

出國報告（出國類別：實習）

## 北美電力交易平台監管及結算機制

「電力交易平台監管、北美電力交易結算暨市場管制等機制交流」

出國報告

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：黃晏奇課長、傅薰毅專員

派赴國家/地區：美國/紐約、賓州、華府

出國期間：112年10月14日至10月23日

報告日期：112年12月12日

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：北美電力交易平台監管及結算機制

頁數133含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/翁玉靜/02-2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：黃晏奇/台灣電力公司電力調度處/主管//02-2365-1234#13712

出國類別：1考察 2進修 3研究 4實習 5開會 6其他

出國期間：112年10月14日至10月23日

派赴國家/地區：美國/紐約、賓州、華府

報告日期：112年12月12日

關鍵詞：日前輔助服務市場、市場監管、結算機制、資訊系統

## 內容摘要：(二百至三百字)

本（台灣電力）公司依《電力交易平台設置規則》，於2021年開設電力交易平台，負責營運日前輔助服務市場及備用容量市場，在台灣首創電力交易之自由競價機制。為維護電力交易平台之運作達到電業間公平競爭、合理經營之目標，並配合政府能源轉型政策，本公司實有向先進電力市場取經，學習其市場監管及系統建置知識之必要，故於112年10月14至23日組團赴美，訪問美國電力管制機關及市場營運者，以瞭解渠等市場管理及系統建置經驗。透過與拜會對象之交流，本公司訪團針對市場營運單位中立性、利害關係人溝通程序、輔助服務市場監管措施、商品設計、結算系統建置及資訊安全政策提出精進建議。

本文電子檔已傳至公務出國報告資訊網

(<https://report.nat.gov.tw/reportwork>)

## 目錄

壹、 目的.....	5
一、 緣起.....	5
二、 對象.....	6
三、 預期成果.....	7
貳、 行程概要.....	8
一、 行程表.....	8
二、 對象簡介及議程.....	8
1、 NYISO.....	8
2、 PJM.....	9
3、 NERC.....	10
4、 FERC.....	10
5、 USEA.....	10

參、 過程紀要.....	11
一、 NYISO.....	11
1、 沿革與職掌.....	11
2、 電力市場分類.....	12
3、 市場監管機制.....	13
4、 資訊系統架構.....	15
二、 PJM.....	17
1、 沿革與職掌.....	17
2、 電力市場分類.....	18
3、 市場機制.....	19
4、 資訊系統架構.....	21
三、 NERC.....	23
1、 沿革與職掌.....	23

2、 NERC 組織與人員 .....	24
3、 網路及資訊安全規範.....	25
四、 FERC.....	26
1、 沿革與職掌.....	26
2、 北美電力市場架構.....	27
3、 命令發布與市場規則批核.....	30
4、 市場監管報告.....	30
五、 USEA.....	31
1、 沿革與職掌.....	31
2、 執行計畫與發展方向.....	32
3、 電力市場監管議題.....	32
肆、 心得及建議.....	33
一、 市場監管.....	33

1、 提升電力交易平台中立性.....	33
2、 依需量反應特性開發商品.....	33
3、 建立利害關係人機制化程序.....	34
4、 彈性調整監管機制.....	35
5、 引進 MMS 提升監管效率.....	36
二、 資訊系統.....	37
1、 作業流程設計.....	37
2、 資通安全架構設計.....	37
3、 備援系統快速還原.....	37
4、 可靠度要求.....	38
5、 資通安全規範訂定.....	38
伍、 參考資料.....	39

## 圖目錄

圖1、北美 RTO/ISO 地理範圍.....	7
圖2、NYISO 管轄區域.....	11
圖3、NYISO 市場運作流程.....	12
圖4、NYISO 憑證管理規範示意圖.....	17
圖5、PJM 管轄區域.....	18
圖6、發電端通訊架構.....	22
圖7、PJM 通訊架構.....	22
圖8、NERC 管轄區域圖.....	24
圖9、FERC 組織架構.....	27
圖10、FERC 管轄範圍.....	28
圖11、PJM 之需量反應能力測試方案.....	34



## 表目錄

表1、行程表.....	8
表2、NYISO 議程.....	9
表3、PJM 議程.....	9
表4、NERC 議程.....	10
表5、NYISO 參考水準評估方式.....	14
表6、NYISO 服務水準要求.....	16
表7、PJM 通訊技術.....	21
表8、PJM 可靠度要求.....	38

## 壹、目的

### 一、緣起

美國自1990年代開始進行電力批發市場改革，打破垂直整合的綜合電業型態。「美國聯邦能源管理委員會（Federal Energy Regulatory Commission, FERC）」在市場轉變之際，負起推動電力市場發展與確保市場參與者福祉之責，故以促進電力市場競爭為目標，公布若干命令（Order），如第888號命令允許輸電網開放及創設「獨立系統操作者（Independent System Operator, ISO）」，第2000號命令擴大「區域輸電組織（Regional Transmission Organization, RTO）」可營運之電力市場範疇，第819號命令確立市場第三方市場監管機制及權責。此後，所有電力交易市場營運者均須在 FERC 命令及相關法規框架下進行機制設計，以確保電力系統穩定運行且市場公平競爭、健全發展。

我國電業改革於2017年新版《電業法》的修正施行邁入第一階段，為確保電網公平供公眾使用其中輸配電業維持國營，並同時扮演電力交易平台營運者角色，肩負提

升電力市場運作效率之責任。此外，經濟部於2021年6月發布《電力交易平台設置規則》，授權本公司設立及營運電力交易平台，並於其中開設日前輔助服務市場及備用容量市場。

本公司營運日前輔助服務市場之目標係引導民間分散式資源加入電力系統，藉以強化系統之調度彈性，且為配合2025年能源轉型政策，電力交易平台將引進先進電力市場所採用之「市場管理系統 (Market Management System, MMS)」，以因應開放日內市場及即時市場，實現即時調度之需，以及解決再生能源變動性與不易預測性問題。

而電力交易競價模式為台灣首創，國內並無前例可循，為確保市場監管機制妥適性及 MMS 架構之穩定性，實有自國外成熟電力市場取經，以持續精進現行制度，加強各項分散式資源之調度及管理能力的必要，而美國電力市場發展已有超過30年的歷史，本公司遂規劃組團訪美，盼獲得市場監管機制及結算系統建置的實務經驗，供我國電力交易平台發展決策參考。

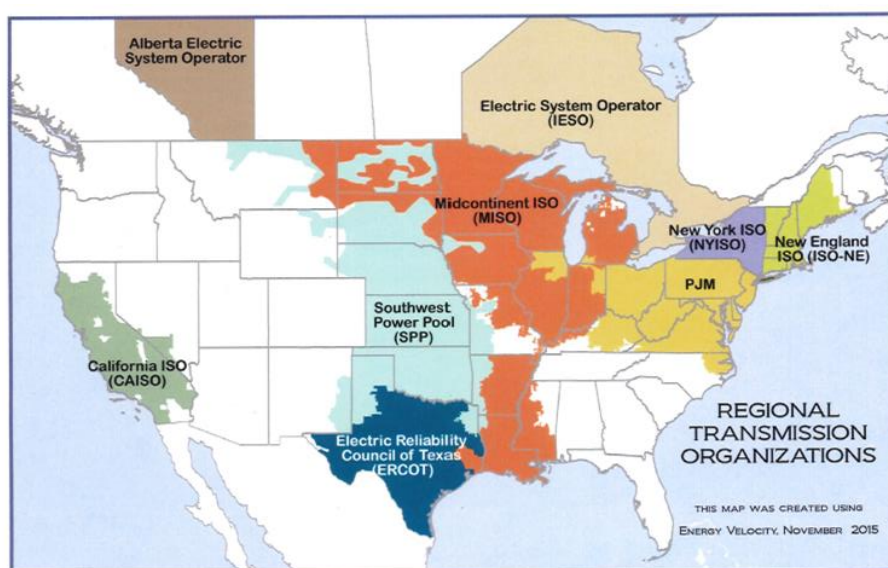
## 二、對象

基於上述研究課題，此次出國除欲拜會 FERC，亦洽詢「北美電力可靠度公司 (North American Electric Reliability Corporation, NERC)」、「紐約電力調度中心 (New York Independent System Operator, NYISO)」、「賓澤馬互聯電網公司 (Pennsylvania-New Jersey-Maryland Interconnection, PJM)」及「美國能源協會 (United States Energy Association, USEA)」之接待意願並獲得首肯。其中 NERC 與 FERC 同為電力系統與電力市場之監管機關，負責美國電力系統可靠度標準及資訊安全規範之制定，相關人員與機構之認證，電力交易之合理、有效機制設計，本次參訪擬拜會 FERC 及 NERC 等，以瞭解其監管政策、制定相關規則或標準之考量，以及與利害關係人溝通的程序。

北美（美加）開放電力競價交易之市場主要由 RTO 或 ISO (RTO/ISO) 負責營運及制定規則，目前共分為9個電力交易市場（詳如圖1）。其中 NYISO 已成立逾20年，且其尖峰負載量約為33,000千瓩（MW），與台灣之負載狀況相似，其經驗應可作為本公司

市場監管及未來導入 MMS 之參考，故拜訪 NYISO 時，將針對其市場監管機制、MMS 系統軟體系統架構及結算規則等議題交流。PJM 為美國最早的電力市場，於1996年成為一個功能齊全的區域輸電組織，2023年統計資料顯示其裝置容量為194,586.8GW，轄區內控制上千個發電資源及數千個變電站，服務客戶超過6,500萬戶，係美國境內市場管理經驗最豐富且廣泛之市場營運者之一，故本公司擬與 PJM 市場規則制定者及系統建置者交流，從中汲取營運電力交易平台之經驗。

圖1、北美 RTO/ISO 地理範圍



資料來源：FERC 提供。

USEA 為一非營利組織，主要協助美國推動國際能源合作，因此對國際電力市場脈動有所掌握，也具有協助開發中國家推動電力市場自由開放之經驗，且在執行相關專

案計畫過程與美國 RTO/ISO 及相關智庫機構往來密切，擁有此領域的豐富人脈，本公司擬與 USEA 建立聯繫管道，盼未來能藉 USEA 拓展在美國之合作、交流網路。

### 三、預期成果

本次出國議題包括監管機制實施、資源成本評估、市場表現評估、利害關係人溝通、結算資訊系統建置、未來市場發展等，期望藉由實地了解國外電業作法及專家交流，精進我國電力市場監管機制及資訊系統穩定度及安全性，以達成促進公平交易並維護市場發展健全之目的。

為確保本次出國交流過程順利，本公司出國前與受訪單位均聯繫確認，並事先準備簡報資料（詳如附件1、2、3），以介紹我國電力交易平台發展，以及擬具討論主題（詳如附件4）及問題集（如附件5）提供受訪單位參考。本次出國與 FERC、NERC 及 USEA 之議程安排，協請「駐美國台北經濟文化代表處（Taipei Economic and Cultural Representative Office in the United States）」代為聯繫，特此致謝。

## 貳、行程概要

### 一、行程表

本次出國起訖日期為112年10月14日至10月23日（行程詳如表1）

表1、行程表

日期	項目	工作內容	所在地
10月14日	往程	搭飛機赴美	台灣至紐約市
10月15日	移動日	搭車赴紐約州倫斯勒 (Rensselaer)	紐約市至紐約州倫斯勒
10月16日	訪 NYISO	與 NYISO 系統工程師及監管 人員交流座談	倫斯勒
10月17日	訪 PJM	與 PJM 教育訓練人員交流座 談	賓州奧杜邦 (Audubon)
10月18日	移動日	搭車赴華府 (Washington, D.C.)	奧杜邦至華府
10月19日	訪 NERC	與 NERC 副總裁交流座談	華府
10月19日	訪 FERC	與 FERC 市場監管人員交流 座談	華府
10月20日	訪 USEA	與 USEA 研究人員交流座談	華府
10月21日	移動日	搭車赴紐約市	華府至紐約市
10月22日	返程	搭飛機返台 (跨日)	紐約市至台灣

## 二、對象簡介及議程

### 1、NYISO

NYISO 之參訪時間為10月16日09:30至14:30，主題為資訊系統建置（09:30至12:00）及市場監管（12:00至14:30），議程如表2。其中資訊系統建置議題係由其資訊部門主管 Kevin Pytel、架構專員 Matt Zeri、系統整合專員 Craig Handler、Jude Keane 及軟體開發專員 Ryan Smith 與談（受限於 NERC 所制定之關鍵基礎設施規範，部分系統架構議題或涉及資安政策之內容，NYISO 人員無法透露）。市場監管部門與我方座談之人員包含 NYISO 市場與持留行為分析資深經理 Jonathan Newton 及參考水準與成效評估小組資深經理 Susan Jacon。

表2、NYISO 議程

時間	項目
09:30至12:00	NYISO 營運及系統簡介
	台電公司市場機制及系統簡介
	Hitachi Energy 成員簡介
	資訊系統建置議題討論
12:00至13:00	午餐



時間	項目
13:00至14:30	市場監管議題討論

## 2、PJM

PJM 之參訪時間為10月17日09:00至13:00，主要議題係 PJM 之整體市場機制（議程如表3）。PJM 係由市場參與者服務資深專員 Michelle Souder 負責接待、市場參與者培訓首席訓練師 Jack Thomas 進行介紹。訪團另於10月18日10:00至12:00與約翰霍普金斯大學講師（PJM 前員工）Jeremy Lin 進行座談，交流市場管理之實務經驗。

表3、PJM 議程

時間	項目
09:00至09:10	開場及簡介
09:10至12:00	PJM 市場機制概覽
12:00至12:15	午餐
12:15至12:45	PJM 市場機制概覽（續）
12:45至13:00	問與答

## 3、NERC

NERC 之參訪時間為10月19日09:00至10:30，主要由本公司介紹電力交易平台之市場機制及資通安全作法，再由NERC說明其歷史、合規監控懲處與資通安全規劃，並以

綜合討論方式交流（議程如表4）。NERC 係由公共關係管理師 Hugo Perez 負責接待，

其法遵及註冊部門副總裁 Howard Gugel 與訪團人員座談。

表4、NERC 議程

時間	項目
09:00至09:05	開場
09:05至09:25	台電公司市場機制及系統簡介
09:25至09:45	北美可靠度管理機制簡介（簡報如附件6）
09:45至10:25	問與答
10:25至10:30	結語

#### 4、FERC

FERC 之參訪時間為10月19日13:00至15:00，主要以開放問答形式進行交流，主題包含 FERC 執掌、組織章程、監管原則、利害關係人溝通方式、市場管理實例，以及電力交易平台面臨之監管挑戰與因應之道。FERC 係由國際事務發展部門管理師 Sarah McKinley 及能源政策與創新辦公室專員 James Burchill 與訪團人員交流（FERC 簡介資料如附件7）。

## 5、USEA

USEA 之參訪時間為10月20日14:00至16:00，主要以開放問答形式進行交流，主題包含 USEA 業務說明、USEA 市場監管及資安政策研究報告介紹，以及電力交易平台機制介紹及未來合作方向。USEA 由其執行長、前能源部次長（Under Secretary，位階次於部長及副部長）Mark Menezes 率領其資深研究計畫協調人 Johanna Koolemans-Beynen 及研究計畫總監 Andrew Palmateer 與訪團人員座談。

### 參、過程紀要

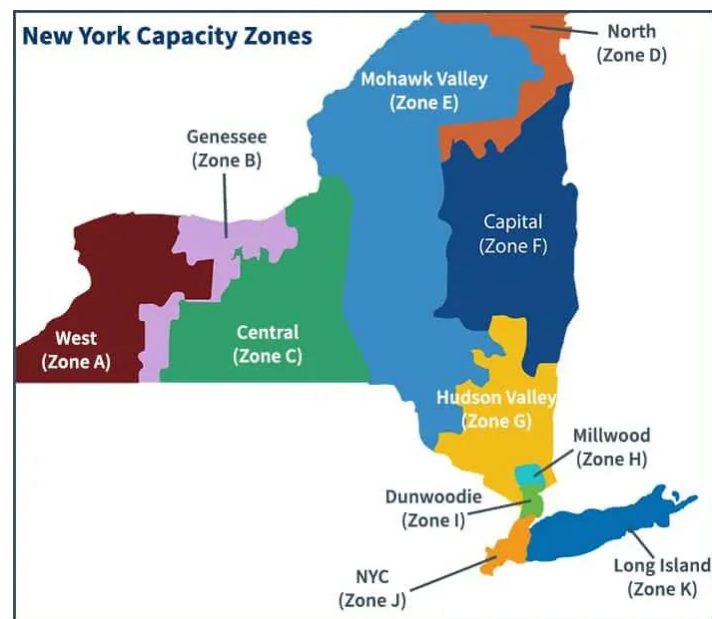
#### 一、NYISO

##### 1、沿革與職掌

NYISO 於1999年成立，其前身為紐約電力池（New York Power Pool），負責紐約州之電網系統及電力批發市場營運。主要職責包括維持及增強區域可靠度、促進電力市場發展、規劃未來的電力系統、提供能源相關議題之客觀建議與技術資訊。目前 NYISO 劃分為北、中、西、首府、哈德遜谷、長島、莫霍克谷及紐約市等11個區域

(如圖2)，市場參與者包括中哈德遜天然氣與電力公司 (Central Hudson Gas and Electric)、康愛迪生電力公司 (Consolidated Edison)、紐約州電力與天然氣公司 (New York State Electric and Gas)、橘岩公用事業 (Orange and Rockland Utility)、羅徹斯特瓦斯電力公司 (Rochester Gas and Electric)、長島電力局 (Long Island Power Authority) 與紐約電力局 (New York Power Authority)。

圖2、NYISO 管轄區域



資料來源：NYISO 官網。

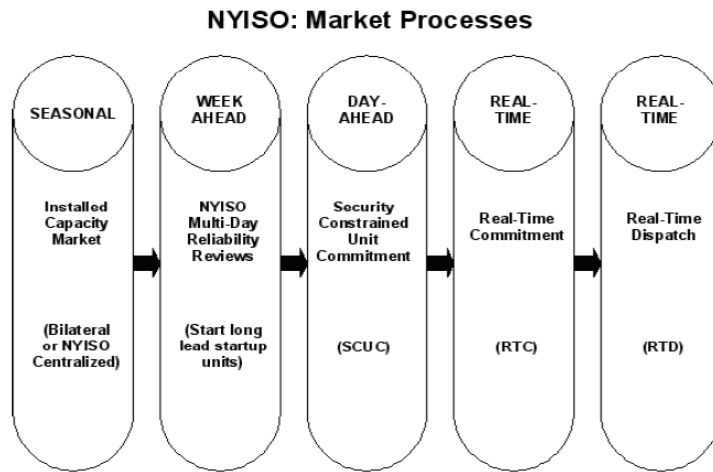
## 2、電力市場分類

NYISO 電力市場分為容量 (Installed Capacity, ICAP)、電能與雙邊交易、輔助

服務市場及輸電壅塞合約 (Transmission Congestion Contracts)，各市場之目的、監管方式及對參與者資格要求均有所不同。

ICAP 旨在確保未來數年有足夠的發電容量，ICAP 資源要求為與紐約州輸電系統相連之發電機組或負載設備，能夠在符合可靠度規則之要求下增加發電量或減少紐約州的電力需求；電能市場之供需係基於區域邊際價格 (Locational Based Marginal Price, LMP) 及雙邊合約，供需雙方可以自由決定係以 LMP 或是節點對節點之雙邊交易結清，電能市場採兩步驟結算，第一次結算基於日前投標及安全約束機組排程 (Security-Constrained Unit Commitment, SCUC)，第二次結算基於即時投標與相應的調度排程 (市場運作流程詳如圖3)。

圖3、NYISO 市場運作流程



資料來源：NYISO 參與者手冊。

輔助服務市場允許發電機組、需量資源、其他系統設備參與以維持電力系統運作之可靠度，NYISO 負責促進輔助服務市場發展，並協調、指導、控制市場參與者資源。此外，NYISO 亦負責管理紐約州電力系統的壅塞，為有效管理壅塞並使價格趨近可預測的市場成本，NYISO 創建輸電壅塞合約（其性質屬於金融商品），提供參與者預先支付一筆固定金額的輸電服務費用，用以避險。

### 3、市場監管機制

NYISO 之監管機制為內外部監管，內部監管單位（約30人）執行「行為與影響測試（Conduct and Impact Test）」，評估參與者是否達市場力減緩門檻，並且識別經濟持留（Economic Withholding）及物理持留（Physical Withholding）行為，其中，

物理持留係指供給者以非價格機制的方式從市場上撤出供給量（如謊稱故障），或是將部份容量有所保留不報價，而供給者將報價價格提高至其邊際成本之上並使市場價格上漲，即構成經濟持留，在需求缺乏彈性的市場中，上述報價行為可能導致結清價格接近於供給緊澀下的價格，造成市場價格訊號不正確。

### (1)市場力減緩措施

NYISO 內部監管單位中持留分析小組，主要職責為識別市場違規行為，其中包含執行行為與影響測試，藉由參與者投標行為是否超過閾值或門檻（threshold）來進行市場力之認定，並評估是否發生物理持留、經濟持留。執行行為測試時，NYISO 會評估參與者報價是否超過參考水準之一定比例，超過則表示該投標不具競爭性，須進一步進行影響測試。影響測試主要目的為評估不具競爭性之投標行為對結清價格之影響，遭認定有重大影響者需施以市場力減緩措施，即以「參考水準（Reference Level）」替代其報價。NYISO 市場監管人員表示，其基本立場係避免過度干預，兩階段減緩門檻的設計能在確保市場力影響獲得控制的前提下，給予市場參與者足夠的報

價彈性，反應其成本及市場供需的變化。

實務上 NYISO 係以 MMS 自動採行減緩措施，將超過行為與影響門檻之報價降低至參考水準，再進行市場運作的共同最佳化。在監管單位依行為與影響測試結果置換某些市場參與者的報價時，NYISO 會將調整後的結果與原始未減緩的情況進行比較，若調整結果反而使系統成本升高，則將放棄實施減緩措施，此一過程稱為「無害測試 (No Harm Test)」。

NYISO 過半電力需求源於紐約市，紐約市亦為 NYISO 輸電線限制最緊繃的區域，因此其市場監管標準亦較其他區域更為嚴格，紐約市以外區域並未執行過自動減緩機制，但仍採事後人工審查方式，評估參與者投標行為是否觸發行為測試之門檻。此外，NYISO 內部監管單位或外部監管單位 (Potomac Economics 公司) 都有權針對報價及投標行為進行審查與評估，而被施以市場力減緩措施之參與者可於事後提出異議並提供其真實成本資料用以佐證，NYISO 有權依此再度調整減緩措施。

## (2) 參考水準訂定



參考水準係由監管部門之專門團隊負責計算，其目標係就各資源特性制定合理價格水準，作為該資源邊際成本之代理變數，配合減緩措施一同實施以模擬具競爭性之投標行為。NYISO 參考水準評估方式包括報價基礎、成本基礎與邊際價格基礎等3類，依據資源類型及個別商品之發展狀況，NYISO 採用評估方式亦略有不同（詳如表5）。

表5、NYISO 參考水準評估方式

評估方式	計算方式說明
報價基礎	由過去90天競爭期間已得標之服務報價取平均值，再以燃料價格調整。
成本基礎	向參與者諮詢，邊際成本基於（熱耗率×燃料價格）+（排放率×排放價格）+其他變動運維成本。
邊際價格基礎	由過去90天最低結清價格之50%小時，計算 LMP 之平均值，再以燃料價格調整與排除極端值。

資料來源：NYISO 市場參與者手冊。

NYISO 市場監管人員表示，需量反應之真實成本難以評估，目前紐約州需量反應參與批發市場的情況較少見也不常被調度，因此不易取得良好的成本資訊，通常會以成本基礎作為報價過高的替代方式。目前 NYISO 有針對需量反應提供緊急情況的特殊方案，價格約為500美元（每 MWh）。

### (3)利害關係人

NYISO 由獨立的董事會及不同利害關係人代表組成的委員會管理，委員會成員可能來自輸電業、發電業、設備供應商、終端用戶、公民與環保團體等，均有表達不同觀點與表決之權利。每年 NYISO 都會提出潛在的計畫並評估優先度，考量外部監管單位、市場參與者等不同意見及觀點，透過工作小組提出討論後進入利害關係人流程。

關於市場規則修訂之利害關係人流程，NYISO 內部監管單位除與外部監管單位定期召開會議討論之外，亦會透過市場問題工作小組提出議案，該工作小組可自由參加，通常成員包括 NYISO 人員、發電業、用戶及其他公用事業等，故可確保所有利害關係人均有表達意見、參與討論的權利。工作小組取得初步共識後，將依程序提報至委員會審理並投票通過，再提交至董事會批准並向 FERC 提出修改報告。

## 4、資訊系統架構

### (1)資訊部門組織架構

NYISO 內部資訊相關單位分有資訊架構部門（約10人）、軟體開發部門（約70

人)、系統整合部門(約70人)、網路與資訊安全部門(約50人)與其他臨時或約聘人員,合計約250人。

## (2)系統架構

NYISO 軟硬體系統規格係由 KEMA、Utilicast 兩家公司規劃設計,含主系統、熱備援系統、同步冷備援系統,其三套冷備援系統都是採用相同軟硬體規格,即實體虛擬的混合式架構,將軟體模組分級,重要之模組使用實體機實作。

此外 NYISO 訂定不同作業環境:正式區、備援區、品質測試區及開發區。正式區係系統正式運轉區,備援區係當正式區系統無法運作時取代運轉區,品質測試區係系統版本更新前運轉測試區,開發區係系統開發區。各區之間實行網路切割資料無法互通,並訂定嚴格的版本更新機制。

## (3)服務水準要求

服務水準要求係根據每次重大事件反饋而訂定之,NYISO 每年會進行一次事件檢討及「沙盤演練(Table Top Exercise)」,且每次要求每部門至少一位人員參與,並

將服務水準納入合約中要求得標廠商履行，並將服務水準納入合約中要求得標廠商履行（詳如表6）。

表6、NYISO 服務水準要求

項目	說明	數值
資料中心系統可用性	整體系統可用性	99.5%
軟體程式系統可用性	軟體模組可用性	99.5%
資料可用性	資料存在性	99.5%
點對點網路延遲性	定義資料傳輸穩定度	<100 ms
廠商回應時間	廠商接獲要求後的回應時間	<15 min

資料來源：本報告自行整理

#### (4)網路通訊架構

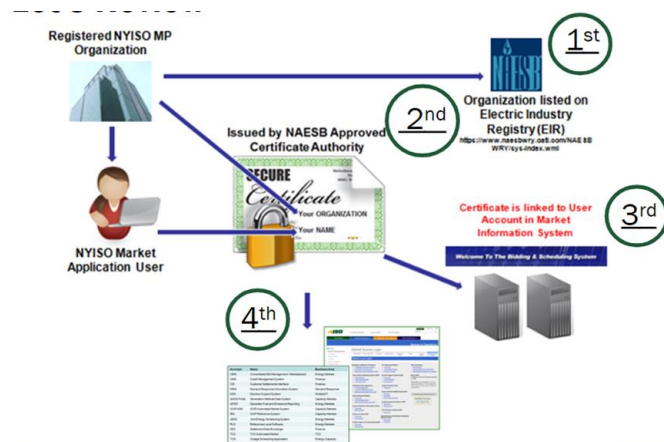
NYISO 遙測通訊軟體由供應廠商設計，該軟體已建構良好的系統冗員及故障轉移能力，NYISO 專注於網路層而非系統（主要以網路技術達成通訊架構穩定性）。網路層使用「多協定標籤交換（Multi-Protocol Label Switching）」專用線路傳輸，傳輸通道使用「控制中心間協定（Inter-Control Center Protocol, ICCP）」與「分散式網路協定（Distributed Network Protocol, DNP）」，近年因分散式資源興起與成本考量

又導入「軟體定義網路技術 (Software Define Wide Area Network, SDWAN)」。

## (5) 資訊安全

NYISO 係透過第三方機構頒發及管理憑證 (如圖4)，業者須依「電業註冊規則 (Electric Industry Register)」認可的第三方機構申請憑證，NYISO 將紀錄每位使用者的憑證，以確保資料傳輸之機密性、完整性及身分驗證性，且 NYISO 會要求使用者每年更新。

圖4、NYISO 憑證管理規範示意圖



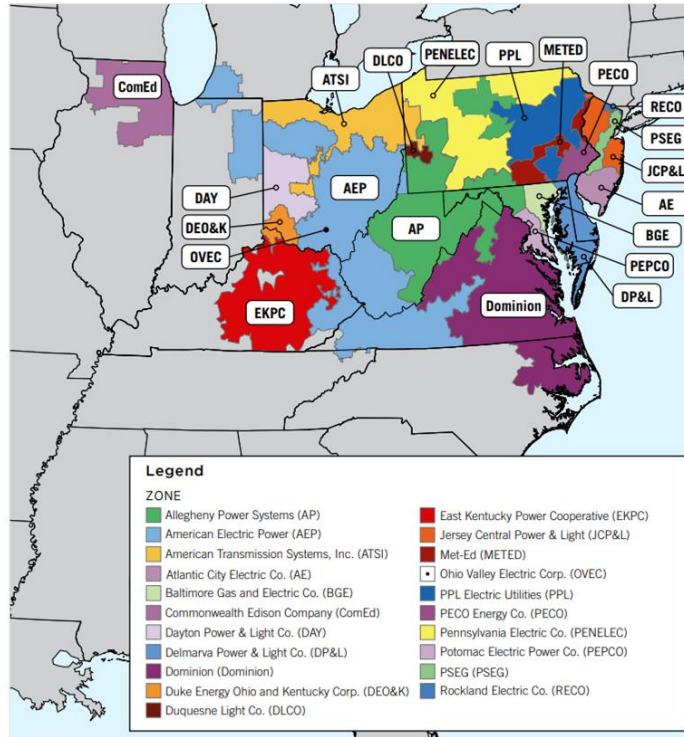
資料來源：NYISO 官網

## 二、PJM

### 1、沿革與職掌

PJM是美國最早進行改革，亦為世界上最大的競爭性批發電力市場之一。PJM負責協調美國13州的全部或部分批發電力市場及輸電系統操作，包括德拉瓦、伊利諾伊、印第安納、肯塔基、馬里蘭、密西根、紐澤西、北卡羅來納、俄亥俄、賓夕法尼亞、田納西、維吉尼亞、西維吉尼亞及華府等州（詳如圖5）。PJM成立之初是由3個公用事業組成，為賓州及紐澤西州的用戶提供服務。1956年2家馬里蘭州公用事業加入，PJM成為賓州、紐澤西州、馬里蘭州互聯的電力系統，並於2001年獲FERC認定為RTO。

圖5、PJM 管轄區域



資料來源：PJM 官網。

PJM 本身不擁有輸電資產設施，主要對轄區內所有發輸電設備之運作進行統一調度，並確保安全、可靠與滿足用戶需求。目前 PJM 轄區內總計有1,111家公司，控制1,376個發電機組、6,038個變電站及約84,236英里之輸電線路，為超過6,500萬個客戶提供服務。

## 2、電力市場分類

PJM 電力市場包含日前與即時電能市場、長期容量市場及輔助服務市場。輔助服

務商品包括調頻 (Regulation)、備轉 (Reserve)、全黑啟動 (Black Start)、無效功率與電壓調整 (Reactive Supply and Voltage Control)，其中，調頻與備轉是透過輔助市場機制採購，並與電能市場共同最佳化以決定採購量；而全黑啟動和無功電源與電壓控制，則是由 PJM 按照市場需求情況以契約方式採購，再向輸電用戶分攤。

以下針對輔助服務市場之商品設計摘要說明。

### (1) 調頻

調頻係由發電端或用戶端之資源於5分鐘內，依自動控制訊號之要求出力或降載，以維持系統頻率之商品。依據反應訊號不同，分為於5分鐘內完成反應的傳統調頻 (Regulation A) 及2分鐘內完成反應的動態調頻 (Regulation D)。發電及需量資源須具備自動發電控制 (Automatic Generation Control) 及遙測能力均可參與。

### (2) 同步備轉

PJM 為維持一定量的10分鐘備轉以因應系統突發事件，設計「主要備轉 (Primary Reserve)」商品，且主要備轉又可分為同步 (Synchronized Reserve) 及非同步備轉



(Non-Synchronized Reserve)，同步備轉每小時的需求明確，且依據資源類型分為一級同步備轉 (Tier 1) 與二級同步備轉 (Tier 2)，一級同步備轉必須由線上且遵照經濟調度之資源提供，主要為調頻剩餘資源；而二級同步備轉可由與電網同步但偏離經濟點之發電資源，或具備自動控制能力之可調度需量資源參與。

### **(3)非同步備轉**

非同步備轉目的是因應系統突發事件於10分鐘內完成反應，但非同步備轉沒有明確的每小時需求，主要用來在經濟調度的情境下，來滿足主要備轉與同步備轉之間的差距。僅能由離線或未與電網同步的發電資源提供，包括抽蓄水力、工業氣渦輪機、複循環機、柴油發電機等，此外，PJM 排除需量資源、全部容量作為緊急使用之發電資源、已註冊為電力儲存資源 (Energy Storage Resource) 之設備提供非同步備轉。

## **3、市場機制**

### **(1)報價機制**

PJM 針對不同輔助服務商品有不同之規範及報價公式、調整規則及報價上限。輔

助服務市場參與者可在上限範圍內自由報價價格，初步報價完成後，PJM 會根據規則考量參與者之影響力、歷史表現、利益因子、機會成本進行報價調整，最後依市場之總需求量決定結清價格與數量。

## (2)監管機制

PJM 並未設立內部監管單位，外部監管單位則委託 Monitoring Analytics 公司擔任，該公司之職責包含確保 PJM 遵守規定 FERC 及 NERC 或其他法規規定（如美國反托拉斯法）、市場機制設計無瑕疵、市場具競爭力等，並向 FERC 進行定期報告、識別操弄市場行為及提出市場規則修訂建議。PJM 管理市場所採用的理論基礎為產業組織理論（Industrial Organization）之「結構—行為—表現（Structure-Conduct-Performance, SCP）」架構，具體作法包括「三大關鍵供應商測試（3-Pivotal Supplier Test）」、報價上限限制、報價調整措施等。

## (3)利害關係人

PJM 修訂市場規則前的利害關係人溝通流程，首先會藉由小組委員會召集發電業

者、行銷人員、社會大眾等共同討論與交換意見，再經由不同層級的內部委員會程序，最後由董事會決定是否可行，董事會核准後才會提交予 FERC，其中涉及 PJM 費率條款或營運協議修訂才須向 FERC 提交，屬於市場規則文字表述方式的修改，僅須由 PJM 「市場與可靠度委員會 (Markets and Reliability Committee)」決議認可。此外，外部監管單位亦會參與 PJM 之利害關係人流程，並定期與 PJM 進行互動與諮詢，若發現參與者違規行為，會先向 PJM 告知並尋找立即的解決方案，若無法有效處理才會向 FERC 報告或建議裁罰。

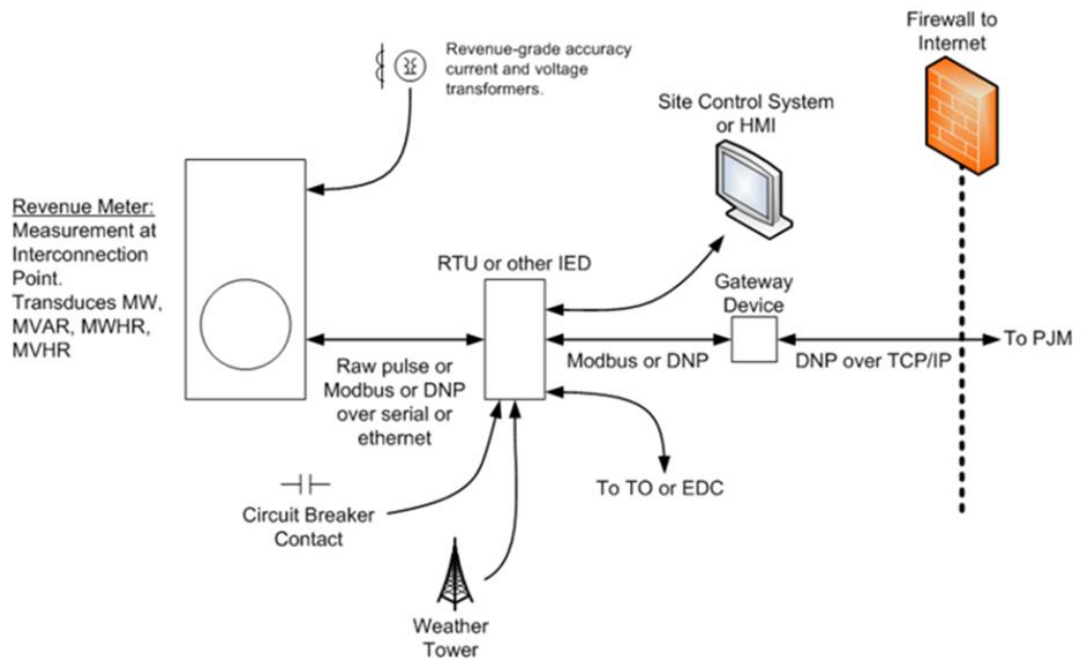
PJM 持續透過利害關係人溝通程序精進對新興的資源或技術之管理，但也有恆久不變的政策或措施，例如「以成本為基礎 (Cost-Based)」的報價公式中，12美元的「市場風險貼水 (Market Risk Adder)」已存在數十年，PJM 為確保市場維持技術進步及參與活力，從未考慮取消該項貼水，過去雖有檢討修改此金額的議案出現，惟從未改變成功，代表此作法仍獲得市場供需雙方接受。

## 4、資訊系統架構

### (1)通訊架構

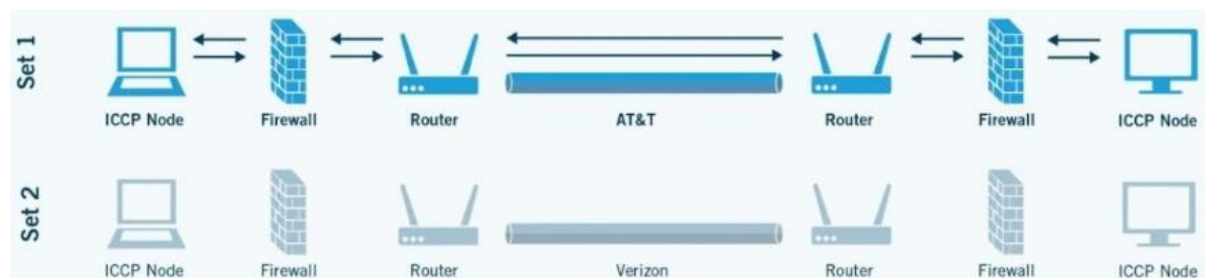
PJM 係使用 IEEE C37.118協定與同步資料傳輸系統 (Synchro-Phasor System Data Exchange, SSDE) 傳輸電壓穩定性監控、振盪監控和偵測、態勢感知、歸檔系統、模態分析和廣域視圖等資料，首先端點資料透過 SSDE 傳輸至發電端之資料集中裝置 (Phasor Data Concentrator, PDC)，再透過 Modbus、「資料採集與監視系統 (Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA)」、「分散式網路協議 (Distributed Network Protocol 3, DNP3)」、ICCP 傳輸至網路通道中 (詳如圖6)，網路通道建立係使用 PJMnet 與 Jetstream 技術，PJM 允許發電端使用 AT&T 或 Verizon 等兩家電信商網路，最終至 PJM 的集中裝置 (super phasor data concentrator, SPDC) 接收 (詳如圖7)，所有節點設備均須為雙備援。

圖6、發電端通訊架構



資料來源：PJM 網站

圖7、PJM 通訊架構



資料來源：PJM manual

## (2) 通訊技術

PJM 使用 PJMnet 與 Jetstream 兩種通訊技術建立通訊架構，PJMnet 為雙冗餘

MPLS 網絡，用於傳輸 ICCP 及 SCADA、DNP3、遠端終端裝置 (Remote Terminal Unit,

RTU)；Jetstream 係採用 Internet 及 DNP3 之資訊系統，用於連接遠端資源和 PJM 的資

料系統，以滿足即時、市場和其他數據交易（詳如表7）。

表7、PJM 通訊技術

裝置容量 (MW)	連線型態	智慧電子裝置	資料 模型	配置	監控 頻度	通訊 協定
小於10	Jetstream	資料集中器	所有 數據	TCP/IP 及加密安 全 Internet	各不 相同	DNP3
10至100	Jetstream	資料集中器	MWh、 MVARh	TCP/IP 及加密安 全 Internet	定期	DNP3
100至500	PJMNet	資料集中器	所有 數據	TCP/IP 單一 Router 至 PJMNet 備援	2至10 秒	DNP3
大於 500MW	PJMNet	資料集中器、 SCADA、電能 管理系統或 GMS	所有 數據	TCP/IP 雙 Router 至 PJMNet 備援、單 一本地網路	定期	DNP/I CCP

資料來源：本報告自行整理。

### 三、NERC

#### 1、沿革與職掌

NERC 係一非營利機構，其責任範圍橫跨美國大陸以及加拿大與墨西哥的部分地區

之「大電力系統 (Bulk Power System, BPS)」使用者、擁有者及營運者，負責為美國

建立及執行電力可靠度標準，並接受 FERC 監督。

美國東北部及加拿大安大略省1965年發生全黑事故，為了防止大停電事故再發生，促使兩國於1968年共同成立「北美電力可靠度理事會（North American Electric Reliability Council）」，其目標係提升北美電力供應可靠度，負責監督政策、標準、原則及指南之遵循度，並評估未來之可靠度，惟該理事會係依賴互惠、同儕壓力及共同利益的自願性組織，缺乏法律強制性。

2003年美加發生史上最大的全黑事故，促使「電力可靠度標準」納入2005年《能源政策法（Energy Policy Act）》。2006年 FERC 批准北美電力可靠度理事會申請成為電力可靠度組織（Electric Reliability Organization, ERO），授權 NERC 對所有電業、調度中心及 BPS 用戶進行可靠度標準要求。北美電力可靠度理事會後續獲得加拿大政府、墨西哥政府承認，執行電力可靠度工作，另該理事會於2007年改制，成立現今之 NERC。

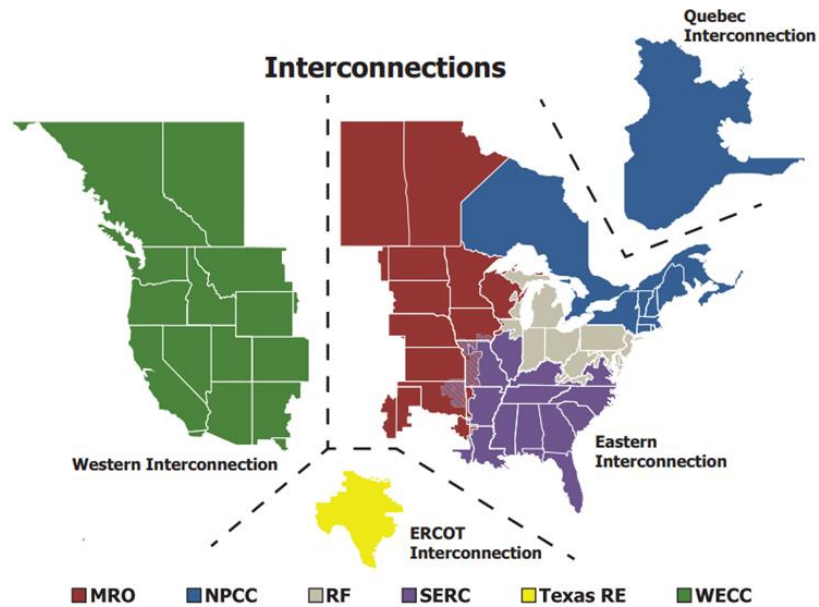
具體而言，NERC 權責包含研擬並監督執行北美 BPS 可靠度標準，並接受美國 FERC

及加拿大電力主管機關之監管和批准，評估北美BPS的長、短期可靠度及可用性，BPS操作人員專業能力認證，監控及預防可能影響可靠度之事件，增進北美 BPS 之實體及網路安全。

NERC 將電力系統分為東部互聯系統 (Eastern Interconnection)、西部互聯系統 (Western Interconnection)、德州互聯系統 (ERCOT Interconnection)、及魁北克互聯系統 (Quebec Interconnection) 4大獨立互聯電力系統 (詳如圖8)。NERC 為維護轄區內電力系統運轉安全與可靠，在所有 RTO、ISO、平衡機構 (Balancing Authority) 都有指定一個可靠度協調者 (Reliability Coordinator, RC)，負責監督區域內的系統運轉操作及可靠度，並直接向 NERC 負責。RC 擁有監督電網運轉操作及可靠度的最高權限，可採取措施來預防或減輕日前或即時運轉中的系統緊急情況，並在重大事件發生後領導系統復電。



圖8、NERC 管轄區域圖



資料來源：NERC 提供。

## 2、NERC 組織與人員

NERC 管理階層由12名成員的董事會（11名獨立董事及 NERC 總經理兼執行長）組成，並分成資訊系統、財務與會計、人力資源、行政、可靠度、風險管理、可靠度評估及技術、認證與發證、合規驗證與執法、法律與管制、內部稽核、風險管理、組織認證註冊、外部事務部門及電力資訊分享與分析中心，職工總數248人。董事會下成立若干委員會，以促進NERC組織在財務及審計、公司治理及人力資源、技術及安全、

提名及企業風險等領域之監督。

### 3、網路及資訊安全規範

NERC 網路資訊安全規範係依據編號 CIP-007之系統安全管理文件執行，其目的為透過標準化作業程序，保護關鍵基礎系統，其規範對象包含NERC本身、區域可靠度組織、電廠所有者及操作員。CIP-007規範項目分述如次。

#### (1)測試程序

任何軟硬體更新不得影響現有的系統運作，例如安全性修補程式、版本升級等，需建立獨立測試環境，所有系統改動需先於此環境進行測試，以降低對正式環境造成的影響，且以文件紀錄測試過程與結果。

#### (2)網路埠號與服務管理

需建立網路埠號與服務之啟用原因與狀態文件，紀錄正常與緊急情況下所需啟動之網路埠號與服務。若因技術問題而導致無法停用連接埠和服務，應紀錄應採取之措施，以減輕暴露之風險。

### **(3)安全性修補程式管理**

應在評估安全性修補程式可用後，30個日曆天內進行升級，且若評估安全性修補程式為不可用後，應紀錄其風險並提出補償性措施。

### **(4)防毒軟體安裝**

應於所有系統上安裝防毒軟體，若因技術問題而無法安裝，應紀錄其風險並提出補償性措施，且防毒軟體的安裝內容與人員需以文件記錄。

### **(5)帳戶管理**

每年審查一次使用者帳戶，以驗證存取權限是否符合標準，每年需更改一次密碼，並需符合密碼規則要求，且每個帳號之活動日誌至少需保留90天。

### **(6)安全狀態監控**

需隨時監控網路邊界及其狀態，安全監控控制裝置應針對偵測到的情況發出自動或手動警報網路安全事件，且日誌需至少保留90天。

### **(7)系統上版**

應建立標準作業流程，若為系統刪除，應實體銷毀或清除資料儲存介質，以防止機敏資料外洩。

## (8)網路漏洞評估

應每年評估一次網路邊界內的網路埠號與服務管理，考察其啟用狀態與使用頻率，評估為弱點項目需訂定補救計畫。

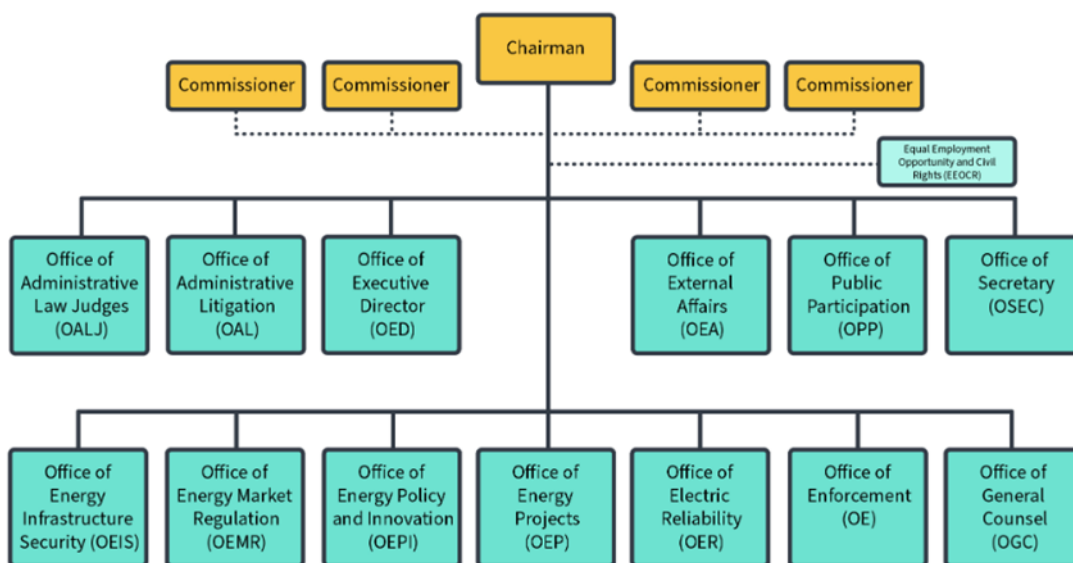
## 四、FERC

### 1、沿革與職掌

FERC 前身為聯邦電力委員會 (Federal Power Commission)，1977年美國國會通過《能源部組織法 (Department of Energy Organization Act)》將能源相關機構合併為能源部，並將聯邦電力委員會獨立於外並改名為 FERC，負責各項能源之監管業務。FERC 宗旨為透過市場及適當的監管，幫助用戶以合理的成本獲得可靠、安全、有保障且具經濟效率的能源服務，包括確保費率及市場規則合理、無偏好或歧視任何一方，以及推動有益於公共利益的能源基礎設施。FERC 組織設有5名委員，皆由總統任

命並經參議院確認，每名委員的任期為5年，而其中一位由總統指派為主席。組織內部有13個辦公室，包括行政訴訟、執法、電力可靠度、能源市場監管、能源政策與創新、外部事務、公眾參與等部門（詳如圖9）。

圖9、FERC 組織架構



資料來源：FERC 網站。

FERC 負責監管美國跨州之電力、天然氣、石油等能源批發市場與發布命令，並設有執法部門來調查市場中的潛在違法行為並予以懲處。2005年《能源政策法》賦予FERC 額外職責與執法依據，其中與電力有關領域包括規範跨州電力傳輸與批發、審查電力公司併購與交易、審查輸電項目選址申請、電力批發市場與可靠度之監管及調

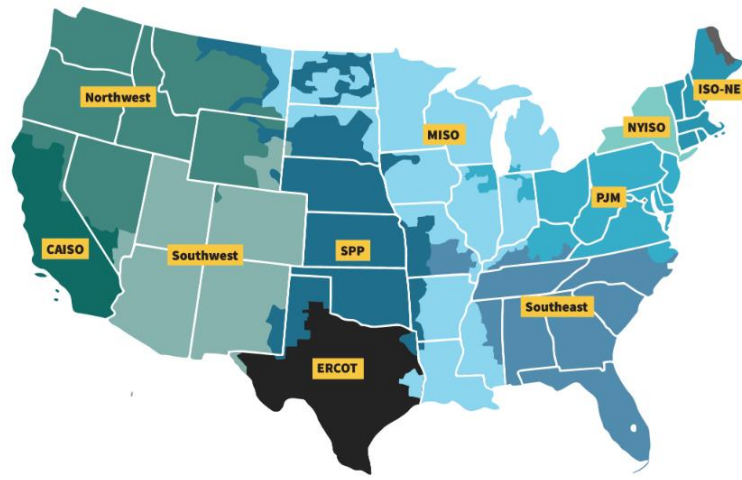
查、執行監管要求之民事處罰權等。

FERC 要求市場必須維持技術中立性，不允許歧視特定發電技術，此外，FERC 僅管轄批發市場而非零售市場，公用事業到用戶端之零售及費率條款主要由州政府委員會（Public Utility Commission）進行監管，因此淨零排放目標並非 FERC 制定，而是由各州政府訂定淨零或再生能源績效標準（Renewable Portfolio Standard）。

## 2、北美電力市場架構

FERC 管轄權涵蓋美國之6個電力交易市場及3個雙邊合約區域（詳如圖10），其中雙邊合約區域係以雙邊談判磋商決定合約條款，且大部分電業仍維持垂直整合結構。此外，ERCOT 區域因政治結構的特殊性，電網不與其他州互聯且不受 FERC 管轄，其他6個 RTO/ISO 都是以準獨立（Quasi-Independent）形式運作（接受 FERC 之監管）。因應不同地區之電業環境差異，目前的6個 RTO/ISO 與3個雙邊合約區域皆針對輔助服務制定不同的商品規劃及規則。

圖10、FERC 管轄範圍



資料來源：FERC 官網。

### (1)市場管考與表現評估

FERC 對 RTO/ISO 之管理係頒布運作規範以促進市場落實交易規則，其目標係提升電力系統之可靠度、市場經濟效率及組織運作效率，其中，可靠度關注於電網安全可靠運行，構建調度可靠度與輸電網路運行協調性等指標；市場經濟效率關注市場競爭、價格趨勢、邊際成本、壅塞管理、資源利用情形與燃料別多樣性等；組織運作效率注重對市場營運組織效率之評價，包括組織運行成本及客戶滿意度等。

FERC 要求雙邊合約區域須遵循「開放取用傳輸費率 (Open Access Transmission Tariff, OATT)」規範，不得歧視任何需要傳輸服務者，且須向 FERC 定期報告。由於 RTO/ISO 通常採用市場力自動減緩系統，因此其市場通常被認定為具有競爭性，而雙

邊地區則採用不同系統來評估是否公平批准參與者加入，惟FERC有責任確保兩種市場架構都可產生公平且合理的費率。

## (2)自由競爭市場之監管

FERC 之權力來自《能源政策法》，若 RTO/ISO 或電力交易參與者違反規定或命令，可能被處以罰款（上限為每日100萬美元）。儘管FERC沒有司法權，但可以受理電力市場違反公平交易之檢舉，並擁有調查權及傳喚權，可要求 RTO/ISO 或市場參與者提供詳細資料並做出合理解釋。此外，FERC 亦允許涉及違規者自白（Self-Report）並酌予減輕罰則，若對 FERC 隱瞞欺騙則可能觸犯刑法的偽證罪，在此狀況下，FERC 將依法提交司法部門調查，2001年的「安隆（Enron）案」即為一例。FERC 表示，在高額罰金與強力調查權下，RTO/ISO 或市場參與者均願意配合 FERC 調查。

根據第719號命令，RTO/ISO 市場均須出資委託獨立的監管機構進行監管（通常資金來源係編列預算由市場參與者支應），設立內部監管單位與否則不限制（如NYISO有內部監管單位、PJM 則無），其核心職責包括評估現有及規劃中的市場規則，定期發布



市場監管報告，協助市場營運單位減緩市場力，識別參與者或市場營運單位之可能違規行為等（提報 FERC 裁處）。

根據 FERC 規定，外部市場監管機構應為 RTO/ISO 以外，結構完整之獨立營運機構，外部市場監管機構應向 FERC 負責並對其監管市場進行市場力評估，或根據特定市場狀況之研究提出提高效率或促進競爭的可能方案。另 FERC 對於 RTO/ISO 內不同部門間的互動及資料分享亦有嚴格規定，以避免出現資訊不對等情況，且資料公開必須符合「結構化資訊標準促進組織 (Organization for the Advancement of Structured Information Standards, OASIS)」所制定的格式，以促進市場競爭。

### (3) 雙邊合約區域

雙邊合約區域除了遵循 OATT 外，其輔助服務採購係由平衡機構負責，平衡機構須向 FERC 提交季度報告，以呈現交易詳細資料。此外，雙邊交易的參與者每隔3年需要向 FERC 提交報告，說明其發電資產之詳細資訊，以驗證該參與者在該地區是否擁有市場力，若然，FERC 將採取市場力減緩措施，使該參與者之談判價格改以成本為基礎。

FERC 執法辦公室設有雙邊合約區域之專則部門，負責定期對系統進行事後的市場力分析，以確保所有雙邊合約區域均能產生公平、有效的交易結果。

### 3、命令發布與市場規則批核

FERC 允許各 RTO/ISO 依其市場結構制定自身市場規則，但要求費率條款相關之市場規則修改，應透過一定程序與利害關係人溝通。FERC 定期與 RTO/ISO 進行會議討論各項市場監管事務，但不會與市場參與者直接溝通，市場參與者、公眾、環保團體等可以透過提交文件的方式向 FERC 表達意見，FERC 將依據渠等意見立案進行審查與評估，彙整各部門專業意見後再決定是否提交至委員會，並由委員以表決方式決定最終結果。

FERC 發布命令與批准 RTO/ISO 規則之主要考量包括是否對用戶帶來更符合經濟效率的結果、是否對參與者公平、是否對特定電力來源或技術具歧視性等。若 FERC 認為市場需要但卻不具備某樣商品時，可以直接要求 RTO/ISO 改變現有規則來建立與規劃相關商品，例如 FERC 發布之第2222號命令各市場均須允許分散式資源聚合參與或降低

其限制門檻，儘管此項命令涉及市場規則變更及計費系統的調整，使許多 RTO/ISO 無法確定實施時程，並需要投入人力、物力更改，但 FERC 認為開放小型資源聚合參與對電力市場將會具有成本效益，故仍發布此項命令。

#### 4、市場監管報告

FERC 要求獨立監管機構應定期提交市場監管報告，報告內容包括市場架構與營運狀況、市場是否具競爭性及改善建議等，例如 Monitoring Analytics 公司每年及每季均對 PJM 提出監管報告，報告分為兩個部分，第一卷為報告總覽或精簡版，其內容涵蓋大部分的結論及重要內容；第二卷為詳細版或完整版報告，將各個受監管的子項目分為13個章節詳述，包括電能市場、容量市場、需量反應、淨收益、環境及再生能源法規、輔助服務市場、區域電力交換情形、壅塞及邊際損失、發輸電規劃等。FERC 針對監管機構之市場改善建議基本持中立意見，故 RTO/ISO 不一定需要接受，惟未獲接受的建議將留存於報告中，持續接受檢視，且若 FERC 評估認為監管機構之建議對市場發展有利，亦可能透過命令促使 RTO/ISO 針對特定議題採取相應的實際行動。

## 五、USEA

### 1、沿革與職掌

USEA 成立於1924年，係一非營利的非政府組織及教育型協會，現行組織成員共計26人，主要來自能源相關組織、私人公司、非營利組織、教育機構、智庫及政府機構。目前 USEA 接受美國能源部、美國國務院及美國國際開發署（United States Agency for International Development, USAID）之資金維持合作及援助計畫運作，由於USEA之資金主要來自美國政府，故其合作對象通常係美國戰略盟友，其使命係分享能源相關議題之典範（Best Practice），並關注電力、煤、石油、天然氣、核能與再生能源之可行性，促進世界各地之能源供應穩定、可及性與可持續性。

USEA 並非倡導特定燃料或技術之組織，其信念係所有能源只要能合宜開發，所有人類均可獲益。USEA 係一個會員制組織，會員來自政府、產業界、學術界、實驗室、律師事務所等，所有對能源感興趣的人都可以申請成為會員。USEA 每年舉辦多場活動、論壇、線上及實體研討會、專家諮詢會議等，提供一個無黨派且公正的平台，召

集利害關係人交流討論，並提供培訓與教育訓練。

## 2、執行計畫與發展方向

USEA 的合作夥伴關係與計畫始於1991年與 USAID 的合作，計畫主軸為協助開發中國家擴大能源基礎設施、改善能源可及性及可負擔性。此項計畫被譽為世界上最成功的經濟成長計畫之一，已與南美洲、非洲、亞洲、前蘇聯、中歐及東歐等國家建立長期合作關係，重點領域包括石油及天然氣的探勘、開採及輸送，以及電力的生產、傳輸、分配與利用。

## 3、電力市場監管議題

USEA 關於電力市場監視與管理的研究計畫聚焦在市場營運，近期將執行促進菲律賓電力批發市場發展的計畫，其作法係邀請來自各個市場之監管專家（包括美國或其他國家如澳洲之 RTO/ISO 人員）進行研討會與意見交流，未來亦規劃發布市場監管手冊，內容將包括北美、澳洲、南美等國家不同市場之監管作法。此外，USEA 網站提供不同議題之手冊、研討會簡報等相關資料，會追蹤資料被哪些國家、地區、公司所使

用及下載，後續向 USAID 報告，有助於證明提供有用的服務與發揮影響力。

USEA 支持各項電力交易應朝市場化發展，如就再生能源技術的出現做出調整，透過新增輔助服務商品或金融避險商品來促進其發展，雖然市場發展初期較容易出現市場操弄行為，惟長遠來看，市場化發展之利大於弊。另 USEA 分享南美洲哥倫比亞之案例，哥國致力於建立電力市場監管機制多年，其電力市場制度係南美洲國家中最接近美國的，其中主要差別為美國電力市場通常以報價基礎配合減緩措施，但南美國家大部分地區發電機組屬於國有，在擁有幾乎所有成本資料的情況下，大部分地區係以成本決定價格。

## 肆、心得及建議

### 一、市場監管

#### 1、提升電力交易平台中立性

由於 NYISO 及 PJM 市場之參與者均為第三方業者，而我國日前輔助服務市場中，唯一需求者及市場營運者均為本公司，且供給者中包含10家屬於本公司之電廠，故交

流過程中 FERC、NYISO 及 PJM 均認為本公司市場營運單位（電力調度處）的中立性容易遭受質疑。外界可以合理懷疑本公司市場機制設計將考量自身成本，因此對市場參與者不利，民間參與者可能不信任最佳化排程作業之結果，且可能認為本公司電廠擁有更多資訊，使民間參與者在競爭上處於不利地位，而本公司營運單位難以澄清。

參考本次出國所獲得的資訊及建議，本公司或可考慮將日前輔助服務市場採購輔助服務之成本會計科目自輸配電業移出，並列入公用售電業之會計科目項下，使該部分的輔助服務成本考量獨立於市場營運單位之外，減輕外界對市場機制設計公平性之疑慮。另本 FERC 要求市場營運者及參與者簽署保密協議，透過保密協議之宣示效果及罰則確保市場資訊平等，此為本公司未來可以思考採納之作法。

為強化電力交易平台之獨立性，電力交易平台之辦公場域應與發電部門及公用售電業務部門有所區隔，且內部通訊（電話及電子郵件）與雲端硬碟空間應予以隔絕，以避免無法追蹤紀錄之資訊交換。此外，電力交易平台與本公司發電部門、公用售電業務部門及其他市場參與者若須進行溝通，應以公開透明的會議為之，且相關會議之

紀錄應保存一定期間以供查考。

## 2、依需量反應特性開發商品

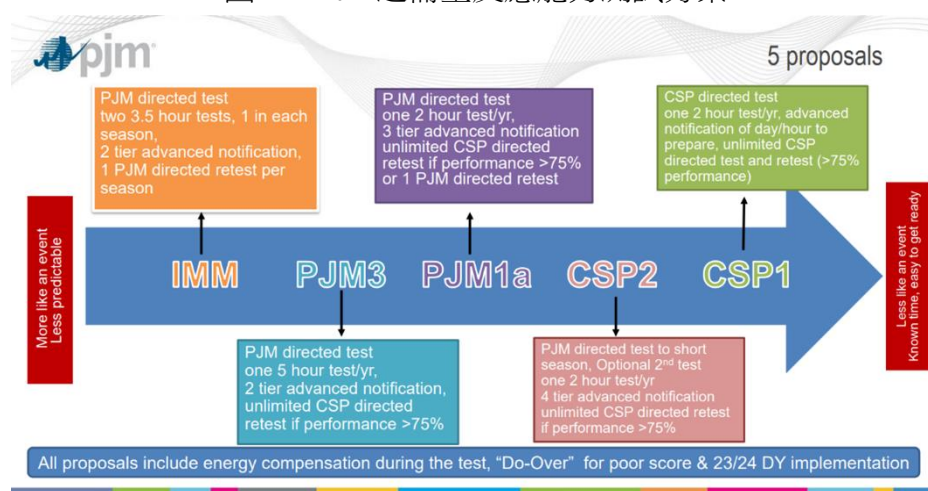
需量反應資源與發電機組或儲能設備不同，無法提供實質電能，只能透過用電行為改變來協助電力供需平衡，FERC 認為需量反應在成本或效益評估上仍有爭議，例如用戶可能透過各種手段誇大基準線，或者浮報其機會成本，且其反應能力及速度亦參差不齊，惟 FERC 對所有電力資源持中立態度，因此須確保需量反應有公平參與市場的機會，例如第2222號命令要求各市場將參與量門檻降低至100瓩（kW），就是希望以需量反應為主的小型資源不會被排擠。

PJM 針對需量反應性質採取特別處理，例如在其官網上開設專屬頁面，特別說明其規格要求（例如表後發電機之環保規定、基準用電容量計算規則）、測試方式（詳如圖11）、結算公式及績效評估制度，甚至為需量反應測試製作預約排程時間表，且除既有商品均允許需量反應資源參與競爭之外，PJM 另設計多項不同的方案供其選擇。對台灣之電力系統而言，需量反應亦為不可或缺的特殊資源，本公司雖有不同的



負載管理措施或需量反應方案來運用需量反應資源，電力交易平台既有的商品也可供需量反應資源參與，惟未來仍可參考 PJM 的商品規劃開設需量反應專屬商品（如具有數小時前、數層通知的專屬方案），以擴大需量反應之參與並提升其貢獻度。

圖11、PJM 之需量反應能力測試方案



資料來源：PJM 官網。

### 3、建立利害關係人機制化程序

FERC、NERC、NYISO 及 PJM 之業務均涉及為數眾多且立場迥異之利害關係人，因此渠等如何與利害關係人溝通亦為本次出國獲益甚多之領域，尤其以輔助服務市場營運者的角度觀之，市場交易之利害涉及本公司公用售電業務部門、發電部門、系統運轉部門、民間企業、投資者及主管機關，與 NYISO 及 PJM 所面臨之狀況雷同，因此渠

等與利害關係人溝通之程序值予借鏡。

NYISO 及 PJM 營運或市場規則修訂決策多半係由下而上運作，由內部最低層的次級委員會或任務編組發動，且允許所有利害關係人甚至一般民眾參與討論。本公司電力交易平台與利害關係人溝通趨向由上而下的運作方式，通常係由電力交易平台發布公告、召開公開說明會或其他臨時性會議傳達訊息，並無制度化的公開平台可供利害關係人參與討論、表達意見，未來或可考慮**新增由利害關係人提案討論之固定機制**。

目前本公司之市場營運單位及系統運轉單位均屬於同部門（電力調度處），因此系統運轉單位之利害關係人角色較不明確，惟系統運轉單位較少參與市場規則的討論，而在 PJM 之制度下，負責監管、結算、規則設計、系統運轉之不同部門，均可以利害關係人的身分參與次級委員會或任務編組的討論，所以較不易產生市場規則或交易結果導致內部矛盾的狀況（例如透過市場採購之輔助服務不符系統運轉單位需求），因此未來應**強化系統運轉單位在市場規則制定過程中的角色**。

#### 4、彈性調整監管機制

原則上 FERC、NYISO 及 PJM 都會避免對市場競爭造成干擾，因此在市場監管上都希望採用傷害最小的手段，甚至可能根據市場發展狀況調整監管力度，例如 NYISO 監管採用行為與影響測試，惟其轄區內只有紐約市供電較緊張，因此 NYISO 在監管上對該區域特別嚴格，以避免供給者趁勢獲取不合理利潤，反之，在供電較寬裕的區域，行為與影響測試的門檻則較為寬鬆。此外，NYISO 及 PJM 之**參考水準或「以成本為基礎」**的報價調整公式均會根據資源特性調整，並非一視同仁。

針對儲能設備及需量反應等非傳統電力交易資源，FERC、NYISO 及 PJM 同樣面臨成本評估資料不足的問題（儲能參與量較少、需量反應實際使用次數少），因此渠等對非傳統電力交易資源的監管措施亦在持續精進調整中。NYISO 採取的方式係以較低的成本為基準，但允許參與者提供資料證明其成本高於 NYISO 原訂基準，並可能依據驗證結果予以調整。

PJM 解決此問題的方式則回歸其利害關係人溝通程序，相關成本計算公式係由

「成本發展次級委員會 (Cost Development Sub-Committee)」制定，若儲能或需量反應資源認為該公式無法反映真實成本，均可提出議案，或透過既有的調整程序提出調整要求，此等作法值得我國管理新興電力交易資源參考。

## 5、引進 MMS 提升監管效率

監管措施可以依據報價行為的前、中、後分為3個執行階段（報價「中」大致係定義為市場參與者可提交報價的時段至排程前），例如參與者的資格審查、能力測試及報價上限的設立屬於報價前的監管措施，而 NYISO 的「行為及影響測試」或 PJM 的「三大關鍵供應商測試」，以及後續的報價調整都是在報價中的監管，市場操弄行為的分析及調查或監管報告的製作則是報價後的監管措施，北美先進電力市場的監管都會包含報價前中後等3階段的不同措施，以確保電力交易的公平性與效率性。

本公司電力交易平台日前輔助服務市場之監管目前僅包含報價前及報價後兩個階段的措施，無法執行報價中措施係因執行該等措施的條件較嚴格，例如**要採用類似 NYISO 「行為及影響測試」的措施**，必須能在市場參與者報價後、排程結果公布時限

前，根據市場參與者的報價及歷史資料，計算其「行為」有無明顯變化，再根據模擬排程結果判斷異常行為對結清價格有無「影響」，若有則須根據既有的參考水準調整報價，重新進行模擬排程，最後再將原先的模擬排程及調整後的模擬排程進行比對，確認系統成本因此降低（無害測試），才可以公布排程結果。此等程序涉及大量運算，我國電力交易平台欲採用此類措施則**需要建置功能完整、計算快速的 MMS**。

PJM 的「三大關鍵供應商測試」亦為報價中措施的一種，其原理係根據市場參與者之報價容量判定有無市場影響力，本公司日前輔助服務市場欲採用此等方法進行監管可能會引發爭議，因為目前市場參與者包含本公司電廠之火力機組，該等機組之輔助服務市場參與或報價容量係以機組之能力計算，本公司電廠並無自由決定報價容量之權利，且該等機組之優先任務係穩定供電，可能因為提供電能而沒有裕度提供輔助服務，故以其輔助服務能力判斷其市場影響力恐有不公。

## 二、資訊系統

### 1、作業流程設計

NYISO 作業流程是歷經許多重大事件逐步完善其規劃，其中版本更新流程與效能監控值得作為電力交易平台借鏡。在版本更新流程中，電力交易平台可參考 NYISO 建立「品質確認環境 (Quality Assurance Environment, QAE)」，於每次版本更新前於 QAE 進行除錯作業再行上版。在效能監控中，應考量系統規格擴充性，於初步設備購置時宜採運算效能最佳者進行購買，以避免後續虛擬化架構效能不足問題，且記憶體及硬碟擴充性較為容易且價格較便宜，應為規格篩選之後段順位。

### 2、資通安全架構設計

目前電力交易平台係使用「應用程式開發介面 (Application Programming Interface)」金鑰進行身分認證及「超文字安全傳輸通訊協定 (HTTPS)」進行資料加密，惟仍缺少完整性的資料加密方式，宜參考導入 NYISO 所採用的憑證方式，其優點係以相對成本低廉的方式達成機密性、完整性、可用性兼容的驗證機置，且管理成本

可由外部機構分擔。

### 3、備援系統快速還原

本次出國瞭解到 PJM 係採用虛擬備份中心 (Virtual Backup Control Center) 解決備份區域控制計算問題，並可降低兩個控制中心 (分別位於 Valley Forge 及 Milford，兩地相距約130英里) 同時故障之影響，其核心為 SCADA 及「電能管理系統 (Energy Management System, EMS)」等應用程式，並透過「經濟安全調度系統 (Security Constrained Economic Dispatch)」與市場進行資料交換。由於 PJM 與其成員 EMS 連接係透過獨立且雙備援之 ICCP 與 DNP 線路，故能在狀況發生後控制電網。

目前電力交易平台線路採雙線架構，部分設備未有雙備援設計，故設備故障仍有可能影響系統運作。另電力交易平台市場系統及控制系統雖互相獨立，惟人員授權驗證未獨立，導致控制系統仍需依賴市場系統方能運作，故仍有風險，**建議參考 PJM 雙備援線路架構及市場系統、控制系統切離的作法。**

#### 4、可靠度要求

電力交易平台目前尚未要求合格交易者端的系統穩定度，建議可參考 PJM 要求其

成員之項目及數值（詳如表8）。

表8、PJM 可靠度要求

項目	可靠度要求	說明
鏈結穩定度	99.8%	鏈結可用性定義為從網站 PDC 到 PJM SPDC 的 C37.118流的 TCP/IP 連線的正常運作時間。
資料品質度	97%	IEEE C37.118協定將優質資料定義為每個 PMU 的「0x0000」狀態字。

資料來源：PJM 官網。

#### 5、資通安全規範訂定

NERC 透過「合規與認證委員會 (Compliance and Certification Committee)」、  
「人員認證治理委員會 (Personnel Certification Governance Committee)」、「可靠  
度與安全技術委員會 (Reliability and Security Technical Committee )」、「可靠  
度問題指導委員會 (Reliability Issues Steering Committee)」與「標準委員會  
(Standards Committee)」在各領域奠定北美 BPS 的可靠度，其中 NERC 也針對資通訊



規範其區域合作夥伴（如其 CIP-003、004、005、007、009 文件），可供本公司參考。

其中關於設備網路邊界控管，因現行網路架構多以虛擬化實作，實則模糊化網路邊界的定義，若單台實體設備被攻陷則會造成該實體設備之網路邊界停擺，鑒此，NERC 將重新定義網路邊界相關規範，值得本公司納入未來精進之項目。

本公司雖欲完善儲能資通安全相關規範，惟目前僅由資訊處草擬儲能資通安全規範做為通則，各單位再依自身需求訂定相關細則，由於電力交易平台日前輔助服務市場交易涉及大量儲能資源，故建議參考 NERC 之 CIP-005 文件，擬定符合通則要求及實際需要之儲能資通安全規範。

## 伍、參考資料

[1] NYISO 官網，<https://www.nyiso.com/>。

[2] NYISO, Market Participants User' s Guide, 2021.

[3] PJM, The Role of Electricity Markets in Regional Planning and Achieving Climate Goals, 2021.

[4] PJM, Manual 11: Energy & Ancillary Services Market Operations, 2023.

[5] Monitoring Analytics, State of the Market Report for PJM, 2023.

[6] FERC 官網，<https://www.ferc.gov/>。

[7] USEA 官網，<https://usea.org/>。