

# 英國離岸風電發展趨勢分析

周承志<sup>1</sup> 鄭孟寧<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 工業技術研究院綠能與環境研究所副研究員

<sup>2</sup> 工業技術研究院綠能與環境研究所管理師

## 摘要

英國於 1991 年興建了第一座風力發電廠，時至今已建置超過 250 座風力發電廠，但英國風力發電設備大都仰賴國外進口，鮮見當地風力發電設備產業聚落。近年來，英國在離岸風電推動政策及市場成長上相當具有野心，期望建立本身的離岸風電產業鏈。本研究將比較陸域風電產業鏈及海域風電產業鏈差異之處，探討英國發展離岸風電之潛在問題，並分析其優劣勢及我國可借鏡之處。

關鍵詞：離岸風電、英國、產業鏈

## The Trend Analysis of UK Offshore Wind Power

Chen-Chih Chou\* Meng-Ning Cheng

\* Associate Researcher, Green Energy and Environment Research Laboratories, Industrial Technology Research Institute

## ABSTRACT

The United Kingdom built the first wind farm in 1991, and has installed more than 250 farms till now. Most equipments of wind power in the UK rely on foreign imports. In recent years, Britain has set an ambitious target on policies promotion and market growth of offshore wind power, and looks forward to establishing offshore industry chain. This study is to analyse onshore and offshore supply chain of British wind power industry, its potential problems as well as the strengths and weaknesses.

Keywords: Offshore wind power; United Kingdom; Industry supply chain

## 一、前言

根據 REN21(2012)報告，2011 年度全球電力部門新增發電量中，以再生能源成長最為可觀(208 GW，約占新增量 50%)，其中又以風力發電(約占 40%)與太陽光電(約占 30%)為主。近年來因陸域風電開發場址日益飽和，風力發電逐漸朝向離岸開發，其中又以歐洲地區最為積極發展，自 2007 年起年成長率平均達到 37.2%，較全球風電平均成長率(26.4%)高出 10%，英國更成為 2011 年度全球最大的離岸風電設置國。

依據 EWEA(2011)統計，於 2011 年度歐洲設置離岸風機總計 1,371 座，累計裝置容量達 3,812.6 MW(見表 1)，其中以英國居領先地位，設置達 636

座離岸風機，共計 2,093.7 MW，其次為丹麥 401 座風機，容量達 857.3 MW。

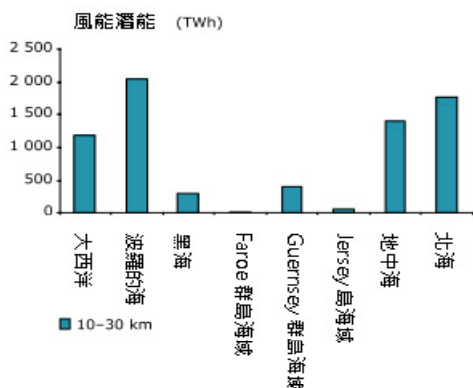
表 1 2011 年歐洲離岸風電累計設置量說明

國家	累計設置量(MW)
英國	2,093.7
丹麥	857.3
荷蘭	246.8
德國	200.3
比利時	195.0
瑞典	163.7
芬蘭	26.3
愛爾蘭	25.2
挪威	2.3
葡萄牙	2.0
合計	3,812.6

英國於 2011 年新增離岸風電設置量達 752.45 MW(占英國該年度風力發電新增設置總量的 58.2%)，占全歐洲離岸風電新增量的 86.89%，同時為當年度全球離岸風電新增量 50%。目前英國約有 2%左右的電力供應來自於離岸風電，同時創造了 3,200 個工作機會。估計到了 2020 年離岸風電可提供英國 17%電力供應，並創造全職工作機會 42,400 個與兼職工作機會 25,300 個。

## 二、離岸風電潛能

依據 EEA(2009)所發表的歐洲地區離岸風能開發潛能區域，按照資源多寡依序(見圖 1)為波羅的海、北海、大西洋、地中海等海域，而英國地理位置處於歐洲西北方，緊鄰北海與大西洋，是歐洲潛力最佳的區域，可開發面積達 114,000km<sup>2</sup>，亦為全歐最大。另外，UKTI 指出 2020 年至 2030 年英國離岸風電可開發潛能將超過 40 GW。



資料來源：EEA

圖 1 歐洲海域離岸風能潛能

## 三、風電產業供應鏈

本研究依據所蒐集的資料，將海陸風電產業鏈分類為風機系統、風場施工、工程統包服務 (Engineer-Procure-Construct-Install)、風場營運等四大部分(見表 2)，各項目又可細分為風機製造、塔架及基座、電力設備、海纜製造、海事工程、電纜鋪設、港口營運等細項。其中海事工程、海纜製造、離岸電力系統、EPCI、港口營運部分屬於離岸風電開發重要的一環。

依據 EWEA(2011)報告，英國目前在風機系統

部分，大都使用德國及丹麥的機組為主，而離岸風電產業鏈中，英國本土企業也具有承攬或製造能力，如海事施工或佈纜：Seajacks International、MPI Offshore、Global Marine Systems；海纜製造：Draka Cables、JDR Cables；EPCI 承攬：Subsea7、Sgurr Energy 等廠商。

整體而言，英國離岸風電產業，在風機系統製造並無本土廠商，但在 EPCI、海事工程及佈纜具有自主施工及開發能力。

表 2 海陸風電產業鏈分類

項目	陸域風電產業鏈	離岸風電產業鏈
風機系統	風機零件製造業 塔架及基座製造業 電力設備製造業	風機製造業 塔架及基座製造業 離岸電力系統製造業 海纜製造業
風場施工	風機組裝業	海事工程承包業 電纜鋪設承攬業
EPCI承攬	EPCI承攬業	EPCI承攬業
風場營運	風電營運業	風電營運業 港口營運業

\*Engineer-Procure-Construct-Install

## 四、離岸風電推動政策

有關英國再生能源推動策略，就離岸風電部分進行研究，相關內容分述如下：

- ◆ 能源法 (Energy Bill)草案：Department of Energy and Climate Change (DECC)於 2012 年 5 月 22 日公佈了能源法草案，讓國會和產業界有機會了解法案改革的細節。在能源法草案中，電力市場改革的主要因素包括：
  1. 低碳發電收入的支持系統，差價合約將提供所有形式低碳能源發電的長期支持，將吸引更多更快的投資，以滿足減碳目標，此措施可有效提高英國離岸風電等再生能源設置意願。
  2. 排放性能標準 (Emissions Performance Standard, EPS) 提供管理防制，以避免碳密集發電形式的建設。透過 EPS 提高傳統電廠的碳排放門檻，將有助於發電商轉為開發低碳排的再生能源電廠。

3. 容量機制 (Capacity Mechanism) 以確保能源供應的安全性，並確保有足夠可靠及多樣化的容量可滿足需求。此外，依據 DECC (2012)發布 Digest of UK energy statistics，英國 2011 電力發電結構中，天然氣占 40%、煤炭占 30%、核能占 19%、再生能源占 9.4%。積極提高再生能源發電比例，降低對天然氣及煤炭的依賴，將有助英國建構能源供應多樣化的目標。

◆ 英國再生能源發展藍圖 (UK Renewable Energy Roadmap)：DECC 於 2011 年 7 月發佈英國再生能源發展藍圖，針對 8 項再生能源技術擬定發展方案，以達成 2020 年再生能源推動目標。在離岸風電部分，英國政府預計離岸風電裝置容量至 2020 年將超過 18 GW，為達到此目標，英國規劃協助產業降低離岸風電設置成本、建立完善產業供應鏈、減少投資風險、建構完整電網設施及友善的融資方案等，詳細內容如下：

1. 降低離岸風電建置成本：規劃於 2011~2015 年間提供約 3 千萬英鎊經費，作為離岸風電技術創新研發之用。並透過 The Technology Strategy Board 的資助，成立 Offshore Renewables Technology and Innovation Centre (TIC)，進行離岸風電之創新技術研發。
2. 發展供應鏈：英國政府於 2011~2015 年間提供 6 千萬英鎊經費，用以發展離岸風機生產所需的港口設施，並與具高附加價值的廠商合作，建立離岸風機產業聚落。而蘇格蘭政府提供 7 千萬英鎊，以吸引離岸風機及零組件產業，並強化離岸風電之港口基礎設施。
3. 減少投資風險：由政府出面協助離岸風電投資人，降低投資不確定風險，提高銀行融資意願，改革電力市場機制，提供低碳電力長期性透明化的財務支持。另配合 Renewables Obligation (RO)制度將於 2017 年中止，英國政府預計針對離岸風電推出新的獎勵方案，最快於 2014 年 4 月推出。
4. 資金取得：英國規劃成立綠色投資銀行 (Green Investment Bank)，協助離岸風場取得

資金。並將協助離岸風場開發業者與海上石油或天然氣等開發商進行開發場址之土地租賃協商。

5. 保障離岸電網的投資符合成本效益：英國天然氣暨電力市場管制局(ofgem)提出離岸傳輸調度計畫 (Offshore Transmission Coordination Project, OTCG)，用以評估離岸輸電成本及風險，提出可保障電網業者之獎勵機制。
6. 規劃及許可：為保障離岸風場可永續發展使用，需評估對於海洋環境的潛在影響，了解開發離岸風場對於海洋保護區及海洋策略法(MSFD)是否衝突，以確立開發的合法性。

◆ Environmental Transformation Fund (ETF)- Offshore Wind Demonstration Call：DECC 藉由 ETF 資金支持成立 Offshore Wind Demonstration Call，規劃 2,780 萬英鎊用以資助企業進行離岸風電技術研究，其主要資助項目：

1. 大型化離岸風機及其技術開發；
2. 累積研發經驗，降低離岸風電開發成本；
3. 發展關鍵產業，建立在地離岸風機產業鏈。

◆ Energy Technologies Institute (ETI)：ETI 為英國政府部門(如 Department for Business, Innovation & Skills、DECC、Technology Strategy Board 等)合資成立，成立宗旨為確保英國有清潔、安全、便宜的能源供應，並因應全球氣候變遷議題，減少英國溫室氣體排放。英國擁有全歐洲最大的離岸風能資源，可提供大量再生能源電力供應，因此 ETI 在離岸風電之推動目標，為提高設置比例及降低成本，希望在 2020~2050 年間離岸風電可與陸域風電或傳統發電競爭。

## 五、發展優勢及推動問題

### 5.1 離岸風電發展優勢

離岸風電現已成為英國之重點產業，除了地理條件優越外，國家政策支持也使其發展迅速，而由開發潛能、政策支持、產業推動、技術研發等面向說明如下：

1. 開發潛能面：英國位於歐洲離岸風能潛力最佳的區域，且可開發面積也為全歐最大，預估可開發潛能超過 40 GW。

2. 政策支持面：依據 DECC 公佈的能源法案，英國將提供低碳能源發電更優惠的差價合約，用以提高再生能源投資誘因。此外，亦配合將於 2017 年到期 RO 制度，預計給予離岸風電更優惠的獎勵措施。
3. 產業推動面：提供多項產業措施鼓勵外商至英國設置生產線及研發中心，並協助離岸風電融資，降低設置風險。
4. 技術研發面：成立離岸風電研發中心，並挹注研發資金予離岸風電產業進行技術開發。

## 5.2 發展離岸風電之潛在問題

英國近年來積極建置離岸風電，其餘歐洲國家也十分積極投入，因此英國及歐洲各國陸續出現許多問題。分項說明如下：

1. 不可預期開發風險：離岸風場開發需要投入龐大資金，過程中具有高度且不確定的海事施工風險，因此對於海域氣象的掌控，擬定保守的開發規劃，將可確保離岸風電開發專案的進行。即便如此，在開發過程中仍常發生無法預料的問題，其中最常見的為離岸風場之海底電纜無法埋設到預定埋藏深度，或是佈纜工期延誤等問題。此外，Bligh Bank 在比利時所投資的離岸風場，亦曾發生單樁基礎灌漿過程因銜接件(transition piece)滑動，進而影響到樁基結構的完整性。故受到施工不確定的風險影響，常造成離岸風場開發專案經費預算及時程的錯估。
2. 國防安全：離岸風場的干擾，容易造成航管雷達的錯誤訊號，而使飛機因錯誤的飛航指示發生空難事件。英國國防部(Ministry of Defense)表示離岸風場會干擾飛航的管制雷達系統，易造成飛航安全的問題。依據 <http://www.offshorewind.biz> 所發布的新聞，在 2012 年 7 月 3 日，蘇格蘭東岸的 Moray 灣離岸風場區段，發生兩架龍捲風戰鬥轟炸機(Tornado GR4)墜機事件，經初步推測可能是當地的離岸風場干擾了飛航雷達的訊號，造成飛機墜毀。
3. 離岸風場融資問題：依據 CMS Cameron McKenna 報告指出，至 2020 年止英國將設置 25 GW 以上的離岸風機，但在現今低迷

- 的歐洲經濟環境，離岸風場開發將有資金取得的問題。另外，於離岸風場未建置完成前，無法成為投資的擔保品，借貸人僅能以其他資產作為擔保，且能融資的金額往往不超過擔保品的價值，亦造成離岸風場資金取得發生困難或不足。
4. 生態影響：離岸風場在施工及營運過程中，對當地海域生態均可能造成影響。如在施工過程，風機海底基樁設置過程將產生噪音，可能對聽覺敏銳的海洋哺乳類動物造成傷害。另在海上發電設備裝設後，可能改變原本海域的水流環境，而影響海域中的生物。
  5. 基礎設施不足：離岸風電設備元件及安裝都需仰賴大型工作船，進行施作及運送，因此需建置專屬工作船隊及提供離岸風電設備裝卸的港口設施，但目前英國相關基礎設施有限，無法充分供應離岸風電市場需求。
  6. 輸配電網及容量：輸配電網連結與整合各離岸風場，亦將電力向陸地輸送。未來英國各地陸續設置離岸風場時，需要積極建置離岸電網以傳輸電力。倘若離岸風電的發電比重日益增加時，電力網絡也須有能容納大量電力的電力池，或需建置跨國性的電力網路，將多餘電力輸送到其他國家使用。但建置離岸電網或跨國輸配電網都須要相當龐大的資金，而且跨國電網更需國與國之間的協調，在實質推動上困難度相當高。
  7. 機組大型化：離岸越遠，風況品質越佳，但海況也越惡劣，施工更不易，因此發展大型化的離岸風機(10 MW~20 MW 或更大)，將可提高風能轉換效率，也較能抵抗惡劣的海況。然而，風機大型化之設計、零件的材料及結構、風機裝設運輸的機具與港口基礎建設，可能造成發展風機大型化之障礙。
  8. 人力缺口：可預期離岸風電產業將是歐洲成長最迅速的新興產業，但人才問題，也在近年陸續浮現，例如缺乏風場開發之專案經理、風機維修及建造的工程師(如機械工程師或電力工程師)等高階人力。再者，離岸風電之海事開發，須具備相當專業的技術人才，往往需長時間培育，且因工作型態及工

作環境，造成人力投入的障礙，絕非一時半刻可以滿足產業人力缺口。而施工現場所需的勞力密集人力(如風機安裝工人或工作船船員等)，大都因成本考量引進薪資較低的發展中國家人力。另外，離岸風電產業職缺與海上石油及天然氣開發之人力性質接近，若取自石油及天然氣的人才，僅僅是工作職缺的轉移，無法改善歐洲失業率。

### 5.3 離岸風電 SWOT 分析

英國先天就具有離岸風電開發條件，且政府推動離岸風電相當積極，在政策上給予許多的鼓勵措施，本研究以 SWOT 分析進行探討。

優勢 (strength)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 環境條件適合，離岸風力潛能優越。</li> <li>2. 政府態度積極，制定多項具體的推動措施。</li> <li>3. 重視新技術研發，有利產業開發成本降低及技術創新，並促進產業鏈在地化。</li> <li>4. 海事工程能量充足，有助降低離岸風電開發門檻。</li> </ol>
弱勢 (weakness)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 無本土風電系統製造商，風機生產需仰賴國外進口。</li> <li>2. 離岸風電開發風險較高，且投資成本也相對陸域高，造成資金取得不易。</li> <li>3. 現有港口及電網設施不足，無法應付離岸風電開發需求。</li> <li>4. 大型化離岸風機技術仍發展中，無法充分利用風場潛能。</li> </ol>
機會 (opportunity)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 現為離岸風電主要開發國，可領導離岸風電開發標準制定。</li> <li>2. 英國原為海事工程技術強國，而海域開發技術門檻高，將有助英國海事工程技術出口。</li> <li>3. 英國鼓勵外國廠商設置離岸風電研究中心及生產線，未來有助於培養離岸風機研究能量及人才。</li> </ol>
威脅 (threat)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 歐洲各國均積極發展離岸風電，造成人才缺口日益擴大，需儘速培養離岸風電專業人才。</li> <li>2. 現今關鍵技術掌握在外國廠商手中(如大型化風機開發技術)，可能使英國淪為國外業者離岸風機技術試驗市場。</li> <li>3. 歐洲金融危機造成資金緊縮，使離岸風場開發資金取得不易。</li> </ol>

## 六、結論

### 6.1 英國離岸風電發展趨勢

英國在 2011 年公布的電力政策白皮書中，宣示將大量開發低碳電力；並於 2012 年能源法修正草案中，提出制定電力部門之排放性標準修正條文，將使電力供應朝向低碳前進，而發展離岸風電、天然氣等低碳電力，將是英國電力發展方向。此外，英國再生能源發展藍圖中，針對離岸風電推動規劃多項推動方案，希望能降低開發成本，建構離岸風電產業供應鏈。

### 6.2 我國可借鏡之處

我國風機產業大都還停留在材料及零組件等項目上，尚無具備大型風機系統開發能力的業者。應積極投入離岸風機技術研究，提升自身的研發能力，開發低生產成本的離岸風機設備，將有助於我國發展離岸風機產業。

此外，離岸風場開發有賴於海事工程技術，東亞海域有著與英國不同的海洋環境，如多颱風及地震等特色。若能及早累積離岸風電所需的海事工程技術，積極建置適用於東亞地區的大型海事施工船隊，將有助於台灣及亞洲離岸風電開發。

### 謝誌

本論文承蒙經濟部能源局「低碳能源環境建構與整合發展應用計畫(3/4)」支持，謹致謝忱。

### 參考文獻

1. REN21 (2012) *RENEWABLES 2012 GLOBAL STATUS REPORT*.
2. EWEA (2011) *The European Offshore Wind Industry Key Trends and Statistics*.
3. UKTI(2012/03/28), <http://www.ukti.gov.uk/>
4. EEA (2009) *Europe's Onshore and Offshore Wind Energy Potentia*, pp. 22.
5. EWEA (2012) *Wind in Our Sails*, pp. 38.
6. DECC (2012) *Digest of UK Energy Statistics Trends and Statistics*, P.121.
7. NREL (2012) *2010 Cost of Wind Energy Review*.
8. Marios Papalexandrou (2011) *Planning for the Challenges of Offshore Wind*.
9. Munir Hassan, *UK Offshore Wind Deals: The*

*Need to Innovate, CMS Cameron McKenna,*  
18/04/2012.