



離岸風場之開發、營運與管理

林庭宇 / 風睿能源股份有限公司事業發展及投資 總監

張景祥 / 風睿能源股份有限公司運維 副總工程師

王天佑* / 風睿能源股份有限公司基礎技術 總監

本文以開發商之觀點，分享離岸風場之開發、營運及管理之經驗。並總結離岸風場開發之成功因素，主要在於以技術為基礎，進行風險規避以及財務規劃之安排。風睿能源（SRE）立足台灣放眼亞洲，積極擴展海外版圖，陸續在日本、韓國、澳洲等市場與當地區域夥伴洽談合作開發機會。其中，許多當地區夥伴看重的是風睿能源（SRE）能將發展一個從零到有的市場逾十年的實戰經驗帶到新市場，希望能共同推動亞太地區能源轉型，達到淨零碳排的永續目標。

關鍵詞：離岸風電、區塊開發、風險管理

ABSTRACT

The experience of offshore wind farm development, operation and maintenance were shared in this article base on offshore wind farm developer's view point. The success factors of offshore wind farm development were summarized as performing risk avoidance and financial planning based on technology. Synera Renewable Energy (SRE) is a leading developer who standing in Taiwan and developing offshore wind farm among Asia-pacific region including Japan, Korea and Australia. Many international partners value SRE's more than 10 years of experience in developing markets from scratch. SRE's vision is to jointly promote the energy transformation in the Asia-Pacific region and achieve the sustainable goal of net-zero carbon emissions.

Keywords: Offshore Wind, Zonal development, Risk Management

台灣離岸風電之發展歷程

溫室氣體減量以及發展替代能源已是國際共同目標及趨勢，其中離岸風電開發是台灣為提升再生能源自主比例，達成 2050 年淨零碳排之長期願景目標的重要再生能源來源。離岸風電產業於台灣以「先示範、次潛力、後區塊」逐步建置我國離岸風力之基礎。針對第一階段示範獎勵，我國於 2016 年完成兩座示範機組、2019 年

底完成首座離岸風電示範風場（即海洋風場）建置正式營運，台電離岸風電第一期風場續於 2021 年完工，完成示範階段性任務；潛力場址開發階段亦規劃在 2025 年以前完成 5.7 GW 離岸風場設置；透過示範風場成功建置以及潛力場址順利啟動與建置，政府已於 2021 年公布 2026 年至 2035 年開發 15 GW 容量分配規劃，經由第三階段區塊開發選商與分期開發以達成對離岸風電長期設置裝置量 40~55 GW 之政策目標，參見圖 1。

離岸風場開發經驗

風睿能源（SRE）從海洋風場即參與與主導風場之開發規劃，成功建置台灣首座營運中之離岸風場，是目前台灣離岸風電產業中唯一兼具本土開發、規劃、



圖 1 區塊開發選商規劃（圖片來源：摘自能源局網站 [1]）

* 通訊作者，ty.wang@sreglobal.com

設計、施工與運維等完整面向量能之開發商。且自 2019 年由 Stonepeak 入主成為主要股東後，即在風場開發具有堅強的財務支援為後盾；且透過多年實際開發經驗累積，在開發前、中、後各階段對於離岸風電開發相關之利害關係人亦有獨到之溝通協調能力，重視產業與社群環境高度融合，務實地包納在地意見，反饋於技術或整體專案規劃中。於 2023 年亦完成容量達 376 MW 之海能風場成功併網。目前正著力於 2022 年獲配容量的海盛風場開發工作，預計於 2027 年完成安裝及併網。對預計於明（2024）年投標之區塊開發二期，風睿能源亦積極評估及準備中。

離岸風場之開發工作，就時間上而言，大致可劃分為開發、建置以及營運維護三大階段，如圖 2 所示。開發階段及建置階段係以獲得融資到位（Financial Close, FID）時間點作為劃分；而風場完成建置並併網（Date of Commission, COD）後，即進入營運維護階段。

在開發階段之主要工作著重於各種規畫及準備工作，包括取得環評、水下文資、漁會以及相關單位之同意及許可、電力供應合約（Power Purchase Agreement, PPA）之洽談、工址調查、工程設計、承商發包等等作業。其主要目標為完成認證（Certification）、建立合理之商業模型，並對可能的潛在風險進行辨識及管理，以取得融資方的認同後提供融資。

在風場之建置階段，主要工作即轉化為合約及施工管理。由於離岸風場涉及之供應商數量及種類繁多，常用之合約模式有大統包（Turnkey EPCI）、分類統包以及獨立多合約（Multi-Contract）等模式。大統包由於介面及風險管理係由承商負責，通常發包金額較高；獨立多合約方式雖然總發包金額較高，惟其介面及風險管理係由開發商承擔，其總成本未必較大統包方式低，因此合約執行模式之選擇，實則見仁見

智，需視開發時期之環境條件，如法規要求及供應鏈現況等因素調整。

如同大型工程一般，風場建置時，其進度、預算及時程控制為重要因素。相較於一般之陸上工程，離岸作業時，天氣風險常佔施工費用之很大部分，尤其施工船隻通常均有船期之限制，如因天氣因素使船隻之使用時間延長，常常造成合約之爭議與執行上之困擾。因此在合約制訂與洽談時須著重於考量天氣風險可能帶來之影響。

離岸風場之經營及運維

離岸風場之經營，除了與各公、私部門或團體之充分溝通協調外，其經營成效更有賴於完善的運維及管理策略。離岸風場之設置因設施及功能的不同可概分為風力機（Wind Turbine, WTG）、以及除風力機以外之所有設施，BoP（Balance of Plant），包括風力機基礎結構、海陸纜設施、海上及陸域變電站、運維中心及倉庫等，風場之運維旨在透過妥適之運維策略，在適當的時機經由各式船機設備及人員對風場各項設施進行檢測與維護，以確保各項設施均能發揮其應有功能，俾能正常穩定供電。離岸風場運維主要內容詳圖 3 所示。

離岸風場之維護方式依類型之不同可概分為預防性維護及矯正性維護等兩種；預防性維護主要係透過事先的規畫，針對個別設備的狀態監測或以定期實施的方式，對各項設施及其功能進行檢測與維護，以降低風場各項設施發生故障或損壞之風險，確保所有設施均能穩定發揮其應有功能，預防性維護亦為離岸風場於運維階段所採取最主要之維護方式；矯正性維護則係用於處理各項非預期之故障或損壞，期能透過妥適且有效之維護及修復措施，盡速恢復其應有功能。有關風場運維分類請參見圖 4。



圖 2 離岸風場開發階段 (SRE)



圖 3 離岸風場運維主要內容
(圖片來源：摘自 Awareocean 網站 [2])

自從第一階段示範風機及示範風場正式商轉進入運維階段以來，風睿能源（SRE）已投入進行離岸風電運維市場超過六年了，身為台灣首座商轉之離岸風場的運維管理團隊，一路走來我們面臨了法令的不健全、人才的不足、產業供應鏈及運維資源的短缺、當地民眾的不了解、以及社會對離岸風電的各項質疑等各項挑戰，再加上運維相關實務經驗的不足，在營運初期造成了非常大的考驗。面對各項內、外在條件的衝擊，團隊成員除努力充實運維專業技術與管理技能外，亦積極投入與地方之溝通協調及地方各項公益活動，在消弭各方對離岸風電產業疑慮、致力經營地方關係的同時，也配合進行綠能教育之推廣，協助建立正確綠能產業知識；而在運維產業在地化上，也透過年度維護合約之執行媒合國外有經驗廠商與本土廠商之技術合作，或促進國外廠商雇用本地人員並設立分支機構，希望能協助逐步建立本土運維產業供應鏈，充實本土產業量能，目前各運維服務供應商主要技術人員均係以本土人員為主，已初具成效。

近幾年來隨著相關法令及規範的逐漸完備，再加上各風場陸續將完成開發進入運維，運維市場將日趨擴大與成熟。風睿能源作為第一個投入風場開發之本土廠商，在過去累積了多年的運維管理經驗，培養了大量的運維專業人才，也具備最富經驗之運維管理團隊，在發

展風場運維的同時也未忘記善盡企業及社會責任，積極投入地方參與及公益活動，並努力扶植本土產業，在未來仍將一本初衷，持續對台灣的風電產業做出貢獻。

風場開發之成功要素

離岸風場開發之成功要素，主要在於以技術為基礎，進行風險規避以及財務規劃之安排。大致包括四個主要方向：

政府與利害關係者

就過去開發經驗而言，可信賴的法律架構、清楚的審批要求、必要的基礎建設以及良好的利害關係人管理均為影響風場開發的重要因素。在早期的台灣風場開發中，由於法令規章及政府各種許可之申請要求未臻完善，在申請時常無所適從。因此政府的決心與政策的一致性常為最主要的因素，此外基礎建設（如港口、電網建置）的時程及完整性、與地方的共生共榮及環保團體等利害關係者之溝通及共識，均對開發過程具有舉足輕重之影響。

統包商與供應鏈管理

在歐洲離岸風力發電已為一經濟且成熟之能源供應技術，正在朝盡量降低成本方向努力。惟在台灣之產業鏈尚在蹣跚學步之階段，多以引進國外之資源來加速國內產業成熟之方向進行。因此在開發成本上，尚無法與歐洲市場看齊。

為使風場建置工作順利並減少爭議，開發商通常偏好選用具施工相關管理經驗之統包廠商。且統包商應對其下包行為負連帶責任；若是聯合承攬，更應負共同連帶責任。其目的在於如期、如質、如預算地完成任務，必避免有重大訴訟或爭議。為確保專案融資之可行性，選商時亦須考量其長期之供應能力與國際信用評等，母公司之擔保通常也是必須的項目。

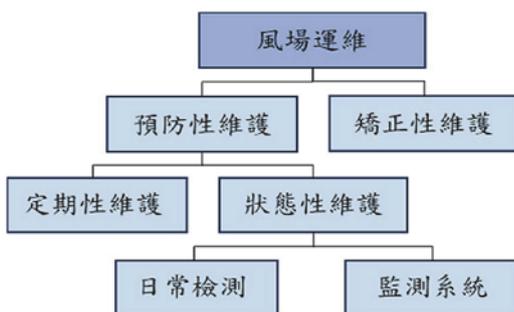


圖 4 風場運維類型

在地化的專案開發

在地化的專案開發是任何風場開發過程中，必須直接面對的問題，舉例來說，區塊開發的產業關聯方案即為是否可取得開發權的主要影響因素。除此之外，攸關設計的颱風、地震海氣象資料、地質及海床條件；升壓站及變電站之電網要求、建築法規與社區關係等，以及風機基礎組件、風機預組裝所需要的港口碼頭條件，甚至陸地運輸之需求，均須在地化的專業人員與利害關係者進行調查、溝通與規劃，才達到對人文及環境最友善的方式，進行風場開發。

財務與融資

離岸風場的融資動輒以新台幣百億計，國內銀行過去受限於法規，無法對離岸風場直接進行融資。由於有經驗的國際銀行可提高流動性、吸引出口擔保銀行的參與等因素，因此專案融資多採有經驗的輸出銀行與國際銀行團隊合作的方式進行。為順利完成專案融資之目的，前述開發階段之重要工作，如各種許可、電力供應

合約、工址調查、工程設計、承商發包及認證等等作業。以建立合理之商業模型，並對可能的潛在風險進行辨識及管理，均為控制開發專案成敗之重要因素。

台灣離岸風電市場對其他鄰近新興市場可提供之利基點，以風睿能源（SRE）自身為例，風場所需前期開發之技術、財務團隊皆從台灣提供既有資源，不僅文化、時區上的差異小，也因交通鄰近方便，可多與當地夥伴安排面對面會議或共同拜訪地方關係人，風睿能源（SRE）透過台灣既有風場處於不同開發、工程、運維的階段，可先提供台灣的實戰經驗再讓他們去打亞洲盃，長期穩定輸出台灣人才至亞太地區參與離岸風場開發各個階段的工作。

參考文獻

1. 能源局網站，https://www.moea.gov.tw/MNS/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=40&news_id=96475
2. Awareocean 網站，http://www.awareocean.com/doc/170613_SI_of_Underwater_Environmental_Monitoring_and_IRM_for_BOP_in_Offshore_Wind_Farm--Awareocean.pdf

開路架橋 穿山越水
治河理川 穩土固石



專業、客觀
公益、永續



 台北市土木技師公會
Taipei Professional Civil Engineers Association

歡迎掃碼，獲知我們最新消息！

