

出國報告（出國類別：開會）

參加電力傳輸諮詢會議  
及  
考察 EPRI 舊金山總公司和  
德州大學能源研究中心

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：張忠良 處長

派赴國家：美國

出國期間：99年9月6日至99年9月17日

報告日期：99年10月14日



# 出國報告審核表

出國報告名稱：參加電力傳輸諮詢會議及考察 EPRI 舊金山總公司和德州大學能源研究中心		
出國人姓名 (2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位
張忠良	處長	系統規劃處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>開會</u> (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：99年9月6日至99年9月17日		報告繳交日期：99年10月14日
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4.內容充實完備 <input checked="" type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input checked="" type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9..本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他_____	
	<input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式：	

說明：

- 各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人	審核人	單位 主管	主管處 主管	總經理 副總經理
-----	-----	----------	-----------	-------------



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及考察 EPRI 舊金山總公司和德州大學能源研究中心

頁數：46 頁 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/2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

張忠良	台灣電力公司	系統規劃處	處長	2366-6890
-----	--------	-------	----	-----------

出國類別：1.考察 2.進修 3.研究 4.實習 其他：開會

出國期間：自 99 年 9 月 6 日至 99 年 9 月 17 日止

報告日期：99 年 10 月 14 日

分類號/目

關鍵詞：美國電力研究院 EPRI、電力傳輸諮詢會議、電網規劃組、再生能源

內容摘要：(二百至三百字)

本公司為美國電力研究院 (EPRI) 之電網規劃組正式會員，為充分瞭解電網規劃與智慧電網最新發展，爰出席 EPRI 於今 (99) 年 9 月 13 日 2010 年電力傳輸諮詢會議，考察智慧電網、輸電規劃與新能源整合議題，以獲取最新技術應用方向，俾利本公司輸電網路規劃之參考。

目前國內僅有風電申請併接至輸電電網，尚未有光電申請案例，但屏東縣政府有意申請光電接入輸電系統。風電對輸電系統的影響在技術上大致尚可掌握，但光電仍有些許分析技術瓶頸有待突破，包括：1.電力系統分析用的光電模型 2.光電在配電系統佔比過多時如何將其影響反應至輸電系統上 3.慣性常數過低帶來緊急控制與系統保護上的問題和 4.負載瞬間大量增加，光電或風電出力卻同時大量減少時帶來頻率振盪的問題，本處將藉由參與 EPRI 的會員身份持續關注其發展，及適時應用。

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



## 目 錄

壹、 感想與建議.....	1
貳、 出國緣由.....	3
參、 出國行程.....	4
肆、 參訪美國電力研究院（EPRI）紀要.....	5
一、討論「發電廠機組擴建所需之電源線引接方式研究」計畫內容.....	5
二、EPRI 電網規劃組（P40）研究發展.....	6
二、本公司獲得使用 EPRI 電網規劃組研究成果內容.....	9
伍、 參訪美國能源研究中心紀要.....	11
一、ERCOT 現況.....	11
二、ERCOT 系統之風力發電概況.....	13
三、風能整合及運轉之經驗與挑戰.....	17
四、ERCOT 活動與總結.....	32
五、小結.....	36
陸、 參加 2010 年電力傳輸諮詢會議.....	37
一、會議議程.....	37
二、2010 年電網規劃（P40 計畫）成果.....	39





## 圖 目 錄

圖 1	美國 ERCOT 調度中心服務區域圖.....	11
圖 2	ERCOT 於 2010 年之裝置容量圖及 2009 年之發電佔比圖.....	13
圖 3	迄 2010 年 7 月底，ERCOT 之風力發電安裝成長圖.....	14
圖 4	ERCOT 之風力發電概要位置圖.....	15
圖 5	計畫中提出之互聯要求的風力發電圖.....	15
圖 6	4 月及 7 月時，風力發電與負載變化圖.....	18
圖 7	ERCOT 於 2008 年至 2010 年之風電能量佔比圖.....	18
圖 8	每日負載曲線及風力發電圖.....	19
圖 9	2010 年 1 月 28 日風機輸出與系統頻率之變化圖.....	21
圖 10	風力發電短期挑戰圖.....	21
圖 11	風力發電長期挑戰圖.....	22
圖 12	電壓渡過要求圖.....	23
圖 13	累積風電預測圖.....	24
圖 14	依燃料別畫出之夏季每週尖峰發電變化圖.....	25
圖 15	依燃料別畫出之典型春季每週尖峰發電變化圖.....	25
圖 16	2013 年依燃料別之一週尖載之發電曲線圖.....	26
圖 17	2013 年依燃料別之一週高風力發電曲線圖.....	26
圖 18	為 ECROT 的 CREZ 計畫圖。.....	28
圖 19	SCR 概念圖.....	29
圖 20	在 VERMONT 的同步調相機.....	30
圖 21	用於 ERCOT 之串連電容器組實體圖.....	31
圖 22	ERCOT 之串連電容器位置圖.....	31
圖 23	ERAT 方法圖.....	33
圖 24	ELRAS 預測概念圖.....	34
圖 25	ERCOT 的 60 個大型風場遽升及遽降之原因圖.....	35



## 壹、感想與建議

- 一、原美國電力研究院輸電部門副總 Mansor Ashard 於開會期間獲任命為資深副總經理，主管核能、輸電、配電等技術部門，職獲悉後已親自致賀，Mansor Ashard 表示未曾到過台灣，希望明年能有機會訪問台電，屆時將請綜合研究所協助安排。
- 二、再生能源佔比 (RPS-Renewable Portfolio Standard) 一般係指零售售電業將消費電力的某百分比改以再生能源供應，且以能量，而非以容量為計算基礎。最近美國加州立法通過，2010 年的 RPS 為 20%，2020 年的 RPS 為 33%。上述 RPS 的定義與國內甚至本公司一般人士的認知，顯有差距。RPS 多係政策目標，且以用戶電能的百分比計算，故與電網承受不可控制電源容量的百分比並無直接關聯。
- 三、電網可承受再生電源容量的能力與再生電源設置的併網地點，電壓等級，大小和時程有關，且需同時考慮傳統機組的開發方案，即使總容量相同但不同電源組合的情況，結果會有顯著的不同。
- 四、美國德州的作法是政府公告明確完整的再生電源開發資訊，ERCOT 及輸電公司據以審核或分析電網相對建設需求，以設法達成再生能源政策目標。本公司與其它國際電業作法相似。國內目前沒有完整明確的再生能源開發資訊，可提供評估電網承受能力。但任何開發方案，只要機組資料完整明確。電網評估便可進行，並可提出相應的併網條

件或配合工程。

- 五、 目前國內僅有風電申請拼接至輸電電網，尚未有光電申請案例，但屏東縣政府有意申請光電接入輸電系統。風電對輸電系統的影響在技術上大致尚可掌握，但光電仍有些許分析技術瓶頸有待突破，包括：1. 電力系統分析用的光電模型 2.光電在配電系統佔比過多時如何將其影響反應至輸電系統上 3.慣性常數過低帶來緊急控制與系統保護上的問題和 4.負載瞬間大量增加，光電或風電出力卻同時大量減少時帶來頻率振盪的問題。
- 六、 上述出國心得與建議已與本年 10 月 11 日本公司總管理處第 17 次會報報告，其中有關待研究發展之研究項目主席裁示請綜合研究所併入考量。

## 貳、 出國緣由

本公司自今（99）年起為美國電力研究院（EPRI）之電網規劃組（P40計畫）正式會員，為充分瞭解電網規劃與智慧電網最新發展，爰出席 EPRI 於今（99）年 9 月 13 日至 9 月 15 日在美國佛羅里達州召開之「2010 年電力傳輸諮詢會議」，並先至 EPRI 總部具體討論及安排本公司輸電網路規劃與發展相關之研究與分析事宜。順道前往德州大學能源系統研究中心考察智慧電網、輸電規劃與新能源整合議題，以獲取最新技術應用方向，俾利本公司輸電網路規劃之參考。

### 參、 出國行程

本出國計畫自 99 年 9 月 6 日至 99 年 9 月 17 日止，為期 13 天。依序前往加州舊金山之美國電力研究院總公司，德州阿靈頓之美國能源研究中心，最後赴佛州奧蘭多參加美國電力研究院之 2010 年電力傳輸諮詢會議。詳細行程如下：

日期	天數	起迄地點	工作紀要
9/6	1	台北－舊金山	往程
9/7~9/8	2	美國加州舊金山	參訪美國電力研究院(EPRI)
9/9	1	舊金山－阿靈頓	行程
9/10~9/11	2	美國德州阿靈頓	參訪能源系統研究中心
9/12	1	阿靈頓－奧蘭多	行程
9/13~9/15	3	美國佛州奧蘭多	參加電力傳輸諮詢會議
9/16~9/18	3	奧蘭多－洛杉磯－台北	返程

## 肆、參訪美國電力研究院（EPRI）紀要

### 一、討論「發電廠機組擴建所需之電源線引接方式研究」計畫內容

#### （一）背景及目的

本公司為配合負載需求提升，提出長期核能電源開發推動規劃構想，其中配合核三廠新設機組所需增設之輸電線距離甚長，有可能因此造成電力系統暫態穩定度更加弱化等問題，將成為該廠址開發之長期限制條件，宜設法尋找替代的解決方案。因此考慮是否可以高壓直流輸電（HVDC）及變流設備（Converters）解決此問題，並評估直流與交流之成本差異與 HVDC 設置之相關技術可行性。

#### （二）主要工作項目

上述評估已委託美國電力研究院進行，此次赴美係與相關研究人員舉行開案會議，會中先介紹本案委託背景及委託項目，接著彼此交換研究方法與步驟，並交由雙方後續工作同仁保持聯繫，本公司則儘力提供所需研究資料。

1. 相關資料收集：國外核能電廠電源線採 HVDC 輸電之實例及運轉資料、HVDC 系統相關輸電系統準則資料，並與台電輸電系統規劃準則相比較，提出建議。
2. HVDC 直接應用於核能廠出口線，請評估有關無效電力補償、諧波、零序、負序電流或控制方面等對核能機組與系統安全之影響。

### (三) 計畫執行時間

預訂於民國 99 年 12 月底前提出初步研究成果報告。

## 二、EPRI 電網規劃組 (P40) 研究發展

### (一) 電網運轉與規劃

當更多新能源加入電網，使電網管理的複雜性更為增加時，電力公司面對電網運轉及規劃之一系列的挑戰中，以可靠度最為重要。需求反應機制及能源儲存選項等，將成為規劃及運轉策略之一部分而須加以考慮。這些新能源或已根本地改變計畫目標，並使電力公司不僅規劃高需求之情境，並且考慮如低需求時段和高可用度的間歇性能源等不同情境。EPRI 研究則著重於瞭解這些新需求及增進即時情況的知能、廣域保護及控制成效以及處理極端事件的能力及利用不同方法及工具以利重儲存系統餘電。

### (二) 電網規劃-P40 計畫之計畫概況

#### 1. 計畫說明

電力公司、輸電公司及ISO/RTO等需依未來需求成長而計畫並對隨時變化的發電型式提供輸電服務。為尖載情境而計畫或許不夠，如低載或中載以及不同的間歇性電源等其他情境亦是必需。計畫時，不同能源有其特性需注意：不確定性及超過傳統電力公司界限的區域特性。電網規劃人員解決的策略議題包括：



- 未來發電及負載的不確定性持續增加
- 輸電資產利用率增加
- 更高可靠度標準及更大區域規劃

本計畫第二個重點為替規劃人員確認並發展解決方法和決策支援工具來處理特殊科技鴻溝以增進整體規劃活動。

## 2. 研究價值

參與EPRI的電網規劃計畫可得到：

- 可調整規劃目標的架構以處理供應及負載不確定性
- 非傳統能源及能源容量的標準規劃特性
- 更多複雜運轉情況的修訂後模型及模擬技術
- 瞭解可靠度標準的衝擊
- 強健的輸電系統

## 3. 議題

電網規劃計畫將服務一工業論壇，此論壇中投資者對符合這些挑戰的規劃架構工作定義目標。執行此架構工作可以導致建構強健輸電電網能力以符合再生能源的多變性、這些能源的區域性、以及輸電資產的更高利用率。並且，計畫將持續著重於資產、發展及驗證新的演算法及方法論以增進模型及模擬能力，電力公司間合作互連至相同電網時之模型交換和模型調整等之設備平整技術以及可靠度評估。

## 4. 成果

電網規劃計畫已轉移有價值資訊以在多方面協助所參加的成員及工業界，包括：

- 機率風顯評估（Probabilistic Risk Assessment, PRA）第4.1版—該PRA軟體可讀負載潮流txt檔及機率資訊，然後計算並經圖形使用者界面顯示可靠度指標。當應用於電力傳輸系統，此法提供決定機率或輸電系統發生不確定事件可能性的能力，並量測其嚴重情況。PRA結合了不確定事件可能性的機率量測以及事件接續的量測成為單一可靠度指標，此指標為機率可靠度指標（Probabilistic Reliability Index, PRI）。
- 機率風險評估方法的電力公司利用經驗—此技術報告摘要最近電力公司應用EPRI的PRA方法的經驗，相較於評估電網可靠度的傳統確定型解法，PRA方法提供更高的精確性。自從2001年，PRA方法亦被許多電力公司使用，並有充分資料可提供作為電力事業達成廣泛地應用與實踐。這些研究可使系統規劃人員在除傳統確定性偶發事故分析結果外亦能收到完整資訊。顯示確定性及機率風顯評估之結果在圖形、表格及地圖上，使複雜的可靠度資訊能有效地視覺化。
- 全面性負載模型以供系統規劃研究—此技術報告展現出以量測為基礎及以元件為基礎的負載模型的有價值資訊。並以明確且一步一步的電流最實務解法以對規劃研究作全面性的負載模型化。關鍵負載元件的實驗測試的

詳細資料，如空器調節器（air conditioners）、緊湊螢光照明（compact fluorescent lighting）及高定義電視（high-definition televisions）。並企圖引導出許多以量測為基礎的負載模型參數之結果和可知道從這些經驗中所學到的事務。

## 5.今年活動

期待在2010年，本計畫能完成下列目標：

- 若有需要，促進回顧及調整整個規劃架構及目標
- 評估選項的經濟性以增加輸電系統容量
- 利用同步調相器（synchro-phasors）對應用產生資產及案例研究
- 有效促進電力公司模型交換及網路簡化
- 評估使模型資訊從小量測資料包含於資料儲存的可能性
- 擴展可靠度評估方法至可包含於異質性資訊

## 二、本公司獲得使用 EPRI 電網規劃組研究成果內容

本公司 2010 年度參加 EPRI 電網規劃組 PS40A 及 P40.003 之研究計畫，將於 2011 年初登入 EPRI 網站下載取得下列資料。

項	分組名稱	分組計畫名稱	所屬組別	計畫編號	合約編號	研究計畫名稱
1.	Modeling and Standardization	Determination of Load Composition using Smart Meter Data	P040.012	69246	1020060	Determination of Load Composition using Smart Meter Data
2.	Modeling and Standardization	Development of Standard Models for	P040.013	69247	1020061	Modeling Guide for Modeling Modern Static Var Systems

項	分組名稱	分組計畫名稱	所屬組別	計畫編號	合約編號	研究計畫名稱
		Dynamic Components				
3.	Modeling and Standardization	Transmission System Model Management	P040.014	69248	1020063	Transmission System Model Management
4.	Reliability Assessment	Application of Transmission Availability Statistics for Reliability Assessment	P040.003	62079	1020064	Probabilistic Measure of Likelihood for Various Categories of Contingencies

## 伍、參訪美國能源研究中心紀要

2010年9月10日參訪德州大學阿靈頓分校，由該校能源研究中心主任李偉仁教授特別商請德州電力調度中心（Electric Reliability of Texas, Inc., ERCOT）黃順賢博士蒞校簡報「Wind Generation in the ERCOT System」，並與渠等討論風電併入輸電系統等相關問題。

### 一、ERCOT 現況

#### （一）德州電力概況

德州電力供應由德州電力調度中心（Electric Reliability Council of Texas, [www.ercot.com](http://www.ercot.com)）所決定。圖 1 為美國 ERCOT 調度中心服務區域。

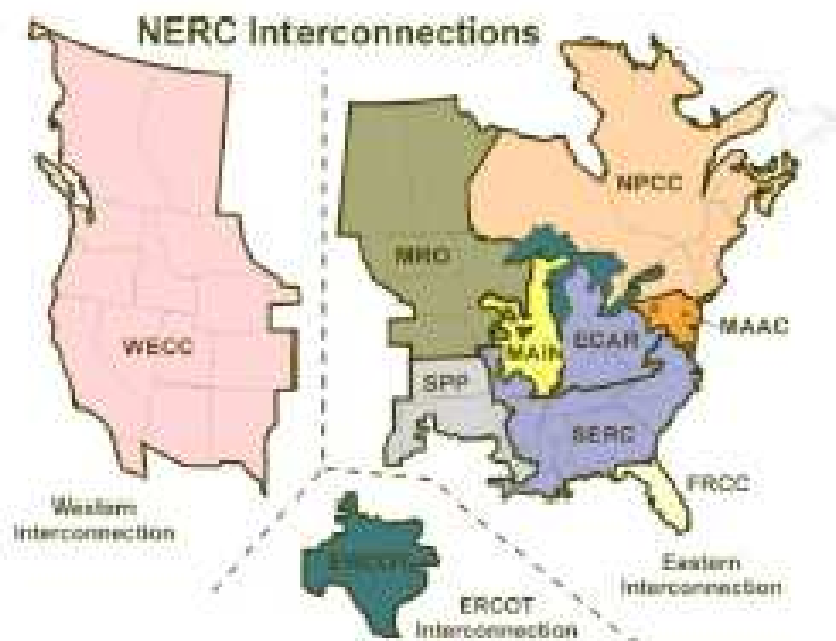


圖 1 美國 ERCOT 調度中心服務區域圖

ERCOT 服務區域：85%的德州負載、75%的德州土地，發電機組數：約 550 台、總裝置容量：84,237 megawatts (MW)，發電機可用容量：75,755 MW（包括 8.7%的風力），尖載需求：65,715 MW / 650 MW 風電輸出（8 月 23 日 2010 年）。風機容量：9,317 MW –大部分於國內，風機尖峰記錄：約 7,000MW，約系統負載的 15.8%（六月，2010 年）。在德州正常情況下，一個 MW 約可供應 500 個家庭用電，或熱天有開空調時，約 200 個家庭用電。

## （二）ERCOT 執行何種工作：

在 1999 年德州立法局重整德州電氣市場，將投資者所擁有的電力公司解制，在其服務範圍增加候選零售商，並指定 ERCOT 4 個主要任務：

- （1）系統可靠度-計畫與調度
- （2）開放輸電權
- （3）末端零售用戶選擇權-僅具獨立系統調度權利者可註冊成為零售商
- （4）躉售市場設定給電力生產及傳輸

圖 2 為 ERCOT 於 2010 年之裝置容量及 2009 年之發電佔比。

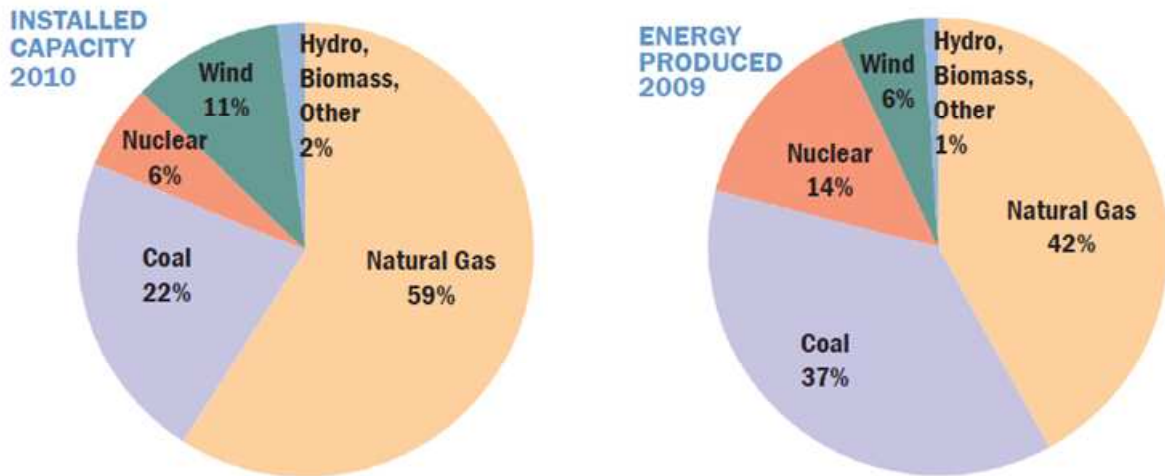


圖 2 於 2010 年 ERCOT 之裝置容量圖及 2009 年之發電佔比圖

### (三) 瞭解 ERCOT 風力之發展

競爭性節點市場實現：預定於 2010 年 12 月 1 日開始，包括：

- (1) 發電機依併聯之節點位置實施差異價格
- (2) 一天前 (Day-ahead) 兼具能源與輔助服務之最佳化市場
- (3) 一天前及每小時可靠度之機組調度
- (4) 壅塞收益權

依據美國政府提出之競爭性再生能源區域 (Competitive Renewable Energy Zone, CREZ) 計畫，ERCOT 將擴充並升級 ERCOT 輸變電系統以容納新加入系統之風力發電機。

## 二、ERCOT 系統之風力發電概況

### (一) 背景

2009 年德州市場安裝容量超過 9,000MW。在 2010 年 3 月時，近

48,000MW 的風力發電以互聯方式進入。PUCT 說，在 CREZ 情況，將有 18,000MW 風機進入 ERCOT 電網。因此，在未來幾年內，ERCOT 發電市場的主要角色仍將為風力發電獨領風騷。圖 3 為迄 2010 年 7 月底，ERCOT 之風力發電安裝量。圖 4 為 ERCOT 之風力發電概要位置。圖 5 計畫中提出之互聯要求的風力發電。

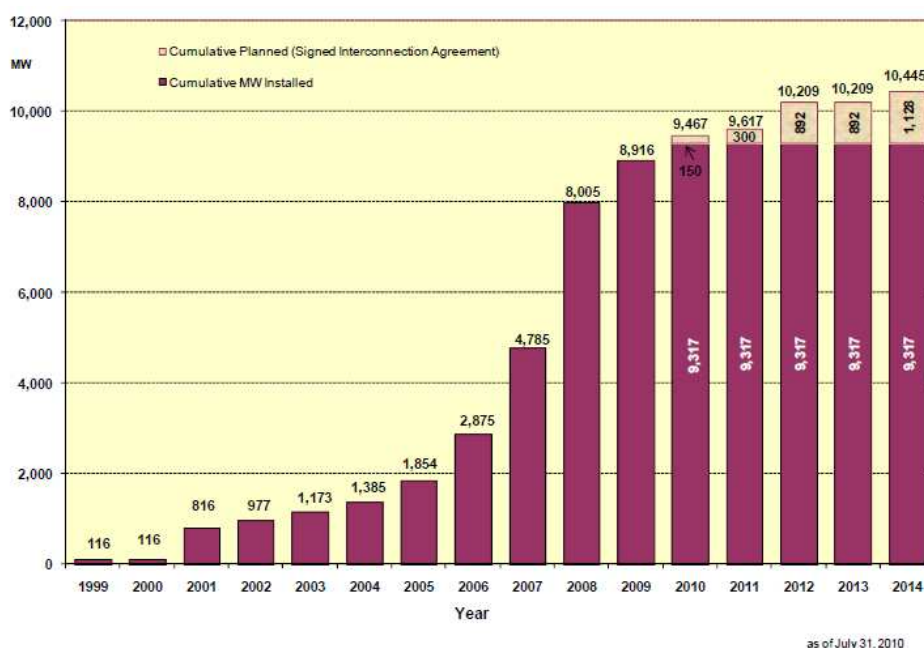


圖 3 迄 2010 年 7 月底，ERCOT 之風力發電安裝成長圖



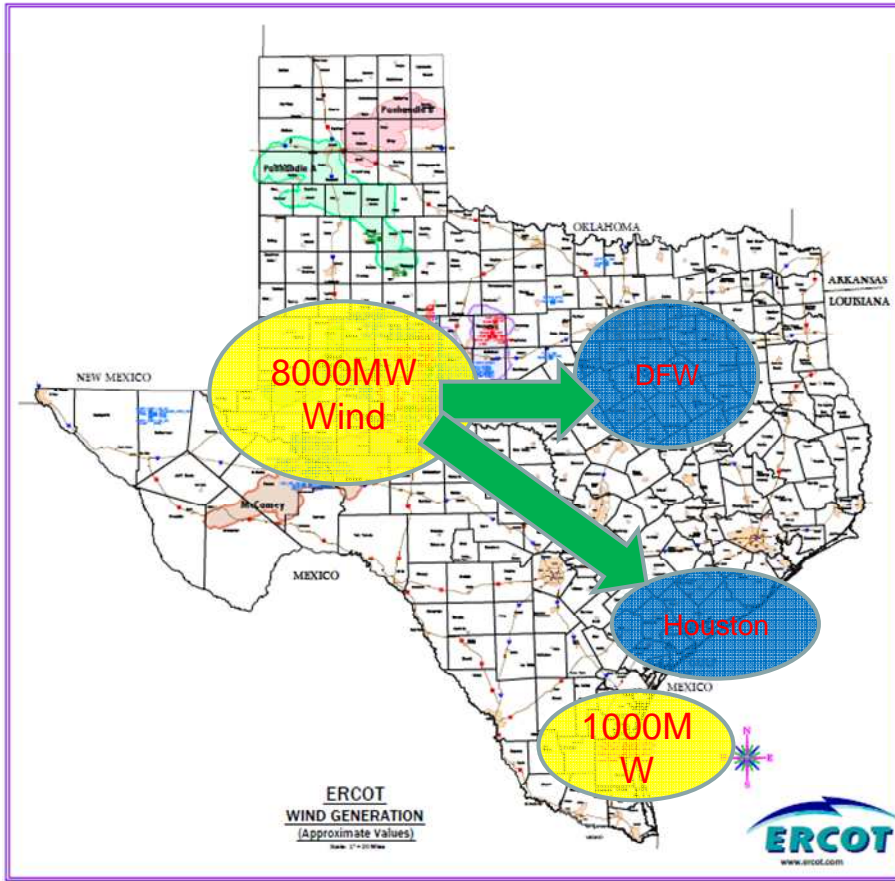


圖 4 ERCOT 之風力發電概要位置圖

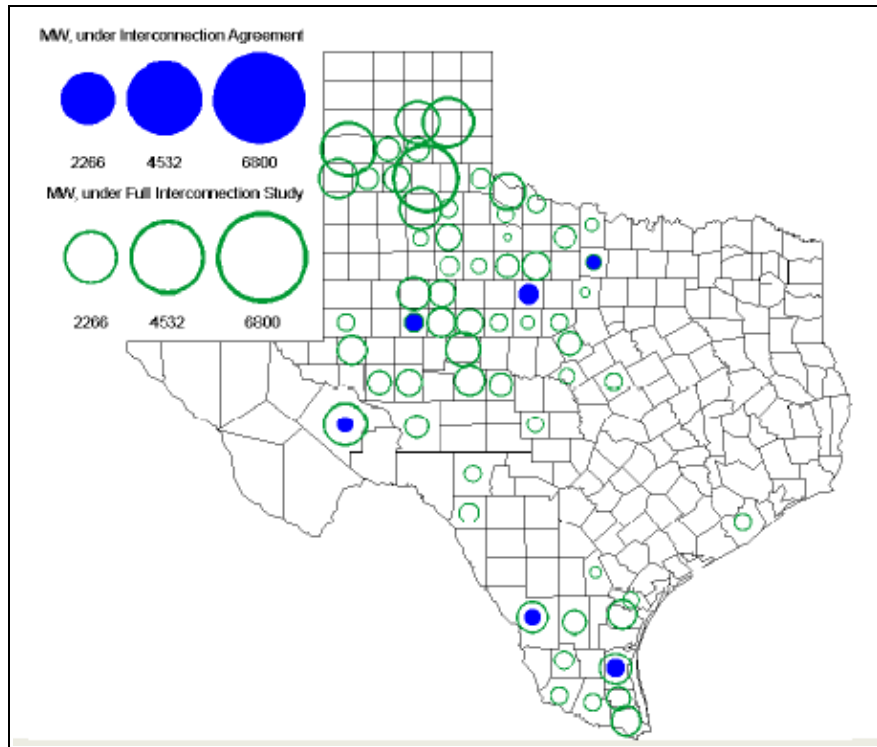


圖 5 計畫中提出之互聯要求的風力發電圖

## (二) CREZ 計畫

在美國，針對大量再生能源的整合，所提出之「國家模型 (National model)」，即競爭性再生能源區域 (Competitive Renewable Energy Zone, CREZ) 計畫，此 CREZ 計畫為大型、多面向、複雜的研究，兼具多目標及時程。此 CREZ 計畫目的用以解決高佔比風廠使輸電容量不足之二個問題：

1. 在最佳風場附近缺乏適合的輸電容量
2. 在三個區域增加風機合併的集中點，導致降低風機差異性且增加系統運轉的衝擊

ERCOT 為促使西德州額外的風能輸出之作法 3：(1) 在 2013 年，德州約有 18GW 風能、(2) 新 345kV 交流輸電線長約 2300 英哩，需建串並聯無效電力補償設備 (定態及動態) 及 (3) 初估約需美金 50 億。

## (三) 風機型式

目前風力發電機市場上大致可分成 4 種主要不同型式：

1. 型式 I：風機驅動傳統感應發電機直接併聯電網 (佔比 16%)
2. 型式 II：風機驅動感應發電機轉子並以變化轉子電阻控制 (佔比 6%)
3. 型式 III：風機驅動雙饋感應發電機 (doubly fed induction generator, DFIG) 並以電力電子變流器連接轉子端控制有效電力輸出 (佔比 60%)
4. 型式 IV：風機驅動發電機經由電力電子變流器直接連至電網 (佔比 18%)

有關各型式風機之變速性質、電壓控制能力及低電壓渡過能力已及各

型式之發電機所採用之發電技術等之比較如表 1 所示。

表 1 各型式風機之比較表

	Variable Speed Voltage Control LVRT			Generator Technology
Type I				Fixed speed induction, "squirrel cage" induction
Type II	x			Variable slip
Type III	x	x	x	Doubly-fed induction
Type IV	x	x	x	Full converter

### 三、風能整合及運轉之經驗與挑戰

#### (一) 風機佔比增加之挑戰

風力電機在電網之佔比逐年增加，將產生 4 種挑戰，包括間歇性能源、挑戰風能及負載型式、風力發電預測困難及輸電限制等。茲分述如下：

##### 1. 間歇性能源

為維持系統固定頻率，故總發電輸出=總負載+系統損失。由於風力輸出改變則增加輔助服務的需求，故風力間歇性輸出使 ERCOT 需購買額外輔助服務。

##### 2. 挑戰風能及負載型式

早晨，當負載上升時，風電急速降低；晚上，當負載下降時，風電急速上升。故當風電增加時，則需降低其他發電。而當低載時，風力發電對系統有較高的佔比，風能亦服務系統負載，故當低負載時段，恐增加調度其他

發電的挑戰。當對風力發電之倚賴增高時，若風力輸出改變，則 ERCOT 將比以往準備更多的安全餘裕。圖 6 為 4 月及 7 月時，風力發電（藍線，右座標）與負載（紅線，左座標）變化圖。圖 7 為 ERCOT 於 2008 年至 2010 年之風電能量佔比圖。

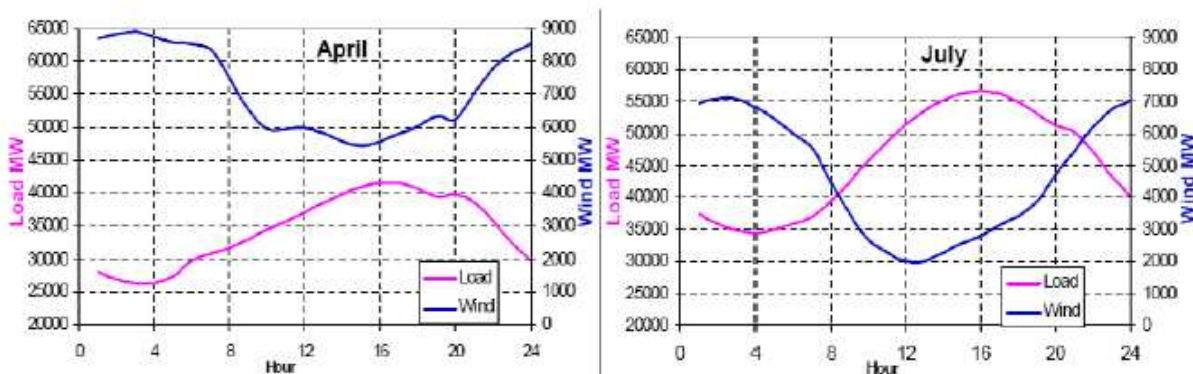


圖 6 4 月及 7 月時，風力發電與負載變化圖

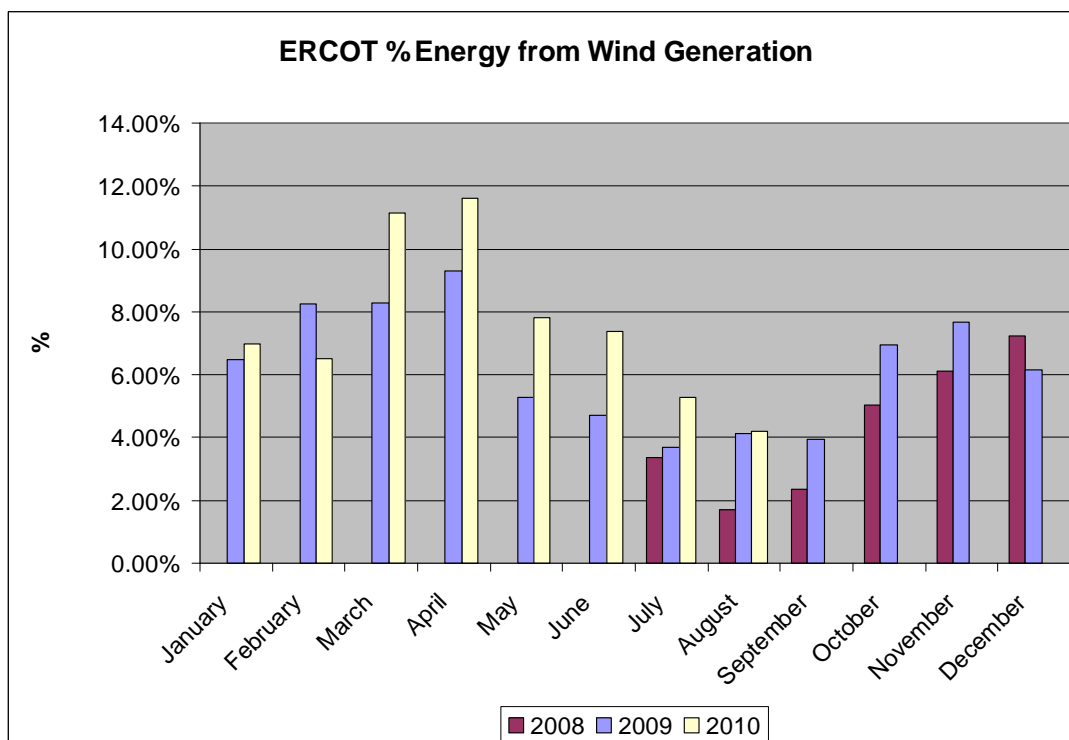


圖 7 ERCOT 於 2008 年至 2010 年之風電能量佔比圖

### 3. 風力發電預測困難

因應風力發電之發展，目前 ERCOT 利用輔助服務控制系統頻率並防止發電及負載不平衡，未來則需採以預測方式以決定輔助服務所需之確定量。

負載值-風力發電=淨負載 (Net Load)。有關負載、風力發電及淨負載之每日曲線圖如圖 8 所示，其中紅線為負載值曲線、藍線為風力發電曲線、綠線為淨負載曲線。

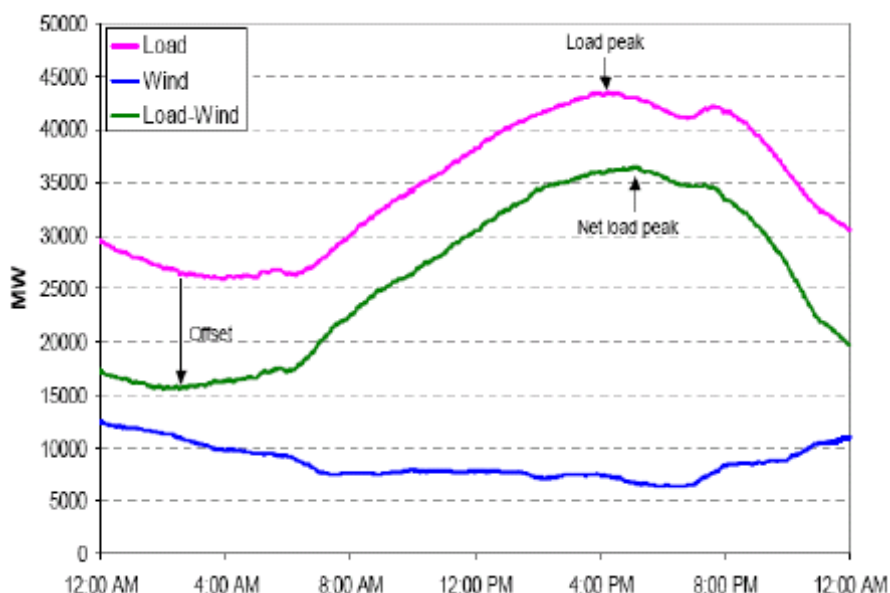


圖 8 每日負載曲線及風力發電圖

### 4. 輸電限制

由於風力發電機之位置往往遠離負載中心，且輸電線路容量不足，建構的風力發電設備之時間較為快速、輸電設施的建構則極為慢速，輸電線路之限制往往減少風力發電之利用。故需未來輸電設備需改進，需增加輸出能

力以保風力發電持續成長，未來仍需在 CREZ 區域建構輸電基礎設施。

## (二) 運轉經驗

### 1. 案例 1：2008 年 2 月 26 日之低頻事件

由於發電與負載間不平衡導致頻率不穩。2008 年 2 月 26 日之低頻事件，主因為大量遽降 (ramp-down) 的風能，在一分鐘內超過 1,500MW 風力電消失，未計畫的傳統機組跳機導致備轉容量降低，負載遽升 (ramp-up)。

由於缺少足夠的備轉容量，ERCOT 發行「緊急電力裁剪計畫 (Emergency Electric Curtailment Plan, EECP)」，重點有 3：

- (1) 在 10 分鐘內，快速啟動的發電機升載，補充近 1000MW 的缺口
- (2) 跳脫視為備轉服務一部分的可停電力負載 (Load Acting As Reserve, LaaR)，約降低 1,150MW 消耗量。
- (3) 不導入卸載

### 2. 案例 2：上升率及頻率控制

風力發電出力變化劇烈，由於傳統發電機反應不及，導致頻率變化劇烈，增加系統控制之困難度。圖 9 為 2010 年 1 月 28 日風機輸出與系統頻率之變化。

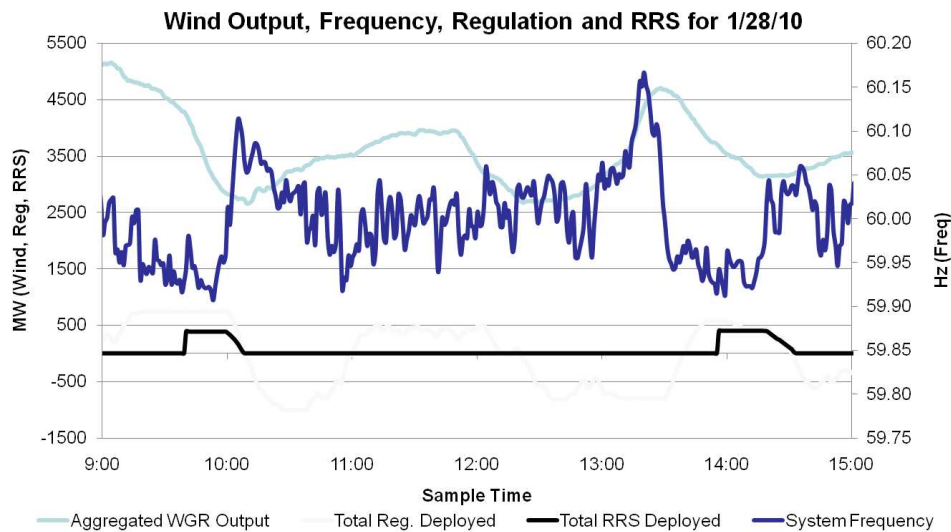


圖 9 2010 年 1 月 28 日風機輸出與系統頻率之變化圖

### (三) 風能挑戰

風力發電短期挑戰包括：(1)輸電線路限制、(2)電壓渡過、(3)風能預測準確度、(4)主要頻率響應、(5)風能排程對 ERCOT 風能預測、(6)風能上升率限制、(7)發電機之彈性及(8)系統間歇性等挑戰。圖 10 為風力發電短期挑戰圖。

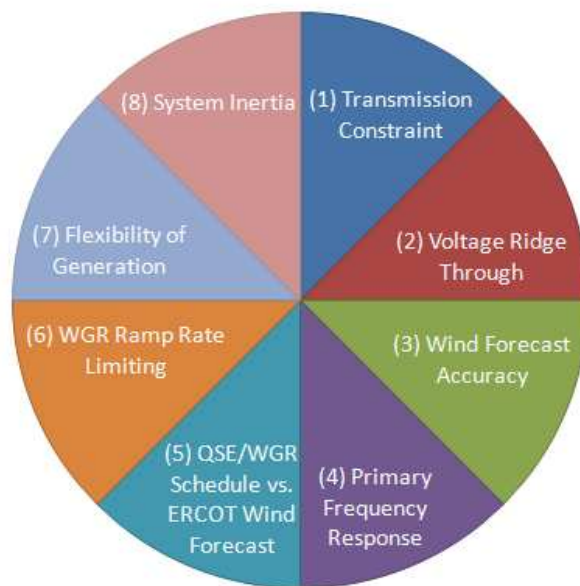


圖 10 風力發電短期挑戰圖

風力發電長期挑戰依序分別為：(1)發電機之彈性、(2)主要頻率響應、(3)系統間歇性、(4)電壓渡過、(5)風能預測準確度、(6)風能排程對 ERCOT 風能預測、(7)風能上升率限制及(8)輸電線路限制等挑戰。圖 11 為風力發電長期挑戰圖。

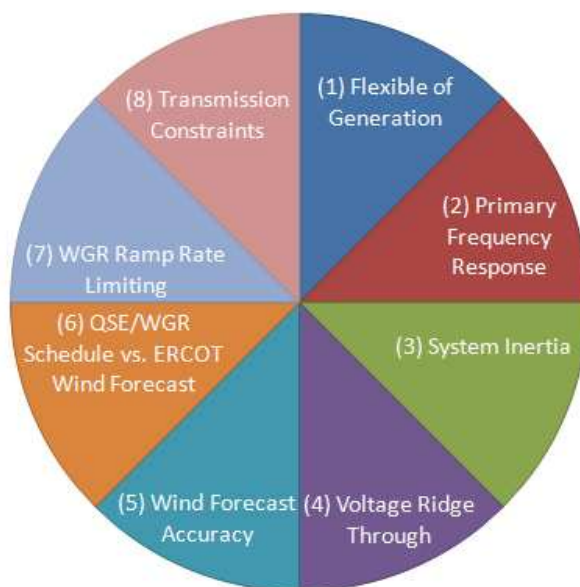


圖 11 風力發電長期挑戰圖

#### (四) ERCOT 實務與活動：電壓渡過要求 (Voltage Ridge Through Requirement)

目前選擇：在 ERCOT 系統，風力發電裝置容量約 9,000 MW，當實際運轉時，總風力發電輸出可達 7,000MW。無電壓渡過容量，由於某些系統壅塞造成低電壓，使風力發電無預警地跳脫 (N-1-x)，使系統壓力增加。圖 12 為針對風力發電機併網之電壓渡過要求圖。



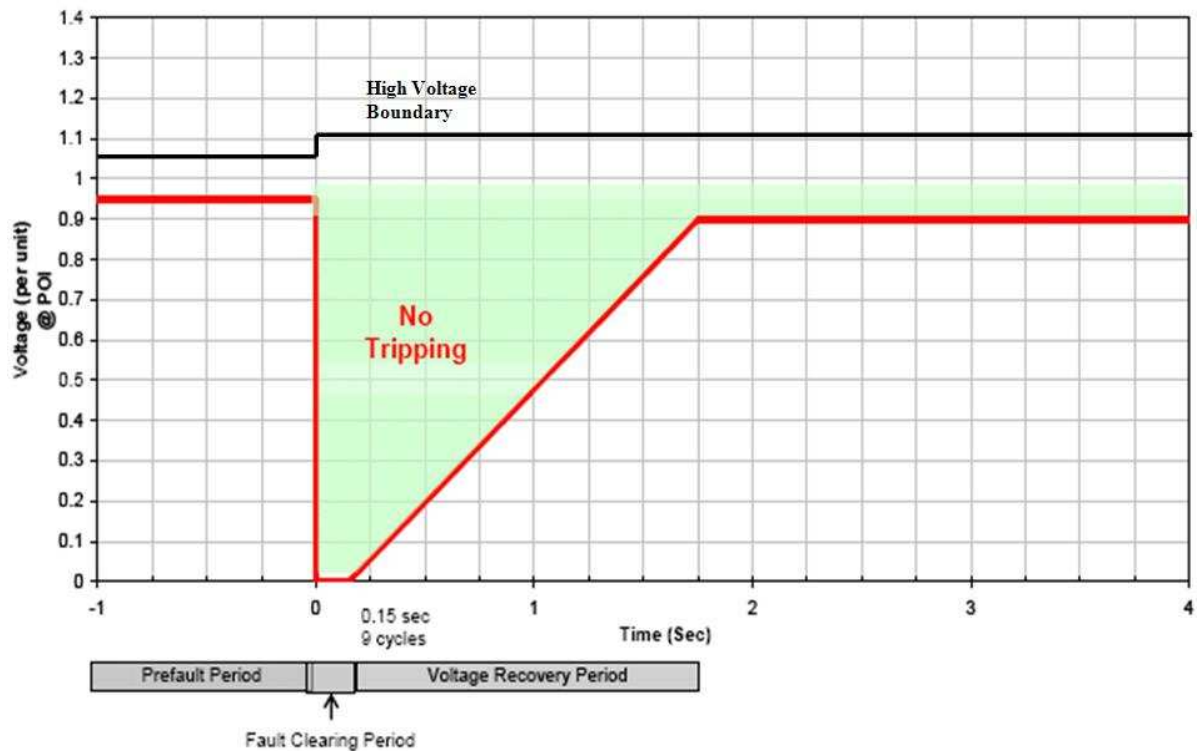


圖 12 電壓渡過要求圖

### (五) 風能 (Wind Generation Resource, WGR) 預測

目前 ERCOT 之風能預測資料係由 AWS Truewind 所提供(成立於 1981 年, 為風能預測之機構)。該 AWS Truewind 針對每一 WGR 所做二種預測:

1. 風力發電生產潛力 (Wind Generation Resource Production Potential, WGRPP) 約為機率 80% 的期望值。
2. 短期風電預測 (Short-Term Wind Power Forecast, STWPF) 為最可能或機率 50% 的期望值。

依據過去的每 1 個小時預測未來 48 個小時, AWS Truewind 所建立的累積預測並送給 ERCOT, 圖 13 為累積風電預測圖, 其中紅線=STWPF,

綠線=WGRPP、圖 14 為依燃料別畫出之夏季每週尖峰發電變化圖、圖 15 為依燃料別畫出之典型春季每週尖峰發電變化圖、圖 16 為 2013 年依燃料別之一週尖載之發電曲線圖、圖 17 為 2013 年依燃料別之一週高風力發電曲線圖。

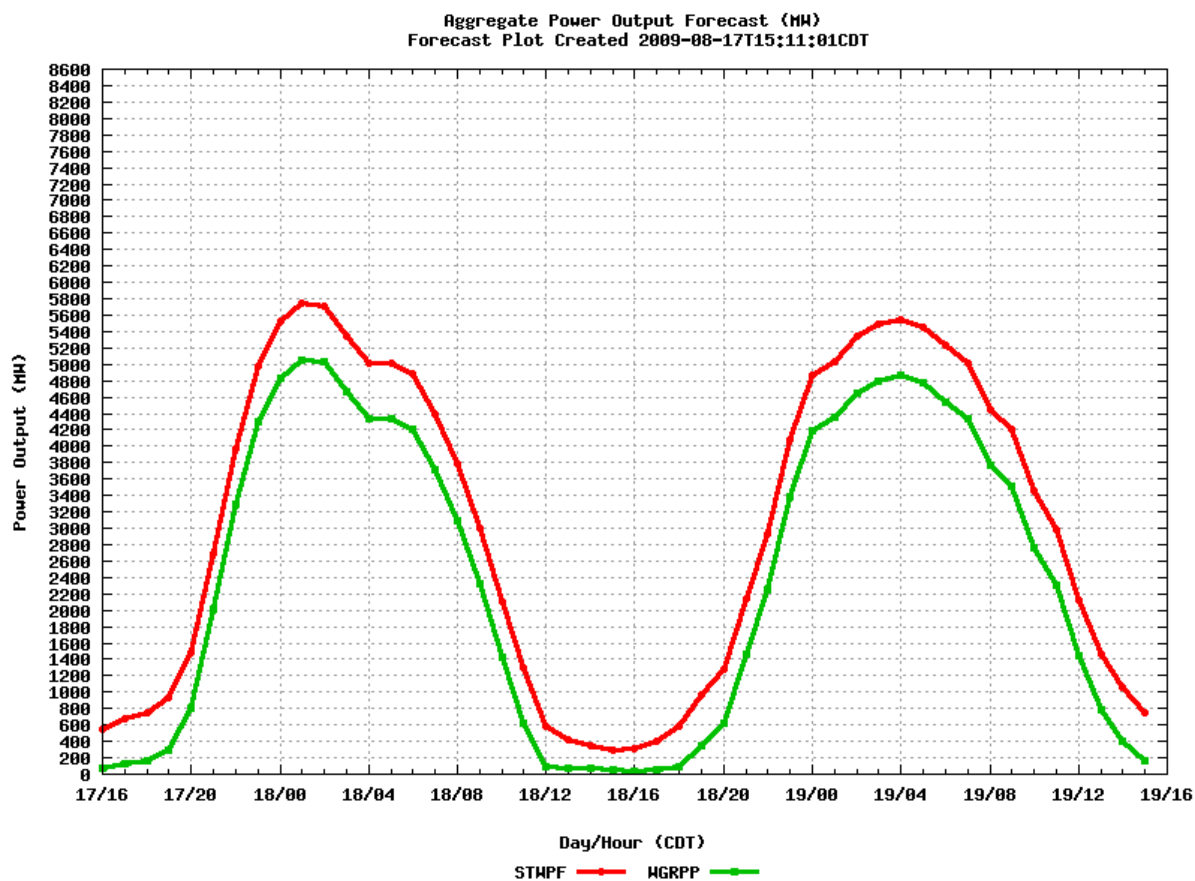


圖 13 累積風電預測圖

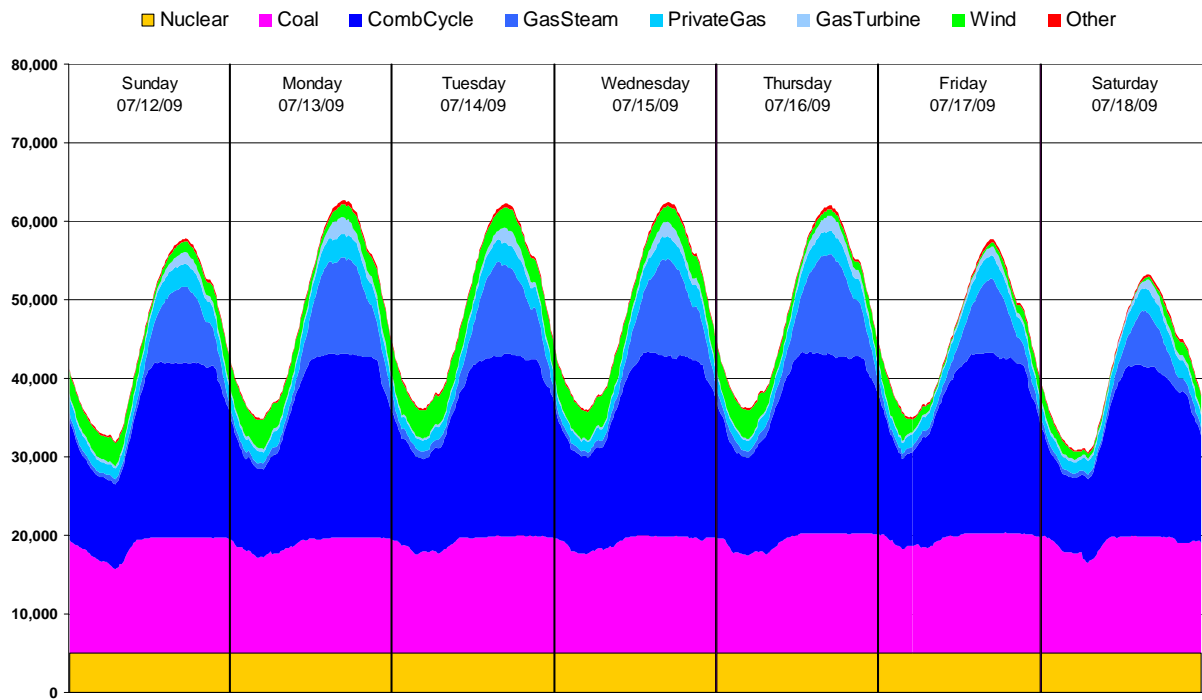


圖 14 依燃料別畫出之夏季每週尖峰發電變化圖

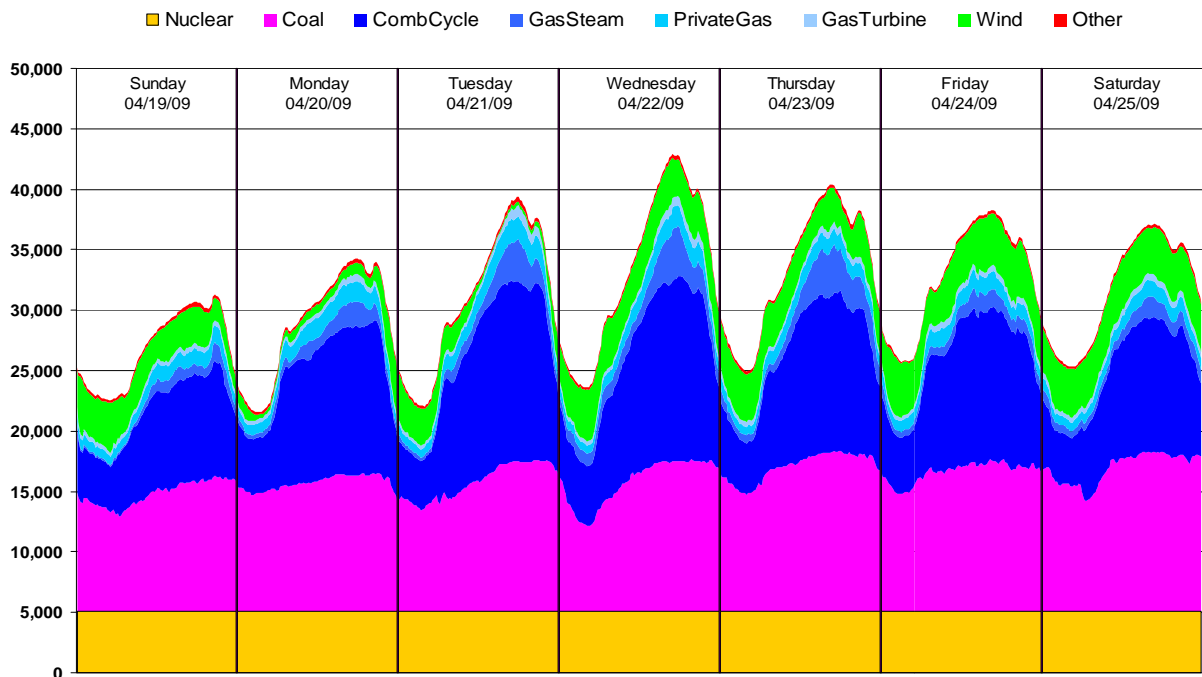


圖 15 依燃料別畫出之典型春季每週尖峰發電變化圖

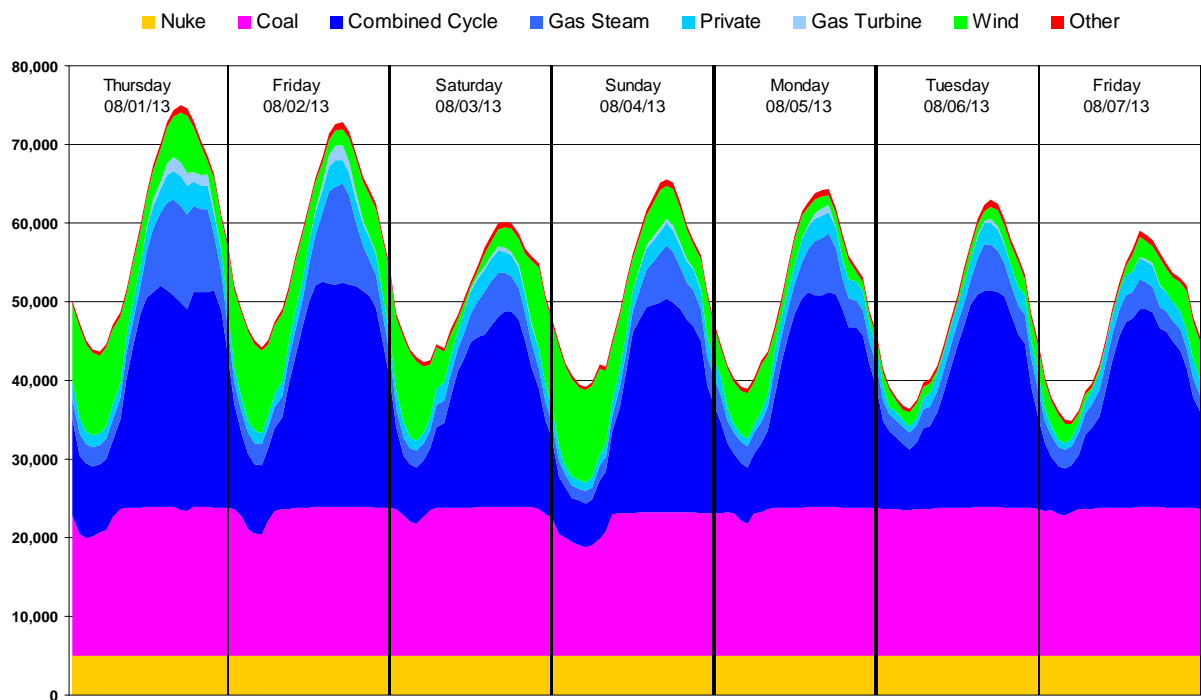


圖 16 2013 年依燃料別之一週尖載之發電曲線圖

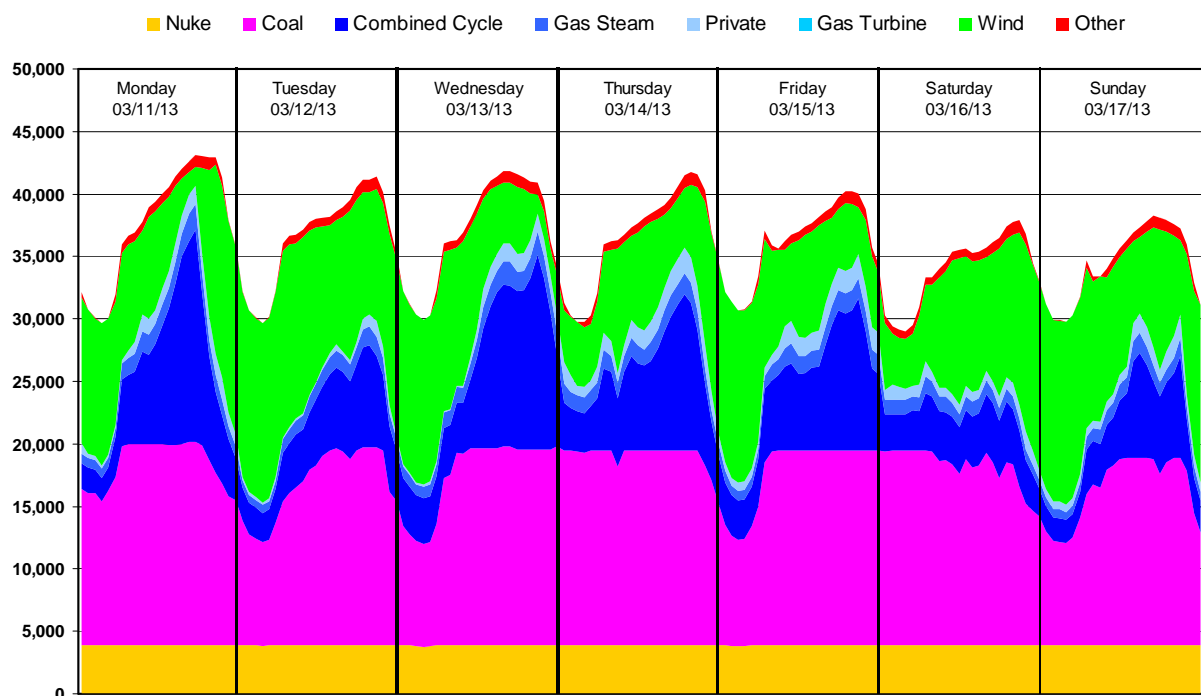


圖 17 2013 年依燃料別之一週高風力發電曲線圖

## （六）風能伴隨之風險/挑戰

預測準確性：協定（Protocol）改變以致所有風場利用同一 ISO 提供之預測，從每個風場得到氣象資料以增加預測準確度，與 AWS Truewind（風能預測供應商）持續合作以確認其他的預測工具和技術。

電壓控制不易及上升率改變造成大量的頻率誤差；協定改變以至對所有風場之遽變上升率有 10% 之限制，協定改變並未強調遽變率（Ramp rate）需與風電之改變相關。

在低頻時，預測風速所需可能的解決方式，包括購買其他的傳統升載機組、其他的責任型裕度（Responsive Reserve）及購買非備載（Non-Spin）容量以確保可維持適當的裕度。

當遽變率（Ramp rate）改變導致高頻時的可能解法，包括執行遽變率（Ramp rate）限制，亦可於風力發電機中設置類似調速機（Governor），以及將風力發電機調制降載、高頻電驛以對治高頻事件，採購其他調制降載設備等措施。

## （七）CREZ 計畫

### 1. CREZ 研究：2006 -2008 年

要求 ERCOT 發展計畫以解決未來風機容量的 4 種不同情境，每種情境執行下列研究：對風電停機（curtailment）及生產成本之節省費用以 UPLAN SCUC-ED 經濟模型分析、壅塞分析及與西門子簽約執行動態可靠

度分析。另經由 CREZ，將 4 週波零組抗故障（Four-cycle zero impedance faults）應用於不同的點。圖 18 為 ECROT 的 CREZ 計畫圖。

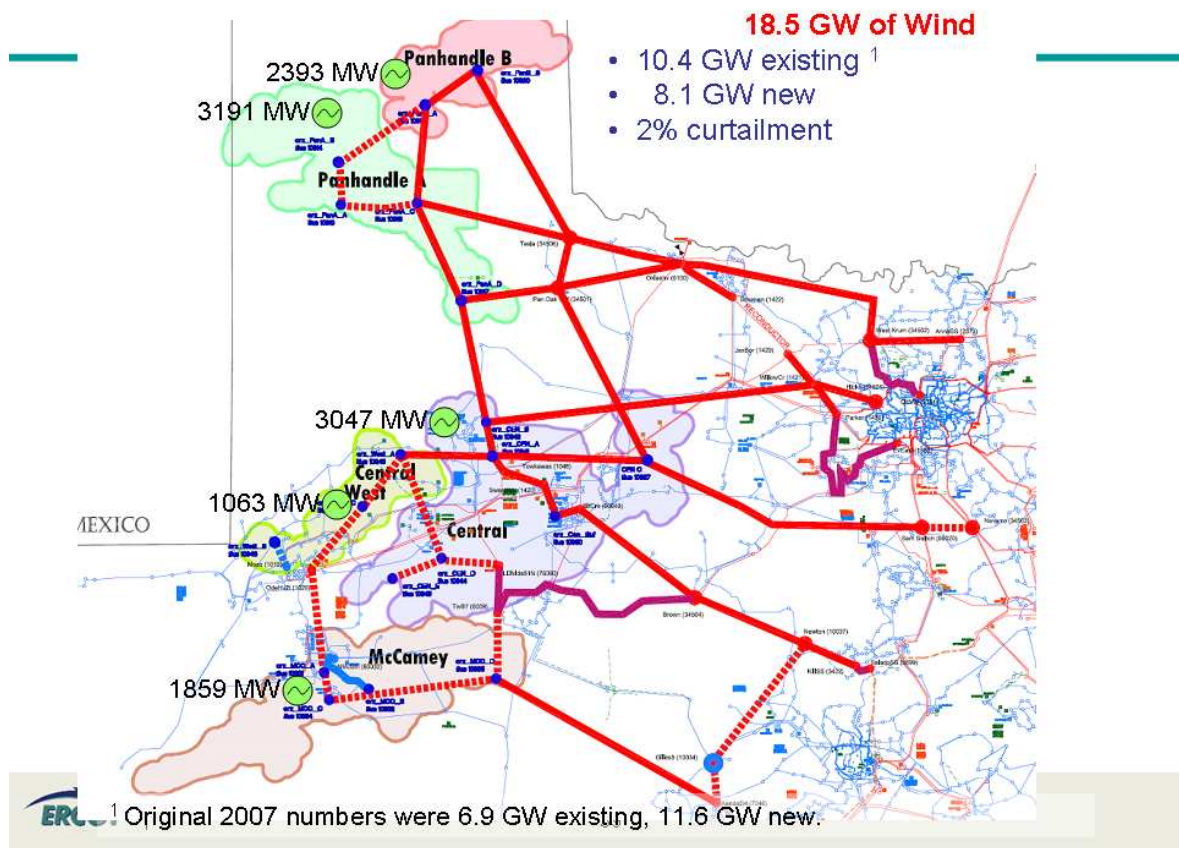


圖 18 為 ECROT 的 CREZ 計畫圖。

## 2. CREZ 研究：2009 及以後

CREZ 無效電力需求分析，以決定並聯無效設備（定態?動態?）、決定串聯最大潮流、補償線路量、決定 SSR 結合串聯之議題及 5%安全裕度（分析風能增加 5%需採取之手段）。

## 3. CREZ 風機假設

85% 型式 III（目前最常用之型式）、15% 型式 II（對電網不友善，因此

保守假設，近日少裝)，電壓調整模式；當實際電力輸出超過 10%時，全部功因 0.95 容量，型式 II 無法調整電壓，故假設額外小量的 STATCOM。

## (八) 短路比 (Short Circuit Ratio)

### 1. 短路比

SCR 為無限匯流排電網強度的量測，當 >10 時，非常好；5 至 10 時，普通；2 至 5 時，尚可；<2 時，不好。而許多 CREZ 之 SCR < 5，且某些地區 SCR < 1。故針對低 SCR，導致保護系統誤動作，電壓調整困難等，需採相關之控制系統以因應。有關 SCR 之概念圖如圖 19 所示。

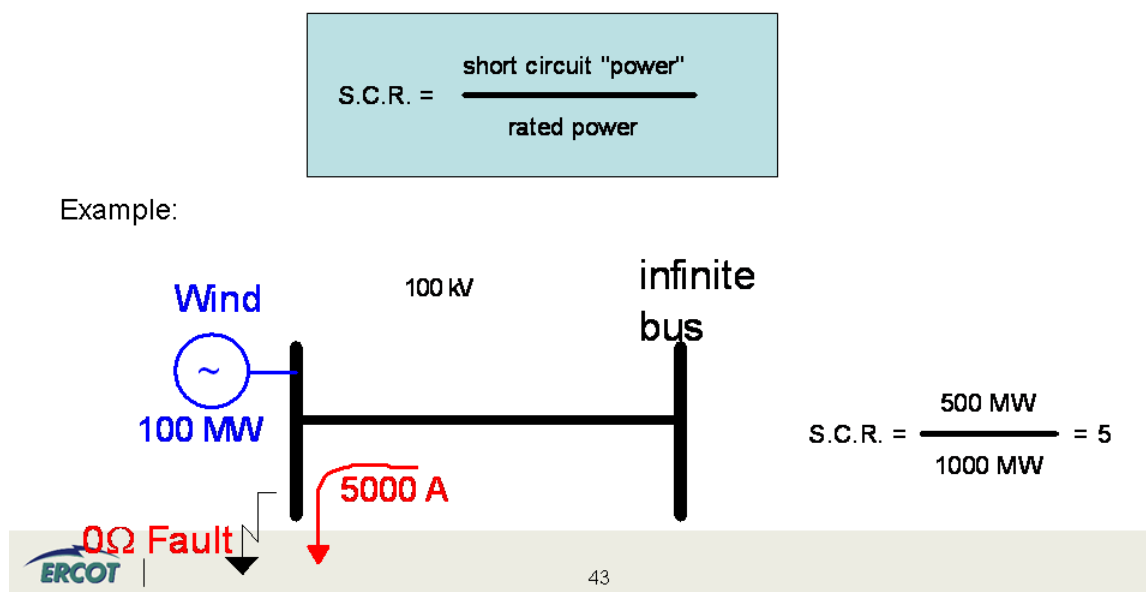


圖 19 SCR 概念圖

### 2. 如何增加 SCR

增加 SCR 之方法包括：增加電廠，這些電廠為網路上故障電流主要來源；興建更多線路及增設同步調相機等。圖 20 為在 Vermont 的同步調相機。



圖 20 在 Vermont 的同步調相機

### (九) 串連電容器

在線路上串連電容器在理論與實務上均已成熟，ERCOT 對於串連電容器的新技術，已於西德州使用。其優點為降低線路電抗，由於「降低電組的路徑」，可有更多潮流；增加線路可靠度限制。然而仍潛在次同步問題及高電壓問題。圖 21 為用於 ERCOT 之串連電容器組實體圖、圖 22 為 ERCOT 之串連電容器位置圖。





圖 21 用於 ERCOT 之串連電容器組實體圖

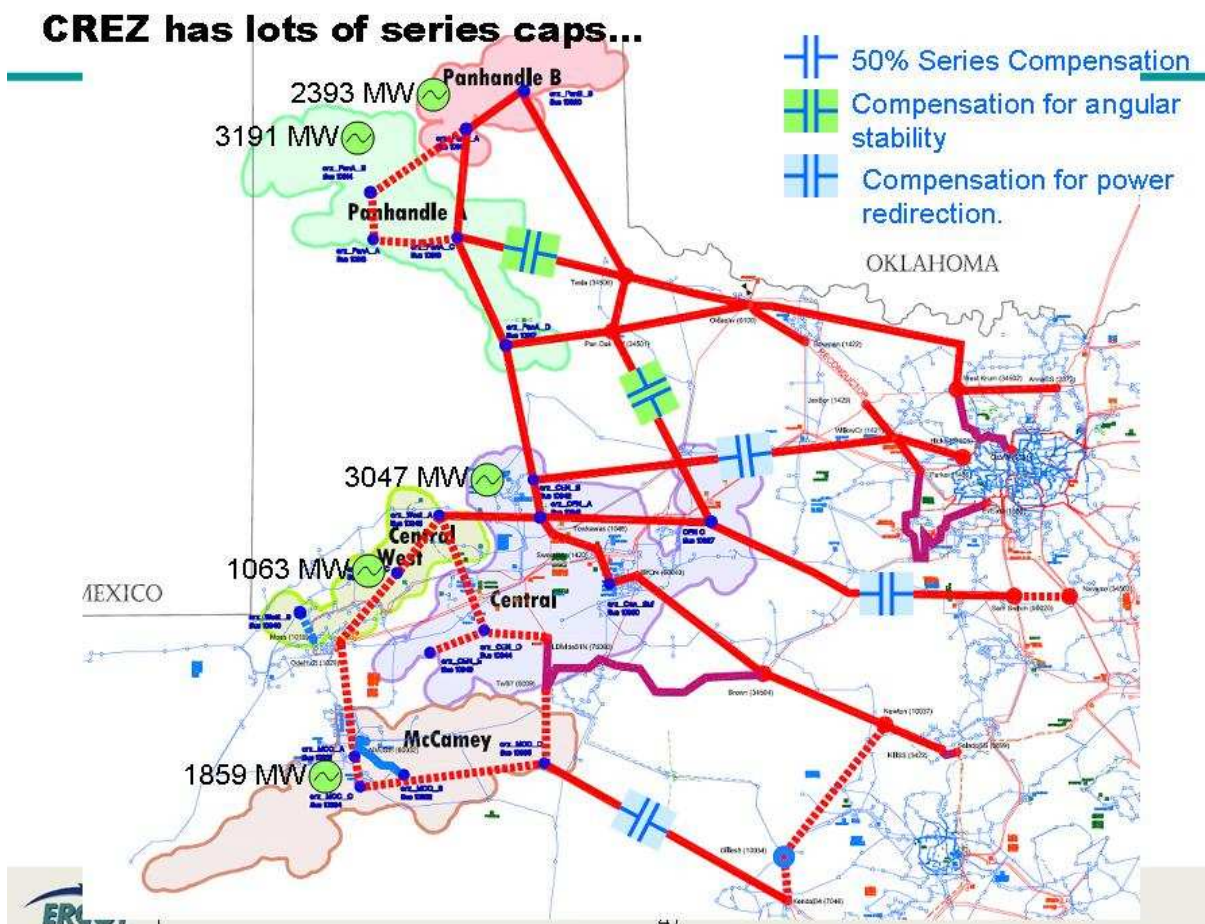


圖 22 ERCOT 之串連電容器位置圖

## 四、ERCOT 活動與總結

### (一) 電壓渡過計畫

確定現存風力發電廠(於 2008 年 11 月 1 日前請 IA 簽署)是否伴隨著系統可靠度的風險及未符合 ERCOT 電壓渡過 (VRT) 之要求。其成果為重新審視所有現存風機動態模型、重新審視所有現存風機之耐故障能力、重新審視所有現存風機之無效電力能力及電壓控制技術(功因、電壓、無效電力)、得到更好的風力發電機電腦模型。針對各風力發電機電源發展等效(一致)的風機模型,以利穩態、短路及動態分析、基於現存風力發電機電源,瞭解系統風險。

### (二) CREZ 無效電力需求研究

無效補償需求,包括所需串並(定態及動態)無效補償以可靠地從西德州送電、增加次同步共振(Sub-Synchronous Resonance, SSR)及次同步扭轉響應(Sub-Synchronous Torsional Interaction, SSTI)之風險。

增加次同步共振(Sub-Synchronous Resonance, SSR)研究,計算串聯補償線路對發電機機械模型的振動效果。

次同步扭轉響應(Sub-Synchronous Torsional Interaction, SSTI)研究,串聯補償可能導致機械與部分系統電氣間之扭轉共振,DFIG 風力發電機可能存在 SSI。

### (三) 計算輔助服務需求

計算輔助服務需求之詳細方法可參考 ERCOT 網站

<http://www.ercot.com/content/mktinfo/services/kd>。

### (四) ERCOT 風險評估工具 (ERCOT Risk Assessment Tool, ERAT)

ERAT 設計用於檢視下列問題：是否我們有足夠的發電機容量符合我們的負載需求（當日運轉及前一日需求）？當無法符合負載需求時，將導致之風險或機率，且此是否為可接受之情況？何種風險情況是為可接受之情況？

該工具可讓 ERCOT 以一量質方式（quantitative way）維持系統可靠度。圖 23 為 ERAT 方法圖。

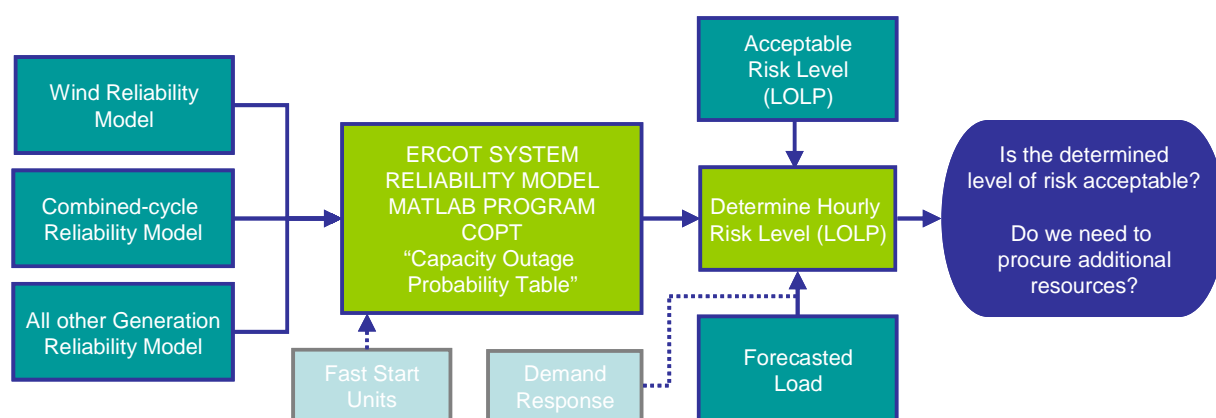


圖 23 ERAT 方法圖

### (五) ERCOT 大遽變警告系統 (Large Ramp Alert System, ELRAS)

在未來 6 小時內提供不同大小的遽變機率及發生的持續時間，系統側及區域層級，針對已確認之遽變事件預測其屬性：量值、持續時間、最大遽

變率及啟動時間，而其工具亦包含即時的天候圖等，圖 24 為 ELRAS 預測概念圖。

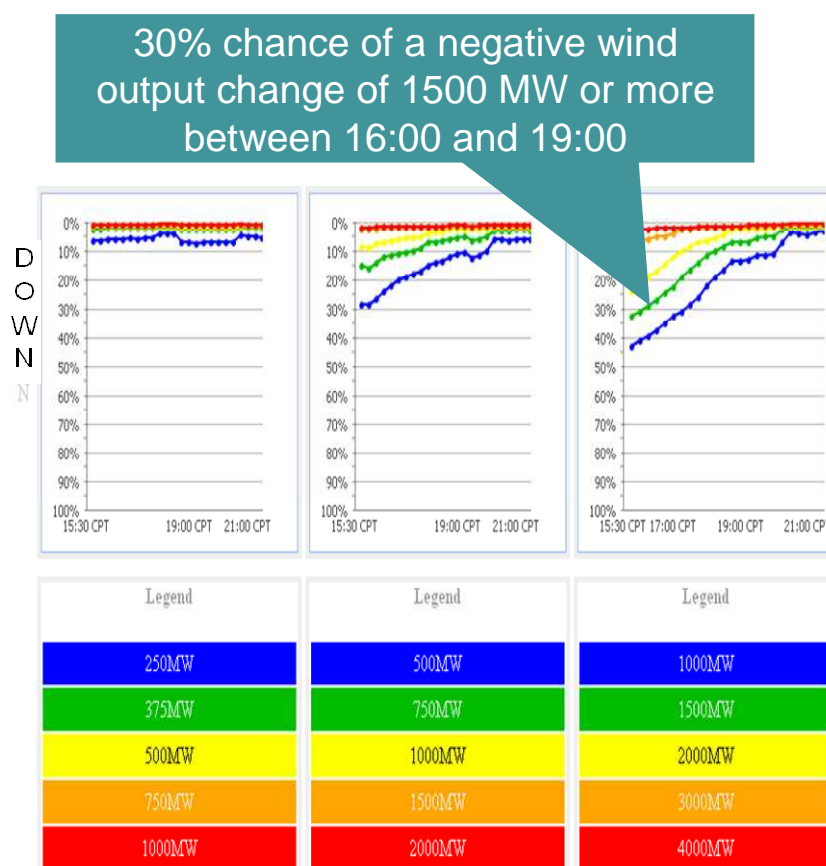


圖 24 ELRAS 預測概念圖

### (六) 60 個 ERCOT 大型風電的因素

遽變事件有不同的複雜因素，但要找出並預測其最佳化因素有其困難。圖 25 為 ERCOT 的 60 個大型風場遽升 (Up Ramps) 及遽降 (Down Ramps) 之原因圖。

## Causes of the Sixty Largest ERCOT Wind Power Ramps January 1 to April 20, 2009

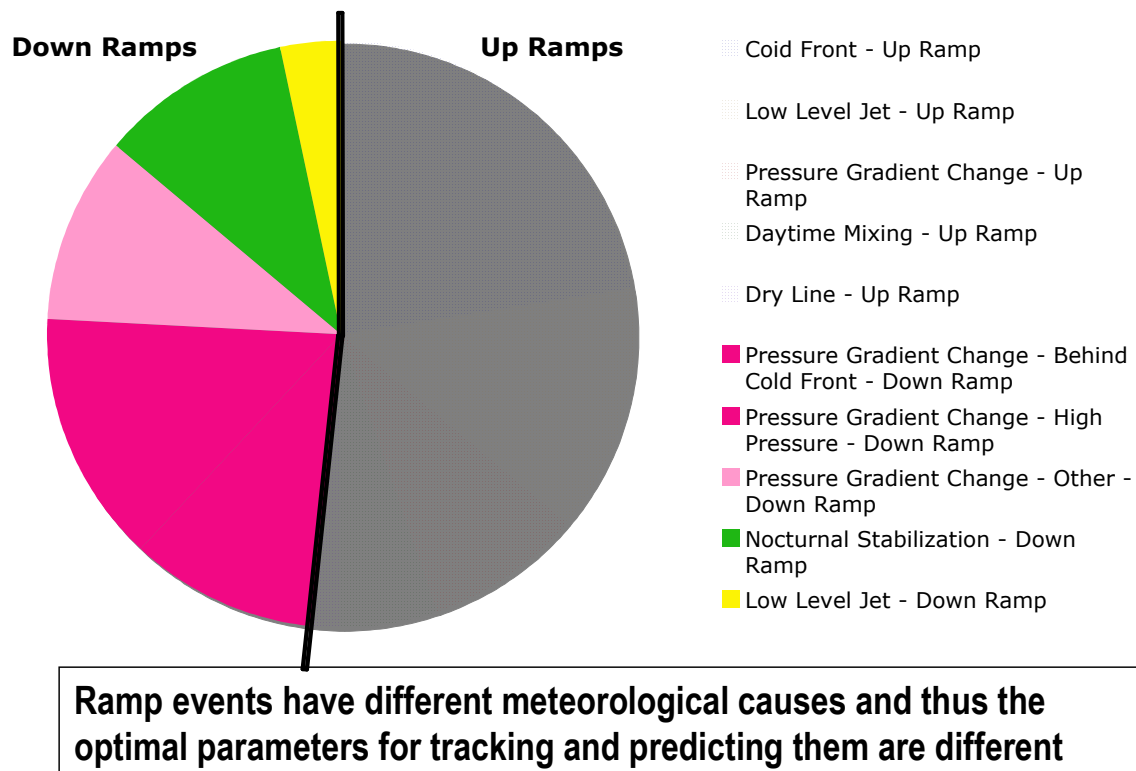


圖 25 ERCOT 的 60 個大型風場遽升及遽降之原因圖

### (七) 其他

針對調度訓練模擬器而發展的高佔比風機之情境，結合 CREZ 事項，提出輔助服務研究，此可參考 GE 名為「Wind Generation Impact on Ancillary Services-GE Study」的報告，可至 <http://www.ercot.com/news/presentations/2008/index> 下載。

另需要修訂之相關協定如下：

- 1.PRR 794，由 QSEs 替代 WGRs 之異質性資料需求（用於風電預測）。
- 2.PRR 824，由 WGR 及 PRR833 之主頻率響應，由現存 WGRs 之主頻率

響應需求：需 WGR 控制系統之執行以回應頻率差異，意為模擬傳統調速機響應。

3.PRR 830，發電機組之無效電力需求。

## 五、小結

一係列有趣問題圍繞不同發電電源之整合，因此亟需不同團體之加入參與。可靠度/系統調度與市場調度緊密結合，因此任何研究均需考慮此兩方面。即使著眼於 ERCOT 之風力發電電源，類似議題亦存於其他不同發電技術。

## 陸、 參加 2010 年電力傳輸諮詢會議

EPRI 2010 年電力傳輸諮詢會議於 9 月 13 日至 15 日在佛羅里達州萊克布埃納維斯塔 (Lake Buena Vista) 的希爾頓飯店舉行，相關會議議程及計畫成果說明如下。

### 一、 會議議程

<b>Monday, September 13</b>			
<b>Meeting Room: Palm Ballroom 2</b>			
<i>Time</i>	<i>Agenda Item</i>	<i>Presenter</i>	<i>Room</i>
<b>7:00 - 8:00</b>	<b>Continental Breakfast</b>		<b>Palm Ballroom 1</b>
8:00 – 8:45	Welcome and Introductions <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Agenda Review</li> <li>▪ PDU Sector Update</li> </ul>	Carl Bridenbaugh (FirstEnergy) Karen Forsten & Arshad Mansoor	Palm Ballroom 2
8:45 – 9:30	Program Area (P39, P40, P173, P172A) Overview <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Area Update &amp; Direction for 2011</li> </ul>	Karen Forsten	Palm Ballroom 2
9:30 – 10:00	Brainstorming Session Overview <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Summary of Feb 2010 Brainstorming and Integrating Into Portfolio Plans 2011</li> <li>▪ Concept for Building a Longer Term Strategy</li> </ul>	Paul Myrda, Navin Bhatt and Warren Frost (facilitator)	Palm Ballroom 2
<b>10:00 – 10:30</b>	<b>Morning Break</b>		<b>Palm Foyer</b>
10:30 – 12:00	Bulk Variable Generation Integration Program 173 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2010 Status Update</li> <li>▪ Inertia/Freq Response Project Update</li> <li>▪ Open Discussion on 2010</li> <li>▪ Impact of High DG on Bulk System Reliability</li> <li>▪ 2011 Plans &amp; Discussions</li> <li>▪ Ensuring Sufficient System Flexibility</li> </ul>	Jay Caspary, SPP & Daniel Brooks Pouyan Pourbeik Invited ISO/Utility Daniel Brooks Aidan Tuohy	Palm Ballroom 2
<b>12:00 – 1:00</b>	<b>Lunch</b>		<b>Palm Ballroom 1</b>
1:00 – 3:00	Grid Operations & Planning Overview Grid Operations Program 39 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2010 Status Update</li> <li>▪ 2011 Plans &amp; Discussion</li> <li>▪ Wide area power system visualization using synchrophasor measurements and EMS data</li> <li>▪ EPRI DYNRED</li> </ul>	Doug McLaughlin, SoCo, & Paul Myrda DeJim Lowe, TVA Kevin Ding, CNP) and Howard Daniels, CNP Eugene Litvinov, ISO-NE	Palm Ballroom 2
<b>3:00 – 3:30</b>	<b>Afternoon Break</b>		<b>Palm Foyer</b>
3:30 – 5:00	Grid Planning Program 40 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2010 Status Update</li> <li>▪ 2011 Plans &amp; Discussion</li> <li>▪ Evaluation of Transmission Reinforcement Options</li> <li>▪ Reliability Studies at Southern Company using TransCARE</li> </ul>	Paul Myrda Carl Bridenbaugh, FirstEnergy  Rod Hardiman and Murali Kumbale, SoCo	Palm Ballroom 2
<b>6:00</b>	<b>Group Dinner - The House of Blues Orlando (Southern Inspired American Cuisine)</b>		

<b>Tuesday, September 14</b>			
<b>Meeting Room: Palm Ballroom 2</b>			
<i>Time</i>	<i>Agenda Item</i>	<i>Presenter</i>	<i>Room</i>
8:00 – 10:00	Strategic Planning <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Overview of Process</li> <li>▪ Task 1 (Brainstorming of Barriers, Challenges and Issues)</li> </ul>	Navin Bhatt and Warren Frost (facilitator) All	Palm Ballroom 2
<b>10:00 – 10:30</b>	<b>Morning Break</b>		<b>Palm Foyer</b>
10:30 – 12:00	Strategic Planning (cont.) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Task 2 (Brainstorming of Future State Statements)</li> </ul>	Navin Bhatt and Warren Frost (facilitator) All	Palm Ballroom 2
<b>12:00 – 1:00</b>	<b>Lunch</b>		<b>Palm Ballroom 1</b>
1:00 – 3:00	Joint Session: Transmission and Substations / IntelliGrid <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Introduction of areas and where they cut across</li> <li>▪ Present the Smart Transmission Vision</li> <li>▪ Smart Transmission and Coordination Across Multiple Program Areas</li> <li>▪ Present Examples of Smart Transmission R&amp;D Projects <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sensors</li> <li>○ T&amp;S fleet management analytics</li> <li>○ Data heap</li> <li>○ Smart Grid lab for support standards including IEC, NASPI net, PMU communications</li> <li>○ Cyber Security approaches and technologies</li> </ul> </li> <li>▪ Group discussion</li> </ul>	Paul Myrda  Don Von Dollen  Luke Van der zel  Bhavin Desai Paul Myrda  Erfan Ibrahim	Palm Ballroom 2
<b>3:00</b>	<b>Afternoon Break</b>		<b>Palm Foyer</b>
3:30 – 5:00	Transmission Efficiency Program 172A <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2010 Status Update</li> <li>▪ 2011 Program Structure and Direction</li> <li>▪ Assessing the Efficiency and Utilization Gains of Dynamic Ratings at NYPA</li> <li>▪ Con Edison N-2 Project, Applying Virtual Power Plant for Augmenting T&amp;D Infrastructure &amp; Demonstrations Projects</li> </ul>	Rich Lordan  Jennifer Dering, NYPA Sanjay Bose & Michael Forte, ConEd	
<b>5:30 – 7:00</b>	<b>Reception</b>		<b>Palm Ballroom 1</b>



<b>Wednesday, September 15</b>			
<b>Meeting Room: Palm Ballroom 2</b>			
<i>Time</i>	<i>Agenda Item</i>	<i>Presenter</i>	<i>Room</i>
<b>7:00 – 8:00</b>	<b>Continental Breakfast</b>		<b>Palm Foyer</b>
8:00 – 8:45	Prism 2.0: Preliminary Insights from EPRI's Regional Model <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Q&amp;A</li> </ul>	Bryan Hannegan, VP EPRI Environment & Renewable Energy	Palm Ballroom 2
8:45 – 10:00	Strategy Session <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Task 3 Review prior day input and mapping of 2010 &amp; 2011 projects to future states</li> </ul>	Navin Bhatt, Warren Frost & All	Palm Ballroom 2
<b>10:00 – 10:30</b>	<b>Morning Break</b>		<b>Palm Foyer</b>
10:30 – 11:30	Strategy Session (continued) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Task 4 (Development of 2012 project ideas to facilitate the 2020 Vision</li> <li>▪ Round Table</li> <li>▪ Next Steps</li> </ul>	Navin Bhatt, Warren Frost & All	Palm Ballroom 2
11:30 – 12:00	Member Satisfaction	Carl Bridenbaugh & Karen Forsten	Palm Ballroom 2
<b>12:00 – 1:00</b>	<b>Adjourn and Lunch</b>		<b>Palm Foyer</b>

## 二、2010 年電網規劃（P40 計畫）成果

### （一）PS40A 模型及標準

#### 1. P40.012—運用智慧型量測資料決定負載補償（計畫編號 1020060）

<b>目標</b>	發展一種方法，利用AMI資料及天氣資訊以成為饋線負載元件之一部分（load component percentages），使其可為規劃研究之負載模型使用。
<b>可轉移項目</b>	技術更新
<b>完成日</b>	2010年12月
<b>預期成果</b>	發展一以最佳化為基礎的解法，此解法為從AMI資料使末端負載崩潰的解法  發展一解法以反映崩潰的末端負載元件並在饋線上重建

	利用模擬及實際資料測試該方法
主要工作及 里程碑	<p><b>Key Tasks and Milestones</b></p> <p> <span style="color: green;">■</span> Completed  <span style="color: yellow;">■</span> In Process  <span style="color: blue;">■</span> Upcoming </p>

## 2. P40.013—發展動態元件的標準模型（計畫編號 1020061）

目標	<p>發展一般性（generic）SVS模型</p> <p>啟動HVDC模型</p> <p>針對未來工作，瀏覽其他模型化需求及計畫</p>
可轉移項目	技術更新 & 工作情況
完成日	2010年12月
預期成果	<p>結合工業界（如WECC SVC TF, IEEE等）及軟體供應上以發展並分送一般性/標準模型</p>

主要工作及 里程碑	<p><b>Key Tasks and Milestones</b></p>
	<p>Completed</p> <p>In Process</p> <p>Upcoming</p>

### 3. P40.014—輸電系統模型管理（計畫編號 1020063）

目標	調查輸電系統模型管理技術以使其促進系統規劃員的傳統模型建構和管理實務
可轉移項目	技術報告
完成日	2010年12月
預期成果	EPRI將與規劃工程師合作以確認問題及需要，發展模型管理指導綱要，並針對模型管理工具發展功能需求
主要工作及 里程碑	

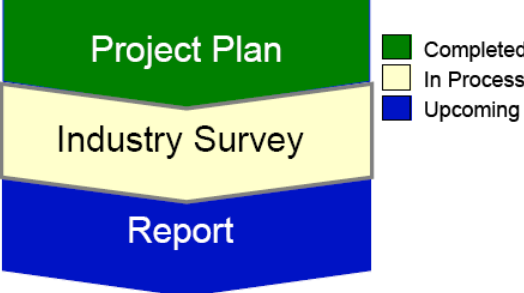
## (二) PS40B 可靠度評估

### 1. P40.003—輸電可靠度統計應用於可靠度評估（計畫編號：1020064）

目標	以事件可能性及調查可接受結果的量化變數程度區分輸電可靠度資料
可轉移項目	技術更新
完成日	2010年12月
預期成果	本報告針對偶發事件的不同分類，以區分並發展可能的機率量測
主要工作及里程碑	<p><b>Key Tasks and Milestones</b></p> <p>Legend:  <span style="color: green;">■</span> Completed  <span style="color: yellow;">■</span> In Process  <span style="color: blue;">■</span> Upcoming</p>

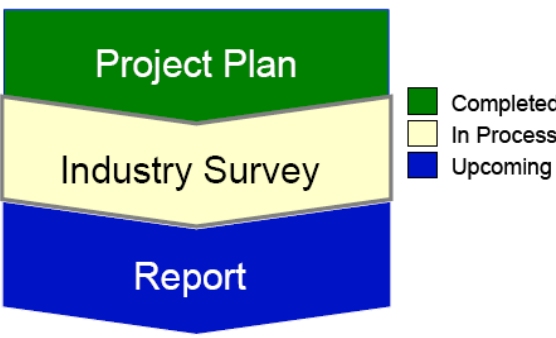
### 2. P40.015—平衡經濟性及可靠度以在一競爭性環境中評估規劃選項（計畫編號 1020065）

目標	提出一方法以評估及平衡輸電規劃的可靠度及經濟性
可轉移項目	技術報告

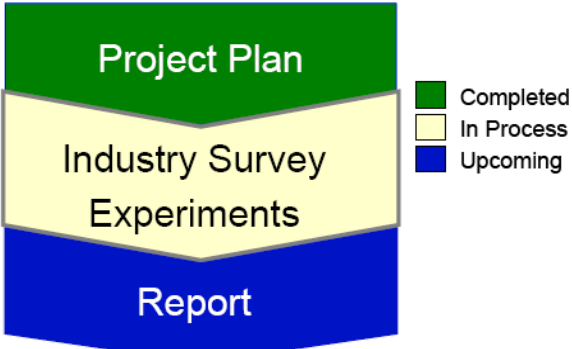
完成日	2010年12月
預期成果	本報告為促成一致工業論壇以協助定義規劃方法，此法為兼具可靠度及經濟性的輸電計畫
主要工作及里程碑	

### (三) PS40 發展策略規劃

#### 1. P40.008—新規劃架構之發展 (計畫編號：1020066)

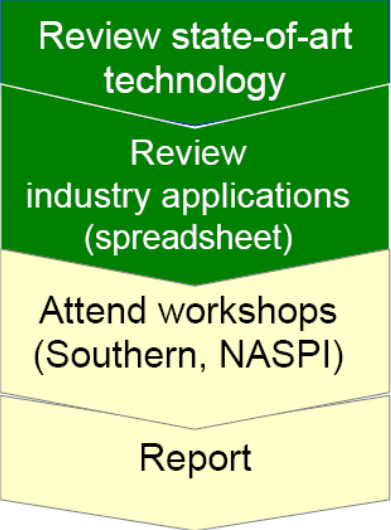
目標	為建立整合改變需求且兼具自動及可靠的新輸電網路規劃架構定義目標
可轉移項目	技術更新
完成日	2010年12月
預期成果	本報告為促成一致工業論壇以協助定義規劃架構成為多變的，並思考相較於過去經驗，建構輸電擴充計畫正在改變
主要工作及里程碑	

2. P40.009—增加電力潮流的經濟性（計畫編號 1020068）

目標	提供與增量及特別是進一步科技選項的主要升級有相關的指導議題
可轉移項目	技術更新
完成日	2010年12月
預期成果	選擇進一步技術以評估電力潮流管理之應用及檢驗應用此類技術的經濟性  對整體輸電系統而言，對優先升級容量設施探索系統性方法以得到最經濟性容量升級
主要工作及里程碑	 <p>The diagram illustrates the project milestones and their status:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Project Plan:</b> Completed (Green)</li> <li><b>Industry Survey Experiments:</b> In Process (Yellow)</li> <li><b>Report:</b> Upcoming (Blue)</li> </ul> <p>Legend:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Green: Completed</li> <li>Yellow: In Process</li> <li>Blue: Upcoming</li> </ul>

3. P40.010—同步相量（Synchro-Phasors）的監錄應用及其成功故事（計畫編號 1020069）

目標	蒐集成功的應用並記錄下來，以協助參加成員瞭解其價值
可轉移項目	技術更新
完成日	2010年12月

預期成果	單一報告以強調該運轉以及在工業上規劃應用的情況，以科技為主的演算法及相關議題（如可觀察性）
主要工作及里程碑	<p><b>Key Tasks and Milestones</b></p>  <p> <span style="color: green;">■</span> Completed  <span style="color: yellow;">■</span> In Process  <span style="color: blue;">■</span> Upcoming </p>

#### 4. P40.011—在不確定下之輸電規劃（計畫編號 1020070）

目標	輸電規劃員目前使用的確定性的方法以處理不確定性以及未來需處理的方法等。
可轉移項目	技術更新
完成日	2010年12月
預期成果	由選擇公司及RTO之文獻蒐索、專家訪談及分析，在現有的實務中執行深度的調查（與EPRI 2006年#1012474 計畫相關）

