

113-018-7D57
MOTC-IOT-112-H2CA001a

商港風力觀測及統計分析



交通部運輸研究所

中華民國 113 年 3 月

113-018-7D57
MOTC-IOT-112-H2CA001a

商港風力觀測及統計分析

著者：許義宏、李俊穎、林達遠、羅冠顯、曹勝傑、陳天時
李江澤、陳子健、陳孟宏、柯拓宇

交通部運輸研究所

中華民國 113 年 3 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

商港風力觀測及統計分析 / 許義宏, 李俊穎, 林達遠, 羅冠顯, 曹勝傑, 陳天時, 李江澤, 陳子健, 陳孟宏, 柯拓宇著. -- 初版. -- 臺北市: 交通部運輸研究所, 民 113.03

面; 公分
ISBN 978-986-531-557-3(平裝)

1.CST: 海洋氣象 2.CST: 氣象觀測 3.CST: 統計分析

444.94

113001264

商港風力觀測及統計分析

著者: 許義宏、李俊穎、林達遠、羅冠顯、曹勝傑、陳天時、李江澤、陳子健、陳孟宏、柯拓宇

出版機關: 交通部運輸研究所

地址: 105004 臺北市松山區敦化北路 240 號

網址: www.iot.gov.tw (中文版 > 數位典藏 > 本所出版品)

電話: (04)2658-7200

出版年月: 中華民國 113 年 3 月

印刷者: 綠凌興業社

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 • 電話: (02)2518-0207

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

GPN: 1011300178 ISBN 978-986-531-557-3 (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分內容者, 須徵求交通部運輸研究所書面授權。

GPN : 1011300178
定價 200 元

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：商港風力觀測及統計分析			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-557-3(平裝)	政府出版品統一編號 1011300178	運輸研究所出版品編號 113-018-7D57	計畫編號 112-H2CA001a
本所主辦單位：運輸技術研究中心 主管：蔡立宏 計畫主持人：許義宏 研究人員：李俊穎、林達遠、羅冠顯、曹勝傑、陳子健、陳孟宏、柯拓宇 聯絡電話：04-26587196 傳真號碼：04-26564418			研究期間 自 112 年 1 月 至 112 年 12 月
關鍵詞：臺灣主要商港、風力觀測及特性、颱風分析、資料品管、系統維運			
<p>港口和航運對全球經濟運作至關重要，促進了全球近 80% 以上的貿易活動，而我國為海洋國家，港口更是臺灣對外重要的航運樞紐。然而受到氣候變化和自然災害的威脅，強風等氣象因素造成的事故可能導致整個供應鏈的負面衝擊並造成經濟損失，同時船舶大型化亦導致船舶所受風力增大，使船舶操作及航行更加複雜。</p> <p>為提供臺灣主要商港臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、澎湖港、臺中港及馬祖港域船舶停靠、船舶進出、碼頭作業、港區結構物設計與防災預警等所需相關資料，本計畫具體成果及提供應用情形如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 完成臺灣港務股份有限公司及連江縣政府委託本所代管風力觀測站之定期維護保養及搶修作業，使其能正常運作並自動回傳資料至本所資料庫，提供即時展示使用。同時，完成 10 個測站汰舊換新作業，大幅提升系統穩定度及資料可信度，並提供交通部航港局、連江縣政府、臺灣港務股份有限公司做為船舶停靠、船舶進出、碼頭作業與防災預警等應用參據。 2. 因應風力測站管理及資料分析需要，本計畫完成各港風力觀測資料庫整合及更新作業，以提升風力觀測資料庫之效能及安全性。同時，藉由自動化品管機制導入，將原始資料(未經品管)及品管後資料分類彙整，提供臺灣港務股份有限公司可依需求選用所需之資料庫。 3. 完成 2022 年度風力觀測資料年報，提供各港風速、風向之歷線圖、風玫瑰圖、風速風向聯合機率分析表等圖表等資訊，並針對特定港口進行強陣風特性分析及近 2 年颱風影響分析，提供交通部航港局、港務管理單位、工程顧問公司做為港灣工程規劃設計、港埠建設、航行安全及營運維護參考依據。 			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
113 年 3 月	140	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: Wind Observation and Statistical Analysis in Taiwan Port Area			
ISBN(OR ISSN) 978-986-531-557-3 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011300178	IOT SERIAL NUMBER 113-018-7D57	PROJECT NUMBER 112-H2CA001a
DIVISION : Transportation Technology Research Center DIVISION DIRECTOR : Li-Hung Tsai PRINCIPAL INVESTIGATOR : Yi-Hung Hsu PROJECT STAFF : Chun-Ying Lee, Da-Yuan Lin, Guan-Sian Luo, Sheng-Chieh Tsao, Tzu-Chien Chen, Meng-Hung Chen, To-yu Ko PHONE : (04)26587196 FAX : (04)26564418			PROJECT PERIOD FROM Jan. 2023 TO Dec. 2023
KEY WORDS: Main commercial ports in Taiwan, wind observation and characteristics, typhoon analysis, data quality control, system maintenance			
<p>Ports and shipping are vital to the functioning of the global economy, facilitating nearly 80% of global trade activities. However, due to the threat of climate change and natural disasters, accidents caused by strong winds and other meteorological factors may cause negative impacts on the entire supply chain and cause economic losses. At the same time, the increase in the size of ships has also led to an increase in the wind force on the ships, making ship operation and navigation more complicated.</p> <p>To provide Taiwan's major commercial ports with relevant information needed for ship docking, ship entry and exit, terminal operations, port structure design and disaster prevention and early warning, etc. Including Taipei Port, Keelung Port, Suao Port, Hualien Port, Kaohsiung Port, Anping Port, Butai Port, Penghu Port, Taichung Port and Matsu Port. The specific results of this plan are as follows:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Complete the regular maintenance and repair work of the wind observation station entrusted by the Taiwan International Ports Corporation and the Lianjiang County Government to our institute, so that it can operate normally and automatically return data to our database, and provide real-time display for use. At the same time, 10 measuring stations were replaced with new ones, significantly improving system stability and data credibility. 2. In response to the needs of wind measurement station management and data analysis, this project completed the integration and update of wind observation databases in various ports to improve the efficiency and security of wind observation databases. At the same time, through the introduction of the automated quality control mechanism, the original data (without quality control) and the data after quality control are classified and compiled to provide the Taiwan International Ports Corporation, with the required database that can be selected according to needs. 3. Complete the 2022 annual wind observation data annual report, providing information such as calendar charts of wind speed and wind direction in each port, wind rose charts, wind speed and wind direction joint probability analysis tables and other charts. Analyze the characteristics of strong gusts and the impact of typhoons in the past two years for specific ports, and provide the Maritime Port Bureau, MOTC, port management units, and engineering consulting companies as a reference for port engineering planning and design, port construction, navigation safety, and operation and maintenance. 			
DATE OF PUBLICATION March, 2024	NUMBER OF PAGES 140	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	VII
第一章 前言.....	1-1
1.1 計畫緣起.....	1-1
1.2 前期計畫成果摘述.....	1-2
1.3 計畫內容與工作項目	1-3
第二章 風力觀測系統概述	2-1
2.1 風力觀測方法及定義.....	2-1
2.2 風力觀測儀器.....	2-2
2.3 風力觀測系統架構.....	2-5
2.4 風力觀測系統維護與保養	2-10
第三章 觀測資料品管機制	3-1
3.1 風力資料品管機制.....	3-1
3.2 風力資料品管精進.....	3-4
3.3 資料品管結果.....	3-7
第四章 港區風力特性分析	4-1
4.1 港區主要測站風力特性分析	4-1
4.2 港區強陣風特性分析.....	4-17
4.3 港區颱風分析.....	4-20
第五章 結論與建議	5-1
5.1 結論.....	5-1
5.2 建議.....	5-3
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 開發程式碼	附 3-1
附錄四 參訪中央氣象署氣象儀器檢校中心	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 2.1	基隆港風力測站位置圖	2-5
圖 2.2	臺北港風力測站位置圖	2-6
圖 2.3	臺中港風力測站位置圖	2-6
圖 2.4	布袋港風力測站位置圖	2-7
圖 2.5	安平港風力測站位置圖	2-7
圖 2.6	高雄港風力測站位置圖	2-8
圖 2.7	蘇澳港風力測站位置圖	2-8
圖 2.8	花蓮港風力測站位置圖	2-9
圖 2.9	澎湖港風力測站位置圖	2-9
圖 3.1	風力自動化品管作業流程	3-2
圖 3.2	QARTOD 資料品管手冊標記方式.....	3-4
圖 4.1	臺北港 2022 風玫瑰圖	4-7
圖 4.2	基隆港 2022 風玫瑰圖	4-7
圖 4.3	蘇澳港 2022 風玫瑰圖	4-8
圖 4.4	花蓮港 2022 風玫瑰圖	4-8
圖 4.5	高雄港 2022 風玫瑰圖	4-9
圖 4.6	安平港 2022 風玫瑰圖	4-9
圖 4.7	布袋港 2022 風玫瑰圖	4-10
圖 4.8	臺中港 2022 風玫瑰圖	4-10
圖 4.9	澎湖港 2022 風玫瑰圖	4-11
圖 4.10	馬祖港 2022 風玫瑰圖	4-11
圖 4.11	臺中港強風延時統計圖	4-18
圖 4.12	軒嵐諾颱風路徑圖	4-24
圖 4.13	軒嵐諾颱風之商港主要測站風力歷線圖	4-25
圖 4.14	瑪娃颱風路徑圖	4-26
圖 4.15	瑪娃颱風之商港主要測站風力歷線圖	4-26
圖 4.16	杜蘇芮諾颱風路徑圖	4-27
圖 4.17	杜蘇芮諾颱風之商港主要測站風力歷線圖	4-27
圖 4.18	海葵颱風路徑圖	4-28
圖 4.19	海葵颱風之商港主要測站風力歷線圖	4-29
圖 4.20	小犬颱風路徑圖	4-30
圖 4.21	小犬颱風之商港主要測站風力歷線圖	4-30
圖 4.22	杜蘇芮諾颱風期間高雄港主要測站風力紊流強度分析圖	4-31
圖 4.23	杜蘇芮諾颱風期間澎湖港主要測站風力紊流強度分析圖	4-32
圖 4.24	海葵颱風期間高雄港主要測站風力紊流強度分析圖	4-32

圖 4.25	海葵颱風期間澎湖港主要測站風力紊流強度分析圖	4-33
圖 4.26	小犬颱風期間高雄港主要測站風力紊流強度分析圖	4-34
圖 4.27	小犬颱風期間澎湖港主要測站風力紊流強度分析圖	4-34
圖 4.28	小犬颱風期間臺中港主要測站風力紊流強度分析圖	4-35

表目錄

表 2-1	風速計儀器規格表	2-3
表 2-2	各港區風力測站位置及使用儀器一覽表	2-4
表 2-3	風力觀測系統維護紀錄表	2-12
表 2-4	風力觀測系統更新改善情形表	2-13
表 3-1	各測站系統妥善率及風力資料品質通過率	3-8
表 4-1	各港區主要測站概述表	4-1
表 4-2	各港區主要測站 2022 年全年風速重要統計量	4-12
表 4-3	各港區主要測站 2022 年冬季風速重要統計量	4-12
表 4-4	各港區主要測站 2022 年春季風速重要統計量	4-13
表 4-5	各港區主要測站 2022 年夏季風速重要統計量	4-13
表 4-6	各港區主要測站 2022 年秋季風速重要統計量	4-14
表 4-7	各港區主要測站 2022 年全年風向重要統計量	4-14
表 4-8	各港區主要測站 2022 年冬季風向重要統計量	4-15
表 4-9	各港區主要測站 2022 年春季風向重要統計量	4-15
表 4-10	各港區主要測站 2022 年夏季風向重要統計量	4-16
表 4-11	各港區主要測站 2022 年秋季風向重要統計量	4-16
表 4-12	各港區最大風力測站之強風延時	4-17
表 4-13	各港區最大風力測站之陣風發生比例	4-19
表 4-14	各港區最大風力測站之強陣風發生比例	4-19
表 4-15	臺中港各測站之強陣風發生比例	4-20
表 4-16	高雄港各測站之強陣風發生比例	4-20
表 4-17	近 2 年有發警報颱風列表	4-21
表 4-18	颱風期間最大風力測站	4-23

第一章 前言

1.1 研究緣起

港口和航運對全球經濟運作至關重要，促進了全球近 80% 以上的貿易活動，而我國為海洋國家，港口更是臺灣對外重要的航運樞紐。然而受到氣候變化和自然災害的威脅，強風等氣象因素造成的事故可能導致整個供應鏈的負面衝擊並造成經濟損失，同時船舶大型化亦導致船舶所受風力增大，使船舶操作及航行更加複雜。

2021 年 3 月 23 日埃及標準時間上午 7 時 40 分，長榮海運貨櫃船長賜輪在埃及蘇伊士運河擱淺，該受風速高達 40 節的強風吹襲而偏離航道，繼而與運河底部碰撞並擱淺，完全阻塞了運河，造成國際航運的重大影響。而我國商港及船舶面臨強風所造成之海事案件，國家運輸安全調查委員會於 2021 年 9 月針對 109 年 3 月 9 日臺北港「永華 6 號引水船於臺北港內與騏龍輪碰撞導致翻覆」案，建議航港局與相關單位共同協商訂定各港「天候不良」及「特殊狀況」引水人無法出港口接船之標準，其中風力條件更是各港船舶進出港之重要管制標準之參考依據。

為提供臺灣主要商港臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、澎湖港、臺中港及馬祖港域船舶停靠、船舶進出、碼頭作業、港區結構物設計與防災預警等所需相關資料，交通部運輸研究所(以下簡稱本所)自民國 75 年起陸續於臺灣各港建置長期性風力觀測系統，目前本所協助臺灣港務股份有限公司及連江縣政府代管風力觀測站計有 32 站，構成我國商港風力觀測網。為維護風力觀測站正常運作，每 3~4 個月至各觀測站，執行觀測設備維護保養，維持整體觀測系統效能及觀測資料品質。即時風力觀測資料透過自動化處理程序，將各港觀測資料匯入本所運輸技術研究中心及港務公司之風力資料庫中儲存，並經過初階資料品管作業，提供即時觀測資訊及年度統計年報予航港局、港務公司及相關單位，做為船舶停靠、船舶進出、碼頭作業與防災預警等應用參據。

1.2 前期計畫成果摘述

為達成「發展海洋及交通運輸防災技術研究，提升港灣及道路災害應變作業效能」科技施政佈局，本所分別於 107~110 年及 111~114 年辦理「海洋及交通運輸防災技術研究」及「陸運及港灣設施防災技術研究」，藉由落實港區環境監測及發展港區環境監控預警機制，以保障民眾運輸安全。本計畫屬於上述綱要之子項計畫，透過商港完善風力監測網建立、及即時觀測資料品質強化，提供船舶停靠、船舶進出、碼頭作業、港區結構物設計與防災預警等應用參據。前期重要成果摘述如下：

110 年「國際商港強風及陣風特性分析(1/2)-以臺中港為例」，針對臺中港區 6 個風力測站，完成臺中港各區域之風力特性分析，提出港區各站平均風及最大風速以及不同測站平均風線性相關函數，並依不同季節計算 2 種異常風發生情形、發生機率及發生時之最大陣風與平均風速之差值大小。相關成果可提供航港局、港公司或其他港區相關單位作為港區作業安全、防災預警、船舶進出港等之參考，並做為後續風力預測、風浪分析、風能發電等之議題做進一步之研究應用。

111 年「110 年主要商港風潮觀測與特性分析」，除進行 11 個商港風力統計外，特別利用陣風因子與平均風速、最大風速之關係，針對高雄港在不同類型強陣風事件下之風力預測模型，其成果可初步運用於長延時之颱風事件及短延時之強風事件，惟本計畫是以高雄港做參數之調整，若要適用於其他港則需進一步做參數之調校，另一方面還需測試更多場事件去看其效果，計算其在統計上之成功率，才能更完善陣風因子之風力預測模型。

111 年「臺灣主要商港風力觀測及特性分析」，以 2021 年 9 月至 2022 年 8 月高雄港 5 處風力觀測站之資料，進行資料品管與補遺，並以補遺後之資料進行各測站之特性分析。品管與補遺方法，參考美國國家資料浮標中心制定之品管手冊(NDBC Technical Document 09-02) 之原則，採合理性、連續性、相關性進行：以儀器之觀測性能作為合理性品管之閾值，以移動平均 2 小時差值之標準差 3 倍進行連續性品管，以分段三次 hermite 內插法進行 1 小時內中斷資料之補遺，並以各測站間風速、風向之相關係數及迴歸斜率，建立迴歸關係式，以進行大於 1 小時中斷資料之補遺。資料經品管與補遺前後相較，具有一致性，可依循此品管與補遺方法持續精進，使資料更為完整與精確，並依此方法補遺後資料初步探討各測站之風速風

向特性差異，作為後續測站位置與周圍環境等條件對於風力風向影響之探討。

112 年「商港海氣象風力預警機制探討」，綜整港區目前相關實務管理要點及文獻，並調查瞭解各商港對風力示警燈號設定門檻值之需求與建議，據以建提出商港海氣象風力預警機制之建議。計畫蒐集國內預警燈號訂定原則、商港進出港管制標準、港區風力管制相關實務作業管理要點等文獻，進行回顧與研析。接著再以專家問卷調查，蒐集熟稔或實際負責港區海氣象條件管制之最終使用者(end user)對商港風力示警燈號條件之意見。商港海氣象風力資料預警機制可提供港務公司、海事人員等各界應用，讓相關人員能夠迅速掌握商港風力監測資訊之變化與告警，以做為決策支援，提升港埠營運效率與船舶航行安全。

1.3 計畫內容與工作項目

本計畫針對臺灣各主要商港鄰近海域範圍之風力進行資料觀測、整理與分析並出版年報報告，計畫之成果可提供港務公司做為未來港灣規劃及港埠建設應用參考。其主要工作項目及內容如下：

1. 持續辦理商港風力觀測系統維運作業

本計畫係由臺灣港務股份有限公司及連江縣政府委託本所代管風力觀測站，計 32 站，計畫執行過程中需針對各風力觀測站及設備汰換進行規劃評估，每隔 3~4 個月至各港現場執行系統定期維護，包括風力觀測儀器、電力系統(市電或太陽能板)及傳輸系統維護保養，使其能正常運作並自動回傳資料至本所資料庫，提供即時展示使用。另外，經盤點現有測站中，約有 10 個測站之風速計、電力系統、傳輸系統過於老舊，將安排進行系統汰舊換新作業。

2. 持續整合及更新風力觀測資料庫

因應風力測站管理及資料分析需要，本計畫規劃進行各港風力觀測資料庫整合及更新作業，包括測站 ID、資料欄位、介接方式調整、備援機制等工作，以提升風力觀測資料庫之效能及安全性。同時，為強化未來風力資料應用成效，新建資料品管資料庫，藉由自動化品管機制導入，將原始資料(未經品管)及品管後資料分類彙整，以提供應用單位可依需求選用所

需之資料庫。

3. 精進風力觀測資料品管作業

為強化風力觀測資料之精確度及可信度，除蒐集國際氣象組織最新版氣象觀測作業手冊外，另拜訪氣象署等國內重要氣象觀測組織，並針對儀器取樣頻率、資料品管方法、風力編報方式、發布頻率等內容進行技術討論。

4. 出版風力統計年報

針對 2022 年度風力觀測資料進行統計分析及撰寫風力年報，繪製月、季、年各港風速、風向之歷線圖、風玫瑰圖、風速風向聯合機率分析表等圖表，並針對特定港口進行年度特性分析、深入探討。

第二章 風力觀測系統概述

2.1 風力觀測方法及定義

根據世界氣象組織（World Meteorological Organization, WMO）規定，風是空氣流動的三維向量，除了少數需要考量三維風速的情境下，如空氣污染物傳播及飛行器之航空需要，大多數僅以水平方向的二維向量風速。在標準風速量測時，需要在開闊地形之下，且離地 10m 的高度下進行。其中開闊地形的定義為：一個區域內，風速計與任何障礙物之間的距離必須為障礙物的 10 倍高度。如果風速計安裝在建築物則理論上該傳感器應安裝在建築物 1.5 倍的高度。如果傳感器被安裝在塔或桅杆的懸臂吊杆，則此吊杆的高度應至少是兩倍長的最小直徑或塔架的對角線，且懸臂吊杆應位在塔的盛行風側。實際上，受到港區結構物及用地取得之影響，要在上述條件進行風力量測，有其困難性，因此必要時仍需要對風力量測數據進行修正。

風速風向觀測，量測風向的儀器就是風標，較常見的風速計就是旋轉風速計。風愈大，風杯或扇葉就轉得愈快。海上亦常採用旋槳式風速風向計。近年來因超音波技術成熟，漸改成超音波風速計觀測，此型風速計特點之一為不具備機械軸承結構，故無磨損問題，因此，本所於 103 年起已全面改用二維超音波式風速風向儀。本計畫風力量測頻率為 1Hz（即每分鐘量測 60 筆風速及風向資料）並進行統計分析，並依據港務管理單位需要，分別產出每分鐘 1 筆及每 10 分鐘 1 筆之平均風速、平均風向、最大風速及對應風向與最大風速時間。本計畫採用之定義如下：

- (1) 風速：指單位時間空氣移動之距離。
- (2) 平均風速：取觀測時間段內，儀器狀態碼為正常之逐筆風速資料算術平均值。
- (3) 風向：風向是風的來向，如果風向是北，則風是從北向南行進的。風向角度採以正北方為基準點，順時針測量該方位的角度，即正北方為 0 度，順時針增加至 359 度。
- (4) 平均風向：取觀測時間段內，取風向之單位向量平均值，即令觀測時間內之樣本風速為 1，僅以風向進行向量平均值之計算。

- (5) 最大風速：觀測資料中取觀測時間段內，每 3 秒移動平均風速之最大值。
- (6) 最大風之對應風向：最大風風速所對應的瞬間風向。
- (7) 儀器量測頻率：本計畫設定之儀器量測為 1Hz，即每秒取樣一筆風速及風向資料。
- (8) 紀錄及編報方式：以每分鐘 1 筆及每 10 分鐘 1 筆之平均風速、平均風向、最大風速及對應風向與最大風速時間進行紀錄及編報，其中在每分鐘取樣之樣本數少於 75% 下，則不編報 1 分鐘資料，另 10 分鐘內之每分鐘資料未達 10 筆，亦不編報 10 分鐘資料。

2.2 風力觀測儀器

根據 WMO 規定，標準風力量測之取樣頻率應高於 1Hz，其解析度在風速方面應達到 0.5m/s，在風向方面應達到 1°；而風速量測不確定性方面應小於 0.5m/s（小於 5m/s）及 $\pm 10\%$ （大於 5m/s），風向不確定性應小於 5°。在風力資料編報部分，對於不同氣候應用要素，可採用 1 分鐘、2 分鐘及 10 分鐘之平均值。

本所於各港區所採用之風速風向觀測儀共分 2 款，分別為英國 GILL 公司所生產 WindSonic、GMX500（氣象站）及日本 SONIC 公司所生產之 SA-20 二維超音波式風速風向儀。資料量測頻率 1Hz，持續觀測港區內 1 分鐘及 10 分鐘內平均風速、平均風向、最大陣風及最大陣風時風向等數值，期間相關資料係透過觀測站內無線傳輸系統，將所測得風力觀測資料即時回傳至本所海氣象資料庫中儲存，其儀器規格如表 2-1，港區各測站位置及使用儀器如表 2-2。

表2-1 風速計儀器規格表

儀器型號	GILL WindSonic	SONIC SA-20	GILL GMX500
輸出頻率	0.25Hz、0.5Hz、1Hz、2Hz、4Hz	1Hz、4Hz、10Hz	1Hz
風速測量範圍	0~60 m/s	0~90 m/s	0~60m/s
精度	±2% (在 12m/s 時)	±0.2m/s 或 ±5%	±3%(0~40m/s)、±5% (40 ~ 60m/s)
解析度	0.01 m/s	0.01m/s	0.01 m/s
風向測量範圍	0~359°	0~359°	0~359°
風向測量誤差	±3° (在 12m/s)	±3°	±3°
解析度	1°	0.1°	1°
通訊格式	RS232	RS422	RS232
輸出參數	瞬間風向、瞬間風速、U 軸風速和極性(可選擇)、V 軸風速和極性(可選擇)、單位、狀態碼、檢查碼	瞬間風速(U_i)、瞬間風向(θ_i)、瞬間 X 軸風速(X_i)、瞬間 Y 軸風速(Y_i)、平均風速(U_m)、平均風向(θ_m)、平均 X 軸風速(X_m)、平均 Y 軸風速(Y_m)、狀態碼、加熱器狀態	瞬間風向、瞬間風速、修正風向、GPS 修正速度、氣壓、相對濕度、溫度、露點、GPS 位置、時間、電壓、狀態碼、檢查碼
輸出範例	Q, 229, 002.74, M, 00, 16	W, 01.23, 059.8, +01.06, +00.62, 00.63, 358.9, -00.01, +00.63, 00.71, +00.00, 00000010	Q, 021, 000.01, 090, 000.01, 1015.3, 041, +022.0, +008.5, +50.763004:-001.539898:+3.10, 2015-06-05T10:19:30.8, +05.1, 0004, 36
儀器照片			

表2-2 各港區風力測站位置及使用儀器一覽表

商港	測站代碼	緯度(N)	經度(E)	架設距地表高度(m)	觀測期間	儀器	位置概述
基隆港	KLWD01	25°09'19"	121°45'08"	10.16 m	2010/10-迄今	WindSonic	光華塔
基隆港	KLWD04	25°09'19"	121°45'08"	10.35 m	2022/6-迄今	WindSonic	光華塔 2 站
基隆港	KLWD05	25°08'30"	121°44'53"	25.75m	2023/10~迄今	WindSonic	西 16 碼頭
臺北港	TPWD02	25°10'53"	121°22'28"	15 m	2017/12-2022/11	WindSonic	新觀測樁
臺北港	TPWD03	25°09'24"	121°22'19"	9.35m	2014/08-迄今	WindSonic	小綠燈塔
臺北港	TPWD05	25°09'55"	121°23'39"	5.12m	2020/08-迄今	GMX500	北 2 碼頭
臺中港	TCWD02	24°17'59"	120°29'12"	15.5 m	2009/09-迄今	WindSonic	北堤燈塔
臺中港	TCWD03	24°18'19"	120°31'52"	18.33 m	2009/09-迄今	WindSonic	防風林
臺中港	TCWD07	24°16'28"	120°30'59"	9.47 m	2018/01-迄今	WindSonic	31 號碼頭
臺中港	TCWD08	24°14'23"	120°28'18"	7.682 m	2018/01-迄今	SA-20	工專二
臺中港	TCWD13	24°16'13"	120°31'45"	13.87m	2022/06-迄今	WindSonic	港研中心
臺中港	TCWD14	24°17'25"	120°30'21"	17m	2023/1-迄今	WindSonic	南堤燈塔
布袋港	BDWD01	23°22'49"	120°08'51"	16.756m	2014/08-迄今	WindSonic	管理處頂樓
布袋港	BDWD02	23°22'47"	120°08'19"	17.7m	2022/11-迄今	WindSonic	雷達塔柱
安平港	APWD01	22°57'38"	120°08'56"	22.95 m	2014/08-迄今	WindSonic	南堤燈塔
安平港	APWD02	22°58'09"	120°09'54"	35.27m	2014/08-2021/11	WindSonic	訊號台
安平港	APWD04	22°58'9.3"	120°09'54"	39.23m	2022/9-迄今	WindSonic	新訊號台
高雄港	KHWD01	22°36'52"	120°17'18"	9.63 m	2019/05-迄今	SA-20	10 號碼頭
高雄港	KHWD04	22°33'04"	120°18'03"	16.73 m	2007/04-迄今	WindSonic	二港口北堤綠燈塔
高雄港	KHWD05	22°32'06"	120°19'36"	25.07 m	2020/08-迄今	WindSonic	第六貨櫃中心港警
高雄港	KHWD06	22°33'24"	120°19'37"	24.46 m	2020/08-迄今	WindSonic	76、77 碼頭
高雄港	KHWD07	22°34'40"	120°18'20"	16.23 m	2020/08-迄今	WindSonic	63、64 碼頭
高雄港	KHWD08	22°37'2.3"	120°15'59"	15.9m	2022/11-迄今	WindSonic	一港口信號臺
蘇澳港	SAWD01	24°35'49"	121°52'05"	12.11 m	2018/05-迄今	WindSonic	7 號碼頭
蘇澳港	SAWD04	24°35'08"	121°52'21"	34.85m	2022/11-迄今	WindSonic	信號臺
花蓮港	HLWD01	23°58'49"	121°37'12"	31.54 m	2018/05-迄今	SA-20	訊號台
花蓮港	HLWD02	23°58'25"	121°37'35"	7.74m	2022/10-迄今	WindSonic	西突堤
澎湖港	PHWD01	23°33'33"	119°34'26"	2.23m	2009/10-迄今	WindSonic	馬公案山
澎湖港	PHWD02	23°33'43"	119°40'14"	19.44m	2011/11-迄今	WindSonic	龍門尖山
馬祖港	MTWD01 M10	26°09'37"	119°56'36"	17.8m	2012/09-迄今	WindSonic	福澳碼頭

2.3 風力觀測系統架構

本所各港風力觀測站採用市電或太陽能供電，控制箱內置資料記錄器、無線傳輸設備及電源控制等模組，透過無線傳輸設備每分鐘將各測站逐秒觀測資料即時回傳至中華電信文心機房伺服器，再透過資料解碼程式將相關逐秒觀測資料寫入資料庫(逐秒原始資料庫，資料包括測站編號、時間、瞬間風速、瞬間風向、系統電壓、狀態碼等資訊)，並逐分及每 10 分鐘將觀測資料統計為發布用之編報資料(1 分鐘及 10 分鐘資料庫，資料包括測站編號、儀器編號、時間、平速風速、平均風向、最大風速、最大風之對應風向、最大風之之發生時間、系統平均電壓等資訊)，同時將上開資料庫之資料回傳本所運輸技術研究中心機房進行異地備援。

為強化即時風力觀測資料之穩定性及可應用性，各港區之風力觀測站至少佈建 2 站，並視當地航港管理需要，於適當地點增設輔助測站，以提供港區航安管理應用依據。各港區測站地理位置，詳圖 2.1~2.9 所示。



圖2.1 基隆港風力測站位置圖



圖2.2 臺北港風力測站位置圖

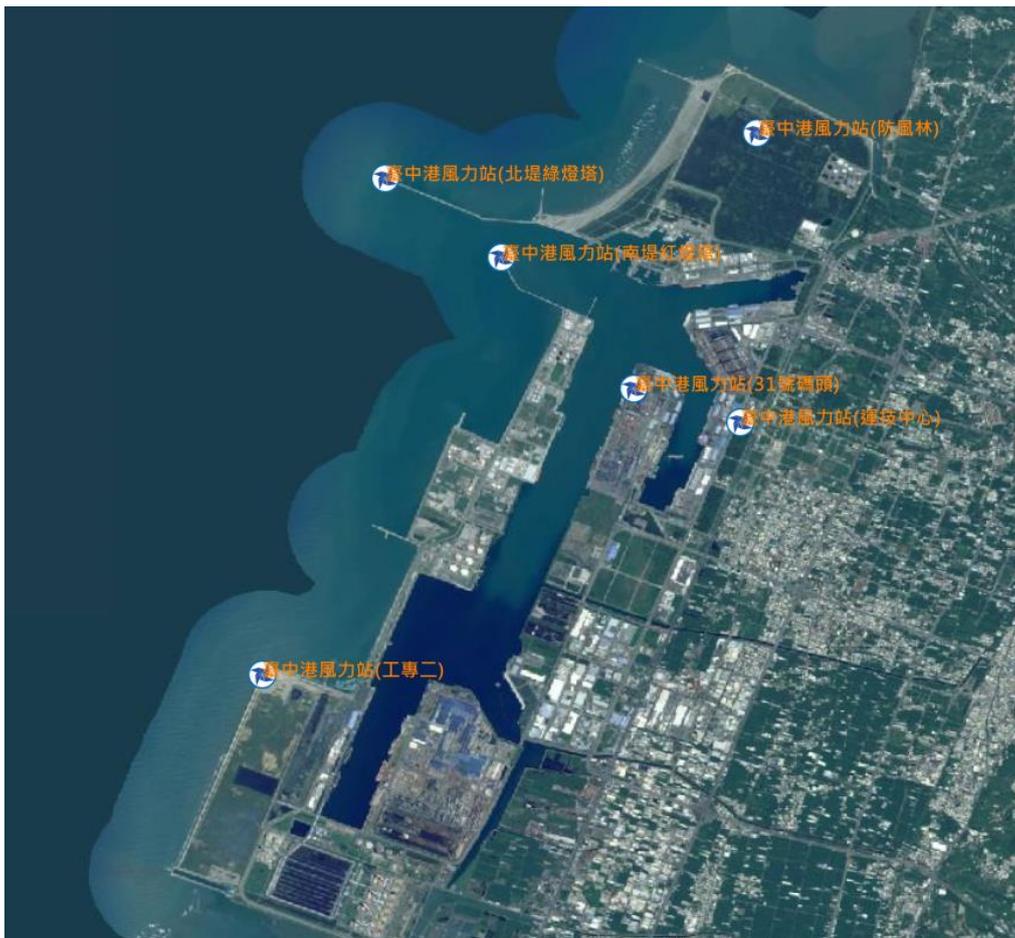


圖2.3 臺中港風力測站位置圖



圖2.4 布袋港風力測站位置圖



圖2.5 安平港風力測站位置圖



圖2.6 高雄港風力測站位置圖

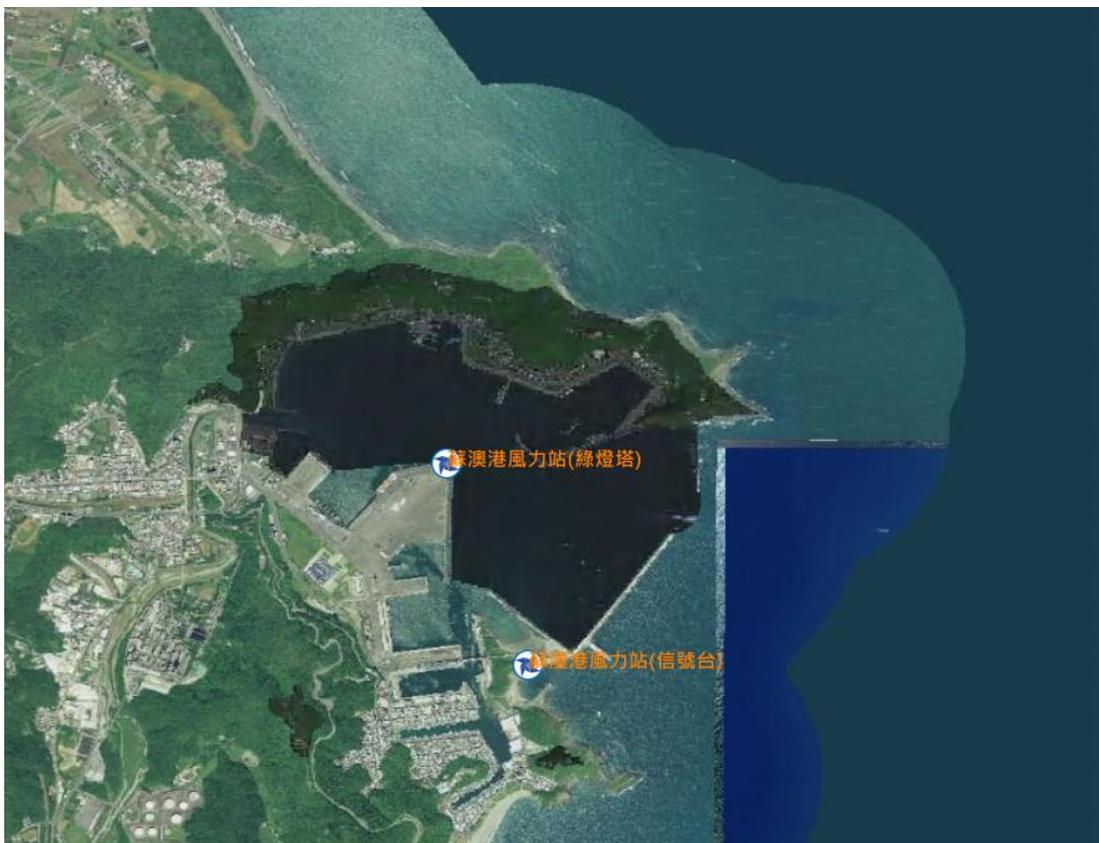


圖2.7 蘇澳港風力測站位置圖



圖2.8 花蓮港風力測站位置圖



圖2.9 澎湖港風力測站位置圖

2.4 風力觀測系統維護與保養

港區風力觀測系統位處高濕高鹽區域，其設置條件嚴苛，觀測儀器及各項設備容易受到環境影響而損壞，此外，各項儀器為確保量測數據之可信度，仍需進行儀器及設備維護、保養及檢測工作，始能延長觀測系統壽命並提升觀測品質，同時對於各測站的現場背景資料，皆需落實完整的調查與記錄，以利後續資料品管應用。為強化風力觀測系統之穩定性，本所每年均針對風力觀測系統進行3次定期維護作業，每次施作前、後皆進行拍照留存備查：維護時依測站現地維護記錄表（如表 2-3）確實執行並記錄，用以檢視各測站系統單元運作是否正常，若有異常則一併檢修或提供改善建議。

測站現地定期維護作業流程分為目視、保養清潔、檢測及更換或修復，作業流程，分述如下：

(一) 目視觀察測站外部（太陽能板、控制箱體、管線、監測儀器）狀況，進行必要之保養與維護，並記錄觀測儀器指向方位、現場 4G SIM 卡門號及觀測儀器序號。其中，目視原則為：

1. 太陽能板表面需保持清潔乾淨。
2. 控制箱體需保持完整無破損或鏽蝕剝落，管線出、入口需採適當防護避免昆蟲進入。
3. 管線則需保持無破損及鏽蝕，避免漏電或傳輸線損壞。
4. 監測儀器外觀有無損壞或雜物覆蓋。
5. 風速風向計之指北方向是否偏移？

(二) 保養清潔各組成單元及構件，以達整齊、乾淨可視為原則。其中，保養維護過程需注意：

1. 進行太陽能板清洗時須關閉控制箱體，避免控制箱內配線因清洗時造成短路。
2. 清潔箱體內配線盤時以毛刷施作為原則，若發現配線盤中端子或電線已鏽蝕則需立即更換，避免接點接觸不良影響系統訊號品質。
3. 裸露於外的配線或支撐架需仔細觀察，一有脆化、老化、剝落情形需立即更換或反應。
4. 防潮包以更換為原則，並於防潮包上標記更換日期。

(三) 檢測及功能測試，此部份包含：

1. 太陽能板儲電、充電系統檢測，以蓄電池電壓為判斷依據，當電壓低於額定電壓 90%時，需判斷是氣候影響、電池老舊或市電來源不穩所致，綜合判斷後再決定處理方式。
2. 針對測站儀器輸出端進行簡易訊號判斷（電壓或電流是否輸出）。必要時，可先通報後端資料庫處理人員，將儀器訊號線接至手持電腦端進行儀器訊號檢測。
3. 數據機電源是否正常？功能燈號是否正常？必要時，可先通報後端資料庫處理人員，以手持電腦連線至數據機檢測系統程式版本及運作狀態，或將數據機重新啟動。
4. 系統校時，確保系統時間一致。

(四) 更換及修復原則：攜帶一組備品，包括數據機、觀測儀器、固定儀器之儀器架，以及各類消耗物品如電源線、傳輸線、束帶、螺絲、防潮包、太陽能控制器等。經檢測後須更換、修復時，需在維護紀錄敘明原因，並評估更換後是否會影響後端資料傳輸過程，如屬消耗品等非侵入式修復，可立即執行；凡涉及數據機及觀測儀器變動時，均會影響後端資料庫之測站及設備序號登錄之內容，應先通報後端資料庫處理人員，再斷電進行設備更換及設定工作。

表2-3 風力觀測系統維護紀錄表

測站：		座標：					
方法	項 目	良好	不佳	維 護 方 法		備 註	
目 視	太陽能板及支撐架			檢視支撐架良好並擦拭及清潔太陽能板。			
	市電線路						
	能見度監測儀器			清潔及擦拭能見度儀探頭			
	風速監測儀器			清潔及擦拭風速計探頭。指北方向確認。			
	控制箱體及外部管線			檢視並整理箱體及管線。			
	控制箱盤面及配線			清潔箱體內部並整理配線。			
	防潮包			更換新品。			
	傳輸 Sim 卡						
	(其它_數據機)			校時。			
檢 測	市電電壓(V)	變壓器輸出電壓	太陽能輸入電壓(V)	太陽能 Load 輸出電壓(V)	電瓶電壓	監測儀器輸出電流	太陽能板 W 數
	維護開始時間	結束維護時間	現場斷電時間	電瓶內阻(mΩ)	電瓶大小(Ah)		
備 註							
本次維護、更換情形							
日期：		維護人員：					

本計畫 112 年執行各觀測站之定期維護保養工作至少 3 次，第 1 次定期維護保養於 4 月 17 日至 5 月 17 日完成，第 2 次定期維護保養於 7 月 5 日至 8 月 23 日完成，第 3 次定期維護保養於 10 月 18 日至 11 月 20 日完成。另針對測站之設備執行更新工作，如表 2-4 所示。其中在傳輸系統部分，主要係更換新款數據機，強化資料擷取、紀錄及傳輸功能，儀器更換部分，則考量部分測站之風速計使用年限超過 3 年，更換為新品，以提高風力觀測資料品質，降低感測器老化之準確度影響程度，另花蓮港則將原有太陽能供電系統更新為市電供應，並更新電纜線，提高系統穩定度。臺中港防風林測站因結構物之市電系統損壞且無法修復，更新為太陽能供電系統。

表2-4 風力觀測系統更新改善情形表

地區	地點說明	更新改善項目			完成日期
		供電系統	傳輸系統	更換儀器	
基隆港	光華塔 2 站(新站)			V	112.7.13
臺中港	防風林	V			112.1.13
臺中港	南堤紅燈塔		V		112.8.10
臺中港	工專二			V	112.10.18
布袋港	行政大樓		V	V	112.9.8
安平港	南堤燈塔			V	112.6.27
高雄港	二港口北堤綠燈塔			V	112.6.27
高雄港	10 號碼頭			V	112.10.14
花蓮港	訊號台	V	V	V	112.7.19
蘇澳港	綠燈塔		V	V	112.7.20

第三章 觀測資料品管機制

3.1 風力資料品管機制

3.1.1 基本原則

根據世界氣象組織規範，氣象觀測資料需要在世界各國家之間進行交換，使用者需要相信所收到其它國家的觀測資料是依據 WMO 制定的一致標準，資料的準確度對於多種分析、計算和科學調查都至關重要。因此，需要對觀測資料的品質進行控制，這是一項重要的基本性工作，且涉及到資料的一致性和準確度，並關係到所有用戶是否能夠最佳地利用觀測資料，包括世界天氣監視網計畫和國際科研計畫。

資料品管控制的基本特點，在全球觀測系統的框架下所遵循之一般原則在《全球觀測系統手冊》(WMO-No.544)已有簡要描述。各個品管控制層面可概括如下：

1. 在測站之基本品質控制程式：
 - (1) 對原始資料的自動品質控制：
 - a. 測值合理性檢查：對測值的大誤差檢查；
 - b. 對變化率合理性檢查：對測值的時間一致性的檢查；
 - (2) 對加工後資料的自動品質控制：
 - a. 合理值檢查；
 - b. 時間一致性檢查：
 - i. 對測值最大允許變化率的檢查或步驟測試；
 - ii 對測值最小變化率的檢查或持續性測試；
 - iii 標準差的計算；
 - c. 內部一致性檢查；
 - d. 對測站所有關鍵部分的技術監測；
2. 在氣象中心之延伸性品質控制程式：
 - (1) 合理值檢查；
 - (2) 時間一致性檢查：
 - a. 對測值最大允許變化率的檢查或步驟測試；
 - b. 對測值最小變化率的檢查或持續性測試；
 - c. 標準差的計算；

(3)內部一致性檢查。

3.1.2 本所風力品管資料作業程序

目前本所針對港區風力資料品管機制，主要根據合理性、連續性與關聯性三個原則，其中合理性主要依儀器量測範圍與物理上的限制而訂，連續性則是依相鄰資料應呈平緩變化為原則，依據機率理論而訂立通過(或異常)門檻，近年因氣候變遷而有短時間之極端事件發生，因此須比對及參考鄰近測站建立相關式，依信賴區間訂立通過(或異常)之門檻，避免前述極端資料誤刪並作為相互補遺之依據。最終輔以人工檢視方式做進一步之確認，其流程如圖 3.1。

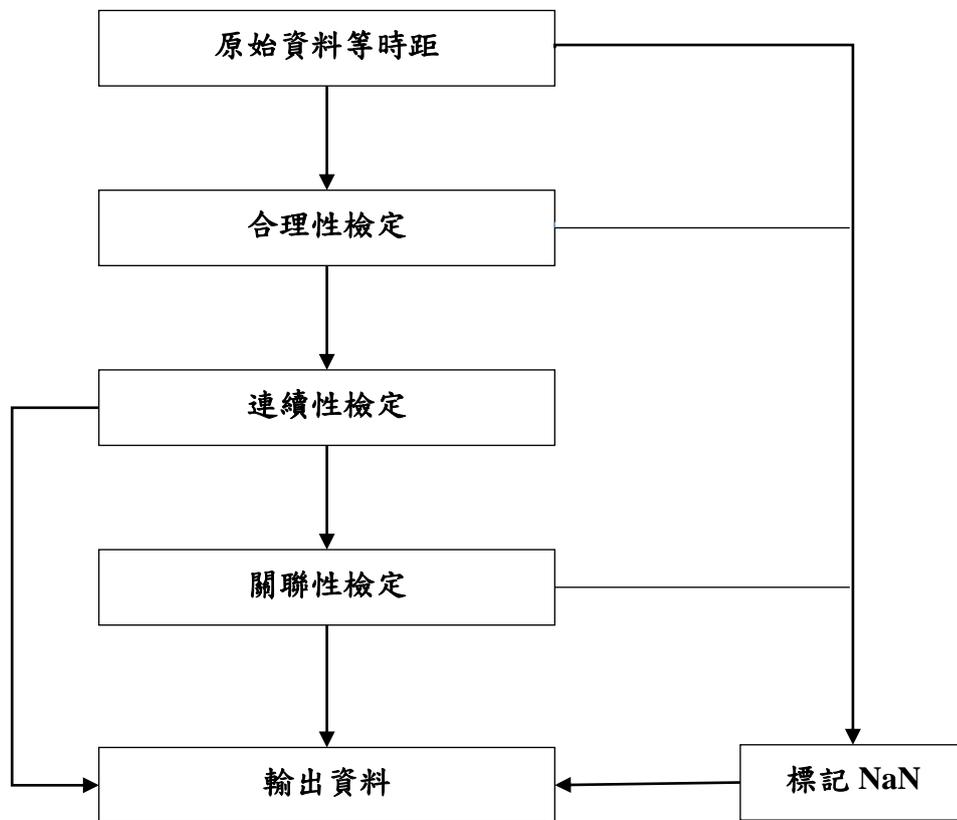


圖3.1 風力自動化品管作業流程

原始風力資料包含每 10 分鐘之平均風速、平均風向與最大風速對應風向時序列，其中風向之品管，是將總風速分解為南-北與東-西風速分量個別進行，再由向量合成決定風向。品管程序說明如下：

1. 程序 1：

原始資料可能因現場量測與通訊或後端資料庫異常等因素，而使入庫資料呈時間非連續狀態，對於一些分析(如頻譜)與預測所需，勢必無法直接使用，因此在進行品管作業前先對資料做等時距處理，無資料者以 NaN(Not a Number)填入。

2. 程序 2：

其次進行合理性檢定，通常合理性品管分為兩種限制，第一是指觀測數據不超過量測儀器的可測範圍；第二則是觀測數據不超過量測地點的氣象臨界條件，亦即物理上的限制，一般而言，10m 高風速介於 0-60 m/s，而風向資料以 0~360 度為有效數據。因此在自動化程式中，將非介於上述範圍之數據輸出為 NaN。

3. 程序 3：

扣除上述明顯錯誤值後，進行資料之連續性檢定，其原理是前後時間資料不應有突然之變化。本案利用時間非連續之移動平均進行此異常值檢定，採用的步驟為：計算原始值與移動平均(2 小時)差值之標準偏差，大於三倍處則視為離群異常值，即假定差值呈常態分布兩側機率各佔 0.15% 者。由於異常值可能是短時間之劇烈天候變化，附近測站有可能同時測得，因此留待關聯性檢定時，做進一步之處理。

4. 程序 4：

關聯性檢定之原理為測站間資料如有高度相關性，可作為修正短期天候變化而未通過連續性品管之資料改列有效數據。步驟首先為進行待品管測站資料與所有風力站同時期資料之迴歸分析，由最高相關係數且呈高度正相關(相關係數大於 0.7)者才進行關聯性檢定，由線性迴歸所得曲線並計算其信賴區間，這邊假定於 95% 信賴區間者代表兩站同時測得有高度可靠性，因此，可將上述未通過連續性品管之資料改列有效數據。至於超過 95% 信賴區間代表皆未通過上述兩個檢定，以 NaN 取代原數據。

5. 程序 5：

完成上述自動化品管後，以人工檢視做一步品管，方法是將原始資料與自動品管後資料進行時序比對，觀察是否有誤刪或異常仍保留之資料，查詢當時天候與作業紀錄，以進一步決定是否修正。

3.2 風力資料品管精進

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，在風力資料之品管程序，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 3.2。

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3.2 QARTOD資料品管手冊標記方式

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。

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。本計畫之風力觀測訊息傳輸方式，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. 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。本計畫建置之風力觀測系統，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。

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。以本計畫採用之風力觀測儀器來說，風速上下限在 0~65m/s 區間、風向在 0~360 度，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)。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)，本研究採用 40m/s 做為可疑數據之篩選，如遇到颱風等較大風速，再人工篩選。

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。本計畫利用本所在港區建置之風力測站之長期統計資料，初步建議春季 0~20m/s、夏秋季 0~25m/s 做為季節上下限檢查依據，此外在最大陣風部分，依相關研究經驗，取最大平均風之 2 倍進行檢查。

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 $n0$) 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 (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，本計畫參考 QARTOD 建議高門檻值為 40m/s、低門檻值為 20m/s 做為檢查依據。

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)。

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)。本計畫在本項檢查中，採用完全無變化 (數據差值為 0) 做為檢查依據。QARTOD 針對風力檢查部分建議使用 0.5m/s，惟本計畫採用二維超音波風力風向計，其儀器精度為 0.01m/s，若使用 0.5 m/s，在靜風時期容易有誤判之情形，因此，本計畫改用 0.01m/s 做為檢查依據。

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)。在氣象觀測時，常會有其他觀測儀器，因此，QARTOD 建議第 2 變數的選用可使用大氣壓力。惟本所在港區風力觀測站，多數僅配備風速計，無法使用其他氣象資料做為變數關聯性檢查之依據，因此，本研究暫以最大風速與平均風速之比值進行變數間關聯性檢查，並設定平均風速 5m/s 以上，平均風速與最大風速之比值大於 2.5 倍，列為可疑數據。

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)。考量儀器精度，高門檻值設定為 0.05m/s、低門檻值為 0.01m/s

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，但是一般來說，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），關聯性檢查需要較多研究數據，且不易進行作業化處理（容易因不同區域之風場特性造成判定困難），仍須進一步研究，因此，本年度研究暫不納入檢查程序。

12. 綜合品管程序

透過美國 IOOS 計畫辦公室之 QARTOD 品管程序，可將觀測資料依上述 11 項檢查程序予以標記，惟實務對外展示應用時，仍需建立一綜合品管機制，決定該即時資料是否呈現。本計畫原則上以同一筆資料有 1 個不通過或 2 個可疑標記者，則標記未通過品管（即不對外展示）。

3.3 資料品管結果

本所於 2022 年配合臺灣港務股份有限公司擴增風力測站，以達到 1 港雙站之目標，惟部分測站 2022 年系統運作時間未達 150 日，爰暫不納入系統妥善率及資料品管通過率之計算。透過第 3.2 節運用美國 QARTOD 風力資料品管程序，分析 2022 年各測站全年系統妥善率、資料蒐集率及品管通過率，如表 3-1 所示。

港區風力測站系統妥善率大多在 90% 以上，其中少數測站因系統老舊故障，於 2021 年損壞，加上修復經費不足，展延至 2022 年 8 月中旬後爭取相關經費始能修復運作。經扣除系統故障日數後，於系統正常運作期間，各測站資料蒐集率均達 90% 以上，顯示本計畫在數據擷取、紀錄及傳輸模組十分穩定，且可達到全時不中斷運作之耐候條件。

另外在品管通過率，從數據機擷取並統計後之 10 分鐘資料，資料品質均十分良好，均達 99% 以上，亦即由現場回傳之資料，可直接提供即時展示使用，並具備良好之信賴條件，對於港區管理之應用有十足幫助。

表 3-1 各測站系統妥善率及風力資料品管通過率

商港	測站代碼	系統妥善率	資料蒐集率	品管通過率
基隆港	KLWD01	247(67.86%)	34328(96.51%)	34219(99.71%)
基隆港	KLWD04	174(94.05%)*	24387(97.33%)	24385(99.99%)
臺北港	TPWD02	318(87.36%)	45634(99.65%)	45634(100.00%)
臺北港	TPWD03	365(100%)	48749(92.75%)	48747(99.99%)
臺北港	TPWD05	340(93.41%)	48843(99.76%)	48843(100.00%)
臺中港	TCWD02	286(78.57%)	40566(98.50%)	40564(99.99%)
臺中港	TCWD03	350(95.89%)	49978(99.16%)	49975(99.99%)
臺中港	TCWD07	343(93.97%)	49217(99.65%)	42915(99.99%)
臺中港	TCWD08	356(97.53%)	47823(93.29%)	47743(99.81%)
臺中港	TCWD13	195(90.70%)*	25715(91.58%)	25711(99.98%)
布袋港	BDWD01	365(100.00%)	51812(98.58%)	51812(100.00%)
安平港	APWD01	365(100.00%)	52447(99.79%)	52446(99.99%)
高雄港	KHWD01	365(100.00%)	51812(98.58%)	51580(99.69%)
高雄港	KHWD04	194(53.15%)	27160(97.22%)	27158(99.99%)
高雄港	KHWD05	361(98.90%)	51075(98.25%)	51019(99.99%)
高雄港	KHWD06	363(99.45%)	52091(99.65%)	51998(99.99%)
高雄港	KHWD07	362(99.18%)	50380(96.65%)	50247(99.99%)
蘇澳港	SAWD01	365(100.00%)	52420(99.73%)	52420(100.00%)
花蓮港	HLWD01	356(97.53%)	48623(94.85%)	48554(99.89%)
花蓮港	HLWD02	85(90.43%)	11919(97.38%)	11918(99.99%)
澎湖港	PHWD01	349(95.62%)	45988(91.51%)	45987(99.99%)
澎湖港	PHWD02	250(68.49%)	33819(93.94%)	33758(99.82%)
馬祖港	MTWD01	339(92.88%)	47943(98.21%)	47943(100.00%)

備註：

1. 部分*測站為 2022 年新設之風力測站，妥善率計算以建站日期起算，另建站日數未達 150 日者，亦不納入計算。
2. 系統妥善率：系統正常運作日數/全年(或建站日起)總日數。
3. 資料蒐集率：資料回傳筆數/實際觀測日數之應測比數。
4. 品管通過率：品管通過筆數/(資料回傳筆數-無法檢查筆數)

第四章 港區風力特性分析

4.1 港區主要測站風力特性分析

為提供港區長期統計資料，本所已完成 2022 年港灣海氣象觀測資料統計年報(8 港域觀測風力資料)，並提供統計資訊包括：各港區風力測站說明、當年度主要測站資料紀錄統計表、當年度及歷年主要測站風速及風向重要統計量統計表、當年度及歷年主要測站觀測風速分佈百分比統計表、當年度及歷年主要測站觀測風向分佈百分比統計表、當年度及歷年冬季主要測站風速及風向聯合分佈百分比統計表、當年度及歷年春季主要測站風速及風向聯合分佈百分比統計表、當年度及歷年夏季主要測站風速及風向聯合分佈百分比統計表、當年度及歷年秋季主要測站風速及風向聯合分佈百分比統計表、當年度及歷年整年主要測站風速及風向聯合分佈百分比統計表、當年度每月主要測站風速歷線圖、當年度每月主要測站風向歷線圖、當年度及歷年每月主要測站觀測風玫瑰圖、當年度及歷年每季主要測站觀測風玫瑰圖、當年度颱風期間風速風向重要統計量統計表、當年度颱風觀測風速歷線圖、當年度颱風觀測風向歷線圖等資料。針對 2022 年各港區主要測站（表 4-1）統計資料概述如下：

表 4-1 各港區主要測站概述表

商港	測站	緯度(N)	經度(E)	架設距地表高度(m)	觀測期間	儀器	位置概述
臺北港	TPWD02M10	25°10'53"	121°22'28"	15 m	2017/12-2022/11 (觀測中)	Gill	新觀測樁
基隆港	KLWD01M10	25°09'19"	121°45'08"	10.16 m	2010/10-2022/11 (觀測中)	Gill	光華塔
蘇澳港	SAWD01M10	24°35'49"	121°52'05"	12.11 m	2018/05-2022/11 (觀測中)	Gill	7 號碼頭
花蓮港	HLWD01M10	23°58'49"	121°37'12"	31.54 m	2018/05-2022/11 (觀測中)	Sonic	訊號台
高雄港	KHWD01M10	22°36'52"	120°17'18"	9.63 m	2019/05-2022/11 (觀測中)	Sonic	10 號碼頭
安平港	APWD02M10	22°58'09"	120°09'54"	35.271 m	2014/08-2022/11 (觀測中)	Gill	訊號台
布袋港	BDWD01M10	23°22'49"	120°08'51"	16.756 m	2014/08-2022/11 (觀測中)	Gill	港務公司頂樓
臺中港	TCWD02M10	24°17'59"	120°29'12"	15.5 m	2009/09-2022/11 (觀測中)	Gill	北堤綠燈塔
澎湖港	PHWD01M10	23°33'33"	119°34'26"	2.23m	2009/12-2022/11 (觀測中)	Gill	馬公案山漁港
馬祖港	MTWD01M10	26°09'37"	119°56'36"	17.8m	2012/09-2022/11 (觀測中)	Gill	福澳碼頭

2022 年臺北港風力平均風速為 6.7m/s，最大平均風速為 18.2 m/s，風向為 N 向，發生於 9 月，輕風佔 26.4%，和風佔 33.3%，強風佔 36.9%，疾風佔 3.4%，風力運動方向主要集中於 N~E 及 E~S 兩象限，風向分佈為 N~E 向 56.1%，E~S 向 16.2%，S~W 向 17.5%，W~N 向 10.3%。四季中以冬季平均風速 8.6 m/s 最大，各季風速分佈為，冬季（輕風佔 10.0%，和風為 30.0%，強風 53.2%，疾風 6.9%）、春季（輕風 29.2%，和風 36.1%，強風 32.4%，疾風 2.3%）、夏季（輕風 47.7%，和風 39.3%，強風 12.7%，疾風 0.3%）及秋季（輕風 16.3%，和風 26.4%，強風 52.8%，疾風 4.5%）。四季風向型態，以 16 分位分析，主要風向分佈為冬季 NE（39.6%），春季 NE（25.5%），夏季 SSW（13.0%），秋季 NE（39.7%），採四象限劃分各季風向分佈為，冬季（N~E84.5%、E~S 6.9%、S~W3.0%、W~N5.6%），春季（N~E 58.7%、E~S17.5%、S~W 12.4%、W~N 11.4%），夏季（N~E 11.7%、E~S26.7%、S~W45.6%、W~N 16.0%），秋季（N~E73.6%、E~S 12.6%、S~W 6.4%、W~N 7.4%），玫瑰圖如圖 4.1。歷年臺北港的平均風速為 6.8m/s，主要風力風向為 NE 方向(23.4%)。四個季節的風速皆在強風以內，合計占比達 95.9% 以上，風力的主要風向為 N~E 與 E~S 方向。

2022 年基隆港風力平均風速為 4.1m/s，最大平均風速為 18.4 m/s，風向為 ENE 向，發生於 6 月，輕風佔 49.3%，和風佔 39.7%，強風佔 10.7%，疾風佔 0.3%，風力運動方向主要集中於 N~E 及 W~N 兩象限，風向分佈為 N~E 向 45.4%，E~S 向 19.0%，S~W 向 13.5%，W~N 向 22.2%。四季中以冬季平均風速 5.2m/s 最大，各季風速分佈為，冬季（輕風佔 31.0%，和風為 51.8%，強風 17.2%，疾風 0.1%）、春季（輕風 56.4%，和風 36.7%，強風 6.8%，疾風 0.1%）、夏季（輕風 72.1%，和風 25.2%，強風 2.1%，疾風 0.6%）及秋季（輕風 40.0%，和風 43.8%，強風 15.7%，疾風 0.5%）。四季風向型態，以 16 分位分析，主要風向分佈為冬季 NNE（30.4%），春季 NNE（18.5%），夏季 S（14.3%），秋季 N（23.3%），採四象限劃分各季風向分佈為，冬季（N~E66.0%、E~S 10.8%、S~W8.2%、W~N 15.0%），春季（N~E 43.6%、E~S18.5%、S~W 14.2%、W~N23.7%），夏季（N~E 17.8%、E~S 34.8%、S~W 26.4%、W~N 21.0%），秋季（N~E 51.4%、E~S13.7%、S~W6.8%、W~N 28.1%），玫瑰圖如圖 4.2。歷年基隆港的平均風速為 3.7m/s，主要風力風向為 NNE 方向(14.9%)。四個季節的風速皆在強風以內，合計占比達 99.8% 以上，風力的主要風向為 N~E 與 E~S 方向。

2022 年蘇澳港風力平均風速為 3.8m/s，最大平均風速為 14.1 m/s，風向為 SSE 向，發生於 1 月，輕風佔 51.4%，和風佔 42.6%，強風佔 6.0%，風力運動方向主要集中於 W~N 及 S~W 兩象限，風向分佈為 N~E 向 10.4%，E~S 向 19.3%，S~W 向 20.3%，W~N 向 50.0%。四季中以秋季平均風速 4.0 m/s 最大，各季風速分佈為，冬季（輕風佔 47.3%，和風為 49.7%，強風 2.9%）、春季（輕風 55.5%，和風 41.2%，強風 3.3%）、夏季（輕風 56.6%，和風 31.8%，強風 11.6%）及秋季（輕風 45.9%，和風 47.7%，強風 6.3%）。四季風向型態，以 16 分位分析，主要風向分佈為冬季 WNW（27.4%），春季 WNW（18.1%），夏季 S（26.7%），秋季 WNW（20.1%），採四象限劃分各季風向分佈為，冬季（N~E 6.8%、E~S 10.9%、S~W 15.9%、W~N 66.4%），春季（N~E 10.1%、E~S 19.0%、S~W 27.1%、W~N 43.9%），夏季（N~E 7.5%、E~S 31.1%、S~W 27.5%、W~N 33.9%），秋季（N~E 17.2%、E~S 16.1%、S~W 10.4%、W~N 56.3%），玫瑰圖如圖 4.3。歷年蘇澳港的平均風速為 4m/s，主要風力風向為 WNW 方向(19.1%)。四個季節的風速皆在強風以內，合計占比達 99.5% 以上，風力的主要風向為 E~S 與 W~N 方向。

2022 年花蓮港風力平均風速為 3.5m/s，最大平均風速為 14.5m/s，風向為 ENE 向，發生於 9 月，輕風佔 58.0%，和風佔 37.5%，強風佔 4.5%，風力運動方向主要集中於 N~E 及 S~W 兩象限，風向分佈為 N~E 向 33.0%，E~S 向 15.2%，S~W 向 25.4%，W~N 向 26.4%。四季中以秋季平均風速 4.0m/s 最大，各季風速分佈為，冬季（輕風佔 58.1%，和風為 35.4%，強風 6.5%，疾風 0.1%）、春季（輕風 61.2%，和風 35.2%，強風 3.6%）、夏季（輕風 64.1%，和風 35.2%，強風 0.8%）及秋季（輕風 47.9%，和風 44.1%，強風 7.9%）。四季風向型態，以 16 分位分析，主要風向分佈為冬季 ENE（18.4%），春季 ENE（14.3%），夏季 WSW（18.0%），秋季 NE（17.9%），採四象限劃分各季風向分佈為，冬季（N~E 45.1%、E~S 3.8%、S~W 14.2%、W~N 36.8%），春季（N~E 34.4%、E~S 11.1%、S~W 22.9%、W~N 31.6%），夏季（N~E 11.4%、E~S 31.7%、S~W 44.5%、W~N 12.4%），秋季（N~E 45.1%、E~S 10.9%、S~W 16.4%、W~N 27.6%），玫瑰圖如圖 4.4。歷年花蓮港的平均風速為 3.4m/s，主要風力風向為 WSW 方向(13.3%)。四個季節的風速皆在強風以內，合計占比達 99.9% 以上，風力的主要風向為 N~E 與 S~W 方向。

2022 年高雄港風力平均風速為 2.7m/s，最大平均風速為 10.6m/s，風向為 SSE 向，發生於 7 月，輕風佔 70.3%，和風佔 28.9%，強風佔 0.8%，風力運動方向主要集中於 N~E 及 W~N 兩象限，風向分佈為 N~E 向 38.2%，E~S 向 8.1%，S~W 向 13.3%，W~N 向 40.4%。四季中以冬季平均風速 3.1 m/s 最大，各季風速分佈為，冬季（輕風佔 60.0%，和風為 40.0%）、春季（輕風 74.7%，和風 24.8%，強風 0.5%）、夏季（輕風 70.7%，和風 27.5%，強風 1.8%）及秋季（輕風 75.9%，和風 23.2%，強風 0.8%）。四季風向型態，以 16 分位分析，主要風向分佈為冬季 NNE（49.3%），春季 N（23.7%），夏季 S（9.9%），秋季 N（24.2%），採四象限劃分各季風向分佈為，冬季（N~E68.2%、E~S 0.5%、S~W 1.4%、W~N29.9%），春季（N~E 31.4%、E~S 8.8%、S~W13.3%、W~N 46.4%），夏季（N~E21.3%、E~S 19.2%、S~W 27.5%、W~N 31.9%），秋季（N~E 31.9%、E~S 3.7%、S~W 11.2%、W~N 53.2%），玫瑰圖如圖 4.5。歷年高雄港的平均風速為 2.4/s，主要風力風向為 N 方向(22.0%)。四個季節的風速皆在強風以內，合計占比達 99.9% 以上，風力的主要風向為 N~E 與 W~N 方向。

2022 年安平港風力平均風速為 5.5m/s，最大平均風速為 17.4 m/s，風向為 N 向，發生於 9 月，輕風佔 23.8%，和風佔 58.5%，強風佔 16.6%，疾風佔 1.1%，風力運動方向主要集中於 N~E 及 W~N 兩象限，風向分佈為 N~E 向 44.2%，E~S 向 14.4%，S~W 向 12.7%，W~N 向 28.7%。四季中以冬季平均風速 7.2m/s 最大，各季風速分佈為，冬季（輕風佔 5.1%，和風為 58.3%，強風 35.0%、疾風 1.6%）、春季（輕風 24.9%，和風 60.3%，強風 14.2%、疾風 0.5%）、夏季（輕風 36.6%，和風 57.0%，強風 6.3%，疾風 0.1%）及秋季（輕風 28.0%，和風 58.6%，強風 11.1%、疾風 2.2%）。四季風向型態，以 16 分位分析，主要風向分佈為冬季 NNE（45.6%），春季 NNE（25.5%），夏季 ESE（15.5%），秋季 N（24.9%），採四象限劃分各季風向分佈為，冬季（N~E 76.2%、E~S 0.4%、S~W0.2%、W~N23.2%），春季（N~E45.1%、E~S 13.3%、S~W10.0%、W~N 31.7%），夏季（N~E11.4%、E~S34.7%、S~W33.9%、W~N 20.1%），秋季（N~E45.0%、E~S 9.0%、S~W6.2%、W~N39.7%），玫瑰圖如圖 4.6。歷年安平港的平均風速為 4.3m/s，主要風力風向為 NNE 方向(20.8%)。四個季節的風速皆在強風以內，合計占比達 99.8% 以上，風力的主要風向為 N~E 與 W~N 方向。

2022 年布袋港風力平均風速為 4.5m/s，最大平均風速為 14.5 m/s，風向為 NNW 向，發生於 9 月，輕風佔 36.7%，和風佔 53.8%，強風佔 9.5%，疾風佔 0.0%，風力運動方向主要集中於 N~E 及 W~N 兩象限，風向分佈為 N~E 向 38.5%，E~S 向 9.9%，S~W 向 15.5%，W~N 向 36.0%。四季中以冬季平均風速 5.8m/s 最大，各季風速分佈為，冬季（輕風佔 10.6%，和風為 71.2%，強風 18.2%）、春季（輕風 37.8%，和風 54.1%，強風 8.0%）、夏季（輕風 63.5%，和風 36.5%）及秋季（輕風 34.4%，和風 53.6%，強風 11.8%，疾風 0.2%）。四季風向型態，以 16 分位分析，主要風向分佈為冬季 N（52.0%），春季 N（24.0%），夏季 SW（15.9%），秋季 N（29.8%），採四象限劃分各季風向分佈為，冬季（N~E 62.9%、E~S 0.8%、S~W 0.2%、W~N 36.1%），春季（N~E 39.9%、E~S 8.0%、S~W 11.7%、W~N 40.4%），夏季（N~E 9.6%、E~S 25.4%、S~W 44.0%、W~N 21.0%），秋季（N~E 42.3%、E~S 5.2%、S~W 5.7%、W~N 46.7%）。歷年布袋港的平均風速為 4.7m/s，主要風力風向為 N 方向(22.9%)，玫瑰圖如圖 4.7。四個季節的風速皆在強風以內，合計占比達 99.4% 以上，風力的主要風向為 N~E 與 W~N 方向。

2022 年臺中港風力平均風速為 9.3m/s，最大平均風速為 31.1 m/s，風向為 NNE 向，發生於 10 月，輕風佔 18.9%，和風佔 32.6%，強風佔 24.0%，疾風佔 24.5%，風力運動方向主要集中於 N~E 及 S~W 兩象限，風向分佈為 N~E 向 55.9%，E~S 向 6.4%，S~W 向 28.3%，W~N 向 9.5%。四季中以冬季平均風速 14.6 m/s 最大，各季風速分佈為，冬季（輕風佔 5.0%，和風為 14.1%，強風 19.5%，疾風 61.4%）、春季（輕風 12.7%，和風 29.6%，強風 31.5%，疾風 26.3%）、夏季（輕風 30.2%，和風 49.0%，強風 19.7%，疾風 1.0%）及秋季（輕風 13.7%，和風 20.2%，強風 23.5%，疾風 42.6%）。四季風向型態，以 16 分位分析，主要風向分佈為冬季 NNE（75.1%），春季 NNE（54.6%），夏季 S（19.8%），秋季 NNE（50.5%），採四象限劃分各季風向分佈為，冬季（N~E 95.4%、E~S 0.0%、S~W 0.0%、W~N 4.6%），春季（N~E 72.7%、E~S 3.8%、S~W 17.8%、W~N 5.8%），夏季（N~E 10.7%、E~S 12.9%、S~W 60.4%、W~N 16.1%），秋季（N~E 84.6%、E~S 2.6%、S~W 7.5%、W~N 6.7%），玫瑰圖如圖 4.8。歷年臺中港的平均風速為 9.5m/s，主要風力風向為 NNE 方向(37.0%)。四個季節的風速均較其他商港為高，其全年達 7 級風以上比例有 26.2%，風力的主要風向為 N~E 與 S~W 方向。

2022 年澎湖港(馬公)風力平均風速為 5.4m/s，最大平均風速為 15.3m/s，風向為 NE 向，發生於 10 月，輕風佔 33.3%，和風佔 42.6%，強風佔 23.7%，疾風佔 0.4%，風力運動方向主要集中於 N~E 及 S~W 兩象限，風向分佈為 N~E 向 66.0%，E~S 向 6.5%，S~W 向 16.9%，W~N 向 10.6%。四季中以冬季平均風速 7.8m/s 最大，各季風速分佈為，冬季（輕風佔 3.2%，和風為 45.0%，強風 51.4%，疾風 0.4%）、春季（輕風 27.8%，和風 55.9%，強風 16.2%，疾風 0.1%）、夏季（輕風 77.3%，和風 22.7%）及秋季（輕風 15.8%，和風 48.7%，強風 34.6%，疾風 0.9%）。四季風向型態，以 16 分位分析，主要風向分佈為冬季 NNE（79.0%），春季 NNE（50.3%），夏季 SSW（18.1%），秋季 NE（52.1%），採四象限劃分各季風向分佈為，冬季（N~E 99.5%、E~S 0.3%、S~W 0.0%、W~N 0.2%），春季（N~E 76.7%、E~S 5.8%、S~W 9.7%、W~N 7.8%），夏季（N~E 9.3%、E~S 15.9%、S~W 50.1%、W~N 24.7%），秋季（N~E 89.1%、E~S 2.3%、S~W 2.1%、W~N 6.5%），玫瑰圖如圖 4.9。歷年澎湖港的平均風速為 5.2m/s，主要風力風向為 NNE 方向(30.4%)。四個季節的風速皆在強風以內，合計占比達 99.7% 以上，風力的主要風向為 N~E 與 S~W 方向。

2022 年馬祖港(福澳)風力平均風速為 3.7m/s，最大平均風速為 11.6m/s，風向為 NNW 向，發生於 12 月，輕風佔 46.8%，和風佔 48.5%，強風佔 4.7%，風力運動方向主要集中於 W~N 及 E~S 兩象限，風向分佈為 N~E 向 10.2%，E~S 向 20.8%，S~W 向 6.2%，W~N 向 62.8%。四季中以冬季平均風速 4.6m/s 最大，各季風速分佈為，冬季（輕風佔 33.7%，和風為 59.3%，強風 7.0%）、春季（輕風 60.2%，和風 39.0%，強風 0.7%）、夏季（輕風 54.1%，和風 45.9%，強風 0.1%）及秋季（輕風 36.3%，和風 52.5%，強風 11.3%）。四季風向型態，以 16 分位分析，主要風向分佈為冬季 NNW（71.2%），春季 NNW（43.2%），夏季 SE（35.2%），秋季 NNW（60.5%），採四象限劃分各季風向分佈為，冬季（N~E 8.9%、E~S 2.1%、S~W 1.0%、W~N 88.0%），春季（N~E 15.6%、E~S 13.0%、S~W 4.9%、W~N 66.4%），夏季（N~E 5.9%、E~S 56.4%、S~W 14.1%、W~N 23.4%），秋季（N~E 10.4%、E~S 5.6%、S~W 3.0%、W~N 81.0%），玫瑰圖如圖 4.10。歷年馬祖港的平均風速為 3.5m/s，主要風力風向為 NNE 方向(25.9%)。四個季節的風速皆在強風以內，合計占比達 99.9% 以上，風力的主要風向為 N~E 與 W~N 方向。

各港區主要測站 2022 年風速及風向重要統計量，整理如表 4-2~4-11 所示。

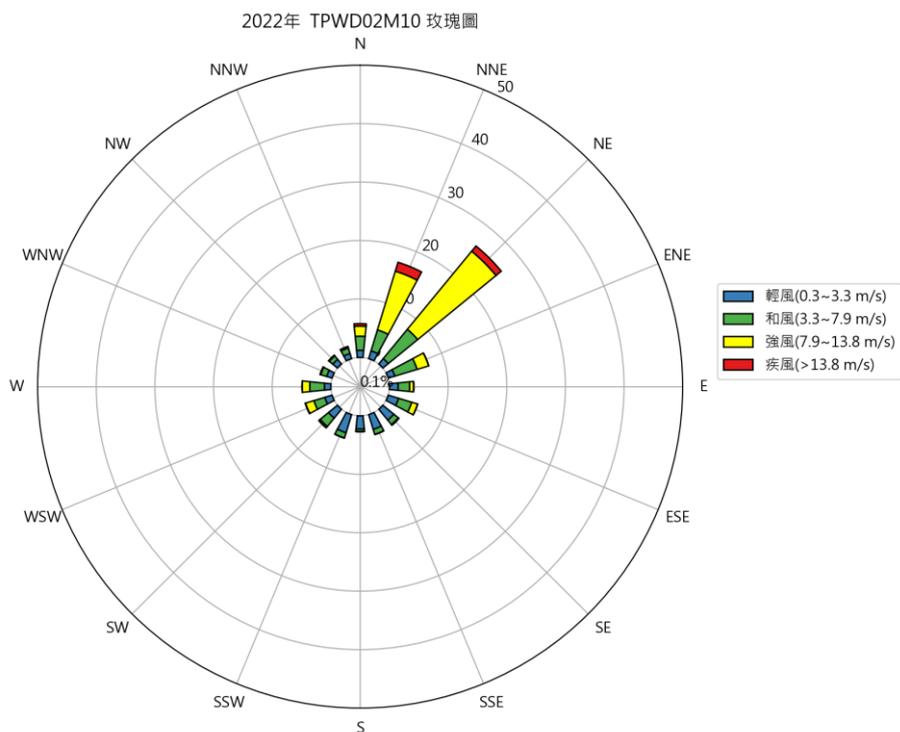


圖 4.1 臺北港 2022 風玫瑰圖

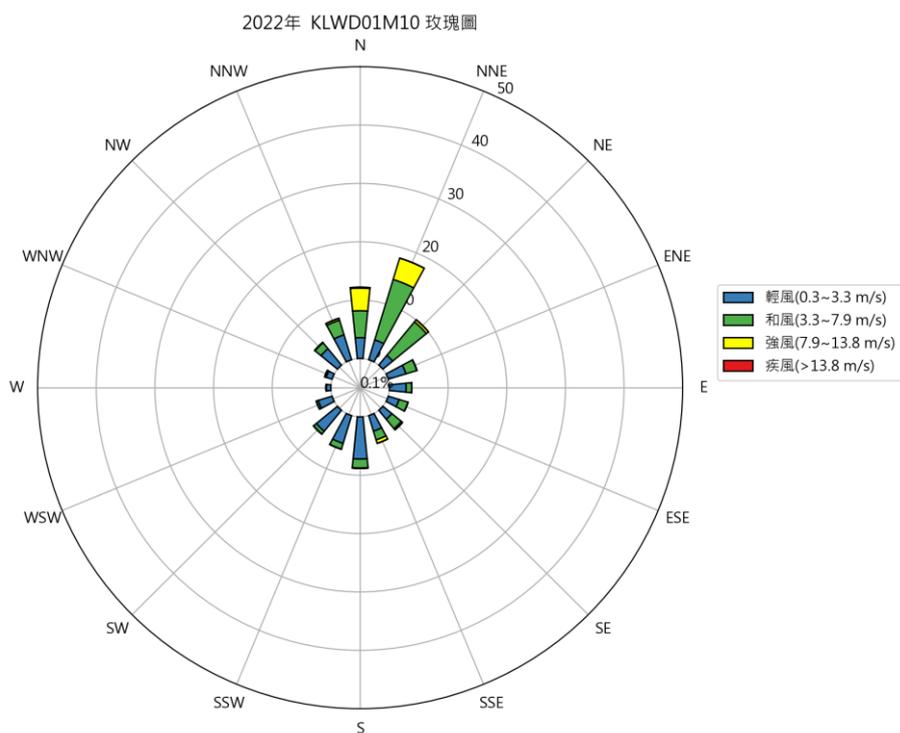


圖 4.2 基隆港 2022 風玫瑰圖

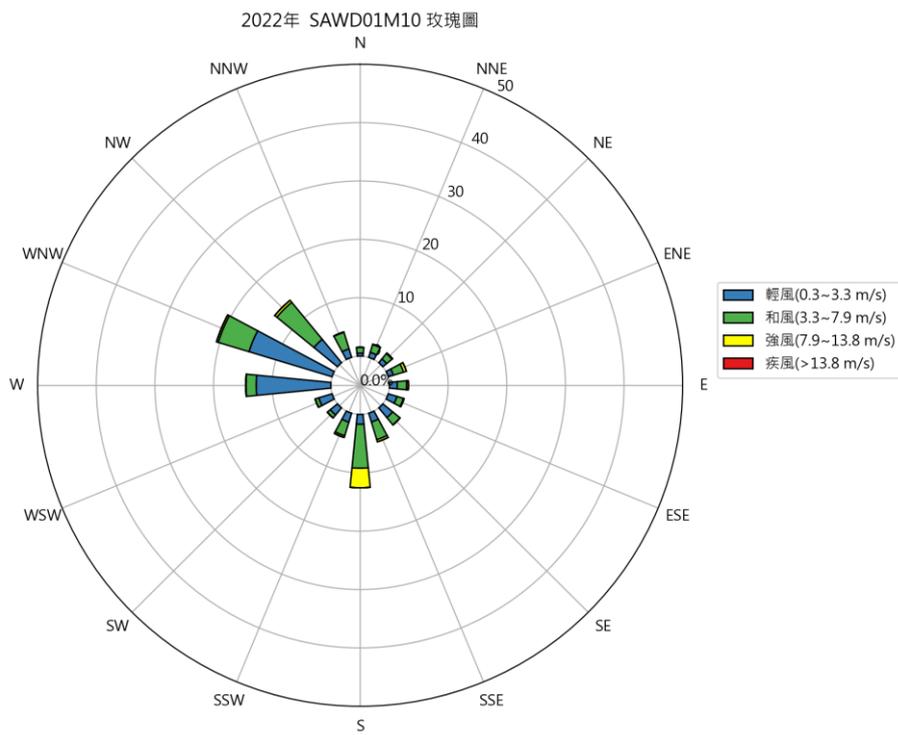


圖 4.3 蘇澳港 2022 風玫瑰圖

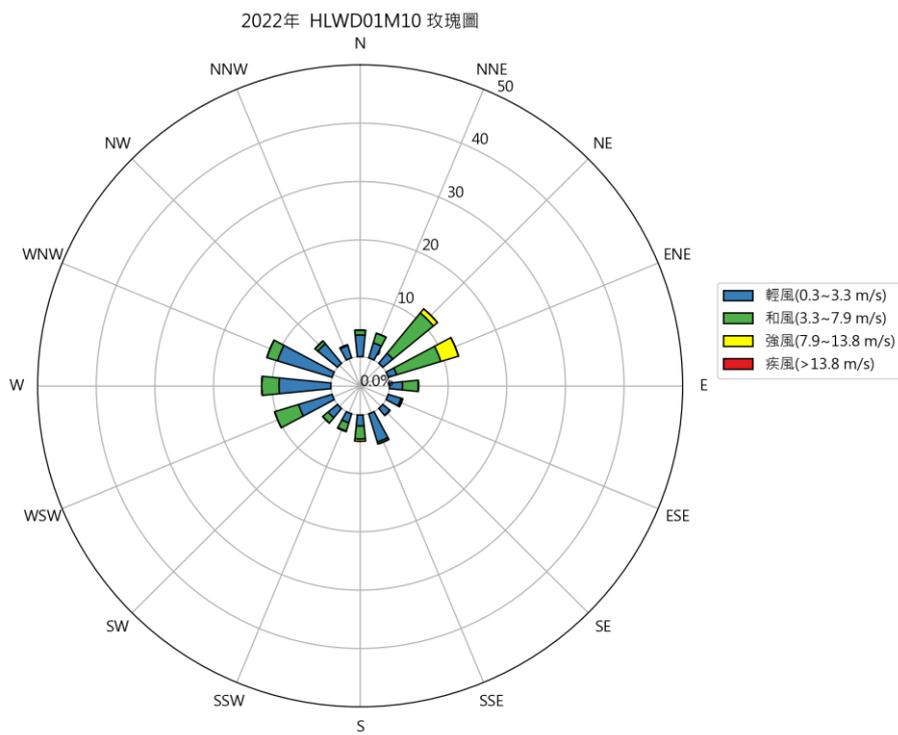


圖 4.4 花蓮港 2022 風玫瑰圖

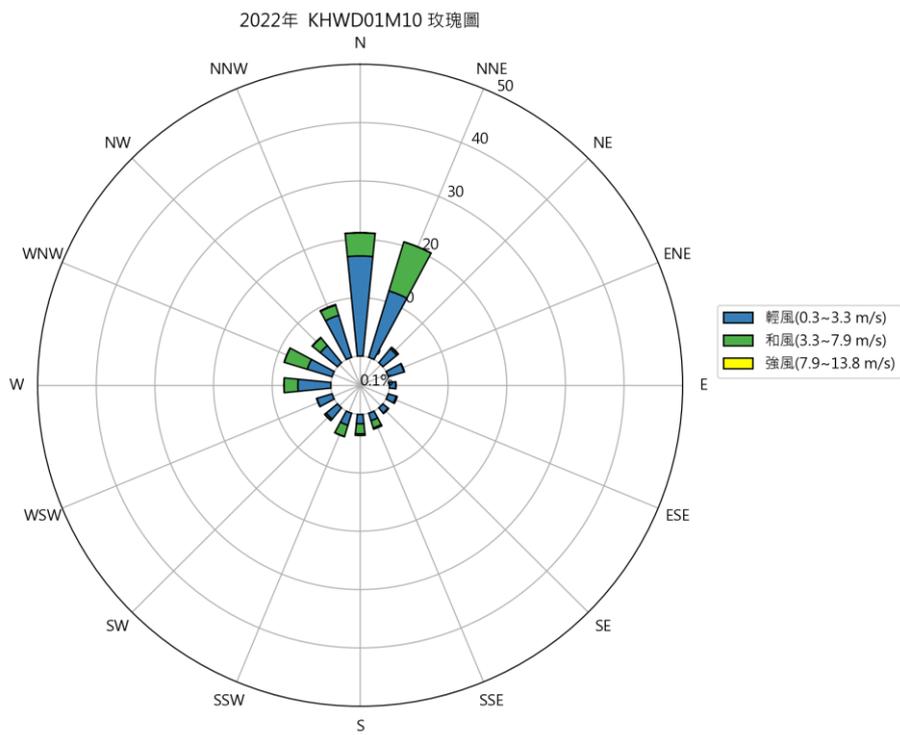


圖 4.5 高雄港 2022 風玫瑰圖

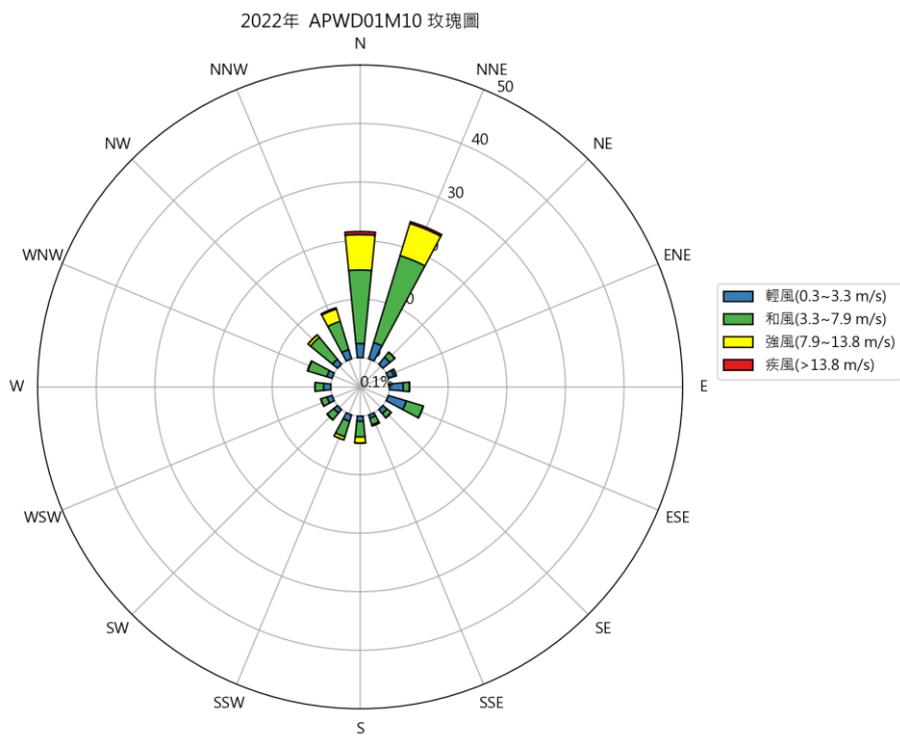


圖 4.6 安平港 2022 風玫瑰圖

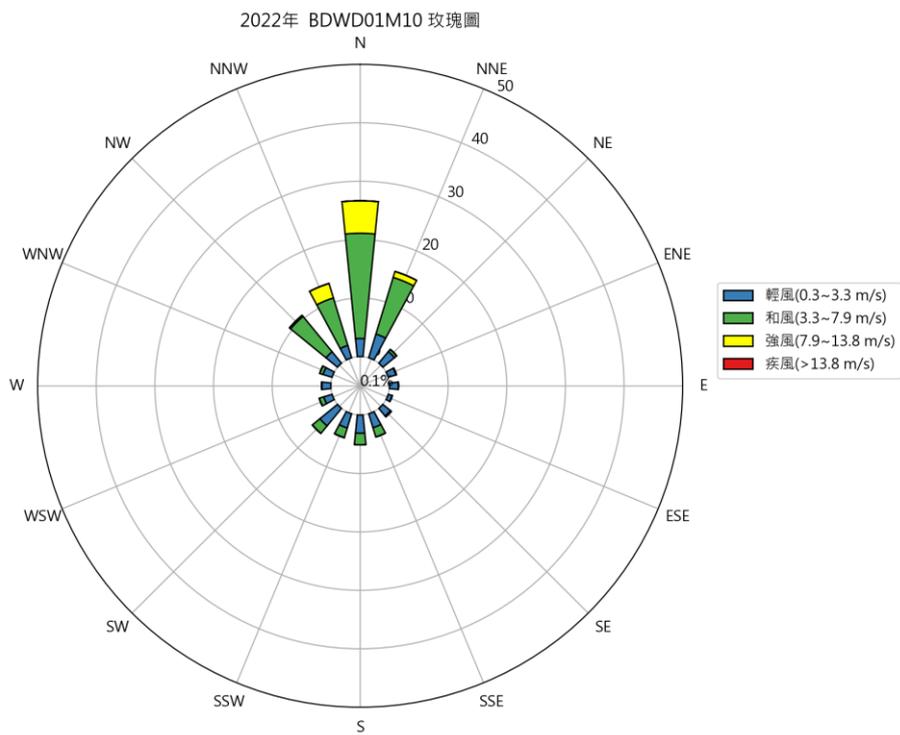


圖 4.7 布袋港 2022 風玫瑰圖

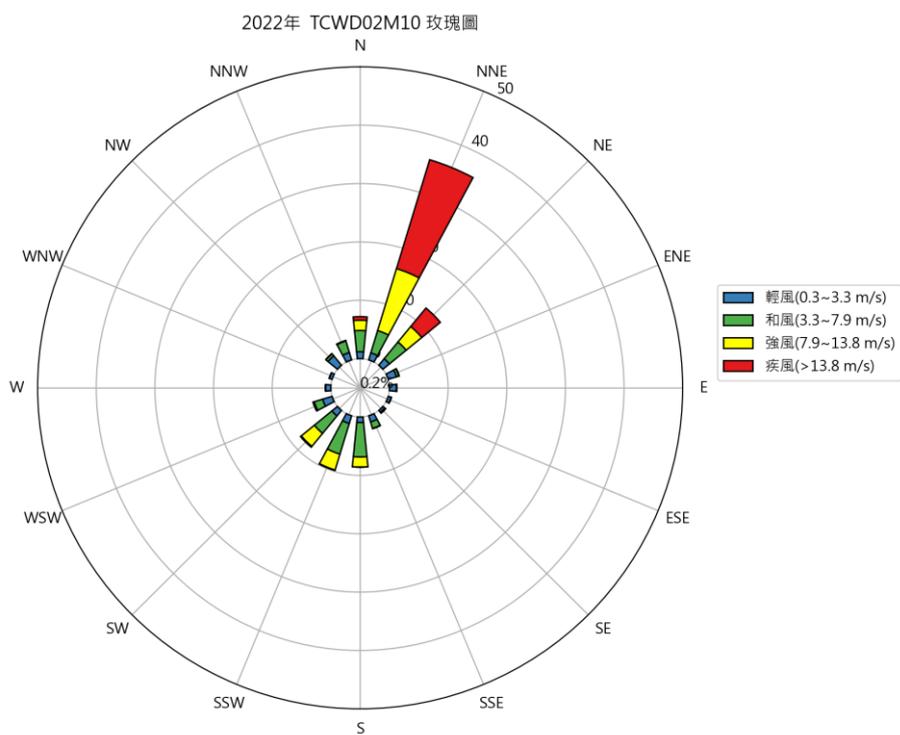


圖 4.8 臺中港 2022 風玫瑰圖

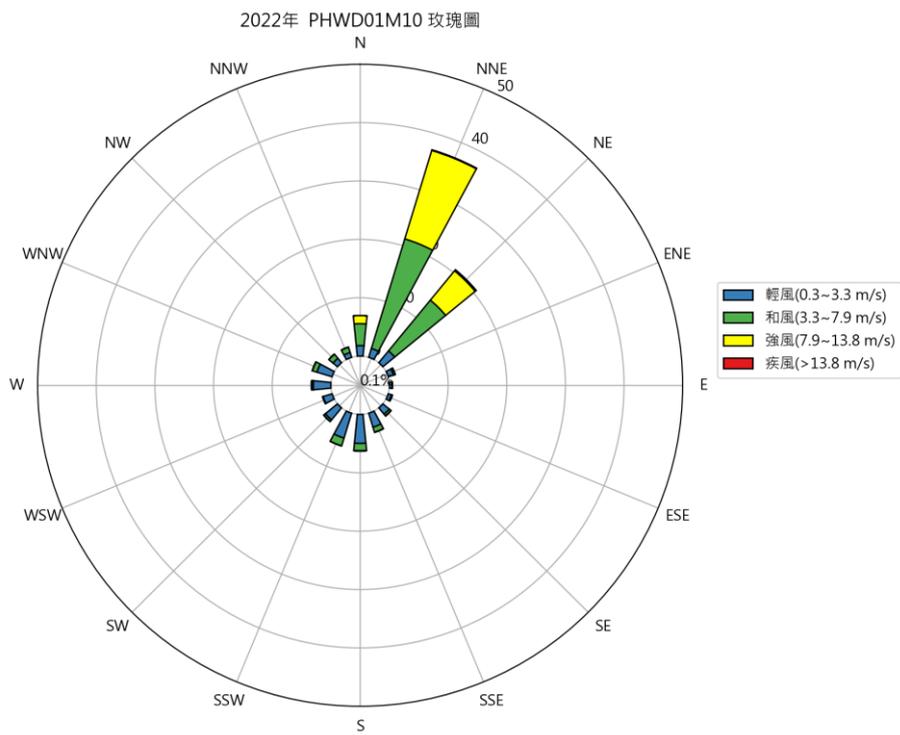


圖 4.9 澎湖港 2022 風玫瑰圖

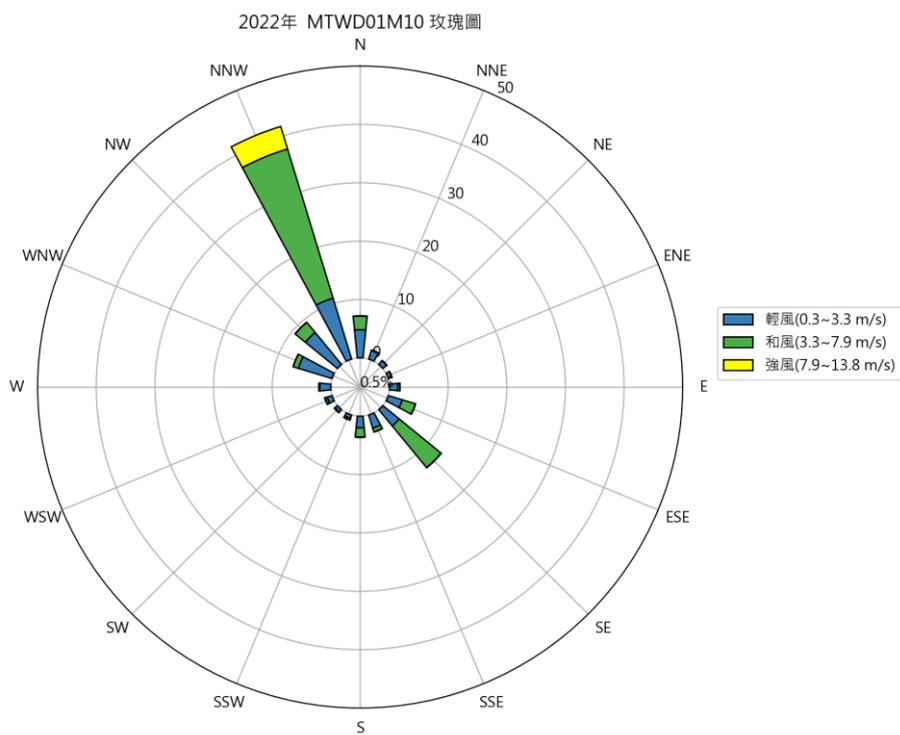


圖 4.10 馬祖港 2022 風玫瑰圖

表 4-2 各港區主要測站 2022 年全年風速重要統計量

商港	測站	位置	平均風速 (m/s)	輕風 < 3.3m/s (%)	和風 ~7.9m/s (%)	強風 ~13.8m/s (%)	疾風 >13.8m/s (%)
臺北港	TPWD02M10	觀測樁	6.7	26.4	33.3	36.9	3.4
基隆港	KLWD01M10	光華塔	4.1	49.3	39.7	10.7	0.3
蘇澳港	SAWD01M10	7 號碼頭	3.8	51.4	42.6	6.0	0.0
花蓮港	HLWD01M10	訊號台	3.5	58.0	37.5	4.5	0.0
高雄港	KHWD01M10	10 號碼頭	2.7	70.3	28.9	0.8	0.0
安平港	APWD01M10	南堤燈塔	5.5	23.8	58.5	16.6	1.1
布袋港	BDWD01M10	港務公司 頂樓	4.5	36.7	53.8	9.5	0.0
臺中港	TCWD02M10	北堤綠燈 塔	9.3	18.9	32.6	24.0	24.5
澎湖港	PHWD01M10	馬公案山	5.4	3.3	42.6	23.7	0.4
馬祖港	MTWD01M10	福澳碼頭	3.7	46.8	48.5	4.7	0.0

表 4-3 各港區主要測站 2022 年冬季風速重要統計量

商港	測站	位置	平均風速 (m/s)	輕風 < 3.3m/s (%)	和風 ~7.9m/s (%)	強風 ~13.8m/s (%)	疾風 >13.8m/s (%)
臺北港	TPWD02M10	觀測樁	8.6	10.0	30.0	53.2	6.9
基隆港	KLWD01M10	光華塔	5.2	31.0	51.8	17.2	0.1
蘇澳港	SAWD01M10	7 號碼頭	3.8	47.3	49.7	2.9	0.0
花蓮港	HLWD01M10	訊號台	3.7	58.1	35.4	6.5	0.1
高雄港	KHWD01M10	10 號碼頭	3.1	60.0	40.0	0.0	0.0
安平港	APWD01M10	南堤燈塔	7.2	5.1	58.3	35.0	1.6
布袋港	BDWD01M10	港務公司 頂樓	6.0	10.6	71.2	18.2	0.0
臺中港	TCWD02M10	北堤綠燈 塔	14.8	5.0	14.1	19.5	61.4
澎湖港	PHWD01M10	馬公案山	7.8	3.2	45.0	51.4	0.4
馬祖港	MTWD01M10	福澳碼頭	4.5	34.5	61.2	4.3	0.0

表 4-4 各港區主要測站 2022 年春季風速重要統計量

商港	測站	位置	平均風速 (m/s)	輕風 < 3.3m/s (%)	和風 ~7.9m/s (%)	強風 ~13.8m/s (%)	疾風 >13.8m/s (%)
臺北港	TPWD02M10	觀測樁	6.3	29.2	36.1	32.4	2.3
基隆港	KLWD01M10	光華塔	3.5	56.4	36.7	6.8	0.1
蘇澳港	SAWD01M10	7 號碼頭	3.4	55.5	41.2	3.3	0.0
花蓮港	HLWD01M10	訊號台	3.3	61.2	35.2	3.6	0.0
高雄港	KHWD01M10	10 號碼頭	2.6	74.7	24.8	0.5	0.0
安平港	APWD01M10	南堤燈塔	5.2	24.9	60.3	14.2	0.5
布袋港	BDWD01M10	港務公司 頂樓	4.4	37.8	54.1	8.0	0.0
臺中港	TCWD02M10	北堤綠燈 塔	10.0	12.7	29.6	31.5	26.3
澎湖港	PHWD01M10	馬公案山	5.2	27.8	55.9	16.2	0.1
馬祖港	MTWD01M10	福澳碼頭	3.1	60.2	39.0	0.7	0.0

表 4-5 各港區主要測站 2022 年夏季風速重要統計量

商港	測站	位置	平均風速 (m/s)	輕風 < 3.3m/s (%)	和風 ~7.9m/s (%)	強風 ~13.8m/s (%)	疾風 >13.8m/s (%)
臺北港	TPWD02M10	觀測樁	4.3	47.7	39.3	12.7	0.3
基隆港	KLWD01M10	光華塔	2.9	72.1	25.2	2.1	0.6
蘇澳港	SAWD01M10	7 號碼頭	3.8	56.6	31.8	11.6	0.0
花蓮港	HLWD01M10	訊號台	3.0	64.1	35.2	0.8	0.0
高雄港	KHWD01M10	10 號碼頭	2.8	70.7	27.5	1.8	0.0
安平港	APWD01M10	南堤燈塔	4.3	24.9	60.3	14.2	0.5
布袋港	BDWD01M10	港務公司 頂樓	3.0	63.5	36.5	0.0	0.0
臺中港	TCWD02M10	北堤綠燈 塔	5.4	30.2	49.0	19.7	1.0
澎湖港	PHWD01M10	馬公案山	2.5	77.3	22.7	0.0	0.0
馬祖港	MTWD01M10	福澳碼頭	3.1	54.1	45.9	0.1	0.0

表 4-6 各港區主要測站 2022 年秋季風速重要統計量

商港	測站	位置	平均風速 (m/s)	輕風 < 3.3m/s (%)	和風 ~7.9m/s (%)	強風 ~13.8m/s (%)	疾風 >13.8m/s (%)
臺北港	TPWD02M10	觀測樁	8.0	16.3	26.4	52.8	4.5
基隆港	KLWD01M10	光華塔	4.7	40.0	43.8	15.7	0.5
蘇澳港	SAWD01M10	7 號碼頭	4.0	45.9	47.7	6.3	0.0
花蓮港	HLWD01M10	訊號台	4.0	47.9	44.1	7.9	0.0
高雄港	KHWD01M10	10 號碼頭	2.6	75.9	23.2	0.8	0.0
安平港	APWD01M10	南堤燈塔	5.2	28.0	58.6	11.1	2.2
布袋港	BDWD01M10	港務公司 頂樓	4.7	34.4	53.6	11.8	0.2
臺中港	TCWD02M10	北堤綠燈 塔	12.3	13.7	20.2	23.5	42.6
澎湖港	PHWD01M10	馬公案山	6.8	15.8	48.7	34.6	0.9
馬祖港	MTWD01M10	福澳碼頭	4.5	36.3	52.5	11.3	0.0

表 4-7 各港區主要測站 2022 年全年風向重要統計量

商港	測站	位置	風向 N~E	風向 E~S	風向 S~W	風向 W~N	主要風向/ 百分比
臺北港	TPWD02M10	觀測樁	56.1	16.2	17.5	10.3	NE/26.1
基隆港	KLWD01M10	光華塔	45.4	19.0	13.5	22.2	NNE/18.1
蘇澳港	SAWD01M10	7 號碼頭	10.4	19.3	20.3	50.0	WNW/20.6
花蓮港	HLWD01M10	訊號台	33.0	15.2	25.4	26.4	ENE/12.5
高雄港	KHWD01M10	10 號碼頭	38.2	8.1	13.3	40.4	N/21.2
安平港	APWD01M10	南堤燈塔	44.2	14.4	12.7	28.7	NNE/24.5
布袋港	BDWD01M10	港務公司 頂樓	38.5	9.9	15.5	36.0	N/26.7
臺中港	TCWD02M10	北堤綠燈 塔	55.9	6.4	28.3	9.5	NNE/35.8
澎湖港	PHWD01M10	馬公案山	66.0	6.5	16.9	10.6	NNE/37.2
馬祖港	MTWD01M10	福澳碼頭	10.2	20.8	6.2	62.8	NNW/41.7

表 4-8 各港區主要測站 2022 年冬季風向重要統計量

商港	測站	位置	風向 N~E	風向 E~S	風向 S~W	風向 W~N	主要風向/ 百分比
臺北港	TPWD02M10	觀測樁	84.5	6.9	3.0	5.6	NE/39.6
基隆港	KLWD01M10	光華塔	66.0	10.8	8.2	15.0	NNE/30.4
蘇澳港	SAWD01M10	7 號碼頭	6.8	10.9	15.9	66.4	WNW/20.0
花蓮港	HLWD01M10	訊號台	45.1	3.8	14.2	36.8	ENE/18.4
高雄港	KHWD01M10	10 號碼頭	68.2	0.5	1.4	29.9	NNE/49.3
安平港	APWD01M10	南堤燈塔	76.2	0.4	0.2	23.2	NNE/45.6
布袋港	BDWD01M10	港務公司 頂樓	62.9	0.8	0.2	36.1	N/52.0
臺中港	TCWD02M10	北堤綠燈 塔	95.4	0.0	0.0	4.6	NNE/75.1
澎湖港	PHWD01M10	馬公案山	99.5	0.3	0.0	0.3	NNE/79.0
馬祖港	MTWD01M10	福澳碼頭	9.5	2.3	1.1	87.1	NNW/72.3

表 4-9 各港區主要測站 2022 年春季風向重要統計量

商港	測站	位置	風向 N~E	風向 E~S	風向 S~W	風向 W~N	主要風向/ 百分比
臺北港	TPWD02M10	觀測樁	58.7	17.5	12.4	11.4	NE/25.5
基隆港	KLWD01M10	光華塔	43.6	18.5	14.2	23.7	NNE/18.5
蘇澳港	SAWD01M10	7 號碼頭	10.1	19.0	27.1	43.9	WNW/18.1
花蓮港	HLWD01M10	訊號台	34.4	11.1	22.9	31.6	ENE/14.3
高雄港	KHWD01M10	10 號碼頭	31.4	8.8	13.3	46.4	N/23.7
安平港	APWD01M10	南堤燈塔	45.1	13.3	10.0	31.7	NNE/25.5
布袋港	BDWD01M10	港務公司 頂樓	39.9	8.0	11.7	40.4	N/24.0
臺中港	TCWD02M10	北堤綠燈 塔	72.7	3.8	17.8	5.8	NNE/54.6
澎湖港	PHWD01M10	馬公案山	76.7	5.8	9.7	7.8	NNE/50.3
馬祖港	MTWD01M10	福澳碼頭	15.6	13.0	4.9	66.4	NNW/43.2

表 4-10 各港區主要測站 2022 年夏季風向重要統計量

商港	測站	位置	風向 N~E	風向 E~S	風向 S~W	風向 W~N	主要風向/ 百分比
臺北港	TPWD02M10	觀測樁	11.7	26.7	45.6	16.0	SSW/13.0
基隆港	KLWD01M10	光華塔	17.8	34.8	26.4	21.0	S/14.3
蘇澳港	SAWD01M10	7 號碼頭	7.5	31.1	27.5	33.9	S/26.7
花蓮港	HLWD01M10	訊號台	11.4	31.7	44.5	12.4	WSW/18.0
高雄港	KHWD01M10	10 號碼頭	21.3	19.2	27.5	31.9	S/9.9
安平港	APWD01M10	南堤燈塔	11.4	34.7	33.9	20.1	ESE/15.5
布袋港	BDWD01M10	港務公司 頂樓	9.6	25.4	44.0	21.0	SW/15.9
臺中港	TCWD02M10	北堤綠燈 塔	10.7	12.9	60.4	16.1	S/19.8
澎湖港	PHWD01M10	馬公案山	9.3	15.9	50.1	24.7	SSW/18.1
馬祖港	MTWD01M10	福澳碼頭	5.9	56.4	14.2	23.4	SE/35.2

表 4-11 各港區主要測站 2022 年秋季風向重要統計量

商港	測站	位置	風向 N~E	風向 E~S	風向 S~W	風向 W~N	主要風向/ 百分比
臺北港	TPWD02M10	觀測樁	73.6	12.6	6.4	7.4	NE/39.7
基隆港	KLWD01M10	光華塔	51.4	13.7	6.8	28.1	N/23.3
蘇澳港	SAWD01M10	7 號碼頭	17.2	16.1	10.4	56.3	WNW/20.1
花蓮港	HLWD01M10	訊號台	45.1	10.9	16.4	27.6	NE/17.9
高雄港	KHWD01M10	10 號碼頭	31.9	3.7	11.2	53.2	N/24.2
安平港	APWD01M10	南堤燈塔	45.0	9.0	6.2	39.7	N/24.9
布袋港	BDWD01M10	港務公司 頂樓	42.3	5.2	5.7	46.7	N/29.8
臺中港	TCWD02M10	北堤綠燈 塔	84.6	2.6	6.7	6.1	NNE/50.5
澎湖港	PHWD01M10	馬公案山	89.1	2.3	2.1	6.5	NE/52.1
馬祖港	MTWD01M10	福澳碼頭	10.4	5.6	3.0	81.0	NNW/60.5

4.2 港區強陣風特性分析

依據蒲福風級分類，強風係指風速達 10.8~13.8m/s，另依據我國職業安全衛生法之相關規定，有遇強風、大雨等惡劣氣候致勞工有墜落危險時，應使勞工停止作業。另外在多數商港平均風力達 7 級以上（疾風）時，亦可要求船舶暫停進出港口。因此，面對極端氣候及港區防災應變需要，傳統以平均風力為主之統計指標已無法即時反映現場風力環境，航港管理單位需要掌握到 10 分鐘之平均風速，甚至於 1 分鐘之平均風速、最大風速及風力變動（如陣風或紊流強度等）情形。

在強風統計部分，本計畫定義之強風係指小時平均風速達 10.8 m/s 以上（採 60 分鐘之逐筆風速資料進行平均），經統計各港最大風力之測站強風延續時間，如表 4-12。由各港強風延時觀察，主要以臺北港、臺中港及澎湖港（龍門尖山碼頭）具有較多強風現象，特別以臺中港強風現象達全年 34% 之時數。

表 4-12 各港區最大風力測站之強風延時 單位：小時

商港	測站	位置	2018	2019	2020	2021	2022
臺北港	TPWD02M10	觀測樁	1114	1484	1147	752*	1151
基隆港	KLWD01M10	光華塔	120	96	60*	91	99
蘇澳港	SAWD01M10	7 號碼頭	67	41	76	67	24
花蓮港	HLWD01M10	訊號台	31	31	41	19*	25
高雄港	KHWD04M10	二港口綠燈塔	52	101	142	155	126
安平港	APWD01M10	南堤燈塔	154	177	207	272	432
布袋港	BDWD01M10	港務公司頂樓	122	68	66	66	157
臺中港	TCWD02M10	北堤綠燈塔	3183	3122	3311	2150*	2836
澎湖港	PHWD02M10	龍門尖山	1391	1080	147*	532*	1220
馬祖港	MTWD01M10	福澳碼頭	-	-	-	-	40

備註：部分測站因系統故障，未取得全年風力統計資料，未具代表性。

從臺北港、臺中港及澎湖港（龍門尖山碼頭）在歷次強風事件延續時間分析，臺北港平均強風延時約為 12.6 小時，澎湖港平均強風延時約為 17.9 小時、臺中港平均強風延時約為 24.9 小時，主要集中在秋冬季之東北季風盛行期間。其中在臺中港近 5 年強風延時，如圖 4.11 所示，其最長延時可達 288 小時，即長達 12 天出現 6 級風。

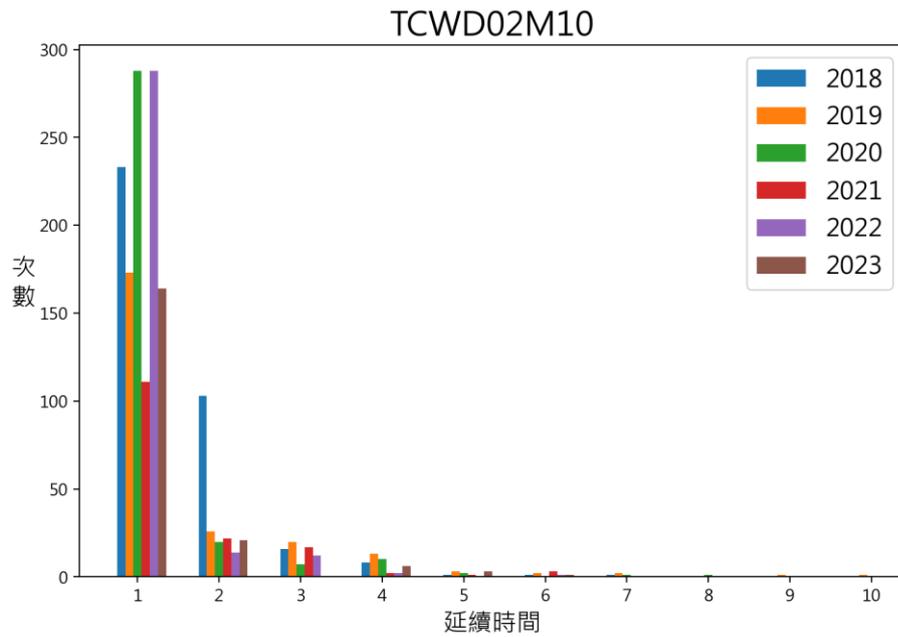


圖 4.11 臺中港強風延時統計圖

一般而言，陣風 (gust) 係指 10 分鐘平均風速與最大瞬間風速之差值，如大於 5m/s，即可定義為陣風現象，而差值在 5~10m/s 可歸屬於小陣風，差值大於 10m/s 則屬於大陣風。本計畫以各港區觀測站所取得之 10 分鐘最大風速及最大風向差值進行陣風發生比例計算，結果如表 4-13。其中以東部港口 (蘇澳、花蓮) 及離島港口 (澎湖、馬祖) 之陣風發生比例最高。一般而言，受到低表粗糙度及鄰近建築物影響，陣風的特性會較為明顯，因此蘇澳、花蓮、澎湖、馬祖等港口，屬於天然港灣，受到港灣及鄰近地形影響，其陣風特性均較其他港口測站明顯，其對於港區內船舶及機具操控影響，須特別留意。

表 4-13 各港區最大風力測站之陣風發生比例 單位：%

商港	測站	位置	2018	2019	2020	2021	2022
臺北港	TPWD02M10	觀測樁	2.17	2.40	5.66	3.20	5.54
基隆港	KLWD01M10	光華塔	1.93	1.88	2.81	4.24	6.08
蘇澳港	SAWD01M10	7 號碼頭	10.54	8.66	10.21	9.85	11.39
花蓮港	HLWD01M10	訊號台	5.31	6.55	8.71	7.07	10.53
高雄港	KHWD04M10	二港口綠 燈塔	0.16	0.21	0.15	0.39	0.32
安平港	APWD01M10	南堤燈塔	0.24	0.38	0.20	0.25	0.42
布袋港	BDWD01M10	港務公司 頂樓	4.36	4.08	3.26	3.51	5.02
臺中港	TCWD02M10	北堤綠燈 塔	2.17	2.41	5.66	3.20	5.55
澎湖港	PHWD01M10	馬公碼頭	19.81	25.59	24.47	20.13	28.72
澎湖港	PHWD02M10	龍門尖山	33.66	32.49	46.49	30.48	42.33
馬祖港	MTWD01M10	福澳碼頭	6.75	9.03	45.57	10.74	14.86

進一步分析各港區同時發生強風及陣風之現象，如表 4-14，仍然可以看出強陣風仍以東部港口（蘇澳、花蓮）及離島港口（澎湖、馬祖）發生比例較高，但值得持續觀察的是布袋港為西部商港發生強陣風較高的港口，未來可再進一步分析。

表 4-14 各港區最大風力測站之強陣風發生比例 單位：%

商港	測站	位置	2018	2019	2020	2021	2022
臺北港	TPWD02M10	觀測樁	1.34	1.67	0.96	1.21	1.87
基隆港	KLWD01M10	光華塔	1.43	1.38	1.94	2.06	4.82
蘇澳港	SAWD01M10	7 號碼頭	5.02	4.48	7.61	5.89	8.07
花蓮港	HLWD01M10	訊號台	4.46	5.91	7.61	4.87	8.49
高雄港	KHWD04M10	二港口綠 燈塔	0.04	0.09	0.11	0.26	0.16
安平港	APWD01M10	南堤燈塔	0.19	0.27	0.16	0.22	0.42
布袋港	BDWD01M10	港務公司 頂樓	3.64	3.72	2.82	3.01	4.66
臺中港	TCWD02M10	北堤綠燈 塔	2.15	2.39	4.94	2.38	4.25
澎湖港	PHWD01M10	馬公碼頭	17.12	13.43	5.29	8.74	24.91
澎湖港	PHWD02M10	龍門尖山	33.47	32.22	7.26	15.38	27.30
馬祖港	MTWD01M10	福澳碼頭	2.47	3.43	2.26	4.78	9.16

目前在臺中港及高雄港建置有較多的風力觀測站（可參考第二章圖 2.3 及圖 2.6），可以觀察從外海至內陸區域之風力消長及強陣風特性，

內陸區域受到地表粗糙度及鄰近建築物影響，其風速變異程度較大，較易產生強陣風現象，未來港區風力測站逐步擴增，可持續觀察各區域之風力消長及變異特性。

表 4-15 臺中港各測站之強陣風發生比例 單位：%

商港	測站	位置	2018	2019	2020	2021	2022
臺中港	TCWD02M10	北堤綠燈塔	2.15	2.39	4.94	2.38	4.25
臺中港	TCWD03M10	防風林	13.06	12.89	19.68	13.74	25.42
臺中港	TCWD07M10	31 號碼頭	--	--	--	16.15	29.88
臺中港	TCWD08M10	工專二	--	--	--	23.14	31.35

表 4-16 高雄港各測站之強陣風發生比例 單位：%

商港	測站	位置	2018	2019	2020	2021	2022
高雄港	KHWD04M10	二港口綠燈塔	0.04	0.09	0.11	0.26	0.16
高雄港	KHWD01M10	10 號碼頭	0.47	0.46	0.73	0.67	1.79
高雄港	KHWD05M10	第六貨櫃港警大樓	--	--	0.62	0.94	0.93
高雄港	KHWD06M10	76-77 碼頭	--	--	0.23	0.45	0.54
高雄港	KHWD07M10	63-64 碼頭	--	--	0.14	0.67	0.40

4.3 港區颱風分析

本計畫蒐集 2022 年及 2023 年中央氣象署有發警報之颱風列表如表 4-17，共有 9 個颱風。經分析各個颱風對於商港影響，如表 4-18，以杜蘇芮(DOKSURI)及小犬(KOINU)颱風影響最大，其最大平均風力可達 30m/s 以上，其最大陣風可達 40 m/s 以上。其中臺中港及澎湖港為受到颱風影響最顯著之區域。以下將針對幾個對商港具有較大影響之颱風進行分析討論。

表 4-17 近 2 年有發警報颱風列表

年份	颱風編號	颱風名稱	侵臺路徑分類	警報期間	近臺強度	近臺最低氣壓 (hPa)	近臺最大風速 (m/s)	近臺 7 級風暴風半徑 (km)	近臺 10 級風暴風半徑 (km)	警報發布報數
2022	202211	軒嵐諾 (HINNAMNOR)	6	2022-09-02 08:30 2022-09-04 20:30	強烈	915	55	300	100	21
2022	202212	梅花 (MUIFA)	---	2022-09-11 08:30 2022-09-13 17:30	中度	945	43	150	50	20
2022	202220	尼莎 (NESAT)	---	2022-10-15 16:00 2022-10-16 20:30	中度	970	33	200	70	11
2023	202302	瑪娃 (MAWAR)	---	2023-05-29 20:30 2023-05-31 17:30	中度	945	43	300	100	16
2023	202305	杜蘇芮 (DOKSURI)	7	2023-07-24 20:30 2023-07-28 17:30	中度	935	48	300	100	32
2023	202306	卡努 (KHANUN)	特殊	2023-08-01 20:30 2023-08-04 11:30	中度	930	48	280	100	22
2023	202309	蘇拉	---	2023-08-28 23:30	強烈	915	53	200	80	22

年份	颱風編號	颱風名稱	侵臺路徑分類	警報期間	近臺強度	近臺最低氣壓(hPa)	近臺最大風速(m/s)	近臺7級風暴風半徑(km)	近臺10級風暴風半徑(km)	警報發布報數
		(SAOLA)		2023-08-31 14:30						
2023	202311	海葵 (HAIKUI)	4	2023-09-01 20:30 2023-09-05 08:30	中度	945	43	180	60	29
2023	202314	小犬 (KOINU)	4	2023-10-02 23:30 2023-10-06 11:30	中度	930	48	250	90	29

備註：如顯示 --- 則表示未侵臺

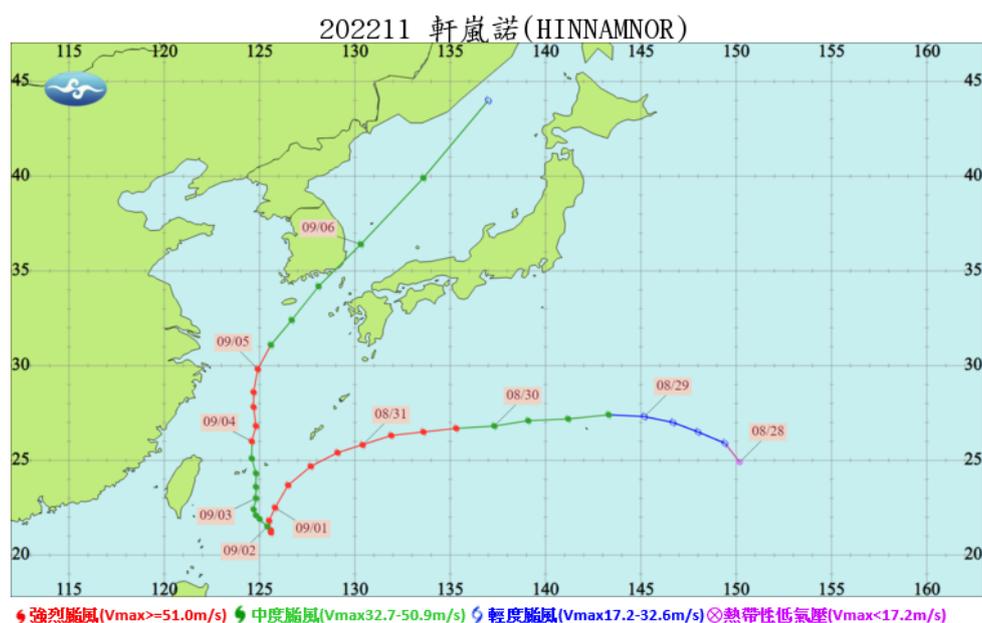
資料來源：中央氣象署颱風資料庫

表 4-18 颱風期間最大風力測站

颱風名稱	最大平均風力測站	最大平均風力	最大陣風	最大平均風力超過7級風之測站
軒嵐諾 (HINNAMNOR)	TCWD02M10	24.64	28.83	APWD01M10 KHWD04M10 TCWD02M10 TCWD07M10 TPWD02M10 TPWD03M10
梅花(MUIFA)	TCWD02M10	19.52	24.05	TCWD02M10 KHWD04M10
尼莎(NESAT)	TCWD02M10	26.20	33.49	PHWD02M10 TCWD02M10 TCWD07M10
瑪娃(MAWAR)	TCWD02M10	25.80	31.28	APWD01M10 KHWD04M10 TCWD02M10 TCWD14M10
杜蘇芮 (DOKSURI)	PHWD02M10	30.34	47.44	APWD01M10 BDWD01M10 BDWD02M10 KHWD04M10 KHWD08M10 PHWD01M10 PHWD02M10 SAWD01M10 SAWD04M10
卡努(KHANUN)	APWD04M10	18.75	23.72	APWD01M10 APWD04M10 KHWD04M10 KHWD08M10 TPWD03M10
蘇拉(SAOLA)	TCWD02M10	16.67	20.69	--
海葵(HAIKUI)	KHWD04M10	28.21	38.51	APWD04M10 APWD01M10 KHWD04M10 KHWD07M10 KHWD08M10 PHWD01M10 PHWD02M10 SAWD01M10 TCWD02M10 TCWD14M10
小犬(KOINU)	TCWD02M10	32.11	40.54	APWD01M10 APWD04M10 BDWD01M10 KHWD04M10 KHWD08M10

颱風名稱	最大平均風力 測站	最大平均 風力	最大陣風	最大平均風力超過 7 級風之測站
				MTWD09M10 MTWD10M10 PHWD01M10 PHWD02M10 TCWD02M10 TCWD03M10 TCWD07M10 TCWD08M10 TCWD14M10

軒嵐諾 (HINNAMNOR) 颱風，於 2022 年 8 月 28 日 14 時於日本東南方海面生成，9 月 2 日持續向西南移動，朝臺灣東南方海域接近，於同日 8 時 30 分發布海上颱風警報，9 月 3 日 2 時 30 分發布陸上颱風警報。3 日深夜颱風於臺灣東方海域北上，其暴風圈掠過臺灣東北部陸地後，9 月 4 日 20 時 30 分解除海上颱風警報，路徑如圖 4.12。觀察對商港之影響，以超過 7 級風的測站有 APWD01M10、KHWD04M10、TCWD02M10、TCWD07M10、TPWD02M10、TPWD03M10，包括安平港、高雄港、臺中港及臺北港，颱風 9 月 4 日逐步遠離臺灣本島時，安平港、高雄港、臺中港之風力逐漸減弱，而臺北港風力則稍微增強。其風力觀測歷線圖，如圖 4.13。



圖片來源：中央氣象署

圖 4.12 軒嵐諾颱風路徑圖

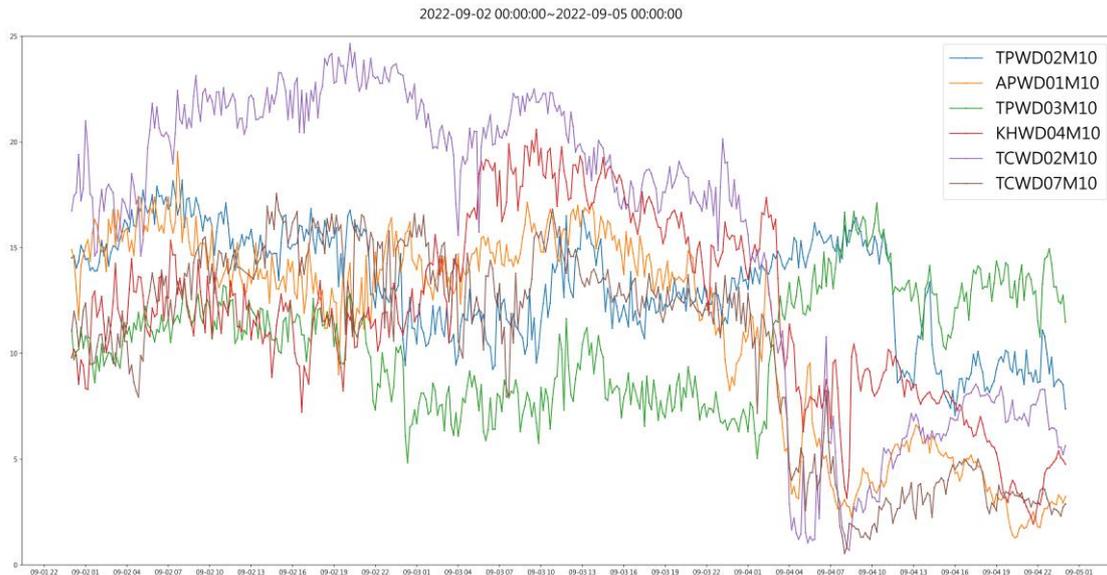
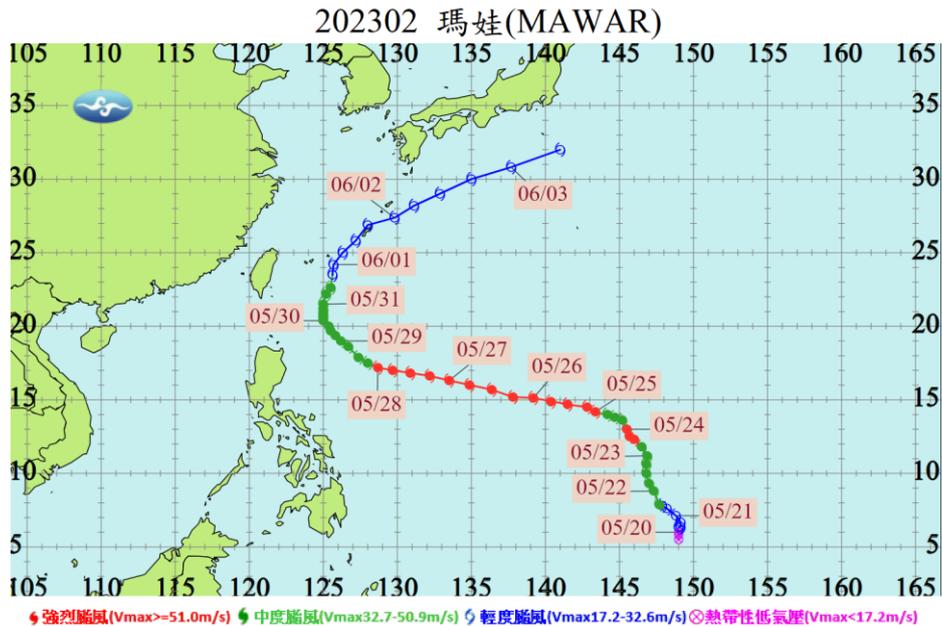


圖 4.13 軒嵐諾颱風之商港主要測站風力歷線圖

尼莎 (NESAT) 颱風，2022 年 10 月 15 日 14 時於臺灣東南方海面生成，向西移動朝巴士海峽接近，對巴士海峽構成威脅，於同日 16 時發布海上颱風警報。16 日 8 時颱風暴風圈進入巴士海峽，同日 20 時 30 分解除海上颱風警報。該颱風對商港並無顯著影響，惟該期間受到東北季風影響，在臺中港、澎湖港及馬祖港則經常出現 7 級以上強風。

瑪娃 (MAWAR) 颱風，2023 年 5 月 20 日 14 時於關島東南方海面生成，5 月 29 日向西北轉北北西移動，朝巴士海峽及臺灣東南部海面接近，同日 20 時 30 分發布海上颱風警報。31 日 11 時暴風圈掠過臺灣東南部近海，同日 17 時 30 分解除海上颱風警報，路徑如圖 4.14。觀察對商港之影響，以超過 7 級風的測站有 APWD01M10、KHWD04M10、TCWD02M10、TCWD14M10，包括安平港、高雄港、臺中港，颱風 5 月 31 日最靠近臺灣本島，在臺中港可觀測到超過 7 級以上強風，颱風 6 月 1 日開始遠離臺灣本島時，安平港、高雄港風力則稍微增強。其風力觀測歷線圖，如圖 4.15。



圖片來源：中央氣象署

圖 4.14 瑪娃颱風路徑圖

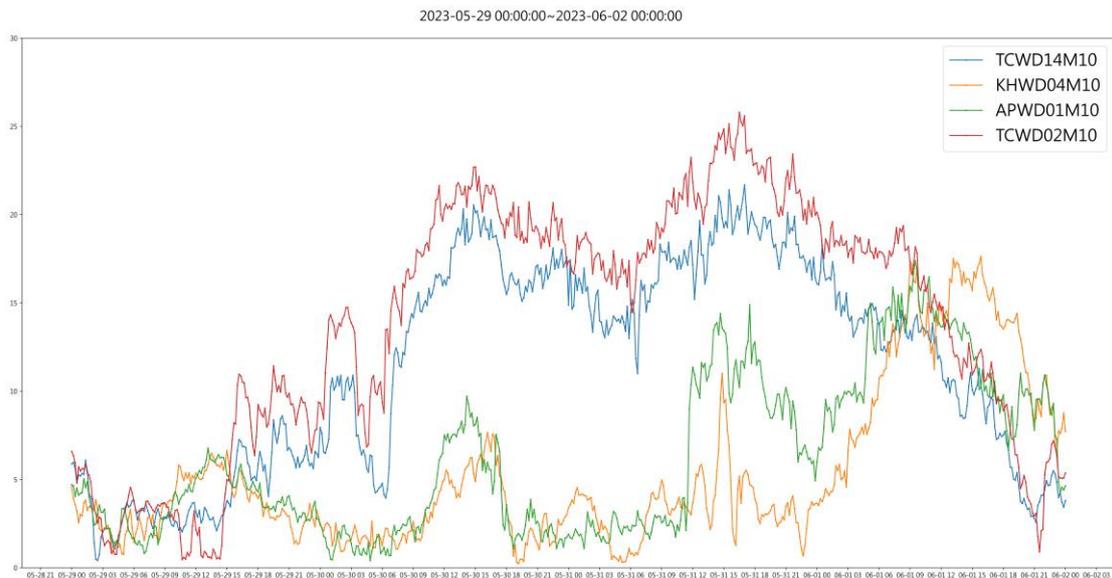
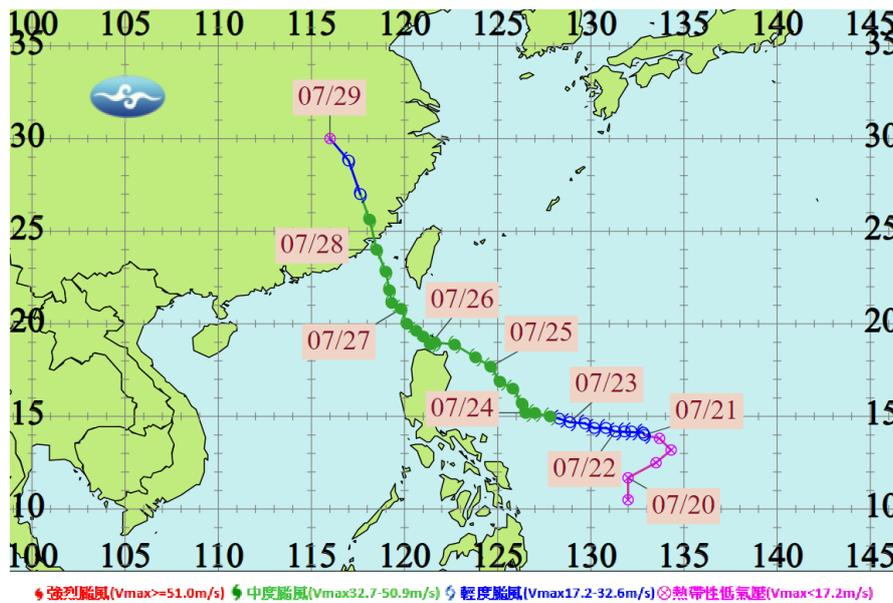


圖 4.15 瑪娃颱風之商港主要測站風力歷線圖

杜蘇芮(DOKSURI)颱風，2023年7月21日8時於關島西南方海面生成，7月24日向西北轉北北西移動，朝巴士海峽海面接近，同日20時30發布海上颱風警報。25日14時30分暴風圈已進入巴士海峽，對屏東及恆春半島將構成威脅，發布陸上颱風警報。27至28日颱風自臺灣海峽北上，中心於10時在金門東方近海登陸福建省，同日17時30分解除海上陸上颱風警報，路徑如圖4.16。觀察對商港之影響，以超過7級風的測站有

APWD01M10、BDWD01M10、BDWD02M10、KHWD04M10、KHWD08M10、PHWD01M10、PHWD02M10、SAWD01M10、SAWD04M10，包括安平港、布袋港、高雄港、澎湖港及蘇澳港，該颱風 7 月 28 日最靠近臺灣本島，在安平港、布袋港、高雄港、澎湖港可觀測到超過 7 級以上強風，對於中南部港口影響最大，特別在澎湖港有觀測到 47.44m/s 最大陣風。其風力觀測歷線圖，如圖 4.17。

202305 杜蘇芮(DOKSURI)



圖片來源：中央氣象署

圖 4.16 杜蘇芮颱風路徑圖

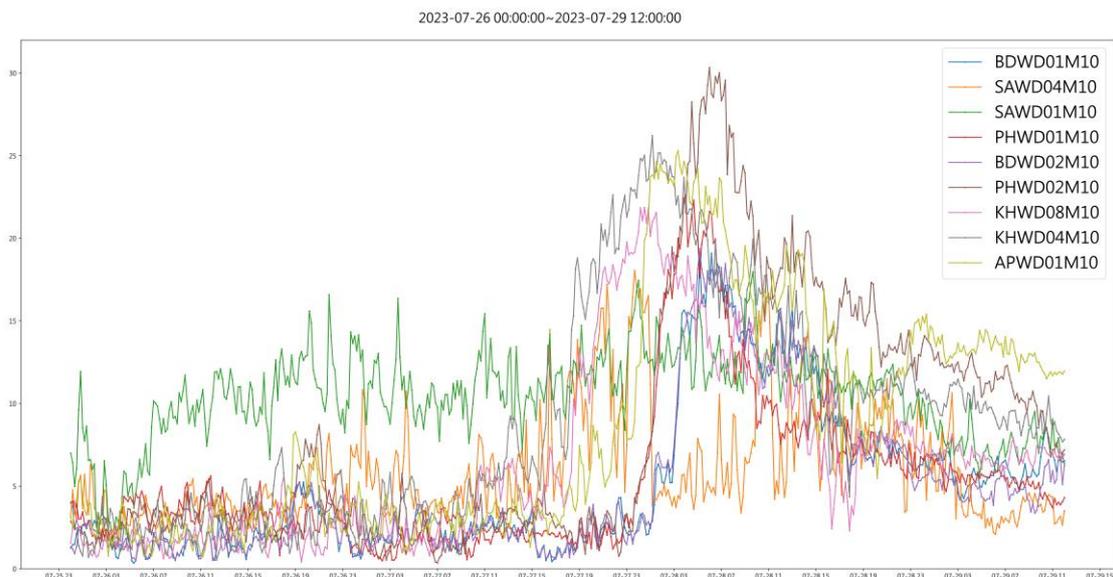
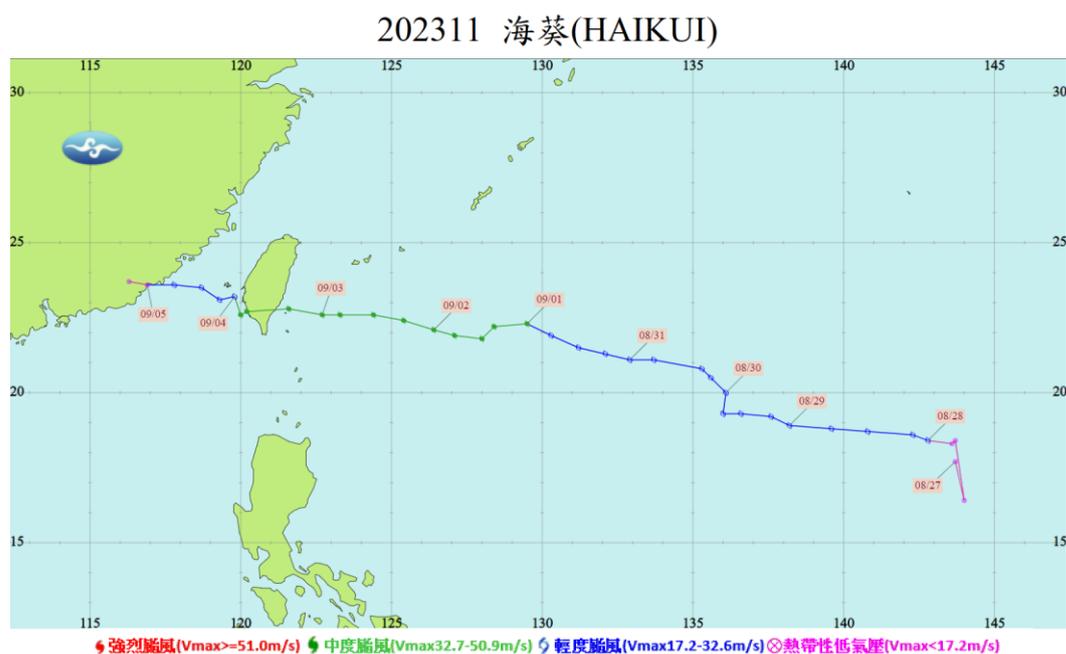


圖 4.17 杜蘇芮颱風之商港主要測站風力歷線圖

海葵(HAIKUI)颱風，2023 年 8 月 28 日 8 時於關島西北方海面生成後，向西北西朝臺灣東方海面接近，1 日 20 時 30 發布海上颱風警報。2 日 11 時 30 分暴風圈逐漸接近臺灣東方海面，對東半部構成威脅，發布陸上颱風警報。3 日 15 時 40 分於颱風中心於臺東縣東河鄉登陸，同日 20 時於高雄市梓官區出海。出海後於高雄沿海滯留打轉，4 日 4 時左右於高雄市左營區第 2 次登陸。5 日持續朝西往中國閩粵交界沿海登陸，於 5 時 30 分解除陸上颱風警報，8 時減弱為熱帶性低氣壓，並於 8 時 30 時解除海上颱風警報，路徑如圖 4.18。觀察對商港之影響，以超過 7 級風的測站有 APWD01M10、APWD04M10、KHWD04M10、KHWD07M10、KHWD08M10、PHWD01M10、PHWD02M10、SAWD01M10、TCWD02M10、TCWD14M10，包括安平港、高雄港、澎湖港、蘇澳港及臺中港可觀測到超過 7 級以上強風，該颱風 9 月 3 日開始影響商港，初期可在臺中港及澎湖港觀測到 7 級以上強風，颱風穿越臺灣時則在安平港、布袋港、高雄港有持續性的影響。其風力觀測歷線圖，如圖 4.19。



圖片來源：中央氣象署

圖 4.18 海葵颱風路徑圖

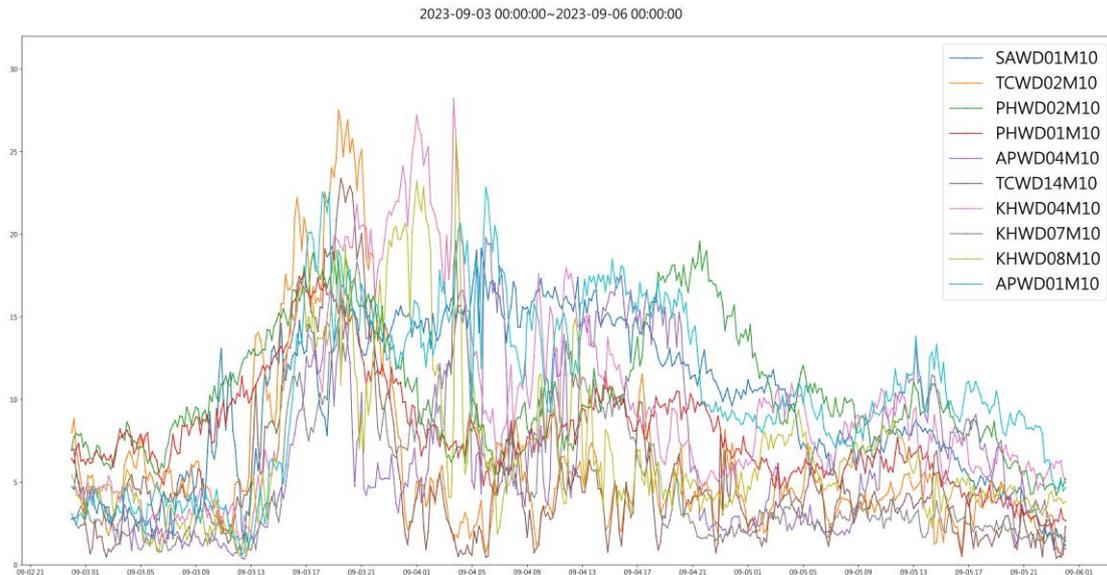
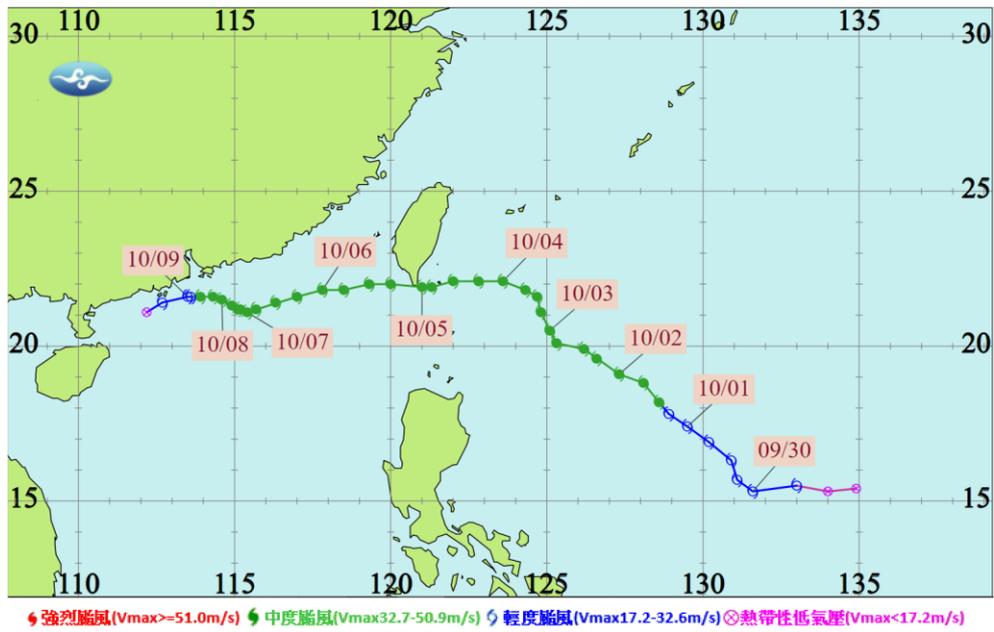


圖 4.19 海葵颱風之商港主要測站風力歷線圖

小犬(KOINU)颱風，2023年9月30日2時於關島西方海面生成後，向西北西朝臺灣東方海面接近，10月2日23時30發布海上颱風警報。3日11時30分暴風圈逐漸接近臺灣東方海面，對花蓮、臺東、屏東、恆春半島構成威脅，發布陸上颱風警報。5日8時20分颱風中心掠過屏東鵝鑾鼻。6日2時颱風中心於鵝鑾鼻西方250公里海面上持續西行，解除陸上颱風警報，同日11時30時解除海上颱風警報，路徑如圖4.20，中央氣象署在蘭嶼亦觀測到95.2m/s之最大陣風。觀察對商港之影響，以超過7級風的測站有APWD01M10、APWD04M10、BDWD01M10、KHWD04M10、KHWD08M10、MTWD10M10、PHWD01M10、PHWD02M10、TCWD02M10、TCWD03M10、TCWD07M10、TCWD08M10、TCWD14M10，包括安平港、布袋港、高雄港、馬祖港、澎湖港、臺中港均可觀測到超過7級以上強風，特別在臺中港有觀測到40.54m/s最大陣風。其風力觀測歷線圖，如圖4.21。

202314 小犬(KOINU)



圖片來源：中央氣象署

圖 4.20 小犬颱風路徑圖

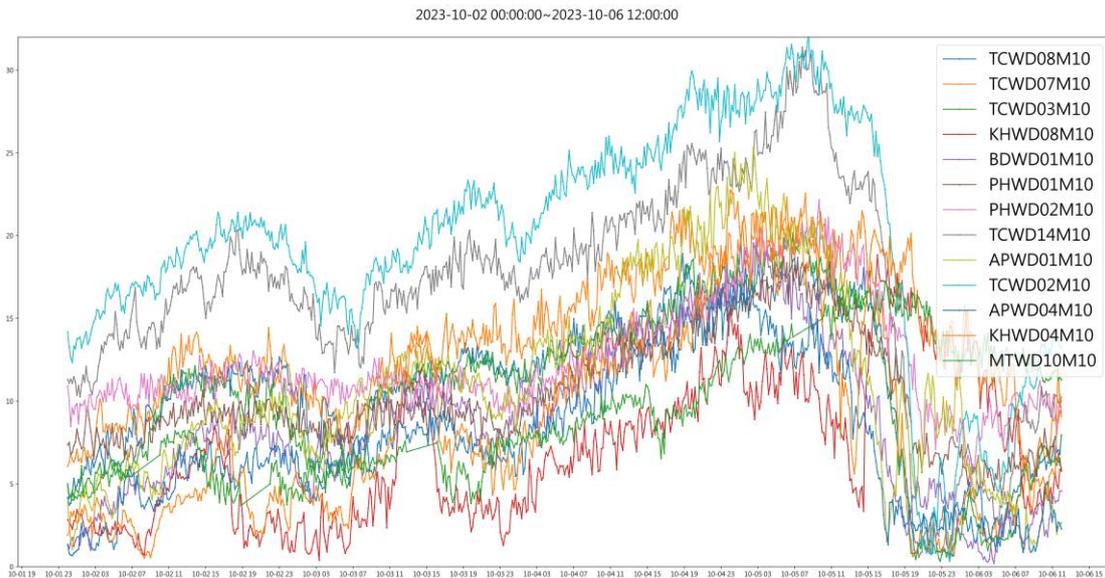


圖 4.21 小犬颱風之商港主要測站風力歷線圖

從近 2 年影響商港較大的颱風，主要為杜蘇芮颱風、海葵颱風及小犬颱風，其中颱風熱帶氣旋帶來較為劇烈之風速及風向擾動，有明顯的強陣風現象，本計畫為進一步探討其風速擾動現象，利用颱風期間之逐秒觀測資料進行每分鐘紊流強度之分析。

紊流強度(longitudinal turbulence intensity)定義為在某一高度量測之主流向風速擾動速度之均方根值與同一位置量測之主流向平均風速之比值，亦即：

$$TI_u(z) = \frac{\sqrt{u(z)^2}}{\bar{U}(z)}$$

其中：

$TI_u(z)$ ：某一高度紊流強度

$u(z)$ ：某一高度量測之主流向風速擾動速度

$\bar{U}(z)$ ：同一位置量測之主流向平均風速

紊流強度係代表風場流速擾動大小的強弱(即紊流動能大小)之一種指標。其與地表粗糙度，以及距地面高度及大氣穩定度有關；一般而言，隨大氣不穩定及地表粗糙度之增加而變大。

杜蘇芮(DOKSURI)颱風從前述風力歷線圖可觀察到對商港影響最大的期間落在 2023 年 7 月 27 日至 7 月 28 日期間，經分析高雄港及澎湖港主要測站紊流強度，如圖 4.22 及圖 4.23，可以看出高雄港在颱風期間的強風發生之主要風向在東風及東南風，澎湖港強風發生之主要風向在東風及南風，各測站紊流強度約在 0.15~0.35 區間。

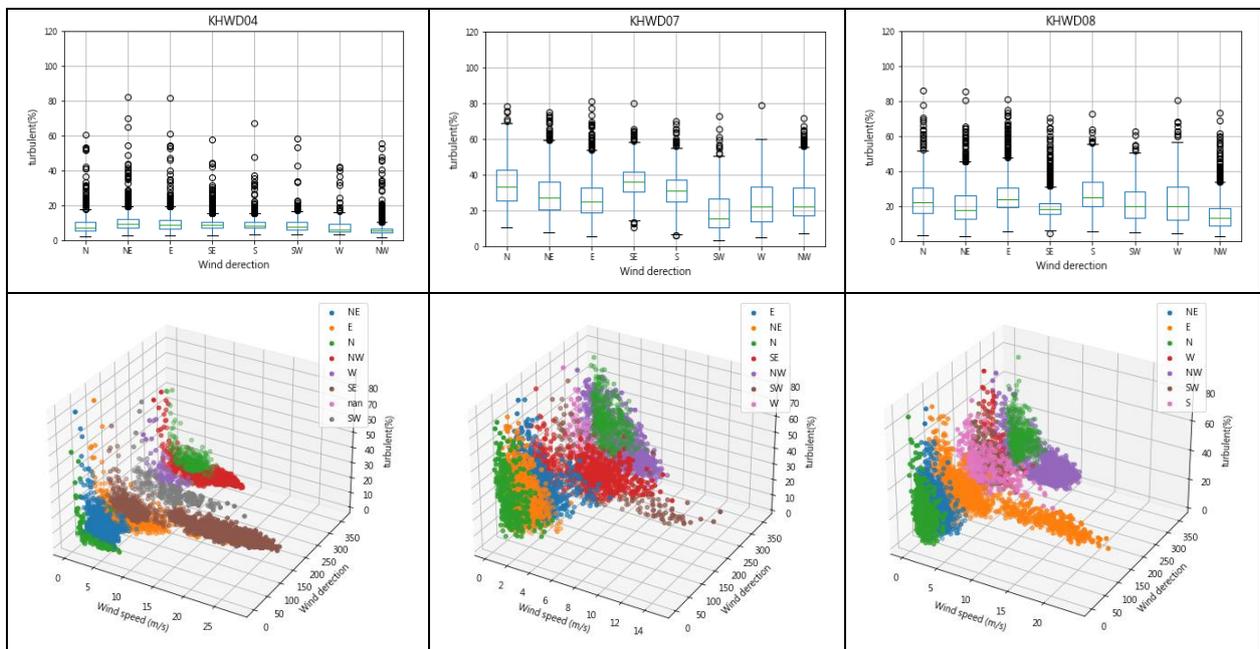


圖 4.22 杜蘇芮颱風期間高雄港主要測站風力紊流強度分析圖

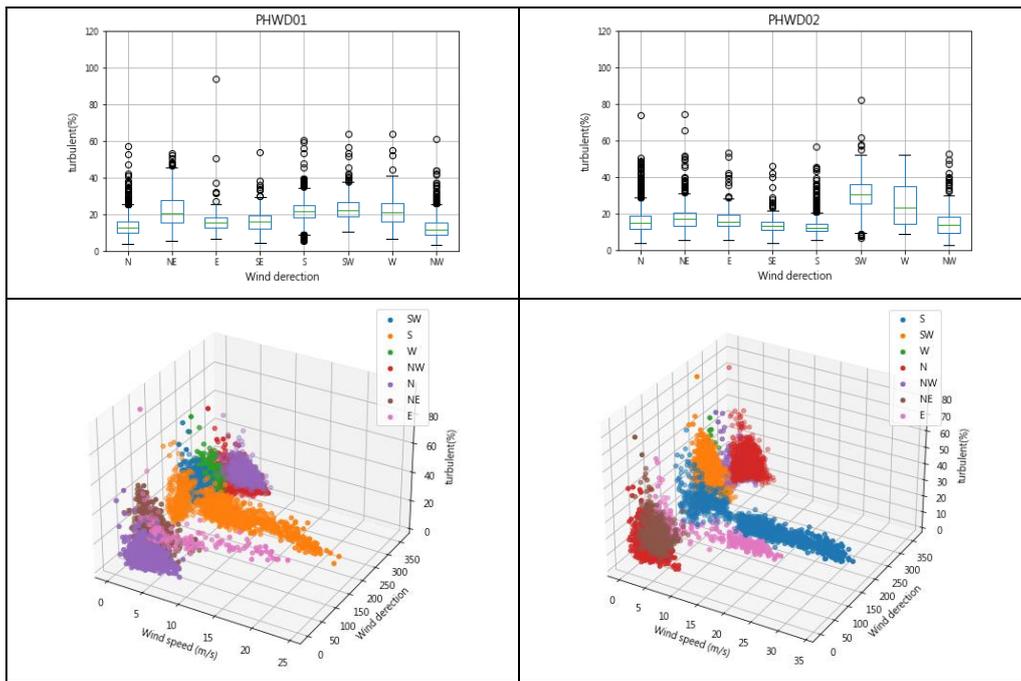


圖 4.23 杜蘇芮颱風期間澎湖港主要測站風力紊流強度分析圖

海葵(HAIKUI)颱風從前述風力歷線圖可觀察到對商港影響最大的期間落在 2023 年 9 月 3 日至 9 月 5 日期間，經分析高雄港及澎湖港主要測站紊流強度，如圖 4.24 及圖 4.25，可以看出高雄港在颱風期間的強風主要風向在東南至西南風，澎湖港強風之主要風向在東北風及北風，高雄港各測站紊流強度約在 0.15~0.40 區間，其中以高雄港一港口(KHWD08)及前鎮區(KHWD07)之紊流強度較高，另澎湖港紊流強度約在 0.2 以下。

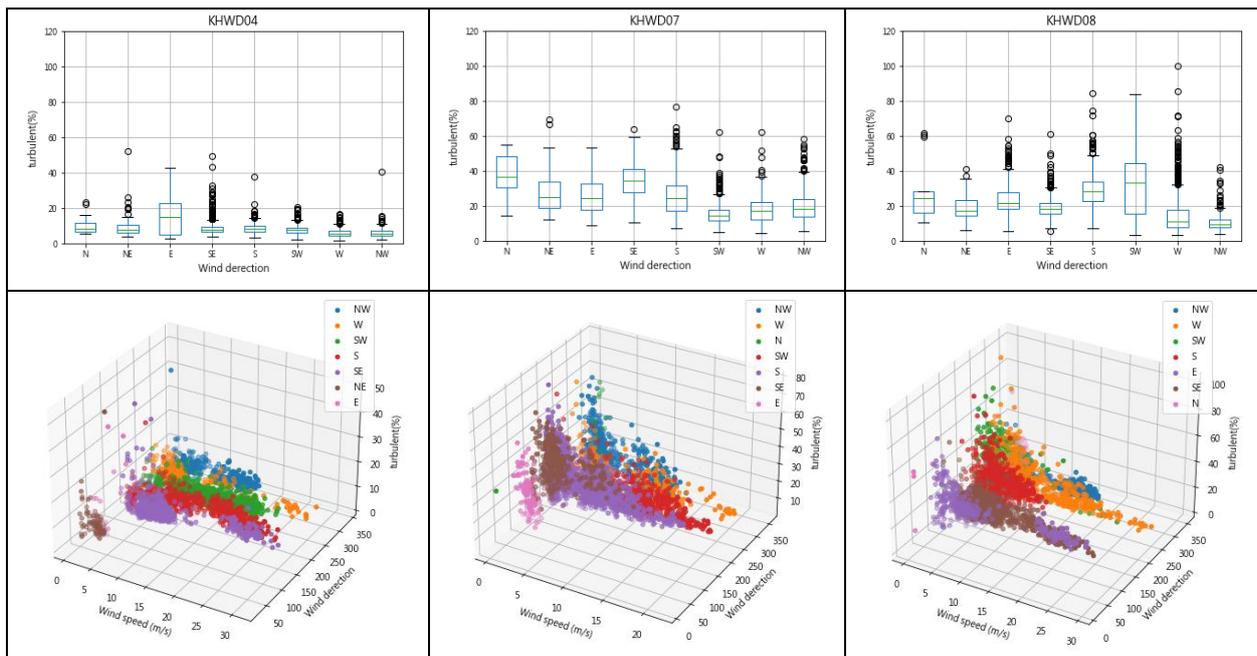


圖 4.24 海葵颱風期間高雄港主要測站風力紊流強度分析圖

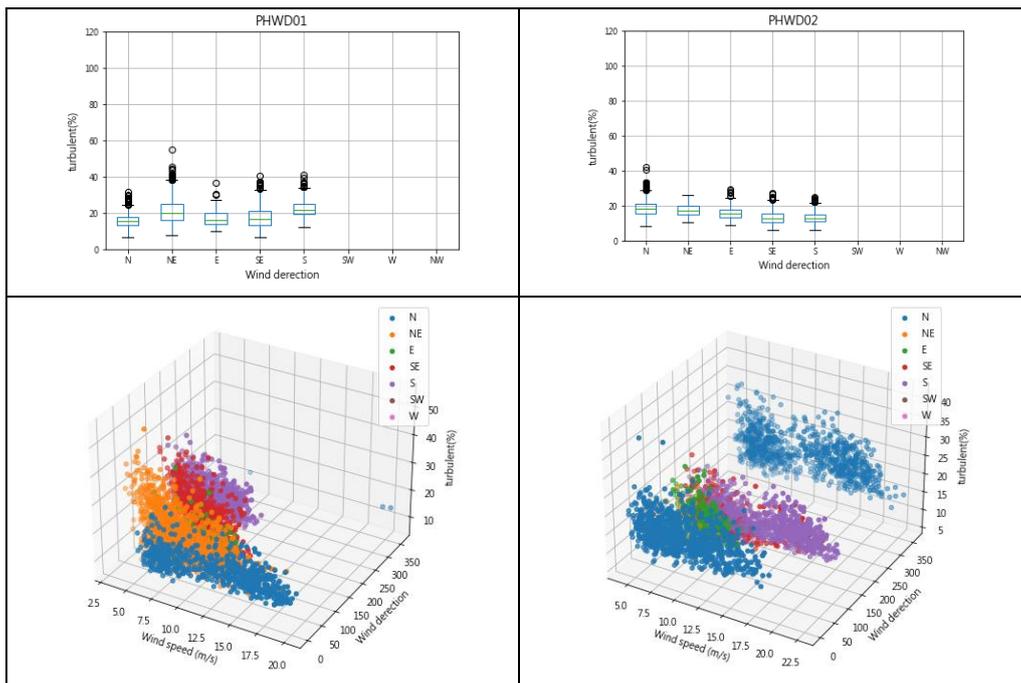


圖 4.25 海葵颱風期間澎湖港主要測站風力紊流強度分析圖

小犬(KOINU)颱風從前述風力歷線圖可觀察到對商港影響最大的期間落在 2023 年 10 月 4 日至 10 月 6 日期間，經分析高雄港、澎湖港及臺中港主要測站紊流強度，如圖 4.26、圖 4.27 及圖 4.28，可以看出高雄港在颱風期間的強風主要風向在北風至東南風等 2 個不同方位，澎湖港強風之主要風向在北風及東北風，臺中港強風之主要風向在北風及東北風，高雄港各測站紊流強度約在 0.15~0.40 區間，其中以高雄港一港口(KHWD08)及前鎮區(KHWD07)之紊流強度較高，澎湖港紊流強度約在 0.2 以下，臺中港外港區(TCWD02、TCWD07)在主要風向之紊流強度約在 0.2 以下，至內港區(TCWD15)則會增大至 0.35 左右，紊流強度越往內陸則增加。

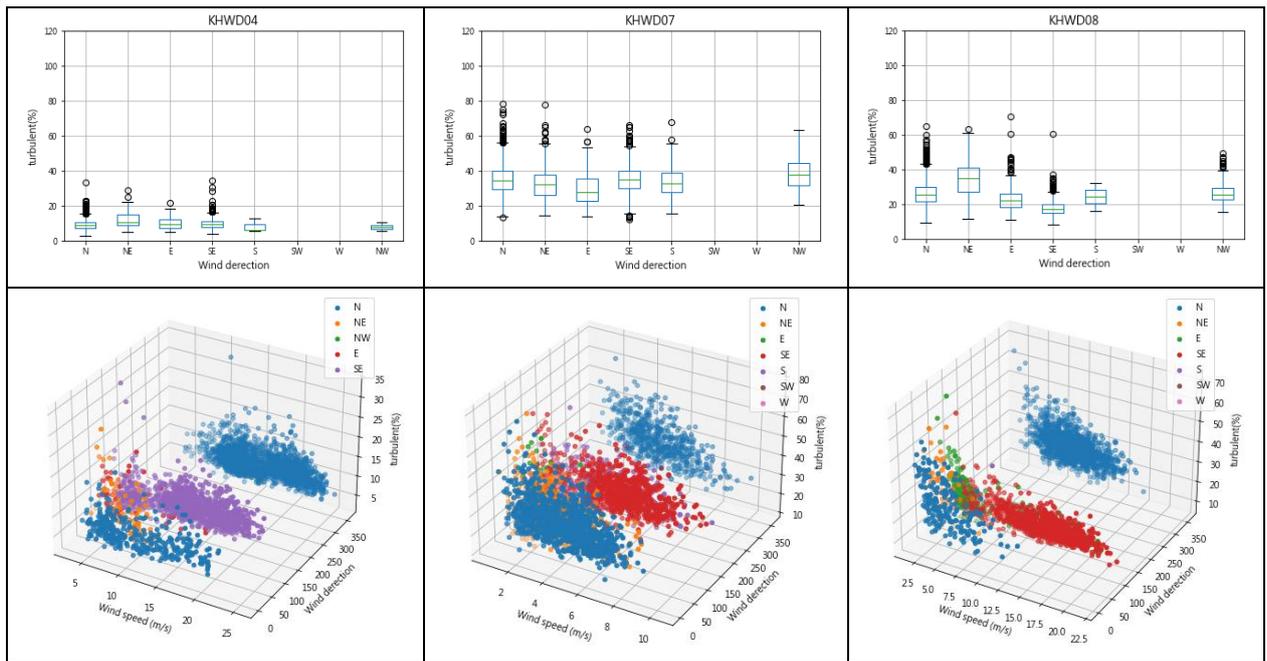


圖 4.26 小犬颱風期間高雄港主要測站風力紊流強度分析圖

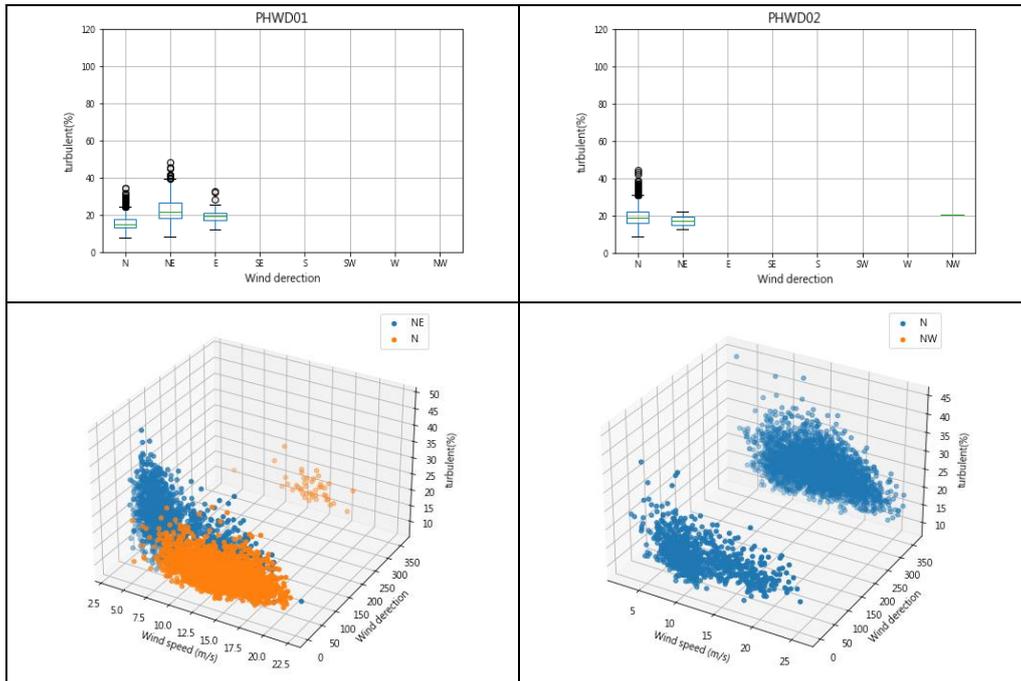


圖 4.27 小犬颱風期間澎湖港主要測站風力紊流強度分析圖

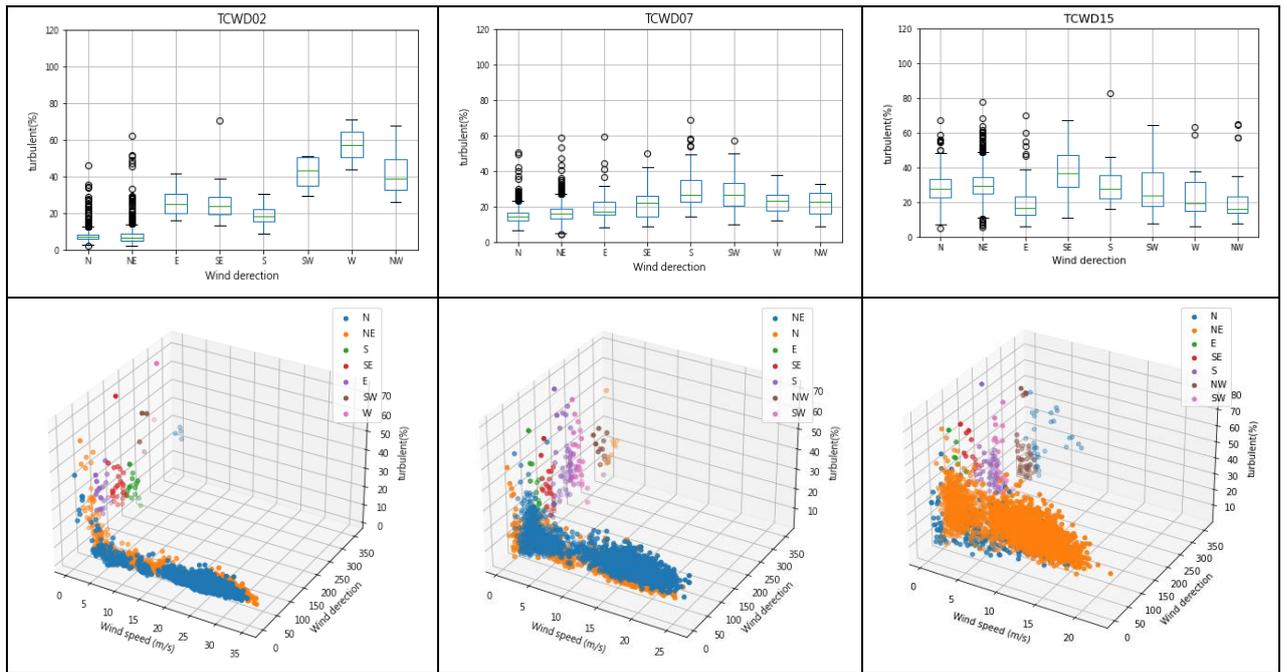


圖 4.28 小犬颱風期間臺中港主要測站風力紊流強度分析圖

第五章 結論與建議

為提供臺灣主要商港臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、澎湖港、臺中港及馬祖港域船舶停靠、船舶進出、碼頭作業、港區結構物設計與防災預警等所需相關資料，本計畫除完成我國商港風力觀測網及出版統計年報外，更進一步完成即時風力觀測資料品管程序、商港強陣風分析及近 2 年颱風分析，相關研究成果可提供航港局、港務公司及相關單位，做為船舶停靠、船舶進出、碼頭作業與防災預警等應用參據。本計畫結論與建議如下。

5.1 結論

1. 港區風力測站系統妥善率大多在 90% 以上，其中少數測站因系統老舊故障，於 2021 年損壞，加上修復經費不足，展延至 2022 年 8 月中旬後爭取相關經費始能修復運作。透過商港風力觀測系統標準化維護作業，包括儀器、數據機、電池等定期汰換，經扣除系統故障日數後，於系統正常運作期間，各測站資料蒐集率均達 90% 以上，顯示本計畫在數據擷取、紀錄及傳輸模組十分穩定，且可達到全時不中斷運作之耐候條件。
2. 港區風力資料品管機制，主要根據合理性、連續性與關聯性三個原則，本計畫為精進品管資料可信度，導入美國 IOOS 計畫辦公室之 QARTOD 風力即時品管程序，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）、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）等 9 項。
3. 商港風力觀測系統透過標準化維護作業，除提高系統穩定度外，亦有助於提高觀測資料品質，從各風力觀測站之資料品管通過率均達 99% 以上，顯示資料品質十分良好，亦即由現場回傳之資料，可直接提供即時展示使用，並具備良好之信賴條件，對於港區管理之應用有十足幫助。

4. 本計畫完成 2022 年港灣海氣象觀測資料統計年報(8 港域觀測風力資料)，並提供統計資訊包括：各港區風力測站說明、當年度主要測站資料紀錄統計表、當年度及歷年主要測站風速及風向重要統計量統計表、當年度及歷年主要測站觀測風速分佈百分比統計表、當年度及歷年主要測站觀測風向分佈百分比統計表、當年度及歷年冬季主要測站風速及風向聯合分佈百分比統計表、當年度及歷年春季主要測站風速及風向聯合分佈百分比統計表、當年度及歷年夏季主要測站風速及風向聯合分佈百分比統計表、當年度及歷年秋季主要測站風速及風向聯合分佈百分比統計表、當年度及歷年整年主要測站風速及風向聯合分佈百分比統計表、當年度每月主要測站風速歷線圖、當年度每月主要測站風向歷線圖、當年度及歷年每月主要測站觀測風玫瑰圖、當年度及歷年每季主要測站觀測風玫瑰圖、當年度颱風期間風速風向重要統計量統計表、當年度颱風觀測風速歷線圖、當年度颱風觀測風向歷線圖等資料。
5. 商港強風分析部分，本計畫完成各港最大風力之測站強風延續時間統計，由各港強風延時觀察，主要以臺北港、臺中港及澎湖港（龍門尖山碼頭）具有較多強風現象。從臺北港、臺中港及澎湖港（龍門尖山碼頭）在歷次強風事件延續時間分析，臺北港平均強風延時約為 12.6 小時，澎湖港平均強風延時約為 17.9 小時、臺中港平均強風延時約為 24.9 小時，主要集中在秋冬季之東北季風盛行期間。其中在臺中港近 5 年強風延時，其最長延時可達 288 小時，即長達 12 天出現 6 級風，且強風現象達全年 34% 之時數。
6. 受到低表粗糙度及鄰近建築物影響，陣風的特性會較為明顯，因此蘇澳、花蓮、澎湖、馬祖等港口，屬於天然港灣，受到港灣及鄰近地形影響，其陣風特性均較其他港口測站明顯，其對於港區內船舶及機具操控影響，須特別留意。另外從臺中港及高雄港可以觀察從外海至內陸區域之風力消長及強陣風特性，內陸區域受到地表粗糙度及鄰近建築物影響，其風速變異程度較大，較易產生強陣風現象。
7. 從近 2 年影響商港較大的颱風，主要為杜蘇芮颱風、海葵颱風及小犬颱風，其中颱風熱帶氣旋帶來較為劇烈之風速及風向擾動，有明顯的強陣風現象，本計畫進一步探討其風速擾動現象，利用颱風期間之逐秒觀測資料進行每分鐘紊流強度之分析，可以觀察到颱風主要影響商港之測站紊流強度約在 0.15~0.35 區間，且紊流強度越往內陸則增加，與強陣風之分析結果大致吻合。

5.2 建議

1. 商港風力觀測系統透過標準化維護作業，除提高系統穩定度外，亦有助於提高觀測資料品質，因應未來物聯網系統之數位管理趨勢，觀測系統建議可進一步導入數位孿生之機制，透過數位化 3D 模型建立、即時數據監測、系統運作模擬、人工智能等程序落實，有助於強化港區數位及智慧管理之進展。
2. 面對極端氣候及港區防災應變需要，傳統以平均風力為主之統計指標已無法即時反映現場風力環境，航港管理單位需要掌握到 10 分鐘之平均風速，甚至於 1 分鐘之平均風速、最大風速及風力變動（如陣風或紊流強度等）情形，本計畫已完成強陣風及測站紊流強度分析之雛形，建議後續可進一步針對風力變異性較大之特定港口（如澎湖港、臺中港、蘇澳港、布袋港）分析其強陣風特性，以提供港務管理單位應用。

5.3 成果效益與應用情形

1. 本計畫完成臺灣港務股份有限公司及連江縣政府委託本所代管風力觀測站之定期維護保養及搶修作業，使其能正常運作並自動回傳資料至本所資料庫，提供即時展示使用。同時，完成 10 個測站之風速計、電力系統、傳輸系統汰舊換新作業，大幅提升系統穩定度及資料可信度，並提供交通部航港局、連江縣政府、臺灣港務股份有限公司做為船舶停靠、船舶進出、碼頭作業與防災預警等應用參據。
2. 因應風力測站管理及資料分析需要，本計畫完成各港風力觀測資料庫整合及更新作業，以提升風力觀測資料庫之效能及安全性。同時，藉由自動化品管機制導入，將原始資料(未經品管)及品管後資料分類彙整，提供臺灣港務股份有限公司可依需求選用所需之資料庫。
3. 完成 2022 年度風力觀測資料年報，提供各港風速、風向之歷線圖、風玫瑰圖、風速風向聯合機率分析表等圖表等資訊，並針對特定港口進行強陣風特性分析及近 2 年颱風影響分析，提供交通部航港局、港務管理單位、工程顧問公司做為港灣工程規劃設計、港埠建設、航行安全及營運維護參考依據。

參考文獻

1. Gill, 2-D ultrasonic anemometer WindSonic user manual.
2. International Civil Aviation Organization (ICAO), Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation: Meteorological Service for International Air Navigation, Twentieth edition, 2018.
3. 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.
4. Ricci, A., Vasaturo, R., & Blocken, B. (2023). An integrated tool to improve the safety of seaports and waterways under strong wind conditions. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 234, Article 105327. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2023.105327>
5. SONIC, 2-D ultrasonic anemometer SA-20 user manual.
6. World Meteorological Organization (WMO), Guide to Meteorological Observing and Information Distribution Systems for Aviation Weather Services (WMO-No. 731), 2014 edition.
7. World Meteorological Organization (WMO), Guide to Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8), 2018 edition.
8. World Meteorological Organization (WMO), Manual on Codes - International Codes, Volume I.1, Annex II to the WMO Technical Regulations: part A- Alpha numeric Codes (WMO-No. 306), 2019 edition.
9. 中華民國風工程學會，風工程理論與應用（初版），2016年7月。
10. 朱佳仁著，風工程概論（初版），2006年3月。
11. 交通部中央氣象局，地面測報作業規範（第4版），2014年9月。
12. 交通部民用航空局，「航空氣象電碼彙編」，2016年10月。
13. 交通部民用航空局，「航空氣象規範」，2021年4月。
14. 交通部運輸研究所，國際商港強風及陣風特性分析(1/2)-以臺中港為例，2021年2月。
15. 交通部運輸研究所，109年臺灣中南港域海象觀測與特性分析，2021年2月。
16. 交通部運輸研究所，109年臺灣北東港域海象觀測與特性分析，2021年2月。
17. 交通部運輸研究所，臺中港海氣象觀測及特性分析，2021年2月。
18. 交通部運輸研究所，110年主要商港風潮觀測與特性分析，2022年3月。

19. 交通部運輸研究所，商港海氣象風力預警機制探討，2023 年 3 月。
20. 曹勝傑等人，2022 年高雄港風力觀測資料品質與特性分析，港灣季刊第 124 期，2023 年 2 月。
21. 劉明揚著，大氣測計學，國立編譯館出版，2001 年 7 月。
22. 蕭葆義著，風工程（初版），2020 年 11 月。
23. 蕭葆義，風與強風特性分析-以基隆海岸地區以及臺北市地區實場量測為例，中華民國風工程學會電子報第 5 期，2013 年 9 月。
24. Integrated Ocean Observing System (<https://ioos.noaa.gov/project/qartod/>)。
25. 中央氣象局數位科普網 (<https://edu.cwb.gov.tw/PopularScience/>)。
26. 財團法人氣象應用推廣基金會網站 (<http://www.metapp.org.tw/>)。

附錄一
簡報資料

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

商港風力觀測與統計分析

期末簡報

大綱

- 一、前言
- 二、風力觀測系統概述
- 三、觀測資料品管機制
- 四、港區風力特性分析
- 五、結論與建議



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

一、前言

1. 港口和航運對全球經濟運作至關重要，促進了全球近80%以上的貿易活動，而我國為海洋國家，港口更是臺灣對外重要的航運樞紐。然而受到氣候變化和自然災害的威脅，強風等氣象因素造成的事故可能導致整個供應鏈的負面衝擊並造成經濟損失，同時船舶大型化亦導致船舶所受風力增大，使船舶操作及航行更加複雜。
2. 為提供臺灣主要商港臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、澎湖港、臺中港及馬祖港域船舶停靠、船舶進出、碼頭作業、港區結構物設計與防災預警等所需相關資料，本計畫除完成我國商港風力觀測網及出版統計年報外，更進一步完成即時風力觀測資料品管程序、商港強陣風分析及近2年颱風分析，相關研究成果可提供航港局、港務公司及相關單位，做為船舶停靠、船舶進出、碼頭作業與防災預警等應用參據。



二、風力觀測系統概述

1. 根據WMO規定，標準風力量測之取樣頻率應高於1Hz，其解析度在風速方面應達到0.5m/s，在風向方面應達到1°；而風速量測不確定性方面應小於0.5m/s（小於5m/s）及 ±10%（大於5m/s），風向不確定性應小於5°。在風力資料編報部分，對於不同氣候應用要素，可採用1分鐘、2分鐘及10分鐘之平均值。
2. 本計畫風力量測頻率為1Hz（即每分鐘量測60筆風速及風向資料）並進行統計分析，並依據港務管理單位需要，分別產出每分鐘1筆及每10分鐘1筆之平均風速、平均風向、最大風速及對應風向與最大風速時間。



三、觀測資料品管機制

1. 時間（間隔）檢查（Timing/Gap Test）
2. 傳輸格式及編碼檢查（Syntax Test）
3. 座標檢查（Location Test）：不適用
4. 儀器或物理現象極限值檢查（Gross Range Test）
5. 逐月及季節變化合理性檢查（Climatology Test）
 - 本計畫利用本所在港區建置之風力測站之長期統計資料，初步建議春季0~20m/s、夏秋季0~25m/s做為季節上下限檢查依據，此外在最大陣風部分，依相關研究經驗，取最大平均風之2倍進行檢查。
6. 短時距離群值檢查（Spike Test）
7. 短時距變化率與標準差之檢查（Rate of Change Test）
8. 連續資料無變化（或微小）之檢查（Flat Line Test）
 - 本計畫採用二維超音波風力風向計，其儀器精度為0.01m/s，若使用0.5 m/s，在靜風時期容易有誤判之情形，因此本計畫改用0.01m/s做為檢查依據。
9. 變數間關聯性檢查（Multi-Variate Test）
 - 本研究暫以最大風速與平均風速之比值進行變數間關聯性檢查，並設定平均風速5m/s以上，平均風速與最大風速之比值大於2.5倍，列為可疑數據。
10. 長時間資料變化幅度檢查（Attenuated Signal Test）
 - 考量儀器精度，高門檻值設定為0.05m/s、低門檻值為0.01m/s
11. 鄰近站相關性檢查（Neighbor Test）：未執行。
12. 綜合品管(人工檢核)：本計畫原則上以同一筆資料有1個不通過或2個可疑標記者，則標記未通過品管（即不對外展示）



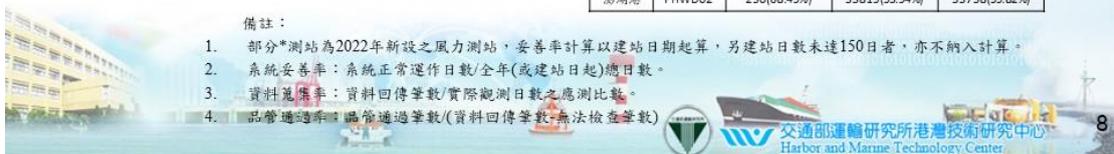
三、觀測資料品管機制

1. 港區風力測站系統妥善率大多在90%以上，其中少數測站因系統老舊故障，於2021年損壞，加上修復經費不足，展延至2022年8月中旬後爭取相關經費始能修復運作。經扣除系統故障日數後，於系統正常運作期間，各測站資料蒐集率均達90%以上，顯示本計畫在數據擷取、紀錄及傳輸模組十分穩定，且可達到全時不中斷運作之耐候條件。
2. 另外在品管通過率，從數據機擷取並統計後之10分鐘資料，資料品質均十分良好，均達99%以上，亦即由現場回傳之資料，可直接提供即時展示使用，並具備良好之信賴條件，對於港區管理之應用有十足幫助。

商港	測站代碼	系統妥善率	資料蒐集率	品管通過率
基隆港	KLWD01	247(67.86%)	34328(96.51%)	34219(99.71%)
基隆港	KLWD04	174(94.05%)*	24387(97.33%)	24385(99.99%)
臺北港	TPWD02	318(87.36%)	45634(99.65%)	45634(100.00%)
臺北港	TPWD03	365(100%)	48749(92.75%)	48747(99.99%)
臺北港	TPWD05	340(93.41%)	48843(99.76%)	48843(100.00%)
臺中港	TCWD02	286(78.57%)	40566(98.50%)	40564(99.99%)
臺中港	TCWD03	350(95.89%)	49978(99.16%)	49975(99.99%)
臺中港	TCWD07	343(93.97%)	49217(99.65%)	42915(99.99%)
臺中港	TCWD08	356(97.53%)	47823(93.29%)	47743(99.81%)
臺中港	TCWD13	195(90.70%)*	25715(91.58%)	25711(99.98%)
布袋港	BWD01	365(100.00%)	51812(98.58%)	51812(100.00%)
安平港	APWD01	365(100.00%)	52447(99.79%)	52446(99.99%)
高雄港	KHWD01	365(100.00%)	51812(98.58%)	51580(99.69%)
高雄港	KHWD04	194(53.15%)	27160(97.22%)	27158(99.99%)
高雄港	KHWD05	361(98.90%)	51075(98.25%)	51019(99.99%)
高雄港	KHWD06	363(99.45%)	52091(99.65%)	51998(99.99%)
高雄港	KHWD07	362(99.18%)	50380(96.65%)	50247(99.99%)
蘇澳港	SAWD01	365(100.00%)	52420(99.73%)	52420(100.00%)
花蓮港	HLWD01	356(97.53%)	48623(94.85%)	48554(99.89%)
花蓮港	HLWD02	85(90.43%)	11919(97.38%)	11918(99.99%)
澎湖港	PHWD01	349(95.62%)	45988(91.51%)	45987(99.99%)
澎湖港	PHWD02	250(68.49%)	33819(93.94%)	33758(99.82%)

備註：

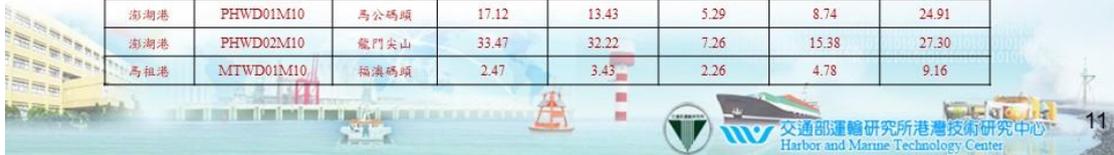
1. 部分*測站為2022年新設之風力測站，妥善率計算以建站日期起算，另建站日數未達150日者，亦不納入計算。
2. 系統妥善率：系統正常運作日數/全年(或建站日起)總日數。
3. 資料蒐集率：資料回傳筆數/實際觀測日數之應測比數。
4. 品管通過率：品管通過筆數/(資料回傳筆數-無法檢查筆數)



四、港區風力特性分析

1. 陣風 (gust) 係指10分鐘平均風速與最大瞬間風速之差值，如大於5m/s，即可定義為陣風現象，而差值在5~10m/s可歸屬於小陣風，差值大於10m/s則屬於大陣風。
2. 以東部港口 (蘇澳、花蓮) 及離島港口 (澎湖、馬祖) 之陣風發生比例最高。一般而言，**受到低表粗糙度及鄰近建築物影響，陣風的特性會較為明顯**，因此蘇澳、花蓮、澎湖、馬祖等港口，屬於天然港灣，受到港灣及鄰近地形影響，其陣風特性均較其他港口測站明顯，其對於港區內船舶及機具操控影響，須特別留意。
3. 進一步分析各港區同時發生強風及陣風之現象，仍然可以看出強陣風仍以東部港口 (蘇澳、花蓮) 及離島港口 (澎湖、馬祖) 發生比例較高，但值得持續觀察的是布袋港為西部商港發生強陣風較高的港口，未來可再進一步分析。

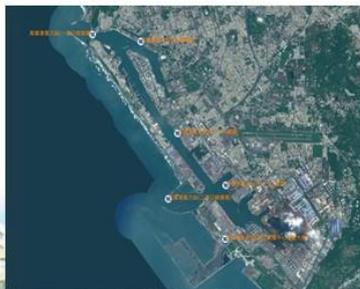
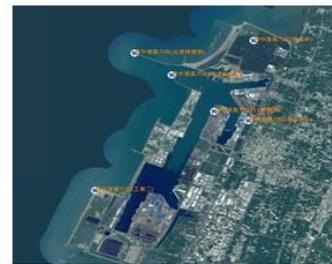
商港	測站	位置	2018	2019	2020	2021	2022	單位：%
臺北港	TPWD02M10	觀測橋	1.34	1.67	0.96	1.21	1.87	
基隆港	KLWD01M10	光華塔	1.43	1.38	1.94	2.06	4.82	
蘇澳港	SAWD01M10	7號碼頭	5.02	4.48	7.61	5.89	8.07	
花蓮港	HLWD01M10	訊號台	4.46	5.91	7.61	4.87	8.49	
高雄港	KHWD04M10	二港口綠燈塔	0.04	0.09	0.11	0.26	0.16	
安平港	APWD01M10	南堤燈塔	0.19	0.27	0.16	0.22	0.42	
布袋港	BDWD01M10	港務公司頂樓	3.64	3.72	2.82	3.01	4.66	
臺中港	TCWD02M10	北堤綠燈塔	2.15	2.39	4.94	2.38	4.25	
澎湖港	PHWD01M10	馬公碼頭	17.12	13.43	5.29	8.74	24.91	
澎湖港	PHWD02M10	龍門尖山	33.47	32.22	7.26	15.38	27.30	
馬祖港	MTWD01M10	福澳碼頭	2.47	3.43	2.26	4.78	9.16	



四、港區風力特性分析

在臺中港及高雄港建置有較多的風力觀測站，可以觀察從外海至內陸區域之風力消長及強陣風特性，內陸區域受到地表粗糙度及鄰近建築物影響，其風速變異程度較大，較易產生強陣風現象，未來港區風力測站逐步擴增，可持續觀察各區域之風力消長及變異特性。

商港	測站	位置	2018	2019	2020	2021	2022
臺中港	TCWD02M10	北堤綠燈塔	2.15	2.39	4.94	2.38	4.25
臺中港	TCWD03M10	防風林	13.06	12.89	19.68	13.74	25.42
臺中港	TCWD07M10	31號碼頭	--	--	--	16.15	29.88
臺中港	TCWD08M10	工專二	--	--	--	23.14	31.35



商港	測站	位置	2018	2019	2020	2021	2022
高雄港	KHWD04M10	二港口綠燈塔	0.04	0.09	0.11	0.26	0.16
高雄港	KHWD01M10	10號碼頭	0.47	0.46	0.73	0.67	1.79
高雄港	KHWD05M10	第六貨櫃港塔大樓	--	--	0.62	0.94	0.93
高雄港	KHWD06M10	76-77碼頭	--	--	0.23	0.45	0.54
高雄港	KHWD07M10	63-64碼頭	--	--	0.14	0.67	0.40

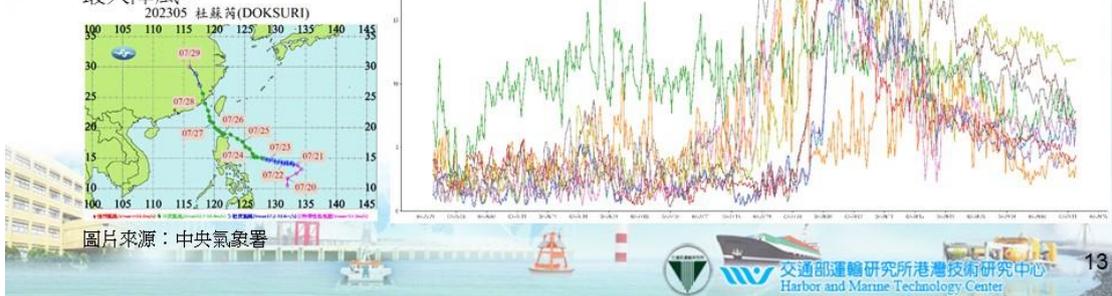


四、港區風力特性分析

本計畫蒐集2022年及2023年中央氣象署有發警報之颱風，共有9個颱風。從近2年影響商港較大的颱風，主要為杜蘇芮颱風、海葵颱風及小犬颱風，其中颱風熱帶氣旋帶來較為劇烈之風速及風向擾動，有明顯的強陣風現象，本計畫為進一步探討其風速擾動現象，利用颱風期間之逐秒觀測資料進行每分鐘紊流強度之分析。

➤ 杜蘇芮(DOKSURI)颱風

該颱風7月28日最靠近臺灣本島，在安平港、布袋港、高雄港、澎湖港可觀測到超過7級以上強風，對於中南部港口影響最大，特別在澎湖港有觀測到47.44m/s最大陣風。



四、港區風力特性分析

➤ 杜蘇芮(DOKSURI)颱風

高雄港在颱風期間的強風發生之主要風向在東風及東南風，澎湖港強風發生之主要風向在東風及南風，各測站紊流強度約在0.15~0.35區間。

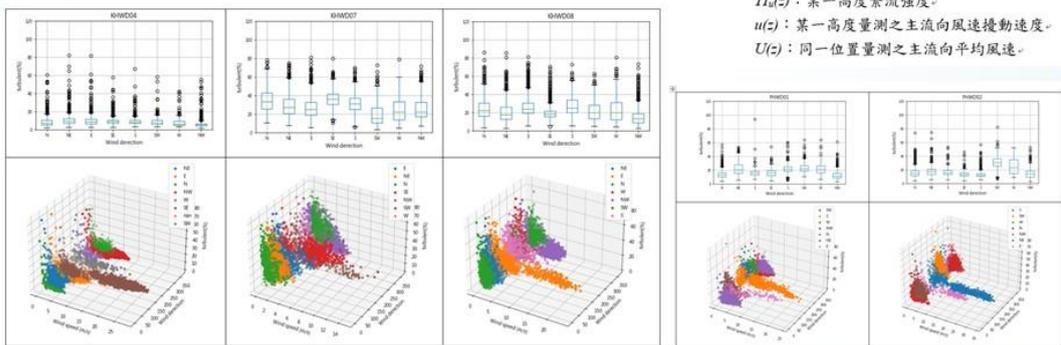
$$TI_u(z) = \frac{\sqrt{u(z)^2}}{U(z)}$$

其中：

$TI_u(z)$ ：某一高度紊流強度。

$u(z)$ ：某一高度量測之主流向風速擾動速度。

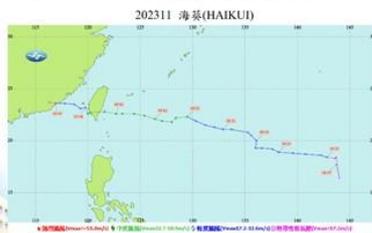
$U(z)$ ：同一位置量測之主流向平均風速。



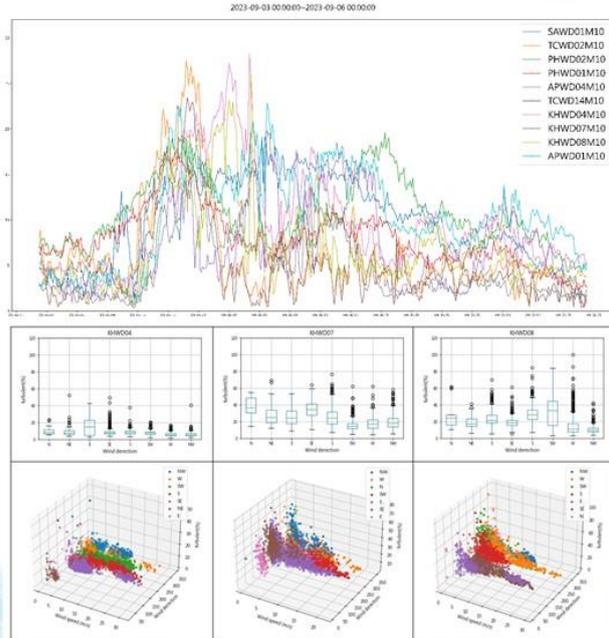
四、港區風力特性分析

➤ 海葵(HAIKUI)颱風

- 安平港、高雄港、澎湖港、蘇澳港及臺中港可觀測到超過7級以上強風，該颱風9月3日開始影響商港，初期可在臺中港及澎湖港觀測到7級以上強風，颱風穿越臺灣時則在安平港、布袋港、高雄港有持續性的影響
- 高雄港各測站紊流強度約在0.15~0.40區間，其中以高雄港一港口(KHWD08)及前鎮區(KHWD07)之紊流強度較高



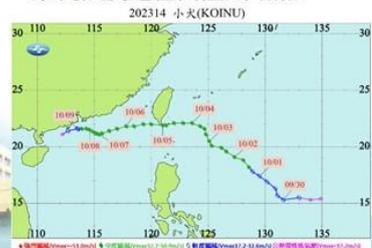
圖片來源：中央氣象署



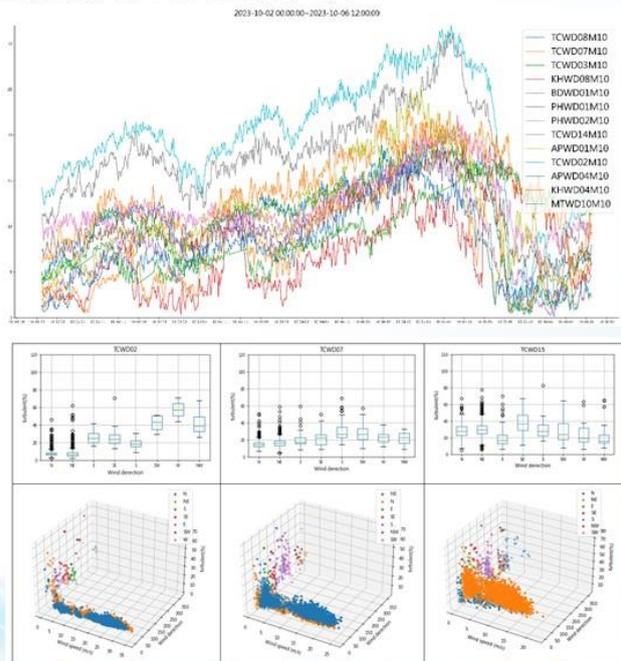
四、港區風力特性分析

➤ 小犬(KOINU)颱風

- 安平港、布袋港、高雄港、馬祖港、澎湖港、臺中港均可觀測到超過7級以上強風，特別在臺中港有觀測到40.54m/s最大陣風
- 高雄港各測站紊流強度約在0.15~0.40區間，其中以高雄港一港口(KHWD08)及前鎮區(KHWD07)之紊流強度較高。
- 臺中港外港區(TCWD02、TCWD07)在主要風向之紊流強度約在0.2以下，至內港區(TCWD15)則會增大至0.35左右，紊流強度越往內陸則增加。



圖片來源：中央氣象署



五、結論與建議

1. 港區風力測站系統妥善率大多在90%以上，透過商港風力觀測系統標準化維護作業，包括儀器、數據機、電池等定期汰換，經扣除系統故障日數後，於系統正常運作期間，各測站資料蒐集率均達90%以上，顯示本計畫在數據擷取、紀錄及傳輸模組十分穩定，且可達到全時不中斷運作之耐候條件。
2. 港區風力資料品管機制，主要根據合理性、連續性與關聯性三個原則，本計畫為精進品管資料可信度，導入美國IOOS計畫辦公室之QARTOD風力即時品管程序等9項程序。
3. 受到低表粗糙度及鄰近建築物影響，陣風的特性會較為明顯，因此蘇澳、花蓮、澎湖、馬祖等港口，屬於天然港灣，受到港灣及鄰近地形影響，其陣風特性均較其他港口測站明顯，其對於港區內船舶及機具操控影響，須特別留意。另外從臺中港及高雄港可以觀察從外海至內陸區域之風力消長及強陣風特性，內陸區域受到地表粗糙度及鄰近建築物影響，其風速變異程度較大，較易產生強陣風現象。
4. 從近2年影響商港較大的颱風，主要為杜蘇芮颱風、海葵颱風及小犬颱風，其中颱風熱帶氣旋帶來較為劇烈之風速及風向擾動，有明顯的強陣風現象，本計畫進一步探討其風速擾動現象，利用颱風期間之逐秒觀測資料進行每分鐘紊流強度之分析，可以觀察到颱風主要影響商港之測站紊流強度約在0.15~0.35區間，且紊流強度越往內陸則增加，與強陣風之分析結果大致吻合。



17

五、結論與建議

建議：

1. 商港風力觀測系統透過標準化維護作業，除提高系統穩定度外，亦有助於提高觀測資料品質，因應未來物聯網系統之數位管理趨勢，觀測系統建議可進一步導入數位孿生之機制，透過數位化3D模型建立、即時數據監測、系統運作模擬、人工智能等程序落實，有助於強化港區數位及智慧管理之進展。
2. 面對極端氣候及港區防災應變需要，傳統以平均風力為主之統計指標已無法即時反映現場風力環境，航港管理單位需要掌握到10分鐘之平均風速，甚至於1分鐘之平均風速、最大風速及風力變動（如陣風或紊流強度等）情形，本計畫已完成強陣風及測站紊流強度分析之雛形，建議後續可進一步針對風力變異性較大之特定港口（如澎湖港、臺中港、蘇澳港、布袋港）分析其強陣風特性，以提供港務管理單位應用。



18

五、結論與建議

成果效益與應用情形：

1. 本計畫完成臺灣港務股份有限公司及連江縣政府委託本所代管風力觀測站之定期維護保養及搶修作業，使其能正常運作並自動回傳資料至本所資料庫，提供即時展示使用。同時，完成 10個測站之風速計、電力系統、傳輸系統汰舊換新作業，大幅提升系統穩定度及資料可信度，並提供交通部航港局、連江縣政府、臺灣港務股份有限公司做為船舶停靠、船舶進出、碼頭作業與防災預警等應用參據。
2. 因應風力測站管理及資料分析需要，本計畫完成各港風力觀測資料庫整合及更新作業，以提升風力觀測資料庫之效能及安全性。同時，藉由自動化品管機制導入，將原始資料(未經品管)及品管後資料分類彙整，提供臺灣港務股份有限公司可依需求選用所需之資料庫。
3. 3完成2022年度風力觀測資料年報，提供各港風速、風向之歷線圖、風玫瑰圖、風速風向聯合機率分析表等圖表等資訊，並針對特定港口進行強陣風特性分析及近2年颱風影響分析，提供交通部航港局、港務管理單位、工程顧問公司做為港灣工程規劃設計、港埠建設、航行安全及營運維護參考依據。



19

簡報完畢 敬請指教



20

附錄二

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：交通部運輸研究所港灣技術研究中心第二科與第三科
自行研究計畫專家學者座談會議

貳、時間：112年4月28日(星期五)上午10時

參、地點：本所港灣技術研究中心2樓會議室

肆、主持人：蔡立宏主任

紀錄：蔡金吉、蔡世璿

伍、出單位及人員：如後附簽到表

陸、審查意見：

一、臺灣港務股份有限公司鍾英鳳(退休)

(一)所有計畫書建議將維護資料庫列入，並進行品管作業、資料整合分析及成果繪製，及統計分析均納入。

(二)臺北、臺中、高雄因近年來有繼續擴建，對波、潮、流及漂沙之影響程度為何？建議納入研究範圍內，作為未來港口擴建造成之影響。

(三)p19 蘇澳、高雄、安平波浪站更新，基隆港遷移是，此是否造成資料中斷不連續，建議可敘明及分析變動情形。

(四)相關之 Row Data 建議可開放外界使用，將資料整合以利各方應用及驗證模式之參考。

(五)海流之觀測主要在港外且屬垂直剖面，目前港口對於海象氣象之需求甚殷，且未來發展智慧港口甚為重要；可否整理出上、中、下層海流、流速，並配合數值模擬場域之流速與實際觀測值作比對。

(六)商港潮位觀測統計分析，基於資料顯示部分港口潮位資料不連續，建議潮位計高程應定期檢測。

(七)p31 智慧港口之海氣象觀測之應用分析內容非在港口，建議修正成港口周邊之船舶航道及海氣象，即第二年著重在港口，第三年近海航道(包括離岸風場之影響、漁港)，第四年為 AI 運用於船舶安全、操航、廢氣排放。本計畫四年中，其中第 1、2、3 項每年均同。

(八)p67 港區巡查只是初步的作為，但水下巡查涉及效率、能見度，及水下載具目前之功能及可做之項目，來設定各年之工

作項目，第一年須了解水下巡查可做及需做之項目，及目前水下載具之功能。

- (九)花蓮港湧浪遮蔽，及長週期波斷面模型試驗，其中 p76 湧浪遮蔽試驗，又以消能措施規劃，二者並不一致，遮蔽試驗通常以防波堤、擋浪堤為主，以平面佈置為主，而消能措施則以斷面→如消波塊、消能池、緩波、沙灘、消波碼頭，建議是否以平面佈置作為花蓮港湧浪遮蔽試驗，長週期波斷面模型試驗→建議以斷面消能為主。
- (十)海氣象觀測作業數位管理規劃→建議確認為儀器設備管理或資料庫管理。儀器設備管理主要在設備之維護更新、使用效能、維護費，而資料庫管理亦有不同之思維。
- (十一)離岸堤出水高度部分→建議其可在有不同之波向、波流、風向、地形、漂砂方向等有關，建議可先設定研究 case。
- (十二)商港海氣象風力及波浪示警機制，未來建議考量預報示警。

二、臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司港務處羅偉佑處長

- (一)海象觀測設備應定期校正，避免數據誤差，影響後續分析結果，如遇實際環境改變，注意觀測數據的使用。
- (二)觀測結果建議網頁可提供簡易報表，供相關單位決策參考。
- (三)有關港池共振改善研究建議將花蓮港形狀因素納入研究分析。

三、國立成功大學水利及海洋工程學系董東璟教授

- (一)建議在海氣象觀測方法、儀器、取樣頻率檢校、品管方法、資料庫等宜與國內相關火伴單位，如中央氣象局、國海院有定期研討、整合，使觀測資料品質趨於一致。
- (二)可以考慮推動船舶上的海氣象觀測(長期)，短期可考慮蒐集各港域船舶已有海氣象觀測數據以充實港域海氣象資料庫。
- (三)所有觀測儀器之檢校、品管宜有完整之文件紀錄。
- (四)港區風力、波浪示警研究工作目標設定宜仔細思考，因此議題影響因子太多如船舶型態、港域特性，不易有很綜整的結果，另，因子間的聯合效應如風、浪關係也可納入考量，港域海氣象時空變化快，參考何資料(現場即時或未來模擬資料)也需討論，若是參考現場資料，何點位資料也需討論。

- (五)發展 AI 技術如第 4 案使用倒傳遞類神經網路預測波高是未來方向予以支持，但要注意是否有足夠資料可以訓練模式，另，利用非物理模式針對非常小點位(9、17、25 號碼頭)進行預測，是否合宜值得多加探究。

四、交通部航港局中部航務中心張家豪主任

(一) 商港風力、潮位、波浪、海流觀測與統計分析

1. 金門港之潮位、波浪、海流(運研所有觀測)是否能公開於港灣環境資訊網?
2. P.1 金門港是否考慮增設風力觀測工作?
3. P.2 風力觀測系統 112 年預計汰換 10 站，汰換標準(頻率)為何?P.7 經費概估未計算汰換以及緊急搶修費用。
4. P.3 甘特圖所示應共計 12 個月(11 個月應為誤植)。
5. 本中心去年研議臺中港船舶進港風力管制標準時參考港研中心提供之歷年風力觀測資料，發現 110 年底至 111 年初臺中港北堤測站因設備故障致該段期間無相關風力觀測資料，建議應提升設備之巡查頻率及即時修復能力。
6. 統計分析作業(公開的年報)似乎停滯於 2019 年，港灣環境資訊網海氣象觀測資料年報會重新發布 2022、2023 年版本嗎?
7. 潮位(臺中港暴潮特性)、波浪(水下無聲傳輸技術可行性及洲際二期港內波浪特性)、海流(臺北港海流特性)除維運及統計年報工作項目外，皆有規劃 1 個研究主題，風力是否增加其他研究主題，例如：臺中港各測站風力特性分析，可供臺中港船舶進港風力管制標準改採單一測站之參酌。
8. P.11 表示將分析近幾年臺中港潮位資料，探討颱風發生時實際潮位資料與天文潮預測潮位差異，但近幾年實際侵襲臺灣的颱風很少，是否會影響分析作業?
9. P.16 欲瞭解基隆港既有底碇式波浪觀測站遷移原因。

(二) 智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. P.30 本計畫主要利用 AIS 船舶動態資訊分析之交通流量與海氣象資訊及海事案件之關係，111 年度-海氣象資訊與船舶海事案件關係探討的結果為何?

2. P.31 依據 112 年工作計畫包含分析臺灣周圍海域與主要港埠航道交通流量，因此研究範圍應該有包括各商港港區範圍外之海域 (包含彰化風場)，由於彰化風場目前已公告設有南北向航道，並由本局成立彰化航道 VTS 中心管理該航道，研究單位希望本研究成果可以提供管理單位分散航線的評估，以減少碰撞事故發生機率，可否更具體說明如何分散航線。
3. P.31-32 比對 2022-2024 年的船舶分布軌跡，預期可以得到什麼樣的成果？
4. P.33 海氣象資訊於船舶監控預警系統將如何運用？如船舶即將進入 10 級風範圍前先預警(SOLAS/V/5-9 鼓勵船長通知鄰近船舶及岸台)？結合 AI 技術於船舶航行安全整合系統的初步規劃內容為何？其優於現行 NAVTEX 或其他傳遞海氣象資訊設備的功能為何？

(三) 臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析

1. P.44 相關設施自 109 年即建置，建議先說明先前已完成的工作項目，例如是否已完成海洋陣列雷達與現行觀測儀器的差異分析(是否會較一般儀器精確)？另陣列雷達是否受天候或其他因素影響？
2. P.46-47 本次主要探討單雷達與雙雷達差異分析，故原始資料是否會有 109 年單站雷達、110 年南側雷達，以及雙雷達共同調查分析的資料？那單站及南側雷達是否有差異？

(四) 應用微波雷達於臺北港域環境監測

臺中港選擇海洋陣列雷達、臺北港選擇微波雷達有無特別考量？

(五) 港區水下巡查技術

1. 工作計畫未說明水下無人載具將採用哪一類 ROV/AUV 來測試？
2. 計畫緣起為以機器替代潛水員進行水下巡查可行性，文內提及兩大類操作技術似乎已是既有技術，故本研究結論倘分析不具可行性的原因可能為何？另本案欲得到的結論為何(怎樣的巡查成果可稱之為可行、是否涉及成本效益分析)？

3. 本研究如具可行性，未來可以水下無人載具作為港區水下設施巡查作業之應用，相同的，因港區內易會發生船與船或船與固定設施碰撞事件，亦可利用 ROV/AUV 進行船底水下檢查船舶損壞情形。

(六) 花蓮港湧浪遮蔽試驗、長週期波斷面模型試驗

P.85 第十案長週期波浪之研究亦提及「將研擬適用於花蓮港消減長週期波浪的結構物斷面或設施型式」，此研究成果與第九案湧浪消能措施是否會互相衝突？

(七) 海氣象觀測作業數位管理規劃

計畫緣起提及儀器、資材、通訊資源之維護、稽查、紀錄等，成果卻未提及這一方面的內容。另目前觀測數位管理所遭遇之難題為何？各觀測站的統計整理方式會有不同嗎？

(八) 離岸堤出水高度對堤後淤沙效能之影響評估

本案規劃運用 Youtube 影片進行研究，是否已掌握相關資源？

(九) 商港風力、波浪示警機制

應用面上風力示警燈號未來可否運用在各港之船舶進港管制標準上，供使用者標準判別更為淺顯易懂。

(十) 倒傳遞類神經網路建置花蓮港波高預測模式、花蓮港風浪模組模擬參數條校探討

第十五案應用 TaiCOM2.0 預測碼頭波高，第十六案則欲精進 TaiCOMS 正確性，兩案之間會相互配合嗎？

(十一) 風力及波浪準確度分析

比對模擬資料與觀測資料的準確度，並展示於港灣環境資訊網的意圖為何？準確度的定義是什麼？預計未來的參考應用方向是什麼？

五、國立中山大學海洋科學系陳冠宇教授

- (一) 風波潮流的即時觀測與分析多年來已經累積大量成果，持續的進行資料蒐集十分重要，也值得肯定。這些資料取得主要在計畫一~四，配合計畫十七、十八進行近一步的分析與品管，構成完整的資料系統。

- (二) 除了傳統的單點觀測，計畫九、十以及與計畫十六相關的數

值模式，都可以提供面的，甚至 3-D 的資訊，點和面的資料可以相互印證。

- (三)資料的加值運用，如計劃五、十一、十三 R 十五，和以上的資料取得與品管的計劃相互呼應，顯示第 2 科與第 3 科的合作。
- (四)針對實際的海岸與港灣工程問題的研究很有意義，惟一般人不易了解其詳細沿革，建議多強調這些計畫之創新性。

六、海洋委員會國家海洋研究院翁健二主任秘書

- (一)p2 商港風力觀測編列經費是否有包含設備更換？
- (二)商港波浪觀測與海流工作項目相似。
- (三)p18 商港波浪觀測，水下無線傳輸系統測試，有無評估通訊距離、速率？通訊方式？
- (四)雷達表面流觀測，如何驗證觀測資料正確性？
- (五)陣列雷達表面流觀測編列經費是否包含維運經費？
- (六)陣列雷達觀測數據如何呈現以提供相關單位參考依據？
- (七)p54 陣列雷達維運是否同仁自行維運？
- (八)臺北港雷達站，觀測數據如何驗證？
- (九)p55 陣列雷達解析度 500m，如何進行船舶觀測分析？
- (十)p122 花蓮港碼頭波高預測使用 LSTM 預測解析度？另硬體設備是否有相關配套措施？
- (十一)港區水下巡查技術初探這港公司已有計畫在執行。

柒、結論：

感謝委員提供本所自行研究計畫之專業建議，請案關同仁將委員意見納為執行計畫重要參採依據，俾以達到成果實際應用目的，以及提升研究成果之廣度及實用性。

捌、散會：上午 12 時 45 分

112 年 6 月工作會議紀要

會議名稱：本所港灣技術研究中心第二科 112 年自行研究計畫第 1 次工作會議

時間：112 年 06 月 28 日(星期三)下午 02 時 00 分至 04 時 30 分(第 1 場次)

112 年 06 月 29 日(星期四)上午 09 時 30 分至 12 時 30 分(第 2 場次)

112 年 07 月 12 日(星期三)上午 10 時 00 分至 11 時 30 分(第 3 場次)

地點：本所港灣技術研究中心 3 樓會議室

主持人：李俊穎科長

彙整：許師瑜

出席者：如後附簽到表

主/協辦單位：本所港灣技術研究中心第二科

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 商港風力觀測系統維運作業情形摘要說明。
2. 風力觀測資料庫整合及更新進度。
3. 風力觀測資料品管作業精進及方法導入情形。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 整理與彙整主要商港潮位觀測資料。
2. 彙整 2011 至 2020 台中港潮位觀測資料及侵臺颱風資料。
3. 蒐集國內外相關暴潮研究文獻。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 底碇式波浪觀測系統更新、遷移及海氣象資料浮標建置。
2. 無線式水下波流觀測系統可行性評估。
3. 高雄港洲際二期港內波浪資料特性分析。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 商港海流觀測系統維運作業情形說明。
 2. 臺北港潮流特性分析初步成果報告。
 3. 年度研究報告章節編排討論。
- (五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析
1. 特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
 2. 臺灣周圍海域與主要港埠航道交通流量。
 3. 彙整高雄港和基隆港之海氣象觀測資料。
- (六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析
1. 海洋雷達觀測應用相關文獻回顧。
 2. 海洋雷達設備維護與校正作業摘要說明
 3. 海流監測資料分析與交互驗證工作情形。
- (七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化
1. 臺北港域背景觀測資料蒐集情形說明(包含底錠式波流儀、資料浮標、微波雷達)。
 2. 臺北港微波雷達測站現況說明。
- (八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討
1. 完成港區水下設施巡查項目初步盤點。
 2. 港區水下設施巡查方式探討。
 3. 蒐集國外水下無人載具應用相關文獻。
- (九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置
1. 第二試驗廠棚修繕工程進度說明。
 2. 花蓮港海氣象資料初步彙整。
 3. 模型比尺及試驗條件初步規劃。
- (十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討
1. 蒐集研讀國內長週期波及花蓮港相關研究文獻。
 2. 可能致災的波浪定義與分析。

3. 熟悉斷面水槽目前配置、新增設備及後續研究規劃。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 海氣象觀測儀器盤點情形說明。
2. 各觀測儀器系統架構、維護流程、資料流向、品管方法之彙整。
3. 報告書章節之規劃。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 風力觀測資料庫系統之數據傳輸方式及資安管理作業。
2. 臺灣港務股份有限公司海氣象觀測資料庫(臺中 IDC 機房)與本所港研中心之異地備援機制及資料庫整合工作。
3. 利用紊流強度分析觀測站受鄰近結構物之影響。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 潮位觀測年報內容討論。
2. 潮汐分潮研議。
3. 颱風路徑與暴潮分析交換意見。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 商港波浪觀測站建置概況及本年度觀測系統現場相關作業期程。
2. 無線式水下波流觀測系統水下實測期程規劃。
3. 高雄港洲際二期 S03 及 S13 碼頭靜穩度觀測站建置進度。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 剔除極端氣候(如颱風)影響期間觀測資料之潮流特性分析可行性討論。
2. 垂直剖面流分析方法及成果呈現方式討論。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 彙整國內外特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
2. 分析彰化風場航道與離岸風電浮動式風場 (苗栗及墾丁外

海)各類船舶往(來)及返(回)的交通流統計量與航跡密度。

3. 針對高雄港和基隆港之海事事故，彙整船舶航行軌跡與海氣象狀況。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 雷達電力系統改善與海洋雷達天線劣化汰舊更新。
2. 針對 6 月 15 日表面海流監測資料進行分析與驗證討論
3. 討論期末報告章節規劃與後續工作檢討

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港底錠式波流儀資料蒐集情形討論。
2. 臺北港資料浮標觀測資料蒐集情形討論。
3. 臺北港微波雷達觀測資料蒐集情形討論。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 港區水下檢測項目之判定標準討論。
2. 港區水下設施巡查方式說明。
3. 國外水下無人載具應用案例分析。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 花蓮港季風及颱風波浪資料呈現方式。
2. 水工模型規劃及相關試驗設備材料需求評估。
3. 花蓮港湧浪型態探討。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 更新造波機測試過程內容，建議於報告書定稿前彙整進報告書。
2. 考量斷面水槽的尺寸及造波機效能，週期縮尺最大僅能模擬原型 36 秒的波浪，後續再評估是否以數值方法，模擬更長週期的波浪。
3. 應針對花蓮港的現況及破壞紀錄多加探討，以研擬出適用花蓮港內消減長週期波能的結構物斷面或設施型式。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 儀器盤點需補充說明處之討論。
2. 各系統維護程序及資料流向需補充說明處之討論。
3. 報告書文獻回顧可加強處之討論。

貳、重點紀要/主要結論

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 目前風力年報已利用 Python 重新編程，並透過公用區分享程式碼，相關研究同仁可參考交流，以精進工作職能。
2. 112 年度海洋工程研討會預定 9 月開始徵稿，階段性研究成果可適時投稿。
3. 建議補充紊流強度之數學定義，以及測站位置與現場圖片，以利瞭解測站與結構物之相對位置。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 彙整潮位觀測資料進行統計分析，繪製成圖表並出版統計年報，年報內容擇期再討論。
2. 優先擇取經過臺中港的歷史颱風做暴潮分析。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 請依規劃期程督導廠商，使本年度波浪觀測系統現場相關作業能如期如質完成。
2. 無線通訊數據機目前已可與 AWAC 溝通，後續將至國立成功大學水工試驗所斷面水槽實際測試，建議測試期間同步實施造浪，模擬未來應用於港區執行監測作業之情境。
3. 高雄港洲際二期 S03 及 S13 碼頭靜穩度觀測站已建置完成，後續請持續掌握觀測站運作情形，並可著手分析船席遮蔽係數。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 建議於年度研究報告內增加資料浮標之流速剖面儀設備說明。
2. 潮流特性分析建議延長分析期間，確保分析結果之正確性。
3. 垂直剖面流建議採完整斷面呈現，可擷取年度最大潮或最

小潮之觀測資料進行分析，期能獲得具代表性之成果。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 針對目前 AIS 所蒐集的船舶資訊與 VDES 系統蒐集資料，是否進行相關資料比對。
2. VDES 系統編碼不同，又可透過衛星傳輸，後續是否可導入海氣象傳輸。
3. 建議「彙整特定港口之海氣象觀測資料」與「船舶動態與海氣象資訊應用分析」，兩章節內容要互相連動整合。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 本案表面流觀測資料量龐大且時程緊迫，工作量繁重，請相關研究人力與工作安排須合理進行。建議本案未來海流資料提供予應用單位時，須確定資料提供標準與項目，以保海氣象資料之正確性。
2. 有關本所與國海院、氣象局及大氣海洋局規劃合作辦理 114-117 跨部會案件，後續工作項目是否需於後續年度適時調整，建議研究人員納入考量。
3. 有關高頻雷達訊號應用文獻回顧部分，請研究人員盤點過去相關研究成果，以利瞭解過去研究發展階段情形。
4. 有關表面流觀測資料的統計與比較分析，建議參考氣象局於臺中港南側佈放的浮標資料進行比較分析與討論，特別是冬季東北季風期間特性，以及大潮與小潮時段的特性，建議納入分析探討。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港底錠式波流儀資料完成蒐集至 112 年 3 月份。
2. 臺北港資料浮標觀測資料完成蒐集至 112 年 6 月份。
3. 臺北港微波雷達觀測資料持續進行蒐集中。
4. 自辦計畫報告中，有關微波雷達測站之位置平面圖應再詳盡，建議可用海圖套繪。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 目前已蒐集國外水下無人載具應用相關案例，建議可針對國內新興技術應用於港區水下巡查作業之相關文獻，進行補充。
2. 水下無人載具應用於港區發展之架構可再進行補述。
3. 水下無人載具之影像取得及定位測試，預計納入明年計畫辦理。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 花蓮港季風波浪及颱風波浪資料建議妥善整理。
2. 請評估本案所需相關試驗設備材料。
3. 俟水工模型規劃完成及確認試驗條件後，加強敘述相關過程。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 更新造波機設備的到貨及測試時程，應確實掌握進度，朝向提前完成的目標執行。
2. 針對造波機效能的測試內容，需先提出斷面配置規劃，以利設置斷面的測試設施。
3. 研究過程及報告書撰寫期間若遇困難，應及時提出，再一同進行討論。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 本案原工作計畫書階段有納入岸基高頻雷達 2 站及微波雷達 1 站之規劃，惟考量雷達站目前皆委外維護管理，資料尚無回傳中心資料庫，相關架構及程序尚待後續研究擬定，故本案有關雷達站部分先不予規劃。
2. 各種儀器之資料定義、各系統維護頻率及資料流向未列部分，建議再補充說明。
3. 報告書之文獻回顧章節，建議可參考儀器之說明文件，及測站維護與資料品管計畫之參考文獻與投稿文章等。

112 年 8 月工作會議紀要

會議名稱：本所港灣技術研究中心第二科 112 年自行研究計畫第 2 次工作會議

時間：112 年 08 月 31 日(星期四)上午 09 時 30 分至 16 時 30 分

地點：本所港灣技術研究中心 3 樓會議室

主持人：李俊穎科長

彙整：許師瑜

出席者：如後附簽到表

主/協辦單位：本所港灣技術研究中心第二科

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 商港風力觀測系統維運作業情形摘要說明。
2. 風力觀測資料庫整合及更新進度。
3. 風力觀測資料品管作業精進及方法導入情形。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 彙整並分析主要商港潮位觀測資料。
2. 彙整 2011 至 2020 台中港潮位觀測資料及侵臺颱風資料。
3. 期末報告初稿大綱說明。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 底碇式波浪觀測系統更新、遷移及海氣象資料浮標建置。
2. 無線式水下波流觀測系統可行性評估。
3. 高雄港洲際二期港內波浪資料特性分析。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 商港海流觀測系統維運作業情形說明。
2. 臺北港海流垂直剖面流分析方式討論。
3. 年度研究報告章節編排檢討。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
2. 風電工作船軌跡與主要港埠航道交通流量。
3. 彙整高雄港海事案件資料。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 進行海洋雷達觀測應用相關文獻回顧，並完成期刊研討。
2. 報告海洋雷達設備維護與校正作業情形。
3. 報告海流監測資料品管與檢核工作。
4. 討論海流資料分析驗證情形。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港域背景觀測資料蒐集情形說明(包含底錠式波流儀、資料浮標、微波雷達)。
2. 臺北港微波雷達測站現況說明。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 完成水下遙控載具(ROV)功能分析比較。
2. 完成港區水下巡查設施項目盤點及巡查方式探討。
3. 持續蒐集國外水下無人載具應用相關文獻。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 第二試驗廠棚修繕工程及本計畫材料採購進度說明。
2. 花蓮港海氣象資料彙整。
3. 水工模型平面配置及消波設施配置。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 彙整國內外長週期波及花蓮港相關研究文獻。
2. 選定可能致災的長週期波浪類型，供後續進行分析討論。
3. 規劃測試新設造波機的斷面水槽配置。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 海氣象觀測儀器盤點系統架構之補充說明。
2. 各觀測儀器維護流程、資料流向補充說明，自主檢查表之彙

整。

3. 報告書撰寫進度說明。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 風力觀測資料品管機制及整合資料庫系統架構。
2. 商港風力觀測統計年報辦理進度。
3. 商港強風延時統計程式計算結果。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 潮位觀測年報出版研議。
2. 調和常數採用 6 個潮汐分潮。
3. 侵臺颱風路徑分析。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 蘇澳港測站更新、基隆港測站遷移與海氣象資料浮標建置進度。
2. 無線式水下波流觀測系統水下實測進度。
3. 高雄港洲際二期瑪娃颱風港內靜穩度分析成果探討。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 臺北港潮流恆流特性分析成果討論。
2. 垂直剖面流資料蒐集、分析方法及成果呈現方式探討。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 彙整國內外特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
2. 繪製 112 年 12 月 31 日前，航港局核可之非本國籍從事離岸風電工作船舶之許可，及已入級驗船中心(CR)之風電工作船軌跡。
3. 彙整高雄港之海事事務船舶航行軌跡。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 討論雷達天線間距量測與卡努颱風後雷達南站自譜與雷達地網情形。

2. 討論雷達資料(L0 級產品)品管與檢核工作。
3. 針對雷達表面海流觀測與其他觀測資料進行分析與驗證。
4. 討論雷達表面海流流向之正確性。與後續工作檢討

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港底錠式波流儀資料蒐集情形討論。
2. 臺北港資料浮標觀測資料蒐集情形討論。
3. 臺北港微波雷達觀測資料蒐集情形討論。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 水下遙控載具(ROV)功能分析說明。
2. 港區水下設施巡查項目及方式討論。
3. 國內外水下無人載具應用案例分析。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 水工模型平面配置調整。
2. 水工模型消能設施佈設方式。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 抵禦長週期波斷面水工模型試驗的成果，建議未來可提供給平面遮蔽試驗做為結構物配置參考。
2. 建議未來可考量進行防波堤的港內外兩側斷面水工模型試驗，針對同一防波堤斷面討論港內外的消波情況。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 系統架構及資料流向補充處之討論。
2. 現有管理模式及自檢表之討論。
3. 儀器資料格式及欄位之討論。

貳、重點紀要/主要結論

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 風力觀測資料品管方法尚屬妥適，原則同意納入港務公司之海氣象即時應變系統，並請將品管詳細流程納入期末報告初稿。

2. 風力觀測品管資料之可疑數據處理，建議強化人工品管檢核及回補機制，以避免資料誤刪。
3. 風力觀測統計年報資料，請於 9 月底前將報告初稿送主管核閱。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 依中央氣象局侵臺颱風路徑分析。
2. 颱風路徑對臺中港潮位影響討論。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 本年度已完成更新、遷移及建置之測站，請持續留意傳輸狀況，颱風期間各測站即時通訊情形亦需加強注意。
2. 水下無線通訊數據機通訊品質易受水面及固體邊界影響，後續觀測儀器架設計需將此因素納入考量。
3. 持續蒐集分析本年度颱風及季風期間之監測數據，測站即時系統運作情形請持續留意。
4. 高雄港洲際二期港內靜穩度請持續掌握冬季季風觀測資料，做為重點分析成果，期能獲得具代表性之成果。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 請盡速完成海流統計年報初稿。
2. 針對垂直剖面流所蒐集底碇式波流儀及資料浮標等測站資料，建議進行相關資料比對工作。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 針對高雄港海事事故發生案件，建議增加船舶 AIS 航行軌跡。
2. 有關利用 AIS 傳發海氣象觀測資料，建議可參考目前氣象局相關研究報告。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 雷達表面流觀測工作量繁重，有關高頻雷達資料品管與檢核部分，建議持續辦理品管作業，對於海流方向部分請與

SeaView 原廠討論可能造成此問題的原因，並予以排除，須確保資料演算標準與項目規範，以維持海氣象資料之正確性。

2. 本年度雷達站於今(112)年 4 月份進行調整，關於海流觀測資料分析，建議探討雷達調整前後表面海流觀測差異。
3. 關於本案主要研究項目內容，建議持續檢討，異常部分請納入分析檢討，並安排後續工作，以確保數據與期末報告之品質。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港底錠式波流儀資料完成蒐集至 112 年 3 月份。
2. 臺北港資料浮標觀測資料完成蒐集至 112 年 8 月份。
3. 自辦計畫報告中第二章及第三章建議可以合併。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 目前已蒐集國內外水下無人載具應用相關案例，建議可針對應用於港區水下巡查之案例進行分析比較。
2. 本年度計畫成果可進行彙整，並投稿相關期刊。
3. 水下無人載具之影像取得及定位測試可進行規劃，以利明年計畫進行。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 水工模型配置，建議後續可與花蓮港務分公司相關單位討論。
2. 俟水工模型規劃完成及確認試驗條件後，加強敘述相關過程。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 依照報告書章節規劃，開始依序撰寫報告書內容。
2. 分析長週期波作用機制，以構思抵禦長週期波結構物方案。
3. 針對新設造波機部分，持續跟進並調整測試規劃。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 文獻及後續規劃可參考本所港灣構造物維護管理系統及港灣環境資訊網維護之相關規劃。
2. 本中心既有設備管理 E 化系統可供參考，惟現場維護介面建議簡化並留下重要維管資訊。
3. 架構方面，需考量儀器產出原始資料保存之規劃。

112 年 10 月工作會議紀要

會議名稱：本所運輸技術研究中心第二科 112 年自行研究計畫第 3 次工作會議

時間：112 年 10 月 30 日(星期一)上午 09 時 30 分至 16 時 30 分

地點：本所運輸技術研究中心 3 樓會議室

主持人：李俊穎 副研究員

彙整：許師瑜

出席者：如後附簽到表

主/協辦單位：本所運輸技術研究中心第二科

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 商港風力觀測系統維運作業情形摘要說明。
2. 風力觀測資料分析結果說明。
3. 期末報告撰寫進度。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 完成主要商港潮位資料統計分析。
2. 完成 2011 至 2020 臺中港潮位觀測資料及侵臺颱風資料分析。
3. 期末報告初稿大綱概述。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 波浪觀測系統更新、遷移及海氣象資料浮標建置。
2. 水下無線傳輸技術應用於底碇式波流觀測系統可行性評估。
3. 高雄港洲際二期港內波浪資料特性分析。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 臺北港海流垂直剖面流分析方式討論。
2. 年度研究報告章節編排檢討及撰寫進度說明。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
2. 船舶動態與海氣象資訊應用分析。
3. 彙整海事案件資料。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 進行海洋雷達觀測應用相關文獻回顧。
2. 辦理南站雷達天線組更換，報告海洋雷達設備維護與校正作業情形。
3. 報告海流監測資料品管與檢核工作。
4. 與國外教授探討海流資料比對結果，討論海流資料分析驗證情形。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港域背景觀測資料蒐集情形說明(包含底碇式波流儀、資料浮標、微波雷達)。
2. 臺北港微波雷達測站現況說明。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 完成港區水下巡查設施項目盤點及巡查方式探討。
2. 完成水下遙控載具(ROV)功能分析比較及國內外文獻回顧。
3. 進行水下遙控載具定位試驗之初步規劃。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 第二試驗廠棚修繕工程及本計畫材料採購進度說明。
2. 花蓮港海氣象資料彙整。
3. 水工模型平面配置及消波設施配置。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 彙整長週期波致災案例及分析破壞機制。
2. 研提長週期波消能結構物方案及未來研究方向。
3. 期末報告書撰寫。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 本所海氣象觀測既有管理模式風險之說明。
2. 海氣象觀測數位化管理系統架構規劃說明。
3. 海氣象觀測資料庫管理規劃說明。
4. 報告書撰寫進度說明。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 商港風力觀測特性及強陣風分析結果。
2. 商港颱風分析內容及產出項目。
3. 期末報告章節編排。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 侵臺颱風路徑分析。
2. 侵臺颱風路徑對臺中港潮位影響分析探討。
3. 年度研究報告章節編排檢討。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 商港波浪觀測站運作情形及海氣象資料浮標建置進度。
2. 無線式水下波流觀測系統於大型斷面水槽測試結果。
3. 高雄港洲際二期港內靜穩度分析成果探討。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 臺北港潮流特性分析成果討論。
2. 垂直剖面流資料蒐集、分析方法及成果呈現方式探討。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 彙整國內外特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
2. 繪製航港局核可之非本國籍從事離岸風電工作船舶之許可，及已入級驗船中心(CR)之風電工作船軌跡，並針對軌跡異常船舶進行說明。
3. 分析船舶動態與當日海氣象狀況。
3. 彙整高雄港之海事事務船舶航行軌跡。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 辦理南側雷達站資料品管與檢核工作
2. 於10月5-6日第45屆海洋工程研討會辦理發表研究成果。
3. 本所與國家海洋研究院、交通部中央氣象署、國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心與國立成功大學近海水文中心，共同舉辦2023年海洋達人工作坊，進行臺灣海洋雷達遙測發展與技術交流。
4. 討論雷達表面海流流向之正確性。與後續數據追算工作。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港底碇式波流儀資料蒐集情形討論。
2. 臺北港資料浮標觀測資料蒐集情形討論。
3. 臺北港微波雷達觀測資料蒐集情形討論。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 水下遙控載具(ROV)功能分析說明。
2. 港區水下設施巡查項目及方式討論。
3. 國內外水下無人載具應用案例分析及定位測試之初步規劃。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 水工模型消能設施形式之構思。
2. 花蓮港未來觀光發展議題及港內構造物改善。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 針對花蓮港的現況，討論消減長週期波能的結構物或設施配置方式。
2. 討論於花蓮港內，設置抵禦長週期波結構物或設施的之可行性。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 海氣象觀測數位化管理系統架構規劃之討論。
2. 海氣象觀測資料庫管理規劃之討論。

3. 後續工作事項及報告書撰寫之討論。
4. 113 年度工作規劃及委外事項之討論。

貳、重點紀要/主要結論

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 本計畫原則符合工作計畫書之各項進度，請依限完成期末報告撰擬，並於 12 月中旬召開期末報告審查。
2. 同一港區不同測站之風力資料比對是否存在時間位相差，建議可進一步檢查。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 颱風路徑對臺中港潮位影響討論。
2. 自辦計畫報告書於 11 月底初稿完成。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 已建置完成之資料浮標測站，請留意系統運作情形，霧燈及夜間警示燈須確保正常運作。
2. 大型斷面水槽測試結果顯示，已可透過水下聲學數據機與 AWAC 溝通，但隨著通訊距離拉長，訊號傳遞呈現不穩定情形，本年度獲取之相關數據，可做為後續開放海域實測應用參考。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 請盡速完成年度研究報告初稿。
2. 針對垂直剖面流所蒐集底碇式波流儀及資料浮標等測站資料，建議進行相關資料比對工作。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 針對電子海圖顯示與資訊系統目前使用中心舊版 S-57 海圖，建議可向國土測會中心購置新版海圖。
2. 有關利用蘇澳港漁船及漁具濫用 AIS，建議可移除不列入考量，避免誤解。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 有關高頻雷達資料品管與檢核部分，建議持續辦理品管作業，並盡快完成 SeaView 資料演算工作，以維持海氣象資料之正確性。
2. 本年度報告書建議將原機關單位名稱，修改為組改過後名稱，以免發生名稱錯植與其他誤會。
3. 關於本案主要研究項目內容，建議持續檢討，並盡快完成報告書初稿撰寫工作，以確保期末報告之品質。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港底碇式波流儀資料完成蒐集至 112 年 3 月份。
2. 臺北港資料浮標觀測資料完成蒐集至 112 年 10 月份。
3. 波向資料異常，可能為匯出資料時之設定問題，應再檢視。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 就目前已蒐集之港區水下巡查設施及方式，再進行分類及探討，研擬可優先適用於水下無人載具巡查之物件。
2. 本年度計畫成果可進行彙整，並投稿相關期刊。
3. 建議針對目前盤點之港區水下巡查標的物，蒐集合適作業之水下無人載具，以利進行明年定位試驗。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 水工模型配置，預計於 12 月中旬與花蓮港務分公司相關單位討論。
2. 俟水工模型規劃完成及確認試驗條件後，加強敘述相關過程。
3. 請妥善彙整過往相關研究。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 依照報告書章節規劃，於期程內完成報告書撰寫。
2. 再深入探討長週期波作用機制，加強抵禦長週期波結構物方案內容。
3. 針對新設造波機部分，持續跟進並確認測試規劃。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 有關時序列資料及 RAW 檔資料上傳及下載連結，規劃須考量該網址或路徑變更時系統如何管理維護。
2. 後續年度之實施計畫，基礎資料建置為重要步驟，建議強化匯入功能，將既有基本資料表單直接匯入以減少人力負擔；另考慮強化資料匯出功能，將本所需產出資料簡便匯出。系統便易性及其他擴充功能期於後續透過使用者回饋精進。
3. 所內人員訪談請接續進行，並建議邀請測站目前維護廠商進行訪談，討論實際需要及規劃架構是否有其他問題。

附錄三

開發程式碼

程式碼 1：風力觀測資料(年報)統計程式

```
1. import pandas as pd
2. import numpy as np
3. import math
4. import matplotlib
5. import windrose          #需要先安裝 WINDROSE 套件庫
6. from windrose import WindroseAxes
7. from scipy import stats
8. from matplotlib import cm,colors
9. from matplotlib import pyplot as plt
10. from matplotlib.pyplot import figure, show, rc
11. from matplotlib.ticker import FuncFormatter
12.
13. def Read_Raw_Data(RawData):
14.     #讀入原始資料，並針對時間做標準化排序
15.
16.         df_RAW=pd.read_csv(RawData,usecols=('Date_Time','WS_AVG','WD_AVG','WS_MAX','
17.             WD_MAX'))
18.     df_RAW['Date_Time'] = pd.to_datetime(df_RAW['Date_Time'],format="%Y-%m-%d
19.         %H:%M:%S")
20.     df_RAW=df_RAW.sort_values(['Date_Time'], ascending=True)
21.     #檢查重複值
22.     df_duplication=df_RAW[df_RAW.duplicated(['Date_Time'])]
23.     #篩選合理值
24.     #風速應介於 0~65、風向應介於 0~360
25.
26.         df_data=df_RAW[(df_RAW['WS_AVG']>=0)&(df_RAW['WS_AVG']<65)&(df_RAW['WD_
27.             AVG']>=0)&(df_RAW['WD_AVG']<=360)&
28.             (df_RAW['WS_MAX']>=0)&(df_RAW['WS_MAX']<65)&(df_RAW['WD_MAX']>=0)&(df_
29.             RAW['WD_MAX']<=360)]
30.
31.         df_error=df_RAW[(df_RAW['WS_AVG']<0)|(df_RAW['WS_AVG']>=65)|(df_RAW['WD_A
32.             VG']<0)|(df_RAW['WD_AVG']>360)|
33.             (df_RAW['WS_MAX']<0)|(df_RAW['WS_MAX']>=65)|(df_RAW['WD_MAX']<0)|(df_RAW[
34.             'WD_MAX']>360)]
35.
36.     #取整點資料
37.     df_H=df_data[df_data['Date_Time'].dt.minute==0]
38.     return df_H
39.
40. def winddirection_analysis(df):
41.     WS_labels_1 = ['輕風', '和風', '強風', '疾風']
42.     WS_category_1 = [0.,3.3,7.9,13.8,70.]
43.     WD_labels_1 = ['N~E', 'E~S', 'S~W', 'W~N']
44.     WD_category_1 = [-11.25,78.75,168.75,258.75,348.75]
```

```

33. WS_labels_2 = ['靜風','軟風','輕風','微風','和風','清風','強風','疾風','大風','烈風','狂風','暴風','颶風
1','颶風 2','颶風 3','颶風 4']
34. WS_category_2 = [0.,0.3,1.5,3.3,5.4,7.9,10.7,13.8,17.1,20.7,24.4,28.4,32.6,36.9,41.4,46.1,70.]
35. WD_labels_2 = ['N', 'NNE', 'NE',
'ENE','E','ESE','SE','SSE','S','SSW','SW','WSW','W','WNW','NW','NNW']
36. WD_category_2 = [-
11.25,11.25,33.75,56.25,78.75,101.25,123.75,146.25,168.75,191.25,213.75,236.25,258.7
5,281.25,303.75,326.25,348.75]
37. WD_labels_3 = ['N', 'NE','E','SE','S','SW','W','NW']
38. WD_category_3 = [-22.5,22.5,67.5,112.5,157.5,202.5,247.5,292.5,337.5]
39. df['WD_2']=df.WD_AVG.apply(lambda x:x-360 if x>=348.75 else x)
40. df['WD_3']=df.WD_AVG.apply(lambda x:x-360 if x>=337.5 else x)
41. df['Time_year_month'] = df.Date_Time.apply(lambda x:x.strftime("%Y-%m")) #時間以"
年-月"進行分析
42. df['Time_year'] = df.Date_Time.apply(lambda x:x.strftime("%Y")) #時間以"年"進行分析
43. df['Time_month'] = df.Date_Time.apply(lambda x:x.strftime("%m")) #時間以"月"進行分
析
44. def season(x):
45.     if x in ['03','04','05']:
46.         return 'Q1-spring'
47.     elif x in ['06','07','08']:
48.         return 'Q2-summer'
49.     elif x in ['09','10','11']:
50.         return 'Q3-autumn'
51.     elif x in ['12','01','02']:
52.         return 'Q4-winter'
53.     else:
54.         return 'NaN'
55. def group_year(x,y):
56.     if y=='01'or y=='02':
57.         temp_x=int(x)-1
58.         return str(temp_x)
59.     else:
60.         return str(x)
61. def report_year(x,y):
62.     if y=='12':
63.         temp_x=int(x)+1
64.         return str(temp_x)
65.     else:
66.         return str(x)
67. df['season'] = df.Time_month.apply(lambda x:season(x))
68. df['Wind_level_1'] = pd.cut(df['WS_AVG'], labels=WS_labels_1,
bins=WS_category_1,right=False)
69. df['Wind_level_2'] = pd.cut(df['WS_AVG'], labels=WS_labels_2,
bins=WS_category_2,right=False)

```

```

70. df['WD_2']=df.WD_AVG.apply(lambda x:x-360 if x>=348.75 else x)
71. df['Wind_derection_4'] = pd.cut(df['WD_2'], labels=WD_labels_1,
    bins=WD_category_1,right=False)
72. df['Wind_derection_16'] = pd.cut(df['WD_2'], labels=WD_labels_2,
    bins=WD_category_2,right=False)
73. df['group_year']=df.apply(lambda x:group_year(x['Time_year'],x['Time_month']),axis=1)
74. df['report_year']=df.apply(lambda x:report_year(x['Time_year'],x['Time_month']),axis=1)
75. df['group_year_season']=df.apply(lambda x:str(x['group_year'])+'-'+str(x['season']),axis=1)
76. df['all']=df.apply(lambda x:'all',axis=1)
77. return df[['Date_Time','WS_AVG','WD_AVG','WS_MAX','WD_MAX',
    'Wind_level_1','Wind_derection_4',
    'Wind_level_2','Wind_derection_16','Time_year_month','Time_year','Time_month','seas
    on','group_year','report_year','group_year_season','all']]
78.
79. def Statistic_table(df_H,Time_Method):
80.     #統計各年度各月份之觀測點數、風速平均值
81.     df_output_count=df_H.groupby(Time_Method).agg(start_and_end_time=('Date_Time',lambda
    x:f'{x.min()}~{x.max()}'),count=('Date_Time',len),WS_AVG=('WS_AVG',np.mean))
82.     #統計各年度各月份之小時平均風速最大值、對應風向、發生時間
83.     df_output_MAX=df_H.groupby(Time_Method)[['WS_AVG']].idxmax().assign(WS_MAX=lambda
    x:df_H.loc[x.WS_AVG]['WS_AVG'].values,
84.
    WD_MAX=lambda x:df_H.loc[x.WS_AVG]['Wind_derection_16'].values,
85.
    T_MAX=lambda x:df_H.loc[x.WS_AVG]['Date_Time'].values)
86.     df_output_MAX.drop(columns=['WS_AVG'],inplace=True)
87.     #統計各年度各月份之風速分群百分比
88.     df_output_WS_LEVEL_1= df_H.groupby([Time_Method,'Wind_level_1']).agg({'Date_Time':len})
89.     df_output_WS_LEVEL_1_percent = df_output_WS_LEVEL_1.groupby(level=0).apply(lambda
    x:100 * x /
    float(x.sum()))).pivot_table(index=Time_Method,columns='Wind_level_1',values='Date
    _Time')
90.     df_output_WS_LEVEL_1_percent.rename(columns={'Date_Time': 'percentage'},inplace=True)
91.     #統計各年度各月份之風向分群百分比
92.     df_output_WD_LEVEL_1=
    df_H.groupby([Time_Method,'Wind_derection_4']).agg({'Date_Time':len})
93.     df_output_WD_LEVEL_1_percent = df_output_WD_LEVEL_1.groupby(level=0).apply(lambda
    x:100 * x /
    float(x.sum()))).pivot_table(index=Time_Method,columns='Wind_derection_4',values='
    Date_Time')
94.     df_output_WD_LEVEL_1_percent.rename(columns={'Date_Time': 'percentage'},inplace=True)
95.     #計算風向眾數
96.
    df_output_mode_count=df_H.groupby(Time_Method).agg(MODE_WD=('Wind_derect

```

```

ion_16',lambda x:x.mode()),modepercent=('Wind_derection_16',lambda
x:float(stats.mode(x)[-1][0])*100/float(x.count()))
97. #合併檔案輸出
98.
df_output_table=pd.concat([df_output_count,df_output_MAX,df_output_WS_LEVEL_1_
percent,df_output_WD_LEVEL_1_percent,df_output_mode_count],axis=1)
99. #表格欄位正規化
100. df_output_table=df_output_table[['start_and_end_time','count', 'WS_AVG', 'WS_MAX',
'WD_MAX', 'T_MAX', '輕風', '和風', '強風', '疾風','N~E', 'E~S', 'S~W',
'W~N','MODE_WD','modepercent']]
101. return df_output_table
102.
103. def Table2_3(df,report_year,x):
104. temp_df=df[df['report_year']==report_year]
105. Table_1=Statistic_table(temp_df,'Time_year_month')
106. Table_2=Statistic_table(df,'Time_month')
107. Table_3=Statistic_table(temp_df,'group_year_season')
108. Table_4=Statistic_table(df,'season')
109. Table_5=Statistic_table(temp_df,'report_year')
110. Table_6=Statistic_table(df,'all')
111. if x=='a':
112. Table2_3a=pd.concat([Table_1,Table_3,Table_5],axis=0)
113. return Table2_3a
114. elif x=='b':
115. Table2_3b=pd.concat([Table_2,Table_4,Table_6],axis=0)
116. return Table2_3b
117. else:
118. return 'Error'
119.
120. def Table2_4(df,Report_year,x):
121. Windspeed=['靜風','軟風','輕風','微風','和風','清風', '強風', '疾風','大風','烈風','狂風','暴風','颶風 1','
颶風 2','颶風 3','颶風 4']
122. Winddirection=['N', 'NNE', 'NE',
'ENE','E','ESE','SE','SSE','S','SSW','SW','WSW','W','WNW','NW','NNW','靜風']
123. Table_WS=pd.DataFrame(columns=Windspeed)
124. Table_WD=pd.DataFrame(columns=Winddirection)
125. def WS_percent(df_H,Time_Method,WS_WD):
126. if WS_WD=='WS':
127. WW='Wind_level_2'
128. elif WS_WD=='WD':
129. WW='Wind_derection_16_2'
130. else:
131. return 'NaN'
132. temp_df= df_H.groupby([Time_Method,WW]).agg({'Date_Time':len})

```

```

133.     temp_df_percent=temp_df.groupby(level=0).apply(lambda x:100 * x /
            float(x.sum())),pivot_table(index=Time_Method,columns=WW,values='Date_Time').fill
            na(0)
134.     return temp_df_percent
135.     df['Wind_derection_16_2']=df.apply(lambda x: '靜風' if x['Wind_level_2']=='靜風' else
            x['Wind_derection_16'],axis=1)
136.     temp_year_df=df[df['report_year']==Report_year]
137.     for i in ['Time_year_month','group_year_season','report_year']:
138.         for j in ['WS','WD']:
139.             globals()['Table_' + str(i)+'_'+str(j)]=WS_percent(temp_year_df,i,j)
140.     for m in ['Time_month','season','all']:
141.         for n in ['WS','WD']:
142.             globals()['Table_' + str(m)+'_'+str(n)]=WS_percent(df,m,n)
143.
            Table2_4a=pd.concat([Table_WS,Table_Time_year_month_WS,Table_group_year_seas
            on_WS,Table_report_year_WS],axis=0)
144.
            Table2_4b=pd.concat([Table_WD,Table_Time_year_month_WD,Table_group_year_seas
            on_WD,Table_report_year_WD],axis=0)
145.
            Table2_4c=pd.concat([Table_WS,Table_Time_month_WS,Table_season_WS,Table_all_
            WS],axis=0)
146.
            Table2_4d=pd.concat([Table_WD,Table_Time_month_WD,Table_season_WD,Table_all_
            WD],axis=0)
147.     Table2_4a=Table2_4a[Windspeed].fillna(0)
148.     Table2_4b=Table2_4b[Winddirection].fillna(0)
149.     Table2_4c=Table2_4c[Windspeed].fillna(0)
150.     Table2_4d=Table2_4d[Winddirection].fillna(0)
151.     DIC={'a':Table2_4a,'b':Table2_4b,'c':Table2_4c,'d':Table2_4d}
152.     Table=DIC[x]
153.     return Table
154.
155. def Table2_5(df,Report_year,x):
156.     DIC={'a':'Q4-winter','b':'Q4-winter','c':'Q1-spring','d':'Q1-spring','e':'Q2-summer','f':'Q2-
            summer','g':'Q3-autumn','h':'Q3-autumn','i':'all','j':'all'}
157.     Windspeed=['靜風','軟風','輕風','微風','和風','清風','強風','疾風','大風','烈風','狂風','暴風','颶風 1','
            颶風 2','颶風 3','颶風 4']
158.     Winddirection=['N', 'NNE', 'NE',
            'ENE','E','ESE','SE','SSE','S','SSW','SW','WSW','W','WNW','NW','NNW']
159.     group=DIC[x]
160.     Table_WD=pd.DataFrame(index=Windspeed,columns=Winddirection)
161.     if x=='a'or x=='c'or x=='e'or x=='g':
162.         temp_year_df=df[df['report_year']==Report_year]
163.         group_x='season'

```

```

164.     elif x=='b'or x=='d'or x=='f'or x=='h':
165.         temp_year_df=df
166.         group_x='season'
167.     elif x=='i':
168.         temp_year_df=df[df['report_year']==Report_year]
169.         group_x='all'
170.     elif x=='j':
171.         temp_year_df=df
172.         group_x='all'
173.     else:
174.         return 'Error'
175.     df_season=
176.         temp_year_df[temp_year_df[group_x]==group].groupby(['Wind_level_2','Wind_derection_16']).agg({'Date_Time':len})
177.     df_season_percent = df_season.apply(lambda x:100 * x /
178.         float(x.sum())),pivot_table(index='Wind_level_2',columns='Wind_derection_16',values
179.         ='Date_Time').fillna(0)
180.     Table2_5=Table_WD.combine_first(df_season_percent).fillna(0)
181.     Table2_5_1=Table2_5.reindex(['靜風','軟風','輕風','微風','和風','清風','強風','疾風','大風','烈風','狂
182.         風','暴風','颶風 1','颶風 2','颶風 3','颶風 4'])
183.     return Table2_5_1
184.
185. def plot_windrose(df,Report_year,Station_ID9):
186.     plt.rcParams["patch.force_edgecolor"] = True
187.     plt.rc('axes',axisbelow=True)
188.     plt.rcParams['font.family']='Microsoft JhengHei' #設定顯示中文(微軟正黑體)
189.     df['Wind_derection_16_2']=df.apply(lambda x: '靜風' if x['Wind_level_2']=='靜風' else
190.         x['Wind_derection_16'],axis=1)
191.     temp_df=df[df['report_year']==Report_year]
192.     df_report_ROSE=
193.         temp_df.groupby(['Wind_level_1','Wind_derection_16_2']).agg({'Date_Time':len})
194.     data = df_report_ROSE.apply(lambda x:100 * x /
195.         float(x.sum())),pivot_table(index='Wind_level_1',columns='Wind_derection_16_2',valu
196.         es='Date_Time').fillna(0)
197.     CLAM=data.iloc[0].at['靜風']
198.     data=data[['N', 'NNE', 'NE',
199.         'ENE','E','ESE','SE','SSE','S','SSW','SW','WSW','W','WNW','NW','NNW']]
200.     N = 16 # 分佈為 16 個方向
201.     theta = np.linspace(0, 2*np.pi, N, endpoint=False) # 獲取 16 個角度值
202.     width = np.pi / N # 繪製扇型的寬度, 可以自行調整
203.     cmap=cm.get_cmap('Set3',N)
204.     #color=[colors.rgb2hex(cmap(i)[:3]) for i in range(cmap.N)] #從顏色資料庫取得-顏色設定
205.     color=['#377eb8','#4daf4a','#ffff00','#e41a1c'] #自定義顏色
206.     labels = list(data.columns) # 自定義座標標籤為 N , NSN, .....
207.     # 開始繪圖

```

```

200. plt.figure(figsize=(8,8),dpi=200)
201. ax = plt.subplot(111, projection='polar')
202. color_i=0
203. bottom_y=0.0
204. for idx in data.index:
205.     # 每一行繪製一個扇形
206.     radii = data.loc[idx] # 每一行數據
207.     ax.bar(theta, radii, width=width, bottom=bottom_y, label=idx,
208.           tick_label=labels,color=color[color_i])
209.     bottom_y=bottom_y+radii.values
210.     color_i=color_i+1
211. ax.set_rlabel_position(25) #設置 Y 軸文字百分比的角度
212. ax.set_theta_zero_location('N') #設置零度方向北
213. ax.set_theta_direction(-1) # 逆時針方向繪圖
214. ax.text(0,-5,str(CLAM.round(1))+ '%',fontSize=10) #中間文字
215. plt.xticks(fontsize=10)
216. plt.ylim(-5,50) #Y 軸中間框的大小(負越多越大)及最大百分比
217. plt.title(Report_year+'年 ' +Station_ID9+' 玫瑰圖')
218. plt.legend(loc=4, bbox_to_anchor=(1.25, 0.5)) # 將 label 顯示出來, 並調整位置
219. plt.show()
220. #-----
221. #以下為主程式區
222. #-----
223. if __name__ == '__main__':
224.     #年報 Year
225.     Report_year='2022'
226.     Station_ID9='MTWD01M10'
227.     file_name='QC_data_'+str(Station_ID9)+'.csv' #使用 QC 後的資料
228.     #讀取 RawData、去除重複值、篩選合理值、取整點資料
229.     #df_Input=Read_Raw_Data(r'MTWD01M10-all.csv')
230.     df_Input=Read_Raw_Data(file_name)
231.     #資料標籤及分類
232.     df_wind_class=winddirection_analysis(df_Input)
233.     #產製表 2-3
234.     Table2_3a=Table2_3(df_wind_class,Report_year,'a')
235.     Table2_3b=Table2_3(df_wind_class,Report_year,'b')
236.     #產製表 2-4
237.     for T4 in ['a','b','c','d']:
238.         globals()['Table2_4' + str(T4)]=Table2_4(df_wind_class,Report_year,T4)
239.     #產製表 2-5
240.     for T5 in ['a','b','c','d','e','f','g','h','i','j']:
241.         globals()['Table2_5' + str(T5)]=Table2_5(df_wind_class,Report_year,T5)
242.     #繪製風玫瑰圖
243.     plot_windrose(df_wind_class,Report_year,Station_ID9)

```

程式碼 2：風力資料品管程式

```
1. import pandas as pd
2. import numpy as np
3. import math
4. import matplotlib.pyplot as plt
5.
6. def read_data(RawData,Time_Start,Time_End,Station_ID9):
7.
8.     df_RAW=pd.read_csv(RawData,usecols=('Date_Time','Station_ID9','WS_AVG','WD_AVG','WS_MAX','WD_MAX'))
9.     df_RAW['Date_Time'] = pd.to_datetime(df_RAW['Date_Time'],format="%Y-%m-%d %H:%M:%S")
10.    df_RAW=df_RAW.sort_values(['Date_Time'], ascending=True)
11.    df_RAW2=df_RAW[df_RAW['Station_ID9']==Station_ID9]
12.    df_analysis=df_RAW2[df_RAW2['Date_Time'].between(Time_Start,Time_End)]
13.    df_analysis=df_analysis.round({'WS_AVG':2,'WD_AVG':2,'WS_MAX':2,'WD_MAX':2})
14.    df_analysis.index = pd.to_datetime(df_analysis['Date_Time'],format="%Y-%m-%d %H:%M:%S") #建立時間序列
15.    df_analysis=df_analysis[['Date_Time','WS_AVG','WD_AVG','WS_MAX','WD_MAX']]
16.    df_interval_10min=df_analysis.resample(rule='10Min').mean()
17.    df_interval_10min.reset_index(inplace=True)
18.    df_interval_10min['Station_ID9']=df_interval_10min.apply(lambda x:Station_ID9,axis=1)
19.    return
20.    df_interval_10min[['Date_Time','Station_ID9','WS_AVG','WD_AVG','WS_MAX','WD_MAX']]
21.
22. def QARTOD_Test_4(df,Sensor_min,Sensor_max,User_min,User_max):
23.     def step_4_1(x,Sensor_min,Sensor_max,User_min,User_max):
24.         if x<Sensor_min or x>Sensor_max:
25.             return '4'
26.         elif x<User_min or x>User_max:
27.             return '3'
28.         elif x>=User_min and x<=User_max:
29.             return '1'
30.         else:
31.             return '2'
32.     def step_4_2(a,b,c,d):
33.         if a=='1' and b=='1' and c=='1' and d=='1':
34.             return '1'
35.         elif a=='4' or b=='4' or c=='4' or d=='4':
36.             return '4'
37.         elif a=='3' or c=='3':
38.             return '3'
39.         else:
40.             return '2'
```

```

39.     df['Test_4_1']=df.apply(lambda
x:step_4_1(x['WS_AVG'],Sensor_min,Sensor_max,User_min,User_max),axis=1)
40.     df['Test_4_2']=df.apply(lambda x:step_4_1(x['WD_AVG'],0,360,0,360),axis=1)
41.     df['Test_4_3']=df.apply(lambda
x:step_4_1(x['WS_MAX'],Sensor_min,Sensor_max,User_min,User_max),axis=1)
42.     df['Test_4_4']=df.apply(lambda x:step_4_1(x['WD_MAX'],0,360,0,360),axis=1)
43.     df['Test_4']=df.apply(lambda
x:step_4_2(x['Test_4_1'],x['Test_4_2'],x['Test_4_3'],x['Test_4_4']),axis=1)
44.     return df[['Date_Time','Station_ID9','WS_AVG','WD_AVG','WS_MAX','WD_MAX','Test_4']]
45.
46. def QARTOD_Test_5(df):
47.     def season(x):
48.         if x in ['03','04','05']:
49.             return 'Q1-spring'
50.         elif x in ['06','07','08']:
51.             return 'Q2-summer'
52.         elif x in ['09','10','11']:
53.             return 'Q3-autumn'
54.         elif x in ['12','01','02']:
55.             return 'Q4-winter'
56.         else:
57.             return 'NaN'
58.     def step_5_1(s,a,b):
59.         if a!=a:
60.             return '2'
61.         else:
62.             if s=='Q1-spring':
63.                 if a>=20 and b>=40:
64.                     return '3'
65.                 else:
66.                     return '1'
67.             elif s=='Q2-summer':
68.                 if a>=25 and b>=50:
69.                     return '3'
70.                 else:
71.                     return '1'
72.             elif s=='Q3-autumn':
73.                 if a>=25 and b>=50:
74.                     return '3'
75.                 else:
76.                     return '1'
77.             elif s=='Q4-winter':
78.                 if a>=25 and b>=50:
79.                     return '3'
80.             else:

```

```

81.         return '1'
82.     else:
83.         return '2'
84.     df['Time_month'] = df.Date_Time.apply(lambda x:x.strftime("%m"))      #時間以"月"進行
    分析
85.     df['season'] = df.Time_month.apply(lambda x:season(x))
86.     df['Test_5']=df.apply(lambda x:step_5_1(x['season'],x['WS_AVG'],x['WS_MAX']),axis=1)
87.     return
    df[['Date_Time','Station_ID9','WS_AVG','WD_AVG','WS_MAX','WD_MAX','Test_4','Test_5']]
88.
89. def QARTOD_Test_6(df):
90.     def THRSILD_check(x,y):
91.         if x!=x:
92.             return '2'
93.         elif abs(x-y)>40:
94.             return '4'
95.         elif abs(x-y)<= 40 and abs(x-y)>20:
96.             return '3'
97.         else:
98.             return '1'
99.     df['V-1']=df['WS_AVG'].shift(1)
100.    df['V1']=df['WS_AVG'].shift(-1)
101.    df['SPK_REF']=df.apply(lambda x: (x['V-1']+x['V1'])/2 ,axis=1)
102.    df['Test_6']=df.apply(lambda x: THRSILD_check(x['WS_AVG'],x['SPK_REF']) ,axis=1)
103.    return
    df[['Date_Time','Station_ID9','WS_AVG','WD_AVG','WS_MAX','WD_MAX','Test_4','Test_5','Test_6']]
104.
105. def QARTOD_Test_7(df):
106.    df.index = pd.to_datetime(df['Date_Time'],format="%Y-%m-%d %H:%M:%S")
107.    def step_7_1(x,y,std):
108.        if abs(x-y)>3*std:
109.            return '3'
110.        elif abs(x-y)<= 3*std:
111.            return '1'
112.        else:
113.            return '2'
114.    df['WS_AVG_std']=df['WS_AVG'].rolling('480min',min_periods=30,closed='right').std()
115.    df['V-1']=df['WS_AVG'].shift(1)
116.    df['Test_7']=df.apply(lambda x: step_7_1(x['WS_AVG'],x['V-1'],x['WS_AVG_std']) ,axis=1)
117.    df.reset_index(drop=True,inplace=True)
118.    return
    df[['Date_Time','Station_ID9','WS_AVG','WD_AVG','WS_MAX','WD_MAX','Test_4','Test_5','Test_6','
    Test_7']]
119.
120. def QARTOD_Test_8(df):
121.    df['D1']=df['WS_AVG'].shift(1)

```

```

122. df['D2']=df['WS_AVG'].shift(2)
123. df['D3']=df['WS_AVG'].shift(3)
124. df['D4']=df['WS_AVG'].shift(4)
125. def step_8_1(x,a,b,c,d):
126.     threshold=0.01
127.     def check_null(k):
128.         if k!=k:
129.             return 'False'
130.         else:
131.             return 'True'
132.     A=[check_null(x)]
133.     B=[check_null(a),check_null(b),check_null(c),check_null(d)]
134.     C=[check_null(a),check_null(b)]
135.     D=[check_null(c),check_null(d)]
136.     num=A.count('True')
137.     num0=B.count('True')
138.     num1=C.count('True')
139.     num2=D.count('True')
140.     if num==1:
141.         if num1 < 2:
142.             return '2'
143.         elif num1 == 2:
144.             if num2 < 2 and abs(a-x) <= threshold and abs(b-x) <= threshold:
145.                 return '3'
146.             elif num2 == 2 and abs(a-x) <= threshold and abs(b-x) <= threshold and abs(c-
x) <= threshold and abs(d-x) <= threshold:
147.                 return '4'
148.             else:
149.                 return '1'
150.         else:
151.             return '2'
152.     else:
153.         return '2'
154. df['Test_8']=df.apply(lambda x: step_8_1(x['WS_AVG'],x['D1'],x['D2'],x['D3'],x['D4']),axis=1)
155. return
df[['Date_Time','Station_ID9','WS_AVG','WD_AVG','WS_MAX','WD_MAX','Test_4','Test_5','Test_6','
Test_7','Test_8']]
156.
157. def QARTOD_Test_9(df):
158.     def step_9_1(x,y,k):
159.         if x!=x or y!=y or x<0.01 or y<0.01:
160.             return '2'
161.         elif y/x>k and x>=5.0:
162.             return '3'
163.         else:

```

```

164.         return '1'
165.     df['Test_9']=df.apply(lambda x:step_9_1(x['WS_AVG'],x['WS_MAX'],2.5),axis=1)
166.     return
167.     df[['Date_Time','Station_ID9','WS_AVG','WD_AVG','WS_MAX','WD_MAX','Test_4','Test_5','Test_6','
168.         Test_7','Test_8','Test_9']]
169.
170. def QARTOD_Test_10(df):
171.     df.index = pd.to_datetime(df['Date_Time'],format="%Y-%m-%d %H:%M:%S")
172.     def step_10_1(std,a,b):
173.         if std<a:
174.             return '4'
175.         elif std>=a and std<=b:
176.             return '3'
177.         elif std >=b:
178.             return '1'
179.         else:
180.             return '2'
181.     def data_marker(X,T4,T5,T6,T7,T8,T9,T10):
182.         K=[T4,T5,T6,T7,T8,T9,T10]
183.         num1=K.count('1')
184.         num2=K.count('2')
185.         num3=K.count('3')
186.         num4=K.count('4')
187.         if X!=X:
188.             return '2'
189.         elif num4>0:
190.             return '4'
191.         elif num3>=2:
192.             return '3'
193.         else:
194.             return '1'
195.     df['WS_AVG_std']=df['WS_AVG'].rolling('720min',min_periods=70,closed='right').std()
196.     df['Test_10']=df.apply(lambda x: step_10_1(x['WS_AVG_std'],0.01,0.05) ,axis=1)
197.     df.reset_index(drop=True,inplace=True)
198.     df['Test_final']=df.apply(lambda x:
199.         data_marker(x['WS_AVG'],x['Test_4'],x['Test_5'],x['Test_6'],x['Test_7'],x['Test_8'],x['Test_9'],x['Test_1
200.         0']),axis=1)
201.     return
202.     df[['Date_Time','Station_ID9','WS_AVG','WD_AVG','WS_MAX','WD_MAX','Test_4','Test_5','Test_6','
203.         Test_7','Test_8','Test_9','Test_10','Test_final']]
204.
205. def data_output(df):
206.     df2=df[df['Test_final']=='1']
207.     return df2[['Date_Time','Station_ID9','WS_AVG','WD_AVG','WS_MAX','WD_MAX']]

```

```

205.
206. if __name__ == '__main__':
207.
208.     Station_ID9='PHWD02M10'
209.     file_name=str(Station_ID9)+'.csv'
210.     df_RAW=read_data(file_name,'2023-10-01 00:00:00','2023-11-01 00:00:00', Station_ID9)
211.
212.
213.     #Test4 極值檢查(合理性檢驗)
214.     df_test_4=QARTOD_Test_4(df_RAW,0,65,0,40)
215.     print('Test4_資料數: ',df_test_4['Test_4'].shape[0],end='\n')
216.     print('Test4_通過數: ',df_test_4[df_test_4['Test_4']=='1'].shape[0],end='\n')
217.     print('Test4_可疑數: ',df_test_4[df_test_4['Test_4']=='3'].shape[0],end='\n')
218.     print('Test4_不通過數: ',df_test_4[df_test_4['Test_4']=='4'].shape[0],end='\n')
219.     print('Test4_其他: ',df_test_4[df_test_4['Test_4']=='2'].shape[0],end='\n')
220.     print('Test4_不通過資料: \n',df_test_4[df_test_4['Test_4']=='4'],end='\n')
221.
222.     #Test5 季節檢查(合理性檢驗)
223.     df_test_5=QARTOD_Test_5(df_test_4)
224.     print('Test5_資料數: ',df_test_5['Test_5'].shape[0],end='\n')
225.     print('Test5_通過數: ',df_test_5[df_test_5['Test_5']=='1'].shape[0],end='\n')
226.     print('Test5_可疑數: ',df_test_5[df_test_5['Test_5']=='3'].shape[0],end='\n')
227.     print('Test5_其他: ',df_test_5[df_test_5['Test_5']=='2'].shape[0],end='\n')
228.     print('Test5_可疑資料: \n',df_test_5[df_test_5['Test_5']=='3'],end='\n')
229.
230.     #Test6 離群值檢查(連續性檢驗)
231.     df_test_6=QARTOD_Test_6(df_test_5)
232.     print('Test6_資料數: ',df_test_6['Test_6'].shape[0],end='\n')
233.     print('Test6_通過數: ',df_test_6[df_test_6['Test_6']=='1'].shape[0],end='\n')
234.     print('Test6_不通過數: ',df_test_6[df_test_6['Test_6']=='4'].shape[0],end='\n')
235.     print('Test6_可疑數: ',df_test_6[df_test_6['Test_6']=='3'].shape[0],end='\n')
236.     print('Test6_其他: ',df_test_6[df_test_6['Test_6']=='2'].shape[0],end='\n')
237.     print('Test6_不通過資料: \n',df_test_6[df_test_6['Test_6']=='4'],end='\n')
238.
239.     #Test7 標準差檢查(連續性檢驗)
240.     df_test_7=QARTOD_Test_7(df_test_6)
241.     print('Test7_資料數: ',df_test_7['Test_7'].shape[0],end='\n')
242.     print('Test7_通過數: ',df_test_7[df_test_7['Test_7']=='1'].shape[0],end='\n')
243.     print('Test7_可疑數: ',df_test_7[df_test_7['Test_7']=='3'].shape[0],end='\n')
244.     print('Test7_其他: ',df_test_7[df_test_7['Test_7']=='2'].shape[0],end='\n')
245.     print('Test7_可疑資料: \n',df_test_7[df_test_7['Test_7']=='3'],end='\n')
246.
247.     #Test8 短時間資料變化檢查(連續性檢驗)
248.     df_test_8=QARTOD_Test_8(df_test_7)
249.     print('Test8_資料數: ',df_test_8['Test_8'].shape[0],end='\n')
250.     print('Test8_通過數: ',df_test_8[df_test_8['Test_8']=='1'].shape[0],end='\n')
251.     print('Test8_不通過數: ',df_test_8[df_test_8['Test_8']=='4'].shape[0],end='\n')
252.     print('Test8_可疑數: ',df_test_8[df_test_8['Test_8']=='3'].shape[0],end='\n')

```

```

253.     print('Test8_其他: ',df_test_8[df_test_8['Test_8']==='2'].shape[0],end='\n')
254.     print('Test8_不通過資料: \n',df_test_8[df_test_8['Test_8']==='4'],end='\n')
255.
256.     #Test7 標準差檢查(連續性檢驗)
257.     df_test_9=QARTOD_Test_9(df_test_8)
258.     print('Test9_資料數: ',df_test_9['Test_9'].shape[0],end='\n')
259.     print('Test9_通過數: ',df_test_9[df_test_9['Test_9']==='1'].shape[0],end='\n')
260.     print('Test9_可疑數: ',df_test_9[df_test_9['Test_9']==='3'].shape[0],end='\n')
261.     print('Test9_其他: ',df_test_9[df_test_9['Test_9']==='2'].shape[0],end='\n')
262.     print('Test9_可疑資料: \n',df_test_9[df_test_9['Test_9']==='3'],end='\n')
263.
264.     #Test10 長時間資料變化檢查(連續性檢驗)
265.     df_test_10=QARTOD_Test_10(df_test_9)
266.     print('Test10_資料數: ',df_test_10['Test_10'].shape[0],end='\n')
267.     print('Test10_通過數: ',df_test_10[df_test_10['Test_10']==='1'].shape[0],end='\n')
268.     print('Test10_不通過數: ',df_test_10[df_test_10['Test_10']==='4'].shape[0],end='\n')
269.     print('Test10_可疑數: ',df_test_10[df_test_10['Test_10']==='3'].shape[0],end='\n')
270.     print('Test10_其他: ',df_test_10[df_test_10['Test_10']==='2'].shape[0],end='\n')
271.     print('Test10_不通過資料: \n',df_test_10[df_test_10['Test_10']==='4'],end='\n')
272.
273.     print('品管_資料數: ',df_test_10['Test_final'].shape[0],end='\n')
274.     print('品管_通過數: ',df_test_10[df_test_10['Test_final']==='1'].shape[0],end='\n')
275.     print('品管_不通過數: ',df_test_10[df_test_10['Test_final']==='4'].shape[0],end='\n')
276.     print('品管_可疑數: ',df_test_10[df_test_10['Test_final']==='3'].shape[0],end='\n')
277.     print('品管_其他: ',df_test_10[df_test_10['Test_final']==='2'].shape[0],end='\n')
278.     print('品管_不通過資料: \n',df_test_10[df_test_10['Test_final']==='4'],end='\n')
279.
280.     #匯出最後資料
281.     QC_data=data_output(df_test_10)
282.
283.     df_test_10.to_csv('TEST_final_'+Station_ID9+'.csv')
284.     QC_data.to_csv('QC_data_'+Station_ID9+'.csv')

```

程式碼 3：紊流強度分析程式

```
1. import pandas as pd
2. import numpy as np
3. import math
4. import matplotlib.pyplot as plt
5.
6. def read_data(RawData,Time_Start,Time_End,Time_frequency):
7.     df_RAW=pd.read_csv(RawData,usecols=('Date_Time','WS','WD'))
8.     df_RAW['Date_Time'] = pd.to_datetime(df_RAW['Date_Time'],format="%Y-%m-%d
    %H:%M:%S")
9.     df_RAW=df_RAW.sort_values(['Date_Time'], ascending=True)
10.    #計算 u、V 分量(以 x-y 軸表示)
11.    df_RAW['WS_x']=df_RAW.apply(lambda x:(x['WS']*math.sin(x['WD']*math.pi/180)),axis=1)
12.    df_RAW['WS_y']=df_RAW.apply(lambda x:(x['WS']*math.cos(x['WD']*math.pi/180)),axis=1)
13.    df_RAW['WD_x']=df_RAW.WD.apply(lambda x:(math.sin(x*math.pi/180)))
14.    df_RAW['WD_y']=df_RAW.WD.apply(lambda x:(math.cos(x*math.pi/180)))
15.    #風速應介於 0~65、風向應介於 0~360
16.
17.    df_data=df_RAW[(df_RAW['WS']>=0)&(df_RAW['WS']<65)&(df_RAW['WD']>=0)&(df_RAW['WD']
    <=360)]
18.    #指定分析時間區間
19.    df_analysis=df_data[df_data['Date_Time'].between(Time_Start,Time_End)]
20.    #分析區間重採樣(取 1 分鐘)
21.    df_analysis.set_index('Date_Time', inplace=True)
22.    df_1min=df_analysis.resample(rule =
    Time_frequency).agg(WS_mean=('WS',np.mean),WS_std=('WS',np.std),WS_x=('WS_x',np.mean),
    WS_y=('WS_y',np.mean),WD_x=('WD_x',np.mean),WD_y=('WD_y',np.mean))
23.    df_1min['turbulent']=df_1min.apply(lambda x:(x['WS_std']/x['WS_mean']*100),axis=1)
24.    df_1min['WD_mean']=df_1min.apply(lambda x:math.atan2(-x['WD_x'],-
    x['WD_y'])*180/math.pi+180,axis=1)
25.    return df_1min[['WS_mean','turbulent','WD_mean']]
26.
27. def winddirection_analysis(df,WS_class,WD_class):
28.     WS_labels_1 = ['輕風','和風','強風','疾風']
29.     WS_category_1 = [0,3.3,7.9,13.8,70.]
30.     WD_labels_1 = ['N~E','E~S','S~W','W~N']
31.     WD_category_1 = [-11.25,78.75,168.75,258.75,348.75]
32.     WS_labels_2 = ['靜風','軟風','輕風','微風','和風','清風','強風','疾風','大風','烈風','狂風','暴風','颶風
    1','颶風 2','颶風 3','颶風 4']
33.     WS_category_2 = [0,0.3,1.5,3.3,5.4,7.9,10.7,13.8,17.1,20.7,24.4,28.4,32.6,36.9,41.4,46.1,70.]
34.     WD_labels_2 = ['N','NNE','NE',
    'ENE','E','ESE','SE','SSE','S','SSW','SW','WSW','W','WNW','NW','NNW']
```

```

34.     WD_category_2 = [-
      11.25,11.25,33.75,56.25,78.75,101.25,123.75,146.25,168.75,191.25,213.75,236.25,258.75,281.25,30
      3.75,326.25,348.75]

35.     WD_labels_3 = ['N', 'NE','E','SE','S','SW','W','NW']
36.     WD_category_3 = [-22.5,22.5,67.5,112.5,157.5,202.5,247.5,292.5,337.5]
37.     df['WD_2']=df.WD_mean.apply(lambda x:x-360 if x>=348.75 else x)
38.     df['WD_3']=df.WD_mean.apply(lambda x:x-360 if x>=337.5 else x)
39.     if WS_class=='1' and WD_class=='4':
40.         df['Wind_level'] = pd.cut(df['WS_mean'], labels=WS_labels_1,
      bins=WS_category_1,right=False)
41.         df['Wind_derection'] = pd.cut(df['WD_2'], labels=WD_labels_1,
      bins=WD_category_1,right=False)
42.         return df[['WS_mean', 'turbulent', 'WD_mean', 'Wind_level','Wind_derection']]
43.     elif WS_class=='2' and WD_class=='4':
44.         df['Wind_level'] = pd.cut(df['WS_mean'], labels=WS_labels_2,
      bins=WS_category_2,right=False)
45.         df['Wind_derection'] = pd.cut(df['WD_2'], labels=WD_labels_1,
      bins=WD_category_1,right=False)
46.         return df[['WS_mean', 'turbulent', 'WD_mean', 'Wind_level','Wind_derection']]
47.     elif WS_class=='1' and WD_class=='8':
48.         df['Wind_level'] = pd.cut(df['WS_mean'], labels=WS_labels_1,
      bins=WS_category_1,right=False)
49.         df['Wind_derection'] = pd.cut(df['WD_3'], labels=WD_labels_3,
      bins=WD_category_3,right=False)
50.         return df[['WS_mean', 'turbulent', 'WD_mean', 'Wind_level','Wind_derection']]
51.     elif WS_class=='2' and WD_class=='8':
52.         df['Wind_level'] = pd.cut(df['WS_mean'], labels=WS_labels_2,
      bins=WS_category_2,right=False)
53.         df['Wind_derection'] = pd.cut(df['WD_3'], labels=WD_labels_3,
      bins=WD_category_3,right=False)
54.         return df[['WS_mean', 'turbulent', 'WD_mean', 'Wind_level','Wind_derection']]
55.     elif WS_class=='1' and WD_class=='16':
56.         df['Wind_level'] = pd.cut(df['WS_mean'], labels=WS_labels_1,
      bins=WS_category_1,right=False)
57.         df['Wind_derection'] = pd.cut(df['WD_2'], labels=WD_labels_2,
      bins=WD_category_2,right=False)
58.         return df[['WS_mean', 'turbulent', 'WD_mean', 'Wind_level','Wind_derection']]
59.     elif WS_class=='2' and WD_class=='16':
60.         df['Wind_level'] = pd.cut(df['WS_mean'], labels=WS_labels_2,
      bins=WS_category_2,right=False)
61.         df['Wind_derection'] = pd.cut(df['WD_2'], labels=WD_labels_2,
      bins=WD_category_2,right=False)
62.         return df[['WS_mean', 'turbulent', 'WD_mean', 'Wind_level','Wind_derection']]
63.     else:

```

```

64.         return print('error')
65.
66. def turbulent_statistic(df):
67.
68.     df_WD_statis=df.groupby('Wind_derection').agg(count=('turbulent',len),Max_turb=('turbulent',m
69.     ax),Mean_turb=('turbulent',np.mean))
70.     return df_WD_statis
71.
72. def plot_scatter_turbulent(df):
73.     group=df['Wind_derection'].unique()
74.     fig=plt.figure(figsize=(10,7))
75.     for i in range(0,len(group)-1):
76.         temp_df=df[df.Wind_derection==group[i]]
77.         plt.scatter(temp_df.WS_mean,temp_df.turbulent,label=group[i])
78.     plt.xlabel('Wind speed (m/s)')
79.     plt.ylabel('turbulent(%)')
80.     plt.legend(loc='upper right')
81.     plt.show()
82.
83. def plot_3D_scatter(df,WD_show):
84.     fig=plt.figure(figsize=(10,7))
85.     ax=plt.axes(projection='3d')
86.     temp_df=df[df.Wind_derection==WD_show]
87.     ax.scatter(temp_df['WS_mean'],temp_df['WD_mean'],temp_df['turbulent'])
88.     ax.set_xlabel('Wind speed (m/s)')
89.     ax.set_ylabel('Wind derection')
90.     ax.set_zlabel('turbulent(%)')
91.     plt.show()
92.
93. def plot_3D_scatter2(df,WD_class):
94.     #與 plot_3D_scatter3 結果相同, 但給定 group 之風向分群方式再輸出結果
95.     group1=['N~E', 'E~S', 'S~W', 'W~N']
96.     group2=['N', 'NE', 'E', 'SE', 'S', 'SW', 'W', 'NW']
97.     group3=['N', 'NNE', 'NE',
98.     'ENE', 'E', 'ESE', 'SE', 'SSE', 'S', 'SSW', 'SW', 'WSW', 'W', 'WNW', 'NW', 'NNW']
99.     if WD_class=='4':
100.         group=group1
101.     elif WD_class=='8':
102.         group=group2
103.     elif WD_class=='16':
104.         group=group3
105.     else:
106.         return 'error_plot'
107.     fig=plt.figure(figsize=(10,7))
108.     ax=plt.axes(projection='3d')

```

```

108.     for i in range(0,int(WD_class)):
109.         temp_df=df[df.Wind_derection==group[i]]
110.
111.         ax.scatter(temp_df['WS_mean'],temp_df['WD_mean'],temp_df['turbulent'],label=group[i])
112.         ax.set_xlabel('Wind speed (m/s)')
113.         ax.set_ylabel('Wind derection')
114.         ax.set_zlabel('turbulent(%)')
115.         plt.legend(loc='upper right')
116.         plt.show()
117.
118. def plot_3D_scatter3(df):
119.     #與 plot_3D_scatter2 結果相同，但程式碼更簡單，會自動判定 group 組成，再直接輸出結果，不
120.     #進行風向判定
121.     group=df['Wind_derection'].unique()
122.     fig=plt.figure(figsize=(10,7))
123.     ax=plt.axes(projection='3d')
124.     for i in range(0,len(group)-1):
125.         temp_df=df[df.Wind_derection==group[i]]
126.
127.         ax.scatter(temp_df['WS_mean'],temp_df['WD_mean'],temp_df['turbulent'],label=group[i])
128.         ax.set_xlabel('Wind speed (m/s)')
129.         ax.set_ylabel('Wind derection')
130.         ax.set_zlabel('turbulent(%)')
131.         plt.legend(loc='upper right')
132.         plt.show()
133.
134. def plot_boxplot(df,Station_ID):
135.     #plt.rcParams['font.family']='Microsoft JhengHei' #設定顯示中文(微軟正黑體)
136.     plt.figure(dpi=300,figsize=(30,15))
137.     df.boxplot(column='turbulent', by='Wind_derection')
138.     plt.xlabel('Wind derection',fontsize=10)
139.     plt.ylabel('turbulent(%)',fontsize=10)
140.     plt.title(Station_ID)
141.     plt.suptitle('')
142.     plt.xticks(fontsize=8)
143.     plt.yticks(fontsize=8)
144.     plt.ylim(0,120)
145.     plt.show()
146.
147. if __name__=='__main__':
148.     #讀入檔案名稱、分析起始時間、分析結束時間、資料分析頻率
149.     #原始檔案應包括'Date_Time','WS','WD'等 3 個欄位
150.     #資料分析頻率：係將每秒資料重新計算為 1min、或 10min、或 1hour (可自選)
151.     Station_ID='TCWD15'
152.     file_name=str(Station_ID)+'S01.csv'

```

```

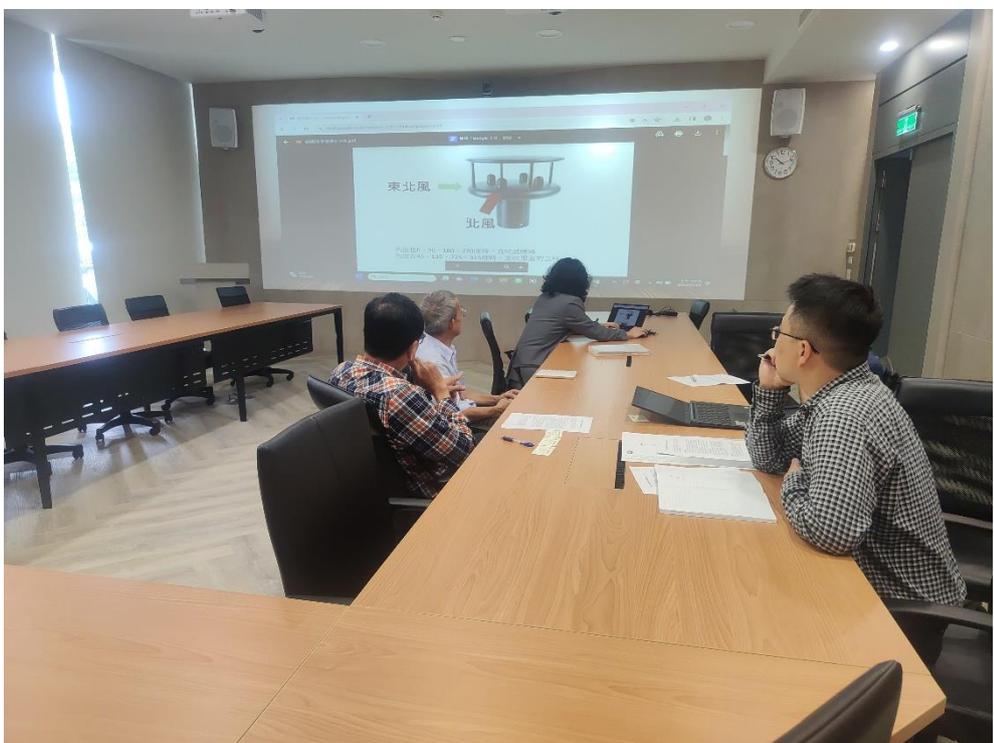
152. df_TimeWindow=read_data(file_name,'2023-10-04 00:00:00','2023-10-06 12:00:00','1min')
153.
154. #針對風速及風向分群
155. WS_class='2' #風速分級 1: 分 4 級、風速分級 2: 分 16 級
156. WD_class='8' #風向分級: 4、8、16
157. df_wind_class=winddirection_analysis(df_TimeWindow,WS_class,WD_class)
158. print(df_wind_class)
159.
160. #紊流強度統計(依風向)
161. df_turb_statis=turbulent_statistic(df_wind_class)
162. print(df_turb_statis)
163.
164. #繪製散佈圖
165. plot_scatter_turbulent(df_wind_class)
166.
167. #繪製 3D 散佈圖(指定特定風向輸出結果)
168. plot_3D_scatter(df_wind_class,'N')
169.
170. #繪製 3D 散佈圖 2(不指定特定風向輸出結果)
171. #該版本會依據所有風向輸出結果
172. plot_3D_scatter2(df_wind_class,WD_class)
173.
174. #繪製 3D 散佈圖 3
175. #該版本會依據所有風向輸出結果，但未觀測到該風向數據時，則不顯示。
176. plot_3D_scatter3(df_wind_class)
177.
178. #繪製盒子圖
179. plot_boxplot(df_wind_class,Station_ID)

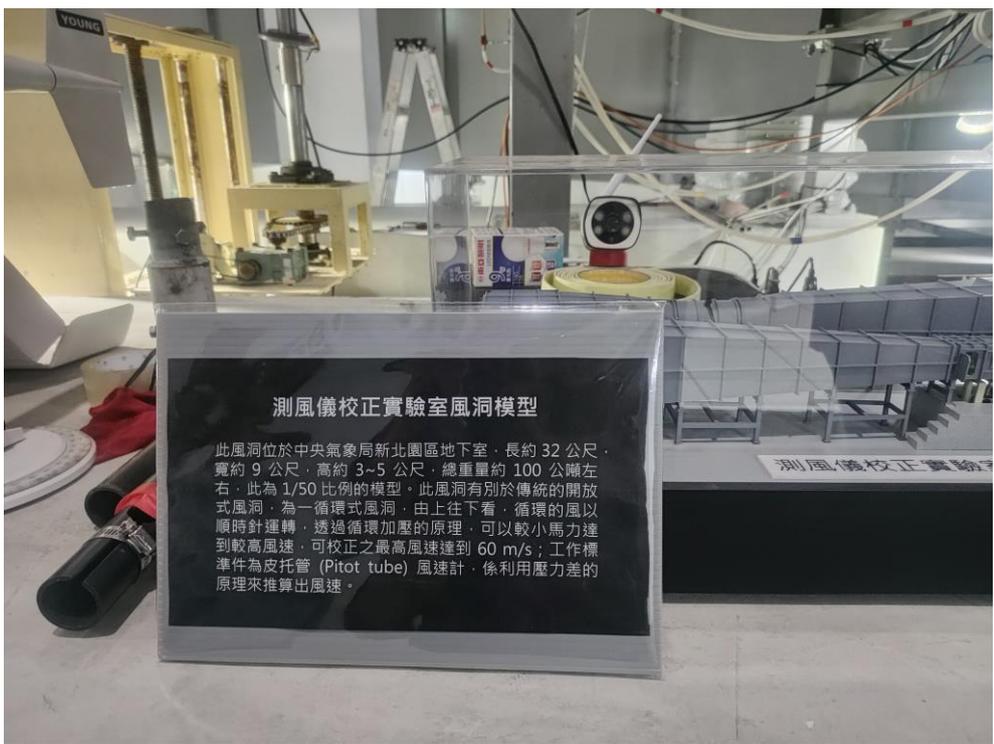
```


附錄四

參訪中央氣象署氣象儀器檢校中心

112.11.16 參訪中央氣象署氣象儀器檢校中心

照片	說明
	檢校中心大門
	研究人員意見交流

照片	說明
	<p>全國最大的風洞實驗室</p>
 <p data-bbox="427 1406 694 1435">測風儀校正實驗室風洞模型</p> <p data-bbox="368 1451 762 1608">此風洞位於中央氣象局新北園區地下室，長約 32 公尺，寬約 9 公尺，高約 3~5 公尺，總重量約 100 公噸左右，此為 1/50 比例的模型。此風洞有別於傳統的開放式風洞，為一循環式風洞，由上往下看，循環的風以順時針旋轉，透過循環加壓的原理，可以較小馬力達到較高風速，可校正之最高風速達到 60 m/s；工作標準作為皮托管 (Pitot tube) 風速計，係利用壓力差的原理來推算出風速。</p>	<p>風洞模型說明</p>

照片	說明
	<p>風速計檢校情形</p>
	<p>頂樓風速測站</p>

附錄五

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：商港風力觀測及統計分析

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
(一) 國立臺灣海洋大學林鼎傑助理教授	
1. 計畫內容成果豐碩，實用性極高，值得肯定。	感謝委員肯定。
2. P3-4, 3.2 風力品管精進部分，建議可列入(或補強內容)： (1)極端值的處理(判定是否為不合理的數據)。 (2)「品管流程圖」，以利後續使用者或延續型計畫能夠持續使用。	在風力品管上，在極端值的處理主要是依據儀器可量測的合理性進行判定，另外各資料均會進行 9 項檢查程序，再利用 9 項檢查程序之結果進行綜合(人工)判定。
3. P4-2 至 P4-6 各港之風力統計數據，除本文論述外，建議可設計表格彙整，以利閱讀。	已整理如表 4-2~4-11。
4. P4-7 至 P4-11，Wind rose 的輕風、和風及強風，建議可於本文加註其定義，以利使用者或初學者判讀。	已於風玫瑰圖加註。
5. P4-26 至 P4-28，颱風路徑之不同是否會影響風之紊流強度計算，結果，若是，建議可彙整結果於本文中。	颱風路徑會影響紊流強度的計算，其中近 2 年的颱風路徑主要為 4、6、7 路徑，未來會持續蒐集更多颱風案例，再將不同路徑之颱風進行比較分析。
6. 本計畫所得之實測資料是否有規劃且系統性公開予合適平台供有使用需求的使用者來使用。	目前本所已透過政府資料開放平臺提供 10 分鐘一筆之風力觀測資料，提供各界參考應用。
7. 季風時期的風力特性是否需特別提出分析。	季風時期之風力特性分析已納入 113 年「商港風力觀測技術精進及強風特性分析之研究」。
(二) 臺灣港務股份有限公司盧佩玢經理	
1. 本報告內容完整，資料彙整清楚。	感謝委員肯定。
2. 表 2-2 風力測站建議補充馬祖港，另測站位置圖建議補充馬祖港。	已補充馬祖港相關資訊。
3. 風速計訂定使用年限 3 年即更換，是否可透過檢修延長使用年限，或評估其他堪用情況下先不更換新品。	本計畫採用二維超音波式風速計之使用年限原則可達 5 年以上，惟考量港區之高濕高鹽環境條件，對於儀器探頭之影響較大，容易

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
	造成量測誤差，因此律定以 3 年更換為原則。另舊品可經校正後做為次要測站之儀器使用。
4. 系統妥善率偏低之測站，是否可分析其損壞原因，像是地點位置不佳，或周遭環境致其損壞率偏高。	風力觀測系統妥善率主要受到傳輸系統及電力系統之影響，本計畫於 2022 年起，陸續導入耐候型的數據傳輸系統，並強化電力系統維護保養機制，已有顯著成效。
(三) 蘇青和博士	
1. 臺灣商港風力長期觀測多年累積完整成果，不管即時或長期統計資訊，甚具實用價值，風力資料蒐集率、品管、分析方法皆有效提昇，值得肯定。	感謝委員肯定。
2. 各港觀測風力測站甚多(包括氣象署、水利署等單位)，未來建議增加各港主要測站與其他測站「風歷線圖」，並放置於附錄。	將納入 2023 年港灣風力觀測資料統計年報參考。
3. 各港資料蒐集率皆甚高，未來建議主要測站與其他測站進行相關分析，並對主要測站做「資料補遺」，最後再做相關聯統計分析(例如風力延時)。	測站相關性分析已規劃納入 113 年「商港風力觀測技術精進及強風特性分析之研究」，至於資料補遺課題，尚涉及測站高程、季節特性、修正因子等要素，考量目前風力系統穩定性極高，需進行補遺的資料不多，未來將俟各測站相關性分析結果，再納入研究課題。
4. 風力觀測位置高度不一，未來建議增加提供標準 10m 高的風力資訊，若經費許可，可做垂直剖面觀測。	目前已規劃於 113 年「商港風力觀測技術精進及強風特性分析之研究」，透過風力指數律之公式估算 10 米高程之風速資料，惟該估算資料受到地表粗糙度或結構物影響，並非實際值，未來會規劃透過實驗設計方式，進行修正因子之探討研究，以提供較為可信的風力資料。
5. 建議增加每小時最大風(陣風)之基本統計表，逐時平均風與最大風歷線比較圖可置於附錄。	已規劃納入 113 年「商港風力觀測技術精進及強風特性分析之研究」。
6. 研究報告有 10 個商港，年報僅有 8 個商港。	2022 年風力觀測年報目前僅提供臺灣本島商港之觀測資料，後續已規劃將離島資料納入。
7. 報告 4.2 節，強風及陣風延時統計分析，宜考量季節對其差異性(表 4.2~4.6)。	已規劃納入 113 年「商港風力觀測技術精進及強風特性分析之研究」。

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
(四) 本所運輸技術研究中心謝幼屏副研究員	
1. 本研究蒐集詳細的港口風力觀測資訊並進行觀測資料品管檢核、分析港區風力特性，對於港灣規劃、港埠建設與船舶航行等方面均極具參考應用價值，在研究過程中研究團隊投入大量的人力與時間進行儀器設備建置維護、資料分析整理，工作的投入與努力值得肯定。	感謝委員肯定。
2. 請問臺灣在冬季吹東北季風，各港域的主要風向大多為東北—西南向，但蘇澳港的主要風向為西北風，是因為地形關係嗎？	蘇澳港屬於天然港灣，地形三面環山，受到地形因素容易造成風向擾動，而產生較大的變化，因此，在東北季風期間，蘇澳港區內的風力觀測站主要為西北風。
3. 第四章各颱風主要測站風力歷線圖、風力紊流強度分析圖以黑白列印看不清楚，建議後續正式報告印製時以彩色列印。	已納入報告出版之參考。
4. 表 4-7 在侵台路徑分類欄中，「---」是表示颱風未侵台吧？請在表下加註說明。	已於報告表 4-7 加註。
(五) 本所運輸技術研究中心李俊穎副研究員	
1. 請補充報告中英文摘要部分。	已補充中英文摘要。
2. 建議將風力資料品管標記部分，可就最後整理出 9 項程序所需要品管程序製表說明。報告內文字風向角度上下限為 0~359，程式內已調整為小於 360 較合理，建議報告內微調文字。	在風力品管上，各資料均會進行 9 項檢查程序，再利用 9 項檢查程序之結果進行綜合(人工)判定。已修正為 0~360。
3. 綜合品管部分如被標記為未通過品管既不對外展示，那後續有無規劃人工品管部分？	目前綜合品管係採用自動化品管機制輸出暫存資料，再針對錯誤資料進一步進行人工檢查確認後，再寫入風力品管資料庫。
4. 表 4-3 馬祖港 2019 年之前與 2020 年之後特性差異頗大，是否受測站位置影響，建議補述說明。	馬祖福澳港目前有 2 組風速計，受地形及建築物影響，風向之差異性較大，後續將再檢視修正。
5. 圖 4-13、4-15、4-17、4-19 內之文字過小且未有單位，請再修改。	其縱軸單位為風速(m/s)、橫軸為時間。

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
(六) 本所運輸技術研究中心林有騰助理研究員	
1. P2-2 (8)10 分鐘內之每分鐘資料未達 10 筆，亦不編報 10 分鐘資料，是否有誤繕？	10 分鐘資料係由 10 筆 1 分鐘之資料計算求得，考量統計的完整性，目前係要求每筆資料均有蒐集，才會編報 10 分鐘資料。
2. P2-4、P3-8 各測站系統妥善率及風力資料品管通過率並沒有提及馬祖港，而 P4-1 進行港區風力特性分析卻有馬祖港資料，請再釐清。	已補充馬祖妥善率及品管通過率資料。
3. P3-5 短時距離群值的計算若選擇以 QARTOD 手冊建議之三階差分公式進行離群值判定，使用 QARTOD 建議門檻值有較高的狀況，建議閾值的選擇可從長期觀測資料得出適當之值。	本計畫短時距離群之計算係使用相鄰數據點 (n-2 和 n0) 之平均值做參考點，考量三階差分計算會受到資料連續性之影像較相鄰數據點平均方法為大，容易產生無法檢查的結果，因此暫未使用三階差分方法。
4. P3-8 品管通過率：品管通過筆數/(資料回傳筆數-無法檢查筆數)，請問無法檢查的觀測資料是否也會展示並進行特性分析呢？	無法檢查的資料常見在部分缺漏、時間不連續，因此不適用 QARTOD 檢查程序，其資料原則會先予剔除。
5. P4-1 表 4-1，馬祖港架設距地高度應為 19.686m，建議釐清。	已修正儀器高度為 17.8m。