

10MW 以上離岸風力機趨勢下的周邊因應措施

一、引言

全球離岸風電主要趨勢之一為離岸風力機持續往更大容量發展，其主要目的為降低成本。2017 年 4 月德國離岸風電第一次競標，由德國廠商 EnBW 與丹麥 Dong Energy (現改名為 Ørsted) 兩家廠商共四個風場得標。得標兩家廠商均以單機 13~15MW 風力機進行規劃，廠商估計風場安裝時間在 2023~2025 年，屆時應該會有此規格之風力機已推出可供選用。

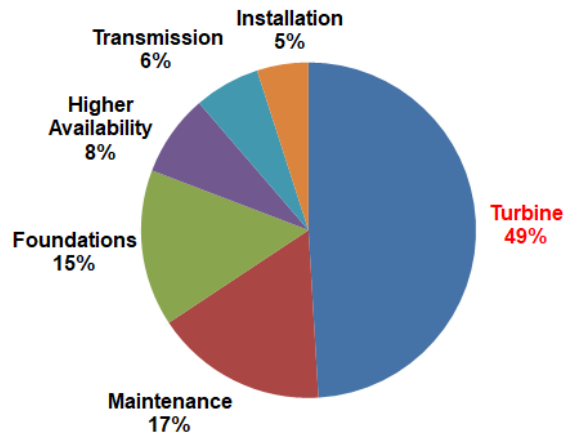
目前 8MW 離岸風力機已有廠商進入商轉，各大廠紛紛投入 10MW 以上風力機的開發，預計 2020 年以後各廠商 10MW 以上風力機將逐步問世。

全球風電產業核心、技術焦點為風力機系統，然而對我國而言，離岸風電力機系統我國已無投入機會，但我國風場未來使用風力機容量將逐步提升至 10MW 以上，因應 10MW 以上離岸風力機趨勢，周邊的因應措施為本篇報告探討重點，包括：因應的周邊措施有哪些？各周邊措施國內外能量之比較、各周邊措施我國發展潛力及威脅，以及我國在各周邊措施之發展策略建議等。

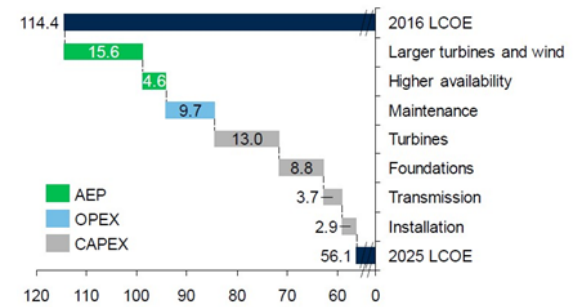
二、全球離岸風力機大型化趨勢

全球離岸風場強化成本競爭力，各廠商均積極探尋可以降低成本的方式。根據 MAKE Consulting 2016 年研究，風力發電機降低成本主要方式為提高單機容量，在 2016~2025 年 LCOE 下降途徑之分析中，其中歸類於風力機所占的比例為 49%，為各種可降低風場成本的方式比例最大的部分。

各方式可降低成本幅度之比例



2016~2025年LCOE下降途徑之分析 (€/MWh)

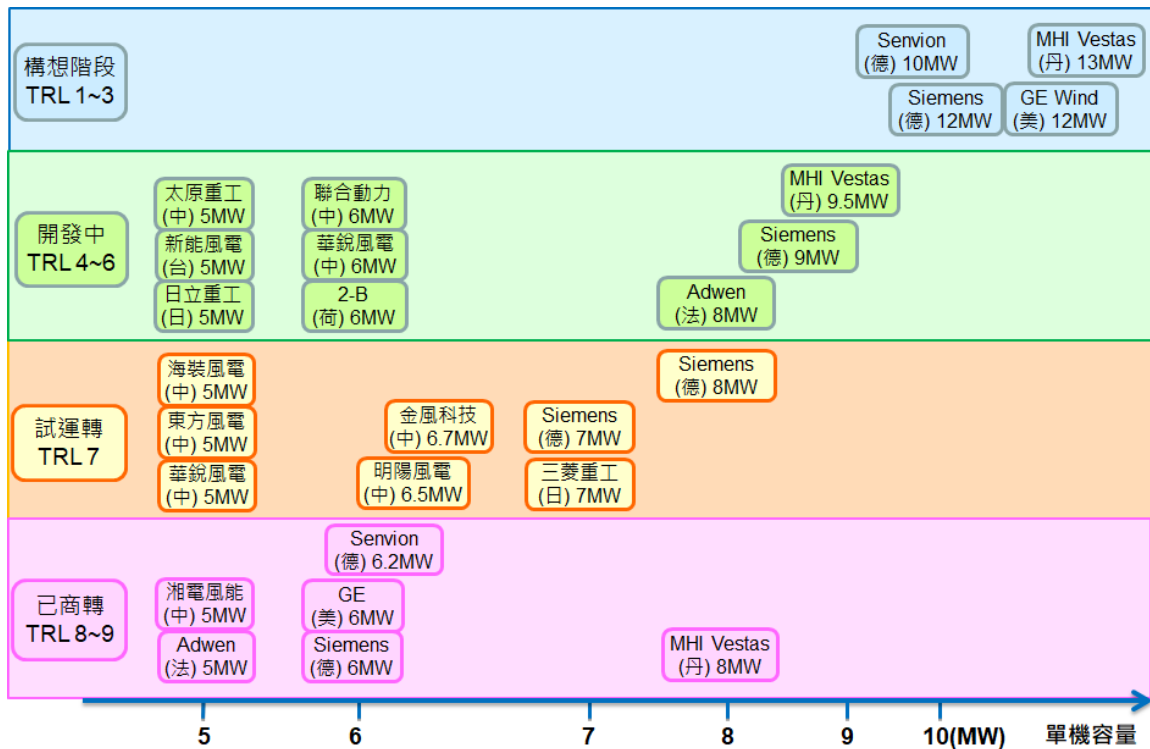


Note: LCOE levels at final investment decision (FID). Unsubsidized LCOE.
Source: MAKE

資料來源：MAKE Consulting、工研院 IEK 整理(2018/03)

圖 1 風力發電成本降低方式

現階段已投入 5MW 以上風力機的廠商中，德國 Siemens、法國 Adwen、德國 Senvion、美國 GE、中國大陸湘電風能等廠商之產品已進入商轉階段，其他多家廠商包括丹麥 MHI Vestas、日本三菱重工、中國大陸金風科技、明陽風電、華銳風電、東方風電、海裝風電等風力機組已進入試運轉階段。全球已有 15 家以上廠商投入 5MW 以上之離岸風力機，將於未來三年陸續推出產品。



資料來源：工研院 IEK (2018/03)

圖 2 全球離岸風力機系統廠商開發現況

10MW 以上風力機系統現階段屬於前瞻技術，目前投入 10MW 以上風力機系統開發的廠商，包括德國 Siemens、丹麥 MHI Vestas、德國 Senvion 與美國 GE 四家，各廠商發展規劃如下表所示：

表 1 全球離岸風力機領導廠商產品 Roadmap

廠商	現有產品	開發中產品	
		由現有產品修改	全新平台架構
Siemens (德國)	SWT 6.0-120 (6MW) SWT 6.0-154 (6MW) SWT 7.0-154 (7MW) SWT 8.0-154 (8MW)	SWT 9.0-154 (9MW)	SWT 12.0-216 (12MW)
MHI Vestas (丹麥)	V164-8.0 (8MW)	V164-9.5 (9.5MW)	V210-13 (13MW)
Senvion (德國)	6.2M-126 (6.2MW)	無	籌備中，功率尚未公布
GE	Haliade 150-6.0 (6MW)	無	GE 12-220

(美國)		(12MW)
------	--	--------

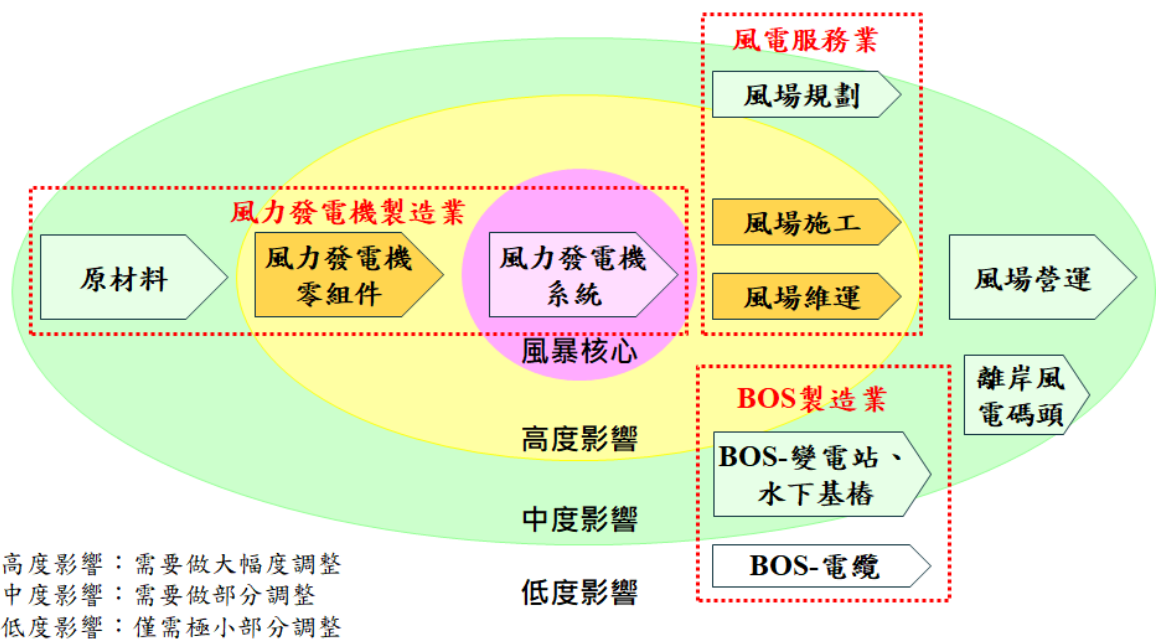
資料來源：工研院 IEK (2018/03)

三、10MW 以上離岸風力機趨勢下-周邊措施與影響程度

全球離岸風電市場截至 2016 年底，北海周邊五國(英、德、丹麥、荷蘭、比利時)累計安裝量占全球 86%。歐洲發展離岸風電已有 20 年，已發展出完整產業鏈，近年產業鏈整合度逐漸提高，已由零組件、系統、運輸、安裝、營運與維護形成一條龍式產業。五國合計每年約有 2~3 GW 市場規模，且地理位置接近，彼此市場進入障礙低，提供產業良好發展環境。

相對我國而言，我國在 2017 年初首度裝置 2 支示範機組，目前累積經驗有限。我國廠商現階段大部分以籌備為主，僅有少數廠商已建立初步產業能量。

風力發電機單機容量提高至 10MW 以上，風暴核心為風力發電機系統，在產業鏈中與風力發電機系統越接近受影響程度越高，影響最大的部分為其上游之風力機零組件，以及其下游之風場施工／維運。



資料來源：工研院 IEK (2018/03)

圖 3 10MW 以上離岸風力機對於周邊措施與影響程度

以下就風場施工／維運、風力機零組件分別分析其影響：

1. 風場施工／維運

風場施工/維運所面對的技術挑戰有兩方面：

- (1) 高度的挑戰：吊掛施工高度達 200 米，需要有吊臂夠長的吊車、高空強勁的風力，對於安裝作業穩定性與安全性造成挑戰
- (2) 重量、長度的挑戰：風力機機艙為風力機重量最重的零件，10MW 以上風力機機艙可能重達 700 噸以上，需有吊掛重量足夠的吊車。風力機葉片長達 100~110 米，施工船儲存空間，與工程吊車迴旋空間必須納入考量。

歐洲在 2012~2015 年間風力機系統主流容量為 3~4MW，因此針對此容量之安裝船隻應運而生，此階段專業安裝船隻數量尚少，許多安裝船為現有船隻改裝而成。目前歐洲風力機系統主流容量已提升至 6~8MW，針對離岸風電安裝需求而量身訂做的船隻數量越來越多，之前針對 3~4MW 風力機之安裝需求最適化的船隻也逐漸被淘汰，換成符合目前需求的船隻。未來至 2020~2025 年，因應風力機容量提升至 10MW 以上，針對此需求最適化設計的船隻將逐漸於市場服役，預期現階段以 6~8MW 風力機之安裝需求，進行最適化設計的船隻將逐漸被淘汰。

我國在 2016 年以前無離岸風場安裝實績，現階段由於國內市場規模尚未達一定規模，尚無法支持全時在國內待命之安裝船隻，因此主要為向國外廠商租借安裝船，未來 2020~2025 年因應國內市場規模大幅增加，建議我國可朝自建安裝用船隻著手，以便掌握風場施工與維運，建立在地之產業鏈。



資料來源：工研院 IEK (2018/03)

圖 4 風場施工/維運國內外能量之比較

2. 風力機零組件

歐洲在 2012~2015 年之間風力機主流功率為 3~4MW，至 2017 年提升至 6~8MW，預估至 2020~2025 年主流功率將提升至 8~13MW。對應風力機功率，零組件之規格也隨之變更，最主要的改變為葉片與塔架長度增加，機艙重量增加。

我國在 2017 年以前無安裝實績，於 2017 年完成兩支 4MW 風力機安裝，但尚無相關產業鏈，未來藉由擴大規模的安裝，逐步建立在地產業鏈，首先從塔架與水下基樁著手。

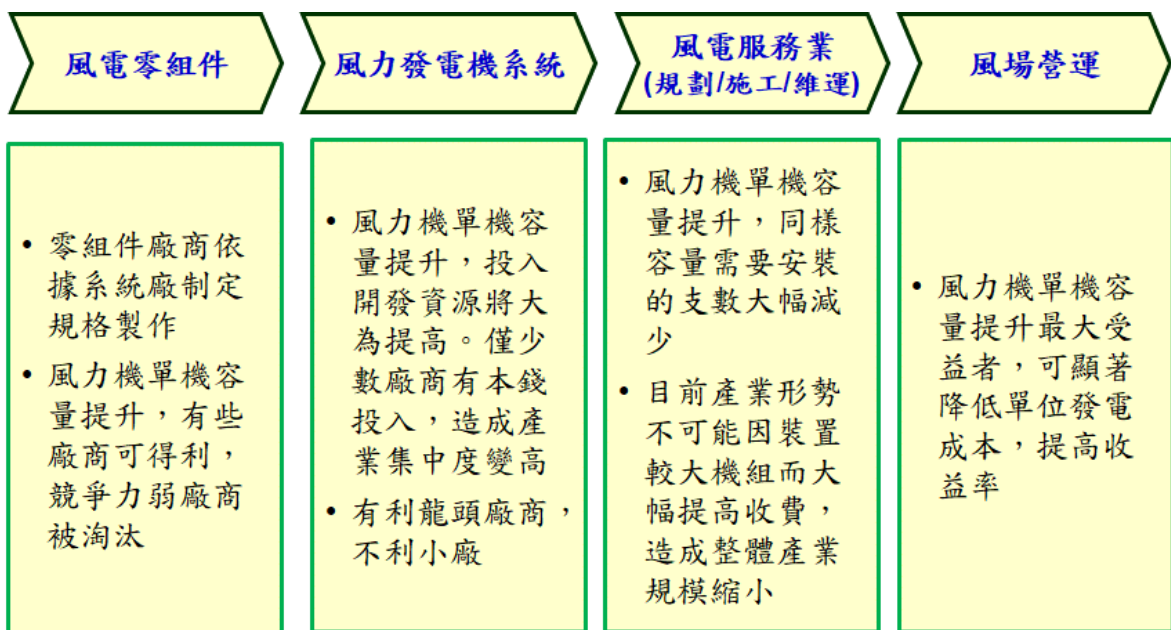
	2012~2015	2017	2020~2025
歐洲	風力機主流功率3~4MW • 葉片 50~60米 • 機艙 200~300噸 • 塔架 70~90米	風力機主流功率6~8MW • 葉片 70~80米 • 機艙 300~400噸 • 塔架 90~100米	預估風力機主流功率8~13MW • 葉片 80~110米 • 機艙 400~700噸 • 塔架 100~130米
我國	無安裝實績	• 安裝示範機組(2支4MW) • 無產業鏈	• 建立本地塔架與水下基樁生產能力

資料來源：工研院 IEK (2018/03)

圖 5 離岸風力機零組件國內外能量之比較

四、10MW 以上離岸風力機趨勢下-對全球與我國產業影響分析

10MW 以上風力機對全球產業鏈的影響如下圖所示，整體來說最大獲利者為風場營運商；風力機系統與零組件產業集中度將提高，有利大廠、不利小廠；對於風電服務業造成不利影響。



資料來源：工研院 IEK (2018/03)

圖 6 10MW 以上風力機對全球產業鏈的影響

對於我國產業鏈基本上趨勢與全球雷同，最大的獲益者為風場營運商；風力機系統與零組件我國將更難切入，建議建議我國集中發展具在地化優勢之塔架、水下基樁；風電服務業在風力機容量提升的趨勢中將較為不利，但其為我國較有機會、且積極發展的項目，宜謹慎應對並研擬後續對應措施。



資料來源：工研院 IEK (2018/03)

圖 7 10MW 以上風力機對我國產業鏈的發展潛力與威脅

五、我國在各周邊措施之發展策略建議

針對未來 10MW 以上離岸風力機的引進，我國在各周邊措施將受到程度不一的影響，以下針對高度影響與中度影響的項目，其必要性/急迫性，以及我國之發展策略建議分別表列：

表 2 我國在各周邊措施之發展策略建議

影響程度	次產業/領域	必要性/急迫性	策略建議

高度 影響	風場施工/ 風場維運	<ul style="list-style-type: none"> ● 一定需要 ● 2020年後需正面 面對此問題 	<ul style="list-style-type: none"> ● 列為第一優先發展項目 ● 2018~2022年採租用/購置歐洲退役船隻，建立產業能量與累積裝置經驗。 ● 2023年以後，建議我國仍需具備自有船隊，採自建安裝船隻，掌握風場施工/風場維運核心技術，包括船隻動態定位系統、配備可吊掛1,000噸以上的吊臂、50米水深作業能力(支撐腳)，以及相關設備的人員培訓、實作與認證。
	風力機零 組件	<ul style="list-style-type: none"> ● 不一定需要，若建立後可健全我國產業鏈並降低設置成本 ● 2020年後可能會面對此問題 	<ul style="list-style-type: none"> ● 建議我國集中發展具在地化優勢之塔架、水下基樁鋼構部分，風力機相關零組件優先順序可向後移動。
中度 影響	風場規劃	<ul style="list-style-type: none"> ● 一定需要 ● 2018年以後將逐步面對此問題 	因應未來10MW以上風力機趨勢，政府可及早將此納入推動與發展之規劃。
	風場營運	<ul style="list-style-type: none"> ● 一定需要 ● 2020年後需正面 面對此問題 	風場營運為10MW以上風力機趨勢的最大受益者，業者必然相當積極推動，政府可逐步推動其他配合措施以逐步導入。
	原材料	<ul style="list-style-type: none"> ● 不一定需要，若建立後健全我國產業鏈 ● 風力機零組件產業鏈建立後才會面對此問題 	塔架、水下基樁鋼構部分為主，在此部分機零組件產業建立後，再逐步拓展至上游材料。
	變電站、	<ul style="list-style-type: none"> ● 不一定需要，若建立後健全我國 	因應未來10MW以上風力機趨勢，政府可將此相對應之

	水下基樁	產業鏈並降低設置成本 ● 2020年後可能會面對此問題	變電站、水下基樁設施納入推動與發展之規劃。
	離岸風電碼頭	● 一定需要 ● 2020年後需正面面對此問題	我國需因應未來10MW以上風力機碼頭與周邊配套措施的需求，包括碼頭承載力需提升至可承載700噸機艙，以及組裝場地之動線可以處理110公尺超長葉片，將此納入規劃。

資料來源：工研院 IEK (2018/03)

其中，建議風場施工/風場維運列為第一優先發展項目。建議我國在2018~2022年間可採租用/購置歐洲退役船隻，建立產業能量與累積裝置經驗；2023年以後，建議我國仍需具備自有船隊，可採自建安裝船隻以掌握風場施工/風場維運核心技術，船隻須配備動態定位系統、可吊掛1,000噸以上的吊臂、50米水深作業能力(支撐腳)，以及相關設備的人員培訓、實作與認證等。

我國可發展第二優先為風力機零組件，建議我國集中發展具在地化優勢之塔架、水下基樁鋼構部分，風力機相關零組件優先順序可向後移動。