

(108)電返國報字第 123 號出國報告  
行政院及所屬各機關因公出國報告書  
(出國類別：開會)

## IEEE PES 之電力系統運轉委員會專題會議 出國報告

服務機關：台灣電力公司

出國人員：

姓名	職稱	單位	姓名代號	出國計畫
吳進忠	13 等副處長	電力調度處	850899	108 年度第 123 號

出國地區：美國

出國期間：108 年 7 月 29 日至 108 年 8 月 11 日

報告日期：108 年 9 月 27 日

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：IEEE PES 之電力系統運轉委員會專題會議

頁數 84 含附件  是  否

出國計畫主辦機關／聯絡人／電話：臺灣電力公司／陳德隆／02-23667685

出國人員姓名／服務機關／單位／職稱／電話：

姓名	服務機關	單位	職稱	電話
吳進忠	台灣電力公司	電力調度處	副處長	02-2366-6602

出國期間：108 年 7 月 29 日至 108 年 8 月 11 日

出國地區：美國

報告日期：108 年 9 月 27 日

分類號／目

關鍵詞：避免成本(Avoided Cost)、安全限制機組排程(Security Constraint Unit Commitment, SCUC)、安全限制機組排程 (Security Constraint Economic Dispatch, SCED)、日前市場(Day-Ahead Market, DAM)、即時市場(Real-Time Market, RTM)、輔助服務(Ancillary Service, AS)、調度作業流程(Scheduling Workflow & Processes)、區域邊際價格(Locational Marginal Price, LMP)、市場結算價格(Market Clearing Price, MCP)

## 內容摘要：

本報告主要以參訪位於印第安納州 Carmel 的美國中北部電力調度中心(MISO)研討相關議題及參加電機電子工程師學會 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 簡稱為 IEEE) 在亞特蘭大舉行之 2019 年電力系統運轉委員會專題會議(Power & Energy Society General Meeting, 簡稱 PESGM)為內容，分別針對 1.參訪 MISO 研討相關議題包括靈活升降載能力(Ramp Capability Product)、Business Practices Manuals、輔助服務費用合理性、系統電源不足之緊急應變程序、電能和備轉容量市場訂價原理、MISO 日前市場結算程序及負載預測作業等；2. IEEE 2019PESGM 會議內容重點提出報告。

本報告內容共分六章，

壹、心得與建議

貳、出國目的

參、出國行程

肆、參訪 MISO 與相關議題研討

伍、IEEE PES 之電力系統運轉委員會專題會議

陸、參考文獻

附件 1 MISO Corporate Information 2019

附件 2 IEEE 2019 PESGM Panel Session Listing

本文電子檔已傳至出國報告資訊網

(<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

# 目 錄

目 錄 .....	IV
圖表索引.....	VI
壹、心得與建議.....	1
1.1 心得.....	1
1.2 建議.....	3
貳、出國目的.....	5
參、出國行程.....	7
肆、參訪 MISO 與相關議題研討 .....	9
4.1 MISO 電力調度中心簡介 .....	9
4.2 靈活升降載能力(Ramp Capability Product) .....	14
4.3 MISO 商業實施手冊(Business Practices Manuals) ..	22
4.4 研討議題.....	33
4.4.1 輔助服務費用 .....	34
4.4.2 系統電源不足之緊急應變程序.....	37
4.4.3 電能和備轉容量市場訂價原理.....	41
4.4.4 MISO 日前市場結算程序 .....	45
4.4.8 負載預測作業 .....	47
伍、IEEE PES 之電力系統運轉委員會專題會議.....	52
5.1 IEEE 2019 PESGM 議程及專題會議小組.....	52
5.2 電力系統關鍵議題摘要.....	55
5.2.1 分散式電源互通性的發展規劃 — 產業經驗 .....	55
5.2.2 高再生能源滲透率下的輸電基礎設施之開發 .....	56
5.2.3 透過政策、標準和市場構建來確保電網彈性 .....	57
5.2.4 控制中心即時偶發事件分析中之補救措施方案的建置 .....	58

5.2.5 高占比可變再生能源提供電力系統靈活性 — 歐洲經驗.....	59
5.2.6 不同市場結構下的電池儲能的經濟性 .....	60
5.2.7 儲能系統的輸電規劃—大小和位置 .....	61
5.2.8 大數據分析應用於提高電力系統的經濟性、可靠性和安全性	62
5.2.9 分散式需量反應的困境：缺陷或參與 .....	63
5.2.10 電力系統負在建模：機會、挑戰和方法論 .....	65
5.2.11 分散式能源資源整合與透過能源系統整合提供靈活性 .....	66
5.3 大量風電併網之挑戰 — ERCOT 的經驗 .....	67
5.4 國外運轉經驗與因應方案.....	70
陸、參考文獻.....	74
附件 1 MISO Corporate Information 2016 .....	75
附件 2 IEEE 2019 PESGM Panel Session Listing.....	76

## 圖表索引

圖 4-1 MISO 的發展過程 .....	10
圖 4-2 MISO 的營運範圍與基本資料.....	12
圖 4-3 MISO 2019 年董事會名單.....	13
圖 4-4 MISO 董事會組織架構.....	14
圖 4-5 MISO 市場價格訊號的演進.....	15
圖 4-6 MISO 發展 RAMP CAPABILITY PRODUCT 的過程.....	17
圖 4-7 RAMP CAPABILITY PRODUCT 調度規劃.....	17
圖 4-8 RAMP CAPABILITY PRODUCT 的來源 .....	18
圖 4-9 RAMP CAPABILITY PRODUCT 的機會成本.....	19
圖 4-10 RAMP CAPABILITY PRODUCT 對價格的影響.....	20
圖 4-11 RAMP CAPABILITY PRODUCT 對價格的影響.....	20
圖 4-12 2016 年 5 月 RAMP CAPABILITY PRODUCT 之市場結清價格 ...	21
圖 4-13 RAMP CAPABILITY PRODUCT 之市場結清價格.....	22
圖 4-14 MISO 2016-17 年電源容量拍賣的價格變化.....	37
圖 4-15 MISO 容易發生 MAX GEN 警報、警告或事件的區域 .....	38
圖 4-16 MAX GEN 警報、警告或事件期間最低價格適用區域 .....	39
圖 4-17 RTO-EOP-002 的關鍵信息發布後的具體措施與步驟 .....	39
圖 4-18 MISO LMP 之組成 .....	42
圖 4-19 MISO 市場結算價格的原則 .....	43
圖 4-20 MISO 的 6 個 RESERVE ZONE .....	44
圖 4-21 MISO 日前市場結算程序.....	46
圖 4-22 MISO 使用 SCED 演算法決定 LMP 和 MCP .....	47
圖 4-23 MISO 日前中期負載預測(MTLF)作業流程 .....	49

圖 4-24 MISO 目前使用三套負載預測軟體之比較 .....	50
圖 4-25 MISO2007~2010 年平均負載預測的準確度 .....	50
圖 4-26 MISO2007~2010 年尖峰負載預測的準確度 .....	51
圖 4-27 MISO2007~2010 年峰谷負載預測的準確度 .....	51
圖 5-1 分散式電源互通性的發展規劃 — 產業經驗 .....	55
圖 5-2 高再生能源滲透率下的輸電基礎設施之開發 .....	56
圖 5-3 透過政策、標準和市場構建來確保電網彈性 .....	57
圖 5-4 控制中心即時偶發事件分析中之補救措施方案的建置 .....	59
圖 5-5 高占比可變再生能源提供電力系統靈活性 .....	60
圖 5-6 不同市場結構下的電池儲能的經濟性 .....	61
圖 5-7 儲能系統的輸電規劃—大小和位置 .....	62
圖 5-8 大數據分析應用於電力系統的經濟性、可靠性和安全性 .....	63
圖 5-9 分散式需量反應的困境：缺陷或參與 .....	64
圖 5-10 電力系統負在建模：機會、挑戰和方法論 .....	65
圖 5-11 可變和分散式能源整合提供靈活性 .....	66
圖 5-12 風力發電實績、風電預測及風力發電資源計畫之比較 .....	69
圖 5-13 實際負載、日前負載預測比較 .....	69
圖 5-14 ERCOT 啟動需量反應(LAAR)的執行情形 .....	70
圖 5-15 風機具有類似調速機的頻率反應能力 .....	72
圖 5-16 風機應具備之電壓穿越能力 .....	72
圖 5-17 風機應具備之頻率穿越能力 .....	73
表 3-1 出國行程 .....	8
表 5-1 IEEE 2019 PESGM 議程規劃 .....	53

# IEEE PES 之電力系統運轉委員會專題會議

## 出國報告

### 壹、心得與建議

#### 1.1 心得

1. 本次考察行程得以順利進行，要感謝 MISO Yonghong Chen 博士的熱心安排，和 MISO 的專家針對靈活升降載能力(Ramp Capability Product)、Business Practices Manuals、輔助服務費用合理性、系統電源不足之緊急應變程序、電能和備轉容量市場訂價原理、MISO 日前市場結算程序及負載預測作業等進行面對面的討論與交流，並從中獲取許多寶貴的經驗與建議。
2. 從 MISO 的經驗得知：FERC(聯邦能源管制委員會)是政策制定機構，NERC(北美電力可靠度公司)是相關標準制定與審查機構、PUC(公用事業管制委員會)是費率審核機構，IMM(獨立電業管制機構)則是電力市場的監督機構，ISO(獨立電力調度中心)只是執行單位，負責電網安全、可靠與效率、電力市場的規劃設計、交易平台的建置、訂定電力調度與市場規則、電力市場買賣結算等業務，各機構權利義務清楚，彼此分工明確、分層負責，因此電力市場在美國非常蓬勃發展，涵蓋金融、法律、商業等不同領域，創造了許多就業機會。
3. 此次與 MISO 相關人員進行訪談，深刻體認目前所看到的成熟電力市場市場架構，其乃是政府單位、電力業者以及終端用戶各方的配合與支持，共同努力達到的目標。從綜合電業架構轉換至完全自由競爭的電力市場架構，此過程約需花費超過 10 年以上的時間，

從各項的法規、準則、規定的制訂，以及相關的軟、硬體設備的更新，投入大量的時間、人力、物力去完成。各個電力市場的架構皆有其特殊歷史背景，因此設計時的考量皆有其特殊性，並無一絕對完美的市場規則，但其設計精神不外乎是在電網安全的情況下維持電廠公平競爭。

4. MISO 則為強勢的 ISO，MISO 任何創新提案或系統解決方案只要認為對整體系統或市場有利，可以為市場創造利益，僅須獲得董事會同意就可以執行。台灣未來的電業自由化發展，因為主管機關(能源局)僅負責電業法及相關子法的修訂，有關電力交易中心(MO)將由輸電業負責設立(國外稱為 TSO)，相關調度規則及交易機制仍由輸電業 TSO 負責擬定，電力調度處為國內最熟悉台灣電力系統的單位，應積極參與電力交易中心(MO)的規劃建置。
5. 輔助服務是確保電力系統安全穩定的要素，也是電力市場重要的商品，因此 MISO 設置輔助服務日前市場，日前市場結算的價格可以提供做為即時市場的價格訊號，目前本公司自 103 年起參考 MISO 日前市場機制所建置的機組電能暨輔助服務競價平台亦是透過日前市場機制決定輔助服務費用深獲 MISO 專家的肯定，值得本公司投入相關軟硬體資源繼續發展。
5. 電機電子工程師學會每年均舉辦電力系統運轉委員會專題會議 (Power & Energy Society General Meeting)，該會議集合電力系統各領域的專家學者數百人，在為期 6 天的會議中充分討論交流電力系統最新的議題與挑戰，從中我們可以瞭解、學習不同系統的解決策略與方案，速迅找出適合台灣電力系統特性的應變措施與解決方案，可以大幅縮短調適時間與建置成本，本公司應每年由發

電、輸電、配電、調度、系規、業務及綜研所等單位組團參加 PES 年會學習瞭解最新的解決策略與方案。

## 1.2 建議

1. 電機電子工程師學會每年均舉辦電力系統運轉委員會專題會議 (Power & Energy Society General Meeting)，該會議集合電力系統各領域的專家學者數百人，在為期 6 天的會議中充分討論交流電力系統最新的議題與挑戰，從中我們可以瞭解、學習不同系統的解決策略與方案，速迅找出適合台灣電力系統特性的應變措施與解決方案，可以大幅縮短調適時間與建置成本，建議本公司應每年由發電、輸電、配電、調度、系規、業務及綜研所等單位組團參加 PES 年會學習瞭解最新的解決策略與方案。
2. 美國各 ISO 每年定期邀集各輸電公司、發電公司、電力零售商、投資者等市場參與者舉辦研討會，針對最新電力市場規則及執行細節，進行實務經驗交流及專題講座，有些研討會是開放給電業免費參加(如 ERCOT)。本公司派員出席年會除可瞭解 ISO 與電力市場各類機制的應用發展現況外，並有機會和相關專家進行討論交流，對電力市場相關制度的引進與輔助服務的應用均有相當大的助益，建議可定期派員參加各 ISO 舉辦研討會或定期派員與美國各 ISO 進行訪談交流。
3. 負載預測與再生能源發電預測是一項非常專業的工作，MISO 負責系統的負載預測工作，由 3~4 人專職負責所有的負載預測工作，包含所有短、中、長期的負載預測工作，再生能源的預測則是委託德國專業的風電預測公司進行預測，不僅準確度相當高，成本也相對便宜。CAISO 的再生能源預測也是委託專業的公司預測，建議

有關再生能源的預測作業可考慮委託國外專業的風電預測公司進行預測。

4. 我國離岸風電未來將呈現裝置容量大且高度集中併網的情形，因風力發電的間歇性、不易預測性，故勢必對電力系統供需平衡與電網運轉產生衝擊與影響，為使風力發電可併網容量最大化、提高風力發電占比高，同時要能確保系統供電穩定及可靠度，建議要求離岸風場配合提高風機各項性能，包括電壓/頻率穿越能力、功率降載能力、可設定之升/降載率、具有類似調速機反應能力等。
5. 有鑑於國外發展大量風力發電併網的電力系統，幾乎都是電業自由化、具有電力市場機制，所以面臨大量風力發電併網的衝擊，電力調度中心大多能透過電力市場取得必要的輔助服務予以克服因應，故建議宜儘速建立電力市場機制，比照國外電力市場要求風場/風機必須參與電力市場，配合提供一經濟性報價，由調度中心/電力市場的經濟調度(SCED)程式根據所有風電及其他機組之報價，決定風場及各機組之即時運轉出力，以確保風電輸出並同時滿足系統安全性及市場經濟性之要求，除可減少風場遭指令降載時間及降載量，提高風力發電占比外，亦能確保系統穩定與安全。
6. 建議電力調度中心需對離岸風電併網之衝擊與影響預作分析、研擬各項因應離岸風電併網之穩定電力供應策略，包括提高負載/風力發電預測準確度、增加調頻備轉容量及快速反應備轉容量等輔助服務之配置、再生能源併網技術法規配合修訂、建置「再生能源管理系統」(包括再生能源發電預測、監控及調度管理等)、修訂「電力調度規則及相關作業程序」、建立「輔助服務市場機制」、推動「自動反應型需量反應」，因應再生能源發展加強電力調度人員相關訓

練等。

## 貳、出國目的

MISO 為北美轄區最大之 ISO，轄區內由多個負載平衡管制單位 (Balance Authority) 構成，各平衡區運作模式需要維持各自區域內之負載及電源平衡控制，且支付各項系統共同分擔之輔助服務、調度運轉等。藉由此次洽訪 MISO，針對靈活升降載能力(Ramp Capability Product)、Business Practices Manuals、輔助服務費用合理性、系統電源不足之緊急應變程序、電能和備轉容量市場訂價原理、MISO 日前市場結算程序及負載預測作業等議題進行交流討論。

電機電子工程師學會 (Institute of Electrical and Electronics Engineers，簡稱為 IEEE)，為一個建立於 1963 年 1 月 1 日的國際性電子技術與電子工程師協會，亦是世界上最大的專業技術組織之一，擁有來自 175 個國家的 42 萬會員。電機電子工程師學會除設立於美國紐約市的總部以外，亦在全球 150 多個國家擁有分會，並且還有 35 個專業學會及 2 個聯合會。其每年均會發表多種雜誌、學報、書籍，亦舉辦至少 300 次的專業會議。電機電子工程師學會每年均舉辦電力系統運轉委員會專題會議(Power & Energy Society General Meeting)，該會議集合電力系統各領域的專家學者數百人，在會議中充分討論交流電力系統最新的議題與挑戰，從中我們可以瞭解、學習不同系統的解決策略與方案，包括儲能技術及最佳應用、分散式電源併網規範、因應未來電網的不確定之管理、離岸風機管理與運轉、電力系統動態模型監測等技術解決方案，並瞭解最新電力系統運轉技術發展情況，可速迅找出適合台灣電力系統特性的應變措施與解決方案，可以大幅

縮短調適時間與建置成本。

## 參、出國行程

出國行程如表 3-1 所列，本次出國行程自 108 年 7 月 29 日抵達美國印第安納波利斯，於 108 年 7 月 30 日~108 年 8 月 2 日期間參訪 MISO 總部，與 Yonghong Chen 博士(Principal Advisor, Market Development)、Juan Li 博士(Senior Advisor, Market Engineering)、Kun Zhu 博士(Manager, Interchange & Transmission Service Administration, Forward Markets and Operations Services)、Hui Zheng 博士(Senior Engineer, Load Forecasting & Market Supporting)，以及 Ms. Shu Xu(Senior Market Design Engineer, Market Design & Delivery)等多位電力市場專家進行相關議題討論，包括緊急運轉的定價措施、快速升載能力機制、結算週期由 15 分鐘提升到 5 分鐘相關配套措施、AGC 提供者的差別定價措施(Fast First AGC)、可用性及調度彈性訂定市場機制 (Markets for Availability & Flexibility) 等，並就本公司 103 年參考 MISO 日前市場機制建立之機組電能暨輔助服務競價平台的運作情形及相關輔助服務機制交換意見；8 月 3 日搭機前往亞特蘭大，8 月 4 日~9 日參加 IEEE PES 年會，針對儲能技術及最佳應用、分散式電源併網規範、因應未來電網的不確定之管理、離岸風機管理與運轉、電力系統動態模型監測等主題參與專家會議討論，並瞭解最新電力系統運轉技術發展情況，以作為本公司因應大量再生能源併網衝擊、研擬電力調度與因應策略的參考。

表 3-1 出國行程

時 間	地 點	工 作 概 要
108.7.29	台北→美國印第安那波里斯	往程
108.7.30~8.2	美國印第安那波里斯	<p>參訪 MISO 電力調度中心諮詢</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 探討緊急運轉的定價措施</li> <li>2. 探討快速升載能力機制</li> <li>3. 探討結算週期由 15 分鐘提升到 5 分鐘相關配套措施</li> <li>4. 探討 AGC 提供者的差別定價措施 (Fast First AGC)</li> <li>5. 探討可用性與調度彈性訂定市場機制 (Markets for Availability &amp; Flexibility)</li> </ol>
108.8.3	印第安那波里斯→亞特蘭大	往程
108.8. 4~8.9	美國亞特蘭大	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 參加儲能技術及最佳應用、分散式電源併網規範、因應未來電網的不確定之管理、離岸風機管理與運轉、電力系統動態模型監測等主題會議。</li> <li>2. 瞭解最新電力系統運轉技術發展情況</li> </ol>
108.8.10~8.11	亞特蘭大→舊金山→台北	返程

## 肆、參訪 MISO 與相關議題研討

### 4.1 MISO 電力調度中心簡介

Midcontinent Independent System Operator，簡稱 MISO，負責調度協調美國中部地區 15 個州及加拿大曼尼托巴省的電力系統，以確保系統安全穩定及最低的成本為其核心目標，MISO 是界上最大的能源市場之一，每年電能交易金額超過 290 億美元，除進行輸電規劃外並管理批發電力的買賣。MISO 是一個非盈利的，以會員為基礎的組織，MISO 本身沒有任何發電或傳輸設施，但嚴格管理 MISO 領域內高壓線路的發電和流量。

MISO 於 1998 年正式成立，聯邦能源管制委員會(FERC)於 2001 年 12 月批准 MISO 作為全國第一個區域輸電組織 (RTO)，MISO 開始進行可靠性協調和區域規劃服務，並啟動區域規劃 (Regional Planning)，發電互聯 (Generation Interconnection)，停電協調 (Maintenance Coordination)，市場監測 (Market Monitoring) 和爭議處理 (Dispute Resolution) 等程序；2002 年 2 月 1 日，聯邦能源管制委員會 (FERC) 接受 MISO 的開放併網輸電費率 (Open Access Transmission Tariff，OATT)，MISO 能夠開始提供區域傳輸(代輸)服務；2005 年 4 月 1 日，MISO 建立競爭性的區域(美國中部)能源市場，並開始管理金融輸電權交易市場；2009 年 1 月 6 日 MISO 推出輔助服務市場 (Ancillary Service Market，ASM)，MISO 同時成為該地區的平衡管制機構 (Balancing Authority)，迄今 MISO 的 Footprint 內共有 36 個區域平衡管制機構 (Local Balancing Authority，LBA)，對發電資源進行區域平衡的調度指揮，整合調頻備轉容量、即時備轉容量

及補充備轉容量等輔助服務市場進入即時市場，根據出價和要價(bids and offers)的競價結果進行集中調度；2013 年 MISO 的 Footprint 納入 South Region，MISO 的發展過程如圖 4-1 所示。

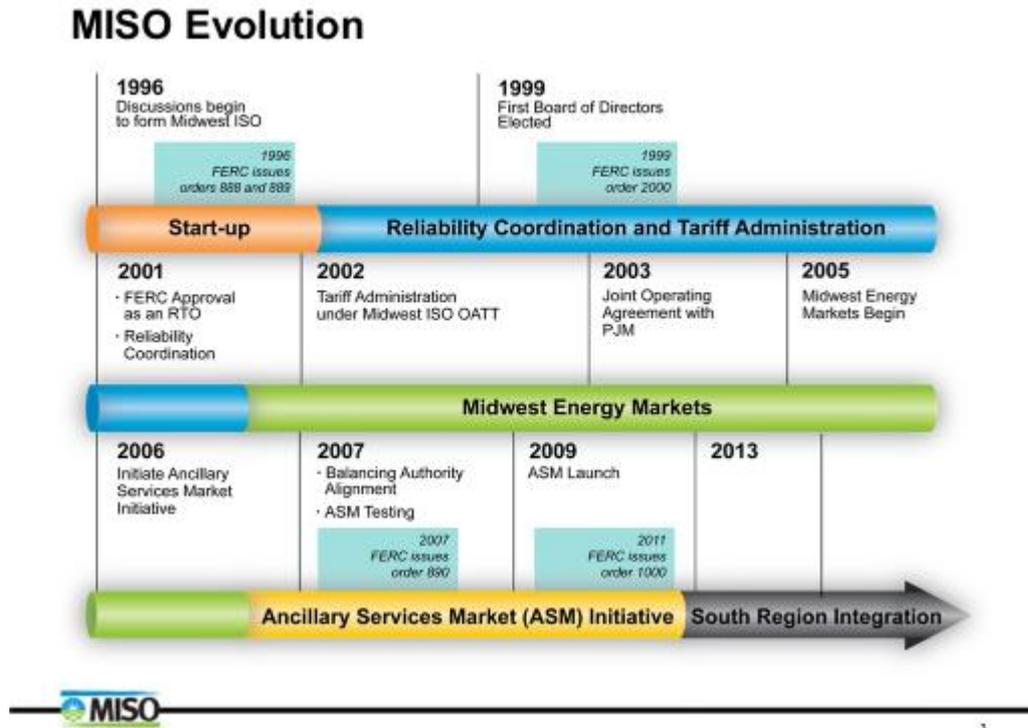


圖 4-1 MISO 的發展過程

MISO 的系統涵蓋範圍為美國中部地區 15 個州及加拿大曼尼托巴省，如圖 4-2 所示，其概況如下：

轄區範圍：美國中部 15 個州，加拿大曼尼托巴省(Canadian province of Manitoba)

用戶人口數：4200 萬人以上

機組裝置容量：175,528 MW (Market Footprint)

190,432 MW (Reliability Footprint)

夏季尖峰負載(2011.7.20)：127,125 MW (Market Footprint)

130,917 MW (Reliability Footprint)

冬季尖峰負載(2014.1.06)：109,336 MW (Market Footprint)

117,903 MW (Reliability Footprint)

輸電線路：71,800 回線英里

Balancing Authorities：37 Local Balancing Authorities in MISO

發電機組數：6,624 部

SCADA Data Point：293,832 Point

市場參與者(MP)：471 個

會員資格：51 Transmission Owners

135 Non-transmission Owners

調度中心：3 個主控中心及 1 個輸電規劃辦公室

Carmel, IN - Headquarters and main control room

Eagan, MN - North Region offices and control room

Little Rock, AR - South Region offices and control room

Metairie, LA - South Region Transmission Planning office

員工人數：900 人(全職員工)

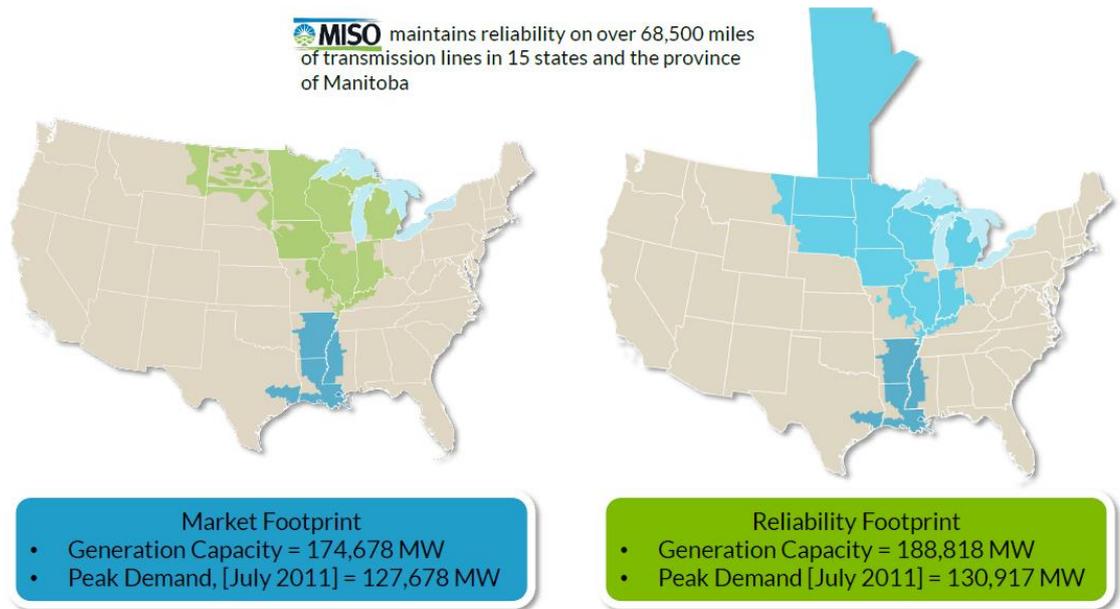


圖 4-2 MISO 的營運範圍與基本資料

由 2019 年 6 月 MISO 的營運範圍與基本資料(如附件 1)得知:MISO 市場容量以天然氣機組為主, 約占 43%、其次為燃煤機組約占 32%、再生能源約占 15%、核能機組約占 8%, 其他約為 2%; 再生能源以風力發電為主, 登記容量(Registered Capacity): 風力發電為 20,447MW、太陽光電為 314MW(不含 Behind the Meter); 商轉容量(Registered In-Service Capacity): 風力發電為 19,086MW、太陽光電為 314MW(不含 Behind the Meter)。MISO 的市場規模 2018 年約 299.9 億美元、約有 2,434 個電價節點、調度週期為 5 分鐘、約有 471 個市場參與者、服務用戶約 4,200 萬人以上。在電網模型方面, 約有 6,624 部發電機組、約有 293,832 個 SCADA 資料點; 在狀態評估與偶發事故分析方面, 249,000 個即時量測要在 90 秒內完成、平均 5 分鐘內執行完成 8,300 個偶發事故分析。

圖 4-3 所示為 MISO 2019 年董事會名單，MISO 董事會成員共 9 人，包括 8 名獨立董事及 1 名執行長(CEO)，其中，4 名獨立董事須具備管理專長且為財務、會計、工程或公用事業法規與管制方面的專家，當中 1 位獨立董事為董事長，其他 4 位獨立董事則須分別為電力系統運轉專家、電網系統規劃專家及商業市場、交易與風險管控專家，獨立董事的任期為 3 年，董事會下設市場委員、公司治理與策略規劃委員會、系統規劃委員會、審計與財務委員會、人力資源委員會及提名委員會等，董事會及委員會所有會議均對外公開，如圖 4-4 所示。

Our Board of Directors
John R. Bear, Chief Executive Officer
Phyllis E. Currie, Former General Manager at Pasadena Water and Power
Baljit "Bal" Dail, Senior Advisor, New Mountain Capital
H.B. "Trip" Doggett, Former President and Chief Executive Officer at the Electric Reliability Council of Texas (ERCOT)
Mark S. Johnson, Former Vice President of Transmission Operations at PG&E Corporation
Barbara J. Krumsiek, Former President, Chief Executive Officer and Chair at Calvert Investments, Inc.
Nancy Lange, Former Chair of MN Public Utilities Commission
Todd M. Raba, Former President and Chief Executive Officer at GridPoint, Inc.
Theresa Wise, Information Technology Executive and Executive Consultant for Amtrak

圖 4-3 MISO 2019 年董事會名單

## 2019 Board Committee Chairs and Members

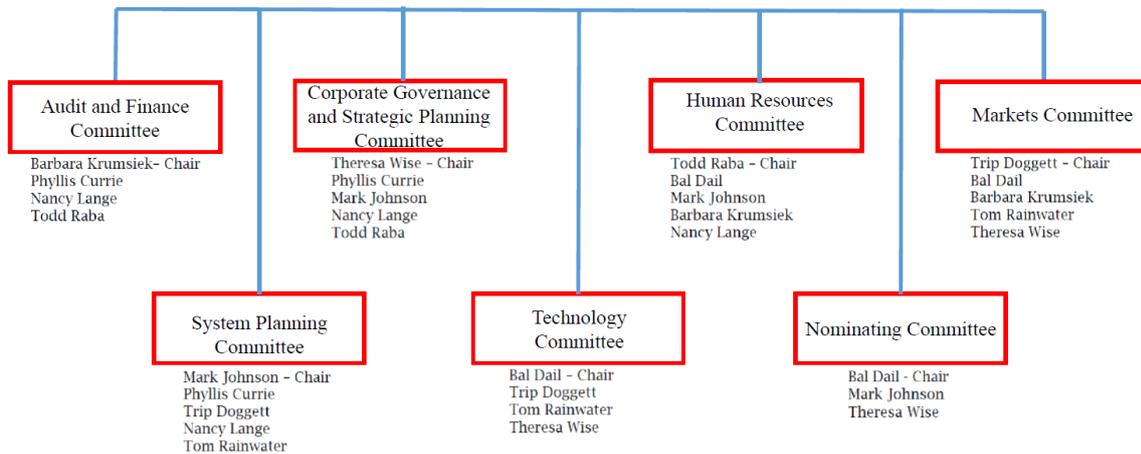


圖 4-4 MISO 董事會組織架構

## 4.2 靈活升降載能力(Ramp Capability Product)

隨著再生能源滲透率的增加，淨負載的變化和不確定性對維持即時功率平衡造成相當程度的衝擊，MISO 自 2016 年 5 月 1 日起在其輔助服務市場開始實施 Ramp Capability Product，用以因應的淨負荷變化和不確定性，MISO 專家表示 Ramp Capability Product 除了提高系統可靠性和降低服務負載的成本外，也改善價格形成、提高資源靈活性、減少市場外行動等。僅將 MISO 實施 Ramp Capability Product 的歷程簡述如下：

### 一、MISO 市場設計指導原則：

促進批發電力市場提供可靠和經濟有效的結果，希望達成下列目的：

1. 支持高經濟效率的批發市場，最大限度地降低成本為服務負荷
2. 無論資源類型，業務模式，行業或區域位置如何，都能促進非歧

視性的市場參與

3. 制定透明的市場價格反映邊際系統成本和成本分配，確實反映成本- 因果關係和服務受益人
4. 支持市場參與者做出有效的運營和投資決策
5. 最大化市場需求與系統可靠性要求的一致性

Ramp Capability Product 具有更好地定位資源及靈活性，可以降低成本並提高可靠性。

二、透明的價格信號是價格形成的重要步驟，以提高資源的靈活性

有關 MISO 市場價格訊號的演進如圖 4-5 所示：

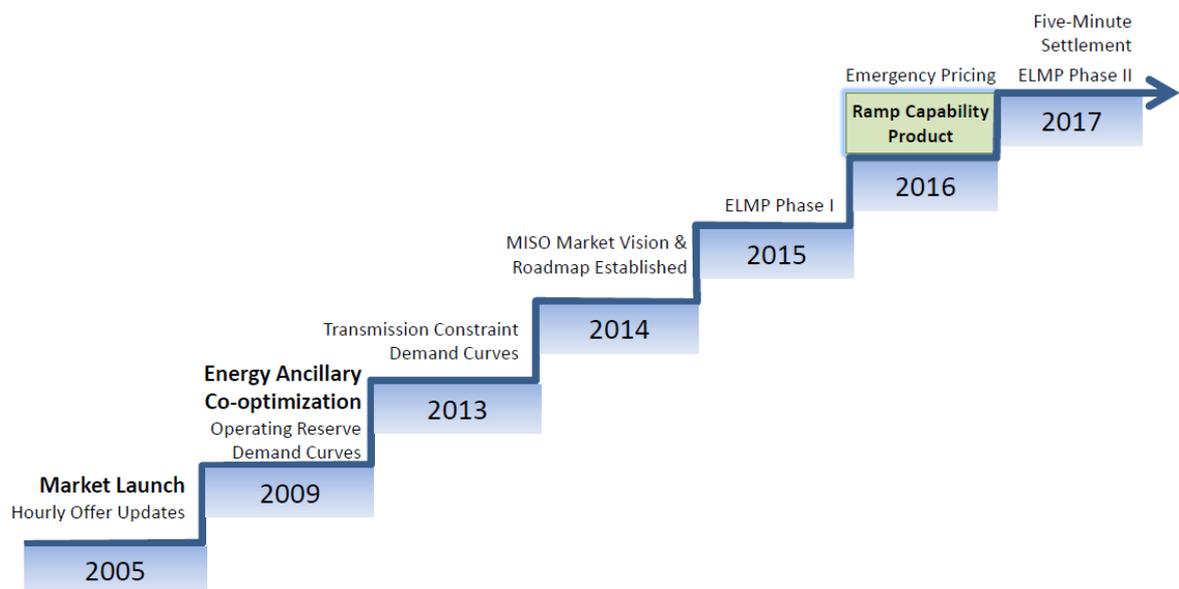


圖 4-5 MISO 市場價格訊號的演進

2005 年 MISO 電能市場成立，每小時更新價格

2009 年電能與輔助服務共同最佳化(優化)，公布運轉儲備的需求曲線(Operating Reserve Demand Curves)

2013 年公布傳輸限制的需求曲線(Transmission Constraint Demand Curves)

2014 年 MISO 公布市場願景和 Roadmap

2015 年 MISO 公布第一階段 ELMP (Extended LMP)

2016 年 MISO 公布 Emergency Pricing & Ramp Capability Product

2017 年 MISO 公布第二階段 ELMP 並進行 5 分鐘結算

PS: Extended LMP (ELMP)

### 三、靈活升降載能力(Ramp Capability Product)

隨著再生能源滲透率的增加，淨負載的變化和不確定性對維持即時功率平衡造成相當程度的衝擊，所謂『淨負載』係指系統負載減去不可控的發電量(通常指風力發電、太陽光電)；淨負載的變化主要肇因於系統負載、風力發電及太陽光電的變動；淨負載的不確定性則是來自於系統負載非預期的變化、風力發電、太陽光電預測的誤差，以及發電機本身發電量的變動等因素。依美國各 ISO 的經驗，Ramp Capability 不足是造成短期供電不足與市場價格飆升的主要原因之一，各類發電資源需要透明的價格信號和經濟激勵以提供靈活升降載能力(Ramp Capability Product)。各 ISO 均認為 Ramp Capability Product 可有效解決近期電力市場演變(大量再生能源併網)帶來的系統輔助服務需求不斷增加的問題。MISO 發展 Ramp Capability Product 的過程如圖 4-6 所示，簡單說明如下：

利用現有的運營經驗，開發市場為基礎的 Ramp Capability Product 管理方法；預先有系統地定義具有 Ramp Capability Product 的資源，以管理淨負荷變化和不確定性；提供透明的價格信號，以提升資源靈活性和經濟投資。

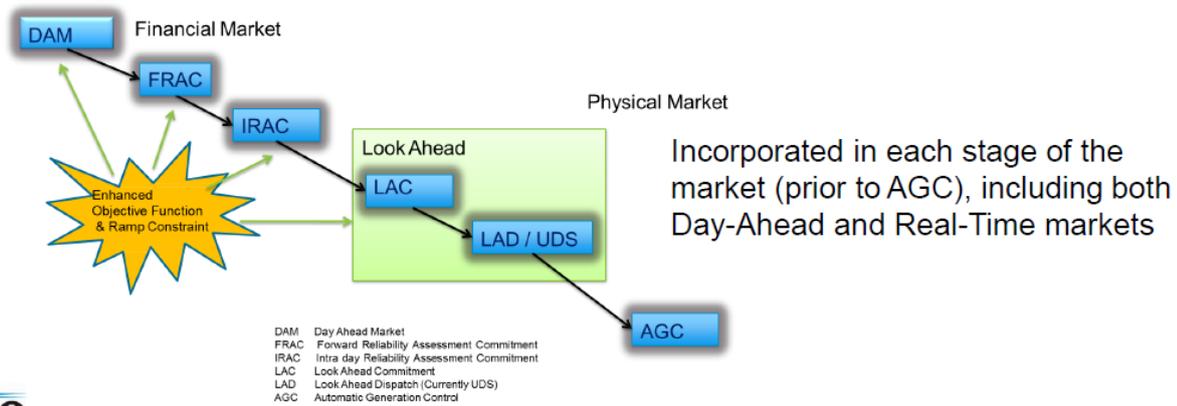


圖 4-6 MISO 發展 Ramp Capability Product 的過程

靈活升降載能力(Ramp Capability Product)是以管理 10 分鐘淨負載的變化和不確定性為目標，如圖 4-7 所示，靈活升降載能力是雙向的，上升和下降的升降載能力要分開考慮、獨立計算，從系統穩定面向來看，靈活升降載能力的取得與執行仍必須考慮輸電限制。

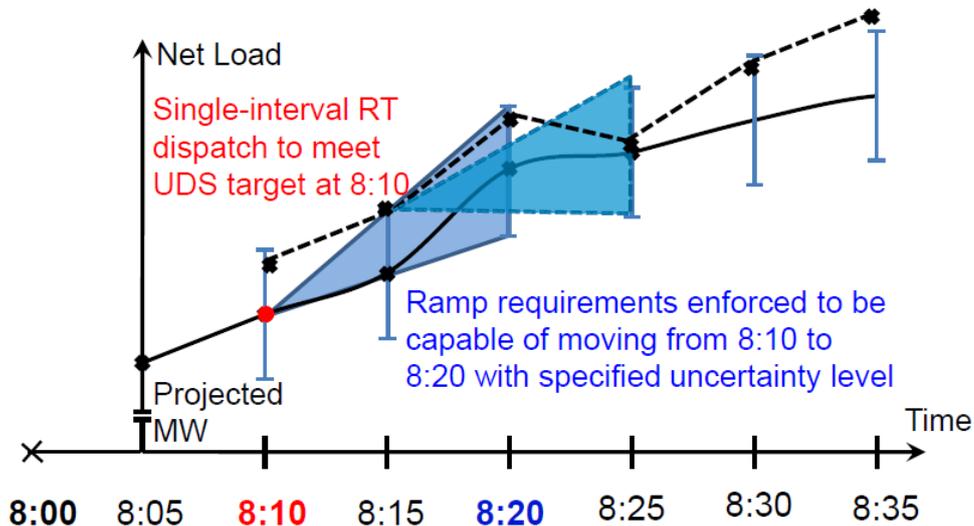


圖 4-7 Ramp Capability Product 調度規劃

#### 四、靈活升降載能力(Ramp Capability Product)的來源

- 1.任何可調度資源都有資格提供 Ramp Capability Product，而且都是自願參與的

2. 資源可以藉由參與其他新的商品參數(如輔助服務)來選擇退出
3. 參與 MW 容量是可調度資源在十分鐘內的上升速率，其受限於操作限制
4. 與實際價格報價無關
5. 靈活升降載能力(Ramp Capability Product)須與電能及輔助服務共同優化(co-optimized)
6. 市場清算價格是滿足靈活升降載要求的邊際成本(機會成本)
7. 利用需求曲線(Demand curve)在支付的額外費用與未來潛在的節省之間取得平衡，當成本超過需求曲線值時，必須有限制靈活升降載能力結算和相關價格影響的機制

如圖 4-8 所示，第一型需量反應(DRR-1)及儲能系統(SER)不能提供靈活升降載能力(Ramp Capability Product)。

	Energy	Reg	Spin	Supp	Ramp	Capacity
Gen	Y	Y	Y	Y	Y	Y
DRR-I	Y	N	Y	Y	N	Y
DRR-II	Y	Y	Y	Y	Y	Y
SER	N	Y	N	N	N	N
EAR	Y	Y	Y	Y	Y	Y
DIR	Y	N	N	N	Y	Y

Note: Subject to qualification, offer status and commitment

Operators can disqualify a resource as needed; settlement impact associated

DRR: Demand Response Resource; SER: Stored Energy Resource;

 EAR: External Asynchronous Resource; DIR: Dispatchable Intermittent Resource

圖 4-8 Ramp Capability Product 的來源

所謂『靈活升降載要求的邊際成本(機會成本)』係指資源因提供

Ramp Capability 而損失的利潤，以圖 4-9 所示例子說明：兩部發電機組其最經濟的運轉上、下限均為 100MW 及 20MW，機組報價分別為 Unit-A=\$28/MWh、Unit-B=\$30/MWh、機組升降載率分別為 Unit-A=1MW/min、Unit-B=2MW/min，若系統負載為 130MW，則 Unit-A 發電排程為 100MW、Unit-B 發電排程為 30MW，此時系統邊際成本(LMP)為\$30/MWh、Ramp Capability 為 20MW/10min。若要求系統 Ramp Capability 至少維持 25 MW/10min 時，則 Unit-A 須提供不足的 5MW/10min Ramp Capability，故 Unit-A 發電排程調整為 95MW、Unit-B 發電排程調整為 35MW，此時 Unit-A 提供 Ramp Capability 所衍生的機會成本為\$2/MWh。

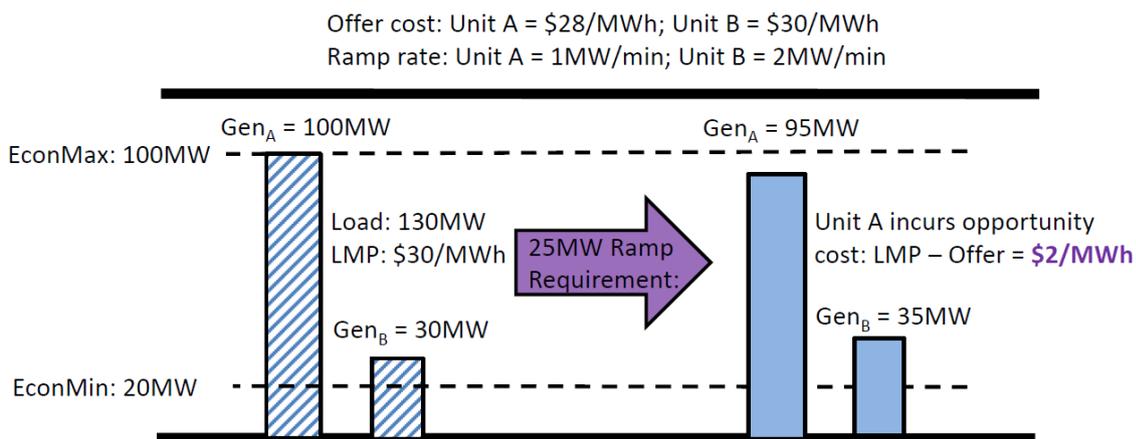


圖 4-9 Ramp Capability Product 的機會成本

### 五、靈活升降載能力(Ramp Capability Product)對價格的影響

如圖 4-10 所示，Ramp Capability Product 改善了價格形成如下：

1. 明顯的價格信號為資源提供經濟激勵，以提供 Ramp Capability 和靈活資源(flexible resources)的投資，有利於電力調度的執行
2. 減少即時供電能力不足和價格波動，靈活升降載能力有更好的定位

3.減少了對 UDS Offset 等市場外行為的需求，這些行動難以在價格形成中建模

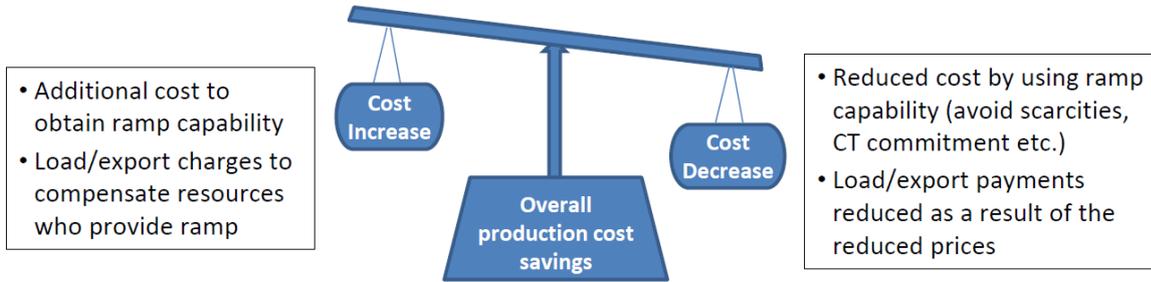


圖 4-10 Ramp Capability Product 對價格的影響

如圖 4-11 所示為 MISO 在 2016 年 5 月每小時所需的即時靈活升降載能力(Ramp Capability Product)，據 MISO 專家表示 Ramp Capability Product 確實可以滿足負載的需求，達到負載追隨(Load Following)的功能，特別是再生能源滲透率愈來愈高的系統。

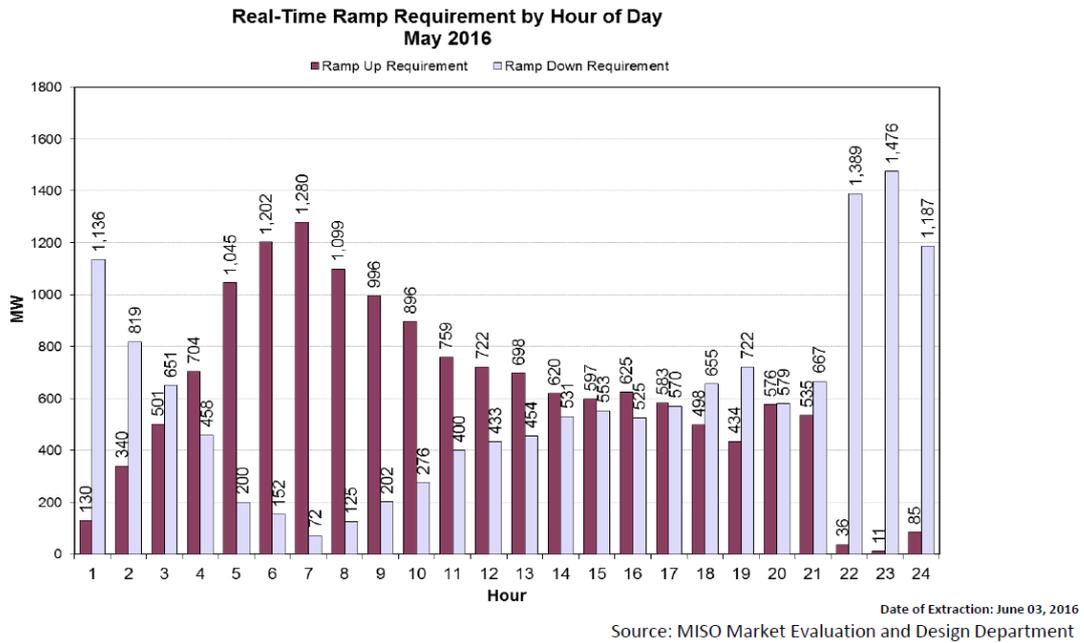


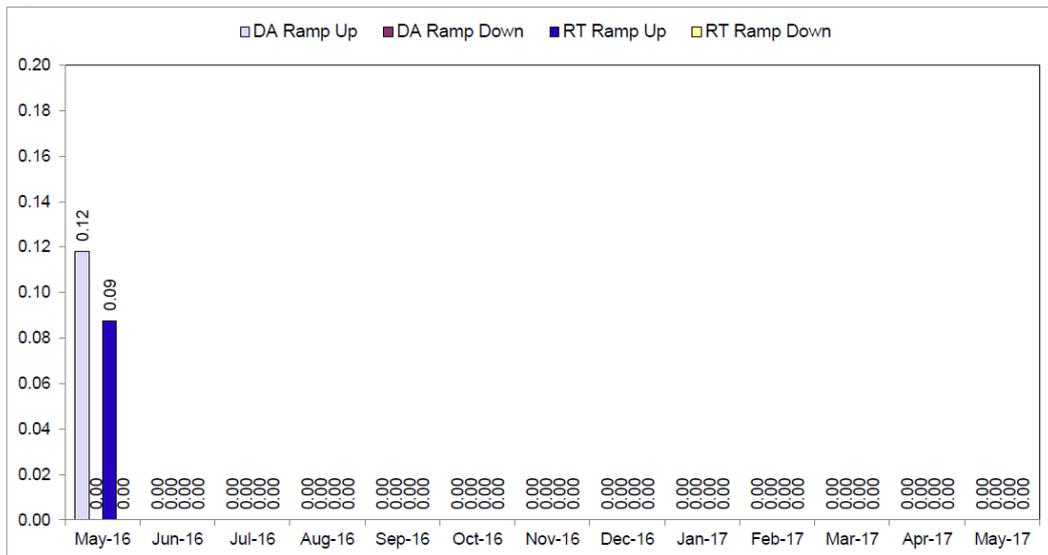
圖 4-11 Ramp Capability Product 對價格的影響

如圖 4-12 所示為 MISO 在 2016 年 5 月 Day-ahead 和 Real-time

Ramp Capability Product 的市場結算價格如預期相對較低，Day-ahead Ramp Up 價格約為\$0.12/MWh，即 1MW 每小時約 0.12 美元；Real-time Ramp Up 價格約為\$0.09/MWh，即 1MW 每小時約 0.09 美元。

如圖 4-13 所示為 Day-ahead 和 Real-time Ramp Capability Product 之市場結清價格(Market Clearing Price)，當系統 Ramp Capability 已經足夠時，市場結清價格為零，當 Ramp Capability 對系統有價值時，市場結清價格變為非零。

**Monthly Average of Market Clearing Price**  
\$ per MWh



Date of Extraction: June 03, 2016  
Source: MISO Market Evaluation and Design Department

圖 4-12 2016 年 5 月 Ramp Capability Product 之市場結清價格

Sample-Day Real-Time ramp requirements and MCPs

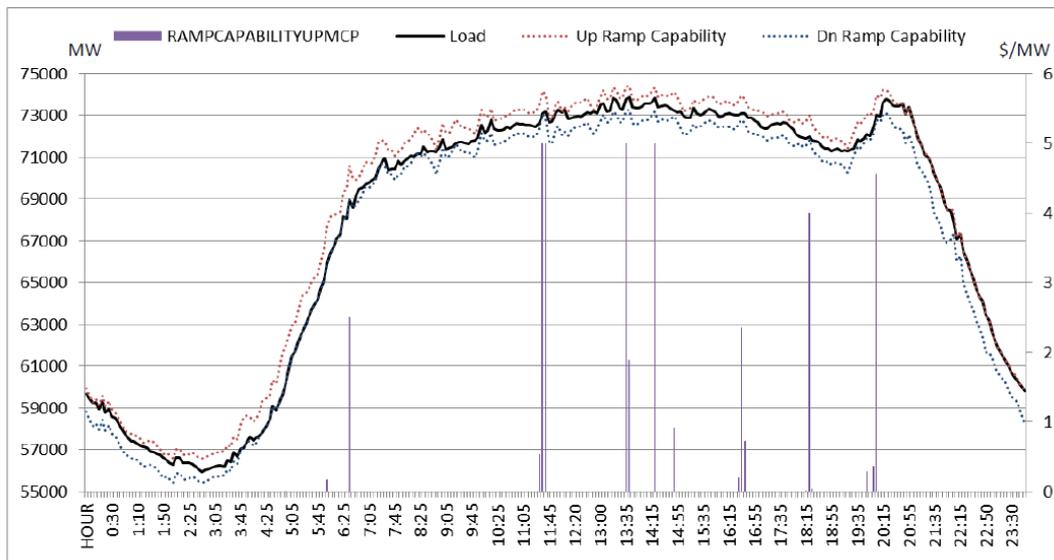


圖 4-13 Ramp Capability Product 之市場結清價格

### 4.3 MISO 商業實施手冊(Business Practices Manuals)

MISO 電力市場規則係根據商業實施手冊(Business Practices Manuals, 簡稱 BPM)發展出來的，因此本次參訪特別針對商業實施手冊(Business Practices Manuals)與 MISO 專家進行交流討論，僅將各 BPM 的目的與內容簡述如下：

#### BPM 001 - Market Registration

BPM 001 市場註冊詳細說明了成為市場參與者的步驟以及遵守 MISO 關稅的流程，BPM 001 內容包括：

- 1.公司/組織如何成為市場參與者？
- 2.什麼是市場參與資格認證流程？
- 3.成為市場參與者的信用要求是什麼？
- 4.什麼是資產註冊？

#### BPM 002 - Energy and Operating Reserve Markets

BPM 002 涵蓋了 MISO 的日前能源和運營儲備(備轉容量)市場以及即時市場的能源市場規則，設計和運營要素。此 BPM 還解釋了 MISO 市場如何符合 MISO 的關稅，可靠性，NERC 和 ERO 標準。

BPM 002 內容包括：

- 1.MISO 能源和運營儲備市場的基本概念是什麼？
- 2.MISO 和市場參與者在能源和運營儲備市場中的角色是什麼？
- 3.市場參與者在哪裡查找市場規則，營業時間以及與市場關稅相關的指導方針？
- 4.什麼是能源和運營儲備市場產品？

## **BPM 004 - FTR and ARR**

BPM 004 側重於 MISO 的財務傳輸權(FTR)和拍賣收益權(ARR)的指導方針，規則和業務流程。此 BPM 解釋瞭如何參與每月拍賣，以及參與拍賣所需的規則和流程。BPM 還解釋了市場參與者參與拍賣所需的標準。BPM 004 內容包括：

- 1.什麼是 ARR 和 FTR？
- 2.如何獲得或終止 ARR 和 FTR？
- 3.如何建立信用參與拍賣？
- 4.每個市場結算流程的業務規則是什麼？
- 5.在哪裡進入門戶網站參加 ARR / FTR 流程？

## **BPM 005 - Market Settlements**

BPM 005 涵蓋市場參與者聲明，發票和市場爭議。BPM 還附有市場結算的計算指南，操作後處理器計算指南和 FERC 電子季度(EQR)報告的 MISO 指南。BPM 005 內容包括：

- 1.市場參與者的責任是什麼？
- 2.市場結算的業務規則和流程是什麼？
- 3.結算報表何時開具發票？
- 4.在哪裡可以找到結算聲明？ 發票和 EQR 聲明？
- 5.如何對和解聲明提出異議？

## BPM 007 - Physical Scheduling

用於物理調度的解釋了日前和實時市場規則，電子標籤(e-tagging)流程，市場現貨產品和斜坡預訂系統說明。BPM -007 內容包括：

- 1.物理調度的一般規則和時間表是什麼？
- 2.什麼是交換計劃？
- 3.與交換計劃有關的市場規則是什麼？
- 4.什麼是 OATI webTrans 以及如何訪問？
- 5.什麼是電子標籤流程？在哪裡提交預訂？

## BPM 008 - Outage Operations

BPM 008 描述了市場停機(電)規則，因為市場停機(電)規則與 MISO，傳輸所有者 (TO) 和運營商，Tariff 客戶以及 MISO 可靠性區域內的其他非 MISO 成員有關，MISO 依市場停機(電)規則為 TO 或發電機運營商協調和響應計劃內和計劃外停機。BPM 008 內容包括：

- 1.停電的市場規則是什麼？
- 2.TO /操作員和/或發電機所有者或操作員報告計劃內/計劃外停機  
的責任是什麼？
- 3.如何安排停電？
- 4.什麼是 CROW，如何詢問？

## BPM 009 - Market Monitoring and Mitigation

BPM 009 解釋了獨立市場監測（IMM）在實施市場監測和減緩計劃中的作用以及該計劃如何影響市場參與者。BPM 009 內容包括：

1. IMM 的職責是什麼？
2. 通常向 IMM 報告哪些 MP 數據？
3. 如何確保 MP 數據的機密性？
4. 什麼是緩解措施以及標準或閾值(thresholds)是什麼？

## BPM 010 - Network and Commercial Model

BPM 010 描述了用於能源管理系統（EMS）電力系統和市場運營應用的模型以及通過 ICCP 提交的實時數據。網絡模型與 ICCS 和 MISO 市場系統應用程序相關聯。BPM 010 內容包括：

1. 什麼是網絡和商業模型以及它們如何使用？
2. 網絡和商業模式之間有什麼區別？
3. 市場參與者(MP)如何為維護模型做出貢獻？
4. 什麼是 CP 節點和元素 EP 節點？
5. 什麼是偽結合(Pseudo-tie)？

## BPM 011 - Resource Adequacy

BPM 011 解決了 MISO 和其他實體在資源充足性方面的角色和職責。BPM 涵蓋了用於確保在 MISO 地區服務負荷的 LSE 具有足夠的規劃資源以滿足高峰需求並且還具有適當的儲備邊際的過程。BPM 011 內容包括：

1. 資源充足率如何確定？
2. 什麼是規劃資源和規劃儲備保證金？

3.什麼是資源充足要求？

4.什麼是本地資源區和規劃資源拍賣(Planning Resource Auction)？

## **BPM 012 - Transmission Settlements**

BPM 012 專門針對 MISO Tariff 模塊 B 下的傳輸服務月度財務結算。此 BPM 旨在使內部和外部讀者受益，包括 MISO 員工，MISO 傳輸所有者和客戶，MP，批發和零售聚合器。BPM 012 內容包括：

1.什麼是傳輸結算？

2.什麼關稅計劃通過這個過程獲得財務結算？

3.如何計算每個附表的費用？

4.如何為每個附表分配收入？

## **BPM 013 - Module B - Transmission Service**

BPM 013 包含實施 MISO Tariff 模塊 B 的 MISO 業務實踐。BPM 說明如何有效實施和管理 Grandfathered Transmission Service 的問題。BPM 013 內容包括：

1.什麼類型的傳輸服務可用？

2.如何請求傳輸服務以及截止日期是什麼時候？

3.能源調度如何與傳輸服務相關？

4.在開放存取實時信息系統(OASIS)上申請財務傳輸權的過程是什麼？

## **BPM 014 - Station Power**

BPM 014 專注於 Station Power 應用，計量和數據報告程序。該 BPM 解釋了與附表 20 計費相關的附表 20。BPM 014 內容包括：

1.什麼是 Station Power 以及它在哪裡使用？

2. 註冊和站點電源的資格需要什麼？
3. 如何實施附表 20 的電站電力規定？
4. 車站電源計量涉及什麼？
5. 如何確定附表 20 中每個設施的每月淨產量？

## **BPM 015 - Generation Interconnection**

BPM 015 包含 MISO 商業慣例，用於實施 MISO Tariff 的附件 X。該 BPM 解釋了生成互連過程的四個階段。BPM 015 內容包括：

1. 生成互連過程的四個階段是什麼？
2. 如何實施附表 20 的電站電力規定？
3. 發電站電源計量涉及什麼？
4. 如何確定附表 20 中每個設施的每月淨產量？

## **BPM 017 - Transmission Settlements Billing Dispute Resolution**

BPM 017 詳細說明了爭議解決流程中涉及的流程和步驟。MISO 準備並維護傳輸結算賬單爭議解決的 BPM，因為它涉及啟動傳輸結算爭議時應遵循的程序，並為傳輸客戶和業主提供足夠的詳細信息，以便對流程有充分的了解。BPM 017 內容包括：

1. 啟動傳輸結算的計費糾紛的業務流程是什麼？
2. 傳輸結算下的計費糾紛有哪些業務規則和時間表？
3. MISO 對變速箱住區的作用和責任是什麼？
4. 傳輸客戶/傳輸所有者和 MISO 如何互動？

## **BPM 018 - Voltage and Reactive Power Management**

BPM 018 概述了 MISO 和 MISO footprint 範圍內的公司根據 NERC 傳輸運行標準（NERC 標準 TOP）和電壓和無功控制標準

(NERC 標準 VAR) 進行的電壓和無功功率管理流程。它研究了在 MISO 足跡內分析，維護，監控和控制電壓水平，無功資源和無功功率流的角色和職責。BPM 018 內容包括：

- 1.分析，維護，監控和控制電壓水平的角色和職責是什麼？
- 2.為了管理和監控電壓和無功功率，MISO 作為可靠性協調員和市場運營商的職責是什麼？
- 3.變速器操作員和發電機操作員有什麼作用？
- 4.什麼是實時電壓評估和實時電壓應急分析過程？

### **BPM 019 - Monthly Transmission Billing**

BPM 019 解釋了 MISO 市場運營和管理的背景信息，指南，業務規則和 MISO 流程，傳輸可靠性服務以及對 MISO 結算，計費和會計要求的遵守情況。BPM 019 內容包括：

- 1.什麼是輸電所有者的信用？
- 2.如何評估附表 10 服務？
- 3.什麼是發票付款方式和條款？
- 4.如果我不同意我的發票，我需要付款嗎？

### **BPM 020 - Transmission Planning**

BPM 020 解釋了 MISO 區域輸電規劃過程，其目標是製定滿足可靠性和經濟擴展需求的綜合擴展計劃。規劃過程確定了因預期的網絡資源調度而產生的可靠性問題的解決方案。該 BPM 還解釋了 MISO 傳輸擴展計劃 (MTEP) 的要求和過程。BPM 020 內容包括：

- 1.什麼是傳輸規劃功能和周期？
- 2.在 MTEP 的附錄 A，B 或 C 中分類的項目有哪些要求以及項目

通過這些附錄進行的過程。

3. 模型開發過程涉及哪些步驟？
4. 在 MTEP 流程中，傳輸所有者，發電所有者，負載服務實體，傳輸客戶，區域傳輸所有者和其他利益相關者（包括監管委員會）的角色是什麼？

## BPM 021 - Transmission Pricing

BPM 021 概述了 MISO 傳輸定價開發的三種一般價格類別：基礎傳輸服務價格，輔助服務價格和 Local Balancing Authority 區域運營商成本價格。BPM 021 內容包括：

1. 什麼是基本傳輸和輔助服務價格？
2. 什麼是附件 O？
3. 是否有附件 O 時間表？
4. 在哪裡可以找到費率表的列表？

## BPM 022 - Blackstart Service

BPM 022 描述了能夠根據 MISO Inc (Tariff) 的開放存取傳輸，能源和運營儲備市場關稅表 33 提供 Blackstart 服務的 Blackstart 單元的資格和補償。BPM 022 內容包括：

1. 提供 Blackstart 服務有哪些資格？
2. 將單元納入 Transmission Operator's 系統恢復計劃所需的技術要求是什麼？
3. 根據 NERC 系統恢復和 Blackstart 可靠性標準，定期測試 Blackstart 設備的標準是什麼？
4. Blackstart 服務的計算，費率計算和收入分配的流程是什麼？

## BPM 023 - Alternative Dispute Resolution

BPM 023 概述了替代性爭議解決流程，以及與 MISO Tariff，費率表和其他 BPM 產生的事項的替代性爭議解決流程相關的詳細信息(如適用)。BPM 023 內容包括：

- 1.可以提出哪些不同類型的爭議？
- 2.替代性爭議解決委員會的作用是什麼？
- 3.爭議如何發起？什麼是流程或步驟？
- 4.調解過程涉及什麼？

## BPM 025 - Operational Forecasting

BPM 025 定義了預測方法，考慮用於獲取預測的各種輸入，以及在適用的情況下對預測過程做出的各種假設。BPM 025 內容包括：

- 1.預測數據在哪裡發布，從何處可以訪問？
- 2.什麼是預測流程以及誰使用預測？
- 3.對可調度間歇性資源（DIR）實施的風力發電預測有哪些要求？
- 4.區域平衡機構（LBA），傳輸所有者（TO）和可靠性協調員客戶有哪些要求？

## BPM 026 - Demand Response

BPM 026 向市場參與者提供了解 MISO 區域內需量反應（DR）的目的和應用所需的信息，並涵蓋了 MISO 日前管理各類需量反應實施的規則，設計和操作要素。和實時能源和運營儲備市場。BPM 還描述瞭如何通過 Planning Reserve Credits 認證需量反應資源，並可以調度以在系統緊急情況期間中斷其負載。BPM 026 內容包括：

- 1.需量反應的基本概念是什麼？從需量反應中獲得的好處是什麼？

- 2.誰有資格提供需量反應？
- 3.需量反應服務有哪些類型？
- 4.什麼是需量反應資源（DRR）以及 DRR 的資格是什麼？
- 5.什麼是零售客戶聚合器（ARC）以及資格標準是什麼？

## **BPM 027 - Competitive Transmission Process**

BPM 027 描述了 MISO 的流程，用於鑑定和選擇傳輸開發商以實施競爭性傳輸項目，並擁有，運營和維護相關的競爭傳輸設施。競爭性傳輸項目和競爭性傳輸設施不能根據 MISO Tariff，業主協議和適用法律法規享有優先購買權。BPM 027 內容包括：

- 1.如何定義選擇過程？
- 2.哪些項目符合條件？
- 3.什麼是年度傳輸開發者資格預審流程？
- 4.審核和處理的時間表是什麼？

## **BPM 028 - Transmission Determination Process**

該 BPM 描述了 MISO 如何根據潛在或現有的傳輸所有者的要求以及 TOA 附錄 C 第 II 部分 C 節第 2 段的要求，對未受管制的傳輸所有者設施進行傳輸確定。本文件描述了 MISO 傳輸標準。如果未經監管的傳輸所有者成員建議列入 MISO 傳輸擴展計劃（MTEP）附錄 A 的擬議項目設施可能不被歸類為傳輸，則未受監管的傳輸所有者應要求 MISO 對提議的傳輸確定 根據本 BPM 的項目設施。本 BPM 不適用於監管機構確定要傳輸的任何設施。

## **BPM 029 - Minimum Project Requirements for Competitive**

BPM 029 描述了 MISO 確定競爭性輸電線路設施和競爭性變電站

設施的最低範圍要求的流程，這些要求包含在競爭性傳輸項目的範圍內。這些最小範圍要求將在徵求建議書中規定，包括最小傳輸線額定值，最小變電站設備和總線負載額定值，最小斷路器中斷額定值，總線配置和位置分配限制以及變電站設備保護要求。此 BPM 還概述了 RFP 反應者在計算傳輸線評級時必須遵循的要求，這些評級將在他們為響應已發布的提案請求而提交的提案中指定。BPM 029 內容包括：

- 1.MISO 如何確定競爭性輸電線路設施的最低額定載荷？
2. MISO 如何確定競爭變電站設施內設備和公交車的最低額定載荷？
3. MISO 如何確定競爭變電站設施內斷路器的最小中斷額定值？
- 4.MISO 如何確定競爭性變電站設施的總線配置和位置分配約束？
- 5.競爭變電站設施的最低變電站設備保護要求是什麼？
- 6.RFP 響應者應如何計算輸電線路負載額定值，以確保它們滿足 RFP 中規定的最低輸電線路額定負載要求？

### **BPM 030 - Pseudo Tie**

本文件的目的是概述與 MISO 平衡機構（“BA”）實施偽結合的要求。MISO 為 Pseudo-Ties 準備和維護這個 BPM，因為它與 MISO 平衡區域的可靠和有效運作有關。該 BPM 符合併符合 MISO 的開放存取傳輸，能源和運營儲備市場關稅（Tariff），北美電力可靠性公司（“NERC”）可靠性標準（適用時）和 NERC 區域實體特定可靠性標準（適用時），旨在促進有效的能源和運營儲備市場的管理。

此 BPM 僅適用於跨 MISO 平衡機構區域（“BAA”）的計量邊界與外部 BAA 之間的 Pseudo 關係，並不適用於 MISO BAA 內部完全

內部的 Pseudo 關係。BPM 的附錄 A 包含 Pseudo -Ties 實現過程，該過程詳細說明了批准和實施新的或更改的 Pseudo -Ties 所需的逐步過程。BPM 030 內容包括：

- 1.什麼是 Pseudo -Ties ？
- 2.如何才能獲得 Pseudo -Ties 資格？
- 3.如何使用 MISO 實現 Pseudo -Ties ？
- 4.如何與 MISO 達成和解？
- 5.MISO 將如何模擬 Pseudo -Ties ？
- 6.MISO 的 Pseudo -Ties 遙測要求是什麼？

## **BPM 031 - ICCP Data Requirements**

本文檔的目的是記錄所有 MISO 參與者的控制中心間通信協議（ICCP）數據交換規範信息。參與者可以使用該文檔來配置 ICCP 節點數據交換鏈接信息。本文檔描述了為支持 MISO 市場而交換的 MISO ICCP 數據的數據，頻率要求和命名約定。

未來的未受管制的傳輸所有者也可以使用該文件來理解 MISO 根據傳輸所有者的請求進行設施傳輸確定的過程，因此，在成為 MISO 傳輸所有者之後，MISO 傳輸速率中可能包含哪些設施。符合 MISO 的開放存取傳輸，能源和運營儲備市場關稅（Tariff）。

### **4.4 研討議題**

7 月 29 日~8 月 2 日參訪 MISO 係由 Shu Xu 資深工程師協助聯繫規劃研討議題及議程安排，5 天的研討議程各項議題均安排相關部門的專家或主管參與討論。以下僅將研討議題及討論內容整理如下：

#### 4.4.1 輔助服務費用

電力市場輔助服務種類至少包括調頻備轉容量、即時備轉容量、補充備轉容量、電壓控制及無效電力、全黑啟動、不平衡電力等項目，輸電公司受理代輸時，代輸雙邊合約(用戶)之輔助服務費用是否與市場其他參與者相同？研討問題如下所列：

1. 各項輔助服務如何評估其所需量？如何結算？
2. 代輸用戶能否自行提供所需之輔助服務？如何認證輔助服務的提供機組？
3. 各種輔助服務費用的計算方式？如以 cost base 計算時，AGC、SR 等計費方式是否為 \$/MW？各項輔助服務除容量費率 (\$/MW) 外，能量費率 (\$/MWh) 如何估算？
4. 不平衡電能採用發電端跟用戶端獨立計算。若採用雙邊合約之交易其差異量(發電-負載)其計算方式及收費方式為何？
5. 電壓控制的責任分界點？所採用的標準？如何計費？

#### MISO 專家的答覆及看法

彙整如下：

1. 代輸用戶能否自行提供所需之輔助服務依市場規則而定，但不論由何者提供輔助服務，調度中心都有必要建立驗證機制，確保機組能確實提供符合規定的輔助服務。一般而言，MISO 對於機組的 Primary Response (governor free) 目前並無要求，但其他 ISO 則依其系統特性及需要會有不同的要求，如 ERCOT 系統內的機組，其調速機調頻功能 (Governor free) 屬義務行為，不另外支付費用。其不感帶 (Dead band) 設定

為 $\pm 0.036$  Hz，調速控制（Speed droop）需達 2~5%。當系統發生事故後，ERCOT 會由 $\pi$ 系統產生各機組的實際反應報告，由 ERCOT、QSE 以及所有機組的代表召開會議，針對各機組的頻率反應狀況予以重新檢視。由於此項功能為各機組的義務功能之一，若有機組於事故時反應太慢或不動之情況，則代表其他機組必須提供較大的反應量以滿足系統事故時的需求，因此經由各機組間互相檢視的會議機制，促使各機組自行調整本身機組的調整能力，以滿足規範要求之頻率反應。

2. MISO 輔助服務市場分為日前市場(Day-ahead Market)與即時市場(Real-time Market)，但輔助服務市場以日前市場為主。輔助服務種類原先僅考慮調頻備轉容量、即時備轉容量、補充備轉容量等 3 項，自 2013 年起未因應大量風力發電的增加(裝置容量約 16GW，最大發電出力約 13GW)，已規劃增加 Ramping Product 輔助服務來因應再生能源的不穩定特性及即時負載不平衡。輔助服務由各 QSE 依負載比例自行提供，或由 MISO 在日前市場代為購買，輔助服務費用由負載端負擔，MISO 依照各 QSE 的負載比例收取，再支付給提供輔助服務的發電機組。
3. MISO 在 1996 年前輔助服務採用單一費率，到 2005 後由電能市場的競價來決定價格，2009 後才以能源市場及輔助服務市場的共同最佳化結果來決定價格。輔助服務是由發電公司提供單一報價曲線，MISO 再據以計算各項輔助服務的分配狀況。若機組實際發電成本高於 LMP，MISO 會以三種不同價格方式(即 MCC、MEC、MLC)決定其支付價格，以確保其成本可

以回收。

4. 輔助服務的容量要求，在日前市場或即時市場要求一致，但其結算方式確有所不同。以 MISO 的運轉經驗，通常發電業者會有較高的意願，在前一日就確定價格，因此日前市場的能量價格會比即時市場的價格高，但假設即時價格太高時，有些負載會移走，所以通常價差不大。MISO 對於機組的 Primary Response (governor free) 目前並無要求。調頻的容量要求是介於 380~400 MW 之間，依照負載比例決定，如果調頻的量太高，CPS1 的成績太好，則調頻的量會適度降低。備轉及補充備轉的加總量約為系統最大機組的 1.5 倍(約 1500MW)。此原則之訂定以符合 NERC 的要求即可。
5. 雙邊合約之不平衡電能的處理有兩個部分：(1)允許合理的變動範圍，MISO 是 $\pm 8\%$ ，但 MISO 覺得 8%太大了，近期會進行檢討將逐步縮小至 $\pm 3\%$ ；2.電能的偏差結算，可以利用 DA 與 RT 的邊際價格進行結算，但輔助服務則是連續 4 個時段(5 分鐘)超出 $\pm 8\%$ 就取消這個小時的 Payment。
6. 系統電壓的控制方式，是由輸電公司 TSP(Transmission Service Provider)根據 MISO 規劃的匯流排電壓運轉點(Set Point)自行調整，TSP 有義務自行滿足設定的運轉電壓，MISO 並不參與電壓調整設備(電容器組、電抗器等)的指令操作，機組的電壓調整能力僅扮演輔助的角色，輸電公司因建置電壓調整設備(電容器組、電抗器等)的成本及運維費用都可透過輸電費率進行回收。MISO 要求機組的電壓調整能力，於責任分界點上可達功率因數 $\pm 0.95$ 的調整能力，此調整能力亦為機

組的義務之一，不額外支付費用。舊的機組以目前的能力為上下限，不可再降低其調整能力；而新加入機組則一律強制符合此電壓控制能力之要求，機組無效電力的控制範圍為 lagging 0.85~leading 0.95 之間。

#### 4.4.2 系統電源不足之緊急應變程序

MISO 規劃緊急電能與需量反應定價機制的理由主要是因應北部地區的機組除役和 pseudo-tie 導致可用的供電能力減少。分別考慮在具有最大部署 LMR 和 EDR 的能力時，緊急電能與需量反應如何定價、在具有最小部署 LMR 和 EDR 的能力時，緊急電能與需量反應如何定價。

圖 4-14 所示 2016-17 年電源容量拍賣的價格變化，原因是由於 MISO 中央區和 MISO 北部地區的機組除役和 pseudo-tie 導致可用的供電能力減少。

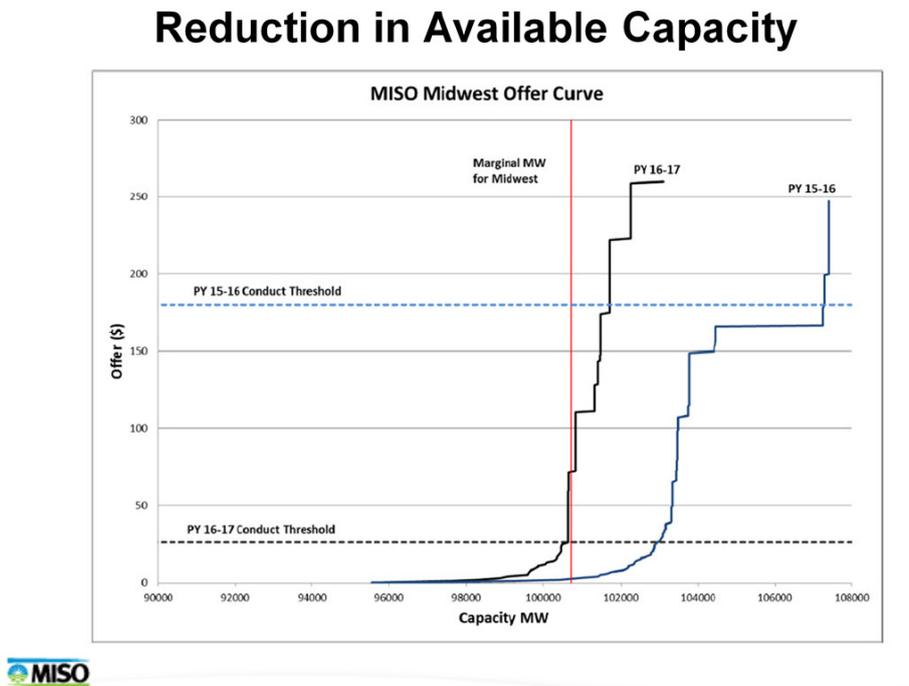


圖 4-14 MISO 2016-17 年電源容量拍賣的價格變化

MISO 定義 Max Gen 警報(Alert) 、警告( Warning )或事件(Event) 的確切邊界，MISO 的值班經理依系統的即時狀況決定警報、警告或事件的發布。對一個 LBA (Local Balancing Authority) 或一組相鄰 LBA 而言，Max Gen 警報、警告或事件通常是由輸電壅塞問題以及負載和發電之間的不平衡所引起，但警告，警報或事件很少是發生在整個 MISO 區域或整個市場範圍，也就說輸電壅塞通常是區域性的問題。如圖 4-15 所示，藍色圈出的是在 MISO 容易因輸電壅塞、負載和發電不平衡而導致 Max Gen 警報、警告或事件等情況的發生。

### Define Boundaries for Alert/Warning/Event



圖 4-15 MISO 容易發生 Max Gen 警報、警告或事件的區域

如圖 4-16 所示，如果密西根州宣布最大發電警告或最大發電事件，由事後定價軟體所發布的最低價格限制僅適用於密西根州，不適用於密西根州之外的 MISO 其他區域。

## Applicability of Emergency Pricing



圖 4-16 Max Gen 警報、警告或事件期間最低價格適用區域

如圖 4-17 所示為 MISO 的 RTO-EOP-002 的關鍵信息發布後的具體措施與步驟，包含的 Tier I 和 Tier II 價格下限以及能源緊急報警相關。

## Resources Accessibility in Max Gen Emergency

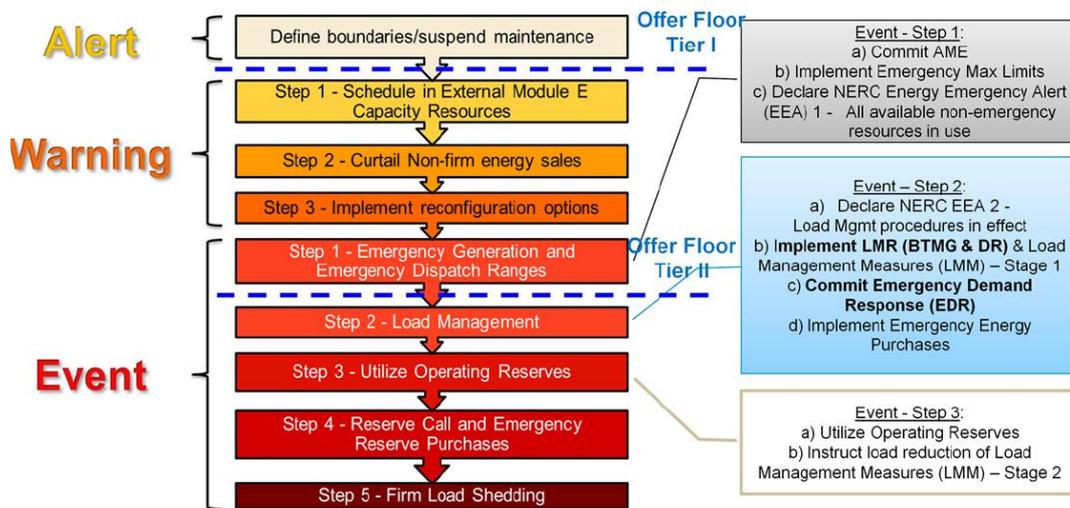


圖 4-17 RTO-EOP-002 的關鍵信息發布後的具體措施與步驟

各階段的具體措施與步驟如下：

警報(Alert)階段：重新定義界限，暫停機組維修工作，由定價軟體所發布的第一段最低價格限制(Offer floor Tier-I)

警告( Warning ) 階段：

Step 1 : Schedule in external Module E Capacity resource

Step 2 : 削減非保證電能(可停電力)銷售(Curtail Non-Firm energy sale)

Step 3 : Implement reconfiguration options

事件(Event)階段：

Step 1 : 緊急發電和緊急調度範圍(Emergency Generation and Emergency Dispatch Ranges)，包括以下措施：

(a) Commit AME

(b) Implement Emergency Max Limits

(c) Declare NERC Energy Emergency Alert (EEA) -1 All available non-emergency resources in use

在此步驟中，定價軟體所發布的第二段最低價格限制(Offer floor Tier-II)

Step 2 : 負載管制(Load Management)，包括以下措施：

(a) Declare NERC Energy Emergency Alert (EEA) -2 Load Management Procedure in effect

(b) Implement LMR (BTMG & DR) & Load Management Measures (LMM)- Stage 1

(c) Commit Emergency Demand Response (EDR)

(d) Implement Emergency Energy Purchases

Step 3：使用運轉準備(Utilize Operating Reserve)，包括以下措施：

(a) Utilize Operating Reserve

(b) Instruct load reduction of Load Management Measures (LMM)- Stage 2

Step 4：Reserve Call and Emergency Reserve Purchase

Step 5：Firm Load Shedding

其中，

- LMR (Load Modifying Resource)：係指在發布系統緊急期間，Demand Resources 有義務抑低用電需求、自用發電設備 (Behind-the –meter Generation) 有義務增加發電
- LMM (Load Management Measures) - Stage 1：運用負載管理手段減少用電需求來維持運轉準備，但基於技術或商業原因，無法歸類為 LMR 或 EDR
- LMM (Load Management Measures) - Stage 2：允許降低電壓或藉由可停電力合約抑低系統需求或提高運轉準備或減少市場參與者的緊急電源的輸出。但不包括 LMR 或 EDR

#### 4.4.3 電能和備轉容量市場訂價原理

MISO 利用區域邊際價格(Locational Marginal Price，LMP)來表示在符合發電和輸電設備的物理和操作限制條件下，在輸電電網上的特定 CPNode (Commercial Price Node)電能與備轉容量的市場價格，兩者均以\$ / MWh 為單位。MISO 的 LMP 包括 Marginal Energy Component (MEC)、Marginal Congestion Component (MCC)、

Marginal Loss Component (MLC)等三部分，如圖 4-18 所示，也就是說每一個 CPNode 的 LMP 受系統邊際電能價格、節點邊際壅塞費用及節點邊際損失費用的影響而有所不同，如果不考慮線路壅塞及損失則各個 CPNode 的 LMP 均相等。

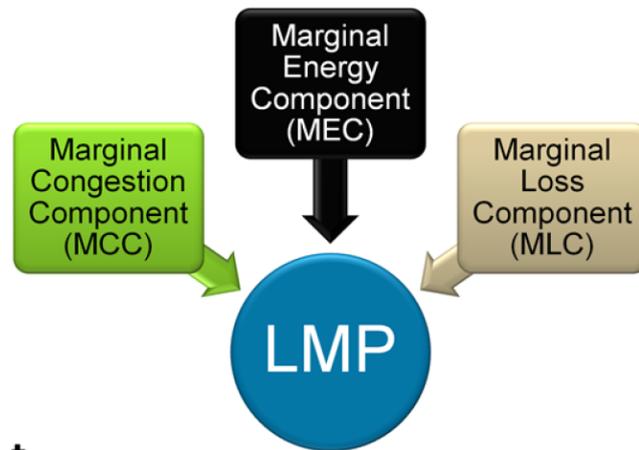


圖 4-18 MISO LMP 之組成

LMP 的原理：由於市場使用協同優化(Co-Optimized)的方法結算，LMP 可能受到能源(Energy)報價和營運儲備(Operating Reserve)報價的影響。日前市場(Day-ahead Market, DA)每個 CPNode 每小時公佈一次 LMP，即時市場(Real-Time Market, RT)每個 CPNode 每 5 分鐘公佈一次 LMP。在無約束和無限容量輸電系統中，沒有傳輸損耗或壅塞，因此在每個位置的 LMP 都是相同的，由於輸電系統的物理限制，實際運轉時是存在線路損失和輸電壅塞，但線路損失和傳輸壅塞導致 LMP 會依位置而不同。對於任何特定的 CPNode，在電力市場無論是購買電能還是銷售電能，LMP 是相同的。日前市場的 LMP 和 MCP (Market Clearing Price)有設定價格上限，MISO 日前市場的價格上限為\$3500/MWh。

市場結算價格(Market Clearing Price, MCP)用來支付電源營運

儲備(Operating Reserve)，以保證發電機組提供營運儲備和電能重新調度的機會成本可以得到回收，電能和營運儲備的結算是以收入最大化為目標。市場結算價格的原則如圖 4-19 所示，市場結算價格(MCP)是電源在 CPNode 上結算運轉儲備相關的價格。



圖 4-19 MISO 市場結算價格的原則

機組提供運轉儲備可確保提供足夠電能容量的能力，所以 MCP 必須足以支付發電機組供應電能的成本以及將一部分供電能力提供作為運轉儲備所產生的機會成本。機組的供電成本和機會成本利用同時共同優化的安全約束經濟調度 (SCED) 方式透過 MCP 進行回收。

MCP 之計算：

1. 日前市場的 MCP 每小時計算一次
2. 即時市場的 MCP 每 5 分鐘計算一次
3. MCP 同時可適用於日前市場與即時市場 Spinning Reserve 及 Supplemental Reserve
4. 每個儲備區的每個產品單獨計算 MCP。

5. DAMCP 作為發電機組在即時市場中提供服務的溢價，如果發電機組在日前市場得標運轉儲備，但在即時市場沒有被調度提供運轉儲備，因此不會產生操作成本，此時全系統 MCP 將是邊際；MCP 的上限亦為\$3500/MWh。

目前 MISO 有 6 個 Reserve Zone 如圖 4-20 所示，每個 Reserve Zone 的 MCP 可能會有所不同，MCP 用來計算每個 Reserve Zone 調頻備轉(Regulating Reserve)、即時備轉(Spinning Reserve)及補充備轉(Supplemental Reserve)的價格；在任一個 Reserve Zone，所有市場參與者將被支付的費用(依據相同的 MCP 及其所提供的數量計算)。

#### MISO's Operating Reserve Zones...

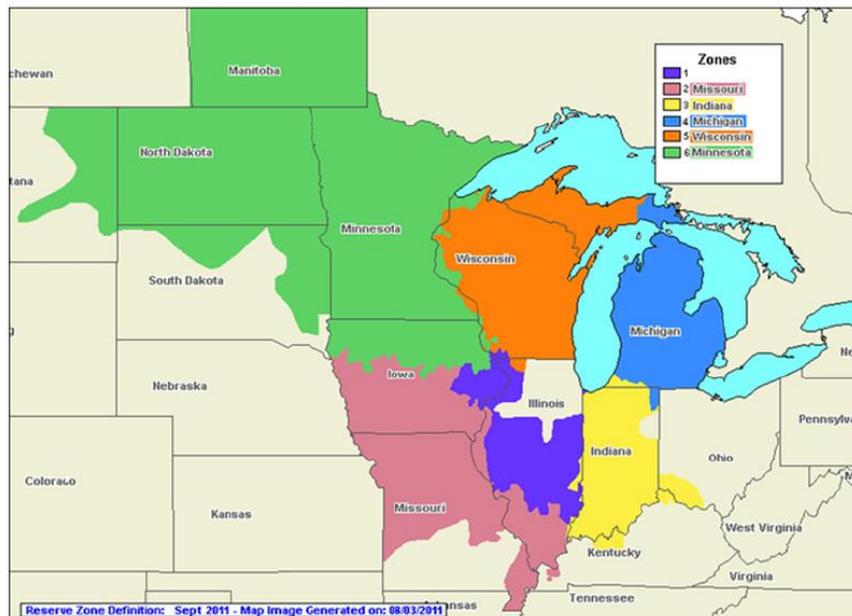


圖 4-20 MISO 的 6 個 Reserve Zone

MISO 日前市場調頻備轉的來源包括 Generation Resources、Demand Response Resources – Type II、External Asynchronous

Resources、Stored Energy Resources 等，均以調頻備轉的 MCP 計算費用，每小時計算一次；MISO 日前市場即時備轉的來源包括 Generation Resources、Demand Response Resources – Type II、External Asynchronous Resources、Demand Response Resources – Type I(須驗證合格)等，均以即時備轉的 MCP 計算費用，每小時計算一次；MISO 日前市場補充備轉的來源包括 Generation Resources、Demand Response Resources – Type II、External Asynchronous Resources、Demand Response Resources – Type I 等，均以補充備轉的 MCP 計算費用，每小時計算一次，相關規定在 MISO Tariff Schedule 29 均有詳細定義及說明。

#### **4.4.4 MISO 日前市場結算程序**

MISO 係利用同時協同優化(Co-Optimization)方法執行可行性測試(SFT)、安全限制機組排程(SCUC)和安全限制經濟調度(SCED)以獲得最低價格的電能及輔助服務需求，並提供日前機組排程、日前市場 LMP 及 MCP，如圖 4-21 所示。

在日前電能市場中的所有商品的結算，都同時使用 SFT、SCUC 及 SCED 等 3 個程序進行優化，各個程序的主要目的如下：

##### **1. Simultaneous Feasibility Test (SFT)**

每小時執行電網 N-1 偶發事件分析，以評估一系列輸入及輸出 (injections and withdrawals)情況下電網的安全性。

##### **2. Security Constraint Unit Commitment (SCUC)**

(1) 確保發電量滿足負載需求

(2) 機組發電排程及持續運轉時間

(3) 最小化滿足負載預測的機組排程發電成本、確定電力交易排程及運轉儲備的要求

#### Day-Ahead Clearing Processes...

- Products cleared with Simultaneous co-optimization utilizing:

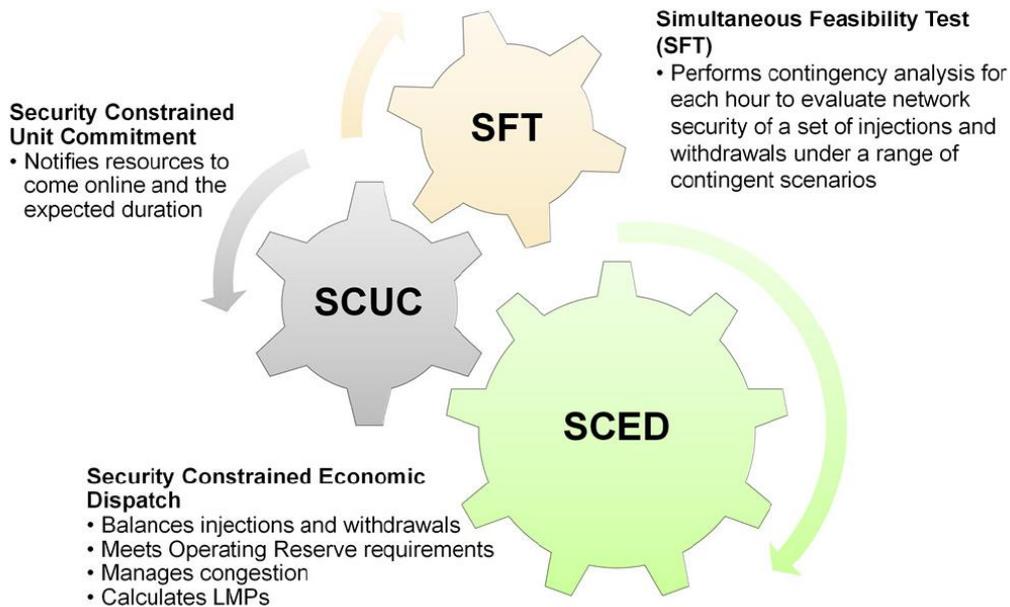


圖 4-21 MISO 日前市場結算程序

### 3. Security Constraint Economic Dispatch (SCED)

- (1) 平衡輸入及輸出
- (2) 滿足運轉儲備的要求
- (3) 壅塞管理
- (4) 計算 LMP

MISO 使用 SCED 演算法對已預訂機組(Committed Unit)進行調度，SCED 演算法確保發電排程調度滿足所有運轉限制，包括：

- 能源和儲備限制(Energy and Reserve constraints)
- 傳輸限制(Transmission constraints)
- 資源操作限制(Resource operating limits)

如圖 4-22 所示 MISO 使用 SCED 演算法決定電能和備轉容量(儲備)價格(LMP 和 MCP)，在計算價格時不考慮啟動(Start-Up) 或空載(No-Load)成本，在緊急限制下進行調度的電源亦不設定價格。

#### Security Constrained Economic Dispatch...

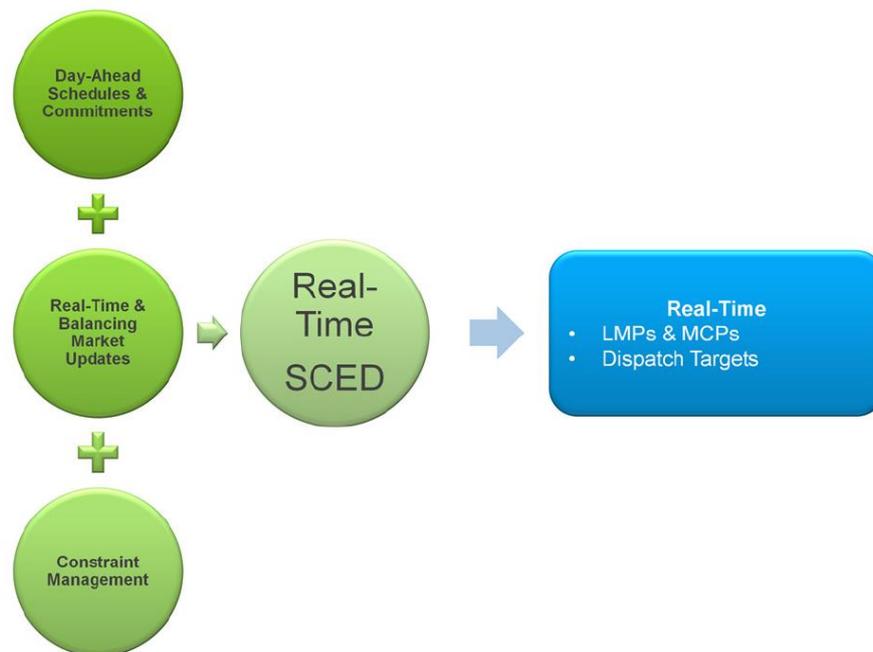


圖 4-22 MISO 使用 SCED 演算法決定 LMP 和 MCP

#### 4.4.8 負載預測作業

負載預測是對 ISO / RTO 系統的未來電力需求的情況估計，準確預測負載至關重要，因為預測驅動未來期間發電及需量反應的排程。不準確的預測可能產生可靠度問題（由於資源承諾不足）或額外成本（由於電源過度排程或短期電源的無效排程），所以每個 ISO / RTO

會從實際負載週期之前的幾年到前幾分鐘的多個不同時間段中進行負載預測。一般來說，較高的預測精度是好的，因為它意味著實際負載更接近預測負載。每個 ISO / RTO 均努力提高負載預測精度，平均絕對百分比誤差 (MAPE) 通常用於定量預測方法，因為它產生相對總精度的量度； MAPE 越低表示預測越精確

MISO 負責系統的負載預測工作，由 3~4 人專職負責所有的負載預測工作，包含所有短、中、長期的負載預測工作，以提供給計劃、運轉、機組排程的使用，委員會每個月均會公開審視負載預測的誤差量，若誤差量超過一範圍需另行報告說明。雖然各個區域的負載也會提供該轄區的負載資料，但 ISO 是以全系統的角度做預測，所以通常準確度會比較高。此外，風力發電預測也是 ISO 的重要工作之一，目前委託德國專業的風電預測公司進行預測，其準確度已經相當高。

MISO 中期負載預測 (MTLF) 是指當日加上未來六天的每個小時的負載預測(每小時負載預測每 15 分鐘更新一次)及未來 1 個月中的每一天的尖峰負載預測(每天更新)。MTLF 用於 FRAC 和 IRAC 的機組排程、傳輸安全計劃 (TSP) 及停電協調(Outage Coordination)、計算可用的傳輸容量(Available Flowgate Capacity, AFC)及可靠性協調，MISO 還將每小時、每天、每週的 MTLF 報告到系統數據交換 (System Data Exchange, SDX)。

MISO 負載預測有兩個獨立的來源：(1) MISO 使用神經網路和回歸模型組合而成的負載預測；(2) MISO 範圍內各 LBA 提交的負載預測。MISO 利用來自 MISO 範圍內的氣象站的歷史負載資料和氣象資料為每個 MISO LBA 產生負載預測，其所使用的氣候數據至少乾球溫度、露點、風速、雲量和降雨測量以及氣象站的預測。天氣預報資

訊由氣象服務供應商提供，MISO 根據需要調整其產生的負載預測以校正天氣預報錯誤，產生後再對所有 LBA 級負載預測求和，以產生 MISO BA 的系統負載預測。LBA 提交的負載預測通常用作 MISO 產生的負載預測的備份和準確度保證檢查。

MISO 日前中期負載預測(MTLF)作業流程如圖 4-23 所示，MISO 系統負載易受溫度影響，相隔一天的負載溫度係數約為 1000~2000MW/°F，MISO 目前使用三套軟體進行負載預測如圖 4-24 所示。

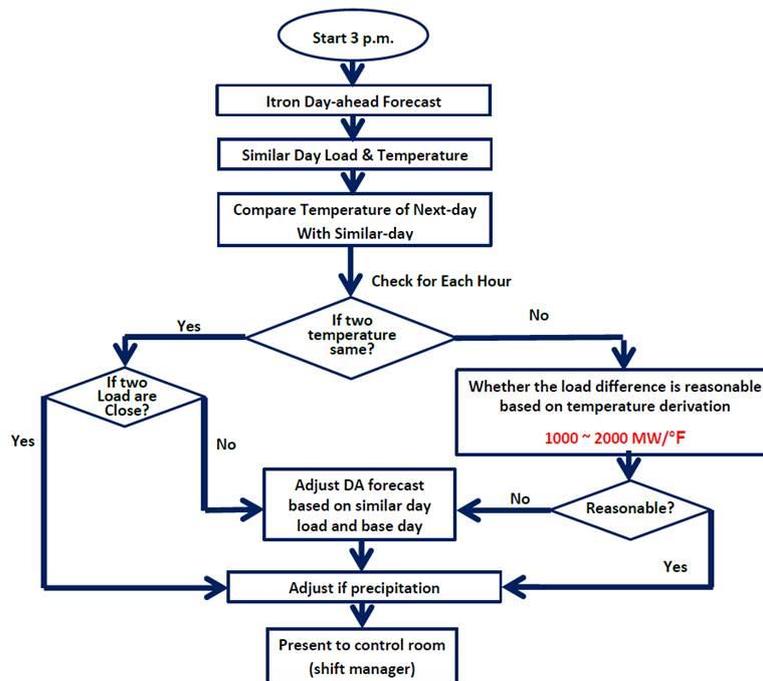


圖 4-23 MISO 日前中期負載預測(MTLF)作業流程

	<b>Itron</b>	<b>Alstom</b>	<b>MISO</b>
<b>Forecast method</b>	Linear Regression	Neural Network	Ramp Rate
<b>Data Source</b>	Oracle LF database	Habitat	Oracle LF Database or PI, Automatic Switch
<b>Forecast Performance</b>	60 Seconds in Server	8 Seconds in Server	2 Seconds in PC
<b>Manually Fixing Bad/Missing Data</b>	Yes	Yes	No
<b>Maintenance Frequency</b>	Everyday	3 Months	No Regular Maintenance Required
<b>Lagging issue</b>	No	Yes	No
<b>Efforts for Adding a New LBA</b>	1 Month	1 Month	1 Hour
<b>Need MTLF as Input</b>	Yes	Yes	No
<b>Need Weather Forecast</b>	Yes	No	No
<b>Accuracy (Mean Absolute Error)</b>	<b>150 MW</b>	<b>190 MW</b>	<b>170 MW</b>

圖 4-24 MISO 目前使用三套負載預測軟體之比較

MISO 的負荷預測精度在過去 4 年相對穩定，如圖 4-25 所示為 2007~2010 年平均負載預測的準確度均在 97% 以上，MAPE 均小於 2%。

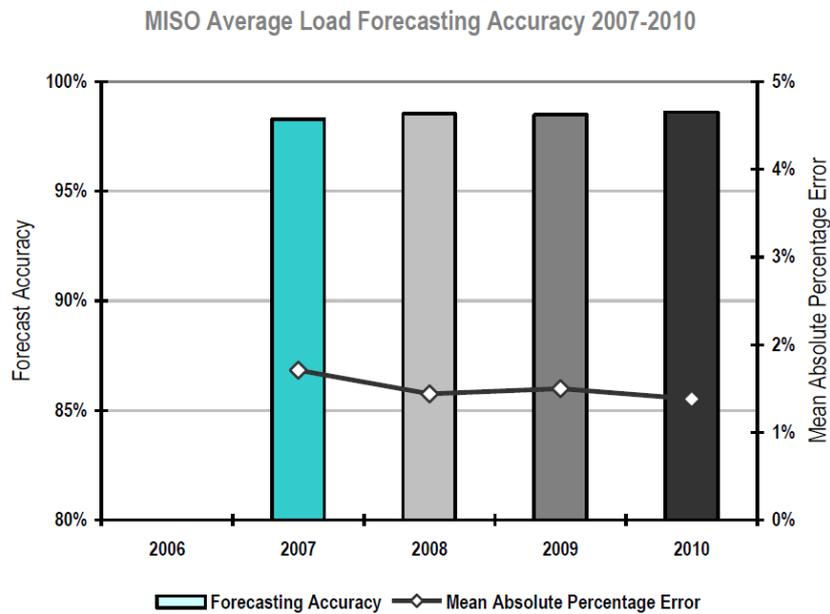


圖 4-25 MISO 2007~2010 年平均負載預測的準確度

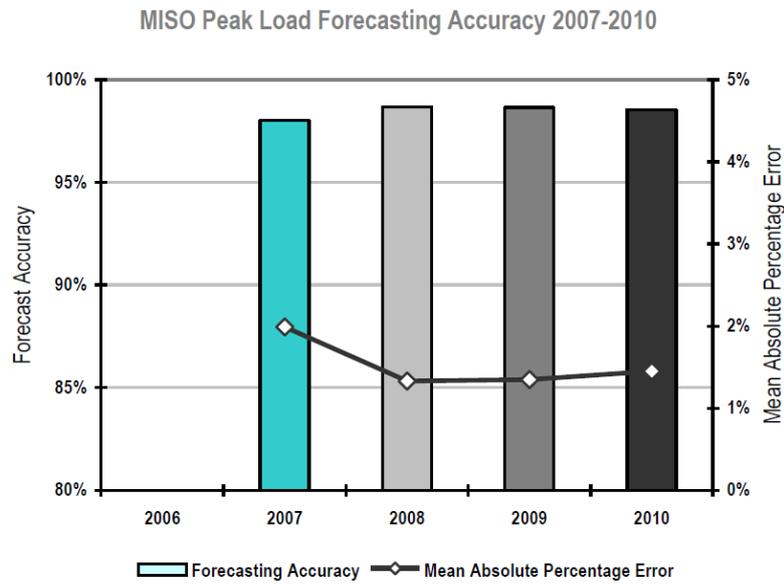


圖 4-26 MISO2007~2010 年尖峰負載預測的準確度

如圖 4-26 所示為 2007~2010 年尖峰負載預測準確度均在 97% 以上，MAPE 均小於 2%；如圖 4-27 所示為 2007~2010 年峰谷負載預測準確度均在 98% 以上，MAPE 均在 1% 左右。

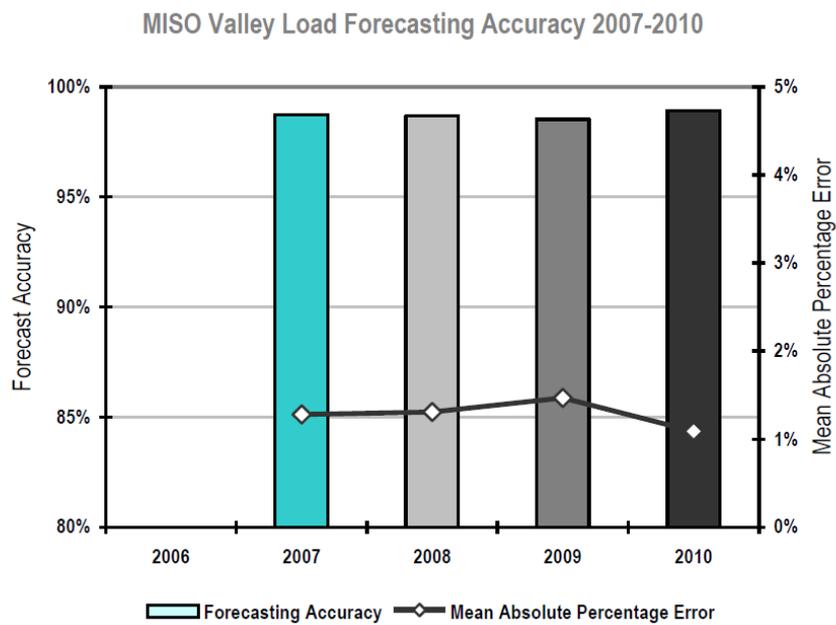


圖 4-27 MISO2007~2010 年峰谷負載預測的準確度

## 伍、IEEE PES 之電力系統運轉委員會專題會議

108 年 8 月 2 日結束在 MISO 的參訪討論，8 月 3 日搭機前亞特蘭大，8 月 4 日~9 日六天參加 IEEE 2019 Power & Energy Society General Meeting。

電機電子工程師學會 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 簡稱為 IEEE)，為一個建立於 1963 年 1 月 1 日的國際性電子技術與電子工程師協會，亦是世界上最大的專業技術組織之一，擁有來自 175 個國家的 42 萬會員。電機電子工程師學會除設立於美國紐約市的總部以外，亦在全球 150 多個國家擁有分會，並且還有 35 個專業學會及 2 個聯合會。其每年均會發表多種雜誌、學報、書籍，亦舉辦至少 300 次的專業會議。

### 5.1 IEEE 2019 PESGM 議程及專題會議小組

目前 IEEE 在工業界所定義的標準有著極大的影響。電機電子工程師學會每年均舉辦電力系統運轉委員會專題會議(Power & Energy Society General Meeting, 簡稱 PESGM)，今年 8 月 4 日~8 月 8 日在亞特蘭大(Atlanta)召開為期 5 天的電力系統運轉委員會專題會議，本次會議共計約 4000 人參加，議程規劃如表 5-1 所示：

表 5-1 IEEE 2019 PESGM 議程規劃

Day	Time	Event / Sessions
Sunday (August 4)	All Day	Registration / Information
		Committee Meetings, Tutorials
	PM	New Attendees Orientation
	Evening	Welcome Reception at the Georgia Aquarium
Monday (August 5)	All Day	Registration / Information
	AM	PES Members Meeting
		Plenary Session
	PM	Committee Meetings, Technical Session, Technical Tours
Tutorial		
Evening	Committee Poster Sessions, Fellows Reception, Candidates Meet-and-Greet	
Tuesday (August 6)	All Day	Registration / Information
		Super Sessions, Committee Meetings, Technical Session, Technical Tours
	Evening	Awards Dinner and Ceremony
Wednesday (August 7)	All Day	Registration / Information
		Committee Meetings, Technical Session
		Plain Talk Course (co-located event, separate registration required)
	Noon	Student / Industry / Faculty Luncheon – Ticket required
	PM	Student / Industry / Faculty Job Fair
Evening	IEEE PES Women in Power Networking Reception, Young Professionals Seminar and Networking Reception	
Thursday (August 8)	AM	Registration / Information (until 12:00 PM)
		Tutorial
	All Day	Committee Meetings, Technical Session
Plain Talk Course (co-located event, separate registration required)		
Friday (August 9)	All Day	Committee Meeting

專題會議小組(Panel Session)共有 23 個小組，在會議期間共進行 77 場電力系統關鍵議題的交流討論，如附錄 1 所示，Panel Session 包括：

### 1. 大數據分析(Big Data Analytics)

2. 計算機分析方法(Computer Analytical Methods)
3. 配電系統分析(Distribution System Analysis)
4. 智能系統(Intelligent Systems)
5. 可靠性與風險分析(Reliability and Risk Analysis)
6. 行政小組會議(Administrative Panel Sessions)
7. 電機機械(Electric Machinery)
8. 能源開發與發電(Energy Development and Power Generation)
9. 儲能和固定電池(Energy Storage & Stationary Battery)
10. 地方組委會(Local Organizing Committee)
11. PES 超級會議(PES Super Session)
12. 電力與能源教育(Power & Energy Education)
13. 電力系統動態性能(Power System Dynamic Performance)
14. 電力系統儀表與測量(Power System Instrumentation and Measurements)
15. 電力系統保護電驛與控制(Power Systems Relaying & Control)
16. 幹線系統運營小組委員會(Bulk Power System Operations Subcommittee)
17. 配電系統運營和計劃小組委員會(Distribution System Operation and Planning Subcommittee)
18. 電力系統經濟學小組委員會(Power System Economics Subcommittee)
19. 技術與創新小組委員會(Distribution System Operation and Planning Subcommittee)
20. 智能建築(Smart Buildings)

21.負載與客戶系統(Loads & Customer Systems)

22.輸配電(Transmission and Distribution)

23.風力發電協調(Wind Power Coordinating)

茲將部份 Panel Session 重點摘要如下：

## 5.2 電力系統關鍵議題摘要

### 5.2.1 分散式電源互通性的發展規劃 — 產業經驗

分散式電源互通性的發展規劃 — 產業經驗(DER Interoperability Roadmap - Industry Experiences)，如圖 5-1 所示。



圖 5-1 分散式電源互通性的發展規劃 — 產業經驗

關鍵議題討論目的：連接越來越多的分散式能源（DER 發電，儲能和靈活負載）的需求日益增長，這不僅引起人們對這些資源的安全性和可靠運行的關注，不僅引起了配置和併網過程中的質疑，同時質疑它們能否在配電系統上成功運行。美國能源部的電網現代化計劃已經制定了 DER 互通性的策略構想，其重點在於容易併網，在達成互通性的過程涉及分散式能源併網系統中各個利害關係人的配合，例如配電系統運營商、分散式能源設備所有者和運營商、技術解決方案提供商以及市場監管機關。這些利害關係人代表著各方不斷發展的生態系

統，他們都可以從互通性協議中受益。該專題小組介紹了加州和夏威夷的太陽光電系統併網以及歐洲的電動汽車充電併網整合所推動的分散式能源併網發展規劃的開發進展。

### 5.2.2 高再生能源滲透率下的輸電基礎設施之開發

高再生能源滲透率下的輸電基礎設施之開發(Transmission Infrastructure Development for High Levels of Renewable Penetration)，如圖 5-2 所示。

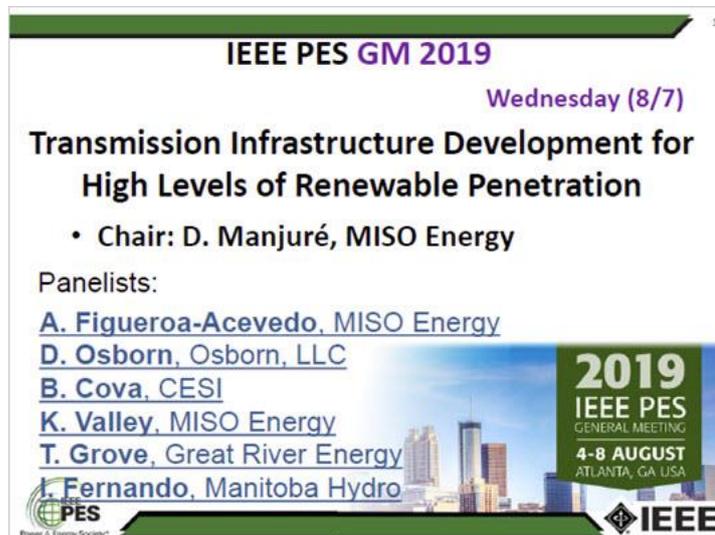


圖 5-2 高再生能源滲透率下的輸電基礎設施之開發

關鍵議題討論目的：全世界的電力系統的發電量正在面臨前所未有的變化，這些變化部分是由法規所驅動的、在許多其他情況下則是由經濟所驅動的。傳統的化石燃料發電正在迅速被再生能源取代，主要是風能和太陽能發電，不斷發展的電動車也帶來了重大的運營挑戰，例如系統運行靈活性，停電管理，儲能系統的可用性以及壅塞管理等。隨著滲透率的不斷提高，預計將需要對輸電基礎架構進行重大升級，以期能夠可靠、高效率地容納這些資源。

該關鍵議題討論小組將側重於輸電系統開發的三個主要面向，以適應大量再生能源的需求：

1. 識別有效輸電解決方案的系統研究，方法和工具
2. 在大型輸電設施（包括高壓直流輸電）建設方面的項目經驗
3. 法規要求和確保及時開發的挑戰

### 5.2.3 透過政策、標準和市場構建來確保電網彈性

透過政策、標準和市場構建來確保電網彈性 (Ensuring Grid Resilience through Policy, Standards and Market Constructs)，如圖 5-3 所示。



圖 5-3 透過政策、標準和市場構建來確保電網彈性

關鍵議題討論目的：現代的輸電電網是一個複雜的網絡物理系統，

它不僅包含傳統的發電，輸電和配電系統外，還包含 IT，通信和控制系統。此外，電網的可靠運轉仍依賴於其他外部基礎設施，例如運輸和天然氣管道網絡等。在極端天氣事件或人為攻擊期間，這些系統的任何故障都可能導致系統停電，從而導致系統的重大經濟損失。電網彈性通常被描述為增強系統抵抗高衝擊低頻（HILF）事件並從中快速恢復的能力，因此成為電力產業的重要問題，並越來越受到利益關係人的關注，以及美國能源部，FERC 和州委員會等政策制定者。例如，FERC 已要求每個 ISO/RTO 地區就電網彈性的定義、評估度量標準和緩解措施提供意見。網絡彈性的含義可能會有所不同，具體取決於網絡的地理位置、其監管框架以及區域資源組合的特徵。相關的定義和指標與電力系統的可靠性緊密相關。電網彈性挑戰可以通過監管政策，增強的運營和計劃程序或市場結構來解決。改善電網彈性可對 ISO/RTO、輸電、配電和發電公司以及消費者產生廣泛影響。本次會議將重點討論電網彈性的定義，度量標準和市場解決方案及其對利益相關者的影響。該小組將討論各種 HILF 事件期間操作程序、計劃程序和激勵措施的現狀以及可能的增強措施，以確保資源能夠供應和輸送能量，以及充分恢復系統。

#### **5.2.4 控制中心即時偶發事件分析中之補救措施方案的建置**

控制中心即時偶發事件分析中之補救措施方案的建置 (Implementation of Remedial Action Schemes in Real-Time Contingency Analysis in Control Centers)，如圖 5-4 所示。

## IEEE PES GM 2019

Thursday (8/8)

### Implementation of Remedial Action Schemes in Real-Time Contingency Analysis in Control Centers

- Chairs: S. Savulescu, Energy Consulting International  
Y. Guo, Hydro One Networks

Panelists:

A. Alam, California Independent System Operator  
H. Zhang, Peak Reliability  
Y. Guo, Hydro One Networks  
C. Thompson, ERCOT



圖 5-4 控制中心即時偶發事件分析中之補救措施方案的建置

關鍵議題討論目的：補救措施方案（Remedial Action Scheme，簡稱 RAS）也稱為特殊保護系統（Special Protection System，簡稱 SPS），是一種自動保護系統，目的在檢測異常或預設的系統狀況並快速自動採取糾正措施。在控制中心運轉的即時偶發事件分析（Real-Time Contingency Analysis，簡稱 RTCA）必須考慮使用此類 RAS / SPS。IEEE 成立了即時偶發事件分析工作小組，將不同的供應商和用戶聚集招開交流討論會議，可以分享有關 RTCA 的經驗和知識。該小組介紹在控制中心的即時偶發事件分析中實施 RAS / SPS 的不同執行情形。

#### 5.2.5 高占比可變再生能源提供電力系統靈活性 —歐洲經驗

高占比可變再生能源提供電力系統靈活性 —歐洲經驗(Providing Flexibility in Power Systems with High Share Variable RES - A European Perspective)，如圖 5-5 所示。

Providing Flexibility in Power Systems with  
High Share Variable RES – A European  
Perspective

- Chairs: K. Rudion, University of Stuttgart  
A. Orths, Energinet

Panelists:

D. Schneider, University of Stuttgart

S. Balischewski, OvG University Magdeburg

S. Stankovic, KTH Royal Inst. of Tech.

A. Hansen, Energinet



圖 5-5 高占比可變再生能源提供電力系統靈活性

關鍵議題討論目的：自從將近二十年以來，歐洲能源體系繼續看到可變再生能源（Renewable Energy Resources，簡稱 RES）的快速增長。RES（通常基於電力電子設備）先後取代了傳統的發電廠，這改變了系統特性，並在電網壅塞、電壓穩定性、系統慣性提供等方面對系統造成衝擊。同時，跨部門間的耦合與鏈結重要性不斷增加(例如電力、熱能、天然氣及交通運輸業等)，並提供了更多更新的自由度，在能源系統規劃階段需要進一步考慮這些自由度。本次會議概述了歐洲國家在 RES 所佔比例較高的電力系統的靈活性來源，電網規劃和運轉任務方面所採用的方法。靈活性的最佳識別和開發，跨部門能源系統規劃以及 TSO / DSO 協調的操作是本屆會議的主題，介紹了歐洲和國家不同項目的成果。

### 5.2.6 不同市場結構下的電池儲能的經濟性

不同市場結構下的電池儲能的經濟性(The Economics of Battery Storage under Different Market Structures)，如圖 5-6 所示。



圖 5-6 不同市場結構下的電池儲能的經濟性

關鍵議題討論目的:儲能系統可以捕獲電力系統運行中的多個價值流。通常，在嘗試評估對電網或其參與者的儲能的價值時，這些不同的價值流會堆疊在一起。但是，儲能系統的價值取決於正在考慮使用儲能設備區域的市場結構。該小組會議的目的是，在考慮用於評估成本和收益的模型和方法的情況下，確定與垂直整合和解除管制的市場中電池儲能系統經濟性相關的異同。此外，亦將討論影響市場中儲能系統部署的主要挑戰，並概述未來的可能途徑。

### 5.2.7 儲能系統的輸電規劃—大小和位置

儲能系統的輸電規劃—大小和位置(Transmission Planning for Storage: Size and Location)，如圖 5-7 所示。

**IEEE PES GM 2019**

Thursday (8/8)

**Transmission Planning for Storage:  
Size and Location**

- Chairs: J. Feltes, Siemens  
S. Venkataraman, Nexant

Panelists:

- [R. Alvarez](#), University of Chile
- [M. Henderson](#), ISO-NE
- [K. Wawrzyniak](#), DIZ
- [D. Elizondo](#), Quanta Technology
- [S. Kodsi](#), Teshmont
- [R. Cetnarski](#), IDEA-Poland
- [P. Pourbeik](#), PEACE



圖 5-7 儲能系統的輸電規劃—大小和位置

關鍵議題討論目的：從減輕電網壅塞到提供輔助服務，儲能系統可以通過多種方式為電力系統創造價值。如此廣泛的應用導致需要在輸電系統規劃工作中考慮儲能系統，將其作為候選解決方案或現有資產，其運營靈活性會影響容量增加的性質和時間表。該小組將討論協調輸電和儲能系統計劃的方法和程序，重點介紹 TSO 和計劃機構、產業參與者和來自美國、加拿大、拉丁美洲和歐洲的研究中心的最佳實踐和經驗教訓。

### 5.2.8 大數據分析應用於電力系統的經濟性、可靠性和安全性

大數據分析應用於電力系統的經濟性、可靠性和安全性(Big Data Analytics for Power System Economy, Reliability and Security)，如圖 5-8 所示。

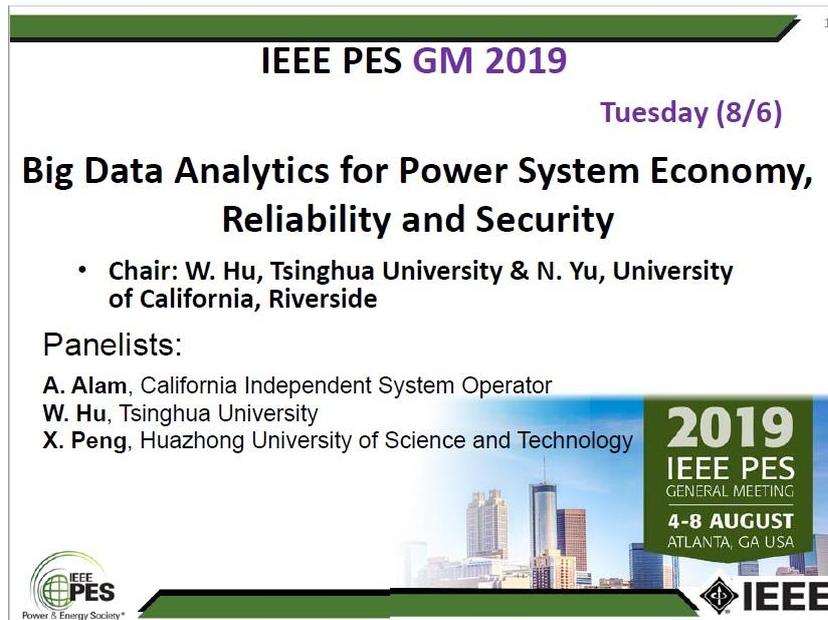


圖 5-8 大數據分析應用於電力系統的經濟性、可靠性和安全性

關鍵議題討論目的：隨著電網規模和複雜性的擴展，通過挖掘大量的電網數據來分析和研究電力系統的經濟性、可靠性和安全性具有重要意義。從異構大數據集中自動生成知識以識別客戶行為、增加輸電線路傳輸容量、識別系統干擾、執行線上設備診斷、評估系統穩定性以及執行緊急控制是非常具有挑戰性的。深度學習和數據挖掘算法在分析電力系統運行數據和提取有用的運行規則方面具有巨大潛力。最後，在電力系統中開發新的大數據應用至關重要。該小組會議中，將討論電力系統的高級大數據分析算法和應用程序。

### 5.2.9 分散式需量反應的困境：缺陷或參與

分散式需量反應的困境：缺陷或參與(Distributed Demand Response Dilemma: Defect or Engage)，如圖 5-9 所示。

1

**IEEE PES GM 2019**

Tuesday (8/6)

**Distributed Demand Response Dilemma:  
Defect or Engage**

• Chair: K. Bruninx, KU Leuven & J. Kim, New York University

Panelists:

J. Mathieu, University of Michigan  
A. Conejo, Ohio State University  
B. Hobbs, Johns Hopkins University  
A. Papavasiliou, Université Catholique de Louvain



IEEE PES  
Power & Energy Society

2019  
IEEE PES  
GENERAL MEETING  
4-8 AUGUST  
ATLANTA, GA USA

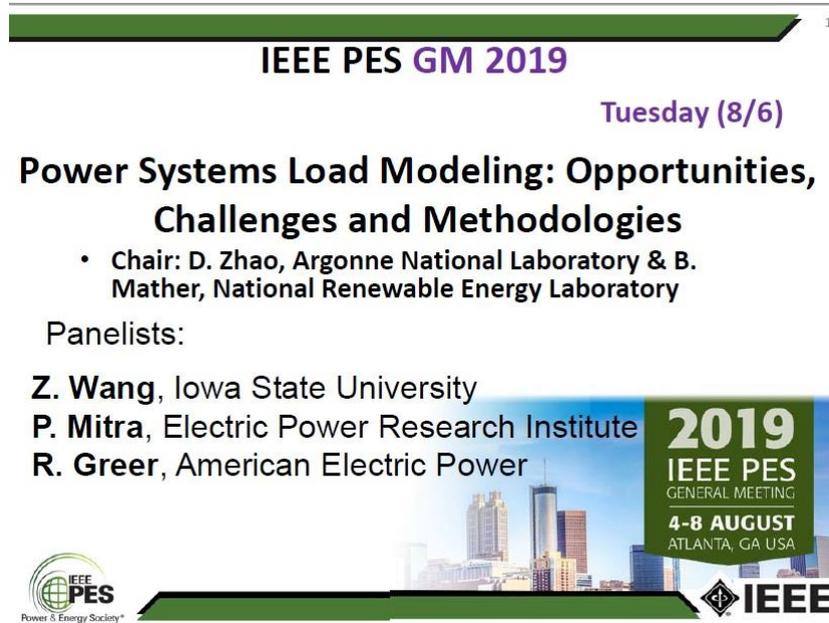
IEEE

圖 5-9 分散式需求反應的困境：缺陷或參與

關鍵議題討論目的：獨立 DER 和智能技術的滲透率不斷提高，為消費者提供了前所未有的選擇方案，以滿足他們對電能服務的需求。用戶可以從具有傳統公用事業、創新的需求反應負載聚合商和多個獨立服務提供商的多樣化資源庫中選擇電力供應商，因此在配電方面增加劇烈競爭。競爭的結果是第三方提供商可能為 DER 提供更有利可圖的激勵措施，以衝擊傳統公用事業。如果電網運營商、市場運營商和/或監管機構未能提供適當的價格信號，則消費者和獨立 DER 可能會選擇脫離電網並停止提供電網支持服務，從而進一步加劇了配電層缺乏控制選擇的情況。這種風險會促使對公用事業規模的災難復電計劃和市場設計進行全面改革，以確保資源充足，並實現高經濟效能且可靠的系統運行。該小組將從消費者和獨立 DER 的角度研究此問題，並透過重新研究的 DR 計劃下使用公用事業有關的成本和收益，全面評估公用事業或整合成為新的公用事業。該小組將探討缺陷或參與的困境如何影響公用事業的底線，並描述對其業務模式的必要變更。

## 5.2.10 電力系統負在建模：機會、挑戰和方法論

電力系統負在建模：機會、挑戰和方法論(Power Systems Load Modeling: Opportunities, Challenges and Methodologies), 如圖 5-10 所示。



1

**IEEE PES GM 2019**

**Tuesday (8/6)**

**Power Systems Load Modeling: Opportunities, Challenges and Methodologies**

- Chair: D. Zhao, Argonne National Laboratory & B. Mather, National Renewable Energy Laboratory

Panelists:

- Z. Wang, Iowa State University
- P. Mitra, Electric Power Research Institute
- R. Greer, American Electric Power

**2019 IEEE PES GENERAL MEETING 4-8 AUGUST ATLANTA, GA USA**

IEEE PES Power & Energy Society

IEEE

圖 5-10 電力系統負在建模：機會、挑戰和方法論

關鍵議題討論目的：隨著再生能源及分散式電源和動態負載的新興滲透，電力系統在建模和分析方面變得越來越複雜且不可觀察。變電站、饋線和負載的傳統模型已不足以進行準確的分析。更多儀表和數據點（例如智能電錶和 PMU）的合併使人們能夠獲取有用的信息，得以重構從變電站、饋線到微電網和設備級負載的配電層次結構下的負載。該小組將討論在不同級別推導和調整負載模型的趨勢、需求、現有和可預見的技術，以及在電力系統分析中使用此類模型的願景。該小組成員來自行政部門、國家實驗室、學術界和研究機構，他們將從各個角度和領域提供見解，透過討論，可以揭示美國電力負載建模的方向和未來。

### 5.2.11 可變分散式能源整合提供靈活性

可變和分散式能源整合提供靈活性(Variable and Distributed Energy Resources Integration and Provision of Flexibility through Energy Systems Integration)，如圖 5-11 所示。

1

**IEEE PES GM 2019**

**Tuesday (8/6)**

**Variable and Distributed Energy Resources Integration and Provision of Flexibility through Energy Systems Integration**

- Chair: F. Rahimi, OATI & A. Tuohy, Electric Power Research Institute

Panelists:

- J. Price, California ISO
- A. Orths, Energinet
- F. Albuyeh, OATI

2019  
IEEE PES  
GENERAL MEETING  
4-8 AUGUST  
ATLANTA, GA USA

IEEE PES  
Power & Energy Society

IEEE

圖 5-11 可變和分散式能源整合提供靈活性

關鍵議題討論目的：由於多種因素的組合，電力產業規模正在發生根本變化，這些因素包括分散式能源的擴散、新技術、運輸的電氣化以及越來越精明的 prosumers（具有分散式電源的消費者）的出現。這些變化對大功率和配電等級的電力系統運轉都具有根本影響。在具有較高的可變和分散式發電滲透率的系統中，確保足夠的操作靈活性是運轉的必要部分。該小組會議的重點是利用需求方資產和能源系統集成作為支持大系統電力運營靈活資源的新興解決方案、政策和運營模型。

### 5.3 大量風電併網之挑戰 — ERCOT 的經驗

電力需求已經取決於天氣狀況，但是再生能源占比隨風力和太陽能的增長而提高，使電力供應方面也將大部分依賴於天氣的狀況。因此，供需平衡將具有更大的隨機變數，導致負載/再生能源發電預測愈加困難。依國外電力系統運轉經驗，若負載/再生能源發電預測誤差過大，對電力調度、系統供電穩定與安全將產生重大衝擊，不僅影響電力系統的經濟調度，嚴重時可能更可能引發分區輪流限電事件。

美國德州電力系統僅以直流聯絡線(DC Tie Line)與美東互聯網(Eastern Interconnection)及美西互聯網(Western Interconnection)相連，在電力系統性質上為一獨立電網，由德州電力可靠性委員會(Electric Reliability Council of Texas, ERCOT)負責電力調度與電力市場營運。截至 2007 年底，德州電力系統裝置容量約為 71812MW，其中包括風力發電裝置容量約 4788MW，尖峰負載約為 62339MW。2008 年 2 月 26 日美國德州電力可靠性委員會(ERCOT)因為發電和負載之間嚴重不平衡導致系統頻率驟降，ERCOT 為確保系統穩定與安全，乃在 18:41 緊急啟動大型工商業用電用戶緊急電力削減計劃(Emergency Electric Curtailment Plan, EECPP)，以防止系統頻率持續下降，避免進一步必須實施分區輪流停電，歷時約 3 小時系統恢復正常供電。此次緊急事件的肇因有三項，分別為風力發電預測失準、傳統發電機組的意外跳機損失(150MW)，以及系統負載比預期高且提前負載上升，其中最主要、最關鍵的原因是風力發電自 15:00 開始大幅減少，在 3.5 小時內由 2000MW 減少至 360MW，在 18:30 時風力發電比預測值減少約 1000MW，且風力發電下降速率比日前預測值大，再加上當天傍晚負載比預測值高且提前增加，因而導致系統頻率快速下降。事件經過如下：

- 15:00 – 風力發電在 3.5 小時內快速下降，由 2000MW 至 18:30 僅剩 360MW，較日前預測值少 1000MW；其中有兩小時內的下降速率達到(8MW/分鐘)，超出日前預測值(5MW/分鐘)，如圖 5-12 所示。
- 17:10 – 傍晚負載開始爬升，在 90 分鐘內增加 3800MW(上升速率為 42MW/分鐘)；傍晚負載上升的開始時間比日前短期負載預測提早了 25 分鐘，如圖 5-13 所示。
- 17:44 – 傳統機組跳機，損失 150MW (裝置容量 370MW)。
- 18:00 – 由於負載增加(上升速率達 50MW/分鐘)，使備轉容量快速減少、即時備轉容量與調頻容量耗盡，導致系統頻率快速降低。
- 18:24 – 備轉容量低於 3000MW，ERCOT 緊急發布預警通知。
- 18:28 – ERCOT 緊急調度燃氣渦輪機啟動併聯系統提供補充備轉容量服務。
- 18:30 – 系統頻率降至 59.94 Hz。
- 18:33 – 因應系統頻率降至 59.91 Hz，328MW 緊急備轉容量(即時備轉 Spinning Reserve)自動配置至系統。
- 18:37 – 因備轉容量低於 2300MW，ERCOT 啟動第一階段緊急電力削減計劃(EECP1)。
- 18:41 – 因系統頻率降至 59.85Hz 且備轉容量僅剩下 1725MW，ERCOT 啟動第二階段緊急電力削減計劃(EECP2)。
- 18:49 – ERCOT 指令執行 1150MW 需量反應(Load act as Resource，LaaR)。
- 18:52 – 系統頻率恢復至 60 Hz。
- 18:56 – 緊急備轉容量(即時備轉)配置結束。

- 18:59 – 需量反應(LaaR)在 10 分鐘內抑低量達到 1108MW，12 分鐘內抑低量達到 1200MW，如圖 5-14 所示。
- 20:08 – ERCOT 宣布第二階段緊急電力削減計劃結束，回到第一階段，並結束執行需量反應(LaaR)，系統逐步恢復供電。
- 20:15 – 獲得 Mexico 的緊急電源支援 30MW。
- 21:40 – 第一階段緊急電力削減計畫結束，系統恢復正常。

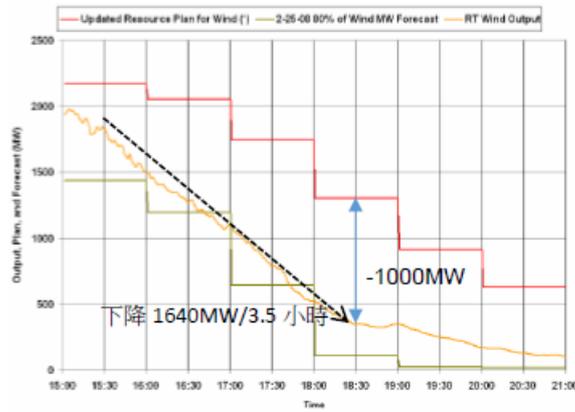


圖 5-12 風力發電實績、風電預測及風力發電資源計畫之比較

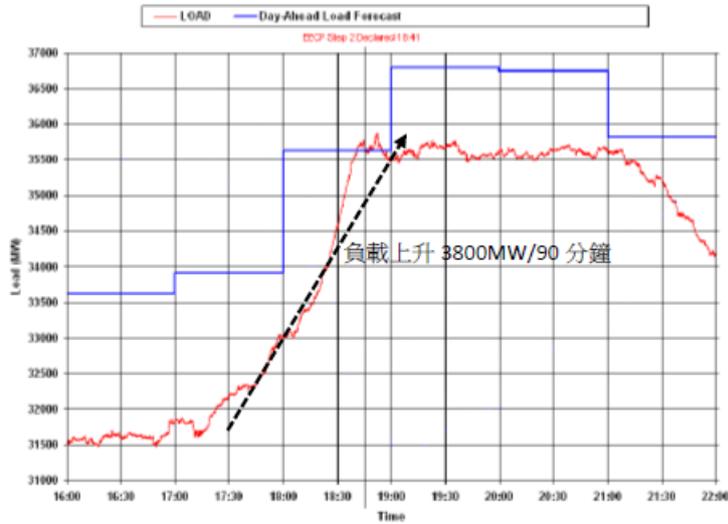


圖 5-13 實際負載、日前負載預測比較

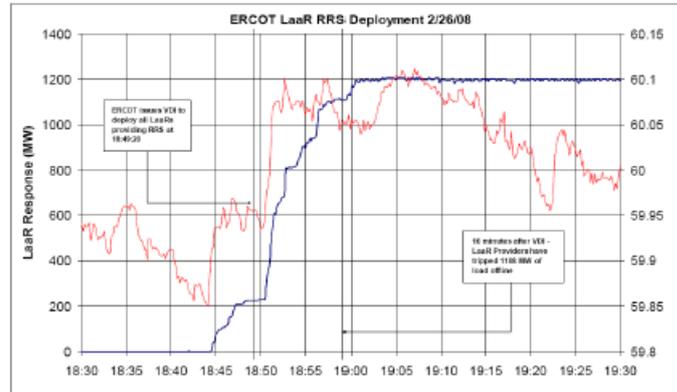


圖 5-14 ERCOT 啟動需量反應(LaaR)的執行情形

如上所述，風電的間歇性及不易預測性是風電併網與電力調度的最大挑戰，風電的間歇性對電力系統供需平衡與電網運轉產生影響，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，若風力發電量瞬間下降太多，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。由於我國離岸風電未來發展呈現裝置容量大且高度集中併網的情形，其出力變動將更為劇烈、併網點系統衝擊變高、可能造成輸電線路壅塞、系統穩定度與可靠度降低等挑戰，調度最大風險在於負載陡升階段又面臨再生能源出力陡降的趨勢，因此必須針對風力發電情形與系統負載需求特性進行分析比較，並研擬相關電力調度因應對策。

#### 5.4 國外運轉經驗與因應方案

大量風電併網時易導致電力平衡調度困難、其他電源需要配合快速升載/降載，當風力發電占比越高，劇烈事件發生的機率越高。依國外電力調度中心運轉經驗，可分別從要求風場/風機配合提升各項性能及加強電力調度中心相關即時調度作業兩方面努力，方能使風力發電可併網容量最大化或在風力發電占比高時，同時確保電力系統的穩定度及可靠度，分別說明如下：

## 一、要求風場/風機配合加強各項性能

### (一)準確發電預測(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)，國外調度中心也有要求風場必須提供氣象資訊(包括風速、風向等)，再由調度中心(ISO)負責區域及全系統的風力發電預測；國外調度中心除了日前進行未來 168 小時的風力發電預測外，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)。受限氣候變化，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%。

### (二)提高電壓支持能力，強化併接點之電壓調整能力

風力發電機被要求必須能夠提供至少 10%裝置容量的無效功率(Reactive Power)、在併接點(Point of Interconnection, 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(虛功率)容量必須是可以動態調整。

### (三)提高頻率支持能力，風機具備類似調速機功能

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(黃舜賢，2018)，如圖 5-15 所示。

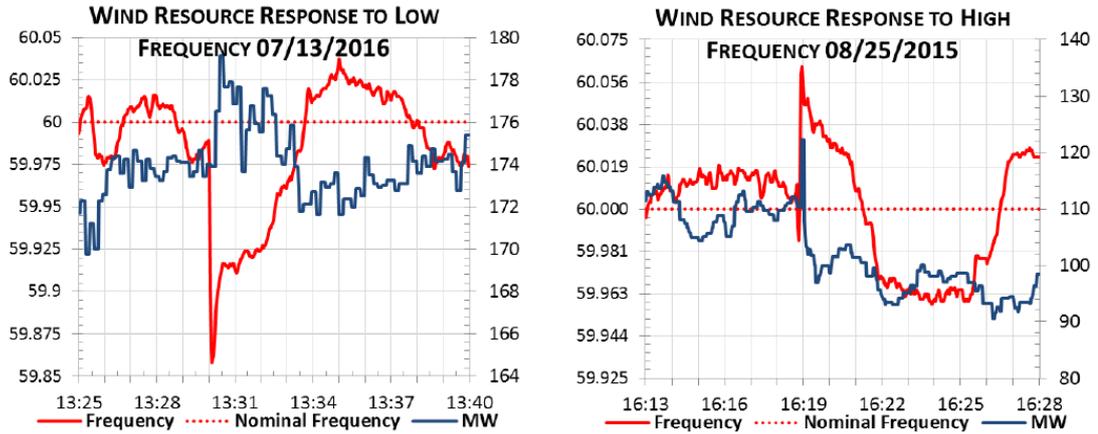


圖 5-15 風機具有類似調速機的頻率反應能力

#### (四)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)瞬間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,如圖 5-16 及圖 5-17 所示。

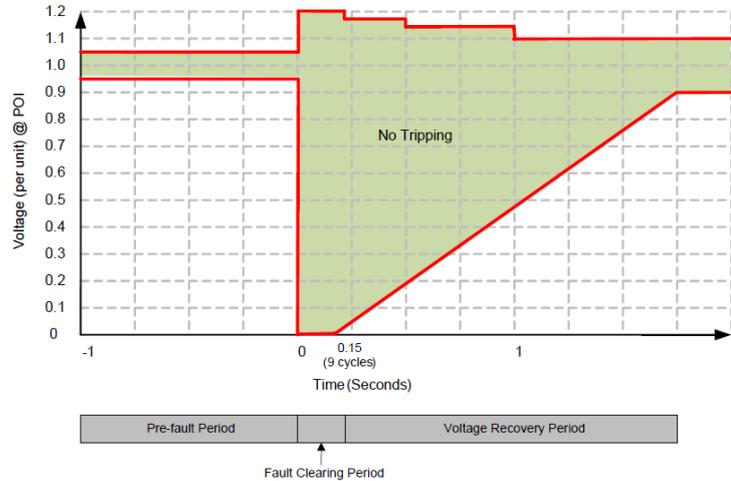


圖 5-16 風機應具備之電壓穿越能力

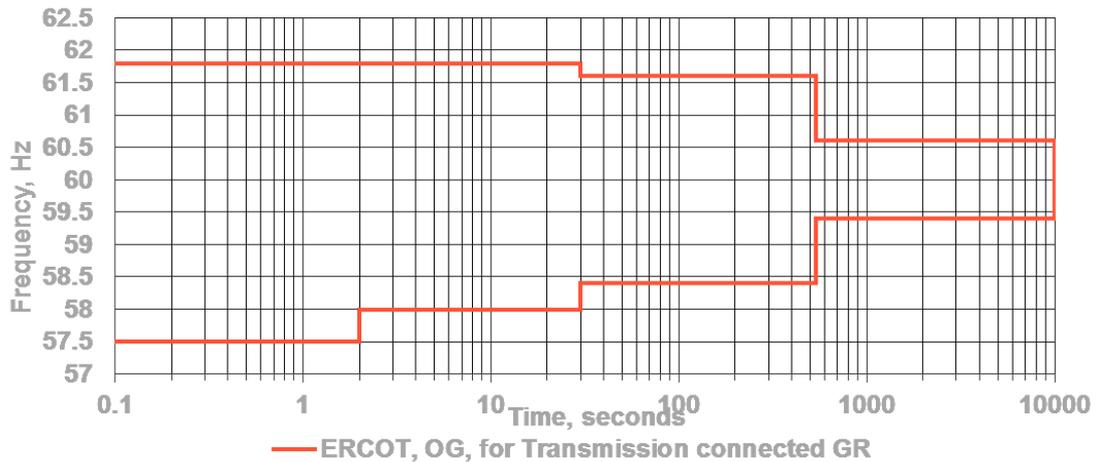


圖 5-17 風機應具備之頻率穿越能力

#### (五)限制升/降載率(Power Ramping)

為確保系統頻率穩定，一般都會要求限制風場/風機的升降載率，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%。

### 二、即時電力調度方面配合加強相關調度作業

#### (一)動態規劃輔助服務(Ancillary Service)

考慮每日負載型態、瞬間負載變動、發電機出力變化及機組可能故障跳機等因素而使系統發電及負載隨時都在變動，導致系統頻率變動超出許可範圍，因此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維持平衡，各類備轉容量包括調頻備轉容量(Regulation Service)、即時備轉容量(Responsive Reserve Service)及補充備轉容量(Supplemental Reserve Service，亦稱 Non-Spin Reserve Service)。

#### (二)增加調度員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。

## 陸、參考文獻

- [1] MISO 網站, <http://www.misoenergy.org/>
- [2] MISO, Level 100- MISO Overview
- [3] MISO, Level 200 - Energy and Operating Reserves Markets
- [4] MISO, Level 200 - Emergency Energy and Demand Response Pricing
- [5] MISO, Level 300 - NITS on OASIS - Background
- [6] Energy Matrix ISO Operation Workshop , Energy Matrix Consulting Inc,  
Jan. 6~10, 2017, San Francisco, CA, USA
- [7] Ela E., Kirby B., “ERCOT Event on February 26, 2008
- [8] Smith, J. C., “Renewable Energy Interconnection Requirements for the  
US”, IEEE Power and Energy Society Meeting, Denver, July 28.
- [9] NYISO, “Integration of Wind into System Dispatch.”, October 2008

## 附件 1 MISO Corporate Information 2016

## 附件 2 IEEE 2019 PESGM Panel Session Listing