

2026.8
第二 期

台灣航港新視野

NEW INSIGHTS OF MARITIME AND PORTS



**勁風淬鍊海洋國力
乘風點亮蔚藍願景，構築海洋永續綠色骨幹**

航向海洋強國的最後一塊拼圖

航港鐵三角攜手踏浪逐風

目錄

01 編輯室小語

舵手的話

- 02 乘風破浪的湛藍變革
在風機之下重塑航港新局

航港焦點

- 04 勁風淬鍊海洋國力
乘風點亮蔚藍願景，構築海洋永續綠色骨幹
- 06 破浪而出
航向海洋強國的最後一塊拼圖
- 10 海上綠金閃耀
航港鐵三角攜手踏浪逐風

名家論壇

- 14 臺灣航港與離岸風電產業的協同發展：
基礎設施、海事本土化與非自航式重
拖曳作業安全監理之研究
- 22 臺灣離岸風電航運產業的發展與挑戰
以運維船開啟產業新契機
- 30 翻轉港埠管理 DNA：
臺灣港群科技減災新藍圖

寰宇脈動

- 38 國際趨勢的在地實踐
- 40 IMO 會議最新動態
- 42 風電未來式
離岸風機大型化及浮動式風電發展

航港小學堂

- 44 汽笛鳴響，航港小學堂上課啦！
離岸風電的豆知識

走進航港人的世界

- 46 浪愈高、心愈定
從 2% 走向百分百的離岸風場守護者

中華民國115年8月第2期

出版單位／交通部航港局、
財團法人驗船中心、
臺灣港務股份有限公司

發行人／林國顯、葉協隆、周永暉

總編輯／饒智平、鄭志文、王錦榮

編輯委員／戴輝煌、張嘉紋、沈淑賢、張明雄、
黃悅瑩、蔡淑慧、張乃文

編輯／劉冠筠、林曉琪、吳書羽、藍右珊、
莊淳迦、陳乃平、蘇于喬

發行單位／交通部航港局

地址／106248臺北市大安區和平東路3段1巷1號

電話／886-2-89782900

編製單位／集思創意顧問股份有限公司

專案經理／張淑美

主編／陳筱君

攝影／游家桓、杜勝仲

封面照片提供／海龍離岸風電

設計／楊閔如、廖桂寧

地址／台北市內湖區堤頂大道二段407巷20弄35號7樓

電話／886-2-8797-7333

GPN／4811500010

版權所有 翻印必究 本刊圖文非經同意不得轉載



編輯室小語

從歐洲到亞洲、北海到臺灣海峽，離岸風電正在改寫全球能源地圖。這一次，臺灣不再只是追隨者，當歐美市場逐漸飽和，亞太成為下一波離岸風電投資熱區之際，臺灣已成為跑在最前面的領導者。

無論是環海翡翠輪那支持續旋轉的吊臂，或彰化 VTS 中心徹夜不熄的雷達螢幕，還是驗船中心一項項自主建立的檢驗規範，在在展示著屬於臺灣的海事工程實力，正在這片海域成形。這也是本期企劃的起點，我們想問的不只是「臺灣蓋了多少座風機」，更要探索「臺灣為什麼能站上這個位置」。

於是我們走進台船環海董事長曾國正的辦公室，了解套管式水下基礎的施工難度；拜訪臺灣風能訓練公司，理解一張張 GWO 證照背後，是多少人轉換跑道的勇氣。交通部航港局、臺灣港務股份有限公司、財團法人驗船中心組成的航港鐵三角，如何在政策、碼頭與檢驗標準上環環相扣，編輯團隊因此更加深刻體會到，離岸風電從來不是單一產業的勝利，而是海洋國力的重要根基。

採訪過程中，受訪者分享的小故事都令人動容。在彰化 VTS 中心螢幕雷達光點背後，是眾多家庭的安心重量。在「幸運輪」、「鑫順一號」事件中，隨著情況愈來愈緊急，不僅要安撫船員，還得聯絡各個相關單位，呼叫鄰近船舶在第一時間就近救援，更彰顯出在離岸風場區域航行，安全從來不是理所當然，而是許多無名英雄的默契守護。

當編輯團隊結束最後一個採訪行程，走在作為風電母港的臺中港附近，強勁的風力讓人切身感受到，臺灣正透過離岸風電，蓄積永續轉型、產業升級的那股動能，海事工程國家隊要幫臺灣拼的不只是綠電，更是下一個十年最重要的舞臺。

海洋從來不是臺灣的邊界，而是帶我們走向世界的航道，這一期的《台灣航港新視野》也邀請所有讀者一起感受風機轉動的力量。歡迎登船！

乘風破浪的湛藍變革 在風機之下重塑航港新局

(海龍離岸風電提供)

迎著強勁的季風，一座座矗立於海面上的離岸風機穩健地轉動。在全球追求淨零碳排的國際趨勢下，綠色能源轉型已成為不可逆的時代命題，不僅是我國重要的政策方針，亦驅動航港產業之變革。我國自 2017 年設置首 2 座示範風力機起，至今（2026）年 7 月已正式完成第 508 座離岸風機，總裝置容量累計達 4.9GW。不到十年有如此成績，正是產業及航港相關單位積極應對之成果。

離岸風電於我國海域安全及港埠發展，均是重大挑戰，如何以維護船舶航行安全為前提，在兼顧航運發展同時，建構韌性的離岸風電海事環境，此為航港局不斷努力的方向。

然而，這絕非單一機關能獨力達成，而須由「航政、港務、驗船」三方持續緊密協作。爰此，交通部航港局推動航安規劃並革新監理機制，臺灣港務股份有限公司強化港埠基建提升港區量能，財團法人驗船中心則持續把關技術與安全標準，我們正以三位一體的戰略，將挑戰轉化為國家競爭力升級的契機！



航港局：智慧航安、行政革新

航港局作為航政監理機關，面對廣袤的風場周邊水域，全面推動智慧航安計畫，完備並擴大離岸風場監控範圍。

今（2026）年 1 月 3 日正式啟用的新一代離岸風場航行空間船舶交通服務（VTS）中心，即對航行於離岸風場周邊海域之船舶，提供 24 小時航安資訊及示警服務；另為加強海難應變處置能力，亦透過智慧航安資訊平臺系統及海事中心進行全天候監控，於必要時即時彙整船舶資訊，提供搜救單位應處；此外，今（2026）年更引進大型拖救船舶，搭配智慧航安監控船舶「航港一號」，持續建構具韌性的海上救援防線。

離岸風電發展過程中，船員、船舶均為重要推手，在國內海事工程產業之重要性與日俱增下，許多航政監理行政革新也應運而生。船員權益方面，因風電航商為安排船員休息，除靠泊上岸外，亦可能安排船員於運維船（Service Operation Vessel, SOV）休息；為此，航港局因應實務需求，將「航行時間」定義為「自船舶開船離開碼頭至船舶靠港停泊或靠泊於運維船止」，避免船舶礙於過往 14 小時工時限制下須頻繁返港的困境，兼顧工程效率與船員權益保障。

為擴大我國船員就業機會，相關船員訓練機構（國立臺灣海洋大學及國立高雄科技大學）已於 2024 年 10 月取得比利時 5 年長期認證，我國船員可經由取得比利時適任證書，進而開拓至歐盟、英國及美國等船旗國船舶的工作機會。而在海事工程船舶方面，配合經濟部對於外籍離岸風電船舶產業關聯諮詢審查機制，航港局採取「併行審查」船舶適航性之機制，外籍工作船可望迅速獲准投入風場作業。

然於行政革新過程中，聆聽與溝通一向為航港局所重視。為使風電發展面臨之航政、港政及航安問題能獲釐清，並讓風電產業界有提供建言之機會，

航港局成立了「離岸風電航政業務協調會報」，定期召會，提供面對面的溝通平臺，期望促進航安、航運及風電之協調並進。

港務公司：港埠基建、強化量能

因應國家能源轉型及淨零碳排政策，港務公司依各港區條件與發展定位，提供完善之離岸風電產業所需港口基礎設施與服務，如臺中港定位為離岸風電產業母港，提供風機預組裝、零組件製造及相關運維服務；臺北港以水下基礎製造為主要功能；高雄港提供風機零組件製造及相關產業支援；安平港作為進口風機水下基礎之儲轉基地；布袋港則以離岸風電運維服務為主要發展方向。近年更積極擴充港埠量能，多面向提供風電支援服務，其中，臺中港「南填方區」填海造陸，預計提供 50 公頃土地作為未來浮動式風機發展基地，並新建第 41、47 及 48 號碼頭提供運維工作船靠泊，而高雄港亦同步推動碼頭護岸及新生地填築工程，全面強化風電支援能力。

驗船中心：把關技術、接軌國際

驗船中心成立離岸風電技術團隊，投入離岸風場專案驗證及海事保證鑑定等服務；為建立扎實的專業驗證能量，2019 年向我國認證組織 - 財團法人全國認證基金會 (TAF) 申請 ISO/IEC 17065 國際標準認證，並於 2023 年正式成為國內首家具備離岸風場「全生命週期驗證能力」的機構；近期更積極布局浮式風電驗證技術，相關研究成果已在 2025 年發表於國際期刊。此外，亦順利完成財團法人船舶暨海洋產業研發中心 (SOIC) 研發的「德塔浮臺 (Delta Float)」平臺設計與施工程序授證，不僅展現其在風電技術驗證的卓越成果，也落實了保障海上人命安全及防止海洋環境污染的核心使命。

從智慧航安規劃、行政革新作法、港埠基建擴充到接軌國際規範，臺灣航港產業配合國家離岸風電發展而持續蛻變。在這條通往淨零與智慧化的湛藍航道上，我們將持續透過產官學界組成的「航港國家隊」緊密協作，乘風破浪，向世界展現一套兼顧綠能開發、航運發展與航行安全的「臺灣模式」。



高雄科技大學離岸風電訓練課程。（高雄科技大學提供）

勁風淬鍊海洋國力 乘風點亮蔚藍願景， 構築海洋永續綠色骨幹

採訪、攝影、撰稿：集思創意編採小組

照片提供：交通部航港局、臺灣港務股份有限公司、財團法人驗船中心、海龍離岸風電、
台船環海風電工程股份有限公司、昱能海事股份有限公司

陣陣海風掠過，
推動為地球降溫的大型風車。

風車飛快地轉著，
在島嶼注入了潔淨的能源脈動。

在這片蔚藍版圖上，
我們正以堅實的技術底蘊，
勾勒出「綠色護國神山」的雄偉輪廓，
成就傲視亞太的海事軟硬實力，
並航向永續的地平線。





破浪而出

航向海洋強國的最後一塊拼圖

臺灣海峽，這片部分海域自古因為洋流交會、風力強勁而波濤洶湧的天險之境，過去是豐厚的漁場，如今正處於一場歷史性的產業變革。蔚藍大海上一座座巨大的風機，轉動出臺灣在全球淨零碳排浪潮中的關鍵一步，更催生出一支能夠走遍亞洲，輸出臺灣永續產業技術能量的海事工程艦隊。

時序進入暮春四月，過去數月來受到季風影響的海面風浪漸平，「環海翡翠輪」這艘由臺灣自主建造，全球第二、亞洲第一大的海事工程浮吊船，開始忙碌穿梭於彰化外海的風妙風場水域，彰顯的不僅是臺灣海事工程的里程碑，更是將臺灣海洋產業實力推向國際舞臺的重要證明。

依靠著先進的動態定位系統，「環海翡翠輪」在遭受風、浪、流的推移之下，依舊能停留在預設的海中定點；每次執行吊掛作業時，可以看到在面積達 8,200 平方公尺、約等於 1.3 座標準足球場的甲板上，一次能吊掛 4,000 公噸，相當於 3,000 輛

汽車的巨型吊車緩緩轉動，將重達數千公噸的水下基礎組件，精準嵌進預定座標，固定於海床之上。

高性能浮吊船展現的 Marine Team Taiwan 實力

根據國際海事產業統計，2025 年環海翡翠輪於全球離岸風電水下基礎完工量排名全球第四；若只計算臺灣海域主流的套管式（Jacket Type）水下基礎安裝，環海翡翠輪則躍居全球第一。



台船環海董事長曾國正

「環海翡翠輪從一開始，就是放眼蘇伊士運河以東、整個亞太地區未來數十年的極端海況與特殊工程需求，量身打造的海事工程船。」台船環海董事長曾國正以簡單的敘述，說明海事工程臺灣隊（Marine Team Taiwan）的決心和願景。

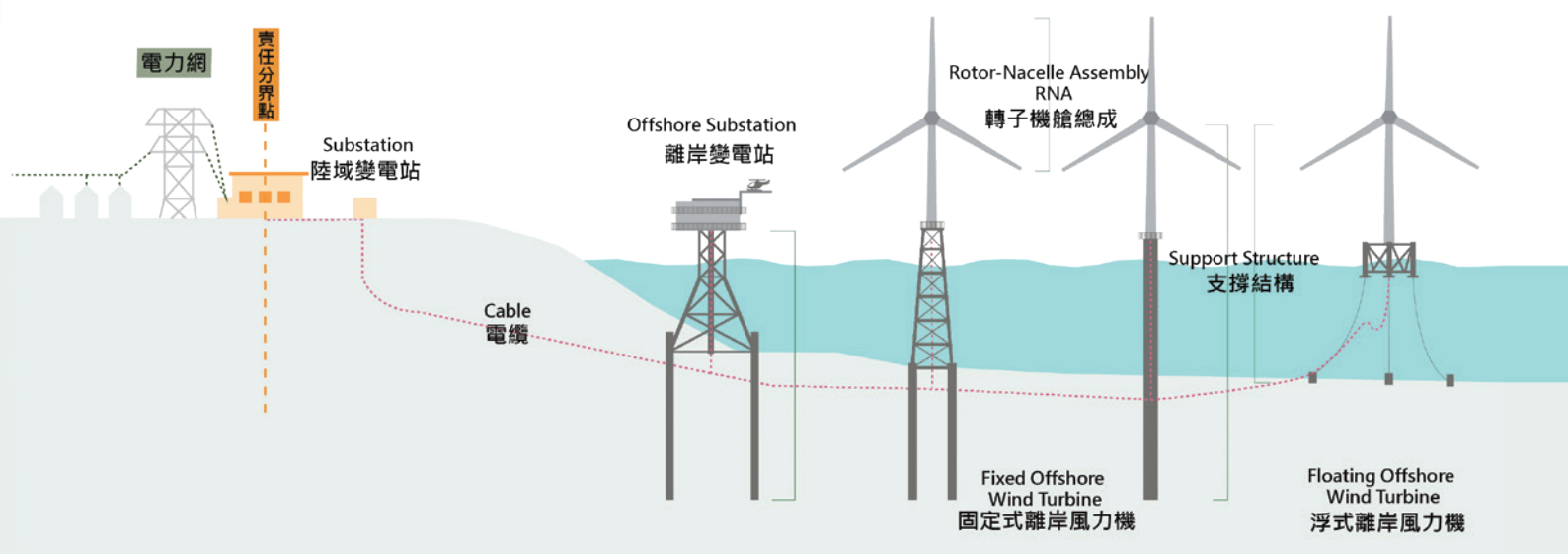
歐洲的離岸風場多位於堅硬海床區，因此採用「單樁式」（Monopile Type）水下基礎設計，只需將一根巨大的中空鋼管打入海床，再架上風機塔架，工程相對單純；然而臺灣海峽的地質與環境複雜多變，絕大多數風場採用結構複雜的「套管式」水下基礎設計。一座套管式基礎需要打入三至四根基樁，再安裝上層塔架，等於單一風機的水下基礎安裝就包含四到五項極其精密的海上重型施工工序。

施工效率極佳的環海翡翠輪曾經利用短短兩個月的工程空檔，完成台電二期 22 座極為困難的水下基礎安裝，「如果將每根基樁與塔架的複雜工序加總，環海翡翠輪 2025 年的實際作業量，高居全球同型工作船的第二名！」曾國正自豪地表示，「這證明臺灣不僅造得出世界頂級的船舶，更具備全球最頂尖的施工團隊，也大幅領先包括日本和韓國等亞洲國家！」

三塊拼圖建構海洋自主韌性

已完成 508 座離岸風機建置的臺灣，離岸風電總裝置容量累計達 4.9GW，名列全球第五，即使近年來數度歷經颱風及地震考驗，所有機組依然穩定運轉，2025 年離岸風電發電量更首度突破 100 億度，顯示臺灣在離岸風電產業已經佔有舉足輕重的地位。

「我們看這件事，不能只停留在離岸風電；要更前瞻地看臺灣整體的海事實力、海洋競爭力及永續產業的發展。」曾國正眼神堅定，語氣沉穩，以他長達 36 年造船與海事產業的完整資歷，分析這一局，「臺灣海洋實力可拆解為三塊互相咬合的拼圖，一是航運業總噸位排名全球第八，是名副其實的海運大國；二為自主設計、建造各式軍用及商用船艦



離岸風電設施圖。（驗船中心提供）



離岸風電工作船作業中。

能量，具備國防韌性；而近幾年成形的海事工程產業則是最後一塊拼圖，離岸風電正是這塊拼圖的起手式。」

在全球政經情勢劇烈動盪的今天，從地緣衝突到化石能源供應鏈的脆弱性，無一不提醒著孤懸海上的臺灣必須加速建構能源與海洋的「韌性」，將海洋自主性轉化為實質國力的籌碼。

「看看被美伊衝突影響的荷姆茲海峽，一個海峽的波動就能撼動全球經濟；而臺灣海峽正位於東亞區域經濟的心臟地帶，也是全球海運及航行要道。」曾國正分析，臺灣身為世界半導體與高階運算中心重鎮，對綠電與再生能源的需求呈現爆發性成長。在眾多再生能源中，能夠提供最大量且穩定清潔電力的離岸風電，是國家能源轉型最核心的基石，更是一座海上的護國神山。

公私協力，加速建構海洋自主能力

然而，光有風機還不夠，更關鍵的是建置與維護海洋關鍵基礎設施（Critical Infrastructure）的「海洋自主能力」。從海底通訊電纜、電力電纜、天然氣管道到未來的碳封存，海域安全與海事工程能量早已提升至國家安全等級。

「我們需要的是一支完整的海事工程臺灣隊（Marine Team Taiwan）。」曾國正強調，這不代表臺灣必須包辦所有零組件製造，但必須擁有「完整的海事工程自主能量」。就像國艦國造一樣，當



位於臺中港的風機預組裝基地。

極端情勢或外部環境改變時，臺灣自己必須擁有隨時能自行造艦、派得出船、出得了海、解決得了問題的底氣與韌性。

這份韌性，體現在航港公私部門的緊密合作上。交通部航港局近年來展現前瞻思維，積極劃設風場航道、強化海事監控，甚至擴大海上緊急拖救能量，即使在東北季風盛行、海象極度惡劣的時候，一旦有船舶失控漂流，預先部署在臺中港的大馬力拖船，也能第一時間前往救援，保護未來預估達 2,000 座以上的離岸風機與重要設施的安全。

港埠端的挑戰更為迫切。隨著風場數量增加，浮動式風機加入戰局已成趨勢，然而長寬各達 90 公尺、吃水極深，必須先在港區組裝再拖往海上定位的特性，對於港區碼頭承載力、水深條件與後線基地面積需求只會愈來愈大，曾國正認為這類基礎建設動輒需數年規劃期，臺灣必須提早布局浮動式風機與大型海事工程所需的後線基地與專用碼頭，才能在龐大的綠電市場需求爆發時，及時符合施工需求、穩穩抓住綠能轉型機會。

訂單式育才，跨國多元選才

產業要永續的關鍵，必須以技術作為骨架，源源不絕的人才則是提供養分的血液，讓整體產業持續成長、茁壯。隨著臺灣離岸風電從大規模建置期逐步邁入長達數十年的「維運期」，海事工程人才的培育與多元晉用管道成為產業能否根留臺灣及進軍國際的關鍵。

「海事工程不需要排山倒海的大量人力，它需要的是極度精銳的跨國籍、跨文化精英人才。」曾國正舉例：台船環海採取「訂單式」的產學合作機制，將透過與國內相關院校產學合作，將產業實際面臨的工程難題與研發課題帶入校園，讓老師及學生有機會參與真實工程案例，有系統且持續培育國內優質專業人才；同時其與國立臺灣大學合作推動

的「國際引路人計畫」，亦吸引來自東南亞、中南美洲等地的優秀外籍留學生投入實習，未來可望於畢業後無縫接軌進入企業，也立即成為公司的核心戰力。

另一方面，包括海龍離岸風電等多家民間企業，也透過各種在地人才培育計畫，提供漁民相關證照訓練，作為轉型海事與風電運維人才的基礎。許多傳統產業和科技業的技術人員、工程師也看準這項新興產業的前景，自費培訓，取得各項國際證照後順利轉換跑道，成為了推動臺灣綠能發展的重要生力軍。

海事工程挺臺灣 建構海洋強國

有了臺灣穩固的風場作為「練兵場」，Marine Team Taiwan 的目光早已投向更廣袤的外海。

相對於近期才開始準備向海風借電的日本與韓國，臺灣在離岸風電海事工程實際施工經驗與軟實力上已搶得先機，然而面對這兩個擁有堅強重工業基礎的國家，曾國正認為臺灣也不可大意，「海事工程最講求可靠度與信任感，我們要建立起不可替代的黏著度，未來趁著東北季風過境的施工空檔期，我們的船隊與團隊就能靈活跨足日韓乃至東南亞市場！」

從「環海翡翠輪」旋轉的吊臂，到遠方海面上熠熠生輝的風車群，這幅畫面傳達的不僅是臺灣能源轉型的未來，更是臺灣產業跨越海洋、走向世界的關鍵轉折，完成海洋強國的最後一塊拼圖。



高雄科技大學的離岸風電人才培訓基地開設各種相關證照課程。



離岸風電工作船裝載風機零組件出海執行安裝作業。



海上綠金閃耀 航港鐵三角攜手踏浪逐風

被全球風電產業封為前段班優等生的臺灣海峽，正透過風機轉出「綠金」，建構全新的永續產業面貌。於此過程中，交通部航港局、臺灣港務股份有限公司及財團法人驗船中心等「航港鐵三角」也各司其職，將臺灣推向亞洲離岸風電發展的龍頭寶座。

墨色尚未褪去的凌晨時分，交通部航港局彰化風場航行空間船舶交通服務（VTS）中心的雷達顯示，許多近海漁船已經出海準備捕撈作業，加上原本就頻繁往來臺灣海峽的大小商船，漆黑的海域好不熱鬧，然而進入報告線之後應該響起的報告呼叫卻寥寥可數……。

沿岸船舶交通服務，引導船舶安全航行

於是操作員開始一一呼叫未報告船隻，解釋未來進入彰化風場航行空間的報告程序，確保通過海域的船隻和整個風場的安全；這是 2021 年，航港局首開先例採用沿岸 VTS，設立彰化風場 VTS 初期的窘境。

「其實大部分的船舶只是不習慣多一道手續而已，經過我們持續宣導，現在已經達到百分之百的報告率了。」航港局副局長劉志鴻回憶起這一切，也說明設立彰化風場 VTS 的必要性，「對於作業船隻而言，過去廣闊的航行水域漸漸被離岸風場區域取代，這些海上的風機和變電站，壓縮了船舶的航



航港局副局長劉志鴻

行空間，也增加與船舶碰觸的風險，於是透過跨部會協調，劃出彰化風場航行空間和西側海域航行空間，由彰化風場 VTS 中心負責監控這片 4,000 平方公里的海域。」

構築極端海象下的救援防線

除了無形的船舶交通服務及監控工作，為了提升廣大的離岸風場水域航行安全，實體的救援能量亦不可或缺。尤其是臺灣冬季海象嚴峻，過往若發



生海事案件，港區內的小型拖船往往受風浪影響而救援困難。

有鑑於此，航港局引進了具備一萬匹馬力、150 噸拖力的大型拖救船，於 2026 年 5 月 10 日正式投入營運，未來即便面臨六米浪、八級風的惡劣環境，依然能破浪前行，執行救援任務；另再搭配 2024 年建置完成的「航港 1 號」智慧航安監控船，以其所搭載的高倍率攝影機及紅外線影像儀來強化夜間搜救、油污監測等能力，並透過衛星通訊，同步岸端與船端影像顯示，在海事事故發生時，可化為行動指揮節點，大幅提升海難應變效率及指揮部署能力。

即便如此，為了保持災害發生時的應變能力，日常的模擬和實兵演練絕對不可少。以 2026 年 8 月於臺中港舉辦的第三次實兵演練為例，針對的是最嚴峻、複雜的「複合型災害」情境，讓有關單位都能了解並確實執行災害應變措施，從而建立無縫接軌的通報與救援網絡。

四大主軸打造離岸風電支援體系

在航港局系統性建構離岸風電海域航安措施時，後勤港口的基礎建設與產業供應鏈的深厚布局，更是整體離岸風電加速成長的關鍵所在。

「港口不僅是船舶的靠泊點，更是驅動綠能轉型的關鍵引擎。」港務公司業務副總經理張展榮指出，為了配合國家能源轉型政策，該公司近年以「風機預組裝基地」、「風電國產化基地」、「港勤運維服務」及「人才培訓」四大主軸，整合港口資源，全力打造成熟且完整的離岸風電產業支援體系。

在港口建設上，作為風電母港的臺中港，讓 5A、5B、36、37、38 及 107 號等 6 座碼頭與後線



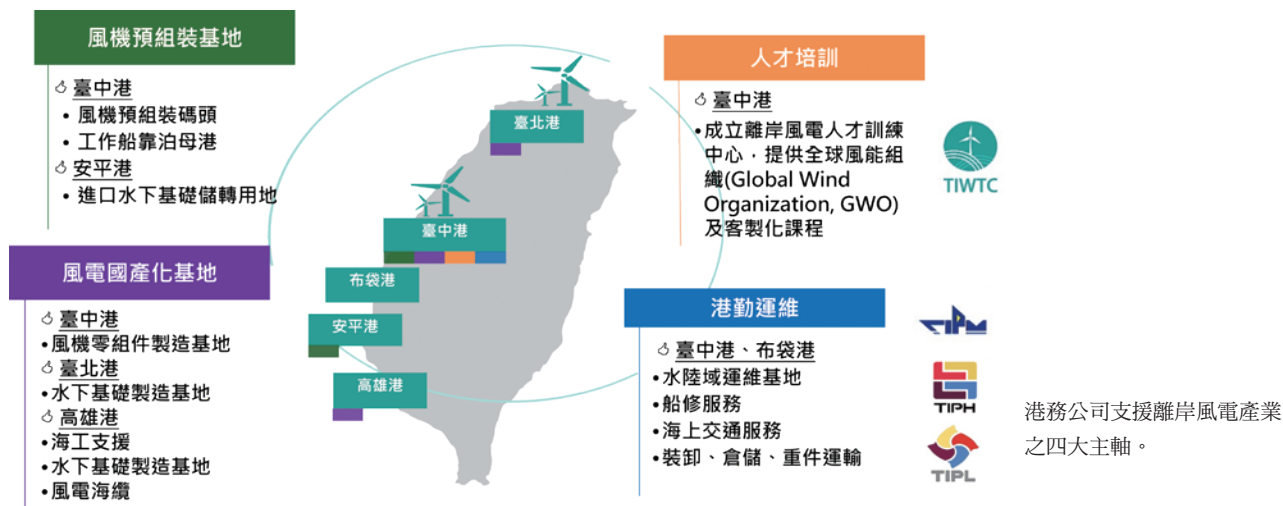
大型拖船「MP 騎士號」（左）與「航港 1 號」智慧航安監控船（右）搭配維護航安。

相關約 141.2 公頃土地，搖身一變成為風機上部零組件預組裝重鎮；安平港撥出 10、11、17 及 18 號碼頭及約 12.6 公頃後線土地，支援水下基礎儲存與轉運作業；高雄港則提供 A6-A 及 A6-B 建置專業碼頭，支援大型風電設備儲轉需求。為滿足大型風機零組件儲放及作業空間，港務公司更透過調整土地使用功能、調撥港埠產業專區土地及解編保安林土地、南填方區新生地填築等工程，擴充臺中港風電相關產業用地。

另一方面，港務公司也積極協助建構國產化風電產業聚落，臺北港南碼頭由世紀風電進駐製造與儲存水下基礎；臺中港工業專業區（II）吸引世紀樺欣與西門子歌美颯落地設廠，高密度的產業聚落自然成形；高雄港則匯聚俊鼎、華新麗華與洲鉅，建立起強大的水下基礎與海纜製造能量。



港務公司業務副總經理張展榮



港務公司支援離岸風電產業之四大主軸。

除了硬體建設，港務公司亦藉由轉投資參與離岸風電相關運營，支援「港勤運維」及「人才培訓」等領域。旗下臺灣港務港勤公司除了船舶拖帶及修護等核心業務之外，也提供風電人員運輸、風機組件載運及風場戒護等風電運維支援；臺灣港務重工公司則專攻重件吊運與運輸整合服務。

產業前景可期，吸引人才投入培訓

在人才培訓端，港務公司轉投資事業之臺灣風能訓練公司為培養本土風電人才並將風電技術在地化，於臺中港打造符合國際風能組織（Global Wind Organisation, GWO）認證的訓練中心，成為許多人投身風電產業的起點。風訓公司於 2024 與 2025 年發證量連續破 4,000 張，更連續兩年榮獲 GWO 亞太最佳培訓團隊殊榮。

過去曾陸續擔任電梯安裝技師與地質鑽探工程師的蕭志欣，有感於離岸風電產業對於工安的重視



中年轉職，投入離岸風電產業的 Shawn Chu（左）和蕭志欣（右）。

勝過許多傳統產業，國際化的工作環境也相當吸引他，因此毅然決然辭職，自費參加培訓，順利取得高空作業、海上求生等多張 GWO 證照之後，以岸上預組裝工程師身分加入綠領人才的行列，不僅獲得派駐國外工作的機會，也逐步晉升為基層幹部。

至於在 PEAK Wind Taiwan 擔任 SCADA/ICT Manager 的 Shawn Chu，原先任職於科學園區美商



臺灣風能訓練公司開辦的動態定位系統操作（左）和海上求生、救援課程（右）。

公司，因為看好風電產業前景，並且希望追求工作與生活平衡，故而轉換人生跑道。現在，公司會出資讓他參與各項培訓，確保他能掌握工作所需技能，並深化作業安全意識與防護，「我們要定期複訓，公司人資單位會幫我們記住每一張證照到期日，安排複訓課程，而且歐商比美商更重視員工的身心平衡，非常在意工作量是否合理、個人是否能負荷。」

專業傳承創新，檢驗服務與時俱進

新興產業發展初期，往往面臨檢驗標準尚未建立或未臻完善，使業者缺乏一致的規範可供遵循；以離岸風電為例，其能成功推動，在於建立涵蓋施工船舶檢驗規範、海事工程風險控管等面向的在地技術標準與檢驗制度。

就船舶檢驗規範方面，隨著離岸風電船舶應用範疇日益多元，驗船中心奠基於核心專業與實務經驗，陸續擴充相關規範準則，例如在《鋼船建造與入級規範》增訂海上移動式裝置的附加檢驗要求，並發布工作步橋、水上與水下無人載具及海事產品檢驗等技術準則，為產業建立更明確且嚴謹的安全架構；由台船環海自建、臺灣首艘具備大型重吊能力與運輸補給的離岸風電船「環海翡翠輪」即為指標案例，從設計審查至駐廠檢驗均由驗船中心全程把關。

此外，配合航港局強化船舶管理措施，非本國籍工作船舶於臺灣離岸風場施工前，亦須取得驗船中心核發的船級證書；總驗船師黃建樺表示，「此



驗船中心總驗船師黃建樺

制度為國際普遍採行的海事安全管理機制，不僅有助政府掌握外籍海事工程船舶資訊與營運狀態，也能提升海域治理與風險管理效能。」

就海事工程風險控管方面，為因應保險業界對工程風險評估與品質查核的需求，驗船中心自 2018 年起與國際機構 ABL Group 合作，共同執行臺灣離岸風場的海事保證鑑定（Marine Warranty Survey, MWS），協助保險業者於工程執行前及施工過程中掌握潛在風險。

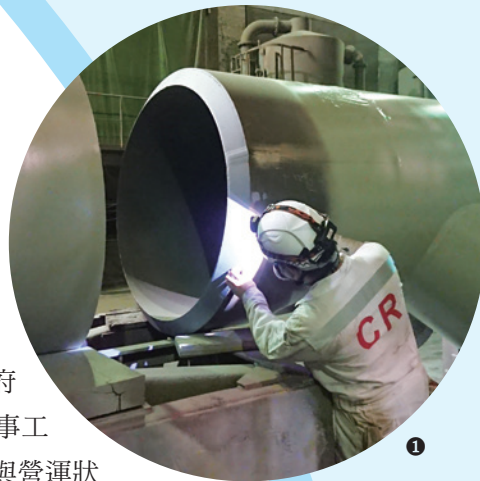
黃建樺指出「以海底電纜為例，根據歐洲離岸風場營運經驗，約 68% 的理賠案件與電纜相關，為避免施工缺失或潛在損害影響後續營運，透過 MWS 提前確認工程執行流程與風險控制措施符合要求，已成為保險公司評估是否承保與降低施工風險的關鍵。」

前瞻深度布局，打造永續競爭優勢

面對環保法規日益嚴格、綠電需求大增，以及離岸風機大型化與浮式風機走向深海的一系列挑戰，航港局、港務公司和驗船中心已全面備戰，提前布局。從風場航行安全機制的部署、軟硬體設備的建置，至成熟檢驗標準與技術的發展，航港鐵三角將以專業為根基，聯手為臺灣離岸風電打造最安全、高效的營運環境，也把綠能轉型的嚴苛挑戰，轉化為我國航港產業的競爭優勢與升級契機。

1 | 驗船中心檢驗風場構件製造品質。

2 | 驗船中心與 ABL Group 合作執行離岸風場海事保證鑑定。



臺灣航港與離岸風電產業的協同發展： 基礎設施、海事本土化與 非自航式重拖曳作業 安全監理之研究

丁漢利

昱能海事股份有限公司 / 副董事長、中華民國船長公會及引水協會 / 前理事長



一、前言：能源轉型下的海事新紀元

1.1 臺灣離岸風電發展政策背景

（從示範到區塊開發）

在全球氣候變遷與淨零碳排（Net Zero）的浪潮下，臺灣政府訂定了明確的綠能轉型藍圖，離岸風電採取「先示範、次潛力、後區塊」的三階段推動策略。初期由「海洋示範風場」等引進外國技術與驗證制度，第二階段「潛力場址」全面鋪開彰化外海之大型風場建置，直至 2026 年，臺灣全面邁入「第三階段區塊開發（2026~2035 年）」的關鍵期，預計每年釋出 1.5GW 的裝機容量，十年總計將達到 15GW 的宏大目標。這項長期且穩定的市場需求，不僅是為了填補國內乾淨電力的缺口，更希望以「市場換取技術」的方式，在臺灣本土建立起具備國際競爭力的離岸風電供應鏈，進而將臺灣打造為亞太地區的離岸風電海事工程核心。

1.2 航港基礎設施作為風電催化劑的核心角色

離岸風電的本質是「海上重型土木與機械工程」，風力發電機組、葉片、塔架、水下基礎（Jacket/Monopile）及巨型海纜等核心構件等，皆屬於超大型、超重型的幾何結構物，均無法透過傳統陸路交

通進行長途運輸，國際商港便成為串聯陸上製造基地與海上風場施工現場的物流樞紐。

航港基礎設施的優劣、碼頭承載力的大小、後線腹地的廣度以及港內水深、靜穩度，直接決定了風場建設的安全性與完工時程。在整個風場的生命週期中，從初期的水文地質調查、中期的重件物流運輸與海上安裝，到後期長達 20~25 年的運維維護，每一環節都必須有相應的港口硬體與高效率的管理體制扣合。可以說，沒有現代化航港硬體的實質支撐，綠能轉型的國家政策便無法實現。

二、風電產業對航港基礎設施的依存與升級需求

2.1 離岸風電機組大型化（14MW+）帶來的重件物流挑戰

隨著風電技術日新月異，為了追求更高的發電效率與更低的度電成本（LCOE），風機機組正快速邁向巨型化發展。從示範場址階段的 4MW、8MW，到潛力場址階段的 9.5MW，至當前區塊開發階段，市場主力已提升至 14MW，甚至



離岸風電海上工程作業實況。

櫃或一般散雜貨為主的商港碼頭造成了顛覆性的挑戰，航港基礎設施必須進行結構性的硬體改造與升級：

- 碼頭面承载力（Bearing Capacity）提升：傳統散貨碼頭承载力多為每平方公尺 3~5 公噸，而風電組裝與出運碼頭必須提升至每平方公尺 10~50 公噸（特定吊裝點甚至要求 80 公噸以上），以承受巨型履帶吊車（如 1,600 噸級吊車）吊裝及重件結構物臨時存放時的集中極限載重。
- 船席區海床（Bed Aggregates）加固：大型風機安裝船（WTIV）或重吊船在港內進行裝載時，需放下 4 支或 6 支巨型樁腿錨定於海床並將整艘船身舉高，為防止海床因局部壓力過大而發生穿刺災變，港區船席位的海床必須施作深層地盤改良、碎石拋填與防淘刷加固，確保插樁作業的絕對安全。

是 15MW~18MW 的巨型風機，其葉片長度突破 100~120 公尺（旋轉掃掠面積相當於數個足球場），機艙重量超過 600~800 公噸，下部結構（如四腳套筒式水下基礎 Jacket）之高度動輒 75~90 公尺、單座重量突破 1,500 公噸甚至 2,000 公噸。

在極端尺寸與巨大集中載重下，對傳統以貨

2.2 國際商港的四大營運主軸分工

為全面配合離岸風電國家發展策略，臺灣港務股份有限公司（TIPC）整合了國內主要商港之水域與土地資源，將風電航港服務歸納，並建構出四大營運主軸：

- 風機預組裝基地（Pre-assembly Base）：提供大面積之重件碼頭與後線土地，將運抵港區的塔筒、機艙、葉片等組件進行初步預組裝、系統電控測試與裝船調度。
- 風電國產化基地（Localization Hub）：配合政府在地化政策，在港區後線劃設專屬產業園區，吸引國際大廠與本土水下基礎鋼構、離岸風機葉片及塔架等廠商直接進駐設廠，落實「前廠後碼頭」

的極致在地化生產與垂直物流模式，省去高昂的二次運輸成本。

- 港勤運維基地（O&M Base）：提供人員運輸船（CTV）靠泊之席位，並設置備品倉儲、遠端監控中心與緊急搶修動員基地，支援風場長達20~25年的營運維護期。
- 人才培訓與專業技術認證（Talent Training）：結合產官學界資源，於港區周邊建立符合全球風能組織（GWO）國際標準的安全與海事技術培訓中心，為本土海事工程與運維人員提供合規資質，降低職災風險。



海上拖船與港勤工作船難得在一起的比較照。

三、臺灣主要港口在風電產業鏈中的戰略定位

為避免各商港間惡性競爭，並發揮港埠資源最大綜效，臺灣依據地理區位、天然水深與後線腹地條件，對主要國際商港進行了精準的戰略分工，形成了南北協同、各司其職的風電航港網路。

3.1 臺中港：風機預組裝與零組件國產化重鎮

臺中港距離臺灣海峽主要風場（彰化、苗栗、雲林等海外風場）航程最短，有得天獨厚的地理優勢，為臺灣離岸風電的預組裝核心基地。#5A、#5B、#36、#106、#107 等多席碼頭已陸續改建為高載重重件碼頭，碼頭面設計載重高達每平方公尺 30~50 公噸，並完成了大面積的海床拋石加固；另其風電專區亦成功引進供應鏈國際龍頭 Siemens Gamesa Renewable Energy（SGRE，亞太區首座機艙組裝廠）與本土指標性大廠進駐，促成產業聚落形成。

3.2 臺北港：水下基礎（Jacket/Monopile）製造與運輸基地

水下基礎之製造需極高跨度的廠房與極大的室外組裝存放空間，臺北港因擁有充裕的建港填海造地後線土地，被設定為水下基礎的生產與物流基地。其中世紀離岸風電設備股份有限公司於臺北港建置了東南亞最大規模的水下鋼構製造廠房，利用廣闊的後線場地進行 Jacket 的焊接、防蝕塗裝、垂直組裝與存放，並直接透過臺北港專屬重件碼頭以重吊船或滾裝駁船（Barge）運往施工風場，完美展現了重型海事工程「在地製造、直接出運」的物流優勢。

3.3 高雄港及其他輔助港口：運維（O&M）基地與深水母港

高雄港擁有優異的水深條件，及全臺最完備的船舶歲修、造船廠、補給及海事後勤資源，在風電產業鏈中扮演了「海事工程深水母港」的角色，提供高階安裝船、布纜船、大型拖船之大修、歲修、燃料物資補給與跨國籍船員更換。另南部鄰近風場的興達漁港、安平港以及彰濱彰化漁港等，則透過前瞻基礎建設進行碼頭與水域轉型改建，設置 CTV

專屬碼頭、岸電系統與運維辦公大樓，成為中小型運維船隊的日常補給基地。

四、航港與風電之相互關聯面向與多元挑戰

離岸風電與航港產業的關聯絕非僅止於硬體碼頭的租賃，而是涉及物流調度、海事安全、空間競合等多個維度的複雜系統工程。

4.1 港口作業與專案物流調度

離岸風電的港口作業具有極高的「專案物流（Project Logistics）」特性，所有構件的進港、存放、組裝到出港安裝，必須與海上風場的「施工氣窗期（Weather Window）」精準對接。高載重履帶吊車在碼頭邊的動線規劃、大型構件在後線堆場的週轉率、內陸運輸的交通管制，均高度考驗港務公司的調度能力。一旦港口物流發生壅塞，恐將連帶導致高昂的海上工程船日租金（通常高達數萬至數十萬美元）嚴重空轉耗損。

4.2 海事安全與港務動態管理

施工期間，大量海事工程船、運輸駁船、港勤拖船頻繁進出港口與施工風場，相關單位面臨巨大的船舶交通服務系統（VTS）監理壓力，建議港區規劃專屬的風電船舶通道，避免與傳統貨櫃輪、散裝船發生動線交織衝突。此外，海上施工現場亦建議劃設臨時禁航區，港務單位須與海岸巡防機關、海事執法機關緊密配合，防範外來船舶誤入。

4.3 空間與土地限制之機會與挑戰

儘管風電帶來了港口轉型升級的龐大契機，但土地不足仍是目前最大的挑戰。風機組件與水下基礎體積驚人，在多個風場同時開工的旺季，臺中港與臺北港的可用土地常處於飽和狀態。為此，港務公司必須加速進行港區土地重劃、提高土地週轉率，甚至採取填海造地等長期投資方案。

4.4 多元利益衝突與社會溝通

風場的建置與港口的改建，往往會佔用傳統漁民的沿海作業漁場，或改變港口周邊的海域生態，這引發了傳統航運業、觀光漁業、地方社區與綠能開發

商之間的空間競合與利益衝突。航政與港務單位必須建立透明的協商機制，引導開發商落實漁業補償機制，並推動港口與地方社區的共生方案（如綠色港口建設、岸電系統設置以降低港區空污、優先雇用當地居民等）。

五、海事工程本土化與本國籍工作船優先政策

5.1 本國籍船舶優先政策之內涵與機制

離岸風電海上施工極度依賴高階海事工程船舶，過去臺灣海事工程能量不足，幾乎仰賴歐洲或東南亞工作船隊。為培育本土海事工業實力，經濟部推出了「離岸風電船舶產業關聯諮詢審查機制」，在法理與實務操作上確立了嚴格的優先順序：

- 本國籍船舶第一優先：風場開發商在申請海上施工作業許可時，必須強制第一優先使用依中華民國法律設立之公司所持有、且懸掛中華民國國旗之本國籍工作船。
- 合資公司船舶第二優先：倘國內確無符合規格之本國籍工作船，得使用國內公司與外國航運公司在臺灣合資設立（且國內持股須大於二分之一）公司所持有的工作船舶。
- 外籍船引進限制：唯有在國內相關工協會（如海事工程公會、航運公會）出具正式證明，確認國內在該工期內確實無相關船舶規格與作業量能時，開發商方得依「非本國籍工作船申請停泊國際商港以外之其他港灣口岸作業要點」之規定，專案申請外籍工作船作業許可。

5.2 臺灣海事工程本土化的實質進程

政策紅利驅使下，臺灣本土航運大廠與海事工程業者掀起了投資熱潮，例如：

- 東方風能科技股份有限公司與台灣航業股份有限公司等本土業者積極自國外購入或改裝高階構造的海事調查船、大型錨泊拖船（AHTS）及高階布纜船（CLV），建立起真正的國籍專業船隊。

- 台灣國際造船股份有限公司與比利時海事巨頭 DEME 合資成立了台船環海風電工程股份有限公司，並斥資百億臺幣在臺灣本土船廠設計建造了臺灣首艘全迴旋大型浮吊船「環海翡翠輪（Green Jade）」，該船具備高達4,000噸的極限起重能力，並配備動態定位系統（DP3），打破過去高階安裝船完全由歐洲或外籍船隊壟斷的困局，象徵臺灣海事工程本土化邁入了全新里程碑。

六、當前發展面臨之瓶頸與法規挑戰

6.1 區塊開發國產化政策的調整與地緣適應性

隨著離岸風電進入第三階段區塊開發的深水區，嚴格的國產化政策雖然成功催生了本土鋼構與海事船隊的雛形，但也引來了開發商關於「在地供應鏈產能不足、成本過高導致風場完工延誤」的巨大反彈，此外，國際間亦對臺灣的國產化自製率規定，提出了違反自由貿易原則議題。

為此，經濟部近來逐步調整政策走向，放寬部分技術壁壘極高、國內產能確實無法滿足市場之項目的自製率限制，改採「核心關鍵項目維持一定比例，其餘項目開放國際競爭並採自主承諾加分」的彈性機制，這意味著臺灣航港與海事工程業者必須迅速脫離政策保護傘，提升自身技術性價比與國際接軌能力，以求在未來的亞太離岸風電市場中具備實質競爭力。

6.2 浮動式風電（Floating Wind）技術對深水碼頭的未来需求

隨著近海淺水區優良場址開發殆盡，臺灣離岸風電的未來勢必朝向深海區邁進，使得「浮動式風電（Floating Wind）」成為下一階段的技術核心。浮動式風電不再將鋼管結構打入海床，而是將風機架設在巨大的半潛式（Semi-submersible）、單柱式（Spar）或張力腿式（TLP）水下鋼構或混凝土浮體上，再以巨型錨錠纜繩與海底夾具固定。而航港基礎設施也迎來全新考驗：

- 極端的吃水深度需求：巨型水下浮體與風機在港內進行整體集成組裝（Integration）時，其整



為全臺第一次，且由丁副董事長親自出馬實施的「重拖曳」作業，別具意義。

體吃水深度通常高達 12~15 公尺，甚至達 18 公尺，臺灣目前各大商港的常規風電碼頭水深（多為 -11~-16 公尺）無法全數容納此類作業，必須規劃更深水域的泊位與航道疏浚工程。

- 極高的港內靜穩度與廣闊水域：浮體在港內進行百公尺高風機的組裝與校正時，對波浪潮差與湧浪的容忍度極低，因此港區必須具備更完善的外廓防波堤，並提供極為開闊且水流平緩的靜穩水域（Wet Storage Area），用以存放等待出運的浮動式風機結構。

七、非自航式重拖曳作業安全監理之法制化建議

隨著區塊開發階段水下基礎（Jacket）、超大型單樁（Monopile）及變電站（Substation）結構

物尺寸與重量增長，加上國產化政策下「前廠後碼頭」的跨港口（例如臺北港製造運往臺中港預組裝，或由高雄港拖帶至中部風場施工區）海運需求，利用大型非自航工作駁船（Non-self-propelled Barge）由大馬力錨泊拖船（AHTS）進行重載拖曳作業（Heavy Towing Operations），成為臺灣海峽最頻繁且最高風險的海事活動。

為強化非自航式重拖曳作業安全管理，本章將從管理資格、硬體設備、公權力執法三大維度提出法制化建議：

7.1 負責重拖曳操縱的拖帶總指揮（Towing Master）資格檢查機制

離岸風電重載拖帶實務中，拖船船長（Tug Master）僅能操縱自身船舶，但整個拖帶船隊（包含主力拖船、輔助拖船、尾舵拖船及巨型無人駁船）的整體運動控制、海上惡劣海況應變以及進出港口

狹窄水道時的指揮，必須依賴拖帶總指揮（Towing Master）。

為提升離岸風電海上運輸之整體安全管理，建議於法規明文增訂「重拖曳作業拖帶總指揮（Towing Master）」之法定資格與檢查機制；資格方面，建議應有中華民國一等（或二等）船長適任證書，且具備至少5年以上大馬力拖船實務資歷，並須通過模擬機培訓等；檢查機制則包含進出港前應提交「拖帶作業計畫書（Towing Plan）」、檢查人員依據法定清單進行實船或書面審查等。

7.2 重拖曳兩船間拖帶布置（Towing Arrangement）規定

拖曳過程中，主拖船與被拖駁船之間的連接鋼纜，是確保整個船隊不會在臺灣海峽強烈季風及黑潮急流中斷裂、漂流的核心關鍵，現行港務管理並無量化的專業性工程規範。對此，可參考國際海事組織（IMO MSC/Circ.884）與國際海事承包商協會（IMCA）之標準，對風電重載拖曳之 Towing Arrangement 進行規範，並將其列為法定船舶檢查與出港審查之指標。另針對相關係數公式，則建議如下：

• 拖拉力（Bollard Pull）與安全係數（Safety Factor）計算公式化：

» 主拖船之連續最大拖拉力（BP）須嚴格計算，其公式應強制納入臺灣海峽「二十年一遇」之惡劣海況邊界條件，公式為：

環境力總和（ F_{total} ）= F_{wind} （風阻力，至少40knots）+ F_{wave} （波浪阻力，有效波高 $H_s \geq 4.5m$ ）+ $F_{current}$ （海流阻力，流速 $\geq 3knots$ ）

» 主拖船之額定連續拖力必須滿足：

$$BP \geq 1.25 \times F_{total}$$



拖船與非自航式工作駁船以 Towing Bridle 緊密連結，進行拖帶作業。

» 拖纜（Towing Wire）及主鉸車之最小破斷負荷（Minimum Breaking Load, MBL）必須達到主拖船最大拖拉力（BP）的倍數安全係數：

1. 當 $BP < 40$ 噸時， $MBL \geq 3.0 \times BP$
2. 當 $40 \text{ 噸} \leq BP \leq 90$ 噸時， $MBL \geq 2.5 \times BP$
3. 當 $BP > 90$ 噸時（風電重拖常態）， $MBL \geq 2.0 \times BP$

• 強制配置雙備援拖帶系統（Redundant Towing System）：所有重載風電駁船之主拖八字鍊（Towing Bridle）必須採用高強度鍛造合金鋼鏈或鋼絲繩，並強制配置緊急應變拖纜（Emergency Towline / Emergency Recovery System，俗稱保險纜），該應變拖纜必須在駁船尾端或側端呈自由漂浮狀態，確保一旦主拖纜因不可抗力斷裂時，輔助拖船或尾舵拖船立即撈取應變拖纜並建立控制。

• 應力監控與減震裝置：強制要求主拖船鉸車系統中必須配備拖鉤應力實時監控與張力感應器，並

在主拖纜後端配置尼龍或聚酯纖維材質之減震纜（Towing Pennant / Nylon Spring），長度不得小於 10~15 公尺，以吸收臺灣海峽極端湧浪造成的瞬間衝擊載荷（Dynamic Shock Loads），降低斷纜機率。

7.3 適拖證明（Certificate of Towing

Fitness）之簽發單位與檢查單位權責劃分

離岸風電開發商為了滿足商業保險公司的要求，會自行聘請海事保證鑑定機構（Marine Warranty Survey）針對特定拖帶航次簽發適拖證明，但海事保證鑑定機構所簽發之證明並無公權力，因此，實有於法制上明確劃分簽發單位與檢查單位權責之機制。

建議航政機關指定或認可具備國際海事工程驗船資質之機構為法定簽發單位，簽發單位於每次重拖作業前，必須指派專業驗船師進行現場檢驗；另航政單位在船隊申請出港時，檢查人員須登船進行法定文件與現地抽查，而港務單位則依據前開檢查人員的審查結果，執行實質管制作業。

- 民間 / 開發商：準備作業計畫與工程數據
- 簽發單位（驗船機構）：現場驗船、結構計算、簽發適拖證明
- 檢查執法單位（航港局）：實船抽查、核准海事作業許可
- 港區管制單位（港務公司）：核發進出港 Port Clearance、動態管制

八、結論與政策建議

離岸風電在臺灣的快速擴張，為傳統航港產業與海事重工業帶來了百年一遇的轉型契機。從臺中港的風機預組裝聚落，到臺北港的水下基礎鋼構基地，航港基礎設施的硬體升級直接催化了綠能產

業鏈的落地。同時，政府透過「本國籍船舶優先政策」，在短短數年間成功引導國內民間資本建立起一支本土高階海事工程船隊，完成了「環海翡翠輪」等具備國際競爭力的國產化海事資產，實現了跨越式發展。

然而，產業的快速膨脹亦提醒安全監理法規需與時俱進、持續完備。面對區塊開發階段愈發頻繁、規模愈發龐大的非自航式重載駁船海上長途拖曳作業，現行的商港與船舶監理思維已不敷使用。爰此，唯有透過硬體（港埠設施、本土船隊）與軟體（安全監理、法制化防線）的同步升級，臺灣方能在邁向深海「浮動式風電」全新紀元的同時，築起堅不可摧的海上安全防線，真正發展出兼具國際競爭力與海事高度安全性的永續海洋經濟。

參考文獻

1. 交通部航港局（2025），《非本國籍工作船申請停泊國際商港以外之其他港灣口岸作業要點修正案》。
2. 臺灣港務股份有限公司（2026），《臺灣國際商港離岸風電專區土地與重件碼頭調度手冊》。
3. 經濟部能源署（2026），《離岸風電第三階段區塊開發產業關聯政策與自製率彈性調整方案》。
4. International Maritime Organization（IMO），Guidelines for Marine Towing Operations, MSC/Circ.884.
5. International Marine Contractors Association（IMCA），Code of Practice for the Safe Operation of Offshore Support Vessels.
6. DNV（2024），Marine Warranty Management Standard for Marine Operations, DNV-ST-N001.

臺灣離岸風電航運產業的發展與挑戰 以運維船開啟產業新契機

The Development and Challenges of Taiwan's Offshore Wind Maritime Industry: A Case Study of SOVs & CSOVs

林子傑

大三商航運股份有限公司 董事



前言

全球綠能轉型與臺灣離岸風電航運業之興起

近年來，全球能源轉型步伐加速，淨零排放已由倡議轉為政策與市場雙重驅動的發展主軸。離岸風力發電因具備穩定發電、高容量因子與減碳效益，成為各國發展再生能源的重要策略，並逐步帶動工程建設、船舶服務、港口支援、人才培育與技術管理等相關產業發展。每一座風場的建置與長期運轉，皆仰賴專業船舶及海事服務的支援，才能確保風機在嚴苛海洋環境下安全穩定運作。

本文以大三商航運為案例，透過其自 2020 年率先投入臺灣運維船市場的實務經驗，觀察航運業者如何發揮與結合海運專業、跨產業合作與國際夥伴資源，逐步建立離岸風電運維能力，並藉此探討臺灣離岸風電航運產業的發展歷程、挑戰與未來展望，作為產官學共同推動產業發展及提升國際競爭力之參考。

目前臺灣最大的國籍施工暨運維船「大三商巡航輪 TSS Cruiser」，採柴油混合動力與預留甲醇設計，於 2026 年 5 月交船營運，現服務於彰化海龍風場。



一、離岸風電帶來的航運產業新契機

隨著離岸風場規模持續擴大及運維需求日益增加，長期、穩定且在地化的海事服務能力，已逐漸成為離岸風電開發商評估供應鏈韌性與營運效率的重要指標。這股需求不僅吸引國際船東、船舶管理公司及海事服務業者投入臺灣市場，也促使本土航運企業重新定位自身角色，透過發展專業船舶經營、技術管理及整合型海事服務，由傳統運輸服務提供者逐步轉型為離岸風電產業的重要合作夥伴。在眾多專業船型中，兼具海上住宿、工程支援及長期運維能力的 SOV / CSOV，近年已逐漸成為國際離岸風電運維體系中的核心船型，不僅展現航運產業因應能源轉型所衍生的新價值，也成為臺灣建構本土海事服務能量與提升國際競爭力的重要關鍵。

二、從零開始：臺灣離岸風電運維能力的建立

自 1991 年丹麥建成全球首座商業化離岸風場以來，歐洲憑藉政策支持、優越風場條件及成熟海

事產業，逐步建立完整的離岸風電供應鏈，並帶動專業船舶與運維服務快速發展。相較之下，亞洲則自 2010 年代中期快速崛起。臺灣憑藉世界級風能資源，政府採取「先示範、次潛力、後區塊開發」三階段推動策略，自 2012 年啟動示範獎勵、2015 年公告潛力場址，並於 2026 年起進入區塊開發實施階段，逐步建立離岸風電市場與本土供應鏈。隨著風場建設由示範驗證邁向商業化發展，產業需求亦由工程施工逐步轉向長期運轉維護，為臺灣建立自主運維能力奠定基礎。

每座離岸風場的生命週期會因不同地區實際情況有所差異，但根據歐洲地區的經驗顯示，風場生命週期主要可分為四大階段：探勘開發期、風場建置期、運轉維護期、風場除役期，每個階段都會使用到眾多專業船舶，詳如下表。

離岸風電產業在臺灣尚屬新興產業，離岸風電供應鏈的四大重要組成部分，包括水下基礎、海事工程、電力設備與風機零組件等相關知識、技術、設備（包含船舶）服務與經驗等，早期多半仰賴國

【表 1】離岸風場四大生命週期與船舶種類對照表

生命週期階段 與預估時間	涵蓋使用船舶種類	核心作業任務
階段一 探勘開發期 約 1～5 年	生態觀測船、水下探勘支援船、海床鑽探調查船、鑽探船、挖泥船、小型海床鑽探自升平臺船等。	海床地形探測、地質鑽探取樣、風場環境與生態基礎調查。
階段二 風場建置期 約 2～4 年	水下探勘支援船、大自升平臺船、挖泥船、落石船、起重船、起錨船、拖船、駁船、鋪纜船、潛水支援船、警戒船、運維作業船（SOV、CSOV）、其他離岸工作支援船（如補給船）等。	水下基礎（單樁 / 管架）打樁與固定、風機組裝（塔架、機艙、葉片）、陣列與輸出海纜鋪設。
階段三 運轉維護期 約 25～30 年	運維作業船（SOV、CSOV）、人員運輸船（CTV）、起重船、大自升平臺船、其他離岸工作支援船等。	風機日常巡檢、定期保養、突發性故障維修與零件更換，提供技術人員海上住宿與接駁。
階段四 風場除役期 約 1～2 年	重型起重船、拆解與運輸駁船隊等。	執行施工期的逆向工程。將風機模組、海纜及水下基礎依序拆卸，運回碼頭進行回收或報廢，恢復海域原貌。

資料來源：綠能科技產業推動中心、海洋科技產業創新專區

際業者提供，在臺灣過去的航運發展中，離岸風電海事工程運維服務，更是嚴重缺乏，沒有前例可循，急需建立與發展本土能量。

根據經濟部（2014）資料，海事工程及運維成本合計約占離岸風電服務成本的 60%，對風場營運安全與績效具有關鍵影響。隨著風場陸續完工並投入商轉，開發海域逐步向外海延伸，且風場規模持續擴大，對海上長期運維的需求日益增加，兼具海上住宿與長期駐場能力的運維船（SOV），以及兼具施工支援功能的施工暨運維作業船（CSOV），遂成為離岸風電服務（海事工程及其它）市場的核心船型。

然而，回顧臺灣離岸風電發展初期，運維船產業幾乎是一片空白。當時國內航運業雖具備豐富的商船管理經驗，但對離岸風電所需的動態定位（Dynamic Positioning, DP）、海上人員轉運、安全管理及長期駐場服務等專業領域仍相當陌生，無論船員培訓、管理制度或法規環境，都缺乏實務經驗。相較於歐洲已發展數十年的離岸風電市場，臺灣可說是從零開始建立運維能力。

因此，國際合作成為快速累積經驗的重要途徑。2020 年，在臺灣離岸風電產業發展的契機下，1965 年成立的大統海運股份有限公司與 1884 年成立的日本商船三井株式會社（MOL）共同投資成立大三商航運股份有限公司，設總部於臺北。彼時，MOL 正積極推動企業轉型，在持續深耕傳統海運事業的同時，提出發展多元社會基礎建設事業的企業願景，期望透過創新技術與服務回應環境保護及社會需求，並將離岸風電等新能源海事服務列為重要發展方向之一；大統海運則看好能源轉型與永續航運的長期發展趨勢，希望透過國際合作拓展藍海事業新領域。雙方結合大統海運深耕臺灣、開放創新的數十年在地經驗，以及 MOL 穩健成熟的全球營運經驗與研發能量，共同打造符合臺灣風況的專業船隊，投入臺灣離岸風電海事服務市場，並透過實務營運逐步累積本土運維能力，成為臺灣航運產業開始透過國際合作，逐步建立離岸風電運維能力的重要案例。

值得注意的是，運維船產業的發展並非單純購置船舶即可完成。真正的核心競爭力，不在於硬體設備，而在於人才培育、管理制度、安全文化及長



大三商航運於 2020 年由大統海運與商船三井合資成立，設總部於臺北，專注經營運維船，以國際級標準，支援臺灣離岸風電的長期營運與發展，並以潔淨能源，為永續海洋貢獻心力。

期累積的營運經驗。從船員訓練、營運流程建立，到國際標準導入與實務驗證，都需要長時間投入與持續精進。透過國際合作、實務訓練與在地深耕，臺灣逐步建立離岸風電運維所需的人才、制度與營運能力，不僅為 CSOV 等新世代運維船舶的導入奠定基礎，也為本土離岸風電海事工程服務體系的長期發展建立關鍵能量。

三、從 TSS Pioneer 到 TSS Challenger：本土運維能力的建立與升級

（一）TSS Pioneer：臺灣海事服務能力轉型的實踐與起點

2022 年，全球首艘客製化國籍離岸風電運維作業船（SOV）—「大三商領航輪」（TSS Pioneer）正式投入營運，為沃旭能源大彰化東南及西南第一階段離岸風場提供長期的運維服務。這不僅是大三商航運正式啟航的里程碑，更象徵臺灣離岸風電海事工程服務邁向「本土自主運維」的新起點。

TSS Pioneer 作為風場運維的海上移動作業基地與全天候後勤平臺，需載運超過 60 位跨國專業技師在嚴苛海象下連續作業 2 週以上。作為臺灣離岸風電運維船產業經營的開拓者，大三商航運傾全力投入這片高門檻藍海，迎來一連串國際經驗本土化的深度學習：運維船的營運不僅止於資金與硬體購置，而在於如何將「船舶操作硬實力」與「海上複雜後勤管理軟實力」進行系統性的在地化整合，以及更前瞻的能力轉型升級。在交通部航港局、財團法人驗船中心、兆豐銀行等各級主管機關與合作夥伴的協助下，大三商航運順利完成各項營運前的整備、檢驗及法規接軌，逐步累積本土運維經驗，為臺灣離岸風電海事工程服務建立重要基礎。

（二）國際安全標準的落地：建立安全文化

離岸風電作業涉及高空、深海及多變海象，安全始終是運維工作的首要原則。為全面對接國際標準，大三商航運成立後即迅速在沃旭能源（Ørsted）

的要求下，在短短 1 年內克服萬難，完成品質、環境及職業安全衛生管理制度建置，順利取得 3 項 ISO 國際管理認證。此外，大三商航運經營團隊亦同步參加連續 6 天的高強度安全訓練，親身參與火場逃生、高臺跳海及救援演練，將「安全至上」（Safety First）理念深植於每一位船員與每一項作業流程，以身作則建立安全文化。

在第一線作業現場，每一次工作開始前，都必須完成風險評估、工具箱會議（Toolbox Meeting）及工作許可（Permit to Work）等程序。看似制式與繁瑣，因徹底落實到每一位船員與技術人員的日常工作中，使「安全至上」不再只是口號與規定，而成為一種共同遵循的工作文化，也成為臺灣海事服務與國際接軌的重要基石。



2022 年 5 月 17 日，「大三商領航輪 TSS Pioneer」於臺中港 18 號碼頭舉行命名啟航典禮，開啟臺灣離岸風電本土自主運維新頁。

（三）人才培育：本土高階海事人才的養成

相較於硬體船舶，本土海事專業人才的培育是一場長期的產業發展耐力賽。風電運維船全天候依賴高度精密配備，例如能在惡劣海況下將船舶精準維持於定點的「動態定位系統」（DP），以及確保技師安全登高走向風機的「動態補償舷梯」。

發展初期，全臺灣具備 DP 操作證照的人才寥寥可數。儘管面臨國輪編制引進本土船員的高難度挑戰，大三商航運仍堅持砸下重本、打破傳統權宜輪規避本國船員的模式，致力提升臺灣海員的專業維度。「自己國家的風場與船舶，應該由我們本土的人才來主導與操作。」這項理念驅使大三商航運先從公司挑選適任船長受訓，再付費安排船長到配備該系統的外籍船實習，之後再遠赴德國風場的運維船見習 3 個月，接著再到國外進行進階模擬機的實測，最後再上船實際訓練 4 個月，取得 1 個證照就需耗時近 1 年；此外還需接受各項船舶維修保養與管理訓練。

大三商航運透過「國際經驗引領、本土人才實戰」模式，逐步培養運維船產業所需的本國籍船長、船員及管理人才，逐步建立充實離岸風電所需的高階海事人才庫，扎根未來。

（四）後勤軟實力的精進：細緻化的「海上旅館」管理

運維船長時間搭載跨國工程團隊，除了前線的船舶操作與安全管理，住宿、餐飲及生活管理等「海上飯店」的後勤軟實力，亦直接影響工作效率與團隊合作。因此，大三商航運逐步建立符合國際工作船標準的後勤服務機制，兼顧不同國籍人員的生活需求與文化差異，展現海事服務除專業技術外，亦重視生活照護與跨文化管理等軟實力建立與升級。

為了滿足不同國籍技師的多元需求，大三商航運團隊精準對接歐洲工作船標準，積極延攬同時具備船員執照與中西餐技能的大廚，甚至引進專職甜點師傅上船。每逢外籍技師生日或重要節慶，廚師團隊必須靈活調配資源，製作精緻蛋糕等慶祝。從



「大三商領航輪 TSS Pioneer」為全球首艘中華民國籍客製化離岸風電運維作業船（SOV），於 2022 年正式投入營運，為沃旭能源大彰化東南及西南第一階段離岸風場提供長期的運維服務。

餐飲、住宿到休閒空間的細緻化管理，這座「海上旅館」的成功營運，向國際開發商展現了臺灣航運業在海事後勤上同樣具備細緻、高標準的管理軟實力。

（五）從 SOV 邁向 CSOV：低碳化船隊的持續升級

隨著臺灣離岸風電市場步入第三階段「區塊開發」，風場建置後期測試、大型零組件更換及重維修需求持續增加，市場對船舶功能與服務能力也提出更高要求。除了 SOV，兼具施工支援與運維功能的 CSOV 的需求逐漸攀升，以提升風場整體作業效率與船舶調度彈性。

成立迄今，大三商航運的船隊規劃與配置始終貼近市場需求，持續加深擴大本土運維能量。2022 年交船營運的第一艘 SOV「大三商領航輪」（TSS Pioneer），專為適應臺灣海峽複雜海況客製設計。該船由挪威 Vard 船廠操刀，總長 85.4 公尺、船寬

19.5 公尺；採用柴油電力混合（Hybrid）動力推進系統，透過 ESS 鋰電池儲能執行電力削峰（Peak Shaving），有效優化發電機組的負載效率，避免發電機因海上氣候與海況變化而頻繁調速，進而顯著降低燃油消耗與溫室氣體排放。第二艘「大三商巡航輪」（TSS Cruiser）與第三艘「大三商宇航輪」（TSS Challenger），是同規格的姊妹船，係大三商航運分別於 2023 年 11 月與 2024 年 6 月，與荷蘭達門集團（DAMEN Group）簽約訂造，採用 DAMEN CSOV 9020 設計，船舶全長達 90 公尺，可同時搭載多達 120 名技術人員與船員，除了採用與大三商領航輪（TSS Pioneer）相同的柴油電力混和動力推進系統，並預留「甲醇燃料」（methanol-ready）設計；不僅在空間與吊裝能力上顯著倍增，更深度回應了全球綠色航運與國際海事組織（IMO）的減碳趨勢。

【表 2】大三商航運船隊一覽表

船名與船型	大三商領航輪 TSS Pioneer 運維作業船SOV	大三商巡航輪 TSS Cruiser 施工暨運維作業船CSOV	大三商宇航輪 TSS Challenger 施工暨運維作業船CSOV
目前服務風場	大彰化東南及西南 第一階段離岸風場	海龍風場 （位於彰化外海）	規劃中
建造年份	西元 2022 年	西元 2026 年	建造中，預計 2027 年交船
船廠	Vard Vung Tau	DAMEN （Ha Long, Vietnam）	DAMEN （Ha Long, Vietnam）
船旗國	中華民國	中華民國	中華民國
船級社	CR 及 DNV（雙船級）	CR 及 DNV（雙船級）	CR 及 DNV（雙船級）
船長	84.4 米	88 米	88 米
總噸位（GT）	約 5,872	6,700	6,700
適載人數	91 人	120 人	120 人
動態定位系統	Kongsberg Dynpos AUTR	Marine Technologies （MT）	Marine Technologies （MT）
3D 動態穩定起重機	SMST offshore knuckle boom crane	SMST offshore knuckle boom crane	SMST offshore knuckle boom crane
動態穩定 WTW 舷梯	SMST Telescopic Access Bridge L25	SMST Telescopic Access Bridge	SMST Telescopic Access Bridge

資料來源：大三商航運



「大三商巡航輪 TSS Cruiser」270 度全景駕駛艙設計，提供近乎無死角的開闊視野；船艙內部以簡約溫潤的荷蘭設計語彙打造，兼具機能與舒適，為船員與離岸風電維修工程師營造如居家般安心的休憩空間。

從 TSS Pioneer 到 TSS Cruiser，再到 TSS Challenger，反映的不僅是船隊規模持續擴充，更代表大三商航運在安全管理、人才培育、營運制度及海事服務等面向持續累積經驗，逐步建立符合國際標準的離岸風電運維能力。這項能力的建立，不僅提升本土海事產業參與離岸風電價值鏈的深度，

也為未來海洋產業發展與國際合作提供重要參考。從單一船舶的草創探索，到低碳混合動力船隊的擴展布局，大三商航運的永續轉型升級之路，正是臺灣離岸風電運維船產業邁向高階化與綠色化的最佳縮影，也體現了該公司「以人為本、安全與品質優先」的核心價值。

【表 3】臺灣離岸風電發展歷程與大三商航運船隊配置規劃對照表

西元年	臺灣離岸風電發展歷程	大三商航運船隊配置規劃
2012	啟動離岸風電示範獎勵政策， 建立示範風場發展機制	
2015	公告潛力場址，推動離岸風電產業化與 本土供應鏈發展	投入離岸風電市場研究，確立運維船發展方向
2020	示範風場陸續完工， 潛力場址進入建置高峰	大三商航運成立
2022	離岸風場陸續商轉，運維需求快速成長	TSS Pioneer 交船並投入營運
2023	區塊開發持續推動	11 月 簽約建造 TSS Cruiser
2024	區塊開發持續推動	6 月 簽約建造 TSS Challenger
2026	區塊開發新階段持續推進， 風場陸續建置	5 月 TSS Cruiser 交船並投入營運
2027（預計）	區塊開發風場陸續施工與運轉	TSS Challenger 預計交船並投入營運

註：臺灣離岸風電採「先示範、次潛力、後區塊開發」三階段推動策略，自 2012 年啟動示範獎勵、2015 年公告潛力場址，逐步建立離岸風電市場與本土供應鏈，並推動區塊開發制度，帶動國內運維船產業發展。

資料來源：經濟部能源署、大三商航運



得益於本土與國際產官學界的共同努力與合作，在短短 6 年間，開創了臺灣離岸風電航運產業發展的藍海契機。圖為 2026 年 4 月，大三商航運新世代施工暨運維作業船「大三商巡航輪 TSS Cruiser」於 DAMEN 越南下龍造船廠舉行命名典禮之盛況。來自臺灣、日本、荷蘭、越南等地的合作夥伴齊聚一堂，共同為這艘即將返臺、投入海龍離岸風場服務的國籍旗艦船隻送上祝福，共同見證臺灣離岸風電運維船產業邁向全新里程碑。

結語：產業共好 共創永續藍海

臺灣從 2016 年底最早完成的 2 座示範風機開始，歷經短短大約 10 年的時間，於 2026 年 6 月中旬成功完成 500 座風機建置，以總裝置容量來看，目前在離岸風電市場中排名全球第五。如此亮眼的發展並非單一企業或單一政策所能完成，而是政府、開發商、航運業、金融業、學術界及相關海事服務產業等共同投入的成果。

臺灣離岸風電產業的發展，除了風機與發電量的增加，更重要的是促進整體海事產業升級，過去高度依賴國際資源的市場，也逐漸建立本地供應鏈與專業服務網絡，也吸引了愈來愈多本土企業開始投入相關領域。除了大三商航運，目前國內經營運維船的業者包括國際海洋、嘉時航運、東方風能科技、裕普控股及風能公司等，顯示臺灣離岸風電運維船已由單一專案需求發展成具規模的產業。

儘管臺灣離岸風電產業已取得顯著成果，但未來仍面臨多項挑戰。首先是人才供給問題。隨著風場數量增加，對船員、動態定位操作員、海事工程師及風場運維專業人才的需求將持續攀升。如何建立完整的人才培育體系，將是產業長期發展的重要課題。其次是高資本投資與市場穩定性。運維船的投資金額龐大，回收期間長，需仰賴穩定政策與長期市場需求支撐，才能在國際規範、產業發展與投資風險間取得動態平衡。第三則是綠色航運趨勢。未來離岸風電船舶除支援綠色能源發展外，本身亦需符合淨零碳排要求。混合動力、甲醇燃料及其他替代能源技術的導入，亦是需要密切關注的方向。

展望未來，離岸風電帶來的不只是綠色能源，更是臺灣航運產業升級轉型的重要契機。透過持續深化產官學合作、培育專業人才與深化國際連結，臺灣離岸風電運維船產業，更有機會成為亞太能源海事服務的重要樞紐，共同開創永續發展新藍海。

翻轉港埠管理 DNA：

臺灣港群科技減災新藍圖

鄭智文

臺灣港務股份有限公司 助理副總經理兼任高雄港務分公司總工程司



摘要 Abstract

面對極端氣候挑戰，臺灣港務公司正積極重塑港口的智慧監控與科技災防升級版圖。2024 年康芮颱風損壞蘇澳港與花蓮港防波堤，高雄港亦受威脅。為此，臺灣港務公司推動科技減災，從「事後彌補」轉型為「事前預防」，致力建構高度韌性的智慧港口。

現況方面，全臺九大港的 CCTV 系統已統一納管，受限於硬體老舊及網路頻寬等，至 2026 年統計影像串流率約 75.8%。為應對技術瓶頸，成立「監控畫面維運工作小組」，正規化影像串流與設備自動檢測，力求 2027 年前將串流率提升至 90%。

科技亮點包括「全時段、立體化」防護網，採用影像辨識 AI 實施電子圍籬，並規劃整合 AIS 與海洋雷達，解決光學監控盲區。此外，智慧升級深入至基礎設施管理，如高雄港碼頭腐蝕監測、橋梁雲端監控及智慧交通控管，以確保安全。

高雄港旅運中心更成為智慧建築的標竿，優先導入 BIM、綠能電力管理及智能消防監控。職安衛方面，規劃 GPS 安全帽、人臉辨識門禁及沉浸式訓練。

臺灣港務公司計畫在 2027 至 2031 年間，分階段精進智慧港區發展計畫，重點包括大數據治理、無人載具巡檢，並強化與航商、安環、消防等跨部門的協同運作機制，確保極端氣候下的永續營運，成為國際領先的綠色智慧航運樞紐。

一、緒論

1.1 研究背景與動機

全球氣候變遷和異常天氣對海岸環境與港口設施的影響越來越明顯。氣候暖化導致全球海平面上升，為熱帶氣旋提供更多能量，颱風的侵襲頻率和

強度顯著增加。風暴潮引起的水位上升影響港口構造的結構安全，並加劇港口淤積問題。對於海岸和港口的影響還包括海岸侵蝕、海水倒灌、設施的結構安全、海域地形變化、生態水質、航運物流以及人員安全等方面，均造成實質性衝擊。

在全球氣候變遷研究中，地表溫度上升和海平面變化被認為是重要且互相關聯的指標。本研究引述 Berkeley Earth 與其他機構的觀測資料，指出自 19 世紀中葉以來，全球陸地和海洋溫度明顯上升。1850 年至 1900 年的基準溫度分析顯示，陸地增溫較海洋更為顯著；到 2022 年，陸地平均溫度升高接近 2.0°C ，海洋約 1.0°C 。綜合 Berkeley Earth 陸地資料與 HadSST 海溫資料顯示，從 1980 年代起，暖化趨勢尤為顯著。

全球海平面也反映了氣候系統長期能量累積影響。根據 1880 年至 2020 年資料，全球海平面相對 1981–2010 年平均值持續上升。結合各研究和 1990 年代以來的衛星觀測發現，海平面在過去百年間穩步上升，21 世紀上升速度尤其加快。這一變化與陸地增溫趨勢同步，顯示海水熱膨脹與冰川融化對海洋體積的持續影響。綜合觀察證據表明，全球暖化對地球物理環境有著顯著而持續的影響。

臺灣天然災害事件主要又以颱風事件比例為高，對港埠營運亦具高度衝擊性，2024 年受極端氣候影響為例（圖 1、圖 2），侵臺颱風（如山陀兒颱風、康芮颱風等）呈現強度與風速增強之趨勢，對港區造成強風、溢淹、暴潮、越浪、船舶擱淺及停電等複合性災害衝擊，顯著提高營運風險與設施損害程度。

面對天然災害的挑戰及考驗，如何有效整合與應用科技手段以提升災害預警、應變與復原能力，進而降低災損，已成為臺灣港群推動永續發展與強化韌性之關鍵課題。

1.2 傳統港埠安全管理之困境

臺灣港務公司轄管基隆港、臺北港、蘇澳港、臺中港、安平港、高雄港、花蓮港、布袋港及馬公港等九大國際商港，港區幅員廣大且作業環境極具複雜性。長期以來，港埠現場作業高度仰賴人工巡檢，面對廣闊的管理範圍，人力配置顯著不足（例如碼頭裝卸管理員每班往往僅配置 1 到 2 人）。由於船舶停靠及裝卸多屬 24 小時全天候作業，有限人力無法在船舶靠、離岸時無間斷地即時巡查，一旦發生設施損壞，難以第一時間追溯源頭，且在惡劣天候下更存在高度的人工巡檢安全性疑慮。

在傳統監控與通報機制中，九大港區的 CCTV 設置只限於被動「事後存證、人工監看」，影像資料分散且調閱麻煩，更缺乏系統化的座標和鏡頭方位等基礎數據。當災害或異常事件發生時，緊急應變和通報主要依賴人工紙本，缺乏即時預警能力，導致反應緩慢，無法有效提供後續的大數據分析和決策參考。此外，舊有 CCTV 普遍存在解析度低、鏡頭角度不固定、夜間辨識困難及覆蓋死角等物理性技術限制，難以滿足現代化智慧辨識之穩定視訊需求。



1 | 2024 年山陀兒颱風期間高雄港洲際二期西海堤驚見巨浪襲擊。

2 | 2024 年康芮颱風造成蘇澳港南、北防波堤損壞。

1.3 研究目的與科技減災願景

面對極端氣候變遷的挑戰與傳統人工管理的困境，臺灣港務公司積極推動智慧港口政策，其核心戰略在於重塑災害治理架構，落實預防性減災思維，探討如何導入科技減災機制，並研究透過整合監測、預警、告警與應變等功能之科技化管理機制，強化港區對極端事件之即時掌握與應對能力，不僅提升港口與航行安全，亦有助於優化裝卸作業效率，並提升施工場域之職業安全衛生管理品質，以建立完整的災害預防機制，健全港口韌性，實現兼具安全、效率、品質與永續發展之智慧港灣願景。因此本研究聚焦於達成以下三大科技減災目標：

1. 精進航行安維：透過 AI 影像辨識技術，試驗偵測進入堤口之不明船舶動態，即時發現未經授權船舶入港等異常事件，以提升港口水域安全，守護國家與航行安全。
2. 優化作業效率：運用 CCTV 影像分析，自動識別船舶的靠泊、離泊、開工和收工時間，有助於對港口和航道的即時監控，並減少人工作業負擔，提升港埠營運效率。
3. 深化災害防治：導入智慧告警功能，針對監控任務設定條件，於偵測異常時（如人員入侵危險品區、人車落海、道路異物、裝卸或吊掛作業異常等）即時通報執勤人員，防患於未然。

二、臺灣港群 CCTV 建置現況及課題改善

2.1 全港區硬體建置規模與設備規格

（一）建置前（2020 年以前）存在之主要困境

建置「智慧監控管理系統」前，臺灣港務公司所轄 9 個港區在重要區域都設有攝影機，並由各港監控中心進行管控。然而系統面臨高度分散與異質性問題極為嚴峻，也無法快速有效地傳遞資訊，致使系統整合遭遇瓶頸，說明如下：

1. 系統分散與整合困難：設備來源多元且異質性高，影像格式與介面不一，導致串流標準化困難，既有平台連線穩定性不足，影響應變效率。
2. 影像儲存與調閱效率低：系統以事後舉證為主，

資料分散且調閱繁瑣，缺乏標準化定位資訊，限制影像整合與應用效能。

3. 人力負擔沉重：港區範圍廣大且人力有限，無法全天候即時監控，巡檢作業效率與安全性皆有不足。
4. 缺乏自動告警機制：通報流程仰賴人工處理，缺乏即時預警與智慧分析能力，資料亦難以彙整應用。
5. 影像品質與覆蓋不足：解析度偏低且監視視角受限，影響辨識準確性，夜間與遮蔽情境下判讀困難，並存在監控死角。

（二）建置後已解決之部分

「智慧監控管理系統」於 2021 年正式啟用並提供智慧化服務，透過線上化的通報，提升緊急應變時效，並彙整相關事件資料於大數據資料庫中，提供管理決策與分析告警使用，初步成果說明如下：

1. 影像串流正規化：系統延續既有影像硬體設施之原則下，於各港區機房內建置了網路伺服器軟體（IVAR），並將網路伺服器軟體實際與既有影像設備銜接串流影像，將所有攝影機的串流訊號進行影像正規化處理，採用快門速度需支援至少達 1/300 秒，以及輸出 1920x1080 10fps 清晰人眼可辨識影像之通用規格攝影機作為分析使用。正規化後的影像為標準 H.264 格式，並支援 HTML5 標準的影像串流。
2. 定期維運及效益：本系統維運工作內容涵蓋設備的定期與不定期檢測、維修與遠端支援，並確保通報機制、API 與介面的正常功能，並將影像與資料即時介接提供至 2025 年上線的「戰情平台」，以支持決策。本系統已維運兩期，目前推進至第三期，其維運期間自 2025 年 8 月 27 日至 2026 年 9 月 5 日，以符合臺灣港務公司智慧港口發展目標，提供即時監控影片給決策人員，以達成事件即時應變之目的。

2.2 強化自動化偵測與通報平台建置

傳統監控機制高度仰賴人力隨時緊盯螢幕及人工紙本通報，缺乏事前主動預警能力。為此，本系

統深整合 AI 影像辨識技術，徹底轉變港區安全管理模式。

本系統在應用邏輯上導入「入侵偵測」與「虛擬電子圍籬」技術。管理人員可透過系統介面，以區域標註標示出警戒區域（例如：危險品區、ISPS 管制區、工地危險區或容易發生人車落水的邊界），並設定告警觸發的等待時間。當系統偵測到人員或車輛異常靠近或違規侵入警戒區時，將自動觸發告警機制。系統不僅會在具備權限的使用者視窗上閃動提示，更會自動擷取事件發生的即時照片，完整錄存事件發生前後 1 分鐘的影片檔，以供後續調閱與證據保全。

此外，通報流程亦達成全面線上化。監控中心人員可即時於系統內建立通報單，表單大量採用預設載入之下拉式選單，有效減少緊急時刻重複輸入的錯誤率。通報單建立後，系統自動利用簡訊、傳真、Email 及 LINE 等多元管道，將告警資訊與現場影像即時推播給相關防救災與執勤人員，大幅縮短災害應變黃金時間。

2.3 CCTV 建置後仍存在之課題

（一）系統設備課題

建置「智慧監控管理系統」後，完成許多舊系統整合及正規化問題，但系統運作仍面臨兩項關鍵問題，導致串流率未盡理想，根據 2026 年 7 月份最新統計（表 1），約有 277 支 CCTV 畫面呈現異常（黑畫面），系統平均串流率約 75.8%，說明如下：

- 1. 網路架構和硬體資源受到調整影響，像是網域變更、防火牆重設或設備效能低下，可能引起影像串流中斷。例如，蘇澳港因大樓整修和光纖移設斷線，導致串流率為 0%，影響系統穩定。
- 2. CCTV 缺乏標準化資料管理，鏡頭座標和方位等資訊未被系統化管理，限制影像整合與智慧應用。如果 RTSP 串流碼錯誤或要求登入，則無法正確顯示畫面。
- 3. 缺乏跨系統與廠商間的有效溝通，反覆確認問題降低了效率並影響運作。如高雄港每 12 小時連線一次，本地網路不穩定時會導致短暫斷線，需等 12 小時才能重新連接。

（二）港區環境限制課題

- 1. 能見度影響：CCTV 效能依賴環境光線和能見度。夜間、濃霧、豪雨等會降低影像清晰度和 AI 辨識準確性。
- 2. 視距受限及死角：監視設備配置不足或鏡頭角度不佳易造成死角，影響機器學習模型穩定性和關鍵作業判讀能力，例如車輛遮蔽時影像無法分辨船舶繫解纜位置。
- 3. 解析度瓶頸：高畫素影像提升如纜繩等細節表現但增加運算負擔及傳輸壓力，需在效能與精度間取得平衡。
- 4. 網路頻寬限制：影像傳輸受限於 GSN VPN 頻寬，多路影像調閱時易延遲，目前除高雄港有自建光纖外，其餘港口透過 GSN VPN 連線總公司，頻寬不足影響多路影像播放。

表 1 各港影像串流率

	總數	基隆	臺北	蘇澳	臺中	布袋	安平	高雄	馬公	花蓮
CCTV 介接數量	1,143	204	51	32	146	111	146	232	73	148
異常數量（黑畫面）	277	12	4	32	66	3	39	102	17	2
串流率（%）	75.8	94.1	92.2	0	54.8	97.3	73.3	56.0	76.7	98.6

資料統計日期：2026 年 7 月 2 日

5. 環境挑戰：潮汐、水面反光、波浪飛沫等影響影像質量，船舶及裝卸作業遮擋會減少影像穩定性，增加系統維運困難。

2.4 改善策略及方案

為解決畫面異常問題，定期檢查和更新系統，主動分析異常並建立回報機制，以增強系統穩定性。同時，優化資料介面的設備和監控流程，確保每天更新所有監控數據。為提高協同效率，臺灣港務公司成立由總公司業務副總經理召集的跨單位小組（圖 3、圖 4），整合各單位和廠商信息，迅速處理異常事件，提高安全管理。

通過每月工作報告召開檢討會議，追蹤控制串流率，有效掌握改善措施的進度。結果顯示，系統串流率已從 2025 年 11 月的 62.8% 提升至 2026 年 7 月的 75.8%。

為建立完整的預防機制，需要進一步研究引入非光學工具如雷達，優化 CCTV 品質，並使用無人機來應對港區的極端天氣和網絡物件識別挑戰，從而提升智慧監控系統的韌性：

1. 導入非光學輔助：CCTV 在夜間、濃霧、豪雨等情況下易受影響，雷達可解決光學能見度的問題。
2. 優化 CCTV 規格：建議使用固定、高解析度的攝像機，並提高安裝高度以減少死角。
3. 改變偵測邏輯：為降低高畫素影像對網絡和運算的負擔，應轉向追蹤船舶整體特徵而不是細微物件。
4. 解決網路瓶頸：頻寬限制影響影像流暢度，可通過升級設備和使用 H.265 格式節省頻寬。
5. 應用無人科技：港口環境嚴苛，水面反光與飛沫影響影像清晰度，無人機可替代人員進入高危險區域，提高安全和效率。

三、潛在港區危害因子辨識應用

3.1 港區危害因子辨識與應用

（一）船舶異常行為智慧辨識：

1. 靠離泊時間判讀技術：利用物件追蹤系統，持續監測船身或特定部件（如吊桿）。當船舶靠近碼頭時，系統精確判定靠泊狀態，掌握動態。

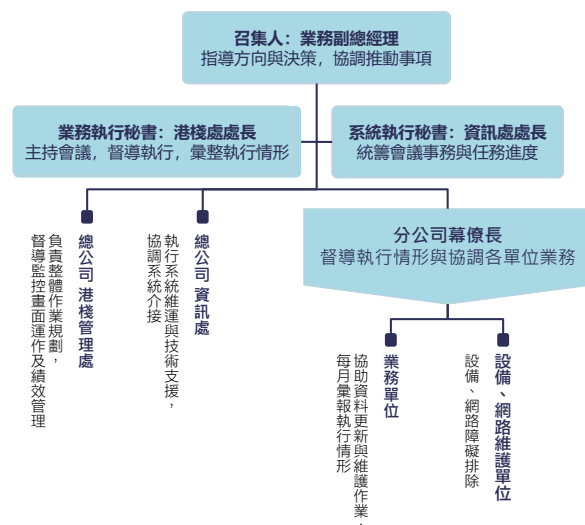


圖 3 跨單位工作小組組織圖。

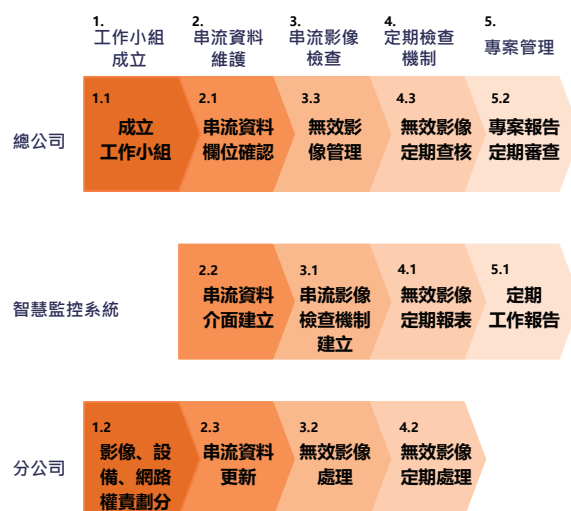


圖 4 精進串流影像管理機制。

2. 裝卸作業時間監控：系統自動偵測船上吊桿的運作，透過 AI 影像分析，準確判斷裝卸作業的開始與結束時間，提供精準的作業記錄。

（二）AIS 異常：建構完整港區監控網絡，整合多元資訊系統，精進港口預防性管控流程，建立多層次的安全防護機制：

1. CCTV 影像辨識：即時監控港區船舶動態。
2. AIS 船舶追蹤：監控船舶航行軌跡。
3. TPNNet 系統整合：整合港埠網路資訊平台。
4. 智慧警示系統：提供即時異常警報。

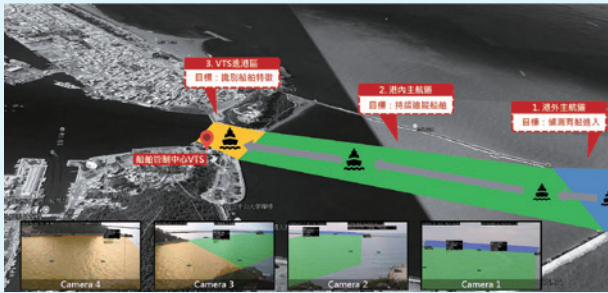


圖 5 AIS 系統整合圖。

(三) 不明船舶偵測與 AIS 系統整合建置規劃：

2026 年 4 月，臺灣港務公司已完成「不明船舶偵測」規劃及建置（圖 5），可偵測未經授權或未識別的船舶，一旦進入港口主航道，立即發出警示，讓海巡單位進行處理，確保商港區的船舶安全。藉此精進港口預防作為流程，建立多層次的安全防護機制，保障國安和航行安全。

3.2 工地危害因子辨識與應用

1. 海事及水域危害：作業在水邊或船艇上下時有落海風險，潮汐和海流變化可致平台不穩定，惡劣海象影響施工人員和船舶安全，視線死角增加事故風險等。
2. 港區機具設備危害：橋式起重機、龍門吊等運轉風險，堆高機和拖車車流複雜，可能導致碰撞翻覆或人員誤入危險區。
3. 工程施工危害：高處或吊掛作業中存在物體墜落及支撐失效風險。
4. 化學及環境危害：港區油品、化學品外洩或海水鹽霧腐蝕造成設備失效，大量粉塵、噪音及廢氣問題。
5. 人因管理危害：管制區違規穿越、未佩戴防護裝備、照明不足等。

3.3 危害因子辨識技術與 AI 應用

自 2024 年起臺灣港務公司與港區業者持續將智慧化安全管理導入「巨額採購工程、海事工程及相關危險性」工作中。在物聯網與 AI 科技的具體應用包含：

1. 機具危害辨識：監測堆高機、岸吊、鏟裝機與人員距離，並警示吊掛物擺動、吊索歪斜、吊鉤異常及車輛逆行等情況。
2. 人員與機具智慧監測：利用 AI 影像辨識，自動檢查勞工是否佩戴防護用具，並偵測人員進入危險區域。同時使用智慧安全帽，監測工作者與機具距離，侵界時即時警示以預防碰撞。
3. 水域風險與 GPS 救生衣：針對臨水作業，救生衣配備 GPS 定位器，發生落水事件可立即確認位置並啟動 SOS 救援。
4. 門禁與電子圍籬：工地出入口設置人臉辨識系統，控制人數與身份；碼頭及 ISPS 區域設置電子圍籬，誤入時即時通知監控中心。
5. 沉浸式科技（VR/AR）：導入虛擬實境技術進行職安衛訓練，讓人員在進入工地前模擬高風險情境，提升風險意識。

四、港口全時段科技減災應用

未來大數據與智慧監控的核心在於提升營運效率和加強預防性管控。透過全天候數據監測系統，實現 24 小時即時監控，並結合人工智慧影像分析技術，提升監控的精準性與即時性。相關應用包括 CCTV 監控、海氣象觀測、海洋雷達、防蝕電位監測及高耐索監控系統，有效支援決策與應變能力。

(一) 高雄港過港隧道智慧交通監控

為提升行車安全與隧道運作效能，2025 年至 2026 年將啟動過港隧道智慧交通監控系統優化計畫，汰換舊有設備，增強系統穩定性及備援能力。智慧監控系統將搭載高精攝影機，實時監控並自動紀錄行人、火災濃煙、車輛停等、散落物及逆行等異常行為。交通控制系統則涵蓋車輛偵測、車道管制、速限監測等功能，實時調整管制號誌及速限標誌，提升隧道運作效能與行車安全。

(二) 高雄港變電站安全防護

2025 年 3 月 21 日倫敦希斯洛機場因變電站爆炸，導致機場關閉超過 1 天，變電站為電力系統關鍵節點，火災風險高且影響重大，因此高雄港旅運中心裝設「智慧自動化變電站消防監控系統」進行



高雄港第七貨櫃中心智慧化櫃場作業系統。



高雄港過港隧道監控畫面。

儲能及變電站監控，整合溫度監控、火災探測、滅火與緊急應變，兼顧安防保全，同時納入智慧建築 12 項智慧化運用及智慧監控，確保設備與人員安全，並逐步導入各港重要變電站即時監控。

1. 智慧安防：智慧化監控、門禁、電子圍籬、火災、照明、冰水主機、空調、電梯、充電樁即時 AI 監控調度。
2. 營運管理：監控中心緊急事件處理、物業管理、公播導覽、巡檢、智慧會議室、電子報到機、廁所感應偵測等。
3. 節能永續：建置 1MW/2MWh 儲能設施，及 12.9kWp 太陽能發電，全場域智慧水電錶，可進行需量最佳化電能管理，以及孤島模式。
4. BIM 建築資訊建模：BIM 模型提供建築的數位資訊，作為「智慧營運管理平台」的基礎，整合建築元素如材質、成本、時間等詳細數據，從規劃、設計到施工、營運維護，全程管理建築物資訊，並應用於設施管理。

(三) 橋梁即時監控

臺灣港務公司於 2025 年完成建置「即時監測服務雲端管理平台」，針對基礎沉陷、吊索應力異常及震動等狀況，回傳即時監測數據，建立預警值及通報機制，並持續長期觀測分析，以提升緊急應變能力，確保港區交通及作業安全。



高雄港旅運中心監控系統。

1. 橋梁監測的核心在於長期監測結構變位、索力等關鍵資訊，評估車輛載重、環境因素及地震對安全性的影響。透過多種感測器組成的監測網路，自動回傳橋梁變位、索力及溫度等資料至系統中心進行分析。
2. 即時圖表顯示橋梁狀況，設定異常門檻自動警告，並透過長期趨勢分析評估結構劣化，及早偵測裂縫擴大及支承位移過大等問題，提供維修或突發性封橋的決策參考。

(四) 港灣構造物（高耐索及防蝕電位）監控

防蝕監控適用於鋼構建築及橋梁，透過腐蝕探頭持續收集數據，分析腐蝕速率及環境因素，數據

上傳雲端生成腐蝕地圖，便於異常速率預警及維護安排。

高雄港第五貨櫃中心 77~79 碼頭及馬公港 1 號碼頭已設置該系統，全天候收集分析數據，保障結構穩定並提供即時警示及維護計劃，未來將持續推廣，如高雄港第五貨櫃中心 79 碼頭已於 2025 年完成監測系統，未來將持續推廣。

（五）商港海氣象資訊系統

自 2017 年起，臺灣港務公司開始建置海氣象監測儀器，收集波浪、潮汐等數據，以強化港口在極端天氣或短延時強降雨時的應變能力，並提供營運與安全維護的參考。至 2024 年，各港已配置風力計、波流儀、潮位計、水平式海流儀、能見度儀等必要設備並建立預警系統，當數據超出警戒值時即時發布警告，保護作業人員。未來將持續完善監測系統，提升海事應變能力。

五、智慧港區發展策略及目標

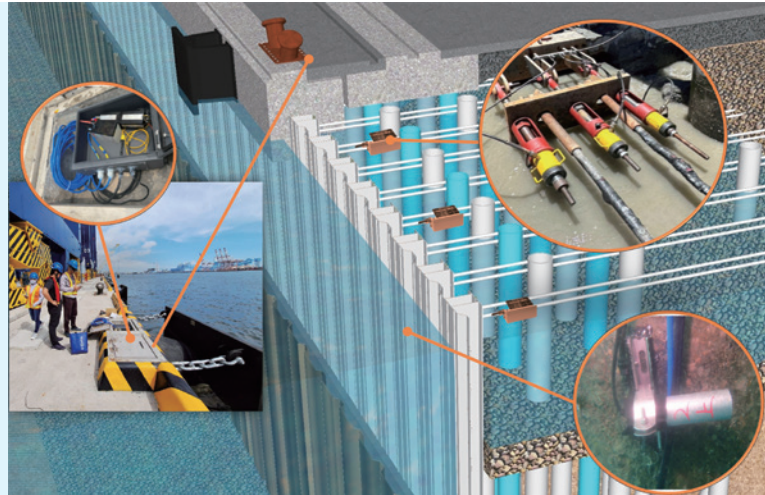
隨著數位轉型加速，大數據分析與智慧監控成為港區營運管理的核心工具，提升即時監測與決策支援能力。為應對複雜的營運環境，需系統性規劃智慧化建設，短中長期目標如下：

（一）短期目標（2026-2027）：基礎建設與安全強化

透過跨單位小組優化資料維護，目標在 2027 年將 CCTV 串流率提升至 90% 以上，並在高風險港區導入 AI 影像辨識與 GPS 救生衣等設備，降低作業危害。

（二）中期目標（2028-2030）：智能化整合與制度建設

1. 系統整合與智慧應用深化：
融合高解析度 CCTV 與 AIS 數據，提升監控精



高雄港碼頭設置高耐索監測系統。

準度，推動自動告警與 5G 通訊技術，強化即時監測與預測性維護。

2. 制度化推動與標準體系建構：
建立智慧化管理機制，提升施工安全與風險控管能力，確保系統穩定運作。
3. 雲端整合與人才培育轉型：
導入雲端 AI 技術，優化物流追蹤，並培養 π 型具跨領域能力的人才。

（三）長期目標（2031-2035）：數據治理與跨部門協作

1. 數據治理深化：
建立港 Port 智慧雲平台，優化與航商合作。
2. 設施韌性強化：
推動數字孿生技術，延長設施使用壽命。
3. 跨部門協作：
建立多部門協同治理機制，推動智慧港灣長期發展計畫，實現安全、效率與永續發展的營運韌性。

臺灣港務公司謙卑面對自然災害，透過科技預警與災防，建立完整的減災體系，轉變過去重視善後的思維，根本上提升預防機制，增進港口與航行安全，強化裝卸效率及工地職安品質，全面提升臺灣港群的韌性，成為亞太地區的綠色智慧航運樞紐。

國際趨勢的在地實踐



低碳轉型

航港局持續推動「發展綠色航運績優獎」，肯定航商落實綠色航運成效

隨著全球淨零排放目標持續推進，海運產業正加速朝低碳及永續發展轉型。

IMO 於 2023 年通過「2023 年船舶溫室氣體減排戰略」，明確提出國際海運於 2050 年前後達成溫室氣體淨零排放（Net-Zero）之目標。同時 IMO 陸續實施現成船能源效率指數（EEXI）及碳強度指標（CII）等制度，促使航商持续提升船舶能源效率及減少碳排。此外，各港口國管制（PSC）亦持續加強 MARPOL 公約相關環保規定之查核，船舶污染防治、能源管理及減碳措施已成為國際海運的重要課題，綠色航運更是提升企業競爭力及永續經營能力的重要方向。

因應國際海運低碳轉型趨勢，航港局持續推動於每年航海節慶祝大會頒發「發展綠色航運績優獎」，透過國家級表揚機制，鼓勵國籍航商積極落實環境保護的理念。獎項評選除要求業者確實遵循國際海事環保公約外，亦將船隊於國際港口國管制



航港局局長葉協隆（右四）於 2026 航海節頒發「發展綠色航運績優獎」。（中華民國航海節籌備會提供）

（PSC）之檢查表現納入重要評量指標，激勵業者持續精進船舶安全及環保管理。本年度獲獎業者包括長榮、陽明、萬海、裕民、中鋼、光明及金保順等公司。

未來，航港局將持續關注國際海運環保法規及減碳政策，滾動檢討相關輔導與獎勵措施，攜手產業共同邁向低碳、安全且永續發展的綠色航運新時代。



人才培育

航港局完成首次 IGF Code 進階訓練證書核發，強化我國船員競爭力

近年來國際航運減碳規範強度持續提高，在各項國際政策帶動下，全球航商積極投入 LNG、甲醇、

氨及其他低碳燃料船舶建造。雙燃料船隊快速成長下，船員除須具備傳統航行及輪機操作能力，更須熟悉替代燃料特性、燃料供應系統、安全管理及緊急應變等專業技能。



國立臺灣海洋大學 IGF Code 進階訓練上機課程。



航港局為協助國籍航商因應能源轉型及船員專業能力需求，積極推動 IGF Code（國際船舶使用氣體或其他低閃點燃料安全章程）基本及進階訓練課程，並持續完善相關發證機制。

2026 年 4 月，陽明海運所屬船員完成 IGF Code 進階訓練課程，於訓練期間完成 2 次模擬機加注操作，並取得 LNG 雙燃料船一個月海勤資歷及一次海上加注操作經驗等發證條件，經航港局審查符合規定後，正式核發我國首張 IGF Code 進階訓

練證書，象徵我國 IGF 進階訓練發證制度正式啟動，也是臺灣船員培育及綠色航運發展的重要里程碑；此外，該名船員亦透過國立臺灣海洋大學成功換發比利時核發之 IGF Code 進階訓練證書，展現我國船員訓練品質已逐步與國際接軌。

未來航港局將持續配合國際規範，精進船員訓練制度及發證機制，與船員訓練機構及國籍航商共同培育具國際競爭力之專業船員。



新興產業規範

航港局完成無人載具安全管理規範，接軌國際海事章程兼顧產業創新

IMO 海事安全委員會於 2026 年 5 月 MSC 111 會議正式通過「海上自主水面船舶國際安全章程」（MASS Code），為全球首部規範自主及遠端操控船舶之國際章程。

該章程採目標導向立法模式，要求自主船舶安全水準應與傳統有人船舶相當，初期以非強制性方式施行，作為經驗累積階段之依據，並規劃於 2032 年轉為強制性規範。核心原則之一，係不論自動化程度高低，船舶責任仍歸屬於可識別之自然人。

因應無人載具科技快速發展，航港局已於 2026 年 7 月 24 日發布「水面及水下無人載具一般性安全管理規範」，並自 2026 年 8 月 1 日起實施，針對水面無人載具（USV）及水下無人載具（UUV），建立涵蓋登錄、檢驗、人員資格與航行安全之管理框架，填補現行法制空缺，並作為專法施行前之過渡性行政指導；航港局所訂規範以「未載人、未載貨」之無人載具為適用對象，與 MASS Code 適用

範圍有別，惟二者治理理念高度契合：同採風險分級與目標導向設計、同建置遠端操作中心及專業操作員制度，並以「任務指揮人員」承擔運行決策與最終責任，呼應 IMO 對人為要素及課責之堅持。

航港局將持續關注 MASS Code 後續發展，適時檢討精進相關規範，確保我國無人載具管理與國際標準同步接軌，並為新興產業預留發展空間。



IMO 會議最新動態

國際海事組織 (International Maritime Organization, IMO) 海洋環境保護委員會 (Marine Environment Protection Committee, MEPC) 第 84 次會議於 2026 年 4 月 27 日至 5 月 1 日於英國倫敦召開；海事安全委員會 (Maritime Safety Committee, MSC) 第 111 次會議於 2026 年 5 月 13 日至 5 月 22 日於英國倫敦召開。基於篇幅考量，本文重點摘要如下：

MEPC 84 會議快報

一、降低船舶溫室氣體排放及提高船舶能源效率議題

- (一) IMO 淨零框架「經濟性措施」仍存分歧，本次未做出具體決定，將延至今年 11 月底 MEPC 85 會議再議。
- (二) 採納相關準則以加強非 CO₂ 溫室氣體（例如甲烷和 / 或氧化亞氮）排放的測量與驗證。

二、防止船舶污染國際公約 (MARPOL) 附錄 VI 修正案 (2027 年 9 月生效)

- (一) 新增東北大西洋 (North-East Atlantic) 為氮氧化物 (NO_x) 以及硫氧化物 (SO_x) 和微粒物質 (Particulate Matter, PM) 排放管制區 (Emission Control Area, ECA)。
- (二) 燃料消耗數據收集 (Data Collection System, DCS) 資訊透明度：同意有限度開放數據存取，允許締約國能存取非匿名數據、外界可存取匿名數據。

三、船舶壓艙水及沉積物管理國際公約 (BWM 公約)：批准該公約修正案草案 (包含挑戰性水質與應急措施的例外排放機制、強化壓艙水管理系統維護紀錄等)，預計於 MEPC 85 會議採納。

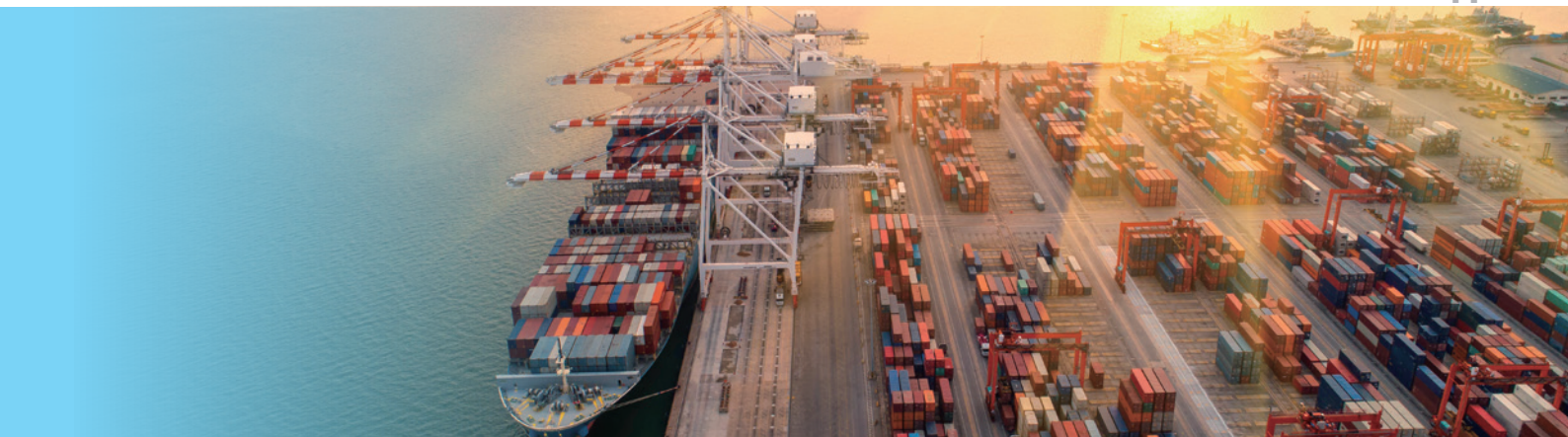
四、其他議題

- (一) 批准 MARPOL 附錄 I 修正案草案，新增規則 12B(含油艙底水儲存櫃及含油艙底水作業艙櫃)，預計於 MEPC 85 會議採納。
- (二) 採納 2026 年船舶海洋塑膠垃圾策略及行動計畫，設立 2030 年達成船舶塑膠廢棄物「零棄置入海」目標。

MSC 111 會議快報

一、本次採納之重要國際公約與章程修正案：

- (一) 2028 年 1 月 1 日起，允許特高頻資料交換系統替代船舶自動識別系統船載臺 (AIS)。
- (二) 允許有條件下使用遠端檢驗技術作為散裝船及油輪船體結構近觀檢驗之方法，2028 年 1 月 1 日生效。
- (三) 2028 年 1 月 1 日以後安放龍骨之船舶，所有露天甲板和航行期間船員可靠近之所有露天通海孔均需設置「三道橫桿式的護欄」。
- (四) 國際海事危險品章程 (IMDG Code) 修正案，預計 2028 年 1 月 1 日生效。



二、海上自主水面船舶議題：完成非強制性「海上自主水面船舶章程」(MASS Code) 之制定 (建議於 2026 年 7 月 1 日起實施)，提供國際統一的建議標準，並收集各國在人因、技術安全與法規管理等層面之發展動態。

三、本次批准 / 採納之重要準則

(一) 使用甲醇 / 乙醇燃料以及氨燃料船舶之船員訓練臨時準則。

(二) 使用氫燃料之船舶安全臨時準則與使用氨貨物作為燃料臨時準則。

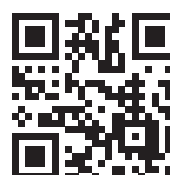
(三) 船載電腦導航及通訊設備及系統之軟體維護準則。

(四) 電子航海出版物系統攜帶和使用準則。

四、新技術及替代燃料減少船舶溫室氣體排放的安全監管框架：批准船舶新技術與替代燃料安全準則預定工作計畫，如表 1 所示。

表 1：船舶新技術與替代燃料安全準則預定工作計畫

年分	會期	預計完成之內容
2027	MSC 113	批准經修訂之船舶使用甲醇 / 乙醇燃料之安全臨時準則 批准船舶使用低閃點燃油之安全臨時準則
2028	MSC 114	批准經修訂之船舶使用燃料電池動力裝置之安全臨時準則 批准 SOLAS II-1/41 修正案草案，允許將電池作為主電源與照明系統
2028	MSC 115	採納 SOLAS II-1/41 修正案，允許將電池作為主電源與照明系統 批准船舶使用電池儲能系統臨時準則
2029	MSC 116	批准船上碳捕捉與儲存系統 (OCCS) 之安全臨時準則 批准經修訂之船舶使用氨燃料之安全臨時準則 批准船舶使用風力推進與風力輔助動力之安全臨時準則
2030	MSC 117	批准 SOLAS 第 VIII 章修正案草案 (即修訂 SOLAS 第 VIII 章與核能船舶安全章程)
2030	MSC 118	採納 SOLAS 第 VIII 章修正案 (即修訂 SOLAS 第 VIII 章與核能船舶安全章程)



IMO 官方網站



驗船中心之
「技術通報」專區



風電未來式

離岸風機大型化及 浮動式風電發展

Vestas V236-15.0MW 離岸風機

隨著各國淨零轉型政策推進及再生能源需求增加，對於發電效能之要求提升及近海海域空間的飽和利用下，離岸風電產業正朝向風機大型化、水下基礎大型化及浮動式風電商業化等方向發展，相關技術與供應鏈亦持續演進。

近年來，儘管面臨供應鏈緊縮與通膨壓力，全球離岸風電市場仍持續成長，風機裝置容量穩定攀升中，並預期於未來十年間進一步擴大規模。

根據 GWEC 等產業機構統計及預估，截至 2024 年底，全球累計裝置容量約 83GW，2025 年則上升至約 89.2GW，2030 年全球離岸風電總裝置容量可望突破 200GW。歐洲仍將持續維持全球領先地位，亞太地區則扮演主要成長動能，其中如臺灣、日本及韓國等市場均加速推動相關開發計畫。而臺灣於今（2026）年 6 月已達成 500 座離岸風力機建置的里程碑，總裝置容量累計達 4.8GW。

固定式風機及水下基礎大型化

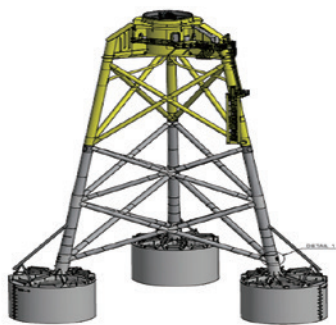
提升單機容量已成為離岸風電產業的重要發展趨勢。透過大型化設計，風機可擷取更多風能、提高發電效率，並有效降低平均發電成本（Levelized Cost of Energy, LCOE）。

自 1991 年全球首座離岸風場——丹麥溫德比離岸風場（Vindeby Offshore Wind Farm）建置 0.45MW 風機以來，離岸風機裝置容量持續快速成長。根據歐洲風能協會統計，自 2014 年起，風機單機容量平均每年成長約 16%，2020 年平均單機容量已達 8.2MW，預估至 2030 年至 2050 年間，單機容量將進一步提升至 20MW 以上。

目前全球商業化運轉之大型離岸風機以維斯特（Vestas）公司推出之 V236-15.0MW 機型最具代表性，其葉片長度達 115.5 公尺、轉子直徑 236 公尺，總高度約 280 公尺，掃風面積超過 43,000 平方公尺，相當於約 6 座足球場面積。雖然大型風機初期建造成本較高，但由於發電效率提升、風機數量需求減少，在相同裝置容量條件下，整體風場建置成本更具競爭優勢。

配合風機容量提升，水下基礎亦同步大型化。除目前主流的單樁式（Monopile）及套筒式（Jacket）基礎外，負壓式沉箱（Suction Bucket Jacket）等新型式基礎亦逐漸受到市場關注。

以臺灣大彰化西南第二階及西北離岸風場為例，即採用管架式負壓沉箱水下基礎，其高度約 75 至 85 公尺、底部寬度約 55 公尺，單座重量可達 2,000 至 2,400 公噸。此類大型結構體對於港口基礎設施之要求更高，包含碼頭長度、承載能力、水深條件及後線土地儲放空間等，同時也增加組裝及運輸作業之複雜度，成為各國港口支持離岸風電產業發展的重要課題。



管架式負壓式沉箱水下基礎

浮動式離岸風電發展商業化

相較於固定式離岸風電將風機直接固定於海床，浮動式離岸風電（Floating Offshore Wind）係將風機安裝於浮動平臺，再透過錨鍊系統固定於海床，藉以突破水深限制。

傳統固定式風機多適用於水深 50 公尺以內之海域，而全球超過八成的風力資源分布於水深超過 50 公尺之深海區域。浮動式風電被視為開發深海風能資源的重要解決方案。



英國 Kincardine 風場

目前包括挪威、英國、葡萄牙、法國、日本及韓國等國均積極投入浮動式風電技術研發與示範計畫。其中歐洲國家居領先地位，如挪威開發之 Hywind Scotland 為全球首座商業化運轉的浮動式離岸風場，而英國 Kincardine 風場則為全球具代表性的商業化浮動式風場之一。

Kincardine 風場位於蘇格蘭阿伯丁郡外海約 15 公里處，總裝置容量 50MW，由 1 座 2MW 及 5 座 9.5MW 風機組成。該風場成功驗證浮動式風電技術之商業可行性，不僅展現穩定供電能力，也為後續大型浮動式風場開發累積寶貴經驗，其在技術標準、運維管理及成本控制等方面的成果，已成為全球產業發展的重要參考案例。

亞太地區則以日本最為積極，由於周邊海域多屬深水區，近年已成立浮動式離岸風電產業戰略研究團隊，並以 2030 年後推動商業化大規模開發為目標。其首座小型浮動式離岸風場於 2026 年 1 月正式商轉，共有 8 座裝置容量 2,100 kW 之風機，總裝置量約 16.8 MW。

雖然現階段浮動式風電之平均發電成本仍高於固定式風電，但隨著技術成熟、供應鏈完善及規模經濟逐步形成，未來成本可望持續下降，浮動式風電將成為全球離岸風電產業下一階段的重要發展方向。

整體而言，在能源轉型與淨零排放趨勢帶動下，離岸風電市場將持續朝風機、水下基礎大型化及浮動式風電商業化方向發展。近年 20MW 級以上風機研發及新一代浮動式平臺技術陸續問世，不僅帶動離岸風電開發規模持續擴大，也將進一步提升港口建設、重件物流、海事工程及運維服務等相關產業鏈發展需求，為港口帶來發展新契機。



汽笛鳴響，航港小學堂上課啦！ 離岸風電的豆知識



原來這些職業也需要 **GWO** 證照啊！

不說不知道，大家可能以為只有風機設計、製造、安裝、維修或運轉維護人員才需要接受相關培訓，才能進入風場工作吧！

其實不然，還有很多職業都可能需要進入風場，包括勞安等各類稽核人員、政府相關單位、風電產業管理人員、保險核保人員和創投顧問等，這些偶爾必須進入風場的非風機技術人員，甚至包括進入採訪或參觀的媒體、客戶或訪客，都必須先參加約 4 小時的 Wind Limited Access (WLA，風場限制進入) 培訓課程，取得證書之後，方可在「至少兩名經驗豐富的 GWO BST 合格人員」的監督及陪同之下，進入風場進行「非工作參訪」。

目前臺灣港務股份有限公司轉投資事業之臺灣風能訓練公司提供以下兩項 WLA 課程：

- 陸域風場限制進入 (Onshore Limited Access, ONA)：如僅需要在「陸域」風機及風場進行非工作進入參訪，需完成約 4 小時的 ONA 培訓課程，課程涵蓋危害、緊急醫療狀況、火災緊急情況和高空作業安全。
- 離岸風場限制進入 (Offshore Limited Access, OFA)：如需要進入「離岸」風場或風機進行非工作進入參訪，需先通過 ONA 課程後，再參加約 4 小時的 OFA 培訓課程，課程涵蓋船塔轉移和基本的海上求生訓練。ONA 和 OFA 兩項課程可以一天上完，一次取得雙證書唷！





人工造浪的「浪」從哪裡來？

夏天大家喜歡到泳池、水上樂園玩水消暑，尤其是有人工造浪設備的地方更是深受大人、小孩喜愛，但是大家想過這些浪從哪裡來嗎？仔細觀察一下，答案通常就來自水池中那顆圓滾滾的造浪球。

然而，造浪球不只可以增加玩水的樂趣，更是訓練海上救援不可或缺的設備。只要將造浪球放入池水中，球體就可以經由內部的機械傳動裝置沈浮移動，進而形成波浪，臺灣港務股份有限公司轉投資事業之臺灣風能訓練公司以培育在地風電人才為核心，該公司為持續優化訓練環境及模擬真實海上訓練情境，已購置具備 3 段式波浪，最大造浪高度可達 80 公分的泳池造浪球，將訓練池改模擬成風、雨、浪等真實海上情境，為離岸風電技師、海事工程人員以及救難人員提供擬真的訓練環境，加強人員海上求生相關技能。



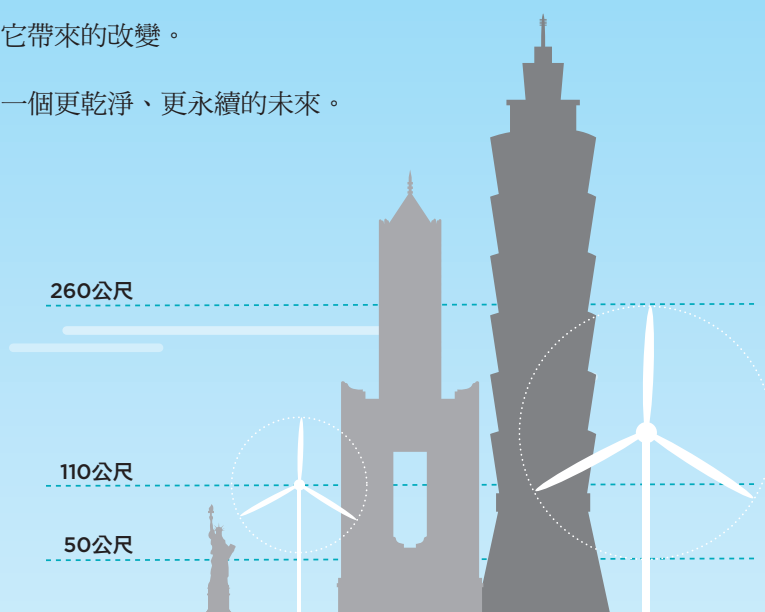
離岸風機的數字密碼！

當我們說到「風力發電」，腦中也許會浮現一排排風車在海面上轉動的畫面。但你知道離岸風機實際有多巨大嗎？以目前臺灣 12 MW~15 MW 風機的高度為例，包含葉片可達 260 公尺以上，與臺灣最高的建築物 101 大樓、85 大樓比較，可以想像風機是多麼巨大的建築。

這樣的龐然大物，站穩在波濤洶湧的海上，不僅象徵臺灣能源轉型的決心，也代表著無數港務、工程與風電技術人員的心血。從基礎鋼樁的裝設、到風機組裝與併網發電，每一步都需要精準與勇氣。

風，看不見，但我們能感受到它帶來的改變。

離岸風機，正悄悄為我們創造一個更乾淨、更永續的未來。



浪愈高、心愈定

從 2% 走向百分百的 離岸風場守護者

（海龍離岸風電提供）

如同飛機在空中飛行時，需要塔臺管制員的協助與引導來避免飛安事故，船隻駛離港口，在海上航行時也必須有適當引導，以與他船保持適當距離，避免碰撞。近幾年，臺灣西部海域的離岸風場陸續完工，風機數量已達 500 座，未來計畫持續增加至上千座，增加船隻航經風場的安全挑戰，交通部航港局因此成立了彰化離岸風場航行空間船舶交通服務中心（以下簡稱彰化 VTS 中心），交由一批帝諾斯公司訓練有素的操作員協助維持海上交通，降低海難或風機受損風險。

「MAYDAY! MAYDAY! 幸運輪左傾 20 度，請求調派拖船救援！」

2021 年 10 月 28 日傍晚時分，掛著獅子山共和國旗、船齡已達 26 年的雜貨船「幸運輪」已經

因為發電機故障，船艙進水、傾斜好幾個小時，眼看無法自行修復且傾斜角度加速擴大，船長求救的呼喊聲，透過無線電傳到臺中港 VTS 中心。

其實，當天從清晨開始的海象就已經很不平靜，



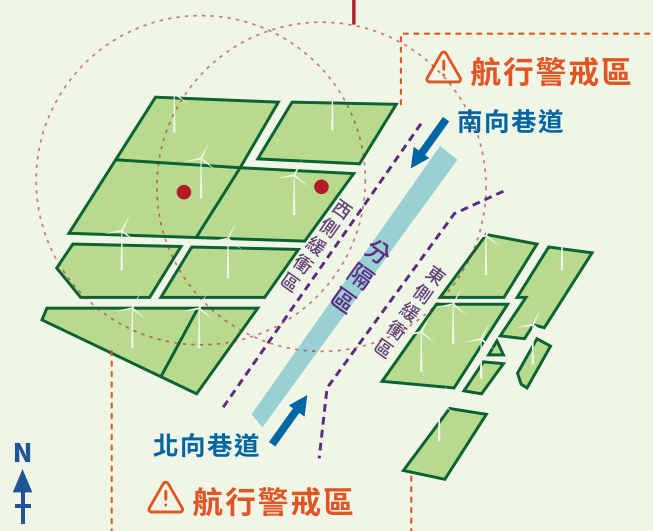
VTS 操作員一旦察覺航行區域有潛在風險，必須對鄰近船舶發出示警。

東北風吹到 6、7 級，陣風逼近 9 級，浪高則達 3 至 5 公尺，而彰化 VTS 中心在上午接近九點時，已經發現應該在北向巷道的幸運輪，未經許可穿越分隔區，逆向進入南向巷道，恐危及巷道內其他航行船舶的安全。

彰化 VTS 中心的操作員開始呼叫，一次、兩次、十幾次，無線電另一端始終沒有任何回應。只好透過廣播示警，通知附近船舶避讓，並持續監控逐漸呈現 Z 字型航行幸運輪。直到下午一點半以後，幸運輪才終於聯絡臺中港 VTS 中心請求至錨地下錨，然而還來不及進港，船長就發出「MAYDAY!」的救援訊號，並在很短時間內即決定棄船，幸而 7 名船員全數獲救。

「發生船難難免讓人沮喪，誰都不願意是這樣的結果，但這就是我們每天必須全神貫注、緊盯螢幕的重要原因。」每一場海難都可能造成人命、財產的重大損失，對於彰化 VTS 中心經理蔡學萱來說，座位前的螢幕上每一個光點背後，都是寶貴的生命，也牽動著無數個家庭，雖然螢幕畫面彷彿風平浪靜，但是背後卻隨時可能藏著一場要跟時間賽跑的救援。

大彰化東南及西南風場
雷達位置及範圍圖



彰化離岸航行海域



蔡學萱

彰化 VTS 中心經理

澎湖科技大學畢業

喜歡挑戰自我，希望能在屬於自己的航道
開創下一個五年榮光。

沉默的船考驗團隊應變能力

彰化 VTS 中心啟用之後，最常見的挑戰不是風浪，而是「叫船船不應」。

蔡學萱記得很清楚，彰化 VTS 中心成立初期，每天都得提心吊膽地看著螢幕，「很多航行多年的資深船員沒有注意到，這個海域為了避免碰撞風機已經規劃出新的航行區域，還是照著自己熟悉的舊航線開船，一不小心就會誤入風場。」

團隊當時只能不厭其煩地用無線電對每一艘行經這片海域的船宣導、示警，引導他們「看見並遵循」海圖上那條寬九浬的航行空間。這份耐心換來的是船舶遵行率從最初的百分之二，一路提升至接近百分之百，讓團隊士氣大振。

即便如此，仍有像幸運輪這樣的例外，當不斷地呼叫，而無線電那端卻是一片沉默，考驗的就是整個團隊臨場判斷與分工合作的默契。每一班值勤只有三名操作員與一位主任，大家同心協力分區監控整個服務範圍，

一旦有人必須暫時離席處理其他狀況，其餘同仁就得立刻補上監看的空缺，這份在高壓環境下的默契，沒有寫在工作守則上，而是整個團隊日復一日累積、磨練得來的成果。

從零開始的專業航道

蔡學萱與海洋的緣分，其實從求學就開始了。對海洋與運輸始終懷抱著興趣與憧憬的她，選擇就讀澎湖科技大學航運管理系，才發現這門學問遠不只有交通運輸，還牽涉到國際貿易、海商法與港埠管理等相關領域。

實習時，她選擇了海運承攬業，學習處理訂艙、貨櫃與提單等文件工作，卻也讓她明白自己不適合這類瑣碎、龐雜的文書相關職務，「我比較喜歡有挑戰性的工作！」正好當時帝諾斯公司正辦理交通部航港局成立的彰化 VTS 中心人力招募，面對管制員這個全新的工作領域讓她躍躍欲試，也讓她一頭栽進這個與所學專業截然不同的領域。自此，她成為帝諾斯公司首批的 VTS 專業人員，在彰化 VTS 一待就是五年，從基層操作員一路歷練至經理一職。

每一位進入彰化 VTS 中心的操作員，都必須完成帝諾斯公司安排整整三個月扎實的職前訓練，從雷達原理、無線電傳播特性到船舶操縱特性都得重零開始學起，訓練一結束就直接上值班臺執勤。堪



蔡學萱和同事們合作建立起彰化 VTS 中心的標準作業流程。

稱中心開臺元老的蔡學萱，也和第一批進駐的同仁一起摸索，在公司的培訓與支持下，逐步累積實務經驗，合作建立起這個單位最早期的標準作業流程。

為了聽懂船長和中心溝通時的關鍵語言，公司也曾派她到隸屬於教育部的「御風輪」海事教育實習船，讓她真實體驗到船上的作業環境與船員心情轉折，也能實際理解因慣性使船舶無法在改變航向後馬上轉彎、知道船舶俾舵的操縱需要駕駛臺與機艙互相配合等，這些第一手的體會，也讓她在指揮調度時更能同理船上的處境。

北約拼音讓舌頭大打結

第一次上值班臺，拿起麥克風回應船舶呼叫的那一刻，讓蔡學萱畢生難忘。因為無線電溝通有一套專屬語言，數字和字母都不能依照平常唸法，必須使用北約音標字母，「這是為了避免發音相近及雜訊造成誤解，所以英文字母 A 要唸成 Alpha、B 則是 Bravo、C 是 Charlie。」

她坦言，當時非常緊張，雖然報告、示警等均有固定範本的回應方式，自己甚至也寫好稿子，但是一聽到船舶突如其來的呼叫，即使事前已經演練無數次，還是會卡詞、忘詞，有點結巴地回應對方。這樣的窘境，隨著一次次當班才逐漸熟練，將回應船舶呼叫磨成本能反應。

然而，這份工作還得適應來自各國船員不同的英文腔調，蔡學萱笑說「口音」真的是個大魔王，就算是中文，透過無線電傳輸之後也很容易模糊不清，稍有不慎便會雞同鴨講。

她記得曾有一艘船請求支援，船員因為太過緊張，英語又非他的母語，無法準確說出自己的需求，只是反覆喊著「No food, No food!」，團隊反覆聽了許多遍，才拼湊出對方缺糧的真實困境。另一次，蔡學萱用中文詢問船上是否備有海圖，然而船員把「海圖」聽成「海豚」，還以相當認真的語氣回覆：「沒看到海豚啊！」，一場有趣卻荒謬的誤會讓眾人笑倒在地。



彰化 VTS 中心一班四人，交班時必須快速掌握正在發生中緊急事件。

最沉重的一夜

在蔡學萱的職涯裡，處理過最沉重的案子當數「鑫順一號」的重大海難。事故同樣發生在東北季風最強勁的時節，海象惡劣、浪高驚人，船隻因為主機故障而隨著海流漂移，之後更因船身傾斜進水，沉船的速度快得讓人措手不及。她在接收到棄船宣告、船員要轉搭救生艇的緊要關頭接班，還得安撫他們瀕臨崩潰的情緒，「當時若直接跳海求生，在那樣的海況之下，跳海的生存率極低。」

當時她能做的就是持續與船上保持聯繫，確認船上人員狀況，直到船員一一離開半沉沒的船體，搭上幾乎無法通訊的救生艇。好在靠著一艘路過的商船協助，有 5 名船員獲救，但仍有 12 名船員下落不明，她也通報了海巡署與岸上單位同步投入搜救。這場多方協力、與死神拔河的行動已經被納入中心每個月教育訓練的海事演練教材，讓每個操作員了解，未來若遇上類似狀況時，當下應如何判斷與作為。

「協助船隻回報或進行海上作業最怕的不是規則太多，而是船員在慌張時說不清楚自己真正需要什麼，這時候我們就必須比他們更冷靜，才能做出正確判斷。」她認為新鮮人投入這份工作

之前，應該培養自己冷靜自持的能力，也必須充實外語和團隊合作能力，「這份工作無法一個人獨力完成，必須依賴團隊合作，維持航行空間安全。」

扛起守護那片海的責任

彰化 VTS 中心成立至今五年，未來，VTS 中心將擴大任務範疇，監控範圍也將由彰化外海逐步向北延伸，提供更完整的服務。蔡學萱慶幸自己依然保有對工作的熱忱，也鼓勵應屆畢業生不必因為專業不同而卻步，只要願意投入訓練，都能像她一樣，從一個對船舶一無所知的新鮮人，慢慢站穩腳步，即使未來想要轉換跟航運產業相關的其他工作，彰化 VTS 中心操作員的歷練，肯定是一個很好的加分項目！

「這不只是一份工作，更是守護臺灣沿海航行安全的一份責任。」這份工作帶來的成就感，正是支撐蔡學萱持續在這片海域耕耘的原因，即使要面對輪班制的身體和心理考驗，她與每一位操作員依然會活力十足地回應船隻的呼叫，成為行經彰化風場海域的船舶作業安心的力量。

