

知識物件上傳表

計畫名稱：離岸風場結構檢修與運維技術開發推動計畫

上傳主題：離岸風場結構檢查需求與頻率

提報機構：財團法人金屬工業研究發展中心

提報時間：109 年 3 月 9 日

與 計 畫 相 關	<input checked="" type="checkbox"/> 1.是 <input type="checkbox"/> 2. 否
國 別	<input checked="" type="checkbox"/> 1.國內 <input type="checkbox"/> 2. 國外：(註明國家名稱)
能 源 業 務	<input type="checkbox"/> 1.能源政策(包含政策工具及碳交易、碳稅等) <input type="checkbox"/> 2.石油及瓦斯 <input type="checkbox"/> 3.電力及煤碳(包含電力供應、輸配、煤炭、核能等) <input checked="" type="checkbox"/> 4.新及再生能源 <input type="checkbox"/> 5.節約能源(包含工業、住商、運輸等部門) <input type="checkbox"/> 6.其他
能 源 領 域	<input type="checkbox"/> 1.能源總體政策與法規 <input type="checkbox"/> 2.能源安全 <input type="checkbox"/> 3.能源供需 <input type="checkbox"/> 4.能源環境 <input type="checkbox"/> 5.能源價格 <input type="checkbox"/> 6.能源經濟 <input checked="" type="checkbox"/> 7.能源科技 <input type="checkbox"/> 8.能源產業 <input type="checkbox"/> 9.能源措施 <input type="checkbox"/> 10.能源推廣 <input type="checkbox"/> 11.能源統計 <input type="checkbox"/> 12.國際合作
決 策 知 識 類 別	<input type="checkbox"/> 1.建言(策略、政策、措施、法規) <input checked="" type="checkbox"/> 2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) <input type="checkbox"/> 3.標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 <input type="checkbox"/> 4.其他：
重 點 摘 述	<p>目前國際上離岸風力機容量已達 10MW 及以上，葉輪直徑達 160 公尺以上，運用水深達 30 公尺至 50 公尺以上，其支撐結構需在 20 至 25 年壽限內承受外界風波流不斷變化之作用力，因此定期的結構檢查為運維必要項目，本文探討現有國際建議檢查作法。</p>
詳 細 說 明	<p>根據國際電工委員會 IEC 61400-3 Wind turbines - Part 3: Design requirements for offshore wind turbines，離岸風力機之維護手冊應包含已受訓專業人員之檢查指引、作業程序及檢查頻率。相關檢查指引及頻率則往往來自於離岸風力機及離岸風場設計階段所產生之運維檢查需求，在風力機或風場設計階段，需根據預設之風力機運用條件或風場所在之場址條件，按照 IEC 標準之負載案例，進行不同風速條件、波況條件、海流條件、風向浪向組合及風力機運轉狀態組合之負載計算，大部份負載計算是為了確保風力機結構及水下結構之最大負載處於設計需求之安全係數內，但有部份負載案例則是針對疲勞負載之計算，例如風力機於正常風況下進行發電、風力機於正常風況</p>

下進行發電但發生系統故障、風力機起動中、風力機正常關機中、風力機停機中、風力機停機中但發生系統故障及風力機安裝過程中。上述負載案例之時域負載輸出將透過雨流法等方法進行疲勞負載分析，並結合該負載案例於風力機或風場生命週期中發生之次數或時數，推算整個生命週期中疲勞負載之大小及次數，以便與 S-N 曲線比較。當風力機運用之條件或風場所在之條件有不確定性，或是上述疲勞負載分析方法無法涵蓋之部位，或是各負載案例於生命週期中發生之次數或時數與現實有落差，都會使上述疲勞負載分析方法之結果與現實有所差異，此時就需要針對風力機結構進行定期檢查，以補足設計階段條件或假設不確定之部份，因此風力機之運維檢查需求是來自於設計階段。

DNVGL-ST-0126 Support structures for wind turbines尚要求風力機結構設計考量運維檢查之可實現性，當運維檢查無法實現，則該支撐結構應被設計為可耐受整個風場之生命週期。DNVGL-ST-0126把定期運維檢查分為三個層級：

1. 普通目視檢查
2. 近接目視檢查
3. 非破壞檢查

如為水下結構檢查，則普通目視檢查可以水下無人載具執行，而近接目視檢查需由潛水員執行。DNVGL-ST-0126建議重要部位之定期檢查間隔不超出一年，較不重要之部位則可允許較長之間隔，而整個風場至少每五年作一次全面性檢查，而定期檢查之間隔也需要因為檢查之發現與結果進行調整。

在離岸風力機鋼構的檢查上，包括塔架、轉接段及水下基礎，檢查需留意：

- 疲勞裂痕
- 凹痕
- 變形
- 螺栓預緊力
- 防蝕系統
- 防墜設施之固定點
- 升降設備
- 水下結構之海生附著物

有關疲勞裂痕之定期檢查，當結構細部之疲勞設計根據圖1之表格，針對大氣區、飛濺區、浸沒區等區域中無法到達進行檢查及修補之列位選定設計疲勞因子，則該部位之疲勞裂痕定期檢查可免除，但若所取之設計疲勞因子較表格建議低，則仍需要進行檢查，且設計疲勞因子越低之狀況下，檢查間隔會越短。DNVGL-ST-0126建議檢查間隔之計算公式如下：

$$\text{檢查間隔} = \text{疲勞壽命} \times \text{設計疲勞因子} \div 3$$

日本政府也於2019年3月公布”洋上風力發電設備の維持管理に関する統一的解説について”(離岸風電設備維運管理相關說明)，主要依據依據《電氣事業法》及《港灣法》，該說明書針對離岸風場由風力機至水下基礎定義各項目之檢查方法及檢查頻率，以塔架來說，檢查項目及方法與上述DNVGL-ST-0126之內容大致相同，檢查頻率為1年，水下結構之水上部位主要檢查鋼構之損傷/裂痕/腐蝕、塗層之損傷及犧牲陽極之電位，檢查頻率為3年，水下結構之水下部位主要檢查鋼構之損傷/裂痕/腐蝕、塗層之損傷、犧牲陽極之耗損及海生附著物之狀況，檢查頻率為10年，此外淘刷保護及海底電纜之檢查頻率為安裝後及每10年。

Location	Accessibility for inspection and repair of initial fatigue and coating damages ²⁾	S-N curve ⁵⁾	DFF ⁶⁾
Atmospheric zone	No	'In air' for coated surfaces	3
	Yes	'Free corrosion' for surfaces protected by corrosion allowance, only ⁴⁾	2 or 1
Splash zone ¹⁾	No	Combination of 'in air' and 'free corrosion' curves ^{3) 4)}	3
	Yes		2 or 1
Submerged zone	No	'In seawater' for surfaces with cathodic protection 'Free corrosion' for surfaces protected by corrosion allowance, only ⁴⁾	3
	Yes		2 or 1
Scour zone	No	'In seawater'	3
Below scour zone	No	'In seawater'	3

Note:

- 1) Splash zone definition according to DNVGL-RP-0416.
- 2) If the designer considers the steel surface accessible for inspection and repair of initial fatigue damage and coating, this must be documented through qualified procedures for these activities. See also [4.16] and Sec.9.
- 3) The basic S-N curve for unprotected steel in the splash zone is the curve marked 'free corrosion'.
The basic S-N curve for coated steel is the curve marked 'in air'.
It is acceptable to carry out fatigue life calculations in the splash zone based on accumulated damage for steel considering the probable coating conditions throughout the design life - intact, damaged and repaired. The coating conditions shall refer to an inspection and repair plan as specified in Sec.9.
- 4) When 'free corrosion' S-N curves are applied in design, the full benefit of potential grinding of welds as outlined in [4.13.5] cannot be expected and therefore may not be taken into account.
- 5) Shear keys within grouted connections may be designed assuming S-N curves marked 'in air'.
- 6) According to the chosen DFF, an inspection program according to [9.3] will be required.

圖 1 設計疲勞因子

資料來源：DNVGL-ST-0126

由上述國外標準或法規指引可見，離岸風場的運維檢查以水上部份結構每年之目視檢查、螺栓預緊力檢查、升降及安全設施檢查次數最頻繁，其次是水下結構鋼構、塗層及防蝕系統之檢查，而淘刷保護及海底電纜於風場安裝後先檢查一次，之後檢查間隔約為5至10年間，但仍需參照風場設計所採用之設計疲勞因子進行調整。

關鍵字 風場運維、離岸風場、定期檢查

- 註：1.請計畫執行單位上傳提供較具策略性的知識物件，不限計畫執行有關內容。
2.請計畫執行單位每季更新與上傳一次，另有新增政策建議可隨時上傳。
3.文字精要具體，量化數據盡量輔以圖表說明。