離岸風電發電量與風速資料初步分析探討

台灣綜合研究院　王國威、吳昭吟、夏伊玟

一、再生能源對於電力系統之影響

近年來政府大力推動再生能源發展，以 2025 年太陽光電 20GW 及離岸風力 5.6GW 為推廣重點，並規劃至 2030 年時太陽光電達 31GW，離岸風電達 13.1GW，但再生能源有其間歇性及不易預測性，對電力系統供需平衡與系統頻率驟升或驟降等電網運轉造成衝擊，影響系統穩定與供電安全。

面對未來離岸風電大幅成長，且相對太陽光電於艷陽高照時有其發電極限，風力發電於風況好的時候可滿載發電之出力貢獻，對於電力系統之調度亦會產生難題，爰此，若能瞭解我國離岸風電之風機設置與風速之關聯，對於後續若要進一步建立風力發電預測模型，則能提升其預測準確度，以提供電力系統調度人員提早進行電力供需評估及調度準備作業之參考。

二、風速與風力發電量資料分析

本研究以 2019 年底商轉之海洋竹南 120MW 離岸風電為探討案例，並於「經濟部風力發電單一服務窗口」網站蒐集海洋風速塔平均風速資料（包含 10m、30m、50m 及 90m 之風速高度），本研究已有初步分析不同風速高度與風力發電量之相關性後，挑選較為相關之 30m 高度風速資料與風力發電資料進行資料門檻分析。

海洋竹南發電量之資料係由本研究以網路爬蟲技術蒐集台電公司網站各機組發電量每 10 分鐘資料，資料之使用區間考量 2020 年 3 月至 7 月區間並無觀測風速資料（數值為 0），且「經濟部風力發電單一服務窗口」網站之風速資料僅至 2022 年 4 月，爰以 2021 年全年為主要分析區間，應有資料筆數為 8,760 小時×6 筆=52,560 筆，再扣除風速及發電量無資料之情況，可用來分析資料筆數為 51,860 筆。

風速的單位為公尺/秒，或是以蒲福風級表示（如圖 1），風速愈高代表蘊藏的能量愈大。目前世界氣象組織建議根據風對地面物體或海面的

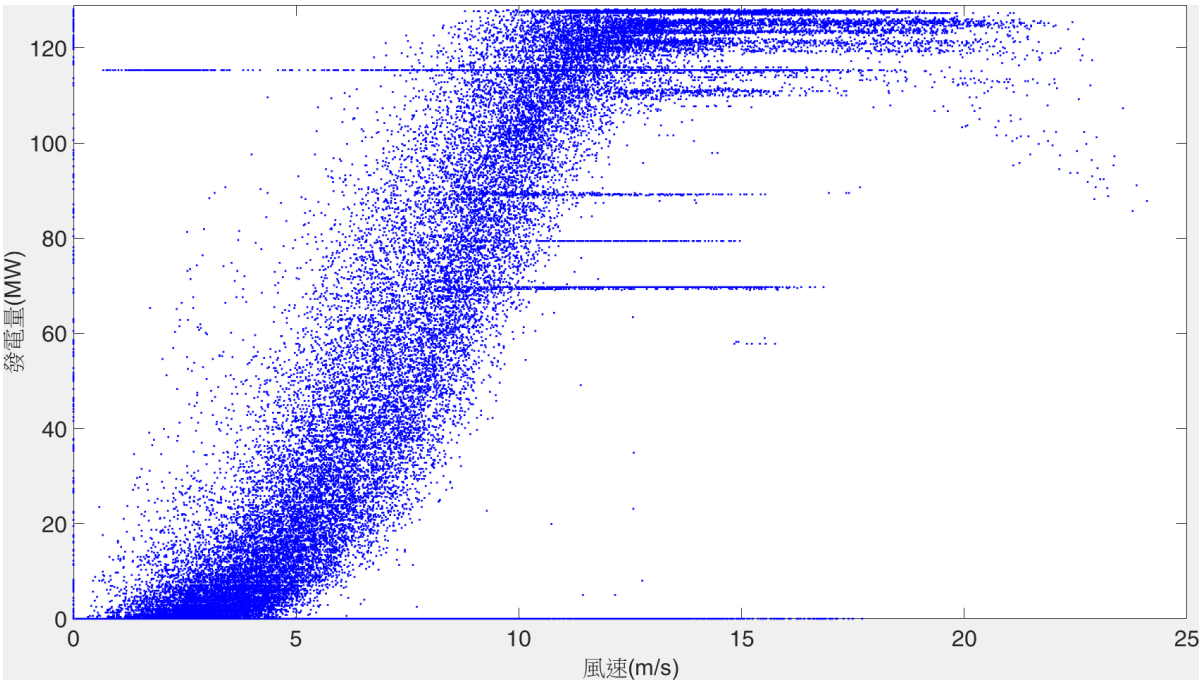
影響程度，定出風力等級按強弱，將風力劃為 0 至 12，共 13 個等級。本研究以蒲福風級表作為風速分級情境一，以及風速間隔 0.2 公尺/秒為情境二進行風速與風力發電量之門檻分析探討。

	蒲福風級	名稱	高出地面十公尺之相當風速	風級標準說明	
			公尺/秒	陸地情形	海上約略波高（公尺）
	0	無風	0-0.2	靜．煙直上	-
	1	軟風	0.3-1.5	炊煙可表示風向．風標不動．	0.1
	2	輕風	1.6-3.3	風拂面．樹葉有聲．普通風標轉動	0.2
一般風力機可用風速範圍	3	微風	3.4-5.4	樹葉有小枝搖動．旌旗招展．	0.6
	4	和風	5.5-7.9	塵沙飛揚．紙片飛舞．小樹幹搖搖動．	1
	5	清風	8.0-10.7	有葉之小樹搖擺．內陸水面有小波．	2
	6	強風	10.8-13.8	有葉之小樹搖擺．內陸水面有小波．	3
	7	疾風	13.9-17.1	全樹搖動．迎風步行有阻力．	4
輕度颱風	8	大風	17.2-20.7	小枝吹折．逆風前進困難．	5.5
輕度颱風	9	烈風	20.8-24.4	煙囪屋瓦等將被吹損．	7
輕度颱風	10	暴風	24.5-28.4	陸上不常見．見則拔樹倒屋或有其他損毀．	9
輕度颱風	11	狂風	28.5-32.6	路上絕少．有則必有重大災害．	11.5
中度颱風	12	颶風	32.7-36.9		14
中度颱風	13		37.0-41.4		
中度颱風	14		41.5-46.1		
中度颱風	15		46.2-50.9		
強烈颱風	16		51.0-56.0		
強烈颱風	17		56.1-61.2		

資料來源：「經濟部風力發電單一服務窗口」網站。

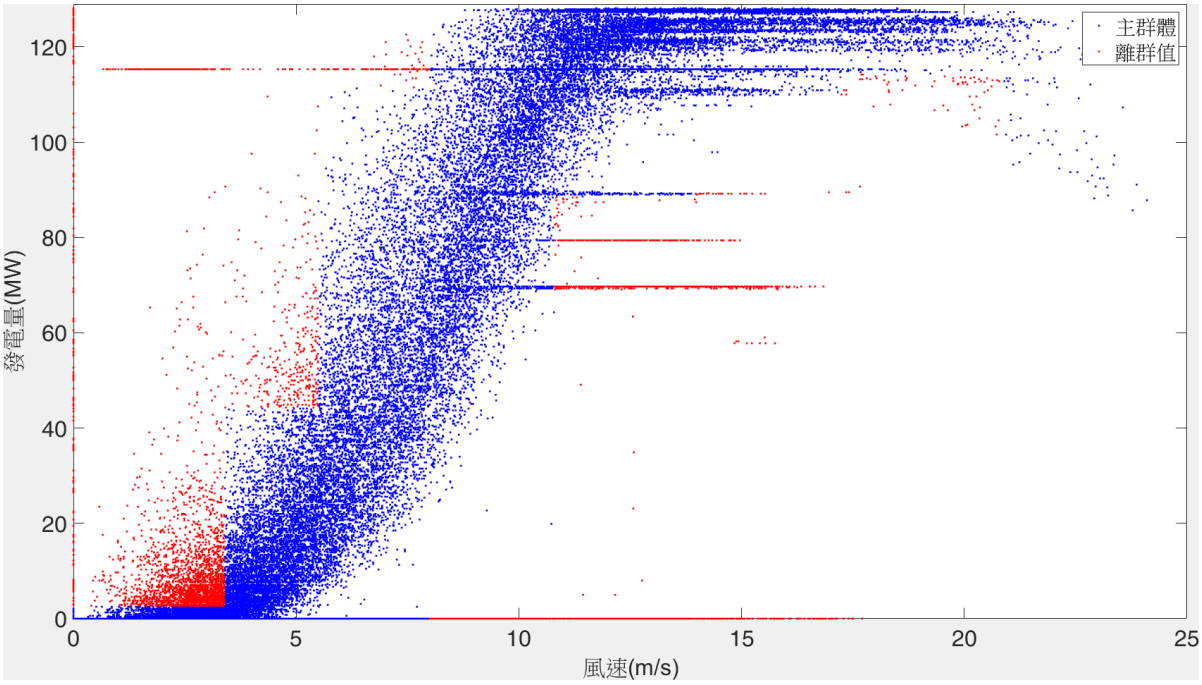
圖 1 蒲福風級表

風速與風力發電量資料散布圖如圖 2，考量風速與風力發電量資料可能有儀器故障等因素，而有離群值(outlier)之問題，本研究運用離群值方法之四分位距法（1.5 倍 IQR）(Tukey JW, 1977)進行資料處理，並以蒲福風級（情境一）以及風速間隔 0.2 公尺/秒為級距（情境二）進行風速分級，繪製風速與風力發電量之離群值分析散布圖如圖 3 及圖 4，兩情境皆以每個風速級距內之風力發電量資料，其中情境二因將風速做細緻化之分級，可有效將極端資料進行合理剃除。



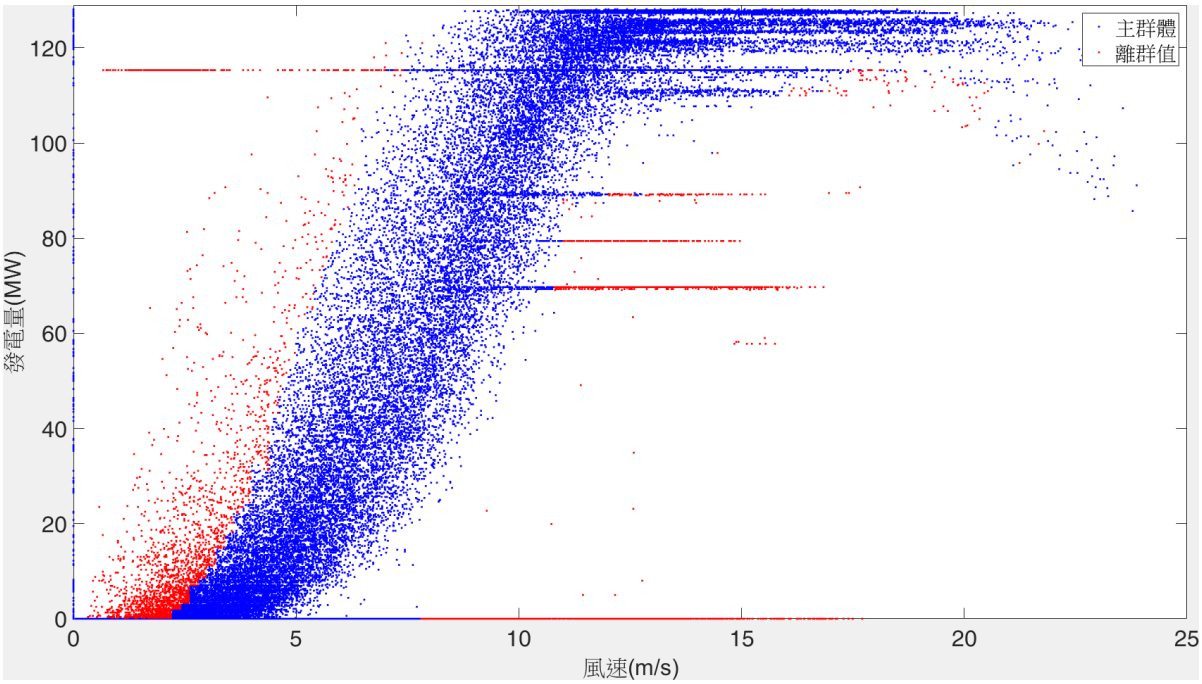
資料來源：「經濟部風力發電單一服務窗口」網站、「台電公司」網站各機組發電量；本研究繪製。

圖 2 風速與風力發電量資料散布圖



資料來源：「經濟部風力發電單一服務窗口」網站、「台電公司」網站各機組發電量；本研究繪製。

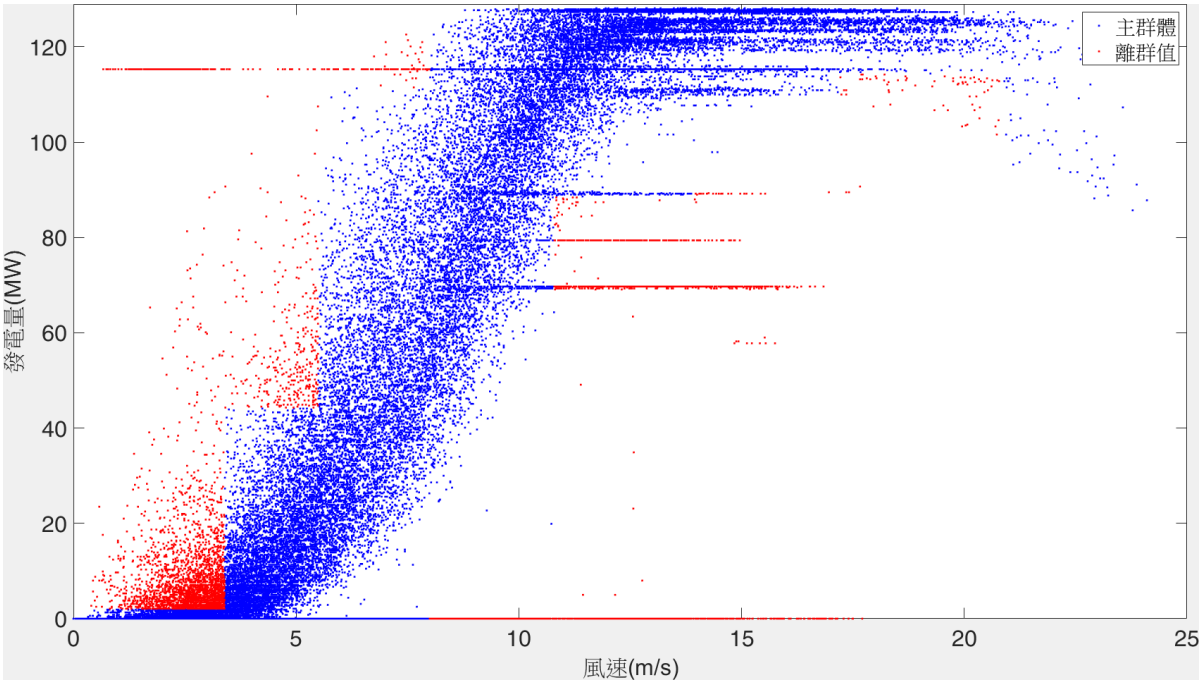
圖 3 離群值分析散布圖（情境一）



資料來源：「經濟部風力發電單一服務窗口」網站、「台電公司」網站各機組發電量；本研究繪製。

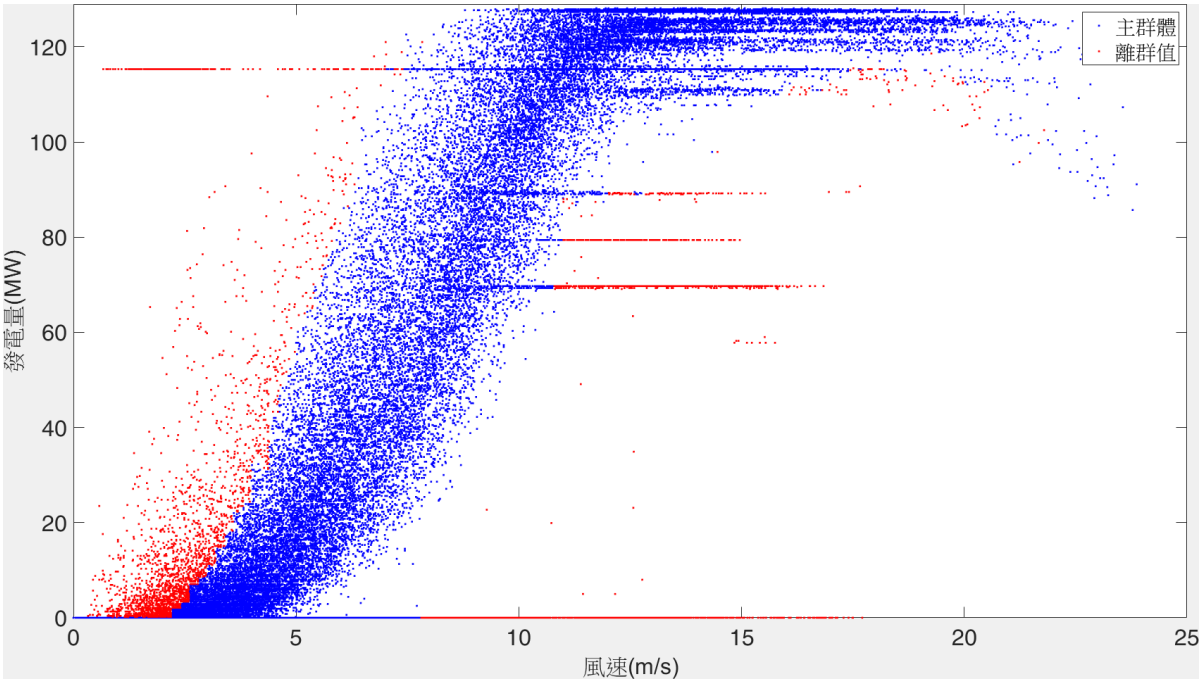
圖 3 離群值分析散布圖（情境二）

有關情境二於風速 0 公尺/秒時，仍有相當多風力發電量資料未剔除，經檢視原始資料發現應為風速量測或記錄故障，導致有風力發電量卻風速為 0 公尺/秒，本研究進一步手動剔除此部分資料後重新進行離群值分析如圖 5 及圖 6，圖中觀察風速約於 3 公尺/秒開始將有發電量產出，約至風速達到 8 公尺/秒以上較有穩定且高發電產出。



資料來源：「經濟部風力發電單一服務窗口」網站、「台電公司」網站各機組發電量；本研究繪製。

圖 3 剔除風速異常資料之離群值分析散布圖（情境一）



資料來源：「經濟部風力發電單一服務窗口」網站、「台電公司」網站各機組發電量；本研究繪製。

圖 3 剔除風速異常資料之離群值分析散布圖（情境二）

除風速異常紀錄之資料處理外，由圖中可觀察到風速 5 公尺/秒至 8 公尺/秒間有部分風力發電量為 0MW，發生原因推測為風力發電機組故障或檢修，且因影響資料量較少，未來建立風力發電機率預測模型時，可歸入低發生機率之情況，對於預測模型準確度之影響較小，爰暫無須進一步做資料前處理。

三、結語

再生能源易受天氣影響有其間歇性問題，受風速影響之離岸風電將對供電調度帶來挑戰，若能有良好之風力發電預測模型，將能讓調度人員及早做好準備；本研究以海洋竹南為案例，探討其風速及風力發電量之資料特性，發現受儀器量測故障所影響下，資料品質不佳，若直接提供建立風力發電預測模型，將難有良好之預測結果，爰本研究以離群值方法先剔除較為極端之資料後，再行呈現不同風速條件下，可能產出之風力發電量，以提供未來建立風力發電機率預測模型之輸入參考。

四、參考文獻

1. Tukey JW, 1977, Exploratory data analysis. Reading, Mass: Addison-Wesley Publishing Company.

2. 經濟部風力發電單一服務窗口網站。
3. 台灣電力公司網站，各機組發電量。