

出國報告(出國類別：考察)

考察西澳洲電力公司對間歇性再 生能源併網之經驗

服務機構：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：鄭慶鴻組長

周錦雲課長

出國期間：105 年 12 月 13 日至 105 年 12 月 17 日

報告日期：106 年 2 月 6 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：考察西澳洲電力公司對間歇性再生能源併網之經驗

頁數 30 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/陳德隆/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

鄭慶鴻/台灣電力公司/電源開發處/組長/(02)2366-6872

周錦雲/台灣電力公司/電源開發處/課長/(02)2366-6873

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：105.12.13~105.12.17 出國地區：澳洲

報告日期：106.2.6

分類號/目

關鍵詞：容量價值(Capacity Credit; CC)

內容摘要：（二百至三百字）

本次訪問西澳電力有關澳洲在再生能源併網上，風力及太陽光電對系統的容量價值(Capacity Credit; CC)貢獻及市場的接受程度，並論及未來電力規劃發展上風力及太陽光電的佔比程度，系統在電源端及電網的相關因應，尤其是在維持系統供電裕度上，澳洲電力市場運作之規劃安排，包括：負載預測的正確性掌握、風力及光電出力的

系統貢獻程度與調度預測的準確度掌握、系統供電可靠度水準及備用容量目標，均為本次訪談重點。本次訪談澳洲相關再生能源併網及電力市場規劃之經驗可做為本公司未來再生能源併網及系統規劃之參考。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網（<http://report.nat.gov.tw/reportwork>）

目次

壹、出國目的

貳、出國行程

參、考察紀要

一、澳洲電力市場概要

二、討論議題

(一)、西澳的電力市場及規劃

(二)、間歇性再生能源的容量價值

(三)、西澳電力的開發展望

(四)、東澳南澳國家電力(NEM)的開發展望

肆、結論

伍、建議

壹、出國目的

民國 105 年本公司委託台灣經濟研究院進行「再生能源併網規模對系統合理備用容量率之影響」研究計畫，目標包括研析未來大量風力及太陽光電併網對系統發電的實際貢獻能力，及對合理系統備用容量率之影響。

近年來澳大利亞推動再生能源快速進展，因計畫需要，乃選定澳洲電力出國參訪考察。於去(105)年 12 月參訪西澳電力公司規劃部門並討論上述相關議題，俾做為本公司未來電源開發規劃之參考。

貳、出國行程

105 年 12 月 13 日 (星期二) 往程(台北 → 伯斯)

105 年 12 月 14~15 日 (星期三~四) 訪問西澳電力公司(Western Power)

105 年 12 月 16~17 日 (星期五~六) 返程(伯斯→台北)

參、考察紀要

一、澳洲電力市場概要

澳洲電力市場包括東部及南部的澳洲國家電力市場(The National Electricity Market, NEM)與西部的西南澳聯網系統(South West Interconnect System, SWIS)及北部一些未聯網(Off-Grid)等三大部分：其中 NEM 及 SWIS 之供電量分別約占全國 86%及 8%。

(一) 國家電力市場 (The National Electricity Market, NEM)

澳洲國家電力市場(NEM) 是澳洲重要的躉售電力市場，供應澳洲東部及南部，與區域性的財務市場及電網互相連結運作。該電力市場中有超過百家發電業與零售業參與購售電，高度的競爭使這躉售電力市場中電價具競爭性。官方澳洲能源市場委員會可靠度小組(The Australian Energy Market Commission' s Reliability Panel)每年依物價水準審查最高電價(market price cap)、最低電價(market floor price)，以確保電價能維持澳洲國家電力市場所定的 10 年停電 1 天

的可靠度標準。

2015 年，NEM 電力交易市場容量有 51.3GW，包括昆士蘭區域 13.1GW、新南威爾斯 17.3GW、南澳 5.3GW、維多利亞區域 12.6GW、及塔斯馬尼亞 3GW。NEM 電力市場燃煤發電容量占 53%，燃氣發電占 22%，光電、風力占 7%，水力占 16%，其他 2%。規劃至 2025 年，市場將新增容量 21.7GW 及退休 3.5GW 容量。

澳洲國家電力市場(NEM)連結上述 5 個區域，市場運作如一個電力池的現貨市場。電力供給及需求透過中央調度程序立即撮合，此執行規劃調度機構為**澳洲電力市場運機構 (Australian Energy Market Operator, AEMO)**。

AEMO 從發電者所報的投標標單來決定誰以最低報價優先供電，以成本最低方式來滿足市場用電需求，並且保持系統裕度以備電力供需的變化。電能價格以每 5 分鐘即時計算一次，滿 30 分鐘則以 6 個及時價格平均作為一現貨價格給 NEM 市場的每一區域。AEMO 以現貨價格作為所有電力交易的財務交易決算依據。電力輸送配合輸電容量限制，使輸電網不致超載。

AEMO 支付發電成本給發電業者，因此必須向用戶收費。零售業管理用戶的購電，並且直接支付現貨市場發電交易價格給 AEMO。大部分用電戶不直接參與 NEM 市場，他們向零售業買電支付電價。

NEM 交易市場的參與者需要管理財務風險，對於大量的現貨市場價格的波動，在交易期間他們應用財務合約來鎖定價格、發電量、或鎖定在未來的某一固定時間，以衍生性商品形式，包括：交換(swap)、對沖(hedges)、或選擇性(option)或未來性合約來安排分散風險。

(二) 西南澳聯網系統(South West Interconnect System, SWIS)

SWIS 系統約提供以柏斯(Perth)為中心之兩百萬居民用電需求。

2014 年西澳地區電力(WA)容量包括煤 1,781MW，氣 6,974MW，油 578MW，再生能源 369MW，水力 430MW，總容量約 9,732 MW，2016 年 PV 光電裝置容量已成長至 645.2MW，成長快速。其中 PV 系統低於 10KW 的共有 546MW，10~100KW 的共有 73.5MW，高於 100KW 的共有 25.7MW。住宅裝設 PV 系統的占比約 24%，居澳洲第三，第一名為昆士蘭占比超過 30%。

西澳最大電網公司為國營之西澳電力公司(Western Power)，為本次訪問考察對象。該公司維護西南澳 SWIS 系統的區域網路及連結 Synergy 發售電公司。Synergy 為西澳最大發電業，占西南澳電力 (SWIS)系統發電約 6 成。Horizon Power 發售配電公司不連於 SWIS 電網，為外網輸送。

1. 西澳再生能源目標

在西澳地區，由於再生能源幫助該地區滿足社區長期能源需求及支持經濟成長，近年西澳政府支持投資於再生能源，以輸送乾淨能源。由於再生能源能提高能源安全，幫助降低碳排放，因此促使西澳繼續推動再生能源，預計至 2020 年要達到國家再生能源目標發電量占比的 20%。

2. 西南澳聯網系統(SWIS)

2014 年，西南澳聯網系統(SWIS)發電容量：煤 1,781MW，氣 3,432MW，油 225MW，再生能源 350MW，總供電容量約 5,788 MW。至 2016 年，西南澳聯網 (SWIS) 系統容量達 6,410MW，其中再生能源容量為 1,037MW，占比為 18.8%。於再生能源容量中，507MW 為高壓輸送網，占 48.9%，其中 477MW 為風力發電。太陽光電 540MW 中 530MW 併於次高壓輸電網或配電網，占 98.1%。

3. 西澳電力公司(WP)

西澳電力公司主要服務項目為建造、維護及營運整個西南澳地區的輸配電系統。目前公司嘗試以創新的方法來幫助用戶如何更有效地自行發電並且儲電，以因應新時代的需求。並嘗試開發新的平台以了解用戶需求，配合國家電力網管理，未來發展將以降低營運成本、追求永續顧客價值、及安全輸送電力為目標。

4. IMO - SWIS 系統獨立市場操作者 (Independent Market Operator)

過去西南澳聯網系統由 IMO (Independent Market Operator)負責系統調度，並每年發表年度電力調度報告(annual Electricity Statement of Opportunities, ESOO)，提供目前及未來電力供需及可能進入躉售市場 (WEM)者的資訊，為管制備用容量機制的重要一環。

於 2015 年 9 月澳洲能源部宣布 IMO 對西澳電力的系統管理及操作將移轉至 AEMO，自 2015 年 11 月 30 日起生效。

5. 西南澳電力系統(SWIS)的備用容量機制(Reserve Capacity Mechanism, RCM)：

- 訂定備用容量需求量，提前 2 年公布於躉售市場(wholesale electricity market, WEM)的電力投資機會報告。
- 準備認可的備用容量
- 如果雙邊合約交易容量不足，則進行備用容量拍賣
- 測試機組能力以確保合約履行
- 滿足市場用戶需求，與每一市場客戶簽訂個別備用容量需求量，基於對系統尖峰貢獻，提供客戶不同但適當的備用容量成本。

(三) 北部一些未聯網(Off-Grid)

在澳洲中部及西北部等地區位與 NEW 或 SWIS 系統聯網之電力市場。

二、討論議題

本次參訪西澳電力，針對台澳雙方於再生能源佈局上供電能力及未來電力之發展等問題提出討論，作為雙方技術交流的起步。主要議題討論陳述如下：

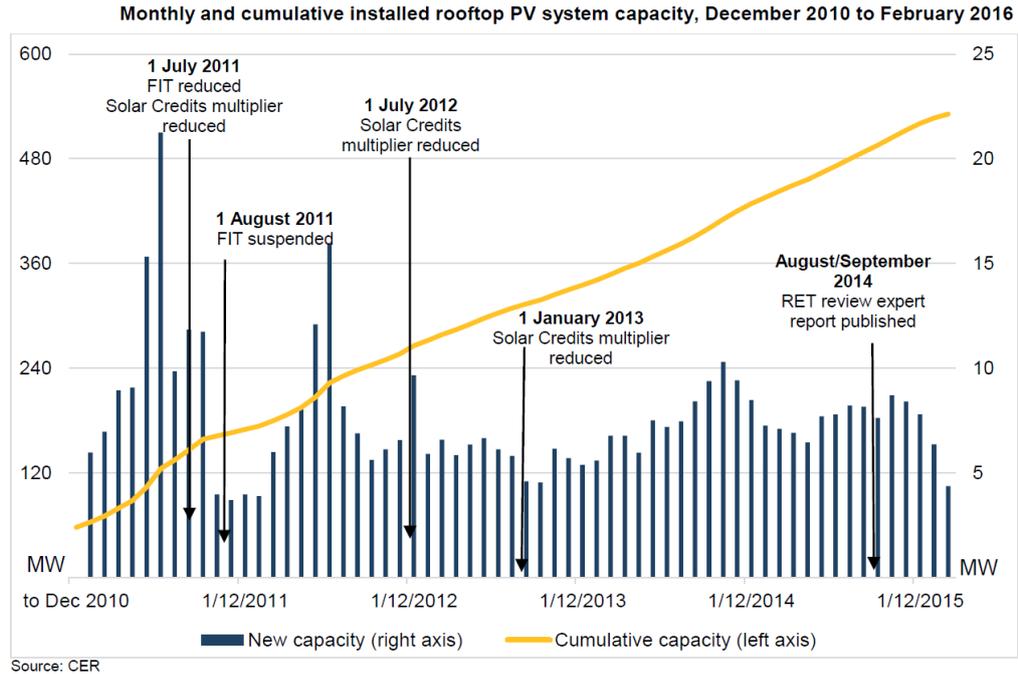
(一) 西澳的電力市場及規劃

1. 有關再生能源的市場管制與價格：

澳洲再生能源的市場管制與價格為自由市場競價。再生能源以日前報價機制於市場上與其他機組自由競爭。由於無燃料成本，因此報價為 0 都有可能。再生能源優先調度，與其他發電的機組同樣獲取邊際能源價格。至於容量成本部分，則以前一年的平均容量及市場交易的容量價值的價格來回收部分成本。

2. 目前西澳地區風力光電(包括集中型及分散型光電)的情形及未來的發展及分散型儲能的發展情形：

西南澳 SWIS 系統 2016 年裝置容量為 6,410MW,其中 1,037MW 為間歇性再生能源，占比 18.8%。於再生能源容量中，507MW 為高壓輸送網，占 48.9%，其中 477MW 為風力發電。太陽光電 540MW 中 530MW 併於次高壓輸電網或配電網，占 98.1%。屋頂型太陽光電從 2011 年的 63MW 至 2016 年 2 月 531MW，每年平均成長 53%(如圖 1)。



圖一：屋頂型太陽光電系統之月累積裝置容量

再生能源發展非由中央統籌規劃，而是依靠市場競爭及生產獎勵。透過連接輸電系統，一些機制可激勵大型再生能源接受調度發電。整合配電網路連結太陽光電，太陽光電預測將納入未來運轉規劃。西澳地區風力、光電目前尚無分散型儲能的發展。

3. 西澳電力日前市場的備轉容量率(planning reserve margin)如何安排？即再生能源如何影響這標準？

西澳電力日前市場的規劃備轉容量 (最大機組 340MW+次大機組 240MW)安排，主要項目有：

- 系統安排調頻備轉容量(regulation reserve)於 99%的短期變動期間提供大於 30 MW 的維持最低頻率容量 (minimum frequency keeping capacity)，以應付負載及機組出力於 1 分鐘內的變動。
- SWIS 系統要求備有每分鐘升、降 72 MW 的負載跟隨能力(load following requirement)的調頻備轉容量。
- 系統要求備有升載備轉容量(spin-up reserve)、同步發電

(synchronised generation), 及可停電力(*interruptible loads), 以應付相當於最大一部機 70%容量的需求短缺, 或應付超過 15 分鐘以上的系統最大負載上升需求。

- 系統要求提供相當於最大一部機 30%容量的快速備轉容量(ready reserve), 及降載備轉容量 (spin-down reserve), 以應付單一電網事故, 使系統頻率能維持低於 51 HZ, 並於 15 分鐘內回至 49.8~50.2 HZ 系統頻率。
- 西澳 SWIS 系統要求備有最大機組 70%的升載備轉容量 +同步發電&可停電力、 102MW 快速備轉容量, 及 120MW spin-down 的降載備轉容量。

影響：間歇性再生能源增加使系統淨負載的短期變化擴大, 造成調頻備轉容量需求增加。

4. 西澳電力公司對於備用容量率水準及確保未來系統的供電充裕度之考量, 例如缺電機率 LOLP 或缺電機率期望 LOLE。

(1). 澳洲東部國家電力市場(NEM) 短期供電裕度評估：

NEM 市場中, NWS, Victoria 與 south Australia, Queensland, Tasmania 各區為獨立負載預測區進行調度前(今、明 2 天 pre-dispatched)及短期(提前 2~7 天 short-term)負載預測。 AEMO 以 10%(one in ten years),50%(five in ten years),90%(nine in ten years)實際值將超過預測值的機率來進行電腦自動負載預測。50%POE 用來處理調度前發電用預測。10%及 50%POE 則用來處理短期發電裕度評估(PASA; projected assessment of system adequacy), 並計算備用容量率。短期發電裕度評估(ST PASA)自每天交易日結束後進行未來 6 天評估, 以半小時資料顯示。中期發電裕度評估(MT PASA)自每週日公布後進行未來 24 個月評估, 以每天資料顯示。

澳洲負載預測系統(Demand Forecasting System, DFS)以 10%,50%,90%POE 進行調度前及短期負載預測, 自動產生每

半小時一筆負載需求預測，正常情況下不需人工調整。系統輸入資料包括：

- A. 歷史實績表登負載(從 2010 年)
- B. 即時實績表登負載(從 SCADA 即時傳送的資料)
- C. 歷史及預測的氣候資料(溫度及濕度)
- D. 非計畫的風力發電預測(從 Australian Wind Energy Forecasting System, AWEFS)，該預測系統須考慮即時的 SCADA 輸出資料、風速、風向、線上風機量、控制系統設定、數位氣候預測、風場即時相關資料等。
- E. 非計畫的光電發電預測(從 Australian Solar Energy Forecasting System, ASEFS)，該預測系統須考慮即時的 SCADA 輸出資料、日光照射、風速、風向、逆變器數量、晴雨、濕度、控制系統設定、數位氣候預測、光電場即時相關資料等。
- F. 一天型態(包括上班天週末學校放假國定假日日光節約時間等資訊)
- G. 強制規定等

AEMO 針對各區氣候變化，視情況會再以人工調整預測。針對當日調度前預測(pre-dispatch current day)做持續修正。隔日預測(pre-dispatch next day)則針對氣候預測更新，每天進行修正。短期預測(short term load forecast)則針對重要變化每天進行修正。針對當日調度前預測，各區預測錯誤門檻 NWS 訂為 150MW，Victoria 100MW，South Australia 50MW，Queensland 100MW，Tasmania 50MW，當持續出現兩次超過門檻情形則更新預測。

有關進行 10%,50%,90%POE 日前及短期負載預測，10%與 90%的預測值均為 50%值乘以一衡量因子(scaling factor)，此因子係經由實績負載資料統計分析及預測資料決定。

(2). 西澳電力部分：

在評估系統備用容量上，對未來 4 週每天 6 小時進行短期負載預測，評估短期系統供電裕度(Short term PASA)；並對未來 3 年的每 1 天進行中期負載預測，評估中期系統供電裕度(Medium term PASA)。

圖 2 顯示 SWIS 在 2011 年全年 52 週中夏季(12~2 月)及冬月(6~8 月)的負載預測，鋸齒狀紅線係以平均值+2 個標準差(機率 97.725%)來預測每週的負載，藍色線以實際值超過預估值之機率為 50%POE 來預估負載量，黑色曲線則以再考慮冬天氣候風險尖峰預估較高負載量，至於最上面持平線分冬季及夏季的預測值，則以實際值超過預估值之機率為 10%來預估負載量。

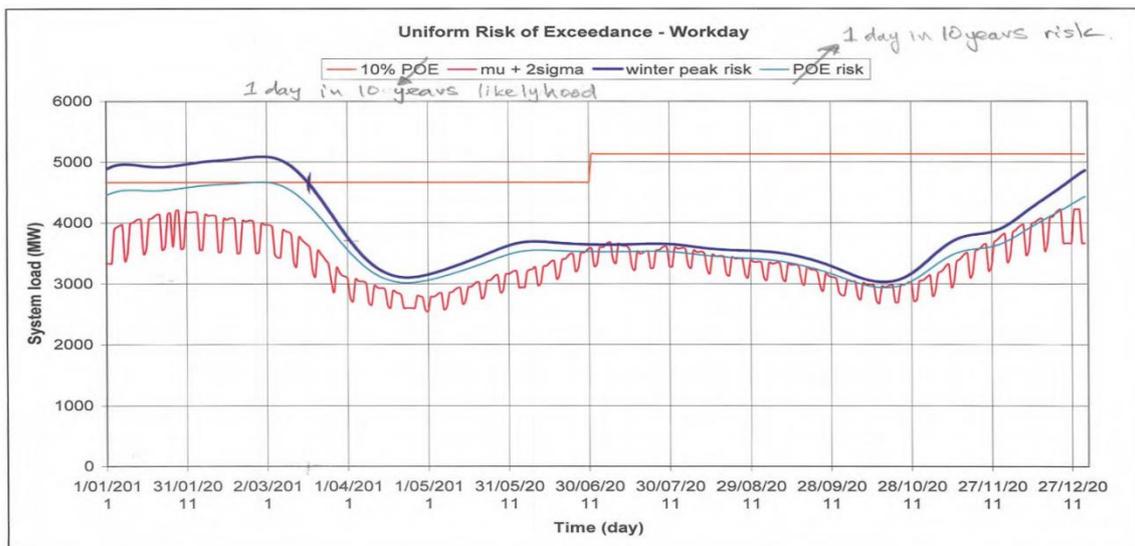


圖 2、SWIS 在 2011 年全年 52 週中夏季(12~2 月)及冬月(6~8 月)的負載預測

(3). 西澳電力系統的供電裕度

缺電機率 LOLP 是一個累積機率，用來評估系統的累積缺電機率。LOLE 缺電機率期望值是用來評估系統的期望缺電時間。LOEE 缺電量期望值是用來評估系統的期望缺電量。

評估短期、中期計劃性系統供電裕度 (Projected Assessment of System Adequacy, PASA) (如圖 3,4)，AEMO 針

對短期計劃性系統供電裕度採用 SEDM 及 Metrix 模型預估短期負載預測，SEDM 負載預測係以長期實績季節負載為基準進行預測；Metrix 短期負載預測則以未來 7 天短期氣候預測為基準，包括溫、濕度等因素進行預測。針對中期計劃性系統評估則採用平均值+2 個標準差來預估負載預測。另外，對於實績值與預測值的誤差，無論短期或中期的負載預測都增加一個以實績值超過預測值的機率為 10%的負載預測，如圖中紅色圓點標示的數，用以監控負載預測的發散情形。

在評估系統備用容量目標(reserve capacity target, RCT)及規劃備轉容量(planning margin)上，短期 PASA 供電容量評估為未來 4 週(28 天)每 6 小時，中期 PASA 供電容量評估為未來 3 年每 1 天。以平均值+2 個標準差來預估負載預測，並從備用容量目標(RCT)扣除規劃備轉容量(planning margin)後得系統剩餘備用容量 (system reserve)。

規劃備轉容量(planning margin)=最大一部機+第 2 大一部機熱機備轉。

- 短期、中期計劃系統供電容量(PASA)= 2 個標準差負載預測+規劃備轉容量(planning margin)
- 系統的剩餘備用容量(system reserve)=系統備用容量目標(RCT)- 規劃備轉容量-(平均值+2 個標準差)的負載預測
- 系統用 LOLP 缺電機率來規劃發電容量-而非用缺電時間 LOLE 來規劃
- 由於夏季尖峰負載變化較大，IMO 會再用 LOLE 缺電時間來管控夏季的系統操作
- LOLP 顯示其可能的缺電機率，LOLE 則顯示其可能的缺電時間(10 年 1 天缺電機率)

- SWIS 短期(4 週)計劃性評估系統供電裕度圖顯示：系統備用容量目標(RCT)扣除夏季出力減少後約 5500MW, SEDM 負載預測(平均值+2 個標準差)的尖峰負載預測約 3800MW， 10% POE 尖峰負載預測約 4400MW，規劃備轉容量(planning margin)580MW，系統的剩餘備用容量(system reserve)= 5500MW-580MW-3800MW =1120MW,
- PASA 可靠供電容量=580MW+3800MW=4380MW(以我國計算備用容量率方則約 $(580+1120)/3800=45\%$)

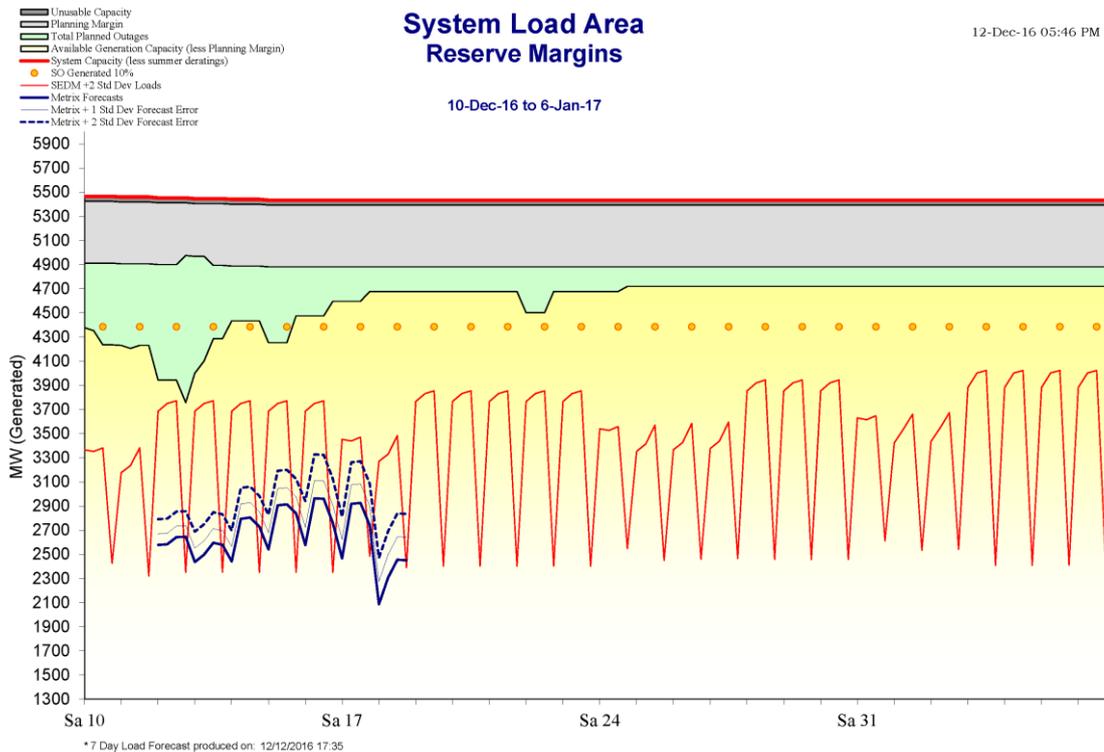


圖 3、SWIS 短期(4 週)計劃性評估系統供電裕度 PASA

- SWIS 中期(3 年)計劃性評估系統供電裕度圖顯示：系統可用容量(RCT)扣除夏季出力減少後約 6000MW, SOO 負載預測(平均值+2 個標準差)的尖峰負載預測約 4200MW， IMO 估計 10%POE 尖峰負載預測約 4400MW，規劃備轉容量(planning margin)580MW，系統

的剩餘備用容量(system reserve)= 6000MW-580MW-4200MW=1220MW,PASA 可靠供電容量=580MW+4200MW=4780MW

(以我國計算備用容量率方式則約(580+1220)/4200=43%)

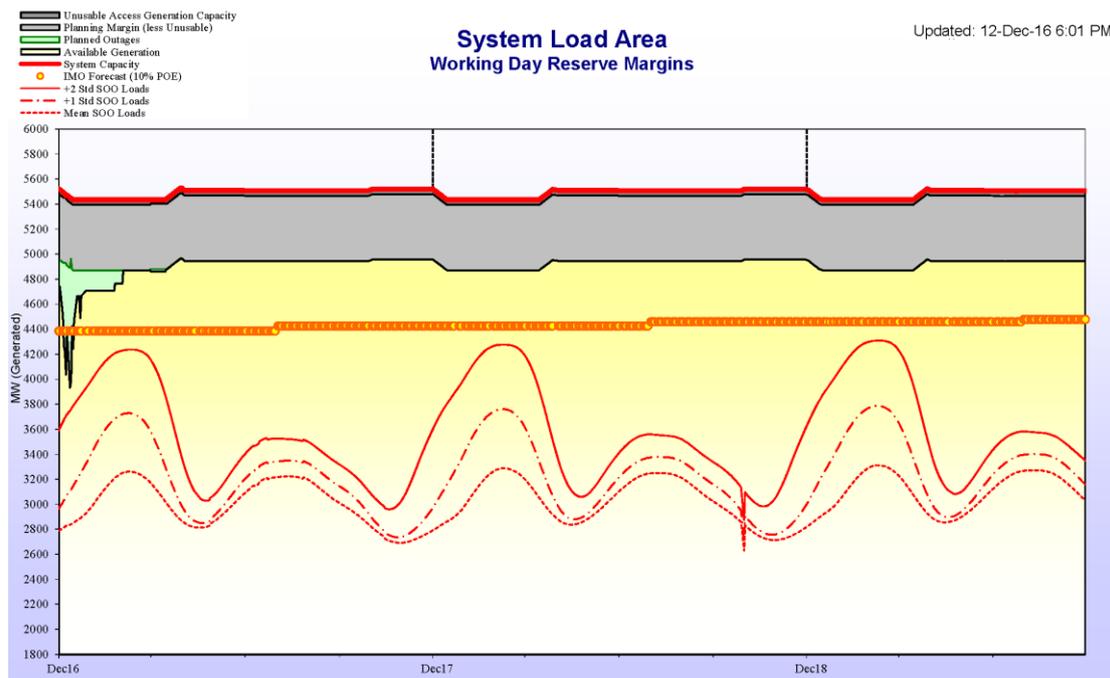


圖 4、SWIS 中期(3 年)計劃性評估系統供電裕度 PASA

提供建議：

- ①. 衡量間歇性再生能源對系統的貢獻應考慮其容量的變動及發散。
- ②. 輸電網連結之再生能源，其發電量貢獻可用平均值減 2 個標準差來評估。
- ③. 系統即時操作可以用再生能源的調度順序及調頻備轉來平衡輸電網與再生能源的連結。
- ④. 在配電網連結太陽光電上，SWIS 開發光電預測模型，將出力預測資料納入系統負載預測。
- ⑤. 透過系統淨負載的預測，使配電網之即時操作及預測因子與太陽光電出力結合。

(二) 間歇性再生能源的容量價值

1. 集中型、分散屋頂型太陽光電及風力發電的容量價值：

容量價值用來考慮機組在系統尖峰時段時，對系統容量的貢獻。再生能源的成本回收主要是在能量市場按市場競爭價格售電回收。

西澳電力看待集中型、分散屋頂型太陽光電及風力發電的容量價值，以能量市場的實際發電量、容量市場前一年發電容量的平均來回收成本，但不保障回本。業者主要以能量市場回收為主。於 2011 年 6 月以前，西澳州政府以 40 分/度保證收購屋頂型太陽光電，之後取消保證收購價，目前市場價格為 20 分/度，因此推動容量價值乘數，以鼓勵推動再生能源目標。

2. 高容量價值的再生能源作為計算系統備用容量率之可用容量之探討？

再生能源計算系統的備用容量率的容量價值與市場上的容量價值不同，運轉的容量價值(Operational CC)是指對系統的可靠度水準提供貢獻的供電能力，與電力市場提供容量交易的容量價值(Market CC)不同，備用容量率計算上會將再生能源運轉的容量價值(Operational CC)納入計算即時供電能力。

運轉容量價值(Operational Capacity Credit)係指機組對系統的一定可靠度水準提供貢獻的淨供電能力，亦即我方目前所討論的問題：是否容量價值可列入評估再生能源的淨尖峰能力？

運轉的容量價值(Operational capacity credit)指的是機組用來計劃備用容量和即時運轉使用的發電容量數據，與市場容量價值(Market CC)不同。在規劃上類似評估機組的負載跟隨能力 (Effective load carrying capability, ELCC)。負載跟隨能力即一部機加入系統中運轉，在維持系統的一定供電可靠度標準下所能應付最大負載上升的容量，代表其對維持系統一定供電

可靠度的貢獻容量。由於一般機組具可調度性，因此以小時來評估可靠度準確性較高；間歇性能源如風力，瞬間出力變化較大，以小時來評估則可信度偏低，應以更細時間區段來衡量才較為準確。台電系統龐大，各機組(包括間歇性能源)出力變化及負載變化難以明確掌握，這些因素都影響機組的負載跟隨能力評估。

3. 市場的容量價值(Market Capacity Credit)

(1). 西澳電力市場(WEM)

西澳電力市場機制包括容量與能量交易，提供投資者投入發電容量，可選擇單獨進入能量市場，或同時進入能量市場與容量市場。能量市場包括多種交易選項：平衡市場、短期市場，及各樣輔助服務市場。目前 Blair Fox' s West Hills 風場是惟一單一參加能量市場的風力發電廠。

西澳電力大部分能源交易在市場外透過雙邊合約交易，雙邊合約交易包括能量交易與容量交易，以減少透過 IMO 管理市場決算流程。IMO 負責處理市場參與者雙邊合約所訂的容量與能量交易，於市場上決算。如圖 5 所示的現金流決算流程。雙邊合約交易雙方於短期能源市場交易日前 1 日尚可修正條約為淨合約 (NCP)，差額提至平衡市場交易。當系統需要輔助服務時，市場參與者須分攤這個成本。短期能源市場決算以一週為基礎，其他交易則以月處理。決算調整可以追溯至初步決算報表公布前 9 個月，以處理爭議及改善表登資料。

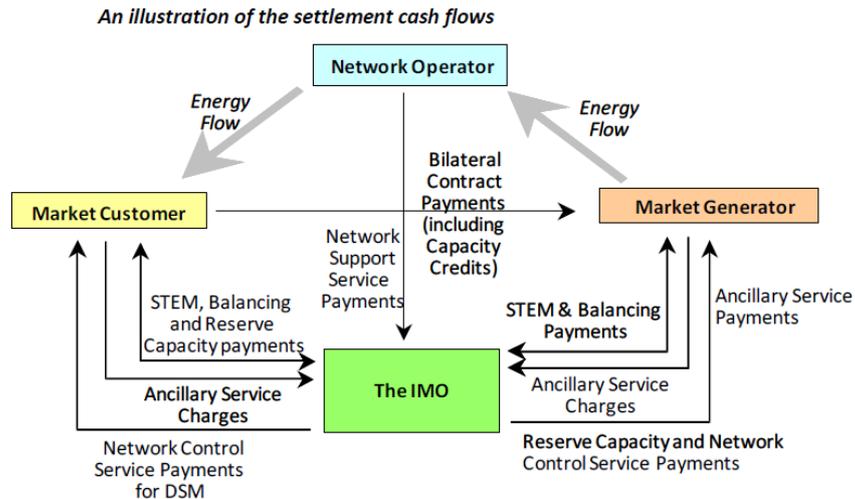


圖 5、現金流決算流程

(2). 備用容量機制(Reserve Capacity Mechanism)

在西澳電力市場，發電和需求面管理業者有能力且願意交易的容量必須向 IMO 申請適用於容量年 (capacity year) 的認證備用容量 (certified reserve capacity)。此認證指示該業者提供的容量須於容量年做到滿足市場容量需求貢獻與義務。

(3). 認證的備用容量轉換為容量價值(Capacity Credits)的基本義務為：

- A. 非間歇的發電機：提供容量給市場，透過形式的雙邊合約、短期能源市場，平衡、和容量來提供輔助服務，提供即時非計畫性的容量。
- B. 需求面管理：包括需求面方案、可調度的負載和可中斷負載，使這些容量在給予適當通知的情況下安排可用。
- C. 間歇性的發電機：應系統管理者的請求，於最大的可能範圍內即時發電或減少發電。

市場參與者也可以申請有條件認證或於拍賣前幾年早期申請認證備用容量。所需的資訊與正常認證過程相同。有條件認證提供潛在的投資者在融資和商談雙邊合約時更大的確定性。同樣早期認證備用容量過程允許較長的前置時間獲得容量，提供投資者和金融機構更大的確定性。早期認證的備用容量和隨後分配的容量價值無需重新申請認證備用容量。當市場參與者申請最終的認證，如果條件認證所依據的資訊不變，並且都提供所有批准認證所需資料，則它將自動地被認證。所有其他持有認證備用容量的經營者會在每年的 8 月或 9 月向 IMO 陳明：他們打算雙邊交易多少認證的備用容量。

如果 SWIS 有雙邊交易足夠認證的備用容量以滿足備用容量要求，則不舉行備用容量拍賣，所有雙邊交易認證備用容量將被接受授予容量價值。如果經由備用容量機制授予的容量價值比所需更多，IMO 容量價值支付價格將按比例縮小。容量價值的價格將依容量價值的理論總成本分配給實際上已分配的容量價值數量。如果雙邊交易的總容量並不完全滿足總備用容量要求（或可用層級的短缺），則雙邊交易的備用容量將授予容量價值。備用容量需求和雙邊交易的備用容量在每一可用層級之間的容量差額會在備用容量拍賣時購足。

在拍賣中獲得的容量會被賦予容量價值。每次的拍賣，將於 9 月舉行作為容量價值與 IMO。提供者每年將向 IMO 提供容量價值。SWIS 最高報價會落在新的尖載發電電廠。最高報價價格於拍賣容量年決定，是

最大備用容量價格。

(4). 備用容量拍賣

圖 6 列出了四個投標，每個投標表示那部分進入拍賣所提供的設備備用容量。依序提供投標價格，直到滿足備用容量要求。在這種情況下第三區塊須足額供應，意味備用容量需求供過於求。圖 6 中灰色陰影的區域表示三個區塊被安排提供。第四區塊售價為最高允許價格，不會被接受並將沒有付款。一些在拍賣上增加的規則：有限制數量的容量可被安排於一年中。允許這些資源安排於尖峰容量需求，持續時間短，但不是基載需求。在進行拍賣，首先滿足最高可用量的要求。任何剩餘可供容量被用來滿足第 2 級需求，依序。用於支應第二個要求次高可用量。該可供電不單獨依等級計價，而以最高價格決算。

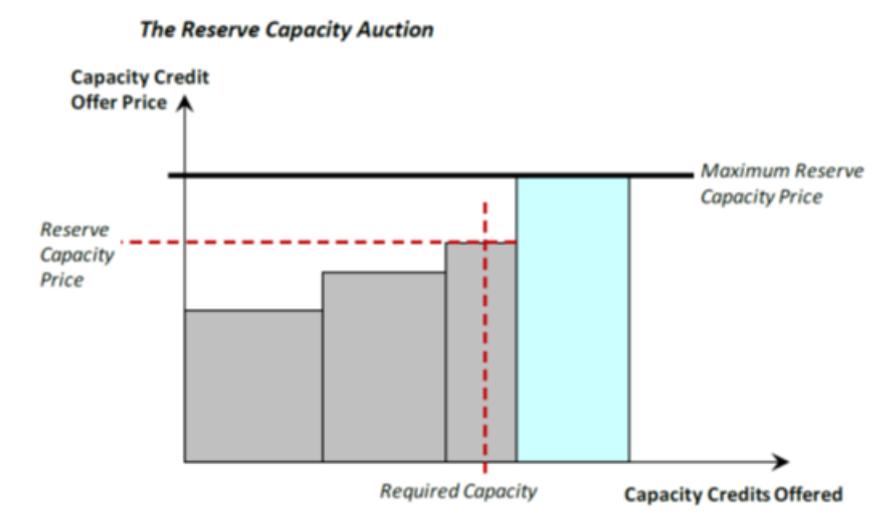


圖 6、投標備用容量

容量價值經由雙邊交易而不是被列入拍賣，雙邊安排容量當年便會停止，然後 IMO 會按容量價值的拍賣價格支付容量供應者。然而，通過拍賣分配容量價值給 IMO 於整個容量年，其容量價值無法因雙邊轉移到零售商，若認證的備用容量提供到拍賣但沒有排入，將

被終止，因為其可能為可供容量不足或者不被需求於該容量年。在這些情況下 IMO 將退回任何持有相關市場參與者的備用容量投標保證金。

(5). 備用容量價值分配過程(Allocation Process)

容量價值在一方提供備用容量並與客戶間已經在躉售市場雙方交易下，可以於當前的容量年度提出申請。這種轉移的好處是它可以減少需由市場客戶向 IMO 支付，並減少 IMO 從所需備用容量支付款給供應商。這將允許供應商和市場客戶在雙方商定的價格下交易容量，並會減低對市場客戶審慎監管要求。市場客戶若沒有雙邊承包的容量，也暴露財務成本的採購在更多的容量。隨著每個交易月，容量價值的供應商通知 IMO 有多少容量價值進行雙邊合作，以及與誰交易。因為在不同的價格有可能解決不同容量價值，如價格作出特別安排，供應商的容量價值須指出哪一組的容量價值正在使用雙邊交易，所以 IMO 知道到底應以多少支付其他容量價值。

於 2014~2015 年西南澳系統(SWIS)再生能源的總容量價值為 129MW，其中風力占 84%、生質氣及光電占 11%、5%。風力發電量占再生能源發電的極大部分，Collgar 風場裝置容量 206MW 占系統再生能源發電量的 40%，Walkaway 風場裝置容量 89MW 占再生能源發電量的 20%，2014~2015 年 SWIS 系統再生能源的裝置容量與市場容量價值列示如表 1。2005~2016 年 SWIS 系統依燃料別的容量價值列示如圖 7，20016~17 年再生能源的容量價值佔系統比只有 1.9%，列示如圖 8。

表 1、2014~2015 年 SWIS 系統再生能源的裝置容量與市場容量價值

Renewable energy Facilities in the SWIS, 2014–15 Capacity Year^a

Facility	Participant	Energy source	Nameplate capacity (MW)	Energy generated ^b		Capacity Credits ^c	
				GWh	Share (%)	MW	Share (%)
Albany	Synergy	Wind	21.6	56	3.3	10.4	8.0
Atlas	Perth Energy	Biogas	1.123	4	0.3	0.7	0.5
Bremer Bay ^d	Synergy	Wind	0.6	2	0.1	0.0	0.0
Collgar	Collgar Wind Farm	Wind	206	686	40.0	20.1	15.6
Denmark	Denmark Community Windfarm	Wind	1.6	5	0.2	1.3	1.0
Emu Downs	EDWF Manager	Wind	80	250	14.6	22.4	17.3
Grasmere	Synergy	Wind	13.8	39	2.3	6.1	4.8
Greenough River	Synergy	Solar	10	22	1.3	5.9	4.5
Henderson	Waste Gas Resources	Biogas	3.195	18	1.0	2.3	1.8
Kalbarri	Synergy	Wind	1.6	4	0.2	0.3	0.2
Karakin	Blair Fox	Wind	5	6	0.3	1.4	1.1
Mount Barker	Mt.Barker Power Company	Wind	2.43	6	0.3	1.0	0.8
Mumbida	Mumbida Wind Farm	Wind	55	187	10.9	18.2	14.1
Red Hill	Landfill Gas & Power	Biogas	4	24	0.8	2.8	2.2
Rockingham	Perth Energy	Biogas	4	14	0.8	2.5	2.0
South Cardup	Perth Energy	Biogas	3.369	26	1.5	2.5	1.9
Tamala Park	Landfill Gas & Power	Biogas	5.0	34	2.0	3.9	3.0
Walkaway	Alinta Energy	Wind	89.1	338	19.7	27.5	21.3

^a CleanTech Energy's Richgro Biogas Facility (BIOGAS01) was not operating in the 2014–15 Capacity Year and is not included in this table.

^b Energy generated is calculated based on SCADA data.

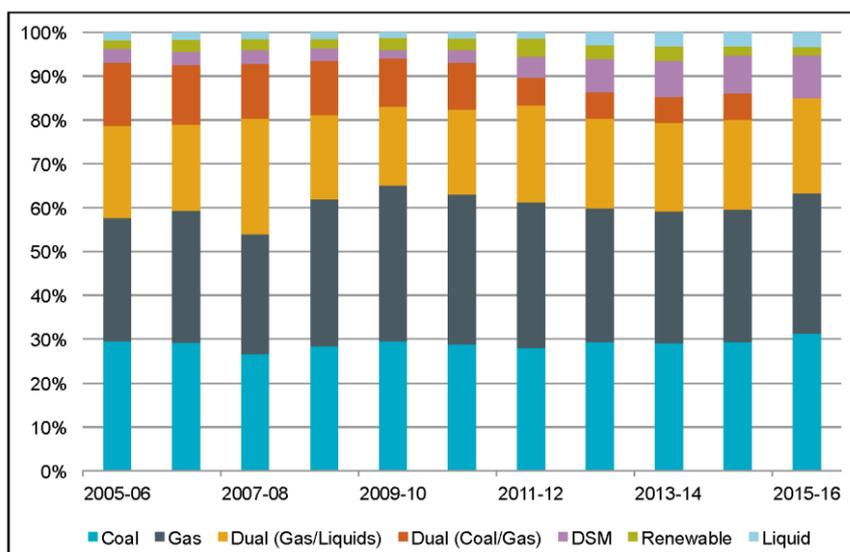
^c Rounded to one decimal place.

^d Bremer Bay wind farm did not hold Capacity Credits for the 2014–15 Capacity Year.

507.4

129.3

Percentage of Capacity Credits by fuel type, 2005-06 to 2015-16



Source: IMO

圖 7、2005-2016 年 SWIS 之不同燃料種料之容量價值佔比

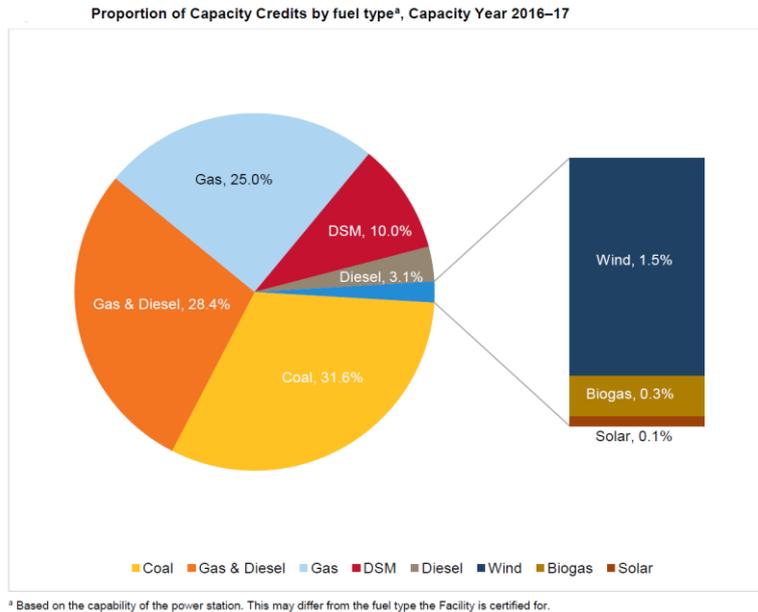


圖 8、2016~17 年 SWIS 發電能源系統容量價值佔比

4. 如何發現或決定調整不同再生能源占比下的再生能源容量價值：

市場容量價值(Market CC)是指發電業或需求面管理者欲貢獻容量，依 IMO 的容量需求，於年度向 IMO 提出申請容量價值。依據表一，2014~15 年 SWIS 風力最高容量價值交易量(Synergy 風場)10.4MW 約達裝置容量 1/2，其太陽光電最高容量價值交易量(Synergy 光電場)5.9MW 超過裝置容量 1/2，都可於備用容量市場或能量市場得到收入。

5. 如何克服系統再生能源占比逐漸提高對容量貢獻的問題：

目前備用容量機制(Reserve Capacity Mechanism)，凡發電和需求面管理業者有能力且願意交易的容量，必須向 IMO 申請適用於容量年(capacity year)的認證備用容量(certified reserve capacity)。此認證指示該業者提供的容量須於容量年做到滿足市場容量需求貢獻與義務。綁約的證明備用容量(certified reserve capacity)包括有：

- 非間歇性發電業提供給市場的可用容量，包括雙邊合約，短期市場加入、平衡加入、合約型輔助服務，及即時臨時

性可供容量。

- 需求面管理者提供給市場的可用容量，包括需求方案可調度負載及可停電力，使可用容量在充裕通知下能即時提供。
- 間歇性發電業提供給市場的可用容量，係指在系統管理者充裕通知下能即時提供儘可能可用容量給市場或減少發電量。

上述業者提供的容量須於容量年做到滿足市場容量需求的貢獻與義務。

(三) 西澳電力的開發展望

1. 未來電力開發上，當高占比的再生能源併入系統之因應方法:

依據 AEMO 2016 年發表的 WEM ESOO 報告(表 2)顯示：西澳 2016 年至 2025~26 年，10 年內屋頂型 PV 光電於尖峰時段年成長率高、中、低案分別為 12%, 11%, 8%，目前光電佔系統容量價值比還低，預期 2025~26 年亦一樣不會太高。

西澳的電力開發在因應再生能源併入系統，目前尚無抽蓄或儲能設施，惟其系統可用容量在 system capacity5500MW 及 2016 年 2 月實績尖峰負載 4,013MW 下，備用容量超過 $(5500/4013-1=)$ 37%，規劃備轉容量為 580MW,備轉容量率 $(580/4013=)$ 14%以上。

表 2、SWIS 2016 至 2026 年屋頂型 PV 光電於尖峰時段容量價值估計 3 案

Reduction in peak demand from rooftop PV systems

Year	Expected (MW)	High (MW)	Low (MW)
2016-17	197	230	99
2017-18	230	275	112
2018-19	265	323	124
2019-20	301	372	136
2020-21	336	423	148
2021-22	369	475	159
2022-23	401	523	170
2023-24	432	567	181
2024-25	461	609	192
2025-26	489	650	203

2. 目前西澳地區電力規劃在未來 10 年的發展藍圖：

依據 AEMO 負載需求預測估計(如表 3)，顯示未來西澳地區電力規劃因電力需求成長不大，2016~26 每年約 1.3%左右，系統規劃 2016~17 年,2017~18 年備用容量目標 RCT(Reserve Capacity Target) 分別為 4,557MW 及 4,552MW (規劃備用容量率分別為 $(4557/3819-1)=19\%$; $4552/3885-1=17\%$) 19% ,17% 。2017~18 年可用容量超過 RCT 1,066MW，達 $(1066/4552)=23\%$ ，因此雖在 2025~2026 機組除役會減少 206 MW，預估 10 年內不需增加機組容量或需量反應。

表 3、西澳 SWIS 系統未來 10 年的負載需求預測

Peak demand forecasts for different weather scenarios, expected demand growth

Scenario	2016-17 (MW)	2017-18 (MW)	2018-19 (MW)	2019-20 (MW)	2020-21 (MW)	5-year average annual growth	10-year average annual growth
10% POE	4,073	4,145	4,209	4,263	4,303	1.4%	1.4%
50% POE	3,819	3,885	3,943	3,991	4,023	1.3%	1.3%
90% POE	3,598	3,659	3,712	3,755	3,779	1.2%	1.3%

Source: AEMO and National Institute of Economic and Industry Research (NIEIR)

3. 再生能源在系統的可允許最大占比為何？

再生能源在系統的可允許最大占比問題，最大的問題應在大型且集中的機組供電可能突然消失，才是再生能源在系統的可允許最大占比必須面臨的問題。

西澳再生能源在系統的可允許最大占比問題，引述 2016

年 5 月 6 日 reneweconomy.com.au 的消息報導：西澳電力高級主管 Sean Mcgoldrick 表示：目前屋頂型光電在西澳電力容量有 550MW，每年成長 50MW。風力亦快速成長中，包括 207MW Collgar 風場及一些較小計畫正興建聯網中，再生能源在西澳有挑戰性。南澳亦有同樣情況，南澳未來約 50%的發電容量為風力及光電。西澳期望像南澳一樣未來白天電力期望能達到都由屋頂型光電供應，此受到能源部長 Mike Nahan 支持。Mcgoldrick 表示這些轉變目前已逐漸實現，如愛爾蘭及南澳增加再生能源在系統的占比達 40%以上，高占比再生能源在電網併網上的質疑已漸退。

(四) 東澳南澳國家電力(NEM)的開發展望

東澳南澳國家電力網(NEM) 2015 至 2036 年電力消費量呈現持平現象約 185Twh，原因有幾項因素，包括小型非計劃發電、電價變動、能源效率提升、及屋頂型光電增設等造成電力消費減量。示如圖 9。另有關國家電力 6 區(NEM) 2016 至 2036 年冬季、夏季尖峰用電容量示如表 4。

NEM 2015 系統裝置容量各能源發電配比如圖 10 及表 5。至 2036 年屋頂型光電有效發電容量示如表 6。2016~2017 年總容 4.9GW，至 2035~2036 年規劃總容量 19GW，將成長 2.9 倍，占 NEM 夏季尖峰負載 47.7GW 約 4 成。惟由圖 9 顯示其對電力消費量減少貢獻不到 10 分之 1。集合型光電+儲能系統 2016~2017 年總容量 24MW，2035~2036 年規劃總容量 3.8GW，將成長 157 倍，占 NEM 夏季尖峰負載 47.7GW 約 8%。示如表 7。

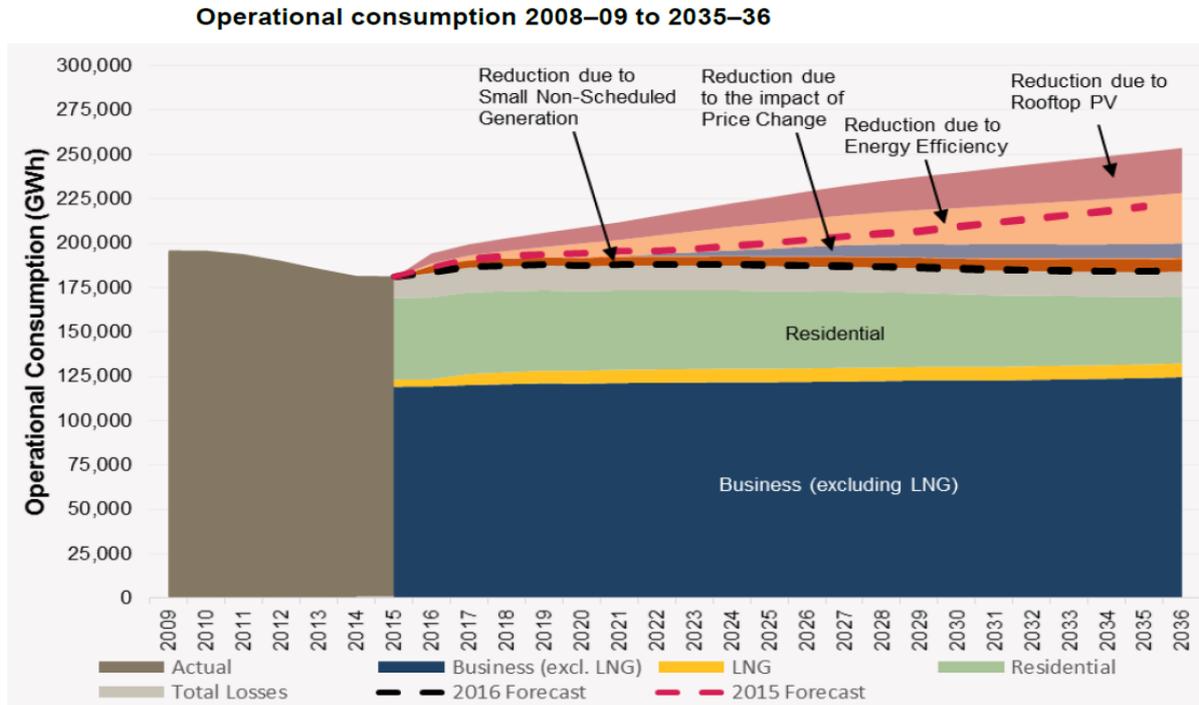


圖 9、NEM 2015 系統裝置容量各能源發電配比

表 4、澳洲國家電力 6 區(NEM) 2016 至 2036 年冬季、夏季尖峰用電容量預測

Maximum demand for summer and winter⁷ (10% POE⁸) (GW)

State	2016–17		2021–22		2026–27		2035–36	
	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter
New South Wales	14.2	12.3	14.1	12.5	14.0	12.8	14.1	13.2
Queensland	9.6	8.5	10.0	9.2	10.3	9.7	10.6	10.5
Queensland (excl. LNG)	8.8	7.9	9.0	8.2	9.2	8.7	9.5	9.6
South Australia	3.1	2.5	2.8	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5
Tasmania	1.5	1.8	1.5	1.8	1.5	1.8	1.5	1.9
Victoria	9.9	7.9	9.7	8.2	9.5	8.4	9.4	8.7

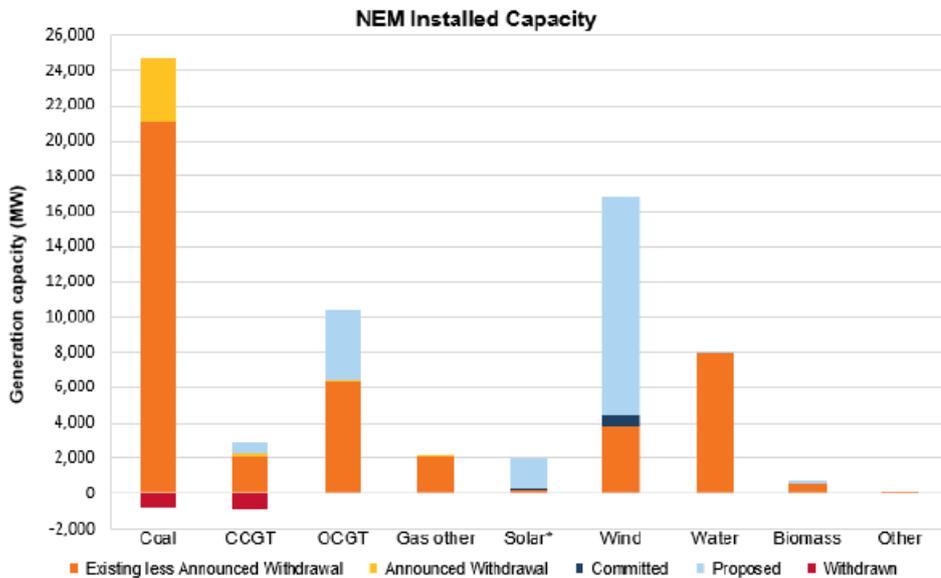


圖 10、NEM 2015 年系統各能源發電裝置容量配比

表 5、NEM 2015 年系統各能源發電裝置容量配比

Status	Coal	CCGT	OCGT	Gas other	Solar*	Wind	Water	Biomass	Other	Total
Existing	24,686	2,243	6,421	2,138	232	3,830	7,988	577	139	48,254
Announced/Withdrawal	3,600	171	34	30	0	0	0	0	0	3,835
Existing less Announced/Withdrawal	21,086	2,073	6,387	2,108	232	3,830	7,988	577	139	44,419
Committed	0	0	0	0	51	583	0	0	0	634
Proposed	0	715	3,965	0	1,724	12,442	34	166	0	19,045
Withdrawn	-786	-832	0	0	0	0	0	0	0	-1,618

Note: Existing includes Announced Withdrawal.

* Excludes rooftop PV installations

表 6、NEM 2015 至 2036 年屋頂型光電有效發電容量估計

	NSW and ACT	QLD	SA	TAS	VIC	NEM
2016-17	1,278	1,737	718	113	1,094	4,939
2020-21	2,112	2,580	1,024	188	1,850	7,754
2025-26	3,262	3,807	1,467	302	2,970	11,807
2030-31	4,452	5,141	1,787	428	4,157	15,965
2035-36	5,513	6,066	1,942	526	5,004	19,049

表 7、NEM 2016~2036 年集合型光電+儲能系統裝置容量估計

	NSW and ACT	QLD	SA	TAS	VIC	NEM
2016-17	7	9	1	0	7	24
2020-21	178	181	77	12	164	613
2025-26	442	402	279	33	495	1,651

(續)

	NSW and ACT	QLD	SA	TAS	VIC	NEM
2030-31	719	637	424	55	901	2,736
2035-36	1,004	847	517	67	1,348	3,783

肆、結論

- 一、澳洲電力為成熟的自由化市場，目前正積極朝開發再生能源方向發展。澳洲再生能源政策係以 2020 年要達到國家發電量占比的 20% 為目標，以配合溫室氣體排放目標於 2030 年要達到 2005 年排放量再減少 26~28% 之水準。2016 年 AEMO 提出規劃國家電力市場 (NEM) 系統光電容量占比至 2035~36 年將占 5 成，惟對電力消費減量不到一成，顯示 PV 對整體電力市場的能量貢獻有其限制。西澳電力因未來電力需求成長有限，未來傳統電源成長不大，將朝開發再生能源及儲能技術發展。台灣未來再生能源於 2025 年將大量將開發，無論部分與系統併網與否，若能充分掌握其發展趨勢，對其他火力發電計畫如燃氣複循環之規劃、負載管理因應措施包括需量反應，及市場制度引入儲能政策等均有極大助益。
- 二、有關風力及光電之對系統的淨尖峰能力對裝置容量轉換係數，澳洲認為有關風力及光電的容量價值判定應分兩種：一為市場上的容量價值 (market capacity credit)，一為運轉規劃上的容量價值 (operational capacity credit)，其定義及用途各有不同，應分開評估。市場上的容量價值由市場自行決定，運轉規劃上的容量價值由規劃單位依據對系統的影響來決定。目前國內因再生能源數量不大，運轉容量價值可能偏大，未來再生能源數量變大，有隨系統佔比增加而降低的可能，將進一步研究可能之變化，目前國外討論的以機組對負載之跟隨能力 (Effective load carrying capability) 或運轉規劃的容量價值 (operational capacity credit) 來判定淨尖峰出力，都可做為參考。
- 三、澳洲系統對風力、光電併網在系統備用或備轉容量上的因應對策及標準係以 10 年 1 天的缺電機率可靠度來決定其備用容量。2016 年西南澳 SWIS 系統 2016 年裝置容量為 6,410MW，其中

1,037MW 為間歇性再生能源占比 18.8%。系統可用容量 5500MW 及 2016 年 2 月尖峰負載 4,013MW，SWIS 系統之備轉容量標準為最大 2 部機，約占系統尖峰負載 14%，可用之備用容量於 2016~2017 年仍達約 37%。台灣電力系統目前仍受管制，電業法在 2017 年 1 月 11 日已 3 讀通過後，惟市場備用容量尚未修訂。未來在政府「綠電先行」政策下，澳洲的自由市場的備用容量機制與容量價值的認證觀念可供我方借鏡。

伍、建議

- 一、風力及光電對系統負載之跟隨能力或容量價值之判定，建議考量其變動性及發散性，以估算機組對負載之跟隨能力(Effective load carrying capability)，納入系統備用容量評估，惟應與市場上的容量價值分開釐清。
- 二、本公司在探討未來大量再生能源併網對系統合理備用容量率之影響，建議一方面可加強建立負載即時預測模型並結合其他模型如氣候、經濟、社會、人口及非聯網自用間歇性發電等滾動式預測資料，以掌握更準確的電力消費型態，另一方面對聯網之間歇性發電能源亦須加強預測分析，以評估其對系統衝擊之影響，予以即時調整機組調度。