

115-017-7E17  
MOTC-IOT-114-H2CA001f

# 智慧航安與海氣象資訊應用探討 (4/4) — 整合船舶智慧航行管理 系統



交通部運輸研究所

中華民國 115 年 3 月

115-017-7E17  
MOTC-IOT-114-H2CA001f

# 智慧航安與海氣象資訊應用探討 (4/4) — 整合船舶智慧航行管理 系統

著者：黃茂信、李俊穎、曹勝傑、陳子健、鄭信鴻

交通部運輸研究所

中華民國 115 年 3 月

智慧航安與海氣象資訊應用探討. (4/4) : 整合船舶智慧航行管理系統 / 黃茂信, 李俊穎, 曹勝傑, 陳子健, 鄭信鴻著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民 115.03

面 ; 公分

ISBN 978-986-531-747-8(平裝)

1. CST: 船舶 2. CST: 港埠 3. CST: 航運管理  
4. CST: 海洋氣象

557.4

115001238

智慧航安與海氣象資訊應用探討(4/4)-整合船舶智慧航行管理系統

著者：黃茂信、李俊穎、曹勝傑、陳子健、鄭信鴻

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](http://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 115 年 3 月

印刷者：

版(刷)次冊數：初版一刷 44 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：180 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)2349-6789

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

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

GPN：1011500187 ISBN：ISBN 978-986-531-747-8(平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

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

115 智慧航安與海氣象資訊應用探討(上)(下)——整合船舶智慧航行管理系統

交通部運輸研究所

GPN: 1011500187

定價 180 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：智慧航安與海氣象資訊應用探討（4/4）—整合船舶智慧航行管理系統			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-747-8(平裝)	政府出版品統一編號 1011500187	運輸研究所出版品編號 115-017-7E17	計畫編號 MOTC-IOT-114-H2CA001f
本所主辦單位：運輸技術研究中心 主管：蔡立宏 計畫主持人：黃茂信 研究人員：李俊穎、曹勝傑、陳子健、鄭信鴻 聯絡電話：(04)2658-7120 傳真號碼：(04)2657-1329			研究期間 自 114 年 1 月 至 114 年 12 月
關鍵詞：船舶自動辨識系統、特高頻資料交換系統、AI 技術			
<p>為有效提升船舶海上航行安全，本計畫運用航港局船舶自動識別系統（AIS）航行資料進行加值分析，聚焦智慧航安與海氣象資訊於現代海運管理之應用，並強調特高頻資料交換系統（VDES）的發展，以及臺灣周圍海域船舶資料蒐集與交通流分析，以強化我國港口服務與船舶監控預警之技術發展，期能推動運輸科技深化智慧化航運之目標。特高頻資料交換系統（VDES）為近年航海領域之先進通信技術，被視為提升船舶通訊、航行安全與航運效率之關鍵。本計畫針對其發展現況、國際標準制定進程，以及在船舶通信、海事通信與航行安全等面向之應用進行探討，並於芳苑燈塔設置「船舶特高頻資料交換（VDES）」測試站，以促進我國海域航行安全並提升搜救效能，提供航港局推動智慧航安相關計畫之參考。本計畫完成 AIS 船舶動態資料庫之介接與整併，提出 AIS 點位資料轉換與 GIS 航跡密度分析方法，並將海氣象觀測與近岸預測資訊（含 TaiCOMs 及公開雲圖、雷達與颱風資訊）整合至船舶監控預警系統，以提升態勢感知與風險判讀能力。並進一步探討 AI 技術導入航行安全整合系統之方法鏈，涵蓋多源資料治理、特徵工程、異常偵測與短期風險預測、事件化告警與可視化介面設計，並提出離線回放、影子模式與受控上線之驗證流程，以確保模型輸出具備可解釋性、可採行性與可稽核性。</p> <p>本計畫成果效益及後續應用如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 蒐集國內外特高頻資料交換系統（VDES）之相關研究與技術文件，研析評估對於國內船舶安全與管理上之助益，提供後續港灣規劃與航行管理之應用參考。</li> <li>2. 蒐集臺灣周圍海域及各主要港口等船舶資料，以利運用資訊整合等研究方法進行蒐集船舶動態資料，分析與統計臺灣海域船舶交通流量與航線軌跡。</li> <li>3. 整合船舶動態與海氣象資訊即時模組，提供權責單位做為海上交通管理之應用。</li> </ol>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
115 年 3 月	195	180	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**

<b>TITLE: Application of Smart Aviation Safety and Marine Meteorological Information (4/4) – Integrated Intelligent Vessel Navigation Management System</b>			
ISBN(OR ISSN) 978-986-531-747-8(pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011500187	IOT SERIAL NUMBER 115-017-7E17	PROJECT NUMBER MOTC-IOT-114-H2CA001f
DIVISION : Transportation Technology Research Center DIVISION DIRECTOR : Li-Hung Tsai PRINCIPAL INVESTIGATOR : Mao-Hsin Huang PROJECT STAFF : Chun-Ying Lee, Sheng-Chieh Tsao, Tzu-Chien Chen, Sin-Hong Jheng PHONE : (04)2658-7120 FAX : (04)2657-1329			PROJECT PERIOD FROM Jan. 2025 TO Dec. 2025
<b>KEY WORDS: Automatic Identification System , VDES , AI integration approach</b>			
<p>To enhance maritime navigation safety, this project applies value-added analytics to vessel traffic data from the Maritime and Port Bureau’s AIS. It focuses on intelligent navigation safety and ocean–meteorological information for modern maritime management, emphasizing VDES development and vessel data collection and traffic-flow analysis in waters surrounding Taiwan. These efforts strengthen port service capabilities and support vessel monitoring and early warning, advancing smart shipping through transportation technology. VDES is an advanced maritime communication technology that can improve ship communications, navigation safety, and operational efficiency. This project reviews VDES development, international standardization, and key applications, and establishes a VDES test station at Fangyuan Lighthouse to enhance navigation safety and search-and-rescue effectiveness. In addition, the project consolidates an AIS dynamic vessel database, develops a GIS-based trajectory density analysis workflow, and integrates ocean–meteorological observations and nearshore forecasts (TaiCOMs, satellite cloud imagery, radar products, and typhoon information) into a monitoring and early warning system to improve situational awareness and risk interpretation. It also proposes an end-to-end AI integration approach—covering data governance, feature engineering, anomaly detection, short-term risk prediction, event-driven alerting, and visualization—validated through offline replay, shadow mode, and controlled deployment to ensure explainable, actionable, and auditable outputs.</p> <p>The benefits and subsequent applications of the project are as follows:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conduct a comprehensive review of domestic and international research and technical documents on the Very High-Frequency Data Exchange System (VDES). Analyze and assess the potential benefits of VDES for enhancing domestic ship safety and management. The findings should inform subsequent port planning and navigation management applications.</li> <li>2. Develop an application module for statistically analyzing the types of ships entering and leaving the waters around Taiwan and major commercial ports. This module should also analyze traffic flow and track density distribution for the major shipping routes on the east and west sides of Taiwan, including offshore wind farm areas.</li> <li>3. Conduct a comprehensive analysis of the maritime meteorological characteristics of northern, central, southern, and eastern ports. Integrate real-time modules for ship dynamics and marine meteorological information. Provide relevant authorities with applications for the management of maritime traffic.</li> </ol>			
DATE OF PUBLICATION Mar. 2026	NUMBER OF PAGES 195	PRICE 180	
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.....	VIII
第一章 緒論.....	1-1
1.1 計畫緣起與目的.....	1-1
1.2 計畫範圍與對象.....	1-4
1.3 計畫內容與工作項目.....	1-4
第二章 特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況.....	2-1
2.1 船舶通訊系統現況分析.....	2-1
2.2 國際標準趨勢發展.....	2-9
2.3 VDES 情境與案例說明.....	2-11
2.4 系統架構及資料交換測試.....	2-17
第三章 精進海氣象資訊於船舶監控預警系統.....	3-1
3.1 AIS 資料來源.....	3-2
3.2 資料格式的轉換.....	3-4
3.3 地理資訊系統 QGIS 的運用.....	3-6
3.4 臺灣周圍海域船舶交通流密集區域.....	3-9
3.5 船舶監控預警系統.....	3-19
第四章 探討 AI 技術於船舶航行安全整合系統.....	4-1
4.1 主動預警技術.....	4-1
4.2 AI 系統整體架構規劃.....	4-5
4.3 AI 模型與風險辨識方法.....	4-8
4.4 預警機制與人機協作.....	4-12
4.5 驗證評估與情境案例.....	4-14
4.6 整合介面與可視化監控.....	4-17
4.7 船舶航行風浪預警模組精進評估.....	4-21

第五章 結論與建議.....	5-1
5.1 結論.....	5-1
5.2 建議.....	5-4
5.3 成果效益與應用情形.....	5-6
參考文獻.....	參-1
附錄一 期末報告簡報.....	附 1-1
附錄二 專家學者座談會紀錄.....	附 2-1
附錄三 工作會議紀要.....	附 3-1
附錄四 期末審查意見及辦理情形說明表.....	附 4-1

## 圖目錄

圖 2.1	VDES 頻譜的國際可用性 .....	2-4
圖 2.2	VDES 國際發展歷程 .....	2-5
圖 2.3	VDES 功能和頻率使用完整系統 .....	2-6
圖 2.4	VDES 系統概念 .....	2-6
圖 2.5	VDES 訊號傳輸架構概念 .....	2-8
圖 2.6	VDES 系統功能架構與使用頻道分配關係 .....	2-18
圖 2.7	VDES 系統設備架構配置 .....	2-24
圖 2.8	航港 1 號歲修期之環境勘測評估 .....	2-27
圖 2.9	系統資料視覺化介面_資訊接收 .....	2-29
圖 2.10	系統資料視覺化介面_定向指令發送功能 .....	2-29
圖 2.11	王功燈塔測試站維護 .....	2-30
圖 2.12	王功燈塔測試站訊號接收圖 .....	2-31
圖 2.13	岸站天線架設與系統架設 .....	2-32
圖 2.14	AIS、ASM 及 VDE 訊號碼接收圖 .....	2-33
圖 2.15	S57 電子海圖 .....	2-34
圖 2.16	電子海圖平台展示畫面 .....	2-34
圖 3.1	臺灣周圍海域船舶交通流分析程序示意圖 .....	3-1
圖 3.2	航港局 AIS 系統網域架構示意圖 .....	3-3
圖 3.3	AIS RAW DATA 示意圖 .....	3-3
圖 3.4	QGIS 匯入文檔資料操作步驟 .....	3-4
圖 3.5	AIS 點位資料在 QGIS 上的運用 .....	3-5
圖 3.6	AIS 點位資料轉換為地理空間資料格式 .....	3-6
圖 3.7	QGIS 新增航跡密度分布圖分析程序功能 .....	3-7
圖 3.8	AIS 航跡密度分布圖分析程序設定 .....	3-7
圖 3.9	AIS 航跡密度圖色階設定值 .....	3-8
圖 3.10	AIS 航跡密度分布圖示例 .....	3-8
圖 3.11	調整後之 AIS 航跡密度分布圖示例 .....	3-9
圖 3.12	航跡密度圖不同網格大小產出結果比較圖 .....	3-10
圖 3.13	大範圍區域不同網格大小設定值產出結果比較圖 .....	3-10
圖 3.14	小範圍區域不同網格大小設定值產出結果比較圖 .....	3-11
圖 3.15	船舶交通流航跡密度分析步驟 .....	3-11
圖 3.16	臺灣周圍海域 114 年 1~10 月船舶交通流航跡密度分布圖 .....	3-12

圖 3.17	基隆港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖.....	3-13
圖 3.18	臺中港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖.....	3-14
圖 3.19	高雄港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖.....	3-14
圖 3.20	花蓮港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖.....	3-15
圖 3.21	蘇澳港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖.....	3-15
圖 3.22	臺北港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖.....	3-16
圖 3.23	安平港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖.....	3-16
圖 3.24	澎湖區域 114 年船舶交通流航跡密度分布圖.....	3-17
圖 3.25	布袋港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖.....	3-17
圖 3.26	金門港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖.....	3-18
圖 3.27	馬祖港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖.....	3-18
圖 3.28	臺灣海域船舶自動辨識系統取得海氣象資料流程示意圖 .....	3-19
圖 3.29	臺灣 11 個港區示意圖.....	3-21
圖 3.30	海氣象自動化作業系統示意圖.....	3-22
圖 3.31	基隆港海氣象即時展示.....	3-23
圖 3.32	臺中港海氣象即時展示.....	3-24
圖 3.33	高雄港海氣象即時展示.....	3-25
圖 3.34	花蓮港海氣象即時展示.....	3-25
圖 3.35	臺北港海氣象即時展示.....	3-26
圖 3.36	蘇澳港海氣象即時展示.....	3-27
圖 3.37	安平港海氣象即時展示.....	3-28
圖 3.38	臺灣海域船舶自動辨識系統.....	3-30
圖 3.39	基隆港海氣象觀測資訊.....	3-30
圖 3.40	臺中港海氣象觀測資訊.....	3-31
圖 3.41	高雄港海氣象觀測資訊.....	3-31
圖 3.42	花蓮港海氣象觀測資訊.....	3-32
圖 3.43	臺北港海氣象觀測資訊.....	3-32
圖 3.44	蘇澳港海氣象觀測資訊.....	3-33
圖 3.45	安平港海氣象觀測資訊.....	3-33
圖 3.46	中央氣象署提供之氣象雲圖公開資訊.....	3-34
圖 3.47	中央氣象署提供之雷達整合回波圖公開資訊.....	3-35
圖 3.48	中央氣象署提供之颱風消息公開資訊.....	3-35
圖 3.49	船舶動態系統 (AIS) 整合氣象雲圖 .....	3-36
圖 3.50	船舶動態系統 (AIS) 整合雷達回波圖 .....	3-37
圖 3.51	船舶動態系統 (AIS) 整合颱風消息圖 .....	3-37
圖 4.1	現行船舶作業結構性困境.....	4-2

圖 4.2	航行安全整合系統整體方案.....	4-8
圖 4.3	三類示範情境.....	4-20
圖 4.4	研究流程圖.....	4-22
圖 4.5	各種告警資訊的輸出工具列.....	4-28
圖 4.6	船隻異常警示圖示.....	4-28
圖 4.7	異常船隻路徑展示功能.....	4-29
圖 4.8	劃定告警區域的功能.....	4-30
圖 4.9	介面於布袋港之展示成果.....	4-30

## 表目錄

表 2-1	VDES 標識內容格式 .....	2-7
表 2-2	IMO SIP MS 指引 .....	2-13
表 2-3	其它潛在的 VDES 用途 .....	2-14

# 第一章 緒論

## 1.1 計畫緣起與目的

國際海事組織（International Maritime Organization, IMO）長期致力於提升海上航行安全並加強海洋環境保護，透過制定國際公約與推動新興技術應用，建立全球一致的航運安全標準。依據世界經濟合作暨發展組織（Organization for Economic Co-operation and Development, OECD）的統計，全球貨物貿易仍以海運為主要運輸方式，約占全球貨物貿易量的 85%。此一現況凸顯海上運輸在全球經濟與貿易體系中的關鍵地位，也意味著隨航運規模擴大，航行安全與管理效率的需求日益迫切。

為因應海上交通量持續成長，IMO 於 2000 年將船舶自動識別系統（Automatic Identification System, AIS）納入《海上人命安全國際公約》（SOLAS）第 V 章第 19 條之要求，規定所有客船、航行國際航線且總噸位 300 以上之貨船，以及非航行國際航線且總噸位 500 以上之貨船，須於 2008 年底前完成 AIS 裝設。此一強制措施的目的，在於提升船舶監控與資訊交換能力，強化航行態勢掌握與風險預警，進而降低碰撞與航安事故發生機率。除 AIS 制度化推動外，IMO 亦於 2008 年提出「e-化航行（e-Navigation）」策略，並於 2014 年 11 月通過 e-化航行策略實現計畫（Strategy Implementation Plan, SIP），使 e-化航行由概念與策略階段進一步走向具體落實。該計畫的核心在於建立系統性的國際架構，促使最新數位科技得以協調整合並有效應用於航行安全與環境保護，包括航行資訊數位化、船岸資訊交換、船舶監控自動化與智慧導航等面向。透過上述技術體系的推進，可望降低事故風險、提升操船與航行決策之準確性，並促進全球航運產業的永續發展。

在國內政策脈絡方面，行政院推動「數位國家·創新經濟發展方案 DIGI+（106 至 114 年）」以「數位國家、智慧島嶼」為總政策綱領，並依據我國科技基本法之規定，每 4 年擬定科技發展的未來願景、政策方針與策略，以促進科技進步並帶動社會整體發展。在全球性衝擊、區域性競爭與在地環境變遷等多重因素交互影響下，運輸部門亦需因應新形勢調整施政方向，導入數位化與智慧化治理工具，以提升運輸系統的韌性與效率。

交通部第二期「智慧運輸系統發展建設計畫（110-113 年）」即明確展現持續推動智慧運輸的政策承諾，透過政策創新引導產業發展並改善生活環境。該計畫以智慧運輸科技為核心，目標在於打造智慧移動生態系，使交通系統能更有效連結民眾日常生活，並與全球智慧交通新興技術接軌，將人工智慧等技術整合至交通應用，建置創新交通科技之實驗場域，促進交通服務創新與產業能量累積。此外，新一期計畫亦特別強調偏鄉與弱勢使用者之服務需求，期望透過可複製、可擴散的成功服務模式，擴大政策效益，使更多民眾共享智慧運輸發展成果，具體體現科技發展的社會責任，並進一步提升民生福祉與公共服務品質。

「e-化航行」的概念旨在建立系統性的國際架構，使得最新的科技能夠協調並應用於提升海上安全、保障航行的安全性，同時保護海洋環境，涉及到數位化的航行資訊、自動化的船舶監控、智能導航系統等方面的技術應用，將有助於減少事故風險，提高船舶操控的準確性，並促進全球航運行業的可持續發展。

行政院「數位國家·創新經濟發展方案 DIGI+」（106 至 114 年）的「數位國家、智慧島嶼」總政策綱領，我國政府科技基本法的規定，每 4 年擬定未來遠景、政策方針與策略，以促進科技發展，推動國家社會的進步。在全球性衝擊、區域性發展和在地環境變遷等因素的影響下，運輸部門施政必須因應變化。

交通部「智慧運輸系統發展建設計畫（114-117年）」，重在融合科技發展與未來環境預測，投入相對應資源，促進中央部會與地方政府共同協作，以科技創新手段改善各類因地制宜之交通問題。透過示範計畫、建立示範場域並導入監理沙盒應用概念等，賦予新科技與新型應用服務健全的發展環境，並就車聯網等智慧運輸設備的資訊安全進行研究和探討，讓法規與無人載具的創新技術、服務運用、安全控管齊頭並進，以奠定我國智慧交通運輸的厚實基礎，鼓勵產學研投入無人載具的研發與應用，促進產業技術與創新服務升級。

隨著 AIOT 及 5G 技術提升及普及化，計畫中將針對特殊族群引導創新、整合性之智慧載具安全技術提升，發展串連政府平台(TDX)、路側及交通公共設施數據之輕量友善之智慧載具，透過創造應用情境以帶動多元數據蒐集，再反饋平台強化 AI 大數據分析深度與廣度，除改善公共運輸場域設計，並可促進增值應用發展，加速推動服務落地，營造平權和諧交通共善環境。

交通部於 2008 年配合「海上人命安全國際公約」修訂「船舶設備規則」，依公約規定要求符合噸位條件的國籍船舶應裝設 AIS；為強化船舶航行安全，2018 年 7 月進一步修正「船舶設備規則」，規定除第十四級漁船可裝設 B 級規範之自動識別系統(AIS)，其餘等級之船舶皆須安裝符合 A 級規範之 AIS，並於 2019 年 7 月實施第一次定檢，若發現未裝設 AIS，將依船舶法禁行並懲處。

航港局為提升船舶航行安全，減少海難發生，強化海難救助，監控臺灣海域交通流，以利持續評估航行風險並規劃或調整航標與航路系統之設置，2018 年底完成以全國燈塔地點為基礎，建置自動識別系統(AIS)，藉由與鄰近船舶、AIS 岸臺、以及衛星等設備交換電子資料，除了可以將 AIS 資料供應到海事雷達，以優先避免在海上交通發生碰撞事故之外，亦可廣播海象資料、危險警示區，供船舶接收，增進航行安全。另 112 年 6 月 5 日行政院核定「智慧航安服務升級計畫(113-116年)」，航港局配合政府離岸風電政策，已劃設彰化風場航行

空間，並規劃西側海域風場航行空間，由於行經該海域船舶密度與風險增加，航安管理複雜度亦提升，需持續投入智慧化航安監控服務。

本計畫以船舶海上航行安全為重要課題，針對離岸風電陸續建置，造成未來航道限縮及增加船舶交通量，可能增加船舶航行風險，有必要強化海域船舶交通管理資訊，以提供海上或港區營運管理使用，並考量海上航行之船舶常因惡劣的海氣象，如強風巨浪等造成船隻碰撞及翻覆等海難事件，因臺灣周圍海域風、浪形成速度快，再加上霧季及颱風都會影響船舶航行安全，利用船舶自動識別系統、海氣象觀測及模擬資料庫，開發整合即時展示模組，以強化我國港口服務及船舶監控之技術發展。

為有效提升船舶海上航行安全，以及強化我國航安技術發展，將利用航港局船舶自動識別系統之船舶航行資料，進行增值應用分析，以強化我國港口服務及船舶監控預警之技術發展，期能達成運輸科技深入智慧化航運的目標。

## 1.2 計畫範圍與對象

本計畫針對臺灣周圍海域臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、澎湖港、臺中港、金門港及馬祖港進行船舶資料、交通流統計量與航跡密度蒐集與分析，並針對特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況、國際標準制定情況以及在船舶通訊、海事通訊、航行安全等方面的應用進行探討，提供船舶航行軌跡與海氣象狀況，可做為航港局及臺灣港務股份有限公司（以下簡稱港務公司）做為海上交通管理及港區營運管理應用之參據。

## 1.3 計畫內容與工作項目

本計畫全程工作預計分4年期執行，各年期工作項目說明如下：

(一)第1年期(民國111年)

智慧航安與海氣象資訊應用探討(1/4)-整合船舶海事案件與

## 海氣象即時模組

### 1. 船舶航安通訊技術發展現況

蒐集國內外船舶航行安全通訊技術之相關研究與技術文件，彙整相關應用與技術提升實例，研析評估對於國內船舶安全與管理上之助益，提供後續港灣規劃與航行管理之應用參考。

### 2. 臺灣周圍海域船舶資料蒐集與分析

蒐集與分析目前航港局介接給各使用單位之船舶自動識別系統(AIS)之船舶動態資訊，包括資料結構、品質，進一步針對錯誤數據資訊（重複性問題、資料格式錯誤、非船舶之訊號）等進行整理。另依據臺灣周圍海域船舶之目的性，提供繪製並比對 2021 年及 2022 年之船舶分布軌跡。

### 3. 臺灣周圍海域與主要港埠航道交通流量

開發臺灣周圍海域及主要商港進出港船舶種類統計應用模組，同時針對臺灣東西側主要航運通道（含離岸風電區），探討各類船舶往(來)及返(回)的交通流統計量與航跡密度分佈，以及區域性的交通流量分布情況，藉以提供管理單位評估分散航線，減少海上航行碰撞事故發生可能的機率。

### 4. 海氣象特性與海事事故關係探討

針對國內外船舶海事事故報導資料、航港局海事資料庫及國家運輸安全調查委員會水路調查報告，探討海事事故與海氣象關係特性，並結合地理資訊系統，彙整研析臺中港之事故發生案件，提供船舶航行軌跡與海氣象狀況，做為海上交通管理之應用參考。

### 5. 整合船舶動態與海氣象資訊即時模組

利用船舶自動識別系統、海氣象觀測及模擬資料庫，開發整合即時展示模組，藉由查詢船舶資訊（MMSI、船名等）

，取得與船舶距離最小的觀測站海氣象資訊（風速、波浪、潮位、海流）之觀測值，及交通部運輸研究所（以下簡稱本所）臺灣近岸海象預報系統（Taiwan Coastal Operational Modeling System ,TaiCOMS）之預報值。

(二)第 2 年期(民國 112 年)

### 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

特高頻資料交換系統 (VDES) 是近年來在航海領域嶄露頭角的先進通信技術，旨在提升船舶通信、航行安全和航運效率。船舶自動識別系統 (AIS) 做為航行安全的重要工具得到廣泛認可和接受，並且是 SOLAS 船舶 (A 類) 的運輸要求。隨著對海上 VHF 數據通信的需求不斷增加，AIS 已大量用於海上和港口安全，因此，AIS 1 和 AIS 2 的過載需要額外的 AIS 通道。VDES 整合了先進的無線通信技術，為船舶間的高頻資料交換提供了更加靈活和高效的解決方案。

國際電信聯盟 (ITU)制定技術標準並修訂 VHF 海洋頻段，以指定數據傳輸通道，利用 VDES 解決既有 AIS 問題以及對電子導航和全球海上遇險衛星系統 (GMDSS) 現代化的基礎數位溝通之確定需求，航運公司和船舶設備製造商也積極參與 VDES 的研發和實驗項目，以確保其應用能夠與現有的船舶系統相協同工作。同時，VDES 的應用也在海事通信、航行安全、船務管理等多個方面逐漸擴大。然而，VDES 的全面實施仍然需要面對一些技術、法規和基礎設施的挑戰。預計在未來，隨著技術的不斷發展和相關法規的進一步完善，VDES 將在全球範圍內得到更廣泛的應用。

#### 2. 臺灣周圍海域船舶資料蒐集與交通流分析

本計畫開發一套完整的船舶種類統計模組，能夠從龐大

的船舶交通數據中準確識別不同種類的船舶，包括貨櫃船、油輪、漁船等，並分析它們在臺灣主要商港的進出港情況。針對臺灣東西側主要航運通道，以及離岸風電區域，進行船舶交通流統計，包括船舶數量、速度分佈等。同時，分析航跡密度，以揭示不同區域的交通密集度。對不同區域的交通流進行深入分析，探討其變化趨勢、高峰時段以及可能的影響因素，透過區域性的交通流分布情況，為交通政策和營運決策提供實質數據支持。本計畫預期能夠提供航港局和港務公司實用的船舶交通數據分析工具，促進更精準的交通政策制定和營運決策，同時為臺灣海域的船舶運輸安全和效率提供科學依據。

### 3.港口海氣象特性與海事事務探討

港口海氣象特性與海事事務的探討是海上運輸業務中至關重要的主題，港口做為貨物進出的關鍵據點，其所處的海域環境直接影響船舶進出港口的安全性。海氣象特性包括風力、浪高、潮汐等因素，這些因素的變化對船舶操作具有直接的影響，臺灣周邊海域常受到西太平洋颱風的影響，風速和浪高在颱風季節可能劇烈增加。港口海氣象特性與海事事務密不可分，了解並有效應對港口所處海域的氣象條件，是確保船舶安全進出港口的重要保障，透過技術手段，港口管理機構能夠更及時、更精確地監測海氣象變化，提前預警，以降低海事事務的發生概率，進一步保障港口運作的穩定性和安全性。

#### (三)第3年期(民國113年)

#### 智慧航安與海氣象資訊應用探討(3/4)-海氣象資訊於船舶監控預警系統之應用

##### 1. 特高頻資料交換系統(VDES)發展現況

特高頻資料交換系統(VDES)作為近年來航海領域的先

進通信技術，被視為提升船舶通信、航行安全和航運效率的關鍵，本計畫將繼續針對建置測試站之接收訊號發展、國際標準制定情況以及在船舶通信、海事通信、航行安全等方面的應用進行探討。

## 2. 臺灣周圍海域船舶資料蒐集與分析

本計畫整合航港局提供的船舶自動識別系統（AIS）的動態資訊，包含臺灣周圍海域以及基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、臺北港、蘇澳港和安平港等主要港口的船舶資料，透過使用地理資訊系統（GIS）工具，將相關資訊以地圖的形式呈現，展現海域內船舶通行的動態變化。同時，透過時間序列分析，可以觀察不同時間段內船舶活動的變化趨勢，揭示可能的高流量區域或通行熱點，以呈現臺灣周圍海域船舶航跡的密度，並進一步分析航線軌跡，為海上交通管理和規劃提供相關資訊。

## 3. 海氣象資訊於船舶監控預警系統之應用

利用本所船舶自動識別系統、海氣象觀測及模擬資料庫，開發整合即時展示模組，藉由查詢船舶資訊（MMSI、船名等），取得與船舶距離最小的觀測站海氣象資訊（風速、波浪、潮位、海流）之觀測值，及本所臺灣近岸海象預報系統（TaiCOMs）之預報值與中央氣象署提供氣象雲圖、雷達整合回波圖和颱風消息的公開資訊。

### (四) 第 4 年期(民國 114 年)

#### 智慧航安與海氣象資訊應用探討（4/4）-整合船舶智慧航行管理系統

##### 1. 特高頻資料交換系統（VDES）發展現況

特高頻資料交換系統（VDES）做為近年來航海領域的先進通信技術，被視為提升船舶通信、航行安全和航運效率的關鍵，本計畫將繼續針對建置測試站之接收訊號發展、國際

標準制定情況以及在船舶通信、海事通信、航行安全等方面的應用進行探討。

精進海氣象資訊於船舶監控預警系統

## 2. 探討 AI 技術於船舶航行安全整合系統

隨著智慧航運與物聯網發展，應用 AI 技術於 VDES 監控與預警，可探討數據蒐集、特徵擷取、機器學習模型與預警機制設計，以及安全加密與網路架構優化，並可聚焦自動化船位監測，預測碰撞風險並即時發出警示。



## 第二章 特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況

國際海事組織 (International Maritime Organization, 簡稱 IMO) 於 2000 年通過「海上人命安全國際公約」第 5 章第 19 條，強制要求所有客船、航行國際航線總噸位 300 以上的貨船及非航行國際航線總噸位 500 以上的貨船於 2008 年底前裝設船舶自動識別系統 (Automatic Identification System, AIS)，藉以強化海上船舶監控，我國交通部於民國 97 年修訂「船舶設備規則」，依公約規定要求符合噸位條件的國籍船舶應裝設船舶自動辨識系統，並於民國 108 年 8 月 14 日修正總噸位 20 以上的各式船舶，均須裝設船舶自動識別系統，本章節蒐集國內外船舶監控及預警技術推動現況，以做為未來我國相關技術發展方向之參據。

### 2.1 船舶通訊系統現況分析

2002 年推出的自動識別系統 (AIS) 確實在海事船舶避免碰撞系統中扮演了關鍵的角色。然而，隨著 AIS 的廣泛應用和大量部署，其所承受的壓力日益增大。AIS 的頻寬限制導致其在傳輸數據方面存在局限。由於 AIS 共用有限的 VHF 頻譜，當船舶數量增加時，可能導致頻寬擁擠，降低了系統的效能。這可能導致信息更新的延遲，影響了實時的船舶監控和碰撞風險評估。

AIS 訊號容易受到阻礙，特別是在高密度船舶交通區域或地形複雜的水域中。阻礙可能來自建築物、山脈或其他大型結構，這可能影響 AIS 訊號的可靠性和有效性，增加了對船舶監控的困難。另外，AIS 數據的安全性也是一個擔憂的問題。由於 AIS 的數據是公開的，容易受到非法干擾或篡改。這可能導致虛假的船舶位置信息，對船舶運行安全造成潛在風險，特別是在惡意攻擊或海盜活動的情境下。

AIS 的應用範圍相對有限，主要集中在船舶之間的通信和碰撞防護。然而，現代海事應用需要更多的信息，如對導航標誌的數據、特定

應用信息以及災難響應等，這使得 AIS 在滿足多樣化需求方面表現不足，雖然 AIS 為海上航行提供了有力的工具，但在面對頻寬限制、訊號受阻、數據安全性和應用範圍擴展等問題時，仍然需要進一步的技術創新和系統改進，以確保其在現代海事環境中持續有效運作。

為了滿足更多應用的需求，包括導航、專用資訊、搜索和救援、人員落水設備以及 EPIRB-AIS 等，AIS 系統需要更多的支援和擴展。特別是在導航 (AtoN) 方面，AIS 的應用受到了限制，而且對於特定應用信息 (ASM)、搜索和救援發射機 (SART)、人員落水 (MOB) 設備以及 EPIRB-AIS 等其他應用的支援也變得更加迫切。AIS 的功能原本是確保船舶之間的安全通信，但隨著應用需求的增加，AIS 所能提供的信息和功能變得不夠全面。為了應對這種情況，國際海洋航行輔助導航和燈塔協會 (IALA) 在這一背景下提出了 VHF 數據交換系統 (VHF Data Exchange System, VDES) 的概念。VDES 被視為是 AIS 的進化和擴展，旨在滿足現代海事通信和導航的多樣化需求。該系統的提出是為了解決 AIS 所存在的限制，使其更加靈活且能夠應對各種應用場景。

VDES 的概念包括將其整合到現有的 VHF 數據鏈路 (VDL) 中，以應對 AIS 在數據負載上所面臨的限制。這意味著 VDES 將能夠更有效地支援 AtoN、ASM、SART、MOB 設備以及 EPIRB-AIS 等應用，從而提高海事通信的全面性和效能，VDES 的提出是對 AIS 技術的進一步發展，以應對海事領域不斷增長和多樣化的需求。這一系統的實施將使得海事通信更加強大、全面，同時確保船舶之間的安全和協同操作。VDES 的引入將推動海事技術的進步，為未來的航運環境帶來更多的創新和效益。

VDES (VHF Data Exchange System) 是一個先進的下一代海上導航和通信平台，它融合了小型衛星、智能網路、通信軟件和具有連接陸地、海洋、空中和太空能力的開創性轉發器。這個組合形成了一個強大的硬件和軟件解決方案，旨在滿足未來海員的日益增長的需求。為了確保 VDES 成為全球標準，高水準的互操作性是不可或缺的。VDES 做為電子航海戰略的一部分，是 AIS (自動識別系統) 的擴展，它在 VHF

頻段上添加了雙向數據通道。這一技術結合了特殊的衛星頻道，使每艘配備 VHF 天線的船隻都能夠在全球範圍內實現通信。VDES 系統包括兩個協同工作的子系統：VDE-TER（地面子系統，船對船和岸對船）和 VDE-SAT（衛星子系統，衛星到船舶）。

VDES 技術被視為 AIS 的第二代，用於監測海上交通中超過 200,000 艘船舶。相較於 AIS 的有限覆蓋範圍和僅能傳輸特定類型數據的限制，VDES 通過衛星網絡實現全球連接，並實現更多類型數據的高效傳輸。意味著 VDES 可以提供更廣泛、更靈活的通信能力，有助於實現全球海上交通的更高水平的安全和效率。VDES 的引入標誌著海事通信和導航領域邁向更先進、全球化的重要里程碑，配合歐盟積極針對特高頻數據交換系統 (VDES) 所推動先進技術，其中包括 VDES 的發展、VDES 的概念、IMO 電子航海概念中的作用以及 VDES 在海洋環境中的潛力以及 VDES 支持的用例，目的皆在幫助理解、集成、進一步開發和推廣 VDES 在海洋領域。

2015 年和 2019 年世界無線電通信大會修訂無線電規則附錄 18，即 VHF 水上無線電頻段，根據 ITU-R M.2092 建議書的最新版本，指定用於 VDES 的頻道。這些 VDES 信道是雙工信道，兩個頻段相隔 4.6 MHz，這兩個頻段都用於促進船舶、岸站和衛星之間的 VDES 通信，如圖 2.1 所示。

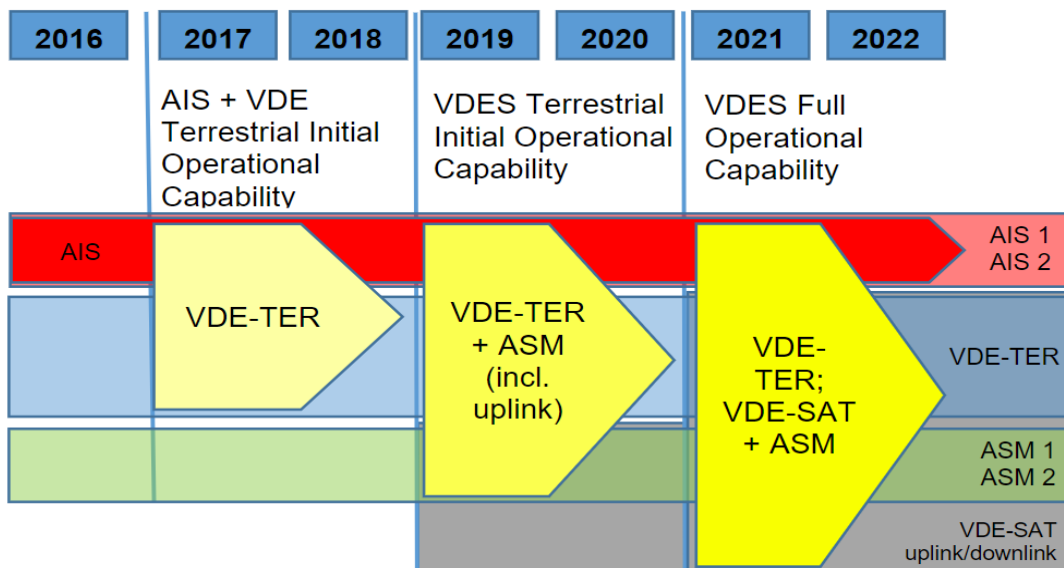
自動識別系統 (AIS) 做為航行安全的重要工具得到廣泛認可和接受，並且是 SOLAS 船舶 (A 類) 的運輸要求。隨著對海上 VHF 數據通信的需求不斷增加，AIS 已大量用於海上安全、海上態勢感知和港口安全。因此，AIS 1 和 AIS 2 的過載需要額外的 AIS 通道。使用 VHF 海洋波段 (國際無線電規則附錄 18) AIS 可以向 AIS 裝置附近的船隻廣播數據。

國際電信聯盟 (ITU) 已經認識到海上數字通信的效率和必要性。因此，ITU 制定技術標準並修訂 VHF 海洋頻段，以指定數據傳輸通道。人們認識到模擬語音通信和數字通信都將共享該頻段。正如 IALA 所

設想並提交給 ITU 的 VDES 解決了保護 AIS 以及對電子導航和全球海上遇險衛星系統 (GMDSS) 現代化的基本數字通信貢獻的已確定需求。

ITU 引入第一個海洋數據傳輸系統，即數字選擇性呼叫 (DSC)，以幫助確保呼叫和遇險通信嘗試取得成功。VHF DSC 以 1.2 kbps 的速度傳輸數據，用現代數據標準來看，其速度較慢，但非常穩健。應 IMO 提高航行安全的要求，ITU 引入另一種 VHF 數據傳輸系統 AIS，它以 9.6 kbps 的速度為船舶、岸站、助航設備和搜救設備提供導航和識別數據。國際電聯在 2012 年推出了一項標準，其中包含數據速率高達 307.2 kbps 的 25 kHz、50 kHz 和 100 kHz 信道選項，以提高頻譜效率。

語音和數據通信在 VHF 海上頻段中共存。海上無線電技術的發展，包括定義無線電 (SDR) 的引入以及在現有 VHF 海上頻段其頻譜上增強的數字數據交換能力，導致了 VDES 的發展，如圖 2.2 所示。



資料來源：ITU-R M.2092-0

圖 2.1 VDES 頻譜的國際可用性

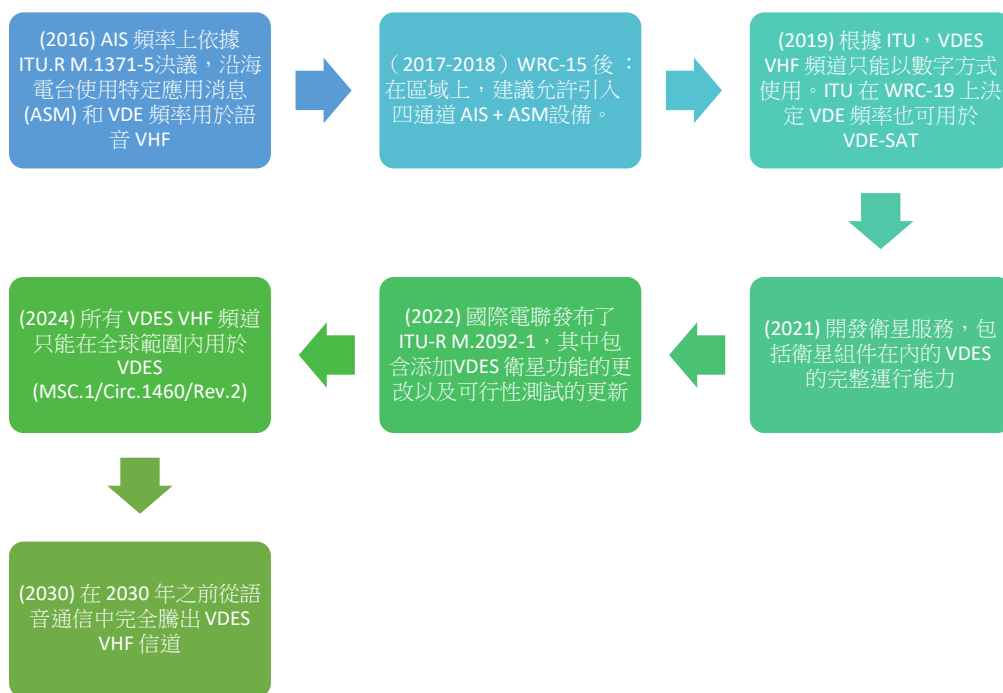
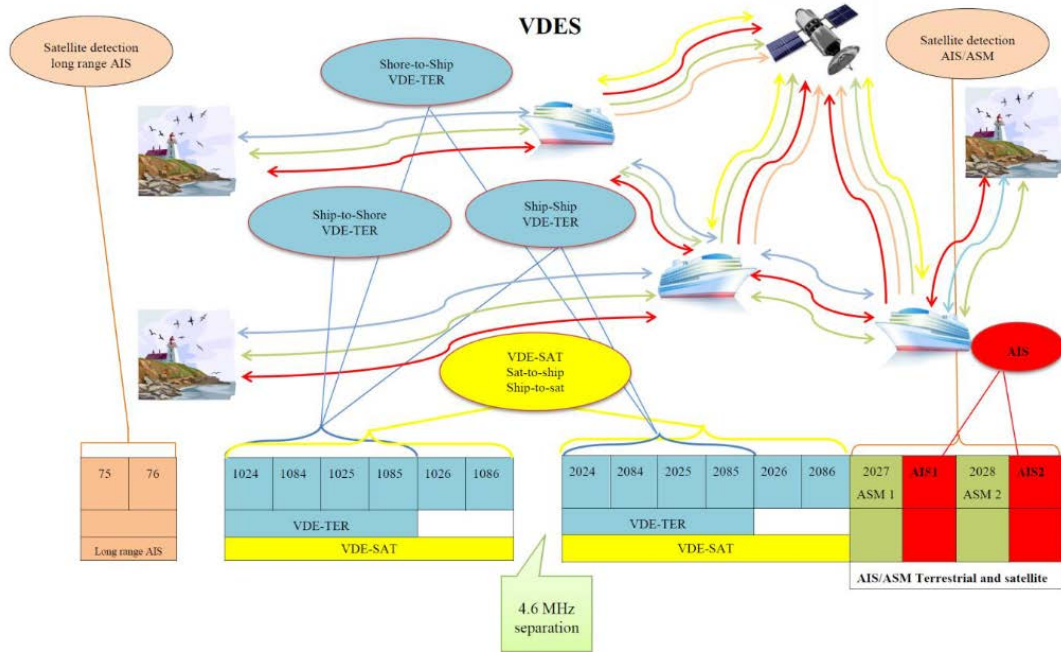


圖 2.2 VDES 國際發展歷程

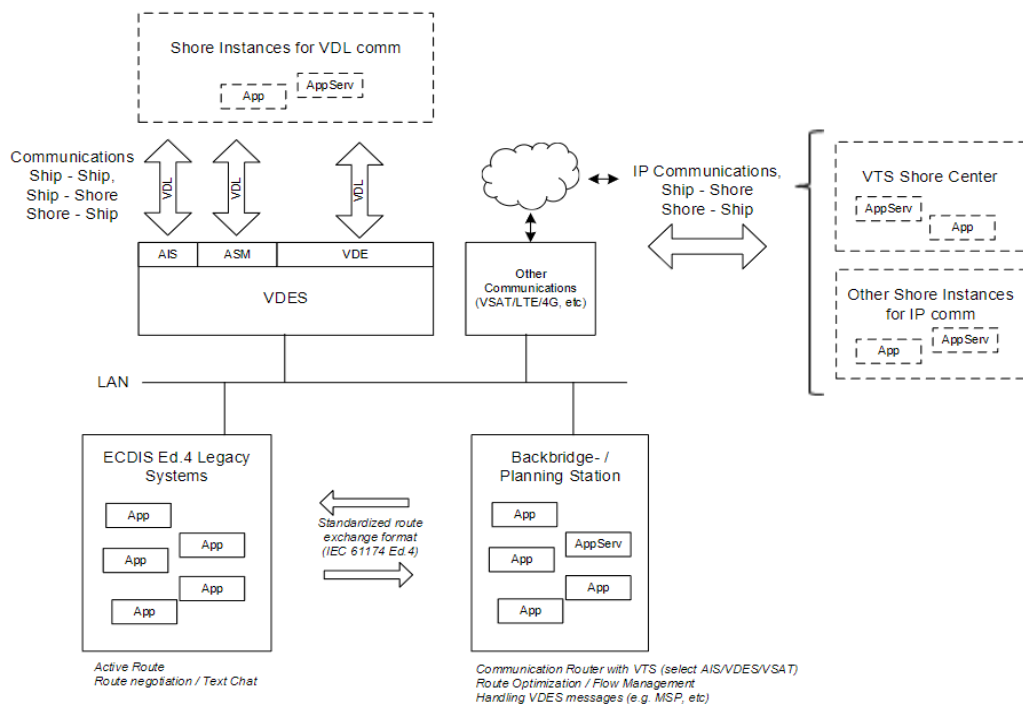
VDES 被視為無線電頻譜的有效和高效使用，建立在 AIS 的功能之上，並通過該系統解決對數據日益增長的需求，提供高於 AIS 之原始數據速率 32 倍技術，其為 VDES 的核心關鍵技術。此外，VDES 網絡協議針對數據通信進行了優化，每條 VDES 消息的傳輸都具有很高的接收置信度。VDES 以類似於 AIS 的方式增加數字數據的交換能力，包括向通信作用區域中的船舶（廣播）、特定船舶或通信作用區域中的一組船舶（尋址）或船隊提供數據船舶，如圖 2.3-2.4 所示。

e-Navigation 的目的是加強泊位到泊位導航和相關服務，以保障海上安全和海洋環境保護，透過簡化和統一信息來加強海上安全。此外，e-Navigation 旨在通過改進信息交換來促進和提高海上貿易和運輸的效率，VDES 應提高海上人命安全、航行安全和效率以及海洋環境保護，加強海上安全和安保。這些目標將通過高效和有效地使用水上無線電通信來實現，並結合做為一種無線電通信設備，通過 AIS、ASM 和 VDE 在船對船、船對岸（包括衛星）之間交換數位數據。



資料來源：ITU-R M.2092-0

圖 2.3 VDES 功能和頻率使用完整系統



資料來源：G1117 VHF Data Exchange System (VDES) Overview

圖 2.4 VDES 系統概念

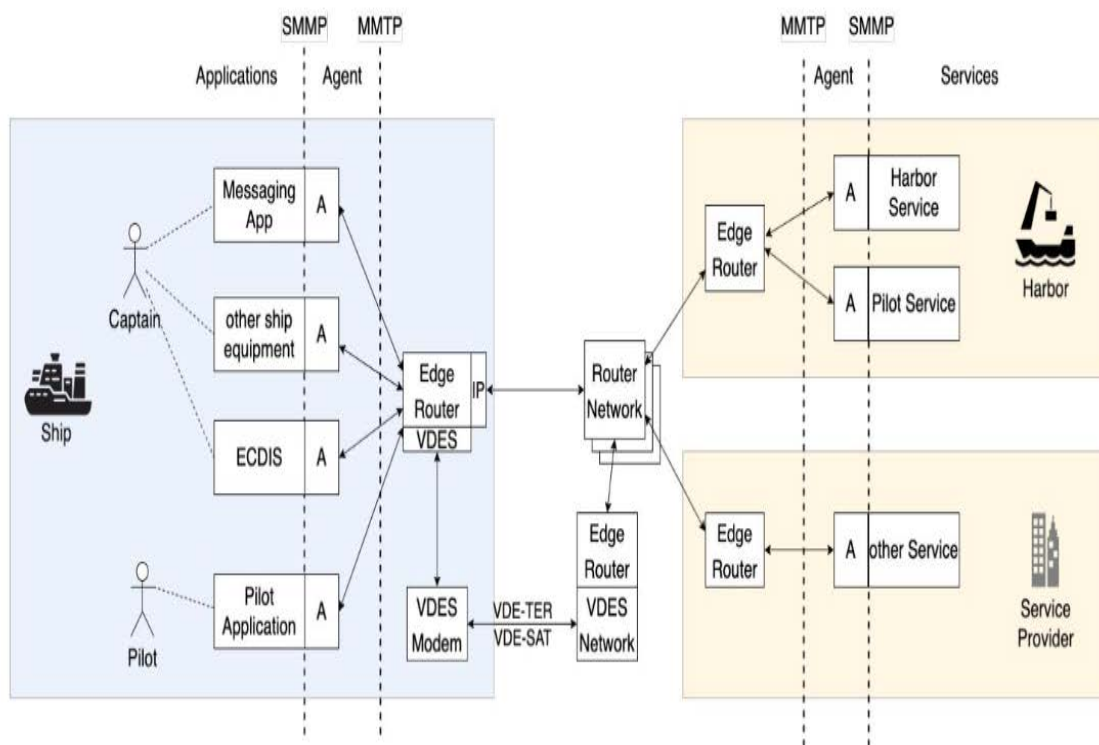
為了使用 VDE 地面或衛星消息，並能夠識別內容，使用 16 位協議格式標識符 (VPFI) 來標識內容格式，可以通過一個 VDES 站使用來自同一站的多種格式源站 ID，允許船舶直接與其他船舶交換不同格式和編碼的內容，清晰由 VPFI 識別，和允許傳輸現有的 ASM 格式和編碼，如表 2-1 所示。

**表 2-1 VDES 標識內容格式**

VPFI	協議格式類別	使用內容
00	密碼訊文	公鑰證書和證書撤銷列表的分發
01	VDES 管理訊文	訊文內容詢問、SAT 軌道數據等
02	VDES 應用特定訊文	ASM 通道、VDE-TER 和 VDE-SAT 優化特定於應用程序的訊文。符合 UTF-8 等國際字符編碼的短文，包括經過身份驗證或加密內文。
03	封裝的 AIS 訊文	傳統 AIS 訊文
04	MCP 訊文	海上互聯互通平台相關訊文
05	S-100 系列數據對象信息	S-100 / S-200 / S-300 / S-400 數據對象
06	全球導航衛星系統 (GNSS) 強化	更正數據和完整性信息
07~1023	由 IALA 保留用於未來的國際標準化協議格式	
1024~65535	用於其他操作協議格式	設備製造商制訂遠程監控船舶設備的協議

VDES 可做為海事領域的數據傳輸介質，支持多種應用海事連通性平台的概念有助於以下主要關鍵構建塊：海事身份登記（Maritime Identity Register (MIR)）、海事服務登記（Maritime Service Registry

(MSR))，及海事信息服務 (Maritime Messaging Service (MMS))，MIR 是海事數字通信參與者的去中心化登記資料，可確保海事數字通信領域中各個參與方之間的真實性。參與者可以使用 MIR 做為 CA 來驗證海事服務和其他個人參與者的簽名以進行身份驗證，獲取公共證書並更新吊銷列表以使報告過時或被盜的證書無效。MSR 是一個分散的註冊列表，列出經過審查和質量檢查的服務及其可瀏覽和搜索的關鍵參數，MMS 是一個由允許交換數字“消息”的組件組成的概念，即任意數字數據，以預定義的方式組織，供數字應用程序使用。MMS 提供非同步數據交換，可以通過變化的、間歇的和異構的數字連接來實現。MMS 通過互聯網連接以及通過 VDE-TER 和 VDE-SAT 連接，支持基於 IP 的安全傳輸，提供一種解決方案來滿足安全傳輸與可信服務的要求，所有海事參與者之間的私人通信可透過 VDES 或 IP 進行連接，如圖 2.5 所示。



資料來源：G1117 VHF Data Exchange System (VDES) Overview

圖 2.5 VDES 訊號傳輸架構概念

## 2.2 國際標準趨勢發展

隨著 IMO 於 2024 年正式認可 VDES 為《國際海上人命安全公約》(SOLAS) 要求之船載設備，並規定自 2028 年 1 月 1 日起強制實施，VDES 技術已由研發試驗階段邁入實際部署與應用階段。各主要海事國家與地區，基於各自海域特性、政策目標及產業優勢，分別在技術研發、政策制定與產業應用等面向積極布局。本節綜整歐盟、美國、日本及中國大陸等主要海事國家或地區之 VDES 發展概況，分析各地區在技術發展現況、政策推動方向及產業應用進展等層面的特點與趨勢，以做為本計畫規劃與我國相關政策推展之重要參考。

歐盟在 VDES 技術研發方面處於全球領先地位。EfficienSea2 計畫所開發之相關軟體，已完全符合 ITU-R M.2092-0 建議書所載 VDES 技術規範；北歐等國家並透過實際海域測試，驗證 VDES 系統效能與可行性。在衛星 VDES 部分，由瑞典 AAC Clyde Space 建造並營運之 Ymir-1 衛星，已成功實現全球範圍的雙向 VDES 通訊，顯示「連接所有海事」(Connecting Everything Maritime) 願景之重要里程碑。此外，歐盟亦將 VDES 納入數位化航運策略，視為 e-Navigation 架構中的核心技術之一。歐洲海事安全局 (EMSA) 積極協調各會員國建置 VDES 基礎設施，推動海事數據交換標準化與系統互通性，以因應 2028 年 IMO SOLAS 公約之強制配備要求。產業面向方面，歐洲廠商如 Saab 所開發之 VDES 轉發及收發技術，已透過其船載端 R6 VDES 有效載荷搭載於 Ymir-1 衛星進行測試；AOS 合作計畫則結合 AAC Clyde Space 的衛星平台、Saab 的轉發及收發技術與 ORBCOMM 的數據分發中心，建構出完整的衛星 VDES 服務體系。相較於傳統 AIS，VDES 提供更大頻寬與雙向通訊能力，可支援大量數據傳輸、即時資訊交換及強化網路安全，顯著提升船舶營運態勢感知與航行安全水準。

日本在 VDES 技術發展與推動方面，則由海上保安廳、海洋政策研究所 (OPRI) 及產業界共同扮演關鍵角色，長期倡導 e-Navigation 概

念，並在 IALA 架構下推動 VDES 標準化檢討。2020 年 9 月，OPRI 在 IALA 會議中提出建立衛星 VDES 國際運用機構之構想，並成立衛星 VDES 委員會，目標在於強化日本於國際 VDES 發展中的領導地位。日本政策特別強調善用其做為 NAVAREA XI（世界航行警報海域，涵蓋太平洋至印度洋部分區域）區域調整責任國之優勢，以及其擁有大量商船與漁船、可取得海洋真實數據（Sea Truth Data）之有利條件。2022 年 10 月，由日本笹川平和財團海洋政策研究所主導，聯合 IHI、古野電氣（Furuno）、日本無線（JRC）、商船三井科技、東洋信號通信社及 ArkEdge Space 等企業，成立衛星 VDES 聯盟（Satellite VDES Consortium, VDES-SC），形塑產官學合作平台，推動技術研發、標準制定及商業應用。其中，ArkEdge Space 規劃於 2023 年完成 VDES 衛星端示範模組，並計畫於 2024 年將 VDES 搭載於其立方衛星鏈技術開發與示範計畫，透過實際發射之立方衛星進行相關技術驗證，逐步累積日本在衛星 VDES 領域之實務經驗。

根據美國海岸警衛隊研發中心於 2021 年 1 月發布之 VDES 系統技術發展路線圖研究報告[30]，VDES 之主要優勢包括：大幅提升資料傳輸容量，其中 VDE-TER 的資料傳輸容量較 AIS 可提升至約 32 倍；藉由 VDE-SAT 擴大覆蓋範圍至極地地區；增強整體通訊網路安全性；在 GNSS 受限環境下提供定位、導航與時間（Positioning, Navigation and Timing, PNT）支持；並具備抗訊號欺騙之能力。該報告並提出五項 VDES 潛在應用案例，包括船舶交通服務（Vessel Traffic Services, VTS）與航線交換、增強型海事安全資訊（Enhanced Maritime Safety Information, eMSI）、搜救（Search and Rescue, SAR）、敏感但非機密之戰術訊息交換與顯示系統（Sensitive But Unclassified Tactical information Exchange and Display System, STEDS），以及 R-Mode 等，藉此展示 VDES 在現代海事通訊領域的多元應用性與發展潛力。

在 VTS 與航線交換方面，VDES 可藉由更高頻寬與可靠的雙向通訊能力，強化船舶在繁忙水域中的導航安全。透過 VDES 系統，船舶得以更有效率地與岸基設施交換航線資訊，並即時更新航路，以避免

可能碰撞或其他航行風險，同時提升整體船舶交通管理系統的運作效率與安全性。在 eMSI 部分，VDES 允許更完整與細緻之安全相關資訊（如氣象、潮流及其他導航警報）廣播至船舶，且資訊可即時更新與傳遞，進一步強化船舶面對惡劣天候或其他海上風險時之風險感知與應變能力。於搜救（SAR）行動中，VDES 所提供之通訊平台可協助搜救協調中心快速且準確地將搜救訊息傳遞至各參與單位與行動團隊，並即時接收現場回報，其通訊效能大幅提升搜救行動之效率與成功率。基於 VDES 支援加密通訊之特性，在敏感但非機密之戰術訊息交換與顯示應用上，亦可確保敏感資料在傳輸過程中的安全性，對於需維持行動中通訊機密性與安全性的海上安全執法機關尤具重要意義。最後，在 R-Mode 應用方面，VDES 可利用其訊號特性提供替代性船舶定位方法，特別是在 GNSS 訊號受干擾或無法使用之情境下，透過量測訊號傳播時間以推估距離，為近岸或其他 GNSS 受限環境中的船舶提供可靠之定位解決方案。綜合上述，美國之 VDES 系統技術發展路線圖研究顯示，VDES 在現代海事通訊體系中具備高度戰略價值與廣泛應用前景。

在海事通訊領域，由於 AIS 技術之廣泛使用已導致 VHF VDL 負載顯著增加，VDES 之研究與開發益顯重要。美國海岸警衛隊研發中心的 Dr. Gregory Johnson 等人於 2023 年發表一篇關於 VDE-TER 頻道效能評估之研究論文，主要針對 VDES 地面子系統頻道之性能進行測試與評估，特別是就其是否能有效補充現有 AIS 通道、以支援與日俱增之海事通訊需求進行分析。該研究進一步說明，在現行 AIS 通訊負載趨近飽和之情況下，VDES 地面子系統的頻寬與效能評估，對於規劃未來海事通訊體系之容量擴充與服務品質提升，具有關鍵參考價值。

## 2.3 VDES 情境與案例說明

VDES 為現代海事通訊體系中的關鍵系統，其設計充分考量各類服務的優先等級，並在有限的傳輸資源下進行合理配置。可將其視為一

套具分級管理概念的服務優先順序機制：最高優先順序配置於基本服務及安全相關服務，例如航行安全、緊急通訊等關鍵業務；次級優先順序則分配給一般通用業務服務，如海氣象資訊播報、港口管理等；最低優先順序則適用於非基本或商業性服務，如娛樂內容或一般商業訊息。透過此優先等級設計，可確保關鍵之基本服務與安全服務得以優先取得網路資源，降低通訊中斷風險。

同時，由於 VDES 系統的資料傳輸容量有限，且須由同一基地台覆蓋範圍內的所有使用者共享，因此在進行資料傳輸時，必須審慎評估可用傳輸容量。高優先順序的基本服務與安全相關服務將優先取得可用傳輸資源，以確保關鍵業務之連續與穩定運作；相對地，低優先順序之非基本服務與商業服務，則在高負載情境下可能面臨傳輸速率下降或延遲增加等影響。VDES 系統必須在服務優先順序與可用傳輸容量之間動態權衡，於網路負載較高時依既定優先機制合理分配有限資源，並應依實際運作情形持續調整與優化系統參數，以提升整體運作效率。透過上述服務優先順序與資源分配機制，VDES 不僅得以確保關鍵基本與安全服務優先獲得網路支援，亦能兼顧其他一般業務服務需求，進而提升整體系統效能與可靠性。

如前述分析摘述，VDES 之概念最初係為因應 AIS 系統中 VHF 資料鏈路 (VDL) 負載過重問題，並藉由擴展資料交換容量與範圍，以支援電子航行 (e-Navigation) 發展，同時促進全球海上遇險及安全系統 (GMDSS) 之現代化。有鑒於此，IMO 為協助 VDES 系統之開發與實施，並提供相關背景與技術支援，特別就海事服務 (Maritime Services, MS) 制定 SIP 更新文件指引，針對 VDES 在海事通訊領域之潛在應用、使用情境與案例進行系統性說明，協助相關人員與機關理解 VDES 如何與現有海事營運模式整合並實際應用。如表 2-2 及表 2-3 所示，該指引文件亦明確指出，隨著 VDES 系統實際運行情形及技術發展持續推進，未來勢必將衍生更多新的潛在應用、使用情境與案例，同時現有之應用型態與情境亦可能隨之修正與調整，以反映最新的技術條件與實務需求。

表 2-2 IMO SIP MS 指引

VDES 潛在應用	Maritime Services of Strategy Implementation Plan
搜救 (SAR) 通訊	MS 9 - 遠距醫療海事援助服務 MS 16 - 搜救和救援服務
海上安全資訊	MS 5 - 海事安全資訊服務 MS 13 - 冰面導航服務 MS 14 - 氣象資訊服務 MS 15 - 即時水文和環境資訊服務
船舶報告	MS 8 - 船舶岸上報告 MS 15 - 即時水文和環境資訊服務
船舶交通服務 (VTS)	MS 1 - 船舶交通服務資訊 MS 2 - 導航輔助服務 MS 3 - 交通組織服務 MS 4 - 本地港口服務 MS 6 - 引航服務 MS 7 - 拖船服務
海圖和公開出版物	MS 11 - 海圖服務 MS 12 - 航海出版物服務 MS 15 - 即時水文和環境資訊服務 MS 17 - 助導航服務 (包括 PNT 和星基增強系統)
航行路由交換	MS 1 - 船舶交通服務資訊 MS 2 - 導航輔助服務 MS 3 - 交通組織服務 MS 4 - 本地港口服務 MS 5 - 海事安全資訊服務 MS 6 - 引航服務 MS 7 - 拖船服務 MS 8 - 船舶岸上報告 MS 10 - 海事援助服務 MS 11 - 海圖服務 MS 12 - 航海出版物服務 MS 13 - 冰面導航服務 MS 14 - 氣象資訊服務 MS 15 - 即時水文和環境資訊服務 MS 16 - 搜尋和救援服務
後勤	MS 7 - 拖船服務

資料引用來源：IALA G1117 VDES Overviews

表 2-3 其它潛在的 VDES 用途

VDES 潛在用途	可能利用 VDES 的新服務
失去 GNSS (PNT)	R-模式 (提供備用 PNT)。
訊息轉發	訊息轉發以防止遮蔽或實現冗餘。
助導航應用	在助導航設備中新增 VDES 功能 (包括 ASM 通道上的 ASM)。
船舶監控系統	將 VDES 的功能添加到船舶監控系統中, 可應用於執法和管理漁業領土。
自主式避撞	船對船資訊交換, 確保無人船自主導航的安全
海洋領域意識	對與海事領域相關的任何可能影響安全、安全、經濟或海洋環境的因素進行有效的理解和感知。
災難應變	海嘯等天災會造成巨大損失或人員傷亡。當 VDES 岸站基礎設施因自然災害而喪失時, VDES-SAT 可以確保與沿海航行船舶的通訊。

資料引用來源：IALA G1117 VDES Overviews

VDES 擁有廣泛的應用前景, 可為海事產業數位化轉型帶來多重發展契機。綜觀 IMO 於表 2-4 及表 2-5 中所提出之 VDES 潛在用途與具體應用場景, 首先在航行安全方面, VDES 能即時傳輸航路、水深、航道障礙物等關鍵導航資訊, 強化船舶態勢感知與導航決策。同時, VDES 支援船舶與港口、管制中心及相關服務單位間之資料交換, 可提升航行安全監管、交通協調與調度管理之服務效率。此外, VDES 亦可運用於緊急警報與遇險訊號之傳送, 縮短事故通報與應變時間, 強化海上突發事故之應對能力。在港埠作業管理方面, VDES 可支援船舶與港口之間交換與靠泊、裝卸作業相關之資訊, 例如泊位預約、裝卸作業計畫、港區設施使用狀況及船舶進出動態等, 藉此優化港口資源配置與船舶調度流程, 提升整體港埠作業效率與服務品質。於海事業務服務領域, VDES 能傳輸氣象、海流、潮汐等環境資訊, 支援船舶航行決策, 並可交換海事安全資訊與航行警告, 強化航行安全管理與遠端監控能力, 進一步支援海上交通管制、海洋資源管理與執法監測等多元應用。

除前述應用與服務外，VDES 系統亦針對非法、未報告及不受規範 (Illegal, Unreported and Unregulated, IUU) 漁業活動之防制提出具體構想。VDES 可透過時間獨立認證機制，結合兩種定位模式進行交叉驗證。相關報告指出，在漁業管理與監控領域中，VDES 系統可同時運用傳統 GPS 定位與 R-Mode 定位技術，藉由比對兩者之位置資訊一致性，以做為船舶實際位置之有效佐證。在實務運作上，漁船須即時回報漁獲資訊，包括魚種名稱或類別、漁獲量，並結合 AIS 所提供之船舶識別碼、位置及日期等資訊，一併傳送至漁獲卸貨港口、碼頭與漁業作業管理中心。管理單位於確認漁獲及位置回報資訊無誤後，即核發漁獲證明；若漁船未依規定提供完整且一致之漁獲與作業位置回報，則可能被列為 IUU 漁業嫌疑對象，做為後續管制與執法之依據。

在現代智慧海運發展浪潮下，海上自主水面船舶 (Maritime Autonomous Surface Ships, MASS) 之應用與管理已成為國際關注焦點。此類船舶雖配備先進人工智慧系統以執行自主航行與避碰決策，但為確保航行安全，仍需岸基遠端操作中心進行持續監測，並於必要時進行人工介入與控制。在通訊技術層面，VDES 提供可靠之船岸、岸船及船舶間通訊能力，可透過低資料傳輸率但高可靠度之訊息交換機制，有效支援防止船舶擱淺、預防碰撞事故，並協助應對惡劣天候等多類型航行風險。同時，VDES 系統亦可將 MASS 即時運行狀態、設備監測資訊及航行計畫等數據回傳至岸上監控中心，以利進行監督與風險管理。展望未來，業界預期將進一步建立 MASS 人工智慧系統間之 VDES 通訊協定，特別聚焦於防碰撞決策與協調避讓等關鍵應用。在標準化方面，相關資料格式與介面預期將由國際標準化組織，如 ISO、IEC 等進行規範，而 IMO 則將負責建立整體監管與合規框架，使海事自動化朝向更安全、更可控與更具規範性之方向發展。

在遇險通訊與中繼轉發的使用情境中，當船舶發出遇險警報後，相關訊息首先透過全球海上遇險及安全系統 (Global Maritime Distress and Safety System, GMDSS) 傳送至救援協調中心 (Rescue Coordination Centre, RCC)，RCC 再將事故資訊中繼轉發給鄰近海域之船舶與相關

單位。此一資訊中繼過程可透過多種通訊技術實現，其中即包括 VDES 在內之數位通訊系統。VDES 的優勢在於能整合遇險資訊並於船舶各種設備上顯示，例如雷達、電子海圖顯示與資訊系統 (ECDIS) 等，使船舶得以及時向 RCC 與周邊船舶回傳攔截航向、預計到達時間及現場環境等關鍵資訊，從而建立一致且共享之作業情境認知。在搜救行動啟動與執行階段，搜救任務協調員 (SAR Mission Coordinator, SMC) 會依可用資源規劃搜救方案，並透過 VDES 系統將資源配置、搜尋計畫與搜尋航線節點等關鍵資訊，有效傳遞給現場指揮官 (On Scene Commander, OSC) 及搜救反應單位 (SAR Response Units, SRU)。VDES 採用標準化之訊息框架與資料格式，有助確保所有參與搜救行動單位獲取一致且同步之作業資訊，提升搜救行動之協調性、效率與成功率。

依據 G1117 報告對海上搜救使用情境之敘述，伽利略搜救服務 (Search and Rescue Service, SAR/Galileo) 為國際搜救衛星系統 COSPAS-SARSAT 中軌道搜救衛星系統 (Medium Earth Orbit Search and Rescue, MEOSAR) 計畫之核心應用之一，其中的回覆鏈結服務 (Return Link Service, RLS) 係藉由太空中伽利略衛星之導航訊號 (I/NAV E1B) 實現海上搜救通訊應用。當具備 RLS 功能之緊急定位信標 (例如緊急定位無線電信標 EPIRB 或個人定位信標 Personal Locator Beacon, PLB) 被啟動時，其發出的遇險訊號將透過伽利略衛星系統傳送至相應之任務控制中心 (Mission Control Center, MCC)，系統再向該定位信標發送確認回訊 (即前述之 Return Link Message, RLM)，明確告知求救訊號已被接收且搜救服務正在進行中。G1117 報告於遇險通訊「3.5.6 初始遇險位置共享」小節進一步說明，任何符合《伽利略開放服務空間訊號介面控制文件》(Galileo Open Service Signal-In-Space Interface Control Document) 規範之伽利略接收器，均可讀取與解碼 RLM，並提供符合 IEC 標準之 NMEA 格式資訊，其中包括定位信標識別碼與大略位置(約 30 海浬範圍內)。具備 GNSS 接收功能之 VDES 設備，無論為岸台或船載端，均可接收並解碼此類包含信標識別碼與位置資訊之 RLM，並可透過 VDES 通訊重新轉發，

使周邊裝設 VDES 設備之船舶得以獲取遇險船舶或落水人員之位置資訊，並將其顯示於 ECDIS 等導航設備上。鄰近船舶在與搜救服務單位確認最後已知位置後，便能據此規劃前往支援與救援之行動路徑，進一步強化整體搜救作業之即時性與有效性。

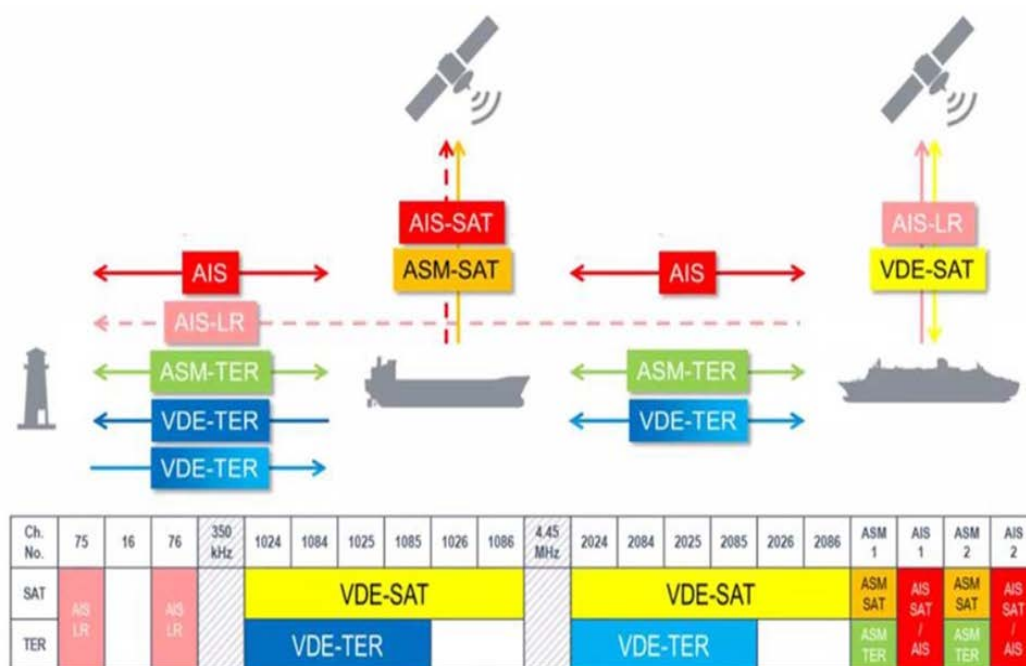
從我國實際場域出發建立可落地的使用情境，主要以臺灣海峽南北向高密度航路、主要商港進出港與錨泊水域、以及離岸風場航行空間等高風險與高管理需求區域，系統化蒐整 VTS、港務單位、引水人辦事處、海巡與航商等利害關係人之痛點與作業瓶頸，據以界定優先服務項目，例如航行告警與協調、交通組織與管制指引、風場作業船隊協調、惡劣海象即時通報與韌性定位支援等，並同步盤點資料來源、資訊權責與通訊需求，確保規劃與後續開發目標一致。並建立可重複使用的情境模板，將觸發條件、資料需求、通訊流程（船船/船岸/岸岸）、責任分工與作業 SOP 具體化，並與 VDES 能力參數連結，包括通道容量、訊息型態、端到端延遲與壅塞情境可用性等門檻，亦可於港口與風場周邊動態禁航區發布與精準告警、AIS 壅塞或訊務不足時以 VDES 承載關鍵管制訊息、結合海氣象與航跡分析之風險熱點預警，以及以 AI 提供避碰輔助提示與情境化告警。最後提出可量測的驗證指標（可用率、延遲、成功率、告警準確率、誤報率與作業節省時間等），做為功能驗證、維運評估與擴點決策依據。

## 2.4 系統架構及資料交換測試

VDES 概念之提出，旨在回應 AIS 於 VHF 資料鏈路（VHF Data Link, VDL）上日益嚴重的傳輸過載問題，並藉由提供更廣泛且無縫的資料交換能力，以支援電子航行（e-Navigation）發展及全球海上遇險與安全系統（GMDSS）的現代化。VDES 為一多元構成之整合系統，由配置於 VHF 海洋行動頻段（156.025 - 162.025 MHz）內的 VDE、ASM 與 AIS 所組成，並涵蓋地面子系統 VDE-TER 及衛星子系統 VDE-SAT。基本而言，VDES 透過系統整合、介面連結或射頻連接等方式，兼容並延伸既有 AIS 與 ASM 等功能，並提供多種海事通訊資

料交換模式，包括船對船、船對岸、岸對船、船對衛星以及衛星對船通訊。其整體系統功能架構與使用頻道分配關係，如圖 2.6 所示。

根據 IALA 指南 G1117—VDES 概述第 3.0 版於第 2.2.1 小節「VDES 訊息內容識別」之說明，為能有效解析地面子系統及衛星子系統之訊息內容，建議可採用數種方式進行編碼與識別。其一，是透過國際海道測量組織（International Hydrographic Organization, IHO）依據 ISO 19100 系列地理資訊標準所制定之海道資料交換標準（S-100），對 VDES 岸基站台識別碼進行內容格式之編碼與管理。其二，則是依據國際電信聯盟 ITU-R M.1371-5 建議書中 AIS 技術規範，使用 AIS 訊息類型所對應之 16 位元識別碼，做為 VDE 二進位訊息內容之格式編碼依據。



圖片引用來源：ITU Radio Regulations Appendix 18

圖 2.6 VDES 系統功能架構與使用頻道分配關係

最後一種方式，亦即指南中所建議優先採用者，為使用 16 位元之 VDE 協定格式識別碼（VDE Protocol Format Identifier, VPFI）。此種作法不僅可支援既有 ASM 編碼格式與相關標準，亦因同一 VDES 站台

得以使用多種不同資料格式，而可依實際需求彈性選擇適當格式。透過 VPFI 對傳輸資料格式加以標示後，船舶系統即可在異質框架下直接交換採用不同編碼格式之訊息，實現跨系統、跨應用之資料互通。VPFI 的功能在於協助船舶系統辨識所接收之 VDE 資料內容型態：當接收到附帶 VPFI 之資料時，系統會根據該識別碼判定資料類型，例如辨別該筆傳輸資料是否為安全警報資訊，或屬其他航行與營運相關數據，並據以將其分派至適當系統或應用程式處理，以提升資料處理效率與整體通訊安全性。其中，VPFI 識別碼 0 - 1023 範圍由 IALA 統一定義，用於標準化國際間常用之資料格式；而 1024 - 65535 範圍之 VPFI 識別碼則採開放分配機制，以供特定業務或區域性應用彈性運用。

VDES 系統之連結層 (Link Layer) 扮演關鍵角色，負責確保整體系統運作的高效率、可靠性與通訊安全。VDES 針對鏈結層之資源管理與通訊協調，定義三種主要操作模式。第一種為「自主與連續」(autonomous and continuous) 模式，在此模式下，VDES 電台需自主決定自身之傳輸時程，並透過機制避免與其他 VDES 電台在時槽使用上的衝突與干擾。第二種為「指配」(assigned) 模式，VDES 電台係依據由岸台或上層管制系統所發送之明確指配訊息進行傳輸，較適用於需集中管理與排程之業務情境。第三種為「輪詢」(polled) 模式，則係基於對詢問訊息 (interrogation) 的回應運作，僅在接獲輪詢請求後才進行資料發送，以利採取較嚴謹之通訊管制與頻寬管理。

VDES 系統之連結層 (Link Layer) 扮演確保整體系統高效、可靠與安全運作的關鍵角色。VDES 針對鏈結層運作特性定義三種操作模式：「自主與連續」模式要求 VDES 電台自主規劃自身傳輸時間表，並處理與其他電台間可能產生的時槽調度衝突；「指配」模式則係由系統透過下行之明確指配訊息授權終端於特定時槽進行傳輸；「輪詢」模式則建立於對詢問訊息 (interrogation) 的回應機制之上，終端僅在接獲輪詢請求時才發送訊息。為因應上述不同操作模式之需求，VDES 設計了五種擷取控制機制 (access schemes)，使終端在共享頻譜之下仍能有效協調時槽使用，降低碰撞與干擾風險並提升頻譜利用率。其中，

自組織分時多重擷取 (Self-Organized TDMA, SOTDMA) 為 AIS 的基本擷取機制，亦可用於 VDE 訊息，尤其適合週期性傳輸。SOTDMA 容許終端在每次傳輸資料中嵌入後續訊框的站台識別碼與時槽資訊，使各終端能預先掌握未來時槽安排，形成「時槽地圖」，進而自主管理通訊行為，達成連續且高效率的資料交換。相較之下，隨機擷取分時多重擷取 (Random Access TDMA, RATDMA) 不依賴預先規劃的時槽分配，而是容許終端於有傳輸需求時在未被佔用的時槽中隨機選擇進行傳輸，特別適合用於不定期或突發事件觸發之通訊需求。惟由於其隨機特性，RATDMA 仍存在與其他終端同時選用同一時槽而造成碰撞的風險，但在未能事前預訂時槽的情境下，仍提供一種快速響應與即時通訊的可行機制。

增量擷取分時多重擷取 (Incremental Access TDMA, ITDMA) 通常與 SOTDMA 等其他擷取方法結合使用，其特點在於終端可「預告」未來將使用之傳輸時槽，且該預告具有不可重複、具連續性之特徵。終端可在自主決定傳輸時間後，透過 ITDMA 將未來使用之時槽資訊告知網路，並於後續連續使用該時槽，特別適用於需因應周期性變動報告或偶發性非周期訊息之場景。在實際應用上，終端可以選擇取代原由 SOTDMA 預留之時槽，或利用 RATDMA 於未經預告的空閒時槽進行 ITDMA 傳輸；一旦新時槽經 ITDMA 預告，即成為該終端後續使用的「第一個 ITDMA 時槽」。此一機制提供在通訊負載或需求臨時變化下的調整彈性，強化系統對突發傳輸需求的處理效率。固定分配分時多重擷取 (Fixed Assignment TDMA, FATDMA) 則以固定時槽分配為核心，特別適用於需長期、規律發送重複性訊息之應用，例如岸基站台的廣播服務。當岸台基站建置 VDES 系統時，可預先對特定通道進行 FATDMA 配置，將部分時槽固定指配給特定類型之週期性訊務。岸台並會透過廣播資料鏈路管理訊息，公布 FATDMA 分配狀況與建議，使鄰近其他岸台得以掌握已占用時槽，進而調整自身配置以避免衝突，確保關鍵廣播訊務穩定與可預期的傳輸品質。

載波偵測分時多重擷取 (Carrier Sensing TDMA, CSTDMA) 則主要用於支援成本較低之收發器，且可與 SOTDMA 完全互通。其運作特徵在於每個訊框中僅使用單一時槽，且不強制要求網路中所有終端進行嚴格時間同步；相反地，CSTDMA 依賴終端在發送前先偵測通道狀態，判斷是否已有其他訊號於該時槽或鄰近時槽傳送，以此避免同時傳輸造成之碰撞。此種載波偵測機制降低了系統對精密同步設備的依賴與整體實作複雜度，但也因須保留足夠時間進行通道空間檢測，使得每一時槽可用於有效資料傳輸之時間縮減，進而限制可傳送資料量並影響傳輸效率。綜合上述五種擷取控制方案可知，VDES 透過在不同操作模式下靈活運用 SOTDMA、RATDMA、ITDMA、FATDMA 與 CSTDMA，不僅提升頻譜資源利用效率，亦兼顧多樣化服務需求與設備成本差異，形成一套具彈性且可擴充的海事數據鏈路資源管理架構。

在數據鏈路控制層面，連結層透過循環冗餘碼 (Cyclic Redundancy Check, CRC) 等機制，對傳輸過程中可能發生的錯誤進行嚴謹偵測；一旦發現數據毀損，隨即啟動重傳機制，以確保接收端所得數據之完整性與正確性。同時，為避免發送端傳輸速率過高導致接收端緩衝區溢位，連結層亦設置流量控制機制，動態調節傳輸速率，確保數據能被可靠且有序地接收。在 VDES 網路中，連結層會於數據訊框標頭中加入時間戳記，以維持所有終端時間與世界協調時間 (UTC) 的一致性。此外，為確保 VDES 數據之機密性與完整性，連結層在數據訊框中納入加密與認證功能，並透過公鑰基礎建設 (Public Key Infrastructure, PKI) 管理金鑰與存取控制策略，有效阻擋未經授權終端設備接入網路，避免數據遭到未經允許之存取或竄改。連結層亦負責識別與處理不同類型子訊框 (如 VDE 數據訊框、VDE 信令訊框及 ASM 訊框)，確保上層應用取得正確且對應之數據內容，從而提升船對船、船對岸及船對衛星等多種通訊方向之傳輸可靠度。

VDES 系統之網路層支援 IPv4 與 IPv6 兩種主要網際網路協定版本，確保其能與採用不同 IP 版本之外部網路互通，擴大系統之相容性與應用範疇。網路層負責 VDES 網路中 IP 位址的配置與管理，包

括為各終端設備分配 IP 位址、維護網路拓樸結構，並依據網路狀態變化自動調整路由表，實現動態路由功能，即使在拓樸或負載變動情形下，亦能使數據經由相對最佳路徑傳送至目的端。在 IP 協定框架下，對於體積過大的數據封包，網路層可將其切分為多個較小數據段傳輸，再於接收端進行封包重組。VDES 網關設備位於 VDES 網路與外部網路之間，負責數據封包之轉換與轉發，使 VDES 網路得以與其他通訊網路互聯互通並擴張服務範圍。此外，網路層亦實施流量控制與壅塞避免機制，適度調節封包發送速率，以維持整體 VDES 網路之傳輸品質與穩定性。在傳輸層方面，VDES 採用具可靠傳輸特性的傳輸協定，確保數據在網路中傳遞時具備完整性、順序控制及錯誤檢測與重傳機制；一旦發生封包遺失或錯誤，傳輸層即自動啟動重傳程序。此外，傳輸層並支援服務品質（Quality of Service, QoS）機制，透過在網路層與傳輸層等多層面綜合實施資源管理與排程控制，確保特定類型之流量（如即時語音或影像）得以獲得優先處理與較佳服務品質，以滿足關鍵應用對延遲與穩定性的要求。

海上互聯平台（Maritime Connectivity Platform, MCP）是一個專為海事領域設計的去中心化平台，其核心目標在於促進海事領域及其相關產業間安全且可靠的資訊交換。該平台高度重視資訊安全性，採用多重加密與認證機制，確保數據在交換與傳輸過程中的機密性與完整性。MCP 所提供的關鍵服務包括海事身分登記冊（Maritime Identity Register, MIR）、海事服務登記冊（Maritime Service Registry, MSR）以及海事訊息服務（Maritime Messaging Service, MMS）等。透過這些服務，平台得以彙整並處理來自船舶、岸台、衛星系統等多元海事數據來源，並有效分發至相關單位，使其能即時獲取關鍵資訊，提升海事決策之效率與品質。MCP 的架構設計支援不同海事應用與服務之間的銜接與整合，遵循國際規範與標準，確保與現有海事通訊技術之相容性，同時也為未來新技術接入與演進預留空間，強化整體互通與擴充能力。在安全層面，MCP 透過端對端加密、嚴謹的身分驗證與存取控制等措施，全面防護資料的機密性、完整性與可用性，防範未經授權存取與各類網

路威脅，確保系統在複雜且高風險的海事環境中仍能維持高度可靠之通訊服務。其中，MIR 做為海事數位通訊參與者的分散式登記冊，被視為 VDES 網路中的身分識別與認證中心，維護註冊海事實體之綜合資料庫，提供唯一身份識別與可信任的身分認證機制，並藉由嚴格的授權與存取控制，支援各類基於身分的海事服務，確保整體系統之安全與合規性。

在 VDES 架構中，海事服務登記冊（MSR）被視為服務管理的核心樞紐。MSR 擔任 VDES 網路中的中央服務登記冊，為各類海事服務與應用提供註冊與描述的平台，並維護標準化且結構化的服務目錄，使用戶能夠有效搜尋、發現並存取所需之服務，促進不同海事服務與應用之間的整合與協作。MSR 同時負責海事服務之生命週期管理，提供工具與機制供服務提供者註冊、維護與更新服務內容，確保服務資訊之即時性與有效性，並持續監測已註冊服務的品質與績效指標，以評估服務水準協議（Service Level Agreements, SLAs）的達成程度，確保整體 VDES 服務生態系統品質穩定提升。進一步而言，MSR 與 MIR 整合後，可共同管理海事服務的存取控制與授權機制，並支援基於服務之計費與支付功能，協助服務提供者建立可行之商業模式。綜合而言，MSR 透過服務註冊、目錄化、編排、生命週期管理、品質監控、存取控制與計費等多重功能，使 VDES 網路內各類海事服務得以高效銜接與協同運作，形成一個可持續發展且具彈性的服務管理架構。

海事訊息服務（MMS）之主要目標在於提升海上通訊效率與安全性，支援高效且可靠的資料交換，並實現船舶與岸台基站、以及船舶間之安全通訊。實務運作上，岸基服務須先於 MIR 與 MSR 中完成註冊，使船載系統能保存註冊檔證書與服務條目的暫存版本，即便在暫時無法連接外部網路的狀態下，仍可執行基本的身分驗證與服務查詢。當船舶重新獲得網路連線時，船載 MIR 與 MSR 副本將與岸基登記冊進行同步，以確保所依據之服務與身分資訊為最新狀態。岸基服務可透過多種連線選項與船舶通訊，包括間歇性 IP 連線、VDE-TER 或 ASM，以及 VDE-SAT 等，MMS 則會根據各種連線方式之可用性與品質條

件，自動選擇最適當之通訊通道。船舶上的 MMS 應用程式可透過人機介面呈現各類航行相關資訊，例如氣象資訊、航線規劃、虛擬航標等，增進船員對航行環境與風險之認知。最終，MMS 邊緣路由器可獨立於船舶其他通訊設備運作，根據當前連線品質、應用類型、資料量與服務優先順序等因素，為不同應用選擇最合適的通訊方式，並動態調整通訊策略。此一能力不僅提升整體通訊效率與可靠性，也使船舶在海上操作時能以更高的安全性與靈活度因應多變的通訊環境與營運需求。

本計畫所採用之 VDES 系統設備架構，並進一步介紹用於驗證資料交換能力與系統互通性之測試程序。本次系統建置與測試採用 Saab 所開發之 VDES 設備，其中 R6 做為船載端設備，R60 則做為岸站設備。VDES 設備組態如圖 2.7 所示，本計畫即以此架構做為後續資料交握與互運性測試之基礎，用以評估岸基與船載 VDES 設備間之資料交換能力。Saab R6 船載設備主要由收發器、接線盒與控制顯示單元三部分構成，並搭配 VHF 與 GPS 天線。收發器負責 VDES 系統之資料收發與處理，可提供船舶定位資訊並支援船舶間之通訊；接線盒則負責系統電路之保護與管理，包含船載設備收發功能之切換，以及電力與數位訊號之整合與分配；控制顯示單元則做為船載端人機介面，提供 VDES 訊息之設定與管理功能，並具備即時狀態監控與告警顯示能力，有助於船舶人員掌握系統運作情形。



圖 2.7 VDES 系統設備架構配置

Saab R60 則做為 VDES 岸站設備，提供多項 VDES 應用服務，不僅支援 VDES 數據交換，亦可執行海事通訊及岸台監控等功能，並具備多頻段操作能力，以滿足不同通訊情境與服務需求。本計畫並開發 VDES 行動站，做為系統之行動控制與展示平台，用以呈現 VDES 解碼資料、視覺化顯示介面，以及指定訊息傳送與操作控制等功能，藉此強化整體系統之測試、監看與操作彈性。

在 VDES 系統中，AIS 仍是最核心、最成熟且廣泛部署的基礎通訊機制，其資料格式與編解碼流程多依循 ITU-R M.1371 建議書規範。AIS 訊息經由 VHF VDL 以 TDMA 機制在標準頻道上傳輸，實際承載時多採用 NMEA 0183 之「!AIVDM/!AIVDO」格式呈現。每一筆 AIS 訊息主體首先經由 6-bit 字元編碼，將原始二進位負載壓縮成以 ASCII 字元為基礎之「Payload」欄位，搭配 Talker ID、訊息片段數、序號、通道識別等欄位，再加上以 XOR 運算產生之 Checksum 做為整體訊息的錯誤檢查。解析流程上，接收端首先根據 NMEA 句型頭部判斷是否為 AIS 訊息，再依照片段數與序號進行重組，將完整 Payload 取出後轉換回 6-bit 字元序列，進而依據訊息類型（Message Type 1 - 27 等）對其欄位進行位元層級解析，例如 MMSI、航速（SOG）、航向（COG）、位置（緯度、經度）、導航狀態、船舶類型等。編碼流程則反向操作：上層應用端根據欲傳送之訊息類型與內容組成對應的二進位欄位，依規格配置各欄位長度與順序，完成後再轉為 6-bit 字元並封裝於 NMEA 0183 句型內，最終由 VDES/AIS 收發器依 TDMA 時槽排程送出。此種以標準化欄位與嚴謹位元配置為基礎之編解碼架構，使 AIS 能維持高度互通性，並做為 VDES 系統中「基本船位與靜態/動態資訊廣播」之核心承載格式。

ASM (Application-Specific Message) 則是為了解決傳統 AIS 訊息欄位不足以支撐新型應用需求而延伸出的一種「應用層二進位訊息格式」，在 VDES 架構中被視為承上啟下的重要橋接層。ASM 通常仍透過 AIS 或 VDE 的實體/鏈結層傳輸，但在邏輯上承載「應用特定」的二進位 payload。其資料格式多依循 IALA 及 IMO 相關指引，以

「DAC/FI (Designated Area Code/Function Identifier)」為核心識別，用以表示該訊息所屬應用類別與功能，例如港口營運、船舶報到、氣象與航行警告、冰情資訊等。解析端收到 ASM 訊息後，首先需自 AIS 或 VDE 訊框中辨識該 payload 為 ASM 類型，再根據 DAC/FI 至對應的應用規格中取得該 ASM 的欄位結構定義，進一步將二進位序列切割為具意義之實體欄位（如風向風速、浪高、能見度、港口泊位代碼等），並轉給上層應用使用。編碼流程則由應用層先依據特定 ASM 規格組裝內容欄位，再封裝成二進位 payload，於前置加上對應 DAC/FI，並標示其為 ASM 類型，最後交由 AIS 或 VDE 傳輸層打包送出。由於 ASM 可以在不改動基本 AIS 核心結構的前提下，彈性擴充海事應用類型，因此在 VDES 的服務化架構中，常被用來承載 e-Navigation、MS (Maritime Services) 以及各國或區域特定服務的標準化資料內容；而編解碼模組的設計也多以「可動態掛載新 ASM 規格」為原則，支援未來持續新增的功能與服務。

相較於 AIS 與 ASM，多做為「既有系統延伸」與「應用層補強」，VDE (VHF Data Exchange) 資料格式則是 VDES 新一代高容量數據鏈路的主體，其設計目標在於提供較 AIS 高數十倍的傳輸容量，並支援更複雜、多樣的數據交換需求。VDE 實際上區分為 VDE-TER (地面子系統) 與 VDE-SAT (衛星子系統)，在資料格式層面則強調「協定框架識別」與「異質資料承載」。依據 IALA G1117 等指南，VDE 訊框中會使用 16 位元 VDE Protocol Format Identifier (VPFI) 做為關鍵標記，用以指示該筆 VDE 負載所採用之資料格式與協定類型。解析端在接收到 VDE 訊框後，首先檢驗 CRC 等錯誤偵測碼，再據以剖析 MAC/鏈結層相關欄位（如時槽、來源與目的識別、服務優先級等），接著讀取 VPFI 值以辨識其對應的上層協定或資料結構，可能包括基於 S-100 架構的航海圖/航行服務資料、延伸 ASM 格式、IP 封包承載，甚至自定義之專用格式。完成協定識別後，再依該格式的欄位定義進行二進位解析，並交付對應上層模組處理。相對地，在編碼方面，VDE 端首先需依應用需求選定合適的 VPFI (若為國際標準則落在

0-1023 範圍，若為區域或專用應用則可使用 1024-65535 的開放區段)，再依該協定格式將資料組裝為對應負載，完成後置入 VDE 訊框，並套用加密、認證與時間戳等安全與同步機制，最終經由 VDE-TER 或 VDE-SAT 子系統以相應的調變與多工技術送出。此種以 VPFI 為核心的格式識別與編解碼設計，使 VDE 得以在同一實體與鏈結層之上，同時支援多種異質資料與服務，並保有未來擴充空間，成為 VDES 架構下支撐 e-Navigation、GMDSS 現代化與智慧海運應用之關鍵高容量數據承載層。

為比較現行 AIS 系統與 VDES 系統地面子系統 (VDE-TER) 於實際環境下之船岸數據交換效能，本計畫規劃並執行一系列實海域測試作業，檢驗 VDES 系統在船岸數據收發、封包資訊解析與處理、資料廣播與指定傳送、環境感測資訊收發及資料交握等功能之可行性與穩定度。本次測試由航港局「航港 1 號」船舶協助配合，並於 114 年 5 月 8 日其歲修期間登輪進行環境勘測評估，如圖 2.8 所示，評估船艙內外系統架設條件，包括設備安裝空間配置、電源供給需求、VHF 與 GPS 等天線之固定與布設位置等，做為後續系統建置之依據。



圖 2.8 航港 1 號歲修期之環境勘測評估

實海測試於 114 年 8 月 29 日辦理，航線自臺中港出發，航行至彰化外海風場區域，並沿預先規劃之巡航路線進行系統測試；岸站收發設備則設置於彰化縣王功漁港芳苑燈塔。本次實海測試項目涵蓋船岸雙向數據交換功能，包括船載端與岸台間之 VDES 系統收發測試、岸

台與船載端之 VDES 系統收發測試、資料封包傳輸與解析測試，以及環境感測數據封裝與收發等作業流程。船載系統由「航港一號」搭載，主要設備包括 R6 Junction Box、R6 Supreme、R6 CDU、24V 電源供應器、VHF 天線、GPS 天線及測試平台電腦等；岸站則架設於彰化王功漁港芳苑燈塔，配置 R60 基站設備、攜帶式儲能行動電源、24V 電源供應器、VHF 天線、GPS 天線與測試平台電腦，以進行對應收發與解析測試。本次實海測試成功在實際作業條件下，驗證船岸間數據交換及封包即時解析處理之正確性與穩定性，展現 VDES 系統於真實環境中的可行性，並為後續更大規模系統佈署與應用推廣提供重要實證基礎。至於本次實海測試之船載端與岸站設備架設情形、系統測試操作流程，以及 VDES 資料視覺化介面呈現結果，如圖 2.9 及圖 2.10 所示。

VDES 系統由多個關鍵組件構成，包括負責支援 VDES 系統資料交握、提供船台定位資訊，以及實現船船、船岸通訊之收發主機；負責系統電路保護機制、船台設備收發功能切換，並整合電源與數位訊號管理之 Junction Box；以及做為船台人機操作介面、支援 VDES 系統訊息管理與參數設定，並具備即時狀態監測與告警功能之控制單元。基於上述功能需求，本計畫於船載端設備採用整合式嵌入式系統設計概念，將各個組件整合於單一行動站中。此一設計可大幅縮減整體系統體積與配線複雜度，提升系統安裝與維護之便捷性，並強化設備之行動部署能力。同時，整合式架構亦有利於後續系統功能擴充與軟體更新，並能降低對船艙空間之占用程度，較符合實務上船舶設備配置與佈署之需求。

此外，為滿足資料擷取、解碼、儲存與呈現等功能需求，本計畫同步開發 VDES 系統資料視覺化介面，以支援測試過程中對數據交換狀態之即時監控。該介面可即時呈現封包接收狀態、指定訊息傳輸結果、環境感測資訊及資料完整性等關鍵參數，並具備完整 VDES 資料紀錄功能，供後續分析與比對使用。視覺化介面以直觀之圖形化與數值顯示方式呈現相關資訊，包含船舶位置、航跡變化與通訊狀態等，使測試團

隊得以即時掌握系統運作情形與通訊效能，有效支援實海測試與系統驗證作業。



圖 2.9 系統資料視覺化介面\_資訊接收



圖 2.10 系統資料視覺化介面\_定向指令發送功能

在彰化縣芳苑鄉芳苑燈塔（王功漁港）架設的「船舶特高頻資料交換監控測試系統」（VDES）的主要目的是實現對彰化風場航道船舶通行的全面監控，這個系統做為一種船舶通信和監控解決方案，通過特高頻資料交換，提供了即時且準確的資訊，以確保航道的安全性和有效性。

定期的系統維護保養是確保 VDES 系統能夠長時間穩定運作的重要措施，包括對系統各個組件的健檢，軟體的更新，故障的排除以及資料品質的監控，主要確保了系統始終處於最佳狀態，能夠有效地蒐集、處理和傳輸船舶相關的資料，如圖 2.11 所示。



**圖 2.11 王功燈塔測試站維護**

在移動裝置上，雙邊 VDES 測試是一項重要的技術活動。這種測試旨在確保移動裝置能夠有效地運用船舶特高頻資料交換監控測試系統（VDES）以實現資料交換的目標。首先，移動裝置的正常運作對系

統整體性能至關重要。透過定期的健檢與監控，能夠確保移動裝置的各項元件，包括硬體和軟體，處於正常狀態，如圖 2.12 所示。

雙邊 VDES 測試的成功實施需要考慮到通信連接的穩定性。這包括定期測試移動裝置與附近船舶之間的通信連接，以確保資料的正確傳輸。故障排除也是不可或缺的，及時處理可能影響通信的問題，以確保系統的連通性和可靠性。在移動裝置的情境下，特別需要強調資料品質的監控。這包括確保由移動裝置傳輸的資料是精確、完整且可信的。同時，移動裝置的能源管理也是需要關注的方面，以確保其電源供應穩定，不會影響到測試的持續進行，如圖 2.13 所示。



圖 2.12 王功燈塔測試站訊號接收圖



圖 2.13 岸站天線架設與系統架設

透過定期的記錄和報告，系統操作人員可以追蹤移動裝置的運行情況，瞭解系統的表現並計畫未來的維護。提供使用者培訓和即時技術支援，有助於確保移動裝置的操作人員能夠有效地應對各種情境，保障系統的順利運行。總而言之，移動裝置的雙邊 VDES 測試需要全面而持續的維護和監控，以確保系統能夠達到預期的資料交換目標。

當接收到的資料訊息來自 AIS、ASM 及 VDE 時，這些資料呈現多樣性且包含豐富的船舶相關信息。首先，AIS 提供的資訊涵蓋了船舶的位置、航行狀態、航速、船名、呼號等基本資料。ASM 則提供更進一步的安全訊息，包括船舶與船舶之間的通信、安全警告、航行計劃等。VDE 做為一個特殊的系統，則提供更多高頻資料，可能包括環境感測、專業測量數據等。

在進行資料解碼之前，可能需要先對接收到的資料進行擷取與整理，這涉及到由 AIS、ASM 和 VDE 發送的各種資訊中挑選出相關且需要的部分。例如，可以擷取船舶的位置座標、船名、呼號、航行狀態等信息，以便進行後續的分析。

解碼階段涉及使用適當的演算法，根據各系統的通信協定和資料格式，將接收到的二進位碼或壓縮資料轉換成可讀的格式。這可能需要考慮到資料的加密、壓縮以及各種協定的差異，如圖 2.14 所示。

```

!AIVDM,1,1,7,B,C38AI6h00:9d1ISKLo1UwwP1QSKQkiwUagWWSKgi:00000000020,0*0D
!AIVDM,1,1,8,A,403v13AvMuow` `Vk?4=eng700HGg,0*52
!AIVDM,1,1,9,A,D03v13@P@Nfq6D06D0,4*5E
!AIVDM,1,1,0,B,403v13AvMuowj` `Vk?4=eng700D2N,0*03
!AIVDM,1,1,1,A,403v13AvMuoo` `Vk?4=eng700<20,0*15
!AIVDM,1,1,2,B,D03v13@EDNfp0006D0,4*34
$AIALR,011610.00,008,A,V,AIS: MKD connection lost*6C
!AIVDM,1,1,3,B,403v13AvMuoo` `Vk?4=eng700H6:,0*1B
!AIVDM,1,1,4,A,D03v13AVTNfp0006D0,4*33
!AIVDM,1,1,5,A,403v13AvMuoo`D` `Vk?4=eng7000S:,0*7D
!AIVDM,1,1,6,B,403v13AvMuoo`N` `Vk?4=eng700@Ap,0*5F
!AIVDM,1,1,7,B,D03v13AK`Nfq6D06D0,4*69
$AIALR,011610.00,008,A,V,AIS: MKD connection lost*6C
!AIVDM,1,1,8,A,403v13AvMuoo` ` `Vk?4=eng700D2M,0*36
!AIVDM,1,1,9,A,D03v13@P@Nfq6D06D0,4*5E
!AIVDM,1,1,0,B,403v13AvMuoo`j` `Vk?4=eng700@MV,0*57
!AIVDM,1,1,1,A,403v13AvMuooa0` `Vk?4=eng70080C,0*1E
!AIVDM,1,1,2,B,D03v13@EDNfp0006D0,4*34
$AIALR,011610.00,008,A,V,AIS: MKD connection lost*6C
!AIVDM,1,1,3,B,403v13AvMuooa: ` `Vk?4=eng700D2M,0*65
!AIVDM,1,1,4,A,D03v13AVTNfp0006D0,4*33
!AIVDM,1,1,5,A,403v13AvMuooaD` `Vk?4=eng700D2K,0*18
!AIVDM,1,1,6,A,C0WCBh@00J9dqJ3KLT=Ewwj06`T6gSQceKSKie:0000000000020,0*73
!AIVDM,1,1,7,B,C0WCBh@00J9dqJ3KLT=Ewwj06`T6gSQceKSKie:0000000000020,0*71

```

圖 2.14 AIS、ASM 及 VDE 訊號碼接收圖

考慮到現有的船舶特高頻資料交換監控測試系統 (VDES) 缺乏相對應的顯示海圖介面，本計畫選擇一個適用之電子海圖平台，即 Open Chart Plotter Navigator (OpenCPN)。這個平台被選用主要是因為其強大的功能和易於操作的介面。OpenCPN 是由一志願者社群開發和維護的開源軟體，為使用者提供了功能豐富的操作介面。

OpenCPN 支援兩種主要的海圖格式，即光柵海圖格式 (Raster Chart, RNC) 和向量海圖格式 (Vector Chart, ENC)。RNC 是紙質海圖的掃描文件，其特點是所有資訊都是直接從打印版的紙質海圖掃描而來，因此在界面上看起來與傳統的紙質圖表並無差異。採用 OpenCPN 這樣的電子海圖平台有助於在 VDES 系統中整合船舶資訊和實時海圖，提供了直觀而全面的資訊展示。同時，由於 OpenCPN 的開源特性，使用者還可以根據實際需求進行自定義和擴展，使得系統更適應具體應用場景。

其中海圖為 97 年本所完成 127 幅 S57 ENC，如圖 2.15 所示，涵蓋了相當廣泛的區域，提供了詳細的水道、港口和航行資訊，以支持船舶在這些區域的安全航行，雖然海圖老舊，但仍然可以提供重要的參考和資訊。老舊的海圖可能有一些限制，如不包括最新的深度數據、港口設施更新或新航道的添加，然而，這些海圖仍然可以為船舶提供一個基本的導航框架和地理參考點。

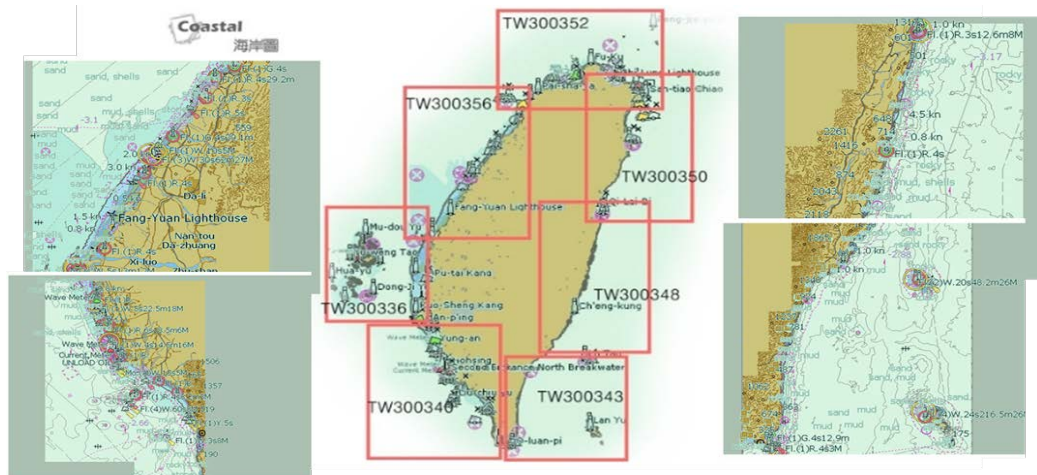


圖 2.15 S57 電子海圖

使用 ECDIS (電子海圖平台) 進行航道監控彰化風場航道內的船舶通行結果，訊號傳輸軟體介面，如圖 2.16。

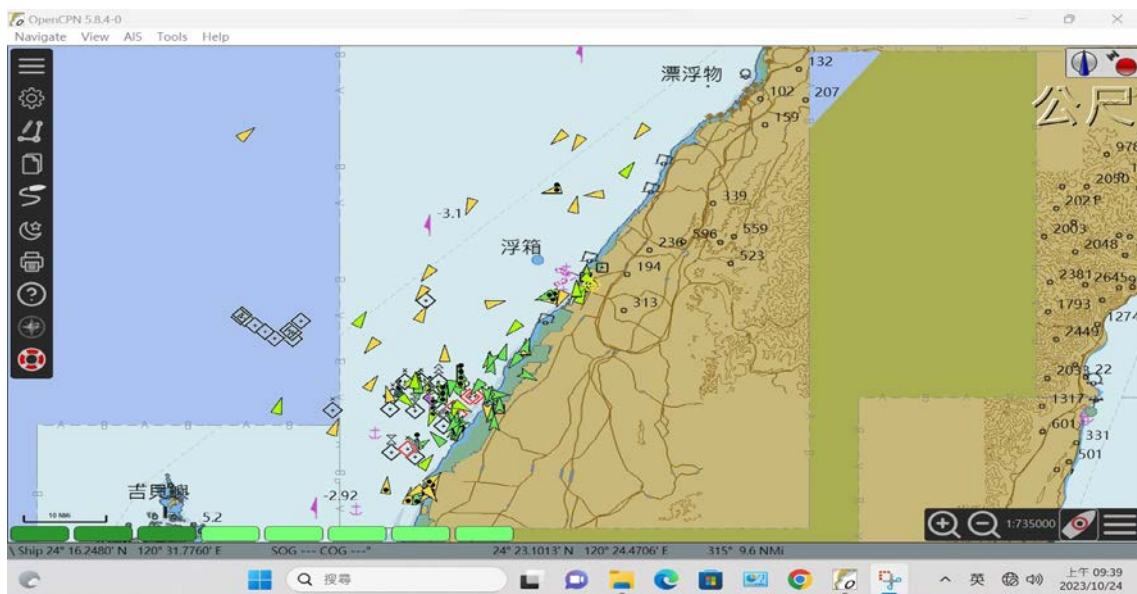


圖 2.16 電子海圖平台展示畫面

於整合新一代船舶通訊設備和電子海圖資料庫，同時結合現有的 VDES 設備和 ECDIS 系統，完成 VDES 測試站的基礎建置。利用 VDES 1000 設備，以實現現有 AIS 功能，同時也測試應用 ASM 及 VDE 功能，將接收到的資料轉換為適當的格式，並以電子海圖的形式呈現，使 VDES 系統能夠透過直觀的視覺化界面，展示船舶位置和其他相關設備 (如電子浮標) 的資訊。

### 第三章 精進海氣象資訊於船舶監控預警系統

自 108 年 6 月起，本所開始整合航港局提供的船舶自動識別系統（AIS）的動態資訊，將這些資訊統一彙整至本所的 AIS 船舶動態資料庫，包含臺灣周圍海域以及基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、臺北港、蘇澳港和安平港等主要港口的船舶資料，特別是在運用資訊整合等研究方法進行船舶動態資料的蒐集、分析與統計方面，如圖 3.1 所示。在蒐集到的船舶資料基礎上，進行交通流分析是關鍵的一步，包括對海域內船舶的密度、流向、速度分佈等進行詳細的統計和視覺化分析。

透過自行開發的應用程式，將蒐集到的 AIS 船舶點位座標資訊轉換為地理資訊系統所需的標準資料格式，使用開源的地理資訊程式 QGIS，編寫了分析程序，透過使用地理資訊系統（GIS）工具，可以將相關資訊以地圖的形式呈現，展現海域內船舶通行的動態變化。同時，透過時間序列分析，可以觀察不同時間段內船舶活動的變化趨勢，揭示可能的高流量區域或通行熱點，以呈現臺灣周圍海域船舶航跡的密度，並且能夠深入研究船舶在臺灣海域的交通流量，並進一步分析航線軌跡，為海上交通管理和規劃提供寶貴的資訊。



圖 3.1 臺灣周圍海域船舶交通流分析程序示意圖

### 3.1 AIS 資料來源

自動識別系統（Automatic Identification System，AIS）是一種安裝在船舶上的自動追蹤套系統，透過與附近船舶、AIS 岸臺以及衛星等設備的電子資料交換，提供即時而全面的船舶資訊。除了能夠將 AIS 資料供應到海事雷達，以優先避免海上交通發生碰撞事故外，還能廣播海象資料、危險警示區等信息，以提升航行安全。

臺灣位於東北亞與東南亞之間，是海上船舶來往航運的重要樞紐。在現有航行海域空間有限的情況下，船舶數量快速增加，因此提供船舶監控及預警技術發展及應用變得尤為重要，為了推動與國際接軌，航港局積極參與「我國智慧航安服務建置暨發展計畫」，這項計畫旨在整合相關系統或服務功能，甚至整併不同機關的資源，以構建一個效能、迅速、精準的智慧航安服務系統。這種整合與支援的模式有助於提高我國海域的監控效能，確保航行安全，並使船舶在海上交通中能夠更有效率地運行。

107 年起航港局主導推動 AIS 整合工作，以全國燈塔地點為基礎，配備具有 GPS 的 AIS 設備，並強化航標的遙測遙控功能，以提升航標的辨識度，目的旨在提供更精確的電子導航、預警和監控服務，進一步減少船舶碰撞的機率。同時，這也為建立更完善的 AIS 網路奠定基礎，促進全方位的航行安全，從而有效減少海難事件的發生，並強化海難救助的能力。

整合遠端遙測和控制功能的航標不僅提供了更多元的服務，還能夠做為 AIS 系統的擴充基礎，推動整體海上交通管理體系的現代化。這不僅有助於監控臺灣海域的交通流，還能持續評估航行風險，並根據需要規劃或調整航標和航路系統的配置。這種系統的建置使得國家的航行安全服務資源能夠發揮最大效能，實現經濟化、效率化、系統化的效益。

本所自 108 年 6 月起透過 VPN 網路介接航港局的 AIS 資訊，將臺灣周圍海域船舶的 AIS 資訊以資料庫方式儲存，同時進行資料篩選、比對及統計分析。這項整合將原本分散的 AIS 接收站納入統一管理，不僅加強了 AIS 訊號的補強與備援，還提高了資料的整合度和分析效能。這系統不僅僅是一項技術性的升級，更是致力於提升整體海上安全水平的重要舉措。其整體架構如圖 3.2 所示。

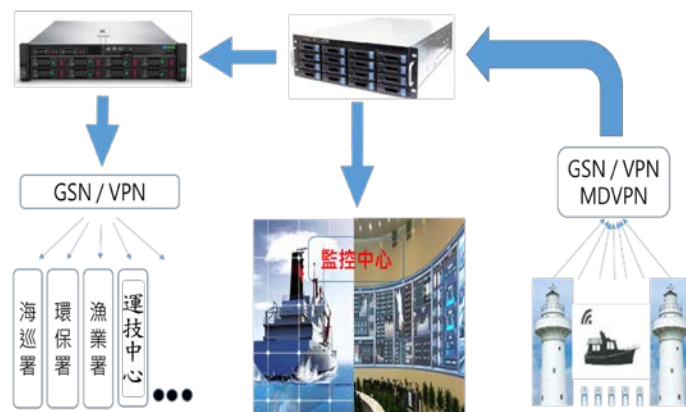


圖 3.2 航港局 AIS 系統網域架構示意圖

本所介接航港局 AIS 資料，用以做為臺灣周邊海域交通量分析等研究。AIS 介接之資料形態主要有三：(1)RAW DATA，主要做為改善 AIS 全解碼效能之研究與系統規劃；(2)即時資訊，保留單一船舶 AIS 訊息最後 1 筆資料，以做為系統網頁上船舶顯示之用；(3)AIS 全資料，儲存來自航港局提供之所有船舶資訊，建置一完善地船舶軌跡訊息，如圖 3.3 所示。

```

#FGHP,1.2019.8.14.5.8.57.0.416.4161812.1.10*20*****
#s:004161812.c:1565759337*09\B5VDM.1.1.B.19N:1SP01a8eG8L-Mvk=tr5a04*P,0*10
#FGHP,1.2019.8.14.5.8.56.0.416.4161814.1.7B*53
#s:004161814.c:1565759336*09\B5VDM.1.1.B.B.JDLQ00H2;reUShv?AwEUM7QP06,0*7B
#FGHP,1.2019.8.14.5.8.57.0.416.4161809.1.45*2A
#s:004161809.c:1565759337*04\B5VDM.1.1.B.1TTHF002G6ga``gA2Pfcu08RB,0*45
#FGHP,1.2019.8.14.5.8.58.0.416.994161810.1.38*27
#s:994161810.c:1565759338*03\ANVDM.1.1.4.A.16:4CR0014*MSHB=nlCq1V7p0000,0*38
#FGHP,1.2019.8.14.5.8.58.0.416.994161810.1.24*2A
#s:994161810.c:1565759338*03\ANVDM.1.1.S.A.R6:GD8P07B7BM3PD-H;7uu7QP06,0*24
#FGHP,1.2019.8.14.5.8.59.0.416.4161807.1.69*24
#s:004161807.c:1565759337*04\B5VDM.1.1.A.V=lm=hl-1-A10477U7S:roLhEwPQ6P*UOwjAh-R=meBrO=30jdCjP,0*69
#FGHP,1.2019.8.14.5.8.58.0.416.4161813.1.5C*5F
#s:004161813.c:1565759338*00\B5VDM.2.1.9.B.576ta?42-OJQ18A;>20Lhu9V0t-d4r222222216A8;<<v6oaBa5wR1C,0*0B
#s:004161813.c:1565759338*00\B5VDM.2.1.9.B.576ta?42-OJQ18A;>20Lhu9V0t-d4r222222216A8;<<v6oaBa5wR1C,0*0B
#FGHP,1.2019.8.14.5.8.58.0.416.4161813.1.5C*59
#s:004161813.c:1565759338*00\B5VDM.1.004161813.9.,2200.,*5C
#FGHP,1.2019.8.14.5.8.57.0.416.4161812.1.6D*53
#s:004161812.c:1565759337*09\B5VDM.1.1.A.15RUJF001``ERK09HCe8m7A100S>,0*6D
#FGHP,1.2019.8.14.5.8.56.0.416.4161814.1.19*2E
#s:004161814.c:1565759336*09\B5VDM.1.1.A.B69a6JF02:9aHO3m:AU:7wtV3F06,0*19
#FGHP,1.2019.8.14.5.8.56.0.416.4161814.1.66*26
#s:004161814.c:1565759336*09\B5VDM.1.1.B.B68rTAh051:70r3nfa9kwtV1P06,0*66
#FGHP,1.2019.8.14.5.8.58.0.416.994161808.1.40*21
#s:994161808.c:1565759338*04\ANVDM.1.1.9.B.16:01H00R9HP0SdJKV01VNO21mk,0*40
#FGHP,1.2019.8.14.5.8.58.0.416.994161808.1.3E*53
#s:994161808.c:1565759338*04\ANVDM.1.1.9.B.16:01H00R9HP0SdJKV01VNO21mk,0*40
#FGHP,1.2019.8.14.5.8.58.0.416.994161806.1.21*28
#s:994161806.c:1565759338*04\ANVDM.1.1.2.B.16:fq4NE50e11B2:11ko0000007,0*21
#FGHP,1.2019.8.14.5.8.58.0.416.994161805.1.16*2E
#s:994161805.c:1565759338*07\ANVDM.1.1.9.B.D1:l:h00;:r:T3CN9jVCvw42004,0*06
#FGHP,1.2019.8.14.5.8.603.416.994161807.1.1F*9C
#s:994161807.c:1565759338*04\ANVDM.1.1.2.B.B69KHHO122gBIMuTAH143P06,0*1F
#s:994161807.c:1565759338*04\ANVDM.1.1.2.B.B69KHHO122gBIMuTAH143P06,0*1F
#s:994161808.c:1565759338.1:gatehouse*04\AVDM.1.,.B.36cfvr8P0K``wRH>8HfQragh00v0,0*5P
#FGHP,1.2019.8.14.5.8.58.0.416.994161814.1.3D*5F
#s:994161814.c:1565759338*07\ANVDM.1.1.2.B.16:fEIIN00000002:l0h1050:510,0*3D
#FGHP,1.2019.8.14.5.8.58.0.416.994161822.1.3C*5D
#s:994161822.c:1565759338*02\ANVDM.2.1.9.B.576ta?42-OJQ18A;>20Lhu9V0t-d4r222222216A8;<<v6oaBa5wR1C8888,0*15

```

圖 3.3 AIS RAW DATA 示意圖

### 3.2 資料格式的轉換

AIS 資料的蒐集主要涵蓋了單一船舶在當前時間點所傳輸的座標位置資訊。雖然這些資料在地理資訊系統（Geographic Information System, GIS）中呈現為座標點的形式，然而，對於透過這些座標資料生成的交通流量圖面，發現其效果並未達到預期，呈現出相當的局限性，所蒐集到的 AIS 資料主要反映了單一船舶的位置座標，這使得交通流量圖面在解析整體船舶動態和通行模式方面存在挑戰。

由於僅包含單一時間點的資訊，難以捕捉船舶的運動趨勢和預測未來的交通模式。因此，在形成交通流量圖面時，缺乏對於時間變化的全面把握，導致呈現的圖面無法完整反映臺灣周圍海域的動態船舶通行狀況。又雖然 GIS 提供了座標點的資料形態，然而，單純地依賴這些座標點無法提供對於海域內船舶密度、流向和速度等更深入層面的分析。在解析交通流量圖面時，座標點的資訊過於有限，無法提供對於航道內整體船舶運動行為的完整把握，目前的 AIS 資料蒐集方式和資料形態，在生成交通流量圖面上存在明顯的不足，需要進一步改進和擴展分析方法，如圖 3.4 所及圖 3.5 所示。

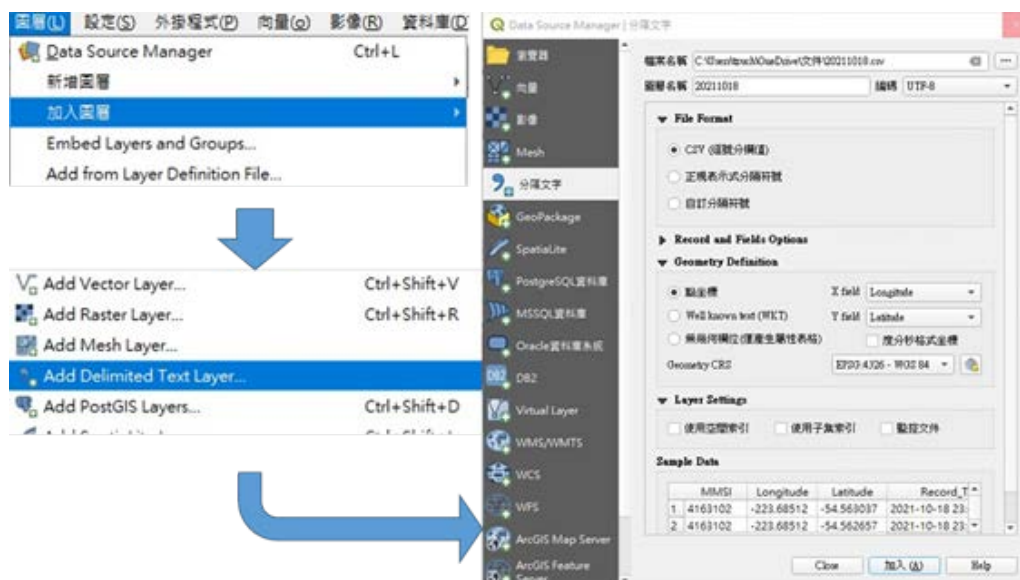


圖 3.4 QGIS 匯入文檔資料操作步驟

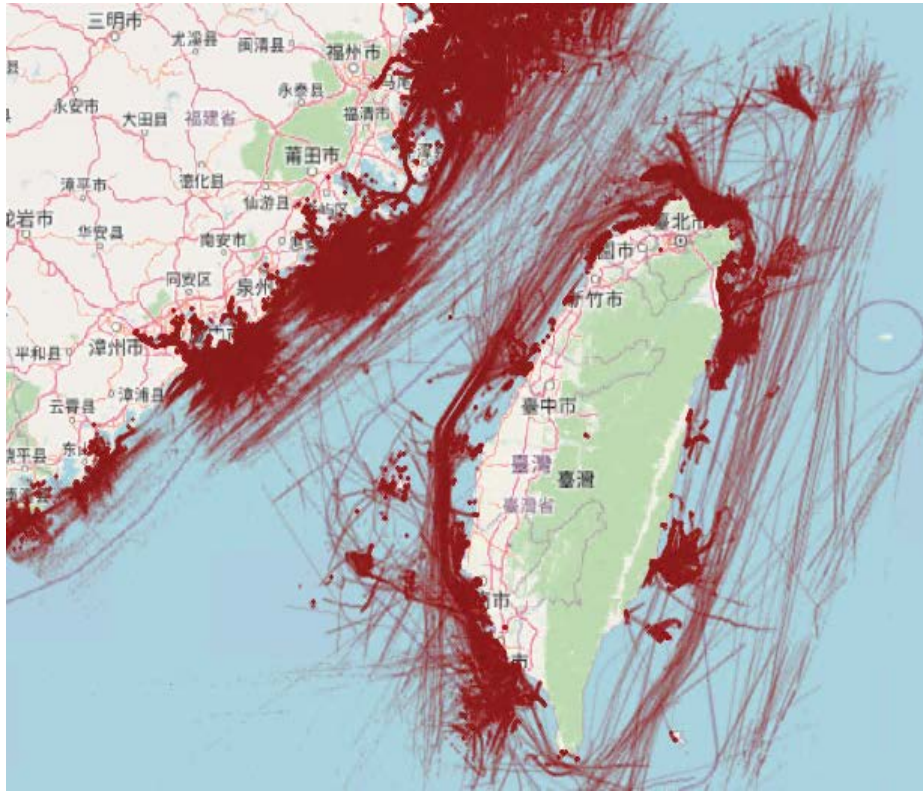


圖 3.5 AIS 點位資料在 QGIS 上的運用

為獲得清晰、直觀且易於判讀的船舶交通流軌跡密度分布圖，必須透過撰寫程式將原本每筆船舶單一座標位置點的資料，進行巧妙的彙整與轉換。這項作業的主要目標在於將同一艘船舶的各點位資料，整合並儲存於同一筆資料內，以便記錄成符合地理資訊系統空間資料格式的標準，透過程式撰寫，我們能夠有效地處理原始資料，使其轉換為統一的資料結構，符合地理資訊系統的規範。這種轉換確保了資料的一致性，使得在後續的分析過程中，能夠更加順暢且具有可解釋性。同時，整合後的資料結構也有利於後續的地理資訊分析和可視化呈現，從而實現清晰而精準的船舶交通流軌跡密度分布圖的生成，如圖 3.6。

ShipName	MMSI	Geom	TimeLog
F)3Q.N%4 100%	168801396	0xE610000001041C00000012303F4AFF93740D8BB3FDEAB...	2018/12/20 09:37:03,2018/12/20 09:39:31,2018/12/...
CHUNG 416 #+	416155500	0xE6100000010424000000CA8F7388A53A3840D2BFF4E31C1...	2018/12/20 09:38:33,2018/12/20 09:39:22,2018/12/...
	416161118	0xE61000000104090000007F14F058599037409A42E73576EF...	2018/12/20 09:32:51,2018/12/20 10:01:59,2018/12/...
HEI GE LIN	416161718	0xE610000001041800000052D6EA98E0113840C3F72EB8F91...	2018/12/20 09:38:32,2018/12/20 09:39:18,2018/12/...
FU KUO NO.1	416164900	0xE6100000010421000000A8D3490419136406536C8242314...	2018/12/20 09:37:34,2018/12/20 09:39:27,2018/12/...
JINFU	416168168	0xE610000001041500000050C16693D642394032B3FF14A176...	2018/12/20 09:38:07,2018/12/20 09:40:07,2018/12/...
HAI YANG NO.8	416168900	0xE6100000010415000000878A71FE26143840C61D9FA36817...	2018/12/20 09:36:16,2018/12/20 09:39:16,2018/12/...
JIH DA GAN	416174500	0xE61000000104240000005A6521273991364024B2DF002014...	2018/12/20 09:38:34,2018/12/20 09:39:22,2018/12/...
CG-122	416176500	0xE6100000010416000000A089B0E1E9213940AB0BA84A6E...	2018/12/20 09:38:15,2018/12/20 09:41:34,2018/12/...
TAIWAN FUEL	416179800	0xE610000001040F0000005189668B919A3640035408D14712...	2018/12/20 09:37:54,2018/12/20 09:43:36,2018/12/...
JIN JIN FUH NO.1	416180500	0xE61000000104160000006FECB6A490953840ED6B8D1B91...	2018/12/20 09:37:37,2018/12/20 09:40:36,2018/12/...
FULL KUO NO.101	416180600	0xE61000000104230000007CD4E43C76923640039C0E77081...	2018/12/20 09:38:29,2018/12/20 09:39:18,2018/12/...
SPRING NEXUS	355354000	0xE6100000010424000000617138F3AB1137402063EE5A4274...	2018/12/20 09:38:16,2018/12/20 09:39:26,2018/12/...
KAI KUAN 11	355377000	0xE61000000104220000006744696FF0ED37403B12FF9DDA0...	2018/12/20 09:38:34,2018/12/20 09:39:21,2018/12/...
MAERSK CALAB...	564360000	0xE61000000104240000005EC0467F55873640FBE1B70EFB0...	2018/12/20 09:38:27,2018/12/20 09:39:28,2018/12/...
EVER UBERTY	564384000	0xE6100000010415000000E966FA12178D364085EB51B81E1...	2018/12/20 09:37:08,2018/12/20 09:38:59,2018/12/...

圖 3.6 AIS 點位資料轉換為地理空間資料格式

### 3.3 地理資訊系統 QGIS 的運用

QGIS（原稱 Quantum GIS）是一個自由開源的 GIS 地理資訊系統桌面軟體，相對於商業 GIS 軟體，Quantum GIS 具有多項優勢。首先，它的檔案體積相對較小，並且在執行時需要的記憶體和處理能力較低。這使得 QGIS 能夠在舊硬體或處於計算能力限制的環境中高效運行。此外，QGIS 的開放源碼特性使得用戶可以根據個別需求進行自定義和擴展，提供更大的靈活性，QGIS 支援由 Python 撰寫的程式腳本擴充 QGIS 的功能，如圖 3.7。透過新增分析程序導入資料庫資料，設定資料時間區間、統計資料數網格大小、輸出數據空間範圍、航跡密度色調式樣來源參照檔案及輸出結果檔案儲存位置，以產出船舶交通流航跡密度分布圖，如圖 3.8 至圖 3.10。

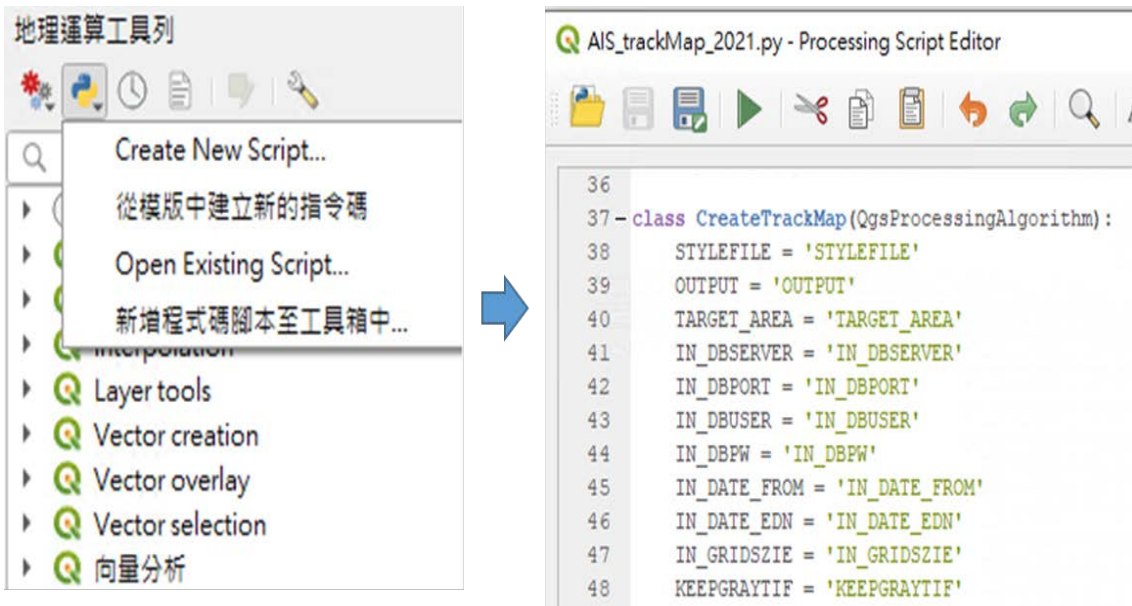


圖 3.7 QGIS 新增航跡密度分布圖分析程序功能

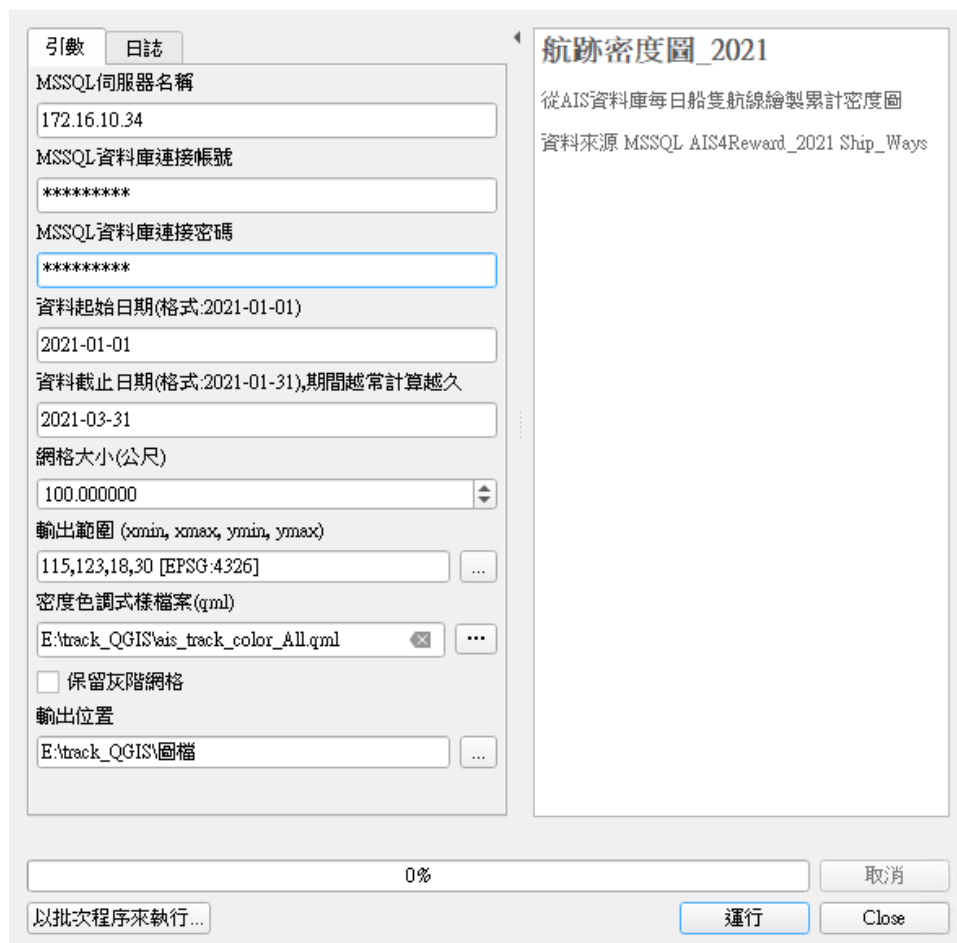


圖 3.8 AIS 航跡密度分布圖分析程序設定

		0	<item label="0" color="#2b83ba" value="0" alpha="0"/>
2b83ba		0~1	<item label="0 - 1" color="#2b83ba" value="1" alpha="255"/>
5ea7b1		1~5	<item label="1 - 5" color="#5ea7b1" value="5" alpha="255"/>
91cba9		5~16	<item label="5 - 16" color="#91cba9" value="16" alpha="255"/>
bce4aa		16~20	<item label="16 - 20" color="#bce4aa" value="20" alpha="255"/>
def2b4		20~24	<item label="20 - 24" color="#def2b4" value="24" alpha="255"/>
ffffbf		24~28	<item label="24 - 28" color="#ffffbf" value="28" alpha="255"/>
ffdf9a		28~32	<item label="28 - 32" color="#ffdf9a" value="32" alpha="255"/>
febe74		32~36	<item label="32 - 36" color="#febe74" value="36" alpha="255"/>
f69053		36~40	<item label="36 - 40" color="#f69053" value="40" alpha="255"/>
e75437		40~44	<item label="40 - 44" color="#e75437" value="44" alpha="255"/>
d7191c		44~72	<item label="44 - 72" color="#d7191c" value="72" alpha="255"/>
ad0508		72~200	<item label="72 - 200" color="#ad0508" value="200" alpha="255"/>
5e0204		200 ↑	<item label="200 - 200000" color="#5e0204" value="200000" alpha="255"/>

圖 3.9 AIS 航跡密度圖色階設定值

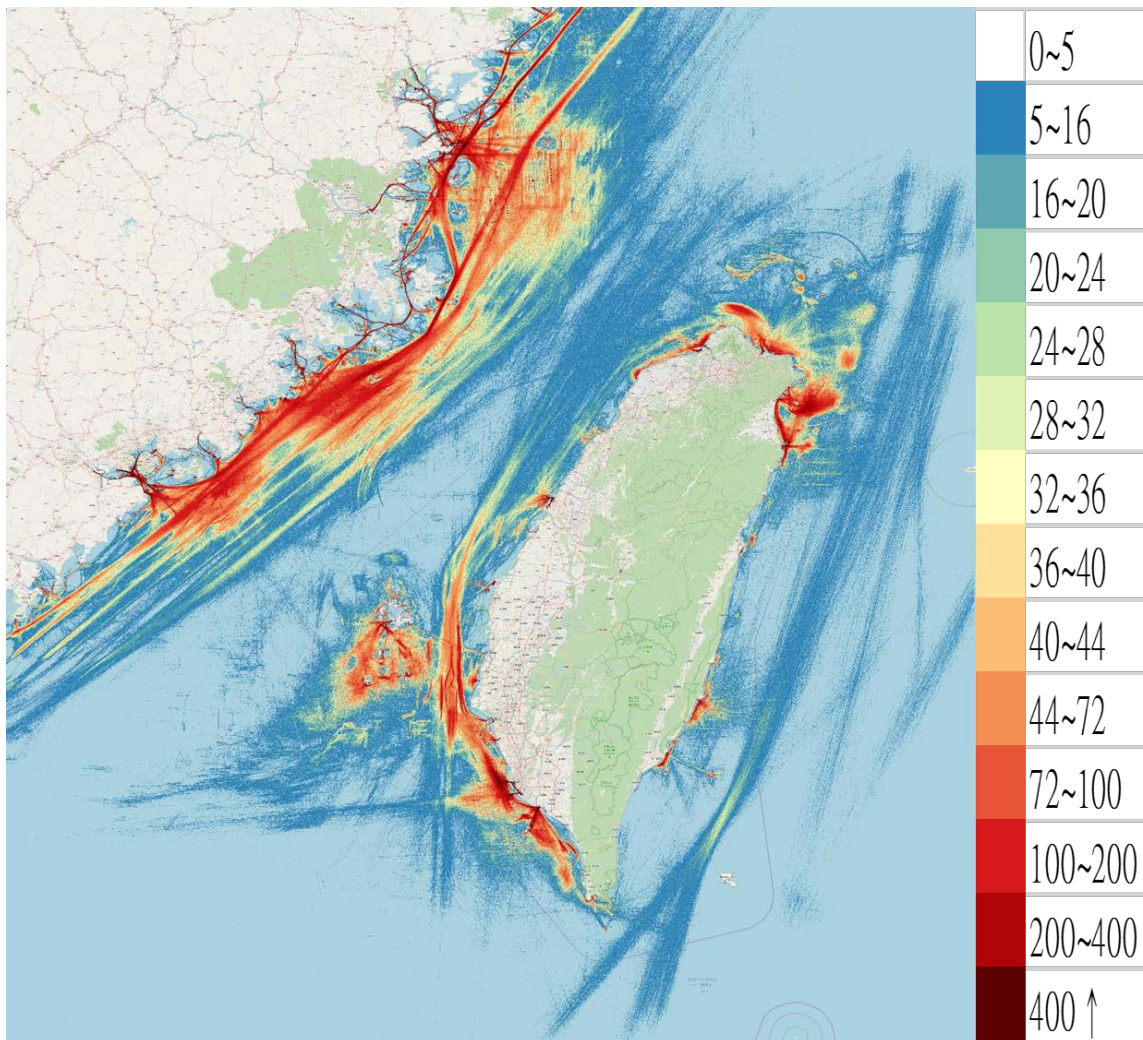


圖 3.10 AIS 航跡密度分布圖示例

利用介接航港局之所有船舶 AIS 資料，透過航跡密度色調式樣來源參照檔案，調整航跡密度圖色階設定值，修正船舶交通流航跡密度分布圖產出結果之顯示。於圖 3.10 的基礎下做調整，將原本設定為不顯示色調式樣圖層網格的條件，從單位網格統計量在 5(含)以下，調整為單位網格統計量在 24(含)以下之設定值，重新取得之船舶交通流航跡密度分布圖，如圖 3.11 所示。經條件設定值調整而重新執行後，取得之船舶交通流航跡密度圖，在圖面資訊顯示上更為簡潔易懂。

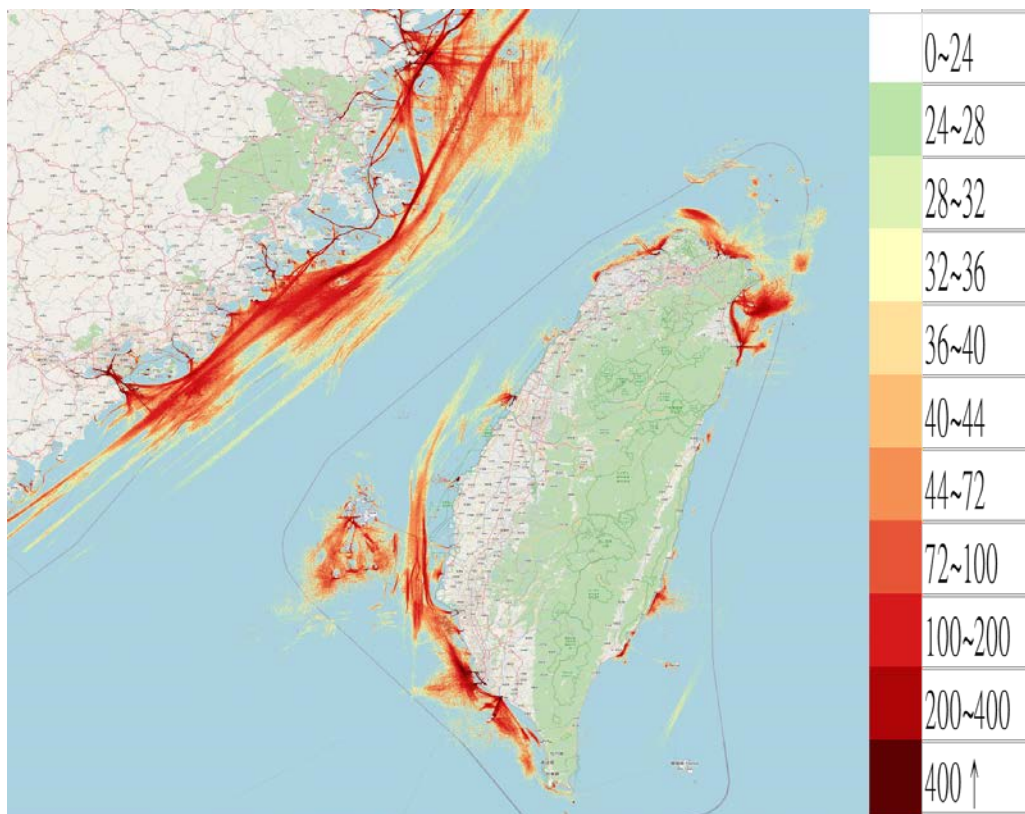


圖 3.11 調整後之 AIS 航跡密度分布圖示例

### 3.4 臺灣周圍海域船舶交通流密集區域

於 QGIS 上進行船舶航跡密度分析，除航跡密度圖色階設定值 alpha(透明度值，0 表透明即不顯示、255 表不透明即全顯示)的更動，可決定網格是否顯示外；然在不更動設定值下，統計資料數網格大小的決定，亦會影響船舶航跡密度圖的產出結果，如圖 3.12。



圖 3.12 航跡密度圖不同網格大小產出結果比較圖

在單位網格大小與航跡密度圖色階設定值兩項因素影響下，為取得可視性較佳的船舶航跡密度分布圖，於大範圍區域時(臺灣海域)則採較大的單位網格設定值(例：100 公尺)，欲觀察小區域(港口)時則採較小的單位網格設定值(例：10 公尺)，透過改變航跡密度圖色階 alpha 設定值，則可產出清晰簡明的航跡密度分布圖。

以船舶資料區間 2021 年 1~3 月為分析期間段，單位網格統計量網格設定值 10 公尺與 100 公尺為條件，比較兩者在不同規模區域範圍時的變化，如圖 3.13 及圖 3.14 產出結果比較圖。

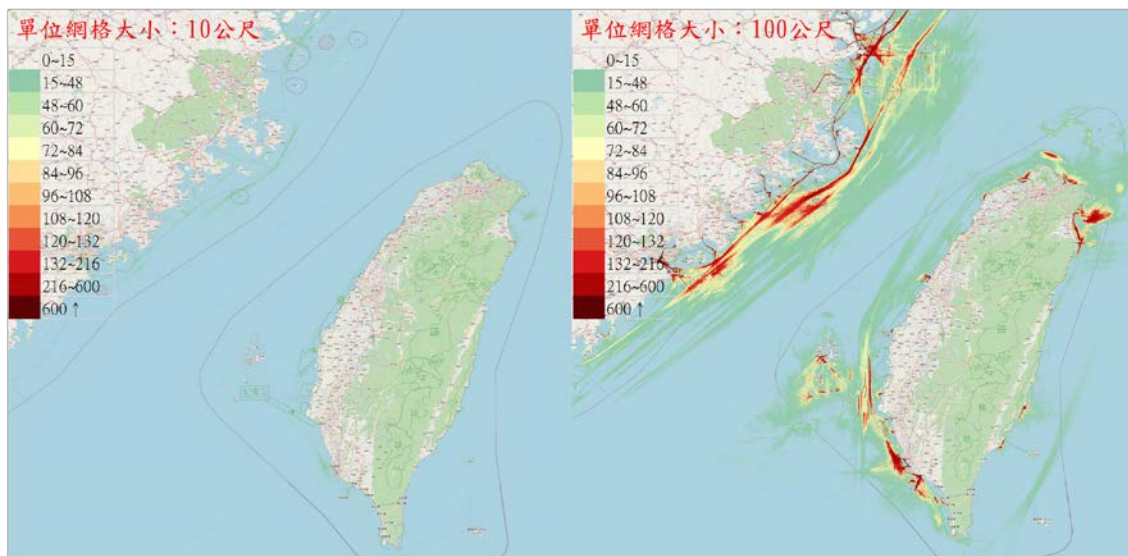


圖 3.13 大範圍區域不同網格大小設定值產出結果比較圖

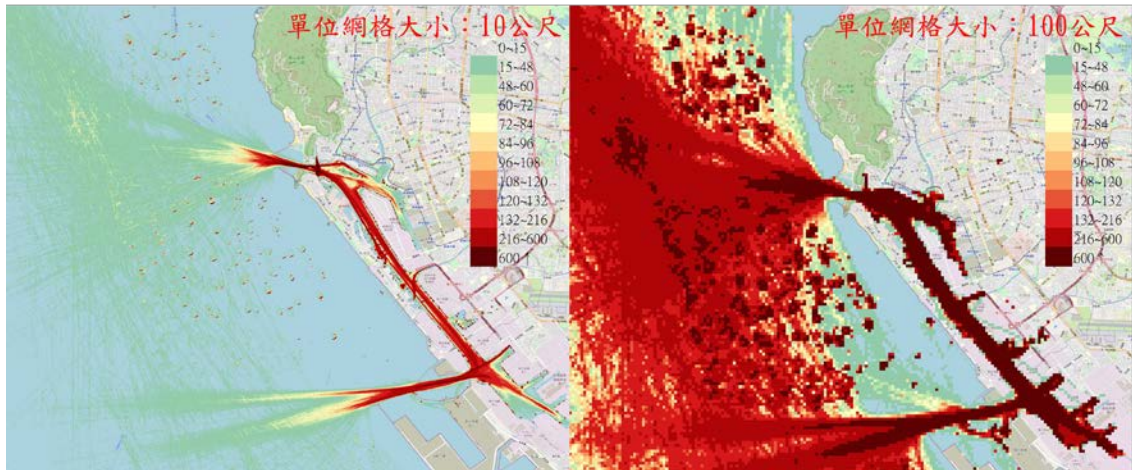


圖 3.14 小範圍區域不同網格大小設定值產出結果比較圖

### 3.4.1 交通流密集區域

本計畫 AIS 船舶交通流航跡密度分析資料時間區間為 114 年 1 月 1 日至 114 年 10 月 31 日止，分析步驟，如圖 3.15 所示，並使用適當的密度色調式樣色階設定，以清晰顯示不同區域的航跡密度變化，為瞭解臺灣周圍海域船舶交通流密集區分佈情況，根據密度數值，使用適當的色彩階調，使得高密度區域與低密度區域能夠清晰區分，先以較大尺度的單位網格設定值 40 公尺進行統計量，將計算得到的航跡密度數據應用於地理信息系統（GIS）軟體中。

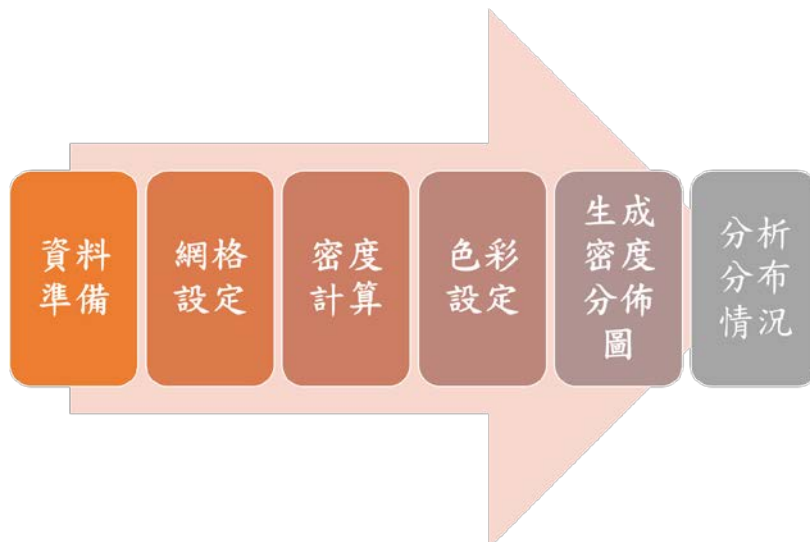


圖 3.15 船舶交通流航跡密度分析步驟

將不同區域的船舶交通流密度，高密度區域將以濃烈的色調呈現，低密度區域則以淡色調表示，生成密度分佈圖，以取得主要交通流密集區的分布位置這將提供清晰的視覺化呈現，有助於了解臺灣周圍海域的航運活動狀況，如圖 3.16。

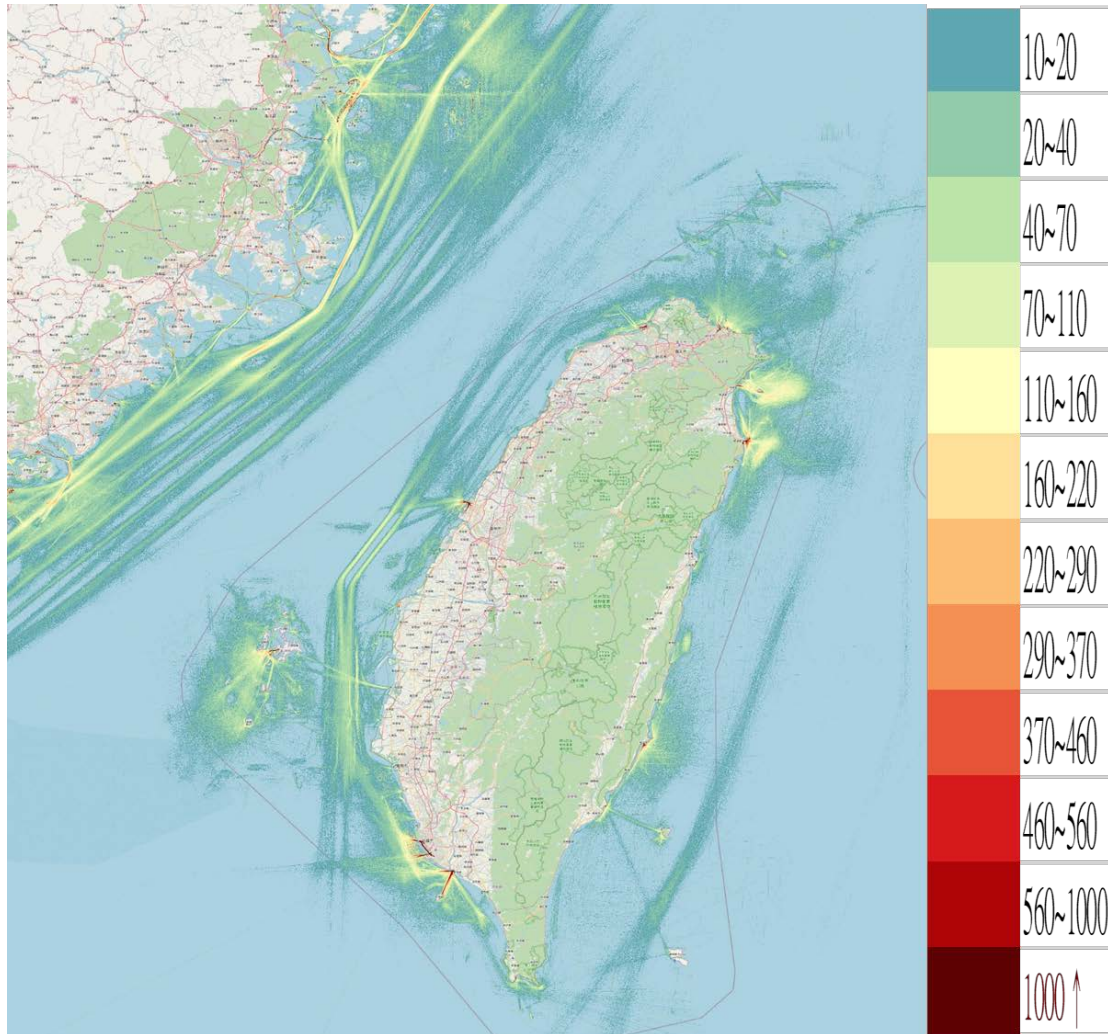


圖 3.16 臺灣周圍海域 114 年 1~10 月船舶交通流航跡密度分布圖

111 年後由航港局所提供介接之 AIS 資料庫，發現臺灣周圍船舶數量，明顯降低許多，本計畫僅能就接收之系統資料庫之船舶數量製圖展現。

臺灣周圍海域船舶交通流主要密集區域，臺灣本島北部為臺北港、基隆港及蘇澳港，自 114 年 1 月 1 日至 114 年 10 月 31 日的資料統

計顯示，臺北港及基隆港的船舶進出動態活躍，以大型貨櫃船、散裝貨輪和客運船等各種類型的船舶出現頻率較高，形成了多元化的船舶動態。

中部為臺中港及彰化風場航道，各種類型的船舶，包括貨櫃船、散裝貨輪、客運船和漁船，均在臺中港活動頻繁，彰化風場航道做為風力發電場區域，吸引了相應的風力發電船隻進行施工和維護。這些船舶的進出反映了風力發電產業的發展。高雄港是臺灣南部最重要的海港之一，擁有優越的地理位置和先進的港口設施，高雄港的船舶進出頻率高，呈現出一定的動態活躍狀態。不同類型的船舶，包括貨櫃船、散裝貨輪、客運船和油輪。東部為長濱漁港及富岡漁港。離島部分為澎湖、金門及馬祖各港。

為獲取小範圍區域更為清晰簡明的交通流分布狀況，將船舶統計量單位網格大小降為 10 公尺進行統計，以取得交通流密集區的船舶航跡密度分布圖，主要有基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、臺北港、安平港、澎湖區域、布袋港、金門港及馬祖港，各區域船舶航跡分布狀況，如圖 3.17 至圖 3.27 所示。

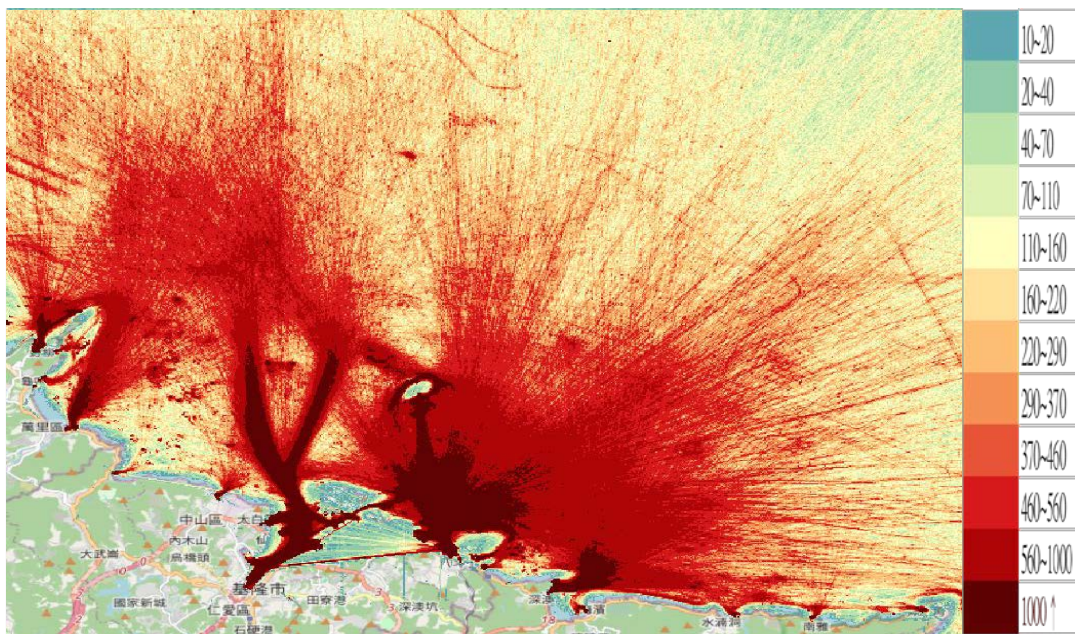


圖 3.17 基隆港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖

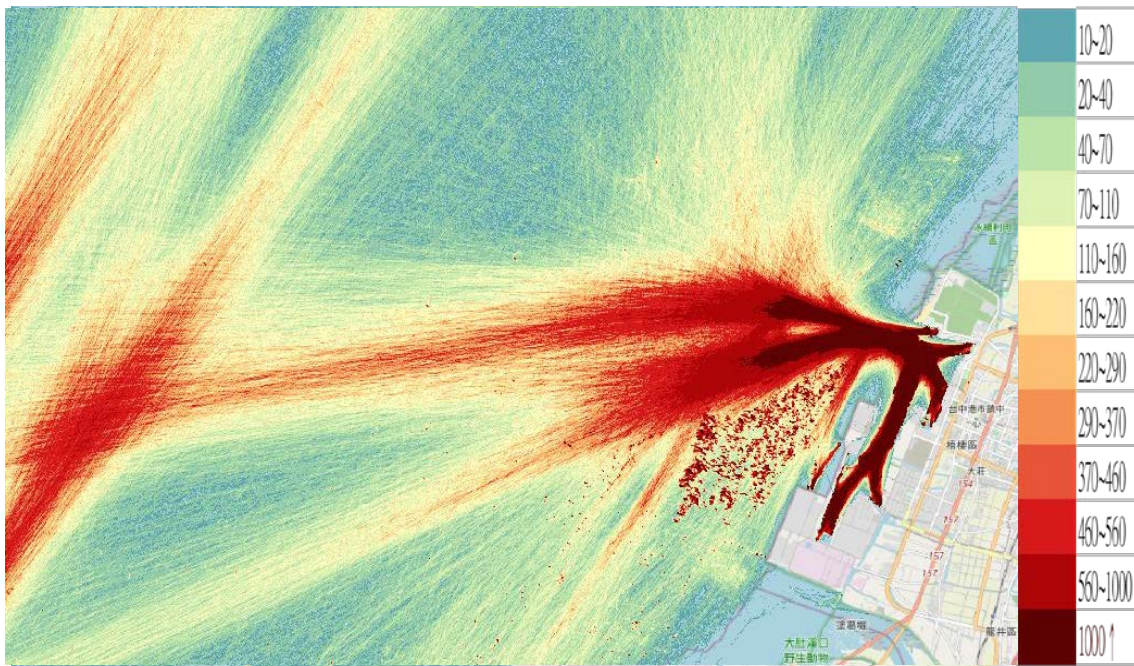


圖 3.18 臺中港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖

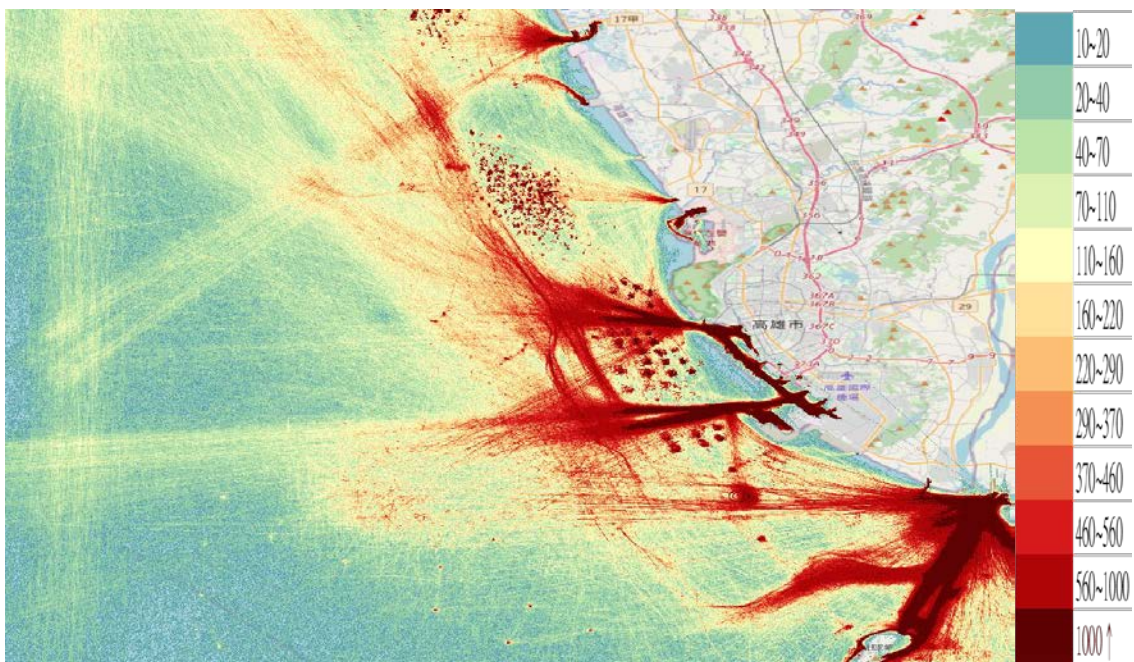


圖 3.19 高雄港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖

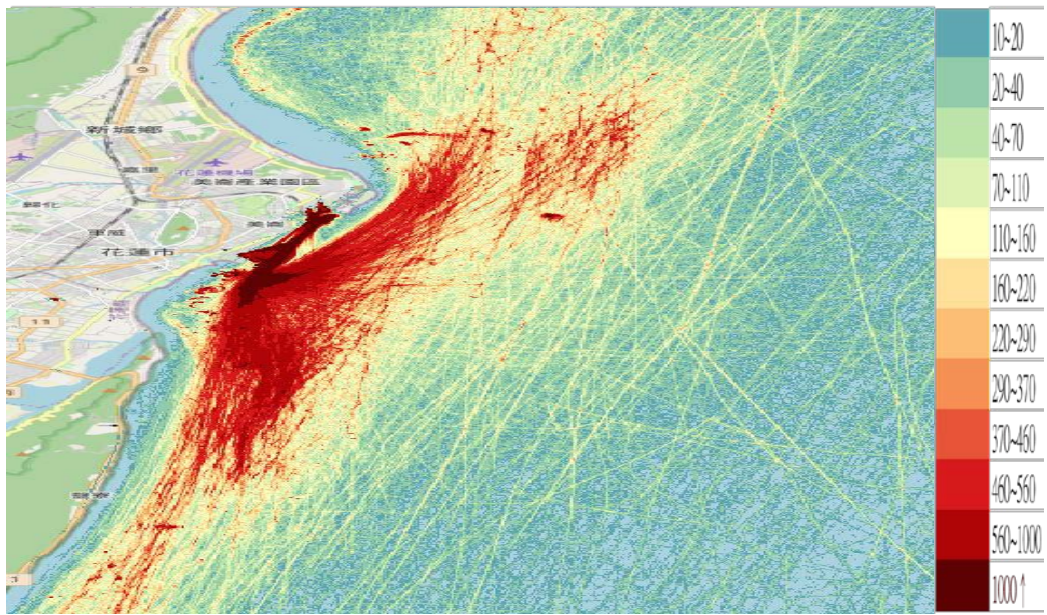


圖 3.20 花蓮港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖

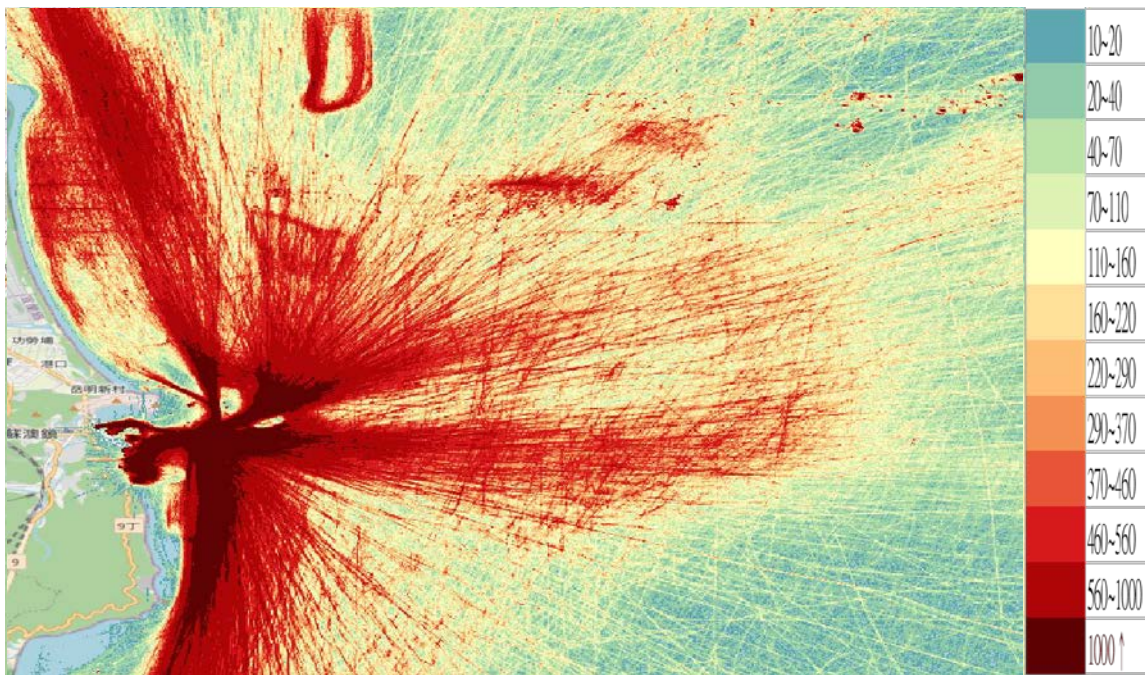


圖 3.21 蘇澳港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖

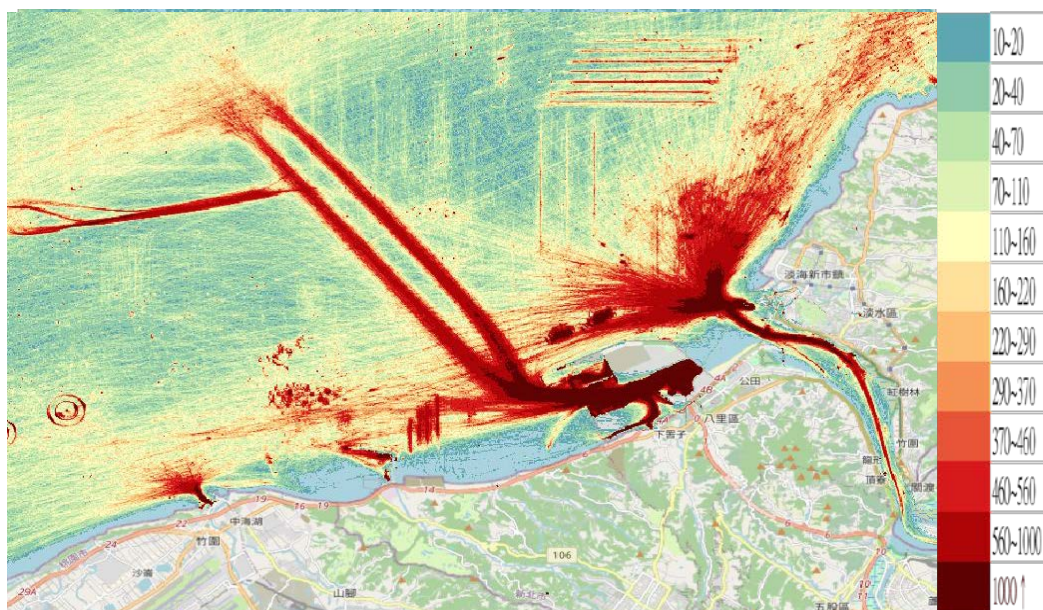


圖 3.22 臺北港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖

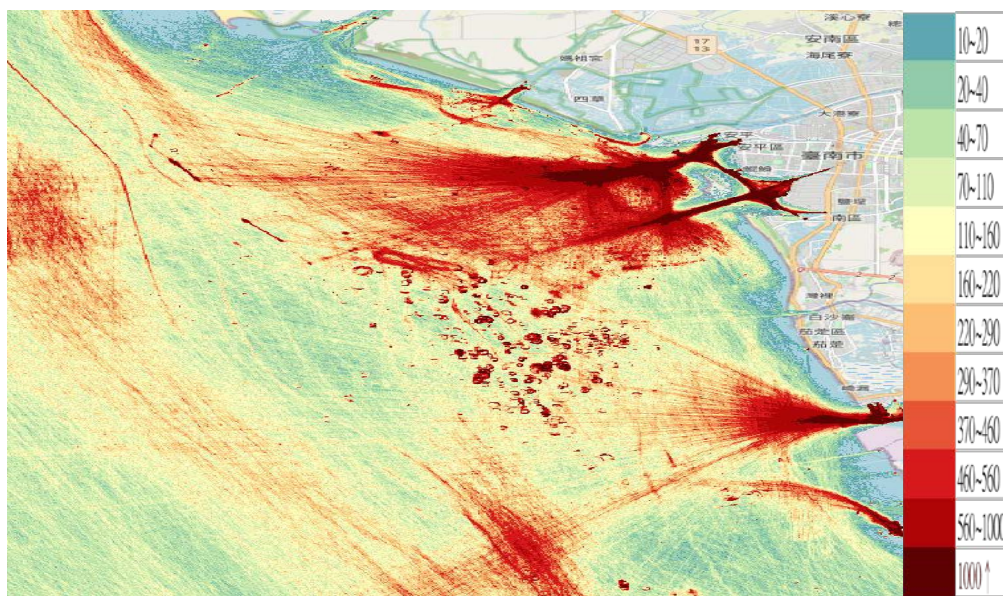


圖 3.23 安平港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖

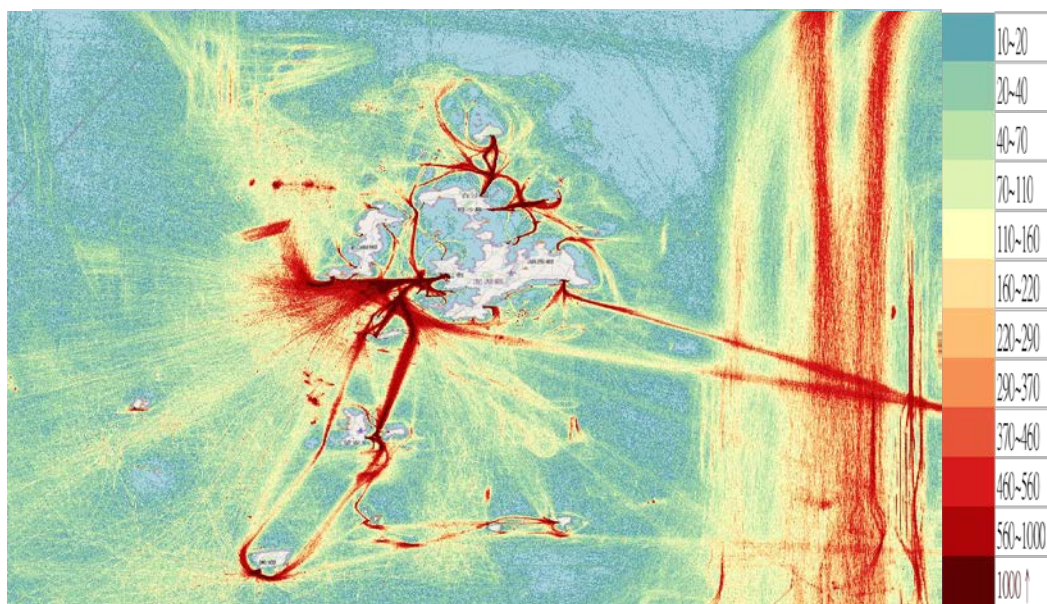


圖 3.24 澎湖區域 114 年船舶交通流航跡密度分布圖

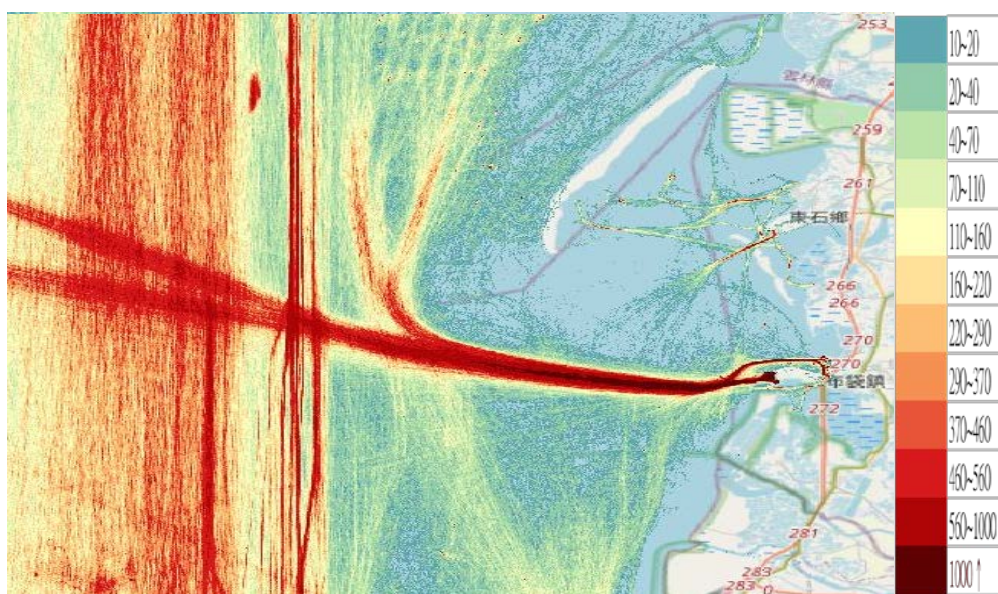


圖 3.25 布袋港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖

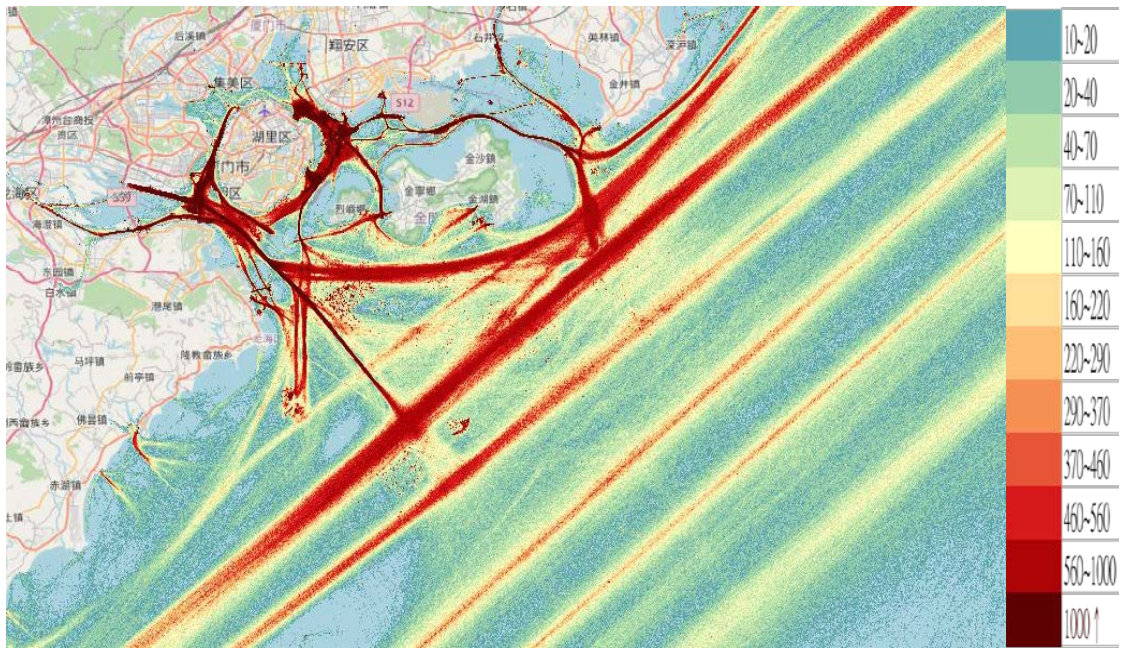


圖 3.26 金門港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖

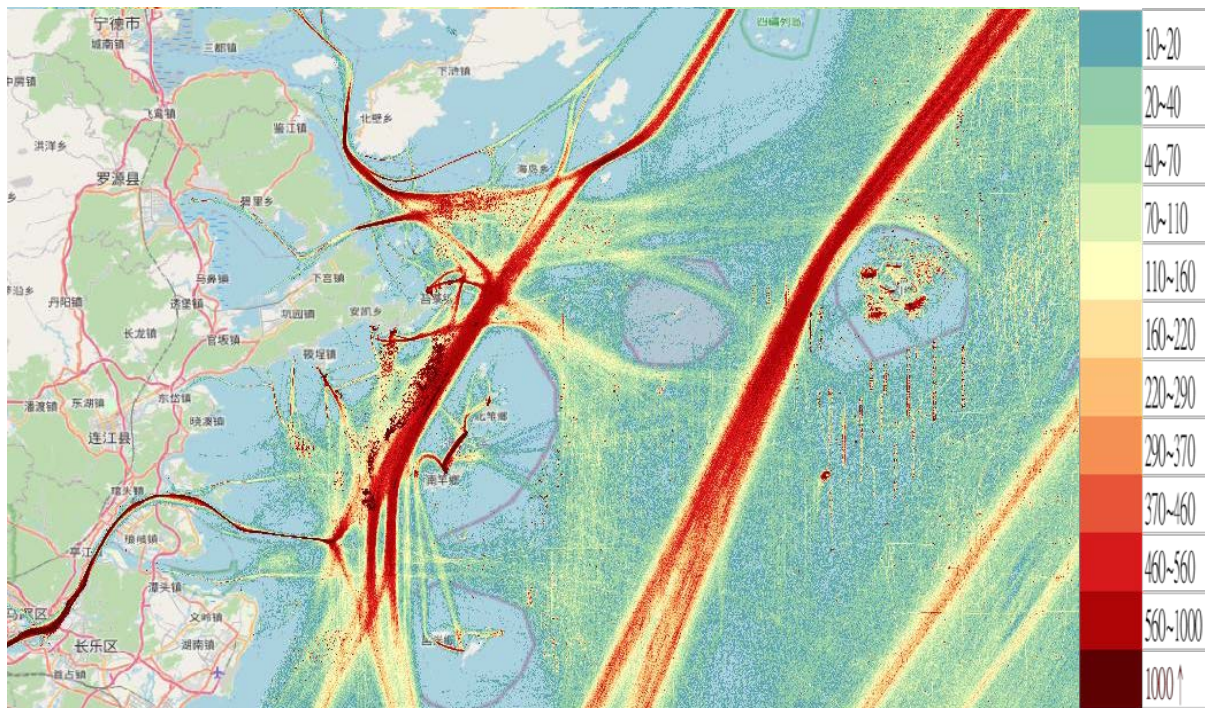


圖 3.27 馬祖港區 114 年船舶交通流航跡密度分布圖

### 3.5 船舶監控預警系統

港口海氣象特性對海上活動與港口營運具有關鍵影響。其主要要素包括風速、風向、浪高與潮汐等，這些條件直接左右船舶進出港口的安全性與作業效率。當風浪過大時，港口進出操作風險升高，對大型船舶尤為不利；而潮汐變化則會影響可用水深，必須配合潮差時序妥善規劃船期與航道運用。此外，港區常見之局部氣象現象，如陣風、雷雨、濃霧等，也會對能見度與通航安全造成直接影響，進一步提高船舶進出港之風險。因此，港口經營與管理單位必須密切掌握當地海氣象觀測與預報資訊，並及早採取因應措施，以確保港口作業安全、順暢與穩定運作。

為確保我國海上運輸之競爭力，建立海運產業良好之經營環境、健全之航港管理制度、完善之海上航行安全與救助機制，並提升海上避險訊號之接收效能及海難事故之搜救效率，均為刻不容緩且具關鍵性的課題。本節係運用航港局 AIS 系統船舶資料，結合本所運技中心所建置之海氣象觀測站觀測資料，彙整建構一套資料庫，進而整合相關資訊形成「臺灣海域船舶自動辨識系統」網頁（如圖 3.28）。透過此系統網頁，不僅可查詢各船舶之基本資訊，亦可同步取得該船舶於當下位置距離最近之海氣象觀測站之即時觀測資料，做為航行安全監控與決策支援之重要依據。



圖 3.28 臺灣海域船舶自動辨識系統取得海氣象資料流程示意圖

近 20 年以來，船舶自動識別系統（AIS）提供了海域內各船隻的即時資訊。然而，海上事故仍常導致人身安全和船舶財產的嚴重損失。英國勞氏驗船協會的「海難回顧」（Casualty Return, Lloyd's Registry of Shipping）以海事案件的發生率為主要評估準則，同時考慮船舶密度、交通流量複雜度、天候能見度、潮流變化等因素，對全球海域環境的安全性進行評估。統計資料顯示，臺灣海域被列為中度海上風險環境（Moderate Risk Environment）。

自民國 75 年起，本所積極展開對基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、臺北港、安平港、布袋港、澎湖港、金門港、及馬祖港等 11 個港區的海氣象觀測工作。透過佈放波流儀及環境觀測感知系統，如圖 3.29 所示，以蒐集關於波浪、潮汐、洋流、風速等可用性的相關資訊，並建立了長期性的海氣象觀測系統和海氣象資料庫。

所設置的環臺海氣象觀測網，如圖 3.30 所示，透過自動化作業系統實現即時掌握海氣象資訊的目標。同時，本所將歷年所觀測蒐集的波浪、海流、風速風向及潮位等海氣象資料進行統計分析，建立了豐富的歷史資料庫。這些資料將為後續的整合分析提供重要基礎，促使海氣象監測資料的更全面、深入的應用。即時觀測項目包含風力、波浪、海流、潮位，風力多以 10 分鐘平均風速為主、波流多為 30 分鐘或 1 小時更新、潮位為 6 分鐘更新。

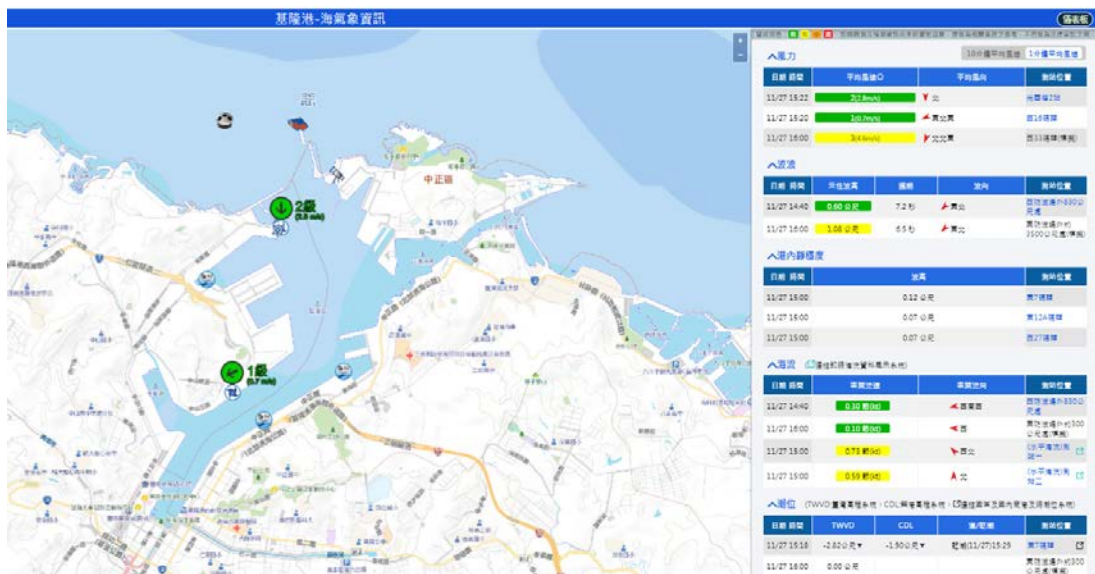


圖 3.29 臺灣 11 個港區示意圖



圖 3.30 海氣象自動化作業系統示意圖

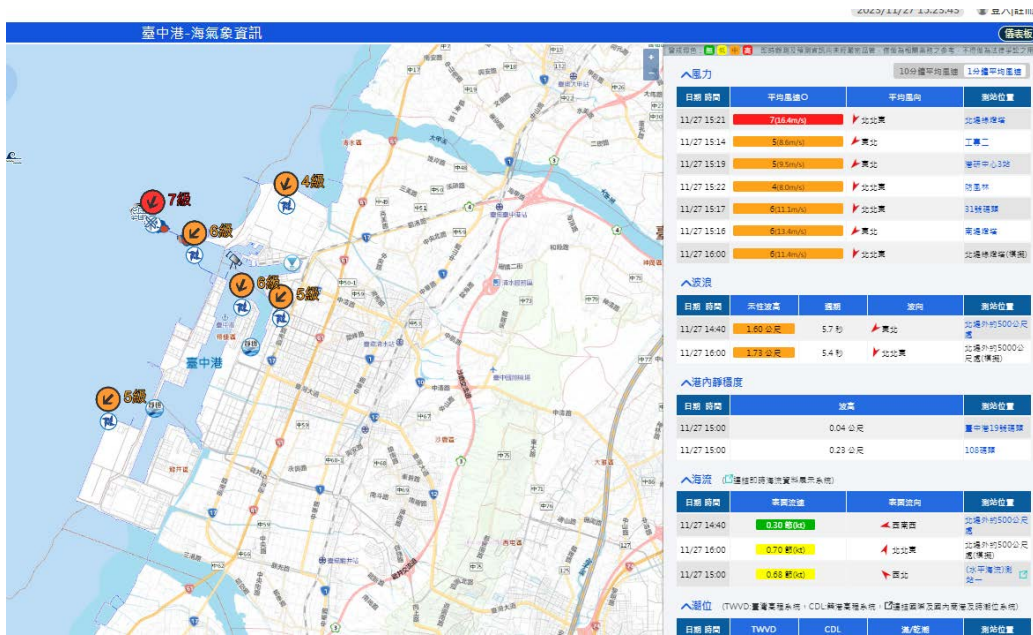
基隆港位於臺灣東北角，為北部重要海運貨物進出港與國際郵輪母港，港區沿峽灣型谷地向內延伸，後方都市緊臨港岸，形成「港城一體」之特殊景觀與營運環境。港內碼頭多以貨櫃、雜貨及冷鏈貨運為主，並兼具客運與郵輪旅運功能，經常做為往返日本、韓國及東北亞航線之起迄或中繼據點。就海氣象特性而言，基隆港受東北季風影響明顯，秋冬季常出現偏北至東北強風與長浪，對靠離泊與拖帶作業之安全裕度影響較大；夏秋颱風季期間，外海浪高與湧浪入港效應亦須嚴加管制。港區常見短時強降雨及局部對流天氣，易造成能見度驟降與甲板作業風險增加；清晨時段偶見霧氣與低雲，對船舶進出港與港區交通有一定影響。綜合而言，基隆港營運須高度配合海氣象監測與預報結果，透過適當船期調整與作業管制，方能兼顧貨運效率與通航安全，如圖 3.31 所示。



資料來源：商港海氣象資訊系統（臺灣港務股份有限公司）

圖 3.31 基隆港海氣象即時展示

臺中港位於臺灣中部海岸，港區腹地廣闊、臨近臺中都會及中彰投產業聚落，兼具「中部海運及產業加值港」、「能源及大宗物資儲轉港」、「客運及觀光遊憩港」及「臨港工業發展基地」等多元功能。港區內設有燃煤與天然氣卸收碼頭、穀物與礦砂等散裝貨物專用碼頭，以及遊輪與客運設施，並結合臨港工業區與自由貿易港區，形成海運、物流、加工與能源供應的一體化發展格局。海氣象方面，臺中港位處臺灣西岸中段，受季風與臺灣海峽風浪場共同影響，風浪整體較東岸溫和，但冬季東北季風期間常出現偏北至東北強陣風與短浪，影響靠離泊及小型船舶操縱；夏季午後對流易帶來短時強風與驟雨，需注意視程與雷擊風險。港區潮汐以規則半日潮為主，潮差中等，潮流多沿岸向南北流動，對航道通行與疏浚維護具一定影響。整體而言，臺中港在相對穩定海象條件下發展大宗物資儲轉與臨港工業最具優勢，但在季風強盛與特殊天氣事件期間，仍須依賴完善海氣象監測與預警，以維持港埠營運與裝卸作業之安全與效率，如圖 3.32 所示。



資料來源：商港海氣象資訊系統（臺灣港務股份有限公司）

圖 3.32 臺中港海氣象即時展示

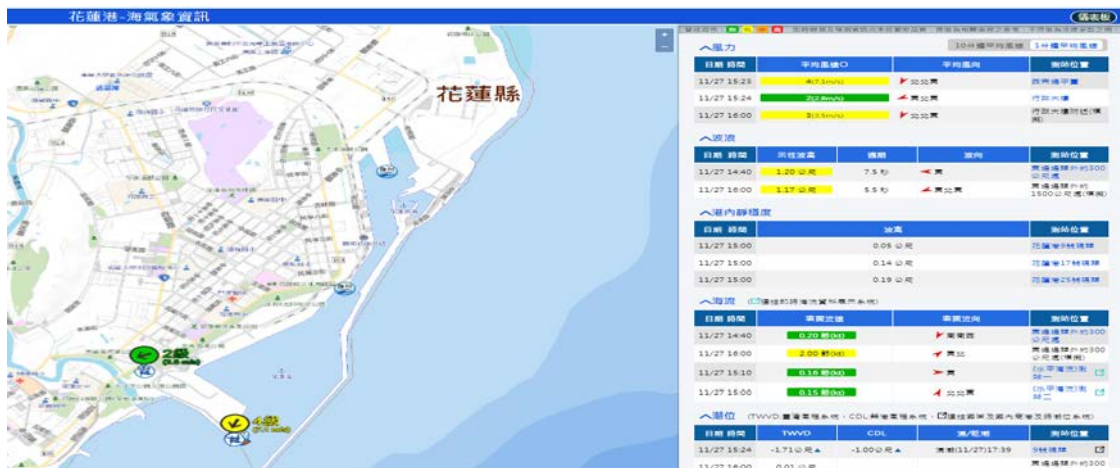
高雄港位於臺灣西南部，為面向南海與東亞航路的重要國際深水港，港區水深良好、腹地廣闊，具備發展為洲際貨櫃樞紐港之條件，並結合臨港產業園區與自由貿易港區，發展智慧港埠與物流運籌功能，同時新灣區與港區周邊亦積極推動客運碼頭及觀光遊憩空間，形成複合型港市景觀。其海氣象特性受季風與臺灣海峽風浪場影響顯著，冬季東北季風期間，雖有防波堤與港灣地形一定遮蔽效果，惟港外及航道仍可能出現較大風浪與湧浪，增加大型貨櫃船進出港與靠離泊操船難度；夏季西南季風與午後對流易帶來短時強風、豪雨與雷雨胞，影響能見度與裝卸作業安全。潮汐以規律半日潮為主，潮差中至偏小，平時有利船舶排定班期及穩定營運，但在特報潮位、強風暴潮或颱風侵襲時，仍須配合海象管制與預警機制，以確保港口整體營運與航安無虞，如圖 3.33 所示。



資料來源：商港海氣象資訊系統（臺灣港務股份有限公司）

圖 3.33 高雄港海氣象即時展示

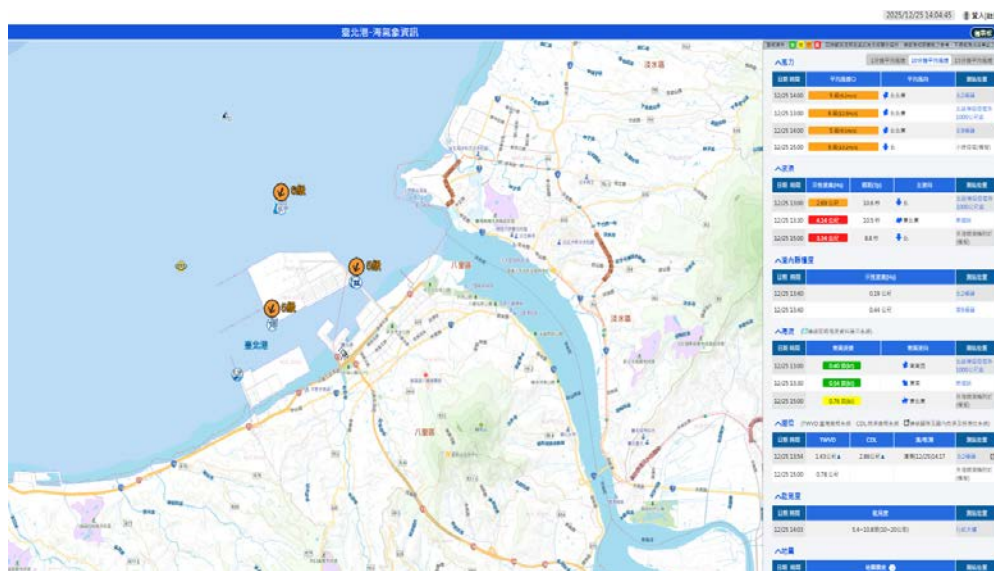
花蓮港位於臺灣東部海岸，面向太平洋，兼具東部海運貨物進出港與觀光遊憩港功能，是礦砂、建材及散裝貨物重要出口據點，同時發展賞鯨、生態旅遊與郵輪觀光等多元航運型態。受東部外海深水及開放性海域影響，港區海氣象特性以太平洋湧浪、長浪與沿岸流為主要特徵，東北季風與夏秋颱風期間常出現浪高驟升與橫向流速增強情形，對船舶進出港操縱及靠離泊安全影響顯著。局部對流天氣亦易帶來短時強降雨及陣風，使甲板裝卸與旅客服務作業風險提高。花蓮港營運須高度依賴精細海象監測與即時預警，透過強化船期調度、作業管制做為，以兼顧貨運效率、觀光體驗與通航安全，如圖 3.34 所示。



資料來源：商港海氣象資訊系統（臺灣港務股份有限公司）

圖 3.34 花蓮港海氣象即時展示

臺北港位於新北市八里沿岸，是北部重要海運貨物進出港與產業物流樞紐，同時做為離岸風電等綠能產業之施工與運維基地。港區以人工港灣與大水深泊位為特色，服務對象包含散裝貨物、雜貨、汽車滾裝與大型構件運輸，周邊工業區與物流園區緊密連結，形成完整的海運與陸域供應鏈體系。就海氣象條件而言，臺北港面向臺灣海峽，秋冬東北季風盛行時，常出現偏北至東北強風與短週期風浪，對靠離泊與拖帶作業安全影響較大；夏季西南季風與午后對流易帶來短時強降雨與陣風，局部視程與裝卸作業風險須加以控管。另由於港區受潮汐與沿岸流共同作用，船舶進出港與大型構件裝卸作業皆須配合即時海氣象監測與預報結果，適時調整船期與作業窗口，以兼顧產業物流效率與通航安全，如圖 3.35 所示。

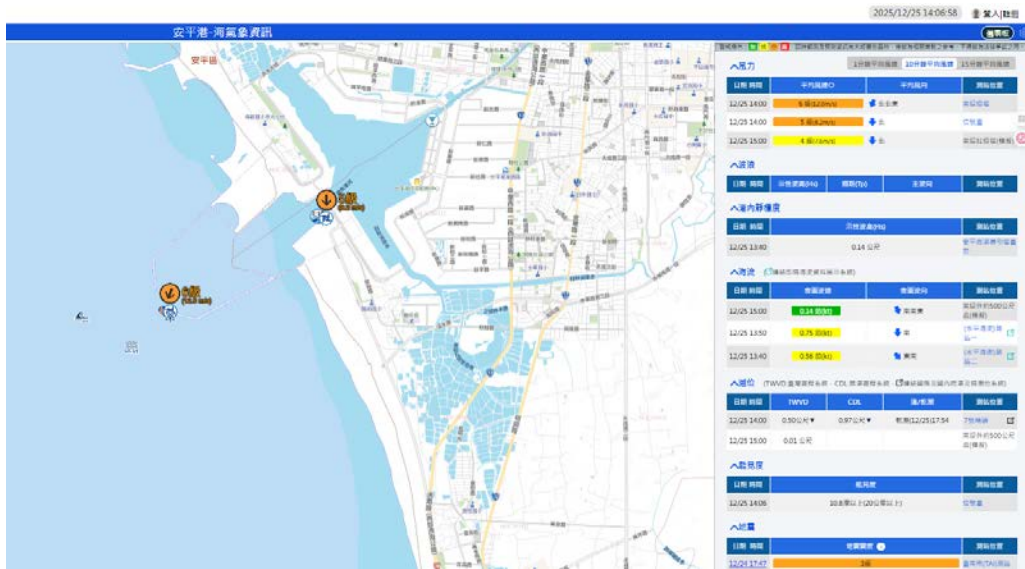


資料來源：商港海氣象資訊系統（臺灣港務股份有限公司）

圖 3.35 臺北港海氣象即時展示

蘇澳港位於宜蘭縣南側海岸，為蘭陽地區重要貨物進出港與觀光遊憩門戶，鄰近南方澳漁港及蘇花公路與蘇花改路廊，兼具散裝貨物、民生物資運補與海上旅遊集散功能。受面向太平洋之開放海域影響，港區海氣象特性以東北季風與太平洋湧浪為主，秋冬季常出現偏北至東北強風及長浪入港，對貨輪及遊艇進出港、靠離泊與拖帶作業安全裕度影響顯著；夏秋颱風期間，外海浪高與沿岸流增強，港口防波





資料來源：商港海氣象資訊系統（臺灣港務股份有限公司）

圖 3.37 安平港海氣象即時展示

就船舶航行安全而言，我國目前沿海海氣象現場觀測站之布設密度，仍明顯低於海氣象預報驗證與精進所需之觀測量能。一般而言，臺灣周圍海域風、浪發展迅速，2 至 4 月易發生濃霧，7 至 9 月又常面臨颱風威脅，上述皆為直接影響船舶航行安全之重要風險因子。本節所述模組之開發，係運用航港局提供之即時動態 AIS 船舶資料，結合本所運技中心所建置之海氣象觀測資料庫，並引入中央氣象署提供之氣象雲圖、雷達整合回波圖及颱風資訊等多源資料，再整合於臺灣海域船舶自動辨識系統中進行功能建置。藉由上述資料與系統之整合，可自動化產出船舶事故發生時之海氣象條件資訊，做為事故分析、風險評估與航安精進措施研擬之重要依據。

在臺灣海域船舶自動辨識系統網頁之顯示介面優化方面，首先需針對畫面區塊進行宣告與切割，以有效呈現海氣象與船舶相關資訊，確保介面清晰且易於操作。在前端頁面運作設計上，須宣告三組 <input> 標籤，分別用於於選取船舶時帶入對應之時間、經度與緯度資訊，使使用者能便捷取得目標船舶之時空位置。另一方面，為進行船舶位置與各海氣象觀測站位置間距離之計算，建議於程式中撰寫距離函式，藉以將前臺選取之船舶位置與各觀測站座標進行比對，找出最

近之觀測站。當最近觀測站確定後，系統即可擷取該站之即時海氣象觀測資料與預測資訊，並於網頁指定區塊顯示，使使用者能一目了然掌握船舶周邊海象條件。同時，為提供更完整之海氣象情資，可進一步嵌入中央氣象署公開之氣象雲圖、雷達整合回波圖及颱風消息等影像與資料，透過多元資訊整合與介面優化，建構一套更直觀且實用之臺灣海域船舶自動辨識系統，以滿足使用者對海氣象資訊之需求，並強化船舶航行安全與決策支援效能。

本計畫開發之整合即時展示模組，係透過查詢船舶資訊（例如 MMSI、船名等），自動擷取與該船舶距離最近之海氣象觀測站資料，包含風速、波浪、潮位及海流等觀測值，同時串接本所「臺灣近岸預測系統 (TaiCOMs)」所提供之對應預測值。TaiCOMS (Taiwan Coastal Operational Modeling System) 為臺灣近岸海象數值預測之作業化系統，核心在於整合氣象外力、波浪與水動力等多尺度模式，並以現地觀測資料持續比對驗證與校準，提升主要港灣近岸波浪、潮位與海流之預警精度與服務可用性。針對主要商港近岸，另以 REF/DIF 折繞射模式配合細網格（如 10 m）反映地形與港灣構造物造成之波場差異，支援各港示性波高、週期與波向等預警指標。為補足中尺度網格對局部海域之表現限制，系統亦建置澎湖、金門、馬祖及東南西南等近海風浪模組，以提升區域化波浪特性描述能力。水動力部分包含臺灣周圍海域之中尺度暴潮模擬，以及基隆、臺北、臺中、安平、花蓮、蘇澳與離島等小尺度港區水動力模組，採不規則三角網格以刻畫潮位與流場在複雜岸線與港池內的空間變化。

如圖 3.38 所示，使用者登入海氣象資訊資料模組功能後，點選系統介面上的船舶圖徽，即可顯示該船舶所對應之海氣象觀測狀況。圖 3.39 至圖 3.45 分別為各港區於點擊船舶圖徽後之海氣象資料展示畫面，其中左側區塊為海氣象實測資料，右側區塊則為海氣象預測資料。透過此一整合即時展示設計，使用者得以同時掌握船舶所在區域之現場海象條件與預報資訊，以強化航行安全評估與決策支援效能。



圖 3.38 臺灣海域船舶自動辨識系統

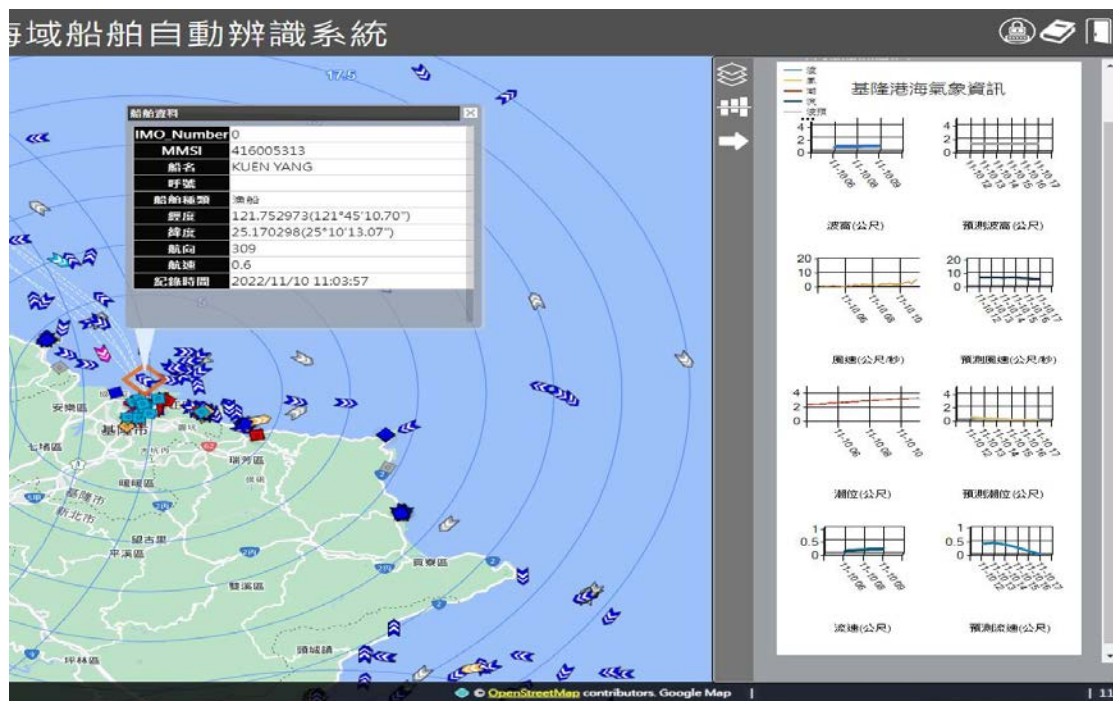


圖 3.39 基隆港海氣象觀測資訊

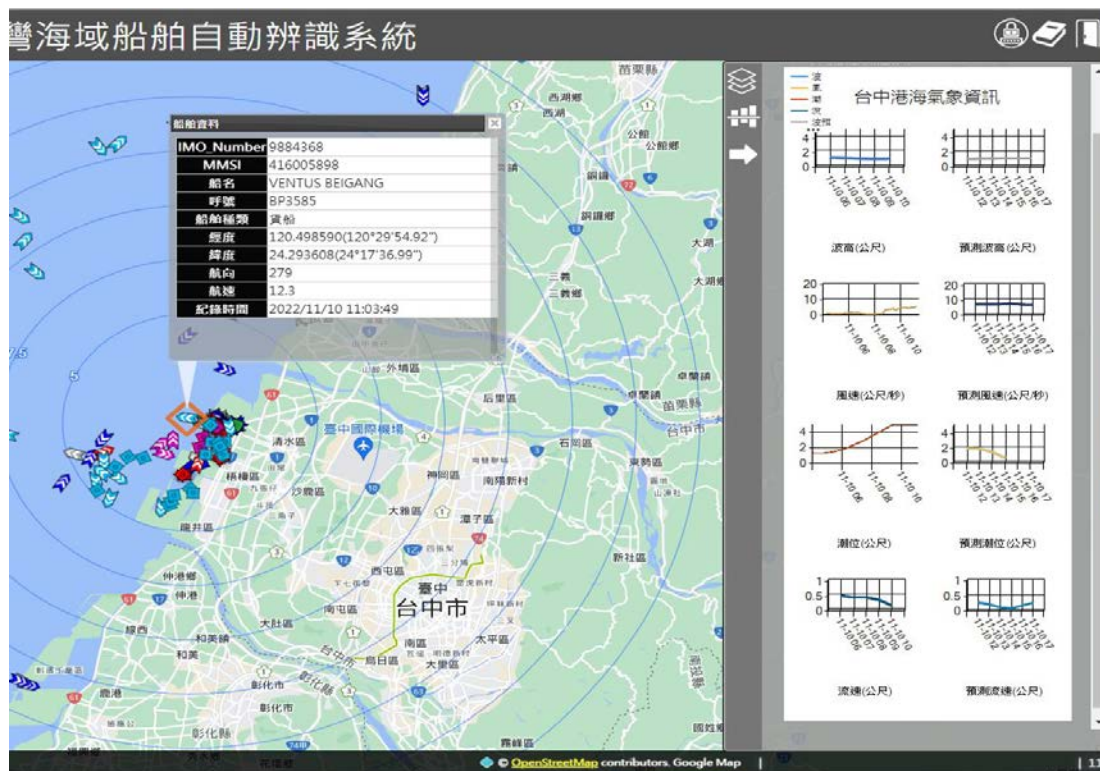


圖 3.40 臺中港海氣象觀測資訊

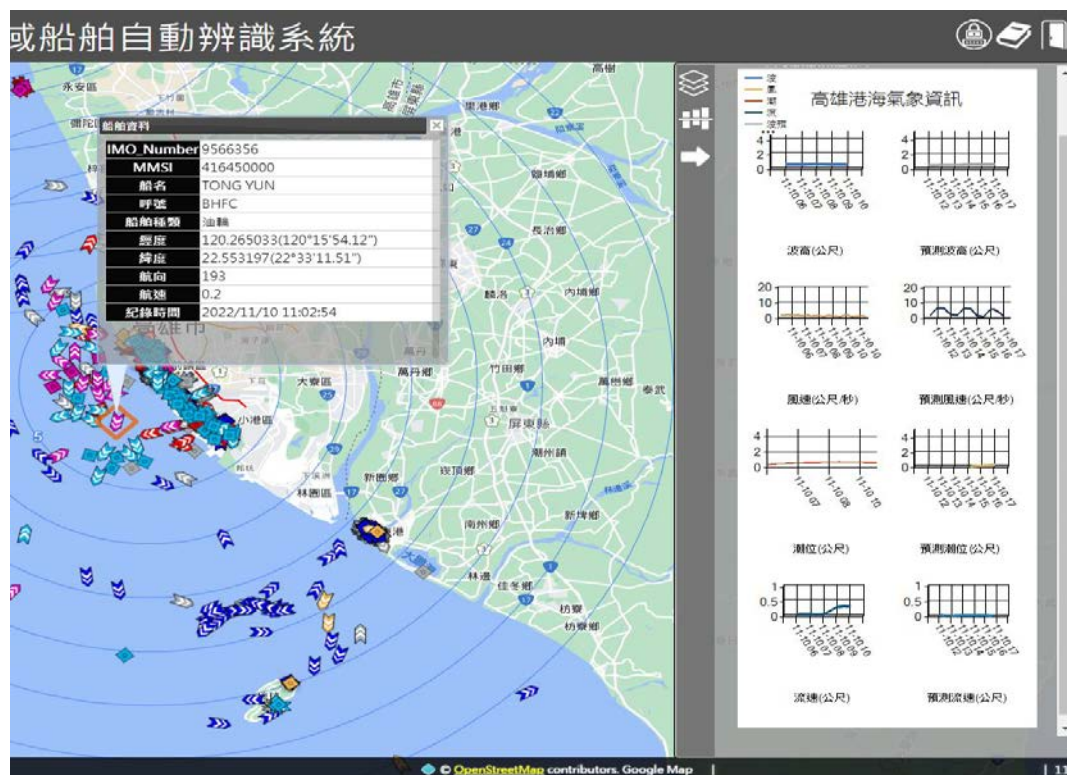


圖 3.41 高雄港海氣象觀測資訊

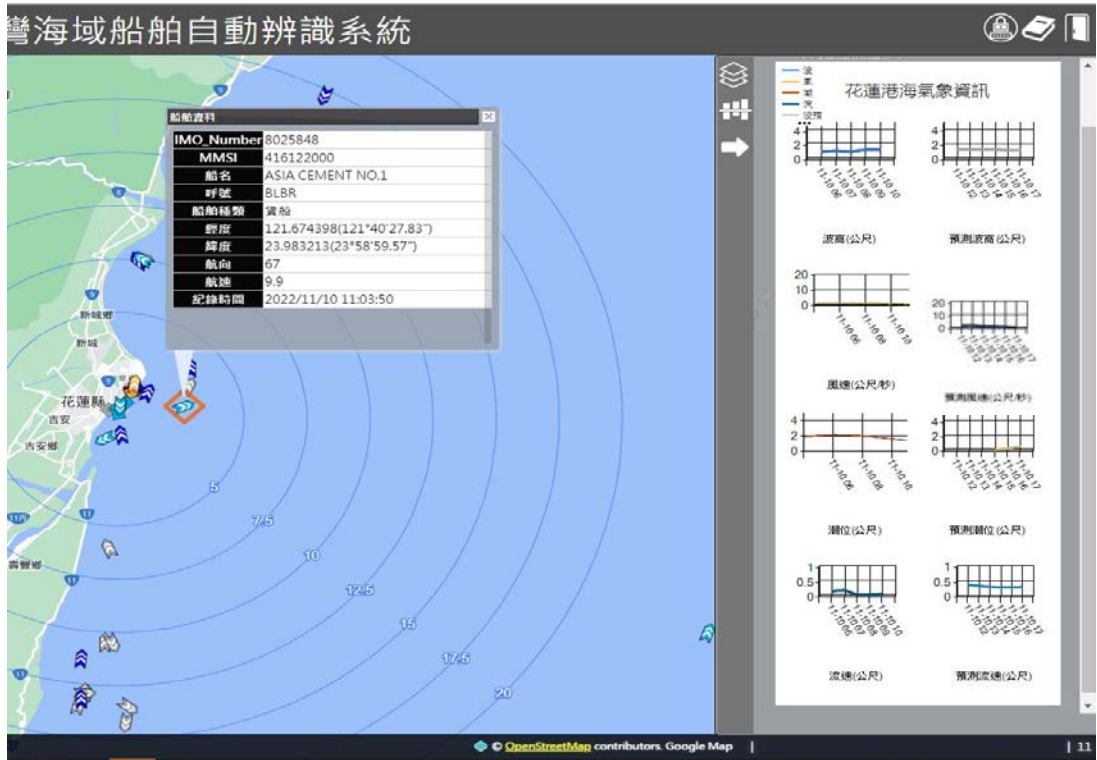


圖 3.42 花蓮港海氣象觀測資訊



圖 3.43 臺北港海氣象觀測資訊

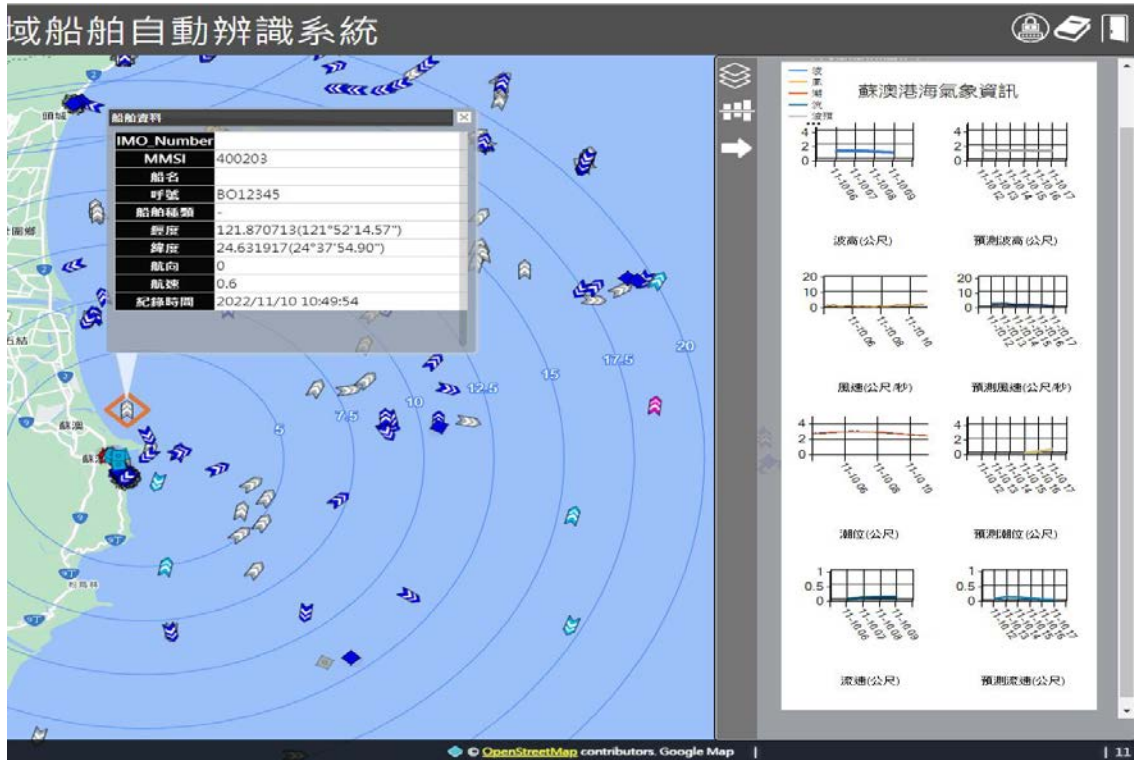


圖 3.44 蘇澳港海氣象觀測資訊

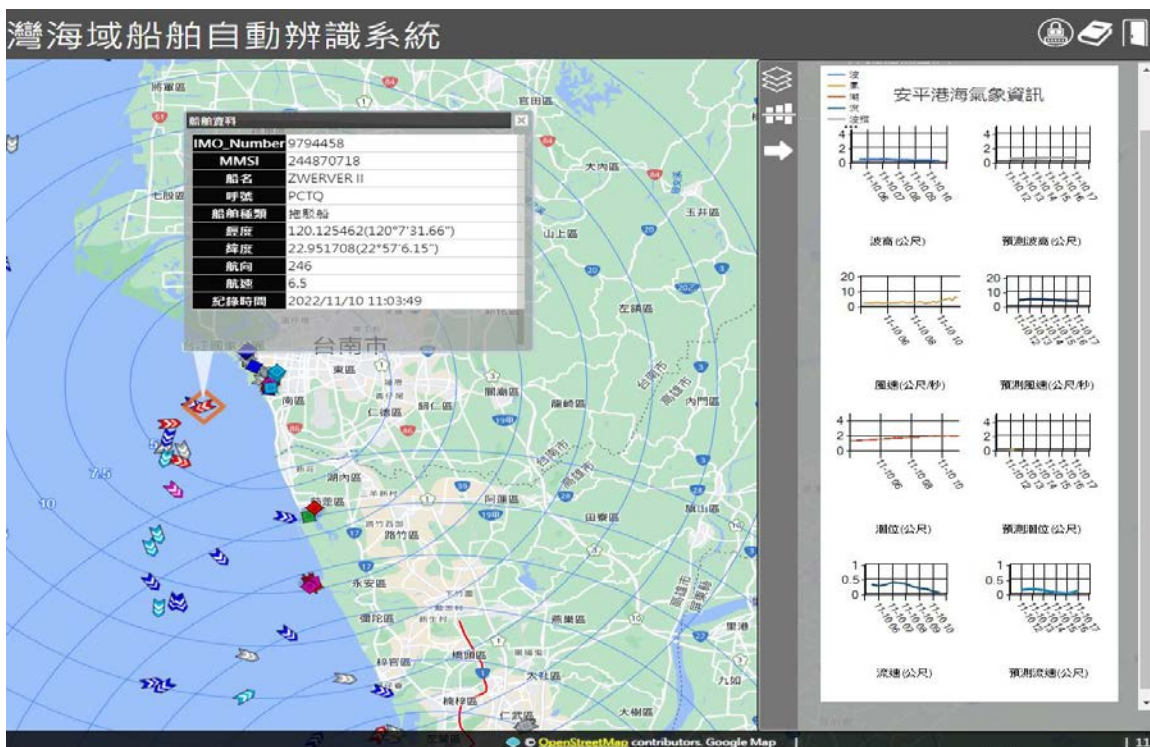


圖 3.45 安平港海氣象觀測資訊

氣象雲圖是觀測大氣中雲層分布與演變之重要工具。中央氣象署所提供之雲圖資訊，涵蓋雲量、雲種、雲底高度等多項要素，對海上活動、船舶航行及漁業作業決策皆具關鍵價值。藉由即時雲圖監測，可研判降雨發展、能見度變化及風力分布等關鍵氣象因子，有助於提升海上作業之規劃效率與操作安全。

雷達整合回波圖則提供對降雨與對流系統之高解析度觀測。中央氣象署雷達系統能偵測不同目標回波特性的，據以判別降雨強度、範圍與移動方向。對海域作業而言，強風、巨浪與雷雨等劇烈天氣現象對航安影響重大，即時掌握雷達回波資訊，得以協助船舶及漁船適時調整航路與作業時機，降低風險。此外，颱風消息之公開資訊更是海洋環境監測與風險評估不可或缺的一環。中央氣象署提供之颱風資訊內容，包括路徑預報、中心風速、強度變化及暴風半徑等，對海上航行與漁業活動提前部署避難與減災措施至關重要。藉由及時掌握颱風動向，可有效降低財物損失並保障船員及漁民生命安全。圖 3.46 至圖 3.48 分別為氣象雲圖、雷達整合回波圖及颱風消息等公開資訊介面示意。

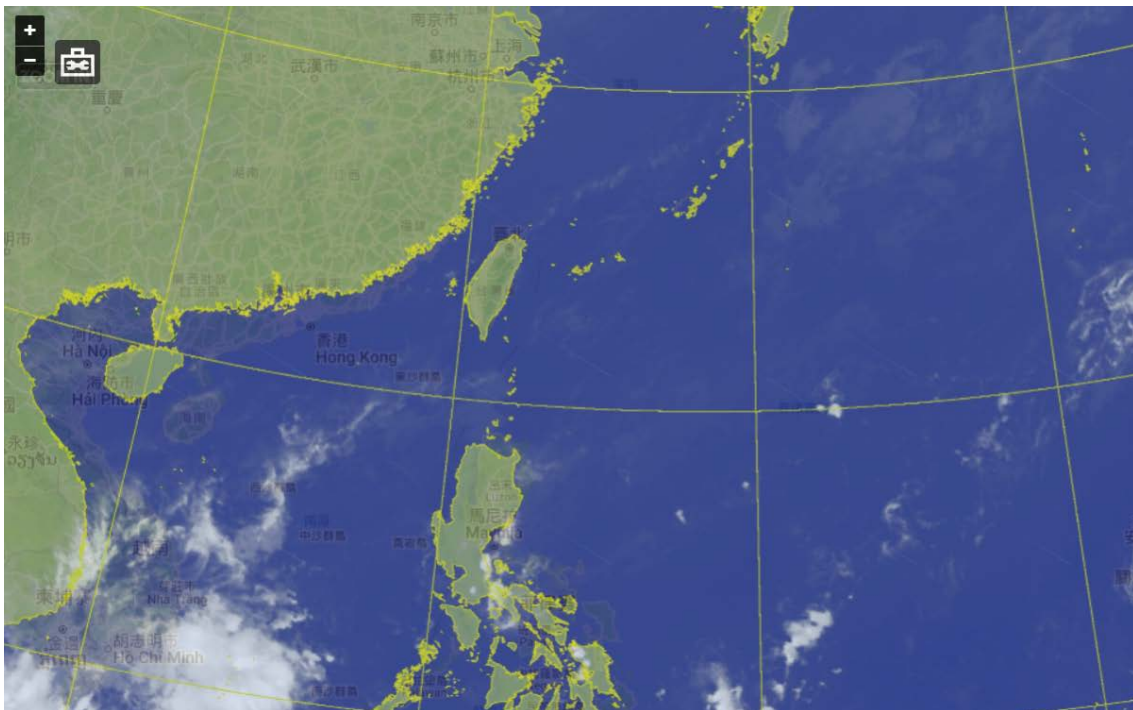


圖 3.46 中央氣象署提供之氣象雲圖公開資訊

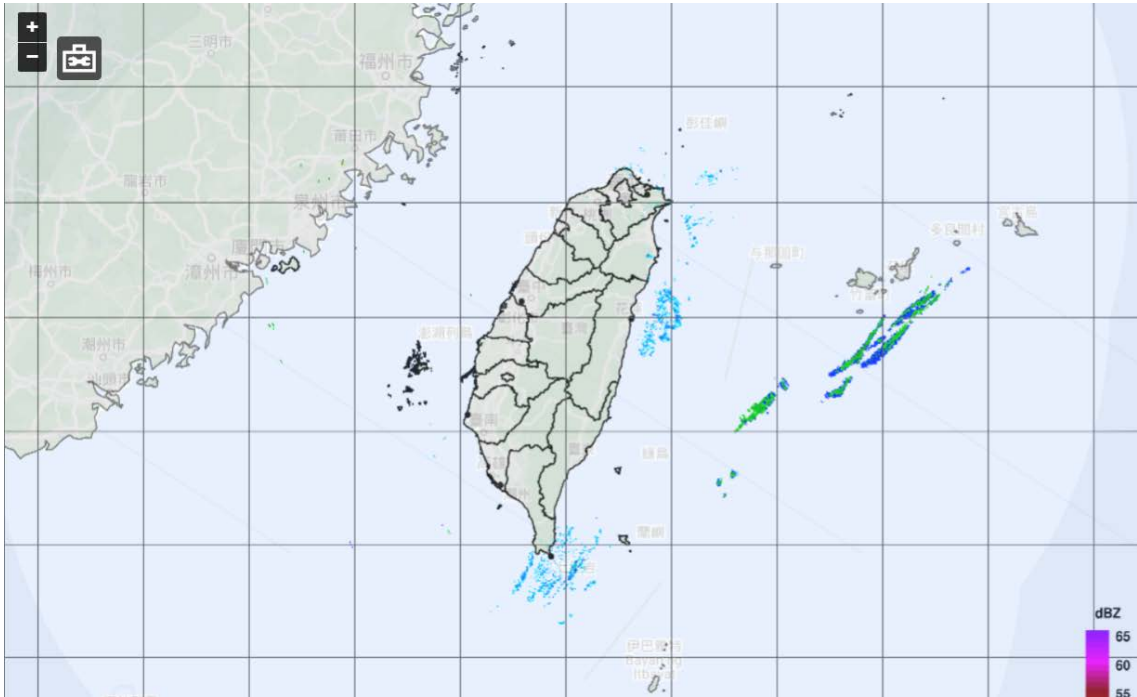


圖 3.47 中央氣象署提供之雷達整合回波圖公開資訊

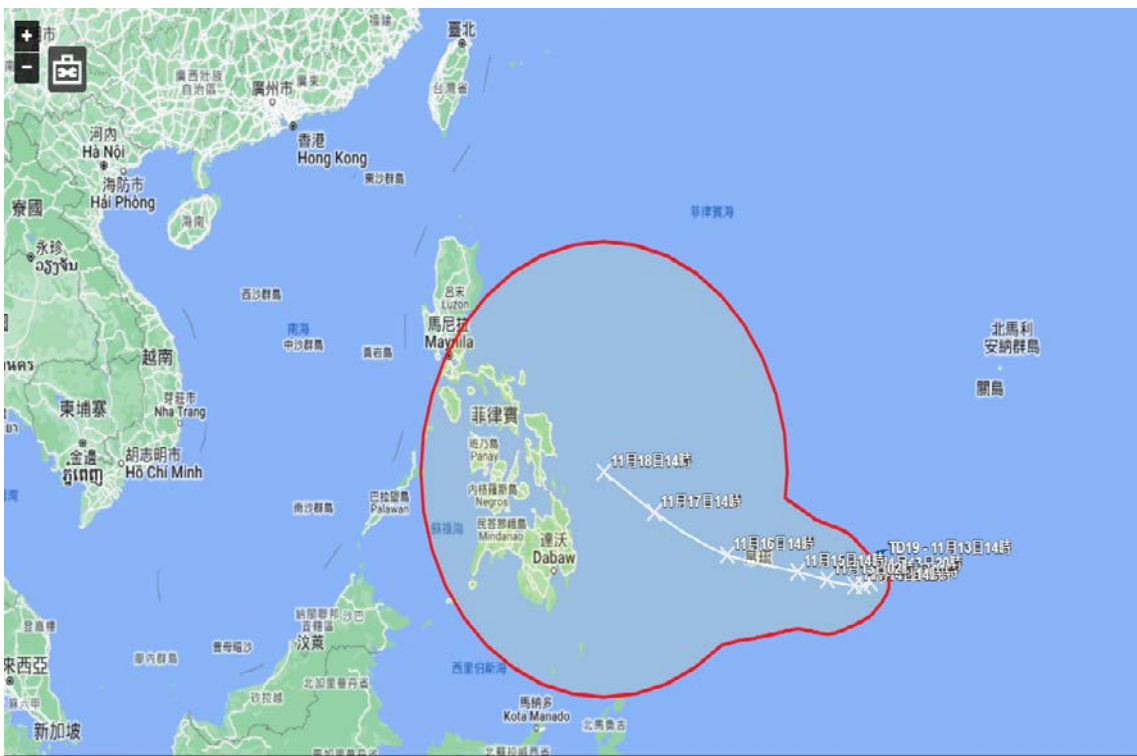


圖 3.48 中央氣象署提供之颱風消息公開資訊

中央氣象署所提供之氣象雲圖、雷達整合回波圖及颱風消息等公開資訊，為因應海氣象條件快速變化之關鍵依據。透過將雷達回波圖、氣象雲圖與颱風相關資訊加以整合運用，可有效掌握降雨結構、對流發展、雲系範圍及颱風路徑與強度變化，已成為海上作業與航行安全管理中不可或缺的一環。特別是颱風路徑與強度預報，可協助船舶提前規劃航路、調整船期或採取避風措施，避開可能受颱風及惡劣海象影響之海域。此類資訊之有效應用，不僅有助提升海上作業與運輸調度之效率，也大幅強化船舶及海上作業人員之安全保障。綜合而言，整合並充分應用中央氣象署提供之各項氣象資訊，除可使船舶在航行決策上更具優勢外，亦為整體海上運輸產業帶來實質之風險控管效益與營運進步，如圖 3.49 至圖 3.51 所示。

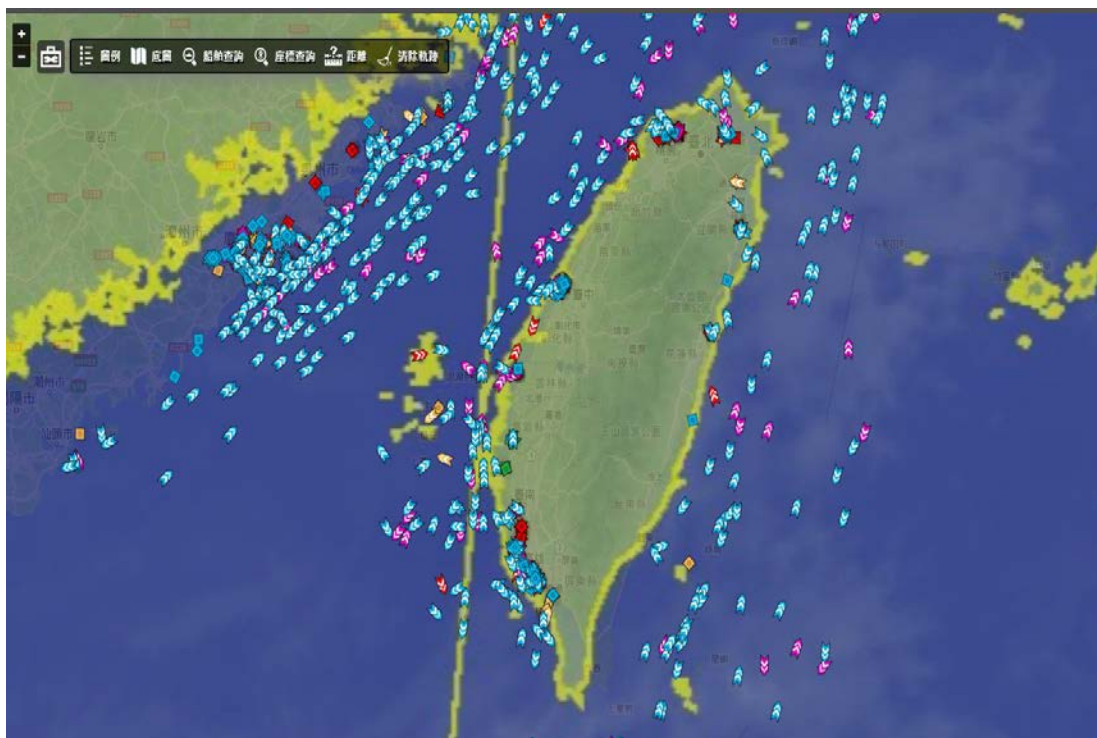


圖 3.49 船舶動態系統 (AIS) 整合氣象雲圖

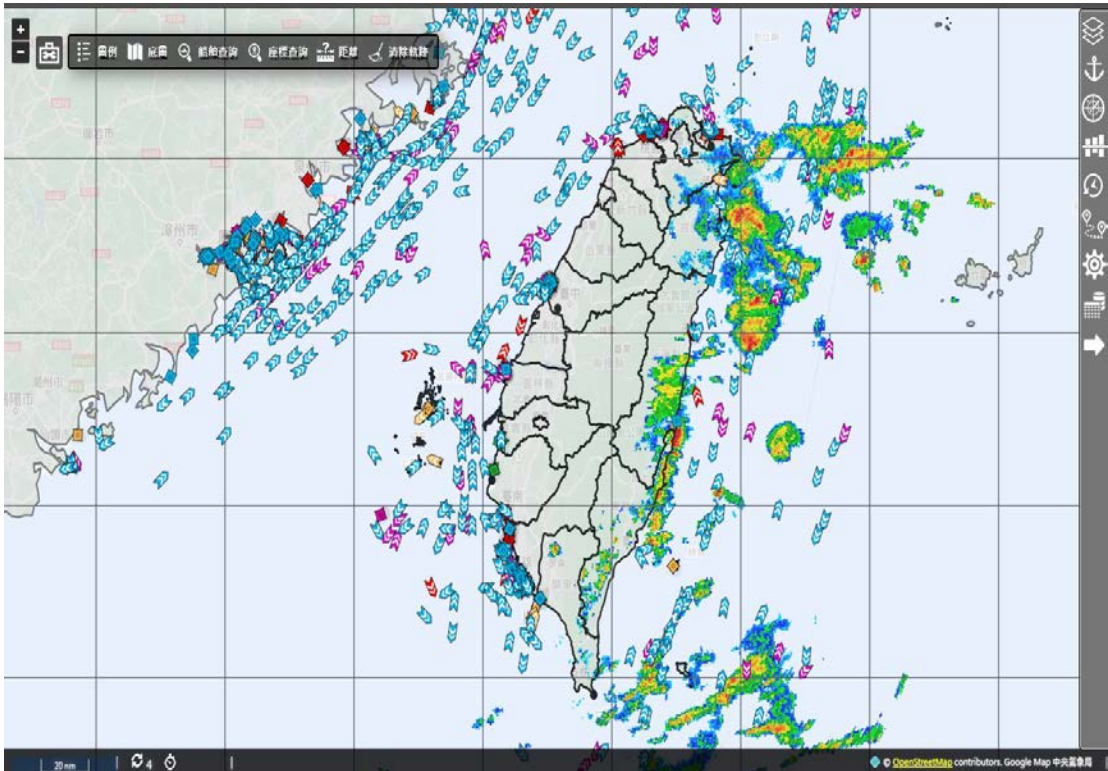


圖 3.50 船舶動態系統 (AIS) 整合雷達回波圖

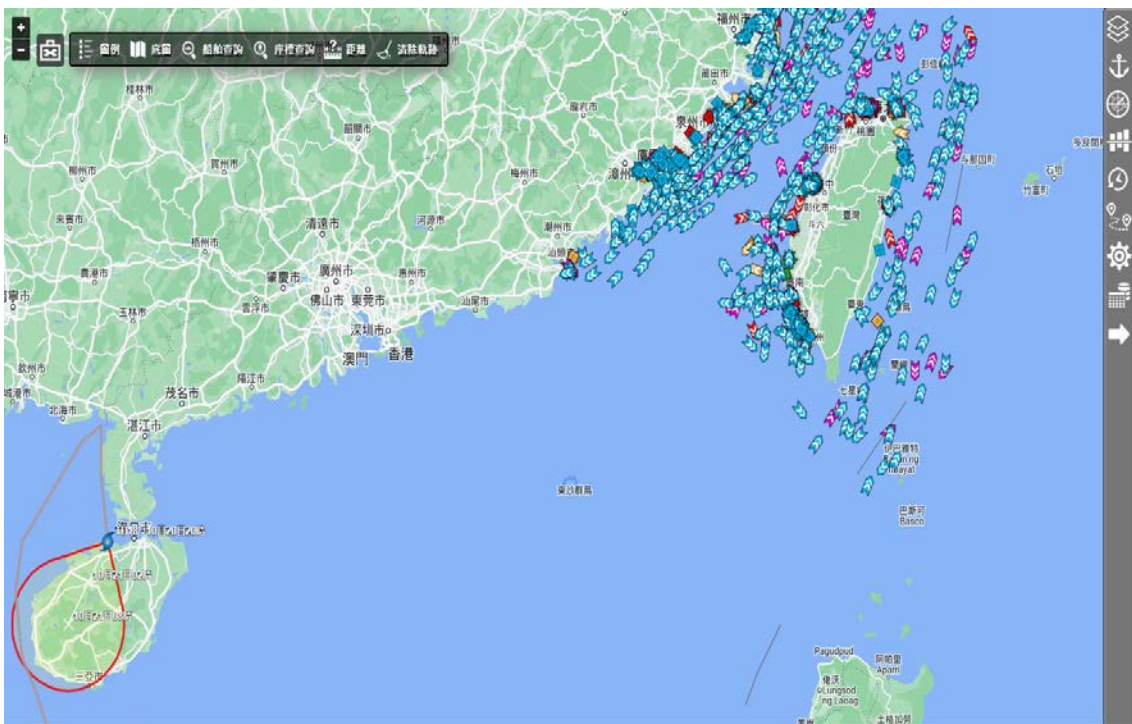


圖 3.51 船舶動態系統 (AIS) 整合颱風消息圖



## 第四章 探討 AI 技術於船舶航行安全整合系統

船舶航行安全長期仰賴 AIS、雷達、ECDIS、VHF 通聯與岸端 VTS (Vessel Traffic Service) 之協同運作。然而，隨著全球航運量、港區靠離泊頻率與狹水道通行密度提高，傳統「顯示—人工判讀—事後通報」的作業型態，逐漸暴露出三項結構性缺口：其一，資訊量超過人員可即時處理的上限（多目標、多航段、多風險來源同時發生）；其二，風險表徵高度動態且具情境依賴（同一 CPA/TCPA 在不同能见度、不同船型操縱性、不同交通流型下，實際危險程度不一）；其三，現行告警多屬門檻式或規則式，難以提供「提前量、風險原因與可執行建議」，導致誤報、漏報或告警疲乏（alarm fatigue）而削弱效用。AI 技術導入「船舶航行安全整合系統」的核心價值，在於把多源資料（AIS/VDES、雷達/ARPA、影像、船載感測、海氣象與水文、航道與限制區圖資、港內作業與調度資料）轉換為可行動的風險資訊：即時異常偵測、短期風險預測、風險熱點辨識、以及決策支援建議。

### 4.1 主動預警技術

船舶航行安全 (Navigation Safety) 向來是海事治理與港區營運的核心議題，其風險型態涵蓋碰撞 (collision)、擦撞 (allision)、擱淺 (grounding)、失控漂航 (loss of control / drifting)、惡劣海氣象導致之航行危害，以及人因失誤、通訊協調不良所引發的複合型事件。傳統上，航行安全的資訊基礎主要來自 AIS (Automatic Identification System)、雷達/ARPA、ECDIS、VHF 通聯與岸端 VTS (Vessel Traffic Services) 之協同運作；然而在全球航運量增加、港口效率壓力升高、狹水道與交通分離制 (TSS) 負荷加劇的趨勢下，「資訊呈現」本身已不足以支撐高強度、快速變動的航行安全管理。問題的本質正從「資料是否存在」轉移為「資料如何被即時理解、提早預警並轉化為可執行的風險處置」。

在現行作業中，船舶與岸端通常可以看見目標、看見航跡、看見基本的相對運動指標（如 CPA/TCPA），但仍常面臨結構性困境：

以高密度水域為例，值班人員同時需要監看多艘船舶、多個會遇關係、多段航道約束（航道邊界、限制區、錨地、管制線等），並同步考量能見度、風流浪、潮汐與港內調度狀態。當交通量上升或情境突變（如突發天候或局部壅塞），人員認知負荷迅速飽和，導致風險辨識與協調通聯的反應時間被壓縮，進而提高近失事件（near miss）與事故發生機率。

同樣的 CPA/TCPA，在不同的能見度、不同的水域幾何（彎道、狹口、分道）、不同船型操縱性（轉向能力、加減速特性、載重狀態）、以及不同交通流型（交叉、追越、會遇、多目標匯聚）下，真實危險程度並不相同。換言之，航行風險不是單一指標能穩定描述的「靜態屬性」，而是多因素交互作用下的「動態狀態」。

若告警過度敏感，值班人員很快會因誤報過多而降低信任；若告警過於保守，又可能錯失提前量（lead time），使告警僅剩「事後確認」的功能。更重要的是，多數告警只告訴使用者「可能危險」，卻無法清楚交代「危險原因、證據鏈與建議行動」，導致告警難以融入標準作業流程（SOP），也難以形成可追溯（traceable）的安全治理閉環。

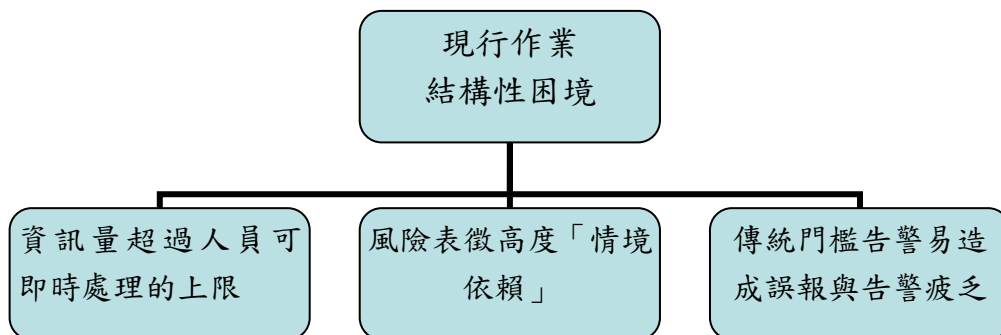


圖 4.1 現行船舶作業結構性困境

因此，使得航行安全管理必須從「被動監看」邁向「主動預警與決策支援」：系統不僅要顯示資料，更要能在大量資料中自動萃取風險訊號、預測短期衝突機率、指出高風險熱點與演化趨勢，並將結果以可解釋、可採行的方式呈現給船橋團隊與岸端 VTS 人員。AI 技術之所以成為航行安全整合系統的關鍵，不在於追求「取代人」或「全自動避碰」，而在於提升海事系統的風險感知能力（risk awareness）與處置效率（response efficiency），利用 AI 技術，不僅將多目標、多航跡、多環境因子整合為「可讀的風險態勢」，例如，即時交通壅塞程度、衝突簇群（conflict clusters）、以及風險熱點在空間上的漂移與聚集，亦可針對「分鐘級」的衝突風險，提供提前量與趨勢方向，而非僅基於當下狀態做門檻告警，最後把風險輸出連結到可執行的作業建議（如減速、提前通聯、避讓窗口、岸端協調點），並呈現信心度與不確定性，協助人員在高壓情境中快速做合理決策。

要達成上述目標，AI 必須建立在「多源資料融合」之上：AIS/VDES 船舶動態、雷達航跡、影像/紅外線目標辨識、船載航行與機艙感測（速度、舵角、主機狀態等）、海氣象水文（風、浪、流、潮、能見度）、航道與限制區圖資，以及港內作業與調度資料。AI 的價值在於把這些來源不同、時間尺度不同、品質不一的資料，統一轉化為風險語言與可操作的告警。

在國際實務上，新加坡提供了高度具體且具代表性的政策與工程路徑。新加坡海事及港務管理局（MPA）推動的 AI-enabled Next Generation Vessel Traffic Management System（NGVTMS），明確指出系統將採開放式架構（open system architecture），並導入資料分析以辨識交通熱點（traffic hotspots）及機器學習以預測碰撞（predict collisions），從而讓 VTS 人員得以在「更高交通量」與「更複雜交通情境」下安全管理水域。它把 VTS 的功能從「資訊服務/交通監看」推進到「主動風險管理」，VTS 不再只是顯示船位與接受通報，而是透過 AI 讓系統具備先期辨識與預測能力，並以開放式架構保留未來整合新感測源、外部資料服務與新模型的彈性。NGVTMS 的主張可視

為「航行安全整合系統」的典型目標狀態：以 AI 將 VTS 升級為能提供提前量、能輸出風險態勢、並可支援協調決策的系統。

另外，航行事故屬低頻事件，單純以事故做為監督式學習標註往往面臨資料稀疏與偏差 (bias) 問題。因此，國際上常以「近失事件 (near misses)」做為替代學習目標：因其更頻繁，且能反映危險情境如何生成與演化。Fujitsu 與 MPA 在新加坡海峽進行的 AI 實地試驗，提出以 AI 偵測船舶碰撞風險，並預測「碰撞風險集中區」形成的動態風險熱點 (dynamic risk hotspots)，其定位即是支援 VTS 進行更主動的交通管理、提升航行安全。對「問題界定」的啟示至少有三點：(1) 風險管理的最佳學習訊號不必等到事故：以近失事件與衝突事件做為訓練/驗證，可建立更具提前量的預警模型；(2) 「熱點」概念能把微觀衝突提升到宏觀治理：若能識別風險熱點與其時間變化，岸端即可在熱點形成前調整交通引導、發布航行建議或加強協調通聯；(3) AI 應服務於作業決策：該技術的目標不是給出抽象分數，而是協助控制員「更主動」地管理交通，這正是整合系統應追求的落地導向。

除個別港口/水域的工程實作外，國際航標協會 IALA 對 Future VTS 的討論亦提供制度層面的方向。其「Future VTS Discussion Paper」指出 VTS 在國際上受到 SOLAS 等規範體系承認，並討論未來 VTS 將面對更豐富的資料來源、更複雜的服務需求，以及與自主/高度自動化船舶 (MASS) 共存的情境。未來的航行安全治理，將不只是「增加設備」或「提升顯示」，而是走向「資料服務化、模型化、協作化」。當 VTS 服務內容由傳統監控擴展到風險預測與決策支援時，AI 與資料融合自然成為核心能力，而非附加功能。

因此，將 AI 技術於船舶航行安全整合系統，應被定位為一個端到端的風險治理工程：以資料融合建立可信的風險表徵，以 AI 模型提供提前量與可解釋輸出，以人機協作機制把模型結果轉成可執行處置，最終在實際水域 (港外錨地、狹水道、交通分離航道、港內進出港水域等) 形成可驗證、可擴充、可持續改進的安全能力。此一定位，

正與新加坡 NGVTMS 以 AI 升級 VTS 功能的方向相互呼應，亦符合 IALA 對 Future VTS 的制度性演進脈絡。

## 4.2 AI 系統整體架構規劃

將 AI 技術應用於船舶航行安全整合系統，若要在真實海事場域落地，其成功關鍵往往不在單一模型的準確度，而在於系統層級的架構設計與資料治理能力是否成熟：能否把船岸兩端、跨機關、跨設備、跨時間尺度的資料，轉化為可用、可信、可追溯、可維運的資料產品，並以服務化方式支撐即時風險預警與決策支援。系統設計的重點必須從一開始就放在「端到端可部署」與「長期可維運」。航行安全屬於典型的安全關鍵應用：資料流不中斷、告警延遲必須可控、模型錯誤需要可追溯與可回滾，並且在事故調查、責任釐清與監理稽核時，能完整回答提供當時系統判斷依據。

從系統觀點出發，一套成熟的 AI 航行安全整合系統通常呈現分層、模組化、服務化的架構型態。最底層是資料蒐集與感知：AIS/VDES 船位動態、岸端雷達航跡、影像或光電感測（若有）、船載航行儀器與操船相關資訊，以及海氣象與水文資料、航道與限制區圖資、港內作業與調度等營運資料。這些來源之間最大的差異不是格式，而是時間尺度與可靠度：AIS 可能秒級更新但受通訊與設備影響而有跳點與延遲；雷達航跡有掃描週期並存在目標關聯問題；海象資料可能是分鐘到小時級；港內調度資訊則常帶有作業流程上的不確定性。因此，整合系統必須先把「資料可用性」與「資料品質」視為系統設計的一部分，而不是後端模型遇到雜訊才補救。

資料進入平台之前，通常需要一層通訊與匯流機制，把即時事件流與批次資料更新分開處理。對航行安全而言，尤其關鍵的是區分事件時間與處理時間：系統收到訊息的時間不等於船舶狀態發生的時間；若把延遲當成行為變化，就可能產生大量誤判。也因此，資料匯流層需要保留原始時間戳、記錄延遲分布與補送情況，並在必要時提供「可重播」能力，以支援事故回溯與模型離線驗證。真正決定整合系

統品質的，是資料平台與資料治理層。對航行安全這類多源資料場景，資料湖概念具有實務價值，因為它能同時容納結構化 AIS/雷達軌跡、半結構化事件紀錄與非結構化影像或錄音，並且以統一的資料目錄與資料血緣機制，確保每一則告警、每一次模型推論都能追溯到資料來源、處理流程與版本。這個「可追溯性」不是形式化要求，而是安全治理與制度化落地的必要條件；沒有血緣與版本控管，任何模型更新都可能在事後變得不可解釋、不可稽核，也就難以建立信任。

當上述治理到位後，AI 才能被「服務化」並長期維運。實務上，最具成本效益的作法是建立特徵庫與風險資料產品，把常用的航行安全特徵標準化並可重用，例如船舶狀態特徵（速度、加速度、航向變化率、轉向率）、相遇關係特徵（CPA/TCPA、相對運動向量、會遇型態分類、局部壅塞指標）、水域約束特徵（距航道中心線/邊界、距限制區/淺區、可操船空間裕度）、環境特徵（風浪流潮與能見度及其衍生的操縱性惡化指標），以及資料品質特徵（跳點率、缺測率、延遲等）。特徵庫的價值在於讓模型可替換、可集成，但「風險語言」一致；同時也讓可解釋性更容易落地，因為每個特徵都有清楚定義、來源血緣與品質標籤，能把告警原因回推到具體可理解的證據。

僅有資料平台仍不足以支撐安全關鍵應用，必須把 MLOps 納入系統設計。模型登錄與版本控管要能對應訓練資料版本、特徵版本與評估報告；線上監控要能追蹤告警率、誤報代理指標、延遲與吞吐量，並偵測資料漂移與概念漂移；部署策略上需要影子模式或灰度發布，在不影響現行作業下先平行跑、蒐集採納率與人工回饋，再逐步切換到受控上線；最重要的是可回滾，因為任何模型更新都有可能在特定情境下造成告警異常，沒有回滾能力就無法長期維持作業信任。資安與稽核則是跨船岸、跨機關資料共享的最低門檻。航行安全系統牽涉港區關鍵基礎設施與營運敏感資訊，必須落實身分與權限最小權限原則、傳輸與儲存加密、網路分區（OT/IT segmentation）、以及操作留痕與稽核日誌。尤其在事故調查或監理稽核時，系統必須能證明「哪些人於何時以何種權限存取哪些資料」、以及「當時使用的模型版

本與參數設定」。同時，跨機關的資料共享必須透過制度化的共享契約界定欄位範圍、用途限制與保存期限，否則系統難以擴大推廣。

上述架構與治理方向，並非理論推演，而是國際實務正走向的工程路徑。以新加坡為例，海事及港務管理局（MPA）推動的 AI-enabled 次世代船舶交通管理系統（NGVTMS）明確採取「開放式系統架構」，並導入資料分析以辨識交通熱點、以機器學習預測碰撞，目的在於讓 VTS 人員能在更高交通量與更複雜交通情境下仍能安全管理水域。這類公開訊息的重要性在於：它把 AI 功能（熱點辨識、碰撞預測）與系統架構（open architecture）綁在一起，等同宣示「資料與服務可擴充」是推動 AI VTS 的先決條件，而不是後續再補的選配。

鹿特丹港的案例則展示了另一種「以港區數位基礎設施支撐 AI」的路徑。鹿特丹港在其官方的 AI 介紹中，提及透過 Future Vessel Tracking System（VTS）持續監控船舶交通，甚至連港區上空的無人機也納入 24/7 監控；並指出他們利用大量可得資料尋找洞見，以便更快偵測與處置潛在危險情境，其中包含「在港內特定位置預測風」這種典型的微區環境情境預測。這對航行安全整合系統的啟示非常直接：風險不只來自船—船相遇，也來自環境在港內不同位置的細微差異；因此，資料平台必須能支援時空對齊與地理運算，否則「港內風預測」不可能轉化為可執行的靠泊/操船安全建議。

同樣在鹿特丹，Pronto 類型的到港時間（ETA）預測系統，常被引用為「AI 服務化支援港務決策」的代表，公開報導指出 Pronto 使用 AI 來預測船舶到港時間，並被相當比例的航運公司、代理、碼頭與航務服務單位用於規劃與監控靠港作業。雖然 ETA 看似偏效率，但其工程本質仍是資料融合、定義一致與服務化協作；而這些能力一旦建立，就能與安全風險模型互補。例如，若港內壅塞造成的等待與航路調整可被更早掌握，安全系統就能提前預測近距離相遇風險的上升並調整告警策略，讓安全管理更貼近作業現實。

在制度與標準層面，IALA 的 Future VTS 討論文件亦指出，隨交通量增加與船舶自動化發展，未來 VTS 將扮演更主動的交通管理角色。同時，IALA 亦針對從 VTS 角度看 MASS（海上自主船舶）影響的討論，提及 VTS 與傳統船舶、自主船舶與遠端控制中心之間的互動與資訊交換將更趨數位化。這些文件共同指向一個趨勢：VTS 正從「監看與通聯」走向「資料驅動的服務中心」，而 AI 的落地要求也將更強調可追溯性、資安與責任界線。對研究而言，這等同把資料治理、稽核與 MLOps 提升到與模型準確度同等重要的地位。



圖 4.2 航行安全整合系統整體方案

### 4.3 AI 模型與風險辨識方法

在船舶航行安全情境中，AI 的價值不應被簡化為「把 CPA/TCPA 算得更準」或「多做幾個告警門檻」。真正困難之處在於：航行風險是一種高度動態、強情境依賴、且多因素交互作用的狀態。相同的相對運動指標，在不同能見度、不同水域幾何、不同船型操縱性、不同交通壅塞程度下，其危險程度與可用處置窗口截然不同。因此如何建立一套「可在真實作業中運行」的 AI 方法鏈，讓系統不只看見目標

，更能理解態勢、預測短期風險、輸出可解釋的原因與可執行的建議，並與船岸作業流程對齊。

要達到上述目標，AI 模型設計可以被歸納為三個互補層次：第一層是「行為與狀態的異常偵測」，第二層是「衝突與事故的風險預測」，第三層是「決策支援與建議生成」。三者若只做其一，通常只能得到局部效益；唯有把它們串成端到端的風險語言與輸出格式，才能形成可落地的航行安全整合系統。首先，異常偵測（Anomaly Detection）要解決的不是事故本身，而是把日常巨量航跡中「值得關注的偏離」優先標出。航行異常常見型態包含：偏離常態航線或航道中心線、非典型轉向/急轉、速度不合情境的加減速、在限制區或管制線附近的異常停留、疑似漂航或拖航等。此類任務的困境在於標註資料不足：事故低頻、近失事件未必有制度化紀錄，且不同港區對「異常」的作業定義也不一致。因此，異常偵測多採無監督或半監督框架：以歷史資料學習海域分區（航道、錨地、進出港水域、港內狹窄水域）與船型分群（船長、吃水、操縱性）的「常態行為分布」，再以偏離程度做為風險分數。工程上更重要的是，異常分數應被設計為「可被下游模型與作業流程重用」的中介變數，例如：當交通官在壅塞區面臨大量目標時，異常分數可做為目標排序與注意力分配的依據，並可搭配「資料品質指標」調整信心度，避免因 AIS 跳點造成的假異常。

風險預測（Risk Prediction）才是航行安全 AI 最具決策價值的一層，但其設計思路必須從「靜態門檻告警」提升為「短時窗、可解釋、可採行」的情境化預測。傳統 CPA/TCPA 是必要特徵，但不足以單獨代表風險，原因在於它忽略了至少四類關鍵情境：其一，多目標互動（多船匯聚時，可操船空間被壓縮）；其二，水域幾何與約束（狹水道、轉折、航道邊界、限制區）；其三，船舶操縱性差異（大型船轉向/減速能力、載重狀態）；其四，環境條件（能見度、風浪流潮對操縱與漂航的影響）。因此，較成熟的做法是以「時序模型」與「關係模型」表徵交通態勢：在分鐘級的時間窗內，模型同時吸收單船運動序列特徵（速度、航向變化率、加速度、轉向率等）與船—船關係

特徵（相對運動向量、會遇型態、周邊壅塞度、最近鄰衝突簇群），並引入環境與航道約束特徵。對港區與狹水道而言，關係模型（例如把目標關係視為圖結構，建構船舶互動圖）往往比單純的單船序列更能捕捉「衝突是如何被群體交通生成」的機制，進而提升提前量與穩定性。

在國際實務上，新加坡海峽的案例特別能說明「情境化風險預測」與「提前量」的必要性。Fujitsu 與新加坡海事及港務管理局（MPA）進行的實地試驗，明確以 AI（Zinrai）做兩件事：其一，偵測船舶碰撞風險；其二，預測碰撞風險集中區，形成所謂的「動態風險熱點（dynamic risk hotspots）」。該技術被定位為可部署於 VTS 系統，協助交通官更主動管理交通、提升航行安全。這個案例對研究方法的意義在於：它把學習目標從「事故」轉為「近失事件（near misses）」——因為近失比事故更頻繁、更能反映風險生成機制，且更適合做為分鐘級預測的監督訊號；同時，它也把預測結果升級為「空間治理語言」——用熱點呈現風險集中與漂移，讓岸端能提前分配資源、做交通引導與通聯協調，而不是僅對單一船舶發出孤立告警。

更值得注意的是，MPA 對 VTS 的下一步也清楚指向相同方向。MPA 在 2024 年公開的 NGVTMS 計畫中指出，該系統將以開放式架構為基礎，並具備「資料分析辨識交通熱點」與「機器學習預測碰撞」等進階能力，以協助交通官在更高船流量與更複雜情境下安全管理水域。它代表國際主流並非只追求更好的顯示介面，而是把 AI 預測能力視為下一代 VTS 的核心功能；因此研究方法必須對齊「可部署、可擴充、可被交通官採用」的工程與人因要求，而非停留在離線模型指標。

決策支援與建議生成，其核心不在於讓 AI 直接控制船舶，而在於把預測轉成「可執行的處置選項」。在航行安全情境中，建議通常需要同時滿足三種約束：遵循 COLREGs 的避碰責任框架、符合水域幾何與限制區要求、並考量船舶操縱性與環境條件。因而在研究設計上，較務實的落地路徑往往是「建議而非控制」：系統輸出多個可行

方案（例如減速、提前改向、延後變更航向窗口、或建議與 VTS/對方船建立通聯協調），並提供每個方案的風險降低幅度、代價（時間/燃油/延誤）、以及信心度。當這套機制成熟，才可能進一步討論更高自動化層級（例如以多目標最佳化或強化學習做航跡/操船策略建議），並在受控情境逐步驗證。

在船端的落地實例上，Orca AI 的「數位瞭望員(digital watchkeeper)」提供了第三層與人因設計的直接參考。Orca AI 將其 SeaPod 定位為橋樓上的自動化瞭望與態勢感知平台，透過 AI 與電腦視覺進行目標偵測與提示，並提出碰撞避讓告警與操船建議的產品方向。更重要的是，該平台取得美國船級社 ABS 的 Product Design Assessment (PDA) 相關認可，被多家媒體與機構引用為「AI 航行安全平台」朝工程化、可驗證化發展的指標之一。這類案例對研究方法的啟示不在於採用哪個商用方案，而在於它揭示了「可用 AI」需要的輸出樣態：橋樓人員需要的是目標優先序、清楚的告警理由與建議動作，而不是一個抽象風險分數；同時，若要進入安全關鍵場域，就必須能接受某種形式的工程評估與驗證框架（例如 PDA 所代表的設計層級評估邏輯）。

航行安全不是純粹的分類問題，而是「何時、在哪裡、以多大把握」的風險判斷。模型輸出若缺乏可解釋原因，值班人員難以採納；若缺乏不確定性提示，告警不是被忽略就是造成過度反應。實務上可採用的做法是把「證據鏈」內建到輸出格式：每則告警附上關聯船舶、主要衝突特徵（例如相對速度收斂、會遇型態、周邊壅塞度、距航道邊界裕度）、環境因子（能見度/流場）、以及模型信心度與資料品質狀態（延遲/缺測/跳點率）。如此，告警才能成為可稽核、可學習的事件資料，並支撐後續的模型校準與誤報治理。航行安全 AI 的方法鏈應以「異常偵測—風險預測—決策支援」為主軸，並以近失事件與衝突事件做為可實務學習的監督訊號；以時空序列與船舶互動關係建模，將 CPA/TCPA 提升為情境化風險；以風險熱點將微觀衝突提升為

岸端可治理的宏觀態勢；最後以可解釋證據鏈與不確定性提示，將模型輸出轉化為可被 VTS 與船橋團隊採納的建議與處置選項。

#### 4.4 預警機制與人機協作

當模型已能偵測異常、預測風險、甚至提出建議後，系統如何把這些輸出轉譯為現場真正會被採用的作業行動。航行安全的成敗往往不取決於模型指標，而取決於預警是否具備足夠的提前量、是否能降低值班人員的認知負荷、是否能以一致的分級與證據格式嵌入 SOP，並能在跨單位協作（船方—VTS—港務/航管—救難/海巡）中形成可追溯的處置閉環。換言之，預警機制的設計本質上是一個「人機協作與組織流程工程」，其難度不亞於演算法本身。

航行安全預警的核心矛盾是「敏感度」與「可用性」的拉扯：告警太敏感會造成誤報、告警疲乏與信任崩壞；告警太保守又會喪失提前量，只剩事後確認。這也是為何在安全關鍵場域中，預警機制必須從傳統門檻式告警升級為「情境化、分級化、可解釋」的告警：系統不只告訴使用者“危險”，更要回答“為什麼危險”“危險會如何演化”“你現在可以做什麼”，並把不確定性（資料延遲、缺測、AIS 跳點）以可理解方式呈現，避免把雜訊轉成干擾性的高頻告警。

一套可落地的預警鏈通常可視為四個連續環節：風險觸發、告警分級、建議與通聯、事件化與回饋。風險觸發層負責把模型分數與規則（如 CPA/TCPA、航道侵入、壅塞指標、操縱性惡化）整合成一個一致的風險語言；告警分級層把風險轉為作業語言（例如注意/警戒/危急，或以時間窗/嚴重度標示）；建議與通聯層則把告警連結到可執行動作（減速、改向、延後變更航向窗口、提前 VHF 通聯、請求 VTS 協調），並提供證據鏈（關聯船舶、關鍵特徵、環境因子、信心度）；事件化與回饋層則把每一次告警與處置記錄為工單或事件（含時間戳、資料版本、模型版本、值班人員處置），以支援事後稽核與模型校準。這種「告警即事件」的思維，能把 AI 輸出從短暫的畫面提示，提升為可治理、可問責、可持續改進的安全作業流程。

以新加坡為例，MPA 於 2024 年公開說明其 AI-enabled 次世代船舶交通管理系統（NGVTMS）將建立於開放式架構之上，並具備以資料分析辨識交通熱點、以機器學習預測碰撞等功能，以支援 VTS 人員在更高交通量與更複雜情境下安全管理水域。代表的並非單一技術點，而是整體預警機制的方向：當 VTS 的任務從「監看與通聯」走向「主動風險管理」，預警就必須能支撐更高頻、更多目標、更複雜情境下的決策節奏，因此，分級、證據鏈、以及與 SOP 的銜接會是系統需求，而不只是 UI 功能。

同樣在新加坡海峽，Fujitsu 與 MPA 的現地試驗提供了預警提前量與處置意義的具體例證。Fujitsu 的官方新聞稿指出其 AI 技術可用於預測船舶近失（near misses）風險，並在新加坡海峽情境中進行風險分析。該試驗的動態風險熱點偵測能提供約「提前」的風險提示，使相關人員能採取措施避免事件發生。類資訊對預警機制設計的啟示在於：真正可用的預警不是“當下危險”，而是“給你足夠時間做對的協調與操船”；因此，系統輸出必須自然地導向通聯與協調——例如提示「需要 VTS 介入協調」或「建議先行通聯對方船舶」，而非只給風險分數。

然而，預警要真正提升安全，必須同時解決「跨層協同」：船端的即時處置與岸端的交通協調並非同一件事。船端更需要微觀情境感知與快速反應（例如低能見度下的目標辨識、橋樓瞭望負荷），岸端更需要宏觀交通態勢、熱點與資源調度。此時，人機協作的最佳實務通常是「雙層預警」：船端以短距離、短時間窗、可立即執行的建議為主；岸端以熱點與衝突簇群（conflict clusters）做為重點關注目標，並以通聯協調與交通引導（traffic organization）為主要處置。Orca AI 的 SeaPod 產品定位為橋樓的自動化瞭望與情境理解輔助，強調多源資訊快速處理與 24/7 輔助值班的概念；相關報導亦指出其 AI 導航安全平台獲得 ABS 的 Product Design Assessment（PDA）認可，反映此類船端 AI 正朝向更工程化、可被評估的落地路徑發展。這對預警機制的意涵非常直接：橋樓並不需要更多抽象分數，而需要「可信的提示+

可理解的理由+可行的動作」；同理，岸端 VTS 也需要把告警變成可協調的作業單元，而非額外噪音。

另一個具有代表性的國際方向來自鹿特丹港。鹿特丹港在其官方 AI 應用介紹中指出，透過 Future Vessel Tracking System (VTS) 持續監控船舶交通，並利用大量資料尋找洞見，以更快偵測與處置潛在危險情境，甚至舉例提及在港內特定位置預測風等能力。

常被忽略的預警關鍵：很多風險不是“突然出現”，而是由「環境微區變化」與「交通壅塞演化」逐步推升；若預警能把環境變化轉成可理解的風險上升訊號（例如某航段陣風加劇導致操縱性惡化、某泊位附近風向轉變增加靠泊偏差），岸端就能提前調整交通引導、靠離泊窗口與資源配置。這也說明了為何預警機制不能只盯「船—船」關係，而必須把「船—環境—水域約束—作業計畫」一併納入，並以事件化方式輸出，才能真正支撐港區聯防。

在聯防流程設計上，AI 預警系統最實用的做法是建立「一致的分級語言」與「標準通報包 (notification package)」。所謂一致分級，是指船端與岸端使用相容的嚴重度等級與時間窗概念，避免同一事件在不同單位被理解為不同風險；而標準通報包則要求每一次需要跨單位協作的告警，都能自動附上最低必要資訊：關聯船舶清單、位置與時間窗、風險類型（碰撞/擱淺/失控/侵入限制區等）、主要證據（關鍵特徵與環境因子）、建議動作、信心度與資料品質狀態。這樣的通報包能顯著降低通聯成本，也能在事故後提供稽核所需的證據鏈。更進一步地，若每一次事件都能回收「處置結果」與「人工判定」（是否誤報、是否近失、是否需要調整門檻），就能形成可持續優化的學習閉環，使系統在真實作業中逐漸降低誤報與提升採納率。

#### 4.5 驗證評估與情境案例

解決了「系統能否看懂風險」與「能否把風險輸出成可用的預警」，那麼第五段要處理的就是更現實、也更決定成敗的問題：系統如

何被證明可靠、如何被允許上線、以及如何在實際營運中維持有效。航行安全整合系統屬安全關鍵應用，不能只用一次性離線指標（例如 AUC 或 F1）宣告成功；它必須面對真實世界的資料漂移、極端情境、跨單位責任界線、資安風險與監理要求。換言之，落地不是「模型部署」而已，而是要形成一套可稽核、可回溯、可持續改進的驗證—上線—維運體系，才能讓 AI 在船岸協作場景中長期提供可被信任的安全增益。

在方法論上，航行安全 AI 的驗證評估宜採「三階段、雙指標」策略。所謂三階段，是指先做離線回放驗證（offline replay），再做影子模式/平行試運轉（shadow mode），最後才進入受控上線；所謂雙指標，是指同時評估「模型層指標」與「作業層指標」。前者包括預測準確度、誤報/漏報、校準度與不確定性估計；後者包括提前量、採納率、告警疲乏、通聯成本與實際處置成效。因為對安全管理而言，真正重要的是：系統能否在值班節奏中提供足夠提前量、是否能降低人員負荷、是否能以合理的誤報代價換取更少的近失與事故，而不只是分類得分較高。

第一階段的離線回放，核心任務是建立「系統在已知情境下的可重現表現」。這裡不應只用事故案例，因為事故低頻且樣本偏差大；較務實的做法是以近失事件、衝突事件與高風險態勢片段做為驗證單元，並用多種情境切片：狹水道交會、港外壅塞匯聚、低能見度、強流強風、密集追越、引水/拖船作業交織等。在回放中，除了檢驗告警是否命中，更關鍵是量化「提前量分布」：系統平均能提早幾分鐘、在最壞 10% 情境下仍能否提供可操作窗口。這也是為何許多國際實務會把驗證聚焦在「試運轉期間的安全案例累積」，而非一次性宣告合格。

第二階段的影子模式，目的不是追求立即改變作業，而是把 AI 融入現場，觀察它在真實資料流、真實延遲與真實人員行為下的表現。影子模式的設計要點是：AI 可以出告警、可以產生工單，但不直接觸發正式通報與強制處置；系統同時蒐集值班人員的回饋標註（例如「

合理告警」「誤報原因」「已採取處置」「是否形成近失」），以建立可用的線上評估資料集。這個階段最重要的 KPI 往往不是準確度，而是採納率（adoption rate）與可理解性（explainability usability）：告警是否能被人員快速理解、是否能降低通聯成本、是否能在壓力情境中提供真正有用的建議。若影子模式已呈現高誤報或低採納，直接上線只會加速信任崩壞；相反地，若影子模式顯示 AI 能穩定提供可操作提前量，且值班人員願意在部分情境依其建議行動，才具備受控上線的條件。

第三階段的受控上線，應採「限定範圍、限定情境、限定責任」的漸進式策略。例如先在特定海域（港口外海航道、交通瓶頸水域）啟用風險熱點與目標排序，接著在特定事件類型（侵入限制區、疑似漂航、極端海象操縱性惡化）啟用分級告警，再逐步擴大到碰撞風險的建議通聯與協調。受控上線必須搭配兩個制度化機制：其一是回滾與降級（當模型或資料品質異常時，系統自動降級到較保守策略或回退穩定版本）；其二是稽核與事件管理（每次高等級告警都形成可追溯事件包，含資料版本、模型版本、證據鏈與處置紀錄）。這些機制的本質是建立「可問責 AI」：即使模型有錯，也能在制度上被理解、被修正、被追溯，而不至於變成黑盒風險源。

在「合規與驗證框架」方面，國際案例清楚顯示：即使技術可行，落地仍常受法規與認證節奏牽引。以 Yara Birkeland 為例，Yara 官方在 2024 年的文章指出，該船原先規劃於 2024 年底完成兩年自主性試驗並走向自主運行之認證，但實際上試驗仍在進行，並預期接近完成時間落在 2026 年初；文中也直接點出「技術解決方案比預期更耗時」以及「自主航行缺乏既有規範、監理面具有挑戰」等因素。這個案例對航行安全整合系統的啟示非常具體：安全關鍵 AI 的上線，往往不只是一個工程交付，而是驗證證據（evidence）累積、責任界線形成、以及監管接受度共同成熟的結果；因此研究與系統推動時，必須預留足夠的「試運轉—證據化—迭代」週期，不能以一次性 demo 取代安全案例。

在國際規範演進方面，IMO 對海上自主船舶（MASS）的推動亦提供了落地時程與制度方向。IMO 的官方專頁彙整了各委員會針對 MASS 的 regulatory scoping exercise（RSE）成果下載資訊，並明確提及 IMO MASS Code 的發展（例如 2025 年 6 月的相關資料/脈絡）。同時，部分會議摘要亦指出 draft MASS Code 的後續工作將持續推進，並以形成非強制性（non-mandatory）工具做為階段性成果。對本計畫而言，這代表兩個現實：第一，制度仍在演進，短期內更可行的落地策略是以「決策支援、風險預警、作業協同」為主，而非宣稱全自動化控制；第二，系統在設計上應以「可稽核、可追溯、可受監理理解」為核心原則，讓未來對接監管或第三方驗證時，能快速提供所需證據鏈。

除了國際公約與監理節奏，航行安全 AI 在產業落地時，也常透過船級社或第三方評估來建立可信度。以 Orca AI 為例，其公開資料指出其 AI 導航安全平台取得美國船級社 ABS 的 Product Design Assessment（PDA），並被多家媒體與產業單位引用為 AI 航行安全平台朝工程化驗證發展的里程碑。這類案例的價值不在於某單一產品，而在於提示一個可行路徑：當 AI 系統牽涉安全決策時，落地推動往往需要「可被第三方理解的設計文件、風險分析、測試證據與版本治理」，以支撐保險、法遵、船東與監理之信任。

#### 4.6 整合介面與可視化監控

在船舶航行安全整合系統的落地實務中，「介面與儀表板」並不是最後才做的外觀工程，而是決定 AI 是否能被採用、是否能在 24/7 值勤節奏中真正提升安全績效的核心組件。即使模型已能準確偵測異常、預測碰撞風險、辨識風險熱點，若輸出沒有被轉譯為值班人員可理解、可快速取用、可直接觸發協作的操作介面，AI 的價值就會停留在離線報告或研究展示層級，將前面所建構的資料治理、模型服務、預警機制與驗證流程，進一步落實為「可用的使用者體驗（UX）」與「可稽核的操作閉環」，讓系統能示範運轉並可逐步擴大部署。

航行安全場域的決策特性是「高風險、時間壓力、資訊雜訊高」。因此可視化的首要目標不是堆疊更多圖層，而是把資訊轉換為行動優先序：哪些目標最需要關注、哪些區域的風險正在聚集、哪些告警需要立即通聯協調、哪些事件可交由船方自處。這種「從資料到行動」的介面哲學，也正是新加坡在繁忙水域維持安全管理能力的基礎之一。新加坡海事及港務管理局（MPA）指出，船舶在新加坡海峽與港waters 透過 STRAITREP 向其船舶交通資訊系統（VTIS）報告，反映其以 VTS 做為繁忙水域安全運作的重要支柱。同一脈絡下，NGVTMS 原型計畫（由產業界取得原型標案）亦顯示新加坡正在推進下一代管理能力，目標是因應交通量與情境複雜度上升。這些案例共同指向：儀表板必須成為「主動風險管理」的操作平台，而不是被動監看螢幕。

一套可落地的航行安全儀表板，建議採「三層視圖」與「事件主線」的資訊架構，才能同時滿足岸端宏觀與船端微觀需求，並降低認知負荷：第一層為態勢總覽，提供值班人員在 10-30 秒內掌握現況的摘要，包括：交通密度、壅塞指標、風險熱點（hotspots）分布、關鍵告警數量與等級，以及環境概況（能見度、風浪流、警特報）。此層的核心不是精細操作，而是「把注意力導向最重要的 5%」。第二層為地理互動，以電子海圖/航道圖資為底，疊加 AIS/雷達航跡、限制區、航道邊界、錨地與港內關鍵設施，並支援即時地理運算（例如距航道邊界、是否侵入限制區、與淺區距離）。此層必須把「模型輸出」以可操作符號呈現：風險熱點以熱力層、衝突族群以群集框、關鍵會遇以關聯線或候選衝突列表；並能一鍵下鑽到目標的解釋性證據與建議。第三層為事件處置，每一則中高等級告警都應自動形成事件卡（case card）：關聯船舶、時間窗、風險類型（碰撞/擱淺/侵入限制區/失控漂航等）、主要證據特徵（例如會遇型態、相對速度收斂、壅塞度、環境因子）、模型信心度與資料品質狀態，以及建議動作與通聯對象。此層的價值在於把告警轉成「可稽核的作業單元」，便於交接班、跨單位協作與事後回溯。上述三層視圖，應以「事件主線（event

timeline)」串接：值班人員能沿著時間軸回看事件如何生成、告警何時觸發、採取何種處置、風險是否下降、是否結案。這條主線同時也是模型再訓練與門檻校準所需的標註入口，確保系統具備持續學習的能力。

航行安全介面最常見的失敗模式，是把「更多資訊」誤認為「更好決策」。因此，在設計上應採用國際 VTS 的人機介面呈現準則做為基線，強調一致性、可辨識性、工作負荷與情境適配。IALA 的《Portrayal of VTS Information》指引即明確提及，VTS 顯示應考量各中心的作業需求，並在人機介面層面最佳化操作與呈現。基於此類指引精神，儀表板設計上，建議落實以下原則：

- (一)一致的風險語言：船端、岸端與管理端使用相容的分級（注意/警戒/危急）與時間窗概念，避免同一事件被不同單位理解成不同嚴重度。
- (二)證據先於分數：先顯示能理解的關鍵原因（會遇型態、空間裕度、環境惡化、壅塞），再顯示風險分數與信心度。
- (三)少打斷、多聚焦：降低高頻誤報造成的打斷式告警，改以目標排序與熱點聚焦引導注意力；需要通聯協調時才升級為強提示。
- (四)可交接、可追溯：事件卡與處置紀錄必須利於交接班與稽核，並與模型/資料版本綁定，支持事故調查與責任釐清。

新加坡的 VTIS/STRAITREP 實務顯示：在高密度水域，岸端交通管理的成功仰賴「即時態勢掌握＋通聯協調＋作業一致性」。在此基礎上，NGVTMS 原型由業界得標推進，並被描述為面向交通量與情境複雜度增加的下一代系統。這對儀表板設計的啟示是：介面不只要顯示船位，更要支援「熱點辨識、風險排序、事件工作區」等主動管理功能，並以開放式架構利於後續整合新資料源與新模型。

港區級可視化最具代表性的演進方向之一，是以「數位孿生 (digital twin)」把感測、地理資訊與作業流程連結，提供在正確情境下的資訊呈現。鹿特丹港與 IBM 的案例文件即提到，其數位孿生由多個系統收集、處理與可視化資料，並由 IoT 平台與地理資訊系統共同提供「在正確情境、正確時間」的資訊呈現。另有與鹿特丹數位港願景相關的案例描述，指出其以數位孿生推進港區智慧化的方向。這些案例凸顯儀表板的重點不只是地圖圖層，而是把「風險」與「作業情境」綁在一起：例如某航段因風場改變導致操縱性惡化，儀表板應能在該區域直接呈現其對靠離泊窗口、拖船配置或交通引導的影響，並生成可執行的事件建議。

若系統目標包含跨機關、跨港區甚至跨國的協作，介面與資料呈現也必須面向標準化。Interreg 的 Baltic Sea e-Nav 專案即以符合國際新標準的下一代航行產品與服務為目標，強調更安全、協調一致與更高效率的航行支援。儀表板與整合介面應避免高度客製且不可移植的呈現方式，而要把資料模型、事件語彙與呈現規則標準化，讓不同單位在共享風險資訊時仍能維持一致理解與一致操作，降低協作成本。

當系統進入示範運轉階段，建議把成果定義為「可被操作與評估的情境」，而非僅是展示畫面。在評估指標上，示範運轉應把「人因與流程 KPI」列入：平均判讀時間、誤報造成的工作量、告警採納率、交接班可理解性、以及事件稽核完整度。

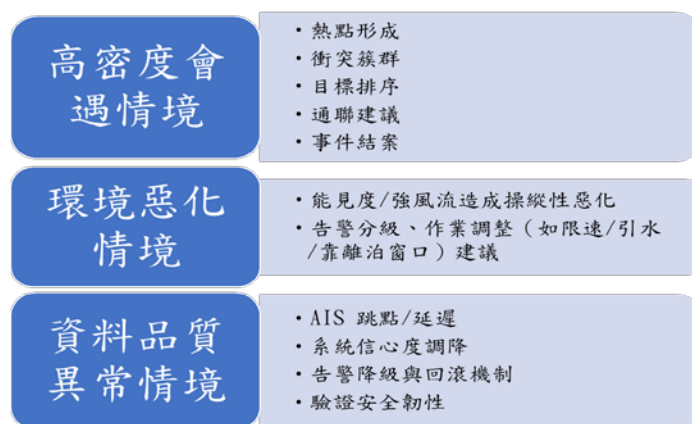


圖 4.3 三類示範情境

以國際人機介面呈現準則為基線，建立三層視圖與事件主線的可視化與 workflow，並用可操作情境完成示範運轉。新加坡 VTIS 與 NGVTMS 的演進說明繁忙水域需要更主動、可操作的交通管理介面；鹿特丹的數位孿生案例顯示「在正確情境呈現正確資訊」是港區決策品質的關鍵；Baltic Sea e-Nav 則提供標準化數位航行產品的方向，支撐跨域一致呈現與協作。

#### 4.7 船舶航行風浪預警模組精進評估

本所於 108 年針對即將發生的颱風事件進行波場模擬，並將結果與現有船舶自動識別系統(AIS)的資料建立船舶航行安全大數據資料庫，另透過人工智慧(AI)技術建立船行預測模型，進而建立更完善的 AI 智慧化船舶航行安全風險評估系統，使其能因應海象與船舶航行時的異常行為等訊號在災害發生前先行告警，以降低海上災難發生機率，有效提升船舶於海上航行與港口定船停靠之安全。

整合風浪預測至 AIS 系統並進行預警，此部分研究範圍與對象為臺灣周邊海域。另一則為船舶航行安全風險評估系統的建立，此部分可分為三個子項目：1.航行安全大數據資料庫的研究對象，包括航港局目前所架設的 AIS 接收站範圍內之資料；2.船舶航安預測模型目前擬針對航行安全大數據資料庫中整合的船舶軌跡資料；3.AI 智慧化船舶航行安全風險評估系統，由於使用上各港獨立操作，開發上會先從資料庫中萃取部分資料。

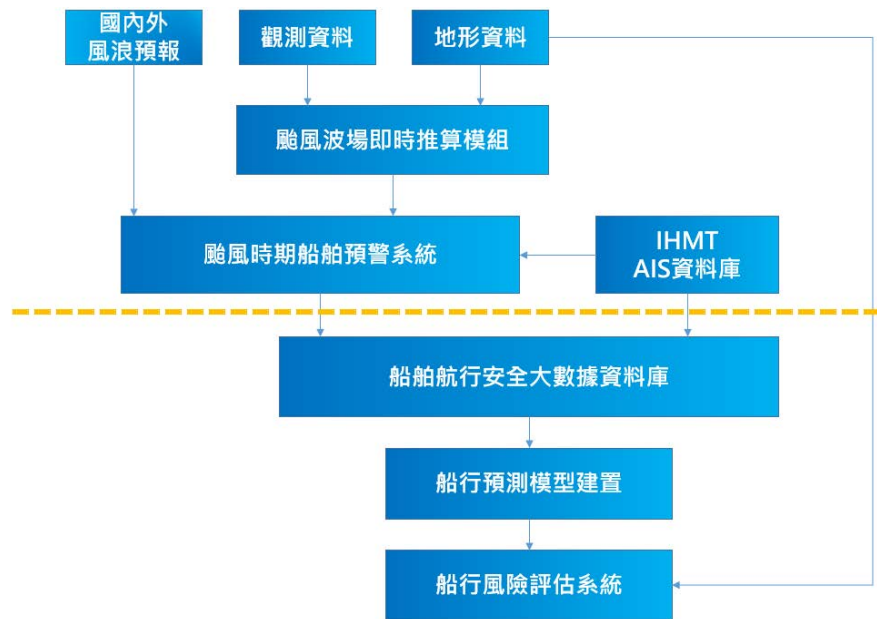


圖 4.4 研究流程圖

建立一個颱風期間的自動化颱風波浪整合生成模組，能自動進行颱風波浪的波場推算。此模組主要包括三個部份：1.資料下載與前處理；2.參數化風場計算模組；3.波浪計算模組。並串聯三個模組實現自動化颱風波浪預測，流程如圖 2 所示。本計畫建立一可自動化執行的整合模組，利用氣象單位所發布的颱風預測資訊進行參數化風場的計算，以提供後續波浪計算模組的輸入條件。在風場計算模組中包括颱風資料處理及參數化風場的計算。在風場的計算中往昔研究提出的多種最大風速半徑估算方式來提供參數化模型風場，做為尺度的調整係數，本計畫為選擇最適合臺灣地區使用的最大風速半徑公式，亦與實測風速的比較來做判斷，另編寫程式將原本須人工操作的 MikeSW 模式加入波浪計算模組，以完成自動化颱風波浪整合生成模組。最後透過波浪計算模組計算往昔颱風波浪並與實測波浪進行比較，評估在臺灣各主要港口的波浪推算的精度分析。

自動化波浪推算整合生成模組可當颱風侵臺時可自動介接中央氣象署的颱風資訊，可提供快速生成風場資料輸入 MikeSW 計算周邊海域的波場變化結果。後續採用颱風資料庫往昔颱風資料配合本所長期於臺灣各主要港口監測之波浪資料，進行推算精度的評估。其中，只

要中央氣象署所公布颱風期間有波浪資料的波浪測站皆納入評析。預警介面採用網頁介面的方式，如此，可以集中於伺服器端處理所有運算，未來各單位可透過網際網路直接以網頁瀏覽器進行操作處理，除了省去軟體安裝與系統環境的設定外，更可透過行動設備進行操作與處理。主要功能即時提供 6 小時以上之波浪預測結果，並於圖面劃設警示範圍，透過連結現有 AIS 資料集，彙整應提出警示的船舶資訊。

透過蒐集往昔 AIS 資料庫的紀錄檔，重新建立一套能提供後續船舶航安預測模型使用的資料庫。新的資料庫在水平擴充、查詢效能與便利性上都較往昔的資料庫有更好的表現。雖然目前成果主要提供工作團隊進行快速統計分析與 AI 模型建模之使用，但也能提供未來各 AIS 資料儲存單位作參考。船舶 AIS 資料庫需長時間且不中斷地蒐集船舶回傳訊號，因此，資料接收與處理量極為龐大。面對此類持續增長的大規模資料流，未來硬體容量需求存在不確定性，若資料庫架構不易擴充，容易在容量不足時被迫進行資料庫遷移，造成維運與成本負擔。因此，系統在資料庫選型時，首要考量需具備良好的水平擴充能力，以支援後續平行擴展並降低遷移風險。

AIS 資料屬於典型的地理空間資料，若缺乏空間索引與高效的空間查詢能力，將難以在海量資料情境下迅速取得特定海域或路徑所需的資料。因此，資料庫亦必須支援空間索引與空間查詢，以提升查詢效能。另一方面，本系統亦包含海氣象警示功能，若能將歷史海氣象資料納入資料庫管理，除可提供歷史條件查詢外，亦可做為後續進行海氣象與船舶行為關聯分析、或預測模型研究之基礎資料來源。

參考既有 AIS 資料庫相關研究，後續選用文檔式 NoSQL 資料庫 MongoDB 做為主要儲存與查詢平台。MongoDB 屬於文檔式 NoSQL 資料庫；NoSQL 的概念為 “Not Only SQL”，意指不侷限於傳統關聯式資料庫的資料管理模式。相較於關聯式資料庫，NoSQL 通常具備較高的資料彈性、可擴展性，以及較佳的高併發寫入與分散式處理能力，適合用於大量且持續寫入的時空資料場景。在資料建置流程上，首先將既有歷史 AIS 資料移轉至 MongoDB，並以 MMSI 做為分類

主鍵，同時加入資料清理與篩選條件，以去除異常資料、降低資料冗餘並縮減資料庫容量，進而建立可供分析使用的「歷史航跡資料庫」。由於原始歷史資料在逐時接收時，未必考量同一船舶訊號的連續性及資料品質，若直接用於訓練預測模型，將增加資料整理成本並影響資料品質。因此，本計畫先建置結構化且品質較佳的航跡資料庫，以提升後續抽取訓練資料集的速度與可靠性。資料清理流程方面，匯入前先移除時間與空間重複資料，並刪除 COG (Course over Ground) 與 SOG (Speed over Ground) 的異常值。此外，由於 AIS 回傳頻率不一且可能出現較長時間間隔，為利於切分船舶每次航行任務 (voyage/mission) 的航跡，本計畫以「3 小時」做為航段切分門檻：若某船舶超過 3 小時未回傳資料，即判定前一段航行任務結束並截取其航跡。最後，再於航跡內依速度等條件判斷異常資料點並予以移除，以確保航跡資料的連續性與合理性。

為支援介面即時呈現船舶位置與路徑資訊，並做為後續告警推算之輸入，同時兼顧資料庫效能與穩定性，本系統採取讀寫分離概念，另行建置「即時呈現資料庫」。即時資料庫索引包含 MMSI、Record Time 及空間座標，資料來源採用航港局提供的「15 分鐘即時資料」。資料內容為每艘船於 15 分鐘內回傳的最後一筆資料，系統並以每分鐘更新方式取得最新資料；取得後先去除重複，再寫入即時資料庫。為維持查詢與寫入效率，即時資料庫僅保留最近 15 分鐘內的回傳資料，避免即時庫無限制成長而影響效能。

在完成航跡資料庫建置後，即可進一步結合 AI 技術建立深度學習路徑預測模型，用以推估船舶未來可能之動態行為，並在預測結果顯示潛在風險時提前發布警示訊息，以達成航行安全之預警目的。本計畫首先針對航跡資料進行前處理與資料集建構，接著建立與評估預測模型，並以表現最佳之模型進行延時分析與預警效能探討。由於 AIS 接收資料涵蓋臺灣周邊廣泛海域，而不同海域的交通型態與船舶行為具有明顯差異，若直接以全域資料建模，容易增加模型複雜度並降低行為一致性，進而影響預測效果。

AIS 原始資料欄位眾多，並非所有欄位皆適合做為路徑軌跡預測的模型輸入特徵。以 COG (Course over Ground) 為例，由於其角度在  $0^{\circ}$  與  $360^{\circ}$  之間存在不連續問題，容易造成特徵分布在數值空間中呈現散亂，進而使模型訓練時難以穩定收斂。為提升特徵表徵的連續性與可學習性，本計畫將 COG 與 SOG (Speed over Ground) 轉換為平面速度向量之 U、V 分量表示，使其在特徵空間中呈現較集中且具連續性的分布型態，有助於提升模型訓練的成功率與預測表現。

於 ROT (Rate of Turn)，根據其機率密度分布及方向資料檢視結果，顯示多數資料呈現定值或變化有限，與船舶實際操船行為之關聯性仍需更多分析佐證，因此，暫不將 ROT 納入模型輸入。綜合上述，最終選定與航行軌跡密切相關之欄位做為深度學習模型之輸入特徵，包括經緯度 (Lat, Lon)、速度向量 (U, V) 以及回傳時間 (Record Time)，並據此進行資料篩選與建構訓練資料集。

在資料篩選方面，AIS 亦可能由固定或漂流載具（如浮標或搭載 AIS 之漂流物）回傳資料，此類目標的行為模式與一般船舶航行不同，且缺乏可預測性，若納入訓練將使模型學習偏離航行行為本質。因此，本計畫先排除此類近似「固定/漂流」目標，其判定方式為：若某段活動軌跡中經緯度變動範圍小於  $0.01$  度，則視為非典型航行行為並予以排除。

由於路徑軌跡預測屬於時間序列預測問題，建構神經網路模型時必須先定義輸入序列之時間長度與取樣間距，才能固定網路輸入形狀並進行梯度更新。然而，AIS 回傳時間間距不固定，若直接輸入模型將造成序列長度不一致與特徵間距不均，影響模型學習。因此，先將航跡序列以線性內插方式補齊資料點，使時間間距固定；考量漁船與高速船等船種具較高速度與操控靈活性，故設定內插時間間距為 1 分鐘，以保留足夠的動態變化資訊。最後，為避免因常見航線或漁船長時間停留區域造成資料分布偏斜，進而使模型預測結果過度偏向「停留熱點」或常態位置，在資料輸入模型前對特徵進行正規化 (Normalize

) 處理，以降低尺度差異與分布偏態對模型訓練的影響，提升模型對不同航行狀態的泛化能力。

為降低海上災難發生機率，有效提升船舶於海上航行與港口定船停靠之安全。本章依據招標工作目標引入前述 AI 船跡預測模型於 AIS 系統中，建立船舶航行安全風險評估系統。可針對當前回傳的 AIS 訊號，透過 AI 模型及歷史資料庫統計結果判斷是否需要進行告警。研究流程主要先統計歷史軌跡資料庫中各項特性，再針對本計畫的告警項目統計及探討。其中行為異常透過統計方法及船舶限制判定異常告警，位置異常則透過 AI 船軌跡預測模型預測未來船軌跡位置，針對是否進入特定危險區域等狀況進行告警。

以三種 AI 模型對測試資料集進行推算比較，結果顯示 LSTM 的推算準確度最佳，其次為 GRU，而 FNN 表現最差；若以運算時間評估，則 FNN 最快、GRU 次之、LSTM 最慢。然而，LSTM 與 GRU 的運算時間差距不大，綜合準確度與效率後，最終選定 LSTM 做為後續延伸分析與實際應用之主要模型。在模型設定方面，LSTM 以連續 10 分鐘的輸入序列做為特徵，推算後續 1 分鐘的船舶位置。若需進一步推算更長時間的未來位置，可採用遞推式 (recursive forecasting) 方式：將前一時間點的預測結果視為下一次推算的輸入之一，並反覆迭代以推估更後面的時間點。基於 LSTM 模型，本計畫進一步探討「預測時間點往後延伸」對推算準確度的影響，做為系統實務導入時選擇預測時間窗 (forecast horizon) 之參考依據。在實際應用情境中，由於無法事先掌握船舶完整航線的全域資料分布，因此，難以使用全資料集的最大值與最小值進行 Min-Max 正規化。為解決此問題，本計畫改採局部動態正規化策略：針對每次要輸入模型的 10 筆資料，分別取其經緯度最大值再加上 0.1、最小值再減去 0.1，做為該次推算的正規化邊界，以確保特徵尺度在合理範圍內，並維持模型輸入穩定性。

此外，模型輸出僅包含下一時間點的座標 (Lat、Lon)，並未直接輸出速度向量  $U$ 、 $V$ ，因此，無法直接將預測結果完整做為下一次推算的輸入。雖然  $U$ 、 $V$  可由 SOG 與 COG 計算而得，但若直接以

預測位置回推 SOG/COG 再計算 U、V，可能因預測誤差累積而造成 SOG 出現不合理的速度異常，進而影響後續遞推推算的穩定性。為避免上述問題，在推算更後面時間點時，採用較穩健的作法：以輸入序列中 10 筆資料的 SOG 平均值做為下一時間點速度估計基準，同時利用  $t$  與  $t-1$  的位置座標計算 COG 方向，再據此推導 U、V 做為下一次輸入特徵。透過「平均速度+相鄰位置推估航向」的方式，可降低速度異常與誤差放大效應，提升多步遞推預測時的穩定性與合理性。延時推算結果，可以看到推算誤差隨時間增加而增加，往後推算 3 分鐘，誤差在 1km 以內，往後推算 10 分鐘誤差達到 3.8 km，此結果顯示了誤差累積的情況，推算時間點越往後延伸，其路徑軌跡越散亂。針對海上船舶航行行為、擱淺告警、船艙異常告警及漂流告警等目標建構船舶航行安全評估系統，將船舶的異常行為分為運動異常與位置異常兩類。運動異常中在細分為速度異常與船艙異常。位置異常則分為擱淺、偏離航道與禁航區等三類。

現有研發成果的展示，本計畫一併將船舶安全風險評估系統的告警資訊在自動化颱風時期預警介面作展示，圖 4.5 為介面中各種告警資訊的輸出工具列布局。圖 4.6 則為將船舶異常警示的符號加入介面中。當介面中出現告警船隻的位置，使用者可用滑鼠點選船隻對該船進行預測路徑的展示，如圖 4.7。

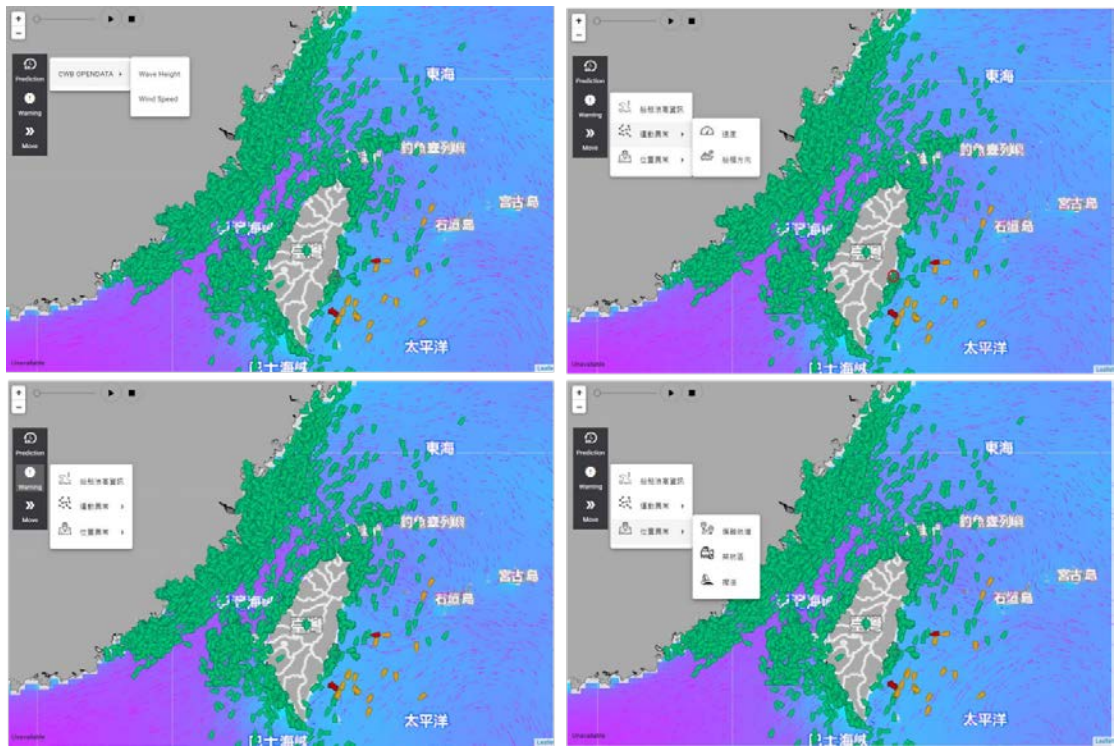


圖 4.5 各種告警資訊的輸出工具列

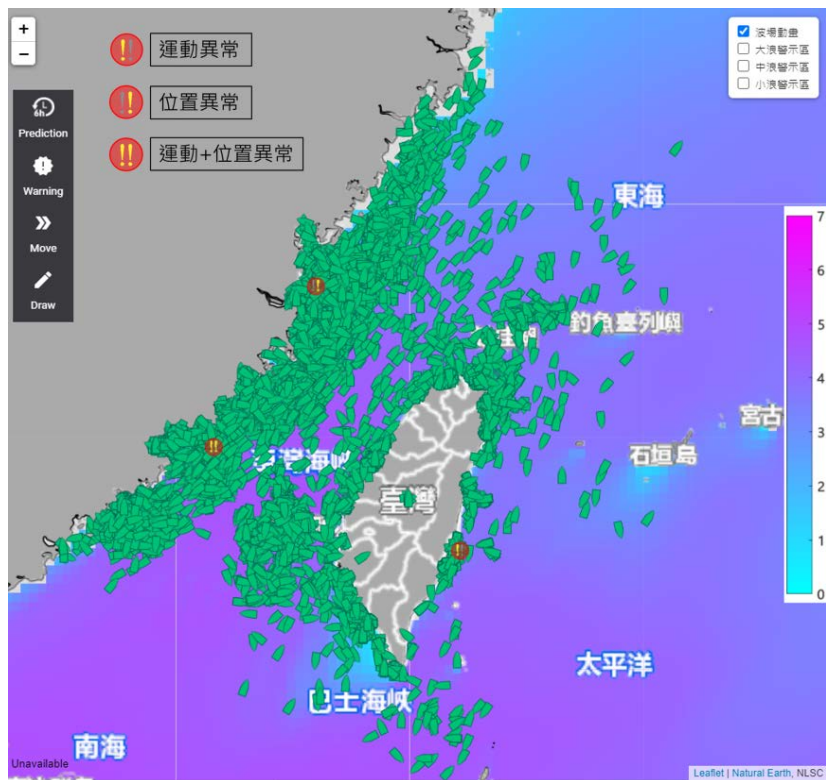


圖 4.6 船隻異常警示圖示

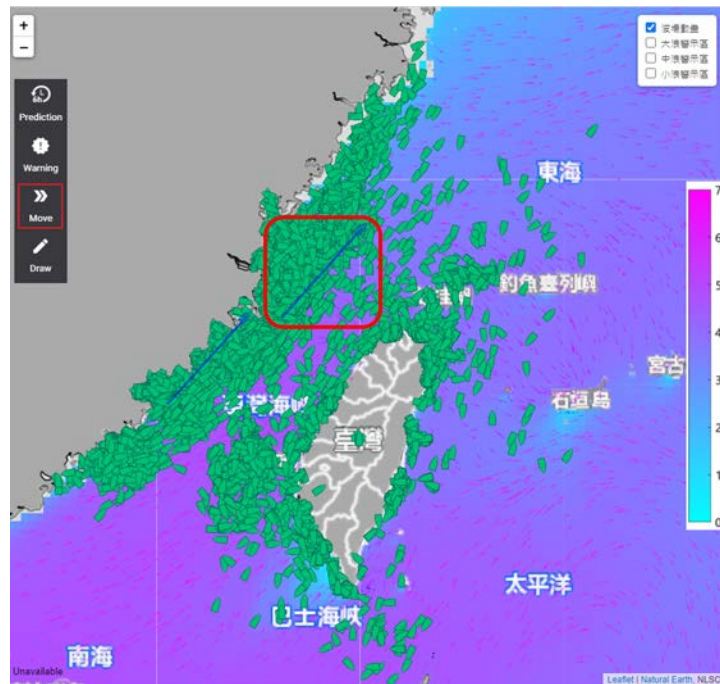


圖4.7 異常船隻路徑展示功能

此外，針對禁航區與未來航道限制等考量，本計畫在介面中加入了自定告警區域的功能。在接獲公告禁航區或已規劃的航道限制，使用者可用滑鼠點選左側工具列，開啟劃定告警區域功能，並進行劃設，如圖 4.8。目前這些功能已完成於介面中，未來亦可視使用單位將告警結果以 API 方式介接至其他更合適的圖台做其他應用。圖 4.9 為介面於布袋港的展示成果。

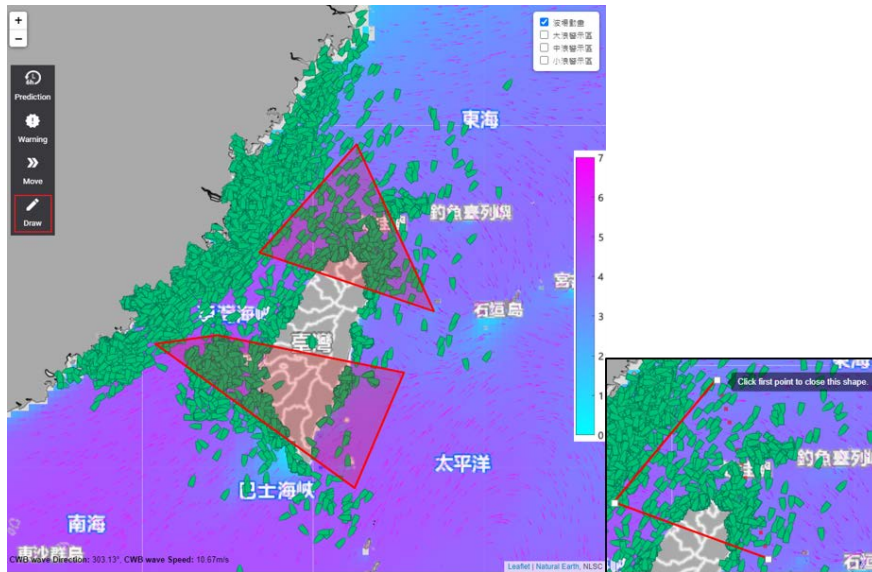


圖4.8 劃定告警區域的功能

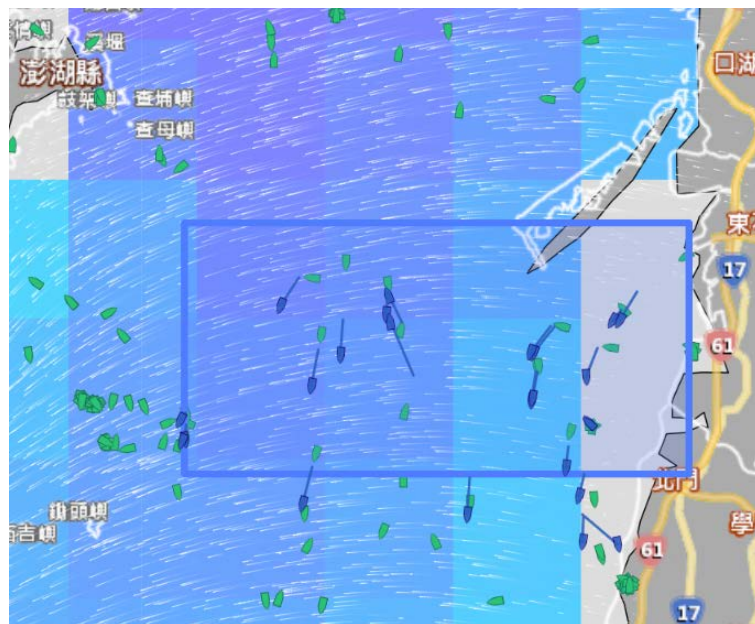


圖4.9 介面於布袋港之展示成果

在長期且高頻率的 AIS 資料接收情境下，航行安全整合系統首先必須建立穩健的資料平台與容量治理策略，才能支撐後續 AI 分析與預警服務的長期運作。面對每月近 5 億筆、約 130 GB 等級的資料量，建議以「分層儲存」做為資料生命週期管理的核心：即時資料庫（hot）僅保留 15 - 60 分鐘資料供儀表板與告警推算；近線資料庫（warm

) 保留 7-30 天用於事件回放、調參與值勤查證；歷史資料庫 (cold) 以壓縮與分片方式長期保存，提供模型再訓練、研究分析與稽核需求。為避免未來容量不足而被迫遷移資料庫，MongoDB 的分片 (sharding) 鍵設計應由「實際查詢型態」主導，特別是 AIS 常見查詢多為「時間窗+空間範圍+船舶識別」，因此一可採時間桶 (例如日/小時) 結合空間格網 (如 geohash 或網格 ID) 或時間桶結合 MMSI 的複合策略，讓多數查詢能有效路由至少量分片，同時降低單一分片熱點。另一方面，空間索引與時間索引需各司其職：2dsphere 支撐地理範圍檢索與地理運算，Record Time 與時間桶欄位則用於縮小掃描區間，避免跨月跨日查詢造成不必要的 I/O 負擔。更重要的是，建議將資料品質 (DQ) 視為與資料同等重要的資產：跳點率、缺測率、延遲分布、COG/SOG 異常率等指標應制度化入庫並提供統計表，後續才能用於模型信心度估計、告警分級與誤報追查，進一步提升整體系統可信度與可維運性。

在航跡資料庫與特徵工程方面，建議將現有的「任務航跡切分」與「MultiPoint+空間索引」再向前推進一步，形成可重用、可稽核的標準航跡物件 (trajectory object) 與事件語彙 (taxonomy)。每段航跡除了點列外，宜附加摘要特徵 (平均速、加速度分布、轉向率、停留比例、距航道邊界統計) 與環境摘要 (風浪流能見度)，以及資料品質摘要 (延遲、缺測、跳點)，使其成為後續模型訓練、回放驗證與稽核查詢的統一資料產品。針對監督資料不足的問題，建議以「近失事件 (near miss)」與「衝突事件 (conflict)」為核心標註單元：先以規則 (如 CPA/TCPA、壅塞度、限制區侵入、異常行為分數) 產生候選事件，再透過值班回饋或歷史回放確認，逐步累積可擴增的監督資料集。此策略通常比僅仰賴事故樣本更能建立預警提前量，亦更符合港區與狹水道的高密度交通治理需求。

在 AI 模型精進方面，現有以 LSTM 為核心的路徑預測可做為穩健起點，但若要更貼近航行安全決策需求，模型輸出應由「單一步預測」擴展為「多時間窗預測」並同時具備不確定性描述。由於遞推式

多步預測易累積誤差，建議改採直接多步（direct multi-horizon）策略，使模型一次輸出  $t+1$  至  $t+k$ （例如 1/3/5/10 分鐘）的預測結果，並以不同 horizon 加權損失進行訓練，可顯著提升中長時間窗的穩定性，亦更利於預警分級。另一方面，航行風險往往由船群互動生成，建議在模型特徵或架構上納入「鄰近船舶互動資訊」，例如，最近  $N$  艘船的相對運動向量、會遇型態分類與局部壅塞指標，將單船序列提升為情境化交通態勢建模；此做法不必一開始就導入完整圖模型，也可先以聚合特徵落地，再逐步升級。就工程穩健性而言，除輸出預測位置外，建議增設信心區間或誤差半徑（uncertainty）做為告警分級依據，並與資料品質指標聯動；同時在速度與航向的衍生策略上，除目前採用的「SOG 平均+相鄰點推 COG」外，可加入船型化的速度/加速度上限約束與平滑機制，降低長 horizon 推算時的速度異常與誤差放大效應。

預警機制與聯防流程的精進，建議以「告警事件化」做為主軸，將模型輸出從分數提示提升為可執行、可協作、可稽核的作業單元。每一則中高等級告警應具備標準化「證據包」：關聯船舶、時間窗、風險類型（碰撞、擱淺、侵入限制區、疑似漂航等）、主要證據（會遇型態、CPA/TCPA 趨勢、壅塞度、距航道邊界裕度、環境惡化因子）、建議動作（減速、改向、提前通聯、請求 VTS 協調）以及信心度與資料品質狀態。為降低告警疲乏，必須實作告警去重與抑制（anti-spam）策略：同一事件在時間窗內不反覆彈出，而以事件卡更新；只有風險顯著升級才升級通知。若系統同時整合海氣象警示，建議把環境惡化納入「門檻自適應」：在低能見度、強風流或大浪條件下動態調整風險權重與觸發門檻，並在介面中清楚標示門檻調整原因，使值勤人員能理解告警變化與環境因素的關聯。

在驗證、試運轉與維運治理方面，建議將「離線回放—影子模式—受控上線」三階段驗證正式制度化，並採模型層與作業層雙軌 KPI。模型層可評估位置誤差、風險預測準確度、校準度與不確定性；作業層則應聚焦提前量、採納率、誤報成本（通聯負荷、工作量）、處置

成效與系統延遲/可用率。為確保系統可長期運行，必須建立 MLOps 與版本治理：模型版本、特徵版本、資料版本與閾值設定需可追溯；線上監控需能偵測資料漂移與告警率異常，一旦超標可自動降級或回滾至穩定版本。此一「可回滾、可稽核」設計，是安全關鍵系統獲得信任並逐步擴大部署的前提。

最後，在整合介面與可視化監控儀表板方面，建議以「三層視圖+事件主線」落實人機協作，將 AI 能力轉化為值勤可用的操作平台。第一層為態勢總覽，快速呈現風險熱點、告警數量與環境概況；第二層為地理互動視圖，支援目標排序、衝突簇群與限制區侵入等空間態勢操作；第三層為事件工作區，承載證據包、通聯紀錄、處置結果與結案/標註回饋，並以時間軸串接事件生成與處置歷程，支援交接班與事後回溯。介面設計的核心不在於呈現更多圖層，而在於把模型輸出翻譯成作業語言，例如「目前最需要協調的前五個事件」「建議通聯對象與優先序」「預估衝突發生時間窗與可處置窗口」，使值勤人員在高壓環境下能更快做出正確行動，並形成可持續學習的回饋閉環。

系統精進的最佳推進順序，建議先從「告警事件化+證據包+去重抑制」與「DQ 指標入庫+信心度聯動」著手，能在不大幅改動架構下立即降低誤報干擾並提升採納率；其次導入直接多步預測與互動特徵以提升預警時間窗與情境化能力；再逐步完成分片鍵/分層儲存與三階段試運轉制度化，最終即可形成可擴充、可稽核且可長期維運的 AI 航行安全整合系統。



## 第五章 結論與建議

本計畫針對智慧港口的海氣象觀測應用，探討特高頻資料交換系統（VDES）的發展現況，臺灣周圍海域的船舶資料蒐集與交通流分析，以及港口海氣象特性與海事事故，並利用航港局海事資料庫或新聞報導資料，針對海事事故，於海氣象資料庫，自動匯出事故發生時，最近港口之海氣象觀測值，以強化我國港口服務及船舶監控預警之技術發展，期能達成運輸科技深入智慧化航運的目標，並將相關成果提供航港局、港務公司做為海上交通管理及港區營運管理應用。

### 5.1 結論

特高頻資料交換系統（VDES）的發展是為了解決傳統船舶自動識別系統（AIS）日益嚴重的頻寬擁擠與訊息更新延遲問題。AIS 雖然在避碰中扮演關鍵角色，但受限於頻譜資源與公開數據的安全性，難以滿足現代海事數位化的多樣化需求，現行 AIS 雖已成為全球航行安全與船舶監控的重要基礎設施，但在高密度水域與港區情境下，受到 VHF 頻譜資源有限與多船同時播發造成的訊務壅塞影響，容易出現封包碰撞、遺失與延遲等問題；同時 AIS 公開廣播特性亦使干擾、偽造與竄改等風險更為顯著，因而逐漸難以支撐更高頻寬、更高可靠度與更高可信度的海事數位服務需求。基於上述限制，VDES 技術定位可視為 AIS 的演進與擴展，其核心價值在於提供更高容量與雙向資料交換能力，並透過地面鏈路（VDE-TER）與衛星鏈路（VDE-SAT）的整合，形成「近岸高可用、遠洋可延伸」的通訊型態，進一步支撐 e-Navigation 與海事數位化轉型所需的多樣化服務與資料物件傳輸。

在標準化與制度化面向，ITU 對海事 VHF 頻段之調整與 VDES 通道配置逐步明確，並結合 ITU-R 與 IALA 等技術建議與規範發展，顯示 VDES 已由概念驗證走向可部署、可互通與可治理的階段。換言之，後續推動的核心不再僅是設備建置與鏈路可通，而是必須同步處理跨系統互通、服務治理、資安與營運維護等議題，使 VDES 能在

實際海事作業場景中穩定提供可用服務。VDES 透過 VPFI 對訊息格式與應用進行識別，可相容既有 ASM 與封裝 AIS，並保留區域/業者擴充空間以承載更多海事服務資料物件；同時其鏈路層具備自主、指配與輪詢等操作模式，以及多種多重存取與時槽配置機制，使系統可在壅塞環境下進行資源調度與服務分級，符合航安關鍵訊息優先、一般服務次之的海事通訊特性。更重要的是，後續 MCP(MIR/MSR/MMS) 視為 VDES 從「通訊鏈路」升級為「可信海事服務平台」的關鍵拼圖，透過身分管理、服務登錄與訊息投遞機制，支援跨通道（地面/衛星/IP）之可靠傳輸與治理，並為加密、認證、授權與稽核提供制度化基礎。

IMO 海事服務方向顯示 VDES 的使用情境已由傳統船位回報擴展至航行安全資訊播發（eMSI）、航線/航行計畫交換、VTS 協調、SAR 任務派遣與現場協同、定位備援（如 R-Mode）以及海域監測與管制等高價值場景，具備明顯公共利益與政策推動性。最後，本計畫所描述之實海測試架構與測試成果（含船岸雙向通聯、封包解析、指定/廣播傳輸與資料封裝傳遞等）亦顯示 VDES 在真實運作條件下具備可行性與穩定性，足以做為後續擴大導入與制度化驗證的技術實證基礎。國際海事組織（IMO）已正式將 VDES 納入《國際海上人命安全公約》（SOLAS）之配備要求，並定於 2028 年 1 月 1 日起強制實施，標誌著海事通訊正式進入大容量數據交換時代。

本計畫透過實務佈署，已於 114 年 8 月 29 日利用「航港 1 號」公務船完成實海域測試，成功驗證了彰化風場航道與王功燈塔岸站間的雙向數據收發與解析效能。測試結果顯示，VDES 系統能有效支援環境感測數據、定向指令發送及 AIS 訊息之整合呈現，並能透過 VPFI（協定格式識別碼）彈性處理多樣化數據格式，證實該技術在支援 e-Navigation（電子航海）與海事服務現代化方面具備高度可行性與穩定度。

自 108 年 6 月起，透過 VPN 介接航港局 AIS 資訊並彙整至 AIS 船舶動態資料庫，除支援臺灣周圍海域外，亦涵蓋基隆港、臺中

港、高雄港、花蓮港、臺北港、蘇澳港與安平港等主要港口之船舶資料，並依研究與系統需求區分 RAW DATA、即時資訊與 AIS 全資料等資料型態，以兼顧即時展示與長期軌跡分析之目的。針對 AIS 點位資料在交通流分析與圖面呈現之侷限，提出「資料格式轉換+GIS 分析」之改善策略。研究透過自行開發程式將單一時間點之 AIS 座標點資料進行彙整，轉換為符合地理資訊系統空間資料格式之標準結構，再以開源 GIS 軟體 QGIS 搭配 Python 腳本擴充分析程序，建立可設定時間區間、網格大小、輸出範圍與色階樣式之航跡密度分布圖產製方法。結果顯示，透過網格尺度與色階/顯示門檻（如透明度 alpha 與網格統計量顯示條件）之調整，可在「臺灣海域大範圍」與「港區小範圍」兩種尺度間取得較佳可視化效果，並提升交通流密集區辨識之清晰度與可解釋性。。

建置「船舶監控預警系統」之海氣象資訊整合模組，將航港局即時動態 AIS 船舶資料與本所長期建置之海氣象觀測資料庫加以結合，並依船舶當下位置自動搜尋最近海氣象觀測站，提供風速、波浪、潮位與海流等即時觀測值；同時串接「臺灣近岸海象預報系統（TaiCOMs）」之對應預報資訊，使得以在同一介面同時掌握「現場觀測」與「預報」兩類資訊，提升航行安全監控與決策支援之即用性。亦導入中央氣象署公開之氣象雲圖、雷達整合回波圖與颱風資訊等多源氣象情資，強化海氣象條件之即時判讀與災害情境下之風險掌握能力，並可支援事故發生時之海氣象條件自動化彙整與回溯分析。

傳統航行安全管理多仰賴 AIS、雷達/ARPA、ECDIS、VHF 通聯與岸端 VTS 的協同，但在航運量與港區作業密度提升下，現行以「顯示—人工判讀—事後通報」為主的作業模式逐漸面臨資訊量過載、風險高度情境依賴，以及門檻式告警易造成誤報與告警疲乏等問題。AI 的關鍵價值在於將多源資料（船舶動態、感測、海氣象水文、航道與限制區圖資及港內作業資料等）進行融合，轉換為可行動的風險資訊，支援即時異常偵測、短期風險預測、風險熱點辨識及決策支援建議，進而提升船岸兩端之風險感知與處置效率。

AI 航行安全系統的落地不僅取決於模型效能，更關鍵在於資料治理與系統工程能力。包含即時資料匯流、事件時間與處理時間區分、資料血緣與版本控管、特徵庫與模型服務化（MLOps）、以及資安與稽核機制等，皆為安全關鍵系統長期可維運與可追溯的必要條件。整體而言，AI 導入應定位為「端到端風險治理工程」，以可解釋、可採行、可稽核的方式將模型輸出嵌入作業流程，並透過驗證與試運轉機制逐步建立現場信任。

智慧航安是現代海運業務中的重要方向，而海氣象資訊的應用則在這個過程中扮演著關鍵的角色。特高頻資料交換系統的引入為船舶通信帶來了劇變，提升了整體的航行安全和效率。同時，對臺灣周圍海域的船舶資料蒐集與交通流分析，以及港口海氣象特性的深入探討，為智慧港口的實現提供了堅實的基礎。這不僅對於臺灣的海運業務具有實質的意義，也在國際航運領域中具有重要的參考價值。期待未來藉由技術不斷精進，進一步推動智慧航安的發展，為全球海上運輸帶來更安全、高效的未來。

## 5.2 建議

後續推動 VDES 之策略宜採取「分期導入、以服務帶動、以治理確保互通與資安」的整體思維。首先，建議以我國海域特性與高密度航道/港區需求為依據，建立分期導入路線圖，並以量化指標做為推動與擴點的共同語言，使成果具備可驗證、可比較與可複製性。此一量化架構應涵蓋覆蓋率、封包成功率、端到端延遲、壅塞情境下服務可用率、服務優先權達成率，以及資安事件偵測與復原時間等指標，以避免導入僅停留在「設備裝設」層次，而缺乏「服務品質」與「治理能力」的實證。

建議在資源有限的初期階段，優先以高公共價值且可快速展現成效的服務做為導入主軸，特別是 VTS 航線交換與交通組織協調、eMSI 與海氣象/水文即時播發，以及 SAR 任務訊息與現場協同通訊等三類情境。透過「先服務、後擴站」的策略，可在短期內建立使用者端（

航商、船舶、VTS 與救援單位) 的採用動機與作業依賴度，並以實際運作回饋反饋系統設計，降低一次性大規模建置後才發現落差的風險。再者，建議同步以 MCP 做為可信治理核心，建立 MIR/MSR/MMS 的制度化規範與國家級治理機制，包含身分與憑證之發放/撤銷、服務登錄與版本管理、訊息投遞與跨通道轉送策略、稽核與日誌留存等要求，並對區域自訂之 VPMI 擴充建立登錄與審查流程，確保未來擴展不致形成碎片化協定與互通困難。同時，應將資安與韌性納入設計前提，對關鍵安全服務採端到端認證與加密，並於岸站與資料中心建立干擾、重放、偽造與異常負載等異常訊務偵測與事件回應流程；對於災害情境下岸站受損或通訊品質下降的狀況，亦宜預先規劃以 VDE-SAT 做為韌性備援通道的作業模式，並透過演練與稽核使其常態化。以資料治理與標準資料物件導入，確保 VDES 能成為多源資料融合與決策支援的入口。具體而言，應同步建立與既有 AIS、VTS、港務、海氣象等系統之資料對應、時間同步與品質標記 (QA/QC) 機制，並優先推動能直接對船端作業產生價值、可於 ECDIS/海圖介面直覺呈現之服務內容 (例如，航行警告、虛擬航標、風浪流資訊等)，以提高實務可用性並支撐後續智慧航安與決策支援應用。

為提升我國船舶監控與預警效能，建議後續推動可由「觀測量能、資料治理、風險指標、系統服務化」四個面向同步精進。首先，在觀測量能方面，建議針對我國海域風浪變化快速、季節性濃霧 (約 2-4 月) 與颱風威脅 (約 7-9 月) 等高風險情境，評估沿海與離島觀測站之布設密度與代表性，優先補強航道瓶頸、港區進出港航道與高風險作業海域之觀測缺口；同時建立觀測資料品質管理 (校正、缺值處理、異常偵測) 機制，以確保即時展示與後端統計分析之可信度。在預警與決策支援功能深化方面，建議由「資料展示」進一步發展為「風險指標化」與「門檻事件觸發」。可依各港區作業特性建立風、浪、流、潮與能見度等指標之分級門檻 (例如靠離泊風浪限制、拖帶作業風速門檻、颱風警戒半徑等)，並結合船舶類型、吃水、航速與航向等 AIS 動態資訊，形成可自動計算之航安風險指標，進而提供

預警提示、趨勢判讀與情境式建議，強化港務與航管單位在惡劣天候下之作業管制與應變效率。

使 AI 航行安全整合系統具備實務落地與擴大部署之可行性，建議可建立多源資料融合與資料治理架構，落實資料品質指標、時間同步、血緣追溯與版本控管，並以特徵庫方式形成可重用之風險資料產品，以降低模型開發與維運成本，完善預警機制的人機協作設計，將告警由單純門檻提示提升為情境化分級告警，並提供證據鏈與可執行建議，同時納入告警去重與抑制策略，以降低告警疲乏並提升採納率及制度化驗證評估與試運轉流程，採離線回放、影子模式與受控上線三階段推進，並以「提前量、採納率、誤報成本、系統延遲與可用率」等作業指標與模型指標並行，形成可稽核之上線證據。

### 5.3 成果效益與應用情形

1. 在通訊與服務落地方面，VDES 之高容量與雙向資料交換能力，以及地面/衛星延伸的架構，提供未來將「航安服務訊息（如 eMSI、航線/警示資訊）」更可靠地傳遞至船端的通道選項；搭配 MCP（身分/服務/訊息治理）概念，可支撐後續可信服務治理與長期擴充，降低系統碎片化與互通困難。
2. 整合 AIS 船舶動態、海氣象觀測/預報與 AI 風險分析方法，形成「資料融合—態勢可視化—主動預警—決策支援」的雛形能力。相較傳統以人工判讀為主之監看作業，本計畫研究成果可將多源資料轉換為可行動的風險資訊，提升高交通量與情境快速變動下的風險辨識效率與處置提前量，並降低門檻式告警常見之誤報與告警疲乏風險。
3. 完成船舶事故之海氣象資料自動產生模組，提供航港局做為海上交通管理之參據。

## 參考文獻

1. International Telecommunication Union (ITU). (2020). Radio Regulations, Appendix 18: Table of transmitting frequencies in the VHF maritime mobile band. Geneva: ITU.
2. International Telecommunication Union (ITU). (2019). Recommendation ITU-R M.493-15: Digital selective-calling system for use in the maritime mobile service. Geneva: ITU.
3. International Telecommunication Union (ITU). (2012). Recommendation ITU-R M.1842-1: Characteristics of VHF radio systems and equipment for the exchange of data and electronic mail in the maritime mobile service RR Appendix 18 channels. Geneva: ITU.
4. International Telecommunication Union (ITU). (2021). Recommendation ITU-R M.2092-1: Technical characteristics for a VHF data exchange system in the VHF maritime mobile band. Geneva: ITU.
5. International Telecommunication Union (ITU). (2014). Recommendation ITU-R M.1371-5: Technical characteristics for an automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile frequency band. Geneva: ITU.
6. IALA Guideline ,G1117 VHF Data Exchange System (VDES) Overview. Edition 3.0, IALA,December 2022
7. International Telecommunication Union, 2014, ITU-R M.2317-0 VHF Data Exchange System channel sounding campaign.
8. International Telecommunication Union, 2015, ITU-R M.2317-0 Selection of the channel plan for a VHF Data Exchange System.
9. Bradbury, L. M., Diaconu, D., Laurin, S. M., Beattie, A. M., Ma, C., Spydevold, I. S., Haugli, H. C., Zee, R. E., Harr, J., Udnæs, F. , NorSat-2: Enabling advanced maritime communication with VDES. Acta Astronautica, 156, 2019,44-50.
10. Chen, P., Mou, J., van Gelder, P. H. A. J. M., Risk assessment methods for ship collision in estuarine waters using AIS and historical accident data. Maritime Transportation and Harvesting of Sea Resources , 2017.
11. Fujji, Y, H. Yamanouchi and N. Mizuki, Some Factors Affecting the Frequency of Accidents in Marine Traffic. II- The Probability of Stranding and III- The Effect of Darkness on the Probability of Collision and Stranding, J. of Navigation, 1974 ,Vol. 27, No. 2, pp. 239-247.

12. IMO MSC.202 (81), Adoption of Amendments to the International Convention for the Safety Of Life At Sea, 1974, as Amended, 2006.
13. IMO MSC.211 (81), Arrangements for the Timely Establishment of the Long-Range Identification and Tracking System, 2006.
14. IMO Resolution MSC.242 (83), Use of the Long-range Identification and Tracking Information for Maritime Safety and Marine Environment Protection Purposes, 2007.
15. IMO MSC.263 (84), Revised Performance Standards and Functional Requirements for the Long-Range Identification and Tracking of ships, 2008.
16. IMO MSC.264 (84), Establishment of the International LRIT Data Exchange on an Interim Basis, 2008.
17. IMO Resolution MSC.276 (85), Operation of the International LRIT Data Exchange on an Interim Basis, 2008.
18. IMO MSC.1/Circ.1259, Interim Revised Technical Specifications for the LRIT System, 2008.
19. IMO MSC.1/Circ.1294, Long-Range Identification and Tracking System Technical Documentation (Part II) , 2008.
20. IMO MSC.1/Circ.1299, Transitional Arrangements and Measures for Accelerating the Completion of the Establishment of the LRIT System, 2008.
21. IMO MSC.1/Circ.1307, Guidance on the Survey and Certification of Compliance of Ships with the Requirement to Transmit LRIT Information, 2009.
22. ITU, Recommendation ITU-R M.2092-0, Technical characteristics for a VHF data exchange system in the VHF maritime mobile band, 2015.
23. ITU, World Radio communication Conference 2019 (WRC-19) Final Acts, 2020.
24. Maritime Safety Committee, “International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS),” International Maritime Organization, 1974.
25. C. Andreasen, The IHO Electronic Charting and the changing relationship to ports, 1994, International Hydrographic Review, vol. LXX1, no. 2, pp. 23-36.
26. International Hydrographic Organization, IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data., 1996, IHO Special Publication, vol. 3, no. 57
27. B. Pillich, Time Varying Objects in ECDIS - Today tomorrow and soon after, 1995, International Hydrographic Review, vol. LXXII, no. 2, pp. 111-120.

28. International Hydrographic Organization, IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data, 2000.
29. Golaya, A. P., Yogeswaran, N., 2020, Maritime communication: From flags to the VHF Data Exchange System (VDES), Journal of the National Maritime Foundation of India, 16, 119-131.
30. R. Raulefs, T. A. Stenbock, A. Dammann, S. Plass, Physical layer design towards VHF Data Exchange (VDE) Link, 2015, OCEANS 2015 - MTS/IEEE Washington, Washington, DC, USA, pp.1-8, doi: 10.23919/OCEANS.2015.7404593.
31. Martin S., Vendela S., Axel H., Henrik H., Christian F., 2019, AIS in maritime research, Journal of Marine Policy, Vol. 106.
32. Shun Liu, Hideki Hagiwara, etc., Radar Network System to Observe and Analyze Tokyo Bay Vessel Traffic, IEEE A&E Systems Magazine, Vol. Nov. 2004, pp. 3-11.
33. Thierry Huet, Taha Osman, Cyril Ray, Modelling traffic navigation network with a multi agent platform, European Simulation Multiconference (ESM2003), pp. 111-117, June 2003, Nottingham, UK, ISBN 3-936150-25-7.
34. 交通部，「我國智慧航安服務建置暨發展計畫(核定本)」，2019年12月。
35. 交通部航港局，智慧航安平臺系統網站 (<https://transport-curation.nat.gov.tw/portAuthority/core.html>)。
36. 交通部運輸研究所，「船舶航行安全大數據資料庫應用與分析」，2019年。
37. 交通部運輸研究所，「臺灣周圍海域及港口之船舶 AIS 應用分析」，2019年。
38. 交通部運輸研究所，「離岸風電區之船舶監控及急難救助」，2018年。
39. 交通部航港局，「彰化風場航道」及其航行指南，110年4月26日核定公告。



附錄一

期末報告簡報



# 智慧航安與海氣象資訊應用探討 ( 4/4 ) -整合船舶智慧航行管理系統

報告人：黃茂信



115 年 1 月 5 日

## 一、研究緣起與目的

1. 依據行政院「數位國家·創新經濟發展方案 DIGI+」的「數位國家、智慧島嶼」總政策綱領，並配合國際海事組織 ( IMO ) 推動的「e-化航行」，透過建立系統性的國際架構，使科技發展得以協調應用於提升海上安全。
2. 臺灣位於船舶來往航運的交通樞紐，船舶海上航行安全為重要課題。離岸風電陸續建置，未來航道限縮及增加船舶交通量，可能增加船舶航行風險，有必要強化海域船舶交通管理資訊，以提供海上或港區營運管理之參據。



## 二、研究範圍與應用單位

1. 運用**資訊整合**等研究方法進行蒐集船舶動態資料，分析與統計**臺灣海域的船舶交通流量與航線軌跡**的呈現，針對各類船舶往(來)及返(回)的交通流統計量與航跡密度分佈，探討區域性的交通流量分布情況。
2. 經由交通流統計量呈現，預測臺灣海域何處可能為**交通流量及密度最高之區域**，依此進行分散航線的評估參考，**減少海上航行碰撞事故發生可能的機率**，可提供航港局做為海上船舶監控之參據。



3

## 二、研究範圍與應用單位

3. 港口作為貨物進出的關鍵據點，其所處的海域環境直接影響船舶進出港口的安全性。海氣象特性包括風力、浪高、潮汐等因素，這些因素的變化對船舶操作具有直接的影響，臺灣周邊海域常受到西太平洋颱風的影響，風速和浪高在颱風季節可能劇烈增加。
4. 利用本所船舶自動識別系統與海氣象觀測、模擬資料庫，開發整合即時展示模組，以強化我國港口服務及船舶監控之技術發展，期能達成運輸科技深入智慧化航運的目標



4

## 二、研究範圍與應用單位

5. 針對特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況、國際標準制定情況以及在船舶通訊、海事通訊、航行安全等方面的應用進行探討，提供船舶航行軌跡與海氣象狀況，做為船舶航行安全與港埠管理應用之參考。
6. 成果可提供交通部、航港局及港務公司推動相關航道及港埠船舶管理政策使用，並可做為本所VDES相關研究後續探討與運用。



## 三、進度甘梯圖

工作項目	114年												
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
1. 工作計畫書研擬/修訂	█												
2. 特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況			█										
3. 精進海氣象資訊於船舶監控預警系統								█					
4. 探討AI技術於船舶航行安全整合系統				█									
5. 召開專家學者座談會				※									
6. 辦理工作會議						※		※		※			
7. 撰寫期末報告初稿										█			
8. 辦理期末報告審查												█	
9. 報告書修訂/簽陳印製												█	
預定進度累計百分比	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
➤ 預定查核點	1. 114.4.30前召開專家學者座談會 2. 114.6.30、8.31、10.31前辦理工作會議 3. 114.11.30前完成期末報告初稿 4. 114.12.15前完成期末報告審查 5. 114.12.31前完成報告書修訂/簽陳印製 6. 115.2.28前完成報告書出版												



## 四、參與人員

類別	姓名/職稱	主要工作內容
計畫主管	蔡立宏/主任 柯正龍/副主任 李俊穎/科長	監督計畫執行
計畫主持人	黃茂信/副研究員	資料蒐集、架構研擬 全文撰寫
研究人員	曹勝傑/副研究員 鄭信鴻/副研究員	協助海氣象資訊、船舶資料蒐集
	陳子健/研究助理	資料蒐集及模組開發

7

## 四、研究項目與內容

- ◆ 第一章 緒論
- ◆ 第二章 特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況
- ◆ 第三章 精進海氣象資訊於船舶監控預警系統
- ◆ 第四章 探討AI技術於船舶航行安全整合系統
- ◆ 第五章 結論與建議

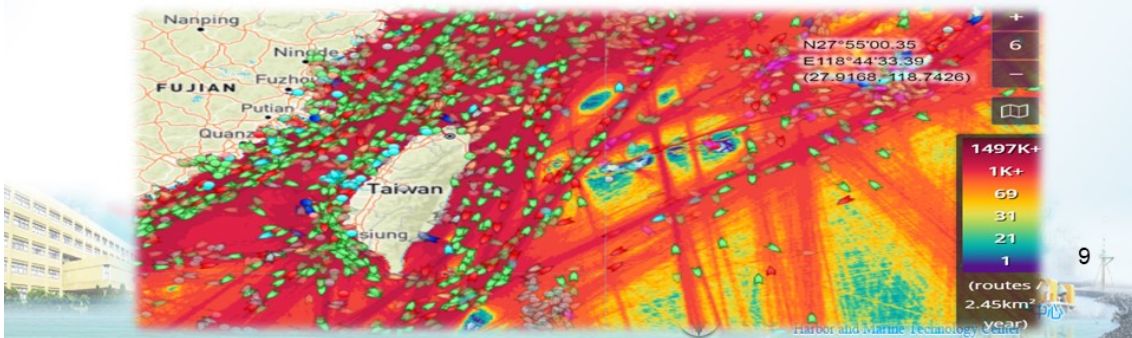
8

## 四、研究項目與內容

### ◆ AIS面臨問題與限制

- 1.當AIS負載超過50%，訊息阻塞、遺漏。
- 2.AIS 接收距離僅約20-30海浬。
- 3.無法加密通訊，可任意接收與使用。
- 4.通訊數據干擾。
- 5.漁具漁網大量使用及濫用。

航安  
問題



## 四、研究項目與內容

### ◆ 特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況

1. 國際電信聯盟 (ITU)制定技術標準並修訂 VHF 海洋頻段，以指定數據傳輸通道，利用 VDES 解決既有 AIS 問題以及對電子導航和全球海上遇險衛星系統 (GMDSS) 現代化的基礎數位溝通之確定需求。
2. VDES將包括船舶自動識別系統 (AIS)、特定應用信息 (ASM) 與甚高頻數據交換系統所傳輸的數據，其中157.1875-157.3375 MHz和 161.7875-161.9375 MHz頻段。



## 四、研究項目與內容

### ◆ 船舶特高頻資料交換 (VDES)



#### 運營效率

- 自動化和數字化
- 節省和簡化



#### 標準化

- ITU 建議 (ITU-R M.2092)
- 成為 IMO 要求 (SOLAS IV+V)



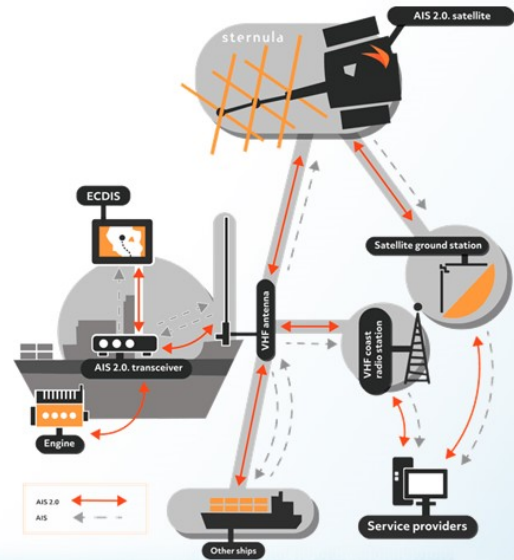
#### 提高海上安全性

- 更好的安全和保護解決方案
- 啟用電子導航服務
- 更好的態勢感知



#### 隨處可用

- 負擔得起的船舶設備
- 通過衛星覆蓋全球
- 極其簡單和堅固



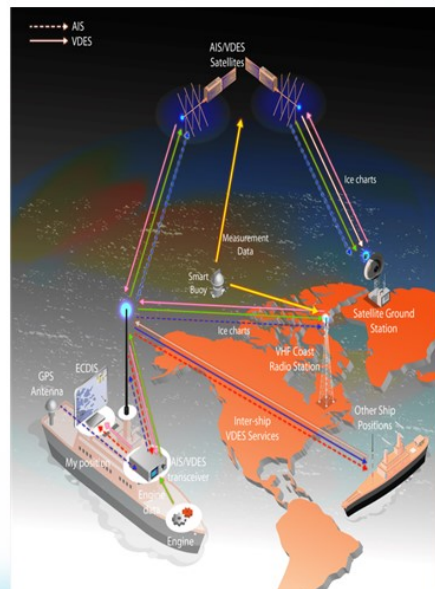
11



## 四、研究項目與內容

### ◆ 船舶特高頻資料交換 (VDES)

- AIS 的覆蓋範圍有限，只有 30 海裡，而且也僅限於傳輸某些類型的數據。
- VDES 將通過衛星網絡實現全球連接以及更多數據類型的高效傳輸。
- 協同子系統：  
**VDE-TER**：地面子系統  
 (船對船和岸對船)  
**VDE-SAT**：衛星子系統  
 (衛星到船舶)

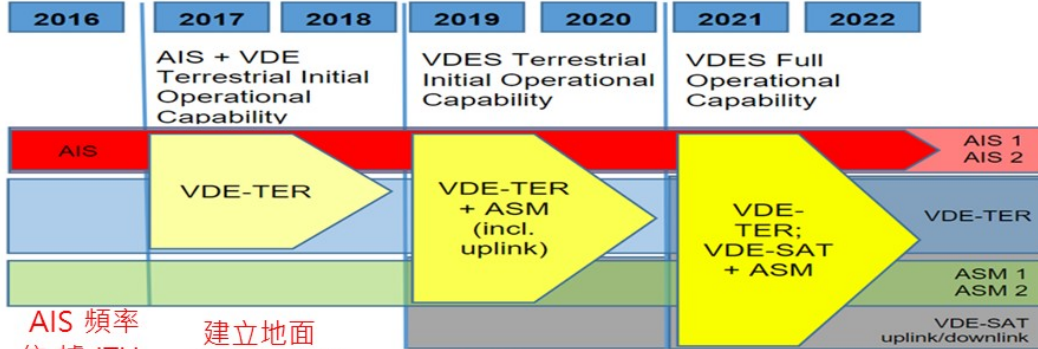


12



# 四、研究項目與內容

## VDES國際通用頻譜



AIS 頻率依據 ITU 決議，沿海電台使用特定應用消息 (ASM) 和 VDE 頻率用於語音 VHF。

建立地面 VDE，達到 AIS+地面 VDE 的初始運行能力。

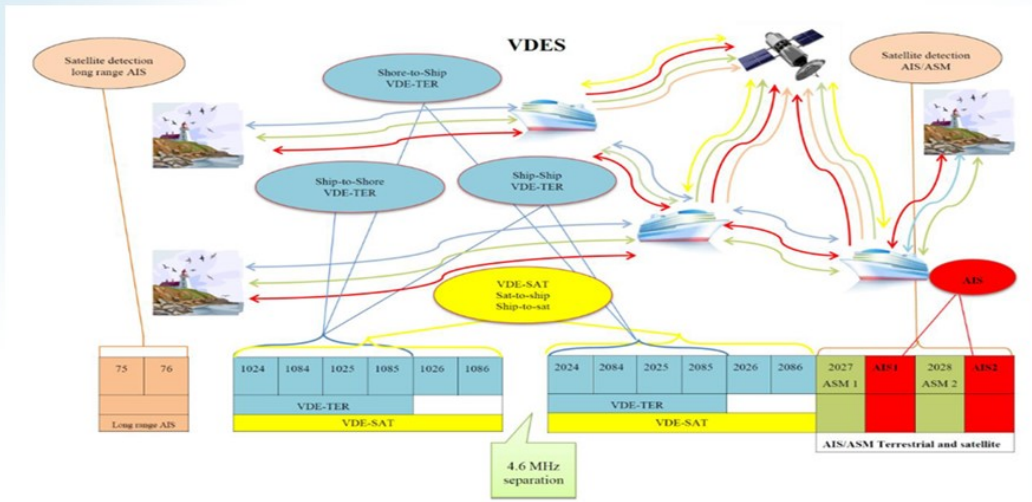
建立地 VDE+ASM，達到 VDES 的地面初始運行能力。

開發衛星服務，包括衛星組件在內 VDES 的完整運行能力，完成地面 VDE、衛星 VDE+ASM，達到 VDES 的全面運行能力。



# 四、研究項目與內容

## VDES功能和頻率-完整系統架構



頻道分配，對於地面VDE部分，為下行和上行通訊鏈路分配了100 kHz頻譜，並為ASM的地面和衛星分配了兩個25 kHz頻道。



## 四、研究項目與內容

為了使用 VDE 地面或衛星消息，並能夠識別內容，使用 16 位協議格式標識符 (VPFI) 來標識內容格式，可通過一個 VDES 站使用來自同一站的多種格式源站ID，允許船舶直接與其他船舶交換不同格式和編碼的內容，清晰由 VPFI 識別，和允許傳輸現有的 ASM 格式和編碼。

VPFI	協議格式類別	使用內容
00	密碼訊文	公鑰證書和證書撤銷列表的分發
01	VDES 管理訊文	訊文內容詢問、SAT軌道數據等
02	VDES 應用特定訊文	ASM 通道、VDE-TER 和 VDE-SAT 優化特定於應用程序的訊文。符合 UTF-8等國際字符編碼的短文，包括經過身份驗證或加密內文。
03	封裝的 AIS 訊文	傳統 AIS 訊文

15

## 四、研究項目與內容

VPFI	協議格式類別	使用內容
04	MCP訊文	海上互聯互通平台相關訊文
05	S-100系列數據對象信息	S-100 / S-200 / S-300 / S-400 數據對象
06	全球導航衛星系統 (GNSS)強化	更正數據和完整性信息
07 ~ 1023	由 IALA 保留用於未來的國際標準化協議格式	
1024 ~ 65535	用於其他操作協議格式	設備製造商制訂遠程監控船舶設備的協議

16

## 四、研究項目與內容

### VDES數據傳輸介質

海事身份登記 ( Maritime Identity Register (MIR)	海事服務登記 ( Maritime Service Registry (MSR)	海事信息服務 ( Maritime Messaging Service (MMS)
---	--	---



17

## 四、研究項目與內容

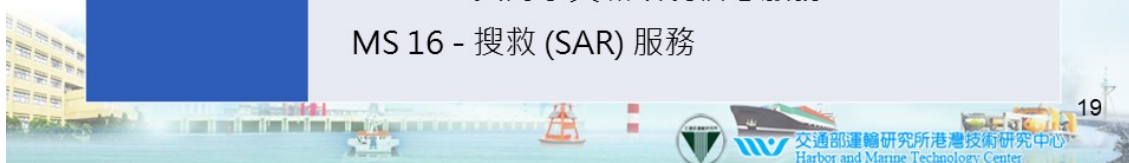
VDES的潛在用途	電子導航基礎訊文對照
特區通訊	MS 9 - 遠程醫療海事援助服務 (TMAS) MS 16 - 搜救 (SAR) 服務
海上安全信息	MS 5 - 海上安全信息 (MSI) 服務 MS 13 - 冰上航行服務 MS 14 - 氣象信息服務 MS 15 - 實時水文和環境信息服務
船舶報告	MS 8 - 船舶岸上報告 MS 15 - 實時水文和環境信息服務
圖表和出版物	MS 11 - 海圖服務 MS 12 - 航海出版物服務 MS 15 - 實時水文和環境信息服務
後勤	MS 17 - AtoN 服務 (包括 PNT 和星基增強系統) MS 7 - 拖船服務



18

## 四、研究項目與內容

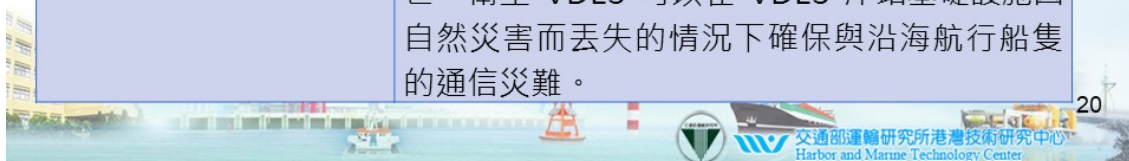
VDES的潛在用途	電子導航基礎訊文對照
船舶交通服務	MS 1 - VTS 信息服務 (INS) MS 2 - 導航輔助服務 (NAS) MS 3 - 交通組織服務 (TOS) MS 4 - 本地港口服務 (LPS) MS 6 - 引航服務 MS 7 - 拖船服務
訊息交換	MS 1 ~ MS 8 - 船舶岸上報告 MS 10 ~ MS 14 - 氣象信息服務 MS 15 - 實時水文和環境信息服務 MS 16 - 搜救 (SAR) 服務



19

## 四、研究項目與內容

VDES 的潛在用途	應用 VDES 的新服務
GNSS 丟失 (PNT)	R-Mode提供備用定位、導航和定時(PNT)
訊息轉發	消息轉發以防止隱藏或冗餘
航標	向 AtoN 添加 VDES 功能 (包括 ASM 通道上的 ASM)
船舶監控系統VMS	添加 VMS 於VDES作為捕魚區執法的工具，用於商業捕魚中使用的系統，以允許環境和漁業監管組織跟踪和監控漁船的活動。
自主避碰操作	MASS 自主航行安全的船對船信息交換
海域警戒MDA	MDA 是對與海洋領域相關的任何可能影響安全、安全、經濟或海洋環境的事物的有效理解
災難響應	海嘯等自然災害會造成巨大的破壞或人員傷亡，衛星 VDES 可以在 VDES 岸站基礎設施因自然災害而丟失的情況下確保與沿海航行船隻的通信災難。



20

## 四、研究項目與內容

- VDES 標準在IMO/NCSR 2025第12次會議 (2025/5/13~2025/5/22)後, 已將修正版整合融入SOLAS標準第V章。
- 此修正版將在本月IMO/MSC第110次會議 (2025/6/18 ~ 2025/6/27)審核通過採用, 將取代AIS成為正式規範, 於2028/1/1正式生效。

<https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Panels/NCSR-12th-session.aspx>



Sub-Committee on Navigation, Communications and Search and Rescue (NCSR), 12th session, 13 – 22 May 2025

[Home](#) > [Media Centre](#) > [MeetingSummaries](#)

Sub-Committee on Navigation, Communications and Search and Rescue (NCSR), 12th session, 13 – 22 May 2025

The Sub-Committee on Navigation, Communications and Search and Rescue (NCSR) held its 12th session at IMO Headquarters in London (in-person with hybrid participation) from 13 to 22 May 2025. The meeting was chaired by Mr. J. Brouwers (Kingdom of the Netherlands), with Mr. C. Cerda Espejo (Chile) as Vice-Chair.

- [Secretary-General's opening remarks / closing remarks](#)
- [Photo gallery](#)



## 四、研究項目與內容

- VDES與MMS技術整合架構分析：

- 系統架構概覽：

MMS由Agent、Edge Router、Router Network組成，透過MMTP與SMMP兩層協定實現安全傳輸。

- VDES角色：

VDES (含VDE-TER與VDE-SAT) 提供MMS於海域的可靠通訊骨幹，使船舶即使離岸亦能維持穩定數據交換。

- 技術細節：

MRN定址為點對點傳輸；

Subject-cast支援主題式廣播；

MMS Edge Router負責本地緩衝與跨節點轉送。

- 訊息認證與加密：

所有訊息須透過MCP MIR憑證驗證，支援端對端非否認性與加密傳輸。



## 四、研究項目與內容

### ● MMS實作挑戰與部署風險評估：

#### ➢ VDES通訊限制：

VDE-SAT僅提供間歇性可視通訊（短則數分鐘，長則數小時間隔）；VDE-TER受限於岸台位置與天氣影響。

#### ➢ 通訊延遲與資料分段問題：

需強化Edge Router之分段組裝與緩衝能力。

#### ➢ 認證與資安風險：

MIR憑證發放與同步更新需自動化；  
提防偽冒設備進行封包轉送或偽裝註冊。



23

## 四、研究項目與內容

### ● VDES與MMS在智慧航行的應用場景解析：

#### ➢ 典型用例分類：

航行員：即時接收航路建議、冰區圖（S-411）、意圖廣播；  
港區單位：靠泊動態通報、天氣警報、交通分流建議；  
船公司/船東：接收鏡像訊息作為公司側監控紀錄；  
SAR單位：搜救行動之多點即時通訊與任務協調。

#### ➢ 應用效益：

減少航安事故；提升港口效率；強化緊急應變能力。

#### ➢ 與e-Navigation整合價值：

可成為S-100導向服務內容傳遞載體；  
協助船舶系統主動查詢MSR上可用服務、並建立主動訂閱機制。



24

## 四、研究項目與內容

- 8月29日 VDES合作計畫實海域訊號實測：



## 四、研究項目與內容

### ◆ VDES國際應用先導測試 (Pilot Project)

#### 1. 應用特定訊息 (ASM) 與 e-Navigation 實踐案例：

- 挪威沿海管理局 (NCA) 的測試計畫內容：

NCA 利用其遍布海岸線的 VDES 地面站台 (VDE-TER)，進行了多項 ASM 測試。

實際應用：

**動態冰況圖 (Ice Charts)：** 破冰船或監測船收集到即時的冰層厚度與分佈，透過 VDES (ASM) 直接發送給附近航行的船舶，船舶的電子海圖 (ECDIS) 能立即顯示高解析度的危險區域。

**航線交換：** 在狹窄水道或 VTS (船舶交通服務中心) 區域，VTS 可透過 VDES 向特定船舶「建議」一條最佳航行路徑，船舶確認後回傳，實現了船岸之間的航行意圖協調。 26



## 四、研究項目與內容

### ◆ VDES國際應用先導測試 (Pilot Project)

**虛擬浮標 (Virtual Buoys)**：當實體浮標損壞或有臨時危險區域（如沉船）時，VTS可透過VDES發送一個「虛擬浮標」的座標與資訊，所有船隻的導航系統上都會顯示這個警示，反應速度遠快於傳統航行通告。

- 韓國的「智慧導航」(SMART-Navigation) 項目內容：韓國海洋水產部 (MOF) 投入鉅資發展的海上安全網路。VDES 是其核心通訊骨幹。

實際應用：

目標是建立一個「海上的LTE」。VDES被用來高速傳輸 e-Navigation 所需的各種安全資訊，包括高精度的船舶碰撞預警、最佳節能航線建議、以及即時的港口作業資訊（如引水員登船時間、泊位變動）。



27

## 四、研究項目與內容

### ◆ VDES國際應用先導測試 (Pilot Project)

2. VDE-SAT (衛星) 的全球覆蓋部署：

- 丹麥 Sternula 公司的商業 VDE-SAT 網路：

為全球海運（特別是 AIS 訊號無法覆蓋的遠洋區域）提供雙向 VDES 數據服務。這意味著航商在遠洋航行時，也能接收到氣象更新、航行警告 (ASM)，並回傳船舶的關鍵感測器數據（如油耗、主機狀況），實現全球的資產監控。

- SpaceNorway 的北極通訊項目：

VDES (VDE-SAT) 是這個項目的關鍵酬載之一。隨著北極航線的開通，利用 VDES 監控該區域的船舶動態、傳送冰況 ASM，對於航行安全和環境監測至關重要。



28

## 四、研究項目與內容

### ◆ VDES國際應用先導測試 (Pilot Project)

#### 3.自主船舶 (MASS) 的通訊支持：

##### ● 挪威 "Yara Birkeland" 號自主貨櫃船：

Yara Birkeland 號本身是一艘自主船舶，但它的安全運行極度依賴岸上遠端操作中心 (ROC) 的監控與介入。傳統 AIS 的頻寬和延遲完全無法滿足遠端駕駛或監控所需的數據量（如感測器數據、攝影機影像摘要）。VDES 被視為未來此類自主船舶的標準通訊配置，用以確保岸上控制中心與船舶之間有足夠穩定和高速的「指揮與控制」鏈路。



## 四、研究項目與內容

- e-Navigation 的目的是加強泊位到泊位導航和相關服務，以保障海上安全和海洋環境保護，透過簡化和統一信息來加強海上安全。
- VDES 應提高海上人命安全、航行安全和效率以及海洋環境保護，加強海上安全和安保。
- 這些目標將通過高效和有效地使用水上無線電通信來實現，並結合作為一種無線電通信設備，通過 AIS、ASM 和 VDE 在船對船、船對岸（包括衛星）之間交換數位數據。



## 四、研究項目與內容

### ◆ AIS船舶資料蒐集與交通流分析



## 四、研究項目與內容

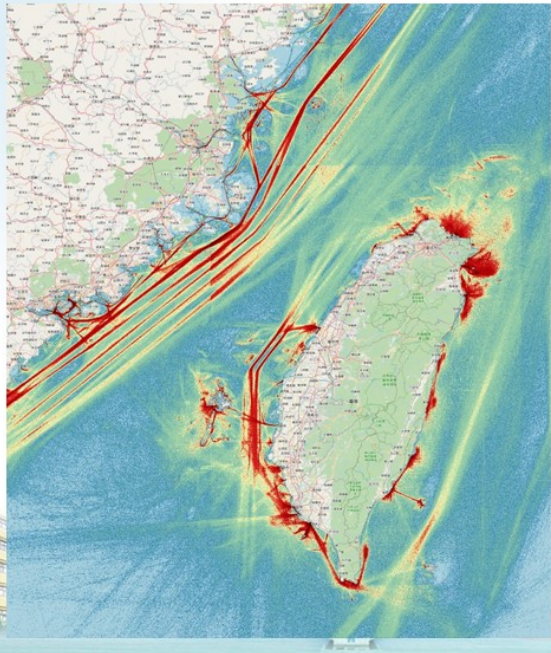
### ◆ AIS船舶資料蒐集與交通流分析

AIS船舶交通流航跡密度分析資料時間區間為114年1月1日至114年10月31日止



## 四、研究項目與內容

### ◆ AIS船舶資料蒐集與交通流分析



**臺灣海峽南北向主要幹線航路：**

1. 距離最短、轉向最少
2. 港口鏈結

**東部外海通過航道：**

1. 國際航線 (如東北亞—東南亞  
日韓—南海/麻六甲等)
2. 避風避浪與深水航段

**主要港口高密度聚集區**



## 四、研究項目與內容

### ◆ 船舶監控預警系統

海氣象及應變即時展示系統 (臺灣港務股份有限公司)



## 四、研究項目與內容

### ◆ 船舶監控預警系統

臺灣周圍海域風、浪形成速度快，在2到4月發生濃霧、7到9月常面臨颱風威脅，這些事故因子都會影響船舶航行安全



## 四、研究項目與內容

### ◆ 整合船舶動態與海氣象資訊即時模組

利用本所船舶自動識別系統、海氣象觀測及模擬資料庫，開發整合即時展示模組，藉由查詢船舶資訊（MMSI、船名等），取得與船舶距離最小的觀測站海氣象資訊（風速、波浪、潮位、海流）之觀測值，及本所臺灣近岸海象預報系統（TaiCOM Model）之預報值。



## 四、研究項目與內容

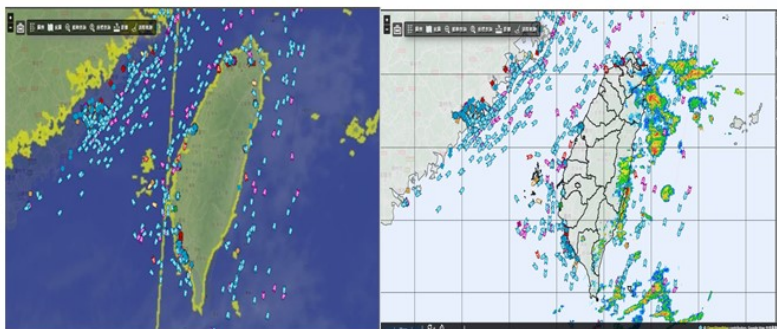
### ◆ 整合船舶動態與海氣象資訊即時模組



## 四、研究項目與內容

### ◆ 整合船舶動態與海氣象資訊即時模組

中央氣象署提供的氣象雲圖、雷達整合回波圖和颱風消息，有效應用不僅提高了海上活動的效率，同時也保障了船舶及其他海上人員的安全



## 四、研究項目與內容

### ◆ 探討AI技術於船舶航行安全整合系統

#### 傳統航行安全的結構性缺口

航行安全整合系統 | 結構性缺口與 AI 價值



## 四、研究項目與內容

### ◆ 探討AI技術於船舶航行安全整合系統

#### 端到端系統架構與資料治理

參考新加坡 NGVTMS 開放式架構設計



## 四、研究項目與內容

### ◆ 探討AI技術於船舶航行安全整合系統

#### AI 模型與風險辨識方法鏈

技術核心：從「看見目標」到「理解態勢」



## 四、研究項目與內容

### ◆ 探討AI技術於船舶航行安全整合系統

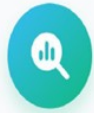
#### 人機協作:主動預警機制

人機協作是 AI 落地的最終關鍵環節



## 四、研究項目與內容

### ◆ 探討AI技術於船舶航行安全整合系統



#### 離線回放驗證

利用歷史「近失事件」與高風險片段進行重現，量化模型在極端情境下的提前量分布。

PHASE 01: OFFLINE



#### 影子模式試行

AI於後端平行運作，蒐集值班人員對告警的真實採納率，建立「可理解性」評估指標。

PHASE 02: SHADOW



#### 受控上線管理

限定範圍啟動風險預警，建立版本回退機制與自動化監控，落實「可問責AI」制度。

PHASE 03: LIVE



43

## 四、研究項目與內容

### ◆ 探討AI技術於船舶航行安全整合系統

#### 人機交互 三層視圖體系

- 01 態勢總覽層 (Overview)**  
10秒內掌握交通密度、風險熱點與氣象警報，自動引導注意力至關鍵區域。
- 02 地理互動層 (Interaction)**  
數位孿生圖資疊加，即時顯示衝突族群與候選衝突列表，支援地理運算檢索。
- 03 事件處置層 (Response)**  
自動生成標準化「證據包」，包含模型信心度、環境因子與可執行的避讓建議。

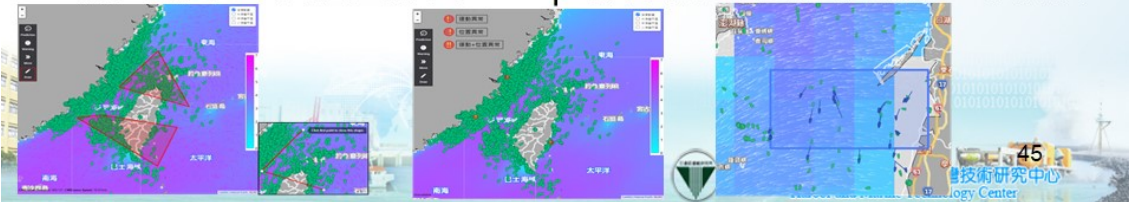


44

## 四、研究項目與內容

### ◆ 船舶航行風浪預警模組精進評估

- 建議以分層儲存治理每月近5億筆AIS，確保即時告警、回放查證與長期稽核/再訓練可持續。
- MongoDB分片鍵依「時間窗 + 空間 + MMSI」設計，搭配2dsphere與時間索引降I/O並避熱點。
- DQ指標（延遲、缺測、跳點、COG/SOG異常）制度化入庫，連動信心度與告警分級。
- 航跡資料產品化為標準物件 + 事件語彙，以near-miss累積監督資料。
- 告警事件化（證據包 + 去重抑制 + 門檻自適應），並以回放—影子—受控上線與MLOps版本治理確保可回滾、可稽核。



## 五、結論與建議

1. VDES 核心定位：視為 AIS 的演進與擴展，提供更高容量 + 雙向資料交換能力，並整合 VDE-TER（地面）與 VDE-SAT（衛星），形成「近岸高可用、遠洋可延伸」通訊型態，支撐 e-Navigation 與數位轉型。
2. IMO 已將 VDES 納入 SOLAS 配備要求，2028 年 1 月 1 日起強制，象徵海事通訊進入高容量數據交換時代。
3. 於 114 年 8 月 29 日以「航港1號」完成實海測試，驗證彰化風場航道與王功燈塔岸站間雙向數據收發與解析。



## 五、結論與建議

4. 將 AIS 船位與海氣象觀測庫結合，依位置自動抓取最近測站風、浪、潮、流即時值；串接 TaiCOMs 預報，同頁呈現觀測 + 預報；再整合中央氣象署雲圖、雷達、颱風資訊，強化即時判讀與事故回溯。
5. 交通流分析方法，提升密集區辨識清晰度與可解釋性（大範圍海域與港區尺度皆可用）。
6. 本研究成果於第47屆海洋工程研討會海報發表「融合船舶AIS深度學習與海氣象數據分析於智能航行應用」。



簡報完畢  
敬請指教



## 附錄二

### 專家學者座談會紀錄



# 交通部運輸研究所運輸技術研究中心會議紀錄

會議名稱：114 年度本所運輸技術研究中心第二科及第三科自行研究  
計畫專家學者座談會議

時間：114 年 5 月 14 日(星期三) 上午 10 時

地點：本所運輸技術研究中心 2 樓會議室

主持人：蔡立宏主任

紀錄：林英爵

出席單位及人員：如後附簽到表

壹、審查意見：

一、張家豪委員：

(一)商港風力觀測站風力資料校正因子探討之研究：

風力限制係船舶進出臺中港重要條件之一，目前航港局訂定之臺中港船舶進港風力管制標準係採用北堤運輸技術研究中心（以下簡稱運技中心）測站及南堤台灣中油股份有限公司（以下簡稱中油公司）測站風力數據之平均值，惟引水人反映中油公司南堤測站之數據並非公開資料，建議改採用南堤運技中心測站。但各測站因設置地點、障礙物、角度不同，測得之風力數據亦不同，如果可透過本研究之校正機制採用運技中心南北堤兩個測站公開資料重新調整風力管制標準，亦可解決引水人因現行中油公司南堤測站資訊沒公開而無法即時判斷及預測風力大小的問題。

(二)澎湖港設計水位之探討：

1. 本研究之範圍界定無敘明清楚，請釐清是否只探討澎湖港碼頭設計水位，抑或有包括蒐集臺北港等 11 個商港之潮位觀測資料並進行分析。
2. 另請確認臺灣港務股份有限公司（以下簡稱港務公司）委託代管測站是否有包含馬祖港及金門港，因目前上述二港係由行政院指定連江及金門縣政府代管。

(三)臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(2/2)-水中

無線通訊系統建置：

1. 計畫中說明 113 年於基隆港、114 年於高雄港布設無線底碇式波流觀測站外，尚會優先針對易斷纜之港口規劃設置上述測站，目前尚有規劃哪些港口要設置。
2. 臺中港時常有海豚洄游至港區，本案利用聲波無線通訊取代傳輸纜線方式傳送資料，是否對海豚等水下生物聽覺造成影響，這部分可能成為另一個保育課題。

(四)花蓮港湧浪遮蔽試驗(3/3)-消能措施方案評估：

據瞭解運輸研究所長期研究花蓮港港池靜穩度，本案為 3 年期計畫，今年為第 3 年，簡報亦說明將會研擬包括通水箱涵、消能碼頭及拋石消能設施等改善方案，由於用在港口公共基礎設施之航港建設基金建設經費逐年減少，在資源有限下，建議各方案可納入財務及經濟效益分析，以提供耗費少卻具改善效益之方案予港務公司參考。

(五)長週期波斷面模型試驗(3/3)-消能結構物型式之可行性研究：

P34-36 本案 3 年期計畫第 2 年(113 年)係選定花蓮港 7 號碼頭規劃改善為消能碼頭型式，第 3 年(114 年)是否亦針對該碼頭之消能碼頭型式予以改良及精進。上述之研究成果是否有可能與第 4 案消能措施方案予以整合，以有效改善花蓮港內港區之水域靜穩度。

(六)智慧航安與海氣象資訊應用探討(4/4)-整合船舶智慧航行管理系統：

為了降低我國周邊海域船舶在劇烈海象下發生海難的風險，目前已由航港局協調中央氣象署進行優化災害性天氣及颱風期間近岸 12 浬淨空措施，依據該署新一代劇烈天氣監測系統(QPEplus)客製化逐 3 小時預報資料，規劃我國海域海象監控區域及設定預警閾值，當氣象單位預測劇烈海象即將影響某一海域時，航港局會至少於 12 小時前利用基隆海岸電台 NAVTEX、該局海事中心 AIS 信文廣播推播訊息及各港口 VTS 無線電通報等管道通知該海域警戒區滯留船舶勸離近

岸 12 哩，以確保該等船舶在劇烈海象影響前具有充裕時間可航行至安全水域避風。建議未來也可以研議是否結合目前運輸研究所正在研究的特高頻資料交換系統(VDES)進行船舶資訊傳遞。另外航港局之航港 1 號智慧監控船舶亦可提供運輸研究所做為測試研究使用。

(七)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(3/3)-船舶觀測分析：

報告中說明海洋陣列雷達船舶觀測資訊運用將有助於船舶航行安全，由於目前政府亦重視非本國籍船舶於領海內航行之國安問題，想瞭解目前海巡署利用岸際雷達監控近岸 12 哩可疑船舶，如運用海洋陣列雷達是否也可以強化船舶辨識及監控成效。

(八)港區水下巡查技術初探(3/3)-水下無人載具可應用性評估：

本案縱使於港區內水域海流亦非常強勁，是否亦需考量水下無人載具(ROV)抗流能力，以避免影響其檢測及辨識成效。另 ROV 運用面，除可使用於港區水下設施巡查外，當於港區內外沉船海難應變時，抽油業務係為優先處理項目，ROV 是否也可以運用在船體外觀及船艙油櫃探測上，甚至是否也有鑽孔及抽油能力，亦值得研議。

(九)港埠鄰水作業管理影像智慧辨識技術研究：

本案研究範圍係針對馬祖商港福澳碼頭鄰水區域進行影像辨識作業，由於該港係由連江縣政府經營，而非港務公司經營，建請修正。

(十)智慧港口環境資訊平臺探討：

經航港局中部航務中心分析去年臺中港發生之 5 起海事案件中，部分案件肇因受到風力及海流影響，進出港船舶無法控制航向，導致碰撞防波堤或其他靠泊船舶。本案研究成果尚可提供港務公司建置港區海氣象資訊平臺，利用視覺化及圖形化工具提供即時港區風波潮流等觀測與預測資訊，方便船長或引水人進出港或移泊時可即時參考及判斷，並適切操縱船舶航向及航速，將可降低非人為海事發生風險。

(十一)馬祖海域數值模式建置研究(1/2)-水動力模式研究：

有關研究項目部分，想瞭解如何以生成式 AI 協助蒐集文獻。其他計畫是否也可以利用 AI 蒐集資料？

二、江文山委員：

- (一)商港風力案，測站校正部分，建議考量納入預報數據，相關分析多著重在極端數據。
- (二)港群流的觀測類型包含雷達表面流，底碇與航道水平海流等，各項觀測之間的比較探討。
- (三)航安與海氣象資訊應用案，建議考量探討各項海氣象因子，以利瞭解相項因子的重要性。
- (四)部分港的研究有多個單項各別探討，建議考量整合為一個整合性的計畫，提供更全面的成果。
- (五)花蓮碼頭波高預測，除以波高進行模式訓練以外，建議嘗試以波譜進行訓練，並比較其成果。
- (六)相關研究成果建議再考量對外推廣，以凸顯運技中心的研究能量。

三、林芳如委員：

- (一)大部分計畫與中央氣象署(海象氣候組)業務相關，希望相關成果可與該組交流分享。
- (二)感謝提供花蓮港即時影像監測資料，供中央氣象署發展異常波浪預報系統使用。
- (三)108年起中央氣象署即開始發展 schism-wwm 波潮流耦合模式，目前已作業化運作，並和該署 NWW3 波浪作業模式結果做比較與相關校驗，相關波浪輸出已經可供波浪預報參考使用，相關報告與研究可提供運技中心建置模式參考。簡報內之計算網格範圍很大，未來是只分析花蓮港區或全部？因模式計算需耗費計算資源，建議可再加以評估。
- (四)單一港區如有多個數值模式模擬，可以系集方式呈現，供使用者一起參考。

#### 四、鍾權宏委員：

##### (一)商港風力觀測站風力資料校正因子探討之研究：

1. 本計畫透過商港風力觀測資料檢核、風速測站相關性分析、各商港主要測站校正機制探討，預期完成「商港主要測站之相關性」，與「商港風力資料檢核機制」，應用面在於「建立各港區之風力資料校正係數與方法，提供港務管理單位做為即時資料修正、推估及模擬預測之應用參據」，以及「訂定適用商港風力觀測資料校正機制之作業流程」，做為未來運技中心建立自動化及作業化資料檢核及校正之參考依據。請問本研究未來所提出的各港校正係數值(可能內港1個係數、外港1個係數)，將來應用上是預計哪一種方式：(1)港務單位在取得風速資料數列測值時，乘上該校正係數後，基本上就是信賴可靠的風速資料；(2)各港港務單位須先行參照運技中心112年建立9項風力資料品管程序，剔除異常數據後，在使用本研究所提出的修正係數；(3)運技中心港灣系統呈現的風力數據，即透過本研究所提的修正係數做校正後發布，各港港務單位無需自行檢視或修正。
2. 本研究所提修正係數，未來仍會因各港陸續建立的風速計數量位置與環境差異，而持續滾動調整，所以除此修正係數會持續更新外，使用上會是(3)較務實且充分發揮本研究之成效。

##### (二)花蓮港湧浪遮蔽試驗(3/3)-消能措施方案評估：

1. 本研究根據花蓮港湧浪特性，評估合適之消能方案，並將消能設施布設於花蓮港模型，再接續施以前期探討之湧浪條件量測消能設施布設前後波高變化情形，進行後續數據處理，比對波浪能量削減成果，所以消能方案的選擇將是本研究重要關鍵，建議儘量蒐集相關國外針對長週期波的實務案例，也包含同樣到(3/3)期本次運技中心自行研究案「長週期波斷面模型試驗(3/3)-消能結構物型式之可行性研究」的方案結果。

2. 本案前兩期研究期間，花蓮港務分公司與運技中心實務交流期間也提到幾個方案(向)，目前所悉可能方向包括：

(1)#10~#16 碼頭水域，以雙 T 塊堆築擋浪堤，圍築成一有限開口船渠，降低擋浪堤反射波對其他水域之影響。

(2)#7 碼頭與#12 碼頭屬重力式碼頭，改建為消能式碼頭，碼頭後現有大排水溝，可延長水體消能空間。

(3)新東堤 0k+000~0k+500 港側萬代福消波岸壁，增拋 40 噸雙 T 塊，削減正面入港之湧浪能量。

(4)受限航道 400 公尺長，東側為斜坡，西側為鋼板樁岸壁，可評估是否有適當消能設施導入的機會。

(三)FUNWAVE 模式港內模擬探討(1/2)-港區波浪模擬建立：

1. 本研究以花蓮港區為主要研究範圍，依其水深地形、海象條件及港內結構特性進行數值模擬分析，模擬範圍涵蓋港外波浪傳遞至港內的過程，考慮波浪在港內的繞射、反射與消能情形，並針對港區內不同區域(如航道、碼頭等)進行波浪變化的比較與評估。針對以下兩種情境，建議可納入研究案作分析比較：

(1)依據 113 年 10 月 30 日康芮颱風來襲時，運技中心於花蓮港外港所拍攝的最大堤前浪高海氣象紀錄，納入本研究分析其影響。

(2)針對#10~#16 碼頭水域，以雙 T 塊或其他形式堆築擋浪堤，圍築成一有限開口船渠，波浪在港內遭遇此擋浪堤之繞射反射與消能情形，與擋浪堤本身造成反射波對其他水域之影響。

2. 113 年 10 月的康芮颱風，將花蓮港新東堤約 1,200 公尺里程的第三道胸牆打落至港池，接下來的修復工程也將設計打除混凝土塊拋放至港側堤趾，修築增厚成為堤趾保護工，接下來製作約 200 顆 40 噸雙 T 塊，預計嘗試拋放新東堤 0k+000~0k+500 港側萬代福消波岸壁，完成時機預計在 115 年 6 月底，建議運技中心可配合設置相關監測設備，以進行

相關研究分析，或於本案可做部分驗證。

(四)長週期波斷面模型試驗(3/3)-消能結構物型式之可行性研究：

1. 進一步優化第2年的新型消能結構物並評估其可行性部分：

(1)113年(第2期)的研究方案已針對#7碼頭消能碼頭方案提出試驗結果分析，請問預期本(114)期的優化方向為何？

(2)花蓮港形狀似口袋，#7碼頭與#12碼頭都是位於袋底，而#7與#12碼頭後線均有大排水溝，可延長水體消能空間，建議可納入分析評估。

2. 航道消能方案的選擇部分，因航道寬度限制，所以消能方案的選擇上，不宜僅限於拋放預鑄混凝土消波構造(影響有效寬度)，如果國外有不錯的實務案例，縱使工程金額更高(如岸壁改建為消能岸壁)，此在本階段執行研究方案評估上都可納入，未來可行性研究階段再去做財務面的考量。

五、鄭志宏委員：

(一)本案所提各研究案均非常有價值，非常肯定。

(二)計畫可跟國內外研究單位或機構合作，如港務公司、工業技術研究院、成功大學、高雄科技大學、航港局、中央氣象署海洋大學、船舶中心、引水人等交流。

(三)研究內容包含之前研究案，希望可以公開分享。

(四)未來商港如有擴建案，包含臺北港、臺中港、高雄港、基隆港，希望可以先研議。

(五)澎湖水位案，希望可以整合海洋大學之成果一併檢討，並納入LAT高程討論。

(六)花蓮研究案，希望可以納入管理機制。

(七)水下無人載具，港務公司有成果可提供分享。

(八)消能結構物，希望可以帶入港務公司消波式碼頭結構模型，提供消能碼頭反射係數研究。

(九)馬祖北竿機場跑道刻正要辦理整建加長，可否協助分析海象。

六、蘇仕峯委員：

- (一)商港風力觀測站風力資料校正因子探討之研究：
1. 各港區風力觀測站校正因子訂定時，可考量未來氣候變遷對極端風力事件的影響。
  2. 如何評估測站位置具有代表性？即當初決定設定的位置所獲得的資料是否符合需求。
- (二)澎湖港設計水位之探討：
1. 澎湖港設計水位分析時，是否蒐集歷年相關澎湖地區海岸及港灣工程規劃設計之報告，對這些工程規劃使用之設計水位是否有疑慮？
  2. 設計水位分析結果，可注意是否有極端水位發生，因為島嶼地貌和臺灣陸地邊界之潮位有所不同。
  3. 可應用到交通部觀光署，例如摩西分海等景點。
- (三)臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(2/2)：
- 水中無線通訊系統建置後，資料傳輸穩定性可與既有有線系統相比。
- (四)花蓮港湧浪遮蔽試驗(3/3)-消能措施方案評估：
1. 水工模型試驗結果可結合數值模擬進行驗證，以提高方案適用性。
  2. 試驗除了規則波，也要考量真實環境的不規則波。
- (五)長週期波斷面模型試驗(3/3)-消能結構物型式之可行性研究：
- 長波不易消散能量，但可改變港型地貌，產生不同模態週期振盪，降低波高。
- (六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(3/3)：
1. 雷達訊號應用可比對現場觀測波浪與數值模擬結果。
  2. 可積極與相關使用單位技術交流，例如國家海洋研究院。
- (七)港埠鄰水作業管理影像智慧辨識技術研究：
- 影像辨識系統可針對不同能見度(如濃霧)或夜間進行辨識精度驗證。
- (八)花蓮港碼頭波高預測模式作業化成果評估：
- 9、17、25 碼頭波浪觀測可與港外觀測波高建立關係，

可以不用模擬資料。港外數據進一步和花蓮浮標比對。

(九)花蓮海域海象模擬分析：

1. SCHISM-WWM 與 SWAN 波浪模擬差異性不大，可以檢視模式之控制方程式。SCHISM 模式不適合用於港區波浪，適合於花蓮港近岸波流場。
2. 網域模擬納入黑潮，中央氣象署利用相同模式。

(十)馬祖海域數值模式建置研究(1/2)：

馬祖島嶼礁岩多，地貌複雜，波浪有明顯繞射現象，利用 MIKE21 水動力與波浪模組，如何訂定模式網格邊界潮位條件？（利用 SCHISM-WWM）島嶼下風處繞射效應利用波浪模組能符合需求嗎？

(十一)FUNWAVE 模式港內模擬探討(1/2)：

可利用「花蓮港湧浪遮蔽試驗（3/3）-消能措施方案評估」之試驗結果進行模式驗證。

(十二)114 年度運技中心期刊研討計畫：

1. 建議蒐集近 20 年知名國際期刊有關港灣工程或管理的論文，先瞭解鄰近國家在港灣方面的研究方向與成果。
2. 鼓勵投稿國際期刊，與國際學術機構合作，提升國際能見度與影響力。

(十三)基隆海域風浪模組模擬參數調校探討

SWAN 可與「花蓮海域海象模擬分析」之模擬結果比較，兩位置海象環境特性接近。

貳、結論：

感謝各位委員提供本所相當寶貴之專業建議，請案關業務同仁將委員意見納入參採，以符合實際應用面，並提升研究成果之廣度及實用性。

參、散會：中午 12 時 15 分



## 附錄三

### 工作會議紀要



# 114年6月工作會議紀要

會議名稱：本所運輸技術研究中心第二科114年度自行研究計畫第1次  
工作會議

時間：114年6月25日(星期三) 上午10時

地點：本所運輸技術研究中心3樓會議室

主持人：李研究員兼科長俊穎

彙整：林英爵

出席者：如後附簽到表

主辦單位：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)商港風力觀測站風力資料校正因子探討之研究：

1. 專家學者座談會意見處理情形。
2. 商港風力觀測資料檢核作業化程式開發成果。
3. 風力測站相關分析測試結果。

### (二)澎湖港設計水位之探討：

1. 參考文獻及觀測資料蒐集進度報告。
2. 海氣象設備維運作業情形摘要說明。
3. 設計水位分析方法盤點說明。

### (三)臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(2/2)-水中無線通訊系統建置：

1. 臺灣港群波流即時觀測系統布設概況及運作情形。
2. 水中無線通訊系統建置規劃。

### (四)花蓮港湧浪遮蔽試驗(3/3)-消能措施方案評估：

1. 試驗設備狀況及率定佈設。
2. 消能設施研擬及佈設。
3. 通水箱涵方案初步成果分析。

### (五)長週期波斷面模型試驗(3/3)-消能結構物型式之可行性研究：

1. 應用生成式 AI 協助搜尋消減波能設施文獻並研讀。

2. 精進消能碼頭型式並以斷面水工模型試驗進行驗證。
  3. 規劃窄航道岸壁之消能斷面型式。
- (六)智慧航安與海氣象資訊應用探討 (4/4) -整合船舶智慧航行管理系統：
1. 特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
  2. 探討 AI 技術於船舶航行安全整合系統。
- (七)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析 (3/3) -船舶觀測分析：
1. 回顧海洋雷達船舶觀測應用相關文獻。
  2. 蒐集臺中港 AIS 船舶資料。
  3. 分析雷達船舶調適性偵測法程式。
  4. 說明114年第1次海洋雷達願景會議的辦理情形。
- (八)海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究 (2/2) -系統精進：
1. 現有觀測資料與資料庫盤點狀況之說明。
  2. 海氣象觀測作業數位管理系統精進與開發進度之說明。
  3. 後續工作項目之說明。
- (九)港區水下巡查技術初探 (3/3) -水下無人載具可應用性評估：
1. 進行港區 ROV 水下定位測試數據分析。
  2. 進行港區 ROV 影像獲取及處理技術分析。
- (十)港埠鄰水作業管理影像智慧辨識技術研究：
1. 高解析度攝影機佈設工作情形。
  2. 影像數位化監控系統建置進度說明。
  3. 後續工作項目之說明。

## 二、針對目前研究方向與執行情形進行討論：

- (一)商港風力觀測站風力資料校正因子探討之研究：
1. 討論風力觀測資料檢核作業化程式及鄰站檢核程序方法。
  2. 討論風力測站相關分析方法及校正機制之後續規劃。
- (二)澎湖港設計水位之探討：
1. 討論澎湖港馬公碼頭及龍門尖山碼頭之潮汐型態差異性。

2. 討論設計水位—暴潮位分析方法之選用。
- (三)臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進 (2/2) -水中無線通訊系統建置：
1. 不同觀測系統配置與即時資料中斷原因。
  2. 水中儀器架及離近岸端模組設計。
- (四)花蓮港湧浪遮蔽試驗 (3/3) -消能措施方案評估：
1. 討論花蓮港內消能設施型式佈設方式及考量其它方案。
  2. 討論花蓮港平面水工模型建置內容。
- (五)長週期波斷面模型試驗 (3/3) -消能結構物型式之可行性研究：
1. 目前消能碼頭型式僅有下部結構部分，若加入消能碼頭之上部或為完整結構，建議考量是否會對反射率造成影響。
  2. 窄航道岸壁之消能斷面設置的直立斜板方向，建議評估其方向為向著波流進入內港方向或是背向能得到最好效果。
- (六)智慧航安與海氣象資訊應用探討 (4/4) -整合船舶智慧航行管理系統：
1. 蒐集國外 VDES 資料等相關船舶航行安全通訊技術。
  2. 評估可應用於 VDES 監控與預警之 AI 技術。
- (七)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析 (3/3) -船舶觀測分析：
1. 討論海洋雷達船舶觀測應用相關文獻。
  2. 比較海洋雷達船舶與臺中港 AIS 資料差異。
  3. 探討雷達船舶調適性偵測法程式之辨識情形。
  4. 討論114年第1次海洋雷達願景會議之後續推動。
- (八)海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究 (2/2) -系統精進：
1. 現有測站觀測資料與資料庫盤點狀況之討論。
  2. 委外系統精進優化之進度討論。
- (九)港區水下巡查技術初探 (3/3) -水下無人載具可應用性評估：
1. ROV 水下定位測試結果討論。

2. 水下影像獲取及處理流程說明。

(十) 港埠鄰水作業管理影像智慧辨識技術研究：

1. 影像物件標註及應用討論。
2. 監控系統測試及操作介面情形說明。

貳、主要結論：

(一) 商港風力觀測站風力資料校正因子探討之研究：

1. 風力觀測資料檢核作業化程式，建議可優化檢核結果報表產出功能，以提供更詳盡的資料檢核資訊。
2. 階段成果投稿部分，後續請配合海工研討會規劃之格式要求，另提供2頁摘要文章內容。

(二) 澎湖港設計水位之探討：

針對設計水位一暴潮位分析方法仍以蒐集模型颱風參考文獻為主，建議可嘗試利用實測資料進行暴潮位計算。

(三) 臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進 (2/2) - 水中無線通訊系統建置：

1. 已修復完成之測站請持續觀察，年度維運作業請依規劃期程進行。
2. 離近岸端模組設計，需將後續維運及檢修作業可能面臨之狀況納入考量。

(四) 花蓮港湧浪遮蔽試驗 (3/3) - 消能措施方案評估：

1. 持續滾動檢討消能設施方案。
2. 於執行試驗過程中，應觀察港內水位抬升變化情形。

(五) 長週期波斷面模型試驗 (3/3) - 消能結構物型式之可行性研究：

1. 窄航道岸壁之消能斷面設置的直立斜板方向，應可一併測試平行岸壁的型式。
2. 應加速進行窄航道岸壁型式設計的定案，以免延誤採購及試驗進程。

(六) 智慧航安與海氣象資訊應用探討 (4/4) - 整合船舶智慧航行管理系統：

1. 透過 IMO 國際 VDES 發展趨勢，確認相關技術整合架構。
  2. 可透過新 AI 技術於減少航安事故及提升港口效率。
- (七)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析 (3/3) -船舶觀測分析：
1. 有關雷達船舶調適性偵測法程式之辨識情形，與臺中港 AIS 資料差異，請妥為釐清偵測偏差原因。
  2. 由於臺中港南側雷達站訊號品質較差，請協助釐清造成訊號不穩的原因，並安排相關人員進行檢修，以確保資料穩定性與持續性。
- (八)海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究 (2/2) -系統精進：
1. 系統建置原始資料下載功能，下載資料建議加密確保資訊安全。
  2. 系統須符合使用者需求，建議開發階段多與相關承辦人員交換意見確認系統功能開發方向。
- (九)港區水下巡查技術初探 (3/3) -水下無人載具可應用性評估：
1. 港區水下定位測試分析，可再針對精度誤差進行評估。
  2. 影像解析度影響水下目標物檢測能力，未來可再深入研究。
- (十)港埠鄰水作業管理影像智慧辨識技術研究：
1. 請向連江縣政府港務處瞭解客運碼頭小白屋之監控影像資料情形，以利納入影像物件數據辨識分析。
  2. 建議物件辨識能透過數值量化方式呈現，以利港區管理。

參、散會：下午3時30分。

# 114年8月工作會議紀要

會議名稱：本所運輸技術研究中心第二科114年度自行研究計畫第2次  
工作會議

時間：114年8月27日(星期三) 上午9時30分

地點：本所運輸技術研究中心3樓會議室

主持人：李研究員兼科長俊穎

彙整：林英爵

出席者：如後附簽到表

主辦單位：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)商港風力觀測站風力資料校正因子探討之研究：

1. 進行高雄港鄰近測站資料蒐集及整理分析。
2. 進行高雄港各測站相關性分析。
3. 運用決策樹回歸模型(屬監督式機器學習模型)與長短期記憶模型(LSTM)進行高雄港風速風向資料補遺之初步測試。

### (二)澎湖港設計水位之探討：

1. 參考文獻及觀測資料蒐集進度報告。
2. 設計水位初步成果報告。

### (三)臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(2/2)-水中無線通訊系統建置：

1. 臺灣港群波流即時觀測站修復進度及後續規劃。
2. 水中無線通訊系統執行進度及規劃。

### (四)花蓮港湧浪遮蔽試驗(3/3)-消能措施方案評估：

1. 造波設備狀況說明。
2. 初步試驗成果分析。
3. 規劃改善方案工作期程說明。

### (五)長週期波斷面模型試驗(3/3)-消能結構物型式之可行性研究：

1. 以斷面水工模型試驗進行驗證精進消能碼頭型式。

2. 規劃窄航道岸壁之消能斷面型式。
  3. 分析斷面試驗結果及改善提案。
- (六) 智慧航安與海氣象資訊應用探討 (4/4) - 整合船舶智慧航行管理系統：
1. 特高頻資料交換系統 (VDES) 國際應用趨勢。
  2. 探討 AI 技術於船舶航行安全整合系統。
- (七) 臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析 (3/3) - 船舶觀測分析：
1. 辦理國家雷達觀測網整合分項工作。
  2. 辦理7月4日雙首長平台第3次會議本中心海洋陣列雷達研究成果分享。
  3. 辦理雷達船舶目標訊號檢測、驗證與系統調整改善工作。
  4. 開發雷達原始功率頻譜偵測船舶分析程式。
  5. 辦理雷達南站訊號中斷排除工作。
- (八) 海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究 (2/2) - 系統精進：
1. 資訊流與備份範圍盤點說明。
  2. 原始資料及時序列資料備份方法說明。
  3. 系統上版測試結果及後續待修正部分說明。
- (九) 港區水下巡查技術初探 (3/3) - 水下無人載具可應用性評估：
1. 進行水下影像擷取及處理技術分析。
  2. 進行水下影像品質評估。
- (十) 港埠鄰水作業管理影像智慧辨識技術研究：
1. 智慧電子圍籬系統強化進度說明。
  2. 電腦主機規格及採購工作進度。

## 二、針對目前研究方向與執行情形進行討論：

- (一) 商港風力觀測站風力資料校正因子探討之研究：
1. 討論本所代管之高雄港風力測站資料與氣象署測站之差異。
  2. 討論決策樹回歸模型(屬監督式機器學習模型)與長短期記憶模型(LSTM)補遺效果。

- (二)澎湖港設計水位之探討：
1. 檢討設計水位一天文潮預測之準確性及差異性。
  2. 討論設計水位一暴潮位不同分析方法結果差異原因。
- (三)臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進 (2/2) - 水中無線通訊系統建置：
1. 已恢復即時傳輸及後續預計修復之港口討論。
  2. 水中儀器架及離岸端電池桶製作情形。
- (四)花蓮港湧浪遮蔽試驗 (3/3) - 消能措施方案評估：
1. 花蓮港凱米颱風觀測數據分析及現況遮蔽效果探討。
  2. 消能設施試驗規劃方案及布設內容。
- (五)長週期波斷面模型試驗 (3/3) - 消能結構物型式之可行性研究：
1. 窄航道岸壁型式於實際應用上，可採用何種結構形式與材料，建議依斷面試驗結果進行規劃。
  2. 建議針對消能碼頭型式精進之型式構造與試驗結果關係，進行更深入的討論。
- (六)智慧航安與海氣象資訊應用探討 (4/4) - 整合船舶智慧航行管理系統：
1. 蒐集國外 VDES 資料等相關船舶國際應用趨勢。
  2. 評估可應用於 VDES 監控與預警之 AI 技術。
- (七)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析 (3/3) - 船舶觀測分析：
1. 討論國家雷達觀測網整合分項工作。
  2. 討論雷達船舶目標訊號檢測、驗證與系統調整改善工作。
  3. 探討雷達原始功率頻譜偵測船舶分析程式之開發情形。
  4. 討論雷達南站訊號中斷排除之後續工作。
- (八)海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究 (2/2) - 系統精進：
1. 既有核可之維護紀錄刪除並保存歷程之討論。
  2. 增加系統自動化儀表板與異常通知之討論。
- (九)港區水下巡查技術初探 (3/3) - 水下無人載具可應用性評

估：

1. 水下影像擷取及處理方法說明。
2. 水下影像品質評估結果討論。

(十) 港埠鄰水作業管理影像智慧辨識技術研究：

1. 電子圍籬功能項目及展示情形。
2. 影像物件辨識成果探討。

貳、主要結論：

(一) 商港風力觀測站風力資料校正因子探討之研究：

1. 本所代管之高雄港風力測站資料與氣象署測站差異討論部分，後續可適時提供氣象署參考。
2. 本研究所建置之機器學習模型，後續可與實測資料進行驗證測試。

(二) 澎湖港設計水位之探討：

1. 建議再檢視設計水位之天文潮分析方式是否有誤。
2. 針對設計水位之暴潮位分析方法，建議先行檢視何種分佈較佳再行分析。

(三) 臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(2/2)-水中無線通訊系統建置：

1. 臺中港底碇式波流即時觀測站修復，請依照所訂時程執行。
2. 高雄港無線式底碇波流即時觀測系統建置完成後，需詳加留意系統運作情形，以利即時調整。

(四) 花蓮港湧浪遮蔽試驗(3/3)-消能措施方案評估：

1. 請掌握造波機設備維修及更新相關工作時程，以利後續試驗及分析工作推動。
2. 波浪條件為8-30秒週期規則波，後續分析建議與觀測資料之8-30秒間之放大係數進行比較。

(五) 長週期波斷面模型試驗(3/3)-消能結構物型式之可行性研究：

1. 精進消能碼頭型式之成效討論，應於期末報告詳細完整呈現。

2. 待窄航道岸壁模型完成，依規劃期程安排，儘快進行窄航道岸壁之水工斷面試驗。
- (六)智慧航安與海氣象資訊應用探討 (4/4) -整合船舶智慧航行管理系統：
1. 透過國際 VDES 發展趨勢，評估以傳遞天氣資訊相關技術。
  2. 配合 VDES 合作計畫，協助進行實海域訊號實測，注意相關安全防護。
- (七)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析 (3/3) -船舶觀測分析：
1. 有關雷達所偵測船舶回波與實際船舶尺寸之關聯性，請進一步探討其對辨識準確度之影響，並釐清可能造成偵測偏差之因素。
  2. 有關研究報告書章節規劃，第五章標題敘述略顯口語化，建議重新修訂，以提升專業性與報告整體一致性。
- (八)海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究 (2/2) -系統精進：
1. 系統服務對象為現場觀測同仁，須持續由同仁協助回饋及修正。
  2. 請於9月份邀集美寶公司及觀測同仁召開工作會議。
- (九)港區水下巡查技術初探 (3/3) -水下無人載具可應用性評估：
1. 水下影像增強處理流程，建議可再詳加敘述。
  2. 水下影像品質評估結果，未來可再結合港區水下構造物維護管理手冊之設施劣化度判定標準一併探討。
- (十)港埠鄰水作業管理影像智慧辨識技術研究：
1. 建議補充辨識貨櫃物件，以利辨識港區貨櫃作業管理。
  2. 有關纜繩物件，影像截圖纜繩似乎被視作船體一部分，以及人員在有欄杆內，有無法辨識情形，請瞭解相關可能影響因素並進行改善。
  3. 請於9月上旬安排工作會議，以利掌握工作進度。

參、散會：下午4時整。

# 114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114年度自行研究計畫第3次  
工作會議

時間：114年10月29日(星期三) 上午9時30分

地點：本所運輸技術研究中心3樓會議室

主持人：李研究員兼科長俊穎

彙整：林英爵

出席者：如後附簽到表

主辦單位：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)商港風力觀測站風力資料校正因子探討之研究：

1. 進行臺灣港群各測站相關性分析。
2. 高雄港風速風向資料補遺之決策樹回歸模型驗證分析。

(二)澎湖港設計水位之探討：

1. 設計水位成果報告。
2. 港灣季刊投稿文章撰寫進度說明。

(三)臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(2/2)-水中無線通訊系統建置：

1. 臺灣港群波流即時觀測系統現況。
2. 高雄港水中無線通訊系統建置情形。

(四)花蓮港湧浪遮蔽試驗(3/3)-消能措施方案評估：

1. 即時系統維運情形及後續修復規劃。
2. 水中無線通訊系統建置進度。

(五)長週期波斷面模型試驗(3/3)-消能結構物型式之可行性研究：

1. 以斷面水工模型試驗進行4種窄航道側壁之消能功能驗證。
2. 分析斷面試驗結果及研擬改善提案。
3. 規劃期末報告書章節。

(六)智慧航安與海氣象資訊應用探討(4/4)-整合船舶智慧航行

管理系統：

1. 特高頻資料交換系統 (VDES) 國際應用先導測試。

2. 探討 AI 技術於船舶航行安全整合系統。

(七) 臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析 (3/3) - 船舶觀測分析：

1. 報告臺灣陣列高頻海洋雷達遠端檢測標準作業程序手冊專家座談會，故障樹具體作法，進行跨部會合作討論事宜。

2. 說明雷達系統調整與天線改善注意事項。

3. 說明分析雷達船舶解算程式與驗證。

4. 討論如何提升空間圖譜船舶與背景之訊噪比。

(八) 海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究 (2/2) - 系統精進：

1. 委外勞務契約進度說明。

2. 時序列資料及原始資料下載與資料蒐集率統計功能說明。

3. 新增品保標籤管理功能說明。

(九) 港區水下巡查技術初探 (3/3) - 水下無人載具可應用性評估：

1. 進行水下影像品質評估。

2. 進行水下無人載具應用性評估。

(十) 港埠鄰水作業管理影像智慧辨識技術研究：

1. 電子圍籬系統介面及功能說明。

2. 成果報告章節規定說明。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論：

(一) 商港風力觀測站風力資料校正因子探討之研究：

1. 討論臺灣港群各測站相關分析結果。

2. 討論決策樹回歸模型補遺效果及後續精進方向。

(二) 澎湖港設計水位之探討：

1. 設計水位調和分析之平均潮位誤差來源探討。

(三) 臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進 (2/2) - 水中無線通訊系統建置：

1. 即時系統維運情形及後續修復規劃。

2. 水中無線通訊系統建置進度。
- (四) 花蓮港湧浪遮蔽試驗 (3/3) - 消能措施方案評估：
1. 試驗設備狀況及率定佈設。
  2. 試驗配置及方案成效分析。
  3. 115年自行研究計畫規劃說明。
- (五) 長週期波斷面模型試驗 (3/3) - 消能結構物型式之可行性研究：
1. 依據目前斷面試驗初步成果，建議可投稿國際期刊。
  2. 建議評估窄航道的實際現況是否能於斷面水槽中完整呈現。
  3. 於斷面水槽中進行消能側壁之試驗，造成之三維波流現象應如何進行分析討論，建議審慎評估。
- (六) 智慧航安與海氣象資訊應用探討 (4/4) - 整合船舶智慧航行管理系統：
1. 蒐集國外 VDES 資料等相關船舶國際應用先導測試。
  2. 彙整可應用於 VDES 監控與預警之 AI 技術。
- (七) 臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析 (3/3) - 船舶觀測分析：
1. 討論海洋雷達船舶觀測應用相關文獻。
  2. 討論陣列雷達船舶辨識技術評估。
  3. 探討船舶辨識資料分析與驗證情形。
- (八) 海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究 (2/2) - 系統精進：
1. 討論後續如何有效利用精進及定期教育訓練。
  2. 討論底碇式波流觀測系統資料搬遷進度與金門港、馬祖港之資料流與備份流程。
- (九) 港區水下巡查技術初探 (3/3) - 水下無人載具可應用性評估：
1. 水下影像品質評估過程討論。
  2. 水下無人載具應用性評估結果說明。
- (十) 港埠鄰水作業管理影像智慧辨識技術研究：
1. 目前成果及未來精進內容探討。

2. 建議可串流馬祖福澳港相關影像，以利評估相關功能運作。

## 貳、主要結論：

### (一)商港風力觀測站風力資料校正因子探討之研究：

1. 在各測站相關性分析，建議後續可進一步將靜風區的資料篩除再比較分析結果，另臺北港相關性偏低且具有海陸風等問題，建議後續可進一步分析。
2. 本研究所建置之機器學習模型，在誤差較大的部分，建議可從風向因子進一步分析。

### (二)澎湖港設計水位之探討：

1. 建議釐清調和分析之平均潮位誤差來源是否來自水準點引測。
2. 有關暴潮偏差之計算可考慮利用以往實測資料扣除調和分析而得，不須侷限於模型颱風模擬結果。

### (三)臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(2/2)-水中無線通訊系統建置：

1. 已修復完成之測站請持續觀察，尚未修復之測站請依規劃進度執行。
2. 水中無線通訊系統建置後，請持續觀察並滾動式調整。

### (四)花蓮港湧浪遮蔽試驗(3/3)-消能措施方案評估：

1. 試驗成果宜再確認波高計數據。
2. 內港碼頭改善方案建議採單支波高計進行比較。

### (五)長週期波斷面模型試驗(3/3)-消能結構物型式之可行性研究：

1. 消能碼頭型式成效之討論，應有具體完整說明。
2. 應依規劃期程安排，如期完成期末報告書。

### (六)智慧航安與海氣象資訊應用探討(4/4)-整合船舶智慧航行管理系統：

1. 針對國際 VDES 發展趨勢，評估後續可發展相關技術。
2. 配合 VDES 整體發展架構，可彙整對應我國各機關執行業務內容，以供參考。

(七)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析 (3/3) -船舶觀測分析：

1. 探討雷達系統調整與天線品管標準能否評估增加訊噪比，以利定量性評估。
2. 建議將海洋雷達船舶軌跡與臺中港 AIS 資料進行案例比較與分析探討。

(八)海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究 (2/2) -系統精進：

1. 金門港、馬祖港測站資料流與備份流程，請再持續追蹤確認。
2. 系統持續加強同仁使用率與教育訓練。

(九)港區水下巡查技術初探 (3/3) -水下無人載具可應用性評估：

1. 水下無人載具可應用性評估結果建議可再詳加敘述。
2. 影像品質評估過程及目的建議可再進行補充。

(十)港埠鄰水作業管理影像智慧辨識技術研究：

1. 請於連江縣港務處交流會議中分享本案研究成果，以利瞭解港埠管理單位相關想法及需求。
2. 請蒐集港務公司戰情中心監控系統或其他相關商業化使用情形，以利參考納入未來精進參考。

參、散會：下午4時10分。



## 附錄四

### 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：智慧航安與海氣象資訊應用探討 (4/4) - 整合船舶智慧航行管理系統

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
<b>(一)交通部航港局中部航務中心張家豪委員</b>	
1. 1.1 計畫緣起與目的一節末段建議可以補充：112年6月5日行政院核定「智慧航安服務升級計畫(113-116年)」，交通部航港局配合政府離岸風電政策，已劃設彰化風場航行空間，並規劃西側海域風場航行空間，由於行經該海域船舶密度與風險增加，航安管理複雜度亦提升，需持續投入智慧化航安監控服務。	已修正第 1-3 頁，增加補充。
2. 3.5 船舶監控預警系統一節，研究單位希望 AIS 系統不僅可查詢各船舶之基本資訊，也可取得該船舶與當下位置距離最近的海氣象觀測資料，此構想立意良佳，將可做為航管單位航安監控與船長航行決策的參考。想進一步了解：1)研究單位有設定距海氣象觀測站多少距離內之船舶可獲得相關觀測資料(距離越遠，與實際觀測越不準)?2)另外報告提到有運用航港局公開之海事案件統計資料，報告中看不出來如何運用及如何與 AIS 系統結合?	感謝委員意見，船舶監控預警系統設定距海氣象觀測站，一般而言，建議將「有效參考距離」設定在 10 至 20 海浬之內，因為海象(如浪高、流速)受地形與洋流影響極大，超過 20 海浬後，觀測站的數據與船舶實際位置的環境相關性會大幅降低，參考價值隨之下降。報告提到有運用航港局公開之海事案件統計資料，為前期成果，已於第 3-19 頁修正文字及圖 3.28。
3. 我國各港口 VTS 系系統未來勢必將以導入人創新科技為規劃重點，當然也希望可以進行更主動的交通管理，例如利用 AI 偵測船碰撞風險，及預測風險熱點，如同報告所提，每年發生之海事案件數較少，需輔以近失事件或衝突事件，但該等資料不易取得。由於各國際商港大部分船舶均由引水人引領船舶進出港或港內移泊，港區內之海事案件或近失事件引水人大多為利害關係人，建議可以與引	感謝委員，我國各港口 VTS 系統未來導入創新科技勢在必行，並應由「被動監看」走向「主動交通管理」，例如，運用 AI 即時偵測船舶碰撞風險、預測高風險熱點與提供管制建議。鑑於國際商港進出港與港內移泊多由引水人引領，引水人對航行決策、船舶操縱與環境風險具第一線掌握，其通報與作業紀錄對建立 AI 風險模型具有關鍵價值。建議由港務單位整合引水人辦事處與 VTS 的合作

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
<p>水人辦事處及港口 VTS 合作，取得通報及船舶相關資料，將有助於 AI 模型之建立。</p>	<p>機制，建立標準化通報流程與資料欄位（如時間、位置、船型、操船狀態、CPA/TCPA、氣象海象、管制措施與通訊紀錄），並透過去識別化與權限分級兼顧個資與責任敏感性。如此可逐步累積可用的近失事件資料庫，支撐 AI 模型訓練、驗證與熱點預警，並回饋至 VTS 作業規範與引水風險控管，形成持續精進的航安治理循環。</p>
<p>4. 115 年 1 月 3 日航港局離岸風場航行空間船舶交通服務(VIS)中心由行政院院長及交通部部長主持下正式啟用，VTS 中心建置之新系統，將透過 AIS 及雷達等視覺化資料，結合無線電通訊設備，能與海上船舶即時溝通聯繫，其中系統功能中，也可直接透過 AIS 發送信文給海上船舶，本報告所提 VDES 因具高容量與雙向資料交換能力，再加上前面所提可利用 AI 技術提升海事風險感知能力，亦建議未來在 VTS 系統功能提升及維運計畫中可將此項功能納入，將可進一步提升 VIS 服務範圍及成效。</p>	<p>航港局正式啟用的離岸風場航行空間船舶交通服務（VIS）中心，標誌著我國對於離岸風電海域的導航安全與交通管理邁入數位化與現代化的新紀元，隨著離岸風場規模擴大與航道日益繁忙，傳統 AIS 在資料容量與更新速度上的侷限將逐漸顯現。這正是引進 VDES 的最佳契機。VDES 的核心優勢在於其高容量與雙向資料交換能力，能支援未來更複雜的海事數據傳輸需求。本所將於航港局委託代辦「船舶特高頻資料交換系統監測技術研發」計畫第 3 期工作項目，規劃 VDES 岸基節點與航港局既有 AIS 基站之平行量測與實地場域測試，技術性評估 VDES 於監測能量上對 AIS 系統之替代或互補定位。</p>
<p><b>(二)國立高雄科技大學翁健二委員</b></p>	
<p>1. 報告內容針對 VDES 情境與案例說明提供詳實的應用探討，內容涵蓋 IMOSIP 指引中的潛在應用，更引用 IALA 文件探討，如 R-mode、避碰、支援 MASS、防止 IUU 活動，均有詳細論述。</p>	<p>感謝委員肯定。這些案例展現了 VDES 高容量與雙向傳輸的優勢，能有效補強傳統 AIS 的容量限制，為我國推動智慧航安、主動交通管理及離岸風場監控提供具體的技術路徑與實績參考，是提升整體海事服務成效的重要研究基礎。</p>
<p>2. 報告內容對工作項目的各項要求，均提出具體且系統性的論述，核心脈絡可概括為基礎通訊(VDES)，數據整合</p>	<p>感謝委員肯定與指導。本報告以 VDES 基礎通訊為核心，串接海氣象與 AIS 等多</p>

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
與應用（海氣象 AIS data），智慧化分析，此架構鋪陳，不僅邏輯嚴謹，更呈現了科技導入專案的最佳實踐模型。	源資料，進一步導入智慧化分析，形成由「通訊—整合—應用」的完整架構。
<b>(三) 國立成功大學莊士賢委員</b>	
1. 第 1.2 節「計畫範圍與對象」（P.1-4）中提及”彙整研析臺中港之海難事故發生案件，……”，然而報告內並未有對應的內容說明。	有關本計畫「計畫範圍與對象」已修正相關內容於 P.1-4。
2. 第 2.3 節「VDES 情境與案例說明」（P.2-11），雖然透過文獻整理國外的使用情境，然本計畫應針對國內之需求，提出更明確的未來使用情境之規劃，才可據以開發 VDES 的功能。案例說明之內容亦不足，應補充。	感謝委員指正。本報告「VDES 情境與案例說明」目前以國外文獻與指引作為彙整基礎，確實仍需進一步回到我國海域與港口作業特性，提出可落地的國內需求情境與規劃，修正相關內容於 P.2-17。
3. P.2-11 提及表 2-4 及 2-5，但報告沒有發現，請補充。	修正為表 2-2 及 2-3 於 P.2-13 及 P.2-14。
4. 第 2.4 節「系統架構及資料交換測試」中未見完整的系統架構圖，雖然內文有提到圖 2.6，然該圖並非系統架構。	於 P.2-24 修正圖 2.7 為 VDES 系統設備架構配置。
5. 第三章建議增加一小節，說明納入船舶監控預警系統的海氣象資訊有哪些（包含資料來源等）？且應區分不同使用需求所需的資料類別（如即時觀測資料、多少小時的預報資料…等）。	已於報告 P.3-30 增加即時觀測項目包含風力、波浪、海流、潮位，風力多以 10 分鐘平均風速為主、波流多為 30 分鐘或 1 小時更新、潮位為 6 分鐘更新等說明。
6. 第三章章名「精進海氣象資訊於船舶監控預警系統」，然整章內容不易看出哪些項目是本年度的「精進」部分。	原預計於航港局「航港 1 號」進行船測，但由於資訊安全考量，故先行暫緩本次船測作業。
7. 圖 3.28（P.3-19）內中間偏右的虛線方框內含 2 張圖，請補充文字表明各自代表什麼？此外，該方框內上方圖應只是資訊整合顯示介面，卻有一流向「海氣象資料庫」的指標，請說明這是要將哪些資料存入資料庫。	已於 P.3-19 修正圖 3.28。
8. 第四章針對 AI 技術應用在船舶航行安全整合系統時，所需要的各項功能，有很好的文獻綜整，探討亦相當深入，然各項功能的達成有賴於適當	感謝委員肯定及建議。本章除功能面綜整外，後續計畫將可針對各功能對應之 AI 模型選用原則與適用性檢討，整理現

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
AI 模型的選用，如能對現有模型應用於各功能系統的適用作一檢討或許有利於未來 AI 技術的導入。	有模型在資料需求、即時性、可解釋性與驗證指標上的限制與差異，作為導入與實作規劃之依據。
<b>(四) 本所運輸技術研究中心第二科李俊穎研究員</b>	
1. 計畫之探討 VDES 發展、測試站維運及 AIS 與海象資料整合服務，並探討 AI 技術導入航行安全系統之方法論，值得後續計畫參考。	感謝委員肯定。
2. 建議後續計畫要蒐集納入內政部電子海圖推展情形。	後續將把內政部電子海圖(ENC)推展情形納入蒐集與盤點，作為航行安全整合服務的重要基礎資料來源之一。後續可針對現行 ENC 涵蓋範圍、更新頻率、版本管理與供應機制，以及與國際標準(如 IHO S-57/S-101、S-100 架構)之一致性與轉換規劃，並釐清資料取得方式、授權條件與跨機關介接流程，避免後續系統整合時出現法規與使用權限制。
3. 建議後續計畫要加強彙整各港口，在推動智慧港口時相關計畫。	感謝委員建議，本計畫後續將加強彙整各港口推動智慧港口之相關計畫。
4. 建議後續能以單一港口或區域性，進行深入 AI 規劃及研擬。	後續可採「聚焦單一港口/區域、深化規劃、逐步擴散」的推進策略，以利 AI 導入更具可行性與可驗證性。
5. 圖 3.27 建議納入東引及東西莒航線。	已於 P.3-19 修正圖 3.27。
<b>(五) 本所運輸技術研究中心第一科賴瑞應研究員</b>	
1. VDES 不應僅視為 AIS 的替代品，而是港口實現 e-Navigation 策略的核心通訊平台，能優化資源配置並強化對特殊作業船舶(如風電施工船)的管控。爰建議增修 VDES 在商業營運管理上的應用細節，如「泊位預約資訊交換」、「裝卸作業計畫同步」及「港區設施即時狀態廣播」。此外，可強調其在離岸風電航道等複雜場景中的數位協同功能。	後續可在在港務營運之資訊交換流程與資料項目，包含泊位預約/靠離泊時窗、預估到港時間(ETA)與延誤回報、拖船/引水/繫解纜需求同步，以及裝卸作業計畫(裝卸序、危險品與特殊貨種、作業區域管制)之即時協調，並納入港區設施狀態廣播(航道封閉、燈浮/助航設施異常、碼頭設備可用性、臨時施工與禁航區)等，建立可直接支援決策與調度的訊息模板與介接規格。另將針對離岸風電航道與施工水域等複雜場景，強化「數位協

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
	<p>同」功能論述：以 VDES 承載作業船隊編組、動態作業區域公告、航行限制與管制指令、天候窗口與作業許可狀態回報，並與 AIS、海象觀測/預報及電子海圖資料結合，形成即時風險態勢與告警機制，提升特殊作業船舶管控的可視性與可追溯性。</p>
<p>2. 港口屬於關鍵基礎設施，確保資料的可追溯性、完整性與抗干擾能力，是管理部門推動智慧化轉型的制度性前提，建議修訂關於資料生命週期管理與資安防禦的內容。明確提出「讀寫分離」架構、時空資料索引優化，以及針對關鍵安全服務（如 SAR、VTS 協調）的端對端加密與 MIR 身分認證機制。</p>	<p>感謝委員建議。本計畫後續可依「港口關鍵基礎設施」定位，針對資料生命週期管理與資安防禦之制度性架構，確保資料可追溯性、完整性與抗干擾能力可被落實與稽核。資料治理面將明確採用分層儲存與保留策略，區分即時（告警/儀表板）、近線（事件回放/值勤查證）與歷史（模型訓練/稽核）資料庫，並建立版本控管、資料血緣（lineage）、欄位/事件標註與異動紀錄，以支援追溯與責任歸屬。系統架構面將提出「讀寫分離」與多節點備援設計，將高頻寫入與查詢服務解耦，搭配快取與訊息佇列降低尖峰負載；同時針對 AIS/VDES 與海象等時空資料特性，補充索引與分割策略（時間分區、空間索引、複合索引與熱點水域快取），提升 VTS 查詢、告警推算與回放效率。資安面將針對關鍵安全服務（如 SAR 協調、VTS 管制指令與跨機關通報）明確納入端對端加密、金鑰管理與身分鑑別/授權機制，並依 MIR 身分認證概念補充裝置與使用者憑證、權限分級與稽核流程，以降低竄改、偽造與中間人攻擊風險。另將納入通訊抗干擾與營運韌性要求，包含異常偵測、備援通道與事件應變演練，並以可量測指標（可用率、延遲、完整性檢核率、資安事件處置時間等）納入驗證計</p>

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
	畫，作為後續導入與擴充之依據。。
3. 隨著航運量與船舶大型化，透過預測風險集中區的形成，岸端管理員能提前進行交通引導，而非僅在發生緊迫會遇時才介入，建議針對離岸風電區所造成的狹窄航道或港內特定瓶頸水域，增加微觀交通流分析與「動態風險熱點」預測。	感謝委員建議。本計畫後續可針對離岸風電區形成之狹窄航道、港內特定瓶頸水域與交會區，納入微觀交通流分析與「動態風險熱點」預測機制。可將以 AIS/VDES 高頻動態資料結合航道幾何、電子海圖限制（淺灘、禁限航區）、作業區域邊界與海氣象條件，建立船舶層級的行為特徵（速度變化、航向偏差、加速度、變線頻率、跟隨距離、匯入/交織行為），並以時空窗（如 5 - 15 分鐘、1 - 3 小時）推估交通密度、流率、佔有率與衝突指標（CPA/TCPA 分布、近失事件率、超速/逆行/偏航比例）。建立可操作的門檻與分級告警（注意/警戒/管制），並與 VTS 勤務流程對接，將「預測—建議—發布—回饋」閉環納入作業 SOP。
<b>(六) 本所運輸技術研究中心第三科傅怡釗副研究員</b>	
1. 「臺灣近岸預測系統」(TaiCOMS)，非預報系統，請修正，另報告書寫「預報值」，建議修改成「預測值」。	已修正 P3-29。
2. 第 P3-29 頁第 2 段對於 TaiCOMS 系統敘述有誤，請修正。	已修正 P3-29 敘述如下：TaiCOMS (Taiwan Coastal Operational Modeling System) 為臺灣近岸海象數值預測之作業化系統，核心在於整合氣象外力、波浪與水動力等多尺度模式，並以現地觀測資料持續比對驗證與校準，提升主要港灣近岸波浪、潮位與海流之預警精度與服務可用性。針對主要商港近岸，另以 REF/DIF 折繞射模式配合細網格(如 10 m)反映地形與港灣構造物造成之波場差異，支援各港示性波高、週期與波向等預警指標。為補足中尺度網格對局部海域之表現限制，系統亦建置澎湖、金門、馬祖及東南西南等近海風浪模組，以提升

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
	區域化波浪特性描述能力。水動力部分包含臺灣周圍海域之中尺度暴潮模擬，以及基隆、臺北、臺中、安平、花蓮、蘇澳與離島等小尺度港區水動力模組，採不規則三角網格以刻畫潮位與流場在複雜岸線與港池內的空間變化。
3. 第 P4-22 頁「編寫程式將原本須人工操作的 MikeSW 模式加入波浪計算模組，已完成自動化颱風波浪整合生成模組」，因 4 年期計畫結束，希望這部分自動化成果能一併提供出來，俾利後續再應用。	該部分為本所 108 年與陽明交通大學合作計畫之結果，可後續再應用。

