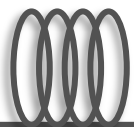


# 再生能源併聯運轉 對電力調度的挑戰與機會

吳進忠 副處長

電力調度處  
台灣電力公司  
107年8月8日



# 簡報內容



- 壹 前言
- 貳 再生能源發電與負載需求分析
- 參 大量再生能源併網之衝擊
- 肆 電力調度的挑戰與機會
- 伍 電力調度準備與因應
- 陸 結論



# 壹、前言

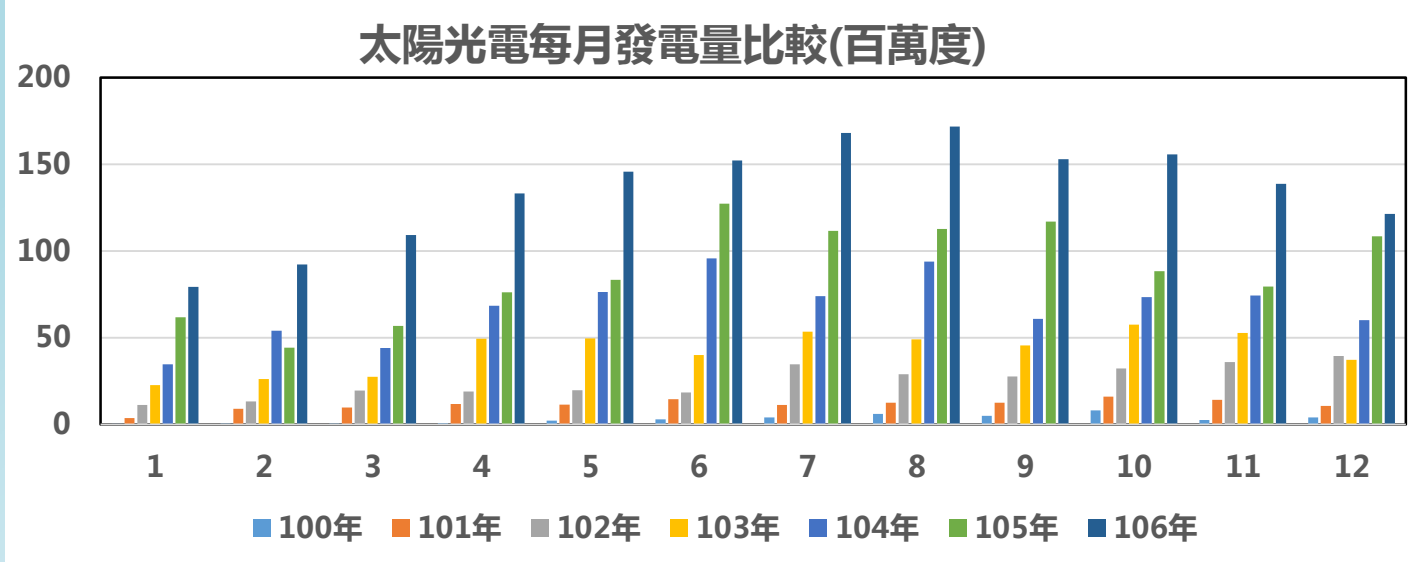
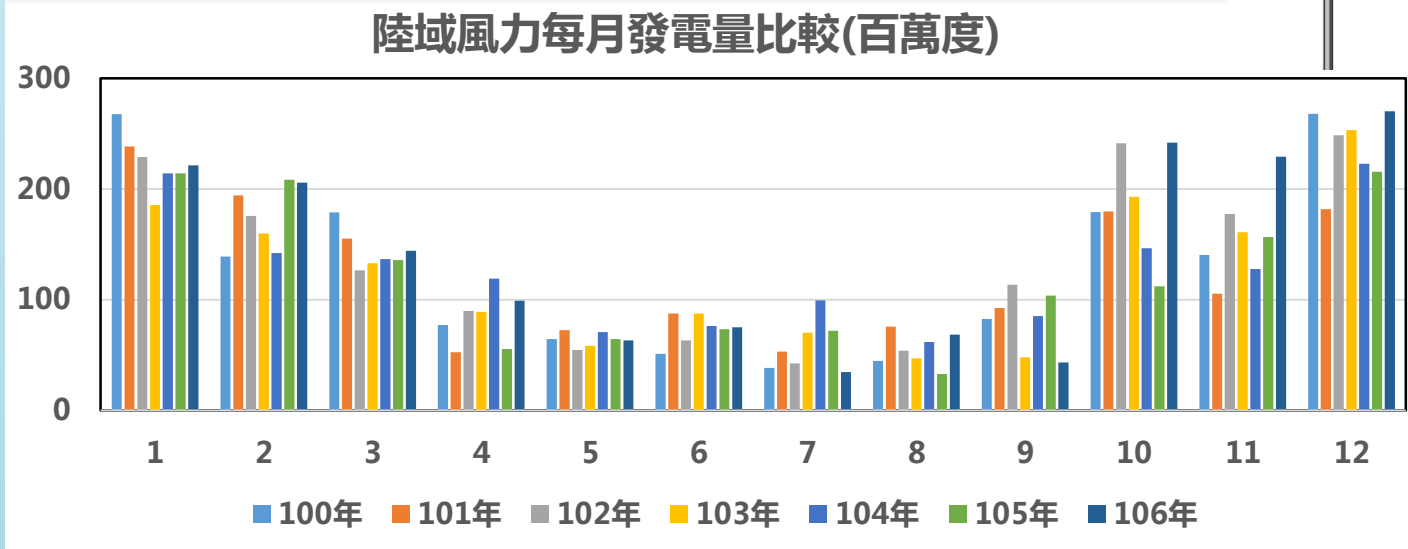
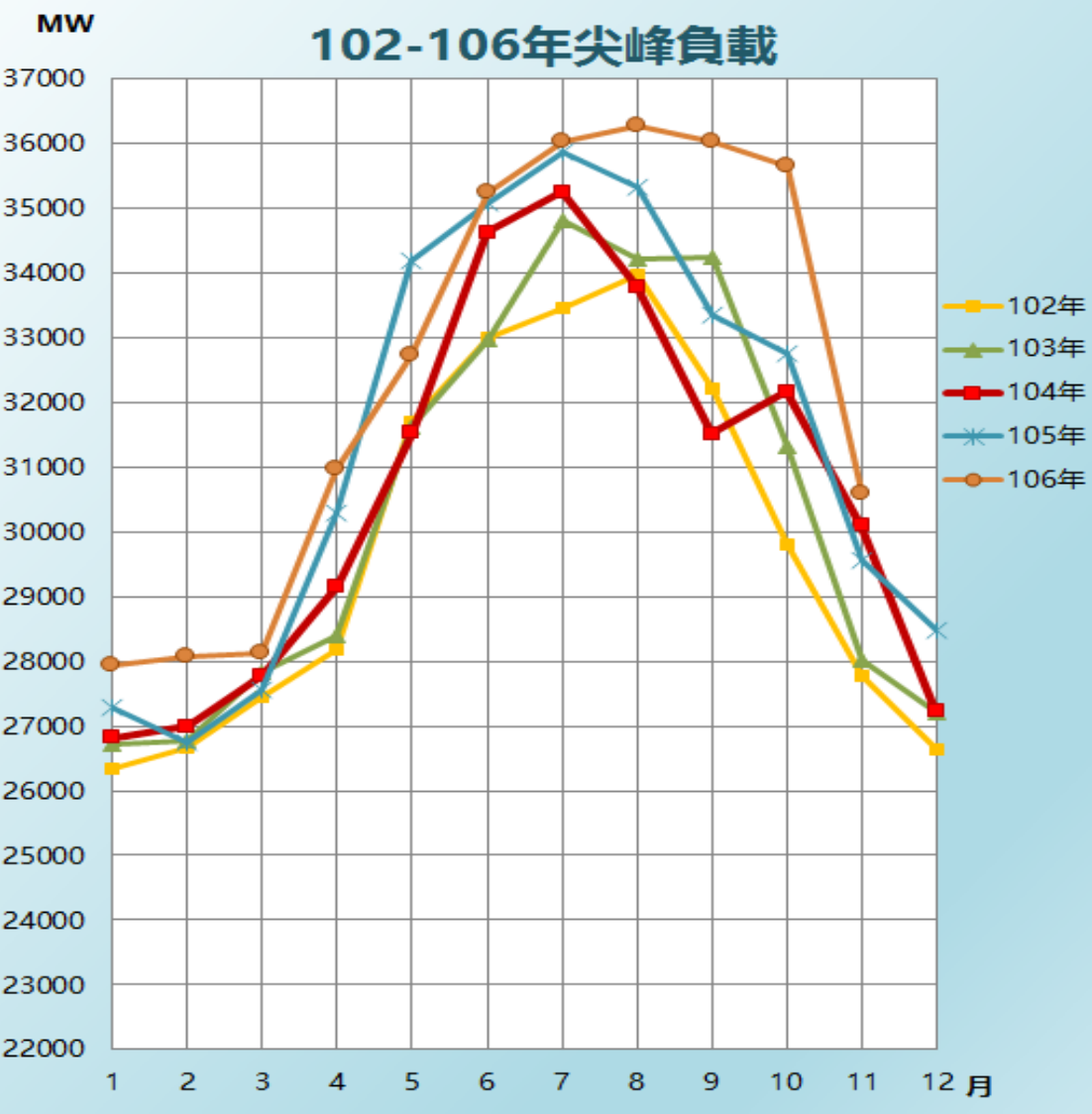


- 政府規劃新能源政策目標於**114年提升再生能源發電比例至 20%**。
- 氣候依賴度增加，負載/發電預測愈加困難；若出力**預測誤差過大**，對電力調度、系統供電穩定與安全將產生重大衝擊。
- 再生能源的**間歇性、不易預測性**是再生能源併網與電力調度的最大挑戰，輕者會導致系統**頻率不穩定**、區域電網**電壓變動過大**；嚴重時可能導致輸電線路壅塞、區域電網電壓不穩定。
- 再生能源的間歇性對電力系統供需平衡與電網運轉產生影響，若再生能源發電量瞬間減少太多，則可能導致**系統頻率驟降**，**觸發低頻電驛動作卸載**，影響供電可靠度。

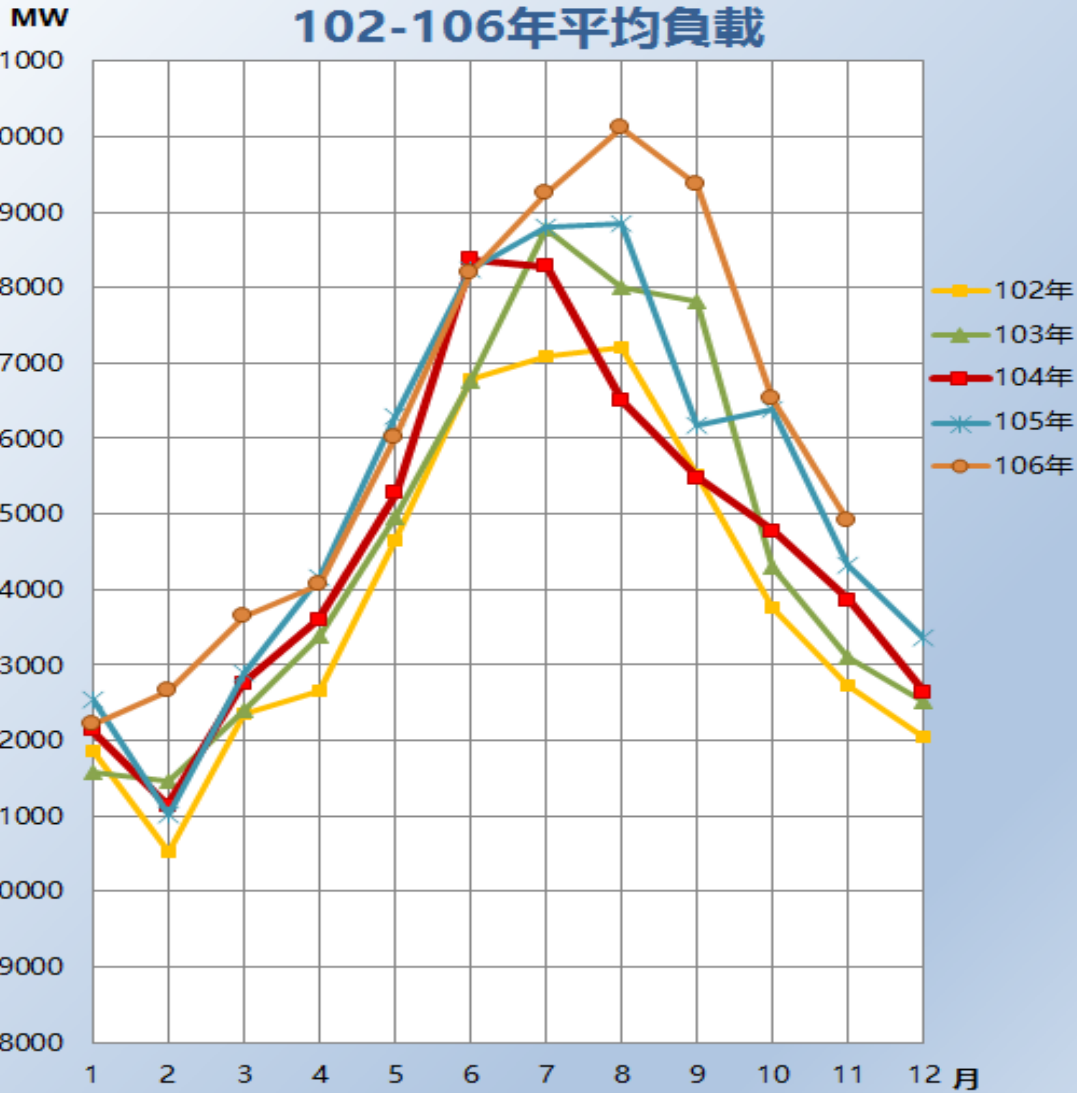




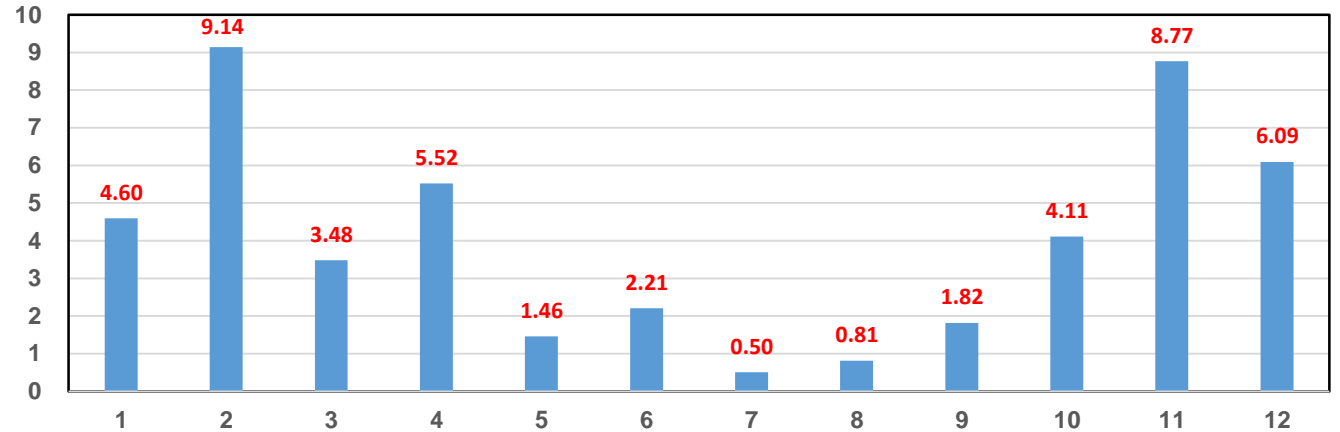
# 貳、再生能源發電與負載需求分析



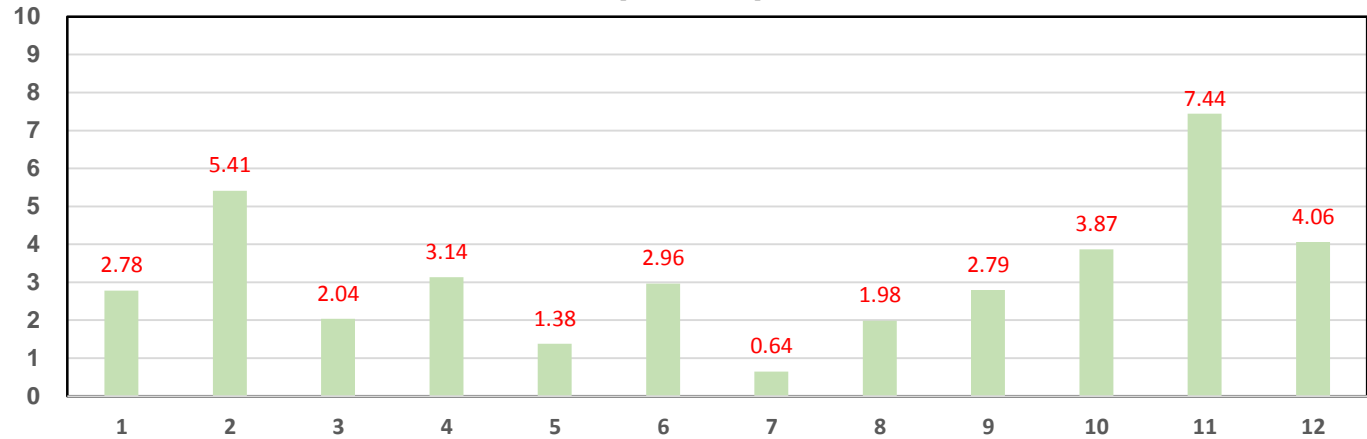
# 貳、再生能源發電與負載需求分析



### 澎湖風力每月發電量比較(百萬度) - 106年



### 離岸風力每月發電量比較(百萬度) - 106.05~107.04



# 貳、再生能源發電與負載需求分析

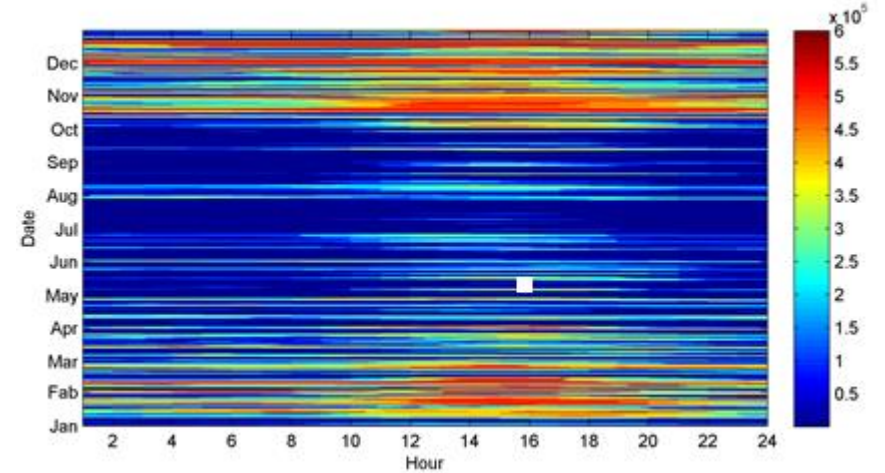
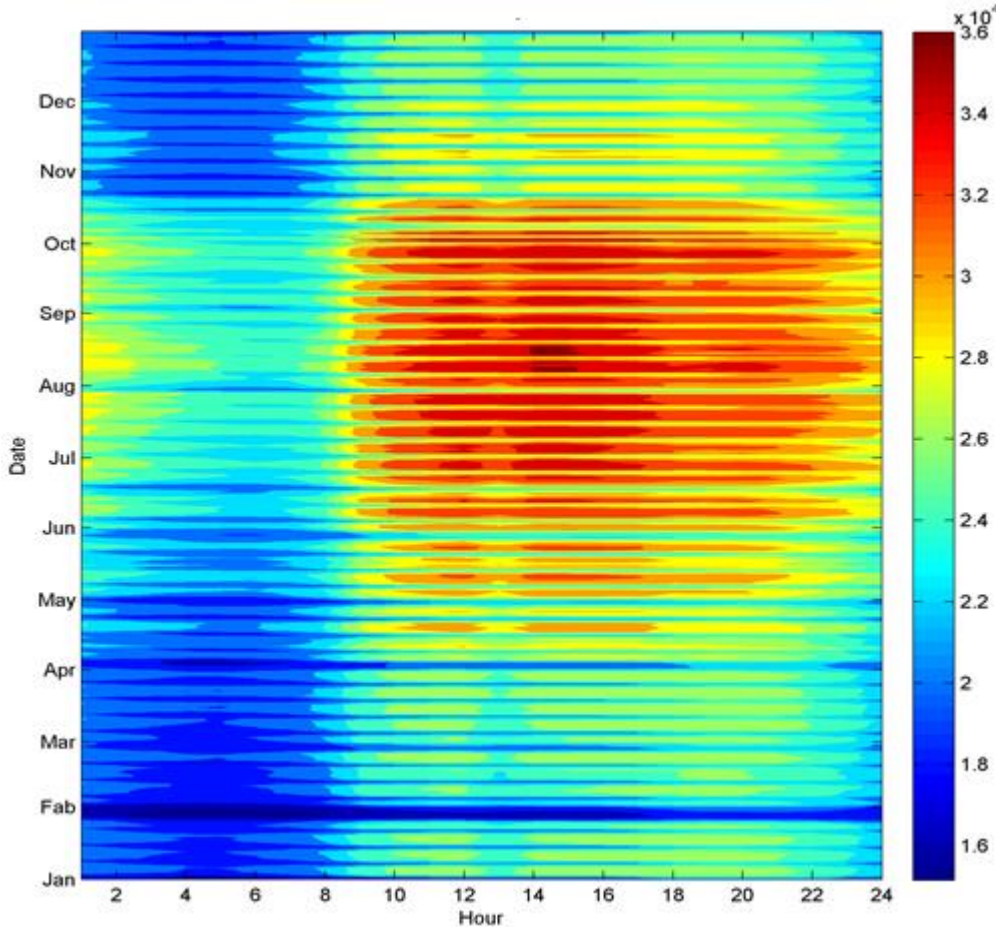


## 台電系統負載與再生能源發電(8760小時)定性分析

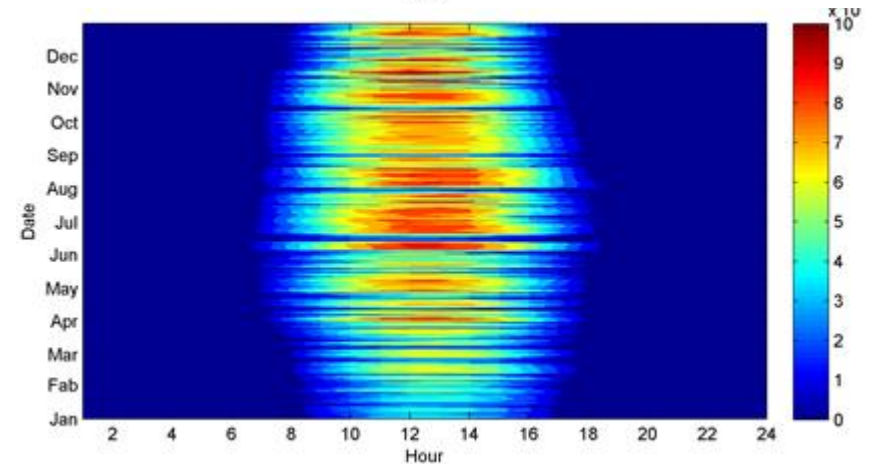
再生能源與尖峰負載需求不匹配，仍需傳統機組提供輔助服務(即時及補充備轉容量)

106年

負載(MWH)



風力發電(kWh)



太陽光電(kWh)

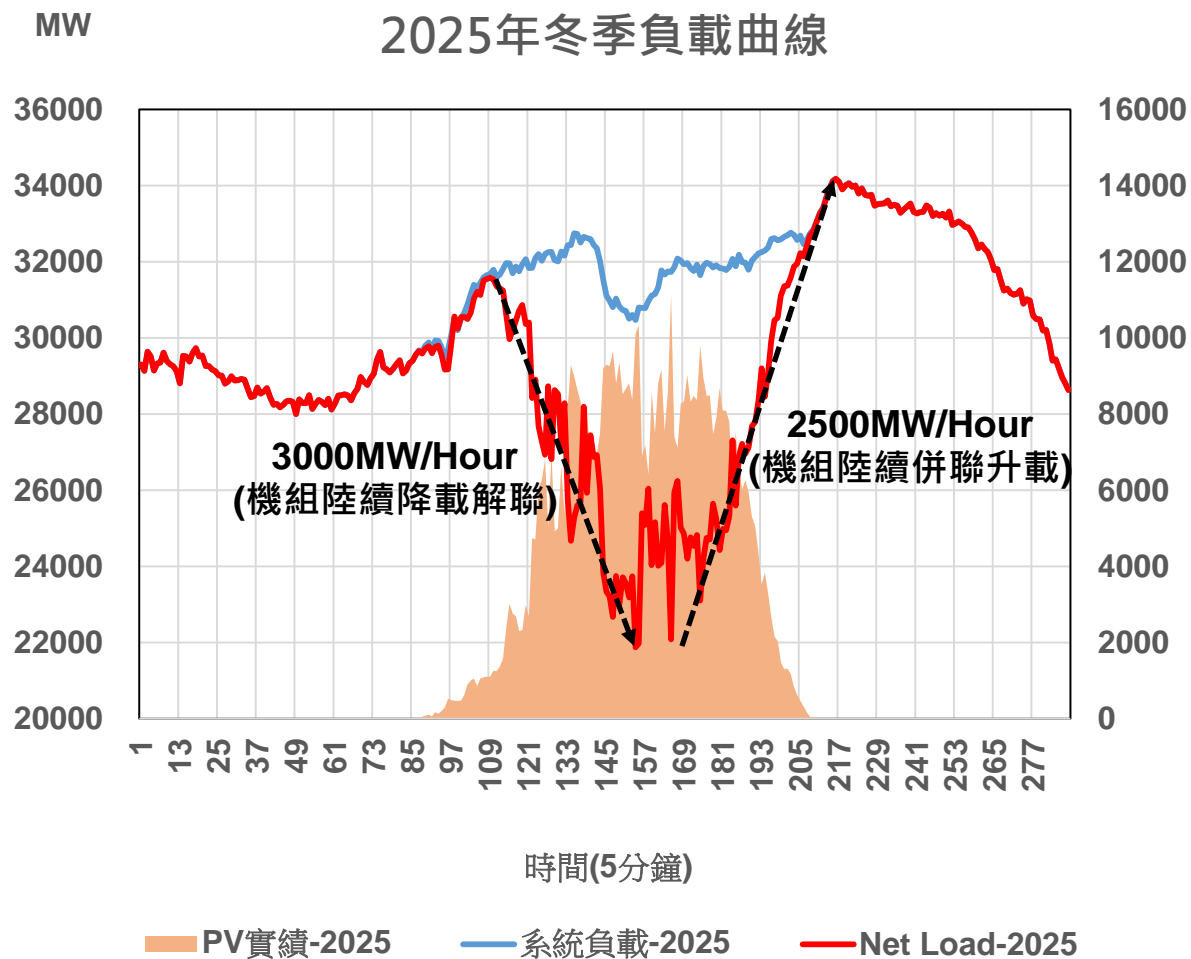


# 參、大量再生能源併網之衝擊



## 大量太陽光電併網之衝擊

2025年冬季負載曲線



### 系統概況：

- 再生能源(PV)滲透率約32~35%，但**完全無法支援冬季尖峰負載需求**。
- **白天時段**傳統機組出力大幅降低，部分機組甚至解聯待機，導致**系統慣量(inertia)不足**。
- 抽蓄機組運轉模式須調整至為**白天時段抽水**，其他時段發電，但儲能容量可能仍不足。
- **複循環機組解併聯頻繁**(早上9:00陸續解聯、下午3:00陸續併聯)

### 系統衝擊：

- 傳統機組併聯數量及發電容量均減少，造成**輔助服務取得困難**，影響系統安全與穩定。
- 系統慣量(inertia)不足，導致頻率響應變差，發生偶發(跳機)事故時**易造成系統穩定度問題**。
- 主動式無效電力來源不足，電網發生接地故障時，造成系統電壓偏低，**可能導致系統電壓不穩定**。
- 下午時段負載上升速度快，若機組升載不及或遇跳機事故時，**易導致低頻電驛動作卸載**。



# 叁、大量再生能源併網之衝擊



## 區域集中式離岸風電

## 裝置容量大

## 且高度集中併網的挑戰(衝擊)

### 1. 區域慣量(inertia)不足，頻率響應變差

再生能源(風機和太陽光電)的慣量要比傳統機組的慣量小很多，在正常出力變動的時候，使頻率容易偏離目標值，系統發生偶發(跳機)事故時，因系統慣量減少導致頻率響應變差而造成系統穩定度問題。

### 2. 發電出力受氣候影響更為劇烈，發電預測愈加困難

近岸風速、風向變化較為劇烈，區域集中式各離岸風場易同時受影響，導致發電預測愈加困難，衝擊電力系統供需平衡與電網穩定運轉。

### 3. 區域無效電力來源不足，電壓維持能力降低

風力發電機本身提供無效電力的能力較低，當風力發電機出力發生巨幅變化時易引起電壓變動或系統發生短路故障時易造成電壓驟降，不僅影響電壓穩定，甚至可能導致風機跳機進而引發系統頻率下降及系統不穩定。



# 肆、電力調度的挑戰與機會



## 1. 準確再生能源發電預測(Forecast)

- 一定裝置容量以上的風場即必須定時滾動更新提供未來一段時間發電預測資訊給調度中心進行機組發電排程(通常日前發電預測為168小時、即時發電預測為3小時)。
- 在即時運轉更要求**每15分鐘更新未來3小時的風力發電預測**，以利進行即時輔助服務相關備轉容量(包括即時備轉容量及補充備轉容量)。
- **日前**預測(Day Ahead Forecast)的平均絕對百分誤差(Mean Absolute Percent Error, MAPE)約為**6~8%**，**小時前**預測(Hour Ahead Forecast)的平均絕對百分誤差約為**3~4%**。

# 肆、電力調度的挑戰與機會



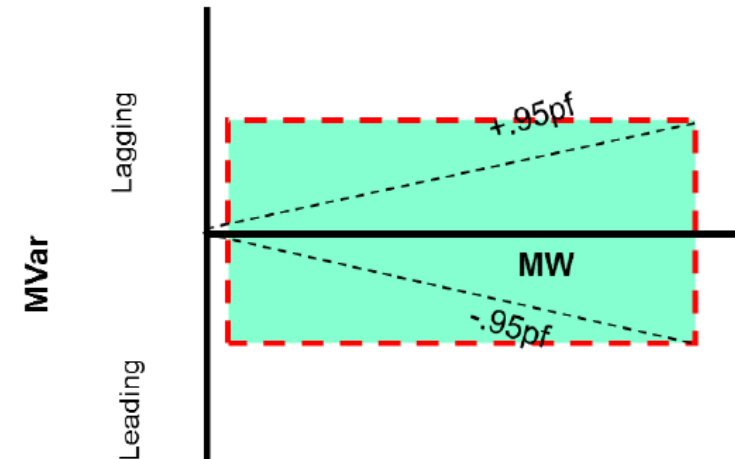
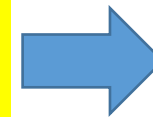
## 2.提高電壓支持(Voltage Support)能力

- 強化**併接點**(Point of Interconnection , POI) 之**電壓調整能力**。
- 國外調度中心要求風力發電機必須能夠提供**至少10%裝置容量的無效功率**(Reactive Power)
- 風力發電機在併接點(POI)可以在**功率因數0.95超前及0.95落後**範圍內運轉、且其無效功率容量必須是可以動態調整。

### 台電公司再生能源發電系統併聯技術要點規定

併接於**特高壓系統**以上之再生能源發電系統，責任分界點應具備之功率因數調整能力：

非風力發電機組之功率因數應具有0.9滯後至0.95超前運轉能力、**風力發電設備於責任分界點功率因數應具有0.96滯後至0.98超前運轉能力**，並配合台電公司季節性負載特性調整設定。

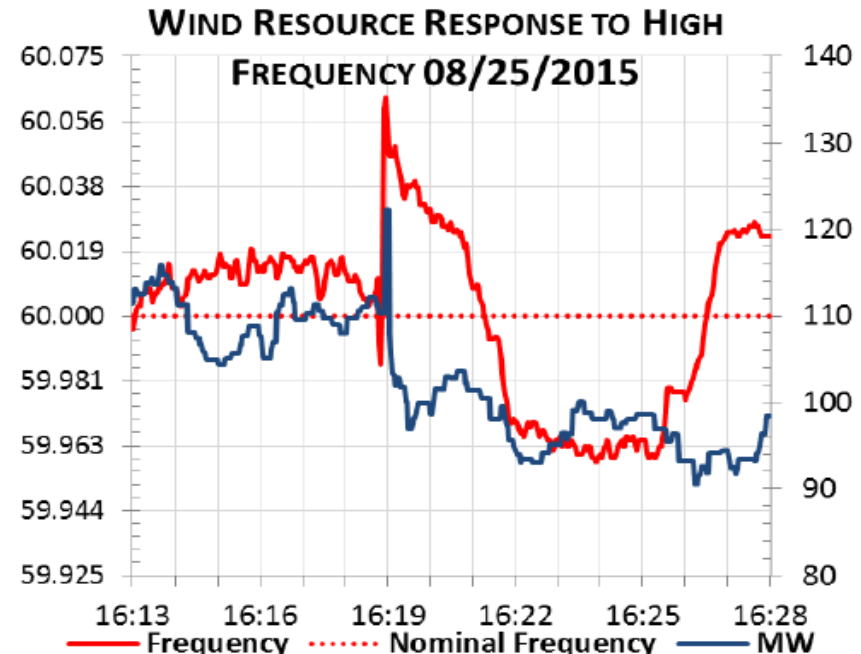
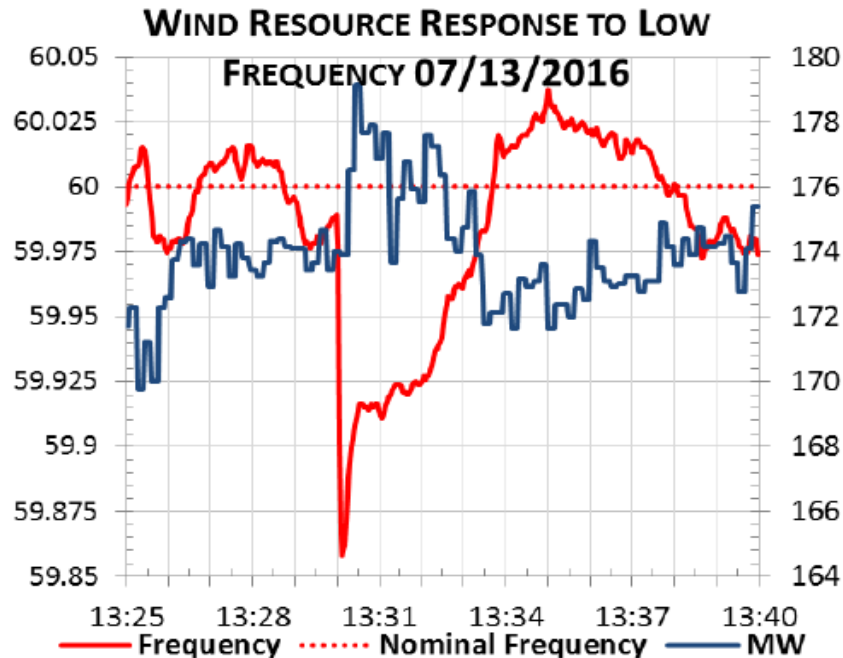


# 肆、電力調度的挑戰與機會



## 3.提高頻率支持(Frequency Support)能力

- 風力發電機被要求必須能夠**協助調整系統頻率**，提供相當於傳統發電機**初級頻率反應(Primary Frequency Response)**功能的類似調速機反應(Governor-like)能力以因應系統頻率變動。





# 肆、電力調度的挑戰與機會



## 4. 具備異常電壓/頻率穿越能力 (Voltage/Frequency Ride Through)

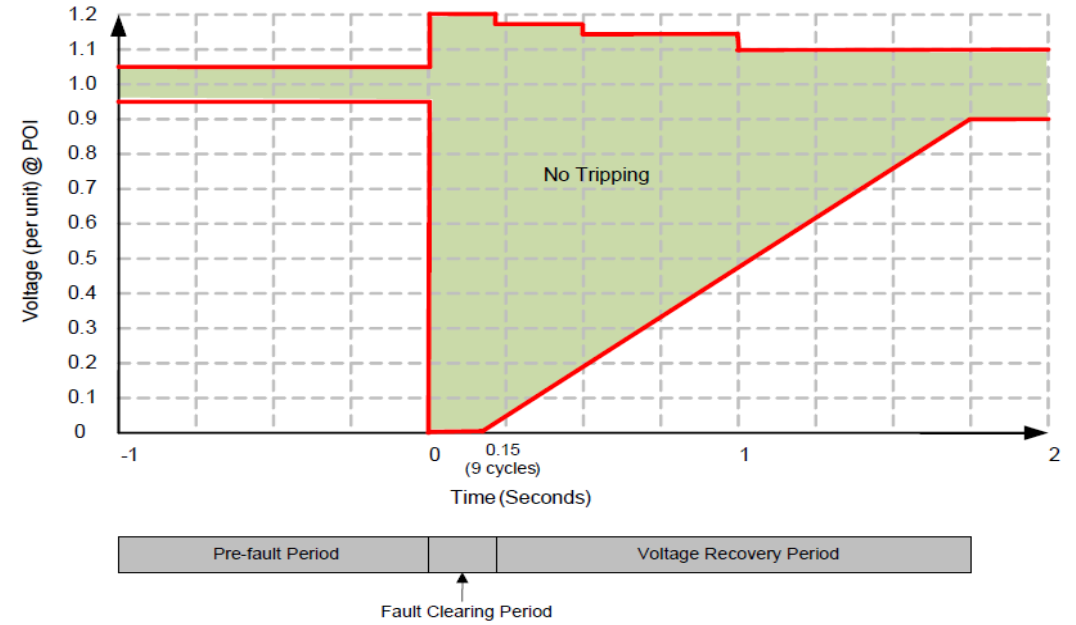
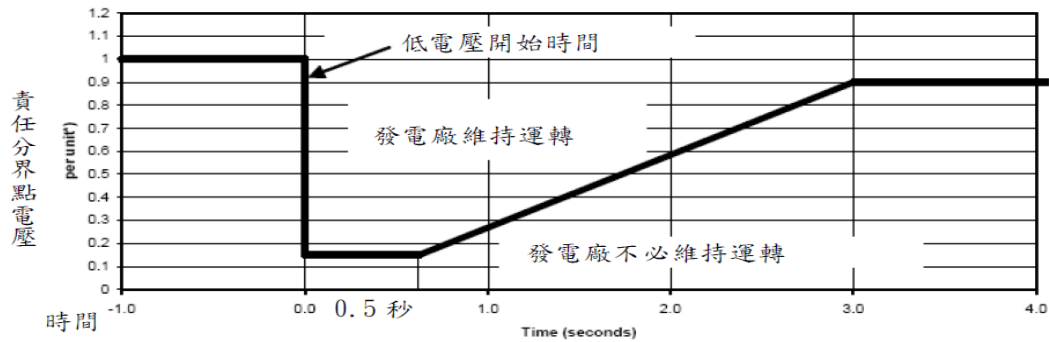
- 風力發電機在系統**遭遇偶發事件**期間或之後的幾個週波 (Cycle) 內必須**維持與系統併聯持續供應電力** (包括實功率與虛功率)，不能在系統頻率偏高、偏低，或併接點電壓過高、過低而切離系統，即風機應該具有在異常電壓/頻率持續運轉的能力 (LVRT/HVRT、LFRT/HFRT)。



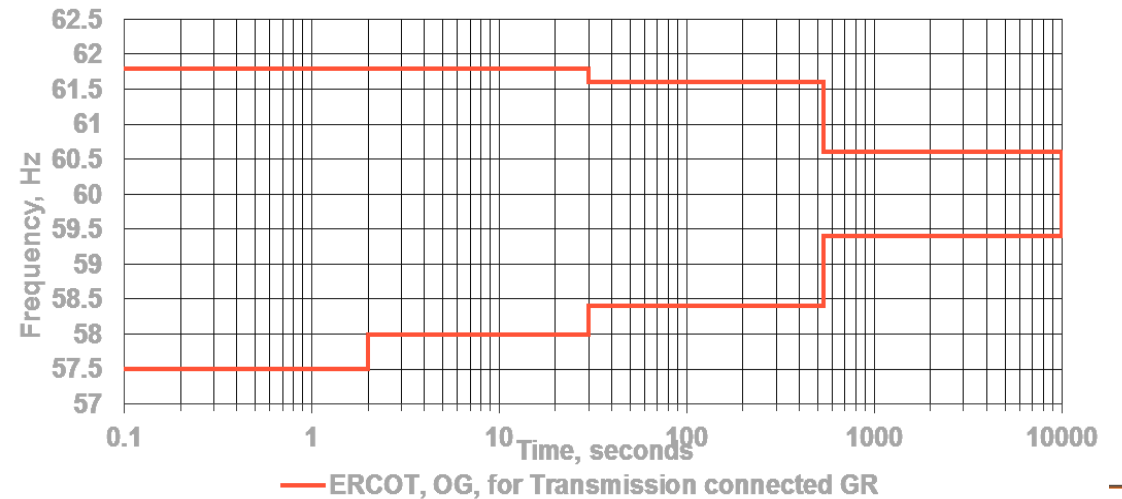
# 肆、電力調度的挑戰與機會



台電公司再生能源發電系統併聯技術要點規定風力發電設備**併接於特高壓系統**以上者應具備低電壓持續運轉能力(LVRT)：



台電公司再生能源發電系統併聯技術要點規定**高頻電驛跳脫設定值不得低於61Hz**，**低頻電驛跳脫設定值不得高於58Hz**。但總發電容量在100瓩以下者不適用上述頻率跳脫設定值之規定。



# 肆、電力調度的挑戰與機會



## 5. 規範再生能源升/降載率(Power Ramping)

- 為確保系統頻率穩定，**規範再生能源電廠的升降載率**，以德州電力調度中心為例，即要求風場/風機的每分鐘升降載率不能超出其銘牌額定值的20%。
- 建議大型再生能源電廠配置一定容量的**儲能系統**。



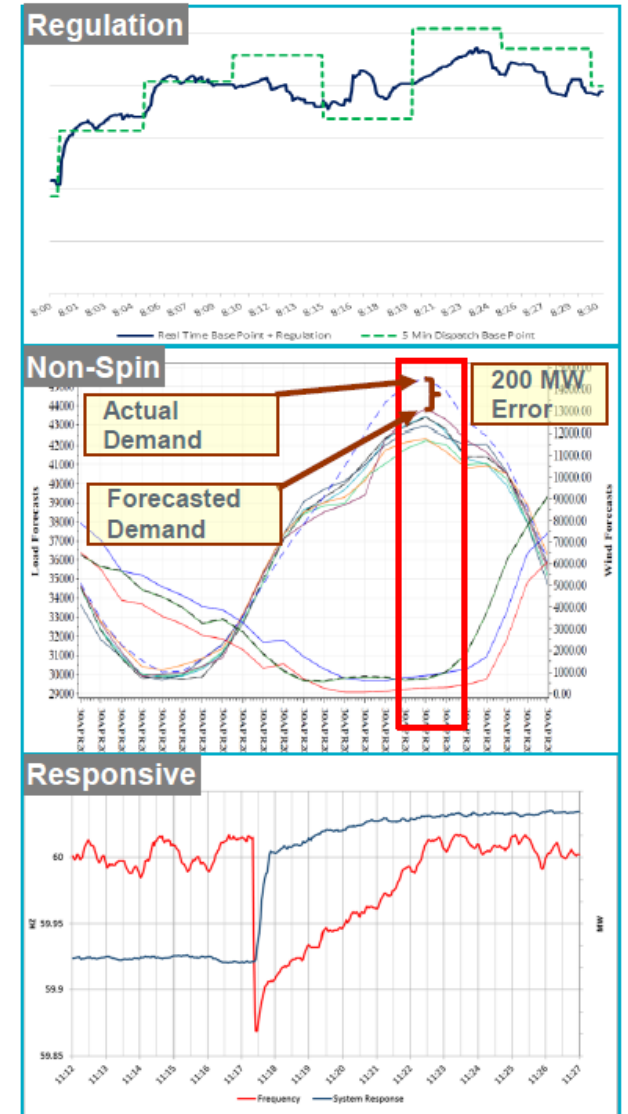


# 肆、電力調度的挑戰與機會



## 6. 動態規劃輔助服務(Ancillary Service)

- 調度中心必須配置適量的各類備轉容量(輔助服務)使系統發電及負載得以動態維持平衡，包括調頻備轉容量(Regulation Reserve)、即時備轉容量(Responsive Reserve)及補充備轉容量(Supplemental Reserve，亦稱Non-Spin Reserve)。
- 依國外調度中心運轉經驗，**建議宜儘速建立電力市場機制**，電力調度中心可透過電力市場取得必要的輔助服務因應大量再生能源併網的衝擊。

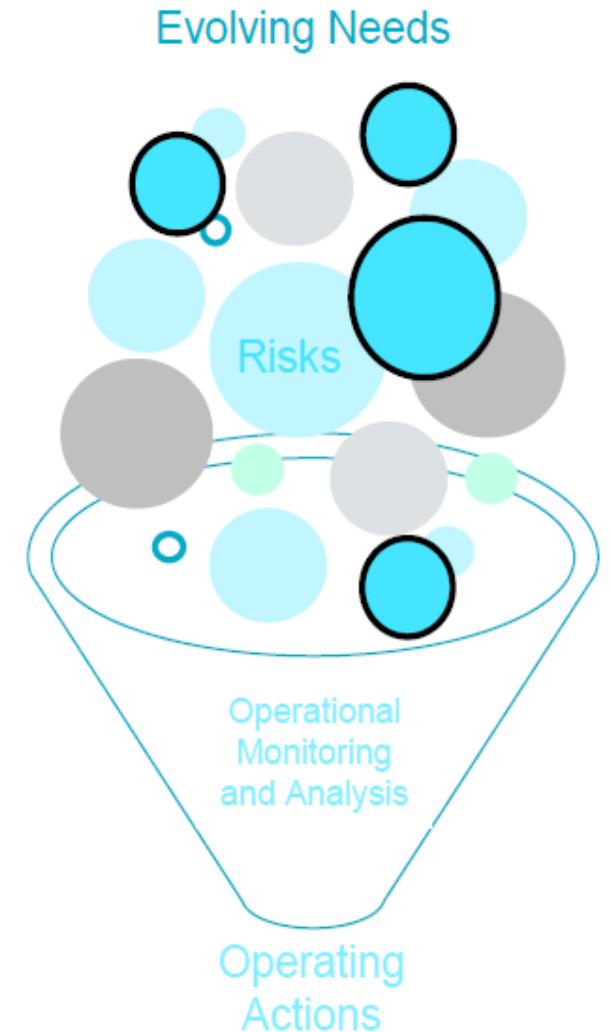


# 肆、電力調度的挑戰與機會



## 7. 增加調度人力專責監控再生能源變動 加強即時運轉控制

- 針對大量風機併網所引發的各種可能風險進行定量分析、改善，並動態考慮特定的風險。  
包括：最大可能預測誤差、淨負載變動、系統慣量(inertia)偏低、輔助服務需求動態調整等。



# 伍、電力調度準備與因應



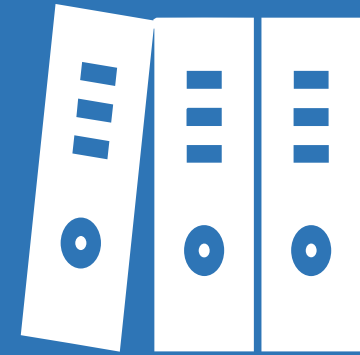
提高風力發電預測  
準確性與重新調度程序



美國ERCOT、NYISO等ISO均以集中式風力發電預測作業，提供 Day-Ahead SCUC 及 Real-Time SCED 使用，以改善系統整體運轉效率，並調度適足的輔助服務，維持電力系統的穩定與安全。



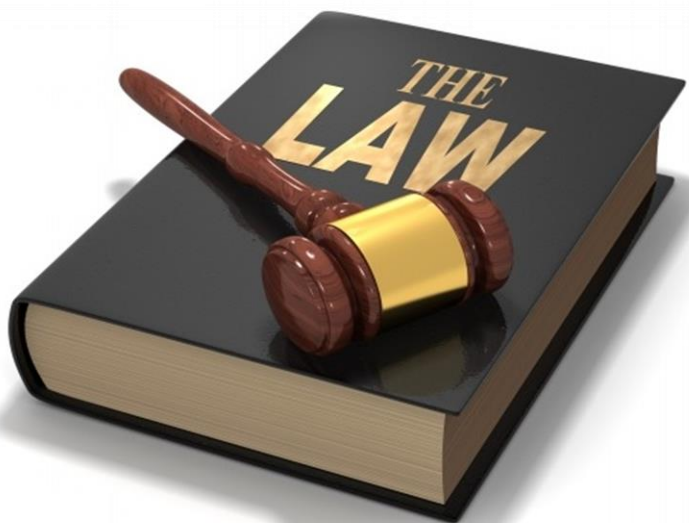
準備充裕  
各項系統備轉容量



由於再生能源的不確定性，NYISO或CAISO皆以提高調頻備轉予以因應。再生能源滲透率增加後，調頻備轉需求量顯著增加，必須尋找新的供應源，如大型儲能（電池、飛輪）或需量反應等。



# 伍、電力調度準備與因應



## 再生能源併聯技術法規配合修訂

管制再生能源於責任分界點的負載變動率( $\Delta P$ )、電壓變動率( $\Delta V$ )、電壓/頻率穿越 ( Voltage & Frequency Ride-Through )、功率降載能力 ( Power Curtailment )、可設定之升/降載率 ( Ramp Rate Limitation )、調速機功能 ( Governor ) 等，並透過費率機制鼓勵再生能源業者設置適當之儲能設施。

## 增加可快速起停之燃氣複循環機組

長期電源開發規劃需大量增加快速起停、運轉範圍大及頻控範圍大之燃氣複循環機組。

台電電源開發計畫105~114年規劃新增可快速起停之燃氣複循環機組包括大潭#7~#9機、新通霄#1~#3機、高原複循環機組、興達新CC#1~#2、協和複循環機組等。



# 伍、電力調度準備與因應



## 要求風場/風機接受調度

風場/風機應當接受由調度單位發送之調度訊號，在系統正常符合安全限制期間，風場/風機採優先調度方式，無特別限制。

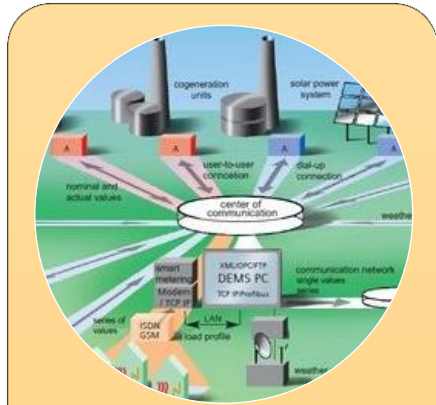
在系統有可能不符合安全限制期間，若該風場/風機可以舒緩安全限制，則風場/風機須配合調度指令直至可靠度問題被解決為止。



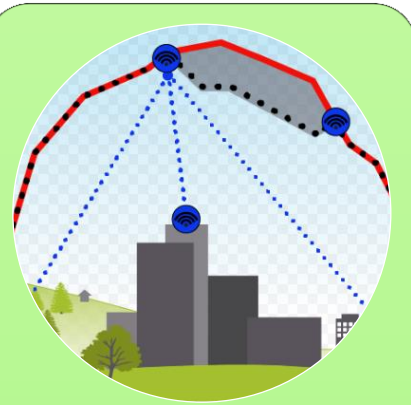
# 伍、電力調度準備與因應



## 精進系統調度控制技術



採購建置  
再生能源  
管理系統



積極推動  
需量反應



修訂  
電力調度規則  
及  
相關作業程序



建立  
輔助服務市場  
及  
相關機制



因應  
再生能源發展  
負載變動情境  
加強  
相關人員訓練







01

## 電力調度中心

需對大量再生能源併網之衝擊與影響預作分析、研擬各項因應穩定電力供應作為。

02

## 再生能源併網技術法規

建議儘速配合修訂，要求大型再生能源電廠強化設備性能提升穩定運轉能力。

03

## 電力市場機制

建議儘速建立，電力調度中心方能透過電力市場取得必要的輔助服務因應大量再生能源併網的衝擊。





謝謝聆聽  
敬請指教

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION