

出國報告（出國類別：開會）

參加電力傳輸諮詢會議

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：莊政宏 課長

派赴國家：美國

出國期間：102年9月7日至14日

報告日期：102年10月15日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加電力傳輸諮詢會議

頁數 35 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/23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

莊政宏	台灣電力公司	系統規劃處	課長	23666899
-----	--------	-------	----	----------

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他：開會

出國期間：102 年 9 月 7 日至 14 日 出國地區：美國

報告日期：102 年 10 月 15 日

分類號/目

關鍵詞：EPRI、PG&E、風險機率分析、電網資訊整合應用

內容摘要：

此次行程主要參與 EPRI 所舉辦電力傳輸諮詢會議，參與本會議者大多為 EPRI 會員，除包括美加境內各電力公司、獨立電力調度 ISO 機構外、亦有相關國外電力公司參與。經由此次出國研習，獲得許多電力學門相關新技術知識，如在 P40 組別中，學習到「系統規劃策略、彈性與風險機率分析評估作法」、P39 組別中，相關「電網資訊整合應用」，有利於運轉調度人員即時判斷、P173 組別中，學習到「美西太平洋瓦斯及電力公司(PG&E)對整合再生能源挑戰」，如何處理再生能源佔比過大時之系統檢討作為。在此次出國研習中獲得 EPRI 許多新技術規劃思維，對系統規劃頗有助益，值得持續派員參與。

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

目 錄

目 錄	1
壹、感想與建議	1
貳、出國緣由與行程	1
參、參加電力傳輸諮詢會議紀要	2
一、P40.019 系統規劃策略與彈性	6
二、P39.011 資訊整合應用	8
三、P173 太平洋瓦斯及電力公司(PG&E)對整合再生能源挑戰 ...	11
四、P40.22 機率電網規劃研究	18

壹、感想與建議

一、系統規劃策略、彈性與風險機率分析評估

由於電網規劃除涉及中長期電網部分外，隨系統成長仍充滿許多不確定因素，因此綜合上述相關條件前提下，EPRI 於 P40 組別中已進行相關分析軟體或強化目前所使用電網規劃軟體(如 PSS/E)彈性，除可加速電網規劃作業時程外，進而更廣泛進行更多電網分析。另根據 EPRI 所統計資料顯示，以往美國境內各電力公司進行電網規劃事宜時，大多採用決定性規定方式(Deterministic criteria)辦理，然而執行數十年下來，與實際出現若干落差，如為兼顧嚴重事故情境下所投入電網投資興建，與實際運轉所出現對應事故機率過低，造成有過度保守投資之虞。因此 EPRI 於 2014 起將於 P40 計畫中開始進行風險機率規劃(Risk Base Planning)評估研究，建議未來可視 EPRI 所完成成果，再適時結合公司目前所使用 PSS/E 軟體，以朝未來公司採電網機率方向邁進，提升電網投資效益。

二、電網資訊整合與應用

該部分成果主要在 EPRI 之 P39 組別中，主要目的係發展簡易圖形介面或圖表資訊，可即時針對系統狀況進行內部模擬檢討後，可以人機介面方式進行適當判斷及操作運行。基於本研究目的，EPRI 目前

已進行圖形運轉判斷(Visualization of Operating Boundaries)、控制中心資訊整合(Integrating Asset Condition Information in Control Center)等兩項研究，預計可於 102 年底完成，屆時公司運轉單位可洽詢 EPRI 獲取本項研究成果，可強化未來公司運轉調度人員參考。

三、美西太平洋瓦斯及電力公司(PG&E)對整合再生能源挑戰

由於加州公共事業委員會已制訂於 2020 年達成再生能源(大陽光電為主要發展項目)佔比達 33%目標。因此為減緩或改善未來加州地區高佔比再生能源所帶來系統衝擊，PG&E 公司提出相關運轉彈性作法，諸如採取調整既有發電模式、調整電力市場機制、將多餘風或太陽能切離、需量反應、儲能系統等因應策略，以確保急遽電源變化運轉情境下，仍可兼顧電網運行穩定。

貳、出國緣由與行程

本處代表本公司參加美國電力研究院(Electric Power Research Institute, EPRI)之電網規劃組(P40)正式會員，出席 EPRI 於今(102)年 9 月在美國巴爾的摩召開之「電力傳輸諮詢會議(Power Delivery & Utilization Program Advisory Council Meeting)」，可以充分獲取電網規劃、運轉及有效率的輸電線路以因應未來低碳環境及大量可變發電機組與電力系統整合之最新發展與技術應用。

參加電力傳輸諮詢會議之行程，如表 1 所示。

表 1 本次出返國行程

日期	訪問機構名稱	活動內容
102.9.7 102.9.8	台北-舊金山-達拉斯-巴爾的摩	往 程
102.9.9 102.9.11	EPRI 電力傳輸諮詢會議	參加電力傳輸諮詢會議
102.9.12 102.9.14	巴爾的摩-洛杉磯-台北	返 程

參、參加電力傳輸諮詢會議紀要

102 年美國電力研究院(Electric Power Research Institute, EPRI)「電力傳輸諮詢會議(Power Delivery & Utilization Program Advisory Council Meeting)」於 9 月 9~11 日在美國馬里蘭州巴爾的摩召開，本處代表本公司參加電網規劃組出席，以獲取電網規劃、運轉及有效率的輸電線路以因應未來低碳環境及大量再生能源與電力系統整合之最新發展與技術應用。

會議期間各項分組研討會大多以研究計畫為單元，在同一時間分別於不同場地舉行，與會者可以就公司會員身份參加相關分組研討會，各個場次研討會的討論主題如下：

- P1：Power Quality(電力品質)
- P18：Electric Transportation(電力輸送)
- P40：Grid Operations, Planning& Integration of Bulk Renewables (電網運轉及規劃與再生能源整合)
- P94：Energy Storage(能源儲存)
- P161：Intelligent Grid(智慧電網)
- P170：End-Use Energy Efficiency and Demand Response(客戶端能源利用效率和需求反應)

- P174 : Integration of Distributed Renewables(配電級分散式
再生能源整合)
- P180 : Distribution Systems(配電系統)
- P182 : Understanding Electric Utility Customer(了解電力公司
客戶需求)
- P183 : Cyber Security and Privacy(網路安全和隱私)

由於本處為代表本公司參加 P40 電網規劃組為正式會員，故職本次主要參與 P40 會議討論，該 P40 電網運轉及規劃與再生能源整合議程，EPRI 於本次 P40 議程中亦討論相關 P39(Grid Operations)電網運轉及 P173(Bulk Variable Generation Integration)輸電級再生能源併網研究計畫，其中 P39 研究議程與運轉調度較為關聯，而 P173 議程主要討論輸電層級之再生能源併網所需關注與研究議題，目前本處亦已自 103 年起參加 P173 議程，希能藉由 EPRI 研究經驗，瞭解未來公司研討相關再生能源併網所需注意事項。

本次參與討論 P40、P39 及 P173 議程討論單位大多為美國境內既有電力公司或獨立運轉調度單位，如 ERCOT(德州電力可靠度委員會)、PG&E(太平洋瓦斯及電力公司)、SPP(美國西南電力網)、美國南方電力公司(Southern Company)參與討會。2013 年相關各計畫 P40

電網規劃組主要分項研究計畫如表 2 所示，P39 電網運轉組分項研究計畫列於表 3、P173 輸電級再生能源併網如表 4。

表 2 2013 年 P40 電網規劃組主要分項研究計畫

P40.016	HVDC/Load Dynamic Model Development/Validation
P40.018	Fault Location and Relay Setting Verification
P40.019	Flexible & Strategic Planning
P40.020	Frequency Response Adequacy
P40.021	Transmission Alternatives

表 3 2013 年 P39 電網運轉組主要分項研究計畫

P39.011	Situational Awareness Using Comprehensive Information
P39.012	System Voltage and Reactive Power Management
P39.013	Decision Support Tools for System Emergency and Restoration
P39.014	Application of New Computing Technologies and Solution Methodologies in Grid Operations
P39.015	Synchrophasor Applications: Stability Analysis and Prediction Using Synchrophasors

表 4 2013 年 P173 電網運轉組主要分項研究計畫

P173.003	Grid Performance and Modeling of Variable Generation
P173.006	Advanced Transmission Planning Tools for VG
P173.009	Renewables Impact on System Protection
P173.005	Applications of Stochastic OPF
P173.008	System Impacts of Generator Cycling
P173.010	Integration of Wind/Solar Forecasting into Operations

綜觀 P40 電網規劃、P39 運轉及 P173 再生能源等不同組別討論之技術發展與應用，下列研究主題受到相當重視，且與本處業務關聯性較大，因此特別分節摘要介紹目前 EPRI 針對各研究的說明，及對本公司未來電網規劃的助益。

(一)P40.019：系統規劃策略與彈性。

(二)P39.011：資訊整合應用。

(三)P173：太平洋瓦斯及電力公司(PG&E)對整合再生能源挑戰。

此外，目前 EPRI 亦規劃自 103 年起，在 P40 電網規劃組別中新增 P40.22 機率電網規劃研究，主要在於以往電網規劃係以決定性方式作(Deterministic criteria)為規劃依據，且通常以滿足尖峰負載情況下所

進行規劃作業，因此再不考量電網設備故障機率條件下，往往造成需進行額外電網建設投資，以滿足相關準則規定。另受於近來再生能源的蓬勃發展，造成電源不確定性增加(如氣候、燃料成本等因素)，相對帶來電網除需滿足電源需求外，電網亦需配合進行相關投資規劃，因此在原本決定性方式規劃原則下，可能形成電網過渡投資之虞。因此順應未來趨勢發展，EPRI 目前才因應其美國境內各電力、電網、電源等公司要求，著手於機率性規劃(Risk-Based Planning)研究，以做為未來電網規劃新思維，會中並邀集 SPP(美國西南電力網)專家，針對其所轄高再生能源佔比對電網規劃影響(Transmission Planning for High Levels of Variable Generation)提出相關說明，可作為本公司研究未來電網規劃參考。

一、P40.019 系統規劃策略與彈性 (Strategic and Flexible System Planning)

該研究主要在於進行電網規劃時，需考量許多情境分析，如不同負載條件、不同電源開發條件、電源發電模式、電網瓶頸地區等諸多條件，且規劃時與本公司相關非單一年度規劃，而是涉及中長期電網規劃。因此綜合上述相關條件前提下，如能有相關分析軟體或強化目前所使用電網規劃軟體(如 PSS/E)彈性，則可加速電網規劃時程，進而更能廣泛進行更多電網分析，而該部分 EPRI 目前已在其 P40.019 研究

中已有相關研究進度，如圖 1 所示(統計至 102 年 8 月底)。主要大多設定目標已完成，目前在於 Case Study 僅 15%，主要由於相關模擬檔案尚在建置中，因此後續 EPRI 表示將應用相關檔案於所分析軟體中。未來若 EPRI 該計畫研究完成後，該部分應可作為未來公司參考。

Metrics	Case Study	Long-term planning	Flexibility tool	Transmission in flexibility
<ul style="list-style-type: none"> • 5 metrics proposed • Soliciting feedback • Commencing report • 80% complete 	<ul style="list-style-type: none"> • Delay due to data issues • Resolution forthcoming • Will be used in conjunction with development of detailed capabilities of the flexibility tool • 15% complete 	<ul style="list-style-type: none"> • Astrape consultants' SERV tool employed for multi scenario study • Case study carried out on Californian system • Effect of variability and uncertainty on integration cost determined • Report forthcoming • 95% complete 	<ul style="list-style-type: none"> • Overhauled design • Redesigned based on analysis levels • Updated 2012 functionality • Screening levels 1 & 2 in Beta state • Level 3 detailed metric in Alpha state • DR, Hydro and energy limited models in development • Manual commenced • 90% complete 	<ul style="list-style-type: none"> • Literature survey complete • Algorithm development complete • Integration plan being developed for flexibility tool (large data and computational burden) • 60% Complete

圖 1 EPRI 之系統規劃與策略研究相關進度

圖 2 為目前 EPRI 針對美國加州區域電網中，因有大量佔比不確定性風力及太陽光電加入系統，因此在此不確定電源併網中，除將造成電源配置準確性外、亦需額外電源以維持電網可靠度。亦即當不確定電源佔比越高時，預計造成系統電源不足(或喪失負載期望值，loss of load expectation, LOLE)亦將提升。

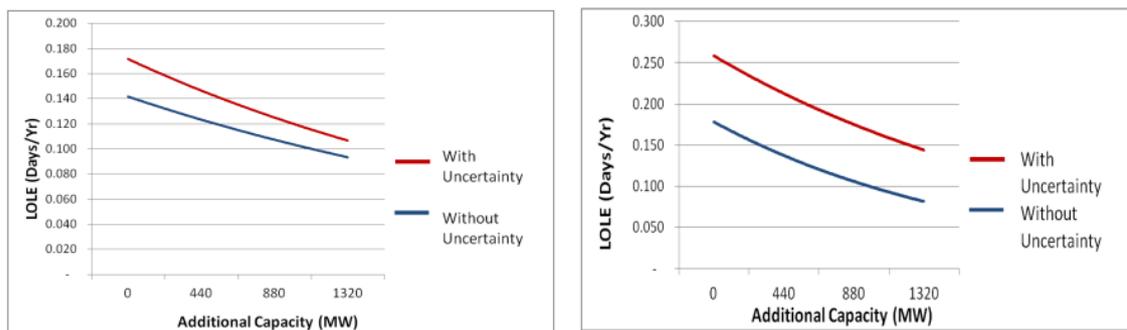


圖 2 不確定性再生能源併網，所造成電力不足期望值(LOLE)

二、P39.011 資訊整合應用 (Situational Awareness Using Comprehensive Information)

該部分研究主要與公司運轉較為相關，主要概念在於運轉調度人員可在即時眾多電力系統資訊中，經由簡易圖形介面或圖表資訊，可即時針對系統狀況進行適當判斷及操作運行。基於本研究目的，EPRI 目前進行圖形運轉判斷(Visualization of Operating Boundaries)、控制中心資訊整合(Integrating Asset Condition Information in Control Center)等兩項研究，預計可於 102 年底完成，屆時公司運轉單位應可洽詢 EPRI 獲取本項研究成果，可強化未來公司運轉人員進行系統調度參考作法，分述如下：

(一)圖形運轉判斷

圖 3 為目前 EPRI 所針對本項研究之時程表內容，目前在相關資料呈現於圖形介面之作業已近完成 70~80%，僅剩部分案例模擬與檢討。圖 4 為目前 EPRI 所與 PowerTec 合作開發可視化即時運轉監視系統，

主要在於輸入即時系統情境 CASE 後，經由 PowerTec 所原有 DSA 軟體計算(包含電力潮流、故障電流、電壓穩定度、暫態穩定度)後，將結果整合並以簡易圖形介面反應所需資訊供運轉調度人員判斷，以圖 4 顯示，經由事故分析後，以可靠度圖形指標、穩定度圖形指標、潮流線路過載及電壓變動情形等呈現。

Task	Milestone	Schedule	Progress
1	Display Enhancements	Dec 2013	70%
2	Improve Data Translation	Dec 2013	80%
3	Case Study	Dec 2013	45%
4	Final Presentation and Report	Dec 2013	0%

圖 3 圖形運轉判斷研究議題里程

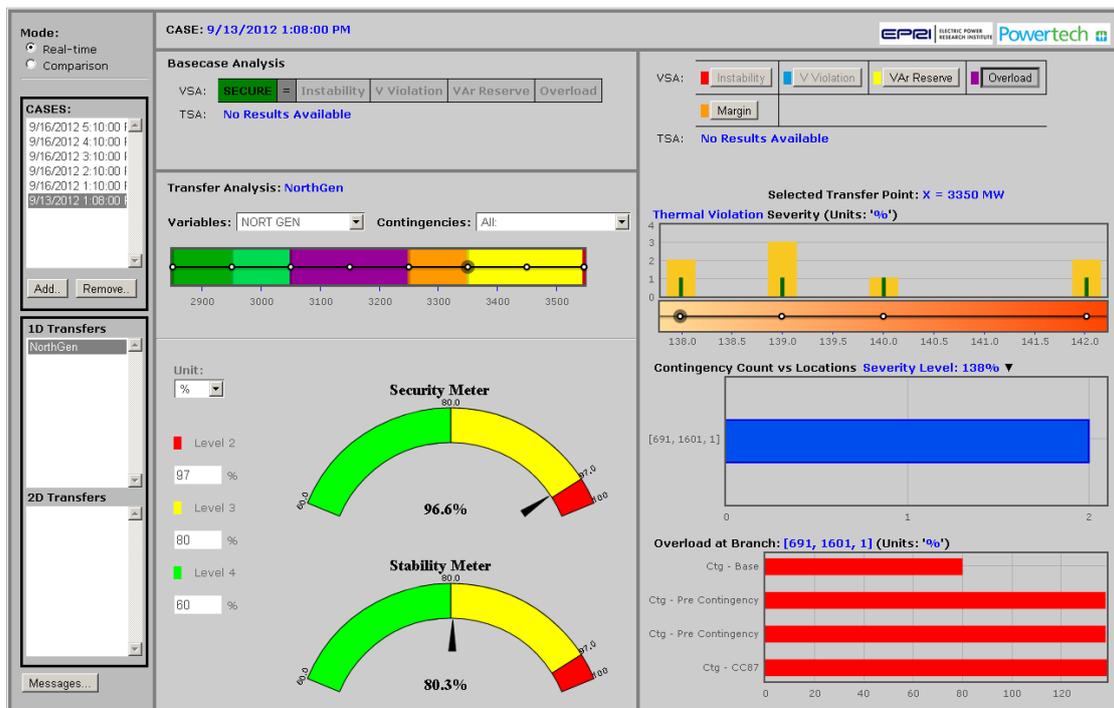


圖 4 可視化即時運轉監視系統

(二)控制中心資訊整合

該部分亦為 EPRI 另一項研究項目，主要經由模擬檢討不同電網情境 CASE 後，整合設備運轉資訊至控制中心，以獲得相關電網設備事故後，所可能造成對系統衝擊影響，本研究主要以美國紐約 ISO 之 101 年系統資料作為研究背景資料，並經由 EPRI 所已完成機率評估軟體 (PRA) 進行各事故條件下模擬，並將所獲得對電網衝擊影響結果經由嚴重程度排序。圖 5 即為目前 EPRI 針對此研究的發展進度，預計今年底亦可完成本項研究，亦可作為未來公司運轉調度人員參考。

Task	Milestone	Schedule	Progress
1	Case Study (shared work with NYSEERDA supp.)	Dec 2013	75%
2	Use Case Development	Dec 2013	50%
3	Control Center Operator Task Force (CCOTF)	Dec 2013	95%

圖 5 控制中心資訊整合議題里程

圖 6 為 EPRI 針對本議題所於 101 年發展概念，主要分為電網規劃與運轉、輸電線與變電所等兩部分。亦即在規劃及運轉上先行進行電網事故模擬檢討，而後篩選出影響程度較為嚴重事故情形與對系統所造成影響改善作法等，並進行發生事故之機率分析，以決定該事故條件下，是否需進行電網投資因應。由於以往若採用決定性規劃方式，改善該事故所造成對系統影響衝擊，及必須採以興建相關輸電線路或

變電設備以做因應，而若能針對各事故情形加以機率上分析，則更可達到更精進電網投資建設。亦即，經由機率分析後之系統檢討，可影響程度及發生機率，作為後續相關輸電網路建設排序參考。

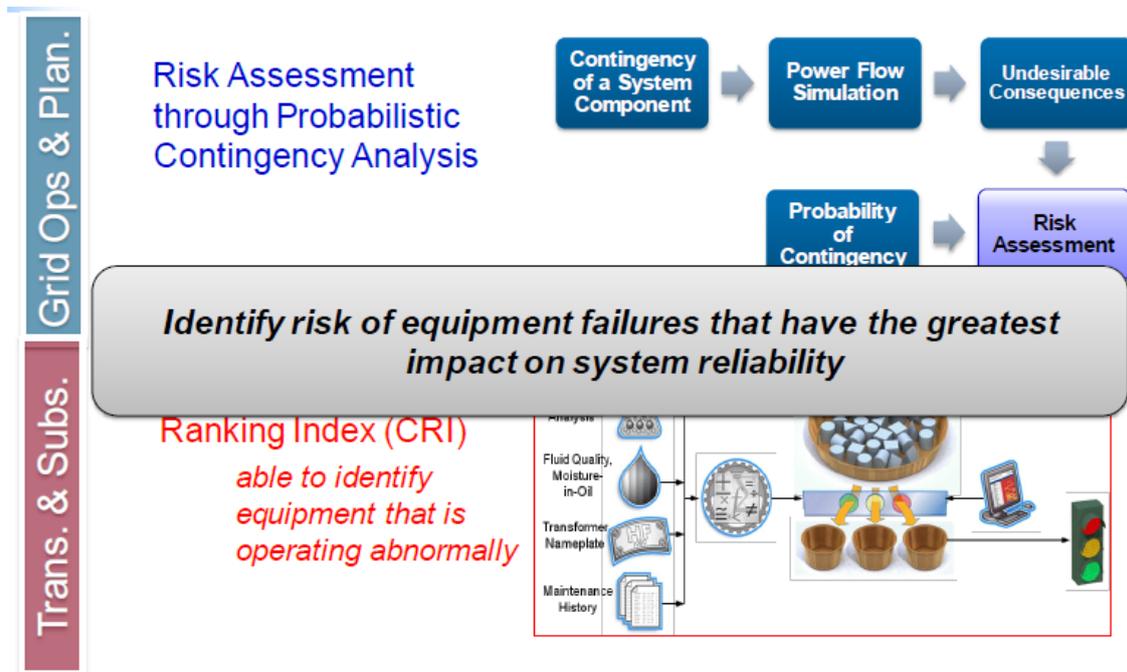


圖 6 控制中心資訊整合議題里程

三、P173 太平洋瓦斯及電力公司(PG&E)對整合再生能源挑戰 (Flexibility Challenges of Integrating Renewables)

(一) 太平洋瓦斯及電力公司(PG&E)背景說明

該公司位於美國加州，成立於 1905 年，目前最高負載紀錄為 95 年 7 月 25 日尖峰負載 20,882 MW。主要服務面積達 70,000 平方英里，相關地理服務區域如圖 7 所示，配電線路總回線公里約 141,215 英里、輸電線路約 18,616 英里。



圖 7 美國 PG&E 公司服務範圍

(二) 加州政府政策

目前加州政府在能源發展及利用上已有許多政策上執行藍圖，圖 8 為概述美國加州有 5 個發展階段，分述如下：

1. 提高能源效率(Energy Efficiency, EE)：已在加州公共事業委員會 (California Public Utilities Commission, CPUC) 有 3 年能源效率提升計畫執行。
2. 需量反應(Demand Response, DR)：已在加州公共事業委員會有 3 年計畫執行中。

- 3.再生能源(Renewables)：101 年目標在 2020 年再生能源佔比達 33%。相關收費機制亦在加州公共事業委員會中訂定。並預計在 102 年後的未來，將持續修正其再生能源佔比，如圖 9 所示。
- 4.分散型電源(Distributed Generation, DG)：包含加州太陽光電發展潛能、用戶自備發電機、淨能源計算量測方式等。
- 5.乾淨傳統能源發展：加州公共事業委員會所推動之降低採購複循環機組費率、溫室氣體排放標準、機組節約用水，以及加州 ISO 對機組退休規劃等。

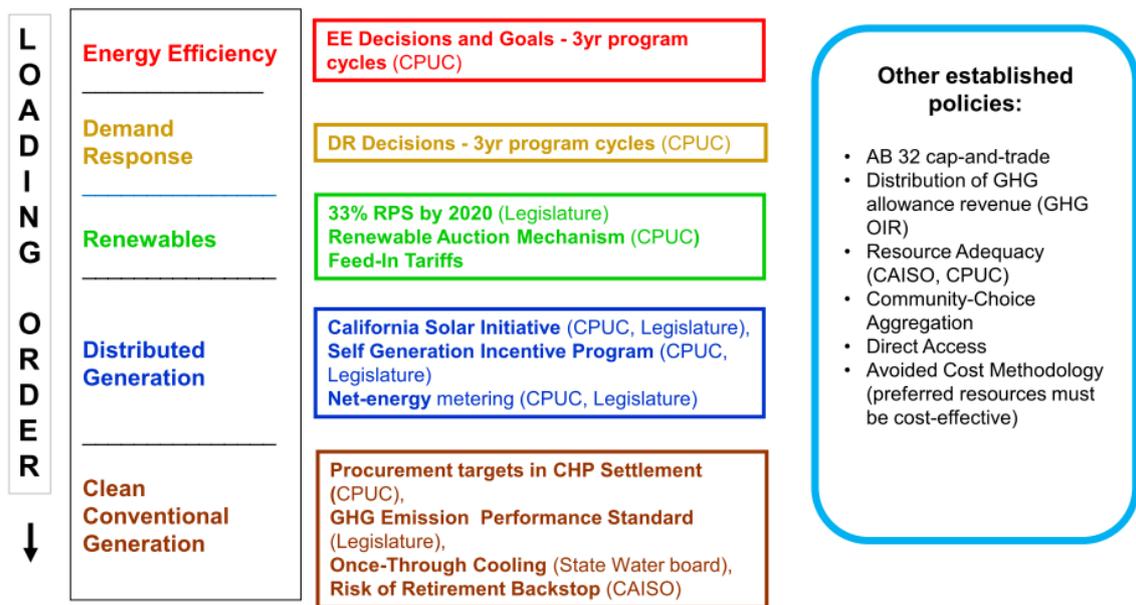


圖 8 美國加州政府對能源發展規劃藍圖

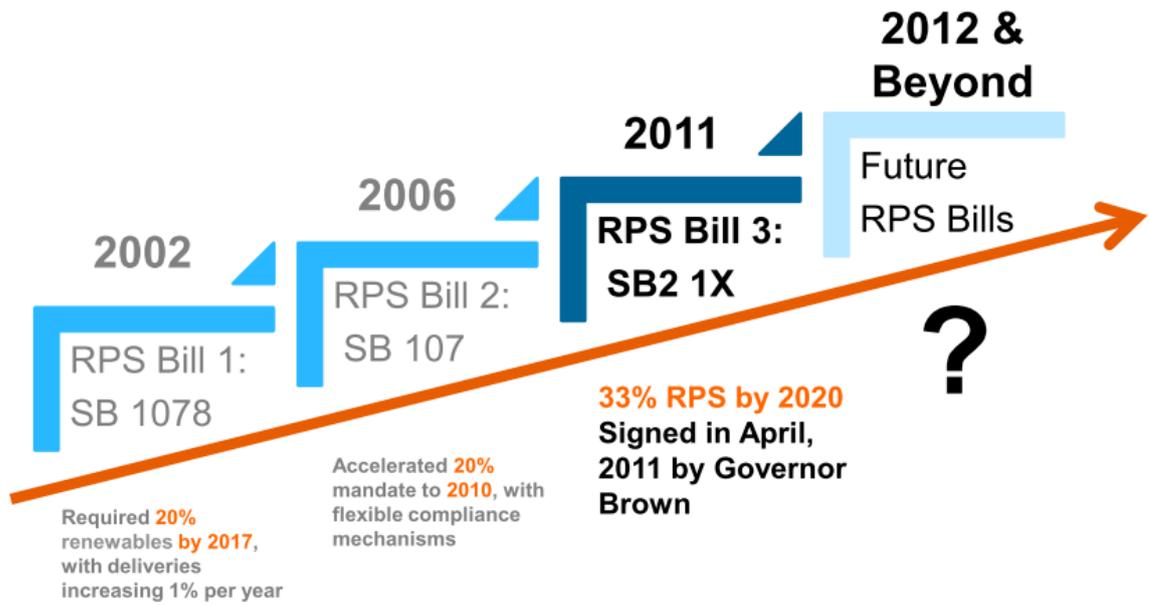
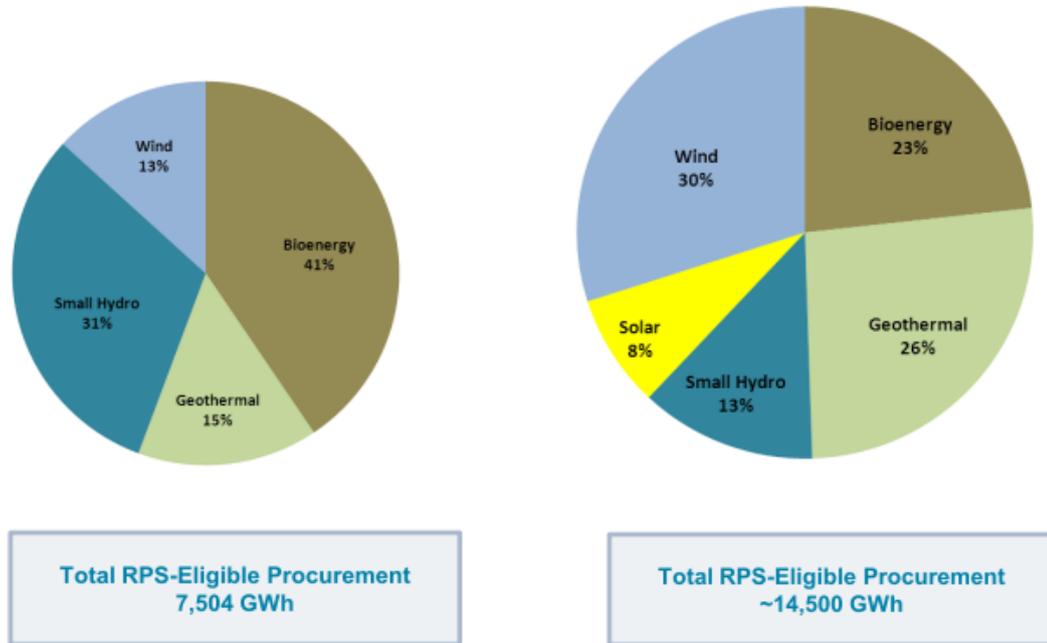


圖 9 加州政府對再生能源佔比規劃

(三) PG&E 再生能源裝置容量

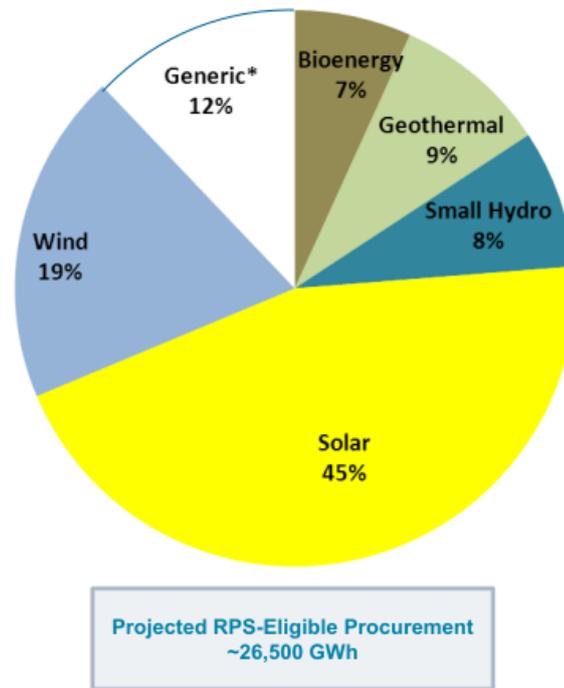
目前加州政府在能源發展及利用上已有許多政策上執行藍圖，圖 8

為概述美國加州有 5 個發展階段，分述如下：



(a)2002 年 11%佔比

(b)2012 年 19%佔比



(c)2020 年 33%佔比

圖 10 PG&E 於 2002、2012 及 2020 年再生能源發展規劃

(四) PG&E 所面臨挑戰及改善策略

圖 11 為本次會中 PG&E 代表進行簡報時所稱之『鴨子圖』，亦即自 2013 年起，太陽光電之發電佔比逐漸加大，尤以 2020 年達所有再生能源裝置容量 45%為最，因此加州 CAISO 預估，在白天日照 7-9 時期間開始至中午 15 時間，電網其它機組需降低出力，以避免電網中過多電源，而在後續日照逐漸減少時，亦需在短短 15-20 小時時間內備足其它電源所需，因此在此急遽電源變化運轉模式下，相關電源及電網調度就顯的重要。

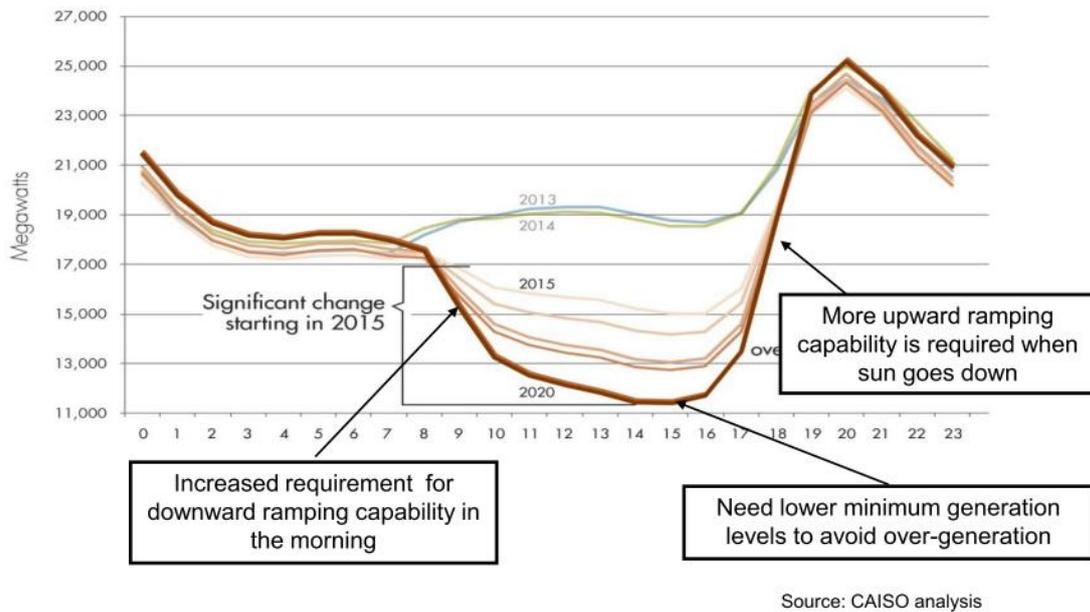


圖 11 加州 ISO 對高佔比太陽光電加入，所預期備用電源準備

圖 12 為加州 ISO 統計 3、5、7、9 四個月份中之每日運轉情形，由圖中可知，3 月份期間於 16-19 三小時期間有最大電源變動情形發生 (Ramping)，因此短時間內需備足將近 8,000MW 電力需求，相當本公司目前 6 部核四機組(淨尖峰能力 1,269MW)能力，因此該巨大電源變化在當再生能源佔比逐漸加大的電力系統中，是有必要注意研究課題。另在 7 月份期間，雖電源短時間變化不及 3 月份來的嚴峻，但其最大與最小電源出力差異亦達 20,000MW 之多，將近目前台電公司電源裝置容量一半。因此再檢討再生能源佔比對電力系統影響研究時，參照目前加州 ISO 及 PG&E 公司經驗，應需著重在再生能源短時間 Ramping 及最大/最小電源差異，以備足相關熱機備載容量及備用電源。

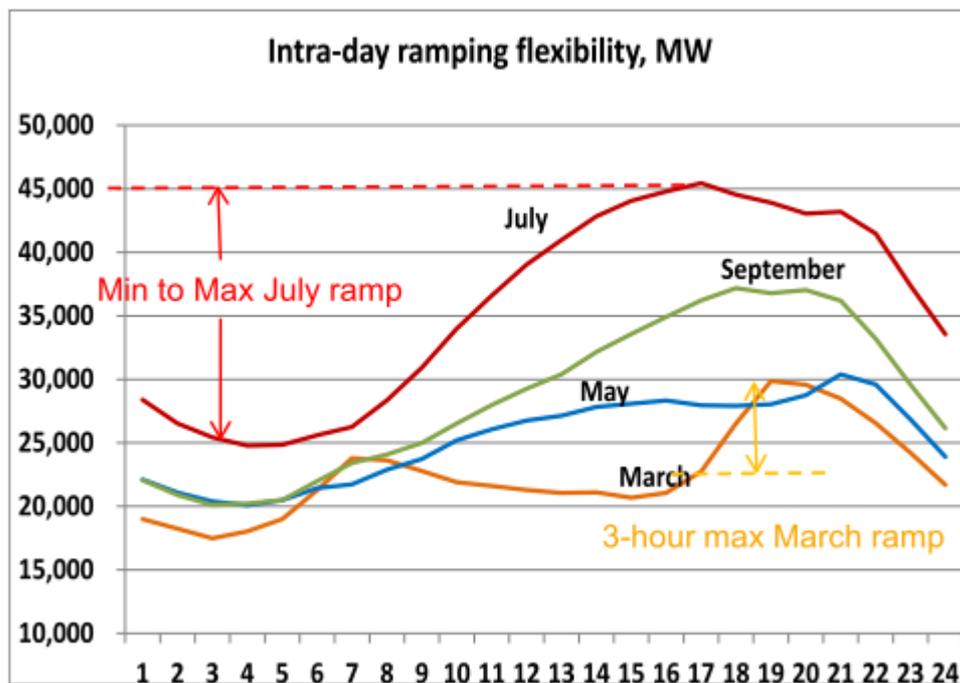


圖 12 加州 3、5、7、9 四個月份中之每日運轉情形

為減緩或改善未來加州地區高佔比再生能源所帶來系統衝擊，PG & E 公司提出相關運轉彈性作法，以節省需增加固定資產投資選擇。

圖 13 為其所整理所採取調整既有發電模式、調整電力市場機制、將多餘風或太陽能切離、需量反應、儲能系統等因應策略。

依圖 13 可知，當採取不同因應措施時，其所需投入成本大約呈現指數形方式增加，亦即採儲能設備是為最昂貴方案。而以既有機組配合再生能源發電情形為最低投資方案。因此倘未來公司在某些區域因再生能源有過多情形發生時，如未來澎湖低碳島、金門風力等相關小電力系統需處理再生能源佔比過大問題時，可以本案力作為未來規劃參考。

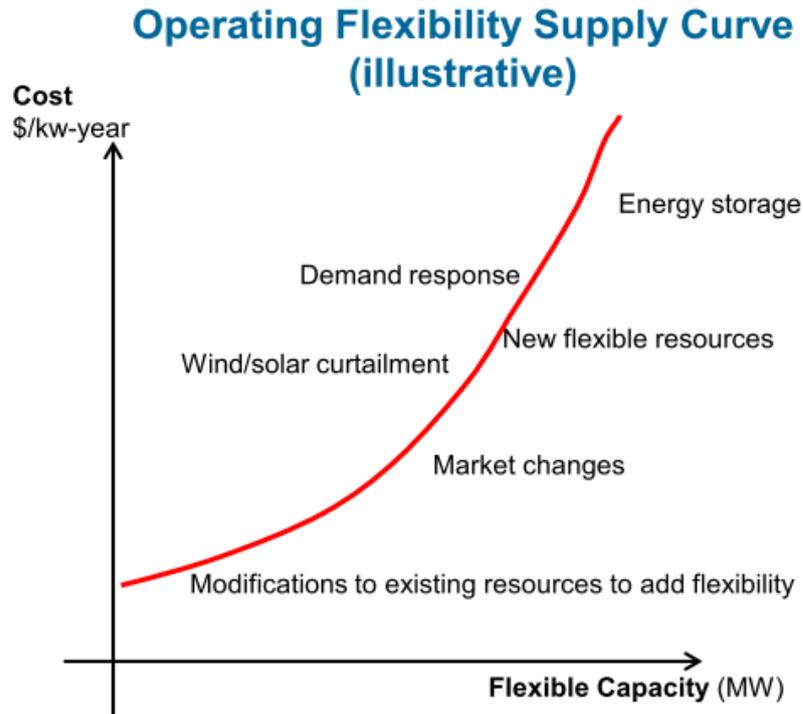


圖 13 採取不同因應措施與電網投資額度關係

四、P40. 22 機率電網規劃研究 (Risk Base Planning)

(一) 機率電網規劃研究之需要性

由於以往美國境內各電力公司進行電網規劃事宜時，大多採用決定性規定方式(Deterministic criteria)辦理，然而執行幾年下來 EPRI 所統計結果顯示，出現若干落差如下：

- ✓ 僅事故發生影響，並無考量發生事故機率
- ✓ 高事故衝擊層面影響，低發生率事故情境(high impact low probability , HILP)
- ✓ 通常以最嚴重事故情境且發生在系統尖載條件為考量

- ✓ 不確定負載、發電配置與網路條件
- ✓ 近幾年來外在條件改變(不確定因素增多)
 - 風力/太陽光電、需量反應機制、分散性電源
 - 自由化市場、環境保護政策
 - 燃料成本、氣候、負載成長

因此，在此未來充滿變數與不確定的電網規劃上，為能有效發揮投資效益，納入機率性規劃議題，應為未來電網規劃所必須進一步考量策略，也應是公司未來電網規劃發展所需更進一步發展規劃方向。

(二) 目前 EPRI 對於相關機率電網規劃研究說明

1.於 EPRI P40 組別之進展

依據 EPRI 所對於機率分析規劃之時程規劃，已在其 Grid Operations & Planning 組別中，概以分為六個階段發展藍圖，如圖 14 所示。相關進展如圖 15 所示。

- ✓ FS1：整合電源與負載資源技術
- ✓ FS2：模擬軟體開發與模型
- ✓ FS3：電力系統回復及啟動
- ✓ FS4：系統控制技術
- ✓ FS5：政策發展

✓ FS6：專案小組與技術發展

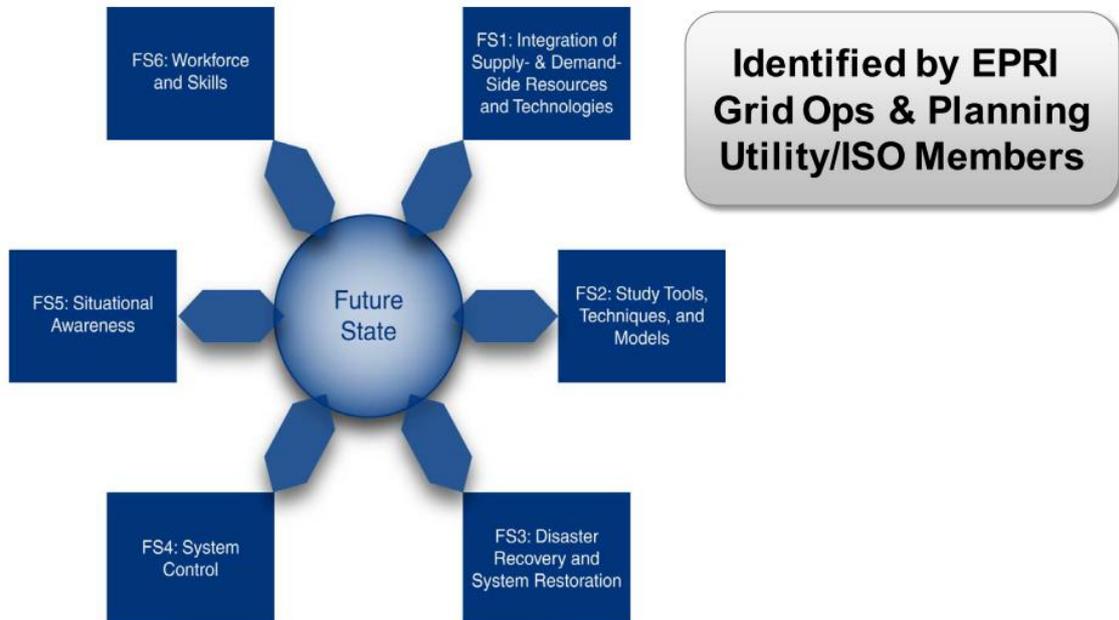


圖 14 EPRI 之 RBP 六個階段發展藍圖

Grid Ops & Planning R&D Future State		Roadmap	Methods & Criteria	Case Studies	Data Require.
Existing Road Maps	Integration Supply & Demand Resources/Technologies				
	Study Tools, Techniques and Models				
	Disaster Recovery/System Restoration				
	System Control				
	Situational Awareness				
	Workforce and Skills	Not directly addressed			

圖 15 EPRI 之 RBP 規劃進展

另在圖 15 中可發現，以 EPRI 所規劃發展藍圖中，為能有效利用 EPRI 之研究成果進行本公司未來機率分析規劃引入，應可俟其相

關發展模擬程式、技術及方法有成果後，即可進一步引進公司做為參考。

圖 16 即為目前 EPRI 針對發展方法及規定(Methods & Criteria)之規劃里程碑，依圖 16 可知其分斷規劃時程介於 2013~2018 年間，其共有 5 個里程碑達到目標。因此以公司而言，本處未來將以參考 EPRI 於 2014 所預計完成 RBP 規劃準則，適時先行納入本公司電網規劃準則發展更新參考，並自 2014~2016 年三年期間與 EPRI 密切聯繫關於發展 RBP 分析軟體進展，適時結合公司目前所使用 PSS/E 軟體，以朝未來公司採電網機率方向邁進，提升電網投資效益。

Tasks	Development Phases					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Evaluate Gen. & Trans. RBP metrics & criteria	■	■				
Evaluate/develop RBP methods/tools		■	■	■		
Develop guidelines for incorporating RBP into deterministic processes		■	■	■		
Develop RBP methods/tools for dynamic stability		■	■	■		
Update/commercialize RBP methods and tools					■	■

圖 16 EPRI RBP 之 Methods & Criteria 里程碑規劃

2.於 EPRI P173 組別之進展

目前於 EPRI 之 P173 組別中，其 P173.006 已正發展規劃針對變動性再生能源之機率規劃分析研究。主要架構如圖 17 所示，主要精神先行以年或月方式統計負載、風力/太陽光電、等出力情況，再利用最小平方誤差法(Non-linear Least Squares)方法找出最近似方程式來代表該負載或電源出力變化情形，而後經由 EPRI 所研究 CLL 程式(輸入資料包括設備事故率統計)，即可作為 PSS/E 程式輸入參數，如圖 18 所示，而後即可利用 PSS/E 分析獲得以包含機率分析出來之相關電力潮流、電壓變化、及可靠度等指標，後續再作為電網投資評估選項。

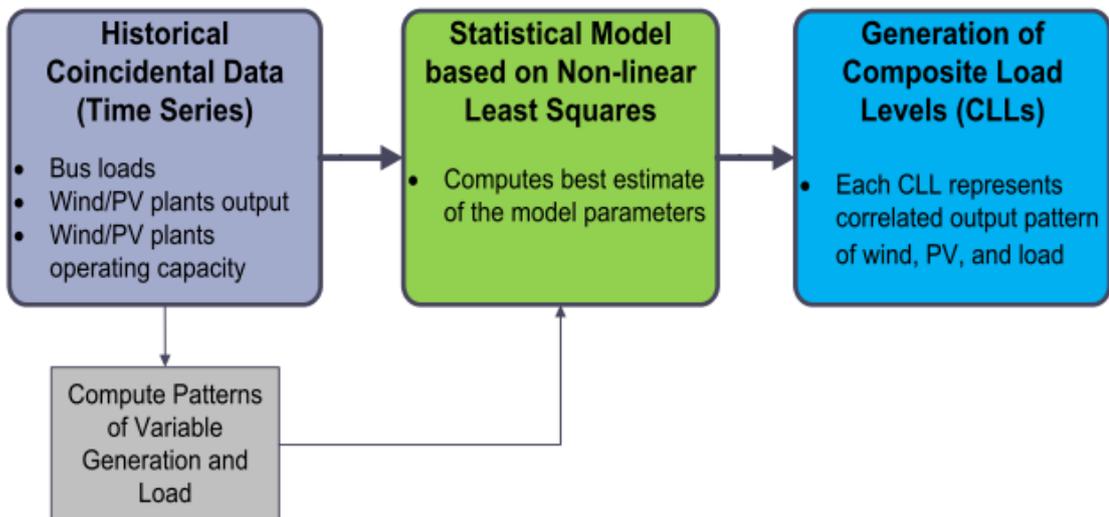


圖 17 對再生能源併網之機率分析流程

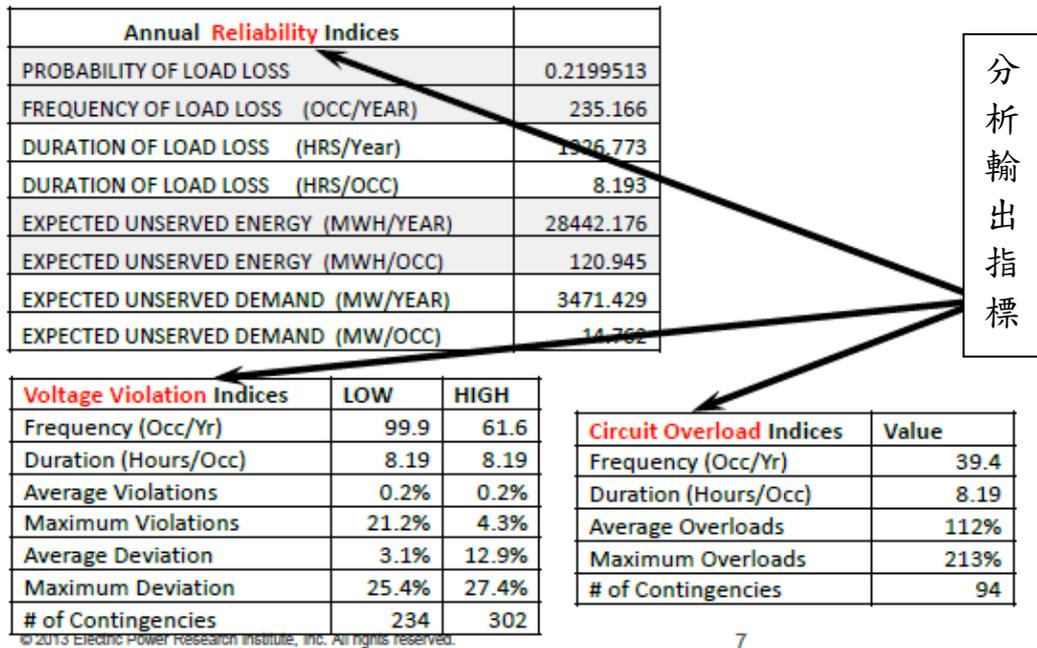


圖 20 經由分析後所獲得相關可靠度、電壓、超載等指標

3.於 EPRI P39 組別之進展

主要應用機率分析於該 P39 組別中，主要以 2012 年之 NYSERDA 案例進行模擬檢討，如圖 21 所示。其主如先前所闡述 P39.11 部分，分為電網運轉與規劃、輸電及變電兩部分，電網規劃與運轉中，係以經由機率分析獲得相關不同事故情境下所發生對系統影響評估，而後在經由電網各輸電或變電設備運轉穩定性，進行排序指標 CRI (Equipment Condition Ranking Index)，最後可獲得機率分析下之檢討結果。

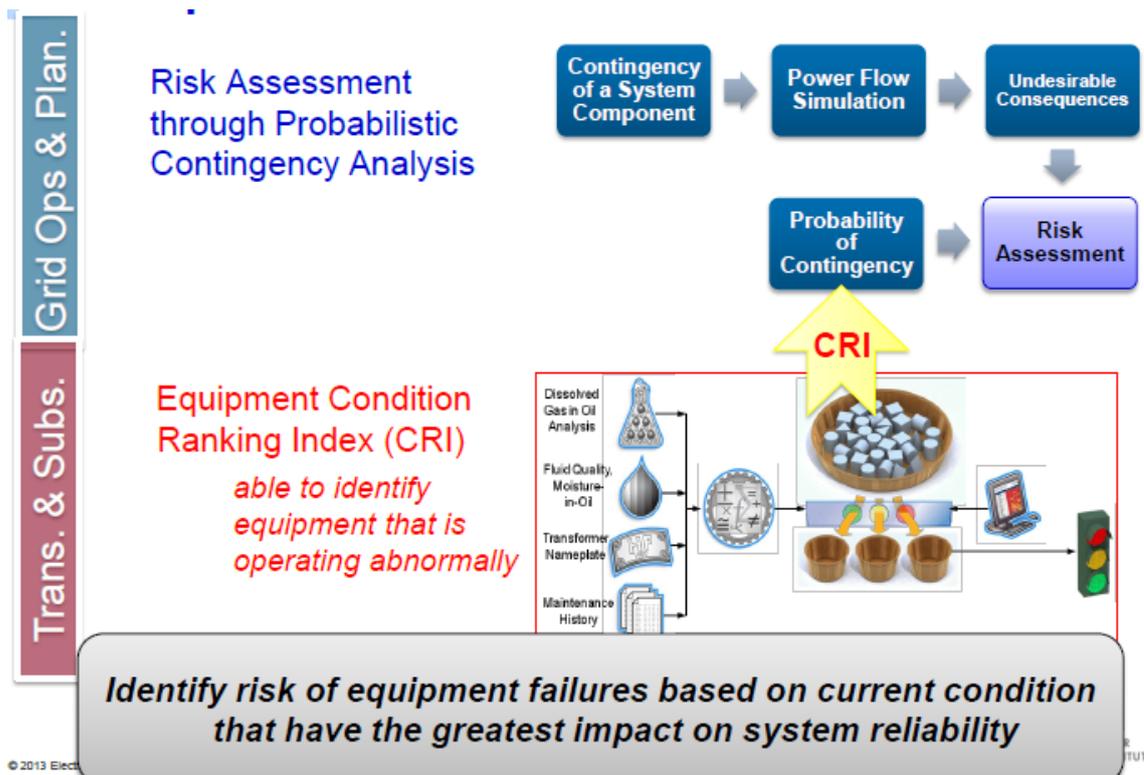


圖 21 考量機率分析下之相關控制中心資訊整合

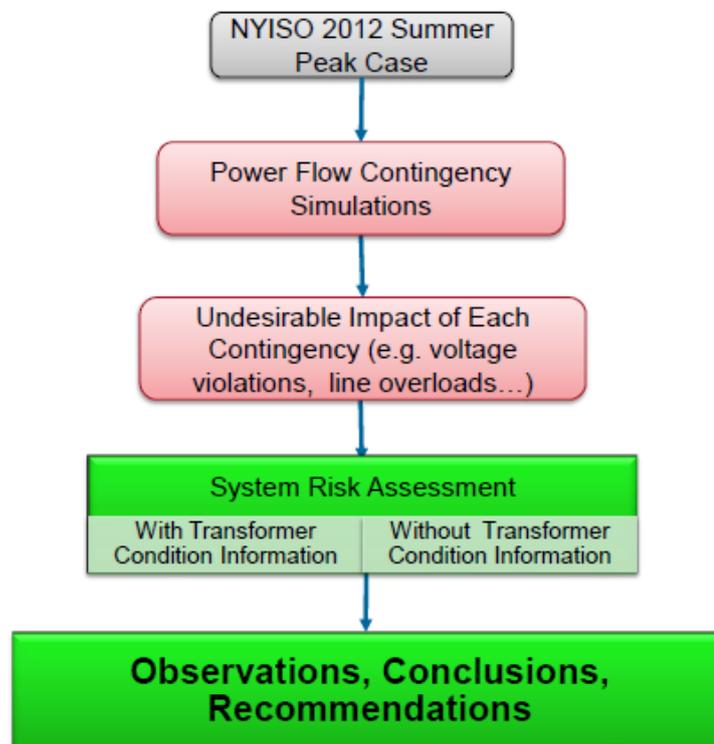


圖 22 進行 NYISERDA 模擬檢討流程步驟

圖 22 為進行 NYSERDA 模擬檢討流程步驟，先經由決定性方法進行相關系統分析，而後依據每個較嚴重事故所檢討產生檢果，進入下一機率分析步驟，最後獲得該事故發生時之相關技術指標呈現，作為後續判斷依據。圖 23 顯示其共分析 N-1、N-2、N-3 等不同事故情境分析(事故組合包含發電機、線路、變壓器)，合計共 95671 事故案例。

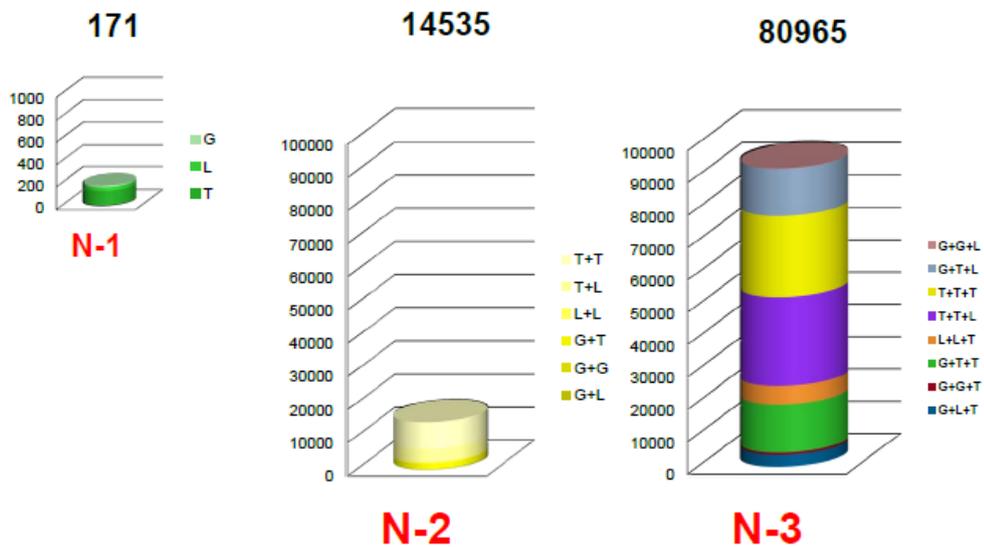


圖 23 進行 NYSERDA 模擬檢討事故情境組合

圖 24 為模擬 N-2 結果所顯示相關過載、電壓不符合、可靠度等指標。可藉由該分析所統計各指標資訊，作為相關事故情境分析下所可能對系統影響層面依據參考。

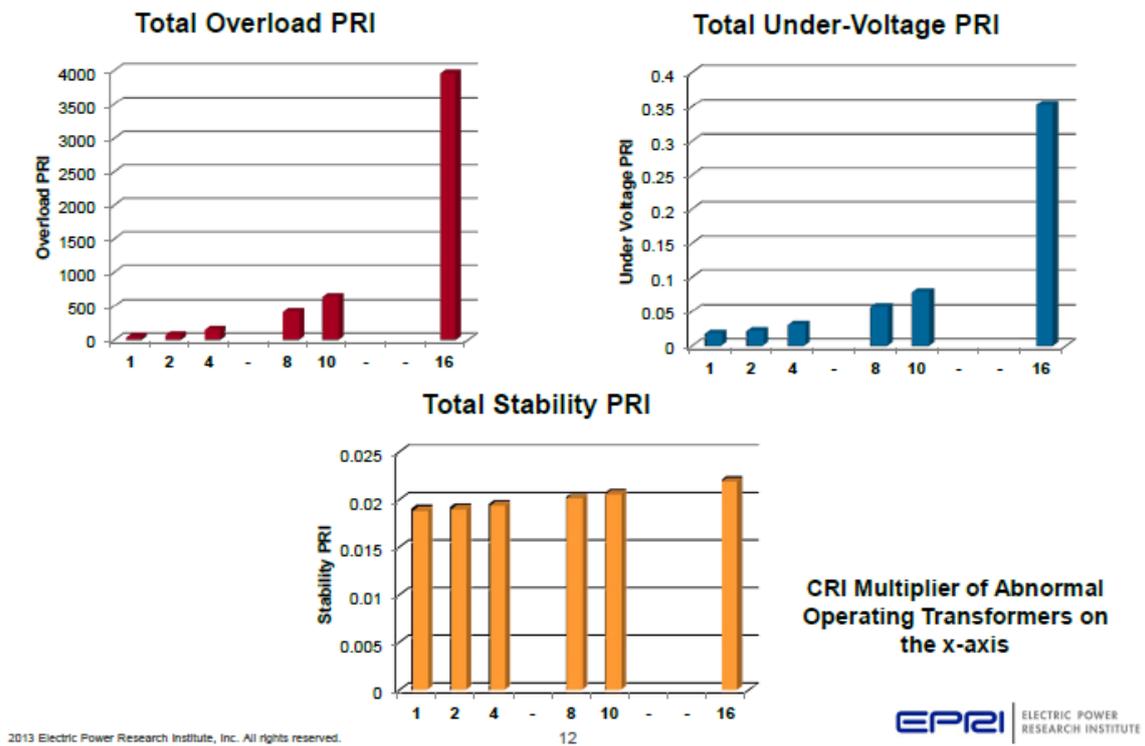


圖 24 模擬 N-2 檢討結果之相關指標

(三) 美國 SPP 聯網對機率分析規劃案例說明

1. 北美可靠度聯網介紹

依據北美可靠度委員會(NERC)，目前美國及加拿大共分為 8 個聯網區域，分別為 WECC、MRO、NPCC、RFC、SPP、SERC、FRCC 與 TRA 等，如圖 25 所示。

圖 26 顯示，目前北美共有 10 個獨立電網調度單位，主要負責各自區域之電力系統運轉調度。以 SPP 為例，其既有各自聯網區域外，亦兼顧獨立 ISO 組織。

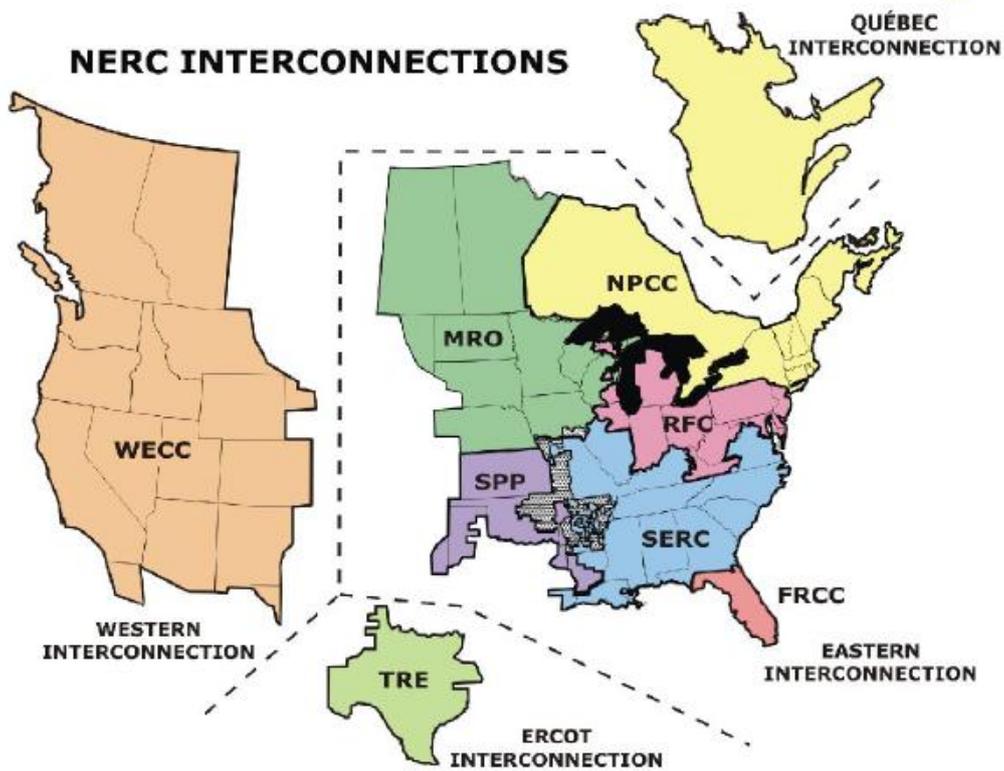


圖 25 北美 NERC 之聯網區域

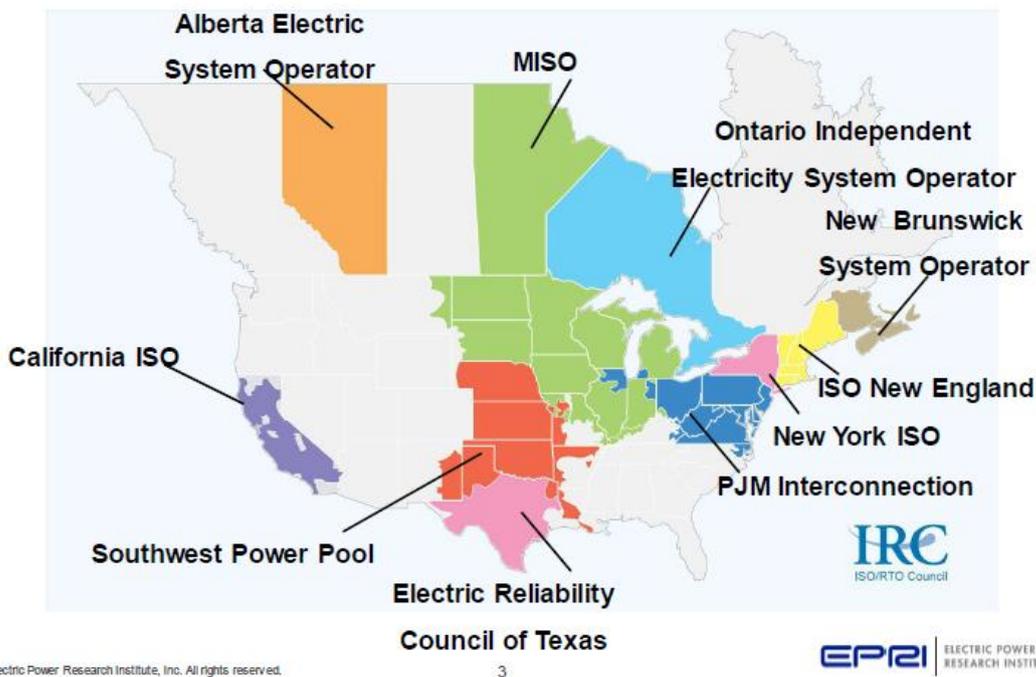


圖 26 北美各獨立調度中心(ISO)

2.SPP 運行範圍及特性介紹

(1)SPP 背景說明

美國西南電力網(Southwest Power Pool, SPP)，主要服務範圍及輸電網路容量如下：

- 服務範圍：370,000 平方英里範圍
- 915 座發電廠
- 3,921 所變電所
- 合計共 48,638 英里輸電線路。其中 69kV 為 11,966 英里、115kV 為 10,302 英里、138kV 為 10,129 英里、161kV 為 5,066 英里、230kV 為 3,787 英里、345kV 為 7,023 英里、500kV 為 93 英里。

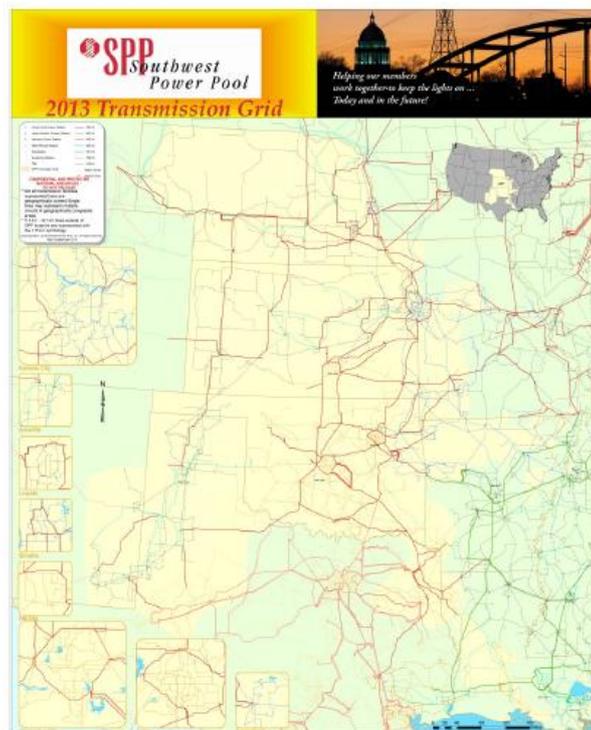


圖 27 美國西南電力網範圍

(2)SPP 潛在風能及太陽光電

圖 28 為美國再生能源實驗室(National Renewable Energy Laboratory, NREL)所統計全美風力及太陽能潛在地區。由圖可知，以圖 28 風能顯示其風能豐沛地區集中在美國中部地區，如德州 TRE、西南電網 SPP 等；而圖 28 太陽能部分，則以聚集在墨西哥地區，如加州，因此加州 ISO(CAISO)才需規劃至 2020 年太陽光電達總裝置容量 33%之檢討，以降低高佔比太陽光電對電網影響衝擊。

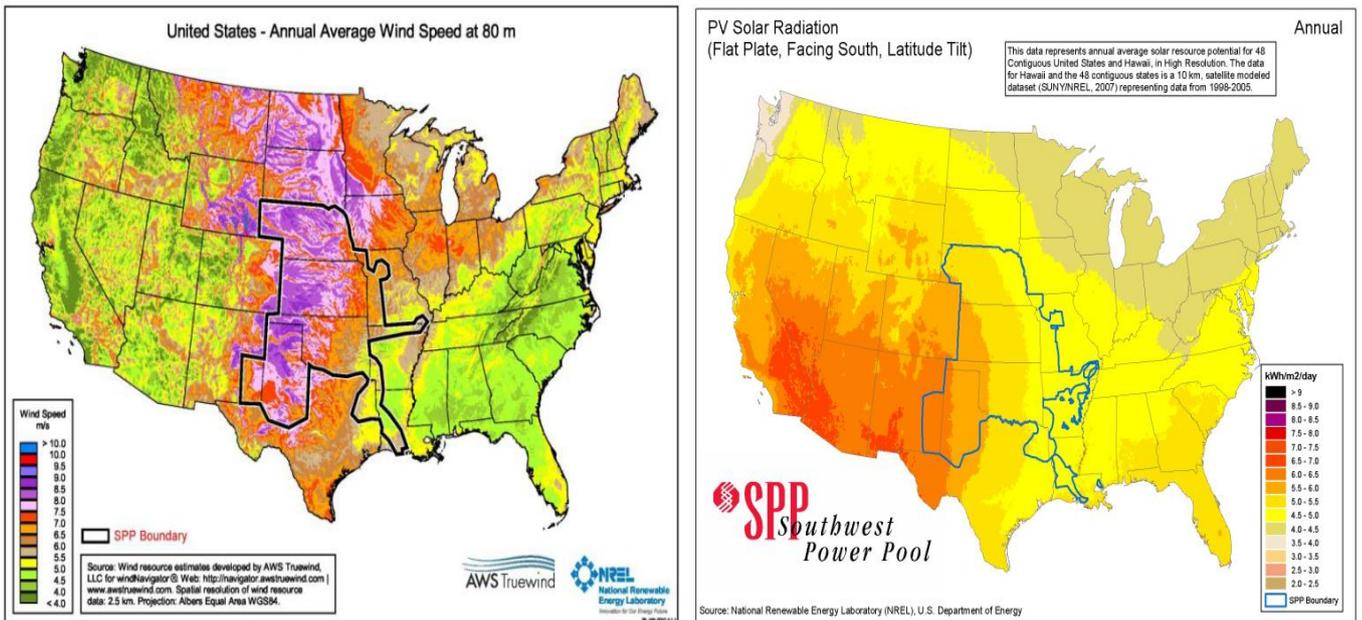
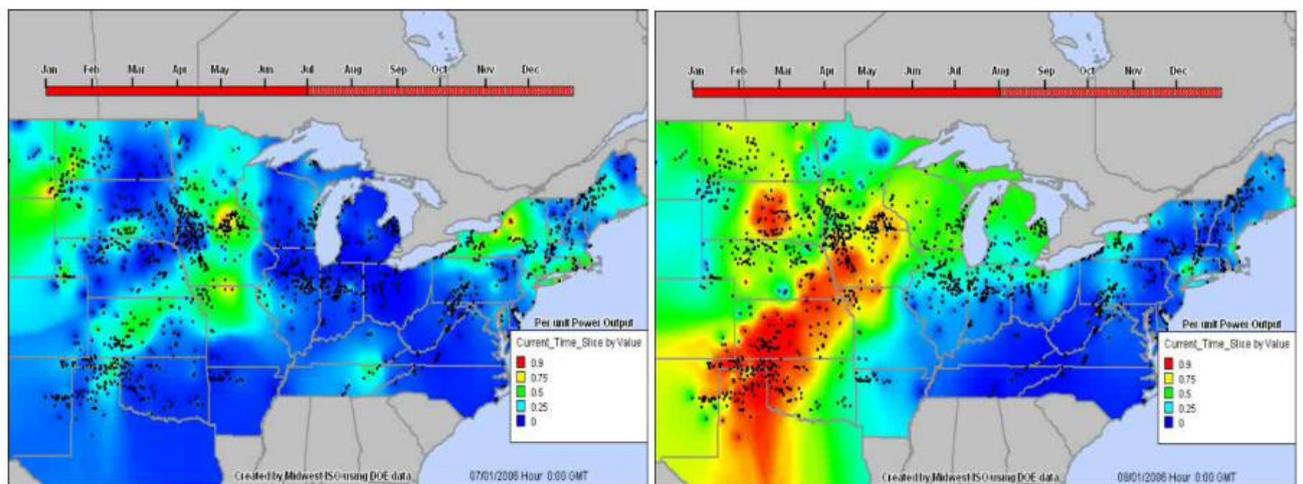


圖 28 美國風能及太陽能潛在可開發區域

(3)SPP 面臨再生能源多變挑戰

雖然 SPP 具有獨特高風能及太陽能，有助於開發風力發電及太陽光電之相關再生能源，然依據 SPP 本身所統計風能變化情形，如圖 29 所示。其以 2006 年所統計 7 月 1 日及 8 月 1 日間之系統尖載情況下之風力發電變化情形，其顯示風力發電幾乎於 7 月 1 日間呈現不發電情況，相反地，8 月 1 日則呈現多發電情況。由此可知，以 SPP 調度 ISO 單位而言，需隨時備足所需不足電力或減低多於機組出力情況，以滿足風力多變化情形。



July 1 2006 HE 0100 Wind Profile

Aug 1 2006 HE 0100 Wind Profile

圖 29 SPP 聯網之風力發電出力變化情形

圖 30 為 SPP 所依據不同風速所統計產生實際輸出風力發電，主要以 hr 方式顯示，並由 2013 年 3 月 30 日 18 時統計至 2013 年 3 月 31 日 12 時。風速與出力兩者間主要呈現正相關關係。圖

31 為 SPP 連網內各電力公司於春季出力狀況，依圖顯示其出力情形趨勢一致。

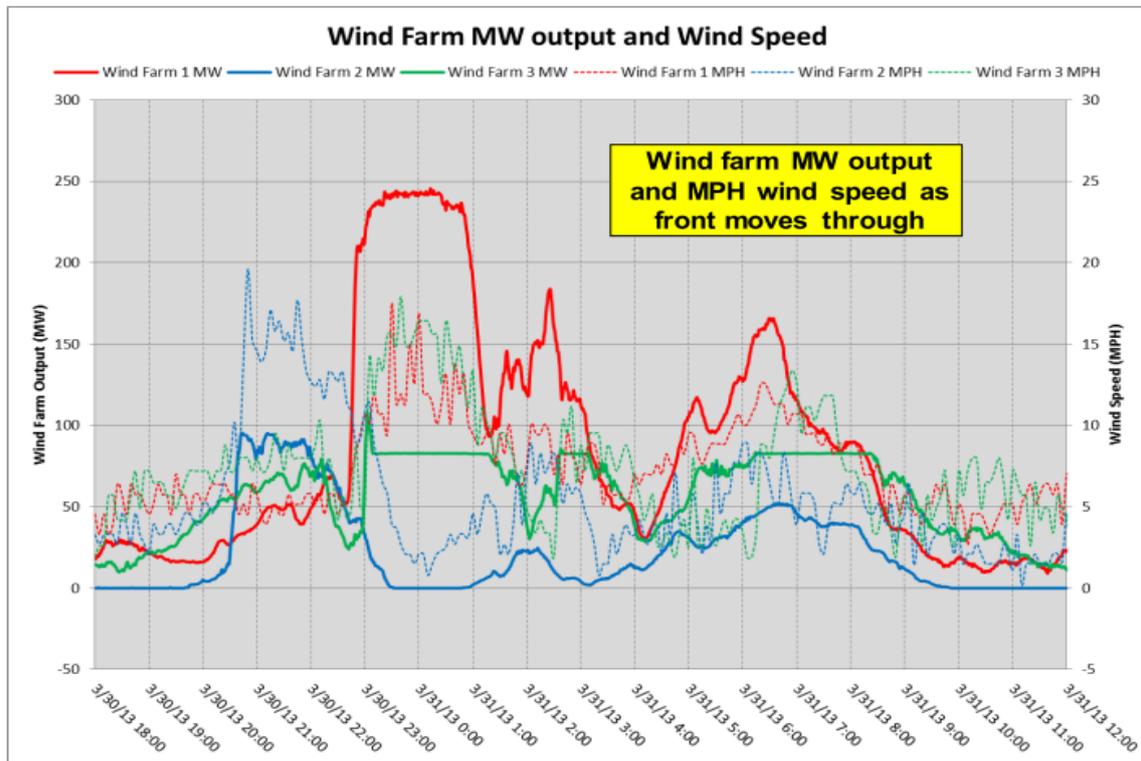


圖 30 風速與風力發電之電力輸出關係圖

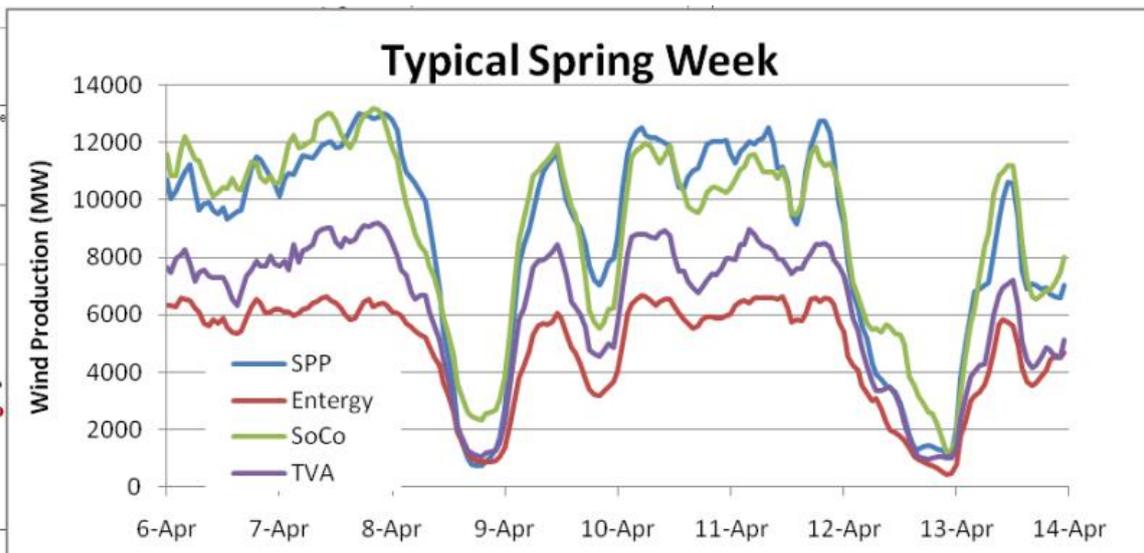


圖 31 風速與風力發電之電力輸出關係圖

(4)SPP 電網規劃策略

目前 SPP 所進行規劃系統仍以兼顧系統可靠度為主，因此目前所規劃相關網路建設仍以決定性(Deterministic Methods)方式進行，並考量兼顧機率規劃分析部分，依據事故影響系統嚴重程度納入機率性考量並排序後，提出所規劃輸變電興建藍圖，相關 SPP 所規劃 345kV 以上輸電網路架構如圖 32 所示。

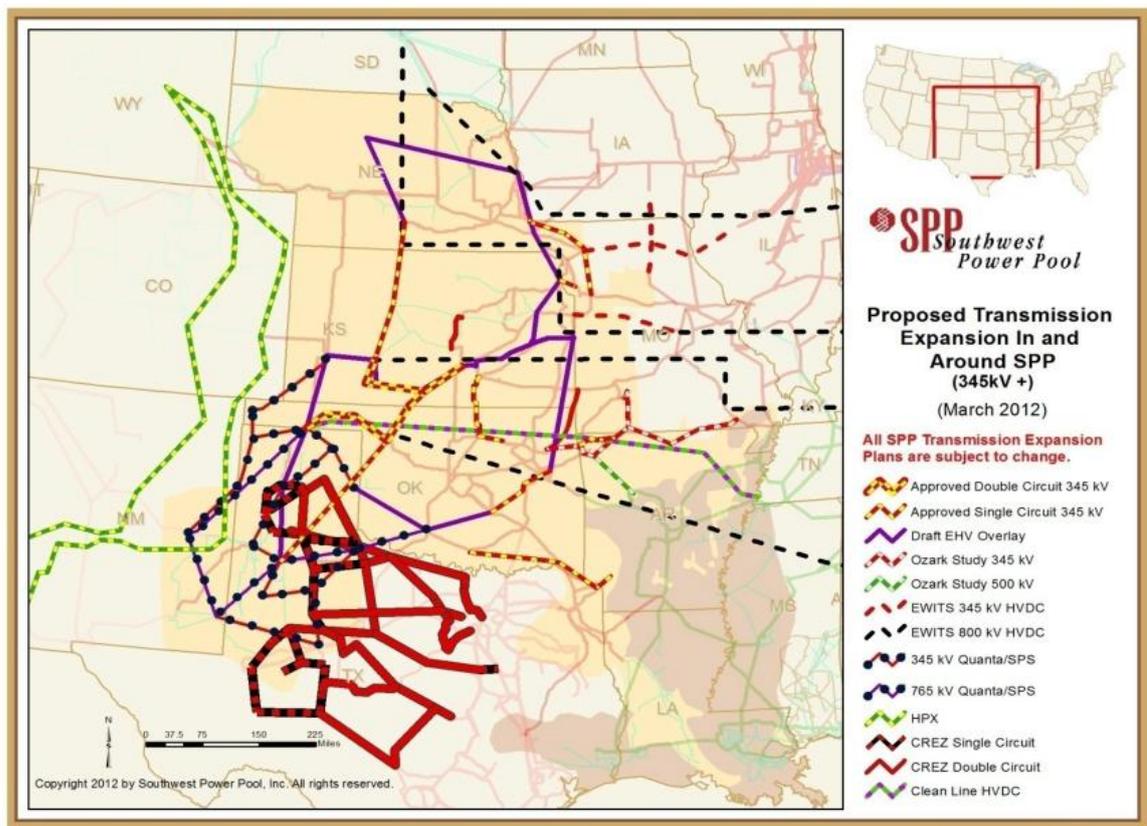


圖 32 SPP 之 345kV 以上網路規劃架構圖

其中部分「粗線」線路，為與德州 TRA 網路互聯之興建計畫，該部分主要係德州西部因有充沛風力發電計畫，因此本身德州針

對該部分即有 CREZ 輸電網路興建計畫，除將德州西部風力送至德州本身負載中心用電所需外，亦興建與 SPP 間連網之網路，以強化兩系統間電力流通。

圖 33 及圖 34 為 SPP 所於 2013 年 5 月提出興建 HVAC 及 HVDC 計畫，總設置容量達 15-25GW。

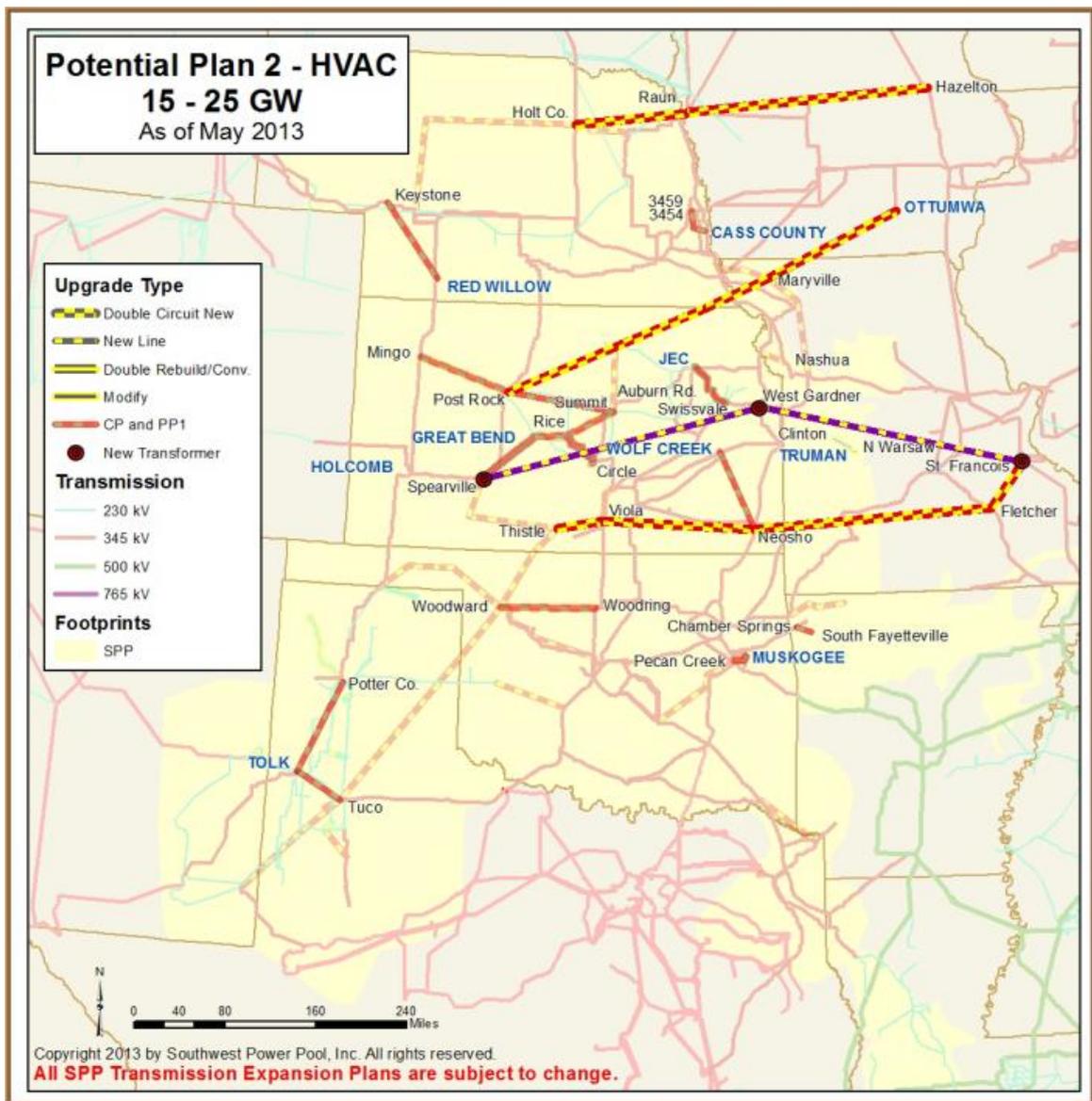


圖 33 SPP 之 HVAC 網路規劃架構圖

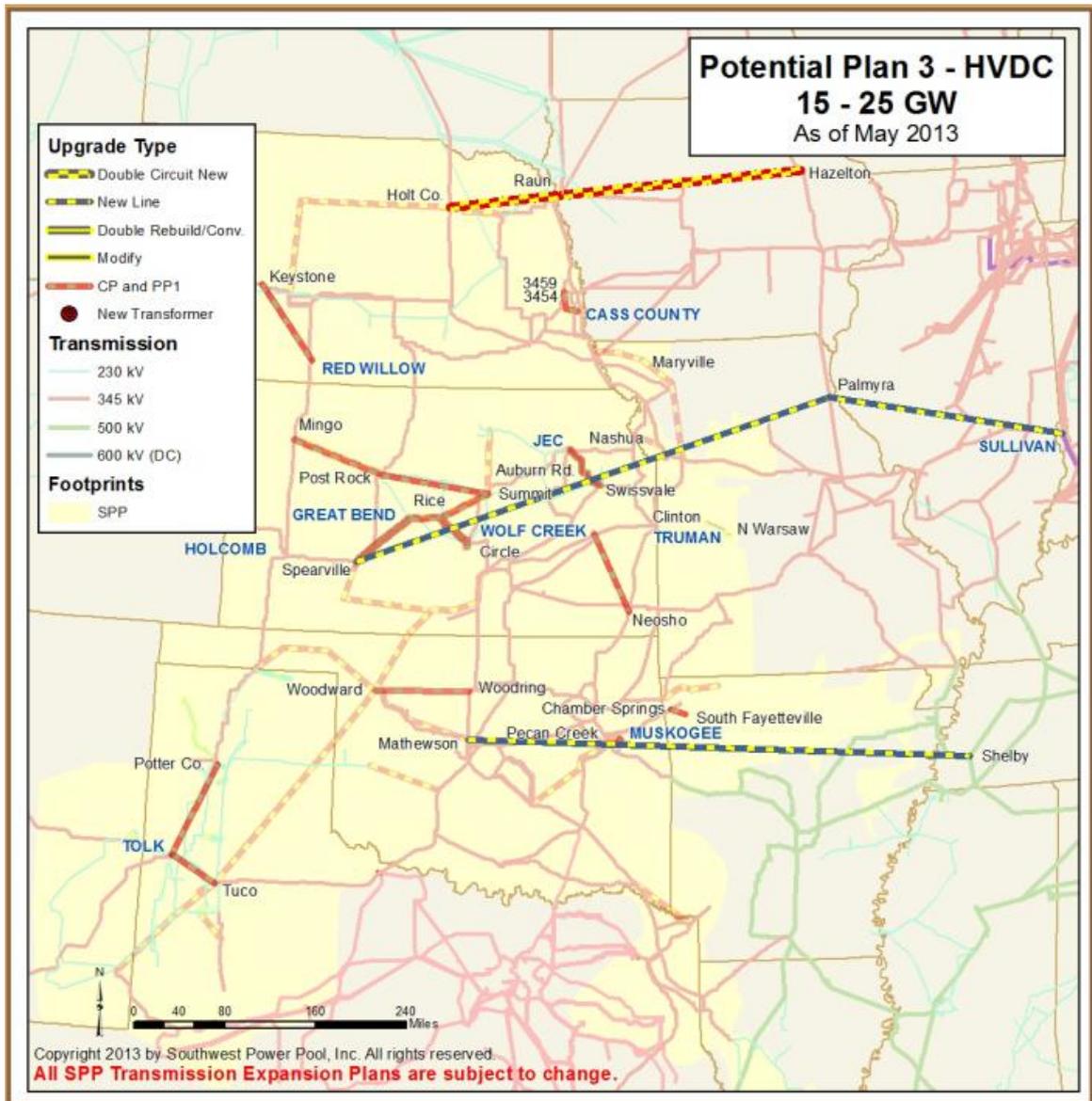


圖 34 SPP 之 HVDC 網路規劃架構圖

為更能精進電網規劃作為，SPP 亦將持續導入機率規劃方式於以往電網規劃中，以兼顧系統可靠度下做較合宜電網投資選定。因此目前 SPP 亦著手進行相關規定與標準修訂，以強化未來相關不卻性再生能源併網所造成系統衝擊影響。