檢查（Flat Line Test）

一般而言，儀器之觀測數據均會變動，即便在天氣相對穩定下，也會有些微的變化量，因此，當某些感測器出現故障時，可能產生相同數值。本項檢查程序即利用將當前觀察值與前幾筆觀察值進行比較，當觀測值與之前的觀測值在容許差值內，則將該觀測值標記。QARTOD 手冊建議，當觀察值出現連續 5 筆數據均相同（或微小差距時），則標定為錯誤資料（Fail=4），當連續 3 筆數據相同，則標定為可疑的資料（Suspect=3）。

本研究在本項檢查中，採用完全無變化（數據差值為 0）做為檢查依據，檢查結果如表 3-13，可以發現舊站之未通過率僅 0.01%，惟新站部分，因 109 年 3 月前之儀器上限值設為 2000 公尺，測值多未通過檢查，如重新檢查 109 年 3 月以後之資料，則無未通過筆數（可疑數據均為接近上限值之觀測數據）。其中，在舊站 2017 年 4 月前之可疑數據，僅 1 件非屬連續 3 筆觀測上限值，而 2017 年 4 月前之可疑數據，僅 104 件非屬連續 3 筆觀測上限值，而在新站之可疑數據，僅 303 件非屬連續 3 筆觀測上限值。

表 3-13 新舊站連續觀測資料無變化檢查結果

（單位：筆）

站別	統計時間區間	總筆數	無法檢查筆數	未通過 (Fail=4)	可疑數據 (Suspect=3)	未通過率
舊站	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	110,806	1,874	0	7,400	0.00%
	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00	1,834,261	17,935	213	250,157	0.01%
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	90,125	1,514	7,017	4,532	7.92%
	2020-03-01 00:00~ 2021-06-30 24:00	60,989	997	0	4,245	0.00%

3.3.9 變數間關聯性檢查 (Multi-Variate Test)

本項檢查程序主要係利用其他類型並具有相關性之觀測值來檢驗資料的特性，如果觀測數據的變化值與其他具有相關性之資料變化值不一致時，則標記為可疑數據 (Suspect=3)。根據黃惠君 (2007 年)、溫志中 (2009 年)、童茂祥 (2014 年) 等相關文獻，霧氣形成之有利條件如下：

1. 露點為空氣中氣態水凝結成液態水之溫度，當露點溫度越接近氣溫，則有很大機率會形成霧，通常起霧時溫度露點差會在 2°C 以內，且相對溼度在 85% 以上。
2. 空氣與經過之冷表面溫度差大，當地面迅速降溫，使水氣達飽和。
3. 風速中度 (約 1.5~5.5m/s)，帶動空氣流動與交互作用。
4. 常發生於鋒前暖區和高壓迴流。
5. 空氣污染嚴重使得空氣中有足夠的凝結核，形成溼霾。

考量本項檢查需有現地之氣象資料，目前以新站有附設氣象觀測設備，因此本項檢查程序主要係針對新站能見度之數值進行檢查，並以低能見度 (10 公里以下) 之數據，檢視其濕度低於 85%、溫度露點差會在 2°C 以上，且風速高於 5.5 m/s 者，標示為可疑數據，結果如表 3-14。

表 3-14 新站變數關聯性檢查結果

(單位：筆)

站別	統計時間區間	總筆數	可疑數據 (Suspect=3)	占比
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	90,125	5,170	5.73%
	2020-03-01 00:00~ 2021-06-30 24:00	60,989	1,154	1.89%

3.3.10 長時間資料變化幅度檢查 (Attenuated Signal Test)

本項檢查主要在於檢測傳感器故障模式可能產生的資料錯誤，一般以在選定時間段內（例如 12 小時）其資料變化幅度未能超過所設定之變化率。一般可採用標準差或者全距（最大值減最小值）進行檢查，如變化率小於所設定之警示值，則標記為可疑數據（Suspect=3），如變化率小於所設定之門檻值，則標記為錯誤數據，則標定為錯誤資料（Fail=4）。

本研究在本項檢查中，參考儀器測量靈敏度為 1m（或 10m）標準，採用變化率小於 1m 者，標定為錯誤資料（Fail=4），如若變化率大於 1m 且小於 10m 者，標記為可疑數據（Suspect=3）。另為避免在高能見度時，儀器持續觀測到上限值所造成之判定錯誤，未通過變化幅度檢測均標記為可疑數據（Suspect=3）。其檢查結果如表 3-15。

在舊站之可疑數據中，僅有 52 筆屬於非上限值之觀測數據（觀測日期為 2019-04-08），其能見度值約介於 40~90 之間，經調閱相關資料，該日馬祖港區發生嚴重濃霧事件，經研判應該可歸屬於正常觀測數值。在新站之可疑數據中，其能見度值均屬於接近儀器觀測上限值之數據。

表 3-15 新舊站長時間資料變化幅度檢查結果

（單位：筆）

站別	統計時間區間	總筆數	未通過 (Fail=4)	可疑數據 (Suspect=3)	未通過 率	可疑比 例
舊 站	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	110,819	0	1,091	0.00%	0.98%
	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00	1,834,261	0	8,845	0.00%	0.48%
新 站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	90,125	0	15,267	0.00%	16.94%
	2020-03-01 00:00~ 2021-06-30 24:00	60,989	0	2,079	0.00%	3.41%

3.3.11 鄰近站相關性檢查 (Neighbor Test)

本項檢查在最理想的情況下，係透過同一區域 2 組不同儀器來進行檢查，例如，本計畫在馬祖港區設置 2 組能見度儀。一般來說，在成本考量下，同一地點很難設置 2 組儀器進行相同觀測項目，因此，多會利用鄰近區域的相關觀測項目之測站進行相關性檢查，或者利用同一區域之不同觀測項目進行相關性檢查（如第 3.3.9 節之變數間關聯性檢查）。

本計畫於馬祖福澳港區之同一位置設置 2 組能見度儀，其可做為相互驗證，另因新站設置時間較近，爰利用舊站資料進行新站之相關性檢查。在進行檢查之前，因 2 組儀器之取樣頻率不同，因此，本計畫先針對舊站資料進行預處理作業，將每分鐘 1 筆之資料轉換為 10 分鐘 1 筆（取平均值），以利進行比對。為確認 2 組能見度儀器之相關性，本計畫先透過能見度分群確認 2 組數據差值變化率之平均值及標準差，如表 3-16，取得相關性檢查之篩選參數。經比對結果如表 3-17 所示。

表 3-16 新舊站數據差值變化率之平均值及標準差

分組參數值 類別	Group1 (0~1km)	Group2 (1km~10km)	Group3 (10km~)
變化率平均值	0.53	0.49	0.27
變化率標準差	0.44	0.40	0.31

表 3-17 以舊站檢核新站之相關性檢查結果

(單位：筆)

站別	統計時間區間	總筆數	無法檢查 筆數	可疑數據 (Suspect=3)	可疑比例
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	90,125	0	38,745	42.99%
	2020-03-01 00:00~ 2021-06-30 24:00	60,989	0	10,108	16.57%

在 QARTOD 手冊中，鄰近區域的檢查程序，可透過一定時間段（例如 8 小時）之不同儀器之觀測數值標準差進行檢查，利用測站 1 之數值變化量與測站 2 之數值變化量趨勢不一致時，則標記為可疑數據（Suspect=3），亦即當測站 1 之觀測數值與前一筆觀測數據差值大於 2 倍標準差，而測站 2 小於 2 倍標準差時，可視為不一致之現象。

本項檢查程序，將同時比對馬祖氣象站（資料蒐集期間：106 年 6 月迄今）及南竿機場氣象站（資料蒐集期間：102 年 1 月迄今），考量該 2 站資料可能有不一致之情形或無觀測資料之情形，因此，需先確認其觀測結果具有一致性才納入比對，若無法比對者，將先標記為無法檢查案件，檢查流程如圖 3.10 所示。

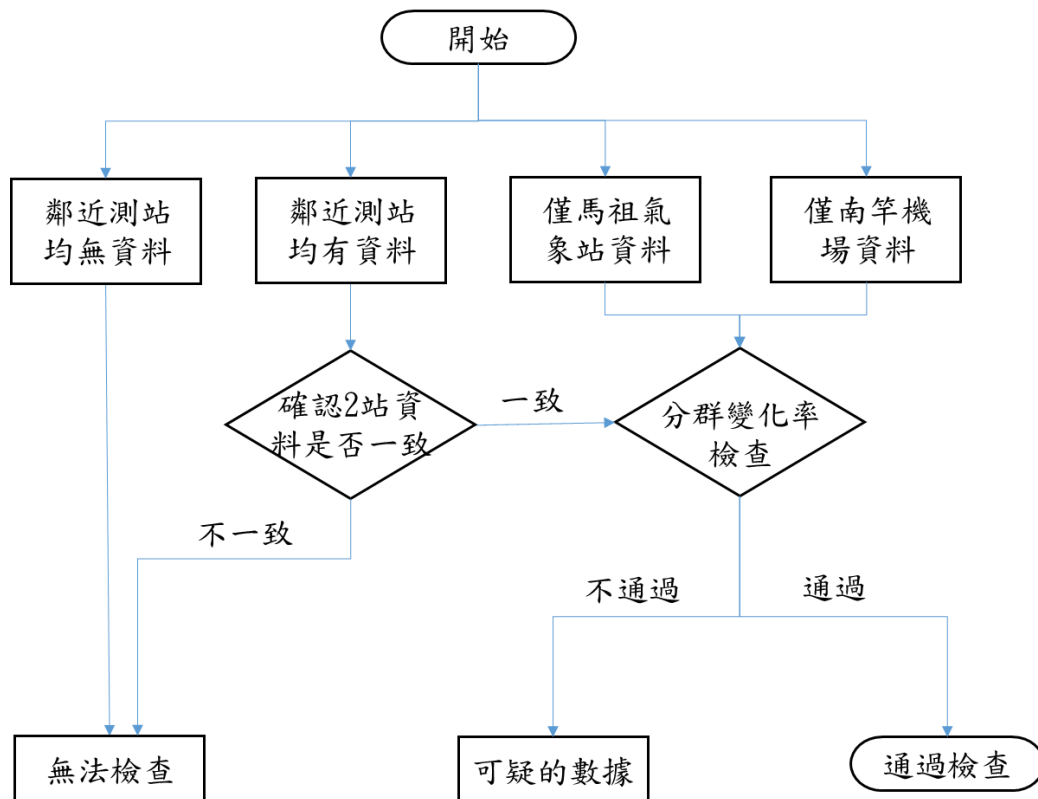


圖 3.10 鄰近站相關性檢查流程圖

經透過能見度分群確認與鄰近站之數據差值變化率平均值及標準差，如表 3-18，取得相關性檢查之篩選參數。經比對結果如表 3-19 所示。經過新舊站相關性比對及鄰近測站比對，可成功將新站 2019-07-26

至 2020-02-28 間錯誤資料篩選出來。另值得注意的是，新站於 2020-10-01 至 2020-12-15 間，有 5,054 筆資料無法通過舊站檢查，其觀測數值有偏低情形，經透過南竿機場資料檢查（該區段無氣象局資料），亦篩選出 816 筆，顯示新站在該區間資料可能有誤，需再進一步進行確認。

表 3-18 新站與鄰近站數據差值變化率之平均值及標準差

分組參數值 類別		Group1 (0~1km)	Group2 (1km~10km)	Group3 (10km~)
馬祖 氣象站	平均值	0.72	0.98	0.44
	標準差	0.65	0.96	0.44
南竿 機場	平均值	0.58	0.84	0.46
	標準差	0.21	0.75	0.17

表 3-19 新舊站與鄰近氣象站相關性檢查結果

（單位：筆）

站別	統計時間區間	總筆數	無法檢查 筆數	可疑數據 (Suspect=3)	可疑比例
舊站	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	110,819	44,516	269	0.41%
	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00	1,834,261	563,669	9,886	0.78%
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	90,125	27,207	16,685	26.52%
	2020-03-01 00:00~ 2021-06-30 24:00	60,989	16,084	1,435	3.20%

3.4 資料品管結果

本計畫參考 QARTOD 在風力資料之品管程序，逐一檢視套用在能見度自動觀測之可行性。其中可適用之程序包括：時間（間隔）檢查（Timing/Gap Test）、傳輸格式及編碼檢查（Syntax Test）、儀器或物理現象極限值檢查（Gross Range Test）、短時距離群值檢查（Spike Test）、短時距變化率與標準差之檢查（Rate of Change Test）、連續資料無變化（或微小）之檢查（Flat Line Test）、變數間關聯性檢查（Multi-Variate Test）、長時間資料變化幅度檢查（Attenuated Signal Test）、鄰近站相關性檢查（Neighbor Test）等 9 項，彙整各項檢查結果如表 3-20。

經第 3.3 節之各項檢查程序，新舊站綜合品管結果如表 3-21。在舊站部分，在 2014-09-07~2017-02-11 之資料區間，不通過率為 2.57%，單一資料被標記 2 次以上之可疑資料比例為 0.85%，在 2017-04-18~2021-06-30 之資料區間，不通過率為 1.23%，單一資料被標記 2 次以上之可疑資料比例為 1.10%。另在新站部分，2020-03-01 前之資料因儀器設定不佳（儀器上限值設定過低）造成通過率偏低，經重新調整設定後之資料區間，不通過率為 2.41%，單一資料被標記 2 次以上之可疑資料比例為 1.77%。2 站品管結果之整體通過率均達 95% 以上。

整體而言，在能見度之品管程序，以 Timing/Gap Test、Syntax Test、Gross Range Test、Spike Test 等 4 項，建議可優先做為儀器觀測數據合理性之檢查程序，其次則為 Multi-Variate Test、Neighbor Test 等 2 項，建議做為資料可信度之檢查程序，並輔以人工檢查判定，其餘 Rate of Change Test、Flat Line Test、Attenuated Signal Test 等 3 項僅適合做為低能見度數據檢查（高能見度時誤判機率高）之參考。

表 3-20 新舊站各項品管結果彙整表

品管標記 檢查項目	舊站					新站				
	flag=1	flag=2	flag=3	flag=4	flag=9	flag=1	flag=2	flag=3	flag=4	flag=9
時間(間隔)檢查(Timing/Gap Test)	91.61%	-	-	-	8.39%	95.91%	-	-	-	4.09%
傳輸格式及編碼檢查(Syntax Test)	100%	-	-	0.00%	-	100%	-	-	0.00%	-
儀器或物理現象極限值檢查(Gross Range Test)	99.99%	-	-	0.00%	-	100%	-	-	0.00%	-
短時距離群值檢查(Spike Test)	95.51%	0.00%	3.19%	1.30%	-	96.90%	0.00%	1.48%	1.62%	-
短時距變化率與標準差之檢查(Rate of Change Test)	98.10%	0.11%	1.79%	-	-	97.48%	2.52%	0.00%	-	-
連續資料無變化(或微小)之檢查(Flat Line Test)	85.73%	1.02%	13.24%	0.01%	-	85.51%	1.68%	5.03%	7.79%	-
變數間關聯性檢查(Multi-Variate Test)	-	-	-	-	-	94.27%	0.00%	5.73%	-	-
長時間資料變化幅度檢查(Attenuated Signal Test)	99.49%	0.00%	0.51%	-	-	83.06	0.00%	16.94	-	-
鄰近站相關性檢查(Neighbor Test)	68.21%	31.27%	0.52%	-	-	51.30%	30.19%	18.51%	-	-

備註：

1. flag 標記方式：通過(Pass=1)、無法評估(Not Evaluated=2)、可疑的(Suspect=3)、錯誤(Fail=4)、缺值(Missing Data=9)
2. (-) 表示檢查項目無進行該項標記程序。

表 3-21 新舊站綜合品管結果

(單位：筆)

站別	統計時間區間	通過	未通過	標記可疑資料次數		
				1 次	2 次	3 次
舊站	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	97,530	2,857	9,697	941	3
	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00	1,480,879	22,623	317,164	19,886	329
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	57,648	8,561	17,236	7,696	40
	2020-03-01 00:00~ 2021-06-30 24:00	52,033	1,481	6,866	1,091	0

第四章 馬祖港域能見度特性分析

馬祖福澳港區之能見度觀測資料，經第三章之時間（間隔）檢查（Timing/Gap Test）、傳輸格式及編碼檢查（Syntax Test）、儀器或物理現象極限值檢查（Gross Range Test）、短時距離群值檢查（Spike Test）、短時距變化率與標準差之檢查（Rate of Change Test）、連續資料無變化（或微小）之檢查（Flat Line Test）、變數間關聯性檢查（Multi-Variate Test）、長時間資料變化幅度檢查（Attenuated Signal Test）、鄰近站相關性檢查（Neighbor Test）等 9 項檢查程序，已將錯誤或可疑之資料予以剔除或標記，並做為本章能見度特性分析之依據。

本章除透過基本統計分析外，亦針對 2021 年上半年馬祖濃霧事件進行個案探討，進一步進行環境因子分析，以瞭解馬祖港域濃霧形成之特性，並提供馬祖港務單位做為港區能見度預警應用之參據。

4.1 觀測資料紀錄

本計畫統計馬祖福澳港區能見度觀測儀之觀測紀錄，新、舊站之各月份觀測天數、觀測時數、觀測資料筆數及通過資料品管筆數，如表 4-1、4-2 所示。

在新站部分，考量 2020 年 3 月前之儀器設定有誤，爰不納入統計。經統計結果顯示，除 2020 年 12 月觀測時數較低外，其餘各月份均達 95% 以上，另資料品管通過率亦超過 95%，足可代表各月份之觀測情形。在舊站部分，2018 年 4 月至 2019 年 2 月間觀測時數較低，呈現儀器較不穩定，其餘各月份均達 90% 以上，另資料品管通過率亦達 95%。

表 4-1 馬祖福澳港能見度觀測資料逐月統計表-新站

年-月	應觀測 天數	實際觀測 天數	觀測天數 比例	應觀測 時數	實際觀測 時數	觀測時數 比例	觀測資料 筆數	通過資料 品管筆數	品管 通過率
2020-03	31	31	100.00%	744	736	98.92%	4185	4010	95.82%
2020-04	30	30	100.00%	720	714	99.17%	4038	3924	97.18%
2020-05	31	31	100.00%	744	723	97.18%	3992	3872	96.99%
2020-06	30	30	100.00%	720	705	97.92%	3950	3800	96.20%
2020-07	31	31	100.00%	744	727	97.72%	4046	3954	97.73%
2020-08	31	31	100.00%	744	736	98.92%	4121	4035	97.91%
2020-09	30	30	100.00%	720	704	97.78%	3891	3710	95.35%
2020-10	31	31	100.00%	744	730	98.12%	3907	3851	98.57%
2020-11	30	30	100.00%	720	714	99.17%	3837	3817	99.48%
2020-12	31	31	100.00%	744	514	69.09%	2062	2054	99.61%
2021-01	31	31	100.00%	744	733	98.52%	3928	3884	98.88%
2021-02	28	28	100.00%	672	667	99.26%	3570	3499	98.01%
2021-03	31	31	100.00%	744	738	99.19%	3986	3927	98.52%
2021-04	30	30	100.00%	720	712	98.89%	3851	3816	99.09%
2021-05	31	31	100.00%	744	728	97.85%	3828	3664	95.72%
2021-06	30	30	100.00%	720	710	98.61%	3795	3708	97.71%

表 4-2 馬祖福澳港能見度觀測資料逐月統計表-舊站

年-月	應觀測 天數	實際觀測 天數	觀測天數 比例	應觀測 時數	實際觀測 時數	觀測時數 比例	觀測資料 筆數	通過資料 品管筆數	品管 通過率
2014-09	8	8	100.00%	192	134	69.79%	704	702	99.72%
2014-10	31	31	100.00%	744	744	100.00%	4117	4026	97.79%
2014-11	30	30	100.00%	720	720	100.00%	3993	3936	98.57%
2014-12	31	31	100.00%	744	740	99.46%	4021	3954	98.33%
2015-01	31	31	100.00%	744	744	100.00%	3862	3808	98.60%
2015-02	28	28	100.00%	672	672	100.00%	3517	3482	99.00%
2015-03	31	31	100.00%	744	744	100.00%	3889	3785	97.33%
2015-04	30	30	100.00%	720	720	100.00%	3774	3693	97.85%
2015-05	31	31	100.00%	744	744	100.00%	3921	3834	97.78%
2015-06	30	30	100.00%	720	720	100.00%	3770	3688	97.82%
2015-07	31	31	100.00%	744	744	100.00%	3973	3773	94.97%
2015-08	31	31	100.00%	744	744	100.00%	3902	3789	97.10%
2015-09	30	30	100.00%	720	720	100.00%	3865	3737	96.69%
2015-10	31	31	100.00%	744	744	100.00%	4089	3980	97.33%
2015-11	30	30	100.00%	720	697	96.81%	3546	3455	97.43%
2015-12	31	31	100.00%	744	738	99.19%	3534	3454	97.74%
2016-01	31	31	100.00%	744	744	100.00%	3583	3496	97.57%
2016-02	29	29	100.00%	696	696	100.00%	3345	3258	97.40%

表 4-2 馬祖福澳港能見度觀測資料逐月統計表-舊站(續 1)

年-月	應觀測 天數	實際觀測 天數	觀測天數 比例	應觀測 時數	實際觀測 時數	觀測時數 比例	觀測資料 筆數	通過資料 品管筆數	品管 通過率
2016-03	31	31	100.00%	744	741	99.60%	3559	3480	97.78%
2016-04	30	30	100.00%	720	720	100.00%	4153	4026	96.94%
2016-05	31	31	100.00%	744	744	100.00%	4232	4130	97.59%
2016-06	30	30	100.00%	720	720	100.00%	4134	3952	95.60%
2016-07	31	31	100.00%	744	744	100.00%	4259	4144	97.30%
2016-08	31	31	100.00%	744	744	100.00%	4256	4165	97.86%
2016-09	30	30	100.00%	720	720	100.00%	4111	3934	95.69%
2016-10	31	29	93.55%	696	673	96.70%	3679	3574	97.15%
2016-11	30	30	100.00%	720	720	100.00%	3800	3669	96.55%
2016-12	31	31	100.00%	744	744	100.00%	3971	3905	98.34%
2017-01	31	31	100.00%	744	744	100.00%	3925	3824	97.43%
2017-02	11	11	100.00%	264	253	95.83%	1335	1312	98.28%
2017-04	13	13	100.00%	312	294	94.23%	16191	16068	99.24%
2017-05	31	31	100.00%	744	744	100.00%	33364	32855	98.47%
2017-06	30	17	56.67%	408	395	96.81%	15074	14874	98.67%
2017-07	31	29	93.55%	696	678	97.41%	27586	27074	98.14%
2017-08	31	14	45.16%	336	273	81.25%	8614	8515	98.85%
2017-09	30	30	100.00%	720	684	95.00%	28746	28034	97.52%

表 4-2 馬祖福澳港能見度觀測資料逐月統計表-舊站(續 2)

年-月	應觀測 天數	實際觀測 天數	觀測天數 比例	應觀測 時數	實際觀測 時數	觀測時數 比例	觀測資料 筆數	通過資料 品管筆數	品管 通過率
2017-10	31	31	100.00%	744	673	90.46%	33336	32880	98.63%
2017-11	30	30	100.00%	720	685	95.14%	35288	34553	97.92%
2017-12	31	31	100.00%	744	744	100.00%	42537	42391	99.66%
2018-01	31	31	100.00%	744	742	99.73%	41742	41267	98.86%
2018-02	28	26	92.86%	624	605	96.96%	34780	34715	99.81%
2018-03	31	31	100.00%	744	692	93.01%	33840	33742	99.71%
2018-04	30	30	100.00%	720	645	89.58%	30968	30840	99.59%
2018-05	31	31	100.00%	744	405	54.44%	16884	16807	99.54%
2018-06	30	30	100.00%	720	476	66.11%	19981	19621	98.20%
2018-07	31	31	100.00%	744	466	62.63%	18184	18022	99.11%
2018-08	31	31	100.00%	744	606	81.45%	32072	30872	96.26%
2018-09	30	30	100.00%	720	717	99.58%	41944	41323	98.52%
2018-10	31	31	100.00%	744	744	100.00%	43651	43197	98.96%
2018-11	30	30	100.00%	720	718	99.72%	42152	41586	98.66%
2018-12	31	27	87.10%	648	446	68.83%	25203	24337	96.56%
2019-01	31	28	90.32%	672	442	65.77%	25268	25133	99.47%
2019-02	28	28	100.00%	672	536	79.76%	31014	30163	97.26%
2019-03	31	31	100.00%	744	711	95.56%	41600	41367	99.44%
2019-04	30	29	96.67%	696	685	98.42%	40010	39679	99.17%

表 4-2 馬祖福澳港能見度觀測資料逐月統計表-舊站(續 3)

年-月	應觀測 天數	實際觀測 天數	觀測天數 比例	應觀測 時數	實際觀測 時數	觀測時數 比例	觀測資料 筆數	通過資料 品管筆數	品管 通過率
2019-05	31	31	100.00%	744	732	98.39%	42455	42111	99.19%
2019-06	30	30	100.00%	720	670	93.06%	39157	38651	98.71%
2019-07	31	31	100.00%	744	744	100.00%	43289	42470	98.11%
2019-08	31	31	100.00%	744	743	99.87%	42019	41466	98.68%
2019-09	30	30	100.00%	720	717	99.58%	40763	40265	98.78%
2019-10	31	31	100.00%	744	740	99.46%	42161	41768	99.07%
2019-11	30	30	100.00%	720	711	98.75%	39750	39389	99.09%
2019-12	31	31	100.00%	744	743	99.87%	42676	42204	98.89%
2020-01	31	31	100.00%	744	741	99.60%	42453	42102	99.17%
2020-02	29	29	100.00%	696	694	99.71%	38999	38677	99.17%
2020-03	31	31	100.00%	744	741	99.60%	41908	41488	99.00%
2020-04	30	30	100.00%	720	718	99.72%	41037	40724	99.24%
2020-05	31	31	100.00%	744	739	99.33%	41962	41416	98.70%
2020-06	30	30	100.00%	720	718	99.72%	40404	39892	98.73%
2020-07	31	31	100.00%	744	740	99.46%	40932	40308	98.48%
2020-08	31	31	100.00%	744	741	99.60%	41748	41148	98.56%
2020-09	30	30	100.00%	720	717	99.58%	41281	40205	97.39%
2020-10	31	31	100.00%	744	742	99.73%	42199	41803	99.06%

表 4-2 馬祖福澳港能見度觀測資料逐月統計表-舊站(續 4)

年-月	應觀測 天數	實際觀測 天數	觀測天數 比例	應觀測 時數	實際觀測 時數	觀測時數 比例	觀測資料 筆數	通過資料 品管筆數	品管 通過率
2020-11	30	30	100.00%	720	717	99.58%	40673	40320	99.13%
2020-12	31	31	100.00%	744	740	99.46%	41770	41250	98.76%
2021-01	31	31	100.00%	744	741	99.60%	42188	41830	99.15%
2021-02	28	28	100.00%	672	671	99.85%	38005	37670	99.12%
2021-03	31	31	100.00%	744	743	99.87%	42418	42203	99.49%
2021-04	30	30	100.00%	720	720	100.00%	41325	41062	99.36%
2021-05	31	31	100.00%	744	742	99.73%	41824	40996	98.02%
2021-06	30	30	100.00%	720	718	99.72%	40818	40293	98.71%

4.2 能見度資料分析

依照 WMO 電碼手冊 (WMO-No.306) 第 1.1 卷 Part A 規範，其能見度觀測可分為 50 公尺以下、50~200 公尺、200~500 公尺、500~1000 公尺、1~2 公里、2~4 公里、4~10 公里、10~20 公里、20~50 公里，以及 50 公里以上等 10 個級距，如表 4-3。

表 4-3 WMO 能見度分級代碼表

Code figure	Height of base of significant cloud in metres	Visibility in metres	Wind force (Beaufort)	Icing	Turbulence	Squalls	Snow cover in centimetres
0	Less than 50	Less than 50	10	No specification	Not specified	No specification	No snow
1	50-99	50- 199	11	Light	Light	Rain, few	Up to 2
2	100-199	200- 499	12	Moderate	Moderate	Rain, scattered but numerous	Up to 5
3	200-299	500- 999	3	Severe	Severe	Rain, very numerous	Up to 10
4	300-599	1 000- 1 999	4	Light	Light	Snow, few	Up to 15
5	600-999	1 000- 3 999	5	Moderate	Moderate	Snow, scattered but numerous	Up to 25
6	1 000-1 499	4 000- 9 999	6	Severe	Severe	Rain and snow mixed, few	Up to 50
7	1 500-1 999	10 000-19 999	7			Rain and snow mixed, few	Up to 100
8	2 000-2 499	20 000-49 999	8			Rain and snow, scattered but numerous	Up to 200
9	2 500 or more, or no clouds	50 000 or more	9			Rain and snow, very numerous	200 or more

Note: When $w_e = 8$ = saturation, 0 shall be reported for i.

資料來源：WMO, Manual on Codes (WMO-No. 306), Volume I.1,Part A.

經統計新站及舊站各月份能見度觀測之平均值、標準差、最小值、25 百分位、50 百分位、75 百分位及最大值，如表 4-4 及 4-5 所示，盒鬚圖如圖 4.1~4.3 所示，各級能見度之聯合機率分佈，如表 4-6 及 4-7 所示。整體而言，每年 3~5 月之能見度值相對較低，其主要係受到平流霧影響，低能見度（低於 2 公里者）發生比例，如圖 4.4 所示，一般以 4 月份發生比例最高（約佔該月份 4~6%），另 11、12 及 1 月亦有一定機率會出現低能見度之情形（約 1~2%），其可能原因為空氣品質不佳或鋒面造成，惟需進一步蒐集空氣品質測站資料進行驗證。

表 4-4 馬祖福澳港能見度觀測資料逐月基本統計表-新站

年-月	資料筆數	平均值	標準差	最小值	25 百分位	50 百分位	75 百分位	最大值
2020-03	4,010	15,144	8,093	42	8,131	15,082	21,267	29,851
2020-04	3,924	18,911	7,923	796	12,525	18,499	26,447	29,999
2020-05	3,872	16,959	9,299	78	8,785	15,817	26,592	30,000
2020-06	3,800	23,969	6,828	1,613	18,596	26,846	29,984	30,000
2020-07	3,954	27,261	5,333	531	26,727	29,991	30,000	30,000
2020-08	4,035	26,503	6,060	5,653	24,656	30,000	30,000	30,000
2020-09	3,710	25,938	6,148	444	22,781	29,932	29,982	30,000
2020-10	3,851	19,937	7,303	911	15,635	20,581	25,346	30,000
2020-11	3,817	18,241	9,659	10	9,747	18,090	29,392	29,974
2020-12	2,054	14,448	8,963	1,046	6,507	11,858	21,921	29,801
2021-01	3,884	17,665	6,019	1,001	13,260	17,162	21,702	29,927
2021-02	3,499	18,180	7,808	1,594	11,782	17,309	25,059	29,974
2021-03	3,927	13,522	5,877	83	9,480	13,511	17,059	29,852
2021-04	3,816	13,893	6,356	77	9,843	13,059	18,274	29,934
2021-05	3,664	18,185	7,861	254	12,152	16,995	25,486	30,000
2021-06	3,708	18,633	6,160	2,754	14,009	17,659	23,365	30,000

表 4-5 馬祖福澳港能見度觀測資料逐月基本統計表-舊站

年-月	資料筆數	平均值	標準差	最小值	25 百分位	50 百分位	75 百分位	最大值
2014-09	702	11,800	3,249	12	10,000	12,146	13,953	20,690
2014-10	4,026	17,119	7,573	2,681	10,601	16,484	22,222	32,000
2014-11	3,936	19,802	9,622	10	11,278	18,868	31,579	32,000
2014-12	3,954	20,924	7,776	27	14,706	21,127	27,778	32,000
2015-01	3,808	17,171	8,939	-	9,174	16,216	24,390	32,000
2015-02	3,482	13,822	9,853	47	5,792	11,407	21,429	32,000
2015-03	3,785	12,841	8,760	94	6,122	10,135	18,182	32,000
2015-04	3,693	12,817	8,680	20	5,703	11,236	18,634	32,000
2015-05	3,834	10,913	8,223	10	4,702	7,937	15,228	32,000
2015-06	3,688	16,712	8,349	722	9,709	15,544	22,222	32,000
2015-07	3,773	17,174	8,650	83	10,381	15,707	22,901	32,000
2015-08	3,789	16,885	8,855	10	10,309	16,043	23,622	32,000
2015-09	3,737	18,502	9,205	10	10,949	17,857	26,316	32,000
2015-10	3,980	15,574	8,197	666	9,195	13,825	20,979	32,000
2015-11	3,455	16,504	9,516	70	8,746	14,634	24,590	32,000
2015-12	3,454	16,161	8,972	1,206	8,427	15,190	22,727	32,000
2016-01	3,496	13,355	9,598	227	6,536	9,852	16,667	32,000
2016-02	3,258	16,746	8,886	132	9,502	15,228	24,390	32,000
2016-03	3,480	13,790	7,591	123	7,958	12,500	17,964	32,000

表 4-5 馬祖福澳港能見度觀測資料逐月基本統計表-舊站(續 1)

年-月	資料筆數	平均值	標準差	最小值	25 百分位	50 百分位	75 百分位	最大值
2016-04	4,026	13,170	9,002	169	6,554	10,417	18,634	32,000
2016-05	4,130	13,747	8,165	114	7,092	12,097	19,481	32,000
2016-06	3,952	19,975	9,183	1,489	12,245	18,750	30,612	32,000
2016-07	4,144	23,786	7,332	105	18,750	25,000	30,928	32,000
2016-08	4,165	25,399	6,380	723	20,690	26,087	32,000	32,000
2016-09	3,934	22,218	8,251	20	17,241	23,077	29,412	32,000
2016-10	3,574	17,466	9,563	1,150	8,293	17,045	25,641	32,000
2016-11	3,669	18,227	8,717	30	10,453	18,182	25,210	32,000
2016-12	3,905	16,357	7,613	303	10,714	15,075	21,277	32,000
2017-01	3,824	18,686	9,099	520	10,490	17,964	27,273	32,000
2017-02	1,312	18,913	8,724	2,600	12,987	17,647	26,608	32,000
2017-04	16,068	12,574	9,218	271	4,992	10,345	18,072	32,000
2017-05	32,855	15,027	8,433	18	8,427	13,043	20,270	32,000
2017-06	14,874	15,276	7,997	154	8,955	14,925	20,548	32,000
2017-07	27,074	25,862	7,807	60	20,548	30,612	32,000	32,000
2017-08	8,515	20,641	7,696	559	14,493	18,750	28,302	32,000
2017-09	28,034	23,184	7,289	150	17,647	23,256	31,579	32,000
2017-10	32,880	20,947	8,276	267	14,354	20,270	29,412	32,000
2017-11	34,553	21,140	8,970	958	13,699	22,388	30,000	32,000

表 4-5 馬祖福澳港能見度觀測資料逐月基本統計表-舊站(續 2)

年-月	資料筆數	平均值	標準差	最小值	25 百分位	50 百分位	75 百分位	最大值
2017-12	42,391	17,506	7,660	1,946	11,450	15,873	23,077	32,000
2018-01	41,267	19,370	9,813	361	10,135	19,231	30,000	32,000
2018-02	34,715	16,792	7,079	286	12,295	15,385	21,127	32,000
2018-03	33,742	15,397	8,477	85	9,404	13,889	20,833	32,000
2018-04	30,840	12,225	7,629	60	5,618	11,152	18,405	32,000
2018-05	16,807	15,772	8,966	266	8,152	14,706	21,739	32,000
2018-06	19,621	19,800	8,717	308	12,448	19,608	27,523	32,000
2018-07	18,022	17,467	7,439	61	12,346	16,043	21,898	32,000
2018-08	30,872	22,838	9,420	167	14,634	25,424	32,000	32,000
2018-09	41,323	21,002	8,981	921	12,876	21,898	30,000	32,000
2018-10	43,197	23,220	8,336	1,749	16,575	24,793	32,000	32,000
2018-11	41,586	17,184	7,978	486	11,152	16,216	22,059	32,000
2018-12	24,337	18,529	10,109	71	10,638	16,854	30,928	32,000
2019-01	25,133	13,584	8,439	2,001	7,371	10,169	18,987	32,000
2019-02	30,163	14,239	11,691	77	5,758	10,949	21,429	999,999
2019-03	41,367	12,967	8,054	60	6,897	10,753	17,647	32,000
2019-04	39,679	13,175	9,040	10	6,073	11,278	19,868	32,000
2019-05	42,111	17,619	9,274	56	10,274	17,647	25,000	32,000
2019-06	38,651	15,316	8,754	72	7,958	14,423	21,898	32,000

表 4-5 馬祖福澳港能見度觀測資料逐月基本統計表-舊站(續 3)

年-月	資料筆數	平均值	標準差	最小值	25 百分位	50 百分位	75 百分位	最大值
2019-07	42,470	19,432	8,820	12	12,448	18,182	28,037	32,000
2019-08	41,466	22,634	8,283	408	14,706	24,000	31,915	32,000
2019-09	40,265	27,348	6,014	60	24,194	30,000	32,000	32,000
2019-10	41,768	21,835	8,072	1,812	16,216	23,077	29,126	32,000
2019-11	39,389	25,463	6,742	3,055	20,408	27,273	32,000	32,000
2019-12	42,204	20,274	8,422	60	13,453	20,408	27,523	32,000
2020-01	42,102	20,266	9,191	131	12,295	19,868	30,612	32,000
2020-02	38,677	18,472	9,281	127	11,152	16,667	27,778	32,000
2020-03	41,488	15,910	8,320	105	8,746	16,393	22,059	32,000
2020-04	40,724	17,547	8,189	147	11,029	17,341	23,810	32,000
2020-05	41,416	13,826	9,765	87	5,556	11,111	20,833	32,000
2020-06	39,892	21,352	8,869	60	13,333	22,388	30,928	32,000
2020-07	40,308	25,039	8,182	305	19,108	28,571	32,000	32,000
2020-08	41,148	24,804	8,799	299	17,442	30,612	32,000	32,000
2020-09	40,205	23,686	8,570	239	16,304	26,087	32,000	32,000
2020-10	41,803	27,335	5,248	3,043	24,590	28,846	32,000	32,000
2020-11	40,320	24,434	7,894	1,729	19,231	26,786	32,000	32,000
2020-12	41,250	19,652	9,543	70	11,719	18,868	29,703	32,000
2021-01	41,830	18,690	8,199	913	12,448	17,341	25,424	32,000

表 4-5 馬祖福澳港能見度觀測資料逐月基本統計表-舊站(續 4)

年-月	資料筆數	平均值	標準差	最小值	25 百分位	50 百分位	75 百分位	最大值
2021-02	37,670	16,211	9,280	60	8,086	14,354	24,194	32,000
2021-03	42,203	14,990	7,936	60	8,798	14,563	20,270	32,000
2021-04	41,062	17,448	9,870	76	9,009	16,949	26,316	32,000
2021-05	40,996	18,970	9,116	60	11,152	19,481	26,786	32,000
2021-06	40,293	20,039	7,754	485	14,218	20,000	26,316	32,000

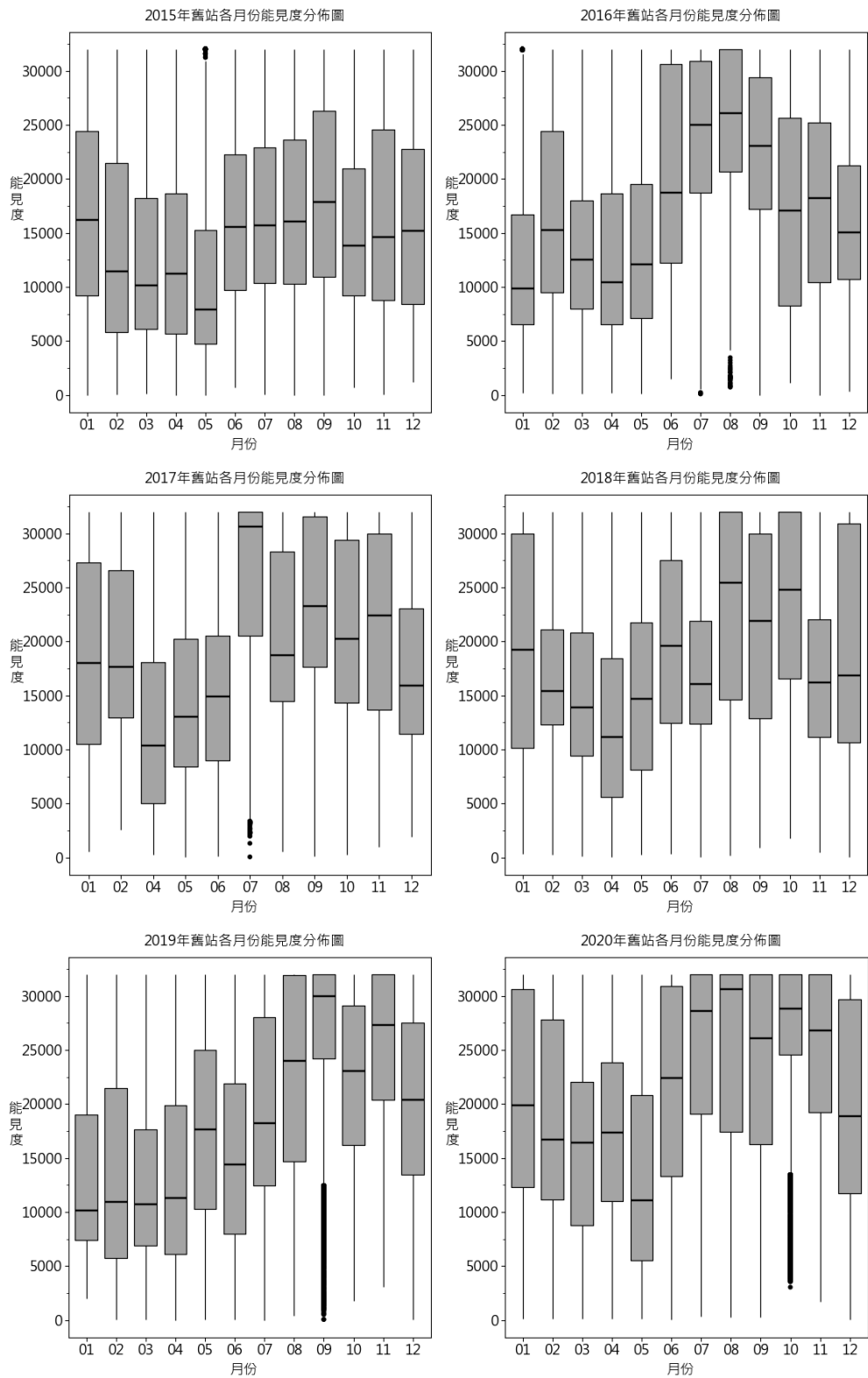


圖 4.1 舊站 2015~2020 年能見度分佈圖

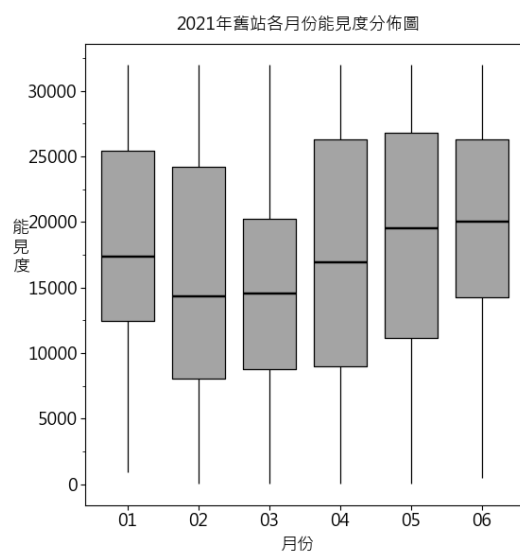


圖 4.2 舊站 2021 年 1~6 月能見度分佈圖

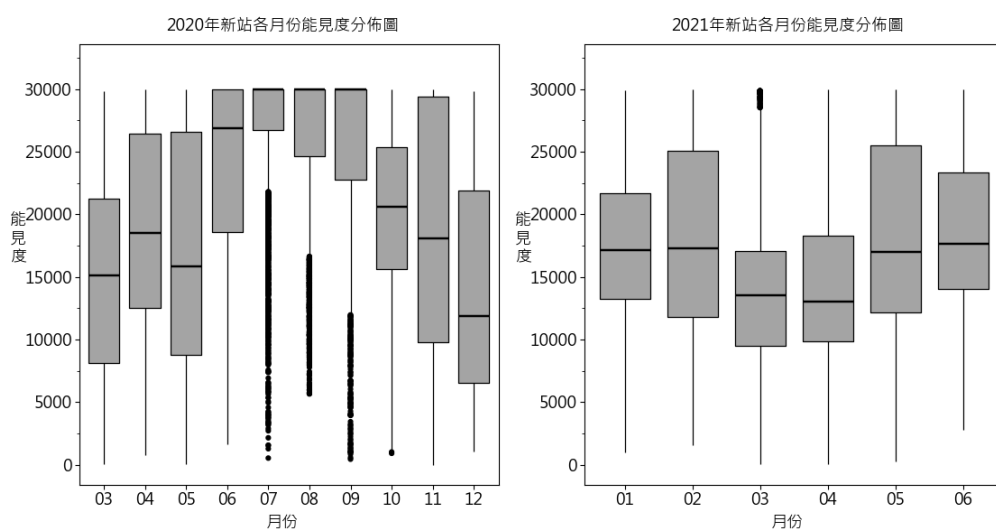


圖 4.3 新站 2020 年 3 月至 2021 年 6 月能見度分佈圖

表 4-6 馬祖福澳港各級能見度聯合機率分佈-新站

(單位：%)

年-月	code_0	code_1	code_2	code_3	code_4	code_5	code_6	code_7	code_8	code_9
能見度值	0~50m	50~99m	100~199m	500~999m	1~2km	2~4 km	4~10 km	10~20 km	20~50 km	50km~
2020-03	0.02	0.20	0.20	0.32	1.37	5.94	24.49	37.46	30.00	0.00
2020-04	0.00	0.00	0.00	0.05	0.15	1.55	13.43	40.80	44.01	0.00
2020-05	0.00	0.18	0.13	0.18	1.06	4.57	22.96	32.85	38.07	0.00
2020-06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.42	3.42	25.26	70.87	0.00
2020-07	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08	0.40	1.62	8.42	89.45	0.00
2020-08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91	15.96	82.13	0.00
2020-09	0.00	0.00	0.03	0.08	0.38	0.38	2.16	14.64	82.35	0.00
2020-10	0.00	0.00	0.00	0.03	1.27	4.28	3.53	37.52	53.36	0.00
2020-11	0.29	0.13	0.29	0.37	0.94	4.17	19.52	28.45	45.85	0.00
2020-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	7.16	35.35	26.10	30.53	0.00
2021-01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.33	8.81	57.36	33.44	0.00
2021-02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	1.31	15.32	43.64	39.58	0.00
2021-03	0.00	0.36	0.66	0.61	0.97	2.34	22.51	61.57	10.98	0.00
2021-04	0.00	0.37	0.47	0.92	1.21	2.38	20.81	55.11	18.74	0.00
2021-05	0.00	0.00	0.14	0.14	0.11	1.12	15.42	44.16	38.92	0.00
2021-06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	6.47	54.83	38.59	0.00

表 4-7 馬祖福澳港各級能見度聯合機率分佈-舊站

(單位：%)

年-月	code_0	code_1	code_2	code_3	code_4	code_5	code_6	code_7	code_8	code_9
能見度值	0~50m	50~99m	100~199m	500~999m	1~2km	2~4 km	4~10 km	10~20 km	20~50 km	50km~
2014-09	0.28	0.00	0.00	1.28	0.28	0.00	23.36	74.64	0.14	0.00
2014-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	21.34	43.96	34.38	0.00
2014-11	0.03	0.00	0.00	0.20	0.36	1.78	16.77	33.82	47.05	0.00
2014-12	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	10.45	34.42	54.86	0.00
2015-01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05	2.23	25.85	34.52	37.30	0.00
2015-02	0.03	1.26	0.55	0.40	2.90	11.69	29.04	26.71	27.43	0.00
2015-03	0.00	0.26	0.77	0.92	1.64	8.08	37.97	29.35	21.00	0.00
2015-04	0.05	1.44	1.14	0.97	2.63	8.10	31.44	32.49	21.74	0.00
2015-05	0.03	0.76	0.05	0.34	1.88	15.96	39.75	26.00	15.23	0.00
2015-06	0.00	0.00	0.00	0.08	0.16	1.33	25.22	41.68	31.53	0.00
2015-07	0.00	0.16	0.19	0.21	0.56	1.56	21.15	42.94	33.24	0.00
2015-08	0.05	0.21	0.34	0.48	1.58	4.22	17.08	42.39	33.65	0.00
2015-09	0.03	0.05	0.13	0.27	0.80	2.76	17.05	36.77	42.15	0.00
2015-10	0.00	0.00	0.00	0.05	0.73	2.96	26.66	42.19	27.41	0.00
2015-11	0.00	1.13	0.69	0.43	1.13	4.08	22.58	35.40	34.56	0.00
2015-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	3.65	29.13	32.66	33.76	0.00
2016-01	0.00	0.00	0.34	0.46	1.89	7.44	41.30	26.20	22.37	0.00
2016-02	0.00	0.18	0.52	0.15	0.83	4.08	21.49	34.38	38.37	0.00

表 4-7 馬祖福澳港各級能見度聯合機率分佈-舊站(續 1)

(單位：%)

年-月	code_0	code_1	code_2	code_3	code_4	code_5	code_6	code_7	code_8	code_9
能見度值	0~50m	50~99m	100~199m	500~999m	1~2km	2~4 km	4~10 km	10~20 km	20~50 km	50km~
2016-03	0.00	0.11	0.34	0.23	0.69	4.43	31.64	43.79	18.76	0.00
2016-04	0.00	0.02	0.84	0.77	1.94	8.32	35.52	30.25	22.33	0.00
2016-05	0.00	0.27	0.48	0.58	1.23	6.85	28.67	38.28	23.63	0.00
2016-06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.91	16.32	36.21	46.51	0.00
2016-07	0.00	0.07	0.02	0.02	0.07	0.17	3.98	25.84	69.81	0.00
2016-08	0.00	0.00	0.00	0.12	0.34	0.22	0.77	20.77	77.79	0.00
2016-09	0.03	0.05	0.48	0.48	0.94	0.86	7.98	23.11	66.07	0.00
2016-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	3.75	27.73	27.81	40.51	0.00
2016-11	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	2.21	21.04	35.35	41.35	0.00
2016-12	0.00	0.00	0.10	0.05	0.13	2.25	18.67	50.12	28.68	0.00
2017-01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.81	22.02	33.94	43.17	0.00
2017-02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	17.00	40.47	42.00	0.00
2017-04	0.00	0.00	0.30	1.23	5.93	11.62	29.67	30.74	20.51	0.00
2017-05	0.01	0.06	0.05	0.15	0.67	3.35	29.60	40.45	25.66	0.00
2017-06	0.00	0.01	0.09	0.40	1.72	5.91	20.10	45.00	26.76	0.00
2017-07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.42	4.82	18.66	76.10	0.00
2017-08	0.00	0.00	0.00	0.09	0.08	0.12	4.94	50.87	43.89	0.00
2017-09	0.00	0.02	0.06	0.05	0.09	0.23	3.75	32.57	63.22	0.00

表 4-7 馬祖福澳港各級能見度聯合機率分佈-舊站(續 2)

(單位：%)

年-月	code_0	code_1	code_2	code_3	code_4	code_5	code_6	code_7	code_8	code_9
能見度值	0~50m	50~99m	100~199m	500~999m	1~2km	2~4 km	4~10 km	10~20 km	20~50 km	50km~
2017-10	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	1.16	8.77	39.28	50.74	0.00
2017-11	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	1.40	14.31	26.56	57.63	0.00
2017-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	18.44	46.24	35.17	0.00
2018-01	0.00	0.00	0.02	0.09	0.12	1.85	22.52	28.07	47.32	0.00
2018-02	0.00	0.00	0.12	0.35	0.15	0.84	13.84	56.81	27.89	0.00
2018-03	0.00	0.87	1.08	0.73	0.90	3.38	22.01	43.72	27.32	0.00
2018-04	0.00	0.66	1.00	1.16	3.71	9.19	28.21	37.33	18.73	0.00
2018-05	0.00	0.00	0.19	0.37	2.06	5.86	25.11	33.08	33.33	0.00
2018-06	0.00	0.00	0.02	0.13	0.50	2.44	11.81	36.52	48.58	0.00
2018-07	0.00	0.19	0.70	0.64	0.24	0.22	11.26	56.08	30.67	0.00
2018-08	0.00	0.01	0.09	0.35	0.63	1.55	9.78	26.15	61.46	0.00
2018-09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	1.05	15.66	26.96	56.28	0.00
2018-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.43	7.55	28.31	63.69	0.00
2018-11	0.00	0.00	0.00	0.03	0.39	2.65	16.39	48.39	32.14	0.00
2018-12	0.00	0.82	1.03	0.71	0.91	2.96	16.28	36.57	40.72	0.00
2019-01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.12	45.85	27.94	23.09	0.00
2019-02	0.00	0.82	1.84	1.26	1.78	8.61	31.57	26.58	27.54	0.00
2019-03	0.00	0.00	0.01	0.30	1.24	6.27	37.31	37.64	17.23	0.00

表 4-7 馬祖福澳港各級能見度聯合機率分佈-舊站(續 3)

(單位：%)

年-月	code_0	code_1	code_2	code_3	code_4	code_5	code_6	code_7	code_8	code_9
能見度值	0~50m	50~99m	100~199m	500~999m	1~2km	2~4 km	4~10 km	10~20 km	20~50 km	50km~
2019-04	0.10	2.61	2.12	1.47	2.82	6.58	29.62	30.15	24.54	0.00
2019-05	0.00	0.57	0.96	1.01	2.04	4.44	15.17	34.75	41.05	0.00
2019-06	0.00	0.38	0.66	0.57	1.42	5.15	25.47	36.29	30.06	0.00
2019-07	0.13	0.07	0.30	0.52	0.63	1.52	10.31	43.73	42.79	0.00
2019-08	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.07	7.26	31.82	60.78	0.00
2019-09	0.00	0.00	0.00	0.02	0.12	0.21	1.13	11.22	87.30	0.00
2019-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.45	8.94	27.27	62.32	0.00
2019-11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.65	22.37	75.96	0.00
2019-12	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	1.09	12.86	34.44	51.56	0.00
2020-01	0.00	0.10	0.21	0.14	0.23	1.07	13.49	35.32	49.44	0.00
2020-02	0.00	0.23	0.70	0.40	1.14	2.57	15.57	38.78	40.61	0.00
2020-03	0.00	0.16	0.36	0.53	1.46	5.15	22.49	35.47	34.38	0.00
2020-04	0.00	0.00	0.01	0.07	0.56	3.57	16.93	39.10	39.75	0.00
2020-05	0.00	0.27	0.30	0.79	2.90	11.64	29.37	28.50	26.23	0.00
2020-06	0.00	0.00	0.00	0.02	0.17	1.36	11.31	31.24	55.90	0.00
2020-07	0.00	0.00	0.04	0.05	0.14	0.89	5.73	20.63	72.53	0.00
2020-08	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.25	8.75	21.42	69.50	0.00
2020-09	0.00	0.00	0.06	0.25	0.33	1.00	5.32	27.43	65.61	0.00

表 4-7 馬祖福澳港各級能見度聯合機率分佈-舊站(續 4)

(單位：%)

年-月	code_0	code_1	code_2	code_3	code_4	code_5	code_6	code_7	code_8	code_9
能見度值	0~50m	50~99m	100~199m	500~999m	1~2km	2~4 km	4~10 km	10~20 km	20~50 km	50km~
2020-10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.80	9.85	89.30	0.00
2020-11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.40	6.60	20.39	72.60	0.00
2020-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	2.41	17.76	32.66	46.48	0.00
2021-01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.05	14.80	44.11	40.02	0.00
2021-02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.94	3.07	28.76	33.84	33.36	0.00
2021-03	0.00	0.36	1.00	0.82	1.33	3.86	23.47	43.43	25.72	0.00
2021-04	0.00	0.54	0.93	1.13	2.02	4.12	19.99	29.91	41.37	0.00
2021-05	0.00	0.05	0.19	0.24	0.75	3.06	17.27	30.22	48.22	0.00
2021-06	0.00	0.00	0.00	0.02	0.09	0.93	10.17	39.20	49.59	0.00



圖 4.4 馬祖地區各月份低能見度發生機率百分比

4.3 低能見度分析

本計畫針對新舊站低能見度（能見度值低於 2000 公尺），進行分月及分時統計其發生比例，如圖 4.5 及圖 4.6 所示。從分析結果顯示，馬祖地區發生低能見度之月份以 3~5 月較高，時間則以凌晨 3~6 時較高，其結果大致與相關文獻相符。

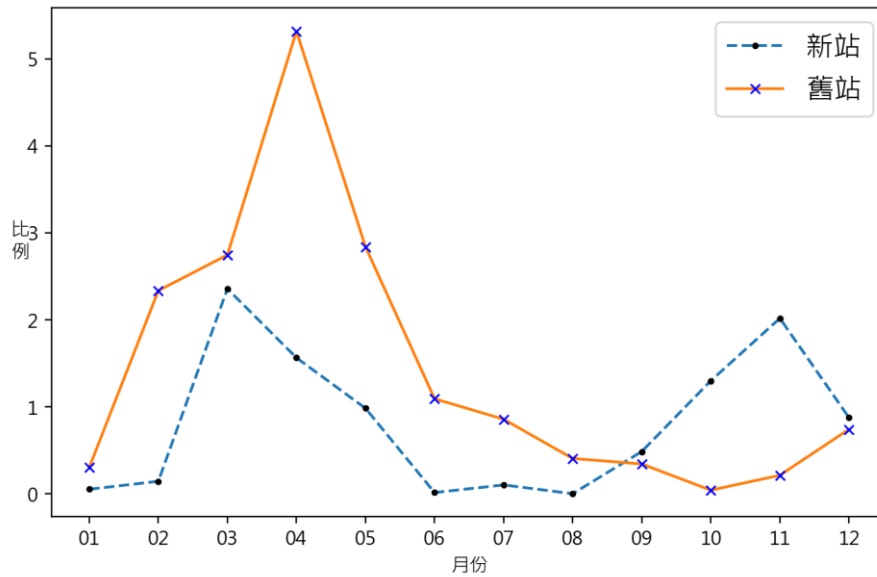


圖 4.5 新舊站低能見度發生比例圖(依月份統計)

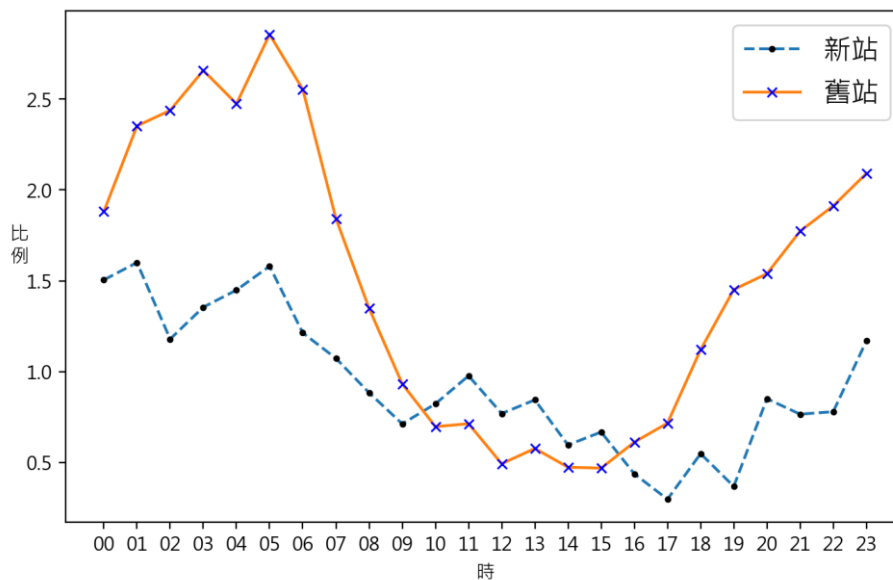


圖 4.6 新舊站低能見度發生比例圖(依時統計)

另外，從近 5 年低能見度延續時間來看（2021 年觀測未滿 1 年，暫不納入統計），如圖 4.7，延續時間多在 1~2 小時以內，值得注意的是，2018 及 2019 年有發生多次超過 4 小時以上之低能見度情形，其總霧時分別為 96 及 141 小時。

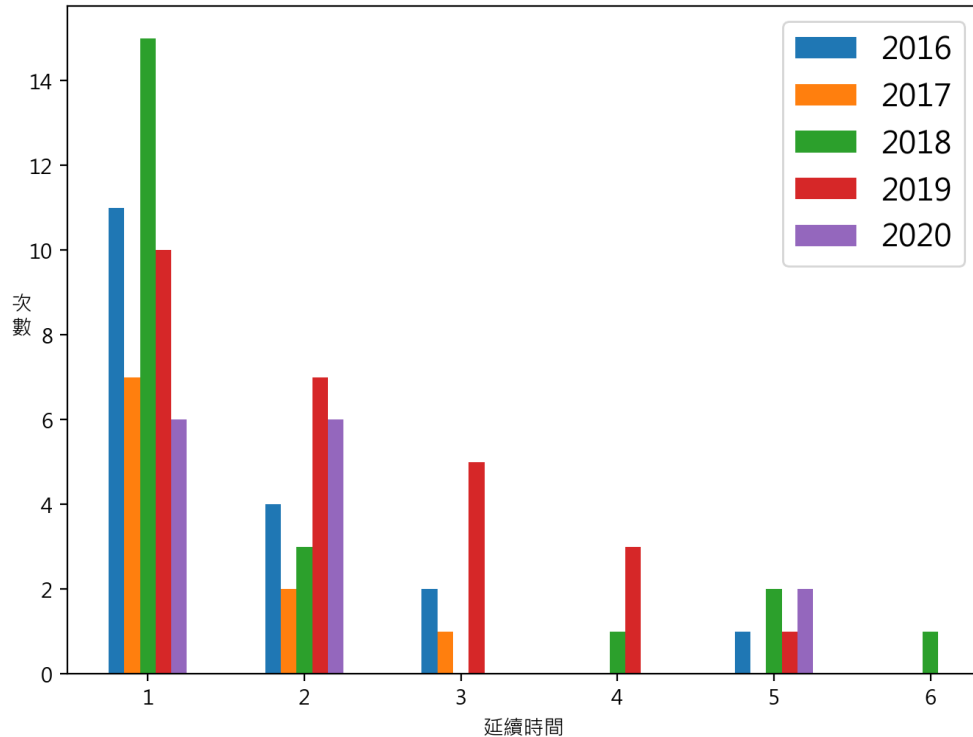


圖 4.7 近 5 年霧時延續時間發生次數直方圖

4.4 案例探討

本計畫針對 2021 年馬祖地區重大之低能見度事件進行個案探討，透過相關環境因子探究其發生成因，濃霧事件說明如下。

1. 2021-3-19~2021-3-20 濃霧事件

本次濃霧事件主要發生在 3 月 19 日 19 時至 21 時，以及 3 月 20 日凌晨 0 時至 1 時及 5 時。其能見度最低達 125 公尺，其低能見度（低於 2 公里）最大延續時間為 3 小時，其中在 3 月 19 日 20 時 0 分至 21 時 40 分之平均能見度均低於 1 公里。從各項環境因子來看，濃霧開始發生時，大氣壓力由 1010 百帕升至 1013 百帕，濕度由 95% 升至 99%

，大氣溫度及露點溫度差由 1°C 降至 0.5°C ，10 分鐘平均風速介於 $0.78\sim 2.68\text{m/s}$ ，風向由西南風逐漸轉向東風，在能見度最低時主要為東風，各項環境觀測數據如圖 4.8 所示。

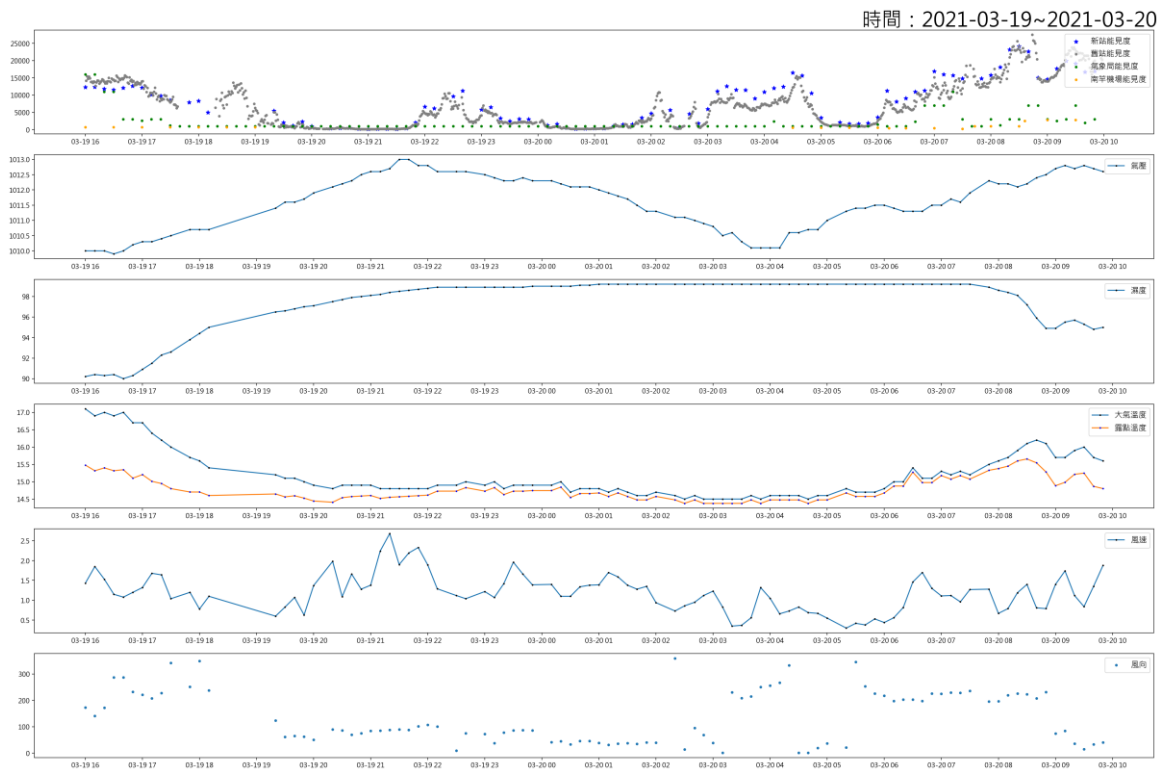


圖 4.8 2021-3-19~2021-3-20 濃霧事件觀測數據圖

2. 2021-3-26~2021-3-27 濃霧事件

本次濃霧事件主要發生在 3 月 26 日 23 時至 3 月 27 日 5 時。其能見度最低達 85 公尺，其低能見度（低於 2 公里）最大延續時間為 6 小時，該時段之平均能見度普遍低於 1 公里（僅部分時段高於 1 公里）。從各項環境因子來看，濃霧開始發生時，大氣壓力由 1015 百帕降至 1013 百帕，濕度由 96% 升至 99%，大氣溫度及露點溫度差由 1°C 降至 0.5°C 以下，10 分鐘平均風速介於 $0.3\sim 1.72\text{m/s}$ ，風向變化大，主要風向為北風，但在能見度最低時主要為西南風，各項環境觀測數據如圖 4.9 所示。

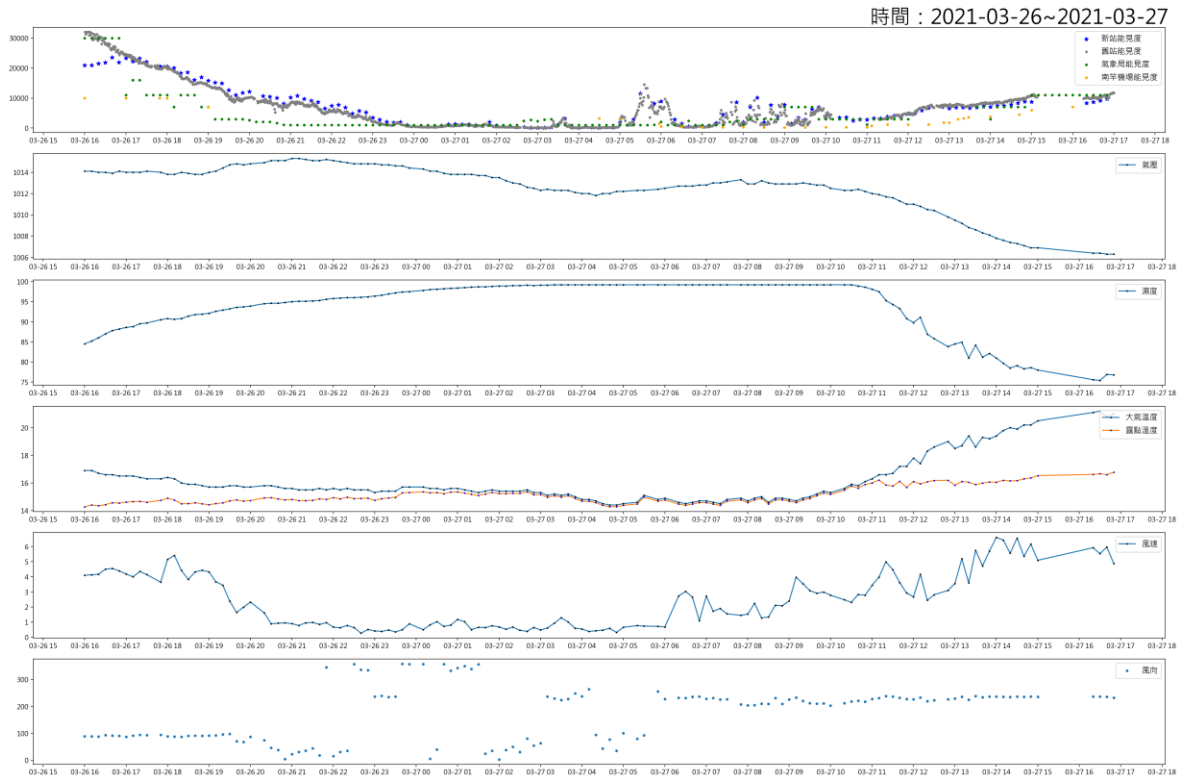


圖 4.9 2021-3-26~2021-3-27 濃霧事件觀測數據圖

3. 2021-3-29~2021-3-30 濃霧事件

本次濃霧事件主要發生在 3 月 29 日 23 時至 3 月 30 日 2 時。其能見度最低達 125 公尺，其低能見度（低於 2 公里）最大延續時間為 3 小時，該時段之平均能見度普遍低於 1 公里（僅部分時段高於 1 公里）。從各項環境因子來看，濃霧開始發生時，大氣壓力由 1005 百帕升至 1007 百帕再降至 1004 百帕（期間能見度值有回升現象），濕度由 95% 升至 99%，大氣溫度及露點溫度差由 1°C 降至 0.2°C 以下，10 分鐘平均風速介於 $0.4\sim 1.25\text{m/s}$ ，風向變化大，主要風向為南風轉向北風，但在能見度最低時主要為北風，各項環境觀測數據如圖 4.10 所示。

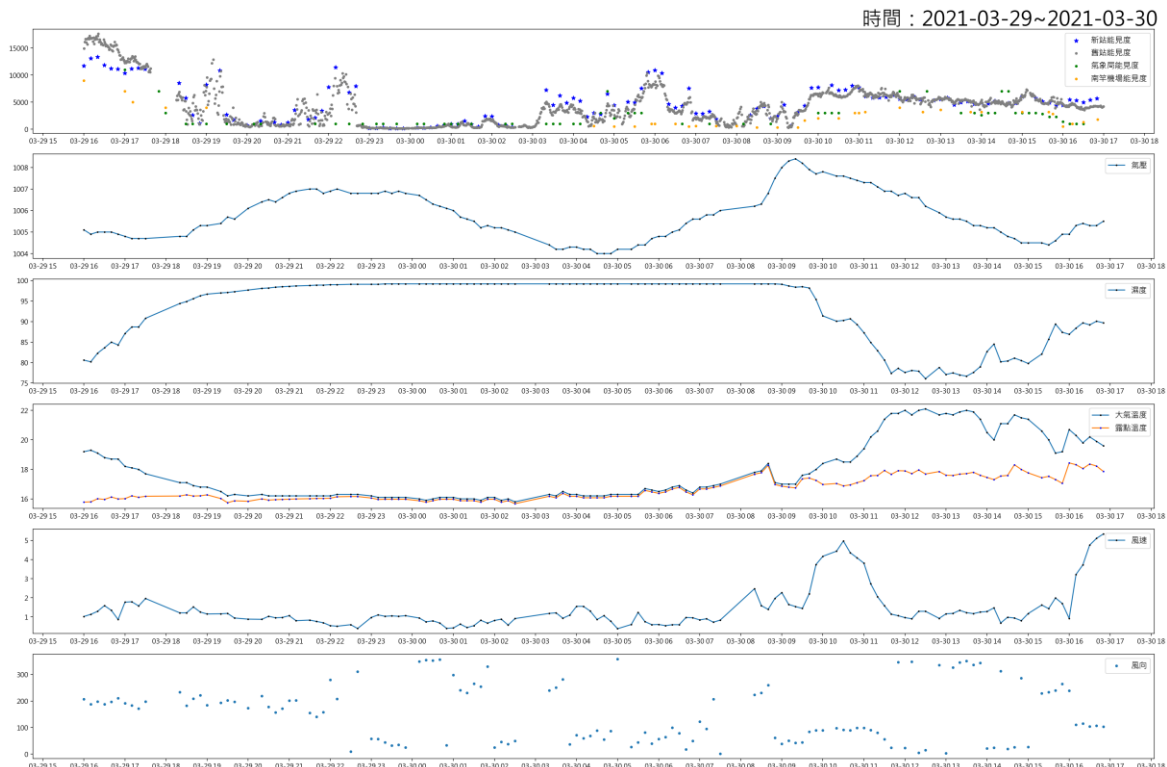


圖 4.10 2021-3-29~2021-3-30 濃霧事件觀測數據圖

4. 2021-4-1~2021-4-3 濃霧事件

本次濃霧事件主要發生在 4 月 1 日至 4 月 3 日多次低能見度之狀況，其可再區分為 3 個事件，包括 4 月 1 日凌晨 0 時至 4 時（能見度介於 1~2 公里間，最大延續時間為 3 小時）、4 月 1 日 21 時至 4 月 2 日 7 時（能見度多低於 1 公里，最大延續時間為 4 小時），以及 4 月 2 日 18 時至 23 時（能見度在 1 公里上下，最大延續時間為 3 小時）。從各項環境因子來看，濃霧開始發生時，除 4 月 1 日凌晨濃霧事件大氣壓力均維持在 1007 百帕外，其餘 2 次濃霧事件之大氣壓力均由 1008 升至 1012 百帕，濕度均維持在 99%，大氣溫度及露點溫度差低於 0.5°C 以下，10 分鐘平均風速介於 0.35~3.63m/s，風向變化以西南風及北風，各項環境觀測數據如圖 4.11 所示。在 4 月 1 日 21 時至 4 月 2 日 7 時為能見度較差之時段，各項環境觀測數據如圖 4.12 所示，其 10 分鐘平均風速介於 0.35~1.88m/s，風向在西風至東北風間變動。

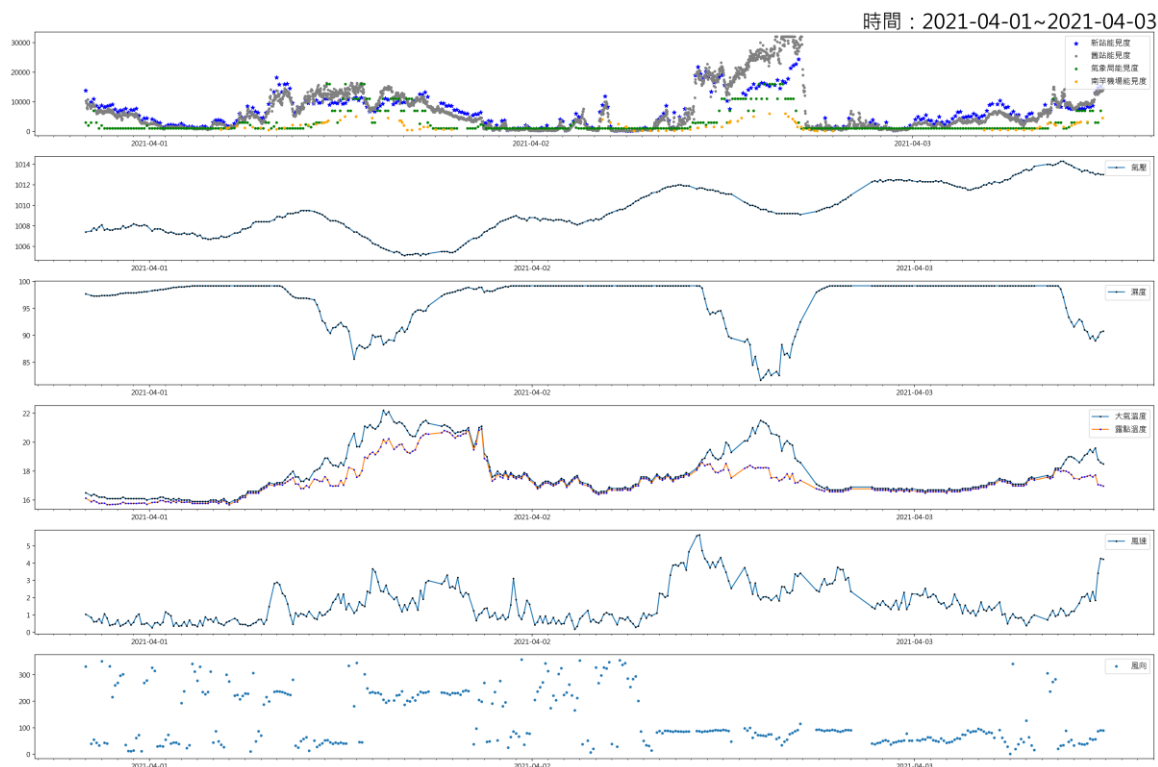


圖 4.11 2021-4-1~2021-4-3 濃霧事件觀測數據圖

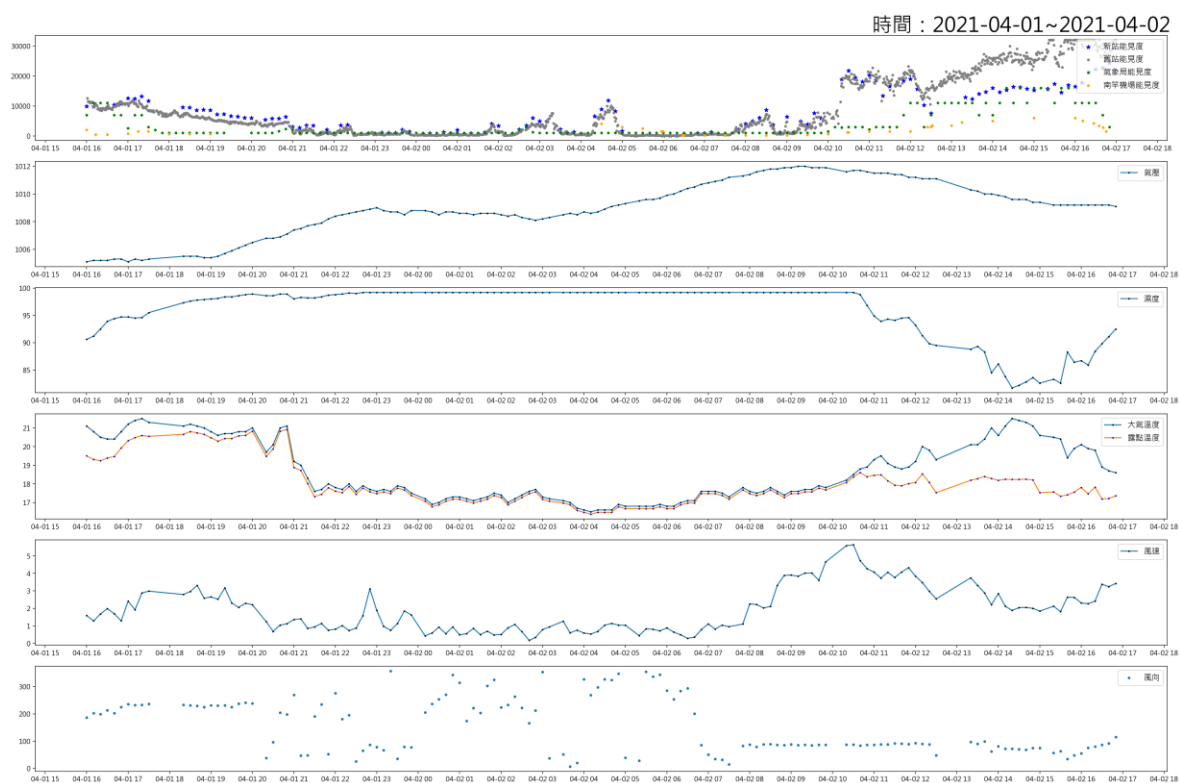


圖 4.12 2021-4-1~2021-4-2 濃霧事件觀測數據圖

5. 2021-4-13 濃霧事件

本次濃霧事件主要發生在 4 月 13 日 3 時至 7 時。其能見度最低達 150 公尺，其低能見度（低於 2 公里）最大延續時間為 5 小時，其中以 3 至 5 時之能見度普遍低於 1 公里。從各項環境因子來看，濃霧開始發生時，大氣壓力由 1013 百帕升至 1017 百帕，濕度由 97% 升至 99%，大氣溫度及露點溫度差由 1°C 降至 0.3°C 以下，10 分鐘平均風速介於 0.94~1.91m/s，主要風向為北風至東風，在能見度最低時主要為東北風，各項環境觀測數據如圖 4.13 所示。

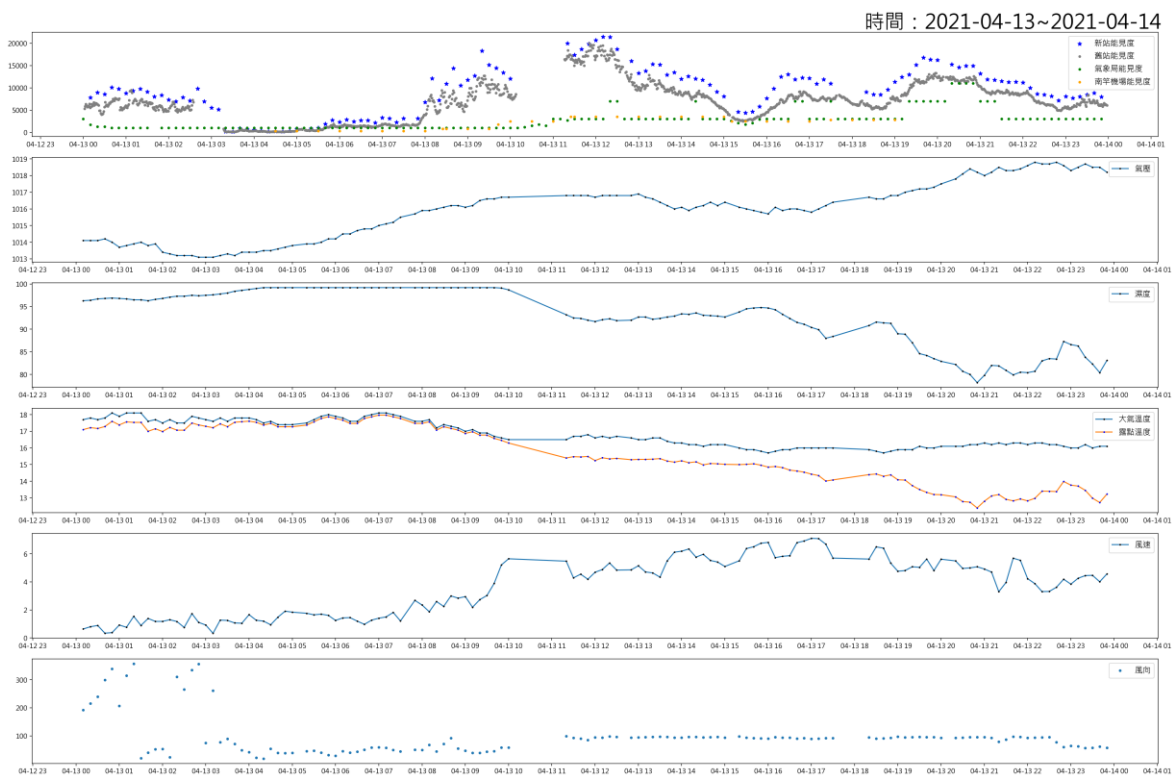


圖 4.13 2021-4-13 濃霧事件觀測數據圖

6. 其他濃霧事件

除上述 5 次重大濃霧事件外（延續時間超過 3 小時），亦於 4 月 23 日清晨 5 時至 7 時、4 月 30 日 2 至 3 時、5 月 10 日 6 時、5 月 24 日 3 至 4 時觀察到低能見度之情形，表 4-8。

表 4-8 馬祖地區 2021 年濃霧事件列表

序 號	發 生 日 期	時 段	最 大 延 續 時 間	最 低 能 見 度	其 他 環 境 因 子
1	2021-3-19	19 時 至 21 時	3 小時	125 公 尺	大氣壓力由 1010 百帕升至 1013 百帕，濕度由 95%升至 99%，大氣溫度及露點溫度差由 1°C 降至 0.5°C，10 分鐘平均風速介於 0.78~2.68m/s，風向由西南風逐漸轉向東風。
2	2021-3-26	23 時 至翌日 5 時	6 小時	85 公尺	大氣壓力由 1015 百帕降至 1013 百帕，濕度由 96%升至 99%，大氣溫度及露點溫度差由 1°C 降至 0.5°C 以下，10 分鐘平均風速介於 0.3~1.72m/s，風向變化大，主要風向為北風。
3	2021-3-29	23 時 至翌日 2 時	3 小時	125 公 尺	大氣壓力由 1005 百帕升至 1007 百帕再降至 1004 百帕（期間能見度值有回升現象），濕度由 95%升至 99%，大氣溫度及露點溫度差由 1°C 降至 0.2°C 以下，10 分鐘平均風速介於 0.4~1.25m/s，風向變化大，主要風向為南風轉向北風。
4	2021-4-1	21 時 至翌日 7 時	4 小時	105 公 尺	大氣壓力由 1008 升至 1012 百帕，濕度維持在 99%，大氣溫度及露點溫度差低於 0.5°C 以下，10 分鐘平均風速介於 0.35~3.63m/s，風向變化以西南風及北風。

表 4-8 馬祖地區 2021 年濃霧事件列表(續)

序 號	發 生 日 期	時 段	最 大 延 續 時 間	最 低 能 見 度	其 他 環 境 因 子
5	2021-4-13	3 時至 7 時	5 小時	150 公尺	大氣壓力由 1013 百帕升至 1017 百帕，濕度由 97%升至 99%，大氣溫度及露點溫度差由 1°C 降至 0.3°C 以下，10 分鐘平均風速介於 0.94~1.91m/s，主要風向為北風至東風。
6	2021-4-23	5 時及 7 時	1 小時	275 公尺	大氣壓力由 1007 百帕升至 1009 百帕，濕度由 97%升至 99%，大氣溫度及露點溫度差由 1°C 降至 0.3°C 以下，10 分鐘平均風速介於 0.2~1.35m/s，主要風向為西北風轉東北風。
7	2021-4-30	2 至 4 時	3 小時	80 公尺	大氣壓力維持 1011 百帕，濕度由 96%升至 99%，大氣溫度及露點溫度差由 1°C 降至 0.2°C 以下，10 分鐘平均風速介於 0.37~0.87m/s，無固定風向。
8	2021-5-10	6 時	1 小時	160 公尺	大氣壓力由 1007 升至 1010 百帕，濕度由 96%升至 99%，大氣溫度及露點溫度差由 1°C 降至 0.5°C，10 分鐘平均風速介於 0.51~1.64m/s，主要風向為東北風轉西南風。
9	2021-5-24	3 至 4 時	2 小時	200 公尺	大氣壓力維持 1007 百帕，濕度由 96%升至 98%，大氣溫度及露點溫度差由 1.5°C 降至 0.5°C，10 分鐘平均風速介於 0.38~1.07m/s，主要風向為東北風。

4.5 小結

馬祖地區每年 3~5 月之能見度值相對較低，其主要係受到平流霧影響，低能見度（低於 2 公里者）發生比例，以 4 月份發生比例最高（約佔該月份 4~6%），另 11、12 及 1 月亦有一定機率會出現低能見度之情形（約 1~2%），另發生時間以凌晨 3~6 時較高，延續時間多在 1~2 小時以內。低能見度發生時數，以 2018 及 2019 年有發生多次超過 4 小時以上之低能見度情形，其總霧時分別為 96 及 141 小時，高於 2016 年的 85 小時及 2020 年的 70 小時（2017 年因資料蒐集率不佳，統計數值不具代表性）。

另外從 2021 年濃霧事件分析，濃霧發生時，其濕度均達 99% 以上，風速介於 0.3~1.5 m/s 間，大氣溫度及露點溫度差均降至 0.5°C 以下，至於大氣壓力及風向則較無關聯性。濃霧形成前，濕度有增加趨勢，並使得大氣溫度及露點溫度差降至 0.5°C 以下，而當濃霧逐步消散時，可觀測到風速逐漸變大之趨勢。再從與鄰近站（馬祖氣象站及南竿機場氣象站）之數據比對，因鄰近站之海拔較高，濃霧由高處往低處發展，其能見度會較福澳港區之能見度低，因此從濃霧發生之時間點來看，其具有時間領先趨勢，後續可做為福澳港區能見度預警之參考指標。

第五章 結論與建議

馬祖地區於每年 3 至 5 月間，受到南風影響，暖濕空氣流經較冷的水面或地面而形成多雲霧的天氣，其能見度驟降，即可能造成馬祖交通停航的情況產生，一但對外交通中斷，則會影響到居民的生活與經濟的發展。本計畫透過長期港區環境監測工作，包括風速風向、能見度、空氣溫度、相對溼度、大氣壓力、露點等環境因子，進行深入分析探討，藉由環境因子特性分析，瞭解馬祖港域濃霧形成之特性，以提供馬祖港務單位做為港區能見度預警應用之參據，本計畫結論與建議如下。

5.1 結論

1. 本計畫參考 QARTOD 在風力資料之品管程序，逐一檢視套用在能見度自動觀測之可行性。其中可適用之程序包括：時間（間隔）檢查（Timing/Gap Test）、傳輸格式及編碼檢查（Syntax Test）、儀器或物理現象極限值檢查（Gross Range Test）、短時距離群值檢查（Spike Test）、短時距變化率與標準差之檢查（Rate of Change Test）、連續資料無變化（或微小）之檢查（Flat Line Test）、變數間關聯性檢查（Multi-Variate Test）、長時間資料變化幅度檢查（Attenuated Signal Test）、鄰近站相關性檢查（Neighbor Test）等 9 項。
2. 在能見度之品管程序，以 Timing/Gap Test、Syntax Test、Gross Range Test、Spike Test 等 4 項，可優先做為儀器觀測數據合理性之檢查程序，其次則為 Multi-Variate Test、Neighbor Test 等 2 項，建議做為資料可信度之檢查程序，並輔以人工檢查判定，其餘 Rate of Change Test、Flat Line Test、Attenuated Signal Test 等 3 項僅適合做為低能見度數據檢查（高能見度時誤判機率高）之參考。

3. 透過馬祖地區能見度觀測數據分析顯示，馬祖地區每年 3~5 月之能見度值相對較低，其主要係受到平流霧影響，低能見度（低於 2 公里者）發生比例，以 4 月份發生比例最高（約佔該月份 4~6%），另 11、12 及 1 月亦有一定機率會出現低能見度之情形（約 1~2%），另發生時間以凌晨 3~6 時較高，延續時間多在 1~2 小時以內。低能見度發生時數，以 2018 及 2019 年有發生多次超過 4 小時以上之低能見度情形，其總霧時分別為 96 及 141 小時，高於 2016 年的 85 小時及 2020 年的 70 小時（2017 年因資料蒐集率不佳，統計數值不具代表性）。
4. 從 2021 年濃霧事件分析，濃霧發生時，其濕度均達 99% 以上，風速介於 0.3~1.5 m/s 間，大氣溫度及露點溫度差均降至 0.5°C 以下，至於大氣壓力及風向則較無關聯性。濃霧形成前，濕度有增加趨勢，並使得大氣溫度及露點溫度差降至 0.5°C 以下，而當濃霧逐步消散時，可觀測到風速逐漸變大之趨勢。再從與鄰近站（馬祖氣象站及南竿機場氣象站）之數據比對，因鄰近站之海拔較高，濃霧由高處往低處發展，其能見度會較福澳港區之能見度低，因此從濃霧發生之時間點來看，其具有時間領先趨勢，後續可做為福澳港區能見度預警之參考指標。

5.2 建議

1. 本計畫蒐集國際氣象組織「氣象儀器與觀測方法指南」及美國海洋綜合觀測系統計畫辦公室之海洋即時資料品保手冊，透過港區歷史能見度資料，研擬一套港區能見度資料品管分析方法，建議後續可進一步精進其分析方法，建立即時資料之自動化品管機制，以強化港區能見度預警能力。
2. 馬祖能見度除受到霧氣影響外，亦可能受到空氣品質不佳之影響，建議後續可進一步蒐集行政院環境保護署之空氣品質測站資料進行比對，分析其低能見度發生態樣。

3. 能見度觀測方法，現行仍以人工觀測為主，儀器主要用以輔助人
工觀測之品質，本計畫目前僅利用儀器觀測數據做為馬祖港區分
析依據，尚缺乏人工觀測資料驗證其數據可信度，建議後續可導
入影像數據進行資料檢核，確保資料可信度。

5.3 成果效益與應用情形

1. 本計畫完成馬祖福澳港區能見度觀測資料庫建置，以及港區能見
度資料品質分析程式模組開發，可提供連江縣政府港務處做為港
區能見度監測系統開發之依據。
2. 本計畫完成歷年能見度統計及圖表產製模組開發，同時完成馬祖
地區 2021 年上半年濃霧事件探討，篩選出濃霧發生之 3 項重要環
境因子，可提供連江縣政府港務處掌握濃霧發生時間、延續時間
及消散趨勢，做為港區船舶進出港管理之參考。

參考文獻

1. International Civil Aviation Organization (ICAO), Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation: Meteorological Service for International Air Navigation, Twentieth edition, 2018.
2. Integrated Ocean Observing System (IOOS), Manual for Real-Time Quality Control of Wind Data-A Guide to Quality Control and Quality Assurance for Coastal and Oceanic Wind Observations, 2017.
3. World Meteorological Organization (WMO): The First WMO Intercomparison of Visibility Measurements: Final Report (WMO/TD-No. 401), 1990.
4. World Meteorological Organization (WMO), Guide to Meteorological Observing and Information Distribution Systems for Aviation Weather Services (WMO-No. 731), 2014 edition.
5. World Meteorological Organization (WMO), Guide to Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8), 2018 edition.
6. World Meteorological Organization (WMO), Manual on Codes - International Codes, Volume I.1, Annex II to the WMO Technical Regulations: part A- Alphanumeric Codes (WMO-No. 306), 2019 edition.
7. Wiel Wauben, Martin Roth, "Exploration of fog detection and visibility estimation from camera images", Instruments and Observing Methods Report No. 125, 2016.
8. 交通部中央氣象局，地面測報作業規範（第4版），2014年9月。
9. 交通部民用航空局，「臺灣地區春季大霧經驗預報之量化」，2014年12月。
10. 交通部民用航空局，「馬祖地區（南、北竿）低能見度觀測資料分析」，2016年1月。
11. 交通部民用航空局，「航空氣象電碼彙編」，2016年10月。
12. 交通部民用航空局，「航空氣象規範」，2021年4月。
13. 林冠伶、林欣弘、于宜強，「能見度監測與預警系統開發」，108年天氣分析與預報研討會，2019年5月。
14. 許秀妮，「2001-2015年1-5月份期間桃園、馬祖北竿、馬祖南竿與金門機場霧日觀測資料統計分析」，飛航天氣，第二十四期，頁18~35，2015年10月。

15. 童茂祥，「淺談機場的霧與經驗預報」，飛行安全季刊，第 78 期，頁 64~83，2014 年。
16. 黃惠君，「影響飛航的天氣-霧的簡介」，飛航天氣，第七期，頁 22~27，2007 年 4 月。
17. 溫志中、蔡立宏、蔡尚威，「台灣港區大氣能見度特性探討-基隆、台中、高雄」，港灣報導季刊，第 82 期，頁 31~39，2009 年 2 月。
18. 廖宗、鄭師中、黃燦星著，航海氣象學—航輪教材編撰計畫（二版），教育部出版，2017 年 5 月。
19. 劉明揚著，大氣測計學，國立編譯館出版，2001 年 7 月。
20. Integrated Ocean Observing System (<https://ioos.noaa.gov/project/qartod/>)。
21. 中央氣象局數位科普網 (<https://edu.cwb.gov.tw/PopularScience/>)。
22. 財團法人氣象應用推廣基金會網站 (<http://www.metapp.org.tw/>)。

附錄 1

簡報資料

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

馬祖港域能見度探討之研究(1/2)

-環境因子特性分析

期末簡報

簡報大綱

- 一、研究緣起與目的
- 二、計畫內容與工作項目
- 三、文獻回顧
- 四、馬祖能見度觀測概況
- 五、能見度品管機制建立
- 六、馬祖港域能見度特性分析
- 七、結論與建議



一、研究緣起與目的

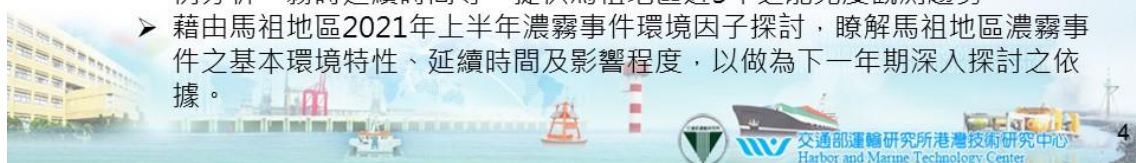
- 馬祖地區於每年3至5月間，受到南風影響，暖濕空氣流經較冷的水面或地面而形成多雲霧的天氣，其能見度驟降，即可能造成馬祖交通停航的情況產生，一但對外交通中斷，則會影響到居民的生活與經濟的發展。
- 本所港灣技術研究中心於108年起協助連江縣政府完成港域多參數氣象站之建置，其監測項目包括風速風向、能見度、空氣溫度、相對溼度、大氣壓力、露點等環境因子，監測期間已達2年，爰透過本計畫將相關監測資料進行深入分析探討，藉由環境因子特性分析，瞭解馬祖港域濃霧形成之特性，以提供馬祖港務單位做為港區能見度預警應用之參據。



3

二、計畫內容與工作項目

- 馬祖港區多參數氣象站監測資料庫建置
 - 利用連江縣政府港務處架設之多參數氣象站，整理監測期間之風速風向、能見度、空氣溫度、相對溼度、大氣壓力、露點、系統電壓值等基本分析資料，並建置資料庫。
 - 介接中央氣象局與民用航空局之相關氣象資料進行驗證。
- 資料品管
 - 導入WMO「氣象儀器與觀測方法指南」(WMO-No.8)及美國IOOS海洋即時資料品保手冊(QARTOD Manual)等資料品管相關文獻，探討應用於能見度自動觀測資料品管機制之可行性
 - 監測期間之各項氣象資料進行初步品管工作，濾除不合理、明顯錯誤、離群值等資料，並透過鄰近觀測站之相關性探討，確認可納入分析資料。
- 馬祖(南竿)港域能見度分析及特性探討
 - 建立能見度資料之基本統計分析，包括觀測資料紀錄統計表、聯合分布百分比統計表、時序列歷線圖、逐月及分時能見度分布圖、低能見度發生比例分析、霧時延續時間等，提供馬祖地區近5年之能見度觀測趨勢。
 - 藉由馬祖地區2021年上半年濃霧事件環境因子探討，瞭解馬祖地區濃霧事件之基本環境特性、延續時間及影響程度，以做為下一年期深入探討之依據。



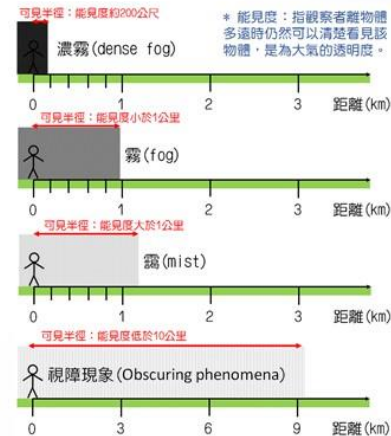
4

三、文獻回顧

■ 視障現象 (Obscuration phenomenon) :

造成水平方向能見度 (visibility) 低於10公里者，包括霧、靄、霾、吹雪、塵霾、煙、降灰、塵暴或沙暴等現象。

- 霧(fog)：由細微密集的小水滴聚集並懸浮在空中，使水平方向能見度未達1公里。
 - 能見度小於200公尺，則稱為濃霧 (dense fog)
 - 能見度大於1公里而不足2公里者，則稱作輕霧或靄 (mist)
- 霾 (haze)：由懸浮於大氣中的非吸水性固態顆粒造成。
- 起霧時的相對濕度會高於75%，而霾害發生的時候，其相對濕度則不會高於75%。



圖片來源：中央氣象局數位科普網
(<https://edu.cwb.gov.tw/PopularScience/>)



三、文獻回顧

■ 霧的種類：

- 輻射霧：透過地面長波輻射冷卻，降低近地面空氣的溫度，使空氣中所含的水氣達到飽和而凝結成霧，須在天晴無風、微風（風速每秒2~5公尺）與高雲之夜晚始有足夠的輻射冷卻作用。多發生在晨晚及冬季。
- 平流霧：係由較暖空氣（多為偏南氣流）經過較冷的地表面將空氣的熱傳輸給地表面，空氣降低溫度使空氣中的水氣達到飽和而凝結成的霧。多發生於海洋（或海岸邊）及冬春之際。
- 鋒面霧：鋒面上方暖空氣的水滴進到冷空氣中達飽和而在近地面形成的霧。鋒面霧多發生在兩種不同氣團之不連續面上，尤其以暖鋒面之鋒前霧最明顯。
- 蒸氣霧：空氣流經過暖水面（如溫泉）獲得水氣而凝結成的霧，通常在氣溫低於水面溫度15度以上較易形成。



三、文獻回顧

- 能見度觀測：能見度是為了達到呈現**大氣清濁程度**(光學狀態)之量化目的，而採用之**人工觀測估計量**。
 - 人工測量：白天相對於地平天空，或者夜晚假想總體照明增加到正常白天的水準進行觀測時，一個安置在地面附近的適當尺度的黑色目標物能被看到和辨認出的最大距離
 - 為了客觀測量能見度，可藉由儀器進行大氣透明度的測量，並換算為氣象光學視程 (Meteorological optical range，簡稱MOR)
 - **氣象光學視程**係指由白熾燈發出色溫為2700K平行光束的光通量在大氣中削弱至初始值5%所通過的路徑長度，該光通量採用國際照明委員會 (International Commission on Illumination，簡稱CIE) 的光度測量發光度函數來確定。



三、文獻回顧

- 儀器測量方法：
 - **測量水平空氣柱之消光係數或透射因數**：光的衰減是由於大氣微粒沿光束路徑之散射和吸收。其量測消光係數之儀器，包括：遠距光度計 (如Lohel式遠距光度儀、Collier-Taylor式透射儀)、目視消光儀、光學透射儀、光達等。
 - **測量小體積空氣之光散射係數**：在自然霧中，吸收通常可以忽略，因此，散射係數可視為與消光係數相同。其量測散射係數之儀器，包括：反向散射、前向散射及廣角散射積分等。
 - 透射儀因需要基線，占地範圍大，不適用於海岸、燈塔自動氣象站及船舶上，但其具有自檢能力、低能見度下性能好等優點而適用於民航系統；而散射儀由於測量只與很小體積的空氣有關，對該處大氣普遍狀況的測量代表性可能會產生疑問，不過該代表性可以通過取大量樣本或測量值的平均來改善，或者可採用刪除極端值的方法來平滑測量結果，因此，散射儀以其體積小和低廉價格而廣泛應用。



三、文獻回顧

■ 資料品管及控制方法：

- WMO在「氣象儀器與觀測方法指南」(WMO-No.8)第三篇第一章針對自動氣象站提出品管建議：
 - ✓ 感測器內部檢驗：對每個感測器取樣樣本的合理測值以及合理變化率進行的一種檢驗。
 - ✓ 感測器間的檢驗：基於已建立之物理和氣象原理，可針對某一變數參照其它變數進行內部一致性檢驗。
 - ✓ 人工輸入的觀測值：當人工觀測值輸入自動氣象站時，可進行上述傳感器內部和傳感器之間的檢驗。
 - ✓ 特殊的一致性檢驗內容，例如現在天氣與能見度、雲量、氣溫、露點之關聯性之探討。
 - ✓ 硬體檢查：利用自動氣象站的內置測試設備，使自動氣象站自動地進行週期性自檢，把檢驗結果提供給相關人員，或存入緩衝記憶體。
 - ✓ 報文檢查：對於配備編報軟體和通過全球通信系統傳輸報告的自動氣象站，除執行上述檢測外，並應對字元、數碼、格式是否符合相關規定進行監控。



交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

9

三、文獻回顧

■ 資料品管及控制方法：

- WMO在「氣象儀器與觀測方法指南」(WMO-No.8)第三篇第一章針對自動氣象站提出品管建議：
- 美國海洋綜合觀測系統計畫辦公室海洋即時資料品保手冊(QARTOD Manual)等一系列海洋觀測數據管理準則：
 - ✓ 包括：pH、Stream Flow、Passive Acoustics、Phytoplankton、HF Radar、Dissolved Oxygen、Wind、Water Level、In-Situ Surface Wave、Ocean Optics、In-Situ Temperature and Salinity、Dissolved Nutrients、In-Situ Current等13項。
 - ✓ 分為必要性(Required)、強烈建議(Strongly Recommended)與建議性(Suggested)等3大分組檢驗程序。
 - ✓ 其中較為通用之資料品管項目有：Timing/Gap Test、Syntax Test、Location Test、Gross Range Test、Climatology Test、Spike Test、Rate of Change Test、Flat Line Test、Multi-Variate Test、Attenuated Signal Test、Neighbor Test。

Flag	Description
Pass-1	Data have passed critical real-time quality control tests and are deemed adequate for use as preliminary data.
Not Evaluated-2	Data have not been QC-tested, or the information on quality is not available.
Suspect or Of High Interest-3	Data are considered to be either suspect or of high interest to data providers and users. They are flagged suspect to draw further attention to them by operators.
Fail-4	Data are considered to have failed one or more critical real-time QC checks. If they are disseminated at all, it should be readily apparent that they are not of acceptable quality.
Missing Data-9	Data are missing; used as a placeholder.

圖片來源：QARTOD Manual



交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

10

三、文獻回顧

■ 能見度特性分析相關文獻：

- 交通部民用航空局，「臺灣地區春季大霧經驗預報之量化」，2014年12月。
- 交通部民用航空局，「馬祖地區（南、北竿）低能見度觀測資料分析」，2016年1月。
- 林冠伶、林欣弘、于宜強，「能見度監測與預警系統開發」，2019年5月。
- 許秀妮，「2001-2015年1-5月份期間桃園、馬祖北竿、馬祖南竿與金門機場霧日觀測資料統計分析」，2015年10月。
- 童茂祥，「淺談機場的霧與經驗預報」，2014年。
- 黃惠君，「影響飛航的天氣-霧的簡介」，2007年4月。
- 溫志中、蔡立宏、蔡尚威，「台灣港區大氣能見度特性探討-基隆、台中、高雄」，2009年2月。



四、馬祖能見度觀測概況

■ 馬祖地區能見度觀測系統建置概況：



	舊站	新站
建置年度	103年	108年
廠牌/型號	Campbell CS120A	Biral SWS-100
規格	1. 量測原理：42°前向散射 2. 量測範圍：5m-75km。 3. 量測誤差：8% at 600 m, 10% at 10,000m, 15% at 15,000 m, 20% at 15,000m以上。 4. 輸出率：1~3600秒 (default=60)。 5. 類比輸出。	1. 量測原理：前向散射式 39°~51°、中心 45°。 2. 量測範圍：10m-2km(預設)、10km、20km、32km、50km、75km。 3. 量測誤差：4.5% at 600m, 5.0% at 1,500m, 5.1% at 2km, 12.5% at 15km, 20% at 30km。 4. 輸出率：10~300秒 (default=60)。 5. 數位輸出。
資料項目	觀測站ID、紀錄時間、能見度值、電壓	觀測站ID、紀錄時間、能見度值、電壓、平均風速、平均風向、最大風速、最大風向、最大風速時間、溫度、濕度、氣壓
系統設定參數	1. 資料取樣頻率：1分鐘/筆。 2. 上限值設定：32km。	1. 資料取樣頻率：10分鐘/筆。 2. 上限值設定：30km。



四、馬祖能見度觀測概況

■ 南竿福澳碼頭能見度觀測站觀測情形

站別	舊站		新站
觀測期間	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00
觀測頻率	10min	1 min	10min
應觀測日數	898	1,535	706
觀測日數	871 (96.99%)	1,493 (97.26%)	706 (100%)
應觀測時數	21,523	36,823	16,927
觀測時數	20,776 (96.53%)	33,689 (91.49%)	16,455 (97.21%)
應觀測筆數 (備註1)	129,138	2,209,380	101,562
可觀測筆數 (備註2)	124,656	2,021,340	98,730
回傳資料庫筆數	110,819	1,834,261	90,125
觀測期間資料蒐集率	85.81%	83.02%	88.74%
儀器正常資料蒐集率	88.90%	90.74%	91.28%

備註1：應觀測筆數=應觀測時數*取樣頻率，其用以呈現觀測期間應取得之資料數。

備註2：可觀測筆數=觀測時數*取樣頻率，其扣除儀器異常狀況下，可取得之資料數。



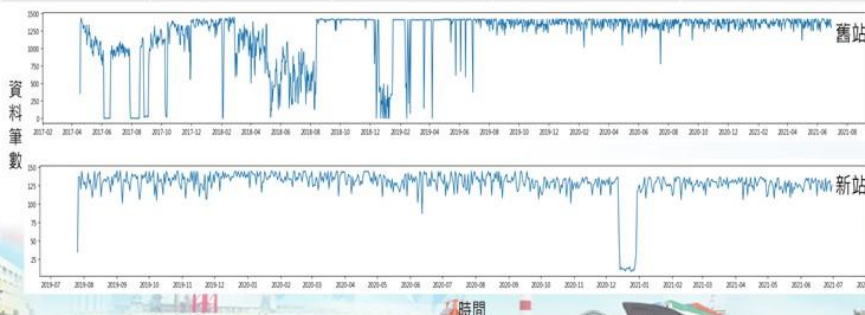
交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

13

四、馬祖能見度觀測概況

■ 南竿福澳碼頭能見度觀測站觀測情形

站別 蒐集率分級	舊站 2017-04-18 18:00~2021-06-30 24:00		新站 2019-07-26 18:00~2021-06-30 24:00	
	依日統計	依時統計	依日統計	依時統計
0~30%	68 (4.55%)	1,008 (2.99%)	17 (2.41%)	614 (3.73%)
30~50%	66 (4.42%)	629 (1.87%)	1 (0.14%)	178 (1.08%)
50~80%	184 (12.32%)	3,426 (10.17%)	50 (7.08%)	1,525 (9.28%)
80~90%	182 (12.19%)	1,814 (5.38%)	216 (30.59%)	1,811 (11.02%)
90~100%	993 (66.51%)	26,812 (79.59%)	422 (59.77%)	12,313 (74.89%)



交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

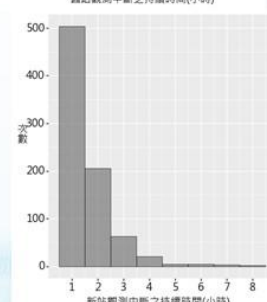
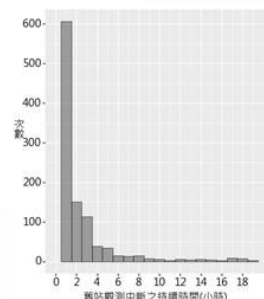
14

五、能見度品管機制建立

- **時間（間隔）檢查（Timing/Gap Test）**：資料超過1小時以上未進入資料庫，則標記為Missing Data=9。

- ✓ 通過時間間隔檢查之通過率為90%以上
- ✓ 新站之平均中斷時間為1.78小時，舊站於106年4月以後之平均中斷時間為4.02小時（75百分位為2.6小時）
- ✓ 顯示有良好及穩定的觀測品質。

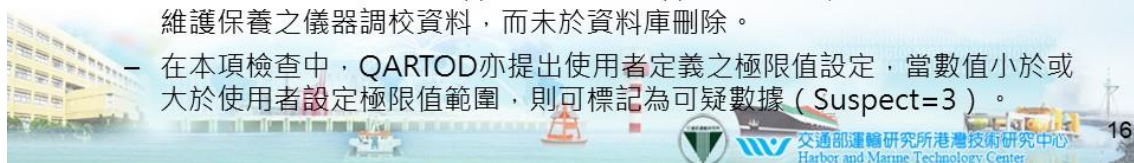
站別	統計時間區間	應觀測筆數(筆)	超過時間間隔筆數(筆)	通過率(%)
舊站	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	129,138	3,193	97.53%
	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00	2,209,380	192,926	91.27%
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	101,562	4,152	95.91%



15

五、能見度品管機制建立

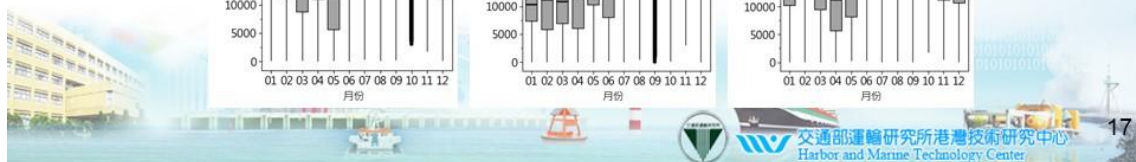
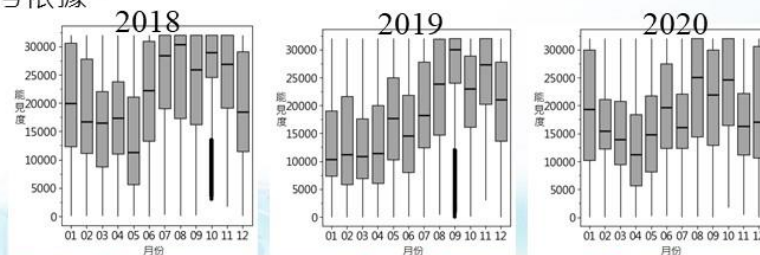
- **傳輸格式及編碼檢查（Syntax Test）**：本項檢查主要在於確認傳輸格式及編碼是否正確，其確認內容包括接收到之數據訊息結構是否正確、預期字符數與接收字符數是否相符。
 - 現場儀器透過RS232連接數據機，透過4G傳送至接收電腦（雲端主機）進行訊息文字檔儲存及編碼傳送本所資料庫伺服器，其中接收電腦在編碼傳送時，可透過自動化程式確認傳輸格式是否正確。
- **座標檢查（Location Test）**：本計畫建置之能見度觀測系統，為固定式陸地站，並未安裝GPS座標系統，爰不適用於本項檢查。
- **儀器或物理現象極限值檢查（Gross Range Test）**：所有感測器都有一個有限的輸出範圍，可以做為最基本的總範圍檢查。
 - 馬祖福澳港能見度觀測上下限設定值為10m~32000m，因此任何小於最小值或大於感測器可以輸出最大值的數值，都可視為錯誤值（Fail=4）。
 - 經檢查超過儀器極限值之數據為2019-02-14 12:37:00之能見度觀測數值999999，經檢視該筆資料與前後一筆資料時間間距均超過12小時，係儀器維護保養之儀器調校資料，而未於資料庫刪除。
 - 在本項檢查中，QARTOD亦提出使用者定義之極限值設定，當數值小於或大於使用者設定極限值範圍，則可標記為可疑數據（Suspect=3）。



16

五、能見度品管機制建立

- 逐月及季節變化合理性檢查 (Climatology Test)：本項檢查程序是以觀測值之總範圍檢查，並按照每月或季節的變化上下限數值做為檢查依據。這項檢查需使用觀測員在當地長期紀錄及專業知識來確認季節性平均值之適當的閾值。
 - － 觀測時以高能見度為正常現象，低能見度為特殊天氣現象，其觀測能見度統計分布存在明顯之偏態，本項檢查並不完全適用。
 - － 本項檢查程序可與儀器或物理現象極限值檢查 (Gross Range Test) 合併處理。
 - － 從各月份平均值及25、75百分位仍有顯著差異，仍可做為港區管理參考依據。



交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

17

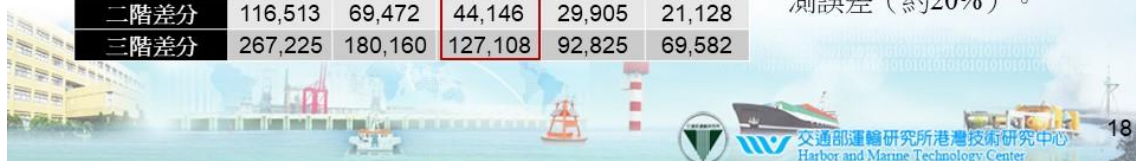
五、能見度品管機制建立

- 短時距離群值檢查 (Spike Test)：本項檢查主要用來確認個別數據之離群值，特別是針對n-1處的數值。
 - － 離群值的檢查可由2組不同的閾值進行標記，包括高閾值與低閾值的處理。
 - － 檢查程序可透過相鄰數據點 (n-2和n0) 之平均值做為參考點，如果n-1與該平均值之差值大於高閾值，則標示為錯誤值 (Fail=4)，如果差值介於高閾值與低閾值之間，則標示為可疑數據 (Suspect=3)。
 - － 閾值的選擇可以是固定值或動態數值。
 - － QARTOD手冊亦建議可利用三階差分進行離群值判定之方法。

不同閾值之離群值數量統計表-舊站(2017/04以後)

閾值(m)	3000	4000	5000	6000	7000
方法					
鄰近兩點平均	29,905	15,484	8,892	5,608	3,685
1小時平均	178,059	112,094	75,098	52,535	37,567
一階差分	50,732	27,670	16,890	11,073	7,669
二階差分	116,513	69,472	44,146	29,905	21,128
三階差分	267,225	180,160	127,108	92,825	69,582

從分析結果來看，閾值在5000m可以得到不錯的分辨結果，該值約為觀測上限值之17%，接近儀器觀測誤差（約20%）。

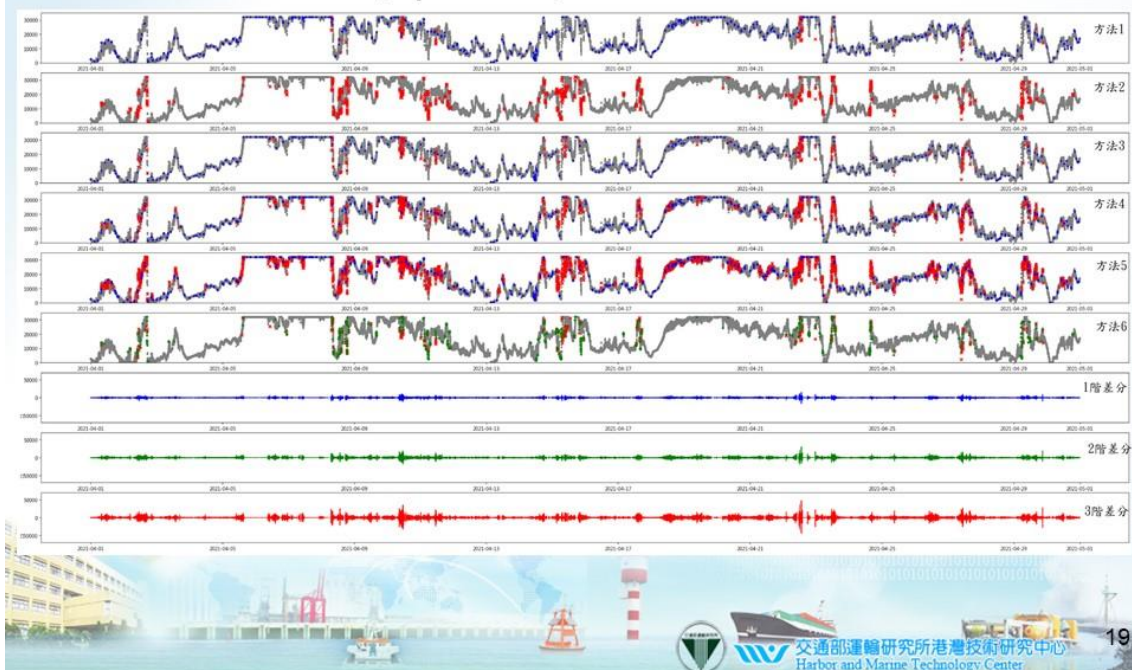


交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

18

五、能見度品管機制建立

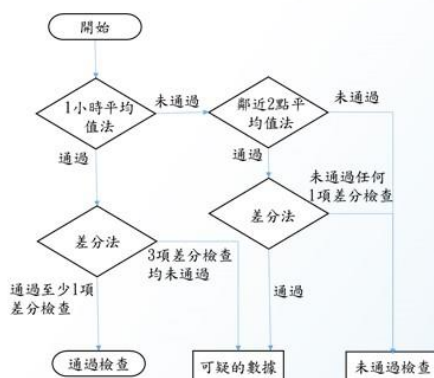
■ 短時距離群值檢查 (Spike Test) :



五、能見度品管機制建立

■ 短時距離群值檢查 (Spike Test) :

- 1小時平均法在大氣穩定度較佳時，可獲得較正確的篩選結果。在觀測頻率為1分鐘之舊站，以及大氣穩定度較差的狀況下（亦即能見度變動率較高），容易將觀測數據標定為離群值。
- 鄰近兩點平均法容易因觀測數據不夠而造成低度篩選結果。
- 差分法則因差分量隨階數增加，而造成過度篩選。



站別	統計時間區間	總筆數	未通過 (Fail=4)	可疑數據 (Suspect=3)	未通過率
舊站	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	110,806	2,854	2,908	2.57%
	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00	1,834,261	22,404	59,206	1.22%
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	90,125	1,462	1,333	1.62%

五、能見度品管機制建立

- **短時距變化率與標準差之檢查 (Rate of Change Test)**：本項檢查主要分析資料在時間序列下之變化率是否超過操作員確定的閾值。
 - QARTOD手冊建議可透過一定倍數的標準差，來確認觀測數據是否為可疑的數據 (Suspect=3)，一般常用的標準差倍數為3倍標準差。
 - 而分析時距則可依觀測頻率決定（在海洋觀測上多採用8小時做為分析時距）
- **適用性探討：**
 - 當分析時距增加，則被標記為可疑的數據亦會增加。
 - 能見度變化程度大，且低能見度之發生機率低，能見度觀測數據之分布曲線具有明顯之偏態，使用標準差進行檢查，容易對低能見度之觀測值過度標定，而造成誤判。

站別	統計時間區間	分析時距之可疑筆數			
		1小時	3小時	5小時	8小時
舊站	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	0	1,241	2,079	2,694
	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00	34,822	50,227	54,995	59,245
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	0	1,356	2,333	3,030

五、能見度品管機制建立

- **連續資料無變化（或微小）之檢查 (Flat Line Test)**：一般而言，儀器之觀測數據均會變動，因此當某些感測器出現故障時，可能產生相同數值。
 - 本項檢查程序即利用將當前觀察值與前幾筆觀察值進行比較，當觀測值與之前的觀測值在容許差值內，則將該觀測值標記。
 - 當觀察值出現連續5筆數據均相同（或微小差距時），則標定為錯誤資料 (Fail=4)。
 - 當連續3筆數據相同，則標定為可疑的資料 (Suspect=3)。
 - 本研究採用完全無變化（數據差值為0）做為檢查依據。
 - 可疑數據多數為接近上限值的數據，取樣頻率高(1筆/min)容易未通過檢查。

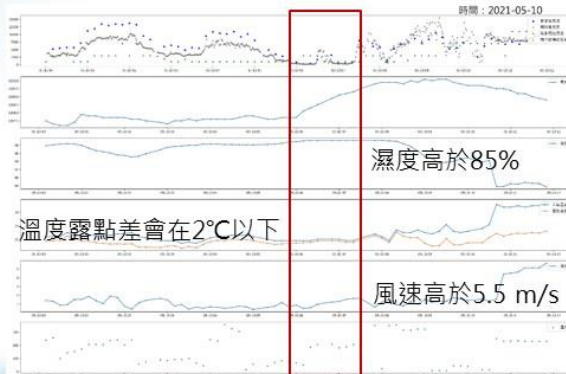
站別	統計時間區間	總筆數	無法檢查筆數	未通過 (Fail=4)	可疑數據 (Suspect=3)	未通過率
舊站	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	110,806	1,874	0	7,400	0.00%
	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00	1,834,261	17,935	213	250,157	0.01%
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	90,125	1,514	7,017	4,532	7.92%
	2020-03-01 00:00~ 2021-06-30 24:00	60,989	997	0	4,245	0.00%

儀器上限值設為2000公尺，測值多未通過檢查

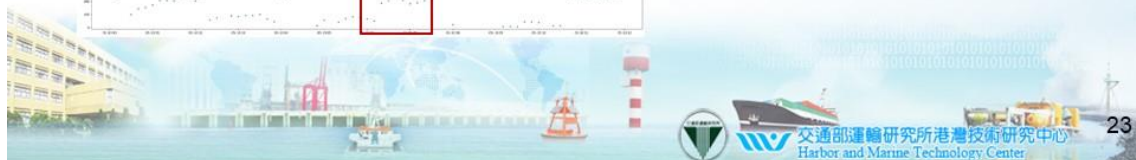
五、能見度品管機制建立

■ 變數間關聯性檢查 (Multi-Variate Test) :

- 本項檢查程序主要係利用其他類型並具有相關性之觀測值來檢驗資料的特性，如果觀測數據的變化值與其他具有相關性之資料變化值不一致時，則標記為可疑數據 (Suspect=3)。
- 參考相關文獻資料，以低能見度 (10公里以下) 之數據，檢視其濕度低於85%、溫度露點差會在2°C以上，且風速高於5.5 m/s者，標示為可疑數據。



站別	統計時間區間	總筆數	可疑數據	占比
新站	2019-07-26 18:00~	90,125	5,170	5.73%
	2021-06-30 24:00			
	2020-03-01 00:00~	60,989	1,154	1.89%
	2021-06-30 24:00			



23

五、能見度品管機制建立

■ 長時間資料變化幅度檢查 (Attenuated Signal Test) : 本項檢查主要在於檢測傳感器故障模式可能產生的資料錯誤，一般以在選定時間段內 (例如12小時) 其資料變化幅度未能超過所設定之變化率。

- 一般可採用標準差或者全距 (最大值減最小值) 進行檢查，如變化率小於所設定之警示值，則標記為可疑數據 (Suspect=3)，如變化率小於所設定之門檻值，則標記為錯誤數據，則標定為錯誤資料 (Fail=4)。
- 參考儀器測量靈敏度為1m (或10m) 標準，採用變化率小於1m者，標定為錯誤資料 (Fail=4)。
- 若變化率大於1m且小於10m者，標記為可疑數據 (Suspect=3)。
- 為避免在高能見度時，儀器持續觀測到上限值所造成之判定錯誤，未通過變化幅度檢測均標記為可疑數據 (Suspect=3)。



24

五、能見度品管機制建立

■ 長時間資料變化幅度檢查 (Attenuated Signal Test) :

- 在舊站之可疑數據中，僅有52筆屬於非上限值之觀測數據（觀測日期為2019-04-08），其能見度值約介於40~90之間，經調閱相關資料，該日馬祖港區發生嚴重濃霧事件，經研判應該可歸屬於正常觀測數值。
- 在新站之可疑數據中，其能見度值均屬於接近儀器觀測上限值之數據。

站別	統計時間區間	總筆數	未通過 (Fail=4)	可疑數據 (Suspect=3)	未通過率	可疑比例
舊站	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	110,819	0	1,091	0.00%	0.98%
	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00	1,834,261	0	8,845	0.00%	0.48%
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	90,125	0	15,267	0.00%	16.94%
	2020-03-01 00:00~ 2021-06-30 24:00	60,989	0	2,079	0.00%	3.41%



25

五、能見度品管機制建立

■ 鄰近站相關性檢查 (Neighbor Test) :

- 在最理想的情況下，係透過同一區域2組不同儀器來進行檢查，例如本計畫在馬祖港區設置2組能見度儀。
- 一般來說，在成本考量下，同一地點很難設置2組儀器進行相同觀測項目，因此，多會利用鄰近區域的相關觀測項目之測站進行相關性檢查，或者利用同一區域之不同觀測項目進行相關性檢查（如變數間關聯性檢查）。
- 在QARTOD手冊中，鄰近區域的檢查程序，可透過一定時間段（例如8小時）之不同儀器之觀測數值標準差進行檢查，利用測站1之數值變化量與測站2之數值變化量趨勢不一致時，則標記為可疑數據（Suspect=3），亦即當測站1之觀測數值與前一筆觀測數據差值大於2倍標準差，而測站2小於2倍標準差時，可視為不一致之現象。



26

五、能見度品管機制建立

■ 鄰近站相關性檢查 (Neighbor Test)：

➢ 以舊站檢查新站資料：

- 因2組儀器之取樣頻率不同，因此，本計畫先針對舊站資料進行預處理作業，將每分鐘1筆之資料轉換為10分鐘1筆（取平均值），以利進行比對。
- 透過能見度分群確認2組數據差值變化率之平均值及標準差，取得相關性檢查之篩選參數。

分組參數值	Group1 (0~1km)	Group2 (1km~10km)	Group3 (10km~)
類別			
變化率平均值	0.53	0.49	0.27
變化率標準差	0.44	0.40	0.31

站別	統計時間區間	總筆數	無法檢查 筆數	可疑數據 (Suspect=3)	可疑比例
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	90,125	0	38,745	42.99%
	2020-03-01 00:00~ 2021-06-30 24:00	60,989	0	10,108	16.57%



交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

27

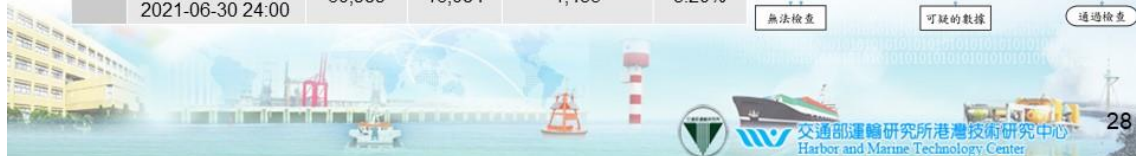
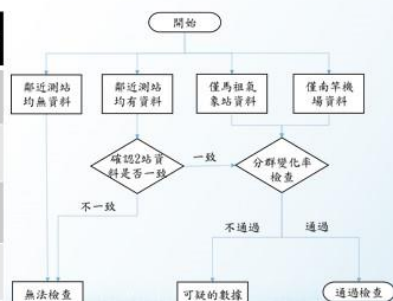
五、能見度品管機制建立

■ 鄰近站相關性檢查 (Neighbor Test)：

➢ 以氣象局及南竿機場資料檢查馬祖港區資料：

- 同時比對馬祖氣象站（資料蒐集期間：106年6月迄今）及南竿機場氣象站（資料蒐集期間：102年1月迄今）
- 2站資料可能有不一致之情形或無觀測資料之情形，因此，需先確認其觀測結果具有一致性才納入比對，若無法比對者，將先標記為無法檢查案件。

站別	統計時間區間	總筆數	無法檢查 筆數	可疑數據 (Suspect=3)	可疑比例
舊站	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	110,819	44,516	269	0.41%
	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00	1,834,261	563,669	9,886	0.78%
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	90,125	27,207	16,685	26.52%
	2020-03-01 00:00~ 2021-06-30 24:00	60,989	16,084	1,435	3.20%



交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

28

五、能見度品管機制建立

■ 資料品管結果：

品管標記 檢查項目	舊站					新站				
	flag=1	flag=2	flag=3	flag=4	flag=9	flag=1	flag=2	flag=3	flag=4	flag=9
時間（間隔）檢查（Timing/Gap Test）	91.61%	-	-	-	8.39%	95.91%	-	-	-	4.09%
傳輸格式及編碼檢查（Syntax Test）	100%	-	-	0.00%	-	100%	-	-	0.00%	-
儀器或物理現象極限值檢查（Gross Range Test）	99.99%	-	-	0.00%	-	100%	-	-	0.00%	-
短時距離群值檢查（Spike Test）	95.51%	0.00%	3.19%	1.30%	-	96.90%	0.00%	1.48%	1.62%	-
短時距變化率與標準差之檢查（Rate of Change Test）	98.10%	0.11%	1.79%	-	-	97.48%	2.52%	0.00%	-	-
連續資料無變化（或微小）之檢查（Flat Line Test）	85.73%	1.02%	13.24%	0.01%	-	85.51%	1.68%	5.03%	7.79%	-
變數間關聯性檢查（Multi-Variate Test）	-	-	-	-	-	94.27%	0.00%	5.73%	-	-
長時間資料變化幅度檢查（Attenuated Signal Test）	99.49%	0.00%	0.51%	-	-	83.06	0.00%	16.94	-	-
鄰近站相關性檢查（Neighbor Test）	68.21%	31.27%	0.52%	-	-	51.30%	30.19%	18.51%	-	-

1. flag標記方式：通過（Pass=1）、無法評估（Not Evaluated=2）、可疑的（Suspect=3）、錯誤（Fail=4）、缺值（Missing Data=9）
2. (-) 表示檢查項目無進行該項標記程序。



交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

29

五、能見度品管機制建立

■ 資料品管結果：

- 舊站部分，在2014-09-07~2017-02-11之資料區間，不通過率為2.57%，單一資料被標記2次以上之可疑資料比例為0.85%，
- 在2017-04-18~2021-06-30之資料區間，不通過率為1.23%，單一資料被標記2次以上之可疑資料比例為1.10%。
- 新站部分，2020-03-01前之資料因儀器設定不佳（儀器上限值設定過低）造成通過率偏低，經重新調整設定後之資料區間，不通過率為2.41%，單一資料被標記2次以上之可疑資料比例為1.77%。2站品管結果之整體通過率均達95%以上。

站別	統計時間區間	通過	未通過	標記可疑資料次數		
				1次	2次	3次
舊站	2014-09-07 17:00~ 2017-02-11 12:30	97,530	2,857	9,697	941	3
	2017-04-18 18:00~ 2021-06-30 24:00	1,480,879	22,623	317,164	19,886	329
新站	2019-07-26 18:00~ 2021-06-30 24:00	57,648	8,561	17,236	7,696	40
	2020-03-01 00:00~ 2021-06-30 24:00	52,033	1,481	6,866	1,091	0



交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

30

五、能見度品管機制建立

■ 資料品管結果：

- 在能見度之品管程序，以Timing/Gap Test、Syntax Test、Gross Range Test、Spike Test等4項，建議可優先做為儀器觀測數據合理性之檢查程序，
- 其次則為Multi-Variate Test、Neighbor Test等2項，建議做為資料可信度之檢查程序，並輔以人工檢查判定。
- 其餘Rate of Change Test、Flat Line Test、Attenuated Signal Test等3項僅適合做為低能見度數據檢查（高能見度時誤判機率高）之參考。



31

六、馬祖港域能見度特性分析

■ 觀測資料紀錄表產製：

✓ 以新站為例

年-月	應觀測 天數	實際觀測 天數	觀測天數 比例	應觀測 時數	實際觀測 時數	觀測時數 比例	觀測資料 筆數	通過資料 品管筆數	品管 通過率
2020-03	31	31	100.00%	744	736	98.92%	4185	4010	95.82%
2020-04	30	30	100.00%	720	714	99.17%	4038	3924	97.18%
2020-05	31	31	100.00%	744	723	97.18%	3992	3872	96.99%
2020-06	30	30	100.00%	720	705	97.92%	3950	3800	96.20%
2020-07	31	31	100.00%	744	727	97.72%	4046	3954	97.73%
2020-08	31	31	100.00%	744	736	98.92%	4121	4035	97.91%
2020-09	30	30	100.00%	720	704	97.78%	3891	3710	95.35%
2020-10	31	31	100.00%	744	730	98.12%	3907	3851	98.57%
2020-11	30	30	100.00%	720	714	99.17%	3837	3817	99.48%
2020-12	31	31	100.00%	744	514	69.09%	2062	2054	99.61%
2021-01	31	31	100.00%	744	733	98.52%	3928	3884	98.88%
2021-02	28	28	100.00%	672	667	99.26%	3570	3499	98.01%
2021-03	31	31	100.00%	744	738	99.19%	3986	3927	98.52%
2021-04	30	30	100.00%	720	712	98.89%	3851	3816	99.09%
2021-05	31	31	100.00%	744	728	97.85%	3828	3664	95.72%
2021-06	30	30	100.00%	720	710	98.61%	3795	3708	97.71%



32

六、馬祖港域能見度特性分析

■ 基本統計表產製：

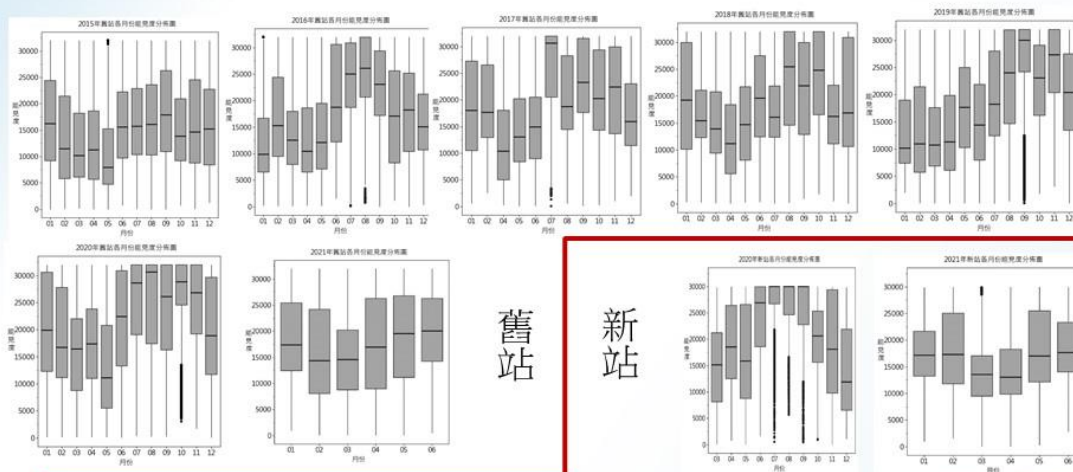
✓ 以新站為例

年-月	資料筆數	平均值	標準差	最小值	25百分位	50百分位	75百分位	最大值
2020-03	4,010	15,144	8,093	42	8,131	15,082	21,267	29,851
2020-04	3,924	18,911	7,923	796	12,525	18,499	26,447	29,999
2020-05	3,872	16,959	9,299	78	8,785	15,817	26,592	30,000
2020-06	3,800	23,969	6,828	1,613	18,596	26,846	29,984	30,000
2020-07	3,954	27,261	5,333	531	26,727	29,991	30,000	30,000
2020-08	4,035	26,503	6,060	5,653	24,656	30,000	30,000	30,000
2020-09	3,710	25,938	6,148	444	22,781	29,932	29,982	30,000
2020-10	3,851	19,937	7,303	911	15,635	20,581	25,346	30,000
2020-11	3,817	18,241	9,659	10	9,747	18,090	29,392	29,974
2020-12	2,054	14,448	8,963	1,046	6,507	11,858	21,921	29,801
2021-01	3,884	17,665	6,019	1,001	13,260	17,162	21,702	29,927
2021-02	3,499	18,180	7,808	1,594	11,782	17,309	25,059	29,974
2021-03	3,927	13,522	5,877	83	9,480	13,511	17,059	29,852
2021-04	3,816	13,893	6,356	77	9,843	13,059	18,274	29,934
2021-05	3,664	18,185	7,861	254	12,152	16,995	25,486	30,000
2021-06	3,708	18,633	6,160	2,754	14,009	17,659	23,365	30,000



六、馬祖港域能見度特性分析

■ 馬祖港域能見度分佈圖



六、馬祖港域能見度特性分析

- 能見度觀測分級統計表產製：
- 依照WMO電碼手冊 (WMO-No.306) 第1.1卷Part A規範，其能見度觀測可分為50公尺以下、50~200公尺、200~500公尺、500~1000公尺、1~2公里、2~4公里、4~10公里、20~50公里，以及50公里以上等10個級距。

Code figure	Height of base of significant cloud in metres	Visibility in metres	Wind force (Beaufort)	Icing	Turbulence	Squalls	Snow cover in centimetres
0	Less than 50	Less than 50	10	No specification	Not specified	No specification	No snow
1	50-99	50-199	11	Light	Light	Rain, few	Up to 2
2	100-199	200-499	12	Moderate	Moderate	Rain, scattered but numerous	Up to 5
3	200-299	500-999	3	Severe	Severe	Rain, very numerous	Up to 10
4	300-599	1 000-1 999	4	Light	Light	Snow, few	Up to 15
5	600-999	1 000-3 999	5	Moderate	Moderate	Snow, scattered but numerous	Up to 25
6	1 000-1 499	4 000-9 999	6	Severe	Severe	Rain and snow mixed, few	Up to 50
7	1 500-1 999	10 000-19 999	7			Rain and snow mixed, few	Up to 100
8	2 000-2 499	20 000-49 999	8			Rain and snow, scattered but numerous	Up to 200
9	2 500 or more, or no clouds	50 000 or more	9			Rain and snow, very numerous	200 or more

Note: When $w_e = 8$ = saturation, 0 shall be reported for i.

資料來源：WMO, Manual on Codes (WMO-No. 306), Volume I.1, Part A.

六、馬祖港域能見度特性分析

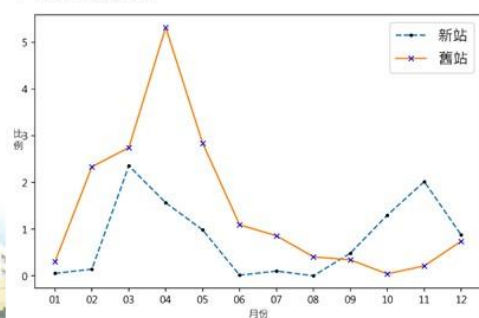
- 各級能見度聯合機率分佈產製：
- ✓ 以新站為例

年-月	code_0	code_1	code_2	code_3	code_4	code_5	code_6	code_7	code_8	code_9
2020-03	0.02	0.20	0.20	0.32	1.37	5.94	24.49	37.46	30.00	0.00
2020-04	0.00	0.00	0.00	0.05	0.15	1.55	13.43	40.80	44.01	0.00
2020-05	0.00	0.18	0.13	0.18	1.06	4.57	22.96	32.85	38.07	0.00
2020-06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.42	3.42	25.26	70.87	0.00
2020-07	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08	0.40	1.62	8.42	89.45	0.00
2020-08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91	15.96	82.13	0.00
2020-09	0.00	0.00	0.03	0.08	0.38	0.38	2.16	14.64	82.35	0.00
2020-10	0.00	0.00	0.00	0.03	1.27	4.28	3.53	37.52	53.36	0.00
2020-11	0.29	0.13	0.29	0.37	0.94	4.17	19.52	28.45	45.85	0.00
2020-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	7.16	35.35	26.10	30.53	0.00
2021-01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.33	8.81	57.36	33.44	0.00
2021-02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	1.31	15.32	43.64	39.58	0.00
2021-03	0.00	0.36	0.66	0.61	0.97	2.34	22.51	61.57	10.98	0.00
2021-04	0.00	0.37	0.47	0.92	1.21	2.38	20.81	55.11	18.74	0.00
2021-05	0.00	0.00	0.14	0.14	0.11	1.12	15.42	44.16	38.92	0.00
2021-06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	6.47	54.83	38.59	0.00

六、馬祖港域能見度特性分析

■ 馬祖港域能見度特性

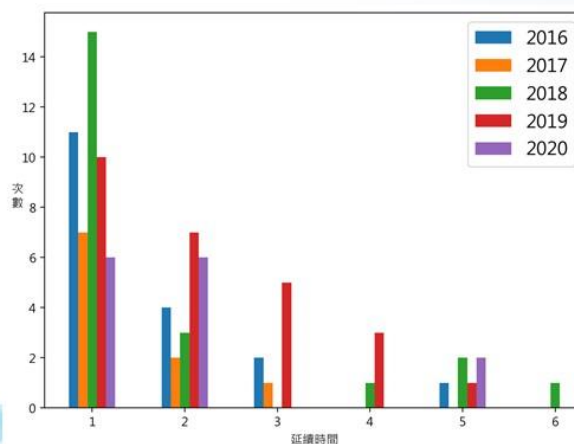
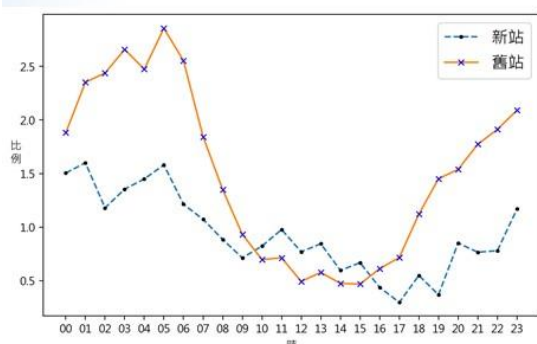
- 整體而言，每年3~5月之能見度值相對較低，其主要係受到平流霧影響，低能見度（低於2公里者）發生比例，一般以4月份發生比例最高（約佔該月份4~6%），另11、12及1月亦有一定機率會出現低能見度之情形（約1~2%），其可能原因為空氣品質不佳或鋒面造成，惟需進一步蒐集空氣品質測站資料進行驗證。



六、馬祖港域能見度特性分析

■ 低能見度之發生時段及延續時間

- 以凌晨3~6時較高，其結果大致與相關文獻相符。
- 延續時間多在1~2小時以內，值得注意的是，2018及2019年有發生多次超過4小時以上之低能見度情形，其總霧時分別為96及141小時，高於2016年的85小時及2020年的70小時（2017年因資料蒐集率不佳，統計數值不具代表性）。



六、馬祖港域能見度特性分析

■ 案例探討

序號	發生日期	時段	最大延續時間	最低能見度	其他環境因子
1	2021-3-19	19時至21時	3小時	125公尺	大氣壓力由1010百帕升至1013百帕，濕度由95%升至99%，大氣溫度及露點溫度差由1°C降至0.5°C，10分鐘平均風速介於0.78~2.68m/s，風向由西南風逐漸轉向東風。
2	2021-3-26	23時至翌日5時	6小時	85公尺	大氣壓力由1015百帕降至1013百帕，濕度由96%升至99%，大氣溫度及露點溫度差由1°C降至0.5°C以下，10分鐘平均風速介於0.3~1.72m/s，風向變化大，主要風向為北風。
3	2021-3-29	23時至翌日2時	3小時	125公尺	大氣壓力由1005百帕升至1007百帕再降至1004百帕（期間能見度值有回升現象），濕度由95%升至99%，大氣溫度及露點溫度差由1°C降至0.2°C以下，10分鐘平均風速介於0.4~1.25m/s，風向變化大，主要風向為南風轉向北風。
4	2021-4-1	21時至翌日7時	4小時	105公尺	大氣壓力由1008升至1012百帕，濕度維持在99%，大氣溫度及露點溫度差低於0.5°C以下，10分鐘平均風速介於0.35~3.63m/s，風向變化以西南風及北風。
5	2021-4-13	3時至7時	5小時	150公尺	大氣壓力由1013百帕升至1017百帕，濕度由97%升至99%，大氣溫度及露點溫度差由1°C降至0.3°C以下，10分鐘平均風速介於0.94~1.91m/s，主要風向為北風至東風。



六、馬祖港域能見度特性分析

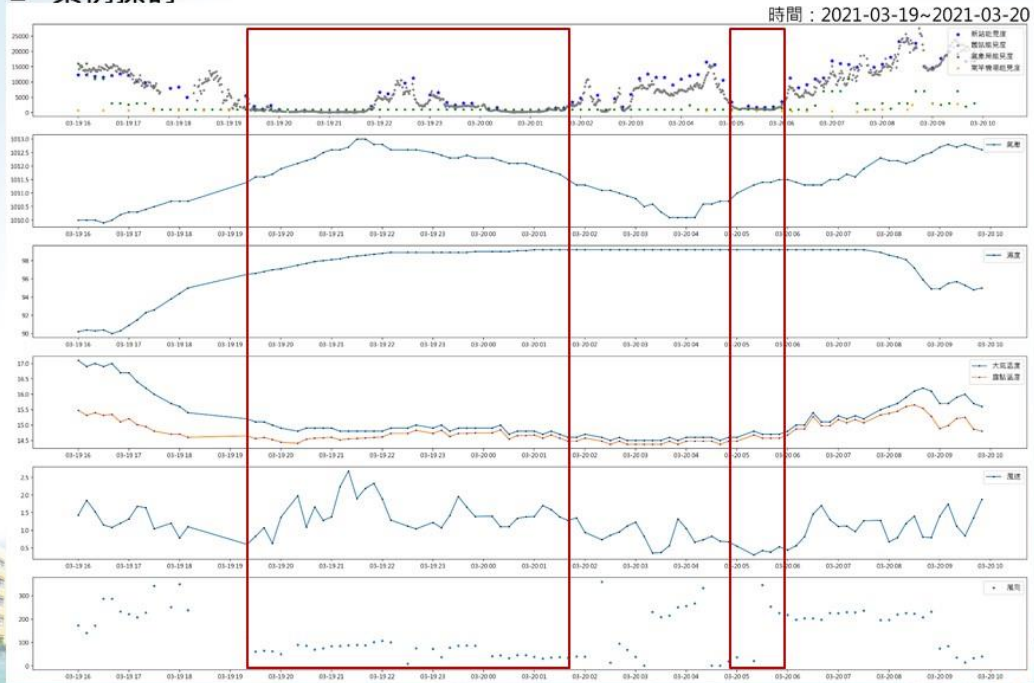
■ 案例探討

序號	發生日期	時段	最大延續時間	最低能見度	其他環境因子
6	2021-4-23	5時及7時	1小時	275公尺	大氣壓力由1007百帕升至1009百帕，濕度由97%升至99%，大氣溫度及露點溫度差由1°C降至0.3°C以下，10分鐘平均風速介於0.2~1.35m/s，主要風向為西北風轉東北風。
7	2021-4-30	2至4時	3小時	80公尺	大氣壓力維持1011百帕，濕度由96%升至99%，大氣溫度及露點溫度差由1°C降至0.2°C以下，10分鐘平均風速介於0.37~0.87m/s，無固定風向。
8	2021-5-10	6時	1小時	160公尺	大氣壓力由1007升至1010百帕，濕度由96%升至99%，大氣溫度及露點溫度差由1°C降至0.5°C，10分鐘平均風速介於0.51~1.64m/s，主要風向為東北風轉西南風。
9	2021-5-24	3至4時	2小時	200公尺	大氣壓力維持1007百帕，濕度由96%升至98%，大氣溫度及露點溫度差由1.5°C降至0.5°C，10分鐘平均風速介於0.38~1.07m/s，主要風向為東北風。



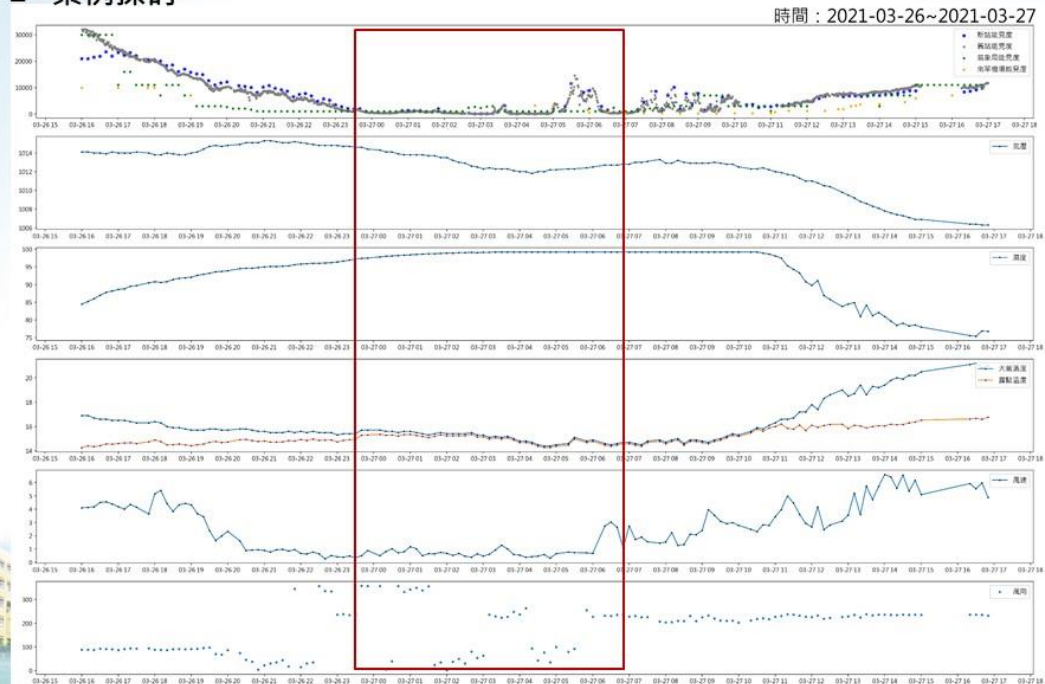
六、馬祖港域能見度特性分析

■ 案例探討



六、馬祖港域能見度特性分析

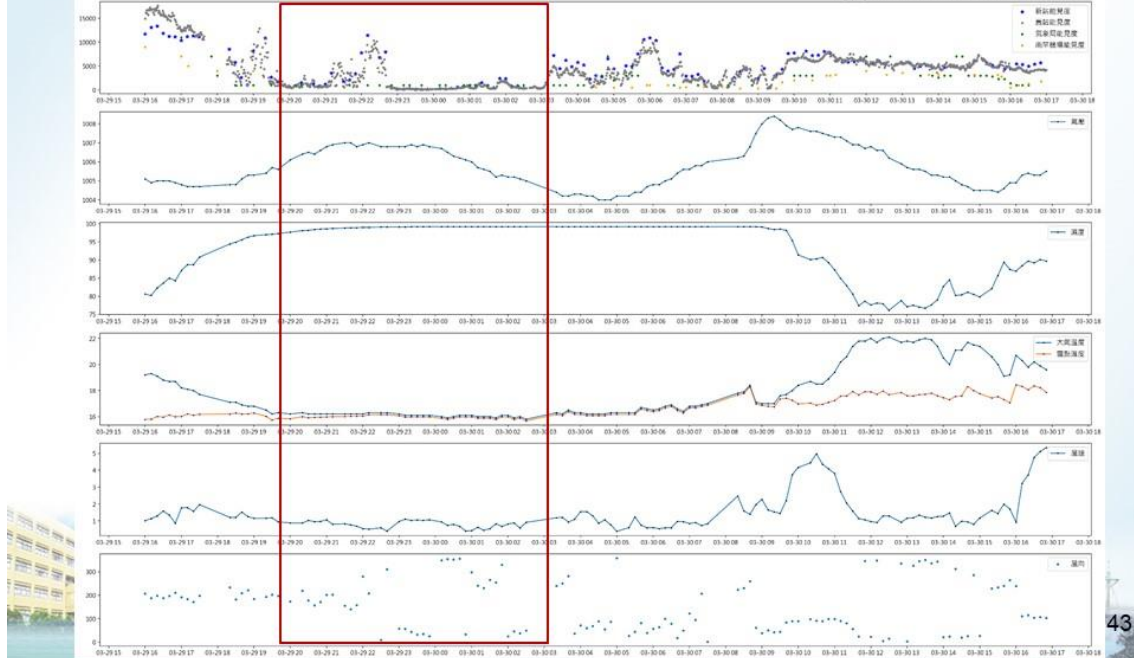
■ 案例探討



六、馬祖港域能見度特性分析

■ 案例探討

時間：2021-03-29~2021-03-30

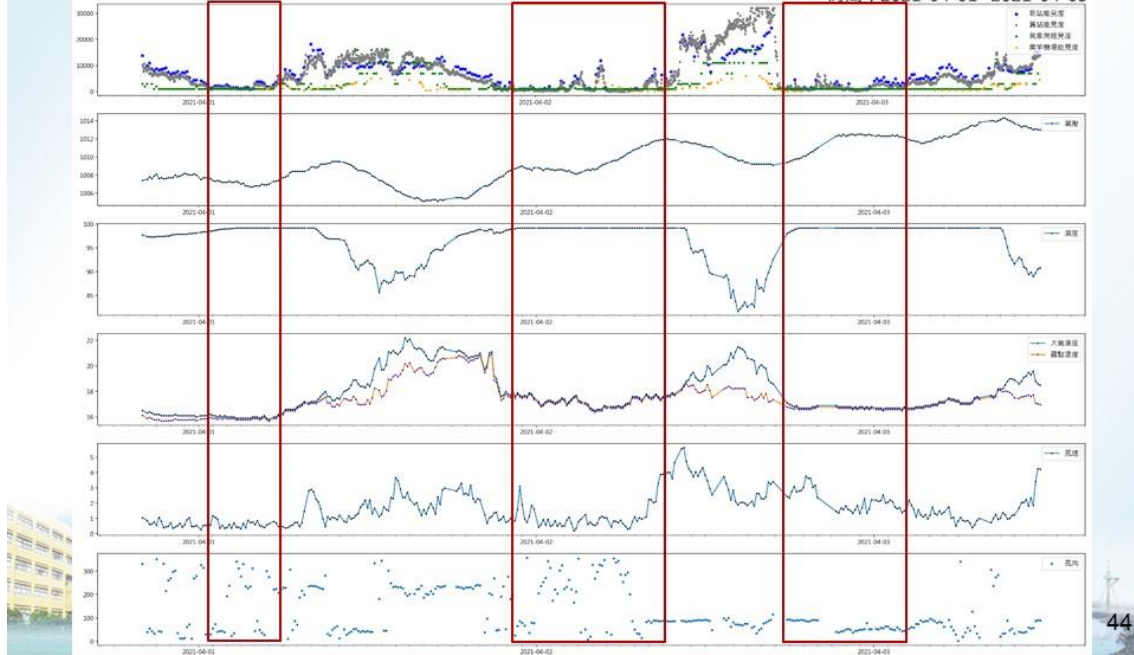


43

六、馬祖港域能見度特性分析

■ 案例探討

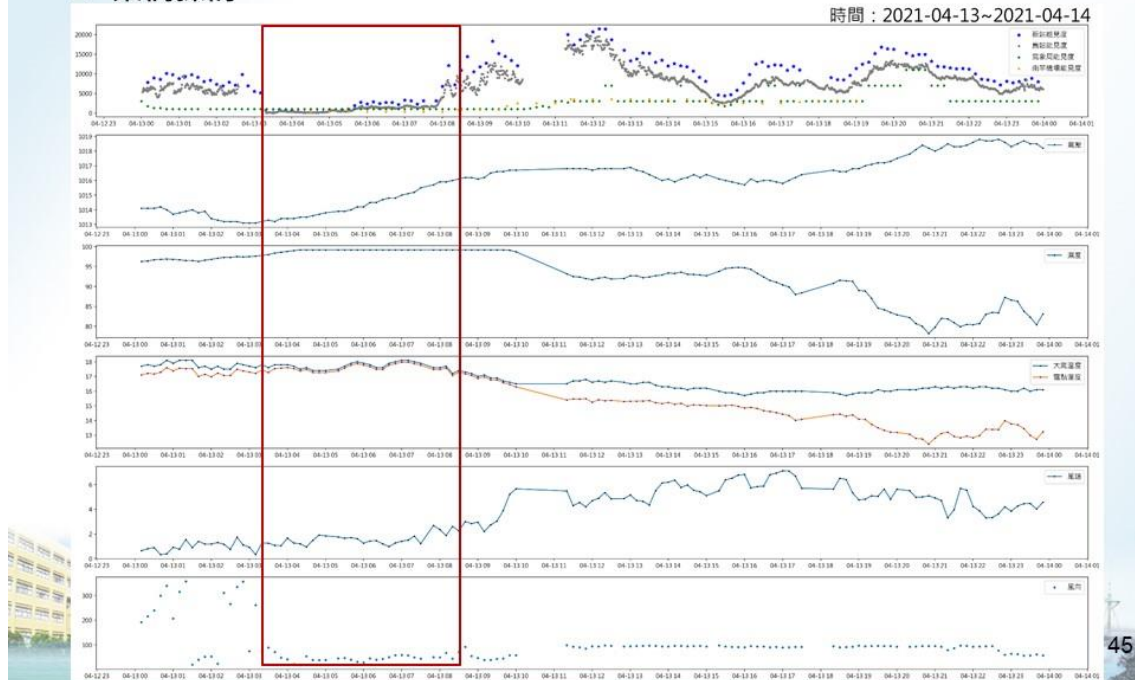
時間：2021-04-01~2021-04-03



44

六、馬祖港域能見度特性分析

■ 案例探討



45

六、馬祖港域能見度特性分析

■ 案例探討

- 濃霧發生時，其濕度均達99%以上，風速介於0.3~1.5 m/s間，大氣溫度及露點溫度差均降至0.5°C以下，另大氣壓力及風向則較無關聯性。
- 濃霧形成前，濕度有增加趨勢，並使得大氣溫度及露點溫度差降至0.5°C以下，而當濃霧逐步消散時，可觀測到風速逐漸變大之趨勢。
- 再從與鄰近站（馬祖氣象站及南竿機場氣象站）之數據比對，因鄰近站之海拔較高，濃霧由高處往低處發展，其能見度會較福澳港區之能見度低，因此從濃霧發生之時間點來看，其具有時間領先趨勢，後續可做為福澳港區能見度預警之參考指標。



46

七、結論與建議

■ 結論

- 本計畫參考QARTOD在風力資料之品管程序，逐一檢視套用在能見度自動觀測之可行性。其中可適用之程序包括：時間（間隔）檢查（Timing/Gap Test）、傳輸格式及編碼檢查（Syntax Test）、儀器或物理現象極限值檢查（Gross Range Test）、短時距離群值檢查（Spike Test）、短時距變化率與標準差之檢查（Rate of Change Test）、連續資料無變化（或微小）之檢查（Flat Line Test）、變數間關聯性檢查（Multi-Variate Test）、長時間資料變化幅度檢查（Attenuated Signal Test）、鄰近站相關性檢查（Neighbor Test）等9項。
- 在能見度之品管程序，以Timing/Gap Test、Syntax Test、Gross Range Test、Spike Test等4項，可優先做為儀器觀測數據合理性之檢查程序，其次則為Multi-Variate Test、Neighbor Test等2項，建議做為資料可信度之檢查程序，並輔以人工檢查判定，其餘Rate of Change Test、Flat Line Test、Attenuated Signal Test等3項僅適合做為低能見度數據檢查（高能見度時誤判機率高）之參考。



47

七、結論與建議

■ 結論

- 透過馬祖地區能見度觀測數據分析顯示，馬祖地區每年3~5月之能見度值相對較低，其主要係受到平流霧影響，低能見度（低於2公里者）發生比例，以4月份發生比例最高（約佔該月份4~6%），另11、12及1月亦有一定機率會出現低能見度之情形（約1~2%），另發生時間以凌晨3~6時較高，延續時間多在1~2小時以內。低能見度發生時數，以2018及2019年有發生多次超過4小時以上之低能見度情形，其總霧時分別為96及141小時，高於2016年的85小時及2020年的70小時（2017年因資料蒐集率不佳，統計數值不具代表性）。
- 從2021年濃霧事件分析，濃霧發生時，其濕度均達99%以上，風速介於0.3~1.5 m/s間，大氣溫度及露點溫度差均降至0.5°C以下，至於大氣壓力及風向則較無關聯性。濃霧形成前，濕度有增加趨勢，並使得大氣溫度及露點溫度差降至0.5°C以下，而當濃霧逐步消散時，可觀測到風速逐漸變大之趨勢。再從與鄰近站（馬祖氣象站及南竿機場氣象站）之數據比對，因鄰近站之海拔較高，濃霧由高處往低處發展，其能見度會較福澳港區之能見度低，因此從濃霧發生之時間點來看，其具有時間領先趨勢，後續可做為福澳港區能見度預警之參考指標。



48

七、結論與建議

■ 建議

- 本計畫蒐集國際氣象組織「氣象儀器與觀測方法指南」及美國海洋綜合觀測系統計畫辦公室之海洋即時資料品保手冊，透過港區歷史能見度資料，研擬一套港區能見度資料品管分析方法，建議後續可進一步精進其分析方法，建立即時資料之自動化品管機制，以強化港區能見度預警能力。
- 馬祖能見度除受到霧氣影響外，亦可能受到空氣品質不佳之影響，建議後續可進一步蒐集行政院環境保護署之空氣品質測站資料進行比對，分析其低能見度發生態樣。
- 能見度觀測方法，現行仍以人工觀測為主，儀器主要用以輔助人工觀測之品質，本計畫目前僅利用儀器觀測數據做為馬祖港區分析依據，尚缺乏人工觀測資料驗證其數據可信度，建議後續可導入影像數據進行資料檢核，確保資料可信度。



49

七、結論與建議

■ 成果效益與應用情形

- 本計畫完成馬祖福澳港區能見度觀測資料庫建置，以及港區能見度資料品管分析程式模組開發，可提供連江縣政府港務處做為港區能見度監測系統開發之依據。
- 本計畫完成歷年能見度統計及圖表產製模組開發，同時完成馬祖地區2021年上半年濃霧事件探討，篩選出濃霧發生之3項重要環境因子，可提供連江縣政府港務處掌握濃霧發生時間、延續時間及消散趨勢，做為港區船舶進出港管理之參考。



50

簡報完畢
敬請指教



附錄 2

工作會議暨專家學者座談會紀錄

交通部運輸研究所港灣技術研究中心會議紀錄

壹、會議名稱：本所港灣技術研究中心第二科及第三科自行研究計畫
專家學者座談會議

貳、時間：110 年 4 月 27 日(星期二)上午10 時

參、地點：本所港灣技術研究中心 2 樓簡報室

肆、主持人：蔡立宏主任

紀錄：曹勝傑

伍、出（列）席人員：如後附簽到表

陸、審查意見：

一、綜合意見：

(一) 滕委員春慈：

1. 二科、三科相關計畫彼此相互整合、互相驗證。
2. 建議相關產出資料，可以供外界介接，以增加資料價值。
3. 研發的成果，災害性的資訊可以預警顯示，增加災防價值。
4. 內政部電子海圖的使用之可行性。
5. 港內遊憩服務，警示的強化，以增加安全。

(二) 陳委員賓權：

1. 本局葉局長已經指示加強與運研所的合作，林所長指派陳副所長擔任代表，本局近期將由本人率員拜會運研所，針對未來合作方向及可能議題，做進一步討論。未來合作方式建議可以有類似五年計畫的長期合作，以針對合作研究課題有更深入及系列性的探討，例如 AIS 的資料分析及預警對未來離岸風電運作的船舶管理非常重要，建議這類合作模式的優點，一方面可以回應立法院對運研所研究成果落實應用的期待，二方面也可以避免部屬機關重複研究的資源浪費。
2. 本次提出自辦計畫都兼具廣度與深度，除了文獻回顧外，也兼顧政策需要及模型發展，值得肯定。

(三) 林委員銘崇：

1. 第二科部分：主要商港觀測似以統計年報為主，進一步特性分析可能需要另行規劃。
2. 綜合而言，計畫內容符合規劃單位之任務屬性。

(四) 簡委員仲璟：

1. 港研中心第二科與第三科依業務權責考量經費預算，整合研究人力，研提 110 年度自辦研究計畫。根據簡報資料及說明，初步認為計畫合理、可行，應可達到預期的成果。
2. 現場海象觀測之成功率應以量化顯示，以瞭解維護保養之成效。資料之品管工作可再加強，以提升其應用之可靠性及準確度。
3. 近年來花蓮港颱風期間船舶斷纜情形如何？目前是否有提供預警訊息？調查臺北港及高雄港港內波浪其目的為何？是否出現港池靜穩問題？此與數值水槽是否有關聯？
4. 離岸風電目前正陸續興建中，建議針對風電場區對船舶航行之影響可進一步探討。
5. 氣候變遷對港區海氣象特性是否造成改變？造成哪些及多大的改變？這些改變對港區結構物安全及營運作業是否造成影響？建議針對氣候變遷對港口可能之影響進行風險性評估，以提供港務公司參考。

二、110 年主要商港風潮觀測與特性分析：

(一) 王委員錦榮：

1. 其中找出異常風發生時或發生前之特徵部分，除針對高雄港外，建議增加臺北港、臺中港、基隆港、布袋港的分析。
2. 建議也可針對金門港進行觀測與特性分析。
3. 建議能介接到港務公司之海氣象資訊平臺。(異常風部分、異常浪部分)

(二) 江委員文山：

風與暴潮分析，在某些特定條件下，波浪亦可能造成對暴潮影響，建議納入整合分析。

(三) 陳委員賓權：

1. 請問監測風儀數量及位置？過去是否已有其他商港的研究資料，如否？僅有一年資料如何進行比較？
2. 如果今年颱風不多，甚至沒有颱風，如何完成預期成果？有無替代方案？
3. 由於高雄港未來不太會有大型港灣工程建設，但相對臺北港還在

持續填土造地、臺中港及基隆港也會有 LNG 接收站的建設，建議未來可以針對上述港口風潮觀測及特性進行分析。

三、110 年主要商港波流觀測與特性分析：

(一) 王委員錦榮：

建議增加"蘇澳港"。

(二) 江委員文山：

關於港內靜穩分析，基本上港內波浪觀測結果，方向的特性受制於結構物已難辨識，因此若要討論生成的機制時，港外波的觀測相對重要，宜審慎規劃。

(三) 陳委員賓權：

1. 計畫緣起說明本案以順時鐘方向，每年定期更新 1-2 站海象觀測系統，但看不太出來今年預期觀測的商港為何？
2. 儀器費 335 萬預計購置幾套設備？設置位置？是不是隨著觀測目標港口移動？還是固定式的？
3. 業務費 500 萬，主要是用於僱用潛水人員安裝觀測儀器、維修及收回？

四、船舶監控預警系統之應用(2/2)：

(一) 江委員文山：

海事事故發生時，同時匯出事故發生時的環境參數，對於分析事故成因具有重要的參考價值，建議匯出的資料涵蓋前後一段相當的時間，非只瞬時資料。

(二) 陳委員賓權：

1. 本案有助於本局目前推動離岸風電的航道安全管理，建議研究範圍可以臺灣海峽的交通量及事故熱點進行分析。
2. 本局去年 7 月起購置衛星 AIS 資料，如果本案研究用得上，未來可以納入合作研究的範疇。

五、馬祖港域能見度探討之研究(1/2)：

(一) 江委員文山：

已規劃分析能見度與相關環境因子的相關性分析，建議嘗試根據相關性的分析結果，進一步研究短期預報能見度的技術。

(二) 陳委員賓權：

目前氣象資料已能準確預報濃霧發生，也是用以評估是否發生霧鎖機場，啟動B、C計畫的必要性。以福澳港為例，目前封港標準係以目視燈杆輪廓（約300公尺）來判斷，因此，本案如能完成馬祖港域能見度分析，提供港務單位做為港區能見度預警應用之參考，應有其價值。

六、臺北港鄰近海域歷年地形變遷特性分析：

(一) 王委員錦榮：

蒐集分析範圍是否包括臺北港南側至林口電廠，以及淡水河口區域。

(二) 江委員文山：

本案直接關聯的就是海岸防護計畫的相關應用，建議對海岸防護計畫相關的內容進行收集與了解。

(三) 林委員銘崇：

本案確可據此了解地形變化趨勢，建議進一步規劃探討侵淤變化過程機制之研究。

(四) 簡委員仲璟：

本案已研究多年，在本年度之研究工作項目和以往有何差異？

七、水波時尺或時頻分析法之比較與應用（4/4）：

(一) 江委員文山：

由計畫書內容敘述看來有些部分與波浪不穩定相關，關於此部分成功大學曾進行一系列的實驗研究，或許有助於此研究的驗證，建議納入參考。

八、臺中港靜穩度水工試驗暨波浪數值水槽之初步探討：

(一) 江委員文山：

長浪數值水槽研究，個人認為可行性相當高，建議著重在入射方

向的影響探討。

(二) 林委員銘崇：

波浪數值水槽具前瞻性研究意義，值得推動。

九、港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究(4/4)：

(一) 王委員錦榮：

1. 建議增加蘇澳港建置長浪預報模組。
2. 長浪預報模擬：建議介接至港務公司海氣象資訊平臺。
3. 長浪造成重力波影響花蓮港的港池靜穩度，建議擴大運用效果，提出港池改善之軟硬體設施(措施)對策。

(二) 江委員文山：

關於長浪與湧浪的分離，基於實務應用的需求簡單以週期 8 秒作為區分，個人認同。另建議就理論上以波齡作區分進行研究。

(三) 陳委員賓權：

本案以勞務案辦理花蓮海岸公路浪襲路段地形水深測量的辦理方式？因為經費不高，如何取得所需資料？

(四) 林委員銘崇：

長浪係臺灣周圍海域獨特課題，長浪預報與預警作業化甚具重要性。

十、110 年港灣環境資訊網觀測資料檢核及分析：

(一) 江委員文山：

經過多年的努力已有相當良好的成果，建議加強推廣應用。

(二) 陳委員賓權：

1. 手機版的全國海象資料點進去會出現，應用程式中發生伺服器錯誤。
2. 簡報中要導入品保程序是很好的做法。
3. 未來藍色公路也是海運發展重點，特別是 2023 年是跳島旅遊年，離島客運服務與本島間的交通也會是重點，建議未來可以提供相關資料，以與氣象局海氣象資料有所區隔。

十一、臺灣西部近岸港口外廓配置對毗鄰海灘沖淤之影響評估：

(一) 王委員錦榮：

防制措施及改善對策，建議可結合港務公司委託海委會國海院辦理之西岸港口侵淤成因及地形變遷的分析結果，以利達到整合，有效改善的綜效。

(二) 江委員文山：

結構物興築對海灘的沖淤影響為重要的議題，多年來有相當多的研究投入在此領域。至於造成影響後的因應措施，傳統上”硬式”工法普遍被採用，近幾年來”近自然工法”在國際上廣受應用上的重視，國內在這部分的投入非常有限，導致實際應用上的信心不足，建議納入研究。

(三) 林委員銘崇：

西海岸港口佈置與海灘沖淤之影響評估可否朝模態化思考？

柒、結論：專家學者所提意見，請研究單位列入計畫之研究方向及內容修訂辦理。

捌、散會：中午 12 時 30 分

會議簽到表

會議名稱：交通部運輸研究所港灣技術研究中心
110 年度第二科及第三科自行研究計畫專家學者座談會議

會議時間：110 年 4 月 27 日上午 10 時

會議地點：港灣技術研究中心 2 樓簡報室

主持人：蔡立宏

紀錄：曹勝江

與會人員：

單位	簽名
臺灣港務股份有限公司 王錦榮 工程副總經理	王錦榮
交通部航港局 陳賓權 副局長	陳賓權
國立成功大學水工試驗所 江文山 副所長	江文山
交通部中央氣象局海象測報中心 滕春慈 主任	滕春慈
國立臺灣大學 工程科學及海洋工程學系 林銘崇 前教授	林銘崇
交通部運輸研究所 港灣技術研究中心 簡仲璟 前簡任研究員兼科長	簡仲璟
交通部運輸研究所 港灣技術研究中心 李俊穎 科長	李俊穎
交通部運輸研究所 港灣技術研究中心 林雅雯 科長	林雅雯

單位	簽名
交通部運輸研究所 港灣技術研究中心	賴瑞興 柯正欽 黃茂信
	郭奇 傅天呀 劉煒明
	莊文傑 閻德勇 林建達
	謝振松 顏所香 鄭年強
	洪子健 林文人 林河如
陳嘉良	蔣敏玲 許義宏
張維庭	陳鈞彥 劉明名
劉鴻彬	蔡世瑄 曹騰陞
徐金七	傅紀雅 傅怡剛
李敏蓮	邱永堂

交通部運輸研究所港灣技術研究中心會議紀錄

壹、會議名稱：「MOTC-IOT-110-H2CA001d 馬祖港域能見度探討之研究(1/2)-

環境因子特性分析」自行研究案第 1 次工作會議

貳、時間：110 年 6 月 22 日(星期二) 上午 10 時

參、地點：本所港灣技術研究中心5樓第二會議室（視訊會議）

肆、主持人：蔡立宏主任

紀錄：許義宏

伍、出席單位及人員：如後附簽到表

陸、討論議題：

一、工作進度說明：

(一)完成國內外能見度觀測方式及規範等文獻資料蒐集。

(二)完成馬祖福澳港區能見度觀測資料庫建置，以及開發氣象局氣象站及民航局機場氣象站資料介接程式。

(三)參考世界氣象組織(WMO)與海洋即時觀測數據品管(QARTOD)作業手冊，完成福澳港能見度觀測資料品管程序 Test1~Test6 檢核機制建立。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論：

(一)確認資料品管流程及程序。

(二)探討馬祖地區濃霧特性，以及能見度影響因子。

柒、結論：

一、本計畫已初步研訂初步能見度即時資料品管機制，後續可再持續蒐集其他可參考之氣象品管機制，並進一步評估不同品管程序之效果。

二、本計畫以參照先期審議之意見，將氣象局及民航局觀測資料納入，建議後續可進一步比較 3 個測站資料之關聯性。

三、在環境因子分析，後續建議可納入潮位計量測之水溫資料，以及不同區域之(地表)溫度變化。

四、為強化本計畫成果，可預先研析研究產出項目與應用目的之關聯性，以提供應用單位決策應用。

捌、散會：上午 10 時 50 分

會議簽到表

壹、會議名稱：「馬祖港域能見度探討之研究(1/2)-環境因子特性分析」自行
研究案第一次工作會議

貳、時間：110 年 6 月 22 日(星期二) 上午 10 時 0 分

參、地點：本所港灣技術研究中心5樓第二會議室（視訊會議）

肆、主持人：蔡主任立宏 蔡立宏

伍、出席單位及人員：

出席單位	職稱	姓名
第一科	科長	賴瑞雄
第二科	科長 駐點工程師 研究員 駐點工程師 副研究員 副研究員 研究員 副研究員 副研究員 駐點工程師 駐點工程師 副研究員 技工 技工 助理研究員 助理研究員 副研究員 助理研究員	李偉翔 陳孟忠 許義宏 張維庭 劉淑敏 林嘉豪 李沁澤 陳天時 衛紅雅 曹騰臨 林雅雯
第三科	科長	林雅雯
其他單位		

(註：簽到表請掃描成 pdf 檔，若欲與會議紀錄整併成 1 個 pdf 檔，可至「https://www.ilovepdf.com/zh-tw/merge_pdf」，將會議紀錄與簽到表上傳後進行合併，再上傳至公文系統附件區供陳核)

交通部運輸研究所港灣技術研究中心會議紀錄

壹、會議名稱：「MOTC-IOT-110-H2CA001d 馬祖港域能見度探討之研究(1/2)-
環境因子特性分析」自行研究案第 2 次工作會議

貳、時間：110 年 8 月 27 日(星期五) 下午 2 時 30 分

參、地點：本所港灣技術研究中心5樓第二會議室（視訊會議）

肆、主持人：李俊穎科長

紀錄：許義宏

伍、出席單位及人員：如後附簽到表

陸、討論議題：

一、工作進度說明：

- (一)完成馬祖港區多參數氣象站監測資料庫、以及中央氣象局馬祖氣象站與南竿機場航空站氣象資料介接及歷史資料建檔。。
- (二)完成馬祖港區能見度觀測數據與現場 CCTV 比對。
- (三)完成 Test1~Test7、Test9、Test11 品管程式開發及測試。
- (四)完成資料蒐集率統計表、能見度分級統計表、歷線圖、盒鬚圖、霧日熱點圖、分月玫瑰圖繪圖程式。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論：

- (一)資料品管流程及程序，以及極端值濾除規則。
- (二)環境影響因子及特性分析初步結果。

柒、結論：

- 一、本計畫已研訂初步能見度即時資料品管機制，其包含 11 項程序與 3 項標記(flag)，建議持續探討異常資料濾除之規則，以有效獲取可信之資料。
- 二、在環境因子分析上，建議可著重在低能見度進行分析，並探討溫度變化對能見度之影響。
- 三、玫瑰圖主要用在呈現具方向性之觀測項目，目前能見度資料為時間序列分析，建議可採用直方圖即可。

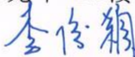
捌、散會：下午 3 時 30 分

會議簽到表

壹、會議名稱：「本所港灣技術研究中心第二科 110 年自行研究計畫第 2 次
工作會議

貳、時間：110 年 8 月 27 日(星期五) 上午 9 時 0 分

參、地點：本所港灣技術研究中心 5 樓第二會議室（視訊會議）

肆、主持人：李科長俊穎 

伍、出席單位及人員：

出席單位	職稱	姓名
本所運輸安全組	請假	
第一科	科長	賴沛進
	科表	李俊穎
	研究員	黃茂行
	研究員	許義宏
	助研員	蔡金吉
	駐點人員	劉淑敏
	駐點人員	張子通
第二科	駐點人員	張維庭
	駐點人員	陳孟宏
	技工	李仁修
	副研員	李政達
	助理研究員	林文幼
	副研究員	劉明宏
	副研究員	蕭永聰
	研究員	林宜富
	副研員	衛紀滄
	副研員	邱張吉
	助理研究員	曹勝傑
第三科	科長	林雅雯

(註：簽到表請掃描成 pdf 檔，若欲與會議紀錄整併成 1 個 pdf 檔，可至「https://www.ilovepdf.com/zh-tw/merge_pdf」，將會議紀錄與簽到表上傳後進行合併，再上傳至公文系統附件區供陳核)

交通部運輸研究所港灣技術研究中心會議紀錄

壹、會議名稱：「MOTC-IOT-110-H2CA001d 馬祖港域能見度探討之研究(1/2)-環境因子特性分析」自行研究案第 3 次工作會議

貳、時間：110 年 10 月 18 日(星期二) 上午 11 時

參、地點：本所港灣技術研究中心2樓簡報室

肆、主持人：李俊穎科長

紀錄：許義宏

伍、出席單位及人員：如後附簽到表

陸、討論議題：

一、工作進度說明：

(一) 完成 Test1~Test11 品管程式開發及測試。

(二) 完成期末報告初稿第 1 章~第 3 章撰寫。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論：

(一) 品管程序確認及方法論討論，報告書可直接提出各項參數預設值之建議。

(二) 針對資料離群值檢查研提 6 種方法，可再嘗試利用中位數法進行分析。

柒、結論：

一、本計畫已完成能見度即時資料品管機制擬定，其包含 11 項程序與 3 項標記(flag)，建議後續可針對各項程序之標記結果進行綜合品管。

二、針對能見度特性分析部分，後續可透過低能見度之實際個案(如濃霧封港事件)，進行各項環境因子探討。

捌、散會：上午 12 時

會議簽到表

壹、會議名稱：「本所港灣技術研究中心第二科 110 年自行研究計畫第 3 次工作會議」

貳、時間：110 年 10 月 19 日(星期二) 上午 9 時 0 分

參、地點：本所港灣技術研究中心 2 樓簡報室

肆、主持人：李科長俊穎

李俊穎

伍、出席單位及人員：

出席單位	職稱	姓名
本所運輸安全組		請假
第一科	科長	賴瑞豐
第二科	駐卓人員	劉淑敏
	駐點人員	陳子健
	派遣人員	陳孟宏
	副研究員	劉明宏
	副研究員	邱志光
	研究員	林建豪
	研中員	黃茂信
	助理研究員	李金吉
	"	林受文
	派遣人員	張維良
	副研究員	羅冠翹
	副研究員	張維良
	副研究員	衛紀作
	技 工	木江澤
	"	陳天時
	副研究員	丁政元
第三科	研究員	許義宏
	助理研究員	曹勝山
第三科	科長	林雅雯

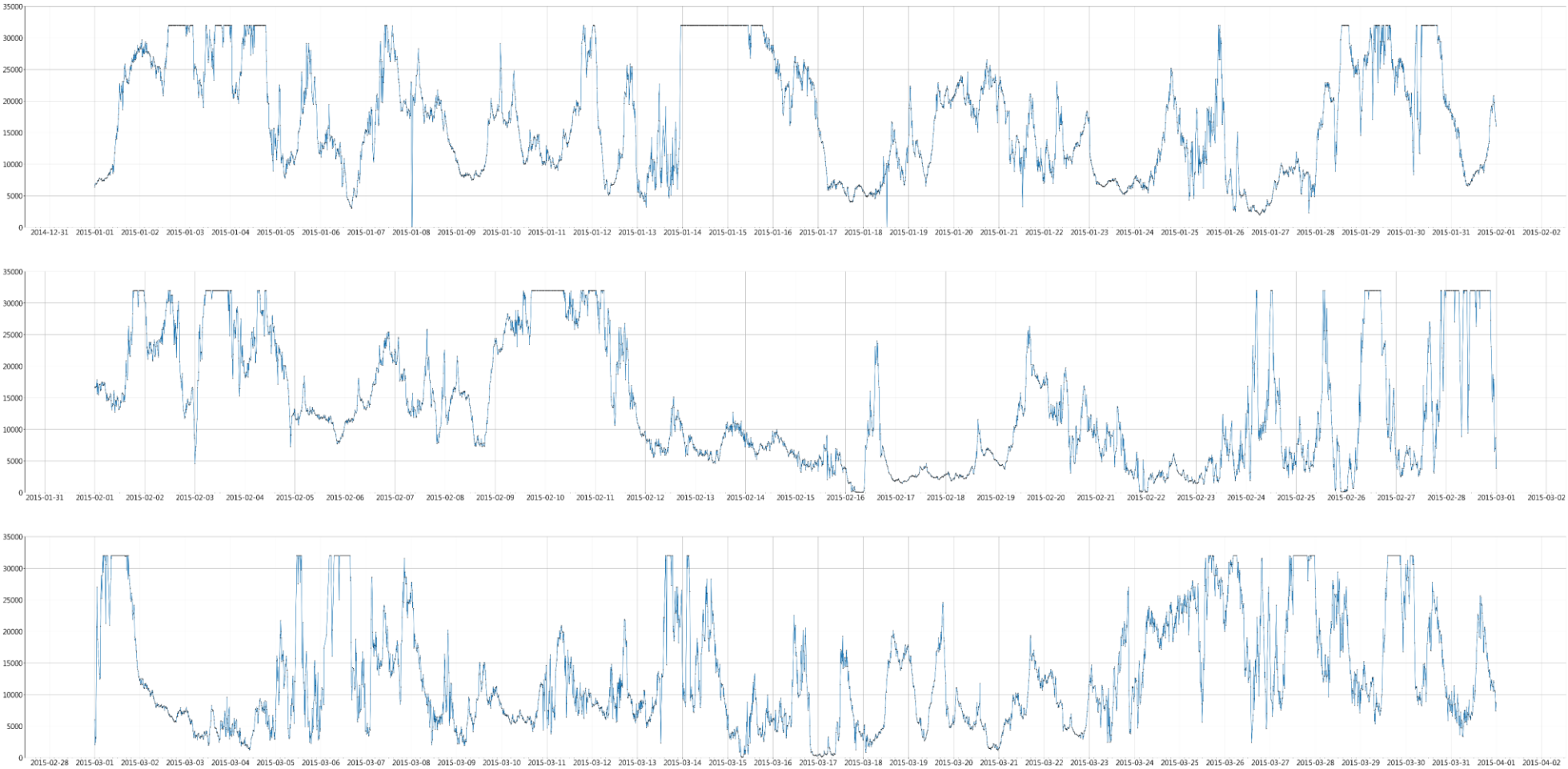
(註：簽到表請掃描成 pdf 檔，若欲與會議紀錄整併成 1 個 pdf 檔，可至「https://www.ilovepdf.com/zh-tw/merge_pdf」，將會議紀錄與簽到表上傳後進行合併，再上傳至公文系統附件區供陳核)

附錄 3

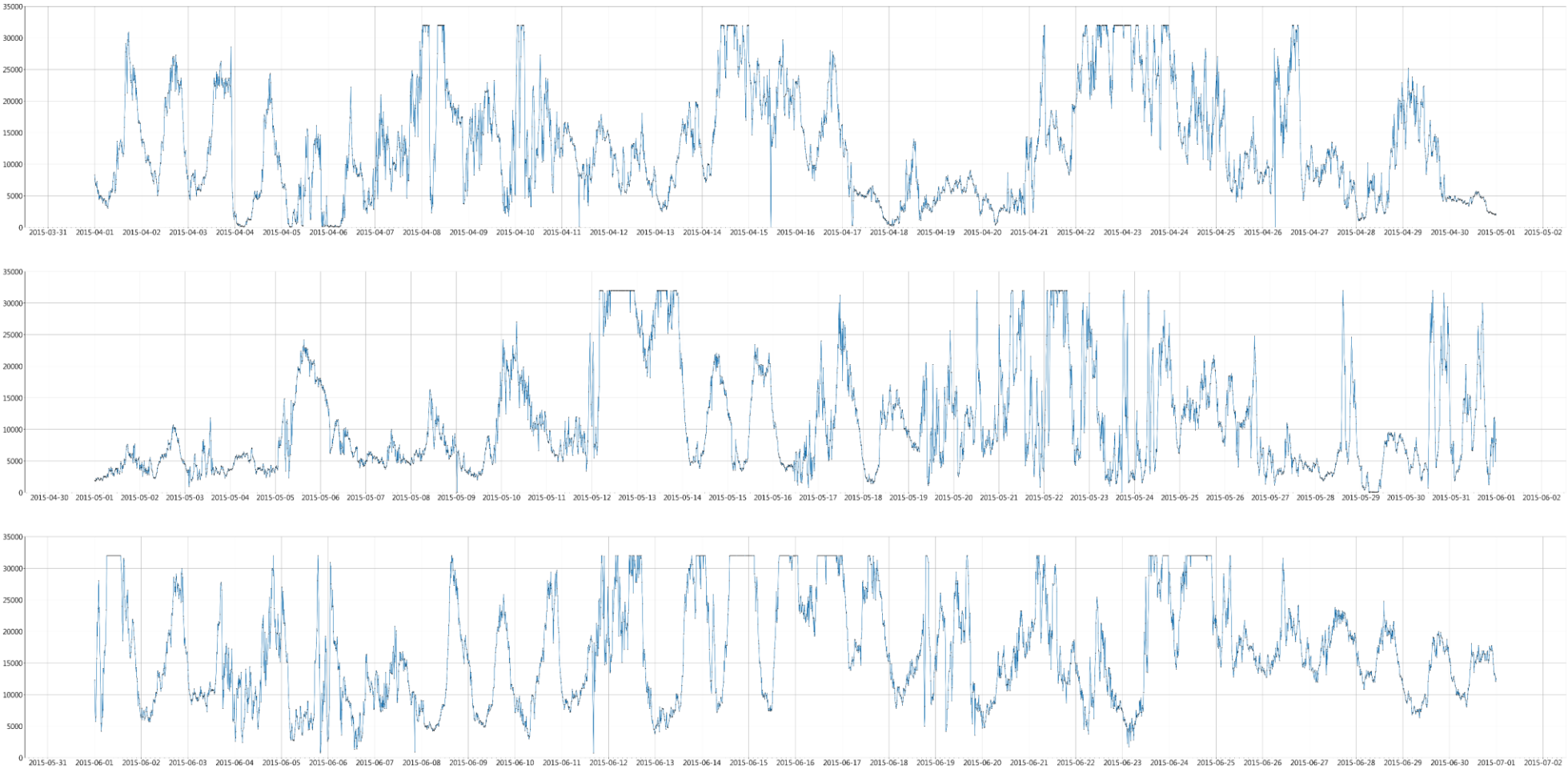
觀測資料歷線圖

舊站 2015 年第 1 季能見度觀測歷線圖

附 3-1



舊站 2015 年第 2 季能見度觀測歷線圖



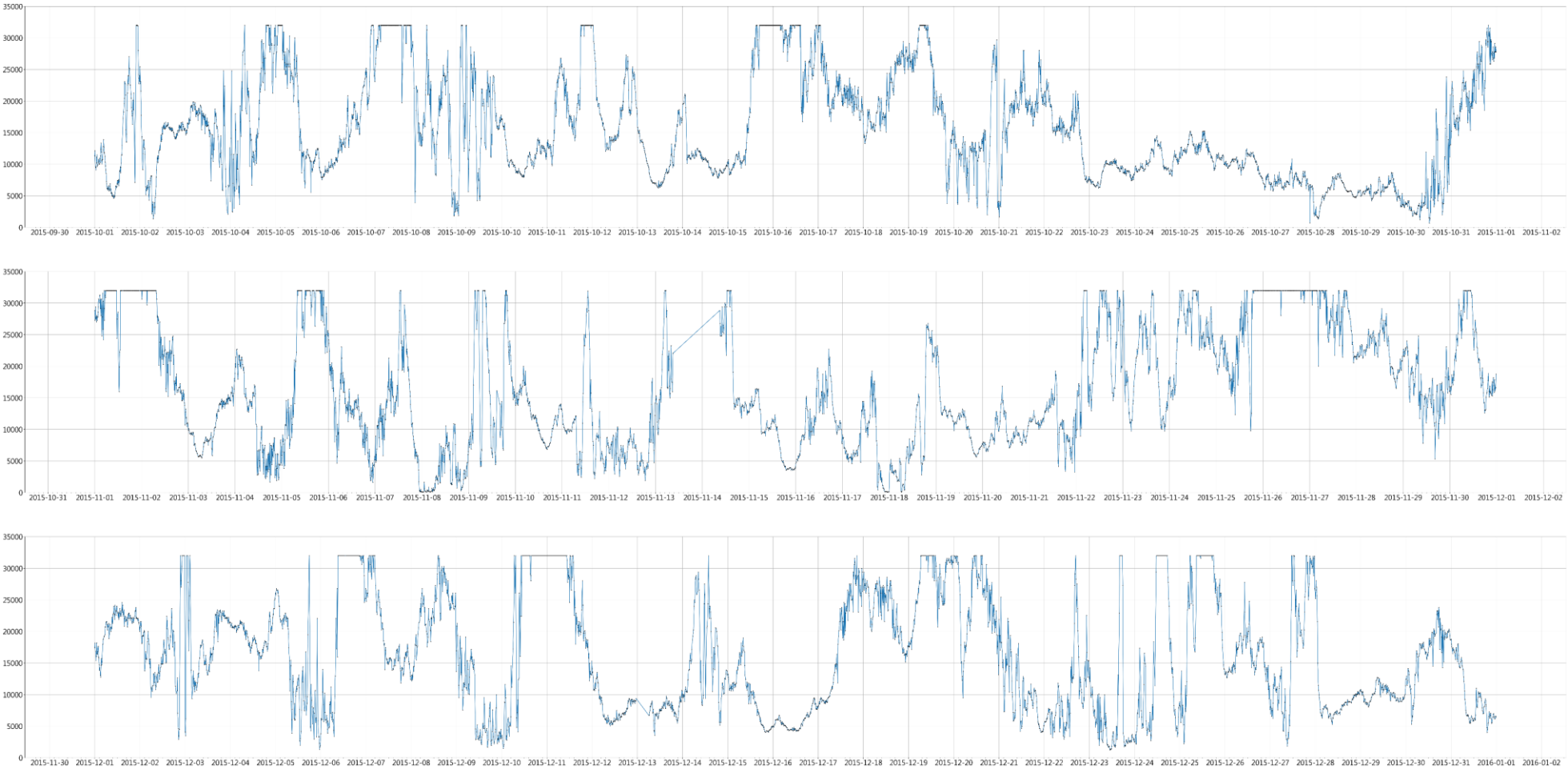
附 3-2

舊站 2015 年第 3 季能見度觀測歷線圖

附 3-3



舊站 2015 年第 4 季能見度觀測歷線圖



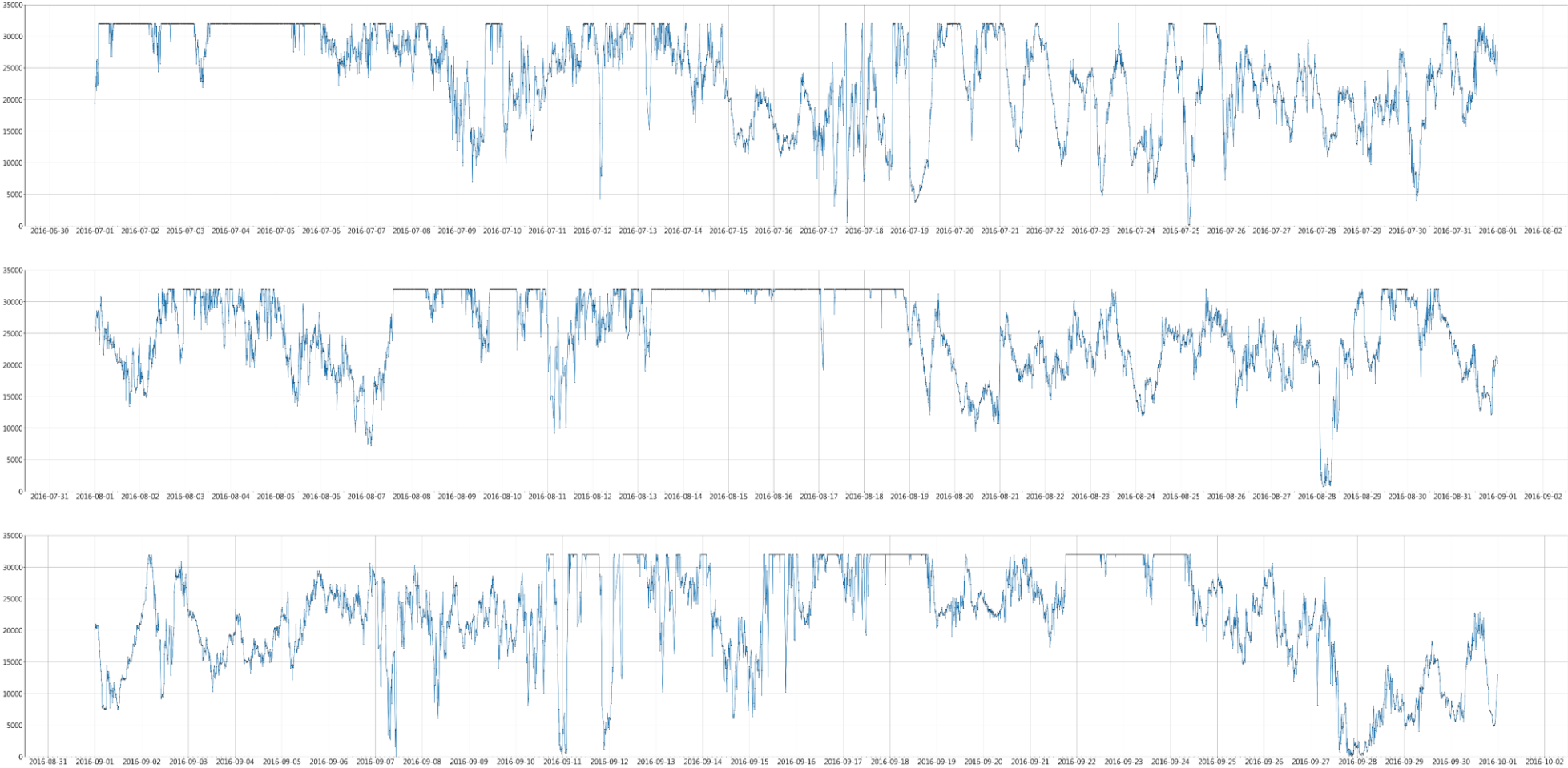
舊站 2016 年第 1 季能見度觀測歷線圖



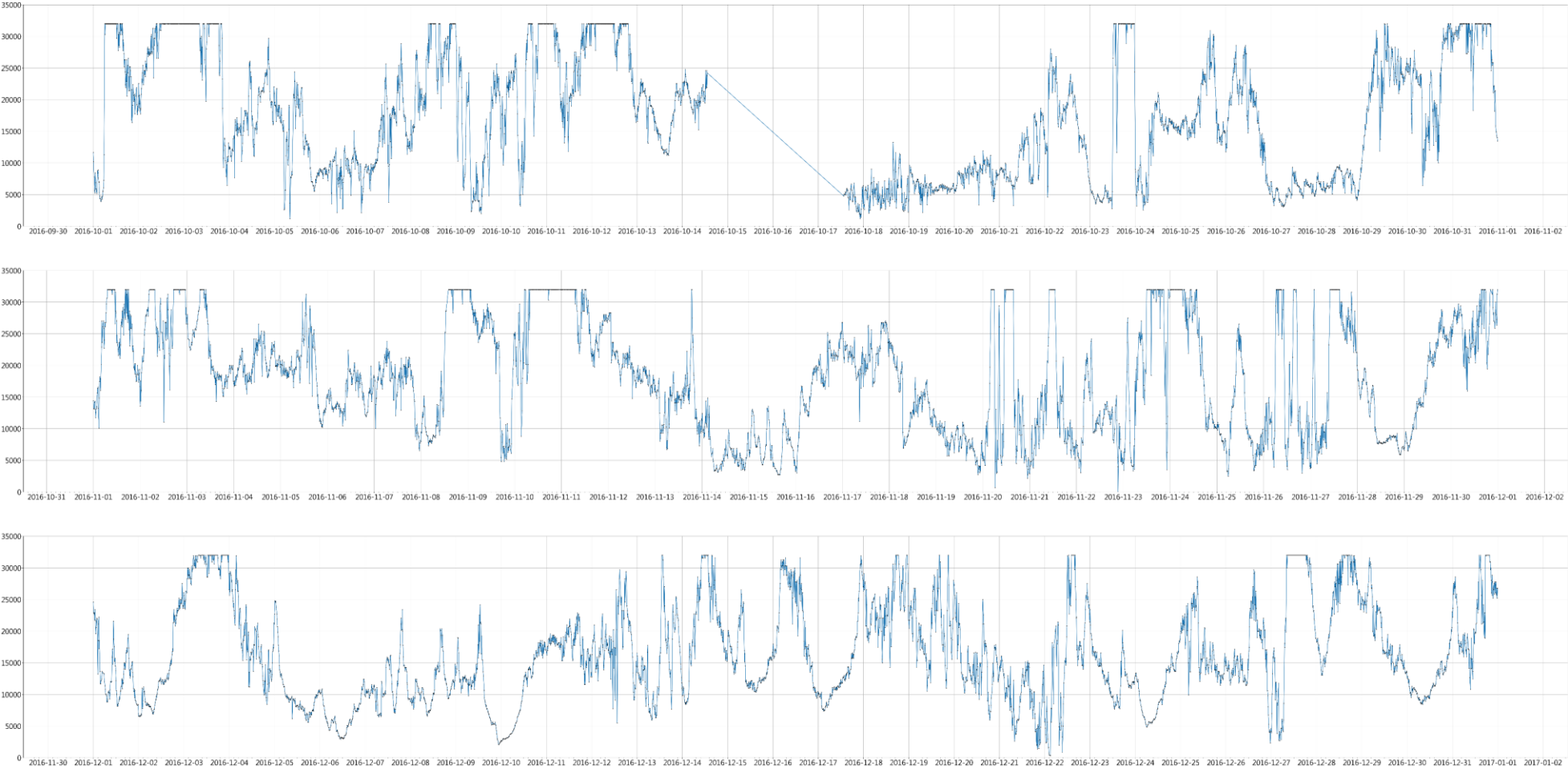
舊站 2016 年第 2 季能見度觀測歷線圖



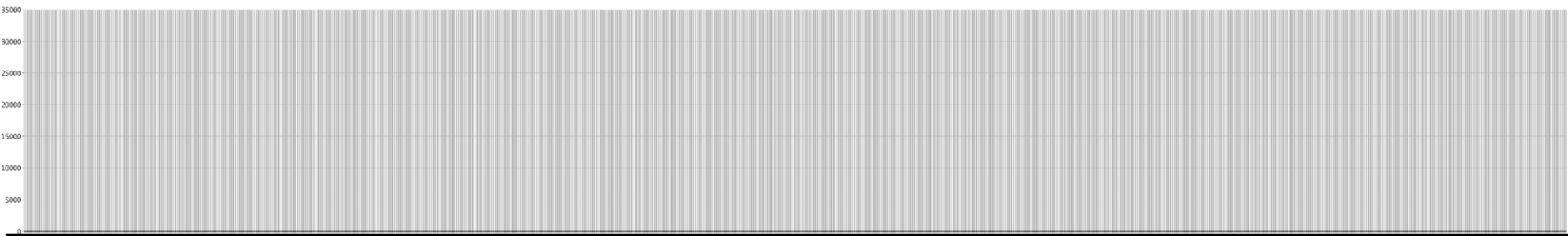
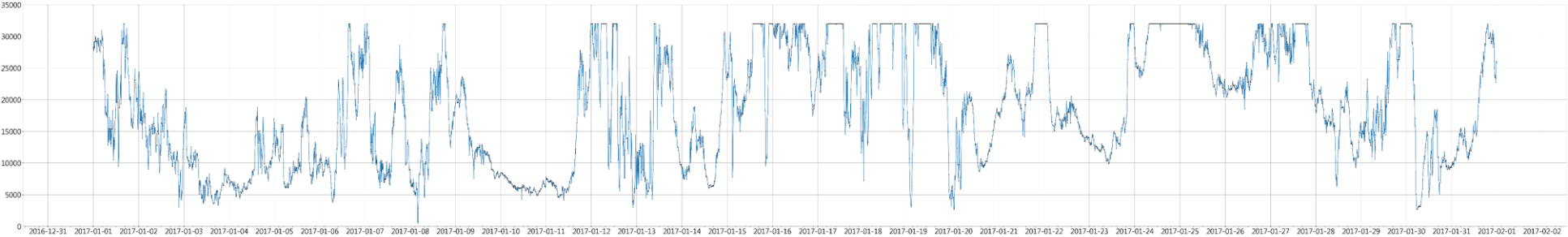
舊站 2016 年第 3 季能見度觀測歷線圖



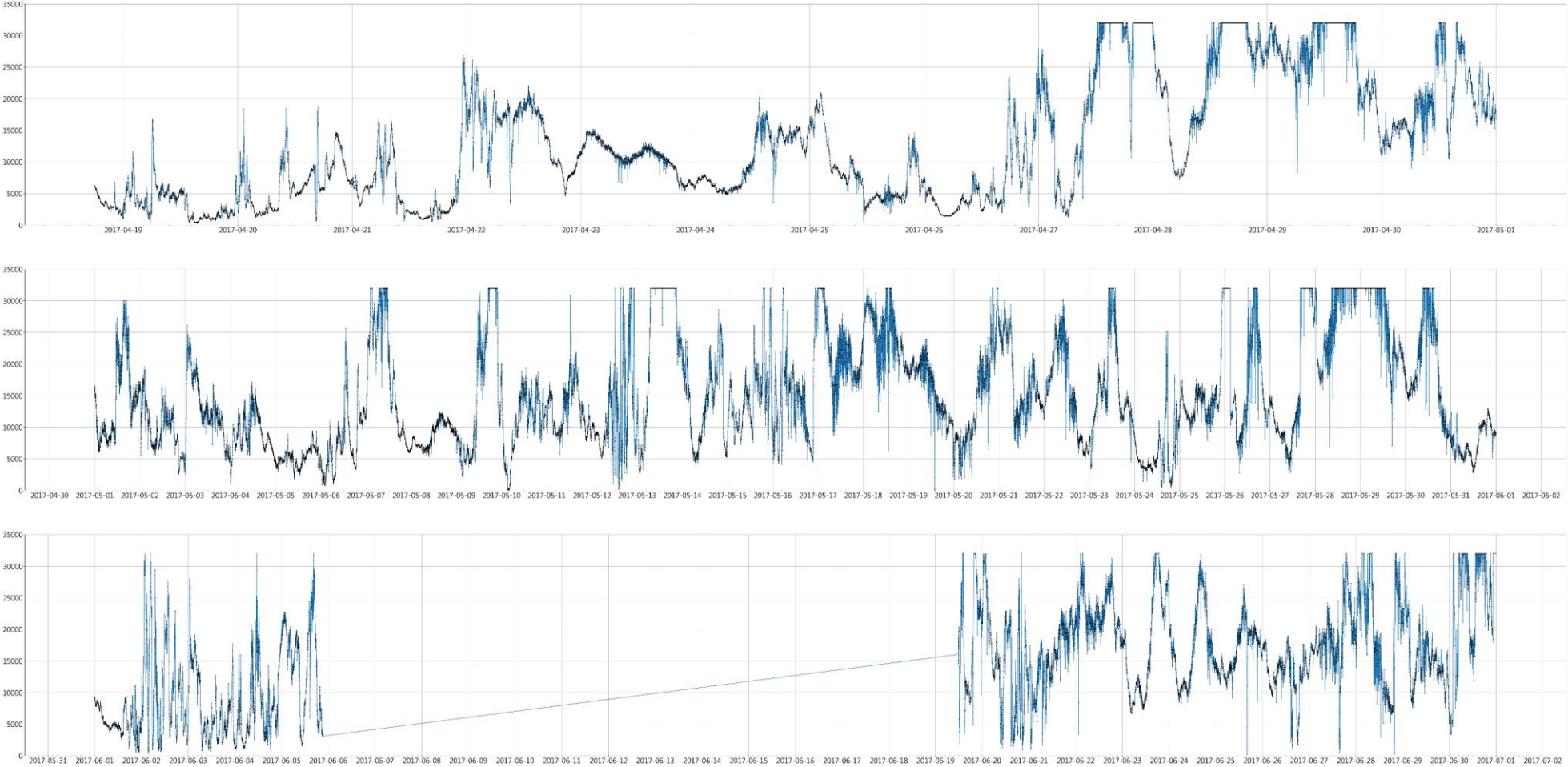
舊站 2016 年第 4 季能見度觀測歷線圖



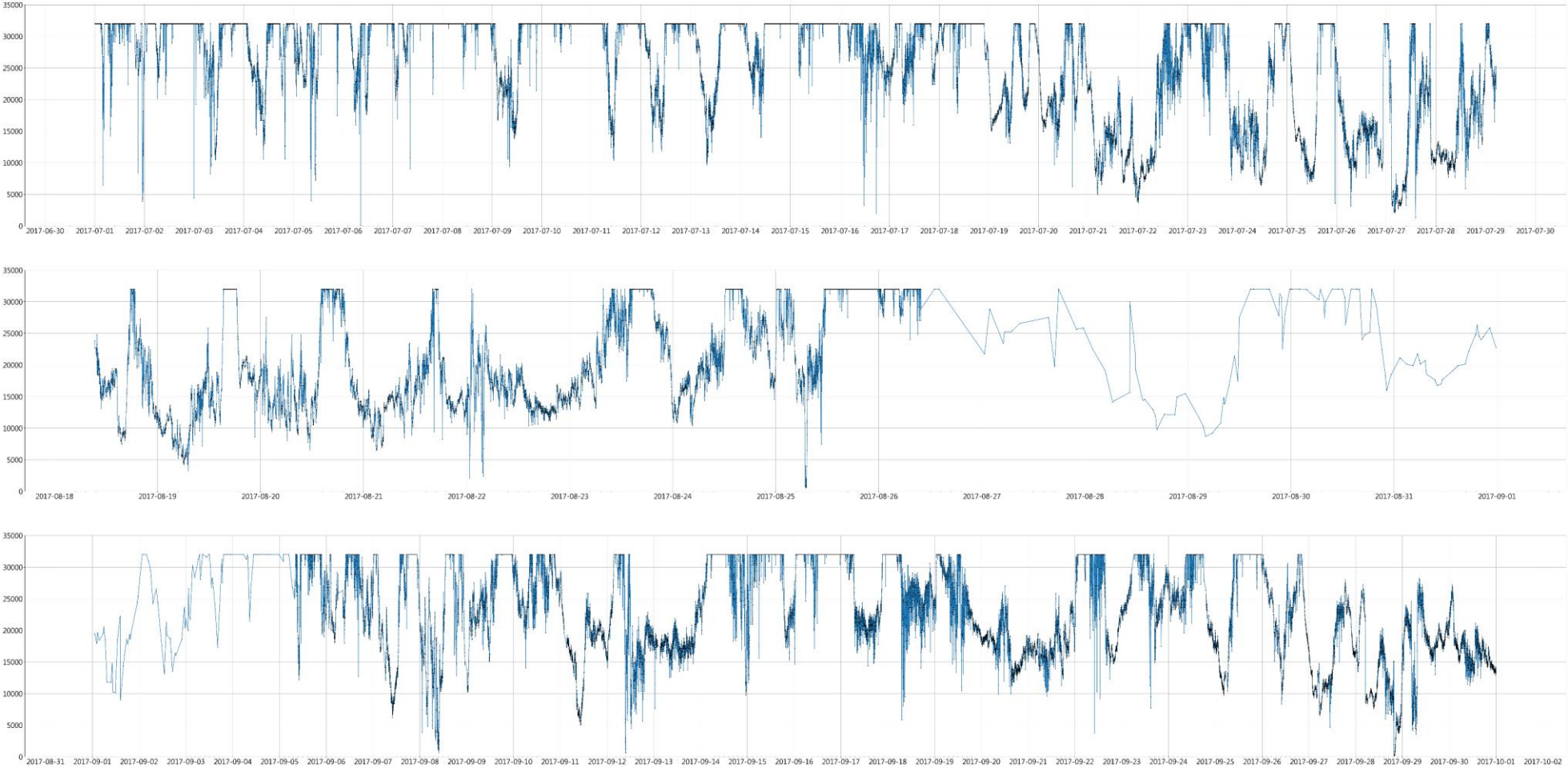
舊站 2017 年第 1 季能見度觀測歷線圖



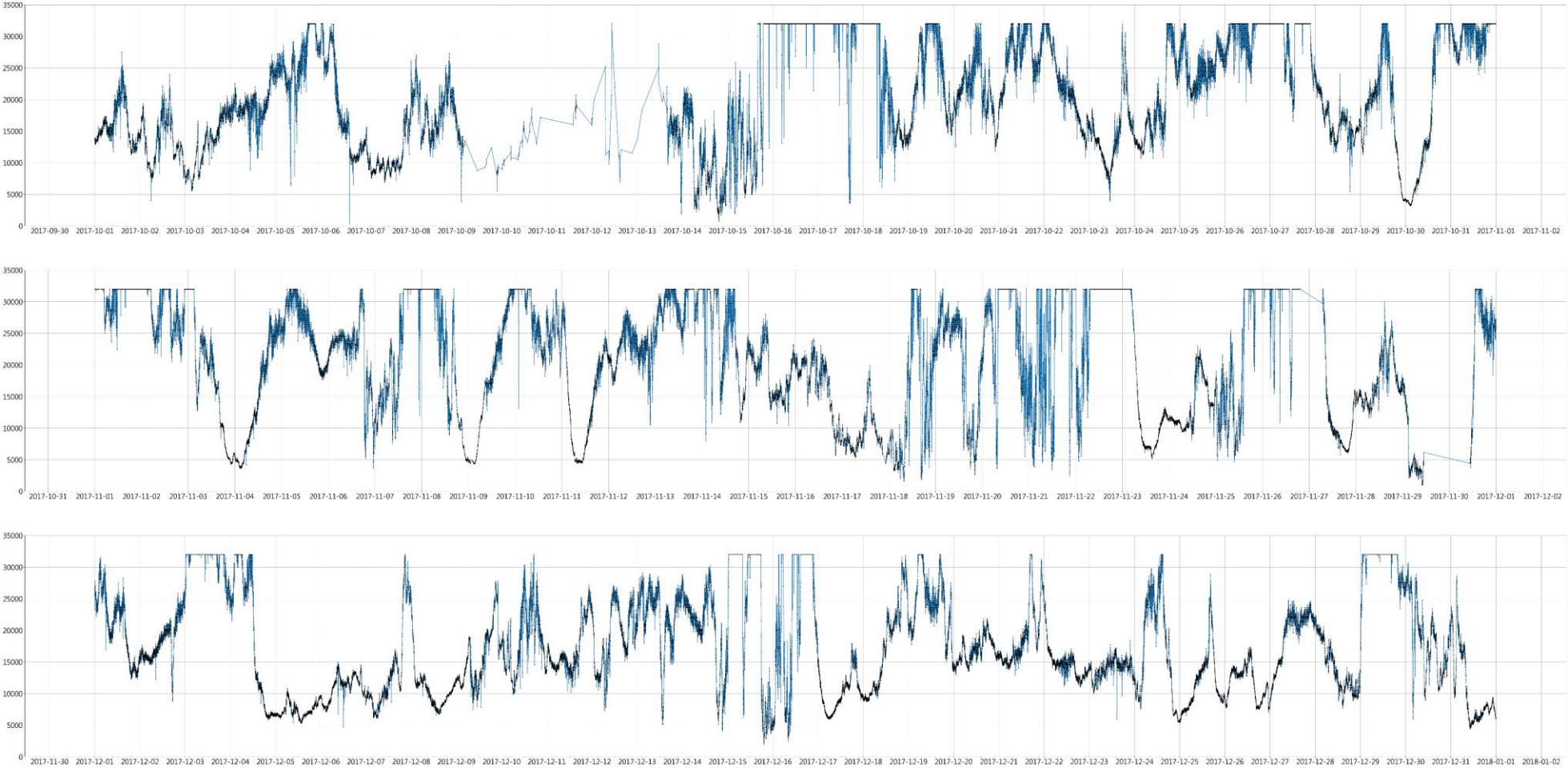
舊站 2017 年第 2 季能見度觀測歷線圖



舊站 2017 年第 3 季能見度觀測歷線圖



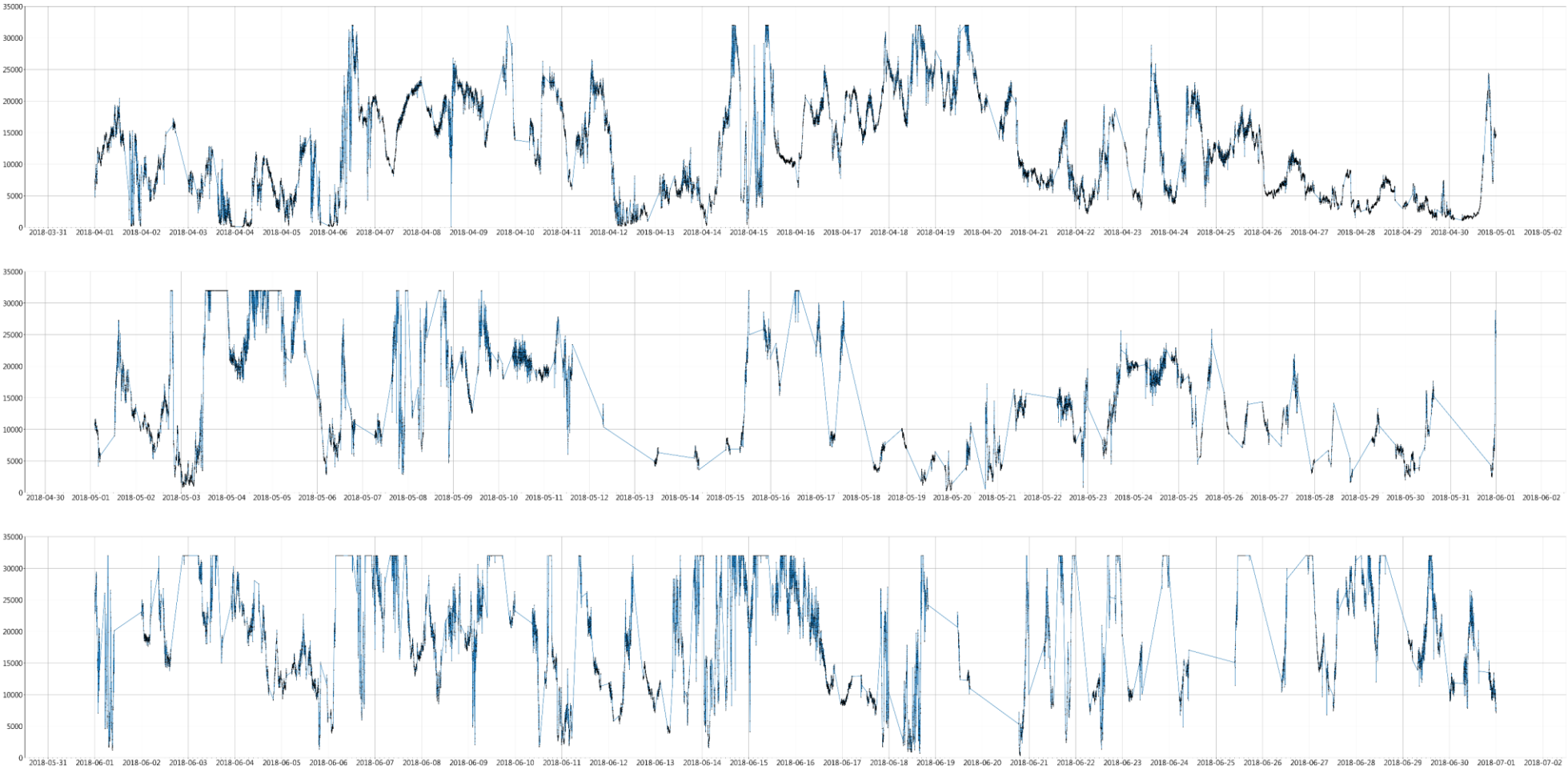
舊站 2017 年第 4 季能見度觀測歷線圖



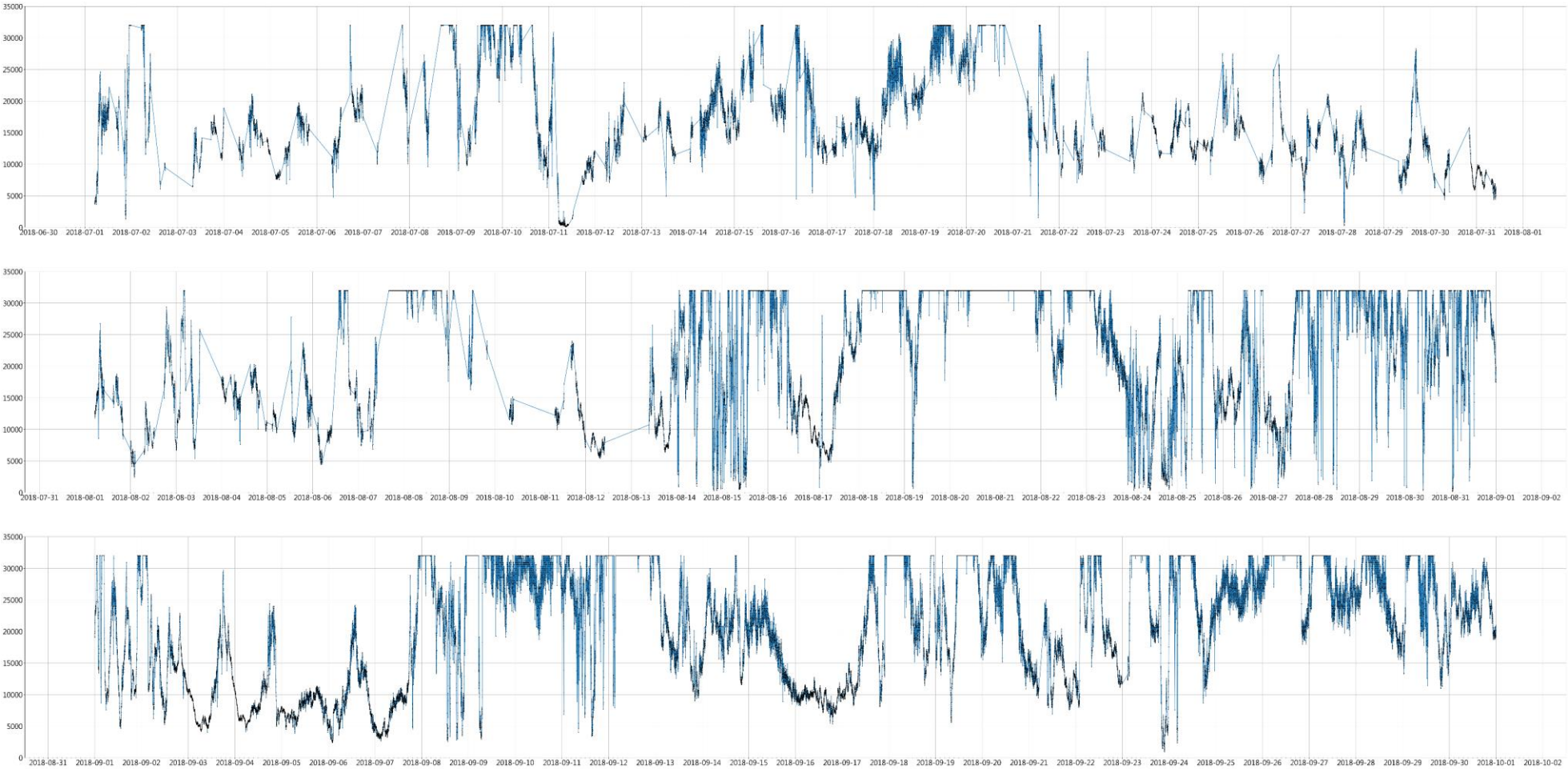
舊站 2018 年第 1 季能見度觀測歷線圖



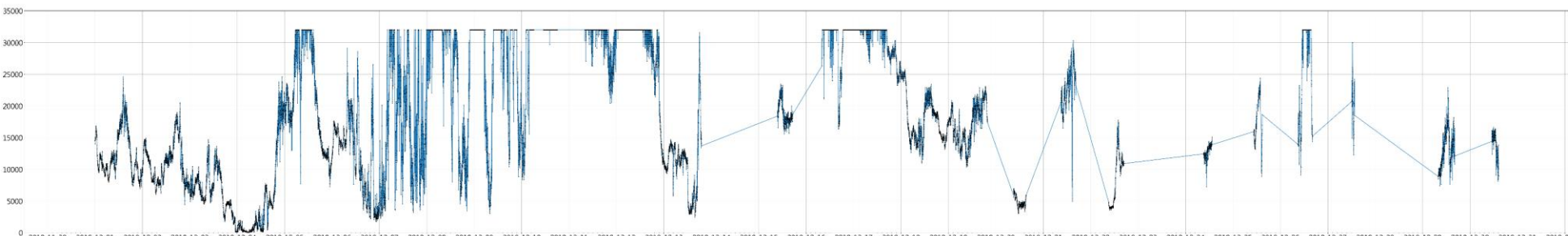
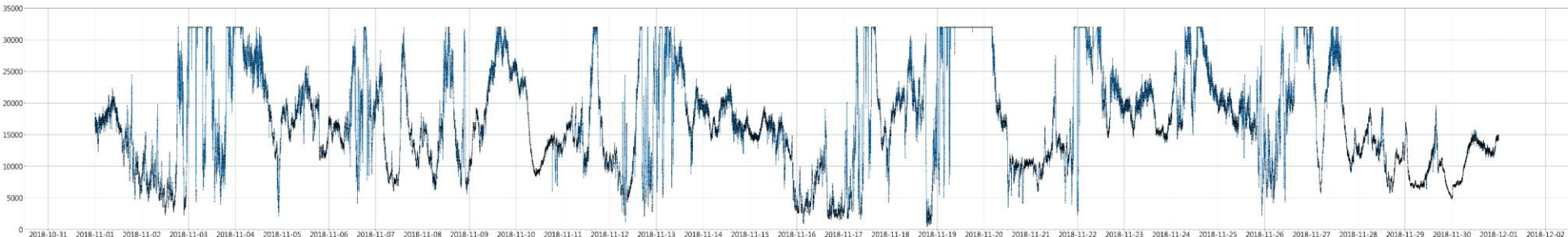
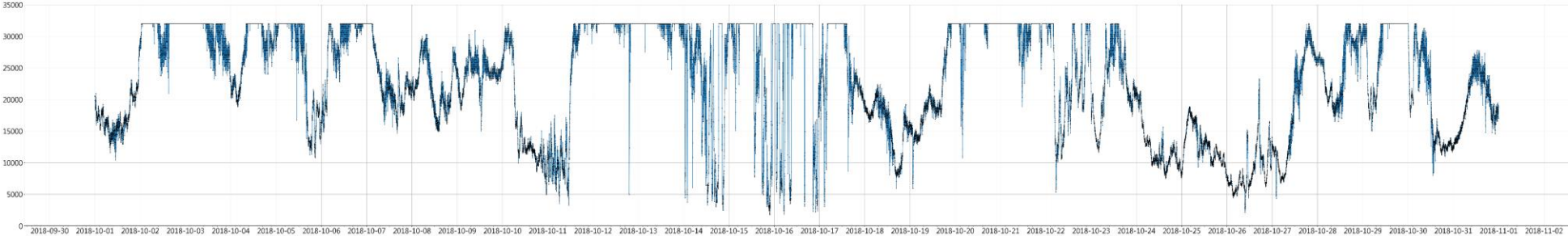
舊站 2018 年第 2 季能見度觀測歷線圖



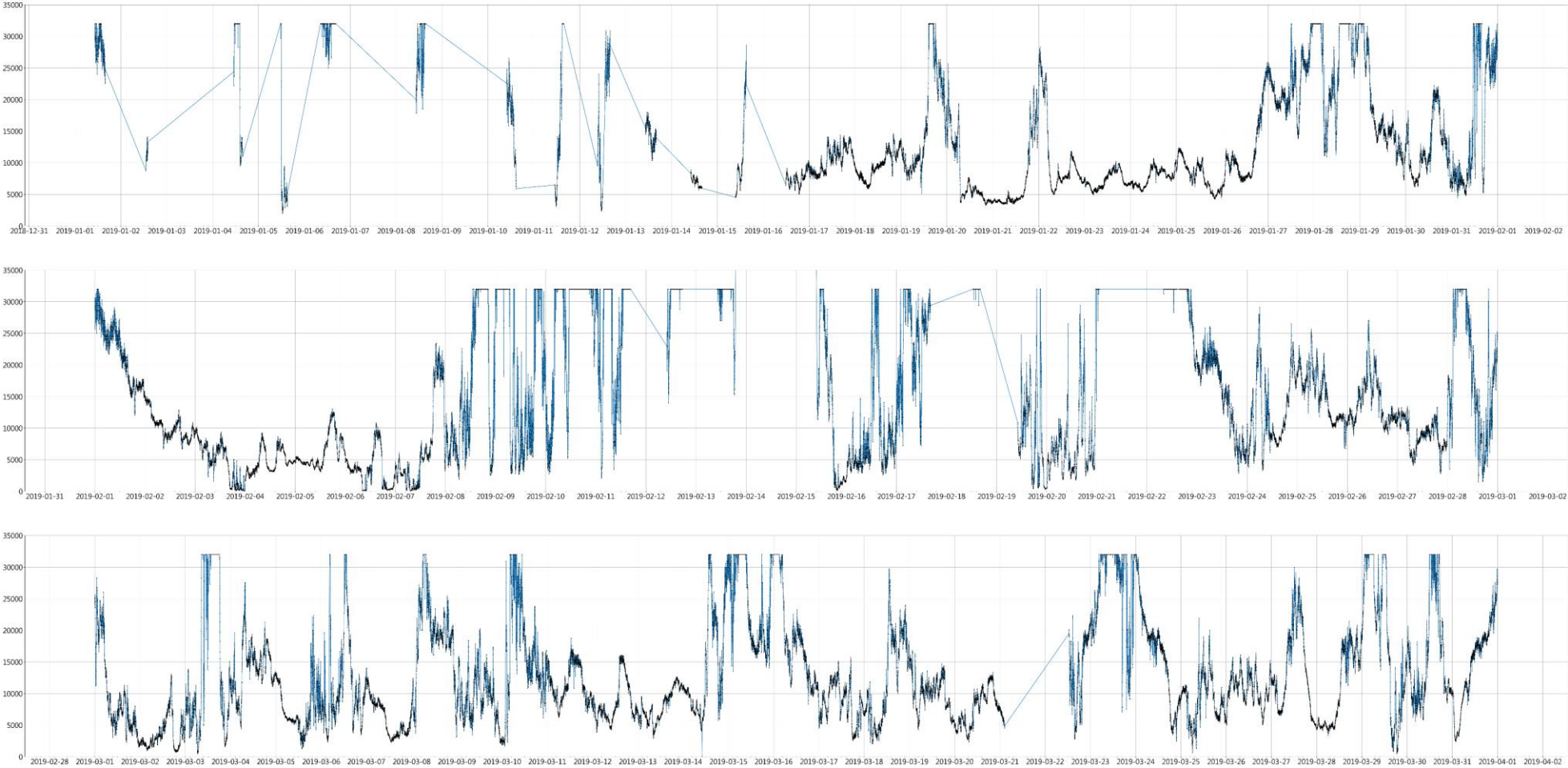
舊站 2018 年第 3 季能見度觀測歷線圖



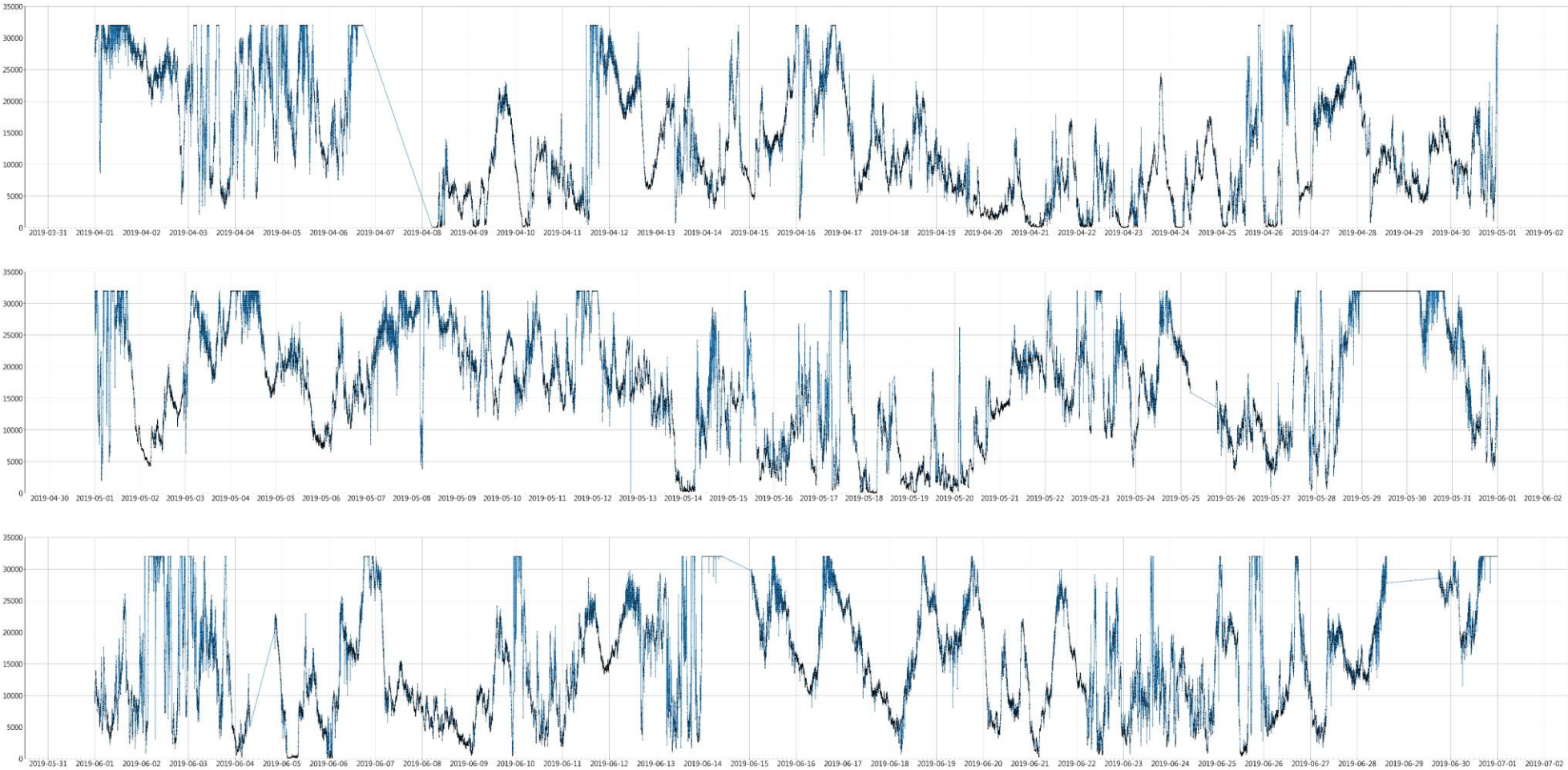
舊站 2018 年第 4 季能見度觀測歷線圖



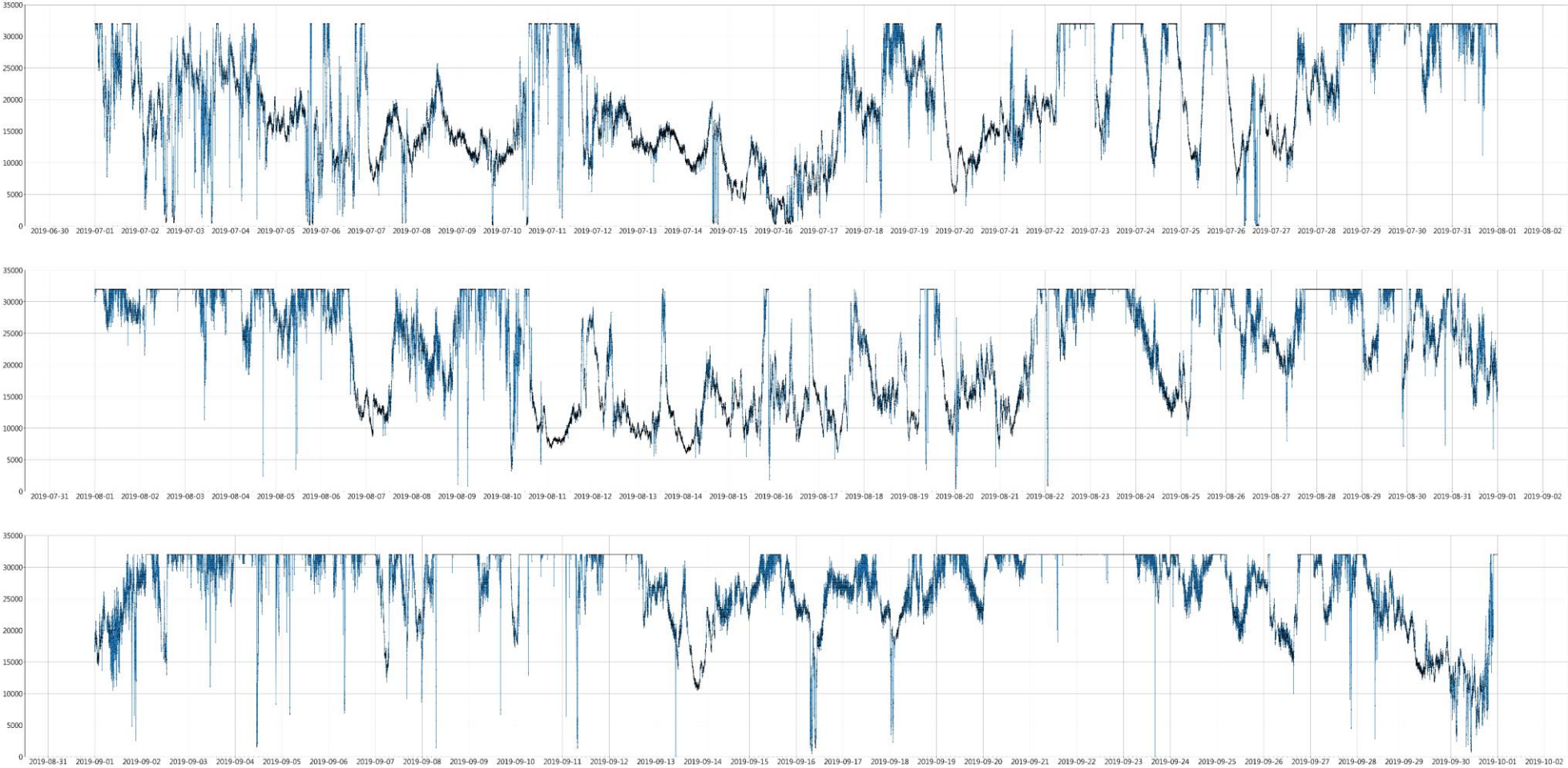
舊站 2019 年第 1 季能見度觀測歷線圖



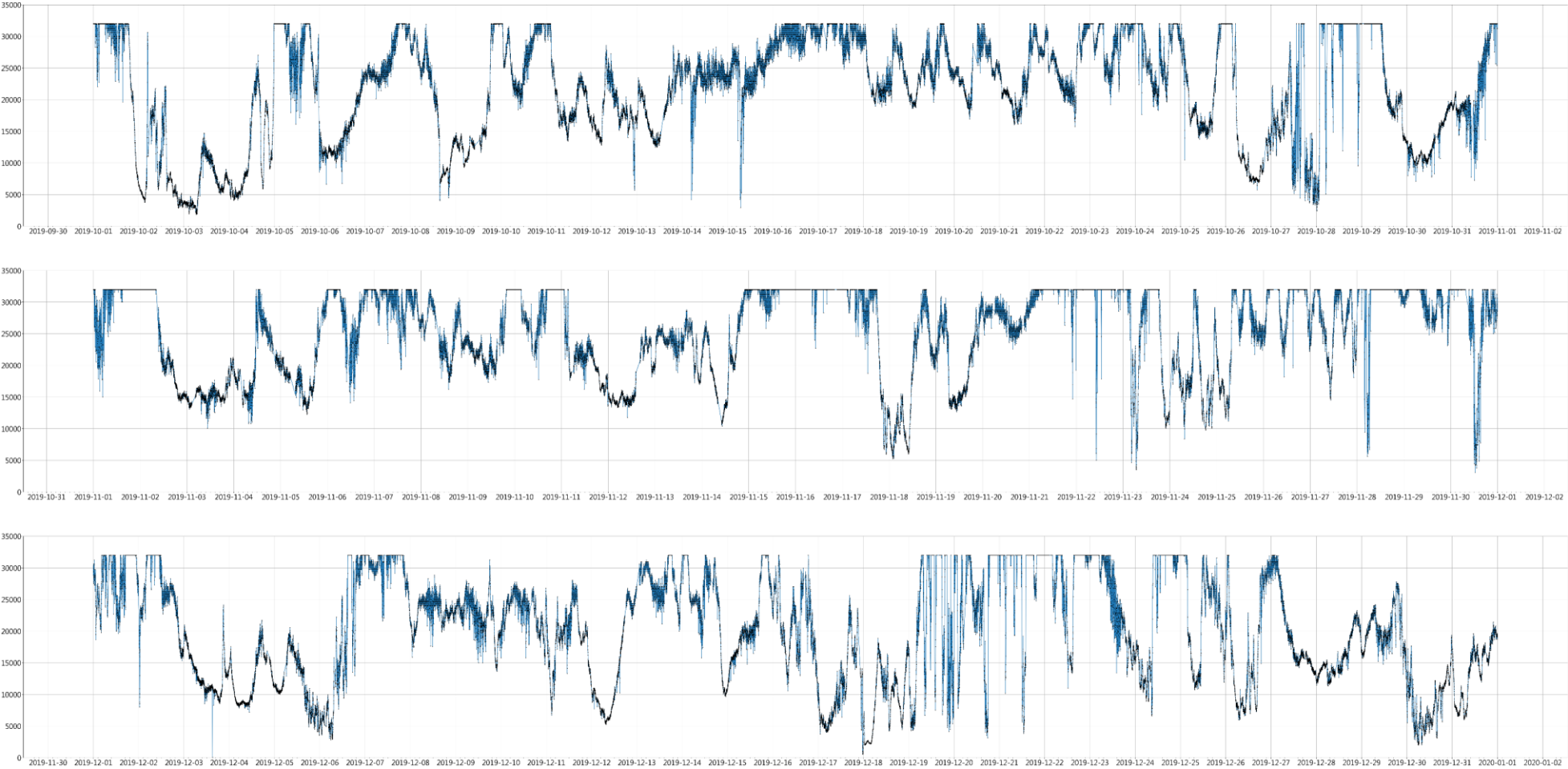
舊站 2019 年第 2 季能見度觀測歷線圖



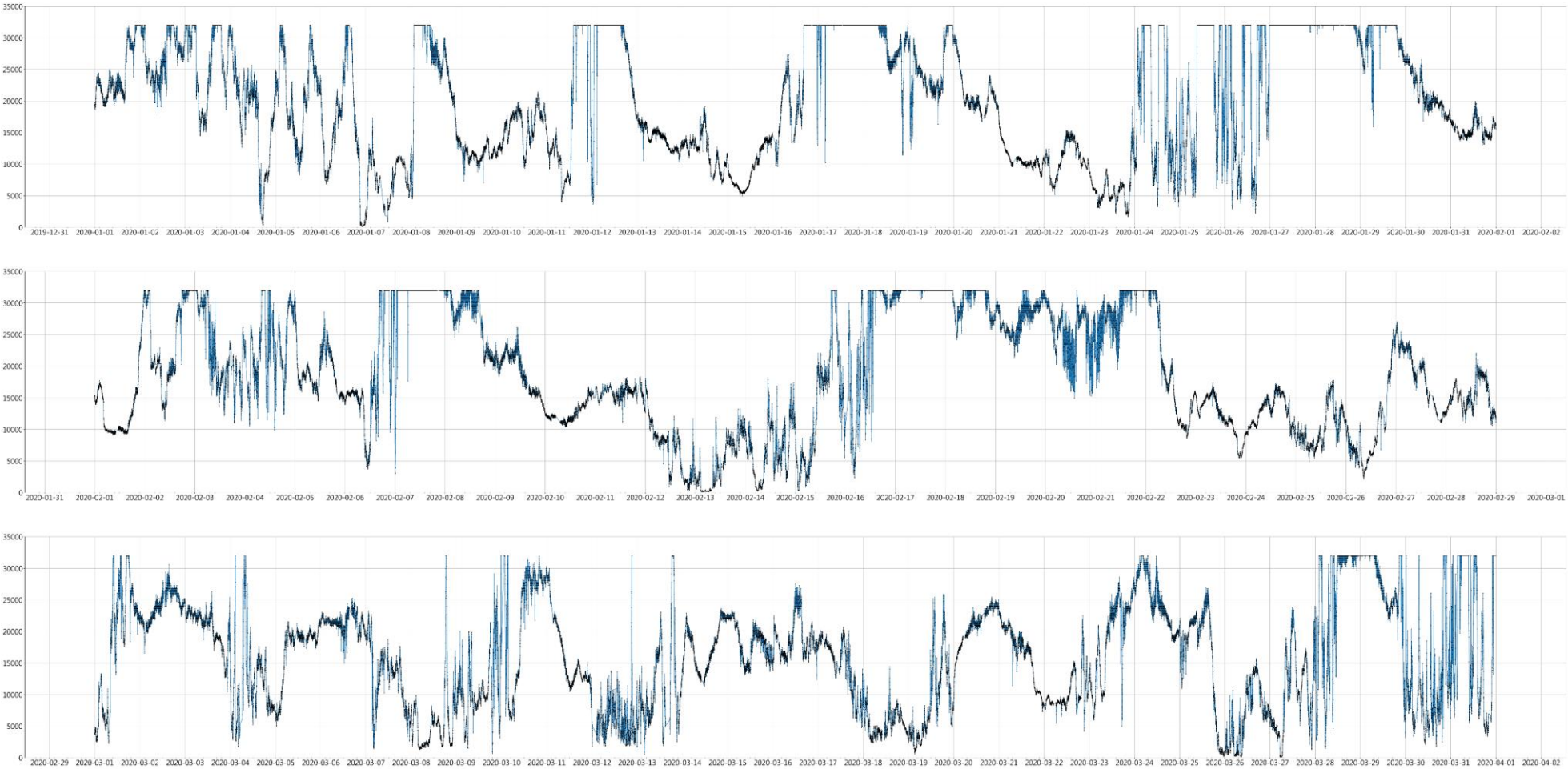
舊站 2019 年第 3 季能見度觀測歷線圖



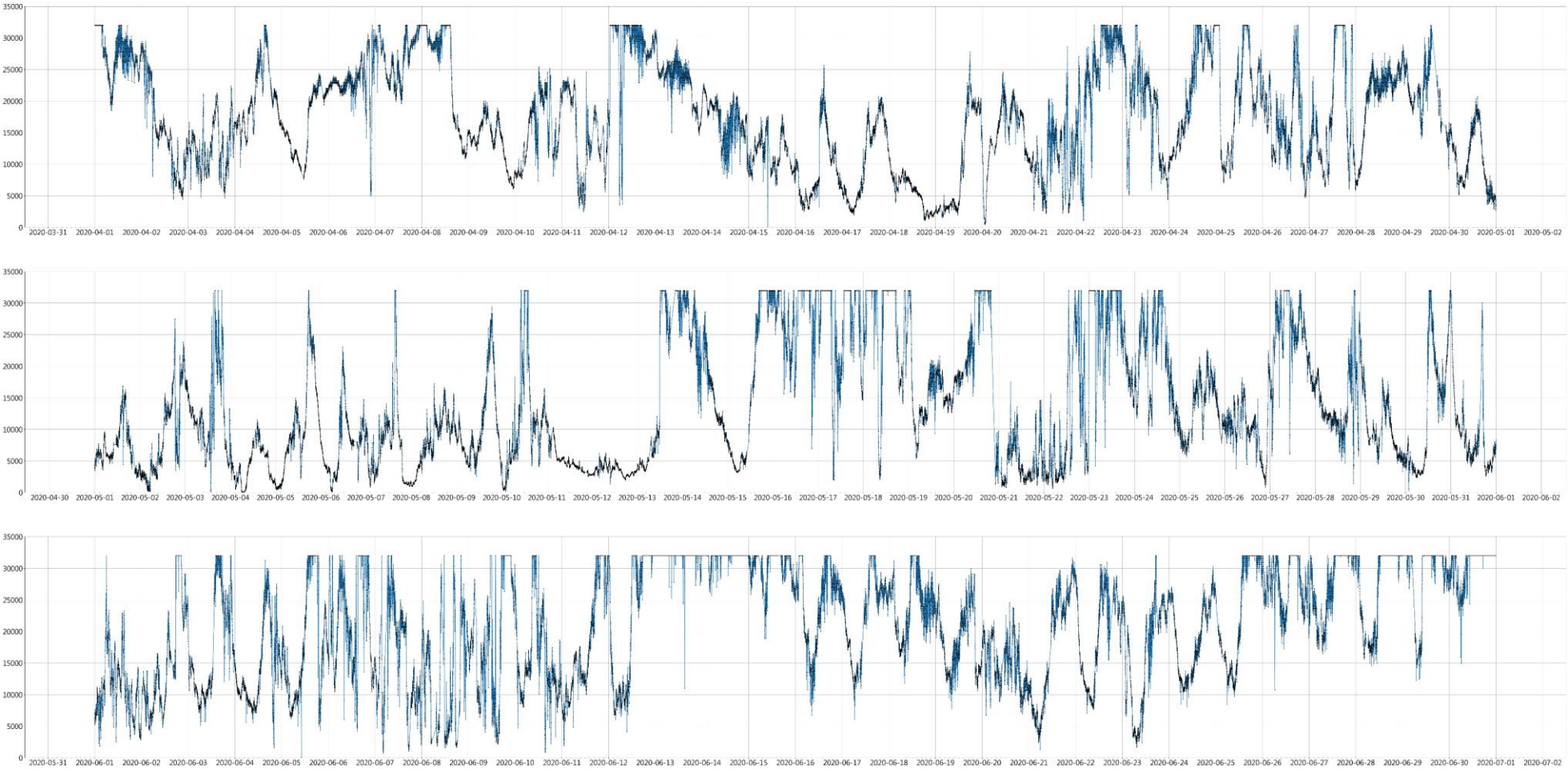
舊站 2019 年第 4 季能見度觀測歷線圖



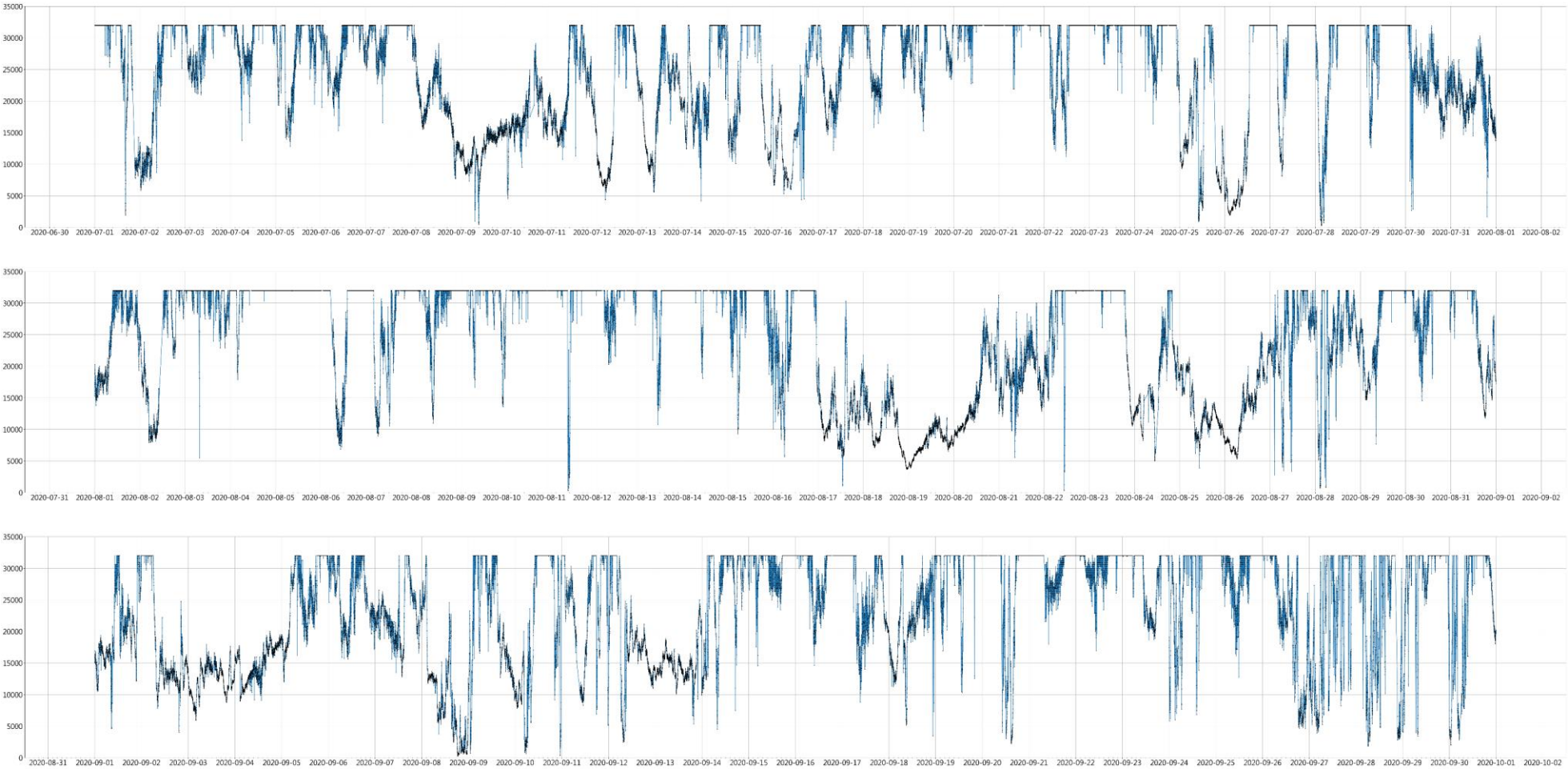
舊站 2020 年第 1 季能見度觀測歷線圖



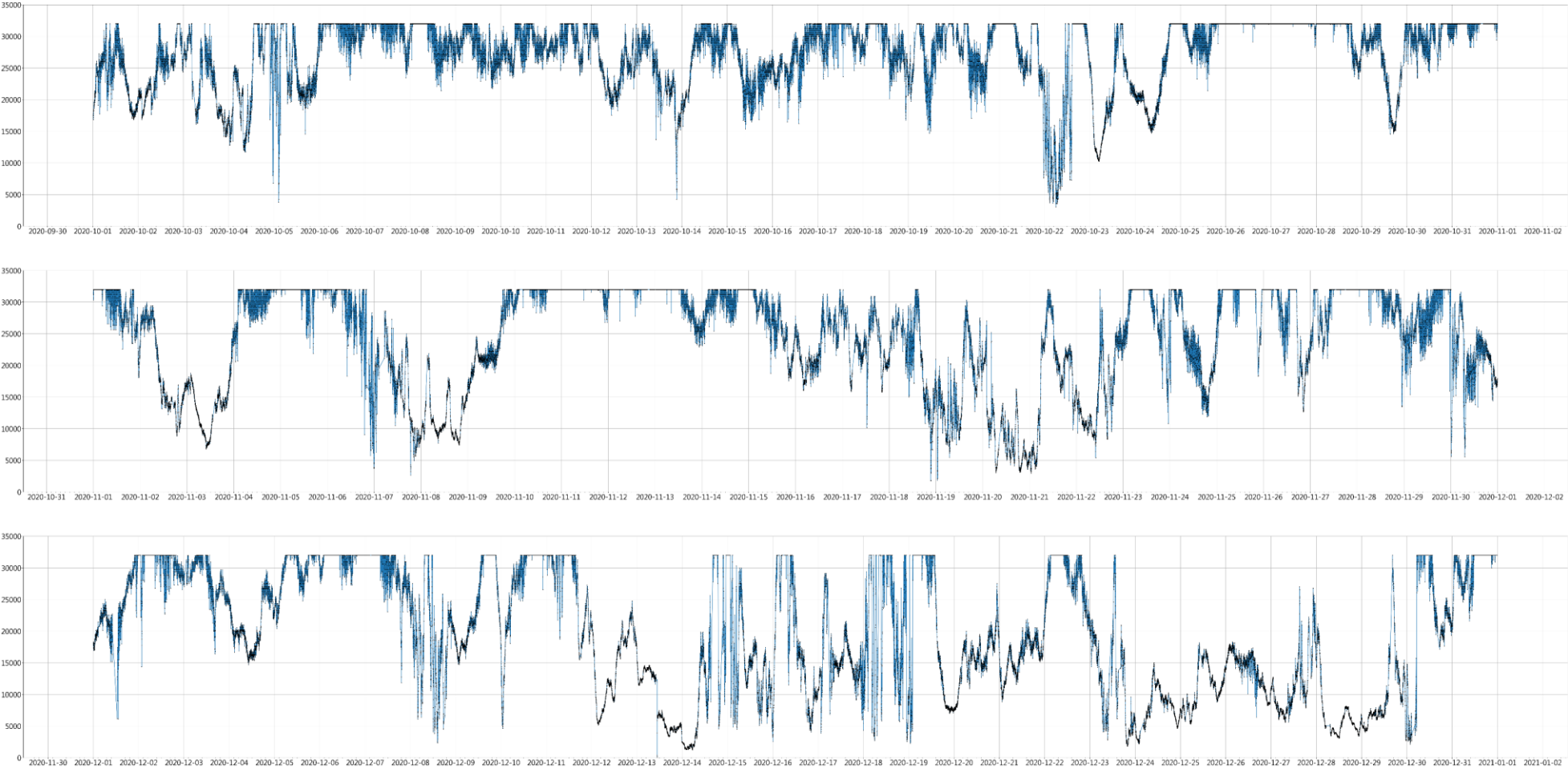
舊站 2020 年第 2 季能見度觀測歷線圖



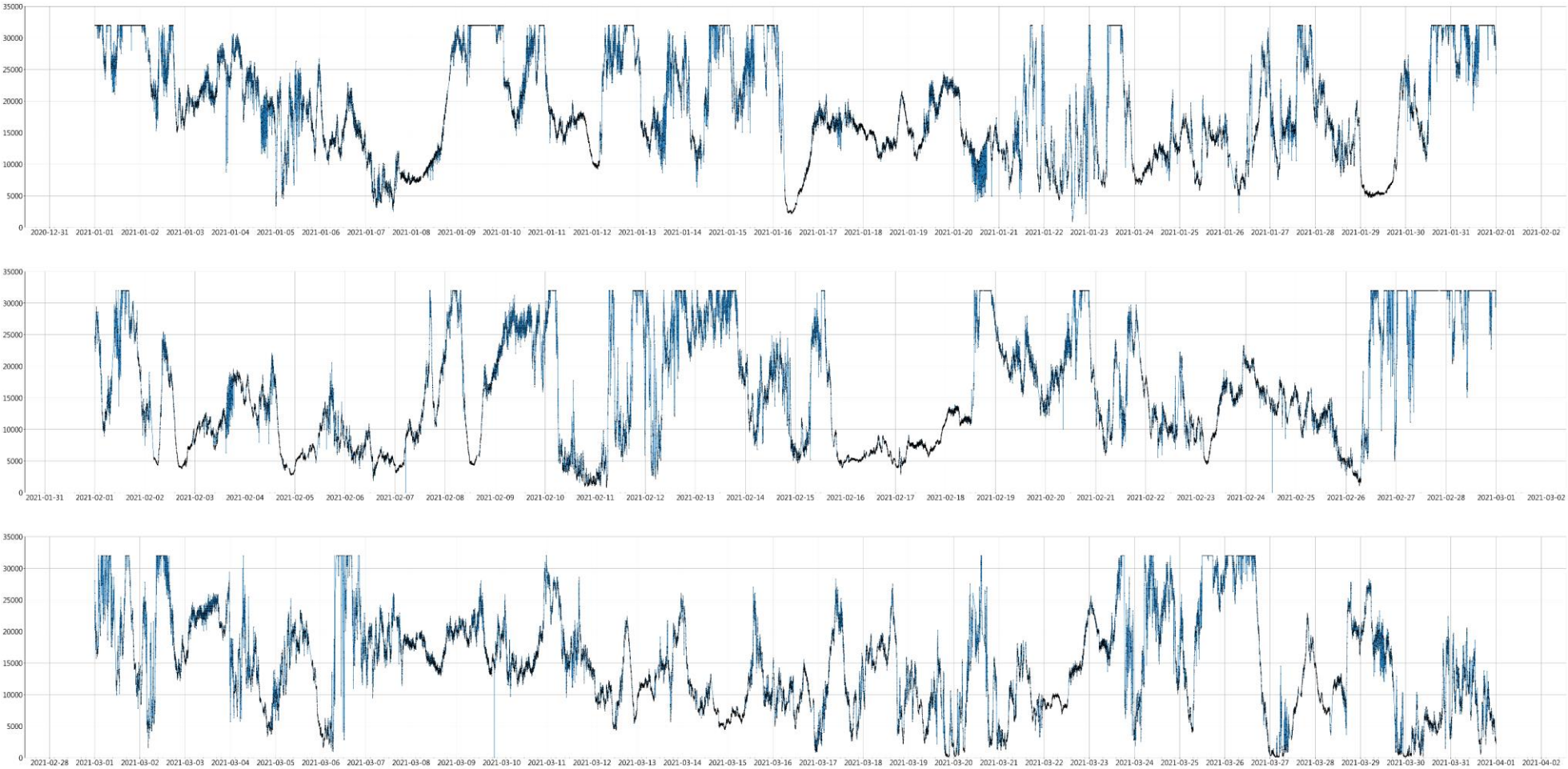
舊站 2020 年第 3 季能見度觀測歷線圖



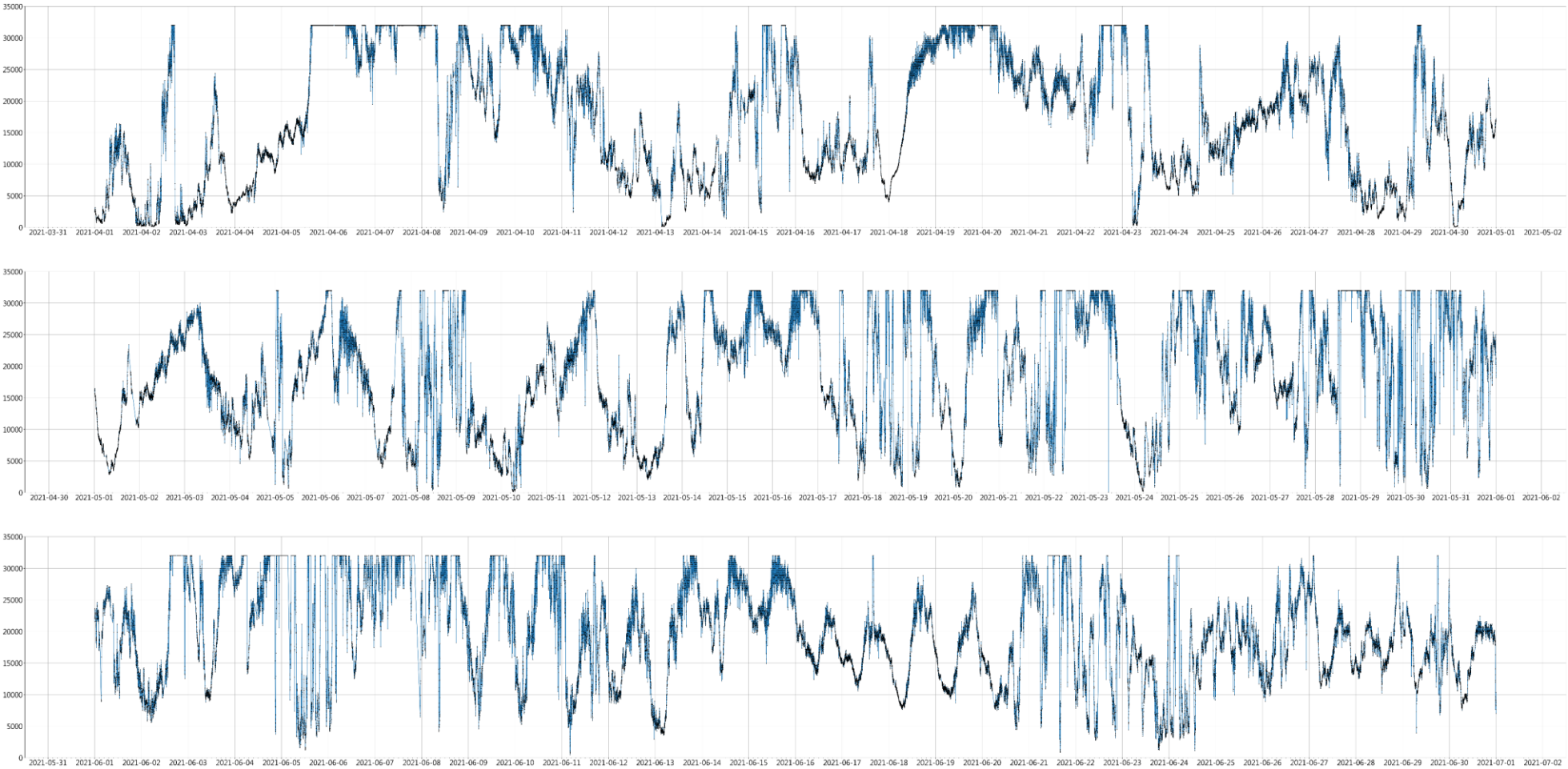
舊站 2020 年第 4 季能見度觀測歷線圖



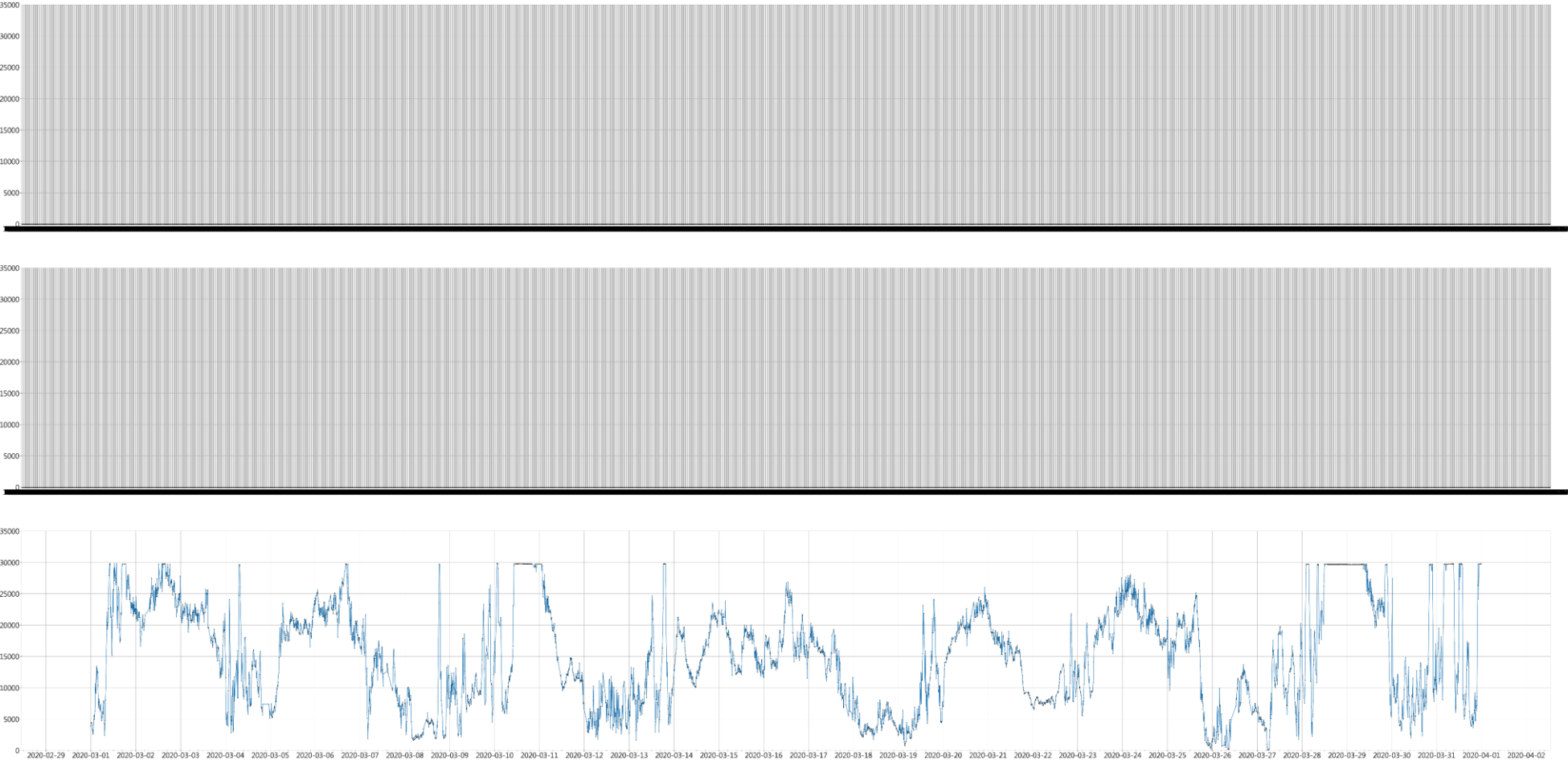
舊站 2021 年第 1 季能見度觀測歷線圖



舊站 2021 年第 2 季能見度觀測歷線圖



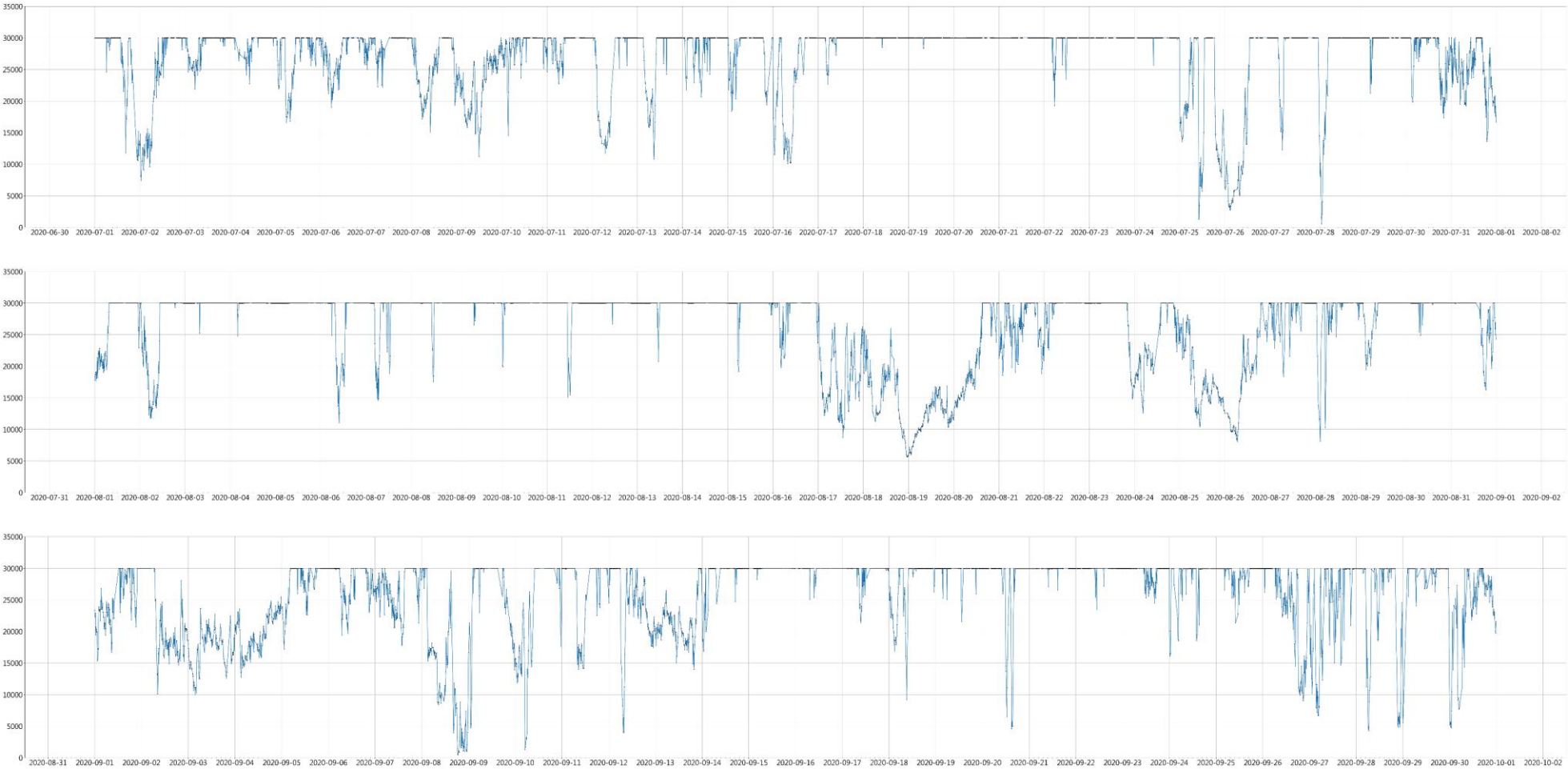
新站 2020 年第 1 季能見度觀測歷線圖



新站 2020 年第 2 季能見度觀測歷線圖



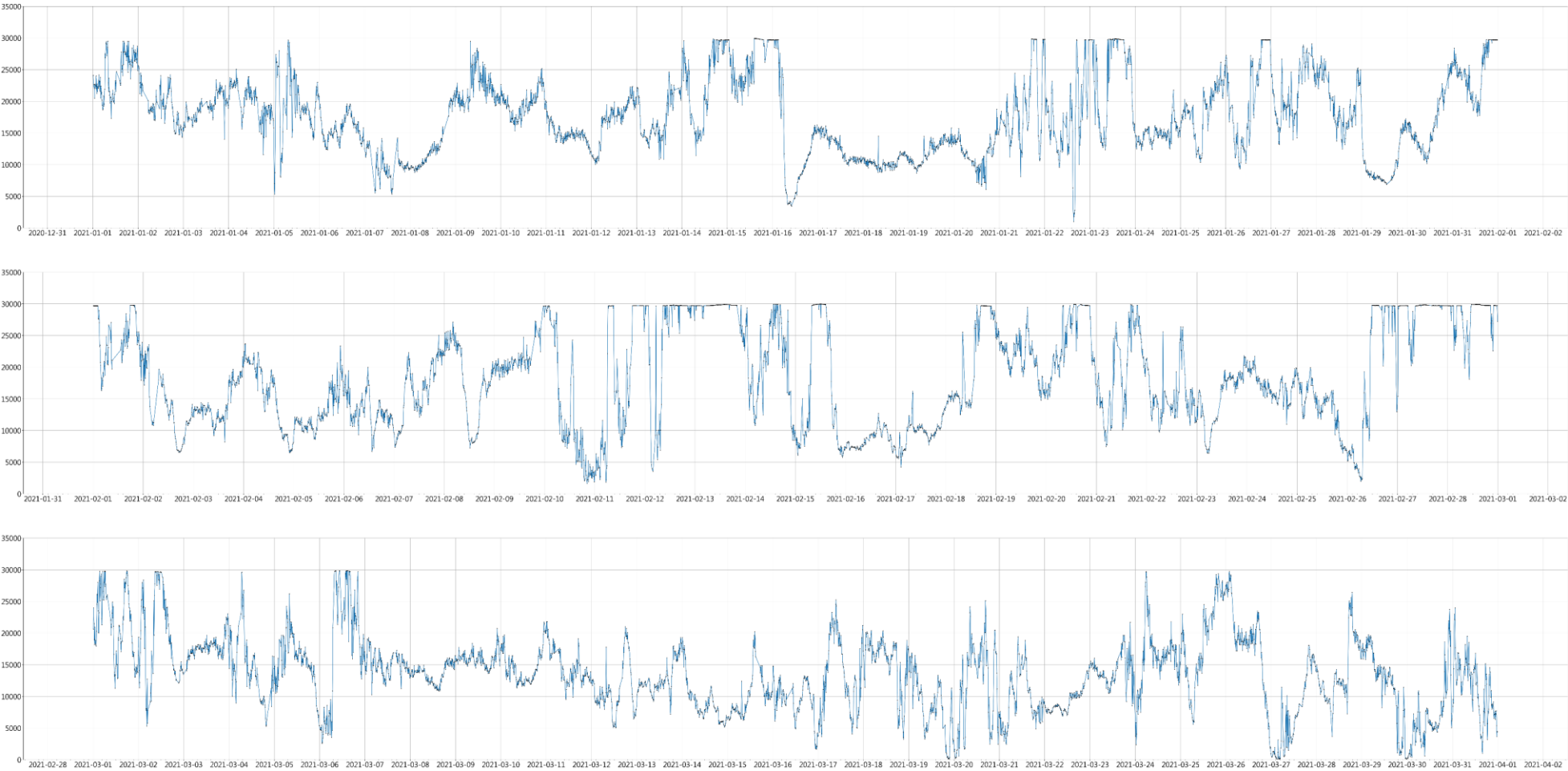
新站 2020 年第 3 季能見度觀測歷線圖



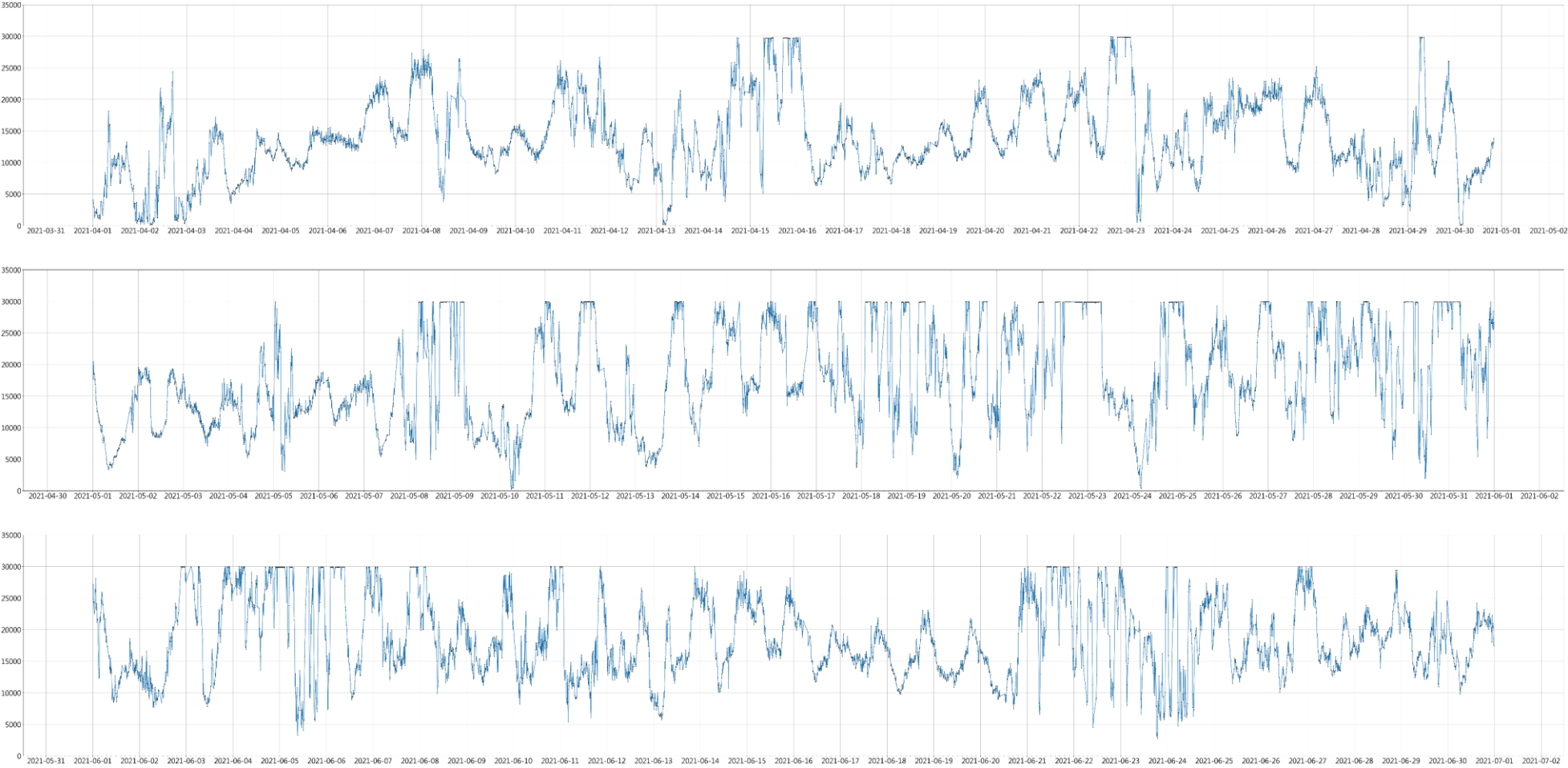
新站 2020 年第 4 季能見度觀測歷線圖



新站 2021 年第 1 季能見度觀測歷線圖



新站 2021 年第 2 季能見度觀測歷線圖



附錄 4

開發程式碼

程式碼 1：資料蒐集率計算

```
1. import pandas as pd
2. import datetime as dt
3. #設定分析區間、觀測頻率、蒐集率等級
4. period1_start='2019-07-26' #分析開始時間
5. period1_stop='2021-07-01' #分析結束時間
6. obser_freq_1=60 # 觀測頻率 1min/筆, 每小時有 60 筆
7. obser_freq_2=6 # 觀測頻率 10min/筆, 每小時有 6 筆
8. obser_freq=obser_freq_2
9. QA_labels = ['Very Fair', 'Fair', 'Good', 'Premium', 'Ideal'] #蒐集率等級
10. category = [0,0.30,0.50,0.80,0.90,1.05] #蒐集率百分比區間
11. #計算應觀測日數
12. date1 = dt.datetime.strptime(period1_start, "%Y-%m-%d").date() #起始日標準化
13. date2 = dt.datetime.strptime(period1_stop, "%Y-%m-%d").date() #結束日標準化
14. Days = (date2 - date1).days #計算兩個日期 date 的天數差, 應觀測日數
15. #計算應觀測時數
16. hour_notfull=17
17. obser_hour_number=Days*24-hour_notfull
18.
19. #讀入原始資料, 並針對時間做標準化排序
20. df=pd.read_csv(r'E:\能見度資料\輸入檔\station-18-新站全.csv',
21.                usecols=('Date_Time','Visibility_Value'))
22. df['Date_Time'] = pd.to_datetime(df['Date_Time'],format="%Y-%m-%d %H:%M:%S")
23. df=df.sort_values(['Date_Time'], ascending=True)
24. #資料分日、分時
25. df2=df
26. df['Time_period_Day'] = df.Date_Time.apply(lambda x:x.strftime("%Y-%m-%d"))
    #時間以"日"進行分析
27. grouped1 =
    df[df['Date_Time'].between(period1_start,period1_stop)].groupby(['Time_period_Day']).c
    ount()
28. grouped1['collection_rate']=grouped1.Date_Time.apply(lambda x:x/obser_freq/24)
29. grouped1['collection_rate_%']=grouped1.Date_Time.apply(lambda
    x:"%.2f%%"%(x/obser_freq/24*100)) #計算百分比
30. df2['Time_period_Hour'] = df2.Date_Time.apply(lambda x:x.strftime("%Y-%m-%d %H"))
    #時間以"時"進行分析
31. grouped2 =
    df2[df2['Date_Time'].between(period1_start,period1_stop)].groupby(['Time_period_Hour
    ']).count()
32. grouped2['collection_rate']=grouped2.Date_Time.apply(lambda x:x/obser_freq)
33. grouped2['collection_rate_%']=grouped2.Date_Time.apply(lambda
    x:"%.2f%%"%(x/obser_freq*100)) #計算百分比
34. #計算資料蒐集率
35. day_count=grouped1.shape[0] #實際觀測日數
```

```

36. obser_day_rate = '{:.4%}'.format(day_count/Days)           #百分比取到小數第 4 位
37. hour_count=grouped2.shape[0]                               #實際觀測時數
38. obser_hour_rate = '{:.4%}'.format(hour_count/obser_hour_number)   #百分比取到小數
    第 4 位
39. esti_number1=obser_hour_number*obser_freq                 #應觀測筆數 1
40. esti_number2=len(grouped2)*obser_freq                     #應觀測筆數 2
41. obs_number=df[df['Date_Time'].between(period1_start,period1_stop)].shape[0]   #實
    際觀測筆數
42. obser_rate = '{:.4%}'.format(obs_number/esti_number2)       #百分比取到小數第 4 位
43. print('應觀測日數: ',Days,end='\n')
44. print('實際觀測日數: ',str(day_count)+'('+str(obser_day_rate)+')',end='\n')
45. print('應觀測時數: ',obser_hour_number,end='\n')
46. print('實際觀測時數: ',str(hour_count)+'('+str(obser_hour_rate)+')',end='\n')
47. print('應觀測資料筆數 1(以應觀測時數計算): ',esti_number1,end='\n')
48. print('應觀測資料筆數 2(以實際觀測時數計算): ',esti_number2,end='\n')
49. print('回傳資料筆數: ',obs_number,end='\n')
50. print('資料蒐集率: ',obser_rate)
51. #設定蒐集率等級
52. grouped1['Date_QA'] = pd.cut(grouped1['collection_rate'], labels=QA_labels,
    bins=category)
53. grouped1_1 = grouped1.groupby(['Date_QA']).count()
54. grouped2['Date_QA'] = pd.cut(grouped2['collection_rate'], labels=QA_labels,
    bins=category)
55. grouped2_1 = grouped2.groupby(['Date_QA']).count()
56. grouped1_2=grouped1.reset_index(['Time_period_Day'])
57. grouped2_2=grouped2.reset_index(['Time_period_Hour'])
58. grouped1_3=grouped1_1.reset_index(['Date_QA'])
59. grouped2_3=grouped2_1.reset_index(['Date_QA'])
60. grouped1_2.to_csv('E:\能見度資料\輸出檔\Result1-2-1.csv',sep=',',index=0,
61.                  columns=['Time_period_Day','Date_Time','collection_rate','Date_QA'],
62.                  header=['Time_period_Day','count','collection_rate','Date_QA'])
63. grouped2_2.to_csv('E:\能見度資料\輸出檔\Result1-2-2.csv',sep=',',index=0,
64.                  columns=['Time_period_Hour','Date_Time','collection_rate','Date_QA'],
65.                  header=['Time_period_Hour','count','collection_rate','Date_QA'])
66. grouped1_3.to_csv('E:\能見度資料\輸出檔\Result1-2-3.csv',sep=',',index=0,
67.                  columns=['Date_QA','Date_Time'],header=['Date_QA','count'])
68. grouped2_3.to_csv('E:\能見度資料\輸出檔\Result1-2-4.csv',sep=',',index=0,
69.                  columns=['Date_QA','Date_Time'],header=['Date_QA','count'])

```


程式碼 2 : Test1&Test4

```
1. #設定分析區間
2. period1='2019-07-26' #分析開始時間
3. period2='2021-07-01' #分析結束時間
4.
5. #讀入原始資料，並針對時間做標準化排序
6. df=pd.read_csv(r'E:\能見度資料\輸入檔\station-18-新站全.csv',
7.                usecols=('Date_Time','Visibility_Value'))
8. df['Date_Time'] = pd.to_datetime(df['Date_Time'],format="%Y-%m-%d %H:%M:%S")
9. df=df.sort_values(['Date_Time'], ascending=True)
10. df_interval=df[df['Date_Time'].between(period1,period2)]
11.
12. #資料品管 Test1 (檢驗資料點連續性與時間間隔正確性)
13. Time_Gap=3600 #設定要檢查的時間間隔(例如，1hour=3600s)，可決定是否加 5 秒誤差
14. df_interval['Time_interval'] = df_interval['Date_Time'].diff().astype('timedelta64[s]') #計算
    時間差，以秒表示
15. df_interval['Test_1'] = df_interval['Time_interval']<=Time_Gap #判斷時間差是否小於
    Test1 的時間間隔
16. Gap_Test_True=df_interval[df_interval['Time_interval']<=Time_Gap] # True 的資料
17. Gap_Test_False=df_interval[df_interval['Time_interval']>Time_Gap] # False 的資料
18.
19. #顯示 Test1 品管通過率
20. Test_1_a=Gap_Test_True.shape[0]
21. Test_1_b=Gap_Test_False.shape[0]+1
22. Gap_Test_count= Test_1_a/(Test_1_a+Test_1_b)
23. Test_1_c='{:.4%}'.format(Gap_Test_count) #百分比取到小數第 4 位
24. print('Test1 品管結果: ', end='\n')
25. print('資料通過品管筆數: ',Test_1_a,'筆', end='\n')
26. print('資料未通過品管筆數: ',Test_1_b,'筆 (包括第 1 筆觀測資料)', end='\n')
27. print('Test_1 品管通過率: ',Test_1_c)
28.
29. #計算連續 1 小時無資料之數量
30. Gap_Test_False['Time_gap_no']=Gap_Test_False.Time_interval.apply(lambda
    x:math.ceil((x-3600)/600))
31. #計算觀測中斷之持續時間
32. Gap_Test_False['break_continue_hour']=Gap_Test_False.Time_interval.apply(lambda
    x:(x/3600))
33. base_histogram=(ggplot(Gap_Test_False, aes(x='break_continue_hour'))+
34.    geom_histogram(binwidth = 1,alpha=0.55,colour="black",size=0.25)+
35.    scale_fill_hue(s = 0.90, l = 0.65, h=0.0417,color_space='husl')+
36.    scale_x_continuous(name='新站觀測中斷之持續時間(小時)',breaks=np.arange(0,10,1))+
37.    scale_y_continuous(name='次\n 數',breaks=np.arange(0,700,100))+
38.    theme(
39.        text=element_text(size=13,color="black",family = "Microsoft JhengHei"),
```

```

40. plot_title=element_text(size=15,family="myfont",face="bold.italic",hjust=.5,color="black"),
41.     axis_title_y=element_text(angle=0),
42.     legend_position=(0.7,0.75),
43.     legend_background = element_blank(),
44.     aspect_ratio =1.15,
45.     figure_size=(5,5)
46. ))
47. print(base_histogram)
48. print('Test1-連續 1 小時無資料之數量: ',Gap_Test_False['Time_gap_no'].sum())
49. print('觀測中斷之持續時間統計: ',Gap_Test_False['break_continue_hour'].describe())
50.
51. #資料品管 Test4 (檢驗資料是否超過儀器或物理現象的極限值)
52. Gross_Range=33000      #Visibility_Value 上限值
53. df_interval['Test_4'] = df_interval['Visibility_Value']<=Gross_Range      #判斷觀測數值是否小於儀器上限值
54. Range_Test=df_interval
55. Range_Test_True=df_interval[df_interval['Visibility_Value']<=Gross_Range] # True 的資料
56. Range_Test_False=df_interval[df_interval['Visibility_Value']>Gross_Range] # False 的資料
57.
58. #顯示 Test4 品管通過率
59. Test_4_a=Range_Test_True.shape[0]
60. Test_4_b=Range_Test_False.shape[0]
61. Gap_Test_count= Test_4_a/(Test_4_a+Test_4_b)
62. Test_4_c='{:.4%}'.format(Gap_Test_count) #百分比取到小數第 4 位
63. print('Test4 品管結果: ', end='\n')
64. print('資料通過品管筆數: ',Test_4_a,'筆', end='\n')
65. print('資料未通過品管筆數: ',Test_4_b,'筆', end='\n')
66. print('Test_4 品管通過率: ',Test_4_c)
67. print(Range_Test_False)

```

程式碼 3 : Test6

```
1. #資料品管 Test6 (檢驗資料是否為短時距之離群值)
2. df_interval=df[df['Date_Time'].between(period1,period2)]
3. df_interval.index = pd.to_datetime(df_interval['Date_Time'],format="%Y-%m-%d
   %H:%M:%S") #建立時間序列
4.
5. #計算前一小時(60min)移動平均及標準差
6. df_interval['Visibility_Value_MA']=df_interval['Visibility_Value'].rolling(Rolling_Time,min
   _periods=3,closed='left').mean()
7. df_interval['Visibility_Value_std']=df_interval['Visibility_Value'].rolling(Rolling_Time,min
   _periods=3,closed='right').std()
8. df_interval['Visibility_Value_std_shift']=df_interval['Visibility_Value_std'].shift(1)
9.
10. #計算小時內之平均數
11. df_interval['Time_period_Hr']=df_interval.Date_Time.apply(lambda x:x.strftime("%Y-
   %m-%d %H")) #以時
12. df_interval_H=df_interval.resample(rule='60Min').mean()
13. df_interval_H.reset_index(inplace=True)
14. df_interval_H['Time_period_Hr']=df_interval_H.Date_Time.apply(lambda
   x:x.strftime("%Y-%m-%d %H"))
15. df_interval_H.drop(labels=['Date_Time','Visibility_Value_MA','Visibility_Value_std','Visibi
   lity_Value_std_shift'],axis='columns',inplace=True)
16. df_interval_H.set_index("Time_period_Hr")
17. df_interval_M=pd.merge(df_interval, df_interval_H, how='left', on=['Time_period_Hr'])
18. df_interval_M.rename(columns={'Visibility_Value_x':
   'Visibility_Value','Visibility_Value_y':'AVG_VIS'},inplace=True)
19. df_interval_M.index = pd.to_datetime(df_interval_M['Date_Time'],format="%Y-%m-%d
   %H:%M:%S")
20.
21. #重採樣(補空值)
22. df_interval_N=df_interval_M.resample(rule='10Min').mean()
23. df_interval_N.reset_index(inplace=True)
24. df_interval_N.index = pd.to_datetime(df_interval_N['Date_Time'],format="%Y-%m-%d
   %H:%M:%S")
25. df_interval_N2=df_interval_N
26.
27. #將資料依能見度分組
28. VIS_labels_1 = ['code_0', 'code_1', 'code_2', 'code_3', 'code_4', 'code_5', 'code_6',
   'code_7', 'code_8', 'code_9']
29. category_1 = [0.,50.,200.,500.,1000.,2000.,4000.,10000.,20000.,50000.,750000]
30. df_interval_N['Visibility_Value_MA_labels'] =
   pd.cut(df_interval_N['Visibility_Value_MA'], labels=VIS_labels_1, bins=category_1)
31. df_interval_N['Visibility_Value_labels'] = pd.cut(df_interval_N['Visibility_Value'],
   labels=VIS_labels_1, bins=category_1)
32.
```

```

33. #計算與移動平均之差值
34. #df_interval_N['MA_diff']=df_interval_N.apply(lambda x: x['Visibility_Value']-
x['Visibility_Value_MA'],axis=1)
35. df_interval_N['MA_diff']=df_interval_N.apply(lambda x: abs(x['Visibility_Value']-
x['AVG_VIS']),axis=1)
36.
37. #檢查與移動平均之差值是否高於門檻值
38. def check_MA_diff(x,y,s):
39.     threshold = s
40.     if abs(y)>=threshold:
41.         return 'False'
42.     elif abs(y)< threshold:
43.         return 'True'
44.     else:
45.         return 'NaN'
46.
47. df_interval_N['MA_diff_check']=df_interval_N.apply(lambda x:
check_MA_diff(x['Visibility_Value_MA_labels'],x['MA_diff'],threshold) ,axis=1)
48. df_interval_N_MA_False=df_interval_N[df_interval_N['MA_diff_check']=='False']
49. df_interval_N_MA_NaN=df_interval_N[df_interval_N['MA_diff_check']=='NaN']
50. #門檻值法 2(前後筆資料)
51. df_interval_N['V-1']=df_interval_N['Visibility_Value'].shift(1)
52. df_interval_N['V1']=df_interval_N['Visibility_Value'].shift(-1)
53. df_interval_N['SPK_REF']=df_interval_N.apply(lambda x: (x['V-1']+x['V1'])/2 ,axis=1)
54. df_interval_N['Thd']=df_interval_N.apply(lambda x: x['Visibility_Value']-
x['SPK_REF'] ,axis=1)
55. df_interval_N['MA_Thd_check']=df_interval_N.apply(lambda x:
check_MA_diff(x['Visibility_Value_MA_labels'],x['Thd'],threshold) ,axis=1)
56. df_interval_N2_False=df_interval_N[df_interval_N['MA_Thd_check']=='False']
57. df_interval_N2_NAN=df_interval_N[df_interval_N['MA_Thd_check']=='NaN']
58. #計算差分法
59. df_interval_N['Visibility_Value_D1']= df_interval_N['Visibility_Value'].diff(1) #一階差分
60. df_interval_N['Visibility_Value_D2']= df_interval_N['Visibility_Value_D1'].diff(1)#二階差
分
61. df_interval_N['Visibility_Value_D3']= df_interval_N['Visibility_Value_D2'].diff(1) #三階差
分
62. df_interval2=df_interval_N
63. df_interval2['Test6_diff1']=df_interval2.apply(lambda x:
check_MA_diff(x['Visibility_Value_labels'],x['Visibility_Value_D1'],threshold) ,axis=1)
64. df_interval2['Test6_diff2']=df_interval2.apply(lambda x:
check_MA_diff(x['Visibility_Value_labels'],x['Visibility_Value_D2'],threshold) ,axis=1)
65. df_interval2['Test6_diff3']=df_interval2.apply(lambda x:
check_MA_diff(x['Visibility_Value_labels'],x['Visibility_Value_D3'],threshold) ,axis=1)
66. df_interval3_1=df_interval2[df_interval2['Test6_diff1']=='False'] #一階差分

```

```

68. df_interval3_2=df_interval2[df_interval2['Test6_diff2']=='False'] #二階差分
69. df_interval3_3=df_interval2[df_interval2['Test6_diff3']=='False'] #三階差分
70. df_interval3=df_interval3_3
71. df_interval4_1=df_interval2[df_interval2['Test6_diff1']=='NaN']
72. df_interval4_2=df_interval2[df_interval2['Test6_diff2']=='NaN']
73. df_interval4_3=df_interval2[df_interval2['Test6_diff3']=='NaN']
74.
75. #整合所有分析結果
76. def check_Test6(S,a,b,c,d):
77.     K=[b,c,d]
78.     num=K.count('False')
79.     std_threshold=5000
80.     if S<=std_threshold:
81.         if a=='False' and num>=2:
82.             return 'False'
83.         else:
84.             return 'NaN'
85.     elif S>std_threshold:
86.         return 'NaN'
87.     else:
88.         return 'NaN'
89.
90. def check_Test6_2(S,e,a,b,c,d):
91.     K=[b,c,d]
92.     num=K.count('False')
93.     std_threshold=5000
94.     if a=='False':
95.         if e=='False' or num>=1:
96.             return 'False'
97.         else:
98.             return 'marker'
99.     elif num==3:
100.         return 'marker'
101.     else:
102.         return 'NaN'
103.
104. df_interval_N['Test6_result']=df_interval_N.apply(lambda x:
    check_Test6_2(x['Visibility_Value_std_shift'],x['MA_Thd_check'],x['MA_diff_check'],x['Test6_diff1'],x['Test6_diff2'],x['Test6_diff3']),axis=1)
105. df_interval_N_False=df_interval_N[df_interval_N['Test6_result']=='False']
106. df_interval_N_Marker=df_interval_N[df_interval_N['Test6_result']=='marker']
107. print(df_interval)
108. print('分析資料數: ',df_interval.shape[0])
109. print('門檻值法(鄰近資料)未通過數: ',df_interval_N2_False.shape[0])
110. print('門檻值法(60 分鐘平均)未通過數: ',df_interval_N_MA_False.shape[0])

```

```
111. print('一階差分未通過數: ',df_interval3_1.shape[0])
112. print('二階差分未通過數: ',df_interval3_2.shape[0])
113. print('三階差分未通過數: ',df_interval3_3.shape[0])
114. print('門檻值法(鄰近資料)空值部分: ',df_interval_N2_NaN.shape[0])
115. print('門檻值法(60 分鐘平均)空值部分: ',df_interval_N_MA_NaN.shape[0])
116. print('一階差分空值部分: ',df_interval4_1.shape[0])
117. print('二階差分空值部分: ',df_interval4_2.shape[0])
118. print('三階差分空值部分: ',df_interval4_3.shape[0])
119. print('綜合未通過數: ',df_interval_N_False.shape[0])
120. print('綜合 marker 數: ',df_interval_N_Marker.shape[0])
```

程式碼 4 : Test8

```
1. #資料品管 Test8 (檢驗資料是否為短時距之離群值)
2. df_interval=df[df['Date_Time'].between(period1,period2)]
3. df_interval.index = pd.to_datetime(df_interval['Date_Time'],format="%Y-%m-%d
   %H:%M:%S") #建立時間序列
4. #重採樣(補空值)
5. df_interval_N=df_interval.resample(rule='10Min').mean()
6. df_interval_N.reset_index(inplace=True)
7. df_interval_N.index = pd.to_datetime(df_interval_N['Date_Time'],format="%Y-%m-%d
   %H:%M:%S")
8. #取得前 5 筆資料
9. df_interval_N['V-1']=df_interval_N['Visibility_Value'].shift(1)
10. df_interval_N['V-2']=df_interval_N['Visibility_Value'].shift(2)
11. df_interval_N['V-3']=df_interval_N['Visibility_Value'].shift(3)
12. df_interval_N['V-4']=df_interval_N['Visibility_Value'].shift(4)
13. df_interval_N['D1']=df_interval_N.apply(lambda x:abs(x['Visibility_Value']-x['V-
   1']),axis=1)
14. df_interval_N['D2']=df_interval_N.apply(lambda x:abs(x['Visibility_Value']-x['V-
   2']),axis=1)
15. df_interval_N['D3']=df_interval_N.apply(lambda x:abs(x['Visibility_Value']-x['V-
   3']),axis=1)
16. df_interval_N['D4']=df_interval_N.apply(lambda x:abs(x['Visibility_Value']-x['V-
   4']),axis=1)
17.
18. #檢查與移動平均之差值是否高於門檻值
19. def check_8(a,b,c,d,e):
20.     threshold = 0
21.     def check_null(k):
22.         if k!=k:
23.             return 'False'
24.         else:
25.             return 'True'
26.     A=[check_null(a)]
27.     B=[check_null(b),check_null(c),check_null(d),check_null(e)]
28.     C=[check_null(b),check_null(c)]
29.     D=[check_null(d),check_null(e)]
30.     num=A.count('False')
31.     num0=B.count('False')
32.     num1=C.count('False')
33.     num2=D.count('False')
34.     if num==0:
35.         if num0==4:
36.             return 'NaN'
37.         elif num0==0:
```



```

38.         if b<=threshold and c<=threshold and d<=threshold and e<=threshold:
39.             if a<29000:
40.                 return 'False'
41.             else:
42.                 return 'marker'
43.         else:
44.             return 'True'
45.     else:
46.         if b>threshold or c>threshold or d>threshold or e>threshold:
47.             return 'True'
48.         elif num1==0:
49.             if b<=threshold and c<=threshold:
50.                 return 'marker'
51.             else:
52.                 return 'True'
53.         else:
54.             return 'NaN'
55.     else:
56.         return 'resample'
57.
58. df_interval_N['TesT8_check']=df_interval_N.apply(lambda x:
    check_8(x['Visibility_Value'],x['D1'],x['D2'],x['D3'],x['D4']),axis=1)
59. df_interval_N.to_csv('E:/能見度資料/輸出檔/品管結果/新站/品管 Result8-1.csv',sep=',')

```

程式碼 5 : Test9

```

1.  #將資料依能見度分組
2.  VIS_labels_1 = ['code_0', 'code_1', 'code_2', 'code_3', 'code_4', 'code_5', 'code_6', 'code_7', 'code_8',
3.  'code_9']
4.  category_1 = [0.,50.,200.,500.,1000.,2000.,4000.,10000.,20000.,50000.,750000]
5.
6.  #計算露點
7.  def DP_cal(T,Rh):
8.      a=17.27
9.      b=237.7
10.     if type(T)==float and type(Rh)==float:
11.         F=(a*T)/(b+T) + math.log(Rh/100)
12.         Tp=(b*F)/(a-F)
13.         return Tp
14.     else:
15.         return 'NaN'
16.
17. df_interval['DP']=df_interval.apply(lambda x: DP_cal(x['Temp'],x['Humidity']),axis=1)
18.
19. #計算前一小時平均值
20. df_interval.index = pd.to_datetime(df_interval['Date_Time'],format="%Y-%m-%d %H:%M:%S") #建立時間序列
21. df_interval['VIS_MA']=df_interval['Visibility_Value'].rolling(Rolling_Time,min_periods=3,closed='left').mean()
22. df_interval['ATP_MA']=df_interval['Atmospheric_P'].rolling(Rolling_Time,min_periods=3,closed='left').mean()
23. df_interval['Hu_MA']=df_interval['Humidity'].rolling(Rolling_Time,min_periods=3,closed='left').mean()
24. df_interval['Tem_MA']=df_interval['Temp'].rolling(Rolling_Time,min_periods=3,closed='left').mean()
25. df_interval['WS_MA']=df_interval['WS_AVG'].rolling(Rolling_Time,min_periods=3,closed='left').mean()
26.
27. #差值變化
28. df_interval['VIS_delta']=df_interval.apply(lambda x: (x['Visibility_Value']-x['VIS_MA']),axis=1)
29. df_interval['ATP_delta']=df_interval.apply(lambda x: (x['Atmospheric_P']-x['ATP_MA']),axis=1)
30. df_interval['Hu_delta']=df_interval.apply(lambda x: (x['Humidity']-x['Hu_MA']),axis=1)
31. df_interval['Tem_delta']=df_interval.apply(lambda x: (x['Temp']-x['Tem_MA']),axis=1)
32. df_interval['WS_delta']=df_interval.apply(lambda x: (x['WS_AVG']-x['WS_MA']),axis=1)
33.
34. def check_Test9(x,ATP,Hum,Tem,WS,DP,Tem_delta,ATP_delta):
35.     if x<=10000:
36.         if Hum<=85.0 and WS>=5.5 and abs(Tem-DP)>=2.0:
37.             return 'marker'
38.         else:
39.             return 'True'
40.     else:
41.         return 'True'
42.
43. df_interval['TEST_9']=df_interval.apply(lambda x: check_Test9(x['Visibility_Value'],x['ATP_delta'],x['Humidity'],x['Temp'],x['WS_MA'],x['DP'],x['Tem_delta'],x['ATP_delta']),axis=1)
44. df_interval_False=df_interval[df_interval['TEST_9']!='marker']
45. print('可疑筆數:',df_interval_False.shape[0])

```

```
46. print('總筆數:',df_interval.shape[0])
47. df_interval.to_csv('E:/能見度資料/輸出檔/品管結果/新站/品管 Result9-1.csv',sep=',')
48. df_interval_False.to_csv('E:/能見度資料/輸出檔/品管結果/新站/品管 Result9-3.csv',sep=',')
```

程式碼 6 : Test10

```
1. #資料品管 Test10
2. Rolling_Time='720Min'          #設定移動平均之時間窗格
3. Z_score=3                      #設定 3 倍標準差
4. df_interval.index = pd.to_datetime(df_interval['Date_Time'],format="%Y-%m-%d %H:%M:%S") #
   建立時間序列
5. #標準差法
6. #計算長時距(12hour)移動平均及標準差
7. df_interval['Visibility_Value_MA']=df_interval['Visibility_Value'].rolling(Rolling_Time,min_periods=3,c
   losed='right').mean()
8. df_interval['Visibility_Value_std']=df_interval['Visibility_Value'].rolling(Rolling_Time,min_periods=3,c
   losed='right').std()
9.
10. def check_TEST10(x,a):
11.     Fail_thd=1
12.     Warn_thd=10
13.     if a<= Fail_thd:
14.         if x < 30000:
15.             return 'Fail'
16.         else:
17.             return 'marker'
18.     elif a>Fail_thd and a<=Warn_thd:
19.         return 'marker'
20.     else:
21.         return 'True'
22.
23. df_interval['Test10']=df_interval.apply(lambda x: check_TEST10(x['Visibility_Value'],x['Visibility_Valu
   e_std']),axis=1)
24. df_interval_False=df_interval[df_interval['Test10']=='False']
25. df_interval_marker=df_interval[df_interval['Test10']=='marker']
26. print('資料數: ', df_interval.shape[0])
27. print('錯誤數: ',df_interval_False.shape[0])
28. print('可疑數: ',df_interval_marker.shape[0])
```

程式碼 7：METAR 航空報文解析

```
1.  from metar import Metar
2.  import pandas as pd
3.  import datetime
4.  from datetime import timedelta
5.  import re
6.
7.  df=pd.read_csv(r'E:/能見度資料/METAR_Data_南北
   竿.csv',names=['year','month','METAR'])
8.
9.  def trans_type(x):
10.     try:
11.         obs=Metar.Metar(x)
12.         K=obs.type
13.         return K
14.     except:
15.         C=x.split()
16.         return C[0]
17.
18.  def trans_station_ID(x):
19.     try:
20.         obs=Metar.Metar(x)
21.         K=obs.station_id
22.         return K
23.     except:
24.         C=x.split()
25.         return C[1]
26.
27.  def trans_wind_dir(x):
28.     try:
29.         obs=Metar.Metar(x)
30.         K=obs.wind_dir
31.         return K
32.     except:
33.         C=x.split()
34.         speed_split=C[3][0:3]
35.         if str('VRB') in speed_split:
36.             return 'VRB'
37.         else:
38.             speed_dir=str(speed_split)+' '+'degrees'
39.             return speed_dir
40.
41.  def trans_wind_speed(x):
42.     try:
43.         obs=Metar.Metar(x)
```

```

44.         K=obs.wind_speed
45.         return K
46.     except:
47.         C=x.split()
48.         speed_split=int(C[3][3:5])
49.         speed=str(speed_split)+' '+'knots'
50.         return speed
51.
52. def trans_obs_time(x):
53.     C=x.split()
54.     obs_date=C[2][0:2]
55.     obs_hour=C[2][2:4]
56.     obs_min=C[2][4:6]
57.     return '-' +str(obs_date)+' '+''+str(obs_hour)+' ':''+str(obs_min)+' ':00'
58.
59. def TO_Localtime(x):
60.     datetime_dt = datetime.datetime.strptime(x, "%Y-%m-%d %H:%M:%S")
61.     time_delta = datetime.timedelta(hours=8) #時差
62.     new_dt = datetime_dt + time_delta #本地時間加 8 小時
63.     datetime_format = new_dt.strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S") # 格式化日期(最小單位到秒)
64.     return datetime_format
65.
66. def visibility_output(x):
67.     if len(x)==4:
68.         vis_data=x
69.         if vis_data=='9999':
70.             return 'greater than 10000 meters'
71.         else:
72.             return str(vis_data)+' meters'
73.     elif len(x)==5 and x=='CAVOK':
74.         return 'greater than 10000 meters'
75.     else:
76.         return 'NaN'
77.
78. def trans_visibility(x):
79.     try:
80.         obs=Metar.Metar(x)
81.         K=obs.vis
82.         return K
83.     except:
84.         C=x.split()
85.         if len(C[4])==7:
86.             vis_data=C[5]
87.         else:

```

```

88.         vis_data=C[4]
89.         return visibility_output(vis_data)
90.
91.     def trans_wind_dir_from(x):
92.         try:
93.             obs=Metar.Metar(x)
94.             K=obs.wind_dir_from
95.             return K
96.         except:
97.             C=x.split()
98.             if len(C[4])==7:
99.                 wind_split=int(C[4][0:3])
100.                 dir_from=str(wind_split)+' '+'degrees'
101.                 return dir_from
102.             else:
103.                 return 'None'
104.     def trans_wind_dir_to(x):
105.         try:
106.             obs=Metar.Metar(x)
107.             K=obs.wind_dir_to
108.             return K
109.         except:
110.             C=x.split()
111.             if len(C[4])==7:
112.                 wind_split=int(C[4][4:7])
113.                 dir_to=str(wind_split)+' '+'degrees'
114.                 return dir_to
115.             else:
116.                 return 'None'
117.
118.     def trans_temp(x):
119.         try:
120.             obs=Metar.Metar(x)
121.             K=obs.temp
122.             return K
123.         except:
124.             match = re.search(r'(\d\d)+/+(\d\d)', x)
125.             if match:
126.                 m=match.group(1)
127.                 return str(m)+' C'
128.             else:
129.                 return 'None'
130.
131.     def trans_dewpt(x):
132.         try:

```



```

133.         obs=Metar.Metar(x)
134.         K=obs.dewpt
135.         return K
136.     except:
137.         match = re.search(r'(\d\d)+/+(\d\d)', x)
138.         if match:
139.             m=match.group(2)
140.             return str(m)+' C'
141.         else:
142.             return 'None'
143.
144. def trans_press(x):
145.     try:
146.         obs=Metar.Metar(x)
147.         K=obs.press
148.         return K
149.     except:
150.         match = re.search(r'Q+(\d\d\d\d)', x)
151.         if match:
152.             m=match.group(1)
153.             return str(m)+' mb'
154.         else:
155.             return 'None'
156.
157.
158. def trans_weather(x,a):
159.     table={'-':'輕(中)度','+':'強烈(大)','VC':'在附近','MI':'淺','BC':'散碎','PR':'部分','DR':'低吹',
160.            'BL':'高吹','SH':'陣性','TS':'風暴','FZ':'凍(過冷)','DZ':'毛雨','RA':'雨','SN':'雪','SG':'雪
161.            粒',
162.            'PL':'冰珠','GR':'雹','GS':'小雹或霰','UP':'未知形式的降水','BR':'靄','FG':'霧','FU':'煙',
163.            'VA':'火山灰','DU':'大範圍塵','SA':'沙','HZ':'霾','PO':'塵/沙捲風','SQ':'颶',
164.            'FC':'漏斗雲(龍捲風或水龍捲)','SS':'沙暴','DS':'塵暴','None':''}
165.     try:
166.         obs=Metar.Metar(x)
167.         K=obs.weather
168.         K1=K[a]
169.         describe1=table.get(K1[0])
170.         describe2=table.get(K1[1])
171.         describe3=table.get(K1[2])
172.         describe4=table.get(K1[3])
173.         describe5=table.get(K1[4])
174.         describe=str(describe1)+str(describe2)+str(describe3)+str(describe4)+str(describe5)
175.         PP=describe.strip('None')
176.         return PP
177.     except:

```

```

177.         return 'NaN'
178.
179. def trans_visibility_vertical(x):
180.     match = re.search(r'VV(\d\d\d)', x)
181.     if match:
182.         m=match.group(1)
183.         n=int(m)*100
184.         return str(n)+' meters'
185.     else:
186.         return 'None'
187.
188. def trans_cloud(x,a):
189.     table1={'NCD':'無雲','FEW':'稀雲','SCT':'疏雲','BKN':'裂雲','OVC':'密雲'}
190.     table2={'CB':'積雨雲','TCU':'塔狀積雲'}
191.     try:
192.         obs=Metar.Metar(x)
193.         K=obs.sky
194.         K1=K[a]
195.         describe1=table1.get(K1[0])
196.         describe2=K1[1]
197.         describe3=table2.get(K1[2])
198.         describe=str(describe1)+str(describe2)+str(describe3)
199.         PP=describe.strip('None')
200.         return PP
201.     except:
202.         match = re.findall(r'([A-Z]{3}\d{3})', x)
203.         if match:
204.             m=match
205.             if len(m)>a:
206.                 K2=m[a]
207.                 describe4=table1.get(K2[0:3])
208.                 describe5=int(K2[3:6])*100
209.                 return str(describe4)+str(describe5)+' feet'
210.             else:
211.                 return 'NaN'
212.         else:
213.             return 'None'
214.
215. def trans_RVR(x,a):
216.     try:
217.         obs=Metar.Metar(x)
218.         K=obs.runway
219.         K1=K[a]
220.         describe1=K1[0]
221.         describe2=K1[1]

```

```

222.         describe3=K1[2]
223.         describe=str(describe1)+'_'+str(describe2)+'(Low)_'+str(describe3)+'(High)'
224.         PP=describe.strip('None')
225.         return PP
226.     except:
227.         return 'None'
228.
229. df['type']=df.METAR.apply(lambda x:trans_type(x))
230. df['Station_ID']=df.METAR.apply(lambda x:trans_station_ID(x))
231. df['obs_time']=df.apply(lambda x:str(int(x['year'])+1911)+'-
    '+str(x['month'])+str(trans_obs_time(x['METAR'])), axis = 1)
232. df['obs_time(UTC+8)']=df.obs_time.apply(lambda x:TO_Localtime(x))
233. df['wind_dir']=df.METAR.apply(lambda x:trans_wind_dir(x))
234. df['wind_speed']=df.METAR.apply(lambda x:trans_wind_speed(x))
235. df['wind_dir_from']=df.METAR.apply(lambda x:trans_wind_dir_from(x))
236. df['wind_dir_to']=df.METAR.apply(lambda x:trans_wind_dir_to(x))
237. df['visibility']=df.METAR.apply(lambda x:trans_visibility(x))
238. df['temp']=df.METAR.apply(lambda x:trans_temp(x))
239. df['dewpt']=df.METAR.apply(lambda x:trans_dewpt(x))
240. df['press']=df.METAR.apply(lambda x:trans_press(x))
241. df['weather_1']=df.METAR.apply(lambda x:trans_weather(x,0))
242. df['weather_2']=df.METAR.apply(lambda x:trans_weather(x,1))
243. df['weather_3']=df.METAR.apply(lambda x:trans_weather(x,2))
244. df['visibility_vertical']=df.METAR.apply(lambda x:trans_visibility_vertical(x))
245. df['cloud_1']=df.METAR.apply(lambda x:trans_cloud(x,0))
246. df['cloud_2']=df.METAR.apply(lambda x:trans_cloud(x,1))
247. df['cloud_3']=df.METAR.apply(lambda x:trans_cloud(x,2))
248. df['cloud_4']=df.METAR.apply(lambda x:trans_cloud(x,3))
249. df['RVR']=df.METAR.apply(lambda x:trans_RVR(x,0))
250. print(df)
251. df.to_csv('E:\能見度資料\輸入檔\METAR_Data.csv',sep=',')

```


附錄 5

期末審查意見及辦理情形說明表

交通部運輸研究所自辦研究計畫 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：馬祖港域能見度探討之研究(1/2)-環境因子特性分析

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
(一) 國立海洋大學蕭松山教授	
1. 肯定本計畫蒐集能見度相關因子資料建立資料庫並進行品管分析及特性探討，研究成果良好。	感謝委員肯定。
2. 第三章 P3-6，請說明表 3-3「可觀測筆數」定義。	可觀測筆數=觀測時數*取樣頻率，其扣除儀器異常狀況下，可取得之資料數。
3. 圖 3.3 舊站 2019 年前多筆異常及新站 2020 年 12 月亦有 1 筆異常資料，請說明原因。	觀測異常主要係因為現場長期置放在港區等惡劣天候下，其傳輸設備容易產生熱當現象，致使資料無法正常回傳。此外，受到馬祖地區電力不穩定亦容易造成傳輸設備中斷。
4. P3-23「測站 1 數據差值大於 2 倍標準差，測站 2 小於 2 倍標準差」之意義為何？請確認。	本項檢測程序，係在確認兩個測站之變化趨勢是否一致，當兩測站資料具有一定相關性時，如果變化率趨勢不同，將可視為可疑數據。
5. 建議借鏡民航局航空站能見度觀測、品管分析與預警系統，用以完善精進本計畫。	本計畫目前已蒐集民用航空局之航空氣象規範，並介接我國機場航空氣象報文資訊做為馬祖港區資料品管及檢核之參據。
(二) 張金機前所長	
1. 資料蒐集檢核程序值得肯定，建議加強資料分析可應用性，以及南竿機場站與測站間相關特性分析。	本計畫為第 1 年期計畫，主要在於確認馬祖地區能見度觀測資料之可用性，並已蒐整南竿機場、馬祖氣象站等氣象資料，以做為下一年期測站相關特性分析之參據。
2. P2-9 選址及安裝方法(區位)建議舊、新兩側站環境作介紹(概述)。	有關選址及安裝區位，已補充於第 3.1 節。
3. 圖 3.8 完全無法判讀，包括整本報告大部分圖都無法判讀。建議將指標樣本放大說明，其餘可放於附錄，不要使用電腦資料圖檔直接列印。	本計畫圖檔主要在於呈現不同檢核方法之差異，後續將提供自動化程式予應用單位直接輸出原始圖檔。
4. P3-22 兩組數據之變化率，是以何基準？	本項檢測程序，係在確認兩個測站之變化趨勢是否一致，當兩測站資料具有一定相關性時，如果變化率趨勢不同，將可視為可疑數據。

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
5. P4-9 按月分析平均值、標準差等可能只有平均值有參考價值，標準差之意義不高。標準差應該在觀測原始資料分析儀器穩定度及能見度變化等。	按月標準差主要在於呈現不同月份之大氣光學穩定程度(變異情形)。另針對分析儀器穩定度部分，本計畫亦提供逐時標準差(如 P3-18)做為觀測數據檢查之參據。
6. 綜合建議： (1) 探討船隻船型、噸位進港容許能見度。 (2) 分析各種容許能見度按月不同延時發生次數。 (3) 電腦圖檔(資料)建議不要直接複製到報告，會造成數字不能判讀。 (4) 參考文獻之英文打字應注意最後字節。	(1) 依據馬祖福澳國內商港濃霧期間船舶進出港作業要點，其封港標準係以港務處辦公室為定點，無法目視現有負 7 米深水碼頭前端堤頭燈桿輪廓（兩地相距約 300 米）。有關不同船隻船型或噸位之容許能見度值，將納入下一年度研究辦理。 (2) 本計畫第 4.3 節已針對不同年度進行低能見度延時統計，有關按月統計部分，將參考民航局統計年報資料，納入下一年度研究辦理。 (3) 將調整圖表呈現方式，增加可讀性。 (4) 配合檢視修正。
(三) 臺中港務分公司朱志光總工程司	
1. 本案報告中資料蒐集詳實，如報告中提出觀測方法、能見度分級、資料品管及控制國際有關之規範，對於能見度之資料庫、品管機制建立，詳細說明了建立過程及儀器種類、更新時間，資料傳輸統計與問題之處理，並展示出建立過濾錯誤、處理機制之系統、開發撰擬程式、建立流程，判斷錯誤應用管理、最後作一特性分析等等成果，在實務面上，將儀器錄得資料，運用開發之程式予以分析，本案成果對於未來馬祖港或其他國際國內港區安全管理是有助益的，其成果是值得肯定。	感謝委員肯定。
2. 有無資料可以顯示或說明馬祖該區霧發生區塊範圍，是否包含所有島 5 個島，對於發生霧事件，另氣象局在五個島上是否有設置觀測站，建議於文內可簡述一下。對於該區之地理位置與洋流、季風、恒風，海水之溫度、潮汐、水流表	1. 已於第 3.1 節說明馬祖各港能見度觀測儀建置時程，另氣象局僅在南竿島設有一個局屬三等氣象站，而東莒及東引為自動氣象站，並無觀測能見度資料。 2. 另有關馬祖地區之綜合海氣象資料，將納

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
面流速等等之綜合海氣象之調查、統計、分析資料(如歷年之年均、月均溫、濕度、相對濕度)等等背景資料，建議評估是否可增列作說明及表列於報告中。	入下一年度研究辦理。
3. 對於可能影響之因子等建議評估是否列表說明各因子影響之權重或機率，初步評估可能影響或不會影響之結果，經大數據比對後，其影響之權重及重要性作論述及排序。	從 2021 年濃霧事件分析，濃霧發生時，其濕度均達 99%以上，風速介於 0.3~1.5 m/s 間，大氣溫度及露點溫度差均降至 0.5°C 以下，至於大氣壓力及風向則較無關聯性。濃霧形成前，濕度有增加趨勢，並使得大氣溫度及露點溫度差降至 0.5°C 以下，而當濃霧逐步消散時，可觀測到風速逐漸變大之趨勢。至於其各因子影響之權重或機率，將參酌納入下一年度研究評估。
4. 對於 p3-7 頁所述，舊站之資料於 109 年 12 月中下旬有短暫中斷外，…亦有部分時段有重複資料產生，初步研判其主要因素在於現場電力不穩定造成傳輸設備程式判定異常，此部分如有防範改善預防措施，建議可稍作說明，以增進資料之品質穩定。	有關電力系統改善部分，目前除透過市電外，亦有透過太陽能及穩壓設備提高系統穩定性，因此從 2019 年以後之資料均維持 90%以上的資料蒐集率。
5. 針對 p3-10 時間檢查之資料超過 1 小時以上未進入資料庫，中斷時間之原因為何，有何改善方式及預防，有無在觀測站上直接將資料同時或先存在記憶卡上，有無備援電池等等，建議可補充說明。	資料中斷可能受到電力中斷、傳輸設備熱當機以及雲端伺服器故障等因素影響，目前儀器本身並無法具備儲存資料功能，因此當傳輸設備異常，即有可能造成資料中斷(無法儲存在記憶卡)。
6. 對於 p3-23 頁第一段所述之 2 測站觀測數值標準差進行檢查資料是否一致之方法，相對於 p3-3 頁之新舊儀器，其規測量誤差略有不同，建議於報告內可稍加說明是否相關，也就是該二部不同儀器之誤差(如舊 8%於 600m，新 4.5%於 600m)是否影響檢測方法。	一般能見度觀測係透過人工觀測為主，儀器僅為輔助功能，依低能見度之編報標準及解析度為 50~100m 之條件下，儀器在 1000m 以下誤差量在 10%以內，均符合國際氣象組織要求之標準內。
7. 對於 p4-8 第一段中文字對於 WMO 能見度觀分為...4-10 公里、20-50 公里，其間似乎少了” 10-20 公里” 級距，建議檢視是否增列。	已補充修正於 P4-8。

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
8. 對於表 4-1、4-2 等，觀測時數比例過低，可否增加一欄備註簡易說明，增加可讀性並易於了解，或在底下作”*”作側一備註說明文字。另 p4-5 中表舊站觀測觀測時數比例在 2018-4 至 8 月未達 90%，報告中有說明，該數字呈現儀器較不穩定，對於此部份原因為何？是否更換新儀器或逾使用年限問題？此部份建議可略為說明。對於未來改善及預防後更新後，同一地區位置是否仍需保留舊站，以降低維護運作成本。	1. 考量各月份觀測觀測時數較低之原因略有不同，本計畫暫不呈現其原因。 2. 另為建立港區能見度品管機制，目前係透過 2 站進行比對校驗，後續系統穩定後，將移除舊站，以降低運作成本。
9. 第四章對於表 4-4 等，其中百分位之使用 25、50、75，其選用之義意建議可簡述，另 p4-15 圖 4.1 及新站圖 4.2 與 4.3，新舊兩者呈現同一事事件，有不同表達能見度表，未來如何取捨及整合，或用比較後採用表達方式，建議可以研議。	1. 港區能見度之分布趨勢呈現明顯偏態，透過 25、50、75 百分位，可用以呈現偏態情形。 2. 新舊站在月份盒鬚圖呈現之觀測數據確實略有差異，後續將納入下一年度研究進行現場儀器校驗工作。
10. 表 4-6 使用 code-0 至 9，建議加註 50 公尺以下，50-200 公尺之相對能見距離，較易理解圖表內容，不用再對照備註或說明，使用上也較清楚不易錯讀。機率月總累計是否 100%，建議評估是否再增一累計欄位。	已參酌修正表 4-6 資料。
11. p4-23、p4-24，未來新舊站資料間圖示之呈現，是否只供參考，有無評估二者間如何作取捨，建議未來可研究整合一下，提出適當的建議。	舊站儀器係為 103 年裝設，而新站儀器為 108 年裝設，就儀器生命週期而言，新站之資料原則優於舊站，其取捨及整合方式，將納入下一年度研究辦理。
12. P4-25 圖 4.7，建議如採黑白列印，圖示請選較易判別的式樣。	相關頁面後續將以彩色印刷呈現。
13. 對於霧的發生，以本報告中對於碼頭、機場、氣象局之觀測範圍及結果，較少見到馬祖週邊海上發生霧的位置及情況，以及因位處大陸陸地旁，發生霧時間之資料搜集未來是否可能包含對岸大陸觀測資料以納入評估及討論分析。建議上述馬祖周邊海上及、對岸相關資料未來可評估是否納入收集。	目前大陸地區觀測資料，僅能透過美國國家海洋暨大氣總署航空氣象中心提供之全球航空氣象即時報文資料，目前可掌握廈門高崎及福州長樂等 2 座國際機場之氣象資料，後續將參酌納入下一年度研究評估。

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
14. 建議後續對於其他島港、碼頭、海上亦可設置觀測點，提供異地、水面上資料，增加資料豐富度，提供比對分析、統計、模擬及實況資料及驗較正。	下一年度研究將評估納入北竿白沙碼頭及北竿機場之能見度觀測資料。
15. 後續對於馬祖港域能見度探討，再接再勵，透過監測設備長期蒐集、建立更多數據及不同類型之資料，辦理長期大數據分析、提出各項原因可能佔發生原因之權重比例，創新分析方法及程式設計等等，提供成果予馬祖福澳港區能見度預警參考，亦可提供港公司、研究單位、學術單位、航港業界參考使用。	感謝委員肯定。
(四) 本所港灣技術研究中心林雅雯科長	
1. 除了重大之低能見度事件外，常態低能見度4月及11月氣象條件有何共通性，建議後續研究探討。	4月份能見度低下，多由平流霧所造成，而11月份受東北季風影響，其成因可能受到大陸地區空氣汙染物或鋒面影響，後續將參酌納入下一年度研究評估探討。
2. 案例探討除濃霧產生時的成因，其消散的原因、消散速率亦建議分析，如此才能預估何時能見度能提升及達到解除封港時間。	濃霧消散的原因、消散速率將納入下一年度研究辦理。
3. 第4-26至4-30頁圖4.8至4.13圖太小。	將調整圖表呈現方式，增加可讀性。
4. 第4-33頁提到以鄰近站(馬祖氣象站及南竿機場氣象站)做為福澳港能見度預警之參考，其相關性為何?預警時間約為多久?	馬祖氣象站及南竿機場氣象站其海拔高度高於福澳港區，從2021年案例顯示，其濃霧發生時間早於福澳港區，因此初步研判可做為港區濃霧預警之參考。至於預警時間，將納入下一年度研究探討。
5. 舊站與新站在同一地點，2者資料是否有一致性，資料差異為何?	舊站儀器係為103年裝設，而新站儀器為108年裝設，就儀器生命週期而言，新站之資料原則優於舊站，其取捨及整合方式，將納入下一年度研究辦理。
6. 簡報第19頁方法1-6建議補充說明，報告第3-17頁缺方法2說明。	方法2為1小時平均法，已補充於P3-17。
7. 能見度預警部分，大氣溫度、露點溫度及濕度等是否有預測資料並介接?	大氣溫度及濕度資料，可介接氣象局預報資料。
8. 馬祖港封港能見度為何?建議補充說明。	依據馬祖福澳國內商港濃霧期間船舶進出港

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
	作業要點，其封港標準係以港務處辦公室為定點，無法目視現有負 7 米深水碼頭前端堤頭燈桿輪廓（兩地相距約 300 米）。
(五) 本所港灣技術研究中心胡啟文研究員	
1. 品管制度建立過程嚴謹，篩選所得之因子深具應用參考價值，未來可輔以其他觀測資料進行交叉分析驗證。	後續將評估使用 CCTV 影像資料做為交叉分析驗證之可行性。
2. 本計畫今年度完成馬祖福澳港區能見度觀測資料庫建置及資料品管分析模組開發等工作，並經所蒐集之濃霧事件，篩選出濃霧發生重要環境因子，其中溫度因子除大氣露點溫度外，是否亦受到海水溫度影響？	目前本計畫有蒐集馬祖潮位站之水溫資料，惟該水溫係為水下溫度，該溫度與水表溫度尚有一定差距，經初步分析後，其影響程度不大。
3. Multi-variate Test 與 Neighbor Test 需輔以人工檢查判定，此問題對於未來建立即時之自動品管機制似為一瓶頸，其因應對策為何？	未來在 Multi-variate Test 與 Neighbor Test 將評估深度學習方法應用於自動化品管之可行性。
(六) 本所港灣技術研究中心李俊穎科長	
1. 建議可依第 3 章最後建議 9 項品管程序門檻值，製表於 3.4 節。	在品管程序中僅有短時距離群值檢查（Spike Test）會使用到門檻值設定。
2. 為何閾值 5000 有不錯分辨結果，建議補述說明。	閾值的選擇會影響離群值的標定的數量，本研究比較鄰近兩點平均（QARTOD 建議）、1 小時平均、一階差分、二階差分、及三階差分法（QARTOD 建議）在不同閾值下，其被標定之離群值數量。從分析結果來看，閾值在 5000m 可以得到不錯的分辨結果，該值約為觀測上限值之 17%，接近儀器觀測誤差（約 20%）。
3. 在低能見分析時，建議可利用如 200m 濃霧或低能見度 2000m 做為門檻，量化相關環境因子。	目前以低能見度 2000m 做為分析門檻，係考量當能見度逐漸遞減時，由 2000m 降至 1000m 以下，有緩衝時間做為港區應變或訊息發布之依據。另 200m 以下之濃霧在港區發生機率，可透過表 4-7 及表 4-8 之能見度分級統計(Code0~Code2)，呈現出該月份發生比例。

ISBN 978-986-531-371-5

GPN : 1011100133
定價 200 元