

## 淺談智能化大數據於離岸風電之應用

金屬中心 ITIS 計畫

陳芙靜

2015 年 10 月

### 一、前言

近年來，隨著陸域風場開發趨近成熟，加上海上風資源更為豐沛、發電時間長、無噪音限制、不佔土地可大規模開發等優勢，各國紛紛拓展離岸風力發電新興領域。然在海上安裝風力發電機組並非易事，除面對鹽害的腐蝕、海浪的載荷及海上撞擊物(如海冰)等惡劣工作環境外，亞洲國家尚需面臨颱風、地震之破壞衝擊。單台海上風力發電機組的運轉維護成本至少為陸上的 2-3 倍，而整體離岸風場的運維成本更高達其經濟收入 20~25%。一旦風力發電機組發生故障，需安排足夠的運維人員、動用快艇、吊裝船甚至直升機至海上作業，費用十分昂貴。為使離岸風場運維支出最小化，應由長遠角度來規劃運維策略；良好的運維規劃不僅可使風場開發團隊深具營運信心，對外部投資者、貸款銀行而言，更能出具降低風險之有利佐證資訊。

### 二、海上風電運維策略

一般而言，離岸風場運維策略主要包括時間計畫型運維(Time Based Maintenance)、事後監控型運維(Failure Based Maintenance)及狀態監控型運維 (Condition Based Maintenance)。

時間計畫型運維策略乃依既定時間進行運維工作，常用週期包括半年、1 年、2 年或 5 年，主要應用在油濾器、螺栓扭矩等需要調整、潤滑、檢查、擦拭、定期拆修更換之零件。時間計畫運維重點在優化維護週期，若週期選擇不適當，就會出現過度維護或維護不足現象，造成運維成本過高或可靠度過低的後果。事後監控型運維策略則在設備發生故障後再進行運維。因故障發生具隨機性，恐無足夠時間準備人員及船隻，將延長運維的前置時間，故此措施僅適用於重要程度與運維成本皆低之設備。

狀態監控制型運維是目前歐洲離岸風場主要採取策略，乃在風力發電機組設備中安裝大數據擷取裝置，並根據其實際運行狀況安排相關維護，主要應用在故障後果較嚴重、更換成本昂貴的重要次系統如葉片、齒輪箱、主軸承及發電機等。狀態運維針對不同零件安裝監控設備，並將所得大數據進行故障檢測和診斷分析作為後續運維決策。目前離岸風電運用大數據進行故

障診斷的方法包括傳統故障診斷法、數學診斷法和智能診斷法。傳統故障診斷法乃通過風力發電機組動力學特徵如振動監測、油液分析、紅外線測溫、應變測量、噪音檢測等來進行診斷。數學方法診斷即利用數據挖掘、經驗模式分解、子空間識別法等進行狀態數據的分析。智能方法則在不過份依賴數據情況下，基於在線監測訊息，運用灰色預測、模糊邏輯、神經網絡等技術進行狀態評估，同時實現故障預警和智能狀態檢修成效。

### 三、智能化監控系統遍佈海上風電產業鏈各環節

離岸風場基於裝置容量大、離岸距離遠、運行環境惡劣及巡視檢修困難等特點，對於數位化、自動化的要求更高，於各環節皆配備完善的狀態監控感測器，遍及風力機、海底基座、海纜、主變壓器、高壓配電盤等。透過即時監測異常狀態，將有助於提供客戶早期預警、在線診斷和進行設備生命週期的綜合優化管理。

#### (一) 風力機

通常離岸風力機製造商會運用 TCM(Turbine Condition Monitoring)風力機狀態監控系統配套 SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition System)系統如 Vestas、Siemens、GE 等。然而彼此間兼容性較差，故國外有許多公司致力於第三方監控系統之設計與研發，例如英國 GL Garrad Hassan 公司的 GH SCADA 系統、Vestas Online 系統、SKF Wind Con2.0、Risø 的 Clever Farm 系統。除一般監測功能外，在較大規模風場尚會搭載功率控制及無功補償控制系統。Vestas 甫於今年 6 月獲得勤業眾信資訊管理頒發之大數據金獎，主要得獎原因乃透過線上監測系統，每十分鐘擷取全球 580 台離岸風力機之發電量、風速、場址現況等大數據，進而轉化為智能數據預知診斷出“將故障之零組件”及強化運維工作，並協助客戶最佳化其風場運轉效能及估算營收獲利。

身為全球第一大離岸風力機供應商的 Siemens，於 2014 年在其風力機營運總部丹麥 Brande 市打造風力機專屬遠端監控中心(Remote Diagnostics Service, RDS)，為全球 7,500 台陸海域風力機提供先進診斷及運維服務，並藉由個別風力機數據分析未來運轉趨勢及改善既有效能，進而作為未來前瞻性風力機的設計依據。

#### (二) 海底基座

普通海上結構防腐蝕現象可透過人工現場進行保護電位檢測，然離岸風電通常位於遠離海

岸線的中深海中，傳統人工方式不易進行日常運維，海底基座遠端監控系統應運而生，有助於即時掌握結構運行壽命及安全性。挪威地理科學研究中心及英國監控系統供應商 Strainstall 運用特殊水下儀器設備開發出創新的結構與環境監控系統 (Structural and Environmental Monitoring)，並廣泛應用在丹麥及德國單樁式海底基座，近年來更成功安裝 126 個感測器(遍及塔架至海底基座、水面下至泥線層)於德國 Borkum Riffgrund 1 離岸風場之單一創新型吸力套管(Suction Bucket Jacket)式海底基座。

### (三) 海底電纜

海底高壓電纜作為離岸風場傳輸電能的關鍵零件，對海上風電發展成敗攸關至極。由於運行和海底環境的不確定性，海底電纜很容易受到地質運動的擠壓出現絕緣損傷、船錨的破壞等而產生各類故障，進而造成巨大經濟損失。為確保海纜的安全運行，即時監測其營運狀況有其必要性。海纜線上監測方法有直流成分法、接地電流法、在線損耗因數法及光纖測量法，其中尤以分布式光纖感測技術測量法是目前最先進及具發展前景者。光纖感測技術能夠在長達幾十公里處連續不間斷地對海纜中光纖的溫度、壓力與應變量進行測量與定位，並不受電磁干擾的影響，同時在光纖受到擾動時能即時啟動警示及定位功能。今年英國格拉斯哥加利多尼亞大學在英國能源與氣候變遷部資金協助下，與史崔克萊大學、ORE Catapult、High Voltage Partial Discharge 及 Alstom Grid 成功研發出 HVDC(High Voltage Direct Current)-OLPD(On Lind Partial Discharge)高壓直流局部放電之狀態監測系統，能同時線上偵測 HVDC 電纜及 AC/DC 變頻器，針對先期電子零件或熱絕緣故障提供預警功能。

## 四、全智能化離岸風場尚待實現

離岸風場透過各類監控系統累積大量數據，進而展開後續運行維護。根據離岸風力機、海底基座、海纜甚至變電站之監測數據分析，合理安排檢修及維護工期；並針對設備故障率統計分析，強化技術改良及運維管理。目前因各次系統相互獨立，缺乏兼容性，容易造成數據資訊無法共享，對離岸風場開發商之運維與協調造成不便。由於離岸風場之所有監控系統通常由個別產品供應商配套提供，若同一風場採用不同品牌風力發電機組將大幅增加開發商之營運管控成本，未來監控系統的整合將成為發展趨勢。目前國際已有學研單位構想將風力機狀態監控、海纜光纖感測、風電功率預測、故障預警訊息管理等多個子系統整合在統一訊息平台下，達到資訊共享、硬體平台整合應用、軟體功能再利用、邏輯功能系統化之全新營運模式，創造完全智能化離岸風場。如此一來，不僅能真正為離岸風場開發商提供最佳化運維成本，亦能大幅減少相關監控設備之重覆投資，期待未來能真正落實營運。