

離岸風電面臨 的挑戰與機會

關鍵詞：再生能源(Renewable Energy)、離岸風電(Offshore Wind Energy)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／工程師／王昱凱 ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／副理／林俶寬 ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／港灣部／協理／張欽森 ❸

摘要

ABSTRACT

臺灣政府為達到能源自主與環境永續之目標，積極推動再生能源與其相關產業發展，其中離岸風力發電為關鍵項目之一。本文藉由介紹離岸風場之組成結構與開發流程、說明臺灣離岸風電發展現況，並針對行政與法規、技術門檻及財務與其他需求分析臺灣離岸風電面臨之挑戰與機會，提供給有興趣投入離岸風電人員參考，並做為我國離岸風電發展之借鑑，期能協助政府健全我國離岸風場開發能量，於2025年完成開發離岸風塊3000MW之目標，落實非核家園政策。



壹、前言

臺灣天然資源有限，自產能源匱乏，接近98%能源供給依賴進口，化石能源依存度高，然而在國際能源價量受政經情勢與地緣政治影響波動劇烈，全球溫室氣體減量壓力漸增，臺灣預計在2050年的溫室氣體排放量要降為2005年的50%以下，以及臺灣國內能源需求持續成長等情勢下，臺灣政府為達到節能減碳與穩定電力供應之目標，全力推動再生能源與其相關產業發展，根據國際研究，再生能源的開發對於減碳的貢獻可以達到21%，再生能源之諸多選項中，除了水力以外，風力發電因其技術相對成熟，發電效率較高，且發電成本最為接近傳統能源之發電成本，成為全球成長最快速之再生能源，然臺灣地狹人稠，陸域可供開發之優良風場漸趨飽和，因此，離岸風力發電成為臺灣推動再生能源利用關鍵項目之一。

臺灣的風能天然資源相當豐富，尤其是臺灣海峽及桃園至雲林沿海一帶，除了受到臺灣海峽兩岸山脈縮口而加速，又有強勁的夏季西南氣流與冬季東北季風吹襲，根據4C Offshore 2017年風速資料(如圖1所示)，全球風況最好的15處風場，臺灣海峽內就佔了14處，造就了臺灣西岸良好的風場。工研院2013年之研究顯示，臺灣的離岸風電可安裝面積達5,640平方公里，總裝置容量可達290億瓦，相當於2千萬戶的年用電量。

臺灣政府為達到2025年非核家園之目標，全力推動再生能源，目前規劃為於2025年臺灣再生能源總裝置容量達到27GW，其中離岸風力發電將占3GW，2030年則於臺灣海峽安裝超過800架離岸風機，總裝置容量約達4GW，本文藉由介紹離岸風場之組成結構與開發流程、說明臺灣離岸風電發展現況，分析臺灣離岸風電發展之機會與面臨的挑戰，提供給臺灣各界有興趣投入離岸風力發電人員之參考。

Rank	Project	Sea	Country	Status	Speed (m/s)
1	Fujian Putian City Flat Bay (Zones DE) - 600MW	Taiwan Strait			12.12
2+	Ideal/CSC - Floating Project	Taiwan Strait			12.09*
3	Fujian Putian City Flat Bay (Zone F) - 200 MW	Taiwan Strait			12.07
3	Shicheng Fishing Port	Xinghua Bay			12.07
5	Fujian Putian City Flat Bay Two (Zones BC) - 250MW	Taiwan Strait			12.05
5	Longyuan Putian Nanri Island 400MW Project - Phase 1 - 16 MW Prototype	Taiwan Strait			12.05
5	Fujian Putian City Flat Bay - 50MW	Taiwan Strait			12.05
5	Longyuan Putian Nanri Island 400MW Project - Phase 3 - 280MW	Taiwan Strait			12.05
5	Longyuan Putian Nanri Island 400MW Project - Phase 2 - 104MW	Taiwan Strait			12.05
10	Zone of Potential - 15 - DONG Energy	Taiwan Strait			12.04
10	Zone of Potential - 22	Taiwan Strait			12.04
10	Zone of Potential - 9	Taiwan Strait			12.04
10	Zone of Potential - 10	Taiwan Strait			12.04
10	Zone of Potential - 13 - DONG Energy	Taiwan Strait			12.04

圖1 4C Offshore 2017年風速資料排名

貳、離岸風場之組成結構

離岸風場主要硬體包含離岸風機、海上變電站、海底電纜、陸上變電站以及陸上電纜(如

圖2所示)。離岸風機所產生之電力將會透過海底電纜傳輸至海上或陸上變電站匯集且升壓之後，再經由海底及陸上電纜連接至台電之陸上變電站併聯供電。

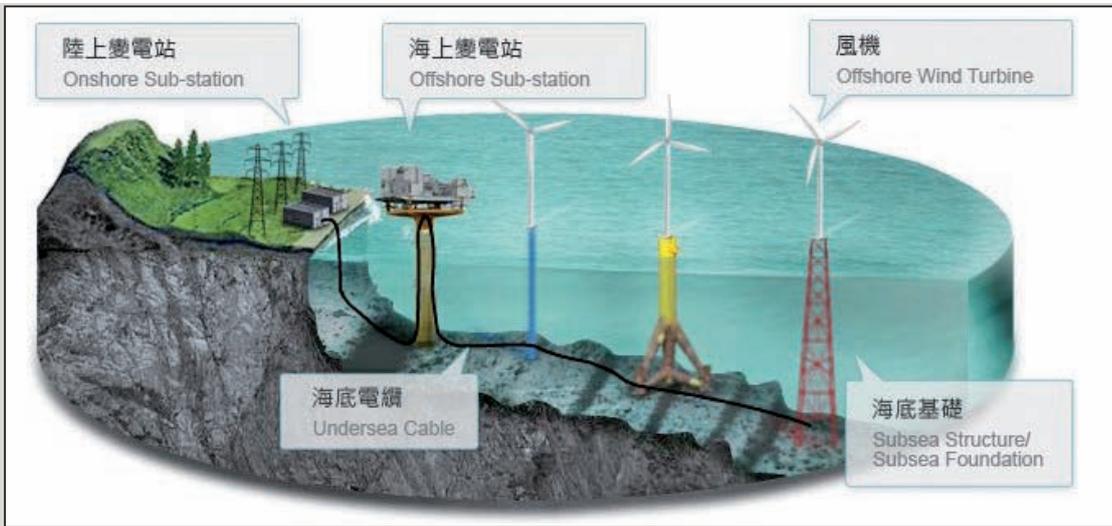


圖2 離岸風場之組成結構 (<http://www.taiwangenerations.com/offshorewind.php>)

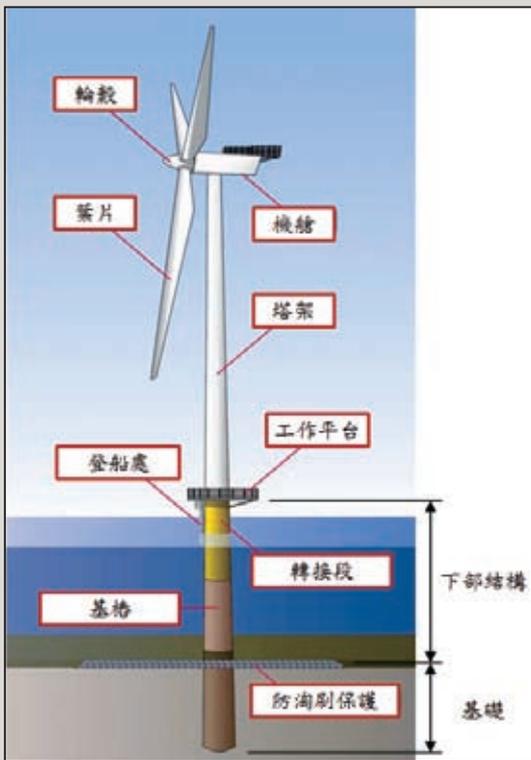


圖3 離岸風機及其單樁支撐結構示意圖

離岸風機除了風力發電機組(風機機艙(Nacelle)、輪殼(Hub))與葉片(Blade)外,其他所有元件均為支撐結構,支撐結構的主要任務為支撐發電機組重量與抵抗環境外力,主要包含塔架(Tower)、下部結構(Substructure)與基礎(Foundation)三個元件。又支撐結構於塔架底部

之工作平台(Platform)處設有電力控制系統或變電設施,以方便電力工程人員由工作平台進入操作與維修。單樁支撐結構之示意圖如圖3所示,其中塔架為風機機艙至轉接段(Transition piece)頂端之部分,轉接段為連接塔架與基樁之過度結構,連接段至海床面之結構總稱為下部結構,負責將離岸風機整體載重傳遞至海床,海床下之部分則為基礎。

參、離岸風場的開發流程

離岸風場的開發流程可以概分為五個階段[1]:(1)開發前置作業、(2)離岸風機上部結構製造、(3)風場其他附屬構件(Balance of plant, BOP)製造、(4)安裝與試運轉及(5)運轉與維護。

開發前置作業包含地點選擇、環境調查、環境及漁業影響評估、風場開發許可申請、風場規劃設計、漁權談判、施工船機規劃以及工程分包等相關工作,此階段對於離岸風場開發成敗具有決定性之影響,一般花費時間大概是1~5年;離岸風機上部結構製造包含風機供應商(例如:Siemens, Vestas, Hitachi等)及其上游廠商所有製造活動,此階段涵蓋風力發電機組、

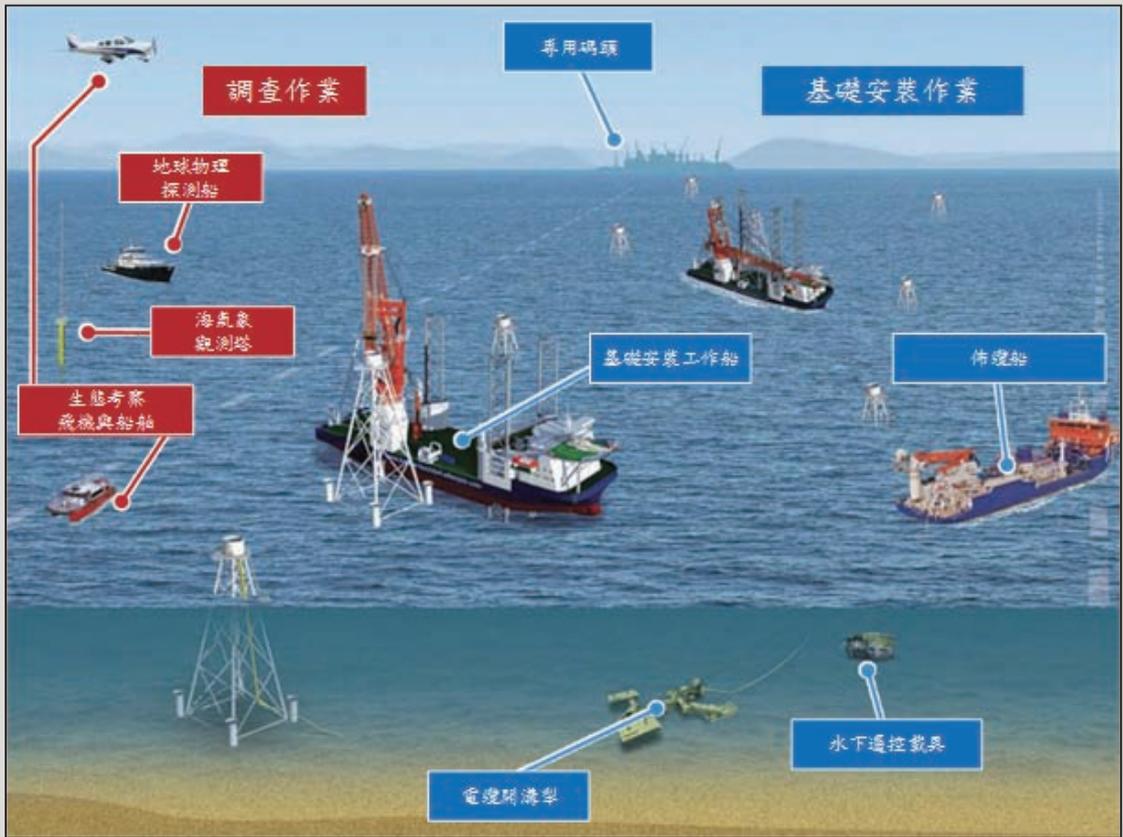


圖4 離岸風場開發機具(調查與基礎安裝作業)[2]

葉片及塔架之製造等工作；風場其他附屬構件製造包含支撐結構、海底電纜、陸上電纜、海上變電站及陸上變電站製造等工作；安裝與試運轉可細分為支撐結構安裝、風力機組陸上預組裝及海上安裝、變電站安裝、海底及陸上電纜鋪設及其他相關土建工程，為了減少海事工程費用，安裝時程會儘量縮短，一般需要1~2年；風場建設完成後，運轉及維護一般來說是20~25年，運轉工作多以SCADA系統透過運維中心進行遠端遙控，維護工作則依性質分為計畫性維護及臨時性維護，此最後階段也包含除役之評估及實施。

離岸風場開發各階段需要使用之海事工程機具如圖4及圖5所示[2]，其中與離岸風機安裝直接相關之船機包含運輸、打樁、基礎安裝及風機安裝等特殊工作船。離岸風場之開發成本結構可參考Musial and Ram 2010年之研究報告

[3]，如圖6所示。

肆、臺灣離岸風電發展現況

為加速開發臺灣優良離岸風能資源，臺灣政府於2011年11月的能源政策會議上提出「千架海陸風力機」計畫，此計畫於2012年核定，規劃於2016年完成2架離岸示範機組，2020年完成離岸風場520MW，與陸域合計共1,720MW，2025年完成開發離岸區塊3,000MW，與陸域合計共4,200MW，並於2030年前安裝約800架4,000MW之離岸風機。離岸風場開發的策略定為「先淺海後深海、先示範次潛力後區塊」，以「風力發電離岸示範獎勵辦法」，協助國內建立關鍵技術及經驗，再於深海區域推動區塊開發機制，帶動大規模離岸風場開發。

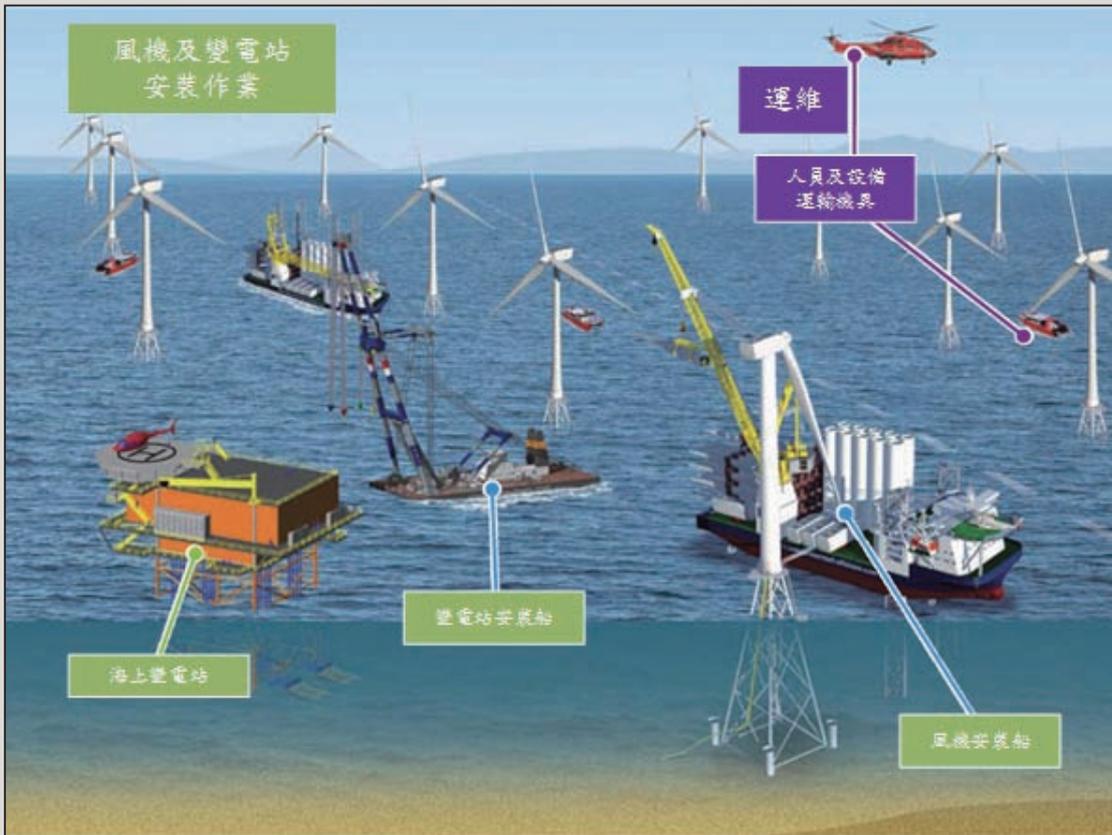


圖5 離岸風場開發機具(風機及變電站安裝與運轉維護作業)[2]

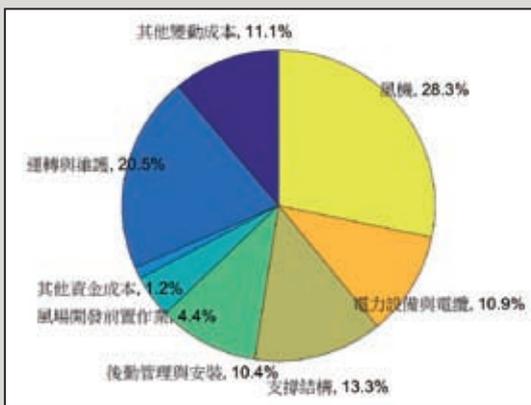


圖6 離岸風場開發成本結構[3]

示範獎勵辦法乃依據「再生能源發展條例」第11條第2項授權，以經費補助方法鼓勵業者設置離岸示範風場，於2012年7月3日公告，並於2013年1月9日公佈3家獲選廠商，分別為福海風力發電股份有限公司籌備處(下稱福海公司)、海洋風力發電股份有限公司籌備處(下稱海洋公司)以及臺電公司，各示範風場之條件如表1所示。

目前福海公司正進行施工許可文件之申請以利於106年底前建置完成2架示範機組，海洋

表1 臺灣示範風場介紹

	福海示範案	海洋示範案	臺電示範案
地點	彰化縣芳苑鄉外海	苗栗縣竹南鎮外海	彰化縣芳苑鄉西側海域
離岸	8~12公里	2~6公里	7~9公里
水深	20~45公尺	15~35公尺	15~26公尺
架數	30架裝置	32架裝置	18~30架裝置
容量	約120MW	約128MW	約108~110MW

公司已於105年10月底完成2架示範機組之建置，預計於106年完工並商轉，台電公司於104年6月17日通過示範風場環評審查；目前正在辦理示範機組電業籌設計可審查。

為推動區塊開發機制，繼示範獎勵辦法之後，經濟部能源局於2015年7月2日公告「離岸風力發電規劃場址申請作業要點」，公開36處潛力場址基本資料與既有海域資料(如圖7所示)，並於同年10月2日起接受業者申請離岸風場申設，然而潛力場址的劃設，係專業機構排除相關法規禁止、限制、保護與敏感區域之初步研究成果，不代表風場設置一定有技術上之可行性，亦不代表相關法規與行政障礙已全數排除，業者仍須考量個別風場風能、地形、地質及鄰近區域等環境條件，自行評估技術上與財務上之可行性，申設現況如圖8所示，取得備查之業者須於2017年底前通過環境影響評估，並於2019年底前取得籌備創設登記備案。目前政府預計於2017年底正式公告區塊開發機制。

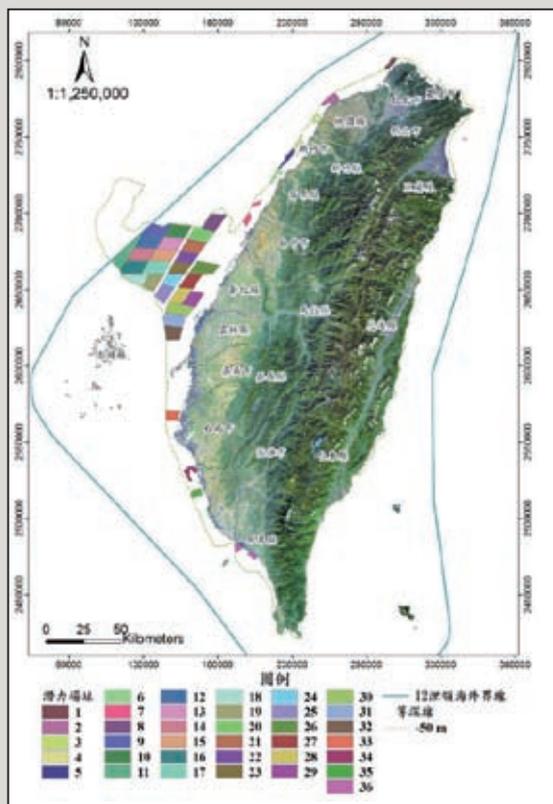


圖7 臺灣潛力場址範圍資料[4]

場址	開發場	規畫量 (MW)	進度
2	龍威	251	已備查
3	華能	151.8-159.3	已備查
4	竹圍	410	已備查
5 & 6	海能	555.45-736	已備查
11	海鼻一	648-736	已備查
12	大彰化西北	598	已備查
13	大彰化東北	570	已備查
14	大彰化西南	642.5	已備查
15	大彰化東南	613	已備查
16	海鼻二	666-760	已備查
17	海鼻三	648-760	已備查
18	海龍三號	468-512	已備查
19	海龍二號	612-696	已備查
26	台電	812	已備查
27	彭芳	475	已備查
27	海峽	500	已備查
28	海峽	500	已備查
28	福芳	500	已備查
29	中能	450	已備查
非屬潛力場址	宇鼎	232-239.7	已備查
非屬潛力場址	允能	632-707.8	已備查
非屬潛力場址	百島	305	已備查

圖8 「離岸風力發電規劃場址申請作業要點」申設現況 (經濟部能源局)

伍、臺灣離岸風電發展之機會與面臨的挑戰

臺灣目前尚未有任何離岸風場建置完畢，目前僅三個示範案進行中，除了風能潛力優勢外，臺灣發展離岸風電之機會還包括(1)與陸域風機相比，離岸風機較不會干擾到民眾的生活，例如風機之噪音、眩光與視覺衝擊、風水影響與民眾自覺身體不適等等；(2)臺灣地狹人稠，土地取得不易，民眾環保抗爭頻傳，發展離岸風電可以減緩陸域的開發；(3)發展離岸風電具環保效益，可以減少對化石能源的依賴以及二氧化碳的排放量；(4)風力資源源源不絕，可降低對其他國家之能源依賴；(5)發展離岸風電可帶動海事工程及運維服務業發展，增加就業機會；(6)離岸風電可能形成地方特色，帶動觀光人潮。

然而離岸風電存在較高的技術門檻及開發成本，現階段離岸風電整體發電成本約為陸域風電2.5~3倍[5]。除此之外，由於離岸風機尺寸巨大，裝設地點又在海上，因此不論是運輸或安裝都需要特殊的工作船，再加上國內尚未有任何離岸風場建置完畢，缺乏相關海事工程經驗，且技術的要求及昂貴的造價對於欲加入的廠商都是負擔。以下將針對行政與法規、技術門檻及財務與其他需求說明臺灣離岸風電發展所面臨的挑戰。

一、行政與法規

臺灣西部海域漁業與生態資源豐富，漁

業、海事活動頻繁，也是全球少數擁有中華白海豚的區域，再加上臺灣才開始實施海域空間規劃，除傳統航道眾多，船舶航跡混亂幾乎佈滿整個沿岸海域；離岸風場區塊劃設時，為了考量國防、交通安全以及其他經濟建設，除了須避開法規應予保護、禁止或限制建築範圍，也要考量海域利用情形，但各項海域利用行為之主管機關、職掌與管制目的均不相同，現有離岸風場申設流程涉及內政部、財政部、國防部、交通部、經濟部、環保署與農委會漁業署以及各縣市政府相關業務，利害關係團體眾多，增加離岸風場開發之風險與不確定性，皆影響離岸風場之開發與營運。表2及表3整理離岸風電申設與設計施工階段相關法規。

表2 離岸風電申設階段相關法規

編號	屬性	主管機關	相關法規
1	飛航	<ul style="list-style-type: none"> 交通部民用航空局 內政部空中勤務總隊 國防部陸軍司令部 國防部海軍司令部 國防部空軍司令部 	<ul style="list-style-type: none"> 國民用航空法-航空站飛行場設備限高 國家安全法第五條及其施行細則-海岸、山地及重要軍事設施管制區與禁建、限建範圍劃定、公告及管制作業規定
2	雷達	<ul style="list-style-type: none"> 國防部(軍用雷達) 行政院海岸巡防署(海巡雷達) 交通部航港局(AIS雷達) 交通部中央氣象局(氣象雷達) 	<ul style="list-style-type: none"> 國家安全法施行細則 海岸巡防法-海岸管制區之管制及安全維護事項；入出港船舶或其他水上運輸工具之安全檢查事項 商港法-港區、錨碇、禁錨區 氣象法-限制建築地區
3	軍事管制	<ul style="list-style-type: none"> 國防部 	<ul style="list-style-type: none"> 要塞堡壘地帶法
4	禁限建	<ul style="list-style-type: none"> 國防部 交通部民用航空局 交通部中央氣象局 	<ul style="list-style-type: none"> 要塞堡壘地帶法 民用航空法-航空站飛行場設備限高 氣象法-限制建築地區
5	船舶安全	<ul style="list-style-type: none"> 交通部航港局 	<ul style="list-style-type: none"> 船舶法及其施行細則 臺灣地區與大陸地區海運直航許可管理辦法
6	水產動物繁殖保育區	<ul style="list-style-type: none"> 行政院農委會漁業署 縣市政府 	<ul style="list-style-type: none"> 漁業法-第45條為保育水產資源，主管機關得指定設置水產動植物繁殖保育區。 海岸法-行政院七十一年四月二十二日第一七七七次院會決議「保護台灣沿海地區天然景觀及生態資源措施」
7	漁業權	<ul style="list-style-type: none"> 行政院農委會漁業署 縣市政府 區漁會 	<ul style="list-style-type: none"> 漁業法-第15條 定置漁業權 區劃漁業權 專用漁業權
8	礦業權	<ul style="list-style-type: none"> 經濟部礦務局中油公司 	<ul style="list-style-type: none"> 經濟部-礦業法
9	濕地	<ul style="list-style-type: none"> 營建署城鄉發展分署 縣市政府 	<ul style="list-style-type: none"> 濕地保護法第25條規定

編號	屬性	主管機關	相關法規
10	定置 漁業區域	· 行政院農委會漁業署 · 縣市政府	· 漁業法-第15條 · 定置漁業權 · 區劃漁業權 · 專用漁業權
11	白海豚重要 棲息區域	· 行政院農委會林務局縣市政府	· 依據行政程序法第154條第一項：農委會林務局預定公告：中華白海豚野生動物重要棲息環境之類別及範圍
12	野生動物 重要棲息 環境	· 縣市政府	· 海岸法-行政院七十一年四月二十二日第一七七七次院會決議「保護台灣沿海地區天然景觀及生態資源措施」 · 無法源依據-依中華民國野鳥協會，國際鳥盟訂定全球通用準則
13	火炮射擊區	· 國防部	· 要塞堡壘地帶法 · 國家安全法第五條及其施行細則-海岸、山地及重要軍事設施管制區與禁建、限建範圍劃定、公告及管制作業規定
14	港區及 錨泊區	· 交通部航港局 · 臺灣港務股份有限公司	· 商港法-港區、錨碇、禁錨區
15	海底管線 (含放流管、 油管及輸水 管線等)	· 中油公司 · 台電公司 · 中華電信公司 · 台水公司	· 內政部-在中華民國大陸礁層鋪設維護變更海底電纜或管道之路線劃定許可辦法
16	廢彈及 禁錨區	· 廢彈：國防部 · 禁錨區：漁業署、航港局、臺灣港務公司	· 國家安全法第五條及其施行細則-海岸、山地及重要軍事設施管制區與禁建、限建範圍劃定、公告及管制作業規定 · 商港法-港區、錨碇、禁錨區
17	台灣沿海 地區自然 環境保護區	· 內政部營建署 · 縣市政府	· 海岸法-行政院七十一年四月二十二日第一七七七次院會決議「保護台灣沿海地區天然景觀及生態資源措施」
18	重要野鳥 棲地	· 行政院農委會林務局 · 縣市政府 · 中華民國野鳥學會	· 無法源依據 · 依中華民國野鳥協會，國際鳥盟訂定全球通用準則
19	保護礁區	· 漁業署	· 依海洋污染防治法第二十五條第二項規定：投設人工魚礁或其他漁業設施許可管理辦法
20	人工魚礁 禁漁區	· 漁業署	· 依海洋污染防治法第二十五條第二項規定：投設人工魚礁或其他漁業設施許可管理辦法
21	離岸示範 獎勵場址	· 經濟部能源局	· 再生能源發展條例
22	電廠航道 及煤灰區	· 台電公司	· 電業法
23	工業區範圍	· 經濟部工業局	· 促進產業升級條例 · 工業區委託申請編定、開發、租售及管理辦法 · 工業專用港及工業專用碼頭經營管理辦法
24	漁港範圍	· 行政院農委會漁業署	· 漁港法
25	土地申請 開發	· 國產署	· 核示海域土地提供離岸式風力發電系統使用之處理方式
26	環境影響 評估	· 環保署	· 環評法
27	水下文物	· 文化部	· 水下文化資產保存法

表3 離岸風電設計及施工階段相關法規

編號	屬性	主管機關	相關法規
1	海陸域設計 條件調查	· 內政部 · 縣市政府	· 內政部-在中華民國大陸礁層鋪設維護變更海底電纜或管道之路線劃定許可辦法 · 市區道路條例 · 建築技術規則
2	電業籌設許可	· 能源局	· 電業法 · 電業登記規則 · 開放民間設立發電廠方案
3	海域區位許可	· 營建署	· 非都市土地使用管制規則
4	土地開發許可	· 國產署	· 核示海域土地提供離岸式風力發電系統使用之處理方式
5	風場施工許可	· 營建署	· 海岸管理法
6	海纜施工許可	· 內政部	· 在中華民國大陸礁層鋪設維護變更海底電纜或管道之路線劃定許可辦法
7	穿越海堤施工 許可	· 經濟部河川局	· 海堤管理辦法
8	陸纜施工許可	· 營建署 · 縣市政府	· 剩餘土石方處理辦法 · 市區道路條例
9	升/減壓站施工 許可	· 營建署 · 縣市政府	· 剩餘土石方處理辦法 · 建築法 · 消防法
10	環境監測及 環評承諾事項	· 環保署	· 環評法
11	再生能源同意 備案	· 能源局	· 再生能源發電設備設置管理辦法

二、技術門檻

離岸風場開發涉及之技術種類可以概分如下：

- (一) 離岸風場開發及申設：風場調查與環境評估、風場規劃與設計評估、施工運維規劃、風險評估與管理等。
- (二) 離岸風場設計及施工：風場細部設計、海事工程施工船機與安裝技術、施工風險評估與管理等。
- (三) 離岸風場營運及維護：風場營運管理、機組與設備監測、檢修與運轉操作等。
- (四) 離岸風場構件製造：風機系統、支撐結構、電纜、變電站相關構件製造等。

以下將說明臺灣離岸風場開發主要技術門檻：

1. 風場調查與環境評估

環境資料為離岸風場規劃設計時之重要影響因素，其包含一般海氣象資料(風、潮汐、波浪、海流)、地形地質資料(漂砂、海床深度、海床地質)及其他資料如颱風、地震、雷擊、水下管線與文物等。現階段臺灣仍缺乏完整及長期之海域環境與生態資料，初步只能保守規劃設計，提高離岸風場開發成本及風險；離岸風場之大地工程調查可分為現場與室內試驗，現場試驗以圓錐貫入試驗(CPT)為主，惟臺灣離岸風場支撐結構多為深基礎，為了取得設計土壤參數，調查深度極深，通常需要有特殊設計的調查船配合；除了現場試驗，調查船必須利用鑽探取得不擾動土樣以進行室內試驗，相對於陸域工程，離岸風場的開發須取得土壤動態性質，以特定之試驗儀器求得，例如動三軸、動直剪及共震柱試

驗，目前臺灣仍缺乏足夠調查及試驗能量。

2. 風場細部設計

離岸風機設計考量與陸域結構物大不相同，相關設計理念由海上鑽油平台發展而來，離岸風機運轉期間，支撐結構除了受到長期之風、波浪、輪殼及葉片轉動等週期性作用力，亦可能受到地震引致之瞬時載重，其設計與驗證流程可參考郭等人[5]與廖等人[6]，惟目前國內並無離岸風機設計相關規範，設計時均參考國際規範，但由於臺灣地域特性與歐美地區截然不同，諸如每年夏、秋兩季之颱風侵襲與發生頻繁之地震，離岸風機設計時須特別考量颱風、地震與地震引致之土壤液化，這些特殊條件於國際規範均無詳細說明，將會提高設計風險。

3. 海事工程施工船機與安裝技術

離岸風場開發除了在陸上製造外，運輸、安裝、運維都在海上進行，重達數百甚至數千噸之水下支撐結構與風力機組均須由安裝工作船運輸與安裝，從港口裝載、海上運輸、水下支撐結構安裝到風力機組組裝均有其技術門檻，國內現有海事工程技術能量以港灣及近岸結構物工程為主，施工水深大多小於20公尺，且未考量風、波、流組合載重及振動產生之船機疲乏，又海上安裝需吊距達海平面上90~100公尺高之吊裝機具及要求安裝船在風、波、流作用下保持安裝精度，臺灣現有船機設備均無法滿足離岸風場開發需求，目前臺灣廠商僅能向國外購買或租用國外船機，成本極高，後續亟須建立自主海事工程施工船機。

4. 離岸風場營運及維護

為提升風力機組與風場其他附屬構件可利用率，使其在風場生命週期內維持最佳狀態，離岸風場營運及維護技術至為關鍵。離岸風場運維與施工安裝階段類似，因其牽涉海事工程，不確定性包含了天候狀況、物流時程、運維船隻調動等等，其所需之人力支援、時間成本遠遠超過陸域風場，一般而言，在離岸風場正式運轉後，由於各部構件會有不同的失效率，而產生預發性與突發性維修，維運策略需配合機組與設備監測及風場狀況進行調整，目前臺灣廠商已初步具有離岸風場營運管理策略規劃與成本分析技術[8]，但後續仍須建立機組與設備監測與檢修相關技術。

三、財務與其他需求

離岸風場開發初期投入金額龐大，單一風場投資動輒新台幣數百億元，財務上非國內單一金融機構所能獨力承攬，需要金融體系的融資支援，然而由於臺灣尚未有離岸風場開發案例及經驗，國內金融機構缺乏離岸風場開發相關風險認知與評估技術，對提供離岸風場專案融資趨於保守，使離岸風場開發業者面臨融資不易之瓶頸，不但影響離岸風場開發進度，連帶使投資風險居高不下，形成惡性循環，臺灣亟須建立離岸風場風險評估機制並由政策工具協助離岸風場開發業者籌措資金。

除了財務上的挑戰，臺灣缺乏離岸風電相關基礎建設；國內目前並無合適之離岸風電施工碼頭，施工碼頭須考量：(1)後現場地符合陸上作業面積需求，(2)施工船機停泊之方便與時效性，(3)海上運輸時間與航道使用權，(4)場地租用時程與成本，最重要的是碼頭結構之承載力必須滿足離岸風機組裝之需求[9]，離岸風電專用碼頭的建置將決定臺灣離岸風場開發時程。

電網建設與改善也是臺灣離岸風場開發須面對之挑戰，隨著離岸風場開發，累積設置容量龐大，將會對原有電網產生衝擊，若沒有計畫擴充及整合電網，可能造成離岸風場建置完成卻無法併網而使風場營運延後。臺灣政府應儘快建立併網法規，改善電網連接，以容納更多離岸風電併網。

陸、結論

面對全球暖化與對核能之疑慮，臺灣為了能源自主及環境永續之目標，積極投入再生能源之設置與技術開發，臺灣擁有優質的風能天然資源，推動離岸風電產業具有先天優勢，經濟部能源局規劃離岸風力發電量於2030年達到4GW，期望透過風力發電示範獎勵辦法及區塊開發機制等政策鼓勵及引導國內企業投入離岸風場開發，然而離岸風電存在較高之技術門檻及開發成本，除了有待技術建立外，開發過程也面臨許多問題與風險，如航道安全、漁業協商、基礎設施、海事工程與融資保險等等。

為了加速臺灣離岸風電發展，臺灣政府應借鏡世界主要離岸風電開發先進國家之發展歷程，掌握離岸風電發展關鍵課題，提供更多的政策與資源協助，包含透過跨部會協商建立離岸風電法規制度與服務平台、輔助國內廠商自主發展或推動國際合作引進離岸風場開發運維相關技術、推動組成國內海事工程船隊及運維團隊、協助金融業者建立離岸風場風險評估能力並促成專案融資支援離岸風場開發、完善離岸風電施工碼頭及相關基礎建設，強化專業人才培育等，以健全我國離岸風場開發能量，創造離岸風電產業良好之發展環境，落實政府建立非核家園之政策目標。

參考文獻

1. Towards Round 3: Progress in building the offshore wind supply chain. BVG associates, 2011.
2. A Guide to an Offshore Wind Farm. The Crown Estate, 2010.
3. Musial, W. and B. Ram, Large-scale offshore wind power in the United States: Assessment of opportunities and barriers. National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO, 2010.
4. 經濟部能源局，離岸風力發電規劃場址申請作業要點，2015。
5. 康志堅，2015年全球離岸風電產業發展趨勢，工研院，2015。
6. 郭玉樹、王昱凱、許博凱、曾韋禎，離岸風機基礎設計與驗證考量，地工技術，2014。
7. 廖學瑞、林倣寬、劉育明，離岸風場工程水下支撐結構及基礎設計技術探討，中國工程師學會會刊，2016。
8. 張恆文、馬名軍、顏厥正、徐仕昇、呂威賢，海氣象預測技術於離岸風力發電之應用，中國工程師學會會刊，2016。
9. 陳一成、王平貴、傅景崑、徐文科，國內離岸風力建置能量盤點-以台電示範風場為例，中國工程師學會會刊，2016。