



利用奈米壓印製作 特定奈米結構之元件 及其光電應用

Fabrication of the Device with Specific Nano Structures
for Opto-Electronic Applications by Nanoimprint Lithography

陳佳盟

工研院機械所
先進製造核心技術組
微奈米製造技術部

宋震國

國立清華大學
動力機械工程學系
教授

題目作者有誤

【中文題目】

離岸施工環境預測與預警系統整合規劃

【英文題目】

The Integration Planning of the Offshore Constructional Environment
Forecasting and Warning System

【作者名、單位】

陳美蘭/工研院綠能所 資源應用技術組 風能開發研究室 研究員

張恆文/工研院綠能所 資源應用技術組 風能開發研究室 研究員

林勝豐/工研院綠能所 資源應用技術組 風能開發研究室 研究員

關鍵詞(Keywords)

- 短期預測 Short Term Forecasting
- 離岸風場 Offshore Wind Farm
- 天候停機條件 Weather Downtime Criteria

摘要(Abstract)

透過風電技術與數值模式整合，工研院已開發海域施工環境分析暨自動預測系統『OCEANAUT』，提供特定離岸場址風速、波浪、海流未來 120 小時預測資訊，以建構全方位離岸



風場安全作業環境預測資訊為目標，並加值到各個離岸風場開發不同階段之應用需求，本文就此系統發展整體架構於施工階段整合預警功能規劃架構進行介紹。

ITRI has developed “Offshore Constructional Environment Analysis and Auto Forecasting System” (OCEANAUT) by the integration of wind power technologies and numerical models. ITRI can provide a specific offshore wind farm design conditions and shore term forecasting about wind, wave and current information. The final goal of “OCEANAUT” is to build comprehensive offshore safe operating environment forecasting information and apply to the offshore wind farm development demand. This paper will introduce the development framework of this system which be combined with a proactive warning function at all times in construction stage of offshore wind farm.

1. 前言

綜觀離岸風場計畫開發成本，風力機設備佔計畫總預算約 30~40%，而維運及海事工程施工則約為 55%，依據歐洲離岸風電開發經驗，主要風險來自受限於海氣象容許作業時間、吊裝施工船隻之動員成本以及風電設備承受之嚴苛環境，因此離岸風電場之完工時程以及設備妥善率與維運成本常遠高於設計規劃階段之預期，因此維運及海事工程技術能量與成本之掌握，影響計畫投資獲利至鉅。故從港埠建設、海事工程能量、施工

維運船隊、備品支援能量、以及風險評估分析與管控，都是國內在推動離岸風電時需一併籌措及佈建之重要工作。

工研院建構之『OCEANAUT』[1]主要目的是提供海域施工環境條件與自動預測資訊，於離岸風場規劃階段可提供氣候窗條件、場址設計條件、施工機具選擇與決策規劃；離岸風場施工階段可提供 120 小時短期施工環境預測、施工機具調度與時程規劃；離岸風場運維階段可提供風險管理、維護作業時程安排、運轉可用率管理以及電場短期預測發電量調度。因應目前國內離岸風場開發時程，『OCEANAUT』最主要的自動化預測功能是風速塔建置期間可提供離岸風場風波流環境預測，有助於業者進行海事工程調度及安全作業天氣限制評估，例如颱風時期的避險、何時開始啟動、施工規劃及調度等。天氣限制的評估應基於以及根據特定船隻的具體位置之實際情況和氣候條件，作為現有天候停機時間標準的限制，安裝船的大小和類型、波高、潮汐和潮流都是影響安全作業的決定因素。可應用的領域除了上述離岸風場開發外，目前還有波浪發電佈放、海纜工程、風速塔維護、航線預測等應用經驗，透過線上查詢、圖表繪製、E-mail、fax 提供給所需業者進行短期預測資訊。當然所有條件都應該隨施工機具以及技術不同而異，為了掌握施工期間隨時可能突發之劇烈天氣，整合預警功能規劃，故本文就針對此系統應用於離岸風場施工階段之整體架構規劃介紹。

2. 系統介紹



『OCEANAUT』本系統主要是由兩個元件所建構而成(參見圖 1) [2]，一是工研院既有核心技術(ITRI WORK STATION)，包含離岸風速塔觀測系統、數值模式與高速運算設備；一是展示平台以及資料庫(ITRI OCEANAUT SERVER)。提供離岸風場即時線上查詢未來 120 小時波浪、海流及氣象預報資訊服務，包含單點時序列預測以及二維空間分布場。

因應業者需求，預測預警資訊整合是『OCEANAUT』今年規劃新增功能，與中央氣象

局合作將全台灣有助於離岸風場開發進行風波流資訊整合(CWB SERVER)，包含即時觀測資料、主客觀數值預報以及劇烈天氣監測。

2.1 功能

- 可提供未來 120 小時風波流預測
- 可隨時預警突發劇烈天氣變化
- 可加值施工天候條件限制資訊
- 可應用西部海域施工作業場址

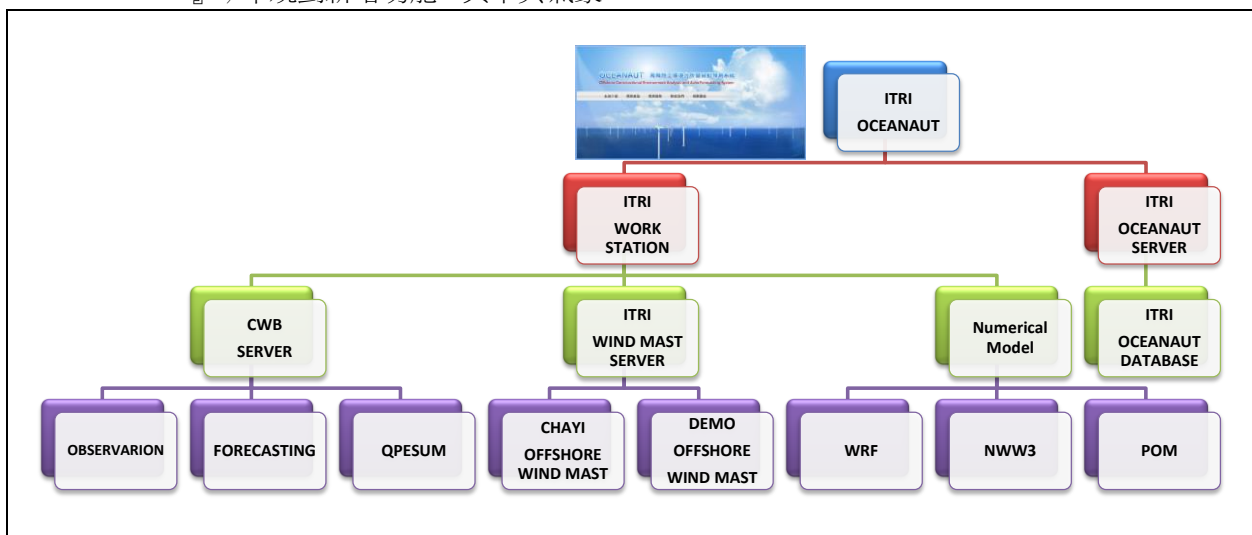


圖 1 『OCEANAUT』整體架構規劃圖

2.2 特色

- 具全台灣最完整風波流預測資訊。
- 依客戶需求客製化不同預測產品。
- 跨領域應用海域環境預測與評估。
- 可被動式查詢或主動式傳遞資訊。

3.1 數值模式

主要使用的數值模式包含大氣模式 WRF (the weather research and forecasting modeling system, WRF)[3]、波浪模式 NWW3 (wavewatch-III, NWW3) [4]與海流模式 POM (princeton ocean model, POM) [5] (如圖 2)。

(1) 大氣模式(WRF)：WRF 是 NCAR 及國家環境預測中心(National Center for Environmental Prediction, NCEP)等單位所共同研究發展出來

3. 核心技術



的。WRF 是一個完整的三維資料同化系統，主要的功能是在給定的時間區段內，結合所有用以描述大氣狀態之訊息，以產生在分析時間對於真實大氣狀態的最佳預估值。

(2) 波浪模式(NWW3)：NWW3 風浪模式是由美國海洋大氣總署(The National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)研究發展出來的。NWW3 模式是目前最新的數值海象波浪預測系統，其使用顯性法求解與弱線性之控制方程式，可高效率地運用於平行計算平台，

且適合於跨尺度的範圍應用，從數公里到數千公里級皆可，而多重網格(multi-grid)的計算方法使得模式建置更為簡便。

(3) 海流模式(POM)：POM 是美國普林斯頓大學所發展的三維海洋模式，內含一個紊流閉合模式(turbulence closure model)來處理垂直方向的混合作用。POM 能描述三維的海洋變化物理現象，模式包含熱動力學理論，可輸入或計算熱含量和熱通量，也可輸入邊界水位、邊界流速或大尺度風應力來驅動模式的流場。

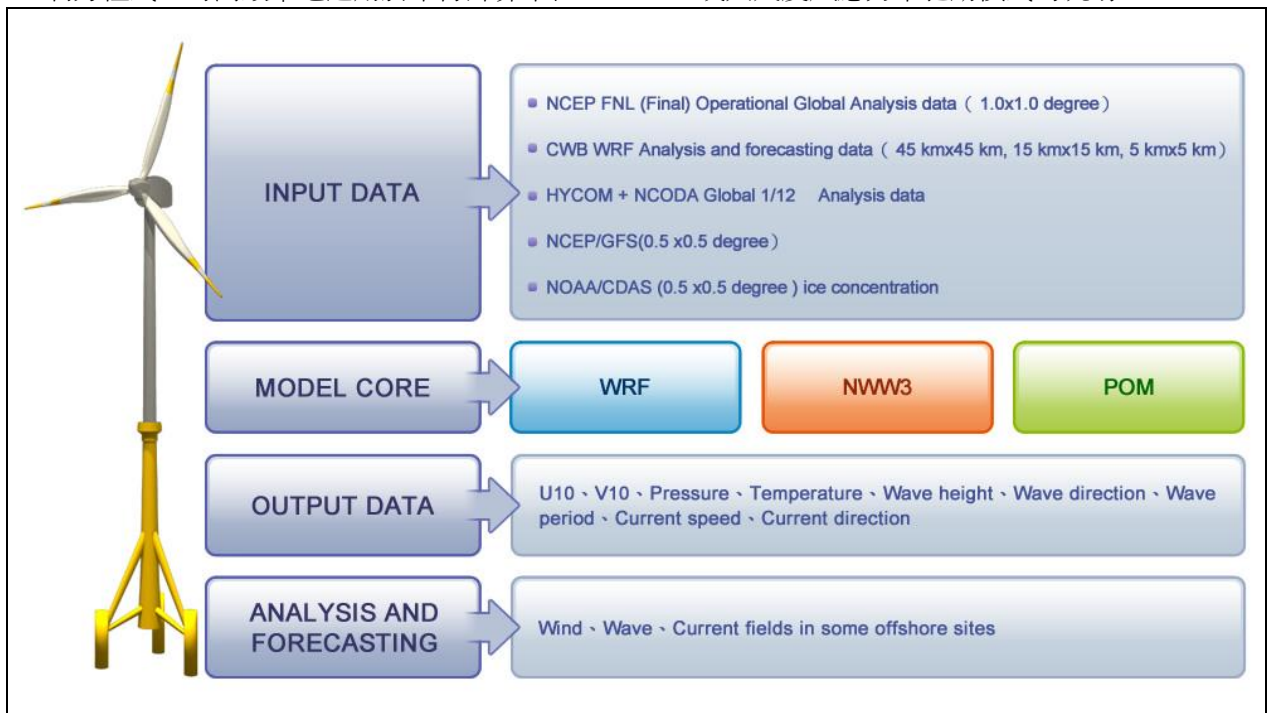


圖 2 數值模式自動化預測架構圖

3.2 實際觀測

今年已將嘉義外傘頂洲離岸風速塔即時觀測資料納入『OCEANAUT』，即時展示每小時 10 m 高風速風向觀測資料並與預報資料做比對展示。此外，已與中央氣象局合作進行風波流資訊整合，由中央氣象局提供 SERVER 讓本系統進行資

料前置處理與離岸風場區域化分析，再由本系統工作站透過網際網路接收中央氣象局即時且完成品管的風波流觀測資料，以作為上述數值模式資料同化及驗證。目前已完成 SERVER 建置以及網路功能測試，已確定可即時接收觀測資料在局屬測站與自動站部分，項目包含平均風速、平均風



向、最大平均風風速、最大平均風風向、最大瞬間風風速、最大瞬間風風向、溫度、相對濕度、氣壓與降雨；波浪浮標部分，項目包含波高、週期、波向。海況部分，項目包含海溫、海流流向、流速。

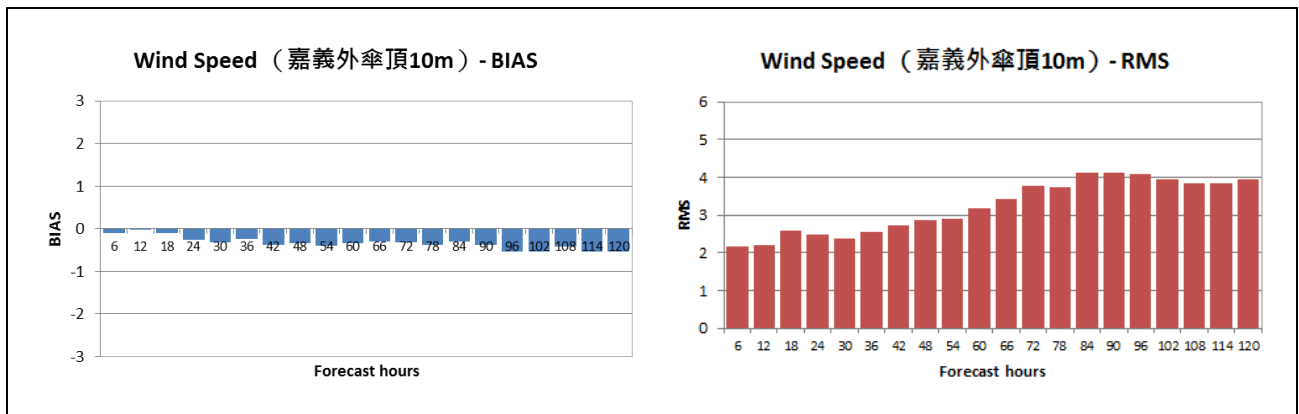
3.3 模擬驗證

以上述嘉義外傘頂洲離岸風速塔觀測資料進行大氣模式預測驗證，將 2014 年 7 月至 2014 年 10 月期間執行預測值與觀測值針對風速、風向使用平均偏差(BIAS)、均方差(RMS)、相關係數(CR)

及分散指數(SI)等指標量化進行每 6 小時預報至 120 小時之誤差分析[6]。其平均結果如表 1 所示。圖 3 與圖 4 為風速之每 6 小時預報至 120 小時之平均偏差、均方差、相關係數及分散指數比較圖，平均偏差大約介於 -0.34 m/s~0.07 m/s、均方差介於 3.2 m/s~3.62 m/s、向量均方差介於 5.14 m/s~5.85 m/s、相關係數介於 0.62~0.63、分散指數則介於 0.55~0.56。由風速平均偏差比較圖顯示嘉義外海地區有低估之現象，從均方差可以得知

表 1 WRF 風場 120 小時預測驗證指標平均統計表

測站名稱 (高度)	風速					風向	
	BIAS	RMS	RMSVE	CR	SI	BIAS	RMS
嘉義外傘頂 (10 m)	-0.34	3.24	5.14	0.62	0.55	14	67
嘉義外傘頂 (60 m)	0.07	3.62	5.85	0.63	0.56	9	67



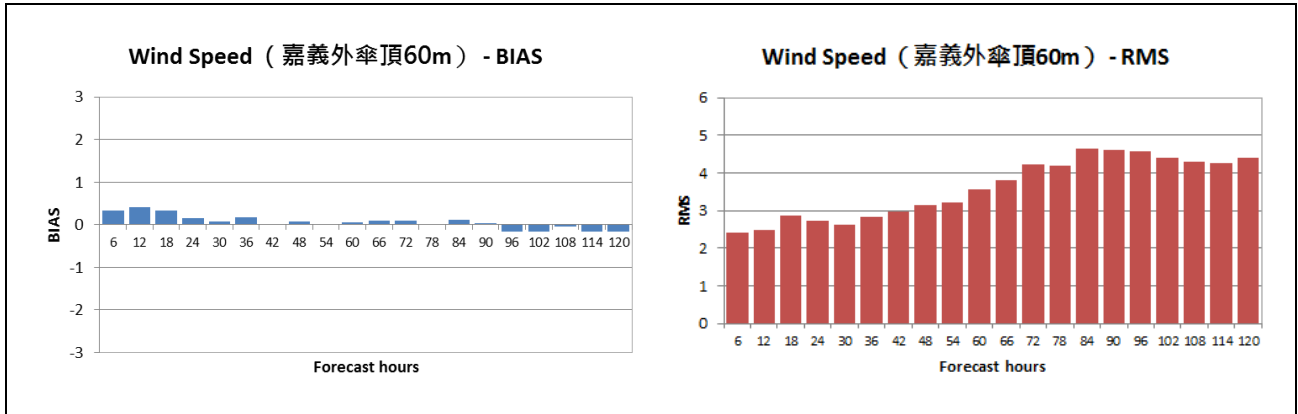


圖 3 WRF 預測風場風速 BIAS (左)與 RMS (右)比較圖

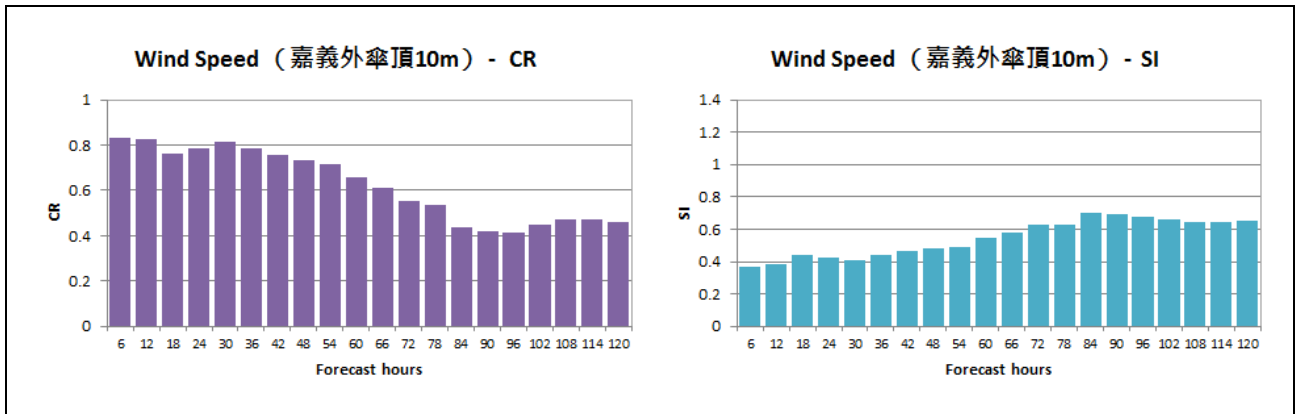


圖 4 WRF 預測風場風速 CR (左)與 SI (右)比較圖

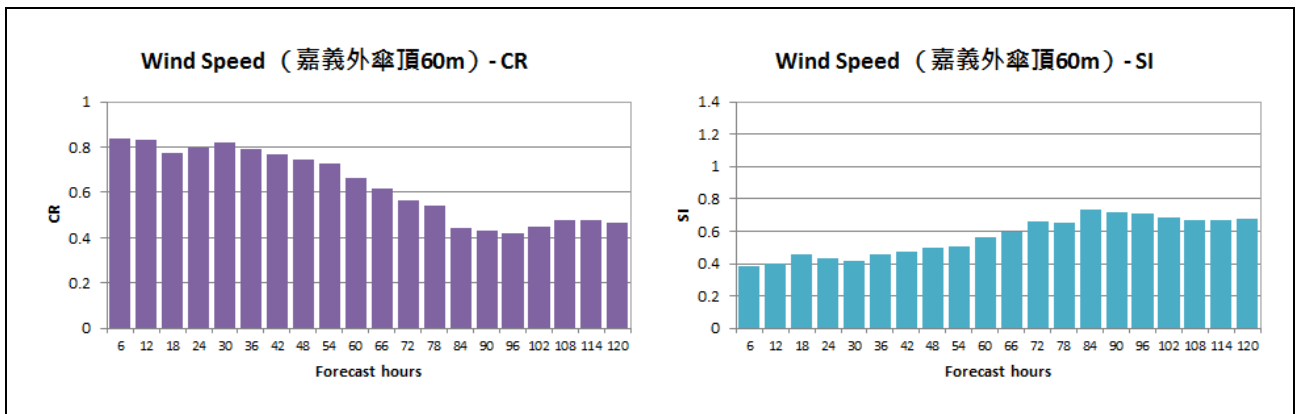


圖 4(續) WRF 預測風場風速 CR (左)與 SI (右)比較圖

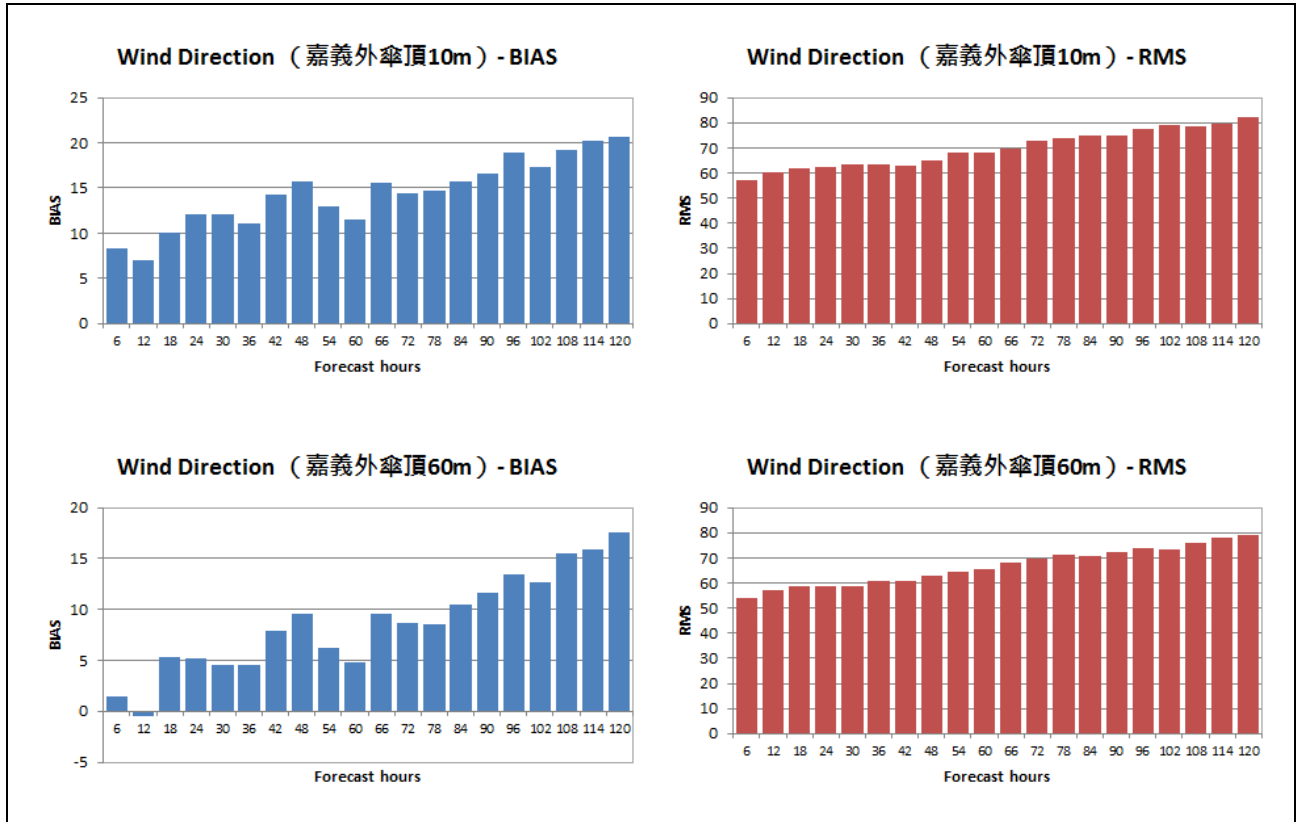


圖 5 WRF 預測風場風向 BIAS (左)與 RMS (右)比較圖

模式預測誤差隨預測時間越長而越大，相關性也隨之變小、分散指數也很明顯偏大。圖 5 為風向之每 6 小時預報至 120 小時之平均偏差與均方差比較圖，很明顯兩者隨著預測時間越長而逐漸偏大，平均而言風向平均偏差介於 9 度至 14 度之

間，其風向均方差為 67 度。

3.4 預測預警資訊整合(GWB-SERVER)

在預測與預警資訊整合的部分整體架構如圖

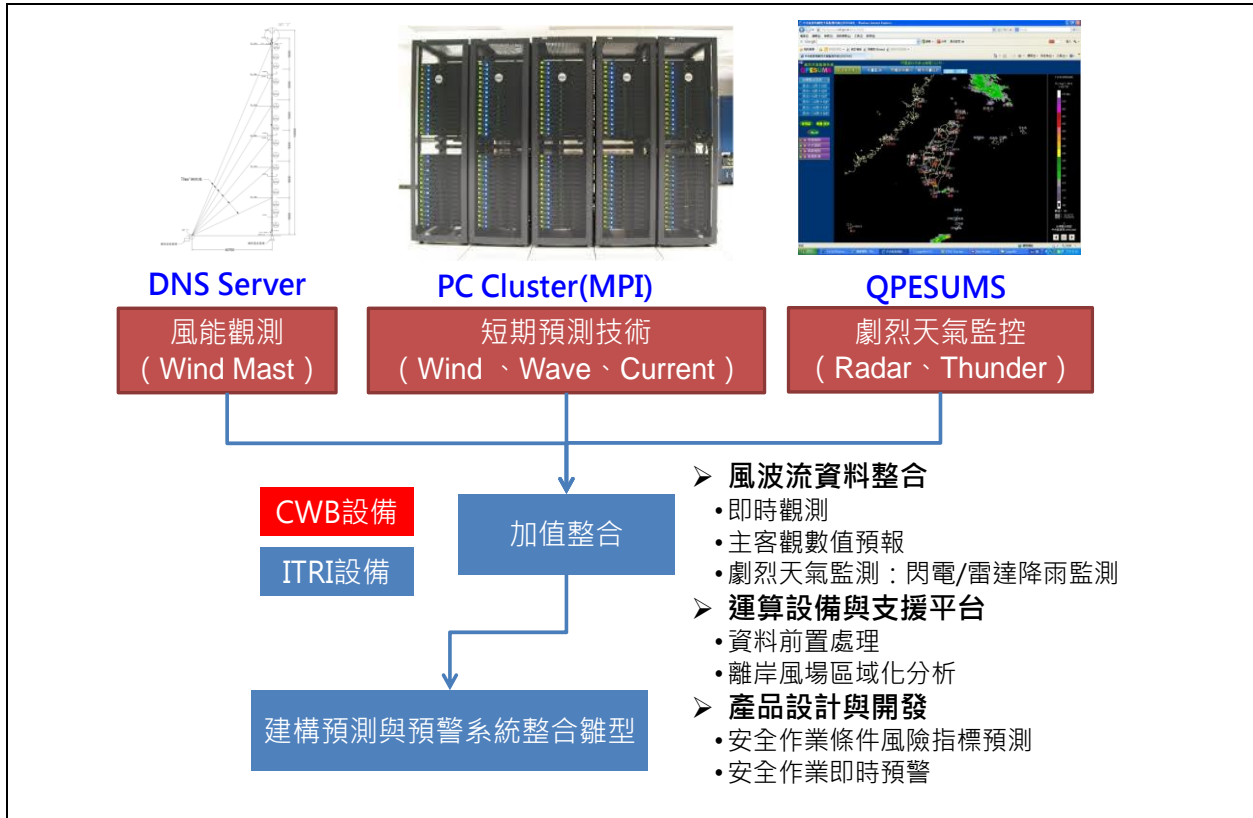


圖 6 預測預警資訊整合架構規劃圖

6 所示，與上述提及中央氣象局合作進行風波流資訊整合亦包含主客觀數值預報與劇烈天氣監測，其中主客觀數值預報未來是作為機率預報的主要產品，包含決定性預報與系集預報、84 小時數值預報；而劇烈天氣監測則是作為發生突發天氣狀況預警的主要工具，提供特定離岸風場 Watch (附近看到)與 Warning (並且靠近)突發天氣的功能，包含閃電與雷達 MOSAC data。未來產品設計與開發，將以預測預警資訊加值為安全作業條件風險指標與主動式即時預警。

4. 展示平台以及資料庫

OCEANAUT 預測服務因應模擬預報時數進

展的成果與使用者的需求，120 小時之定時自動化彙整與上傳作業如圖 7 所示，其執行時間分別為台灣當地時間 03:33、09:33、15:33、21:33 共一天 4 次，每次的執行時間不一，主要視網路傳輸速度而定，但一般狀況下大約 10 分鐘內可以完成彙整和上傳工作，之後每 30 分鐘更新一次，直到下一個預報。

4.1 展示平台

『OCEANAUT』網站每天提供四次更新預測，目前可即時線上查詢三個離岸示範風場以及兩個區塊風場 120 小時短期預測資訊，包含單點時序列預測(示意如圖 8)以及二維空間分布場，項目如下：

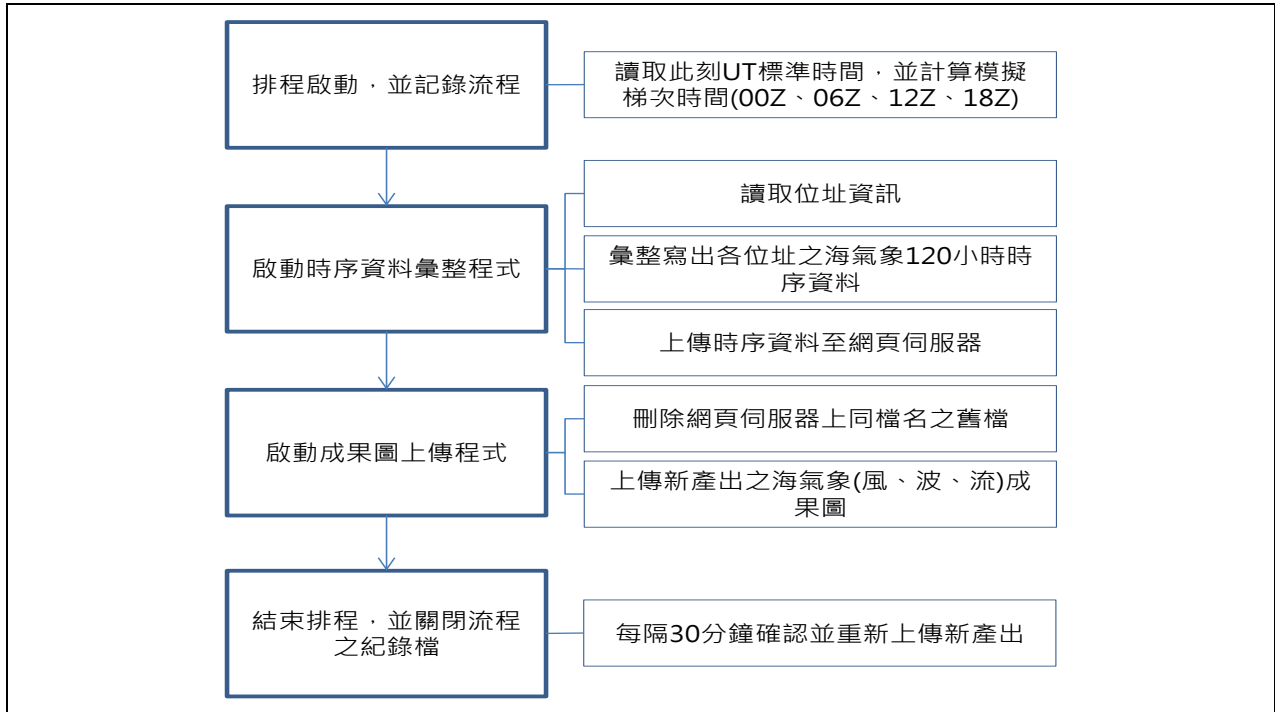


圖 7 『OCEANAUT』定時自動化彙整與上傳作業流程圖

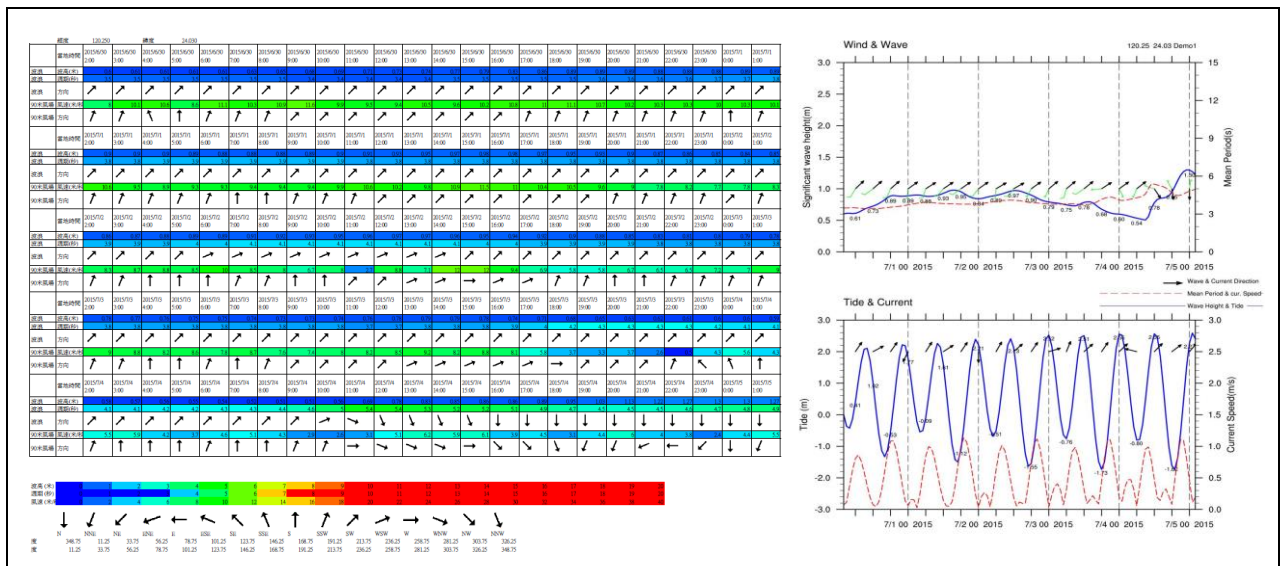


圖 8 『OCEANAUT』主動式 120 小時預測圖表示意圖

- (1) 氣象模式-90m 輪艙高度以及海面 10m 高之風速(m/s)、風向(degree) 及週期(s)
- (2) 波浪模式-海面示性波高(m)、波向(degree)以及流場垂直變化
- (3) 海流模式-海面流速(m/s)、流向(degree)以及流場垂直變化



4.2 施工限制條件

在施工天候條件的部分，今年已加入『OCEANAUT』以下拉式選單提供預測資訊(如圖 9 所示)，包含施工種類以所需時間與風波流條件進行預測資訊的限制期間。天候限制條件因不同作業階段的施工項目而異，以風力機安裝為例，就海域施工大致可分為 7 個作業階段，階段 A：海域運輸的往返，包含交貨、存放以及各元件預組裝運輸；階段 B：交貨點的港埠預裝，包含各場址裝置類別的卸載、處理和預組裝風力發電機組件；階段 C：風力發電機組安裝，包含施工船、塔架、機艙、葉片等元件安裝；階段 D：電力設備完成，包含完成電氣工程以及併聯線路；

階段 E：運轉測試，是指進行運轉發電到任何故障或缺陷的問題均獲得改善，直到風力機組已準備好進行測試；階段 F：計畫完成，是指進行到完成所有的測試，最後確定竣工查驗。

考量 10 m 高平均風速條件的施工項目有海域運輸、港埠預裝、施工船安裝以及人員運輸；需要輪艙高度平均風速條件的施工項目，除了海域運輸以及人員運輸外，對於其他階段均很重要，尤其是風力發電機組安裝不同元件時考量的風速條件不同。波浪與流速主要是在其他基礎施工承包商所要考量，在此只有上述階段 D、E、F 有其限制。

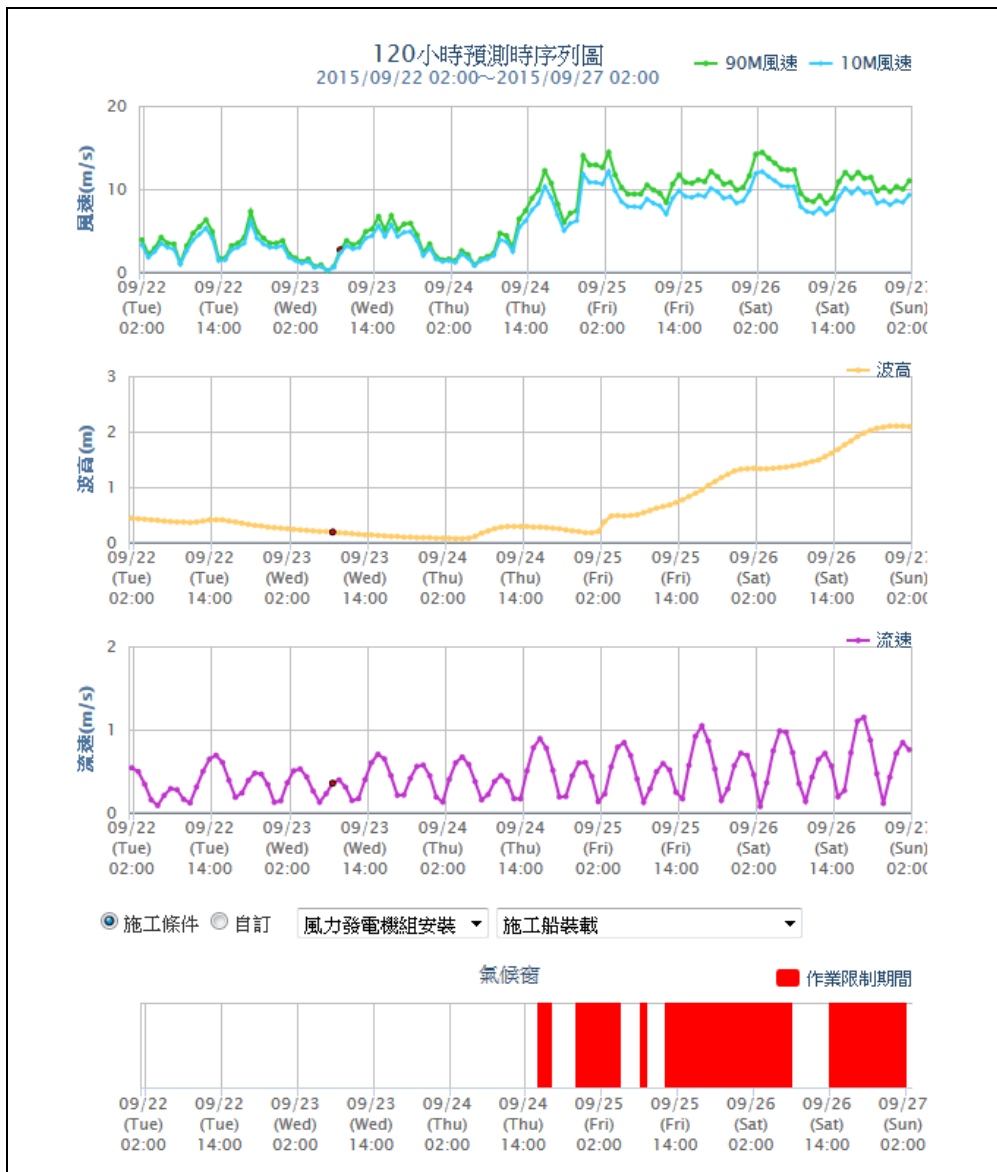


圖 9
施工環境預測與作業條件限制示意圖

4.3 資料庫規劃

考量 10 m 高平均風速條件的施工項目有海域運輸、港埠預裝、施工船安裝以及人員運輸；需要輪穀高度平均風速條件的施工項目，除了海域運輸以及人員運輸外，對於其他階段均很重要，尤其是風力發電機組安裝不同元件時考量的風速條件不同。波浪與流速主要是在其他基礎施工承包商所要考量，在此只有上述階段 D、E、F 有其限制。

從工作站傳輸至 OCEANAUT 資料採用同樣檔名，在 OCEANAUT 並未有留存機制，為了同步觀測與預報即時展示功能以及未來驗證指標自動化作業，依據檔案、檔案群組、資料檔的大小以及檔案的成長與縮減進行資料庫規劃。以 SQL Server 建立時，SQL Server 會以 model 資料庫為範本，將其內容複製到新資料庫，因此在所有新建的資料庫中，都會有和 model 資料庫內容一樣的系統資料表和檢視表等資料庫物件。



5. 結論

目前正是台灣離岸風電產業發展的關鍵點，工研院針對千架海陸風力機計畫推動辦公室以及離岸示範獎勵辦法的政策推動離岸示範風場建置，目標是完成離岸示範獎勵辦法 4 架示範機組，並展開包含 1 個國營事業之 3 個示範風場建置，提高風力機國產化比例與自主系統技術。並以區塊開發方式，推動大規模風場開發，使得風電再生能源能夠有大幅的成長，成為具規模經濟之產業，帶動國內經濟成長；同時也根據離岸風電業者之需求開發離岸關鍵技術，提升風電產業的競爭力。

國內目前有國科會、台電綜合研究所、核能研究所、工研院、成大近海水文中心以及其他學術單位等投入進行風能、波浪、海流、發電量各種短期預測相關研究，但並無全面的預測預警整合系統，也因離岸尚未開發，故至今尚未有實際應用案例。在此非常感謝中央氣象局與工研院合作，得以建構完整之海域施工環境短期預測技術，預期未來可在風場施工、風力機運輸、吊裝期間前提供所有海氣象預測及預警資訊，以切入台灣離岸風電市場服務產業。透過與施工單位合作，建構海域作業環境條件限制，以整合加值能力，提供更準確在地化資訊，以提升競爭力[7]。

大氣與海洋短期預測技術雖是成熟技術，但仍有其預測誤差，既使至今世界各國仍不斷投入系統開發、各國亦是不斷透過專業技術的整合，以加值到各種不同產業，例如像離岸風力發電應用等，目前工研院整合大氣/海洋三種模式運算平

台之電腦叢集需求，考量硬體規格可支援的平行化運算，以提高運算速度，並將各模式所需的輸入以及結果輸出加以應用，達到風場最佳結果分析為最終目的。未來除了持續改善模式預測能力外，主要目標為完成 120 小時風波流整合性預測，接收海氣象觀測進行模式資料同化，同時規劃施工天候條件與風險預報架構，建構海域施工環境預測與預警系統雛型，提供安全作業條件風險指標預測與決策判斷預測資訊。

誌謝

感謝經濟部能源局(計畫編號 104-D0106)以及中央氣象局的支持，使本系統得以順利進行，特此致上感謝之意。

參考文獻

- [1] 『Offshore Constructional Environment Analysis and Auto Forecasting System』(OCEANAUT) Website <http://wind.itri.org.tw/oceanaut/index.aspx>.
- [2] 陳美蘭、張恆文與林勝豐，“海域施工環境分析暨自動預測系統應用”，機械工業雜誌，379 期，第 154-165 頁，中華民國 103 年 10 月。
- [3] W. C. Skamarock, J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, D. M. Barker, M. G. Duda, X. Y. Huang, W. Wang, J. G. Powers, *A description of the advanced research WRF version 3*, NCAR/TN-475+STR, NCAR Technical Note, June 2008.
- [4] H. L. Tolman, *User manual and system documentation*



of WAVEWATCH-III Version 3.14, NOAA/NWS/AVN/
MMAB TN. 276, 194.,2009

- [5] A. F. Blumberg and G. L. Mellor, *A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model*, in *Three-Dimensional Coastal Ocean Models*, Vol. 4, edited by N. Heaps, 208, American Geophysical Union, Washington, D.C., 1987.
- [6] 張恆文、陳美蘭、林勝豐，“海氣象預測系統驗證分析報告”，工業技術研究院(技資編號：55-3-A3-0850-01)，中華民國 103 年 12 月。
- [7] 張恆文、陳美蘭、林勝豐、胡哲魁、顏厥正，“海域施工環境預測技術研發”，經濟部能源局(計畫編號 103-D0107)，中華民國 103 年 12 月。 ■