

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：離岸風場葉片結構自動化檢測技術應用

提報機構：財團法人金屬工業研究發展中心

提報時間：109 年 06 月 05 日

與計畫相關	☒ 1.是 ☐ 2. 否
國別	☒ 1.國內 ☐ 2. 國外：(註明國家名稱)
能源業務	☐ 1.能源政策(包含政策工具及碳交易、碳稅等) ☐ 2.石油及瓦斯 ☐ 3.電力及煤碳(包含電力供應、輸配、煤炭、核能等) ☒ 4.新及再生能源 ☐ 5.節約能源(包含工業、住商、運輸等部門) ☐ 6.其他
能源領域	☐ 1.能源總體政策與法規 ☐ 2.能源安全 ☐ 3.能源供需 ☐ 4.能源環境 ☐ 5.能源價格 ☐ 6.能源經濟 ☒ 7.能源科技 ☐ 8.能源產業 ☐ 9.能源措施 ☐ 10.能源推廣 ☐ 11.能源統計 ☐ 12.國際合作
決策知識類別	☐ 1.建言 (策略、政策、措施、法規) ☒ 2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) ☐ 3.標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 ☐ 4.其他：
重點摘述	由於離岸風場離岸遠、海上作業風險高及維修成本昂貴，故運維管理系統已走向數位化全方位管理機制，並朝向自動化、無人化、人機介面強化、資料辨識智慧化與大數據分析，提高運維效率與降低風險。
詳細說明	海上風機葉片以無人機進行自動化檢測，是國際發展新趨勢。風機葉片固定每年需要巡檢一次外，還可能因為颱風或地震等自然因素，增加巡檢的需求。風機葉片檢測主要靠人力進行，耗時長，費用高，對作業人員來說也充滿著風險。全球風機檢測已朝向自動化、AI 化與高效率為主軸進行發展。無人機具備避障功能亦可在惡劣環境中運行，待飛到風機頂部後，會根據葉片的位置自主規劃最佳的檢查路線，進行葉片的圖像數據收集並透過遠端圖資回傳技術提供即時性的高精度圖像、輪廓與聲音(傳輸距離達>30km)。利用大量 AI 技術將影像資料庫建立並導入高階的深度學習技術，不需要建立大量圖像資料，僅需要初步影像訓練資料，利用 AI 影像分析技術就能辨別異常狀態的影像，快速即時判別並提供有效且完整的判讀方案。透過深度感測器、熱顯像儀、高解析度攝影、抗噪收音技術結合感測器融合技術可針對離岸風機提供高效率且一次性的檢測方案。 根據 Wood Mackenzie (2019) 離岸風電運轉維護趨勢報告顯示，2018

年間，葉片侵蝕與修復仍然是離岸風電運維領域的巨大挑戰，已造成全球離岸風力機累計停機時間約 5,056 天。葉片前緣損壞修復佔比最高，共佔 67%；其次是葉片尾緣修復及葉片表面修復，分別佔修復總數的 15%及 14%；葉片結構修復則僅佔 1%，由此顯示出葉片侵蝕與修復仍為當前離岸風電產業應重視的問題，且目前葉片可用的最佳系統壽命僅為 5 年左右，顯示未來葉片檢修服務仍為離岸風電產業的一大市場。運維成本是風場開發商最關切之議題，即針對風機不停機、高效率與高安全性為主軸完成自動化的檢測方案，尤其針對離岸風機葉片的檢測於成本的考量更是重要。

國內目前運維運用尚缺乏自動化的葉片檢測方案。其中葉片資料檢測判讀技術目前也尚未成熟。於離岸風場葉片自動化檢測方案技術主要缺口為穩定的載具平台、葉片資料收集數據不完整、無配套後端分析應用軟體與方法。

搭載影像、熱顯像等設備且透過感測器融合技術進行資料收集，以輪廓與特徵為基礎進行影像比對尋求損傷點並進行判別，建立 AI 預測技術、AI 檢測技術、AI 分類技術與後臺管理介面進行群聚分工作業(如圖 1 所示)。無人機的每日工作效率是傳統方式的 2 至 10 倍，能大幅減少對運維人員的使用需求與停機時間。

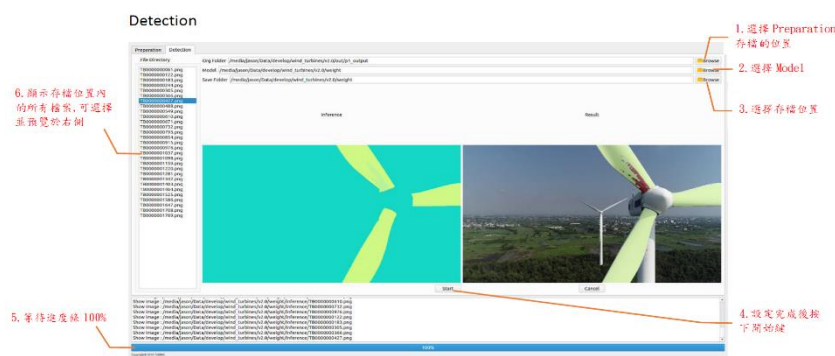
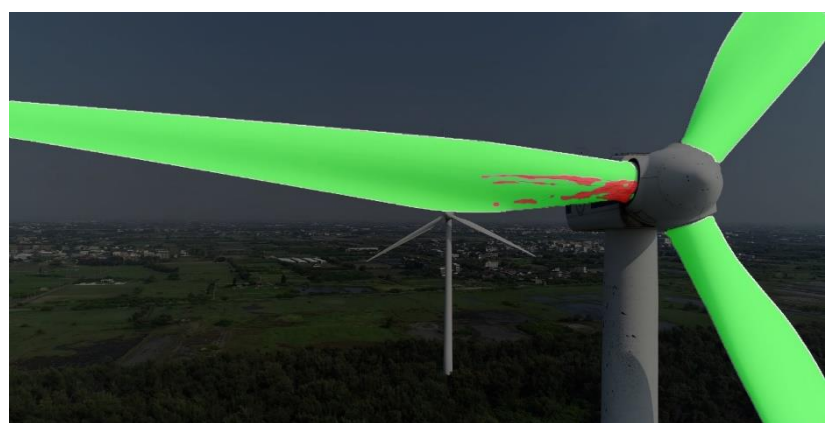


圖1、無人機葉片檢測影像管理系統。

國際上已從事離岸風電葉片檢測廠商中，以Skyspecs、Perceptual Robotics及Martek Aviation最具實蹟，可就檢測時間、運行環境、即時檢測與否、操作方法等進行比較(如表1所示)，顯示其檢測時間均能縮短在30分鐘以內，對於環境抗風、防水等性能提升不少。

表 1、國際離岸風電葉片檢測廠商運行比較。

已實施的廠商	檢測時間	運行環境	即時檢測	是否需停機	操作方法
Skyspecs	15min 作業時間20min	<5級風 無防水	數據回傳後分析	需停機	全自動 單機運作
Perceptual Robotics	30min 作業時間30min	<7級風 無防水	數據後處理分析	需停機	人工操作 單機運作
Martek Aviation	8min 作業時間30min	<5級風 無防水	數據後處理分析	無法判別	人工操作 單機運作

因此由上述國外無人機葉片檢測運行情形來看，未來無人機檢測離岸風力機葉片，應制訂規格(如:IP66等級、抗風<8級、運行時間<2hr、運行半徑<30km，通過註冊可檢測10mm-4mm瑕疵，大於12種瑕疵分類及判斷精準度85%以上等，才能有效提升檢測品質。

目前金屬中心開發的離岸風場葉片檢測無人機系統，可透過增程行系統達2hr飛行時間，藉由系統輕量化且不失功能性與強度下，能使無人機進行更遠距飛行圖資與數據傳輸測試。預計可飛行距離>15km、飛行時間>2hr，並載高影像攝影擷取設備進行資料收集與數據即時性確認。

關鍵字 風場運維、離岸風場、無人機、葉片檢測

- 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。