

出國報告(出國類別：實習)

德國電力市場與電網模型管理系統 研習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：鄭吉良課長、劉偉名專員

派附國家/地區：德國/柏林、慕尼黑

出國期間：113年11月18日至113年11月29日

報告日期：114年1月10日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：德國電力市場與電網模型管理系統研習

頁數 45 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：

姓名	服務機關	單位	職稱	電話
鄭吉良	台灣電力公司	電力調度處	主管輔助服務	02-2366-6360
劉偉名	台灣電力公司	電力調度處	日前競價作業專員	02-2366-5814

出國類別：1. 考察 2. 進修 3. 研究 4. 實習 5. 其他：

出國期間：113 年 11 月 18 日至 113 年 11 月 29 日

派赴國家/地區：德國/柏林、慕尼黑

報告日期：113 年 1 月 10 日

關鍵詞：輔助服務市場(Ancillary service)、電力批發市場(Wholesale Electricity Market)、液態空氣儲能(Liquid Air Energy Storage System)、微電網(Micro-grid)、電網模型管理系統(Network Model Management System)

內容摘要：(二百至三百字)

因應國際能源轉型趨勢，我國政府亦積極推動能源轉型，然而隨著再生能源占比的快速增加，過去與現今能源結構的差異性已對電力系統的運作帶來許多新穎的課題，但各部門也因應各項困難提出解決方案。

未來，我國邁向淨零轉型方向維持不變，應學習他國經驗作為未來能源轉型之借鑒。

本次報告主要介紹德國與歐洲平衡服務市場及電力批發現貨市場，說明德國是如何進行執行平衡服務及進行電能現貨的交易，並針對 CIM-based NMMS(Network Model Management System)系統、新穎長效型儲能及微電網內資源應用進行介紹。

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

行政院及所屬各機關出國報告提要	I
一、出國目的	1
二、出國行程	2
2.1 各參訪單位介紹	2
2.1.1 Aurora Energy Research	2
2.1.2 EUREF Campus	3
2.1.3 Fraunhofer Institutes	4
2.1.4 IPS	5
2.1.5 Phelas	6
2.1.6 Siemens	7
2.2 德國電力系統與市場架構	8
2.3 德國平衡服務市場	11
2.3.1 德國參與的平衡服務項目	12
2.3.2 德國參與的跨歐洲平衡服務平台	13
2.4 德國電能批發市場	17
2.4.1 跨歐洲電能交易市場	18
2.4.2 日前耦合電能拍賣市場(SDAC)	19
2.4.3 日內耦合電能拍賣市場(SIDC)	20
2.4.4 日內連續電能市場(Continuous)	21
2.5 微電網(EUREF Campus)電網應用	21
2.6 液態空氣儲能介紹	23
2.7 電網模型管理模型(NMMS)	26
三、心得與建議	42
四、參考文獻	45

圖表索引

圖 1. EUREF 工業園區.....	4
圖 2. IPS 為電力公司所提供的軟體服務	6
圖 3. PLELAS 所提供的主要服務	7
圖 4. 德國各 TSO 管轄範圍[7]	8
圖 5. 2023 年台灣與德國能源的裝置容量圓餅圖[8][9]	9
圖 6. 德國 2023 年再生能源發電於整體系統淨發電量占比[9]	9
圖 7. 德國 2023 年各類再生能源發電於整體系統之淨發電量占比[9]	10
圖 8. 德國電力市場架構[10]	10
圖 9. 德國的三種平衡服務架構[10]	11
圖 10. 歐洲同步電網區域劃分圖[11]	13
圖 11. FCR Cooperation 的 TSO 區域分布[12]	14
圖 12. aFRR 平台的 TSO 區域分布[12]	16
圖 13. mFRR 平台的 TSO 區域分布[12]	17
圖 14. 德國純電能市場整體架構[13]	18
圖 15. 日前耦合電能(SDAC)市場範圍[12].....	19
圖 16. 日內耦合電能(SIDC)市場範圍[12].....	20
圖 17. EUREF 園區內的電動車充電樁	23
圖 18. Aurora 產品的世代差異	23
圖 19. Aurora 儲能示意圖[14]	24
圖 20. 第一代 Aurora 儲能架構[14]	25
圖 21. 各類儲能所適合之應用領域[14]	26
圖 22. PSS®ODMS 簡介[15].....	32
圖 23. IPS®NMM 簡介[16].....	32

表 1.出國行程表	2
表 2.Aurora Energy Research 提供之軟體服務	3
表 3.Fraunhofer Institutes 的核心研究項目	5
表 4.Siemens 各能源領域業務的實例	7
表 5.德國平衡服務市場架構	12
表 6.鋰離子儲能與 Aurora 儲能	25

一、出國目的

因應國際能源轉型趨勢，我國當前的能源轉型是以「減煤、增氣、展綠、非核」之潔淨能源發展方向為原則，在確保電力供應穩定之時，兼顧降低空污及減碳。推動能源轉型是基於國際情勢、政治、氣候環境相關因素所致，在傳統能源價格易受國際情勢波動的情況下，我國能源過度依賴進口且兩岸政治情勢不明朗，使得能源供應成國家安全議題，為提升我國能源自主性並朝淨零排放目標前進，政府與本公司積極推動再生能源的相關政策。

隨著再生能源的大量併網，電力系統的正常營運也帶來許多挑戰：針對傳統機組所提供之輔助服務量減少、系統慣量縮減、電壓穩定度降低、再生能源間歇發電特性所帶來的供電不穩定等議題，本公司亦透過各項方式進行應對，像是：設立日前輔助服務市場採購民間資源、執行系統慣量量測研究、研討新興資源之電網規範、簽訂太陽光電發電設備結合儲能系統電能購售契約等。

展望國際能源轉型情勢，選擇赴德國參訪係基於該國能源轉型及發展願景與我國相似，德國能源轉型的目標是低碳排放、非核及經濟效益，目前德國已確實完成非核家園，是歐洲國家中較早廢除核能的國家，此外德國的再生能源發電占比已達到 50%，已經超越我國 2025 年再生能源發電占比 20%的願景，為了解德國在高占比再生能源的背景下如何維持電網穩定性並學習相關技術與管理經驗，本次規劃參訪國際電力分析顧問公司 (Aurora Energy Research)、歐洲科學研究機構 (Fraunhofer Institutes)、德國能源轉型示範園區 (EUREF Campus)、新興儲能技術應用廠商 (Phelas) 及電網軟體應用公司 (Siemens 及 IPS)，透過交流學習並借鑑相關經驗以應對電力市場及電網可能面臨之情況，從而確保未來能源轉型過程中能達成環境永續與經濟正常發展的雙贏局面。

二、出國行程

出國行程如表 1 所示。本次出國行程 11 月 19 日抵達德國柏林，於 11 月 20 日至 11 月 23 日分別參訪 Aurora Energy Research、EUREF Campus 及 Fraunhofer Institutes；於 11 月 24 日從柏林前往慕尼黑；於 11 月 25 日至 11 月 27 日分別參訪 IPS Energy、Phelas 及 Siemens；最後於 11 月 28 日搭機返台，結束本次共 12 日行程。

表 1. 出國行程表

日期	起訖地點	參訪行程
113.11.18~113.11.19	台北→法蘭克福→柏林	往程
113.11.20~113.11.23	柏林	Aurora Energy Research
		EUREF Campus
		Fraunhofer Institutes
113.11.24~113.11.24	柏林→慕尼黑	往程
113.11.25~113.11.27	慕尼黑	IPS
		Phelas
		Siemens
112.11.27~112.11.29	慕尼黑→台北	返程

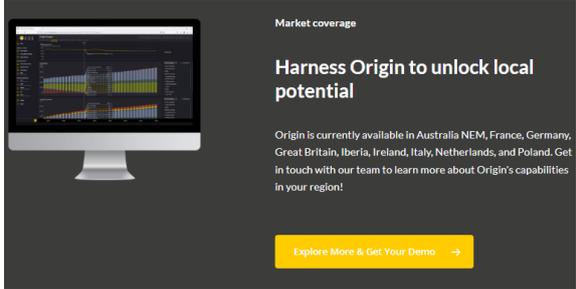
2.1 各參訪單位介紹

2.1.1 Aurora Energy Research

Aurora Energy Research 是歐洲最大的專業電力分析顧問公司，提供歐洲和全球能源市場的數據驅動分析，項目包含：電力批發市場分析、天然氣政策及再生能源的投資/財務評估。Aurora 起初是由牛津大學的教授和經濟學家於 2013 年共同成立，

原本只提供電力市場分析模型協助分析電力市場情況，然而隨著業務及組織擴大，現今已逐漸發展成具備 800 多名能源、金融和諮詢相關背景專家所組成的龐大企業，於全世界設立 15 間辦公室，主要核心業務是提供電力市場預測模型、再生能源/儲能建置風險財務評估及擔任能源產業諮詢顧問等[1]。

表 2.Aurora Energy Research 提供之軟體服務

 <p>Market coverage</p> <p>Harness Origin to unlock local potential</p> <p>Origin is currently available in Australia NEM, France, Germany, Great Britain, Iberia, Ireland, Italy, Netherlands, and Poland. Get in touch with our team to learn more about Origin's capabilities in your region!</p> <p>Explore More & Get Your Demo →</p>	<p>Origin 是 Aurora Energy Research 的大型能源市場分析模型，可協助預測 2070 年以前的能源價格、工廠運作模式、能源投資、電網潮流和傳輸線容量，模型中可對主要發電廠進行建模並為各發電機和市場調整。該模型可考量短期市場行為與長期經濟，並分析電能批發市場、輔助市場以及容量市場政策，從而協助使用者模擬能源轉型過程中的電力市場結果。</p>
<p>Chronos 是 Aurora Energy Research 根據相關地區的電力市場模型提供價格為基礎，對建設儲能之投資進行風險評估的模型，該模型考量工程營建、地理位置、運營成本、能源市場及政策補貼等因素建立演算法，並透過演算法分析儲能設置的投資風險評估。目前該軟體已建立澳洲、義大利及伊比利半島的模型予使用者進行使用。</p>	 <p>CHRONOS Battery solutions, perfected</p> <p>Unveiling CHRONOS for Australia</p> <p>Our leading battery analytics software is now available for the Australian market</p>

2.1.2 EUREF Campus

EUREF Campus 是 EUREF 公司的所屬園區，當初是由 Wolfgang B. Schneider 收購 Schöneberg 儲氣工廠(Gasometer)及周邊土地，收購目的是建立一個促進可持續發展和智慧城市的創新環境。隨著時間推移，目前已有許多與能源、永續發展領域相關的公司和研究機構都在 EUREF-Campus 落腳於此，使得園區成為歐洲能源領域的創新與交流中心。該工業園區透過增設再生能源減少化石依賴性、使用智能建築技術降低能源損耗、推廣電動車/氫燃料車、以及利用智能電網技術管理整體園區的能源運用來達成低碳使用，並在 2014 年時就達成德國聯邦政府所設定的 2050 年二氧化碳氣候保護目標，從而成為德國當前能源轉型的代表性工業園區。[2]



圖 1. EUREF 工業園區

2.1.3 Fraunhofer Institutes

Fraunhofer Institutes 是歐洲知名的應用科學研究組織，該組織成立目的便是推廣與執行應用科學，意即使研究結果得以作為實際應用或商業用途。組織的研究活動遍布德國各地的 76 家研究相關單位，雇用人數達三萬多名員工，大部分員工皆為科學家和工程師。Fraunhofer Institutes 是透過研究合約的方式與各國企業、其他研究機構及政府部門進行合作，從而協助客戶找到快速、有效率的解決方案。自 1949 年來，Fraunhofer Institutes 與各國企業、研究機構及相關政府部門簽訂研究合約，不單單是協助客戶處理問題，更使得 Fraunhofer Institutes 逐漸成為德國創新中心的關鍵參與者，現今該組織總年營收就達 34 億歐元(30 億來自研究合約)。[3]

表 3.Fraunhofer Institutes 的核心研究項目

核心項目	項目內容
生物經濟	面臨全球人口成長、氣候變遷、資源減少和農地流失等因素共同帶來了全球性挑戰，協會透過研究生物系統，使用自然生命的材料、物質、結構和原理，並將其轉化為循環生產模式和具體產品。
數位醫療	健康層面的研究分成四大領域：藥物、診斷、設備和數據，協會透過整合醫學、自然科學、電腦科學和工程學專家，替健康層面的跨領域研究建立良好的合作環境，從而創造許多新穎的合作研究及應用。
人工智慧	人工智慧、認知系統和機器學習的研究將為社會和經濟轉型中發揮關鍵作用，AI 將從根本上改變社會上的眾多行業，並替人類承擔任務以改善人類生活。
下一代運算	隨著傳統運算技術逐漸達到速度、效能、小型化和能源效率的極限，下一代運算便要解決此類技術極限的困境，透過創建新的運算原理及架構，從而提高運算系統的執行效能和能源效率。
量子技術	量子技術在測量技術、成像、安全通訊和高度複雜的計算領域開闢全新的、未經探索的應用。因此，量子技術具有很高的顛覆性潛力。近年來，科學家在量子研究方面取得驚人突破，協會對量子研究的目標是盡快將基礎研究轉化為應用，例如以高精度感測器系統和安全量子通訊的形式。
資源效率與氣候技術	因自然資源是有限的，隨著全球人口的成長，資源競爭逐漸加劇，因此，研究如何在保護環境之時有效利用自然資源，從而達成綠色經濟、循環經濟和生物經濟等永續經濟體系的成長發展。
氫技術	氫技術在工業的永續價值創造轉型的過程中發揮越來越重要的作用，是構成保障德國作為工業中心的戰略關鍵，協會的專業知識包括材料、系統及其工業、交通和能源領域的生產和使用。

2.1.4 IPS

IPS 是替全球能源供應產業提供軟體服務的德國公司，成立於 2004 年，創立願景便是幫助電力公司開發軟體智能商品(Software Intelligence)，IPS 提供由透過機器學習和人工智慧所增強的軟體服務商品，使用戶可以更好地理解資料、管理電力設備資產和網路數據產品，並提供高階分析、投資規劃、停電管理、勞動力管理等軟體服務，如圖 2，最終協助電力公司提高營運效率並增強電網運行的可靠性。[4]

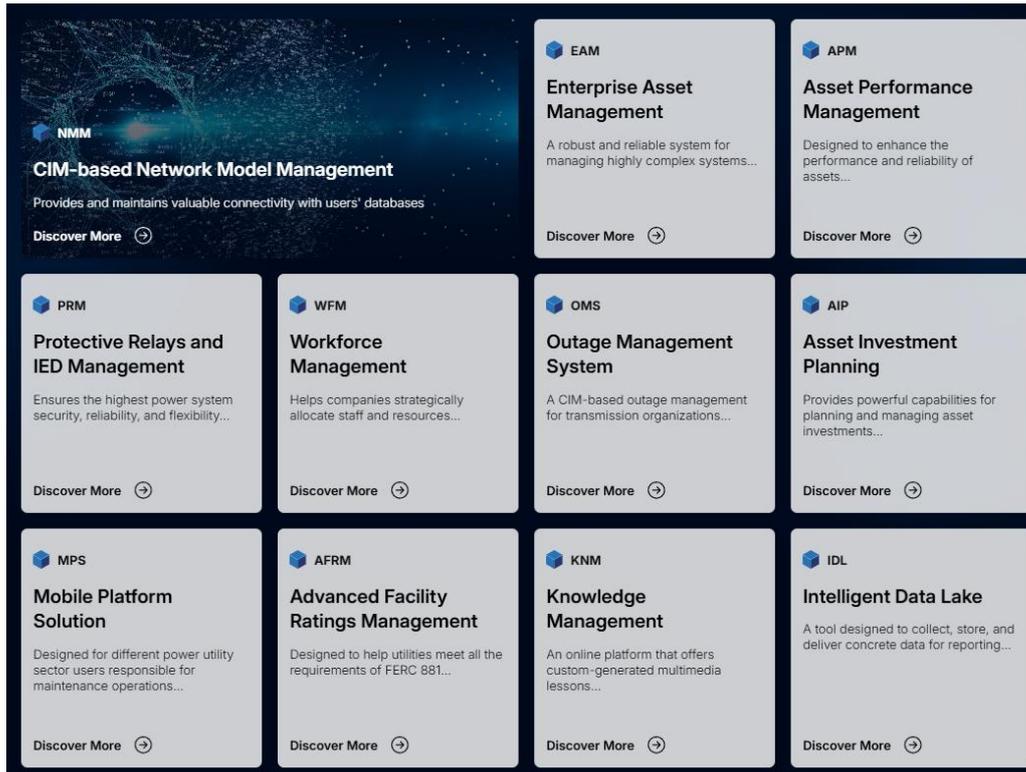


圖 2. IPS 為電力公司所提供的軟體服務

2.1.5 Phelias

Phelias 是一間總部位於慕尼黑的創始能源公司，成立於 2020 年，該公司創立初衷是改變再生能源的儲存應用，透過簡單而有效的方式來儲存再生能源，目前該公司主要提供兩種商品：第一種商品是 Aurora，Aurora 是一種液態空氣儲能設備，儲能目的主要是儲存發電過剩之再生能源，並在需要時將其轉換回電能進行利用，這項儲能預估可提升太陽能 and 風力發電的投資回報率，更可協助使用者對沖批發電價。第二項商品是 Catalyst，是以軟體為基礎提供給能源公司的專業諮詢服務，協助能源公司客戶分析儲能投資風險，並協助客戶選擇適合的儲能類型和儲存規模。[5]

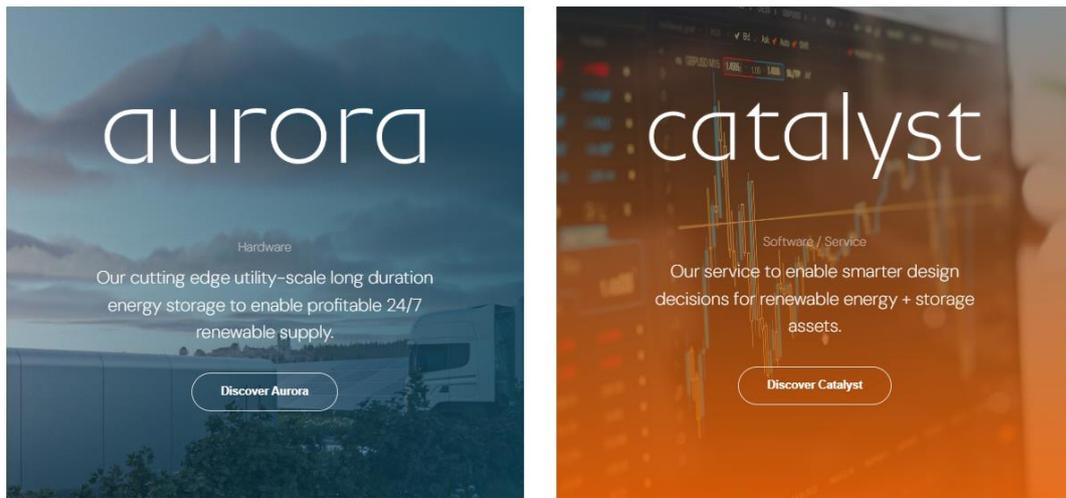


圖 3. PELAS 所提供的主要服務

2.1.6 Siemens

Siemens(西門子)是全球領先的能源技術公司，成立於 1847 年，公司的能源業務遍及 90 個國家，業務項目遍及整個能源領域：建置傳統發電機組、開發再生能源案場、設置儲能貨櫃及設備安裝、電力系統管理和電網分析軟體應用以及各類型工業的電氣化等，實際案例如表 4 所示。[6]

表 4.Siemens 各能源領域業務的實例

項目	項目內容
傳統發電機組	馬來西亞礦工業的汽電共生發電廠、德國杜塞道夫的複循環燃氣渦輪機發電廠、埃及的複循環發電廠、英國北林肯郡發電效率世界第一的重型燃氣輪機 SGT5-9000HL 等...。
再生能源	全球一千多座小型水力發電廠、法國第一座離岸風力發電機、協助杜拜安裝聚光太陽能發電廠 Noor Energy 1 等...。
儲能	Fluence 儲能科技公司即為西門子和愛依斯電力公司的合資企業。
電力系統管理和電網分析軟體	Siemens Spectrum Power、Power System Simulator for Engineering (PSS@E)、Power System Simulator for Optimal Dispatch and Management System (PSS@ODMS)。

2.2 德國電力系統與市場架構

德國整體的能源政策係由聯邦政府跟州政府制定及實施，國家整體能源政策中電力產業的方向及目標由德國聯邦經濟及氣候保護部(BMWK)主導，並由德國聯邦電網局(BNetzA)來執行及監管。德國電網與歐洲大陸電網同步連接，而其中德國區域的電網係由 4 個大型輸電系統營運商(Transmission System Operator, TSO)共同管轄，分別是 50hertz、TenneT、Amprion 及 Transnet BW，如圖 4，TSO 負責監控整體電網電力的供需平衡、輸電級電壓穩定，從而確保整體電力系統的穩定性和可靠性。

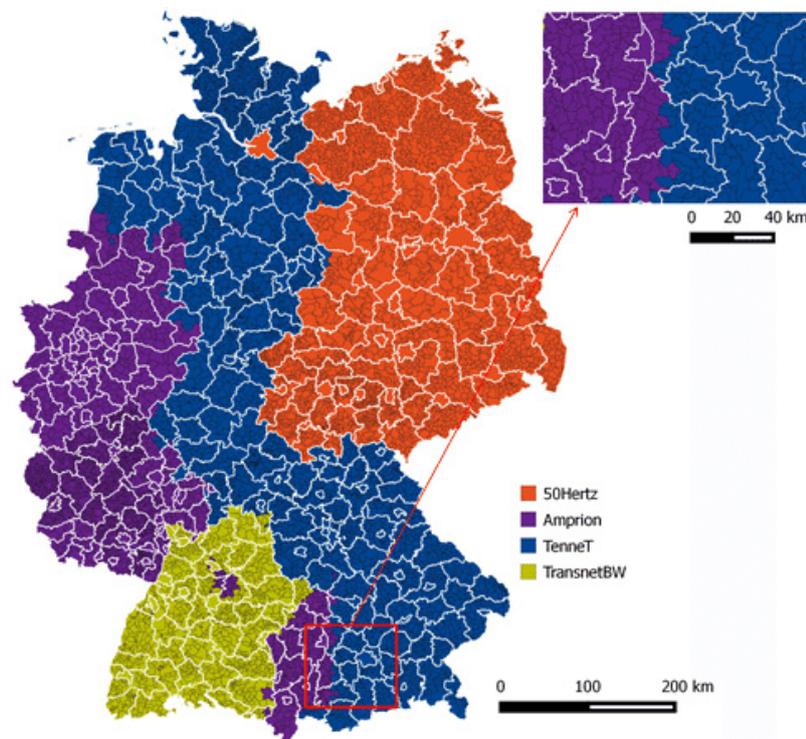


圖 4. 德國各 TSO 管轄範圍[7]

德國能源政策的目標是希望落實低碳、無核經濟並推廣再生能源的能源轉型，雖然德國與台灣的電網規模截然不同，但整體能源政策還是十分相似的，皆鼓勵再生能源占比的持續增長，兩國能源裝置容量占比比較如圖 5 所示，德國再生能源裝置容量占比便達 66.7%(太陽能 33.2%、陸域風力：24.5%、離岸風力：3.4%、生質能：3.4%、水力-不含抽蓄：2%)，並期望再生能源整體發電量於系統發電量占比 80%的目標於 2030 年提早達成，綜觀德國 2023 年整年度及各月份的再生能源發電量占比，如圖 6

所示，2023 年度約有 54.6%的發電量屬於再生能源，各類別再生能源發展均勻，使德國不同季節再生能源發電量占比皆穩定達 43%以上，風力強盛的冬季風力發電占比達 30%，良好彌補冬季太陽能的發電匱乏情況；而夏季期間，因風力發電相對較低，則透過太陽能提供 20%以上的發電量，儘管身處高緯度區域致每日平均照度不強，但德國仍廣設太陽能發電設備來拉高整體太陽能發電量，目的在於透過能源多樣化來穩定電網的運作，以減緩極端情況發生時對電網所面臨的衝擊。

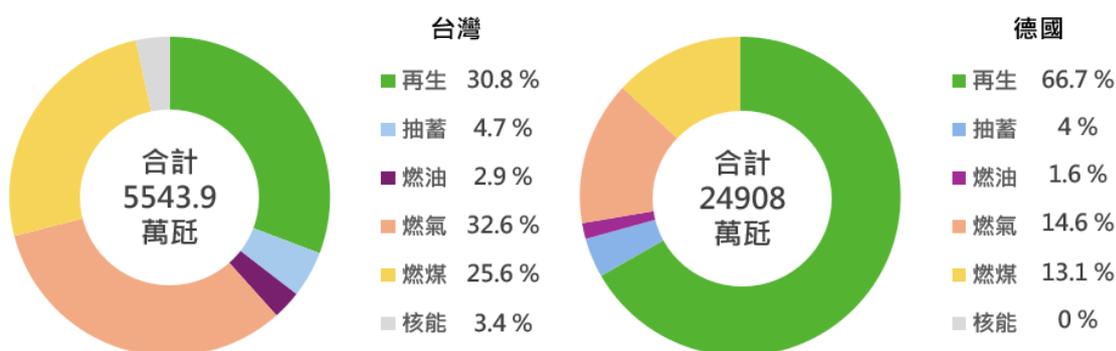


圖 5. 2023 年台灣與德國能源的裝置容量圓餅圖[8][9]

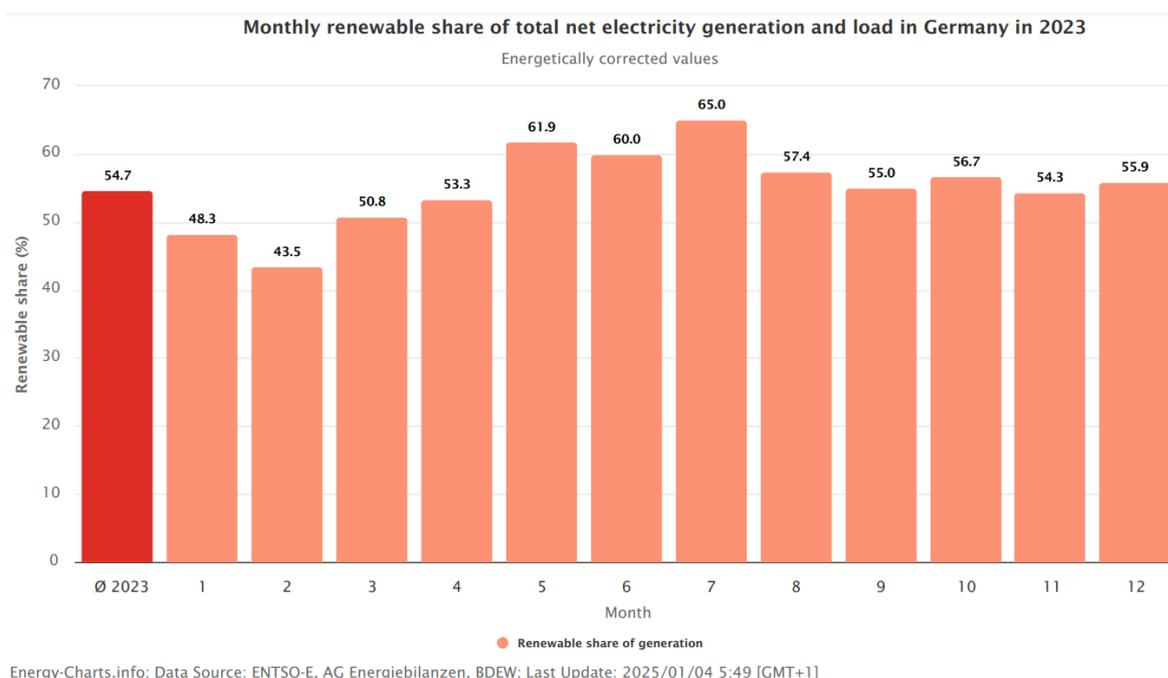


圖 6. 德國 2023 年再生能源發電於整體系統淨發電量占比[9]

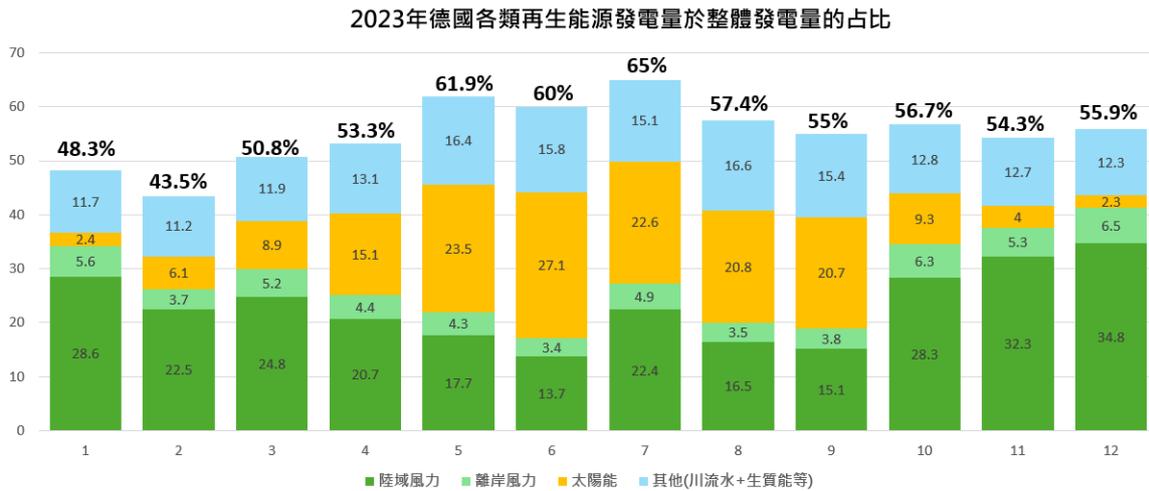


圖 7. 德國 2023 年各類再生能源發電於整體系統之淨發電量占比[9]

德國電力市場由電力批發市場為主並以平衡備轉及輔助服務市場為輔：電力批發市場是能源供應商和大型用電戶間的電能交換市場，市場範圍包括遠期電能市場、日前電能市場、日內電能市場；平衡備轉市場(Balancing Market)是 TSO 採購平衡備轉(Balancing Reserve)資源的市場；輔助服務市場為其他維持電力穩定運轉的輔助服務。依德國市場架構可得知，歐洲國家將備轉類型的輔助服務(調頻、即時、補充備轉)作為獨立的平衡市場運行。

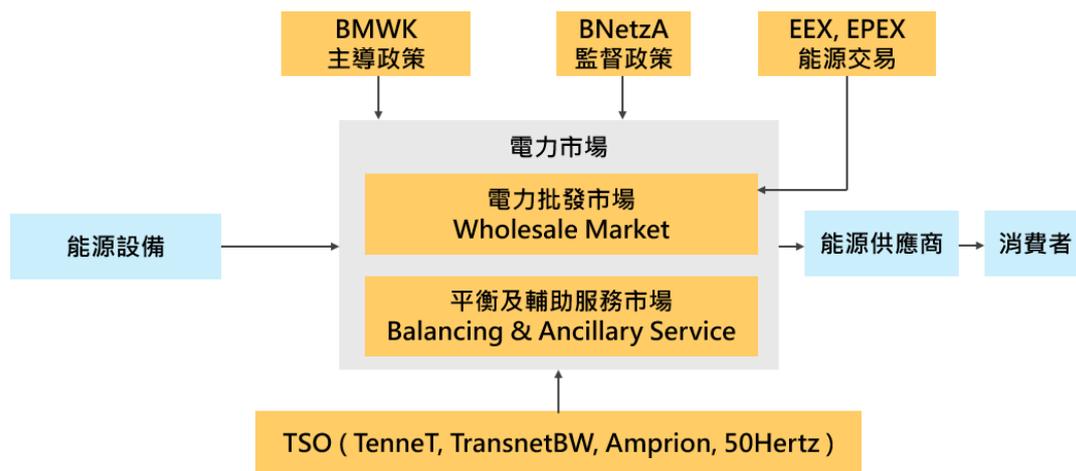


圖 8. 德國電力市場架構[10]

2.3 德國平衡服務市場

平衡服務是 TSO 用於減緩電網頻率偏差所採購的輔助服務，平衡服務具備平衡容量及平衡電能兩種概念，平衡容量為平衡服務提供者所能提供平衡電能的待命容量，而平衡電能為實際用於執行頻率維護的電能，與我國日前輔助服務市場的提供容量費與電能費的概念類似，歐盟委員會透過電力傳輸系統運作指南(Electricity Transmission System Operation Guideline, SOGL)(EU 2017/1485)制定平衡服務的基本需求及整體框架，將歐洲電網的平衡服務簡單劃分成頻率抑制備轉(Frequency Containment Reserve, FCR)、自動頻率回復備轉(Automatic Frequency Restoration Reserves, aFRR)、手動頻率回復備轉(Manual Frequency Restoration Reserves, mFRR)以及補充備轉(Replacement Reserves, RR)共四種，儘管歐洲輸電系統運營商聯盟(ENTSO-e)所參與國家會遵循 SOGL 的規定，但各國仍會依系統需求及電業組成環境，而使平衡服務市場架構或商品細部需求有所不同，舉例來說：德國因認定不需要 RR 的平衡服務資源，故德國平衡市場架構僅提供 FCR、aFRR 及 mFRR 三種平衡服務。



圖 9. 德國的三種平衡服務架構[10]

2.3.1 德國參與的平衡服務項目

FCR 屬於初級頻率控制，當電力供需不平衡時，迅速反應穩定系統頻率的服務，遏止頻率變化，參與 FCR 的資源應主動偵測頻率，依所量測之頻率調整輸出/入功率，屬於可雙向調整的資源，當頻率位於 49.99~50.01 Hz 的不動帶區間外時，則 FCR 需於 30 秒內快速反應提供服務；aFRR 屬於次級頻率控制，負責恢復頻率至基準頻率 (50hz)，並減少初級頻率控制後的頻率偏差，aFRR 依 TSO 自動的指令所啟動，參與 aFRR 的資源須於 30 秒內反應並於 5 分鐘內完全執行指令之輸出/入功率，屬於單向調整資源；mFRR 屬於三級頻率控制，負責提供更長期及穩定的服務從而穩定電網頻率，透過調用 mFRR 資源來協助 FCR 與 aFRR 處理嚴重供需失衡的系統情況，mFRR 依 TSO 手動的指令所啟動，參與 mFRR 的資源須於 5 分鐘內反應並於 15 分鐘內完全執行指令之輸出/入功率，屬於單向調整資源。

表 5. 德國平衡服務市場架構

	FCR	aFRR 容量	aFRR 電能	mFRR 容量	mFRR 電能
頻率層級	初級頻率控制	次級頻率控制		三級頻率控制	
目的	快速反應供需失衡，維持頻率穩定。 (雙向調控資源)	自動恢復系統頻率 (單向調控資源)		手動恢復系統頻率 (單向調控資源)	
反應時間	30 秒內反應並執行	30 秒內反應，5 分鐘內完全執行		5 分鐘內反應，15 分鐘內完全執行	
投標期間	日前 8 點前	日前 9 點前	25 分鐘前	日前 10 點前	25 分鐘前
每個時段	4 小時	4 小時	15 分鐘	4 小時	15 分鐘
觸發方式	頻率偏差	TSO 自動訊號		TSO 手動訊號	
結算方式	Pay as clear	Pay as bid		Pay as bid	
跨國市場平台	FCR Cooperation	-	PICASSO	-	MARI

2.3.2 德國參與的跨歐洲平衡服務平台

歐盟委員會為追求整體歐洲的能源效率最佳化，故制定電力平衡準則 (Electricity Balancing Guideline, EBGL)(EU 2017/2195)以平衡服務市場的統一標準、促進跨國市場整合及資源共享，確保整體歐洲電力系統的效率和安全性的同時，透過跨區域平衡服務市場減少同步電網內各國平衡資源的成本，各國同步電網區域劃分如圖 10 所示。

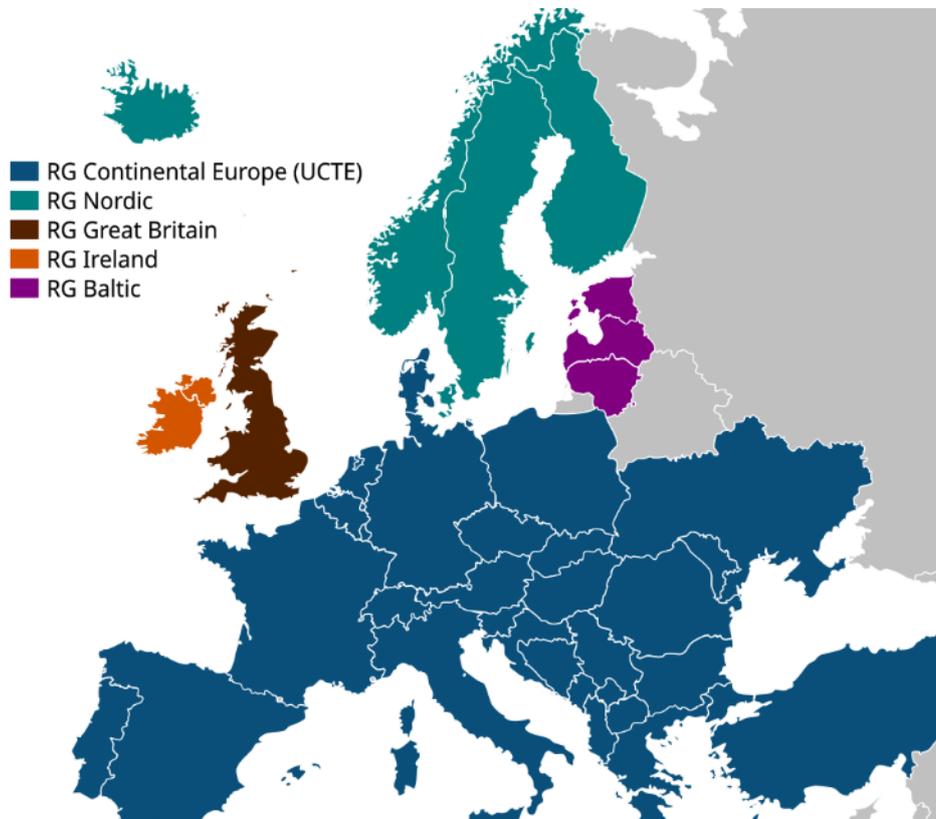


圖 10. 歐洲同步電網區域劃分圖[11]

關於 FCR 的跨國採購平台，目前歐盟已成功促進奧地利(APG)、比利時(Elia)、瑞士(Swissgrid)、德國(50Hertz、Amprion、TenneT DE、TransnetBW)、丹麥(Energinet)、法國(RTE)、荷蘭(TenneT NL)、斯洛維尼亞(ELES)和捷克(ČEPS)的 TSO 組成 FCR 合作聯盟(FCR Cooperation)，各國 TSO 可於 FCR 合作組織(FCR Cooperation)採購各自所需的 FCR 平衡容量。

FCR Cooperation 為 TSO 間組織，該組織旨在整合歐洲 FCR 平衡市場以促進有效競爭，所有平衡服務提供者(Balancing Service Provider, BSP)將 FCR 資源投標價格交給各 TSO，而 TSO 將所有 BSP 的投標彙總於共同優先序列表(Common merit order lists)，並在考量區域出口限制、區域最低限額的限制下，由該平台的演算法確定各 TSO 所得標 FCR 資源及得標價格，以競爭性市場機制來降低各 TSO 於 FCR 的總採購成本。FCR 資源邊際價格在區域內皆為統一價格，屬於 PAC(pay as clear)機制，當 TSO 的 FCR 在符合出口數量限制及最低數量限制的情況下，該區域的 FCR 邊際價格即為統一的跨境邊際價格(Cross Border Marginal Price, CBMP)，但也有例外：當該區域內所提供的 FCR 資源出價相對較高時，TSO 為滿足區域最低數量的限制會優先購買區域內資源，就可能會導致該區域的邊際價格高於 CBMP 的情況(區域低於均價的 FCR 容量不足)；亦或是當該區域內所提供的 FCR 資源出價相對較低時，導致區域內 FCR 數量高於當地區域需求、甚至高於輸出限制時，則該區域的邊際價格就可能會低於 CBMP(區域低於均價的 FCR 容量過多)。

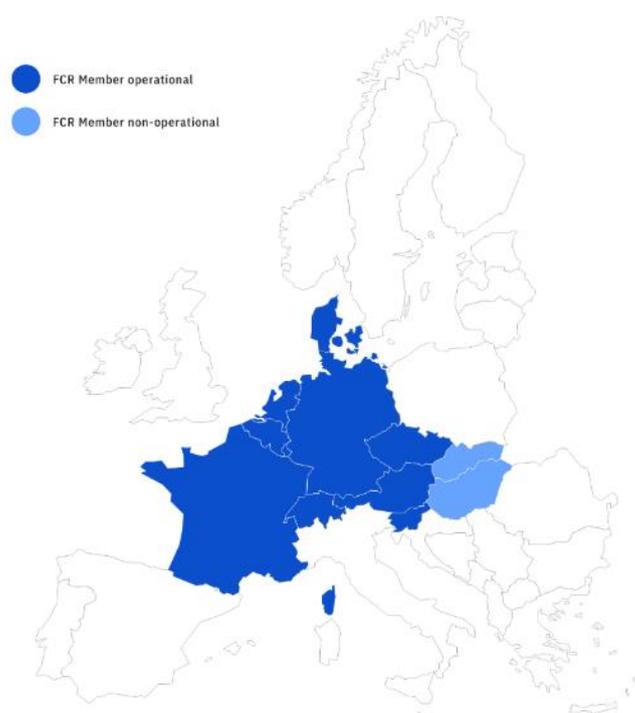


圖 11. FCR Cooperation 的 TSO 區域分布[12]

關於 aFRR 相關的跨歐洲平台，目前有自動頻率恢復和穩定系統運作國際協調平台(Platform for the International Coordination of Automated Frequency Restoration and Stable System Operation, PICASSO)以及國際電網控制合作組織(International Grid Control Cooperation, IGCC)。

PICASSO 平台為 TSO 間的組織，PICASSO 旨在成為歐洲 aFRR 平衡電能的交換平台，平衡服務提供者提交各自的平衡電能報價予各自的 TSO，而各 TSO 在將平衡電能報價彙總於共同優先序列表，而因為 aFRR 為上調或下調式的單向電能平衡資源，故共同優先序列表也分成上調及下調兩種，而各列表會依平衡服務者所提交之電能報價持續調整直到結束報價，從而可即時反應電能價格於電能平衡商品上，當 TSO 有需要時從低買到高，屬於 PAB 機制(Pay as bid)，該機制良好地協助 TSO 及平衡服務提供者達成經濟利益上的平衡。此外，平衡服務提供者即使沒有得標 aFRR 平衡容量(1 單位：4 小時)，仍可於 PICASSO 平台上投標 aFRR 平衡電能與其他 aFRR 資源共同進行競爭(1 單位：15 分鐘)。

IGCC 平台是 TSO 間的平台，IGCC 旨在成為電力平衡指南所定義的不平衡淨值處理流程(IN-Platform)的歐洲平台，IGCC 營運成員皆為 TSO，故有義務於各自的 LFC 區域保持供需電力平衡，但因為各區域 aFRR 是依據各 TSO 的自動信號進行反應，故在 TSO 各自獨立運作的情況下，就可能會使得鄰國間因下達給 aFRR 的信號不同，導致同步電網內各 TSO 操作相反方向的 aFRR 資源，形成資源上的浪費，而該平台的系統則是將各 TSO 的 aFRR 需求信號共同回報至單一系統中進行最佳化處理後，再重新調整各區域的 aFRR 訊號進行下達，該機制使得參與的 TSO 們在維持整體電網運作的安全性的同時，同時減少同步電網間 aFRR 平衡能源的冗餘操作。

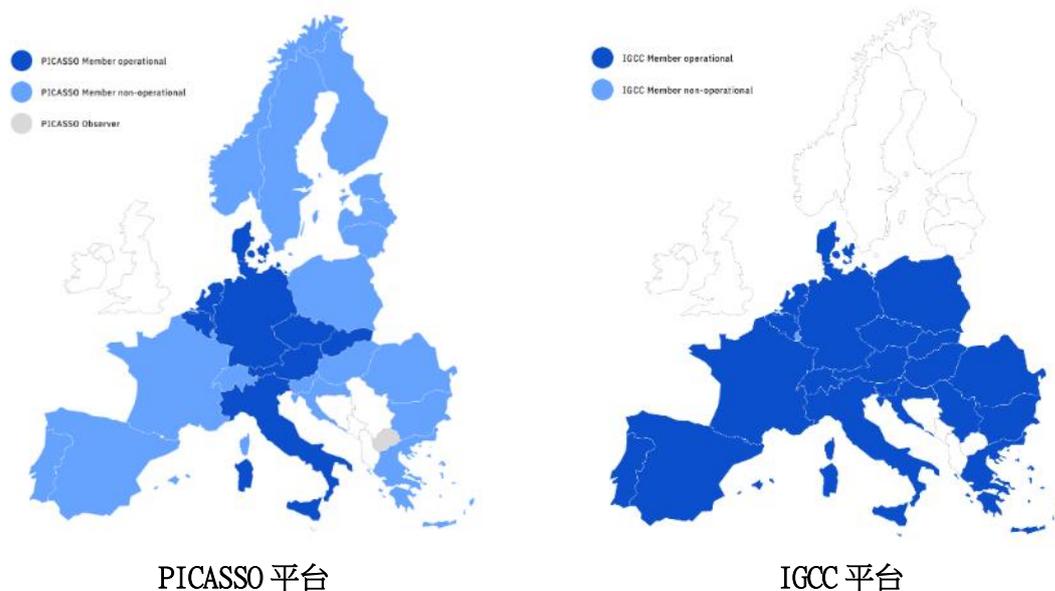


圖 12. aFRR 平台的 TSO 區域分布[12]

關於 mFRR 相關的跨歐洲平台，目前有手動啟動儲備計劃(Manually Activated Reserves Initiative, MARI)，該計畫旨在創建、未來開發和運營歐洲 mFRR 平台，雖然目前正式參與的 TSO 較少、但已有許多 TSO 以觀察員身份等待加入，目前的會員有：德國、捷克、奧地利、拉脫維亞、愛沙尼亞等國家的 TSO。

MARI 平台為 TSO 間的組織，MARI 旨在成為歐洲 mFRR 平衡電能的交換平台，與 PICASSO 平台機制類似，將所有 BRP 的報價彙總成上調及下調的共同優先序列表，以 PAB 機制，會依共同優先序列表從低買高直到滿足 mFRR 需求，然而因跨區域電網間傳輸容量有限，有時無法完全照共同優先序列表的價格順序從低買高，就會透過啟動最佳化函數(activation optimization function, AOF)決定價格，此時就會使用跨區域容量就會以 CBMP 作為價格，使價格呈現出類似於 PAC 機制的情況。

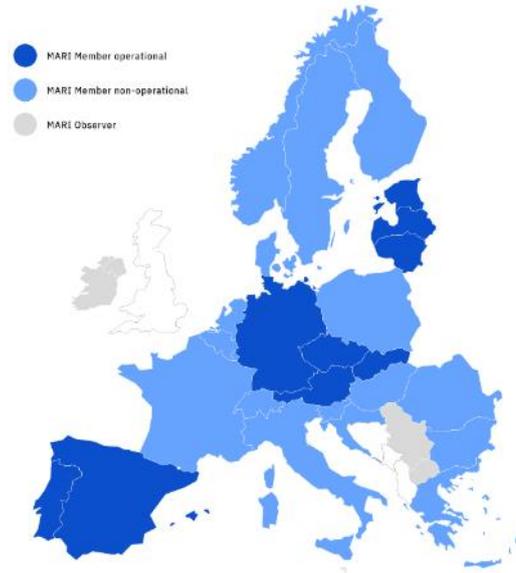


圖 13. mFRR 平台的 TSO 區域分布[12]

2.4 德國電能批發市場

提及電能批發市場前，需先說明德國的平衡責任方（Balancing Responsible Party, BRP）機制，BRP 通常是電力供應商、發電公司或大型電力消費者，BRP 須向 TSO 提交未來時間段的用電和發電規劃表，並於各時間段確保實際用電和發電符合規畫，當實際發用電不符合規劃時，BRP 則會向電能批發市場上採購電能，倘若 BRP 未能維持規劃與實際的一致性時，BRP 就必須要替 TSO 承擔部分的平衡成本，平衡成本對於 BRP 來說過於昂貴，所以通常 BRP 都會盡力去市場購買從而維持規劃與實際發/用電的一致性。

關於德國的電能交易分成場外交易(Over The Counter Trading, OTC)或電能交易所(Energy Exchange, EX)兩種，如圖 14，而因場外交易有靈活性且交易成本低，故約有 75%的電能交易是來自場外交易，另外的 25%則是來自於電能交易所，而電能交易所各自著重的商品和範圍有所不同，舉例來說：歐洲電力交易所(European Power Exchange, EPEX)為歐洲最大的電能交易所之一，EPEX SPOT 主要負責提供日前電能市場、日內連續電能市場、綠色憑證市場(Guarantees of Origin)、容量市場(僅法國)及期貨轉現貨市場的服務，主要業務範圍於歐洲大陸；Nord Pool 是世界上首間

成立的電力交易所，主要提供日前/日內電能市場及協助建立交易平台的服務，整體業務範圍包含北歐國家及周邊國家；歐洲能源交易所(European Energy Exchange, EEX)隸屬於 EEX 公司，主要處理提供電力、天然氣、排放配額以及貨運和農產品等各類型商品合約，電力合約像是電能期貨、電能期貨選擇權、電能期貨轉電能現貨服務(因 EPEX SPOT 屬於 EEX 公司旗下的組織)及長期性購電協議(Power Purchase Agreements, PPA)等。

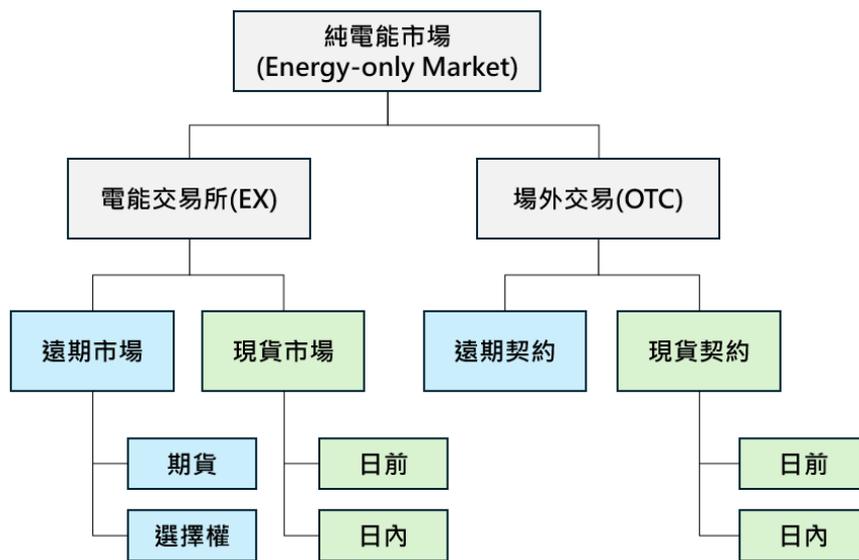


圖 14. 德國純電能市場整體架構[13]

2.4.1 跨歐洲電能交易市場

歐盟委員會為實現泛歐跨國電力市場的願景，故制定容量分配和擁擠管理準則(Capacity Allocation and Congestion Management Regulation, CACM)(EU 2015/1222)來改善跨境電力交易的情況及問題，從而協助整合跨國電力市場的問題，其中根據該準則第四條第一點：欲市場耦合的國家須提名一或多個指定電力市場營運商(Nominated Electricity Market Operator, NEMO)來執行日前/日內的電能耦合市場，而德國日前及日內電能耦合市場的 NEMO 有 EPEX SPOT 跟 Nord Pool，但根據參訪得知，實際上德國日前及日內電能市場交易主要還是集中於 EPEX SPOT。

2.4.2 日前耦合電能拍賣市場(SDAC)

單一日前耦合 (Single Day-ahead Coupling, SDAC) 是 NEMO 們和 TSO 們之間的協議，從而在 CACM 準則所制定的框架下，整合歐洲不同國家間的前日電能市場。



圖 15. 日前耦合電能(SDAC)市場範圍[12]

為達成歐洲日前耦合電能市場願景，SDAC 是透過 PCR EUPHEMIA 的通用價格演算法來計算歐洲區域的電價，EUPHEMIA 會接收各 TSO 的電網容量、傳輸線路限制以及各 NEMO 所有資源的報價，從而在符合 CACM 準則的情況下，匹配各區域 24 小時的電能需求和供應情況，以實現歐洲國家日前電能的社會福利最大化(最大化消費者及生產者剩餘總和)。根據本次探訪得知，該市場原本的 24 小時電能市場是 1 個小時為一個單位進行交易，而各區域小時有各別結清價格，未來將會改成以 15 分鐘為一個單位，其目的是能夠更好地利用資源，並促進市場效率和提升資源應用的靈活性。

2.4.3 日內耦合電能拍賣市場(SIDC)

單一日內耦合（SIDC）是 NEMO 們和 TSO 們之間的協議，從而在 CACM 準則所制定的框架下，整合歐洲不同國家間的日內電能市場。

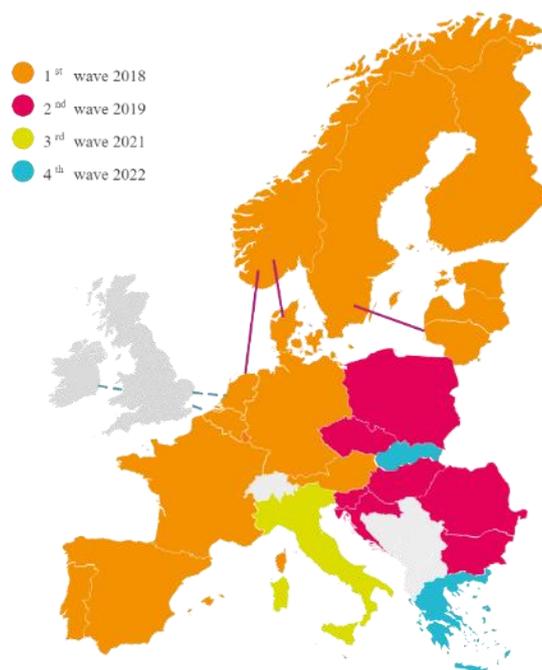


圖 16. 日內耦合電能(SIDC)市場範圍[12]

為達成歐洲日內耦合電能市場願景，SIDC 會將各 NEMO 的市場參與者電能報價資料提交至共同訂單簿(Shared of Book, SOB)，並將各 TSO 所有的日內跨境傳輸容量提交至在容量管理模組(Capacity Management Module, CMM)，也使用 SDAC 的 EUPHEMIA 演算法來搓合訂單，一旦訂單確認匹配後則交易確定，市場參與者(電能提供者/電能需求者)便能於電能商品履行時間點提供電能/取得電能，同時 SOB 會刪除已匹配的訂單並更新 CMM 內區域間的可用傳輸容量。然而透過參訪得知，雖然德國位於 SIDC 的範圍內，但實際上德國並未設置專門參與 SIDC 的日內電能拍賣市場，而是透過日內連續電能市場(Intraday Continuous)的方式進行日內電能的即時交易，從而因應即時電能需求。

2.4.4 日內連續電能市場(Continuous)

日內連續電能市場是歐洲日內電能現貨市場的領頭羊，靈活性上更優於 SIDC 的日內電能拍賣市場，日內連續電能市場是由德意志交易所(Deutsche Börse)所提供的 M7 系統來進行連續性電能交易，德國於日前 15 點便可開始隔日的電能交易，該電能交易會持續到電能商品開始執行的前一分鐘才結束交易，亦即當電能需求方發現電能不足時便可提交需求訂單，當電能需求方與電能供應方雙方的訂單匹配成功，電能供應方就可即時提供電能予電能需求方。日內連續電能市場上的電能商品分成 60 分鐘、30 分鐘跟 15 分鐘，透過提供不同種時間跨度的電能商品，使得歐洲日內電能交易更具備靈活性。

2.5 微電網(EUREF Campus)電網應用

EUREF Campus 園區內建設多項能源設備並搭配智慧電網技術管理能源應用，從而達成能源轉型、氣候保護、環境保護和永續發展等各項目標，該園區微電網雖然連接至德國電網系統中，但園區用電來源是來自於園區內部設備中(自發自用)，園區內的發電資源包含：天然氣/生質能發電(生物甲烷太貴，故採買天然氣居多)、汽電共生機組、風力發電機組、太陽能發電裝置及專門用於加熱水泵的柴油發電機組，然而因再生能源發電間歇性，再生能源發電供應較不穩定，故搭配儲能系統以協調園區內過剩/缺乏的能源，儲存能源的方式分成熱能儲存(電轉熱直接應用)及電池儲存。

關於熱能儲存應用，德國位處高緯度國家、溫度偏低，故暖氣設備為德國家庭及辦公室的必要設備，大量暖氣設備及熱水供應系統，使得德國用電高峰位於冬季，與台灣的用電高峰於夏季的情況正好相反。而 EUREF 工業園區為減緩暖氣及熱水供應系統的能源消耗，故建設熱能儲存及應用系統，利用園區多餘的再生能源發電電能轉換成熱能(以熱水儲存)。首先，被加熱的熱水會儲存於 5.1 立方公尺的熱水儲存罐中，園區內的能源管理系統會偵測監測水流量、壓力、溫度和耗能等參數，將調整水

泵系統將熱水儲存槽中的熱水透過熱水管道系統傳輸至建築物內各區域，該系統不單提供建築物內部的熱水/溫水的供應，更因熱水管道系統遍布建築物內，熱水管道傳導餘溫良好提高室內溫度，有效地減緩建築物暖氣供應系統的用電情況，這套熱能儲存及應用系統成功地減少 50%的能源損耗並大幅減少碳排放量。或許此套熱能儲存及應用系統較難照搬至台灣進行應用，主因是台灣對於熱水/暖氣需求量並不高，台灣民眾需要熱水時通常是直接使用天然氣/電能將水直接加熱使用，且暖氣的相關設備使用率也相對低很多，故該系統無法直接應用於台灣，而若轉做儲存冷水並應用，也不失為一種方式，但台灣冷水供應並非像德國的熱水屬生活必需用途，故儲存冷水直接應用的潛力相對低。

關於電池儲能應用，由於 EUREF 工業園區禁止石油汽車，故園區的交通工具大多是電動車和少數的氫燃料車，園區內也有許多電動車充電樁，除電動車充電樁的儲能設備可供該園區微電網彈性使用外，EUREF 園區甚至還回收 20 台廢棄奧迪電動車的電池(0.095MWh)進行二度使用，將這些車用汰役電池重組成大型的儲能設備使用(1.9MW/1.9MWh)，雖然電池剩餘容量為原容量的 75~80%，但是電池仍然是可供使用的。在當前儲能蓬勃發展的台灣，隨著現今大量的儲能設備快速進場，未來 10 年後也將面臨大量儲能的退場，可該借鑒該園區回收電池的精神，重新探討未來大型儲能案場的電池回收方式，重新賦予汰役電池二次生命，讓這些汰役電池以另外一種方式繼續協助電網的穩定運行或是轉型其他應用。



圖 17. EUREF 園區內的電動車充電樁

2.6 液態空氣儲能介紹

液態空氣儲能(Liquid Air Energy Storage, LAES)是一種將空氣壓縮成液態後將能量進行儲存的儲能，Phelas 將液態空氣儲能成功模組化，模組化使其 LAES 變得靈活且方便運輸，可依客戶需求調整儲能配置並於日後擴充儲能規模，並將模組化後的儲能命名為 Aurora(夜晚的陽光)，該儲能類型為長效型儲能(電能龐大的儲能)，目的是於讓用戶於夜間時也能穩定使用綠能以達成再生能源 24/7 的目標。

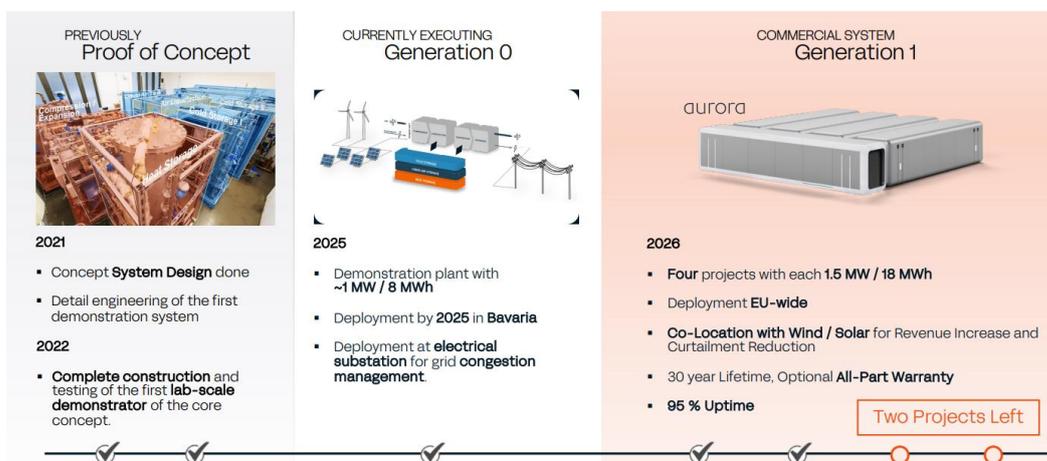


圖 18. Aurora 產品的世代差異

Aurora 儲能的儲能過程：空氣壓縮機吸收周圍空氣，並先透過空氣乾燥機去除空氣內多餘的水份(水份不適合做為儲存原料)，將空氣壓縮成液體(電能轉位能)的過程中所釋放高溫會被重新回收至熱能儲存槽，而壓縮後的液態空氣會儲存於隔熱儲罐中並利用冷凍裝置維持低溫；Aurora 儲能的釋能過程：將被壓縮的空氣從儲存槽釋放，液態空氣轉化回氣體的過程，氣體體積會快速吸收周圍溫度(溫度迅速降低)並快速膨脹，高壓空氣將直接用於渦輪發電機中進行發電(位能轉換成電能)，並將低溫重新回收給冷凍裝置重新利用。整體轉換過程中不論是熱能釋放還是熱能吸收都盡量進行回收，從而減少 LAES 能源轉換過程中的能量損耗，Phelas 宣稱 Aurora 的儲能轉換效率(round trip efficiency)為 50~60%。

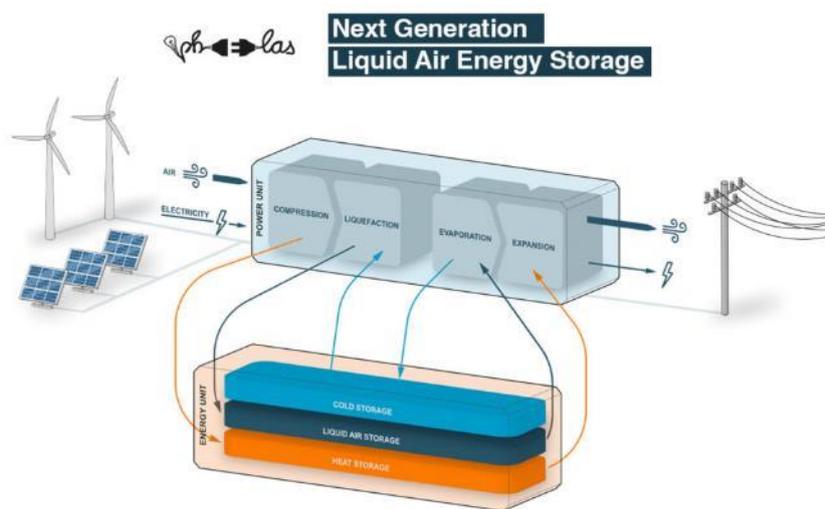


圖 19. Aurora 儲能示意圖[14]

第一代 Aurora 模組儲能系統分成兩部分，分別是功率模組跟儲能模組的 40 呎貨櫃，如圖 20。功率模組負責將處理電能轉位能跟位能轉電能的過程，並以 1.5MW 作為充/放電功率的基本單位，儲能充放電反應速度需要 30 秒，相對鋰離子儲能來說反應相當緩慢，但也充足作為歐洲國家的調頻資源進行調頻使用(FCR)；儲能模組則負責存放被壓縮成液體空氣、熱能儲存裝置及冷凍回收及維持裝置，一個 40 呎貨櫃總共存放 4.5MWh 電能，為確保液態空氣良好存放就必須維持低溫，使儲能自放電率為

每日 1%。有弊亦有利，因儲能整體運作不需要電力電子轉換裝置，而是透過微型渦輪機發電，故該儲能可以直接提供轉動慣量給系統，不需要像鋰離子儲能一樣需要搭配 grid-forming 變流器及調整控制策略後才能提供慣量。相對於鋰離子儲能，該儲能並不會隨時間及使用次數增加而導致儲存容量減少，因結構組成單純，故也不需要太多消防措施。

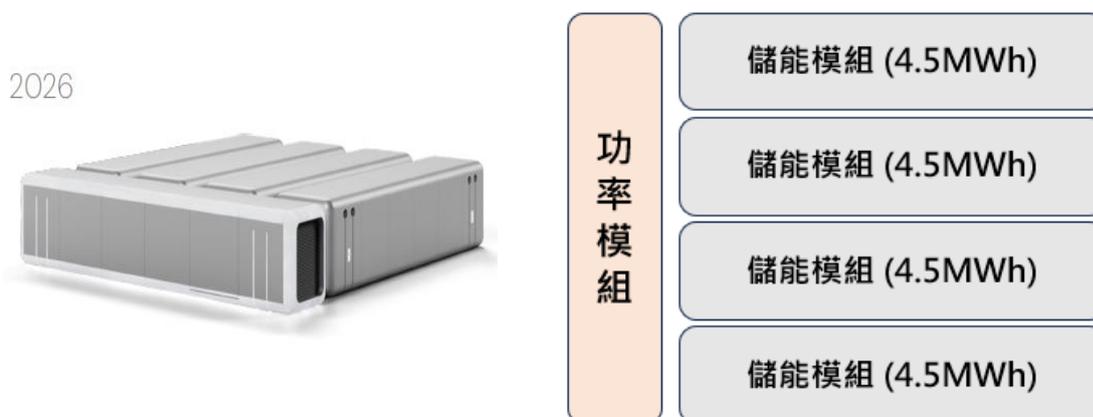


圖 20. 第一代 Aurora 儲能架構[14]

表 6. 鋰離子儲能與 Aurora 儲能

	鋰離子儲能(普遍廠商)	LAES(Aurora 一代)
轉換效率(RTE)	80-95%	50-60%(Phelas 宣稱)
反應時間	0.2-1 秒	30 秒
容量衰退	儲能容量會隨著使用次數及時間逐漸衰退	不論使用多少次，儲能容量都不會減少。
可放電深度	80-85%	100%
維修時間	取決於儲能機櫃、PCS 的產品品質及設計方式。	1%(約 36 天)
使用年限	8-20 年	30 年

該儲能主要用途偏向長效型儲能應用，故儲能電量為額定功率數倍，從而因應長效型儲能應用像是電能轉移、離網電網獨立運行、再生能源平滑化等，根據參訪得知

該儲能系統成本為 1 億 3 千多萬新台幣(1.5MW/18MWh)，該儲能電能量越高均化成本則越低，成本上也是比較適合長效型電能應用，因此，此類儲能未來的競爭對象可能是氫氣儲能、鈦液流儲能，而不是用於快速反應的鋰離子儲能。

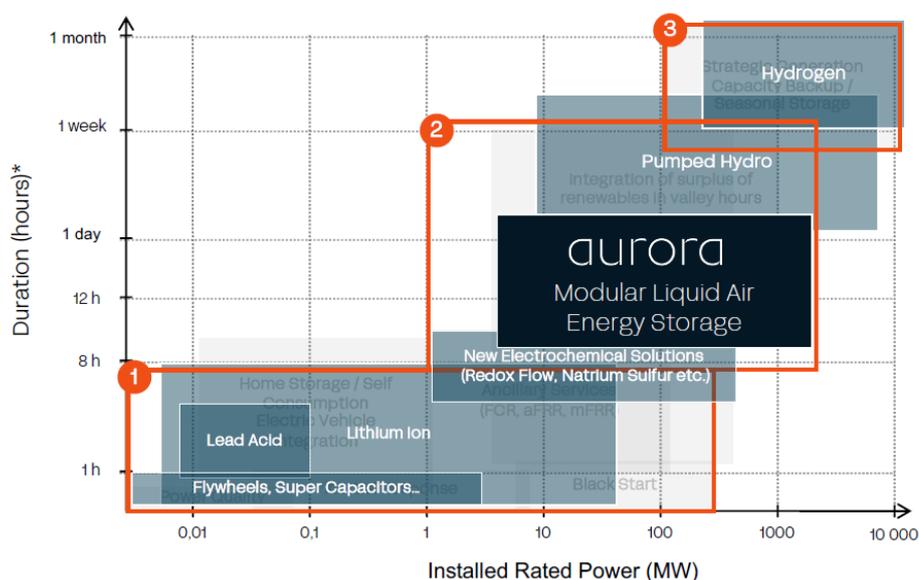


圖 21. 各類儲能所適合之應用領域[14]

2.7 電網模型管理模型(NMMS)

在拜訪西門子 PTI (Power Technologies International) 保護與運營控制小組時，組長 Chris 在向我們介紹電網數據諮詢與相關軟體解決方案前，分享了一段 2006 年 11 月 4 日晚間 21:38 德國所發生一件重大電力系統干擾事件短片，雖然不是大停電，但當時的情況對電力供應構成了極大威脅。當時有艘大型郵輪需航行通過，所以必須關閉 400kV 線路避免發生接地故障。然而當時並沒有進行 N-1 計算，加上當時德國東北部有大量風力發電，而西部負載較高，因此電流從東向西流動。當一條關鍵的輸電線路被移除後，風力輸入持續增強，導致另一條線路的負載極高，這條重載線路兩端係由兩個不同的輸電系統營運商 (TSO) 所負責，負責東部的是 E.ON(Tennet 前身)，其紀載該條線路最大跳脫電流為 3000 安培，負責西部的是 RWE(Amprion 前身)，其紀載該條線路最大跳脫電流為 2100 安培，雙方事前並未了解此一差異。

當 E.ON 測得電流達 1960 安培時，便開始緊張並聯繫 RWE，然而 RWE 認為尚有餘裕，便沒採取任何措施繼續運轉下去。就在通話過程中，電流持續增加，最終上升並超過 2100 安培導致線路自動跳脫。這一連鎖反應像拉鍊一樣將整個歐洲電網系統分割成三個孤島系統，最終花了數小時才重新連接這些電網。這段影片想傳達的重點是數據一致性的重要性，當發生此類事件時，若公司內部不同部門或交易員未考慮到某些臨時的線路停止運轉或設定變更，就可能引發重大問題，因次數據共享和一致性管理是相當重要的。

各單位部門(包含設計、規劃、運轉及保護電驛)通常維護各自的數據模型，僅針對自己用途驗證數據，而假設其他數據正確，這將導致跨部門數據整合困難。數據數量隨著數位化發展急劇增加，將帶來更高的數據管理需求，而 NMMS(Network Model Management System)是一套專為電力系統設計的軟體系統，用於管理、維護和分析電力網路的模型數據，NMMS 是現代化電網不可或缺的工具，特別是在電力系統逐步邁向數位化及智慧化的過程中，提供精確、高效的網路數據管理和分析能力，特別是在整合再生能源、提升系統可靠性及效率方面。其主要功能包含：

1. 電網規劃：用於設計和優化新的電網基礎設施，包括變電所、發電機、輸電線路等資產的詳細資料。
2. 模型版本控制：支持多個模型版本的管理，方便追蹤模型變更及分析不同版本間的差異。
3. 數據同步與整合：與其他系統（如電能管理系統 EMS、分散能源管理系統及市場管理系統 MMS）進行數據同步，確保模型數據的一致性。
4. 網路分析與模擬：提供電力潮流分析、短路分析等功能，幫助電網運營商評估電網之運行狀況和未來規劃。
5. 協作與數據共享：支持多用戶協作，確保不同部門、單位或系統間能快速共享最新網路模型資訊。

6. 故障排查：在事故或異常情況下快速模擬並定位問題源頭。
7. 市場運營：為電力市場系統提供準確網路模型數據，支持交易及清算。

隨著電網規模的擴大和再生能源的快速併入，電網數據的管理變得越來越複雜，NMMS 提供了一種高效的解決方案，幫助電網運營商和市場參與者保持數據的一致性和準確性，從而保障電網穩定運行和市場效率。NMMS 使用 CIM(Common Information Model)作為資料格式和語義的基礎，確認電力網路模型的一致性和可互通性，並利用 CIM 來匯入或匯出電網模型數據，以支持不同系統間的無縫資料交換。CIM 係由 EPRI 的 CCAPI(Control Center Application Programming Interface)計劃衍生而來，是一種基於 IEC 61970/61968 標準的數據建模框架，廣泛應用於電力行業，CIM 標準在歐洲已經變成法律，歐盟委員會要求所有傳輸系統必須實施 CIM 標準，並且該標準在歐盟領土內具有法律效力。而在澳洲和美國，僅僅是建議和最佳實踐，並非強制執行。CIM 從創建以來已演進多次版本，以滿足不斷變化的行業需求，其版本主要演進階段如下：

1. 初期階段 (CIM 10.x 和更早版本)

2000 年前後，最初用於支持能源管理系統 (EMS) 的數據交換，主要集中在傳輸網路模型的靜態描述。模型較簡單，僅包含基本的電力設備屬性和拓撲結構，適用於 EMS 的網路建模與靜態數據交換。

2. 擴展階段 (CIM 11.x -12.x)

2000-2010 年，擴展到配電網路 (IEC 61968) 和市場模型 (IEC 62325)，支援更多的電力設備類型，如變壓器、開關設備等，增加了與配電管理系統的整合，主要應用於電網運行數據的管理及市場運作相關的基本模型。

3. 標準化和國際化階段 (CIM 13.x - 14.x)

2010-2020 年，主要增加對多個國際標準的支持，如 IEC 61970 (EMS)、IEC 61968 (DMS)和 IEC 62325 (市場通信)，並加強數據一致性，增強靜態和動

態數據的結構化表示，並增加分散式能源與再生能源的模型的擴展，以及版本間的兼容性，採用了更靈活的建模方法、智慧電網應用、電網調度和電力市場數據交換。

4. 數字化與智慧化階段（CIM 15.x - 最新版本）

2020 年至今，智慧電網支持：針對微電網、儲能系統、電動汽車（EV）等新增模型、數據互操作性：引入更加先進的工具，如版本控制、模型比較等功能、可擴展性：允許用戶自定義模型，滿足不同場景需求。應用場景包含：分散式能源資源管理、智慧電網和能源數據平台、跨系統的數據交換和整合。

CIM 版本的關鍵改進特點包含以下特點：

1. 數據範疇的擴大：從最初的傳輸網數據擴展到配電網、電力市場、微電網和分布式能源。
2. 互操作性提升：不斷改進模型結構和數據標準，支持不同供應商的軟體和硬體設備的互通。
3. 應用範圍拓展：從靜態建模到支持動態運行分析，並逐漸與 AI、IoT 和數位孿生技術結合。

CGMES 是指 Common Grid Model Exchange Standard（通用電網模型交換標準），它是由歐洲電力傳輸系統運營商網路（ENTSO-E）制定的一種標準，其目的是在不同的電網運營商 TSO 之間實現電網數據的標準化，以支持電網的規劃與運行，特別是在跨國電網的協調與整合方面，實現電網模型共享，支持電力市場的運作。CGMES 基於 IEC 61970 和 IEC 61968（CIM，通用信息模型）標準，涵蓋以下幾個關鍵方面：

1. 靜態電網模型：描述電力系統的設備、拓撲結構和參數。
2. 動態電網模型：用於模擬和分析電力系統的動態行為，例如穩定性分析。
3. 網絡互連性：支持跨區域、跨國電網的模型整合與協調。
4. 數據交換：提供電網模型數據的交換格式和規範。

透過 CGMES，歐洲的電網運營商可以更高效地共享和整合電網數據，支持 可再生能源的併網以及歐洲電網的跨國協作與規劃。

PSS®ODMS(Operational Data Management System)是 Siemens(西門子)公司所提供的一款的軟體，是一種基於 CIM 的網路建模和分析工具，可彌合多個公用事業領域之間的差距。它為電力系統規劃人員、營運規劃人員、系統操作人員和 IT 經理提供多種功能。這款軟體主要與電網運營相關，旨在幫助電力公司進行電網規劃、分析及操作數據的管理。PSS®ODMS 的主要功能包含：

1. 基於 CIM 的數據管理：PSS®ODMS 支援 CIM Model，可實現與其他符合 IEC 61970/61968 標準的軟體或系統的數據互通，並保證數據一致性。
2. 電網模型管理：集中管理電網模型數據，包括輸電和配電網路，支持多個電網模型版本，方便分析和運行管理。
3. 網路規劃與分析：進行負載潮流分析、短路分析和網路穩定性研究，及支持即時數據與長期規劃的結合。
4. 支持互操作性：可與多種第三方系統（例如 SCADA、市場管理系統）集成，實現高效的業務流程。
5. 增強可視化：提供用於電網建模的直觀圖形界面，以及強大的報表生成和結果分析工具。

PSS®ODMS 的應用場景有：

1. 電網運營商(TSO/DSO)：用於管理和分析電力系統模型，提高運營效率和穩定性。
2. 能源調度中心：提供實時運營支持，幫助優化發電和負載分配。
3. 電網規劃：支持長期的資產規劃和電網設計，適應未來能源需求。
4. 符合 IEC 61970 和 IEC 61968 標準：支持標準化的數據接口，便於跨系統協作。
5. 與 SCADA/EMS 整合：可作為整體能源管理系統的一部分，提升系統協同能力。

PSS®ODMS 是一款專業的電網數據管理與分析工具，特別適合大型電網運營商或能源公司使用，可以輕鬆建立、管理、驗證和交換網路模型，以用於長期規劃研究、近期營運規劃和即時系統營運。隨著電網規劃和營運變得更加複雜，跨部門共享模型資料的傳統、孤立的手動方式已不再是最佳選擇。西門子網路模型管理解決方案為規劃、保護和營運部門的模型資料提供單一事實來源，透過利用實體電網的完整數位模型，電業可以快速適應電網變化，同時高效、安全、可靠地增加再生能源容量。有效的數據管理策略需具備以下特點：

1. 數據透明化：清楚了解數據交換的時間、格式及一致性。
2. 數據驗證與標準化：基於國際標準和物理極限進行數據驗證，避免錯誤假設。
3. 長期協作與策略規劃：在高層制定協作策略，明確當前位置、未來目標及過程中的里程碑。

Siemens PTI 部門可提供諮詢，協助識別痛點並制定未來的數據管理策略。此外，透過穩健靈活的軟體解決方案，支持客戶面對數據管理挑戰，最終實現可靠且靈活的電網數據管理，這包含三個部分：

1. 系統分析：「我現在處於什麼狀態？有哪些問題？」
2. 概念設計：「我想要前往哪裡？」
3. 數據驗證是所有後續計算的基礎。只有建立良好的數據基礎，後續的計算才會有高品質的結果。

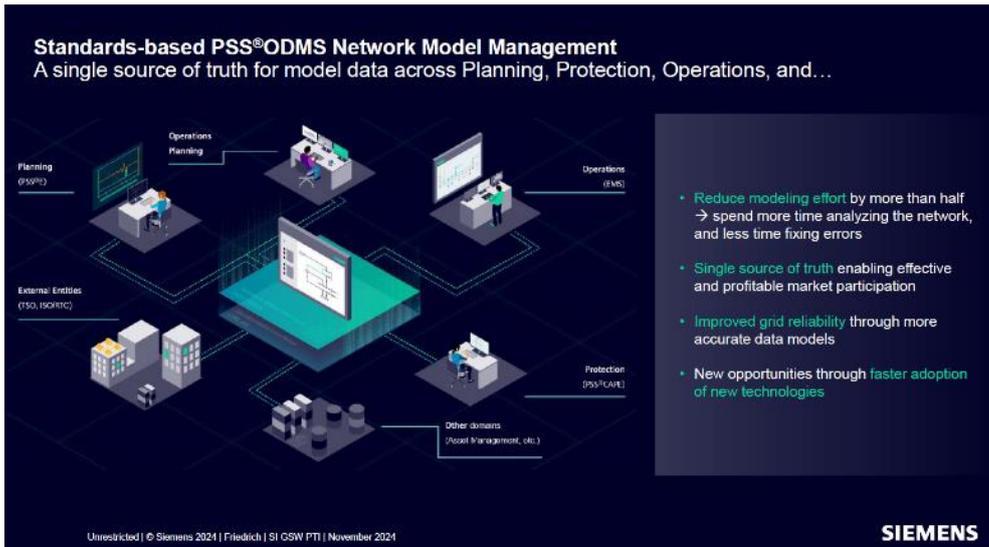


圖 22. PSS®ODMS 簡介[15]

IPS®NMM 係基於通用資訊模型(CIM)的網路模型管理(NMM)解決方案提供並維護與使用者資料庫、資料來源、應用程式和資產管理層次結構的連結。它可以輕鬆管理電力系統規劃和開發活動，並保證資料品質和完整性及基本的單一事實來源基礎。IPS®NMM 為網路模型的所有使用者提供單一儲存庫概念；此外，它還支援多個使用者、子模型、邊界區域、工作空間和模型單元。與僅追蹤網路模型當前版本的簡單解決方案不同，IPS®解決方案提供網路模型中每次變更的完整日誌，無論更改多麼小。IPS®NMM 以 CIM 16 為基礎，由 IEC 61970 和 IEC 61968-4 標準定義，為電力產業不同企業系統之間交換網路模型和運作資訊提供標準化架構。

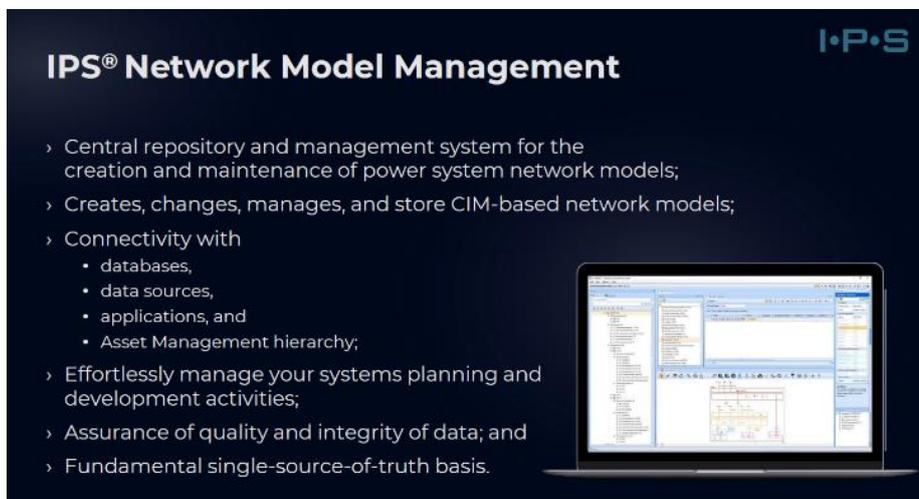


圖 23. IPS®NMM 簡介[16]

基於 CIM 的網路模型管理解決方案可以輕鬆整合來自網路和變電所的外部來源的資料、在匯入之前驗證資料並維護完整的變更日誌。此外，它還可以根據 CIM 資料自動建立佈局圖，從而節省時間。IPS®NMM 可匯入 PSSE 資料格式（如 RAW/SEQ/DYR），並進行 CIM 標準化交換，並支援以差異方式傳輸數據，避免整套數據重複傳輸，並有以下特點：

1. 分支和合併:使用者可以創建分支進行修改，並在修改完成後，將更改合併回主分支，這樣可以實現協同工作，並確保不會丟失任何參考數據。每個版本的數據都會被保留，並且可以進行比較和追蹤變更。
2. 版本控制系統:在單一的資料庫中，使用者可以擁有無數的模型，這些模型被存儲在模型庫中。模型有分支和版本，類似於標準的版本控制系統。IPS 實施了版本控制，並且在實時系統中展示了這一點，這與 GitHub 類似，GitHub 是一個版本控制系統，管理相同內容的不同版本，IPS®NMM 系統內部也實現了類似的版本控制管理，可進行版本比對、合併、編輯，並設定啟用版本。這樣的版本控制系統，使得在修改網路模型時，可以準確追蹤變更，誰修改了、為何修改，也能提供數據的回溯和分析。
3. 驗證是這個過程中的關鍵概念，當 CIM 標準被指定時，會進行所謂的外部驗證。外部驗證意味着將模型導出為 CIM XML 文件，並對其進行驗證。IPS®NMM 實現了基於 C#腳本的內部規則編輯器，使用者可以編寫自己的規則（例如命名約定）。系統會檢查使用者所實現的變更是否符合使用者設定的規則。這個驗證引擎會提供驗證結果。例如，歐洲的 ENTSO-e 要求他們的模型遵循 130 到 150 條規則，而在美國的 ENTERGY 系統中，會有多達 200,000 條錯誤警告，因為他們的規則設置不同，對 CIM 模型的期望也不同。

IPS®NMM 主要客戶分別介紹如下：

1. SvK(Svenska kraftnät): 瑞典國家電網公司是輸電系統營運商(TSO)機構，負責確保供電安全並確保瑞典輸電網路安全、環保且具有成本效益。瑞典電網由 15,000 公里的電力線路、160 個變電所組成。開始以 NMM 為核心，開發並即將實施電網模型資料庫 NMDB，創建了一個重要的中央系統，用於整合 SvK 的電網模型和模型相關數據，及來自發電機、配電和電力系統的模型資料。逐步整合停機管理與容量限制計算，專責人員團隊規模從原本 3 人增至 10 人，使用單一數據來源整合模型包括狀態估計、電壓計算與停機管理。
2. Entergy (美國) 包含 DSO、TSO、發電(核能)及零售業務建立獨立的網路建模部門，從各部門挑選建模團隊成員。
3. Powerlink Queensland 專注於電力傳輸基礎設施，負責輸電網的設計和管理，並支援電力設備的建模與分析，6 人團隊，管理 500 個變電所，針對投影、EMS、運營等領域分別設置專員。

上述客戶成功的關鍵在於他們建立了一個建模團隊，然後通常實作期程介於六個月至一年，具體時間取決於組織的時間表。工具可以立即使用，但需要培訓、教育，及需要進行內部組織變革，這取決於組織本身。

IPS 的建議是先進行 EMS 與 NMMS 的整合，IMS (整合模型管理器) 支援自定義功能與腳本(如 Python)，無法更改用戶介面，IPS®NMM 不支持 UI 擴展性，但使用者可以作為腳本或 Web API 集成來添加新功能。

在規劃階段，先匯出 PSS/E，然後基於匯出的 PSS/E 模型運行各種情境模擬，CIM (共同資訊模型) 通常用於網路整合，它也用於交換市場資訊，但並非全面交換模型，而是將市場系統與運營模型部分整合。歐洲和美國都採用這種做法，但並非全盤使用 CIM 進行交換，而是從 CIM 和市場系統提取資訊進行交換。

目前的策略是將所有市場數據整合進 CIM，並基於此開發一個 CIM 接口。不過，目前還未見到任何系統能直接開箱即用地交換完整 CIM 資訊，通常是兩個系統之間

的整合項目。不同部門對模型的需求不同，因此如何支持 NMMS（網路管理系統）就非常關鍵。一般會將模型拆分為共用部分和部門特定部分，維護共用部分，同時管理個別差異，最終為不同需求組裝出相應的模型。

歐洲的做法是透過法規進行規範，例如，ENTSO-e 網站上可以找到相關公開資料 (<https://www.entsoe.eu/data/cim/cim-for-grid-models-exchange/>)。這也說明了制定法規的重要性，特別是在台灣未來電力市場拆分之後，可能會出現兩到三家不同公司，建立模型交換的治理機制將會非常重要。美國目前不強制使用 CIM，例如 MISO 只交換 CIM 資訊，但停電資訊並不通過 CIM 交換，而歐洲則完全透過 CIM 進行停電資訊交換，澳洲能源市場運營商（AEMO）目前也在採用 CIM 並制定新的 CIM 交換規範，相關資訊公開在其網站上。

不同國家的更新頻率不同，例如美國每季更新一次正式模型，但每週也有臨時更新。通常週五更新，週一生效。自動更新機制主要是通知模型已就緒，但不會自動推送，特別是 SCADA 系統的更新，需要更謹慎的流程。

以下為兩家公司各自針對此次參訪所提出的提問回復，整理如下：

Q1: 通常是輸電級還是配電級電網傳輸公司會向你們購買 NMMS?

[Siemens]: 大部份是輸電級。

[IPS] : 大部份是輸電級。

Q2: 目前有哪些國家已經跟你們購買建置 NMMS? 他們使用 NMM 與 CIM 的出發點通常是基於什麼原因? 通常是應用於執行哪些業務及問題? 使用 NMM 的成果?

[Siemens]: 大部份是輸電級，包含德國四大 TSO 之一 Amprion GmbH。

[IPS] : 主要的三個客戶是 SVK（瑞典的輸電公司），他們將我們的工具作為主要建模工具；然後是 Entergy（美國），他們建立獨立的網路建模部門，從各部門挑選建模團隊成員；再來是澳洲 Powerlink Queensland，他們使用該工具來建模。

Q3:從實際案例上，導入 NMMS 後，NMMS 有哪些優點可以改善電力調度及系統運營？是否也有缺點需要克服或注意？

[Siemens]:潛在的挑戰包括：組織變革管理、公司願景（考慮到轉型的規模）、人們適應新工具和流程的心態、預算和供應商適應。

[IPS] :需要一個完整的團隊組成新部門，應由各部門使用模型的人組成。該部門團隊在確定建立完成 CIM 後，需代表各部門以共同維護/更新模型。

Q4:建置 NMMS 通常耗時多久才能夠完成將舊的電網模型管理方式轉變為新的電網模型管理方式？整體建置 NMMS 的成本大約是多少？

[Siemens]:雖然從來沒有一刀切的解決方案，但公用事業公司部署 NMMS 是一個旅程。我們通常建議將其分為幾個階段，使解決方案變得更加敏捷和易於管理。長度和成本根據覆蓋範圍而有所不同，典型的良好起點是 500k-100 萬歐元，並整合營運(EMS)和長期規劃 PSS®E 系統。

[IPS] :這完全取決於如何組織建模團隊，如何接管這一過程，因為我們溝通過的所有公用事業都在積極使用網路模型管理方法。關鍵是他們建立了一個建模團隊，然後通常的實施周期是六個月到一年，具體時間取決於組織的時間表。工具可以立即使用，但人員需要培訓、教育，以及需要進行內部組織變革，這取決於組織本身。基本上，會先保留原始方式逐漸銜接，大多數公用事業公司管理的都是 SCADA 和 EMS，所以會先建立兩者連接，在 EMS 中做的任何工作，都會導入到 NMMS 系統中，並持續跟進。然後在人員熟悉 NMMS 之後，他們開始分析在 EMS 中變更的需求，並將其應用到 NMMS 中，並開始從 NMS 中管理模型。建議是先讓 NMMS 與 EMS 進行整合。

Q5:CIM 通常用於交換網路的資訊，是否也有被用於交換市場資訊的案例？例如報價或市場結果？

[Siemens]:CIM 是三個 IEC 標準的集合，即針對電網的 IEC61970、針對資產的 IEC61968 和針對市場的 IEC62325，因此它也涵蓋了市場方面。

[IPS] :有，市場上用於交換資訊，有使用 CIM 模型資訊。

Q6:快速技術發展下，NMMS 如何進行更新及維護？有無可持續的技術支持計劃？

[Siemens]:我們在全球擁有超過 100 名客戶，並根據我們從他們那裡收到的日常互動回饋相應地制定了我們的路線圖。我們的目標是使我們的解決方案以客戶為中心，以便我們能夠根據客戶的需求更好地調整我們的路線圖。

舉一個例子，我們的產品/解決方案在過去 25 年裡不斷發展，從具有資料庫伺服器的標準桌面應用程式現在轉向支援雲端 RESTful API 和 Web UI。

[IPS] :有，可持續更新。

Q7:通常其他國家在使用 NMMS 時，網路模型更新流程：NMMS 如何處理模型更新的頻率？是否有自動通知或定期檢查機制來管理更新？

[Siemens]:這通常由系統整合商完成，該過程可以自動化並嵌入到公用事業自己的 IT 網域中。模型更新時可以發送通知，並根據台電本身的需求觸發相應的模型驗證（例如自訂模型驗證腳本）。

[IPS] :依各情況進行更新，一週 1 次(隨 SCADA 更新)、3 個月 1 次、1 週 2 次都有，但其實更新是取決於接收資料進行更新的。

Q8:NMMS 系統是否有權限管控的功能？主要可以區分為哪些使用者？分別擁有那些權責？

[Siemens]:透過兩階段 Windows 使用者驗證有條件地授予系統存取權限：

- 1) 登入託管 PSS®ODMS 應用程式軟體的實體或虛擬機器（桌上型電腦、筆記型電腦或應用程式伺服器）時；
- 2)嘗試從下列位置開啟 SQL Server 資料庫連線時 PSS®ODMS（每個使用者必須在 SQL Server 資料庫中設定）。在 PSS®ODMS 中執行功能的使用者授權由使用者角色決定，本質上是可設定的權限選擇。此外，可以設定和使用使用者群組來限制單一使用者對

項目和場景的存取，還有一種機制可以對特定使用者隱藏資料庫模型的專門指定的「外部」部分。

[IPS]:有，分成三種類型(專案經理 Project Manager、模型編輯者 Project Editor、專案監督 Project Supervisor)。專案經理負責管理擴展項目，專案監督負責審查項目和錯誤管理能力。此外，模型的分類成兩種，一是官方模型類別，二是非官方模型，如用戶模型、測試模型、臨時模型等，然後可以指派權限，讓某些人只能查看第一類官方模型，但可以編輯第二類測試模型等。

Q9:數據準確性與校驗：NMMS 是否設有自動數據驗證功能？如何檢查輸入數據的準確性以避免錯誤？

[Siemens]:PSS®ODMS 提供多個層級的網路模型驗證。CIM/XML 匯入功能檢查基本語法和關聯，並在日誌檔案中提供詳細的警告和/或錯誤訊息。驗證 CIM 模型功能提供進一步的連接、包含和重複檢查。建置案例功能提供工程級驗證，並詳細記錄不一致、缺失或可疑的電氣屬性值。潮流功能提供詳細的解決方案收斂訊息，結果在整個使用者介面中可見（包括表格和單線圖視圖）。最後，透過公共 API 支援擴充和/或自訂驗證。

[IPS]:可以透過 WEB-API 實現自動數據驗證能力。基本上，Web API 非常好，因為所有用戶可用的功能都可以通過 Web API 訪問。這些 Web API 可以由 IT 層級的任務調度器觸發。因此，使用者可以創建所需的工作流程，例如導出版本，進行驗證，然後發送驗證報告。使用者可以將所有這些手動過程自動化，並根據需要使用某些工具進行後處理。這取決於使用者的方法。IPS 支持自動化過程，但如何配置自動化過程取決於使用者。

Q10:異常情況下的回溯與恢復：當模型出現錯誤或系統異常時，NMMS 是否支持版本回溯？是否可以選擇過去的版本資料進行使用？

[Siemens]:是的。這可以透過 PSS®ODMS 中的項目/場景和歷史建模功能來實現。

[IPS]:基本上，對於追蹤模型並進行使用。這種方式並不推薦。我們建議的是，客戶在創建分支時，對分支進行修改，在將更改推回之前進行驗證和核對。然後合併並再次進行驗證。理論上，使用者可以從兩個不同的方向進行合併。這是他們的流程，當然，如果發生異常，使用者可以使用回溯功能返回到先前的版本，這是標準的版本控制功能。

Q11:隨著再生能源快速增加及能源轉型的情況，導致當前台電電網上有諸多的限制，如果未來針對 NMMS 的前端或後端有額外需求要進行變更時，台電方是否可以獨立新增新功能?

[Siemens]:PSS®ODMS 核心功能將由西門子開發和維護。台電將能夠透過提供的各種 API 將 PSS®ODMS 與其他系統整合，後端資料庫完全可配置用於自訂 CIM 模型擴充。

[IPS]:我們實現的可擴展性能力是使用者可通過腳本來新增處理功能，比如我們有內部腳本，也有 API 腳本。這就是 IPS 系統的可擴展性能力。IPS 不支持在 UI 介面上進行擴展。使用者可以擴展模型的某些功能，但不能在用戶界面上。以 PSS/E 為例，使用者可以編寫 Python 腳本並通過 Python 腳本進行處理，但使用者不能在工具欄中添加新按鈕。相同地，使用者可以添加新功能並激活該功能，無論是在應用內還是外部，但目前使用者無法更改用戶界面。(簡單來說，可擴充功能，但功能不可以用到介面)

Q12:建立 NMM，是否有需要建置其他相關配套的 IT 系統?或需要其他 IT 系統配合?針對硬體、虛擬機、應用軟體、資料的備份及備援機制如何設計?

[Siemens]:是的，NMMS 本質上是一個 IT 專案。它涉及產品供應之上的系統整合工作。IT 系統的設計通常由西門子和客戶共同製定，以滿足公用事業公司在專案執行過程中的所有需求。

[IPS]:關於 NMM 技術層級解決方案，這不需要相關的支持系統。所有創建的數據（包括用戶訪問權限、用戶管理等）都儲存在資料庫中。所有 IT 系統管理基本上是管理

數據和數據安全。IPS 的應用程序有桌面版，Windows 前端，並且有標準的終端服務器 IT 系統。目前此系統僅運行在 Windows 操作系統上。IPS 目前不支持 Linux，但可以在硬體上運行，虛擬機上也可運行，也可以在任何終端服務器環境或雲端運行。

Q13:NMMS 提供傳輸線路的停檢修資訊給 MMS 或 EMS 時，是以 CIM 的格式提供嗎？還是其他格式？

[Siemens]:該解決方案基於 CIM，但它可以利用資料轉換為其他格式。

[IPS]:NMMS 可以將數據導入市場系統(MMS)，因為市場有不同的擴展格式。因此，他們會將數據轉換為其他格式進行導入 MMS。對於 EMS 來說，我們看到像美國的 OSI 公司，他們可以導入 CIM 格式，GE Scala 可以導入 CIM 13 格式。我們正在進行 CIM 16 到 CIM 13 的轉換，然後將數據導入 SCADA。我們也看到他們將 CIM 格式導出，將其轉換為 CSV 等文本格式，再將文本格式導入 SCADA。在澳大利亞 Powerlink，我們也看到他們有一個專門的團隊，將這一過程自動化並成為導出管理的一部分。由於我們的軟體本身使用原生的 CIM 數據模型，因此他們需要進行數據格式的轉換。此外，關於市場的交換，CIM 標準有三個部分，並且有一個專門用於市場的 CIM。我們看到在國際標準中，這些 CIM 標準正在逐步協同化，這也會成為未來的趨勢。

Q14:在他們嘗試引進 NMMS，建立集中化網路模型管理的過程中，是否有遭遇過什麼與資安要求相關或其他令人印象深刻、較為困難的議題？

[Siemens]: NMMS 通常被視為一個 IT 專案。我們的 NMMS 解決方案部署在由實用程式管理的 IT 網域內的本機。例如，在美國，NERC 對如何存取大容量電力系統模型製定了非常嚴格的規則，因此每個公用事業公司都採用 NERC 提供的最佳實踐和指導來遵守此類 IT 專案。到目前為止，我們沒有看到任何資訊安全挑戰，Siemens Grid Software 擁有專門的安全團隊，負責監督我們的軟體開發、第三方元件以及部署環境中提出的（網路）安全相關問題。

[IPS]:歐洲的做法是透過法規進行規範例如，ENTSO-e 網站上可以找到整體策略，這些資料是公開的。這也說明了制定法規的重要性，特別是在台灣未來電力市場拆分之後，可能會出現兩到三家不同公司，建立模型交換的治理機制將會非常重要。美國目前不強制使用 CIM。例如，MISO 只交換 CIM 資訊，但停電資訊並不通過 CIM 交換。而歐洲則完全透過 CIM 進行停電資訊交換。澳洲能源市場運營商 (AEMO) 目前也在採用 CIM 並制定新的 CIM 交換規範，相關資訊公開在其網站上。ENTSO-e 的 CGMS 資料庫也提供了一系列有價值的文件，描述他們的流程。他們還制定了「網路代碼」，這是基於 CIM 標準但附加了一些特定的法規，並公開發布於歐盟委員會網站。美國案例：德州 ERCOT 的經驗分享德州是早期網路模型管理的先驅。他們因為缺乏商業化的網路模型管理工具，從 2007 年開始自行開發，後來的全球項目都借鑒了他們的經驗。

Q15:NMMS 如何確保敏感數據的安全？是否支持細緻的權限管理來限制不同用戶的數據訪問權限？

[Siemens]:透過兩階段 Windows 使用者驗證有條件地授予系統存取權限，首先登入託管 ODMS 應用程式軟體的實體或虛擬機器（桌上型電腦、筆記型電腦或應用程式伺服器）時。接著嘗試從下列位置開啟 SQL Server 資料庫連線時 ODMS（每個使用者必須在 SQL Server 資料庫中設定）。在 ODMS 中執行功能的使用者授權由使用者角色決定，本質上是可設定的權限選擇。此外，可以設定和使用使用者群組來限制單一使用者對項目和場景的存取。還有一種機制可以對特定使用者隱藏資料庫模型的專門指定的「外部」部分。

[IPS]:可以建立權限管理，權限管理使用者可分成三種：1. 超級使用者：可進行全系統操作、配置用戶權限及編寫規則。2. 高級使用者：負責網路模型管理、網路變更及組裝。3. 一般使用者：僅作為資訊消費者。

三、心得與建議

再生能源高占比得以運作的原因

1. 為何德國再生能源占比可以如此高的原因，其實主要是所連接的歐洲電網規模龐大所致，電網龐大到即使德國突然面臨再生能源發電量驟變，仍有時間餘裕透過跨國電能市場及平衡服務資源去維持電力系統的供需平衡。
2. 多虧德國的平衡責任方機制，在德國 100 多個 BRP 都確保規劃與實際的發/用電一致性，TSO 因此能更好地掌握即時電力供需狀況，讓德國於高占比再生能源下也能確保電力系統穩定運行。
3. 因德國再生能源多樣化且不過度集中，使電力系統供電較為穩定，即使德國的太陽能發電相對風力發電效率較差，但還是廣設太陽能，提高太陽能發電量占比，從而使德國於不同的季節都能具備一定的再生能源發電量。
4. 德國北部風電能較多且南部則負載較重，北電南送致使電網壅塞機率提高，而電網壅塞發生時，德國具備棄風棄光措施，故可切離導致電網壅塞之再生能源，避免繼續對電網運行帶來危害。

跨國電力市場

1. 歐盟委員會訂定共同規章，引導歐洲各國整合跨國電力市場，從而提升電能資源使用效率並建立最大經濟效益。我國雖為孤立電力系統未與其他國家連接，但反向思考，或許可將台灣電力系統分化成不同區域(維持同步電網情況下)，各區域電網各自決定各區域需求及供應，並建立區域電網間電能交換公平機制，從而反應區域電能成本，促進各區域電能供應及電力資源的均衡發展。
2. 觀察德國 BRP 機制，台灣或許也可賦予再生能源發電業者、用電大戶電能供需平衡的相關機制，從而轉嫁再生能源大量併網對電網衝擊所帶來的成本。

液態空氣儲能

1. 目前鋰離子儲能案場建設為國際電網儲能應用的主流，然而鋰離子儲能因其特性需要較多消防安全設備及設計規劃來減少案場風險，考量到部分區域不適宜建立鋰離子儲能，構造簡單、易擴增、可回收、無汙染且壽命長的液態空氣儲能或將占據安全儲能的一席之地。
2. 雖然液態空氣儲能反應速度慢並不適合快速反應的儲能應用(dReg、sReg、E-dReg)，但卻相當適合較大規模的長效型儲能應用(電能轉移、再生能源平滑化等)，待液態空氣儲能更加成熟後，未來或將與氫能儲能、鈳液流儲能共同競爭長效型儲能的市場。

微電網應用

1. 關於 EUREF 園區將電能轉換成熱能儲存並直接應用的方式令人訝異，以台灣的大型儲能案場概念來說，不論抽蓄水力(電能->位能->電能)還是電池儲能(電能)都會轉回電能後再使用，這不禁讓人思考，未來台灣在面對氫能發展時，或許不需要將綠氫轉回電能供台電自己使用，而是將綠氫作為商品直接提供給企業，像是鋼鐵業、氫能應用運輸業者。

NMMS

1. 以 ERCOT 為例，Siemens IMM (integrated model management) 因以 SGEM 為基礎，故無法直接匯入 PSS®E 進行長期規劃，但透過 PSS®ODMS 可將 IMM 模型轉換至 PSS®E 可匯入的格式，讓相關人員可進行潮流分析、短路分析與緊急情境模擬，可確保數據可靠性與整合性。
2. 建議本公司應從過去以應用為核心的資料管理 (Application-centric Management) 策略，即購買單一軟體工具，並試圖整合不同部門的工作流程，進化成建立單一數據真實來源 (Single Source of Truth)，以提升數據品質，避免在系統操作中因假設錯誤或數據錯誤而發生互相指責的情況。

3. 建立 NMMS 模型若在專業團隊的支持下，2 個月即可完成教育訓練，6-12 個月完成全面整合，同時 Siemens 及 IPS 兩家業者皆建議本公司可先進行 EMS 與 NMMS 的整合，後續再視各系統的需求與急迫性依序導入。

四、參考文獻

- [1]. Aurora 網站，<https://auroraer.com/>
- [2]. EUREF Campus 網站，<https://euref.de/en/welcome/>
- [3]. Fraunhofer 網站，<https://www.fraunhofer.de/en/institutes.html>
- [4]. IPS energy 網站，<https://ips-energy.com/>
- [5]. Phelas 網站，<https://phelas.com/>
- [6]. Siemens 網站，<https://www.siemens.com/global/en.html>
- [7]. M. Robinius, F. Stein, A. Schwane, and D. Stolten, “A Top-Down Spatially Resolved Electrical Load Model,” in *Energies*, vol. 10, no. 3, p. 361, 2017.
- [8]. 台電官網，<https://www.taipower.com.tw/-2289/2363/2367/2372/10314/normalPost>
- [9]. Energy-Charts, <https://www.energy-charts.info/?l=de&c=DE>
- [10]. Aurora Energy Research 現場簡報
- [11]. 歐洲各區域同步電網(Synchronous_grid_of_Continental_Europe)範圍地圖 - 維基百科，
https://en.wikipedia.org/wiki/-Synchronous_grid_of_Continental_Europe
- [12]. entso-e 網站，<https://www.entsoe.eu>
- [13]. Next-Kraftwerke 網站，<https://www.next-kraftwerke.com/knowledge/energy-only-market>
- [14]. Phelas 現場簡報
- [15]. SIEMENS 現場簡報
- [16]. IPS 現場簡報