

出國報告（出國類別：其他）

離岸風電海事工程及運維作業職業安全 衛生技術及推廣應用

服務機關：勞動部勞動及職業安全衛生研究所

姓名職稱：沈育霖研究員

劉國青副研究員

派赴國家/地區：丹麥/哥本哈根

出國期間：114 年 4 月 5 日至 4 月 14 日

報告日期：114 年 7 月 22 日

摘要

因歐洲國家在離岸石油及離岸風電等能源開發較早，且獲政府大力支持，環安衛相關安全法規及民間組織亦相對較多較完整，為因應我國未來離岸風電發展及長期運維作業之需求，於 114 年 4 月 8、9 及 10 日參加丹麥哥本哈根舉行之 2025 歐洲風能展(WindEurope 2025)及國際研討會，蒐集國際離岸風電海事工程職業安全衛生之相關規範及技術文件，供國內產業在職業安全衛生管理實務接軌國際作法之參考。

本次出國除參加 2025 歐洲風能展(WindEurope 2025)及國際研討會外，另拜會 Tonny Moeller/General Managing/Maersk Training，汲取歐洲及丹麥在職業安全衛生相關規範及教育訓練現況，並透過現場實地了解、與廠商座談、意見交流及資料蒐集等，瞭解離岸風場施工、運維之作業現況或未來浮動式海上風機施工可能面臨之問題，例如海上施工管理、無人載具應用及相關職業安全衛生措施等，提供國內後續離岸風電運維作業及專業教育訓練在地化發展之應用參考。出國考察成果可供政府推動含離岸風電相關專業人員教育訓練、無人機協助運維作業及離岸風電相關研討會等之成果推廣運用，協助試辦離岸風電陸域國際吊掛操作專業培訓班及國際吊掛作業安全管理計畫專業培訓班，及離岸風電陸域重件吊掛專業職能及管理研討會、離岸風電無人載具與中繼臺協同作業互動交流觀摩會。

目 次

摘 要.....	1
目 次.....	2
壹、目的.....	3
貳、出國過程.....	4
參、紀要.....	6
肆、心得與建議.....	22
伍、附錄.....	25

壹、 目的

離岸風力發電量較陸域風機大、發電效能亦較高，是國內綠能發電的重點項目之一，但因建置所涉及之相關產業鏈規模龐大，設置時之風險性及困難度亦較高，且隨著國內固定式離岸風機場域之依序完工及並聯發電，後續需面對長達20~25年之運維作業，以維持風機之正常運轉，如何建立施工及運維所需之專業人力、人才在地化及職安衛規範，是目前面對且急需解決的問題，包含：無人載具在安全檢查之應用、專業人員教育訓練及緊急事故應變機制等。

離岸風電產業對我國而言是屬新興產業，以往國內較缺乏大型海上工程的經驗，目前離岸風場設置多倚賴國際開發商為主，但面對未來龐大的風機運維需求，在長期技術發展及成本考量上，技術在地化是我們必然要走的路，但以國際開發商的角度，目前國內的技術及專業人力上都明顯不足，因此，如何建立運維所需之設備及專業人才，是目前面對且急需解決的問題。

目前我國處於產業發展之初，雖然產官學各方面已確認運維在地化的重要性及急迫性，且已積極投入各種無人機檢查應用技術開發及人才培育，但透過學習及交流國際上既有技術及專業知識，仍是必需且最有效的方式，也凸顯出國技術交流及現場訪視計畫的重要性。

貳、出國過程

一、行程安排

臺灣參加的成員包括金屬中心海洋科技產業創新專區鄭順元專案經理、本所沈育霖副研究員及劉國青副研究員等 3 人。本所派員參加此年會及研討會行程如表 1，蒐集風能國際職業安全衛生之最近關注議題、預防改善行政措施及實務案例，及未來發展趨勢等資料，並與歐盟地區之職業安全衛生領域之專業人士作意見交換及經驗分享，深化國際合作關係。

表 1 113 年度「離岸風電海事工程及運維作業職業安全衛生技術及推廣應用計畫」
科發基金補助出國行程

日期	星期	行程	說明
4/5	六	臺北-桃園機場	4/5 晚上 18:00 台北出發至桃園機場，提前候機、出境、安檢...等作業，4/5 搭乘晚上 23:05 阿聯酋航空 EK367 航班，於杜拜機場轉機，預定當地時間 4/6 中午 13:15 抵達凱斯楚普機場(飛航行程 20 小時 10 分鐘)，後續入境、安檢...等作業，搭乘捷運、計程車、租車等交通運輸，預計 18:00 抵達丹麥哥本哈根市區飯店。
4/6	日	凱斯楚普機場-丹麥哥本哈根	
4/7	一	參觀能源資源-哥本哈根實驗室	4/7 地點：ENERGY & WATER，Roskildevej 213, 2500 Valby，哥本哈根 再生能源領域的實踐學習和創新教學方法，親身探索風能營觀看設計、製作原型和測試風力渦輪機葉片的過程，探索教育、工業和公共機構之間的合作，提升再生能源部門的技能。
4/8	二	參加 2025 歐洲風能博覽會(wind Europe 2025)	4/8 歐洲風能博覽會 (WindEurope) 在丹麥哥本哈根貝拉中心。展廳內超過 550 家公司準備展示最新產品，亦或可參加會外活動，例如 Vattenfall 小屋中的循環研討會、利用營運數據和人工智慧提供更好的保險、未來離岸風電的關鍵技術...等及社交活動開幕式。
4/9	三	出席歐洲風能研討會	4/9 自由選擇參加議題，例如： 09:00 部長級會議 - 將風能置於歐洲競爭力的核心 11:00 渦輪機技術創新 14:00 風能制氫系統：從設計到部署 15:45 監控性能以優化運營
4/10	四	出席歐洲風能研討會	4/10 自由選擇參加議題，例如： 09:15 部長級會議 - 讓海上風電重回正軌 11:30 優化能源系統的運行 13:45 掌握系統動力學：漂浮式風電場的工具和模型 及社交活動歐洲風能大會明年 2026 啟動儀式

日期	星期	行程	說明
4/11	五	參觀相關訓練與安全管理實驗室	4/11 Maersk Training 參訪使用先進模擬器進行訓練與安全管理。
4/12	六	例假日	
4/13	日	丹麥哥本哈根-凱斯楚普機場	4/13 早上 10:00 丹麥哥本哈根市區飯店出發至凱斯楚普機場，提前候機、出境、安檢...等作業，搭乘下午 15:40 阿聯酋航空 EK152 航班，於杜拜機場轉機，預定台北時間 4/14 下午 16:10 抵達桃園機場(飛航行程 18 小時 30 分鐘)，後續入境、安檢...等作業，搭乘公車、捷運等交通運輸抵達台北。
4/14	一	桃園機場-臺北	

二、技術交流行程簡介

(一) 2025 歐洲風能展

歐洲風能協會 (WindEurope)於 2025 年 4 月 8 日至 10 日齊聚哥本哈根之貝拉中心(Bella Center)，超過 550 家公司展示最新產品，迎來超過 15,000 名參觀者，共同洽談合作。

(二) 歐洲風能國際研討會

在展覽期間同時為期三天的國際會議，主題強調擴大規模、推動電氣化、實踐交付，探討目標、當前行業狀況以及需要改變才能最大限度地發揮風能對歐洲的價值。大會在主會場和會場各處舉辦了 70 多場會議，超過 350 位演講嘉賓出席，其中包括來自政府、業界、非政府組織、學術界、自然保護組織、金融機構和當地社區的代表。

(三) 訪問 Maersk Training 及技術交流

馬士基訓練中心(Maersk Training)在全球經營世界一流的培訓中心，配備先進的模擬器和真實環境，複製實際的操作環境，包含鑽井平臺、船橋或起重機操作等。雖然練習的任務複雜，目的為避免將來發生具有風險的真實事件。

參、出國紀要

一、參訪 2025 歐洲風能展

(一)行程安排

- 4/7 參觀能源資源-哥本哈根生活實驗室

在再生能源領域的實踐學習和創新教學方法，親身探索風能營觀察設計、製作原型和測試風力渦輪機葉片的過程，探索教育、工業和公共機構之間的合作，提升再生能源部門的技能。

- 4/8 參加 2025 歐洲風能博覽會(wind Europe 2025)

2025 年歐洲風能展（WindEurope 2025）匯集來自世界各地的風能業界領導者和創新公司，於丹麥哥本哈根貝拉中心迎來 15,000 多名訪客，展廳內超過 550 家公司準備展示最新產品，展示最新的技術、解決方案以及該行業最新發展趨勢，如圖 1 為本所參與人員會場前入口合影。

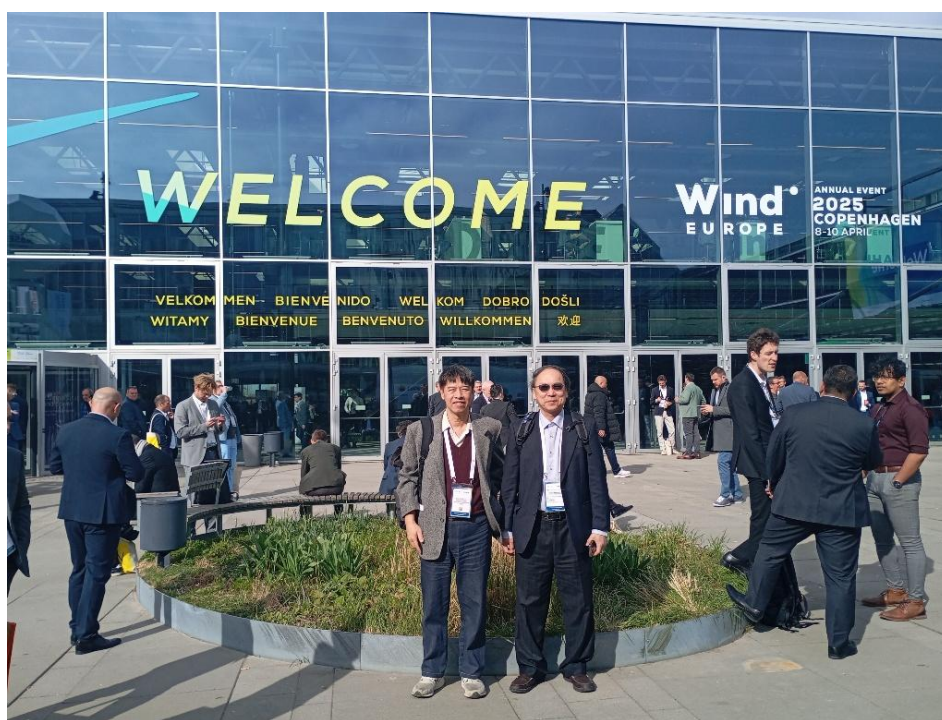


圖 1 出國計畫人員於會場前入口

(二)參展廠商的特色和在展會中的亮點：

1.風力發電機製造商：

- GE Vernova：作為風能行業的重要廠家，GE Vernova 專注於提供大型風力發電機，並且致力於提升風力發電技術的效率和可靠性。

- Siemens Gamesa：公司以其先進的風力發電機和定制解決方案聞名，強調可持續能源解決方案和減少碳排放。



圖 2 離岸大型起重機模型



圖 3 Huisman 風機安裝起重機模型

2.儀器與監測技術：

- AQTech Power Prognostics：這家公司提供基於數據驅動的風電場設備健康監測解決方案，幫助預測維護需求，延長設備使用壽命。

- **Fibersail**：專注於基於物理模型的結構健康監測（SHM），為風電場提供高精度的負載測量和風機健康狀況分析。
- **TOPseven**：借助人工智慧軟體，無需專業飛行員即可透過無人機檢查風機，實現透過專利感測器技術獨立使用自動化無人機檢查基礎設施。



圖 4 與 TOPseven 技術經理洽詢自動化無人機檢查應用

3. 可再生能源運營商與服務商：

- **Orsted**：作為全球領先的可再生能源公司，Orsted 專注於風能、太陽能等清潔能源的開發，並提供綠色能源解決方案。
- **Vestas**：全球風能市場的領導者之一，提供從風電機設計、製造、安裝到維護的一體化服務，致力於提高風能的效率和經濟性。

4. 創新與智能解決方案提供商：

- **Jungle.ai**：專注於機器學習和人工智能技術的應用，可為再生能源領域提供自動化見解和決策支持，提升風電場維護效率。
- **T-shore Education**：推動多樣性與包容性的教育計畫，專注於培訓下一代風電技術員，致力於提升全球風能行業的技能。

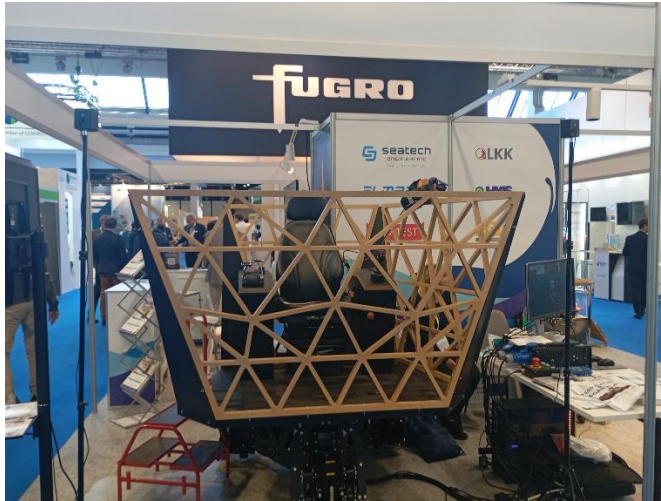


圖 5 會場海上起重機操作 VR 訓練機台

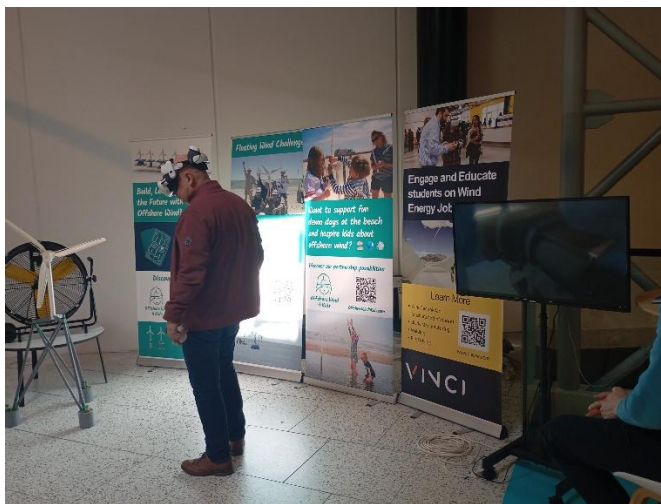


圖 6 會場提供與會人員 VR 體驗風機現場作業情形

5.能源儲存與電池技術：

- **Sonnen**：專注於家庭能源儲存解決方案，推動風能與其他可再生能源的高效利用，特別是在分布式能源領域。
- **Tesla Energy**：提供先進的儲能系統，並支持將風能等可再生能源與儲能解決方案集成，幫助實現能源可靠的存儲和管理。

6.工程與設計公司：

- **DNV GL**：提供風能行業所需的技術諮詢和認證服務，協助企業提高風電場的運營效能和安全性。
- **Royal HaskoningDHV**：專注於風能項目的工程設計與諮詢，提供全方位的設計、規劃和運營支持。

這些廠商展示最新的技術、服務與解決方案，並分享在推動風能產業發展方面的經驗和成就。

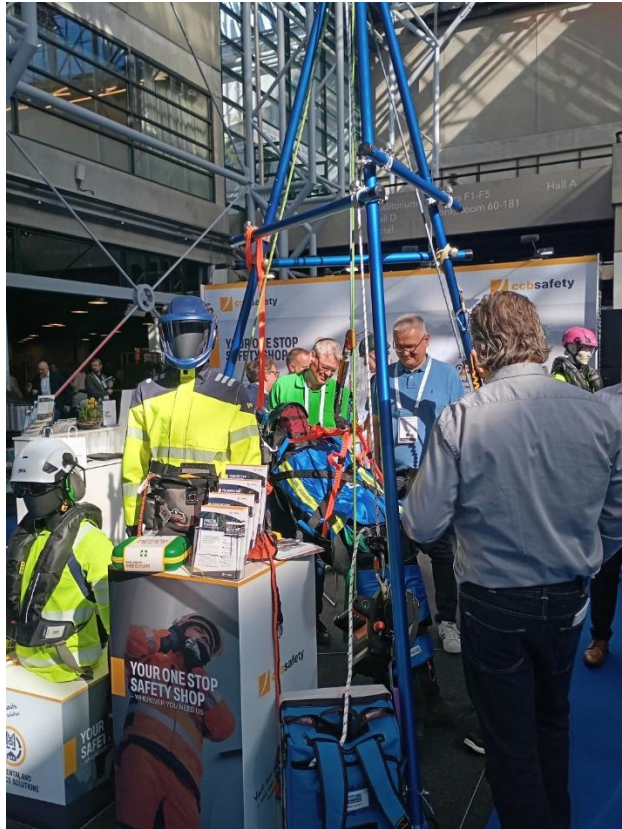


圖 7 Ccbsafety 公司展覽具附加價值的工作服和安全設備

7. ENERGY & WATER 是哥本哈根市與 HOFOR(哥本哈根大公用設施) 合作建立的「哥本哈根生活實驗室」，旨在提供創新的再生能源與水資源教育，並促進教育、工業與公共機構之間的合作。

ENERGY & WATER 提供多樣化的實踐學習機會，讓參與者能夠深入了解再生能源的運作原理。例如，參與者可以親手設計、製作原型並測試風力渦輪機葉片，這不僅增強了學習的趣味性，也提高了學員對風能技術的理解。此外，該中心還設有「移動科學中心」，透過互動式的教學方式，將能源與水資源的知識帶入學校和社區，讓更多人有機會接觸並學習相關知識。

ENERGY & WATER 強調教育、工業與公共機構之間的合作，透過共同開發教材、舉辦工作坊和實驗活動，促進各方在再生能源領域的知識交流與技能提升。這種合作模式不僅提升了參與者的專業能力，也為再生能源產業培養了大量的人才。該中心的教育活動不僅針對學

生，也開放給成人團體，讓不同年齡層的人都能參與其中。透過實際操作和互動學習，參與者能夠更深入地理解再生能源技術，並將所學應用於實際生活中，從而提升整體社會對再生能源的認識和接受度。

ENERGY & WATER 不僅是再生能源教育的前沿基地，更是促進社會各界共同參與、共同學習和共同發展的典範。透過其創新的教學方法和跨領域的合作模式，該中心為實現可持續的未來做出了積極貢獻。

二、出席歐洲風能國際研討會

(一)會議概況

時間：2025 年 4 月 8 日至 10 日

地點：丹麥哥本哈根 Bella Center

規模：近 16,000 名參與者、超過 550 家參展商、350 講者及 70 分論壇。

主題口號：“Scale up, Electrify, Deliver”，強調擴大規模、推動電氣化、實踐交付，以確保風能成為歐洲競爭力核心。

1.規模擴大（Scale up）

- 供應鏈建構與製造提升：深入探討「Supply chain: can we still make wind in Europe?」專題，關注歐洲風能製造是否仍具競爭力。
- 海上風電擴張：海上風電場發展、港口與船隻布局成為焦點，高階「Ministerial session – Getting offshore wind back on track」會議邀請歐盟與各國能源部長共同因應對海上風電瓶頸。

2.電氣化（Electrify）

- 風能與其他產業結合：探討如何結合風、太陽、儲能與綠電氫技術，實現產業跨域電氣化。
- 智慧電網整合：關於電網並聯、混合資產與浮動變電站的解決方案，專場「Planning system integration」提供深入洞見。

3.執行與交付（Deliver）

- 政策設計與競標機制：聚焦電價設計與電力市場改革，「Permitting: is it getting any better?」與「Electricity markets: don't mess it up」

皆為高參與度主題。

- 永續與社群共存：探討離岸與在岸與漁業、自然環境如何協調共生，強調環境永續和公眾參與。



圖 8 會場「Enabling floating wind on commercial scale」論壇場景

(二)主要議題與學習重點

- 1.隨著海上風電行業的增長，對技術熟練的員工需求日益增加，尤其是在風電領域，教育體系在不同國家的差異使得技術員的培訓質量參差不齊。T-shore 在風電技術員培訓方面的統一教育方法，通過在不同地區和教育體系中對學習場景的協調，實現海上風電技術員教育的統一。T-shore 是一個由歐盟資助的倡議，旨在通過在比利時、丹麥、愛爾蘭、荷蘭和挪威等國的合作，縮小海上風電技術員的技能差距。

T-shore 的培訓計畫在入門級海上風電技術員培訓課程涵蓋了包括電氣、機械、液壓、HSE（健康、安全與環境）技能以及團隊合作和溝通等各方面的內容。提供基礎知識和技能，以幫助學員更好地進入風電行業，並能夠應對行業內的各種挑戰。

- 2.通過數字模型增強結構健康監測（SHM），特別是利用基於數據驅動和物理基礎的模型，為風機資產的結構健康提供全面的見解。主要內容包括：

- SHM 概述：集成了傳感器測量數據與數據驅動模型和物理基礎

模型，幫助評估風力發電機的結構健康。這種方法可以降低風力發電機的風險並減少檢查與維護成本，從而提高整體運營效率。

- 操作策略：目標是進行主要結構組件的全生命週期監測，檢測異常結構振動。監測基於 10 分鐘 SCADA 數據，並與結構健康監測系統（SHM）結合，對所有風機資產進行監測。振動監測是核心策略的一部分，旨在實現精確的疲勞壽命預測。
- 步驟概述：
 - 步驟 1：建立一致的模型，這包括從 SCADA 數據中獲取信息，並確保所有計算模型的一致性。
 - 步驟 2：在過渡區域進行疲勞驗證，這有助於驗證載荷對結構各部分的影響。
 - 步驟 3：疲勞與振動監測，即時監測風力發電機的疲勞消耗和全球振動模式，特別是對配備 SHM 系統的資產進行監測。
- 結果與學習：該方法已在實際案例中進行驗證，並證明數字模型與 SCADA 系統結合後，能夠可靠地評估風電場的結構健康。結合 SHM 系統和傳統 SCADA 監測，可以有效減少結構損壞風險，並延長設備的使用壽命。總結來說，這份文件展示了如何利用數字模型和 SCADA 系統相結合，增強結構健康監測，為風電場提供更精確的健康評估，並通過早期風險識別和疲勞監測來降低維護成本。

3.利用機器學習自動化可再生能源設備維護中的見解與行動，並探討了人工智慧（AI）驅動的預測、自動化報告和 ChatGPT 在資產管理中的應用。主要內容包括：

- 挑戰與解決方案：在可再生能源資產管理中，管理者常被數據和警報淹沒，這會妨礙高效的決策制定和能源生產。解決方案是通過一個基於 AI 的系統來自動化該過程，並優先處理和解釋來自再生能源資產的異常檢測數據。
- 系統工作原理：該系統基於機器學習模型來建立正常行為模式，並識別異常與偏差。使用 ChatGPT 作為智能交互層，提供自動化的問題描述和詳細建議，並根據異常的嚴重性進行優先級排序和

標記。系統還能自動生成報告，提升反應速度和質量。

- 主要創新：系統的創新之處在於將機器學習模型、異常檢測庫和 ChatGPT 集成，這能提供詳細且實時的見解，並對複雜的數據進行快速處理和反應。
- 系統優勢：提高產量和資產利用率，這種智能化的方法可以有效提高可再生能源資產的運行效率。減少設備停機時間，通過預測性維護，能夠在設備故障前進行干預，減少停機和修復時間。
- 更快、更明智的反應：系統能提供更快速且基於數據的反應，提升維護服務的效率。
- 業務應用案例：展示如何利用這些技術來改善資產的維護，並幫助開發商和運營商提升效率、減少成本，並在維護過程中提高安全性。

4. 探討在風能領域中的多樣性和包容性，對於勞動力培訓的重要性，並分析轉型過程中的挑戰和機遇。主要內容包括：

- 研究背景：旨在識別女性在風能領域專業培訓中所面臨的挑戰，以及促進性別包容性所帶來的機會。研究強調，提升女性參與風能行業的各個層級，能夠為行業帶來更多的創新、效率和可持續性。
- 關鍵挑戰：女性在領導崗位的比例較低，尤其是在公共部門和技術領域。女性在 STEM（科學、技術、工程和數學）課程中的註冊率也較低，這影響她們在這些領域的職業發展。工作場所政策的機會不足及社會文化障礙，也限制了女性的職業成長。
- 關鍵機遇：支持女性進入 STEM 領域，並加強對女性領袖的培養，能夠有效提升公司和整個行業的表現。創造包容的工作環境，可以促進更多的創新和有效的工作流程，進而增強企業的韌性和生產力。
- 學習目標：了解女性在風能行業中面臨的挑戰，並識別改善的具體機會；學習如何創建更加包容的工作環境，提升員工的表現和韌性。
- 結論：風能行業具有巨大的就業潛力，而性別包容策略對於可持

續發展和創新至關重要。多樣化的工作環境能夠推動創新、提高運營效率，並增強整體業績。創造包容性的工作環境有助於促進可再生能源領域的可持續發展，並吸引更多女性加入這一行業。

三、訪問 **Maersk Training** 及技術交流

馬士基訓練中心(Maersk Training)在全球經營世界一流的培訓中心，配備先進的模擬器和真實環境，確保學員獲得實務操作經驗。致力於建立信心、提高效率，幫助勞工和公司滿足產業需求，同時倡導安全卓越的企業文化。本次參訪馬士基訓練中心位於丹麥南菲英島斯文堡，成立於 1999 年，是其最大的模擬基地。該中心於 2010 年進行了擴建，新增了先進的 MOSAIC 模擬中心和一家飯店，提升了學員的訓練體驗。該中心在逼真的環境中提供高級培訓，以支持學員發展海事和近海領域所需的基本技能。Maersk Training 擁有各類模擬器與真實環境複製設施，例如模擬海上平臺操作、船舶操作以及不同氣候環境下的緊急處理訓練。每一個訓練模組都設計得非常精細，讓受訓者可以在最接近實際的環境中進行操作，從而提高其面對突發狀況的應對能力。其中，特別印象深刻的是他們的模擬海上風電場設備訓練平台。這是一個結合真實設備與數位模擬技術的綜合訓練平臺，能夠真實再現風電場中的作業環境，從操作設備到危險應對都有詳細的培訓過程。

隨著風能行業的迅速成長，對於具備技術技能的人才需求增大，涵蓋各種不同的工作崗位。雖然風能行業涵蓋多種類型的工作，但 Maersk Training 設計訓練角色幫助了解風力發電技術員的角色。這些技術員在風能項目中扮演至關重要的角色，從風場建設、調試到運營和維護等階段，風力發電技術員都參與其中。這些工作通常需要多種技術技能，因此風力發電技術員的工作團隊由多位具備不同技術背景的專業人員組成，包含負責建設和運營維護階段的工作，及服務定期檢查、維護、專業任務如電纜接頭、大型起重及葉片修理等工作。

馬士基訓練中心依循全球風能組織 (GWO) 一系列的安全與技術標準，這些標準在風能行業中被廣泛認可，並且對於確保風力發電場（包括離岸和陸上風力發電場）的工作安全至關重要。常見的課程是 GWO 基本技術培訓課程，包含 GWO 基本安全訓練（包括 GWO 海上生還訓練）、GWO 基本技

術訓練（BTT）、GWO 高級救援訓練、GWO 增強急救訓練、GWO 吊運信號員訓練等。這些課程是風力發電技術員進入行業的常見培訓項目，對於風場所有者來說，通常會要求服務提供商的員工必須完成這些安全與技術能力的培訓。



圖 9 馬士基訓練中心合影
(左起金屬中心鄭順元專案經理、馬士基訓練中心 Tonny Moeller/General Managing、本所沈育霖研究員、本所劉國青副研究員)



圖 10 馬士基訓練中心內部海事訓練場景(一)



圖 11 馬士基訓練中心內部海事訓練場景(二)



圖 12 馬士基訓練中心內部海事訓練場景(三)



圖 13 馬士基訓練中心內部討論訓練課程

四、丹麥職業安全衛生及離岸風電相關規範現況

丹麥自 1961 年頒布第一部職業安全衛生法規，人民對工作環境中的安全衛生問題越來越關注，並開始意識到職業災害和疾病產生對社會造成極大的影響，隨著時間的推移透過推動職業安全衛生策略 20 年的經驗，現今丹麥職業安全衛生政策發展也反映出透過使用風險評估及相關法規，來減少工作危害影響的同時也保護工作者的健康，並將職業安全衛生政策的成功與主管機關之間的合作進行銜接，促使各方共同承擔責任，確保每位工作者的權益得到最大的保障。

(一) 職業安全衛生法制與管轄單位

丹麥於 1873 年《工廠法》(Factory Act,1873)首次規範職業安全衛生，建立了工廠監察局，是目前丹麥工作環境管理局(丹麥文：Arbejdstilsynet；英文：The Danish Working Environment Authority, DWEA)的前身，以監督工廠對兒童和青少年的保護，該法案沒有將保護範圍擴大到成年人，後來又引入了預防性技術措施的規則。1913 年丹麥通過了第一部真正的《工廠法》(Factory Act,1913)，旨在預防事故和疾病。這項立法在 1954 年的《工人保護法》(Worker Protection Act)中擴大到保護所有工人。1975 年工作環境規則被合併為單一法案，即丹麥工作環境法(the Danish Working Environment Act,1975)，該法案從規定性規則轉變為評估工作場所危害，選擇適當的措施降低危害風險，該法案也擴大了安全衛生的概念，以考慮事故造成健康不良之可能因素，並後續於職業安全衛生政策的發展中

新增特定規範和指導文件，來減少職業災害和疾病的發生。1997 年修訂了《工作環境法》(The Working Environment Act,1997)，規定公司必須進行書面工作場所評估。此外，所有員工超過 5 人的公司都有義務建立正式的職業安全衛生結構，所有職業安全衛生人員都必須參加 37 小時的課程。此外，健康監測是強制性的。

丹麥職業安全衛生法規的發展演進的過程，從建立工廠監察局(factory inspectorate)到通過不同的法律和策略，丹麥不斷努力改善工作環境，保護勞工的安全衛生、預防事故和疾病、關注心理健康、噪音控制與肌肉骨骼問題等，透過上述演進過程，其相關主管機關之間的合作協定，使得未來職業安全衛生能夠發展更加全面，其演進過程如表 2 所示：

表 2 丹麥職業安全衛生法規發展演進

年份	職業安全衛生法規發展演進
1873 年	建立工廠監察局，規範職業安全衛生，保護兒童和青少年工作環境
1913 年	通過第一部工廠法，旨在預防事故和疾病
1954 年	工人保護法擴大到保護所有產業工人
1975 年	工作環境規則合併為單一法案，即丹麥工作環境法，轉變為評估工作場所危害並選擇適當措施的法案
1996-2005 年	第一期策略：清潔工作環境
2011-2018 年	根據丹麥政府合作協定的新型職業安全衛生措施及嚴格查核勞動市場風險情況
2005-2020 年	第二期策略：針對工業事故、心理障礙、噪音和肌肉骨骼障礙的目標

丹麥職業安全衛生主要由丹麥就業部(The Danish Ministry of Employment)執行，其宗旨為確保丹麥安全衛生，其中，丹麥就業部由一個部門、兩個政府機構和一個研究中心組成如圖 14，其中包含丹麥勞動市場和招聘局(The Danish National Work Environment Research Center)負責實施和跟進丹麥的就業政策及招聘國外勞工，而丹麥國家工作環境研究中心主要提供職業安全諮詢服務，推廣展

工作安全相關資訊，而丹麥工作環境管理局(Arbejdstilsynet, AT)負責創造安全的工作條件。工作環境管理局被賦予監督和執行權力與歐洲安全與衛生與工作署協調制定職業安全衛生相關法規，其主要工作內容包括：

1. 在公司進行檢查：該機構進行定期的工作場所檢查，以確保公司遵守職業安全衛生的相關規定和要求。
2. 制定職業安全衛生規則：丹麥工作環境管理局負責制定職業安全衛生的相關規則和標準，以保護勞工的安全衛生。
3. 提供職業安全衛生資訊：該機構向企業和公眾提供有關職業安全衛生的資訊和指導，以提高對安全工作環境的認識和理解。



圖 14 丹麥職業安全衛生體系架構

(二) 離岸風電管轄部門

丹麥政府丹麥海事局(The Danish Maritime Authority, DMA)針對離岸風電所制定之法規為再生能源法(Renewable Energy Act)，該法規主要針對離岸風電相關發展所制定。其設立目的是確保丹麥在海上活動和船舶運營的安全性，在離岸風電領域主要管轄範圍船舶由岸邊至風場，主要職責為確保船舶和海上活動的安全；而在港口進行裝卸和卸載設施之操作及安全管理則是由當地市政府管轄，船舶運輸與人員運輸由 DMA 進行維護與管理。然而特別針對離岸風電拖工安全之法規較少。該國之施工安全與勞工安全相關法規主要由丹麥工作環境管理局(The Danish Working Environment Authority, DWEA)與歐盟職業安全衛生局(The European Agency for Safety and Health at Work, EU-OSHA)的合作，並在丹麥政府主特下運作，該法負責確保遵守適用於丹麥所有職業的職業安全衛生立法。

丹麥政府推動離岸風電相關官方單位，其中主要幾個負責離岸風電相關之目的事業主管機關為丹麥能源機關(The Danish Energy Agency, DEA)其設立目的為推動丹麥能源轉型、提供再生能源解決方案；DEA 主要負責離岸風電能源供應安全效益及發展，其中工作內容包括政策制定規劃、建置許可及經營權管理、監測運營表現。

透過上述主管機關推動丹麥能源轉型的過程，確立離岸風電產業的安全與長期發展，各單位的相互協作在扮演離岸風電產業關鍵角色的同時，也確保在未來丹麥離岸風電領域取得穩定的進展其相關單位離岸風電主要職責如表 3。

表 3 丹麥離岸風電相關單位主要職責

機關名稱	主要職責
丹麥海事局(DMA)	1. 確保船舶和海上活動的安全性 2. 船舶運輸與人員運輸維護管理
丹麥工作環境管理局(AT)	1. 確保適用於丹麥所有職業的職業安全衛生立法
丹麥能源局(DEA)	1. 政策制定規劃 2. 建置許可及經營權管理 3. 監測運營表現
歐洲安全衛生工作署	1. 與丹麥工作環境管理局制定工作環境安全相關法規

(三) 離岸風電職業安全衛生法規

丹麥的離岸風能產業正在快速發展，未來離岸風電之發展為距離海岸更遠且更深的水域，除了增加了施工和運營過程中的風險，也對參與其中的工作人員造成潛在危害，丹麥目前對於離岸風電之規範主要受再生能源促進法的監管，丹麥海事局為在領海建立離岸風電場和波浪能系統提供了一般指引，但並無單獨針對離岸風電相關職業安全衛生立法，而《職業安全衛生法》(Occupational Safety and Health Act)僅適用於陸域風力機，針對陸域及浮式風機的生命週期不同階段職業安全衛生之風險也不盡相同如：

高空作業(跌落風險)；

防護機械和電氣設施；

防火措施；

風浪；

運輸安全。

丹麥工作環境局雖有《離岸安全法》(Offshore Safety Act)，但根據其法規使用定義，僅用於「石油與天然氣作業」(oil and gas operations)且未提及離岸風電(offshore wind)或(offshore renewables)。在某些風場案例中如 Horns Rev II(距離海岸 12 至 200 哩)，由於缺乏獨立法規，丹麥能源局只能依賴特許協議中的條款來彌補《職業安全衛生法》之不足之處。

肆、心得與建議

- 一、本次岸風電海事工程及運維作業職業安全衛生技術及推廣應用出國行程，學習離岸風力發電（Offshore Wind）勞工作業安全管理，由於離岸風力發電作業通常涉及位於海上的風力渦輪機、風機等，興建在距離海岸數公里的海域，勞工面臨的作業風險和挑戰計有：高空作業與設備安裝、海上作業環境、緊急撤離與救援、氣候與天氣因素、機械與設備操作、電氣安全、噪音與振動等。
- 二、離岸風電產業對我國而言是屬新興產業，以往國內較缺乏大型海上工程的經驗，因此，如何建立運維所需之設備及專業人才，是目前面對且急需解決的問題。包括風機製造、組裝及維持風機之正常運轉，建立施工及運維所需之專業設備及人才在地化，例如無人載具在安全檢查之應用、專業人員教育訓練及緊急事故應變機制等。
- 三、本次補助出國計畫，透過學習及交流國際上既有技術及專業知識，仍是必需且最有效的方式，也凸顯出國技術交流及現場訪視計畫的重要性。行程安排包含參加 2025 歐洲風能博覽會、出席歐洲風能研討會及參訪 Maersk Training 使用先進模擬器進行訓練與安全管理。在 2025 歐洲風能博覽會參展廠商的主要特色亮點含括儀器與監測技術：透過感測器技術使用自動化無人機檢查基礎設施；推動多樣性與包容性的教育計畫，培訓風電技術人員，確保作業安全技能；分佈式能源管理，推動風能與其他可再生能源的高效利用；開發離岸作業人員附加價值的工作服和安全設備。在歐洲風能研討會關鍵議題結合風、太陽、儲能與綠電氫技術，實現產業跨域電氣化；利用機器學習自動化可再生能源設備，優化維護資產管理；風機運轉之結構健康監測（SHM）技術應用，降低風力發電機的故障風險並減少檢

查與維護成本。在參訪 Maersk Training 模擬訓練與安全管理，技術培訓涵蓋電氣、機械、液壓、健康、安全與環境之工作技能，及團隊合作和溝通等各方面的內容，透過先進模擬操作系統，體驗離岸工作環境及探索工作技能。另外，該機構在課程設計、訓練設施及技術創新方面的投入，為全球職業安全領域樹立了優秀的榜樣。深感其注重整體安全文化的塑造，而非單純的技能訓練，這一點值得借鑒。

四、離岸風機作業都需要對勞工的安全衛生進行周全的考慮。透過高空作業安全、設備操作培訓、電氣安全、防護裝備及環境因素的控制，可以有效降低風機作業中的風險。勞工安全衛生的保障不僅能保護工作人員的生命安全，還能提升風能產業的整體運營效率與可持續發展。

五、本次出國之心得及收穫，後續可提供本所 114 年有關離岸風電產業人員專業提升相關研究業務，或辦理研討會等之推廣運用，有如下規劃：

- (一) 協助離岸風電陸域國際吊掛操作專業培訓班及國際吊掛作業安全管理計畫專業培訓班，參考如附錄二、三，包含 Offshore Crane Operator stage 0 course 離岸起重操作培訓課程、APPOINTED PERSON FOR LIFTING OPERATIONS 起重作業指定人員培訓課程。
- (二) 協助推廣運用，提供產業實務參考，與業界進行交流出國成果：分別協助辦理離岸風電陸域重件吊掛專業職能及管理研討會、離岸風電無人載具與中繼臺協同作業互動交流觀摩會。

六、國外職業安全衛生管理作法可為國內借鏡之處：

- (一) 目前我國離岸風電職業安全主要依據《職業安全衛生法》及相關衍生法規，並以《離岸風電海域作業安全指引》等指引作為補充，考量國內未來離岸風電產業長期發展，應持續強化在地化之相關規範，以提供產業依循。
- (二) 後續可進行離岸作業風險評估相關研究案，內容上可參考職安署的「風險評估技術指引」或 ISO 12100 風險評估方法，以因應離岸風電產業的快速發展和複雜危害因素，尤其未來浮式風場開發之危害辨識、風險評估、採取控制措施等方面之做法，包含風險之動態特性、持續監管與追蹤。

- (三) 因應離岸風電長期發展需要，後續可進行「離岸風電安全衛生管理系統」之在地化相關研究案，提出安全衛生管理可行作法並建立相關範例，供產業參採。
- (四) 有關風險評估作法可參考 G+浮式風電危害風險辨識指引，建立危害類型辨識、風險等級評估矩陣及不同作業之風險因子等，該指引不僅考量風險的可能性及嚴重性更加入新穎性因子，其方法論可做為我國離岸風場危害辨識與評估之參考。

伍、附錄一

一、浮動式離岸風機製程解析

(一)、製造階段

1. 初步設計階段

- (1) 設計參數確定:根據風力發電機型號和環境條件確定浮式基礎的設計參數，包括浮力、穩定性和抗風浪性能。
- (2) 結構設計:使用計算機輔助設計(CAD)軟件進行詳細的結構設計，確保浮式基礎在各種海洋條件下的穩定性和耐久性。
- (3) 材料準備
 - A. 材料選擇:選擇適合海洋環境的高強度鋼材和耐腐蝕材料。
 - B. 材料檢驗:對所選材料進行品質檢驗，確保符合設計要求和國際標準。

2. 製造過程

- (1) 鋼板切割與加工:使用切割機對鋼板進行切割，形成各個結構部件。進行機械加工，確保各部件的尺寸精度。
- (2) 焊接與組裝:將加工好的鋼板進行焊接，組裝成浮式基礎的各個模塊。使用自動焊接設備和專業焊接工藝，確保焊接品質和結構強度。
- (3) 防蝕處理:對焊接完成的結構進行防腐塗層處理，防止海水腐蝕。

3. 檢查與測試

- (1) 結構檢查:使用無損檢測技術(如超聲波檢測和 X 射線檢測)檢查焊縫品質。
- (2) 強度測試:對浮式基礎進行負載測試，確保其在運行條件下的結構強度和穩定性。

(二)、運輸階段

1. 運輸與包裝

- (1) 根據運輸需求，將製造好的浮式基礎選擇適合運輸形式。
- (2) 進行防護措施，防止運輸過程中受損。
- (3) 使用專用的運輸船舶運輸到安裝地點。

2. 安裝階段

(1) 錨固系統安裝

- A. 錨鏈與錨碇安裝:安裝錨鏈和錨碇，確保浮式基礎能夠穩定定位。
- B. 使用專業的安裝設備和技術，確保錨固系統的穩定性和安全性。

(2) 風力機安裝

- A. 塔柱與機艙安裝:使用大型起重設備將風力發電機的塔柱安裝到浮式基礎上。安裝風力發電機的機艙和葉片，確保各部件的

精確對接。

B. 電氣連接:進行電氣連接,確保風力發電機與海底電纜的連接穩定可靠。

3. 檢查與調試

(1) 結構檢查:使用潛水員或水下載具 (ROV) 對浮式基礎和錨固系統進行檢查,確保所有連接和結構無損壞。

(2) 功能測試:進行風力發電機的全面功能測試,包括運行測試和電氣測試,確保風力機正常運行。

4. 運行與維護

(1) 定期檢查:定期對浮式基礎、錨固系統和風力發電機進行檢查,確保其在運行期間的穩定性和安全性。

(2) 維修保養:根據檢查結果進行必要的維修和保養,確保設備的長期運行。

(三)、動態海纜是離岸風場中關鍵的技術組成部分,尤其是在浮動式風場中,動態海纜的設計、製造、運輸及安裝對於整體系統的穩定性和性能至關重要。以下是關於動態海纜說明:

1. 設計

(1) 動態特性要求:

- 柔韌性與抗疲勞性:動態海纜必須能夠在長期動態環境下承受不斷的彎曲、扭轉和拉伸,而不會損壞。因此,在設計上需確保足夠的柔韌性和抗疲勞性能。
- 結構設計:動態海纜通常包括多層結構,內部包括導電芯、絕緣層、護套、屏蔽層和外部護套。設計需考慮電氣性能、機械強度和耐環境性。
- 阻尼設計:在高動態應力環境下,需設計特殊的阻尼裝置或使用特殊材料,以減少動態負荷對海纜的影響。

(2) 海洋環境考量:

- 耐腐蝕和抗海洋生物附著:由於海洋環境的腐蝕性和海洋生物的附著,需選擇耐腐蝕材料和防污塗層來延長海纜的使用壽命。
- 抗 UV 與耐磨損:動態海纜暴露在海水和陽光下,需具備抗 UV 和耐磨損的特性。

2. 製造

(1) 材料選擇:

- 高強度材料:選擇如高分子聚合物、特殊鋼材等材料,以提供海

纜必要的強度和柔韌性。

- 多層結構製造：製造過程中需要多層覆蓋工藝，確保每一層都達到設計要求，尤其是導電芯的絕緣層和外部護套層的完整性。

(2) 製造：

- 精密製造：動態海纜的製造需要高精度的工藝，以確保海纜的直徑、厚度和結構穩定性。此外，還需進行動態性能測試，確保在長期使用中不會出現結構變形或材料疲勞。
- 環境測試：製造後需進行一系列環境測試，如耐鹽霧測試、耐腐蝕測試和抗疲勞測試，以模擬海纜在實際海洋環境中的工作狀況。

3. 運輸

(1) 專業運輸設備：

- 纜盤運輸：動態海纜通常纏繞在專業纜盤上，運輸過程中需要專門的船隻和起重設備，以確保海纜不受損壞和保持柔韌性。
- 運輸保護：在運輸過程中需提供適當的防護措施，如防震裝置、防水覆蓋等，以避免外部環境對海纜的損壞。

(2) 長距離運輸：

- 溫度和濕度控制：在長距離運輸中，需對海纜存放環境進行溫度和濕度的控制，避免因環境變化導致海纜性能下降。
- 定期檢查：運輸途中需要定期檢查纜盤和海纜的狀況，確保運輸過程中不會出現意外損壞。

4. 安裝

(1) 動態鋪設要求：

- 浮力調節：動態海纜的鋪設需精確計算浮力和沉降力，確保海纜在海底的合理位置，避免過度下垂或張力過大。
- 鋪設技術：安裝過程通常使用動態鋪設船，該船配備專門的鋪設設備和動態定位系統，確保海纜的準確鋪設和張力控制。

(2) 動態鋪設過程中的監測：

- 即時監測系統：安裝過程中，需使用即時監測系統對海纜的張力、彎曲度和位置進行監控，確保鋪設過程符合設計要求。
- 環境適應性調整：根據實際海況，如波浪和海流情況，調整鋪設速度和角度，以防止海纜受到過大的機械應力。

5. 安裝後的檢測與維護

(1) 初期檢測：安裝完成後，需進行初期檢測，確認海纜在運行過程中的各項性能指標，如導電性、絕緣性和機械穩定性。

(2) 定期維護：動態海纜在運行期間，需定期檢查其狀況，特別是在極端天氣後的檢查，確保海纜的長期穩定性和安全性。

表 4 浮動式離岸風機浮式基礎形式與應用分析

浮動平台設計	技術特點	適用條件	建造成本	技術成熟度
半潛式	結構穩定性高，浮力由多個浮筒提供，適合深水區域。設計靈活，可適應不同風力機組。	適合深度在 30 米至 200 米的水域	中等至高，取決於結構規模與所需材料	高，技術已在多個項目中得到應用
張力腿式	通過張力腿固定於海床，平台浮動性低，穩定性強。設計更複雜，需精確定位。	適合深度在 50 米至 1000 米的水域	高，需精密的工程設計與施工	中等至高，技術已有一定應用，但尚在改進中
浮筒式 (Spar)	由一個長柱狀浮筒支撐，重心低，穩定性好。適合大深度海域。	適合深度在 120 米以上的深水區域	高，需大量材料及專業施工	中等，技術成熟度較低，應用範圍有限
駁船式	使用傳統駁船作為平台，結構簡單，成本較低。設計適應性低，主要適用於淺水區。	適合深度在 50 米以下的淺水區域	低至中等，取決於駁船規模與配置	低，技術成熟度較低，尚需進一步開發與測試

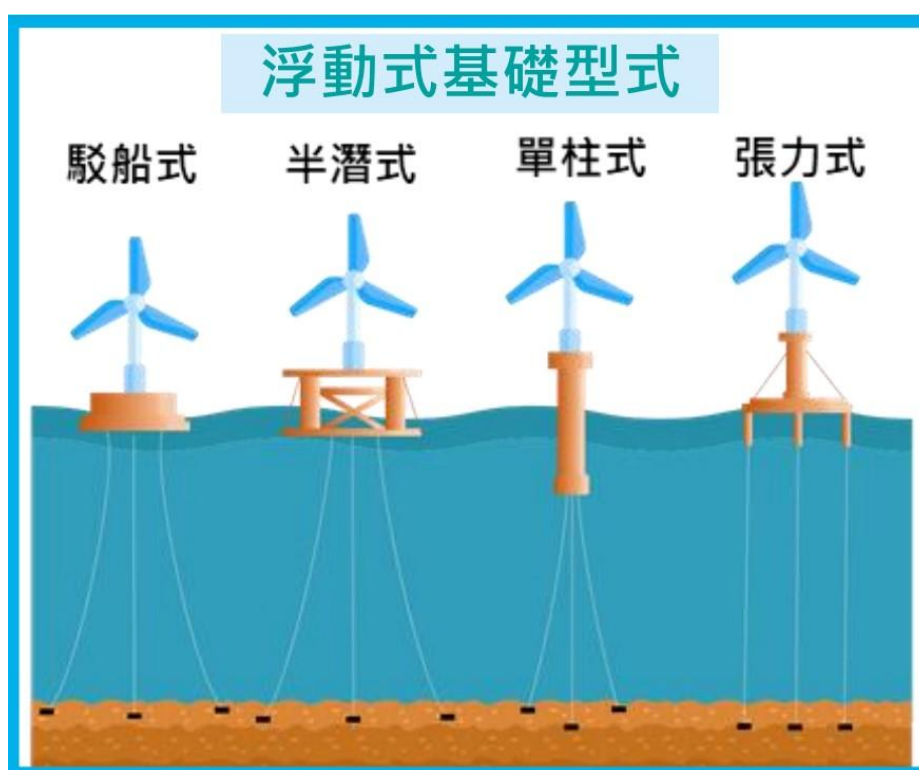


圖 15：浮動式離岸風機浮式基礎形式示意圖
(資料來源：環境資訊中心)

表 5 固定式與浮動式基礎於各階段需考量管理項目

階段	固定式基礎	浮動式基礎
設計	- 結構設計針對穩固性和承載力，必須確保基礎牢固連接海床，常用的設計包括單樁、重力基礎、管架式等。 - 需要考慮海床土壤條件、風力、波浪和潮汐等因素。	- 結構設計以穩定性和浮力為主，平台需能隨海浪和潮汐浮動並保持穩定，常用設計包括半潛式、張力腿式、浮筒式和駁船式。 - 需要考慮動態負荷、平台的重心和穩定性，以及系泊系統設計。
製造	- 使用大量鋼材或混凝土，結構通常相對簡單但尺寸龐大。 - 製造過程需要精密的施工和大規模的生產設施。	- 使用大量鋼材，結構更為複雜，可能包含浮力筒、系泊設備等。 - 製造過程較為複雜，需要高精度的工藝和特殊材料。
運輸	- 通常需要專用的大型船舶進行運輸，因結構尺寸大，運輸距離受限。 - 需考慮運輸過程中的穩定性及裝卸便利性。	- 浮動基礎可通過拖船進行拖曳運輸，靈活性較高，適合長距離運輸。 - 運輸過程中需特別注意平台的浮力和穩定性，防止傾覆。

階段	固定式基礎	浮動式基礎
安裝	- 通常需要重型起重設備和專用船舶進行海上安裝，並需確保基礎在海床上的牢固性。 - 安裝過程受海床條件、天氣和潮汐影響較大。	- 通常先在港口裝配，然後拖曳到海上位置進行錨固安裝。 - 安裝過程相對簡單，但需確保系泊系統的穩定性和準確定位。

表 6 浮動式離岸風機開發過程相關物理性與化學性危害匯整

階段	物理性危害	影響分析	控制措施
設計	穩定性不足	導致平台傾覆或運營中性能不穩	強化模擬計算，增加安全係數
製造	高分貝噪音	對工人健康造成長期損害	使用低噪音設備，佩戴耳罩
運輸	海運碰撞	平台損壞或延誤進度	增強導航與防碰撞系統
安裝	惡劣海況下吊裝與系泊	作業失誤可能導致系統失效	提高海上吊裝精度，選擇穩定天氣施工
運營	動態載荷損壞	系泊系統崩壞可能引發連鎖故障	安裝載荷監控設備，定期檢修
除役	浮體結構受損	可能遺留海洋垃圾，增加處理成本	提前規劃拆卸，清除遺留物
階段	化學性危害	影響分析	控制措施
設計	化學洩漏	對海洋生態造成長期影響	嚴格選用低環境風險的化學材料
製造	材料缺陷導致化學風險	可能損害浮體壽命	加強材料檢驗，優化製造流程
運輸	油品洩漏	對海洋環境造成污染	監控油品狀態，減少風險源
安裝	化學品操作風險	對操作人員健康構成威脅	提供化學品操作培訓，設置應急裝置
運營	腐蝕性化學品問題	對浮體與錨定系統構成風險	定期防腐處理，增加保護層
除役	液壓油污染	污染海域，對生態不利	設置專門回收設施，分類處理污染物

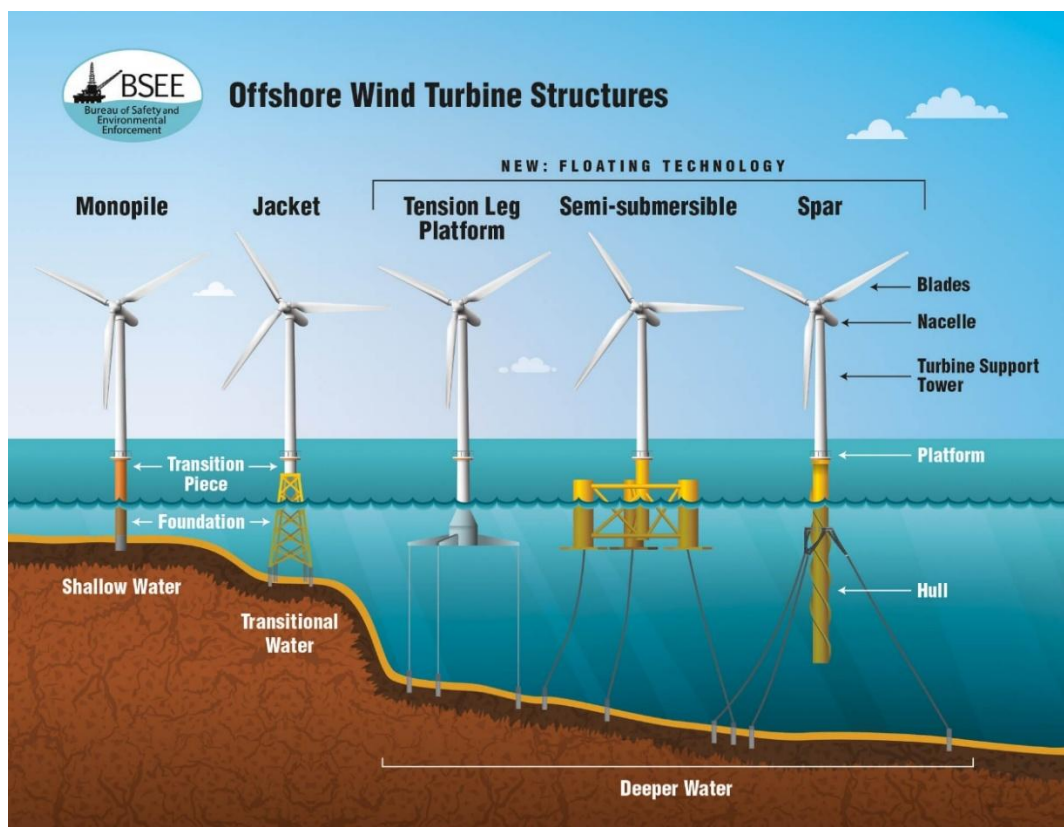


圖 16 離岸風場水下基礎形式與固定方式(資料來源：環境資訊中心)

表 7 離岸風場(固定式與浮動式)製程與船舶對應

階段	固定式離岸風機	浮動式離岸風機
設計探勘階段	地點選擇、結構設計、風機設計	地點選擇、浮動平台設計、風機設計
使用船舶	探勘船、觀測船	探勘船、觀測船
製造階段	塔架製造、基礎製造、風機製造	浮動平台製造、風機製造
使用船舶	陸地機具為主	平台船、重型拖船與重吊船
運輸階段	陸上運輸、海上運輸	陸上運輸、海上運輸
使用船舶	平台船、重型拖船	平台船、重型拖船
安裝階段	基礎安裝、塔架安裝、風機安裝	平台安裝、風機安裝
使用船舶	自升式平台船、重型拖船、平台船、重吊船、運維服務船與人員運輸船	重型拖船、運維服務船與人員運輸船
維護階段	常規檢查、維修保養	常規檢查、維修保養
使用船舶	運維服務船、人員運輸船	運維服務船、人員運輸船
除役階段	規劃和準備、風機拆除、基礎拆除、海上運輸、陸上運輸、材料分選、回收處理	規劃和準備、風機拆除、平台拆除、海上運輸、陸上運輸、材料分選、回收處理
使用船舶	自升式平台船、重型拖船、平台船、重吊船、運維服務船與人員運輸船	重型拖船、運維服務船與人員運輸船

二、離岸風電職能培訓架構

在離岸風場全週期內，多數關鍵技術人員培訓採用國際認證標準，其核心原因是滿足職業安全管理（Occupational Safety Management, OSM）和海上保險（Marine Warranty Surveyor, MWS）機制的整體要求，確保作業環境的安全與保險合規性。

（一）符合職業安全管理的需求

職業安全管理是離岸風場作業的基石，技術人員需要符合嚴格的安全標準，以降低事故風險並保護人員生命安全。採用國際認證標準的主要考量包括：

- **標準化作業流程：**
 - GWO 和 OPITO 認證為作業人員提供一致的操作與安全指南，涵蓋高風險環境下的防墜、急救、海上生存等技能。
 - 培訓模組如 **GWO Advanced Rescue Training (ART)** 和 **BOSIET (Basic Offshore Safety Induction & Emergency Training)** 專注於提升技術人員應對緊急情境的能力。
- **事故預防與控制：**
 - 模組如 **Control of Hazardous Energy (CoHE)** 和 **Working at Heights (WAH)** 確保人員了解並能應對電氣、高空及壓力環境中的風險。
 - 透過定期認證與技能提升，確保技術人員的安全知識和技能不斷更新。
- **法規與責任釐清：**
 - 國際認證如 GWO 和 IMCA（International Marine Contractors Association）滿足海事與能源行業的法律合規要求，減少風場運營方的責任風險。

（二）滿足海上保險（MWS）機制的要求

MWS 在離岸風場項目中扮演保險驗證和風險控制的重要角色，確保所有作業符合保險公司的條款與安全標準。技術人員接受國際認證有助於：

- **降低保險風險與保費：**
 - 擁有 GWO、OPITO 或 IMCA 認證的技術人員在操作中能有效降低事故發生率，從而提升項目的安全評級，優化保費結構。
- **項目驗證與合規：**
 - 保險公司要求的 MWS 驗證過程中，重點檢查作業人員是否具備符合國際標準的資格證書，如 **Slinger Signaller (SLS)**、**Crane and Hoist** 等。
 - 高壓操作或吊裝等高風險操作的國際認證標準，如 **CoHE** 和 **ART**，

確保人員技能符合保險條款規範。

● **項目關鍵節點保護：**

- 在設備運輸、安裝和調試等關鍵環節，保險公司通過認證培訓的標準化操作流程，降低因操作不當導致的索賠風險。

表 8 風場全週期技術人員培訓與國際認證模式

階段	關鍵技術人員	相關培訓	國際認證	其他培訓組合
製造	焊接技師	焊接技術訓練、材料強度分析	AWS (美國焊接學會) IWE (國際焊接工程)	-
	結構檢查工程師	結構檢查	EN1090	特殊高空作業車、無人機操作
檢驗	非破壞性檢測技師	非破壞性檢驗技術培訓	ISO 17024 與 ISO 9712	特殊高空作業車
	電氣檢驗技師	電氣系統檢驗技術訓練	IEC (國際電工委員會)	-
海 事 運輸	動態定位操作員	海事工程船舶操作技術訓練	NI (英國海事協會)	-
	海事調度員	海運調度管理培訓	DNV (國際海事作業培訓)	-
安裝	預組裝技師	安裝技術訓練	-	IRATA、特殊高空作業車
	起重操作員	重型起重設備操作訓練	OPITO (海上油氣作業培訓)	-
試 運 轉	電力管理指定工程師	電力系統運行培訓	-	High Voltage Authorised Person
	系統整合工程師	系統整合與測試培訓	-	-
	風機資深技術員	風機操作與維護訓練	GWO (國際風能組織)	OPITO HUET
運維	風機運維技師	風機維修技術訓練	GWO (國際風能組織)	IRATA、OPITO HUET、無人機操作
	機電工程師	機電系統診斷與維修培訓	-	High Voltage Authorised Person
定 期 檢查	水下載具操作員	水下載具操作培訓	IMCA(國際海事承包商協會)	IMCA Diver
	第三方檢查工程師	產品品質檢驗培訓	ISO 9001 與相關次系統認證	IRATA、特殊高空作業車、無人機操作
除役	除役規劃專案經理	結構解體規劃	-	-

三、歐盟非官方之離岸風電相關組織及規範

歐盟先進國家除職業安全衛生相關法規外，亦有非政府組織訂定離岸風電職業安全衛生相關規範、指引及標準等，如表 9 所示。除當地法規外，開發業者亦可能會參考如 G+、英國再生能源協會(Renewable UK)、挪威船級社(Det Norske Veritas, DNV)、國際海事承包商協會(International Marine Contractors Association, IMCA)、國際潛水承包商協會(Association of Diving Contractors International, ADCI)及國際海事組織(International Maritime Organization, IMO)等國際組織發布之規範與指引，以作為職業安全衛生管理之參考。

表 9 非政府部門離岸風電相關國際組織

組織	logo	成立宗旨	會員現況	業務內容	指引與規範
全球離岸風電安全衛生組織 G+		改善產業職業安全衛生技術與實踐策略	正式會員、準會員兩種，其差別為是否具有投票權	管理與統計事件數據報告，訂定職業安全衛生指引	緊急應變指引、人員轉移指引、防止掉落安全指引、高處作業安全指引、浮式風電危害辨識指引
英國再生能源貿易協會		透過再生能源產業提升社會環境永續發展	企業會員、學術會員以及個人會員，支持協會之單位皆可加入會員	發展智慧能源系統與儲能相關技術，及出版職安衛指引	離岸風能與海洋能源健康與安全
國際海事承包商協會		透過海事工程承包商和供應鏈達成能源轉型與永續發展	含政府部門、國際承包商、能源公司、非政府組織等 7 類	與監管單位及商業潛水人員相關認證共同合作以提升海事工程安全管理及作業效率	發布規範及指引分 11 類，含海事操作、能力培訓、職業安全健康等相關作業內容
國際潛水承包商協會		保護職業潛水及水下作業人員健康安全	分普通、準會員、支持會員、終身名譽會員、個人、附屬會員	潛水員、監督、生命維持員認證，商業潛水及水下作業人員安全標準訂定、培訓	職業潛水和水下作業培訓課程，含 ANSI/ACDE-01-2015
挪威船級社		捍衛生命與財產安全，保護環境	會員含挪威航運協會、挪威漁船協會、挪威石油和天然氣協會等	提供海事行業、天然石油氣領域、能源領域、驗證業務等相關服務	指引規範含，入級規範、一般技術標準範，offshore units (RU-OU)、offshore standards (OS)
國際海事組織		制定和維護航運和海上作業人員監管框架	目前成員國共有 175 個成員國	海上、海事安全、海洋環境、法律事務、人因因子及技術合作，綠色航運及節能減碳	《國際海上人命安全公約》、《國際船舶和港口設施保全規則》 ³

(一) G+ Global Offshore Wind Health & Safety Organization

G+致力於促進改善離岸風電產業職業安全衛生相關技術與實踐策略，G+匯集了國際離岸風電產業供應鏈重要廠商包括風力機設備製造商(OEM)的主要運營商和所有者以追求共同的目標和成果，它與能源研究所(Energy Institute)合作運營，G+的主要職能包括管理與統計事件(incident)數據報告，G+每年出版年度離岸風電事件統計報告，所有 G+成員必須提供其全球所屬風場從開發到退役階段的安全衛生事故數據；訂定職業安全衛生指引；從事件中學習與給予職業安全衛

生建議。

G+至今已發布 10 份職業安全衛生指引如表 10 所示，旨在提供所有使用者良好的實踐指引，以提高離岸風電場的全球安全衛生標準，指引涵蓋之面向包括離岸風電安全直升機營運指引、緊急應變指引、人員轉移指引、小型服務船安全指引、防止掉落安全指引、高處作業安全指引、吊裝作業操作指引、人力搬運安全指引、浮式風電危害辨識指引等。

表 10 G+職業安全衛生指引

指引名稱	發布年分	職業安全衛生相關面向
The safe management of small service vessels used in the offshore wind industry	2018 2 nd edition	航程計畫-船隻選擇
Working at height in the offshore wind industry	2018 2 nd edition	高處作業安全
G+/DROPS RELIABLE SECURING BOOKLET FOR OFFSHORE WIND	2019 First edition	高處作業-掉落防治
G+ Integrated Offshore Emergency Response (G+ IOER)	2019 First edition	緊急安全應變
G+ Offshore wind farm transfer	2020 First edition	人員轉移安全
Case study on reducing manual handling and ergonomics related incidents in the offshore wind industry	2020 First edition	人因工程與搬運安全
Good Practice Guidelines for Safe Helicopter Operations in Support of The Global Offshore Wind Industry	2021 First edition	航空安全-直升機作業
G+ Improving compliance workshop : basic lifting operations	2022 First edition	吊裝作業安全
G+ Floating offshore wind hazard identification	2022 First edition	危害辨識

資料來源：G+

(二) 英國再生能源協會(Renewable UK)

英國再生能源協會(Renewable UK)的成立旨在聚集國際再生能源相關公司，建一個對產業、環境與社會更好的未來，確保英國部署越來越多的再生能源，並有能力進入國際再生能源市場以出口到世界各地，以鞏固英國在國際再生能源發展的領導者地位。Renewable UK 致力於陸域風電、離岸風電、海洋能源、綠色氫能(green hydrogen)、智慧能源系統與除能技術發展。

為朝向目標持續邁進，Renewable UK 發布再生能源安全衛生出版物，其中離岸風電職業安全衛生相關出版物如表 11，包括《離岸風能與海洋能源安全衛生指引》(Offshore Wind and Marine Energy Health and Safety Guidelines)、《整合性離岸緊急應變指引》(Integrated Offshore Emergency Response – Renewables)、《風力機開關設備安全指引》(Wind Turbine Switchgear Safety)及《船舶安全指引》(Vessel Safety Guide)，其中以《離岸風能與海洋能源安全衛生指引》將離岸風電所有可能遇到的危害以及其預防措施收錄其中最具代表性，該守則將離岸風電的生命週期劃分成數個階段如設計、建造、測試和運維等，在各個階段會進行的作業例如吊裝、打樁、運輸和佈纜等，作業中潛在危害例如火災、噪音、振動等，該守則都有明確說明以及預防重點。

表 11 Renewable UK 出版離岸風電職業安全衛生相關指引

指引名稱	發布年分	職業安全衛生相關面向
Offshore Wind and Marine Energy Health and Safety Guidelines	2016 First edition	整體性職業安全衛生
Integrated Offshore Emergency Response – Renewables	2016 First edition	緊急安全應變
Wind Turbine Switchgear Safety	2016 First edition	電力設備安全
Vessel Safety Guide	2016 First edition	船舶安全

資料來源：Renewable UK

(三) 國際海事承包商協會 (International Marine Contractors Association)

國際海事承包商協會(International Marine Contractors Association, IMCA)由

絕大多數的全球離岸海事工程承包商和相關供應鏈業者所組成，IMCA 的前身為 1972 年成立的離岸潛水承包商協會(Association of Offshore Diving Contractors, AODC)和 1989 年成立的動態定位船東協會(Dynamically Positioned Vessel Owners Association, DPVOA)整併而成，致力於能源轉型與永續發展，專精於離岸石油與天然氣產業和再生能源產業海事工程技術和安全性，在海事工程產業中扮演重要角色。IMCA 在離岸風電產業職業安全衛生同樣扮演重要角色，由於 IMCA 長期致力於海事工程技術和安全性，在離岸能源設施建設與維護作業上，有能力提升安全與作業效率，並與監管單位和業界合作夥伴通力合作，確保離岸作業的管理機制安全、確實。IMCA 發布的規範及指引主要依其代碼分為 11 種類規範及指引如下表 12。

表 12 IMCA 出版物代碼意義對照表

代碼	代碼意義
C	能力與培訓(Competence & Training)
CI	合約與保險(Contracts & Insurance)
D	潛水類(Diving Division)
ES	環境永續(Environmental Sustainability)
HSSE	健康、安全與環境(Health, Safety, Security & Environment)
LR	吊裝作業與吊裝索具(Lifting & Rigging)
M	海事操作(Marine)
R	ROV 與遠端系統(Remote Systems & ROV)
REG	海洋政策與監管事務(Marine Policy & Regulatory Affairs)
RES	韌性意識(Resilience Awareness)
S	離岸調查(Offshore Survey)

資料來源：IMCA

(四) 挪威船級社(Det Norske Veritas)

挪威船級社(Det Norske Veritas, DNV)以「捍衛生命與財產安全，保護環境」為公司宗旨，其五個組成部門包括海事行業、油氣領域、能源領域、驗證業務、

數位化服務，以專業技術與經驗下，提供海上運輸、離岸石油與天然氣、再生能源、醫療健康等多項產業技術顧問與驗證服務，離岸風電開發需經由金融保險單位融資才得以足夠資金投入開發，第三方驗證單位，因此 DNV 完善的海事作業規範有助於第三方驗證單位參採使用，降低離岸風電生命週期各項作業風險，以維護從業人員職業安全與避免資產損失。

DNV 透過累積豐富的海上運輸與離岸石油與天然氣產業驗證與技術諮詢服務經驗，運用在離岸風電產業能夠完整的保障在生命週期各階段均得以獲得良好的技術與規劃驗證服務，DNV 規範主要分為入級規範(Rules for Classification, RU)與一般技術標準與規範(Standards)如下表 13。

表 13 DNV 規範代碼意義對照

入級驗證標準(rules for classification)		一般技術標準與規範(Standard)	
general	RU-GEN	offshore standards	OS
ships	RU-SHIP	class guidelines	CG
high speed and light craft	RU-HSLC	class programmes	CP
inland navigation vessels	RU-INV	statutory interpretations	SI
yachts	RU-YACHT	service specifications	SE
underwater technology	RU-UWT	standards	ST
naval vessels	RU-NAV	recommended practices	RP
naval vessels	RU-NAVAL		
floating docks	RU-FD		
offshore units	RU-OU		

參考資料：DNV

(五) 國際海事組織 (International Maritime Organization, IMO)

國際海事組織 (IMO) 是一個聯合國機構，其宗旨是制定和維護航運和海

上作業人員的國際監管框架；其透過國際公約達到維護海上用海安全與秩序管理包括：

- (一) 1974 年《國際海上人命安全公約》(The International Convention for the Safety of Life at Sea 1974, SOLAS)規定了航運安全和海事安全的要求如船舶製造、穩定性、設備和操作的技術規定，包括對救生、導航和通訊設備的要求；政府有責任證明懸掛其國旗的船舶符合公約的要求；政府有權檢查在其領海內的船舶，並扣留不符合要求的船舶；強制性規範如國際安全管理(ISM)規範、國際海運危害禁止運送規範和高速船規範。
- (二) 1966 年《國際載重線公約》(The International Load Line Convention 1966)，確立了船舶裝載限制的統一標準。
- (三) 《國際海上避碰規則公約》(The Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, COLREGS)規定了避免碰撞應採取的行動；以及在各種情況下要顯示或發出的燈光、形狀和訊號。
- (四) 2010 年《馬尼拉海上人員培訓、發證和值班標準國際公約》(International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, Manila 2010, STCW)針對船舶運營責任等各個方面制定了最低標準。

(六) 國際潛水承包商協會 (Association of Diving Contractors International)

ADCI 創建於 1968 年，截至 2022 年於全球擁有 600 多家來自商業、教育訓練以及醫療體系之公司團體會員，為全球 40 餘國之水下作業安全提供服務及支持，總部位於美國德州休士頓，為國際性推廣職業潛水科學及技術研發之非營利機構，並以促進職業潛水和水下作業安全水準、督促職業潛水相關人員進行適當且充分的培訓及教育、提供職業潛水產業內之交流及要求遵守 ADCI 制定相關職業潛水之標準作為核心發展目標，其中 ADCI 建立之職業潛水與水下作業國際公認標準，該標準已被美國海軍、馬來西亞皇家海軍、哥倫比亞海軍、美國工程兵部隊、中國海洋石油總公司等相關單位使用。

此外 ADCI 也提供空氣、混合氣、飽和氣體及潛水鐘潛水員及潛水監督、生命維持技術員之認證，ADCI 會員公司及受認證之訓練機構可以申請 ADCI 認證卡，用以證明申請人有能力履行其潛水員分類中的職責，並證明申請人確實具備

必要潛水相關培訓、現場經驗和規定之潛水作業次數；若非為正式會員只要所提供的教學課程與 ADCI 培訓課程相似，並獲得職業潛水和水下作業國際共識標準之認可，包括不少於 ADCI 授權 ANSI/ACDE-01-2015 所規範最低 625 小時關於其中標準所列之訓練主題的正式課程如下表 14 所示，也可獲得 ADCI 認證同等效力。

表 14 ADCI 職業潛水和水下作業國際共識標準課程規劃

項次	內 容	時數
1	通則	0
2	潛水物理原理	12.5
3	公式計算運用	12.5
4	空氣減壓表及減壓程序與生理學	30
5	潛水相關解剖學與生理學	18
6	潛水疾病、傷害及生理	12
7	潛水員疾病與傷害處置	30
8	潛水員急救與 CPR	16
9	密閉空間有毒氣體	2
10	潛水危險環境	12
11	減壓艙與相關設備介紹	16
12	減壓艙操作實務	44
13	船舶駕駛與索具原理	25
14	船舶駕駛與索具操演實習	60
15	輕裝潛水裝備術語與其功能	24
16	輕裝潛水流程與技術	40
17	潛水員臍帶維護	12
18	輕裝備水下潛水作業	65
19	潛水作業計畫	12
20	潛水日誌、紀錄及商業潛水操作標準	12
21	水下工具	24
22	繪圖、閱讀與報告編寫	8

項次	內 容	時數
23	熱水系統	2
24	水面銲接簡介	26
25	水面銲接裝備	12
26	氧氣乙炔切割技術	10
27	氧氣乙炔切割實際操作	12
28	水下切割焊入門	24
29	混合氣體潛水	30
30	海事引擎與壓縮機	16
31	產業安全及外海安全	6
32	選修(非破壞檢測、危險性作業勞工、離岸調查與安全、水下攝影、汙染環境潛水、密閉空間有害氣體、高壓乾式銲接等)	
	合計	625

資料來源：ADCI 商業潛水和水下作業國際公認標準



Offshore Crane Operator stage 0 course

離岸起重操作培訓課程 招生中~

主辦單位： 勞動部勞動及職業安全衛生研究所

承辦單位：財團法人金屬工業研究發展中心

課程說明：

為提升國內重件吊掛國際專業職能，提升離岸風電產業競爭力，本課程將進行符合國際規範之重件吊掛操作專業課程，以提升國內重件吊掛作業安全性及專業技術，以利國內離岸風電產業長期發展。

學習目標：

- 進行規劃，選擇管理起重作業所需的起重機、人員和起重設備，以達到所要求的標準。
- 規劃起重工作，包括監督、協調和控制所有類型起重作業所需的資源。
- 具備執行起重作業安全工作系統的知識與理解，並能撰寫風險評估與方法說明。

課程時間：開設兩梯次，每梯次 5 天，全英文授課(現場配有翻譯人員)

第一梯次 114 年 8 月 4 日(一)至 8 月 8 日(五)，預計招收 4 人。

第二梯次 114 年 8 月 11 日(一)至 8 月 15 日(五)，預計招收 6 人。

費用：免費，勞動部勞動及職業安全衛生研究所全額補助。

學員資格：

1. 具備至少(含)一張國內的起重證照。
2. 能閱讀/說英語。

證書：培訓證書在完成評估後簽發。

課程地點：高雄海洋科技產業創新專區（高雄市茄萣區正大路 500 號）。



課程範疇：課程內容包含理論課程與起重機模擬器實作

序號	內容	序號	內容
1	起重機種類/起重機功能	9	風險評估/工具箱會議/起重計畫
2	立法與法規	10	溝通
3	角色與責任	11	鋼絲繩構造與使用
4	離岸起重機構造與安全設備	12	甲板計畫/貨櫃種類
5	起重機穩定度與配置	13	高空作業
6	意外發生與預防	14	盲吊
7	起重機檢查與維護記錄	15	理論測驗
8	起重分類安全工作負載/工作負載極限		

報名方式：1. 請於 7/28(一) 17:00 前填妥申請表並註明報名梯次，連同相關證照 email 至 takashi@mail.mirdc.org.tw，三天內會回覆是否收到報名資訊，如未收到回覆信件者請來電洽詢。

3. 檢附各資蒐集同意書，請於課程開始前(或當天)簽署完成。

課程聯絡人：張先生，07-698-8899#7239，takashi@mail.mirdc.org.tw

備註：如有異動，請以實際公告為主；承辦單位保有調整課程內容之權利



DNV-LFT-04 : APPOINTED PERSON FOR LIFTING OPERATIONS

起重作業指定人員培訓課程 招生中~

主辦單位： 勞動部勞動及職業安全衛生研究所

承辦單位：財團法人金屬工業研究發展中心

課程說明：

本訓練課程旨在讓參加者具備所需的基本知識和能力，以便謹慎地規劃和執行起重作業，並特別注重安全和效率。本課程不僅可培養能力，還可作為減少潛在意外和傷害的前瞻性措施。

學習目標：

- 進行規劃，選擇管理起重作業所需的起重機、人員和起重設備，以達到所要求的標準。
- 規劃起重工作，包括監督、協調和控制所有類型起重作業所需的資源。
- 具備執行起重作業安全工作系統的知識與理解，並能撰寫風險評估與方法說明。

課程時間：114 年 8 月 25 日(一)至 8 月 29 日(五)，共 5 天，預計招收 15 人

授課語言：全英文授課(現場配有翻譯人員)

費用：免費，勞動部勞動及職業安全衛生研究所全額補助

學員資格：

1. 學員需檢附 CV(英語)。
2. 表格填寫(lifting team competency table)附件檔黃色欄位(B-I)。
3. 台灣合格的移動式起重機操作員，操作起重量大於 0.5 公噸的起重機，並有 3 年以上的起重經驗，且在台灣接受 1 次 3 小時的再訓練。
4. 擁有吊裝執照(信號員及吊索員)且有 3 年以上吊裝經驗，並接受 1 次 3 小時再訓練的人員。
5. 第 1、2 點為必須，第 3、4 符合一項即可。
6. 能閱讀/說英語。



證書和有效期:培訓證書，有效期為 3 年，在完成評估後簽發。本課程通過 DNV、ACTVET 和 ADNOC 認證。

課程地點:高雄海洋科技產業創新專區（高雄市茄萣區正大路 500 號）

課程範疇:課程內容包含理論課程與起重機模擬器實作

序號	內容	序號	內容
1	立法與法規	8	起重配件的選擇
2	角色與責任	9	規劃起重作業
3	起重設備類型	10	檢查和維護
4	風險評估	11	起重計畫
5	現場評估	12	起重方法聲明
6	負載計算	13	安全工作實務
7	起重分類	14	實際練習

報名方式:1. 參與本課程學員需經 DNV 講師及主管機關審查，最慢於 8/11 完成學員名單審核。

2. 請於 7/28(一) 17:00 前填妥申請表、CV 並檢附相關證照 email 至 takashi@mail.mirdc.org.tw，三天內會回覆是否收到報名資訊，如未收到回覆信件者請來電洽詢。

3. 檢附各資蒐集同意書，請於課程開始前(或當天)簽署完成。

課程聯絡人:張先生，07-698-8899#7239，takashi@mail.mirdc.org.tw

備註:如有異動，請以實際公告為主；承辦單位保有調整課程內容之權利