



111 年度

「高雄海洋科技專區軟硬體建置及  
營運委託專業服務案」(2/4)

GWO 年度訓練資訊解析與趨勢報告

全程計畫：自 110 年 03 月 18 日至 113 年 12 月 31 日

年度計畫：自 111 年 01 月 14 日至 111 年 12 月 31 日

委辦單位：經濟部能源局

執行單位：財團法人金屬工業研究發展中心

中 華 民 國 111 年 06 月

# 目錄

引言.....	3
一、2021 年全球風電產業發展分析.....	5
二、2022-2026 年全球風電產業市場預估.....	14
三、產業趨勢對人才需求的分析.....	20
四、培訓需求量化分析.....	24
五、培訓需求質性分析.....	26
六、新培訓項目需求分析.....	31
七、2023 年招生、課程與行銷策略.....	33
總結.....	35
參考文獻	

## 引言

為推動 2050 年淨零碳排，國發會在 3 月提出台灣淨零碳排路徑，經濟部規劃之 2050 年電力配比之再生能源占比從最低 45%起跳，最高上看 80 %成為發電大宗，核能不在發電選項中。2050 年淨零碳排路徑參考國際能源署（IEA）淨零路徑，IEA 提出 2050 年能源配比，再生能源占 88%、核能 8%、水力 2%、燃煤（CCS）1%、燃氣（CCS）1%；其中，CCS 代表搭配碳捕捉與封存技術處理的燃煤和燃氣。而 IEA 規劃 2050 年全球近 70 %電力將來自太陽能 and 風能，台灣地狹人稠太陽能和風能至少這二項要超過 50 %、60 %。

台灣淨零碳排路徑圖將涵蓋四大重要政策方向包含：

- 一、2030 年前節能、綠能、減碳極大化。
- 二、運具和製造電動化勢在必行。
- 三、確定投入氫能和碳捕捉封存再利用（CCUS）等相關技術開發及合作。
- 四、因應歐盟碳關稅（CBAM），啟動溫管理法修法，將碳費收入以單一基金，補助及獎勵減碳相關技術開發以及電動化推廣。

全球各政府制定明確綠能發展政策目標與獎勵措施，逐年提升再生能源的投資，再生能源近年的發展與成長可以說是超過預期。行政

院已於 105 年提出政策，致力於打造綠能低碳環境，全力發展新能源及再生能源，並帶動新興綠能產業發展，加速電業改革與能源轉型、提升能源使用效率、促進節能極大化，推動中央與地方協力創新節電行動，確保電力穩定供應，落實 2025 非核家園目標。針對區塊開發，經濟部規劃於 2026~2035 年，陸續釋出 15GW。分別為第一階段 2026~2031 釋出 9GW，及第二階段 2032~2035 釋出 6GW。

在全球持續關注能源安全和向低碳能源轉型的背景下，可再生能源諮詢集團 (RCG) 研究發現，全球離岸風電開發能力在 2021 年增長了 89 %。在英國和荷蘭等成熟市場以及義大利和澳洲等新市場宣布了超過 200 GW 的新離岸風電項目。台灣也列名全球第 5，預計開發超過 46 GW 以上，潛力備受矚目，相關人才培訓需求在國內也持續提升，總計國內已有 4 間國際風能組織 GWO 稽核認證培訓機構，可提供基礎課程、進階課程與技術課程。另位於高雄的海洋科技產業創新專區，也因應離岸風場區塊開發，海事工程、運維服務與風場周邊服務國內廠商逐步發展，將拓展各項海事工程特殊設備操作培訓與客製化培訓項目，協助國內產業整體發展所需人才養成。

## 一、2021 年全球風電產業推動分析

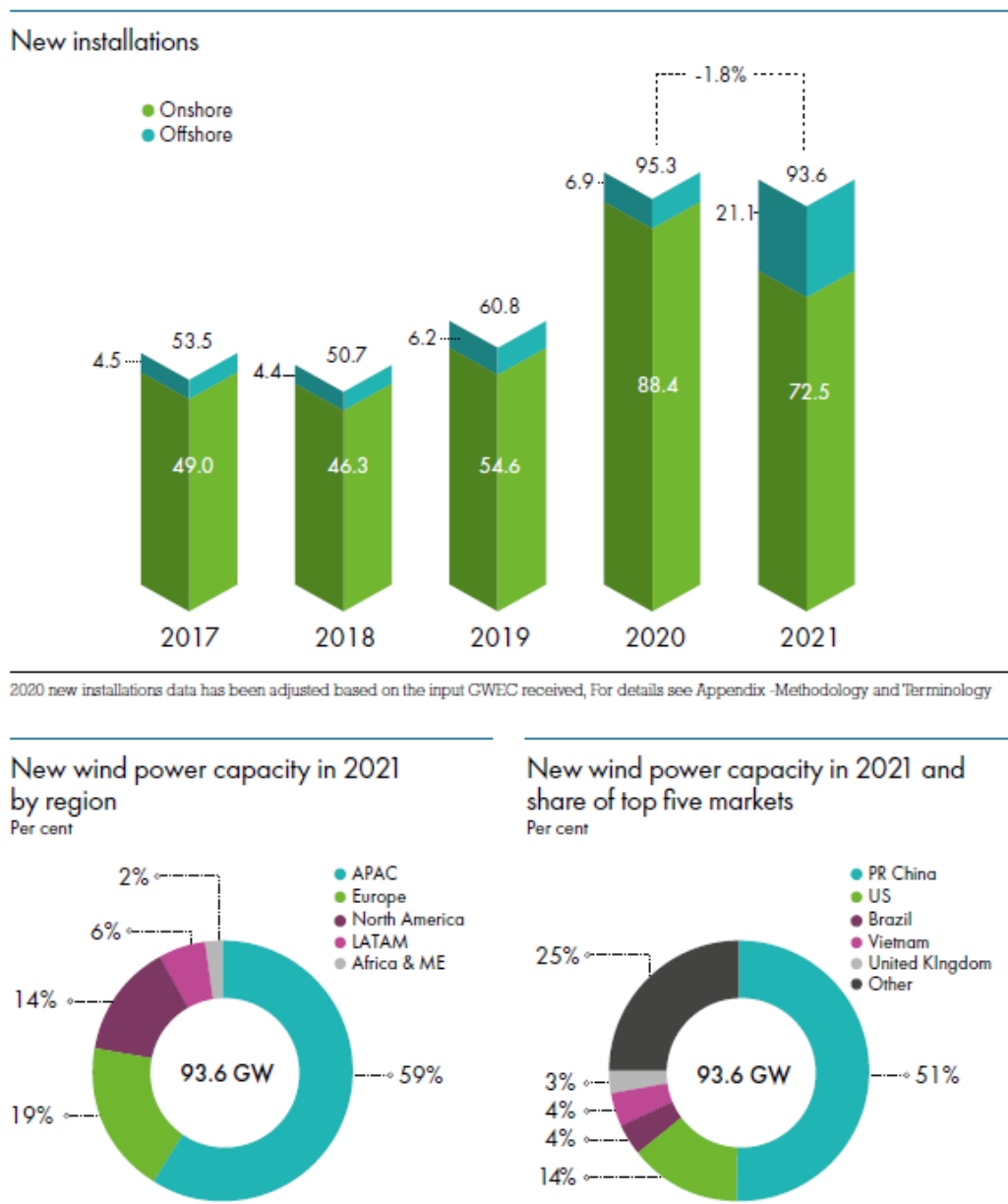
風電產業經歷了有史以來第二佳發展年度，2021 年的增長僅比創下最高紀錄 2020 年低了 1.8 %。儘管 COVID 19 大流行已是第二年，但新增裝機容量約 94 GW，這些明顯的上升跡象，表明全球風電產業正以令人難以置信的彈性，持續發展。

2021 年 93.6 GW 的新裝機容量使全球累計風電裝機容量達到 837 GW，同比年增長率達到 12 %。陸域風電市場，全球增設 72.5 GW，低於 2020 年約 18 %，主因是中國和美國經濟增長放緩。然而，歐洲地區確創紀錄持續增長，拉丁美洲、非洲及中東，新增陸域風機安裝量分別增加 19 %，27 % 與 120 %。另外中國，由於終止併網電價補貼 (Feed-in-Tariff, FiT) 導致安裝量與 2020 年相比下降將近 39 % 約 30.7 GW 整體市場衰退，急需拓展適合場域。美國各州，與 2020 年相比下降 25 % 約 12.7 GW，但主因是由於 COVID-19 導致供應鏈中斷問題。亞太和北美地區的陸域風電安裝量相較於 2020 年減少近 31 % 和 21 %，但兩地區於 2021 年仍然支撐了全球三分之二以上的陸域風電裝置安裝量。

相較於陸域風電，離岸風電市場 2021 年創造歷史新高，將近 21.1 GW 投入安裝(圖一)，是 2020 年的三倍以上。其中 2021 年新增安裝量佔全球新機安裝量達 22.5 %，使全球離岸風機總裝機容量達到 57

GW，約是全球風機累積安裝量的 7%。中國貢獻近 80 % 離岸風電增長，這已經是連續四年，中國在全球新設風機安裝市場處於領先地位，當然中國 FiT 政策於 2022 年初的停止推動，這一點是否會持續影響將獲得關注。另外顯著增長的市場為越南，將近 779 MW 潮間帶風場建置專案（近岸）項目已經被發布並委託安裝，成為 2021 年第三大離岸風電市場。2021 年歐洲地區是唯一新增離岸風電的國家為英國，英國創新紀錄的安裝併網量超過 2.3 GW。同時英國也持續發展浮式風機安裝量為 57 MW，使全球浮式風機安裝量達到 139 MW，為創新發電模式進行研發準備。英國能源部門主管說明：「英國已經是離岸風電的世界領導者，未來離岸風電方案計畫（Future Offshore Wind Scenarios，FOWS）有助於為英國未來的再生能源部署提供數據，減少我們面對全球天然氣價格波動的風險，提高英國能源安全。」這份研究是「未來離岸風電方案計畫(Future Offshore Wind Scenarios，FOWS)」的一部分，它對有關達成淨零碳排目標，離岸風電部署路徑的複雜互動關係，提供了比以往更全面的考量，這將有助於為未來的決策提供資訊。研究強調，在考慮部署足夠的離岸風電以滿足淨零碳排目標時，空間和成本如何產生影響的重要性。研究中也表明了浮動式風力扮演的重要角色，能夠幫助增加風場地點的選擇的優勢，具有減輕英國水域空間壓力的潛力。或許也值得臺灣整布局進行參考。

風電產業的整體營運挑戰來自的不斷新冠肺炎疫情、天價運費以及製造成本價格上漲，2020 年持續擠壓渦輪機與組件供應商和開發商的利潤，因此開始在製造成本與價格壓力雙壓力發展的風電市場，規劃低價競爭策略。



圖一：2021 年全球風電裝置安裝量分析，資料來源 GWEC 2022 report。

疫情影響的不確定性，雖然已經放緩各國風電的整體建置與規劃，例如美國、印度和台灣，但 2021 年整體市場活動，依舊表現出持續積極發展風電產業，為再生能源持續拓展。

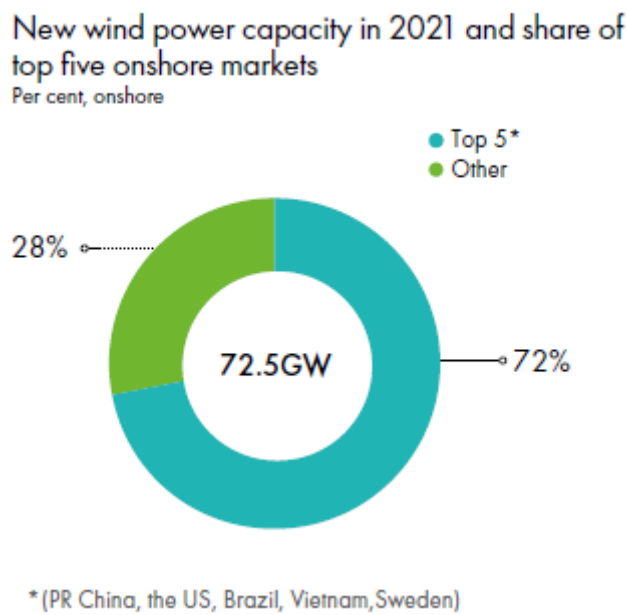
中國持續發展市場主導作用，共授權開發 52 GW 專案於 2021，其中 49.2 GW 是陸上“平價電網供電項目”，證明風力發電經濟競爭力與該國正持續步入產業技術領先國。

在歐洲情況則是包含更多元的專案開發與法規融合，開發專案和監管單位在整體評估中顯示出管理需求的多種不同面向，包含環保、基礎建設、電價等，造成市場需求無法滿足。其中主要採購再生能源國家市場包括德國、義大利和波蘭，但是接近 20 GW 採購需求，確只有 10 GW 新增陸域風電產能購買使用認證。離岸風電在 2021 年雖然已經持續提供歐洲地區 18.1 GW，但遠低於需求量，實際上歐盟需要 32 GW 的新增風電容量直到 2030 年，並且到 2050 年真正實現碳中和目標。

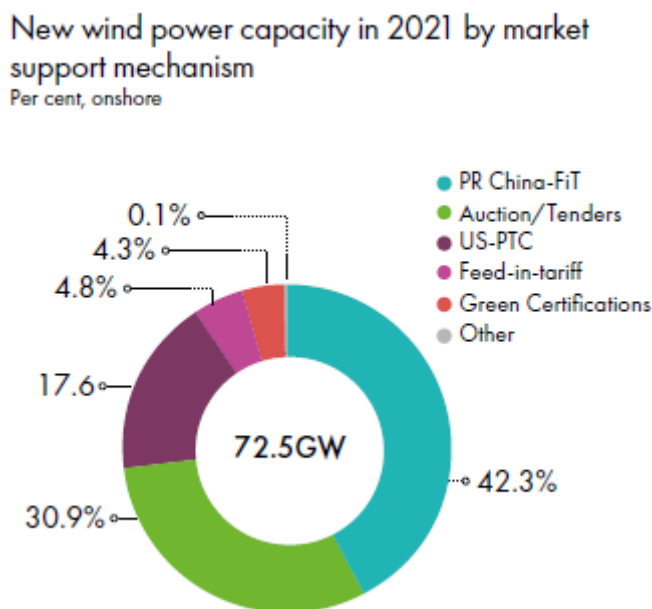
在美洲，美國則是政策方向較為明確，於 2021 年離岸風電產業發展創下年度紀錄，有四個州授權 8.4 GW 開發項目，反映了拜登總統兌現政策，將持續發展離岸風電至少 30 GW 目標值直到 2030 年。而拉丁美洲，只有不到 1 GW 的風電專案在去年通過公開審查通過，



且政策不明確障礙和疫情持續影響該市場。但是，在成本極具競爭力的優勢下，巴西政府利用私人開發機制與雙邊購電協議於該國能源政策中，讓巴西政府於 2021 年實現近 4 GW 新裝置量。

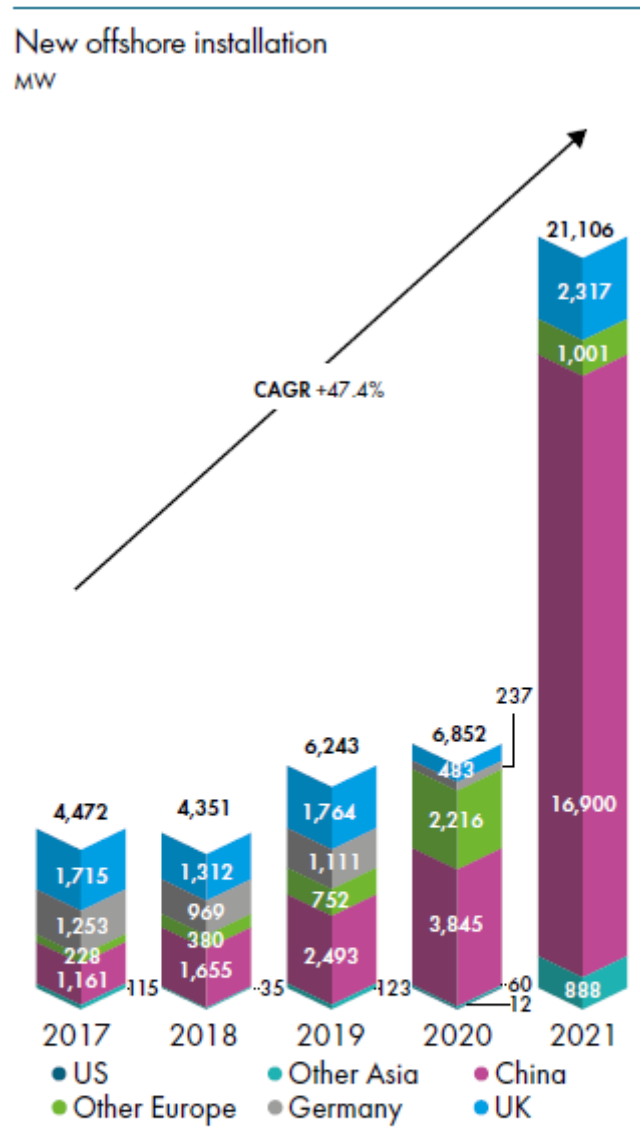


圖二：2021 年陸域風機主要市場分析，資料來源 GWEC 2022 report。



圖三：2021 年主要政策驅動陸域風機分析，資料來源 GWEC 2022 report。

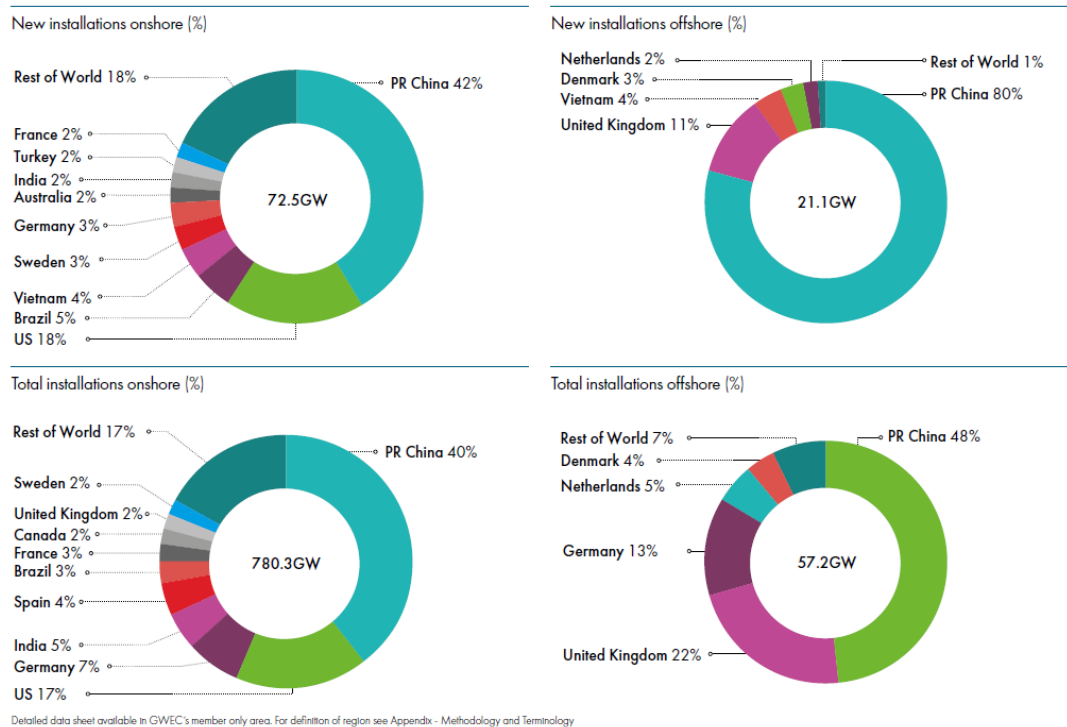
各國能源政策工具也驅使市場投入風場開發，如美國陸域風機安裝量於 2021 年受到政策激勵計劃生產稅收抵免(PTC)，相較於 2020 年有強烈的增長，但是該政策將於 2022 年終止，是否影響整個產業將持續受到關注。受疫情影響，讓政策在 2021 年有相關展延，使陸域風電裝置於 2021 年上半年增長放緩，而在下半年產業面對供應鏈推遲交貨問題和新冠疫情延燒停工等問題，使美國整體成長放緩。另外市場結構變化還有包含 FiT 和 PTC 兩個主要的政策工具的變化，其中中國變形的電力平價計劃包含憑證拍賣（42.3%）和競標模式(30.9%) 是驅動該國增長重點。而美國的 PTC（17.6%）位居第三，其次是併網補償電價（4.8%）和能源憑證證書模式（4.3%）。而在國內，區塊開發的電力可能採競標模式，是否具備足夠開發誘因，以統計目前共有 16 案取得經濟部場址備查，共 13 案進到環評階段，11 案在首次初審會後需補正再審，旭風二、三號及澗妙風場通過初審等狀況分析，相關政策方式是符合市場預期。



The offshore wind market has grown from 4.5 GW in 2017 to 21.1 GW in 2021, bringing its market share in global new installations from 8.4% to 22.5%. This is three times higher than 2020 primarily due to the strong growth spurt of onshore wind in China. GWEC Market Intelligence expects the global offshore wind market to continue to grow at an accelerated pace (for details, see Market Outlook).

圖四：2017-2021 年全球離岸風電主要市場與安裝量成長分析，資料來源 GWEC 2022 report。

2021 年全球離岸風電裝機容量為 21.1 GW 達到有效併網，創下全球離岸風電歷史紀錄，使全球總離岸風機裝機容量達到 57.2 GW。



圖五：全球風電市場安裝量累積分析，資料來源 GWEC 2022 report。

中國連續 4 年領先全球於離岸風電裝置安裝量，2021 年新增產能達 17 GW，將其累積離岸風電裝機容量達到 27.7 GW，這是一個驚人的增長，因為歐洲地區至少要 30 年才能達成同一水平安裝量。然而，這是被政府政策所驅動的轉變，同時也創造陸域風機同樣極高安裝熱潮。根據中國國家發改委法規於 2019 年 5 月發布，專案項目於 2018 年前獲批准者，將獲得人民幣 0.85 / kWh 併網電價，但必須於 2021 年併網。因此 2022 年 1 月開始，多數中央補貼的離岸風電專案項目被政府機關終止，因此也不符合電力併網平價方案。中國在主要發展離岸風電省分包含江蘇和廣東，於 2019 年共獲得批准超過 26 GW。根據 GWEC 市場分析情報，全球離岸風電專案項目

統計數據庫，中國將近有 60 個離岸風電專案項目，其中一半以上是在 2020 年前就開工建設。

歐洲地區在 2021 年整體新增 3.3 GW，其中英國在 2020 年發展較慢的主因為執行差價合約購電方案(CfD)，其中第 3 輪的差價合約相較於第 1 輪低了 65%和第 2 輪低了 30%。然而，隨著在廠商在 2017 年 CfD 獲批准的項目併網，統計 2021 年英國總共安裝 2.3 GW，使它成為歐洲最大的離岸風電發展國，緊隨其後的是丹麥（608 MW）和荷蘭（392 MW）。德國 2021 年建設期間沒有新增離岸風機也令人詫異，其顯著減速發展主因是不明朗的市場狀況。

另外新式離岸風電發展項目在 2021 年也有顯著發展，2021 年挪威測試 3.6 MW TetraSpar 浮動式風力發電示範項目在 Metcenter 海域地點，是歐洲第二個進行浮動式風力發電應用的國家。加上金卡丁蘇格蘭一號浮動式風力發電場 5 台 9.5 MW 浮式風力發電機組與中國於固定式離岸風機連接安裝 5.5 MW 浮動原型裝置於陽西沙壩三號離岸風力發電場共 57 座於 2021 年投入測試發電。浮式基礎的研究也受各國矚目。

除了上述主要發展國家市場，2021 年另外兩個新興發展國家：越南（779 MW，僅設置於潮間帶）和臺灣。其中越南在 2021 年 11 月 1 日 FiT 政策截止之前，越南有 20 項潮間帶專案項目達到商業規

模。臺灣於 2021 年評估將超過 1 GW 的離岸風電開發項目，但是僅 109 MW 彰化示範風場完成。延遲主因為疫情引起相關的工程建設中斷。

而市場對於綠色能源需求持續提升，2020 年總計 19.4 GW 離岸風電發電價格在全球進行整體競價，其中美國 8.4 GW，歐洲 7.8 GW（波蘭 5.8 GW，丹麥 1 GW 和德國 0.96 GW）和亞洲地區為 3.1 GW（日本 1.7 GW，中國 1.4 GW）。德國全部競價結果為“零補貼”，意味專案項目只會收到批發電價並沒有進一步的補貼電價。丹麥，1 GW 專案項目，開發商確定通過，提出建造 Thor 離岸風力發電場，最低價格 0.01 丹麥克朗/千瓦小時。顯示離岸風力發電的發電成本逐步下修。

## 二、2022-2026 年全球風電產業市場預估

GWEC 對於全球風電發展未來 5 年之市場預測，整體評估包含政策推動、產業發展與技術專家之全面性考量。分析產業前景是基於區域的投入，政府目標，能源專案項目和行業技術專家及 GWEC 會員，交叉評估後，所提交之 5 年全球風電市場發展。

- 為淨零碳排承諾，聚集全球發展推動能量，再加上加速實現能源安全，全球風能產業市場展望將更積極布局。預估年複合增長率，五年內將達 6.6%，預估模型是以 2021 年是歷史第二高的風機安裝量進行評估。
- GWEC 預估 557 GW 總容量將持續推動，未來五年，那是每年超過 110 GW 直至 2026 年。
- 未來 5 年發展，政策工具推動至關重要，併網電價和綠能憑證是過去兩年的增長關鍵，FiT 計劃多數國家已終止，在中國和越南以及兩個北歐國家瑞典和挪威國家也逐步停止發行綠能憑證回歸市場機制，因此從 2022 年起全球風電產業增長預計主要依靠市場發展支持機制：(1)電網平價計劃（主要在中國，其中風力發電將獲得等同燃煤電廠的發電補助；(2) PTC 和 ITC（美國陸域和離岸風電）；(3)風力、混合動力與再生能源的拍賣競價機制（如歐洲、拉丁美洲、非洲和中東和東南亞）。

## 全球陸域風電市場 5 年展望

- 陸域風電未來五年 CAGR 為 6.1%。預計年均安裝量為 93.3 GW，總共達 466 GW 於 2022-2026 年之間。
- 在前一年的市場中展望未來，預測全球陸域風電增長將放緩。主因乃中國陸域風電市場進入平價電網新時代，可能還需要兩年時間達到其他國家安裝量。但是，中國政府執行計劃實現“30-60”再生能源 2021-2025 年目標計畫，預期 2023 年將加速推動陸域風機裝置推動。

## 全球離岸風電市場 5 年展望

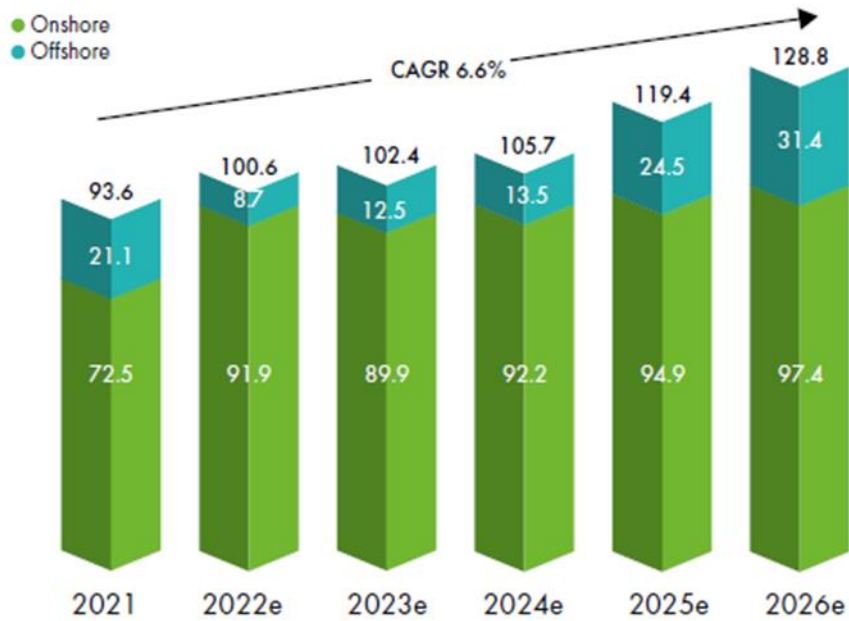
- 離岸風電的年複合增長率，未來五年為 8.3%。將近超過 21 GW 離岸風機裝機量是於 2021 年新增，預估此增長率是非常積極且可達成的目標。
- 在經歷 2021 年出色的一年之後，預估 2022 年新增設施很可能會回到 2019~2020 年的水平，主要是由於中國減少安裝量。然而，市場增有望重拾增長動力從 2023 年開始，最終通過 2026 年達到 30 GW。
- 總計超過 90 GW 離岸風力發電機於 2022-2026 年在全球增加。預期每年平均新增 18.1 GW。

## 亞太地區將全面推動全球風電市場增長



全球離岸風電市場年安裝量預計將從 2021 年 21.1 GW 增長至 2026 年 31.4 GW，年增率從 22.5% 提升到 24.4%。亞洲地區，中國仍將是最大安裝國，將近 39 GW 在未來五年內增加，其次是台灣（6.6 GW）、越南（2.2 GW）、韓國（1.7 GW）和日本（1 GW）。在歐洲地區，超過 28 GW 容量預計 2022-2026 年完成，其中 41 % 可能安裝在英國，主要由 CfD 第 3 輪的專案發展核可項目，15 % 在荷蘭，法國 12 %，德國 11 % 和 6 % 在波蘭。美國，推動 2030 年將達到 30 GW 的目標由拜登政府持續規劃。2021 年已經從 11 月開始專案施工，美國首件離岸風電公用事業專案將於 2023 年併網，將近 11.5 GW 離岸風電專案項目預計未來五年持續建設，使其成為在中國與英國之外第三大離岸風電發展國家。

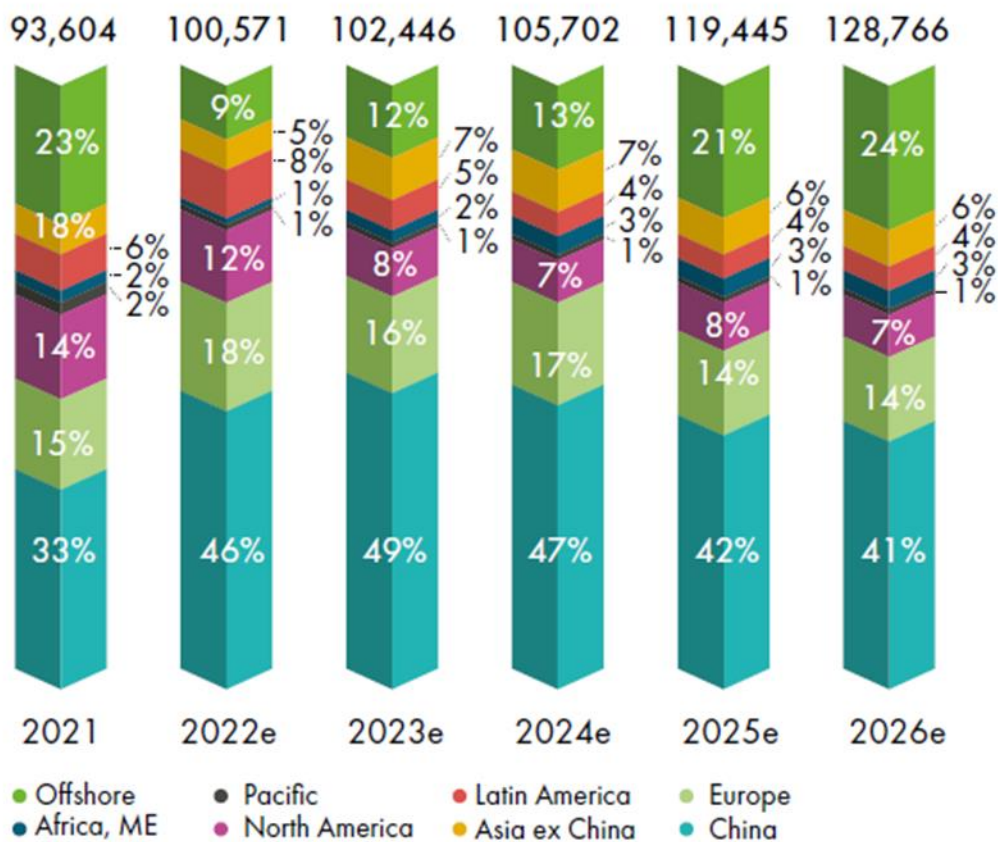
## New wind power installations outlook 2022-2026 (GW)



GWEC's Market Outlook represents the industry perspective for expected installations of new capacity for the next five years. The outlook is based on input from regional wind associations, government targets, available project information and input from industry experts and GWEC members. An update will be released in Q3 2022. A detailed data sheet is available in the member only area of the GWEC Intelligence website.

圖六：2022-2026 全球風電產業安裝量年成長率分析，資料來源 GWEC 2022 report。

New wind power installations outlook 2022-2026 by region  
MW and per cent, onshore and offshore



GWEC's Market Outlook represents the industry perspective for expected installations of new capacity for the next five years. The outlook is based on input from regional wind associations, government targets, available project information as well as input from industry experts and GWEC members. An update will be released in Q3 2022. A detailed data sheet is available in the member-only area of the GWEC Intelligence website.

圖七：2022-2026 全球風電產業安裝量分地區成長率分析，資料來源 GWEC 2022 report。

### 三、產業趨勢對人才需求的分析

截至 2020 年，全球創造近 1200 萬個工作需求於再生能源發展，其中有 125 萬是直接相關工作者，如 2050 年須達到淨零碳排目標，再生能源勞動力需求可能增加達 4300 萬以上，包括直接相關工作和周邊產業服務類型。

IRENA 估計，國際風能裝置持續增長到 2050 年將增加至少 10 倍，達到約 8,000 GW 風力發電裝置容量，預估直接相關工作者將達 550 萬。而全球再生能源勞動力持續增加，也使產業鏈推動和產業技術擴展到新應用領域，例如浮動式離岸風海電等。風電項目產生的就業機會

整個風電產業的供應鏈，包括各檢修技術、專業設備與操作技能等。因此從專案規劃、製造到運營和維護 (O&M)，提供一系列工作需求與培訓需求於各階段。

關於從業人員所需要技能，依照於風場的部署位置進行區分，其中陸域風電產業中至少有 60 %以上的人員需要進階培訓，而轉入離岸風電產業則需要超過 50 %以上。受訓對象包含在個人已具備基礎學位包含理工科學、技術、工程和數理 ( Science, Technology, Engineering and Mathematics ,STEM)，陸域風電約 28%，離岸風電約

21%。其他專業非 STEM 類型人士（如律師、物流專家，市場營銷專業人士或專家監管和標準化）分別佔 5 % 和 20 %，而行政人員組成最少分別為 4%和 8 %。上述為參考 IRENA 對陸域和離岸風電產業分析人力資源招募需求，50MW 陸域發電站每年超過 14.4 萬人/天和 500 MW 固定式離岸風力發電設施約 210 萬人/天為評估依據。

隨著全球風能產業擴張加速，創造就業勞動力越來越受到關注，因為整個供應鏈是由勞動人口串起，尤其是該地區和國家政府越來越關注綠色再生能源下，新增勞動力缺口將顯著提升。為持續堆動經濟增長和社會發展以及通過再生電網堆動減碳目標，國際風能組織 (GWO) 對於培訓的勞動力預估範圍擴展至多個新興市場和成長型市場且擴大範圍至包括陸域風電。分析完成 GWO 培訓人員作為勞動力的計算衡量標準與模型建立基準，此是指涉及的一組人員施工安裝、營運和維護。一個比較簡單的計算模型為“人/MW”值說明人力需求，全球風能勞動力基於定制勞動力預測模型它評估了一系列的影響對勞動力的相互依賴影響需求，提供更大的確定性結果。這將有助於供應鏈發展，助力產業發展標準 GWO 培訓是基礎且最需要的項目。因此分析模型使用 GWO 完成訓練的人數值於 2019-2021 年間為基數值，以預測 GWO 培訓需求的勞動力需求值。勞動力之間的關聯與安裝量以及運行中的風電場需要維護人員因素也加以納入，例如平均渦

輪機尺寸的增加和工人在國家之間的流動也內置於參數模型中。因此，本報告代表使用的演變一個簡單的線性關係（應用每 MW 需求人數/參數因子）建立一個相當複雜的計算模型。考慮複雜的影響因素全球勞動力的規模和增長。陸域裝置安裝量是截至 GWEC 2022 年第一季度展望反映了 COVID-19 的影響和發布以來所公告 2022-2026 年預測。離岸裝置安裝量預測來自即時數據 RCG 已知項目的 GRIP 連線數據庫於各個專案發展階段。其他專案情報來自產業與相關行業來源與來自 GWO 會員的有目標性的收集回饋資訊，包含培訓提供者。該預測不包括其他階段的勞動力需求於風電項目生命週期中，包括採購、製造（最勞動密集型部門），運輸和退役或重新供電。所以包含的部分為最廣泛的勞動力需求，包含陸域和離岸風電安裝與運作維護。因此，到 2026 年的安裝量人力需求遠大於已經培訓完成。超過 480,000 人將需要 GWO 培訓來施工，安裝、操作和維護全球陸域和離岸風機，以即將安裝的新裝置直到 2025 年。其中，340,000 名就在 10 個主要目標中的國家有大量未開發的培訓機會和產業教育需求遍及上述市場中。當前 GWO 培訓機構容量預期支持培訓需求到 150,000 名到 2021 年和 200,000 名到 2022 年，至少還有 280,000 人需要 GWO 培訓直到 2025 年，GWO 將持續要求規範符合培訓組織持續培訓，鼓勵發展新認證的 GWO 培訓機構以滿足需求。大型市場像中國這樣

的成熟勞動力，美國將從創造新興就業人口，以持續的擴張和提高生產力通過更多 GWO 培訓單位使用行業認可的培訓標準，新興風電市場可以發展安全和技術訓練網絡，確保與全球培訓系統有效連結。

根據 GWO 組織分析，在 2021 年接受 GWO 培訓的人數增加超過 20% 到 80,000 多人，共發行超過 316,000 份培訓證書，由 440 多個培訓中心提供在 45 個國家和地區。顯示全球培訓需求持續提升。

## Global Summary

**Table 1: Forecast capacity installations and number of people requiring new training (2021-25)**

Region	Onshore		Offshore	
	Installations (MW)	Training needs (# of people)	Installations (MW)	Training needs (# of people)
Europe, Middle East, Africa	92,500	60,057	34,300	44,412
Asia-Pacific (except China)	39,200	31,227	12,200	32,659
Americas (except USA)	26,800	15,660	-	-
China	194,500	149,256	34,500	70,099
USA	46,000	51,624	9,100	25,381
<b>Total (global)</b>	<b>399,000</b>	<b>307,924</b>	<b>90,100</b>	<b>172,281</b>

**Total (global onshore and offshore) 480,205**

■ Onshore Wind      ■ Offshore Wind

圖八：2021-2025 年全球風電產業培訓需求人數分析  
資料來源 GWO 2022 report。

## 四、國內培訓需求量化分析

依據國內發展離岸風電政策，2022 至 2025 年，依據國內 18 座風場施工，完成併網，進入運維期，逐年分析每年所需受訓人數。2022 年雖無新設風場，但原有 2021 應併網風場持續趕工需求，人才培訓數初估比照 2021 年培訓人次，至少應有 1,894 人次須完成 GWO 訓練，概分三種訓練類型下，基本安全培訓為 1,894 人，技術培訓 715 人，進階與客製化培訓 358 人。

- ▶ 條件1.風場開發商不共用施工團隊，鄰近風場使用同一施工團隊。
- ▶ 條件2.施工團隊不重複建置。
- ▶ 條件3.一組運維團隊維護一風場。
- ▶ 條件4.參考英國風場統計資料，施工團隊平均393人，運維團隊平均143人。
- ▶ 條件5.基礎安全訓練所有進入風場從業人員必須訓練。
- ▶ 條件6.技術訓練運維團隊從業人員必須訓練。
- ▶ 條件7.進階/客製化訓練，運維團隊2人1組，各有專項，訓練人數為運維人數1/2。
- ▶ 國內共18個風場，實際為8個施工團隊，18個運維團隊。

併網年度	風場數量	施工人數	運維人數	需要訓練人數	基礎安全訓練人數 (BST)	技術訓練人數 (BTT)	進階/客制化訓練人數 (ART,EFA,SLS,BR,客製化)
2019	1	393	143	536	536	143	72
2020	3	1,179 (393*3)	429 (143*3)	1,608	1,608	429	215
2021	5	1,179 (393*3)	715 (143*5)	1,894	1,894	715	358
2023	1	393 (393*1)	143 (143*1)	2,430 <sup>1</sup> (536+1,894)	2,430	143	72
2024	4	786 <sup>4</sup> (393*2)	572 (143*4)	1,358	1,358	572	286
2025	4	786 <sup>4</sup> (393*2)	572 (143*4)	1,358	1,358	572	286
...	小計	4,716	2,574	7,290	7,290	2,574	1,289

2026年後20年運維訓練需求	1,570人/年 (2,574 X 10)/20+ 2,574*11% <sup>2</sup>	284人/年 2,574*11%	142人/年 (2,574*11%)/2
-----------------	--	---------------------	-------------------------

1.加入2021回訓人數。  
2.11%為人才流失率補充率，來源參考資料B。  
3.每2年回訓，總計10次。  
4.施工團隊回訓為主。

\*參考資料A.GWO2020-2024全球海上風電勞動力展望報告  
\*參考資料B.Cambridge Econometrics "Future UK Employment in the Offshore Wind Industry"/ Renewable UK "Working for a Green Britain & Northern Ireland 2013-23"  
5

圖九：2021-2025 國內年度培訓人數分析

國內現有 3 座培訓中心，預計第 4 座培訓中心格緯旭風能股份有限公司座落於苗栗，初期提供基礎安全培訓(BST)。海洋科技產業創新專區(MTIC)將持續拓展進階與客製化培訓能量，綜整國內其他



培訓單位整體發展策略，積極拓展全區培訓項目。

	MTIC	TIWTC	NKUST	格緯旭風能	小計
基本安全BST	305	500	300	250	1,355
基礎技術BTT	80	50	50	-	180
進階救援ART	50	25	-	-	75
高階急救EFA	15	15	-	-	30
吊掛指揮SLS	30	15	-	-	45
葉片修復BR	20	-	-	-	20
客製化	180	-	-	-	180
預估培訓總數	680	605	350	250	1,885

圖十：2022 年國內培訓單位可培訓人數推估與課程種類分析

因此於 2022 年規劃以進階與客製化培訓為主，基礎培訓為輔，進行整體課程安排與規劃。預計開設基礎安全培訓 BST 38 班，技術培訓 10 班，進階與客製化培訓 42 班，以全年度培訓 600 人(含)以上為目標(挑戰 800 人次)。規劃滿足國內人才培訓供給率至少 30%，以因應產業發展所以各項技術人才培訓需求。其中與風機系統商持續洽談各項客製化課程開設，將是各年度主要課程發展之關鍵工作，目前鎖定合作對象為台灣維斯特 Vestas。

	基礎安全訓練需求 BST (1/3訓練人數) <sup>1</sup>	MTIC (訓練人數/開班數) <sup>2</sup>		技術訓練需求 BTT (1/3訓練人數) <sup>3</sup>	MTIC (訓練人數/開班數)		進階/ 客制化訓練需求 ART/EFA/SLS/BR...	MTIC (訓練人數/開班數)		合計 (訓練人數/開班數)	
2021	1,894 (631)	72	9	715 (238)	360	45	358	360	36	792	90
2022	1,894 (631)	304	38	715 (238)	80	10	358	420	42	804	90
2023	2,430 (810)	816	102	143 (47)	80	10	72	80	8	976	120
2024	1,358 (452)	456	57	572 (190)	288	36	286	290	29	1030	122
2025	1,358 (452)	456	57	572 (190)	288	36	286	290	29	1030	122
2026   2035	1,574 (524)	560	70	283 (95)	160	20	283	300	30	1020	120

1.國內有3間訓練中心提供BST訓練  
2.基礎安全與技術訓練8人一班，進階/客制化訓練10人一班  
3.國內有3間訓練中心提供BTT訓練

圖十一：2022-2026 海洋科技產業創新專區課程開設分析與培訓人數預估

## 五、培訓需求質性分析

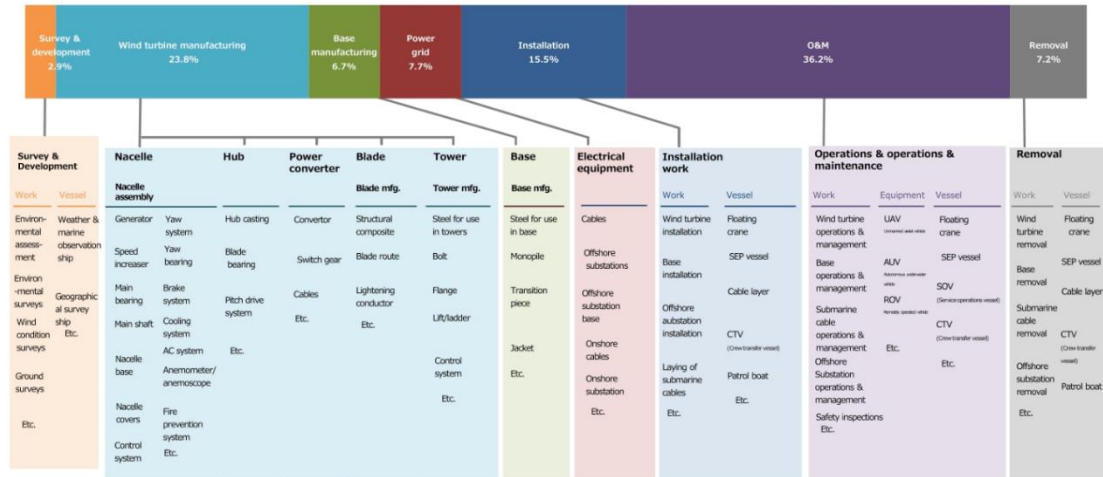
離岸風電產業依據各階段工期，需要不同工作人員、工程設備與操作技術，由於施工階段國內人力與技術發展不若國際廠商已經發展成熟，且工期為 2 年左右，切入契機與時間窗口不足，所以多倚重國外技術與產業。但長達 20-25 年之運維期，將是國內產業可以積極布局之區塊，人力技術需求高達整個專案之 36.2%。其中風機運維技術人員、基座檢測人員、變電站維護人員之需求，將隨著風場併網與風機數量增加，逐年提升。

因應風場陸續建置，國內離岸風場運維公司正接續成立以確保風力發電機組 穩定運轉發電。目前維修業務主要工作分為下列三大類：

1. 風機本體機艙維護：一般由風機廠商提供維護，於合約期滿後可另續約或 交還開發商運維。
2. 海上變電站維護：包含機電設備，消防設施，照明，添加更換油品，及變 電站基礎維護工作等。
3. 風機海上基礎維護：包含一般設備維護，結構維護，油漆維護，水下基礎 安全檢查，電纜穿管狀況與電纜埋置狀況。

- Offshore wind power generation facilities comprise a large number of pieces of equipment and parts (tens of thousands), and the **supply chain is broad**.
- **In order to encourage investment in the supply chain**, GOJ is currently coordinating **capital investment support through subsidies and tax breaks, etc.**

**Overview of offshore wind power supply chain (fixed-bottom type example)**



※Figures (%) represent the percentage of LCOE as calculated by Mitsubishi Research Institute based on "Guide to an Offshore Wind Farm" (BVG Associates, 2019)  
 (Source) First Public-Private Council on Enhancement of Industrial Competitiveness for Offshore Wind Power Generation meeting materials

圖十二：離岸風電產業各階段人力與技術占比分析

資料來源 GWEC 2022 report。

因此目前離岸風機風場的運維團隊，大約分為下列五項基本維護：

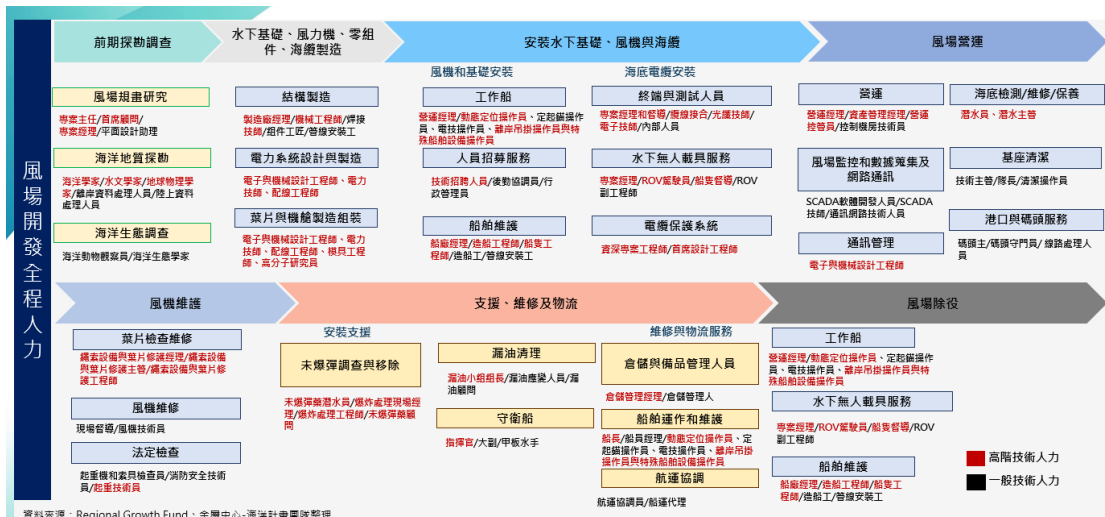
1. 檢視水面上結構與油漆。(風機結構體鐵件是否需要補修)
2. 更換或修理主結構平台(MAP)上及轉接段(TP)內構件上之各項設施。(如更換燈泡，維修人員登塔之安全設施...等)
3. 水下之結構部分與檢視輸電纜線穿越基樁(MP)之穿孔狀況檢查，以及基樁(MP)基礎之拋石是否有掏空現象。(採用水下無人載具，由人員在CTV(人員運輸船)上面操作，繞著基礎目視檢查，如有損壞並加以記錄)。如遇到較大之意外損壞，必須先拍照記錄，等返回公司再準備修護計畫。

4. 風機機艙維修，鑒於此維修乃高空作業，與地面上的電氣室維修雖說技術相符，但維修空間無法用地面上陸域電氣室運維空間去比擬，運維工程師穿戴的防墜裝備就有 6 公斤，要穿越僅 4 公尺寬且被齒輪箱與發電機、控制箱盤等設備擠滿的狹小機艙，就與陸域電氣室截然不同，同時還需一名陸上運維工程師確認運維的作業安全。

5. 風機葉片維修，葉片損毀原因包含雷擊/鳥擊/葉片疲態化/其他相關不穩定因素等。目前葉片是工程師使用風機內部電梯攀升至頂端後，攀爬至風機外，站在風機上，使用繩索去吊掛維修。

離岸風機運維需具備下列四種基本人才，除基本的訓練認證外，對於人才的背景也需加以考量。

- 機械離岸工程師：相關機械系畢業，對於機械知識原理了解。
- 電機離岸工程師：相關電機系畢業，建議需有政府認可電機乙級技術士證照
- 油漆離岸工程師：建議具備 NACE (國際認證塗裝協會)的認證
- 高壓電力工程師：相關電機系畢業，對於變電及高壓電力有相關完整的知識。



圖十三：離岸風電產業專業技術人員盤點分析

MTIC 已具備 GWO 全項模組課程，可充分滿足各階段、各時期人員所需培訓課程與技術發展。隨著國外海事工程產業之經驗逐步納入台灣產業中，相關重型設備、船隻與工作平台之技術操作，也將因應而生，如動態定位技術操作員、離岸吊掛技術操作員、離岸變電站 SCADA 系統管理員與無人載具操作員等需求將逐年提升，MTIC 也將逐年部署課程發展，提供產業同步國際之培訓能量。



圖十四：離岸風電各階段培訓需求分析

認證	類別		培訓課程
GWO	基礎	安全	基本安全培訓 GWO BST
			基本安全回訓 GWO BST-R
			建置中 基本安全數位回訓 GWO BST-R Online Partial
		技術	基礎技術培訓 GWO BTT
			基礎技術培訓-安裝模組 GWO BTT-Installation
			建置中 塔架升降梯操作培訓 GWO LU
	進階	安全	進階救援培訓 GWO ART
			高階急救培訓 GWO EFA
			進階救援回訓 GWO ART-R
			高階急救回訓 GWO EFA-R
			建置中 現場危害控制培訓 GWO CoHE
		技術	吊掛作業 GWO Slinger / Signaller (SLS)
			葉片維修 GWO Blade Repair (BR)
			建置中 塔架升降梯進階保養培訓 GWO LU-Maintenance
	建置中 塔架升降梯進階安裝培訓 GWO LU-Installation		

表一：風場運維人員培訓需求列表

## 六、新培訓項目需求分析

每年 GWO 組織針對產業發展與技術演進，皆會更新與開設新課程標準，於 2022 年 4 月，公布一項 GWO 培訓課程，Control of Hazardous Energies Training，現場危害能量控制培訓。危險能源對在風電產業工作的所有人員構成傷害的高風險。其原因之一是在風力渦輪機環境和風場環境中發現了各種形式的危險能量。該標準包括三個模塊：基本安全控制 Basic Safety CoHE、電力安全 Electrical Safety、液壓安全 Pressure Fluid Safety

培訓標準是為了風電產業對可識別的危險能源控制 (CoHE) 培訓的需求而設計，其基礎是風險評估、對風電產業 CoHE 相關工作角色和任務的深入描述以及與產業相關的事實事件和事故統計，包含風力渦輪發電機和風力發電廠的安裝、調試、服務和維護項目。

透過 GWO 共通性安全培訓課程的建置，提供現場運維人員作業安全確認與危害管控措施，包含注意電力、液壓與機械的安全性、操作要點與故障排除。人培訓團隊也積極規畫課程建置，訂於 112 年進行認證開設。





圖十五：GWO Control of Hazardous Energies Training 培訓現場示意圖



## 七、2022 年招生、課程與行銷策略



圖十六：招生、課程與行銷策略

透過六大項招生行銷策略，從產業座談會、產學實習平台、人才媒合服務、客製化課程合作、各項補助爭取與規畫，並提供國際發展趨勢分析，實際回應與服務產業所需之人才養成與培訓需求。為滿足大多數廠商的共同訓練需求，並達成人才媒合及投入產業的最終目標，整體業務工作分為三大區域(認證訓練， 客製化訓練，及場地使用)並針對廠商類別的不同，提供不同的服務模組及設定未來合作目標。

Current GWO Training GWO 訓練		Tailor-made Training 客製化訓練	Venue Rental 場地使用
進行中	D- 海事, 近岸工程廠商 安裝工程正在進行中, 需要完整的GWO  F- 衍生性產業: 初次進入風場, 被業主要求或法遵, 需要完整BST  A- 開發商 E- 運維商。需要完整的GWO, 甚至進階課程ART, SLS	B 風機系統商 - 專門技術課程 或 特定進階課程 <b>SGTT, SGNF</b>  D 海事工程廠商 - 風電工作船員訓 <b>JDN + 台灣海洋重工</b>  A 開發商 - 針對非現場人員的初步安全訓練 <b>Fall Protection SGNF</b>	
爭取中	F- 衍生性產業 C- 零組件製造  因業主要求 會有不同的單項上課需求 比如陸地工作需要WAH及MH。原本陸域工作轉海事需要SS等	A 開發商 - 非技術新進人員到職訓練 <b>Orientation</b>  D 海事及近岸工程 - 高空作業及海事求生 派工前熟悉訓練	<ul style="list-style-type: none"> <li>• B- 中心提供專屬空間, 將原本在海外的訓練課程 在國內提供</li> <li>• F- 工業潛水使用SS</li> <li>• E- 運維商 高空作業 訓練</li> <li>• PPE製作商 產品安全訓練</li> <li>• 學校/產業協會 - 體驗營 (WindTAIWAN, 文藻)</li> </ul>

圖十七：訓練業務工作三大區塊

從認證（GWO，OPITO）課程開始，到合作課製化課程增加連接強度，到參與產學合作增加廠商選才管道，最後建立夥伴關係。



圖十八：產業合作推動案例，協助西門子歌美颯機艙工廠組裝人員培訓

## 總結

政策推動持續能源轉型，包括風力、太陽光電系統整合及儲能、新能源（氫能、深層地熱、海洋能等），打造零碳能源系統，並提升能源系統韌性，還要開創綠色商機成長。

到了 2050 年，再生能源項目中，太陽光電累計達 40~80GW、離岸風電累計達 40~55GW；火力發電要最大化自產再生能源，如燃氣配套 CCUS、進口碳中和液化天然氣（Carbon Neutral LNG）、氫能發電燃煤轉為備用。於此同時，也發展生質能及氫能，以上做為零碳能源的重要布署。

國內離岸風電政策推動 2026~2035 年總量 15GW，其中 2026~2031 年釋出 9GW、2032~2035 年釋出 6GW。第一階段再以每年 3GW 分三期辦理；2032 年展開的第二階段則是依照第一階段選商結果、國際技術調整另再規劃。已有 40 案離岸風場開發案提出，目前共有 16 案取得經濟部場址備查，目前共 13 案進到環評階段，有 11 案在首次初審會後需補正再審，旭風二、三號及颯妙風場已於通過初審，另外還有海鼎、福芳等多座已通過環評。其中自公布草案之後新增的 12 座風場中，包含颯妙、颯佑、颯汎、颯成、颯利等五座哥本哈根基礎建設基金（CIP）規劃開發的離岸風場，分別位於新竹、苗栗、台中及彰化外海；沃旭能源（Ørsted）

提出的旭風一、旭風二及旭風三，三座彰化外海的離岸風場；以及位於新竹外海的竹洋、竹欣兩座風場。



圖十九：2022-2030 人培中心短中長期培訓建置規劃

人才培訓需求將明顯增加，MTIC 人培中心將於 2022-2024 奠定培訓能量基礎，持續以全項課程開設培訓離岸風場運維作業國際認證在地人才，2023-2025 拓展海事工程專業操作人才培訓，2026-2030 導入風場運維智慧巡檢專業操作人員培訓，已持續開發新課程開發與客製化服務為核心，成為國內風電與海事工程產業發展、能源政策與海洋科技之人才樞紐。

開發商	風場名稱 (英文相同為 場址重疊)	位置	裝置容量 (MW) *浮式	備註
<b>環評中</b>				
CIP	颯炒 (A)	台中	1800	初審通過
	颯佑 (B)	彰化	600	補正中
wpd	達天 (C)	彰化	700	補正中
	又德 (D)	彰化	700	補正中
上緯新能源	海碩 (E)	苗栗	1536*	補正中
	海盛	苗栗	1104	初審通過
北陸能源	北能 (A)	台中	1204	補正中
	加能 (A)	彰化	602	補正中
台灣環風	環洋 (B)	彰化	440	補正中
沃旭能源	沃能一 (A)	台中	2400	審查中
	沃能二 (A)	台中	600	審查中
	旭風二 (C)	彰化	750	初審通過
	旭風三 (D)	彰化	750	初審通過
<b>已通過</b>				
CIP	福芳 (F)	彰化	300	
JERA、Corio	海鼎 I (G)	彰化	552	
	海鼎 II (C)	彰化	732	
	海鼎 III (D)	彰化	720	
RWE/亞泥	竹風	新竹	448	
沃旭能源	大彰化東北	彰化	570	
力麗、wpd	海峽28 (F)	彰化	300	可遞補 第二階段
<b>已公開</b>				
Bluefloat	九降風 (H、I)	新竹	1000*	共與七座風場重疊
CIP	颯汎 (H)	新竹	750*	
	颯成 (I)	新竹	750*	
	颯利 (E)	苗栗	1800*	
Iberdrola	大中部 (A)	台中	2400	
	果豐 (J)	彰化	1800	與環澎風場重疊
	菊島	澎湖	2400	
RWE	新風 (H)	新竹	900*	
	萊風 (I)	新竹	950*	
	海安 (A)	台中	2500*	
	萊中 (A)	台中	600	
丸紅	彰風 (A)	彰化	900	
	竹欣 (H)	新竹	711*	
wpd	竹洋 (I)	新竹	880*	
	京威 (K)	苗栗	1800	與美森、鍾美重疊
台亞風能	京宣 (K)	台中	1100	與鍾虔、鍾美重疊
	環亞 (E)	苗栗	1000*	
	環澎一 (J)	澎湖	820	與果豐重疊
	環澎二 (J)	澎湖	820	與果豐重疊
沃旭能源	環澎三 (J)	澎湖	1360	與果豐重疊
	旭風一 (G)	彰化	600	
英華威	美森 (K)	苗栗	800	與京威重疊
	鍾美 (K)	台中	3000	與京威、京宣重疊
	鍾虔 (K)	台中	300	與京宣重疊
福廷	竹廷 (H、I)	新竹	1200*	共與七座風場重疊

\*以實際開發為主，資訊僅供參考

資料來源：環說書/資料整理：WindTAIWAN

圖二十：40 案新風場參與區塊開發列表，資料來源離岸風電雜誌。

## 參考文獻

1. Wind Energy Stats/Market Data  
Wind Stats 2022 (and historic) Annual  
Global Wind Report 2022 Annual  
Wind Energy Statistics (wind energy penetration rate, jobs) Annual
2. Country Profiles/Policy Updates  
Country Profiles Onshores/Country Profiles Offshore Quarterly/Ad-hoc  
Ad-hoc policy updates Ad-hoc
3. Market Outlook  
Global Wind Market Outlook 2021-2025 (Q1 and Q3) Semi-Annual
4. Supply Side Data  
Global Wind Turbine Supply Side Data Report (by market, technology, turbine size and numbers) Annual
5. Auctions/Tenders  
Auction Trends and Learnings Annual/Quarterly  
Global Auction Results (database) Quarterly
6. Offshore Wind Market  
Global Offshore Wind Report 2022 Annual  
Market Entry Opportunities Database Annual/Quarterly  
Global Offshore Project Pipeline (database, in operation and under construction) Annual/Quarterly  
Global Offshore Turbine Installation Vessel Database Annual/Quarterly
7. Components Assessment  
Gearbox (2019), Blade (2020), Generator (2021), followed by other components  
Special Report
8. Wind Asset Owners/Operators  
Ranking of Wind Asset Owners and Operators Globally (Onshore and Offshore)Annual
9. O&M  
O&M Service Provider Database (ISP- OEM - Self-perform Annual
10. Energy Transition, Digitalisation, Hybrid, Hydrogen  
Position papers/studies - Value shift, Corporate PPAs Special Report  
New solutions, GWEC policy recommendations Special
11. GWO 2020 Annual report
12. Global Wind Workforce Outlook
13. 離岸風電雜誌 <https://www.windtaiwan.com/ArticleView.aspx?ID=ART00571>