

船舶特高頻資料交換系統與海氣象資訊之發展應用

黃茂信¹ 李俊穎² 曹勝傑¹ 陳子健³

¹交通部運輸研究所運輸技術研究中心副研究員

²交通部運輸研究所運輸技術研究中心科長

³交通部運輸研究所運輸技術研究中心研究助理

摘要

臺灣位於亞熱帶和熱帶氣候區，海氣象條件複雜，颱風、季風、潮汐和海流等對船舶航行與海事安全影響顯著。颱風是臺灣常見的自然災害，帶來強風大浪，嚴重威脅船隻安全；季風的風向風速變化也影響船舶航行。漲落潮和海流則會影響船隻速度和航向，進而影響海上安全。船隻在海上航行常遭遇海氣象事件，可能導致擱淺、碰撞、傾覆等海難。因此，提供即時、適當的航行警告、海象與氣象資訊，有助於預防事故並提升安全。為提高臺灣海運競爭力，健全管理制度、提升避險訊號接收效率及搜救能力至關重要。特高頻資料交換系統 (VHF Data Exchange System, VDES) 為近年航海領域的先進通訊技術，被視為提升船舶通訊、航行安全和航運效率的關鍵，本研究針對發展現況、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，並於芳苑燈塔設置「船舶特高頻資料交換」測試站，藉由測試彰化風場航道船舶通訊及監控解決方案，提供即時且準確資訊，有助於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。本研究另利用航港局之即時動態 AIS (Automatic Identification System) 資料，與交通部運輸研究所(以下簡稱運研所)運輸技術研究中心海氣象觀測資料庫，並引入中央氣象署氣象雲圖、雷達整合回波圖、颱風消息，結合臺灣海域船舶自動辨識系統，完成建置之船舶監控預警測試系統，可提供最近港口之海氣象觀測及預報值，並將相關成果提供航港局、臺灣港務股份有限公司做為海上交通及港區營運管理之應用參據。

一、前言

國際海事組織 (International Maritime Organization, IMO) 一直在致力於提高海上安全和保護海洋環境的標準。根據世界經濟合作暨發展組織(Organization for Economic Co-operation and Development, OECD) 的統計報告，全球貿易的主要方式仍然以海洋運輸為主，佔全球貨物貿易量的 85%。這使得海上運輸成為全球經濟和貿易系統中不可或缺的一部分。

為應對海上交通量的增加，IMO 於 2000 年通過《海上人命安全國際公約》第 5 章第 19 條，要求所有客船、航行國際航線總噸位 300 以上的貨船，以及非航行國際航線總噸位 500 以上的貨船，在 2008 年底前裝設船舶自動識別系統，這項強制措施旨在提升對海上船舶的監控，確保航行的安全性。

此外，IMO 於 2008 年制定「e-化航行策略」，並在 2014 年 11 月通過 e-化航行策略實現計畫（SIP）。這個計畫的目標是推動「e-化航行」的實現，使其從概念和策略的階段進入實質的實現階段，代表著海上航行將更多地依賴現代化的數位技術，從而提高整體航行的效率 and 安全性。

「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、智慧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。

臺灣地區位於亞熱帶和熱帶氣候帶，其海氣象特性因此也受到這些氣候帶的影響。通常來說，臺灣地區的海氣象條件相對複雜，包括颱風、季風、漲落潮、海流等多種因素，這些因素對船舶的航行和海事安全都有很大的影響。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，於 2018 年底完成以全國燈塔地點為基礎，建置自動識別系統，藉由與鄰近船舶、AIS 岸臺、以及衛星等設備交換電子資料，除可將 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，亦可廣播海象資料、危險警示區，供船舶接收，增進航行安全。

颱風是臺灣地區最常見的自然災害之一，颱風經過時會帶來強風和大浪，對船舶的安全造成嚴重影響。季風也是臺灣地區常見的氣象現象之一，季風帶來的風向和風速變化，會對船舶的航行造成影響。此外，漲落潮和海流等也是臺灣地區海氣象特性的重要組成部分，它們的變化會對船舶的行進速度和航向產生影響，進而影響海事安全。

船舶航行於海上，常遇到嚴重的海氣象事件，造成船舶擱淺、碰撞及傾覆等海難事件，針對造成海上航行安全原因而言，有效的提供航行船舶最即時、迅速、適當、正確的航行警告、海象、氣象以及各種突發狀況等各項航行安全資訊，將能有效的預防海上意外事故的發生，並應用於海洋事務，以提升船舶通訊與航行安全。

二、國際發展趨勢

2000 年，國際海事組織通過《海上人命安全國際公約》（International Convention for the Safety of Life at Sea, SOLAS）第 5 章第 19 條，規定所有客船、航行國際航線的總噸位 300 以上貨船，以及非航行國際航線的總噸位 500 以上貨船，必須於 2008 年底前安裝船舶自動識別系統，以加強海上船舶的監控與安全。我國交通部於民國 97 年（2008 年）修訂《船舶設備規則》，依照公約要求，規定符合噸位條件的國籍船舶須配備船舶自動識別系統。之後，於民國 108 年（2019 年）8 月 14 日進一步修正，要求總噸位 20 以上的各類船舶均需安裝該系統，以提升船舶監控與管理效能。

2002 年推出的船舶自動識別系統確實在海事船舶避免碰撞系統中扮演關鍵的角色。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 共用有限的特高頻 VHF 頻譜，當船舶數量增加時，可能導致頻寬擁擠，降低系統的效能。這可能導致訊息更新的延遲，影響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訊息，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訊和碰撞防護。然而，現代海事應用需要更多的訊息，如對導航標誌的數據、特定應用訊息以及災難響應等，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。

2.1 特高頻資料交換系統國際趨勢概述

為滿足更多應用的需求，包括導航、專用資訊、搜索和救援、人員落水設備以及緊急位置指示無線電信標桿（Emergency Position Indicating Radio Beacon -AIS, EPIRB-AIS）等，AIS 系統需要更多的支援和擴展。特別是在輔助導航（Aids to navigation, AtoN）方面，AIS 的應用受到限制，而且對於特定應用訊息（Application-specific messages, ASM）、搜索和救援發射機（Radar search and rescue transponder, SART）、人員落水（Man Overboard System, 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訊，但隨著應用需求的增加，AIS 所能提供的訊息和功能變得不夠全面。為應對這種情況，國際海洋航行輔助導航和燈塔協會（IALA）在這一背景下提出 VHF 數據交換系統（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訊和導航的多樣化需求。該系統的提出是為解決 AIS 所存在的限制，使其更加靈活且能夠應對各種應用場景。

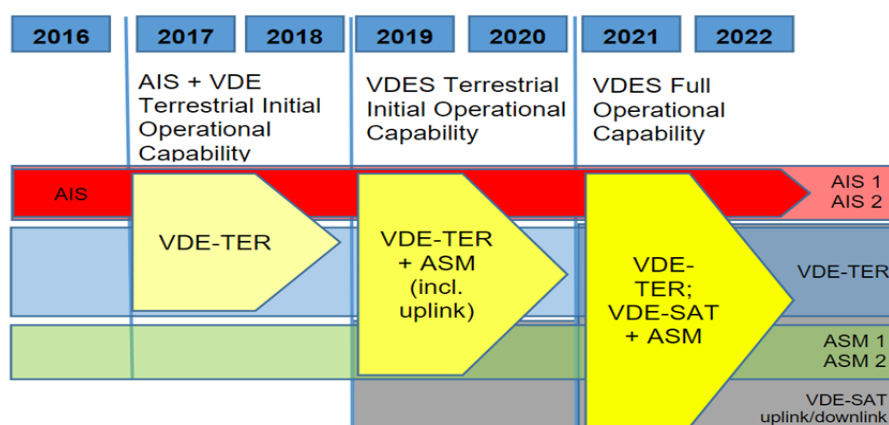
VDES 的概念包括將其整合到現有的特高頻數據鏈（VHF Digital Link, VDL）中，以應對 AIS 在數據負載上所面臨的限制。這意味著 VDES 將能夠更有效地支援 AtoN、ASM、SART、MOB 設備以及 EPIRB-AIS 等應用，從而提高海事通訊的全面性和效能，VDES 的提出是對 AIS 技術的進一步發展，以應對海事領域不斷增長和多樣化的需求。這一系統的實施將使得海事通訊更加強大、全面，同時確保船舶之間的安全和協同操作。VDES 的引入將推動海事技術的進步，為未來的航運環境帶來更多的創新和效益。

VDES 是一個先進的下一代海上導航和通訊平台，它融合小型衛星、智慧網路、通訊軟體和具有連接陸地、海洋、空中和太空能力的開創性轉發器。這個組合形成一個強大的硬體和軟體解決方案，旨在滿足未來海事的日益增長的需求。為確保 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 的擴展，它在 VHF 頻段上添加

雙向數據頻道。這一技術結合特殊的衛星頻道，使每艘配備 VHF 天線的船隻都能夠在全球範圍內實現通訊。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 技術被視為第二代 AIS，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、更靈活的通訊能力，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訊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 支持的範例，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 年世界無線電通訊大會修訂無線電規則附錄 18，即 VHF 水上無線電頻段，根據國際電信聯盟建議書 ITU-R M.2092 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、基站和衛星之間的 VDES 通訊，如圖 1 所示。



資料來源：ITU-R M.2092-0

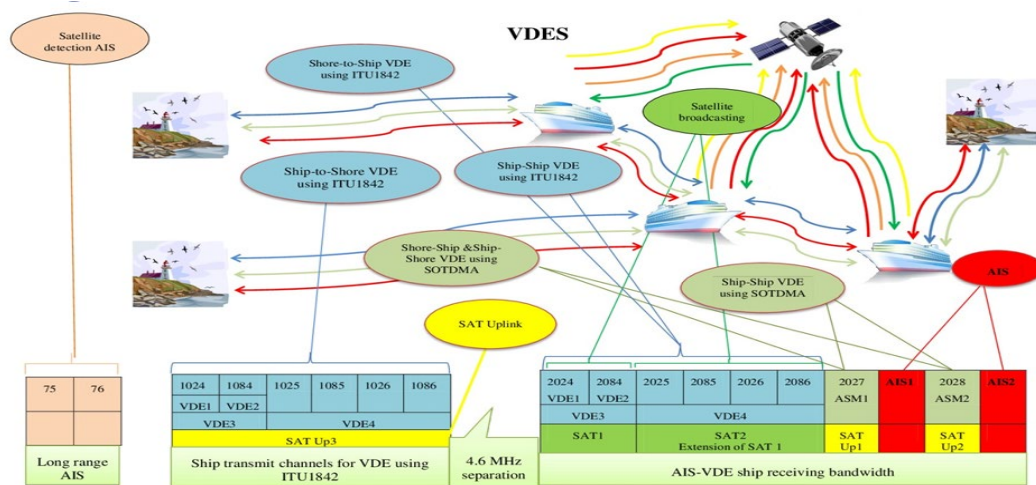
圖 1 VDES 頻譜的國際可用性

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 數據通訊的需求不斷增加，AIS 已大量用於海上安全、海上狀態感知和港口安全。因此，AIS 1 和 AIS 2 的過載需要額外頻道。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 (International Telecommunication Union, ITU) 確認海上數位通訊的效率與重要性，並因此制定技術標準，修訂 VHF 海洋頻段，以指定數據傳輸頻道。該頻段將同時支持模擬語音與數位通訊。國際燈塔協會向 ITU 提交的 VDES 方案，旨在保護自動識別系統，並為電子導航及全球

海上遇險與安全系統（Global Maritime Distress and Safety System, GMDSS）的現代化提供必要的數位通訊支持。

ITU 在海上數據通訊領域發揮了關鍵作用，率先引入數字選擇性呼叫（Digital Selective Calling, DSC），作為首個海洋數據傳輸系統，以提高呼叫和遇險通訊的成功率。VHF DSC 以 1.2 kbps 的速率傳輸數據，雖然相較於現代標準速度較慢，但其穩健性確保了在惡劣條件下的可靠通訊。隨著 IMO 對航行安全的要求提升，ITU 進一步開發自動識別系統。AIS 透過 VHF 頻段以 9.6 kbps 的速率傳輸數據，能夠提供船舶、基站、助航設備及搜救裝置的導航和識別資訊，極大地增強海上交通管理與安全性。為進一步提升頻譜效率，ITU 在 2012 年推出了一項新標準，引入 25 kHz、50 kHz 和 100 kHz 信道選項，使數據傳輸速率可達 307.2 kbps。近年來，隨著軟體定義無線電（Software-Defined Radio, SDR）技術的發展，ITU 在現有 VHF 頻段內進一步強化數據交換能力，促使 VDES 不僅提升 AIS 的數據傳輸效率，還為電子導航、全球海上遇險與安全系統（Global Maritime Distress and Safety System, GMDSS）現代化提供關鍵支援。

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，透過簡化和統一訊息來加強海上安全。此外，e-Navigation 旨在通過改進訊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。這些目標將通過高效和有效地使用水上無線電通訊來實現，並結合做為一種無線電通訊設備，通過 AIS、ASM 和 VDE 在船對船、船對岸（包括衛星）之間交換數據。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訊進行優化，每條 VDES 消息的傳輸都具有很高的接收可信度。VDES 以類似於 AIS 的方式增加數位數據的交換能力，包括向通訊作用區域中的船舶（廣播）、特定船舶或通訊作用區域中的一組船舶（尋址）或船隊提供數據船舶，如圖 2 所示。

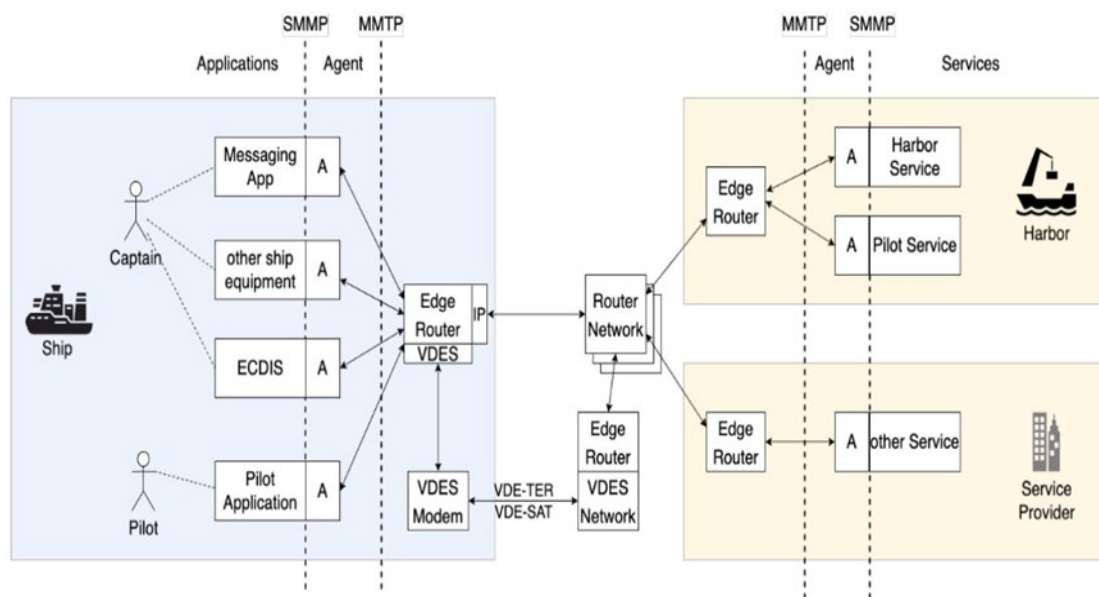


資料來源：ITU-R M.2092-0

圖 2 VDES 功能和頻率使用完整系統

2.1.1 VDES 訊號內容

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)，及海事訊號服務 (Maritime Messaging Service,MMS)，MIR 是海事數位通訊參與者的去中心化登記資料，可確保海事數位通訊領域中各個參與方之間的真實性。參與者可以使用 MIR 作為 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，即任意數位數據，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訊可透過 VDES 或 IP 進行連接，如圖 3 所示。



資料來源：G1117 VHF Data Exchange System Overview

圖 3 VDES 訊號傳輸架構概念

VDES 做為一種運行在 VHF 頻段的海事通訊系統，具有潛在豐富的應用前景，隨著科技的不斷發展，海事領域的通訊和導航系統也在不斷演進，以應對日益複雜的航運環境和安全需求，針對 VDES 的潛在用途，以及可能提供的新服務探討如下：

1. GNSS 備用定位導航技術：

在面對全球衛星導航系統（GNSS）失效的情況下，VDES 展現傑出的潛在用途。透過 R-Mode 技術，VDES 能夠提供替代的位置、導航和定時（PNT）服務，確保船舶在 GNSS 不可用時仍能確保準確的位置訊息。

2. 留言轉發：

VDES 的消息轉發功能為航運業者提供強大的通訊工具。這項功能不僅確保訊息能夠及時傳遞，還防止訊息隱藏轉發（Hidden Forwarding）或冗餘傳輸（Redundant Transmission），提高通訊的效率和可靠性。特別是在緊急情況下，這種即時的消息傳遞系統，可以極大地提升安全性。

3. AtoN 添加 VDES 功能：

VDES 的整合性使其能夠應用在航標系統中，為導航提供更全面的訊息。在 ASM 頻道上的船舶安全訊息能夠有效提升航行的安全性，使得船舶更容易準確地識別和避免潛在危險。

4. 於船舶監控系統（Vessel Monitoring System, VMS）增加 VDES 功能：

將 VDES 整合到船舶監控系統 VMS 中，為漁業監管機構提供一個強大的工具，以實現捕魚區的有效執法。通過 VDES，能夠實時監控漁船的活動，確保漁業資源的合理利用，同時避免非法捕撈行為的發生。

5. 為船舶自主避碰操作，增加自主航行安全的船對船訊息交換：

VDES 對自主避碰操作提供有力的支持，使得裝備有自主航行安全系統的船舶能夠更有效地交換訊息，確保船隻間的安全通訊。這對於繁忙的航運頻道尤為重要，能夠降低碰撞風險，提高整體的航行安全性。

6. 海域警戒 MDA（Maritime Domain Awareness, MDA）：

海域警戒是對影響海上安全、經濟及環境的各種因素進行全面掌握與評估的能力。透過收集、分析和傳遞訊息，MDA 能夠迅速識別潛在風險，為決策提供關鍵支持，VDES 的海域警戒功能進一步提升監控與信息傳輸能力，使海洋監測更加高效和精確，VDES 透過快速、安全的數據傳輸，能夠整合來自船舶、基站、助航設備及搜救系統的資訊，確保即時掌握海上動態。

7. 災難因應：

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 基站基礎設施，因自然災害而損壞的情況下，確保與沿海航行船隻的通訊，在自然災害發生時，通訊系統的穩定性至關重要。

VDES 做為海事通訊系統的一種新興技術，具有廣泛的應用前景，從定位導航到通訊安全，再到災難響應，都展現其在提升海事領域效能和安全性方面的巨大潛力，透過整合 VDES，能夠

迎接未來海事通訊和導航的挑戰，實現更加智慧、安全和高效的航運環境，AIS 與 VDES 的差異分析，如表 1 所示：

表 1 AIS 與 VDES 的差異分析

項目	AIS	VDES
頻寬	有限，易擁塞	提升，支持更多數據傳輸
數據類型	基本定位與靜態數據	支持動態數據、氣象數據、IoT 等多樣化訊息
安全性	加密不足，易受干擾	數據加密與認證強化，抗干擾能力更強
應用範圍	全球普及，主要應用於基礎定位與監控	尚未完全普及，支持更高級應用（如 MASS、自動導航）
成本	設備及運行成本低	基礎建設與設備升級成本高

2.1.2 VDES 各國推動概況

2015 年世界無線電通訊大會 (World Radio Communication Conference in 2015, WRC15) 通過 VDES 國際標準，ITU-R M.2092-0 (10/2015)文件中包含 VDES 的完整規格，詳細說明所有 VDES 兼容系統必須滿足的嚴格要求。2019 年世界無線電通訊大會(WRC19)在第 1.9 項自動化海事設備與 VDES 衛星議題上，具體建議各會員國未來應藉由導入 VDES 衛星元件的方式，支持歐洲海洋事務領域之發展，並建議各會員國支持核配 156-162MHz 給海洋衛星服務使用。

VDES 將包括船舶自動識別系統、特定應用訊息與特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（對應於 24、84、25、85、26、86、1024、1084、1025、1085、1026、1086、2024、2084、2025、2085、2026 和 2086 頻道）已被確認用於 VDES。在 WRC-19 最新版 ITU-R M.2092 建議書對 VDES 的地面和衛星部分做出描述，頻道使用說明如下：

1. 1024、1084、1025 和 1085 頻道被確認用於船對岸、岸對船和船對船通訊，但在非施加限制情況下之船對岸、岸對船和船對船通訊，亦可能實現船對衛星和衛星對船之通訊。
2. 2024、2084、2025 和 2085 頻道被確認用於岸對船和船對船通訊，但在非施加限制情況下之岸對船和船對船通訊，亦可能實現船對衛星和衛星對船之通訊。
3. 1026、1086、2026 和 2086 頻道被確認用於船對衛星和衛星對船通訊，不可用於 VDES 地面部分。
4. 24、84、25 和 85 頻道被確認用於船對岸和岸對船通訊。
5. VDES 的地對空部分不得對運行在相同頻段的地面系統造成有害干擾，不得要求其予以保護，亦不得限制其未來發展。
6. 2030 年 1 月 1 日前，24、84、25、85、26 和 86 頻道可由主管部門依據其意願用於最新版 ITU-R M.1084 建議書之模擬調頻，但前提是不得對其它使用數位調頻所發射之水上移動業務電臺造成有害干擾，並需要與受影響之主管部門進行協調。

衛星 VDE 目前除歐洲太空總署(European Space Agency, ESA)成員國中的英國、德國、義大利、西班牙、瑞典、丹麥及加拿大外，亞洲地區包括日本、澳洲、中國、新加坡及韓國皆積極研發建置。挪威太空中心在 2015 年 7 月與多倫多大學航空研究所簽署建造 VDES 衛星 NORSAT-2 的合約，其為一顆 15kg(尺寸為 20cm×30cm×40cm)的微衛星，NORSAT-2 衛星於 2017 年 7 月發射，搭載 AIS 接收器及雙向通訊的 VDE，軌道高度為 600km(太陽同步軌道)，目前於挪威領海提供先進的船舶追蹤跟數據交換服務。船舶和船舶間為 38.4~115.2kbps，船舶和衛星間為 2.1~140kbps。挪威太空中心亦在 2017 年 7 月發射 NORSAT-1 衛星，該衛星搭載 AIS 接受器，同時在 2021 年 4 月發射 NORSAT-3 衛星，該衛星搭載一個實驗性導航雷達探測器，以增強 AIS 接收器的船舶探測能力。

中國在 2017 年 1 月發射首顆實驗驗證衛星 Caton-1，該衛星由北京凱盾環宇科技有限公司和北京九天微星科技發展有限公司聯合設計，並由南京理工大學完成總裝測試，為一重量 2095 克(尺寸為 100×100×227mm)的立方衛星，設計壽命 10 個月，軌道高度為 533km(太陽同步軌道)，搭載 AIS 接收器，該飛行任務主要驗證衛星接收器及其算法的可靠性。

Saab、Orbcomm 和 AAC Clyde Space 在 2020 年 8 月發布將於 2022 年發射 VDES 衛星，其中 AAC Clyde Space 負責衛星製造，而 Orbcomm 將貢獻其衛星運營、船隻追蹤和物聯網經驗，Saab 則提供 VDES 技術，該項目由瑞典運輸管理局共同資助。

美國 HawkEye360 公司在 2018 年 12 月發射第一代電磁波觀測衛星集群 PathFinder (Cluster 1)，並於 2021 年 1 月發射第二代電磁波觀測衛星集群 PathFinder (Cluster 2)，其為以商用衛星服務提供訊號情報(SIGNIT)與進行電子支援作戰的先驅，HawkEye360 公司的觀測衛星集群以 3 個立方衛星為基礎單位，若 3 個衛星均接收到由地球表面發射之電磁波訊號，即能計算其來源位置。船舶除 AIS 訊號外，還會發射雷達和無線電波，第一代 PathFinder 可監測包括 X 波段海事雷達、海事無線電(maritime VHF)之 16 與 70 頻道、船舶應急指位無線電示標及 AIS 等訊號，相較於一般衛星偵照對船舶提供靜態影像，AIS 則拓展至識別、船速、航向等訊息，HawkEye360 公司提供的服務，能對船舶活動提供在時空上更精確的動態資訊，不僅提供位置，更能瞭解該船在該海域的活動狀況，甚至指出關閉 AIS 的可疑船舶，對於海上非法走私、漁業捕撈的執法及搜索救援行動等有極高應用價值。第二代衛星集群在系統升級後，不但持續擴充監測範圍，甚至可針對同一地點，同時提供不同頻段的監測資料，解析頻段使用所代表的意義。

2.2 VDES 設備發展概況

SDR 技術提供一種高效且成本相對較低的解決方案，允許透過軟體升級來提高多模、多頻和/或多功能無線設備的性能。這項技術非常適合 VDES 系統的設計。提升 VDES 系統的過程中能夠帶來龐大的商機，有超過 100,000 艘 SOLAS 船隻在未來改裝期間，可能要升級到 VDES。而且，由於其他小型船隻需要透過安裝 VDES 設備來提升安全性和整體操作性。因此，系統開

發人員需要快速掌握一個能夠在 VDES 生命週期內支援平台，從而可以隨著 VDES 技術路線圖的進展，實現升級以及支援更高的靈活性。

VDES1000 是一款基於 SDR 技術的客製化設備，如圖 4 所示，它依據 ITU-R M.2091-0 (+, 1) VDES 規格設計。該模組可現場升級，支援軟體更新，能夠適應未來海事 VDES 標準的變化，確保 VDES 整個生命週期的未來發展。模組整體佔位面積很小，使開發人員能夠不受改裝時的空間限制，透過直覺的 API 可實現完整的存取和控制，並支援快速系統整合。由於 AIS 系統未來需要更換，VDES 的持續開發和推出帶來許多商業機會。隨著 VDES 研究和現場試驗的持續演進，取得合適系統開發平台，如 CML VDES1000，將加速此一新興技術的開發和利用，進一步支援 SOLAS 和海事通訊科技發展。



資料來源：CML Microcircuits

圖 4 VDES1000 收發測試機

VDES 模組被設計用於實現完全相容的 VDE 或 AIS-A 類別站，其目的在於提供一個全面的解決方案，該模組的結構包含隔離電源、高功率 Tx 放大器 (PA)、低雜訊 Rx 放大器 (LNA)、數位基頻處理以及協議所需的處理程序，這種集成的設計不僅提供更高的效能，同時也簡化整體系統的架構，透過整合隔離電源、高功率 Tx 放大器、低雜訊 Rx 放大器、數位基頻處理和協議處理程序，該模組提供一個全面的解決方案，適應 VDE 和 AIS 規格的需求。VDES 模組中所有的基頻處理都在軟體中執行，代表該模組具有極大的靈活性，未來可以透過軟體升級進行調整，以適應不斷變化和發展的規格，而無需經歷昂貴且耗時的開發週期。這種軟體升級的特性使得 VDES 模組成為一個長期可靠的解決方案，能夠應對行業標準的演進，確保系統在未來的操作中，保持高度的兼容性和可擴展性。

三、技術應用現況

3.1 本研究技術發展目標

為測試 VDES 相關訊號，本研究於彰化芳苑燈塔（王功漁港）設置一 CML VDES1000 固定測試訊號站，及另一 CML VDES1000 移動裝置如圖 5，在彰化縣芳苑鄉芳苑燈塔（王功漁港）架設的 VDES 的主要目的，是期待未來實現對彰化風場航道船舶通行的全面監控，應用此系統做為一種船舶通訊和監控解決方案，通過特高頻資料交換，提供即時且準確的資訊，以確保航道的安全性和有效性。

VDES 系統的訊號傳播主要依賴 VHF（特高頻），其覆蓋範圍受限於視距傳輸，並考量惡劣天氣、海象變化等對訊號穩定性的影響。此外，沿岸建築物、地形遮蔽與其他無線電干擾，均可能影響 VDES 訊號的傳輸，除地域範圍的考量，VDES 系統的技術影響因素也需進一步探討。在技術限制方面，VDES 雖然具備更高效的數據傳輸能力，但其傳輸距離仍受 VHF 頻段的限制，相較於高頻（HF）系統，對於遠洋航行船舶的適用性仍需進一步確認。此外，海上環境因素，如水氣、降雨、波浪等，可能影響訊號的穩定性，因此應透過長期監測來評估其可靠性。由於 VDES 仍屬於新興技術，國際標準化與頻段分配尚未完全確立，未來應持續關注國際協調與技術發展趨勢，以確保 VDES 能夠符合全球海事應用需求，並與現有的海上通訊基礎設施無縫整合。



圖 5 移動 VDES 接收站裝置設備

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，主要確保系統始終處於最佳狀態，能夠有效地收集、處理和傳輸船舶相關的資料，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 6 所示。

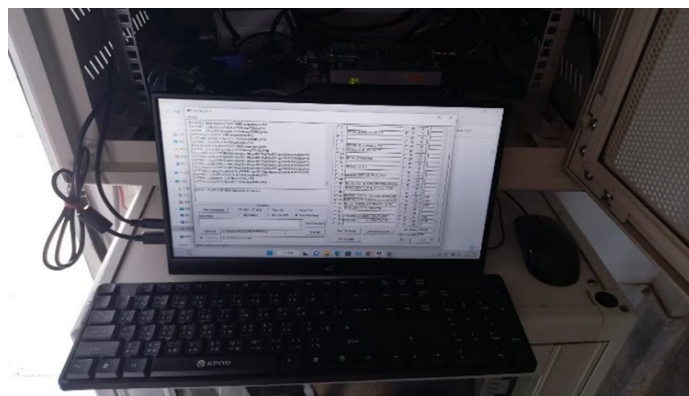


圖 6 芳苑燈塔測試站訊號接收圖

雙邊 VDES 測試的成功實施需要考慮到通訊連接的穩定性。這包括定期測試移動裝置與附近船舶之間的通訊連接，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訊的問題，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。

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訊息。首先，AIS 提供的資訊涵蓋船舶的位置、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訊、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、航行狀態等訊息，以便進行後續的分析。考慮到現有的船舶特高頻資料交換監控測試系統缺乏相對應的顯示海圖介面，故先行使用電子海圖平台（OpenCPN）展示初步船舶位置畫面。

OpenCPN 支援兩種主要的海圖格式，即光柵海圖格式（Raster Navigational Chart, RNC）和向量海圖格式（Vector Navigational 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，在其界面與傳統紙質圖表並無差異。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，為運研所 97 年完成 127 幅 S57 ENC，如圖 7 所示，涵蓋相當廣泛的區域，提供詳細的水道、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。使用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 8 所示。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。

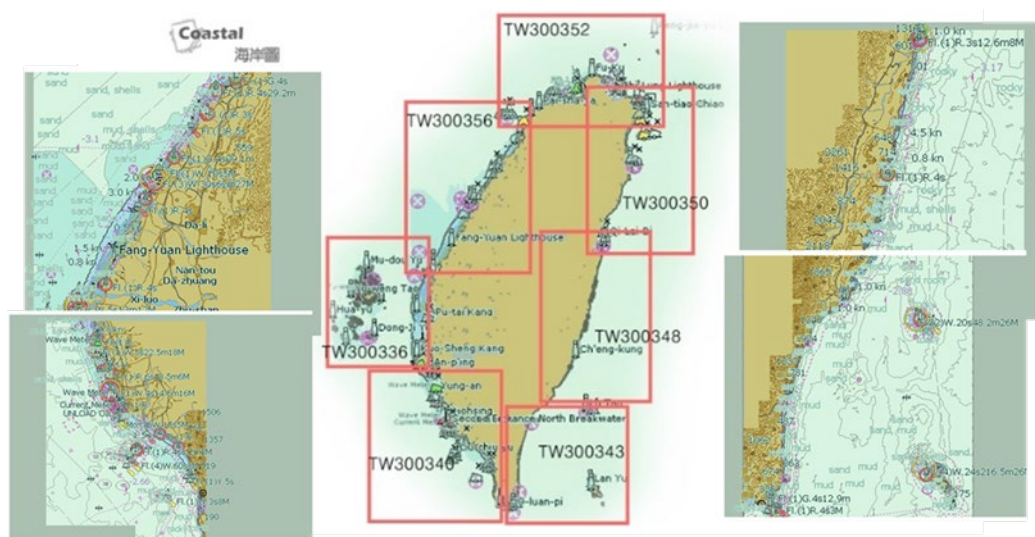


圖 7 S57 電子海圖

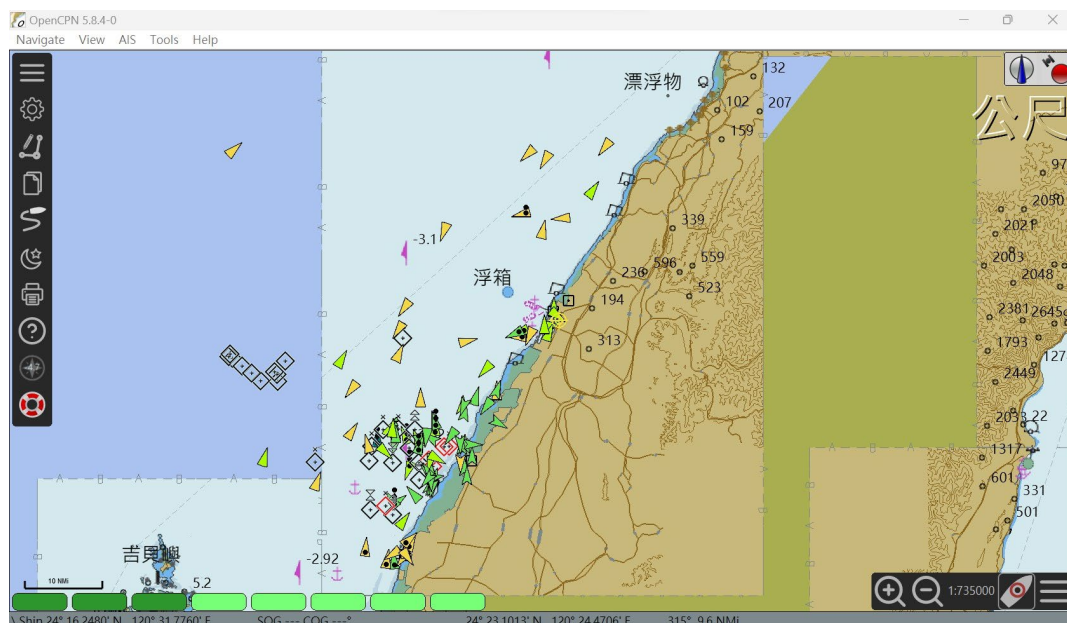


圖 8 電子海圖平台展示畫面

3.2 技術整合應用

就船舶航行安全而言，我國現今沿海海氣象現場觀測的密集度遠低於海氣象預報校驗需求，一般而言，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，面對全球氣候變遷，有效災害預警顯得相當重要。近 20 年以來，船舶自動識別系統（AIS）提供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（運研所）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，以收集關於波浪、潮汐、洋流、風速等可用性的相關資訊，並建立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，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，運研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。

本研究之船舶事故海氣象資料自動產生模組開發，係利用航港局提供之即時動態 AIS 資料，與運研所觀測蒐集的海氣象資料庫，並引入中央氣象署提供之氣象雲圖、雷達整合回波圖、颱風消息，結合臺灣海域船舶自動辨識系統進行功能建置。在優化臺灣海域船舶自動辨識系統網頁顯示介面的過程中，對畫面進行有效的區域切割，將海氣象資訊明確呈現，確保界面清晰易

用。前臺頁面需設置 3 組關鍵標籤，分別為時間、經度、和緯度，以便使用者能快速獲取船舶的相關資訊。這 3 個標籤能讓使用者精確掌握船舶的動態，尤其是在查詢船舶位置及周邊環境時。為計算船舶與觀測站之間的距離，應撰寫一個距離函式，此函式能將前臺選取的船舶位置與各個觀測站的座標進行比對，從而找出最近的觀測站。這樣的設計不僅提高介面的操作效率，也讓使用者能夠快速找到最相關的即時海氣象資料，增強系統的實用性和精準性。

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，及運研所臺灣近岸海象預報系統（TaiCOMs）之預報值，其系統整合了數值預報模式以及海氣象觀測網的作業，各國際商港附近的氣壓、颱風、風場(風速、風向)、波場(波高、週期及波向)、水位(天文潮位、暴潮位)及流場(流速、流向)等現場資料，均可經由同步連線系統回傳，經整理後統一輸入資料庫中；而臺灣海域模式預報系統則包含了波浪、水位及流場等相關模式的模擬與預報，如圖 9 所示。

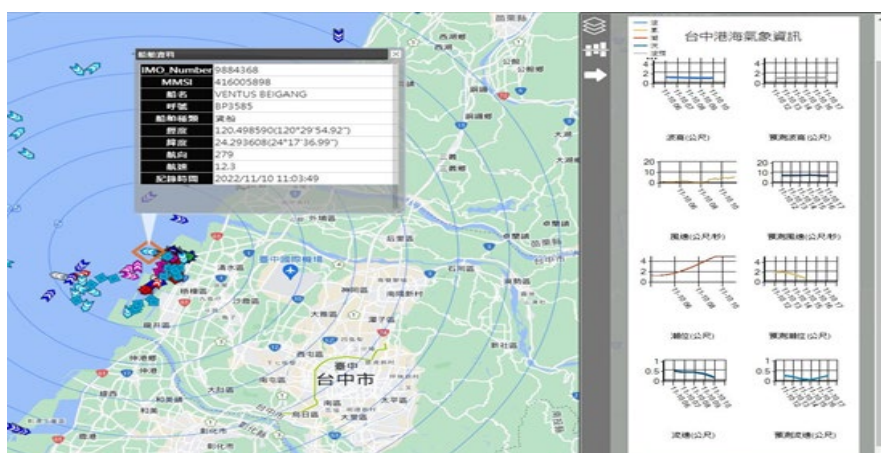


圖 9 臺中港海氣象觀測資訊

中央氣象署提供的氣象雲圖、雷達整合回波圖和颱風消息的公開資訊，以應對海氣象狀況的變化，整合雷達回波圖、氣象雲圖及相關的颱風消息是海上活動中不可或缺的一環。颱風的路徑和強度預測讓船舶可以提前做好應對措施，避開可能受颱風影響的區域，這些資訊的有效應用不僅提高海上活動的效率，同時也保障船舶及其他海上人員的安全，藉由充分應用介接中央氣象署提供的氣象資訊，不僅使船隻在航行中更具優勢，也為整個海上運輸行業帶來實質的利益和進步，民國 113 年 10 月山陀兒颱風監控圖，如圖 10 所示。整合系統提供實時的船舶位置、風速、波浪、潮位、海流等關鍵資訊，協助提供即時掌握港區及鄰近海域的船舶動態。在颱風影響期間，能快速整合颱風路徑及影響範圍，針對受影響船舶提供即時警示與安全建議，並協助其調整航線以避開風險。此外，AIS 數據與港口周邊的氣象、海象觀測同步更新，支援船舶進出港的精確導航，確保船舶通行安全及港口作業效率。同時，系統能預測未來幾小時或幾天內的海象變化，提供船舶及港區更完善的作業規劃基礎。透過整合數值預報模式及觀測網，

能有效管理港區及鄰近海域的交通，減少因天氣因素造成的影響，進一步確保國際商港作業順暢。

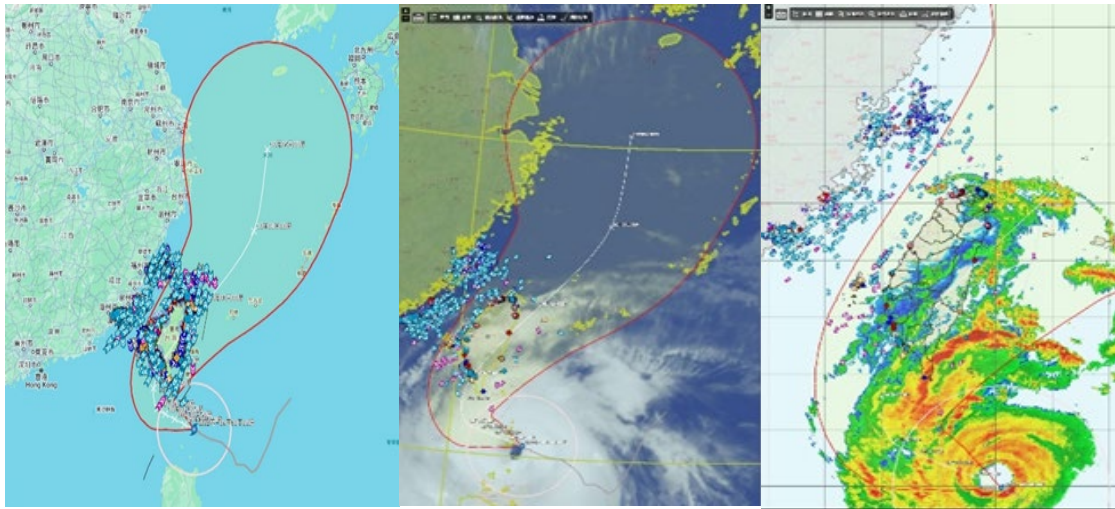


圖 10 船舶動態系統 (AIS) 整合颱風消息圖

四、結論

船舶自動識別系統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 數據通訊的需求不斷增加，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 頻道。國際電信聯盟 (ITU) 制定技術標準並修訂 VHF 海洋頻段，以指定數據傳輸頻道，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 的應用也在海事通訊、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。VDES 可提供各船舶共有 AIS 情報，除原有的安全性功能，更能瞭解航路上的海上狀況，而在海洋數位化部分，則整合氣象衛星、地球觀測衛星、海上浮標及船舶接收器，可達到高解析海象預報，透過 VDES 衛星可提供休閒船舶相關海象資訊，增加其航行的安全性。

在彰化縣芳苑鄉芳苑燈塔 (王功漁港) 架設 VDES 主要目的，為測試彰化風場航道船舶通行的全面監控，通過特高頻資料交換，提供即時且準確的資訊，以確保航道的安全性和有效性。透過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，主要確保系統始終處於最佳狀態，能夠有效地收集、處理和傳輸船舶相關的資料，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。

於海上航行之船舶，常因惡劣的海氣象如強風巨浪等常為造成船隻碰撞，翻覆等海難事件，因臺灣周圍海域風、浪形成速度快，再加上霧季及颱風影響變化，都會影響船舶航行安全，藉由蒐整航港局海事資料庫或新聞報導資料，利用於運研所各港觀測海氣象資料，自動匯出船舶最近港口之海氣象觀測值，包含風速、風向、潮位、波高、週期、波向、流速、流向等相對應之圖表連結資訊，以提升我國周遭海域之船舶航行安全，落實海上交通安全保障之目的。

港口海氣象特性與海事事故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故密不可分，瞭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，透過整合，港口管理機構能夠更即時、更精確地監測海氣象變化，提前預警，以降低海事事故的發生概率，進一步保障港口運作的穩定性和安全性。

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訊帶來劇變，提升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。期待後續研究技術的不斷發展，進一步推動智慧航安，為全球的海上運輸帶來更安全、高效的未來。

參考文獻

1. IALA Guideline,G1117 VHF Data Exchange System (VDES) Overview. Edition 3.0, IALA, December 2022.
2. ITU, Recommendation ITU-R M. 2092-0, Technical characteristics for a VHF data exchange system in the VHF maritime mobile band, 2015.
3. ITU, World Radio communication Conference 2019 (WRC-19) Final Acts, 2020.
4. International Telecommunication Union, 2015, ITU-R M.2317-0 Selection of the channel plan for a VHF Data Exchange System.
5. Maritime Safety Committee, “International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS),” International Maritime Organization, 1974.
6. 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.
7. 交通部運輸研究所(2012)，智慧型航行與監測系統之研究(4/4)。
8. 交通部運輸研究所(2016)，結合動態船舶與環境資訊之綠色航路智慧領航計畫 (4/4)。
9. 交通部運輸研究所(2019)，整合 AIS 與海洋陣列雷達系統之航安應用評估。
10. 交通部(2019)，我國智慧航安服務建置暨發展計畫(核定本)。