

出國報告（出國類別：考察）

## 歐洲智慧能源考察團出國報告

服務機關：科技部前瞻司

姓名職稱：楊司長琇雅、謝研究員志毅

派赴國家：芬蘭、捷克、德國、英國

出國期間：106年6月14日至6月25日

報告日期：106年9月18日

# 目錄

壹、背景說明 .....	4
貳、考察人員 .....	4
參、訪問行程 .....	4
肆、參訪紀要 .....	6
一、芬蘭 CARITAS 長照機構 .....	6
二、芬蘭 SMRKET 超市.....	7
三、芬蘭科技研究院(VTT) .....	8
四、捷克 SafeDX、Foxconn DRC、Foxconn 4Tech 公司.....	11
五、捷克南波希米亞省及 Smart Pisek City 計畫.....	13
六、捷克科學院熱機械研究所 .....	14
七、捷克電電公會.....	16
八、德國 EWE 電力公司.....	17
九、德國 ULDEWI 公司.....	36
十、英國 Strathclyde 大學電力網路研究中心.....	38
伍、心得與建議 .....	39

## 圖目錄

圖 1、考察團成員於 CARITAS 醫院結合養老院服務機構	6
圖 2、全世界最節能的超市 SMRKET 與即時用電太陽光電發電看板	7
圖 3、使用 VTT LoRa 通訊方案的溫度感測器與閘道器	7
圖 4、二氧化碳作為冷媒製冷或加熱的設備	8
圖 5、VTT 向考察團成員介紹其 LoRa 通訊技術	9
圖 6、考察團成員與 VTT 探討人工智慧技術發展策略	11
圖 7、考察團成員與 SafeDX、Foxconn DRC、Foxconn 4Tech 探討合作方向	13
圖 8、考察團成員與南波希米亞省副省長探討合作方向	14
圖 9、考察團成員與捷克科學院熱機械研究所合影	15
圖 10、Enera 計畫藍圖與期程規劃	19
圖 11、Enera 計畫問題分析表	20
圖 12、Enera 計畫參與團隊成員組成	20
圖 13、EWE 智慧電網發展歷程	23
圖 14、EWE 智慧電網發展最佳化程序	23
圖 15、EWE 智慧電網發展工具箱	24
圖 16、EWE 也建立了類立交通號誌的管理標誌	25
圖 17、併聯有風力發電或太陽光電的線路負載分布	25
圖 18、動態的出力控制調整概念示意圖	26
圖 19、利用控制 3% 的出力控制對提升電網再生能源滲透率的影響	27
圖 20、歐洲(德國)電力市場機制示意圖	28
圖 21、德國電力零售市場運作程序	29
圖 22、德國重新調度所需要支付的費用統計	30
圖 23、Enera 計畫電力市場角色	31
圖 24、Enera 計畫建立交易平台與目前市場架構圖	32
圖 25、EWE 和 EPEX SPOT 一起規劃市場架構示意圖	33
圖 26、商業福音傳教士與資料科學家關係圖	34
圖 27、考察團成員與 EWE 研討會	36
圖 28、FINO1&2&3 位置圖及德國離岸風場 Alpha Ventus 和 FINO1 測風塔關聯圖	36
圖 29、德國所規劃開發 DolWin, BorWin, HelWin 及 SylWin 等離岸風場群	37
圖 30、考察團成員與 University of Strathclyde 電力網路研究中心	39

## 表目錄

表 1、2017 歐洲智慧能源考察團成員名單.....	4
表 2、2017 歐洲智慧能源考察團考察行程.....	5

## 壹、背景說明

全世界以集中式發電而發展的電力系統已有 100 多年的歷史，其整體之調度與布建以集中式發電廠為中心，台灣亦然。為了減緩溫室效應，各國積極推行減碳政策，使用再生能源。隨著太陽能、風能等再生能源之技術成熟，發電成本下降，全球正積極進行能源轉型。隨著再生能源之擴大使用，再生能源與傳統電力系統的整合，將產生如何維持電力系統運作之靈活性及穩定性、能源事業效率及能源市場結構改變等新課題。

政府的能源政策目標，在 2025 年時，再生能源發電占比達 20%，屆時再生能源之裝置容量大約達 40%。整體電力系統布建與調度，將由集中型轉變為分散型，過去以強化能源供應為主的營運模式，在不到 10 年之間，將轉變以需求管理為主，台灣的社會、經濟之運作，乃至人文與景觀，必有與現在全然不同。面對能源轉型的挑戰，除了再生能源發電技術提升、基礎設施擴建及需求面管理等輔助服務之外，更需隨著基礎設施的革新，將創新的技術或輔助服務與消費者及既存的能源基礎設施連結，整合應用，以開創新的或甚至是破壞式的商業模式，提供消費者更具誘因的選擇與市場連結，驅使消費者與能源開發商共同擴大使用或開發再生能源。

## 貳、考察人員

表 1、2017 歐洲智慧能源考察團成員名單

姓名	單位	職稱
楊琇雅	科技部前瞻司	司長
謝志毅	科技部前瞻司	研究員
林法正	科技部智慧電網主軸中心	召集人
林郭文艷	大同公司	總經理
林之寅	大同公司	處長
李庭官	中興電工	經理
陳彥豪	台灣經濟研究院研究一所	副所長
盧思穎	台灣經濟研究院研究一所	組長

## 參、訪問行程

本次參訪的單位有：芬蘭科技研究院(VTT)、捷克科學院熱機械研究所 (Institute of Thermomechanics, Academy of Sciences)、南波希米亞省 Smart Pisek City、捷克電電公會(The Association of Electrical Engineering Companies, EIA)、捷克 SafeDX、FOXCONN DRC、FOXCONN4TECH 公司、德國 EWE 電力公司、德國 DEWI 公司、英國 University of Strathclyde 電力網路研究中心(Power Network research center)等，了解未來能源系統整合發展、人工智慧與能源領域應用、以及討論進行能源科技合作的可能性，另，亦拜訪芬蘭老年長照機構 CARITAS。

表 2、2017 歐洲智慧能源考察團考察行程

日期	活動
6 月 14 日(三)	自台灣搭機前往芬蘭奧盧
6 月 15 日(四)	傍晚抵達芬蘭奧盧
6 月 16 日(五)	上午拜訪：芬蘭長照機構 CARITAS、 SMRKET 節能超市 下午拜訪：芬蘭科技研究院(VTT)
6 月 17~18 日(六)(日)	離開芬蘭奧盧搭機前往捷克布拉格
6 月 19 日(一)	上午拜訪：SafeDX、FOXCONN DRC、FOXCONN4TECH 下午拜訪：南波希米亞省 Smart Pisek City
6 月 20 日(二)	上午拜訪：捷克科學院熱機械研究所、捷克電電公會 下午搭機前往德國漢堡
6 月 21 日(三)	與德國 EWE 公司辦理智慧電網座談會
6 月 22 日(四)	上午拜訪：UL International GmbH – DEWI 下午搭機前往英國
6 月 23 日(五)	拜訪 University of Strathclyde 電力網路研究中心
6 月 24 日(六)	自英國愛丁堡返回台灣
6 月 25 日(日)	抵達台灣

## 肆、參訪紀要

### 一、芬蘭 CARITAS 長照機構

- (一)CARITAS 是一個結合養老院與醫院的服務機構，係私人基金會所有，設有餐廳、住宿房間、小型醫院及簡易生活設施，提供入駐老者飲食、居住、醫療等服務，該機構也對鄰近社區的在家老者提供照護。CARITAS 係營利組織，其資金大部分來自私人機構，也有來自非營利組織的資助。95%居住在 CARITAS 的老者，都要繳費，老人可利用芬蘭政府提供之津貼給付費用。
- (二)在芬蘭，醫療保健和社會照護二個部門之間存在鴻溝。CARITAS 的宗旨在結合醫院與養老院的功能，提供良好完善的服務，讓入駐的年長者有家的感覺，在一所大房子裡得到所有的服務，如此一來，入住者就不需要移動，在該建築內安享晚年。這種整合營運模式已有 15 至 20 年的歷史。該機構人員表示，養老院結合醫院的經營模式，建築造價較為昂貴，人力需求較多，一般人會把這裡當作普通醫院，而忽略這裡有綜合性的服務。由於該機構給予年長者很好的照護，大多數人會選擇再度前來接受照護。不過，由於老年人的權利日漸減少，對於入駐的要求也越來越高，這是該機構面臨的問題。



圖 1、考察團成員於 CARITAS 醫院結合養老院服務機構

## 二、芬蘭 SMRKET 超市

(一)進入 SMRKET 超市，明顯可見樹立有一看板，顯示太陽能發電量及減碳量等數字。該超市的負載容量約 77kW，其中，31kW 由屋頂的太陽能電板供應。超市中販賣許多的物品，蔬菜、肉類、乳製品等生鮮品被放置在不同的區域的冷藏櫃中，控制在適合的溫度、濕度的環境中，以避免腐壞造成的損失。如果可以在超市內各處進行溫度等環境資訊的取樣及分析，以調節溫、濕度等，則產品可保鮮，顧客也可在舒適的環境購物。



圖 2、全世界最節能的超市 SMRKET 與即時用電太陽光電發電看板

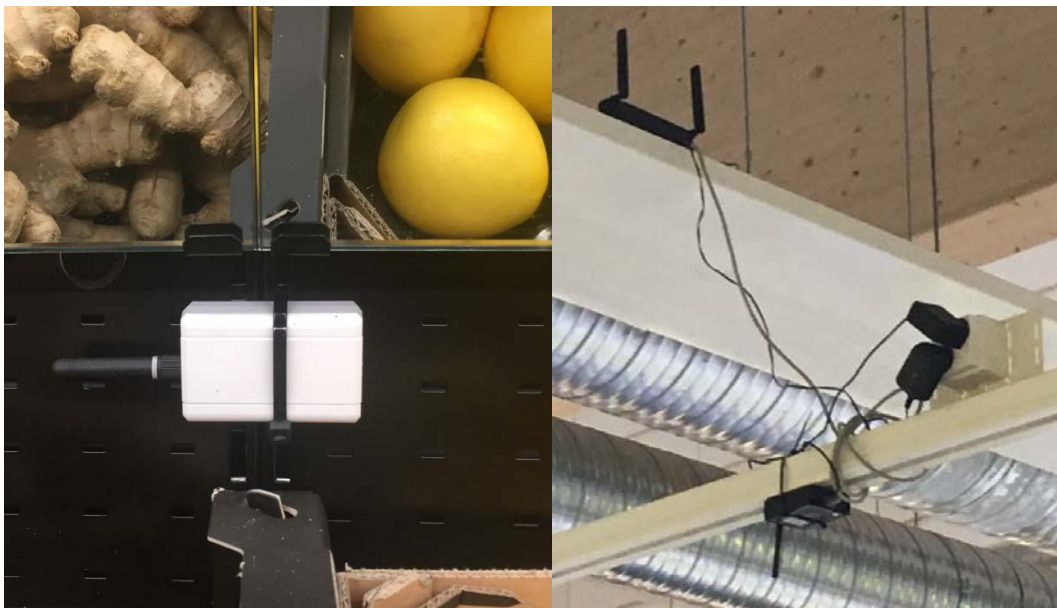


圖 3、使用 VTT LoRa 通訊方案的溫度感測器與開道器

(二)芬蘭的年度總用電量大約為 85TWh，此一超商的供應鏈年度用電量約 1.1TWh，高於芬蘭鐵路的年度耗電量 0.76TWh，如果該供應鏈採用一套有效的節電作法，其節電效果將相當可觀。以下介紹 SMRKET 超市的作法。在監測端，該超市總面積 1,200 平方公尺，目前分散設置了 26 個 VTT 發展的歐規 922MHz LoRa 通訊方案的溫度感測器，並使用 1 個 LoRa 開道器(Gateway)來接收這 26 個感測器的資訊，以隨時掌握賣場特定區域或冷凍設備內的溫度狀態。VTT 開發的 LoRa 開道器，1 個開道器可以接收 100 個感測設備的資訊，也可傳輸資訊至感測器端。從 LoRa 開道器到外部網路係利用電信公司的網路，網路費用分攤到個別的感測元件，則一個

感測元件每月的通訊費用約歐元 1 分。相對於電信公司所提供的物聯網通訊，這種通訊是區域獨立的運作的物聯網。

- (三)製冷或加熱則採用二氧化碳冷媒設備進行，該設備由瑞典製造。這部設備有五台二氧化碳壓縮設備用於製冷，一台壓縮機用於熱泵。這套設備不但提供冷凍櫃零下 34 度的製冷，也提供冷藏櫃零下 2 度的製冷，此外，也提供室內空調所需的冷熱源。天氣冷的時候，這台設備則可為室內加熱的熱源，此超市有 10 個鑽深度 250 公尺的熱井(heat well)，液態的二氧化碳在熱井透過熱交換後，輸送到此設備中。目前，外面的天氣比較熱，地下溫度約 60~70 度，室內需要降溫，就利用地下和地面的溫差作功。如果室外溫度比較低時，就需要對室內加熱，如此，就將地下的熱能直接取出，以提高系統效率。原則上，由於整個空間內所有設施的製冷或加熱全部整合在一台設備執行，此一設備並有很好的監測系統，可以讀取資訊，進行控制，故整體能源使用效率很高，可節約能源使用，節省電費支出。這套系統售價為 130,000 歐元，在加上施工、自動化控制等，總費用為 350,000 歐元。其選用二氧化碳作為冷媒，係因其他的冷媒會對環境造成不良的影響。此外，利用超商的分時用電資料，可以知道用電的主要時段為何，進行能源管理。例如，在高價電費時段，就由儲冷設施供應冷氣，以減少尖峰用電量；這些資訊如果提供電力公司，就有助於發電的排程。SMRKET 致力於改善各分店的電力使用，類似的系統已經導入 20 個以上的分店，最大的賣場空間是 24,000 平方公尺。SMRKET 是在 2007 年開始導入第一套系統，迄今已有 10 年，惟仍精益求精，不斷地改善新賣場的能源使用效率。



圖 4、二氧化碳作為冷媒製冷或加熱的設備

### 三、芬蘭科技研究院(VTT)

VTT 類似台灣工業技術研究院，本次參訪該機構討論的主題有二，一為能源，一為人工智慧。

- (一)NEP-II 團隊過去與 VTT 在智慧電網方面已有合作，主要是智慧電網需要電網內各點傳輸回來的電壓、電頻、用電量等資料，經過分析、整理及研判後，再將指令傳至供電、輸電或用電端，以節能省電，減少能源支出。在通訊元件方面，VTT 有相當的經驗，如前所述，其產品應用於 SMRKET 超市，國內智慧電網研究團隊以



往並也使用了前期的 LoRa 閘道器產品，希望能與 VTT 有更進一步的合作。VTT 自行開發的 LoRa 閘道器，可測量溫度、濕度、壓力等，其他諸如二氧化碳或是壓差感測之量測功能，亦可納入。VTT 的 LoRa 閘道器，有天線長達 5 公分的型別，也有隱藏式天線型，兩者相較，後者的有效通訊半徑小，約為前者一半。一般而言，在輕隔間的室內，此一閘道器傳送資料的距離約 100 公尺，1 個閘道器可接收 100 個感測器的資訊。目前的設定，感測器透過閘道器和雲端伺服器每 10 秒鐘與控制中心進行資料傳遞。VTT 所開發的 LoRa 閘道器和台灣廠商開發的產品相比，無論是天線的數量或體積，都小很多，消耗能量越少。

(二)VTT 已經將該產品用於多個會議室的狀態管理系統。其產品可讓通訊變得更有效率之原因在於所使用的通訊協定，可對資料進行壓縮(condense)、最佳化酬載(payload)<sup>1</sup>，以傳輸更多的資訊。VTT 使用單一閘道器接收所有感測器資料，係為了要減少能耗，如果使用 Mesh 網絡的概念處理，雖然資料的傳輸量會倍增，惟能耗也會加倍；電力耗盡，系統與該閘道器將失去連結，資料無法傳輸。本次訪問，我方研究團隊與 VTT 談妥合作方案。對方將依我方需求製作 LoRa 閘道器，用於國內的智慧電網研究；未來，我國企業開發的能源管理系統則在該地進行測試。



圖 5、VTT 向考察團成員介紹其 LoRa 通訊技術

(三)在 80~90 年代，就開始有很多人工智慧(AI)的研究，相關研究只侷限在特定的研究人員。從去年開始，人工智慧(AI)受到相關多的關注與重視，VTT 認為目前的環境

<sup>1</sup>承載資料的封包、訊息或程式碼部分。

對於人工智慧的應用已經相對成熟，未來將有很多的應用出現。人工智慧受到重視有兩個重要的原因：(1)有數量龐大的資料(DATA)，可提供用於機器學習(Machine Learning)教導系統，系統具備有實際分析能力。(2)有更多的計算處理能量(Processing Power)，例如 GPU 等等，利用於執行人工智慧的演算法(Algorithm)，特別是神經網路(neural network)或是深度學習(deep learning)。

- (四)VTT 在深度學習方面有很好的研究成果，因此，深入探討人工智慧(AI)及其對於社會、產業、商業的衝擊，對芬蘭的 AI 發展提出建議。在本團訪問前一個月，芬蘭貿易及勞動部與 VTT 合作發起一個國家級計畫，以確保芬蘭在 AI 科技的應用方面有堅強的實力。VTT 在其政策報告(Policy Brief)中提到，長期而言，AI 的導入會對於社會、產業、商業產生深遠的改變，此一改變並非在幾年內就顯現。此報告中也說明人工智慧的意涵及其涵括的科技領域。基本上，VTT 不認為人工智慧是真正的智慧，而是一種讓機器或系統採理性動作的一種方式。VTT 研究全球不同顧問公司對於人工智慧的研究報告，在不同的國家，AI 可增加生產效率或提高生產的附加價值。相較於其他國家，藉由人工智慧的發展，芬蘭可以得到更多的利益，因為芬蘭有相對較高的教育程度、具競爭力的資通訊(IT)的產業(例如 NOKIA)，政府、企業和民眾之間有很好的合作與信賴關係，且從 80 年代就開始人工智慧相關研究，已有基礎。
- (五)目前，無論是美國、中國或是或其他較具規模的國家，對於人工智慧(AI)的基礎研究非常重視，一些大型企業，例如 Google、Apple、Facebook、阿里巴巴、百度等，在方法學的研究或是在應用方面，也很投入。因此，VTT 覺得芬蘭在 AI 的投入應該要和該國比較有優勢的領域結合，從中找出領先的應用(Leading Application)。VTT 建議要多與利害關係者、意見領袖循論壇(Forum)或公開討論會的方式多加溝通，因為目前很多反對的聲音主要來自對於 AI 或自動化可能造成失業的恐慌。討論的主題可包括：AI 導入會帶來甚麼改變、此一改變需要多少時間、因 AI 導入的失業者的基本收入如何處理等。另外，VTT 也建議，是芬蘭要利用 AI 強化既有實力的領域，例如：重工業(Heavy Machinery)、森林採伐機械(Forest Harvest Machinery)、造船業(Ship Building)、能源(Energy)，首要之處是必須要找出 AI 和這些領域的連結。芬蘭科學院(Academy of Finland)已經開始補助與人工智慧結合的研究計畫，也有一些人工智慧研究是由企業主導的。
- (六)VTT 認為，芬蘭應支持以人工智慧作為核心業務的新創公司，協助它們成長，如果它們被賣掉，有可能會被中國、日本、或美國等其他國家的企業併購，企業的運作就會被移轉到國外，因此，VTT 覺得芬蘭的大型機構基金(Institute Fund)，例如：退休基金等，必須投資在這些具有前景的快速成長科技公司，使得這些知識及收益可以儘量留在芬蘭。當然這不是代表要限制國外資金的投注，是希望政府的資金可以多多投注到這些領域。法規方面，需要顧及隱私、安全等，但是也不能過度地限制，例如，自駕船舶與自駕車輛的發展及商業化，就應訂有靈活性的法律，為其發展奠定基礎。傳統大公司與新創技術公司的合作，也是相當重要，因為新技術的開發，在小規模、獨立的測試之外，可能也需要應用傳統大公司的資料，因此，要有長期的發展策略。基礎教育方面，教育和研發對於支持長期性的改變極為重要，無論是資淺或是資深人員都應該要開始學習人工智慧。人工智慧不僅是只有數

學、資通訊技術，也包含對於人工智慧的態度，要有學習的工具。即便有成本的壓力，企業著眼於未來的利益，也都應該開始提供所屬人員有關人工智慧或自動化方面的訓練，導入自動化設備。

(七)VTT 在資料分析(Data Analysis)、模式識別(Pattern Recognition)與深度學習(Deep Learning)方面，已有多年的研究經驗。這些經驗導入在分析不同類型運動或是其他物體移動的活動型態已有兩年，資訊分段(segmentation)的分析、辨識的結果，已經有很好的改進。類似的發展與應用，也發生在其他領域。目前，在全球人力資源市場上，資料分析的人才需求非常大，具資料分析經驗、懂得資料分析系統的人才，非常搶手。VTT 在人工智慧上主要是以神經網絡(neural network)為基礎進行分析，過去也有研究代理人模式(agent-based modeling)、代理人系統(agent system)。目前也有將這些技術應用在藥物的開發。



圖 6、考察團成員與 VTT 探討人工智慧技術發展策略

#### 四、捷克 SafeDX、Foxconn DRC、Foxconn 4Tech

(一)SafeDX、Foxconn DRC、Foxconn 4Tech 是富士康在捷克新設的公司，Foxconn 4Tech 負責創新工業 4.0 製程解決方案，Foxconn DRC 負責研發與設計服務，SafeDX 則是負責資料中心，資料中心於去年 12 月建置完成。Foxconn DRC 與 SafeDX 資料中心，以及 Foxconn 4Tech，可以連結，發揮整合效果。

(二)富士康以捷克作為向歐洲發展的據點，在捷克已經有 15 年的發展歷史，在物流、服務與生產製造方面，已具有相當的能力，也有很多發展計畫進行中。目前，該公

- 司已經是捷克第二大出口公司，在該國就業市場有很重要的地位。從 2016 年開始，富士康和捷克政府有很多的合作計畫與承諾，近期開始的第二代行動方案 (Generation 2 Initiative) 關注在創造新的創新能力，以協助該公司在歐洲的發展。
- (三) 富士康在臺灣、大陸等地已經開始投資新的資料中心，這部份也連結到工業 4.0 及物聯網，這樣的活動也在歐洲展開。SafeDX 係基於富士康創新行動方案 (Innovative Initiative) 成立的一個雲端服務公司，在發展專屬服務之外，也運用富士康發展的解決方案服務當地的客戶，吸引國際企業，協助他們為整個歐洲或是中歐的客戶服務。
- (四) Foxconn 4Tech 主要是在開發自動化、工業物聯網、以及機器人相關的工業 4.0 製程解決方案，這些方案主要在開發軟體、設備維護、產線資料的分析能力等，希望其成果可以推廣到歐洲的中小企業。這些發展都是以富士康既有的製造能力為基礎提出的解決方案，也都會連結到富士康可能提供的零件、設備或是軟體服務。
- (四) 富士康 (Foxconn) 是世界最大的電子產品合約製造商，Foxconn DRC 為設計與研發中心，專注在三個領域發展，軟體開發 (Software development)、硬體設計 (Hardware Design) 與機構設計 (Mechanical Design)，定位在將富士康從合約生產商 (Contract Producer) 改變成為所製造的電子產品的智慧財產權 (Intellectual Property) 的擁有者。目前，Foxconn DRC 正在開發幾項產品：(1) 物聯網閘道器，包括：機構設計與軟體開發。(2) 開發城市使用的智慧路燈，其可以作為電動載具的充電設備，所設置的攝影裝置可供治安之用，路燈的照度可以依據交通的狀況利用遠距控制調整。(3) 儲能系統，針對一般家庭，發展太陽能板發電電能的儲存設施，該設施中置有變流器和電池，其能源管理系統會將電力資訊送回雲端中心，以供資訊分析之用。(4) 分散式的電力供需平衡控制系統，其應用情境如下：公用電力事業擁有多個相似的儲電貨櫃，單一儲電貨櫃的儲電量約 700kWh，利用在資料中心的電力供需平衡控制系統，調整儲電櫃的充放電排程，以維持電網的穩定性。(5) 線上用電監控系統，這套系統可連接再生能源發電系統、儲能系統或是用電設備，讓各種狀態可視化，也可以進行預測與排程，最終目的是發展為虛擬電廠、協助節能。透過可視化裝置，系統的擁有者可以看到節電量或節電費用。提供設備者可以從遠端進行控制、故障排除、韌體更新等作業。Foxconn 4Tech 成立於 2015 年，係從富士康捷克公司分拆成立的新創事業，由富士康捷克和 KGCC 共同設立，目前有員工 15 名，今年底員工數將增加到 100 名，主要是負責工業 4.0 和智慧電網解決方案的開發，包括：包含軟體、硬體與整合解決方案等，以協助工業用戶在具有成本競爭力的條件下將其製程設備或產線升級。在布拉格有物聯網和資料科學兩組人員，在資料的蒐集、分析與可視化方面，具有相當的能力；在 Pardubice 的部門主要在接洽客戶，專長在機電電機、機械設計等，可以提供客戶系統整合的服務，所取得的業務部分會委託給公司的其他部門執行；另外，有一個部門主要在開發 SCADA System 等應用軟體。工業領域物聯網的工作主要是將實物連結到虛擬應用。Foxconn 4Tech 的平台使用開放式的標準，並專注在新的標準應用，開發新的微型工業電腦，也使用機器學習的方式，讓系統能自主地進行最佳化控制。Foxconn 4Tech 也蒐集工廠的 70 台機器的能耗狀況，利用這些資料進行分析與預測，建立其智慧電表的解決方案，這些設備係使用智慧電表和 RoLa 通訊協定。Foxconn

4Tech 有 5 個專業的資料分析工程師，專注在資料分析的工作。最後，Foxconn 4Tech 人員提到，可以和我方合作向當地政府提出計畫。



圖 7、考察團成員與 SafeDX、Foxconn DRC、Foxconn 4Tech 探討合作方向

#### 五、捷克南波希米亞省及 Smart Pisek City 計畫

- (一)捷克南波希米亞省副省長 Josef Knot 原係 Pisek City 的市長，該城市是南波希米亞省推動智慧城市的重要先導示範城市，NEP-II 研究團隊在其擔任市長時，就曾與其在 Pisek City 合作建置一示範性的微電網。Josef Knot 表示，推動創新的智慧電網技術已納入在南波希米亞省政府的政策中，省府正在推動區域的議會支持這項政策，他希望南波希米亞省能多與我國合作，帶入新的科技，完成試驗，繼而推廣到南波希米亞省的其他地方。Josef Knot 提及，南波希米亞省設有智慧區域發展委員會，成立迄今已運作 2 年，業務領域涵括交通、節能、環境、科技整合等。該委員會和來自南波希米亞省及捷克其他地區的各領域專家合作，就前述各領域的發展項目進行研討，做出具體結論，交由南波希米亞省的管理部門決定要導入與實現的項目，擬定對應的示範計畫。主導示範計畫的公司必須是在南波希米亞省註冊的公司，示範計畫要有捷克的大學或研究機構加入。南波希米亞省關注所屬各個規劃導入智慧區域概念的城市之間的協調與合作；有關智慧區域的概念，發展委員會正在討論中。智慧區域的概念最終要深入落實到城市，最重要的關鍵是與各個城市的現況連結，如果這部份工作做好，就可以設定整個計畫的願景、程序和目標，擬妥 10 年或更長期的發展策略。
- (二)目前擔任該省顧問的捷克前環保部部長表示，台灣有很特殊的地理位置和社會發展，科技方面也有很好的發展，希望雙方可以持續有很好的對話。捷克與台灣類似，目前的能源供應都是以化石能源為主，惟南波希米亞省希望朝向再生能源發展，加強能源的使用效能。捷克在很多領域有研究的潛力，有 40 個研究機構有興

趣參與智慧區域發展的課題。人工智慧方面，布拉格就有一個新的研究機器人的機構，可以和台灣合作。捷克朝向智慧區域發展規劃，已有多年，這是永續發展的一環，這部份也被納入捷克 2030 國家總體發展的策略，包括：對於不同領域、以及國家、區域和城市等不同層次的永續發展策略。智慧城市的概念在捷克得到很多的支持，因為此一概念對於社會許多構面會有很大的影響。以往，捷克環保部和 Pisek City 或其他地區簽有合作備忘錄，南波希米亞省不只關注與環保部的合作關係，也關心電動車、節能、低能耗建築及以生質能為熱源等能源技術的發展。南波希米亞省在捷克素有潔淨區域的美名，沒有重工業，沒有燃煤電廠，很有機會發展為智慧城市或進行智慧電網示範。很期望台灣和南波希米亞合作，並會有很實際的產出。永續發展對於台灣、捷克或是其他國家都是很重要的發展方向，這是雙邊合作重要的主軸。

- (三)該顧問又表示，身為歐盟的成員之一，捷克有三個很重要的義務：(1)減少溫室氣體排放；(2)改善能源使用效率；(3)增加再生能源占比。捷克並沒有很多的再生能源，最重要的挑戰是節約能源。在能源政策方面，強調在需求面的管理，例如，運用智慧電網、提高能源使用效率。該顧問又提到，分散式電源和智慧電網已經被列在捷克共和國施政時程表上，捷克是開放性市場，歡迎好的創新科技，除了捷克當地的企業之外，其他國家的企業也可參與。為了使本次的會談更為務實、有效，建議雙方可以考慮雙邊合作和導入區域共同合作。期望看到台灣方面就前述方向提出可以共同合作的建議，若確認是雙方都有興趣的研究領域，則可以進行共同研究；除了再生能源的設備外，儲能系統也是雙方可以合作的項目。南波希米亞省收到建議書後，會進行評估。

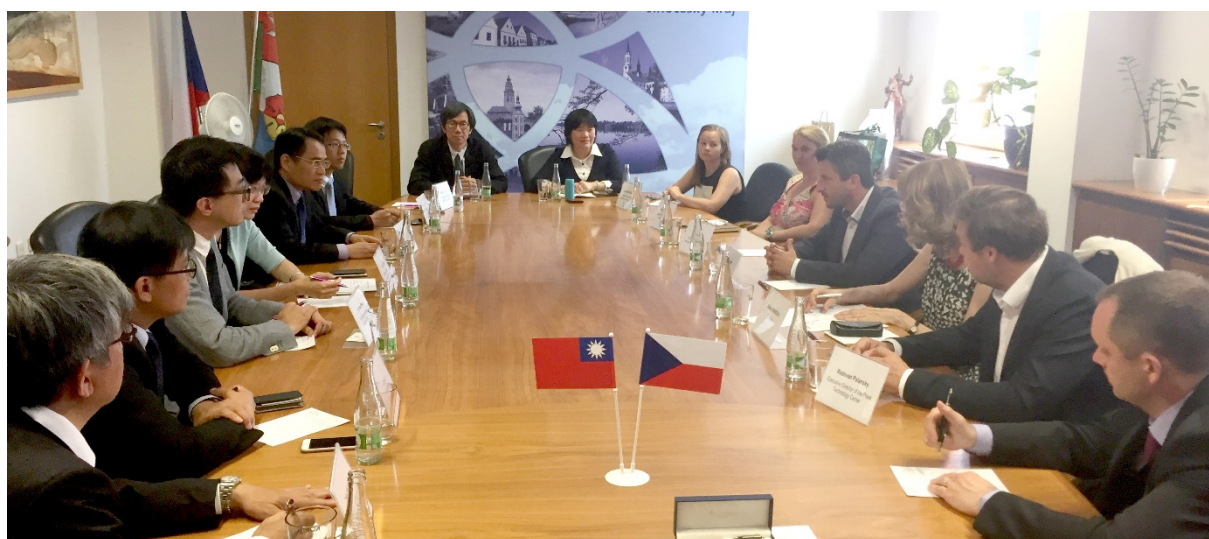


圖 8、考察團成員與南波希米亞省副省長探討合作方向

## 六、捷克科學院熱機械研究所

- (一)本次拜訪捷克科學院熱機械研究所(Institute of Thermomechanics, Academy of Sciences)由所長 Jiří Plešek 及副所長 Miroslav Chomát 偕同其同仁接待。捷克科學院的研究人員除了從事基礎研究外，也要投入 20% 的時間在捷克的大學授課。捷克科學院 Academy of Sciences 是由 54 個研究所組成，其上並沒有實體的統合單位，

個所研究人員總數約 8,000 人。捷克科學院各研究所的主要任務是從事自然、工程、社會與人文等個別領域及跨領域的基礎研究，同時，也會考慮社會和文化的特定需要，從事應用研究，並與產業合作。科學院研究人員也透過博士生課程和大學教學參與教育工作。另外，也透過參與國際研究活動及訪問海外機構，進行科學家交流，融入國際。

- (二)捷克科學院熱機械研究所研究領域包含流體動力學(fluid dynamics)、熱力學(Thermodynamics), 機械系統動力學(dynamics of mechanical systems), 固體力學(solid mechanics), 流體與固體耦合(interactions of fluids and solids), 環境氣動力學(environmental aerodynamics), 生物力學(biomechanics), 機電整合(mechatronics), 電子物理學(electrophysics), 電機機械控制(electrical machines), 驅動器、電子與材料診斷(drives and electronics and material diagnostics)。
- (三)會議中，我方由陳彥豪博士報告我國智慧電網的未來發展規劃，對方則由 Miroslav Chomát 副所長說明捷克的電力系統。捷克電力系統主要是由捷克輸電系統調度中心 (Czech Transmission System Operator, CEPS)負責調度，對於系統的未來發展可能沒有像我國一樣有深入的規劃，也沒有類似台灣的產學研共同投入創新智慧電網系統解決方案研究與開發的作法。該研究所已開始嘗試與捷克輸電系統調度中心探討合作研究主題。林法政教授建議，智慧電網發展最重要的兩項，一是需量反應，另一個是增加電力系統的再生能源滲透率，捷克未來在智慧電網的發展可以專注在此二領域。該研究所建立的示範場域是推動研究發展很重要的手段，可作為未來主導大型計畫的前期工作，惟相關的研究需要結合電力公司進行，才能實際驗證。Miroslav Chomát 副所長表示，該研究所建立微電網示範計畫的想法仍在持續規劃，利用儲能系進行需量反應也包含在內，對於利用設備用電控制達到抑低負載的作法則未納入，因為捷克科學院熱機械研究所沒有可以調控的負載。



圖 9、考察團成員與捷克科學院熱機械研究所合影

## 七、捷克電電公會

- (一)捷克電電公會(The Association of Electrical Engineering Companies, EIA) 的功能類似我國的電機電子工業同業公會(TEEMA)。捷克位於歐洲的中央，沒有風力發電的資源，對於捷克而言，導入風力發電機沒有太多的意義。雖然在捷克有導入太陽光電，主要的電力來自於燃煤及核能發電，提供將近 90%的電力。捷克的電力市場主要是由捷克電力公司(CEZ)主導，兩個主要競爭對手是布拉格能源公司(Prague Energy Company, PRE Group)和的隸屬於德國 E.ON 公司捷克 E.ON，這三家公司皆具相當的政治及財物的本錢，主導該國的大部分的電源開發計畫，在很多小鎮也有自己的小型能源或電力公司供應商。要成為這 CRZ、PRE、E.ON 三家能源公司的供應商，需具一定的程度。這些公司大部分設備都是採用國際級供應商的產品。
- (二)捷克的第一個電廠建立於 160 年前，電力供應已經有一段很長的歷史。全世界最早的科技大學在捷克成立，歷史已經超過 300 年，在電力領域，捷克有很好的技術人員及人才。傳統電力系統和多樣化來源的電力系統很不一樣，後一系統中，有很多的用戶，有些用戶在日間就可利用再生能源發電，或是利用太陽能發電對電網供電；這類型的用戶，有時是電力的消費者，有時是電力的生產者，因此，電力的流向也由過去的單向轉換為雙向，多少電力被消耗或注入電網成為關注的課題。對於電力車輛，如果政策上要求賣場要提供一定規模的充電設備，將是賣場的一大挑戰，因為諸如：線路、契約容量、變壓器等都要重新裝設。對於這些課題，捷克電電公會成員中的部分公司已開發有解決方案，有的可以在市場中提供很先進的智慧電表，也有一些公司已開發量測電力品質的設備。儲能系統方面，捷克公司開發的比較少。
- (三)捷克人口約是台灣的一半，整體而言，捷克市場規模並不會太大。因此，與其將市場目標設定在捷克，不然將捷克視為進入其他歐洲國家的中繼站。如企業提出的解決方案可以滿足捷克的規範，也就可以出口到歐盟其他國家。由於捷克的電力公司大部分都是國家擁有，因此要進入其供應鏈，對外國企業而言，相當不容易。如果進得去，就表示該企業的解決方案很好。
- (四)CEZ 的營業區域不是只有捷克，也遍及很多東歐國家。捷克電表供應商目前是供應電表給 CEZ，但也在爭取成為歐洲其他國家的供應商。歐洲很多國家有推動智慧電表布建的計畫，但是捷克並沒有簽屬該協定，因此，正在思考可行的推動方式。捷克傳統上有自己對設備進行遠端控制的作法，對於用戶電價的改變，會發出特別的訊號告訴用戶目前的能源價格是水準是屬於高價位還是低價位，就是時間電價。如果用戶家中有這個設備，就可以此設備控制用電設備的啟用，這系統在捷克已經使用快 50 年。一般用戶可以有兩個費率，如果要在家中要將水加熱，儲存在鍋爐中，應該在電價比較低的時候進行，能源支出就會比較少；需要隨時使用的用電設備，例如：小型的加熱爐或是電視，就很難納入電價考量。這套系統運作很好，因為不但反應很快、而且可靠度高。電表量最大的技術問題在於通訊，目前有些使用 PLC、3G，比較舊的使用 GPRS。GPRS 其實是最好的解決方案，幾乎可連接到每一個用戶，但是這部份的通訊頻段都要被回收，不再提供服務。如如使用 PLC，在都會區在一整天內大概可以連結到每個客戶，但是如果是在鄉間，因為線路關係，需要採用混合式通訊，例如搭配 RF。如果可以找到可以大量連接終端的



通訊方式，對智慧電表發展會是很大的突破。另外捷克目前也得到很多的電表資料，但是也沒有轉換成對電力公司有用的資訊。後續陳博士分享台灣在新的低壓智慧電表和通訊模式分開的設計構想。最後，該員再次強調，捷克對於智慧電網的解決方案多數已經都有既有設備或解決方案，此外，捷克的市場規模不大，建議台灣企業到捷克不應該只是要設置產品的銷售據點，可以善用捷克的資源，建立雙邊的合作計畫或是共同開發新的產品，這樣會是台灣產業界進入捷克市場比較好的做法。

## 八、德國 EWE 電力公司

(一)德國 EWE 電力公司接待我方的有：Dr. Daniel Heuberger、Hendrik Brockmeyer、Philip Goldkamp、Matthias Postina。

1. Dr. Daniel Heuberger 該公司的配電系統部門工作，過去四年主要工作在負責智慧電網計畫。對配電系統的主要挑戰是，目前電力系統內的再生能源裝置容量已超過負載的三倍，70%電網的輸出電力都使用再生能源，實際上，目前該區域再生能源的總發電量是該區域內的電力消費量的 200%，因此，對於該公司 DSO 部門而言，最大的挑戰是如何在再生能源超高占比的情況下穩定電網、追求成本的有效性。

2. Hendrik Brockmeyer 在 EWE 電力交易部門有五年的工作經驗，從事不同電力商品的交易，兩年前開始參與 Enera 計畫，主要在負責智慧市場的工作。EWE 把智慧電網區分成電網、市場、資料等三個主要部分，負責和歐洲交易市場(EU XBID)和店頭交易市場(EXPX SPOT)進行和新市場的設計，例如，歐洲彈性調度市場平台(FlexibilityMarket Platform)。

3. Philip Goldkamp 主要負責在平台細部的設計，在 EWE 工作之前是在歐洲交易市場(EU XBID)的母公司有多年的工作經驗，主要專業在能源交易市場，例如天然氣和電力的交易，主要的任務在下個月導入 Enera 的市場平台設計。

4. Matthias Postina 負責 Enera 計畫的資料領域，EWE 有一群專業的資料分析專家群，企圖從各種來源所蒐集的資料中找尋更具意義的訊息，或讓資訊更具意義。EWE 也企圖以資料為基礎開發新的商業模式，也就是資料導向的商業模式。另外，他在 EWE 也負責計畫的另一個支柱-生產線，此工作的需要併同資料、商品化、用戶的觀點。

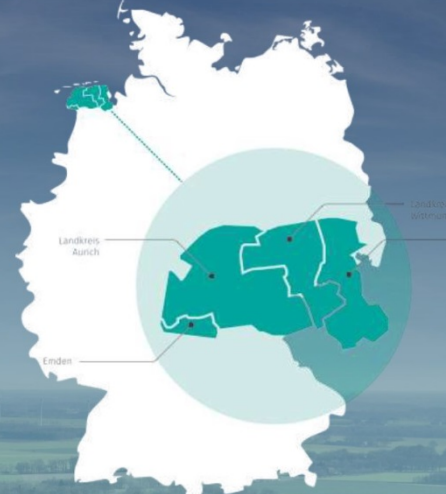
(二) Enera 是德國政府補助 EWE 的一個智慧電網實驗計畫，主要在構思如何與全球重視永續發展所可能產生的未來電力市場相對應。德國的電力市場目前承受很大的壓力，德國自從 1999 年就開始開放電力市場自由競爭，電力公司不再是獨占型事業，同時，也開始源轉型工程。在德國，主要電力公司多維持傳統，以化石能源發電提供電力分配給用戶，對於分散式的電力設備沒有太多的投入。對於電力公司而言，能源轉型需要承擔較多風險與承擔壓力，因為需要讓電力系統更有智慧，市場更有效率，以便降低減少成本；面對進入市場中許多的競爭公司，既存的商業模式隨之瓦解(disrupt)。

(三)對於 EWE 而言，所有的事情都在轉型，第一是電力系統的轉型，EWE 正在從集中式的電力系統進入分散式電力系統的時代，不再是傳統集中式電力系統的架

構，而是由分布在營業區域內各種的分散式的電源供應電力。如此一來，也產生很多新的挑戰，例如，這樣的能源系統如何管理。在電力系統轉化成為分散式電力系統時，EWE 希望讓電力系統變得更動態(Dynamic)，更具有靈活性，例如，風力發電和太陽光發電的發電相較於傳統燃煤電廠，可以更靈活操作，展現了能源轉型的錯綜複雜性。第二，以往收到電費帳單的客戶，從過去的能源消費的角色，轉變兼具能源的生產者(Prosumers)，用戶可能在自己的屋頂設置專屬的太陽能板，或參與當地社區共同投資風場等等。這些全新的分散式電源供應電力，產生很多新的挑戰，例如，這樣的能源系統如何管理。此一發展趨勢使得輸電系統操作者(TSO)、配電系統操作者(DSO)的行為轉換為智慧電網的操作者(Smart Grid Operator)。

- (四)在所有事情都變得更複雜的同時，大部分的用戶對於細節沒有太多的興趣，而是關心電價會不會更低，或是從中得到更多的利益，更便宜的能源、可靠的電力供應、市場的競爭性等，都沒有電價或收益重要。這也是為什麼 EWE 要在德國的西北區域創造所謂的典範區域(Model Region)，對外呈現能源轉型是如何向前邁進。基本上，典範區域(Model Region)並不是 EWE 的全部營業區域，典範區域(Model Region)只是在 EWE 營業區域的一小部分。目前，這項工作正在起步的階段，在這個典範區域，再生能源的發電量超過負載的三倍，相較於在智慧能源計畫能源轉型的數位工程(Smart Energy Showcases-Digital Agenda for the Energy Transition, SINTEG)下的其他計畫，此區域的面積不是特別大。Enerar 計畫獲得 18 百萬歐元的支持，如以單位面積所獲的支持金額來比，Enerar 計畫獲得最多的支持。例如，其他在德國東部的計畫是由很多的各自獨立的小計畫組合而成，其連結是在執行後才開始的。Enera 計畫是以典範區域(Model Region)，將所有的計畫連結、整合在一起。EWE 將布建 30,000 智慧電表，對德國而言，這是很新的工作，因為，德國最近也才決定在電網中設置智慧電表。區域雖然小，但是面臨很多的挑戰，很適合作為展示能源轉型方式的示範基地。重要的是，Enera 計畫要展示系統性的解決方案，不是只有在用戶側，也專注在多項可以互相搭配的計畫，以便改變整個電力系統。典範區域(Model Region)將會展現未來的美麗願景，希望所發展的作法可以成為其國內的其他地區，甚至其他國家或國外區域的藍圖(Blue Print)。

- **Demonstration in the model region**
- Countries of Aurich, Wittmund, Friesland
- Independent city of Emden & Lingen
- Area of 2.665 km<sup>2</sup>
- 390.000 inhabitants
- 200.000 households
- 1,75 GW installed renewable energy generation capacity
- 1,50 GW generated wind power
- 170% renewable energy



- The model region is a large renewable power plant!

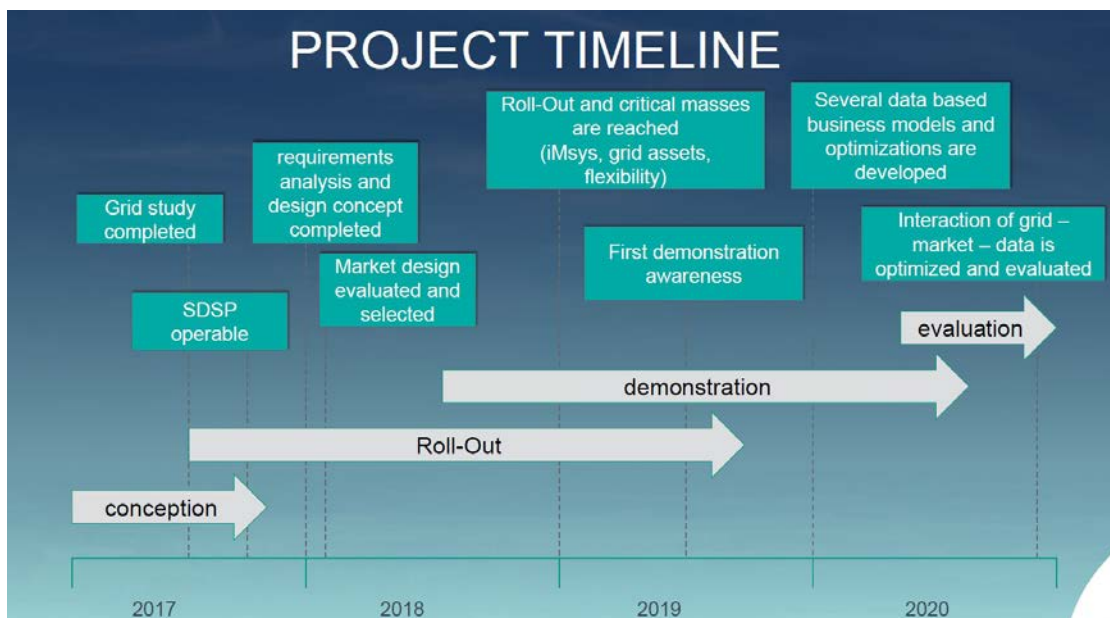


圖 10、Enera 計畫藍圖與期程規劃

(五)如果再生能源電力無法出售，是整個德國電力系統的問題。在德國，如果再生能源所發出的電力超過系統的電力消耗，EWE 處理方式包括：(1)將電力出口到其他国家、(2)將風力發電機關機或是限制出力(curtailment)、(3)到反映到電力市場價格，歐洲電力市場有發生過負電價的狀況，電廠不會被強制關機，但是大部分人會這樣做，因為不發電照樣有收益。對於發電者，這是很好的交易，但是對於系統維護者，這就不是個好主意，因為所有的用戶最終還是要支付這些電費。

(六)典範區域(Model Region)的位置與範圍，接著是要尋求參與此計畫的合作夥伴，也就是參與計畫的潛在夥伴。為了達成這個目標，EWE 耗時一年多進行計畫的準備工作，EWE 和市場上的夥伴召開將近 100 場的研討會，夥伴包括：電網操作者、設備製造商、技術提供者、市場交易所、軟體公司等等。EWE 詢問每個夥伴，(1)你認為進行能源轉型時會遇到什麼困難，或是什麼是能源轉型。(2)針對你所提到

問題，你能不能有對應的解決方案，以提供 EWE 處理這些挑戰。在這過程中，EWE 文件化 56 個問題，說明發生的背景，並且找到 75 對應挑戰的解決方案。這些文件都被妥善保存，以便未來隨時可去審視的相關內容或原始的問題。

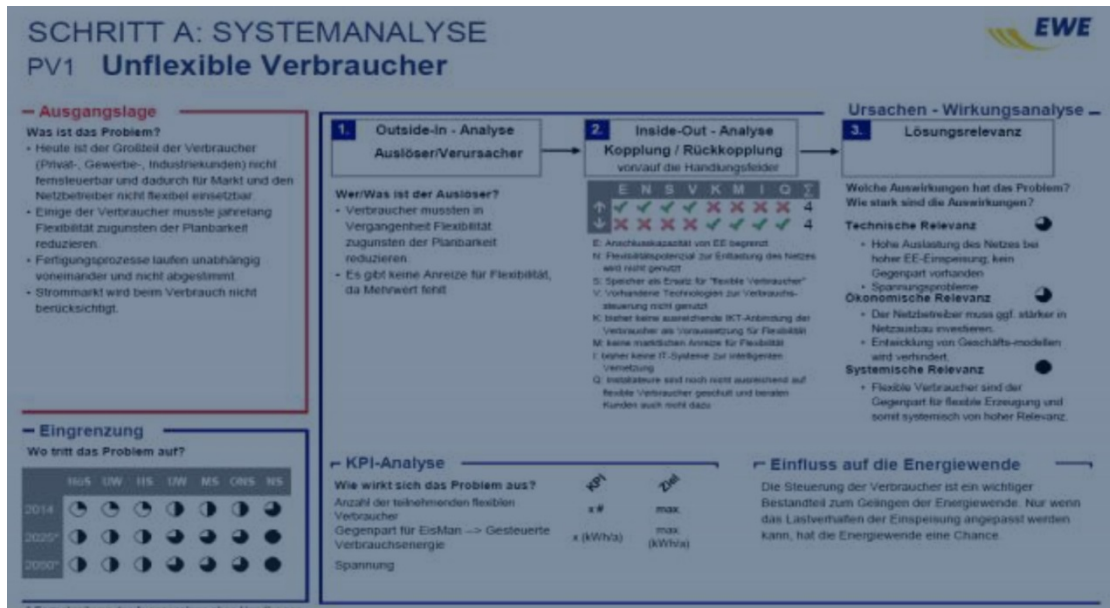


圖 11、Enera 計畫問題分析表



圖 12、Enera 計畫參與團隊成員組成

(七) EWE 之外，也有其他的夥伴(associated partner) 參與，他們沒有得到政府計畫經費的支持，只參與個別單位有興趣的部分，在計畫中沒有責任及義務，比較自由。例如，有些單位在市場中需要擔任比較中立的角色，因此，不適合擔任計畫中的任何一項工作。EWE 也將政治團體，例如市、鎮等地方政府納入 EWE 的計畫

中。

- (八)計畫工作分為八組進行，包括：再生能源發電(Renewable Generation)、智慧電網(Smart Grid)、儲能系統(Storage)、連通度(Connectivity)、通訊(Telecommunication)、市場(Market)、資料科學(Data Science)、最適條件描繪(Qualification Excellent)，最適條件描繪會向企業及居住於當地的人們展示甚麼是能源轉型。14個工作項目專注在電網、市場和資料，但是對於EWE的事業發展很重要的。EWE只想專注在未來可以大量在市場上應用推廣的事物，從經濟性的角度來看，把資源投入在未來沒有辦法在市場上應用的事物，是沒有意義的。當然，商業方面的動機也驅動這些夥伴參與本計畫，開發可以應用在市場上的新產品，這也是EWE為什麼這麼高的透明度的原因。本計畫從2015年開始籌劃，2016年底正式得到政府的支持，2017年讓計畫快速成形(Conception Phase)，相關文件的準備需要很多腦力，尤其在第一年，然後進入開發階段(Roll-Out Phase)、示範階段(Demonstration Phase)以及評估階段(Evaluation Phase)，計畫預計延續到2020年，或是更久。
- (九)建立工作生產線，係希望在構想產生後可以進行快速的商品化，第一階段可以快速將構想具體化產生原型設備，然後進行測試以及學習；第二階段就是進行對應的產品開發，開發對應的軟體、硬體。相關的構想及工作會透過屬於Enerar Space的雲端空間對外發布，藉由雲端，也可以用於行銷EWE的想法(Marketing Our Ideal)。雲端上面包含各種型態的媒體，例如，專訪(Interview)、影像(Video)、網路發布(Web announcements)等等，所以，EWE有自己的影音室(Video Room)、展示空間(Show Room)、虛擬實境、3D列印等等。在開發商品過程中，會需要很多電子設備、量測儀器等等，遇到這種情形，EWE會尋求Enerar Space以外的單位協助，例如，設備提供商等等。這不等於外包，因為他們也是計畫的團隊的一份子。
- (十)EWE提供的電網，從中壓電網(20kV)到低壓電網都有，所有的電網都是地下電纜，沒有任何架空線路，EWE擁有20kV/110kV的變壓器。德國政府設定能源轉型目標，2020年35%能源來自再生能源、2050年80%能源來自再生能源。2009年，EWE在本區域的系統中，已經達到45%再生能源，2016年已經有80%的再生能源。這也就是EWE為什麼可以成為德國其他地方典範的原因，當其他地方再生能源比例提升到80%過程中會遇到的問題，EWE都已經經歷過了。目前，再生能源的裝置容量接近6GW，區域的負載約2GW，有在減少的趨勢，係因為部分用戶再生能源發電的自用或是能源使用的效率提升。再生能源發電來自於風力發電，裝置容量約3GW，以及1.5GW太陽光電及一小部分的生質能。EWE的平均停電時間為3分鐘，相較於德國平均的12分鐘，EWE可以說是德國供電最穩定的區域。
- (十一)歐洲目前有所謂的非排程路徑電流(unscheduled route flow)，當德國北部風力發電占比很高時，如是在有風有雨的日子，該國的負載中心是在中部或是南部，德國北部並沒有很多的負載。電力流路並不沒有國界的概念，有很多的電力潮流是從德國北部，經由捷克、波蘭、匈牙利，奧地利，然後到達德國南部，而非從德國北部經由德國境內的輸電線路到德國南部，若發生此現象，這些國家的輸電線路有時確實會發生過載現象。也因此德國鄰近的國家在邊界設置相移變壓器(phase-shifting transformer)，以便阻隔來自德國的再生能源。因此，德國的輸電運轉公司(TSO)兩

年前開始建設從德國北部到南部的超高壓輸電線路，如此就可以利用此線路賣電到德國的中部，每組線路有 2GW 的容量，共有 8 組。不過，德國還是有很多居民對於這種架空的纜線很反感，不希望纜線通過他們的社區。德國輸電系統最大的問題是在輸電線路並不足夠。目前，配電網(DSO)的問題較少，EWE 可以將多數的再生能源併入電網。因為輸電線路的問題，EWE 越來越常中斷再生能源的線路，主要係 380kV、220kV 和 110kV 電網的供電瓶頸，因此，被迫實施再生能源發電設備的限制出力(curtailment)，至於，在 20kV 或低電壓等級，則無此問題。越來越多的再生能源被限制出力，去年大約有 1600 次，明年度將會再增加。

(十二)面對能源轉型，德國會遇到六個挑戰，(1)再生能源變動導致過載(Fluctuating renewable generation can cause overloads!)，傳統電力系統可以預測下一小時的出力。EWE 嘗試預測太陽光電和風力發電的出力，但是並不很精確，因為相關變動非常的快速。(2)大型再生能源電廠的操作必須要有如同傳統大電廠一樣穩定。(Large RES plants must be operated like power plants with special supply characteristics!) 德國停止使用核能發電，也開始討論停止生產褐煤(Lignite)，以減少空氣汙染，也就是說，20 年後傳統電廠的數量將減少。在德國目前很多的輔助服務都是來自於傳統電廠，如果德國失去這些傳統電廠，未來所有運轉電網所需的服務，都需要從目前並不可靠的再生能源供應。(3)如果再生能源增加，電網需要更多的強化及升級。(With increasing share of RES ,grids need to be reinforced further and further!)。(4)需求側不可以再是被動的角色，過去併在電網的電廠，持續追隨負載的變化，未來供應和需求兩邊都要主動管理(The demand side is not anymore a passive player but has to be actively managed!)。(5)必須要讓變動電力供應和需求即時保持一致到秒的等級，因此，系統的動態方面會遇到挑戰(Fluctuating power supply and demand need to be brought into coincidence in time!)。(6)更多的再生能源，需要更多儲能，以便穩定安全供電(Adequate power storage has to be provided for periods of low RES generation!)

(十三)任何專注發展智慧電網的國家或電力公司，其發展的路徑圖(Roadmap)，第一步一定是研究和先導計畫，嘗試各種構想，分辨那些是好主意，那些想法有問題等等，不會一下子就擴大規模。EWE 在 1998 年開始第一步，經過 15 年後，自問要往下要如何進行，是要進行更多的研究，還是要開始擴大規模。第二階段就需要擬定策略，給予承諾，到底需要一個傳統電網還是智慧電網，到底要不要開始大量布建智慧電網。EWE 決定要專注在智慧電網的活動，而不是要建更多的線路或變壓器，接著，就需要一個行動計畫(roll-out Plan)，開始按計畫實施。2014 年，EWE 開始擴大智慧電網技術的導入規模。

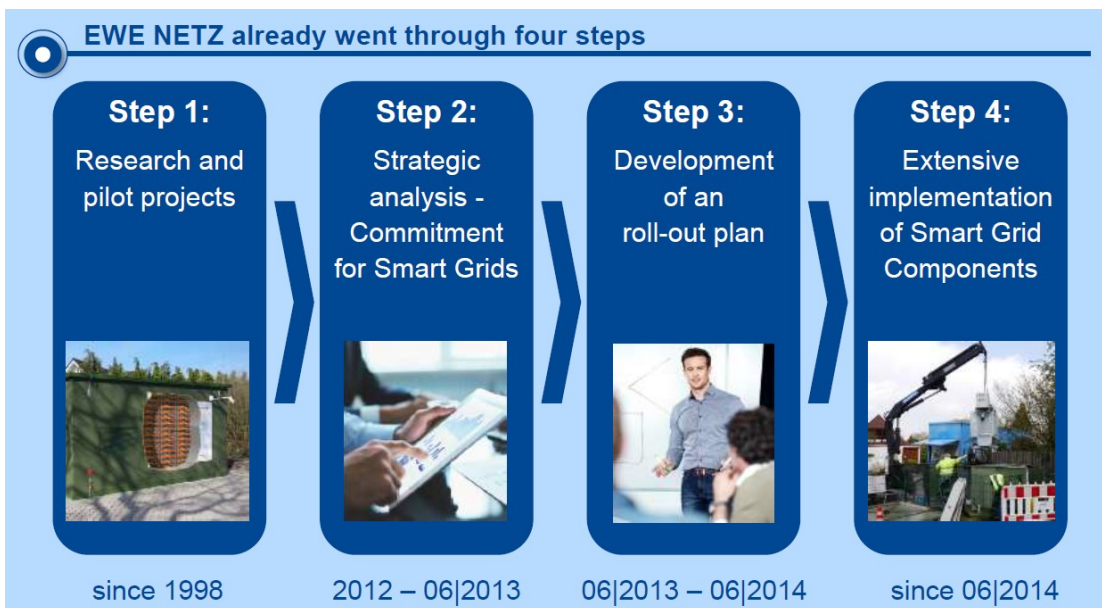


圖 13、EWE 智慧電網發展歷程

(十四)在選擇智慧電網技術上，首先，進行研究計畫，篩選出具有潛力的技術，EWE 有圖表、技術和程序，去年做了很多研究，接著針對不同的技術建立一個權重矩陣，整個方法的核心是在代表性的電網進行模擬，模擬最不同狀態的電網，在城市電網、鄉村電網、次級城市電網等進行類似的模擬，不同的電網有其典型的挑戰。例如，在鄉村電網饋線就會有較長的距離，如果在城市地區，電壓比較不會有問題，但是會有在電流和過載的問題。在這電網上對所有可能的解決方案進行模擬，了解不同的智慧電網技術在這些典型電網中的行為變化，接著再把這些結果填入權重矩陣中，進一步分析，如果要進行大規模布建時要如何導入。有一些技術，如果是在鄉村地區，利用所在地的有載變換分接頭變壓器(on-load tap-changing transformer)是一個很的解決方案，接著分析在不同類型電網中需要導入的數量，然後按不同類型電網實際的規模，推算實際所需要導入的數量。

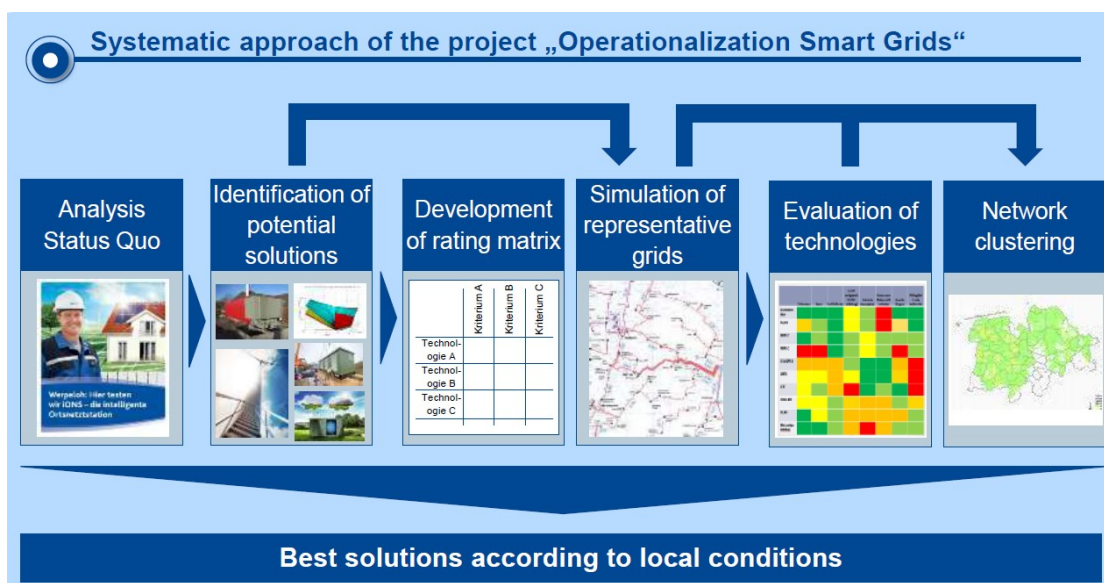


圖 14、EWE 智慧電網發展最佳化程序

(十五)EWE 有定義所謂智慧電網的工具箱，在傳統的電網(線路和變壓器)上加入 ICT 的技術，接著有比線路和變壓器更具智慧的工具。在這些智慧解決方案和傳統的電網中間需要資通訊的網路。如果要更有智慧的操作電網，一定要能知道現在電網發展甚麼事。智慧解決方案包含自動化控制、分散式的設施、智慧的地區變換分接頭變壓器、電壓控制器、廣域控制的變電所、風力機的變流器用於虛功和電網的穩定、智慧的控制中心、氣候的預測、變壓器過載預測、虛功出力控制、實功出力控制。

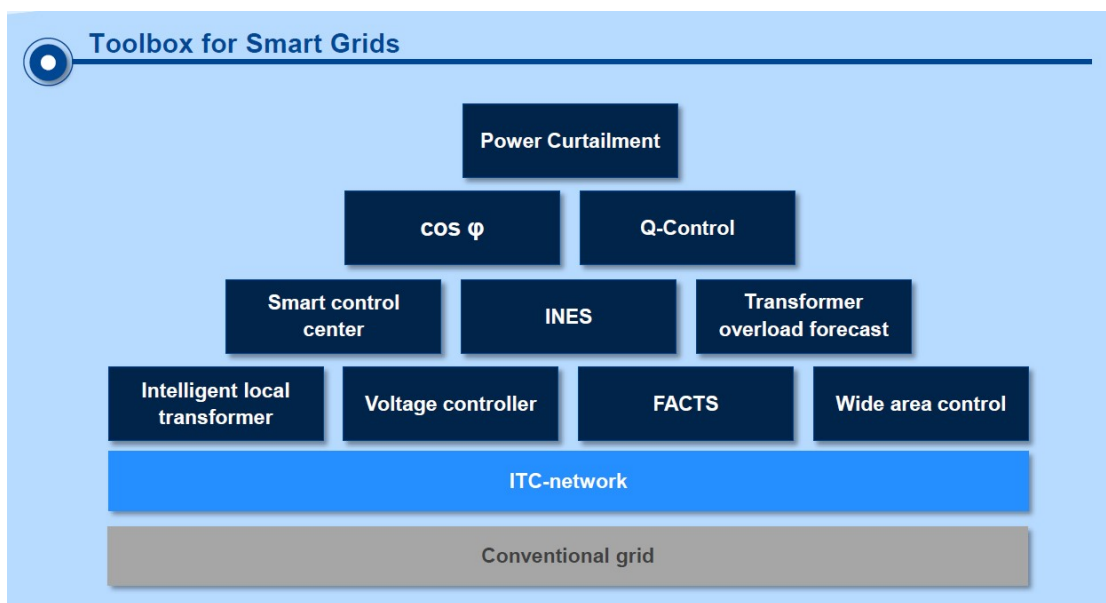


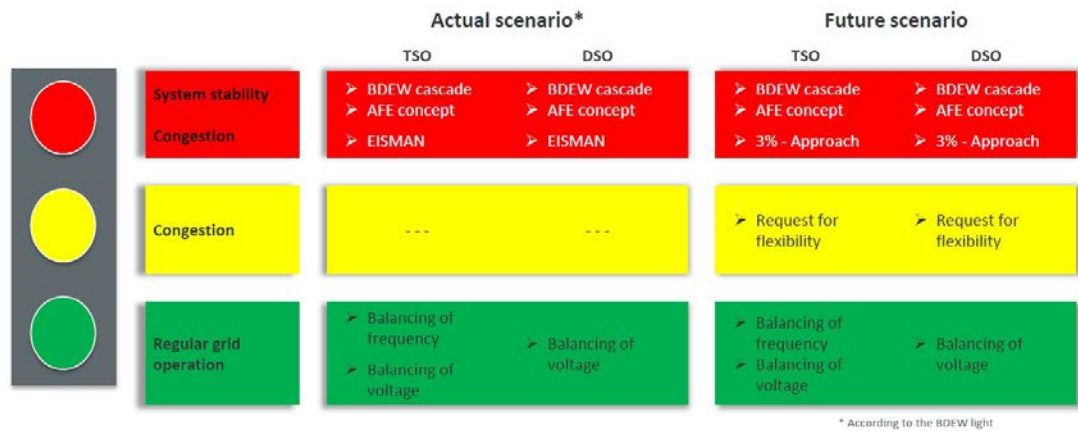
圖 15、EWE 智慧電網發展工具箱

(十六)未來，如果再生能源電廠要和傳統電廠一樣運轉，EWE 覺得再生能源電廠也要有備用容量，例如，風力發電可以調整葉片的弓角，而不是將可輸功率全部輸出到電網，僅輸出可輸出功的 95%到電網中，保留可輸出功的 5%作為備用容量。目前的技術要實現這樣的想法，還是有些距離，再生能源發電設備的開發商還是有一段路要走。當然，最終還是要由電網公司負責維持電網穩定，所以需要大規模的儲能系統。對於虛功控制，如果風場和變壓器中間有很長的線路，線路太長會有電壓的問題，因此，使用風場所提供的虛功，控制電壓在正常的水準。INES(SAP)稱為智慧區域網路，主要是針對低壓電網，在當地的變壓器站上面，主動式盒子安裝在太陽能板，在當地的變壓器站內有處理器，如果有區域電網的瓶頸，電廠會決定是要進行變換分接頭或出力控制、或是讓太陽光電板輸出虛功等等，其操作類似饋線調度中心(Feeder Dispatch control center)。

(十七)EWE 也建立了類立交通號誌的管理標誌，綠燈代表所有的再生能源發電設備可以被自由的操作，維持電網的電力品質，平衡電壓、頻率；紅燈，就是電網出現供電瓶頸，可以採取出力控制、虛功控制、負載切離等一些電網安全運轉的措施；黃燈代表未來下一個小時將會有供電瓶頸出現，此時就需要向市場購買電力調度的彈性，可以向電池買容量，向負載買容量、請求風力發電不要將實功送入電網，避免供電瓶頸發生。還有一個所謂的 3% 出力控制模式，就是動態的實功出力控制。進入



紅燈區時，意味黃燈區的管理失效，供電瓶頸已經發生，此時，EWE 就會關閉市場，配電系統操作者(DSO)就會接管電力系統，開始採取維持電網運作所需要的一切措施。



**In the yellow phase local flexibilities make the difference!**

圖 16、EWE 也建立了類立交通號誌的管理標誌

(十八)Enear 專注在黃燈區，實際上，目前還沒有所謂的黃燈區市場。EWE 有能源交易市場，惟現在並沒有專為配電系統操作者(DSO)所設計的。因此，想建立這個提供調度彈性的市場，也就是利用市場機制去處理區域瓶頸的新問題。這市場只有在電網進入黃燈區時才會存在。一旦系統進行紅燈區，就會關閉市場，因為就會進入即時的控制模式，配電系統操作者(DSO)就要確保不會發生全黑，此時，重要的是要專注在維護系統的安全，而非讓系統做最經濟的操作。

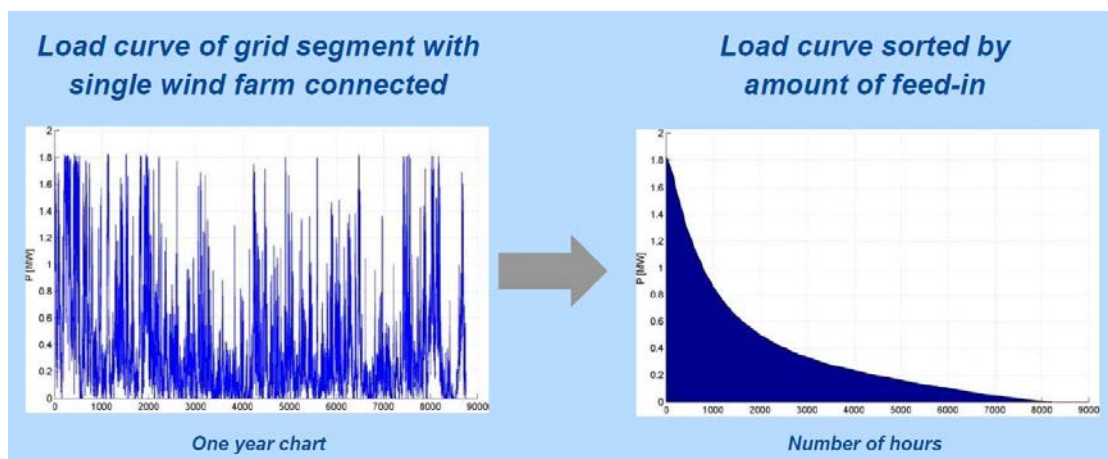


圖 17、併聯有風力發電或太陽光電的線路負載分布

(十九)關於動態的出力控制調整(Dynamic Curtailment)，如果在併聯有風力發電或太陽光電的線路上，只有很少的時間會讓線路滿載，大部分的時間線路上負載都不大，而且線路上變化很快速，所以問題在到底線路要如何設計。可以設計一個電網，來滿足目前全部時刻的需求，當然，也可以讓電網只滿足大部分的時間的需求。但

是，若需要容量超過，就進行再生能源發電出力控制。如果是利用傳統上不改電網的方式，電網容量的浪費將會更多。EWE 目前是不可進行出力控制，依照法律，如果進行出力控制，就必須要加強電網的建設。因此，現在進行所謂的動態的出力控制調整，也就是只切離超過電網容量的部份的能量。如果電網發生供電瓶頸，就會控制出力達到電網的容量，對電網進行即時的監控，以便進行即時的出力控制。在 Enera 計畫中，11kV 的配電線路上面有風機、太陽能、生質能的電力輸入，經實場域測試，成果很好，確實可以穩定電網。出力的控制是動態的，而不是靜態的，必須隨時監測線路上的電流，遇有供電瓶頸，就開始執行出力控制。測試結果已經報告給電業管制機構、政府單位，EWE 業被同意可以控制出力達到 3%。也就是說，如果可以利用控制 3% 的出力控制，就可以不用進行傳統的電網擴張。利用這 3% 的空間可以倍增送上電網的再生能源電量，早期時，EWE 是建議 5% 的。EWE 會在典範區域(Model Region)選擇 10 個面臨供電瓶頸的變電所，導入此方案。

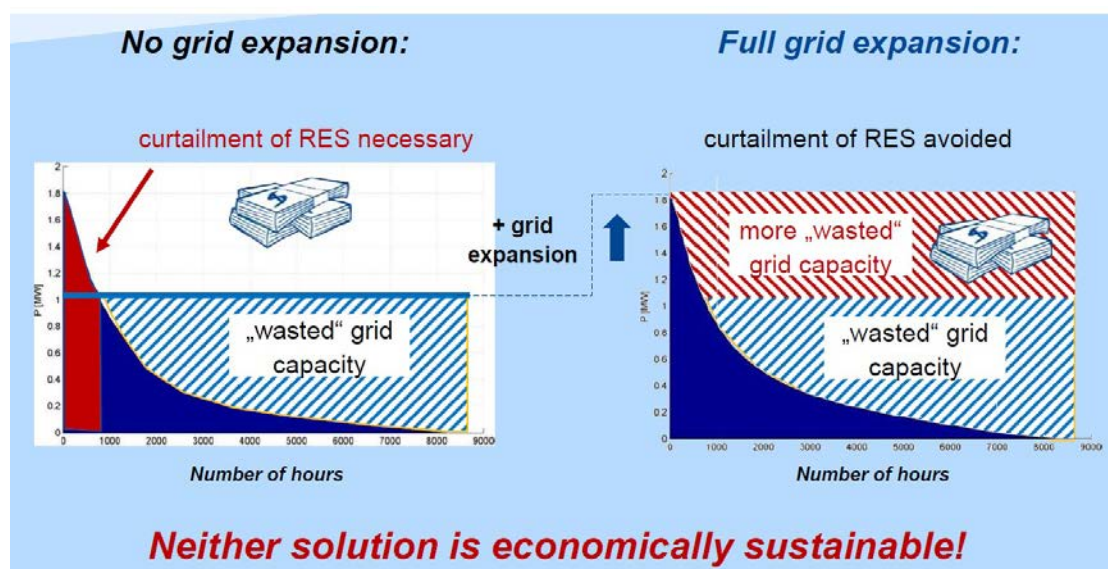


圖 18、動態的出力控制調整概念示意圖

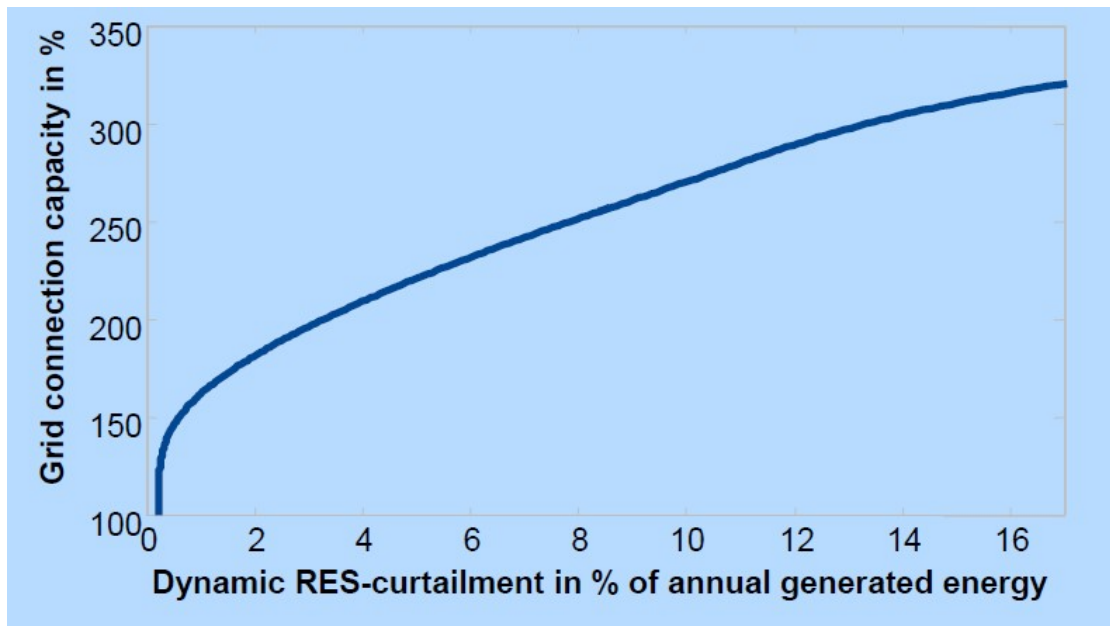


圖 19、利用控制 3% 的出力控制對提升電網再生能源滲透率的影響

(二十) 電網在紅燈、黃燈或綠燈時，輸電系統運作商(TSO)和配電系統運作商(DSO)都要互相協調，協調方式還在討論中，輸電系統運作商(TSO)和配電系統運作商(DSO)有不同的觀點。輸電系統運作商(TSO)認為德國有 800 個配電系統運作商(DSO)，小配電系統運作商(DSO)不需要面臨這麼高的壓力，而是應由輸電系統運作商(TSO)處理。EWE 認為身為配電系統運作商(DSO)，最後也會成為智慧電網營運商(Smart Grid Operator)，有發電廠併接在電網上，需要擔心電網的安全，電網的量測系統需要處理這些資訊。EWE 的觀點是，配電系統運作商(DSO)應該要負責電壓穩定、虛功的平衡，輸電系統運作商(TSO)則負責頻率、負載調度(Load Dispatch)。目前，輸電系統運作商(TSO)和配電系統運作商(DSO)有一系列的程序，例如，如果在中壓等級發生供電瓶頸，中壓等級等運作商沒有辦法利用自己的設施出力調控處理，就可以送訊號到更低的電壓等級，請更低的電壓等級提供出力調控，這是一個由上而下的一系列的程序。例如，假設從德國北部送到德國南部的輸電線路在 280kV 等級發生供電瓶頸，如果輸電系統運作商(TSO)計算需要調整出力 400MW，就會對併連到其電網的配電系統運作商(DSO)發需訊號，要求特定配電系統運作商(DSO)降低其電廠出力，例如，要求 EWE 降低出力 100MW、E.ON 也降低出力 100MW。然後，這二個 DSO 要證明已經降低出力 100MW。如果沒有辦法利用已有設施降低出力 100MW，EWE 就會對更低等級的電網送出訊號，要求提供出力調控，這就是一系列的程序。所以在輸電系統運作商(TSO)和配電系統運作商(DSO)之間的即時通訊就很重要，由於輸電系統運作商(TSO)和配電系統運作商(DSO)之間的資料蒐集與監控系統(SCADA)是連結在一起，所以幾乎可以即時的溝通。

(二十一) 在德國，有再生能源最優先的規則，因此，在一系列的出力調控過程中，如果風力發電受到出力調控，風力發電還是可以拿到躉售費率加上無法上網的電量收入。這也是為甚麼要導入黃燈區的原因，因為在決定調控風力發電或太陽光發電之前，可以有更便宜的辦法從市場中購買可彈性調整的容量，但是要能證明這樣的做法真的比較便宜。Enera 計畫是以既有的歐洲(德國)市場機制為基礎發展。理論上，

目前在歐洲的所有單位都可以自由地按照他的意志進行電力交換。可以到市場購買電力，或是透過雙邊合作，也可以在 eBay 上出售電力或做任何你想做的事。這樣的電力市場也開始往標準化發展。在衍生品(derivatives)市場中，發電廠在出售電力之前，可以策劃(創造)他的角色，以降低價格風險。在台灣，發電可以得到固定的報酬，在德國有自由價格定位演算法(free price finding algorithm)，在市場上自由價格定位(free price finding on the market)。如果你是燃煤、天然氣或是核能電廠的經營者，可在明天、下星期或是明年自由出售電力，這很像金融市場的長期衍生品市場。讓市場定價，你也可以預先出售 2021 年整年的電力。



圖 20、歐洲(德國)電力市場機制示意圖

(二十二)進行市場的商業預測很重要，在決定是否投資之前，可以評估市場價格，但是這市場的訊息對於 EWE 較不具有意義。對 EWE 而言，現貨市場的價格相對具有關聯性。這市場是由 EPEXSPOT 所營運，很多歐洲的大國家參與，這市場稱為"一日前市場"，大多數的發電業者和消費者在開始電力供應 24 小時前，會安排好自己在市場上的位置(set up position)，在再生能源的注入量進入市場後，煤合供應端與需求端，競價(match price)的結果就是每個人帳單需要支付的價格。在電力供應之前比較短期的一日內市場上，也有安排交易。在德國，開始供電的半小時前，你還是可以設定出售電力，例如，如果當天的風力發電量多於一天前的預期發電量，可以再次進入市場把電出售，或是也可以進入市場買電。如果發電系統出現突發的故障，輸電系統運作商(TSO)也有一個市場，是為了要保持即時的供需平衡，例如，頻率控制市場。以上說的是財務市場，在交易不發生壅塞的前提下，不同國家邊界的電網連接限制，也被納入競價機制考量。例如，在法國的核能電廠進入現貨市場，這些電量可能只可出售給英國的用戶。歐洲的共同價格適用在整個市場所覆蓋的區域，但是，並沒有考慮電網的瓶頸，只考慮國與國之間的連結限制。某人擁有一個大型的電廠，就會進入其中一個已經組織好的市場，出售電力，其中，很小部分可即時調度的容量出售給輸電系統運作商(TSO)。你必須要面對隨時會被中斷，因為現在平台

沒有功能。這也是為什麼會有排程路徑電流(unscheduled route flow)的原因，因為市場忽略了物理。在電力市場的交易，各有對應的供應區域，如果在當天購買或出售電力，必須告知輸電系統運作商(TSO)你在他的管理區域的行為。輸電系統運作商(TSO)對於在電網上發生什麼事，都有一定的了解。但是，配電系統運作商(DSO)卻完全無法得到任何訊息，只能以自己的預測為基礎，例如，再生能源的發電量，但是無法從市場訊息為基礎。德國目前有 4 個輸電系統運作商(TSO)，奧地利有 1 個輸電系統運作商(TSO)，法國也只有 1 個輸電系統運作商(TSO)。

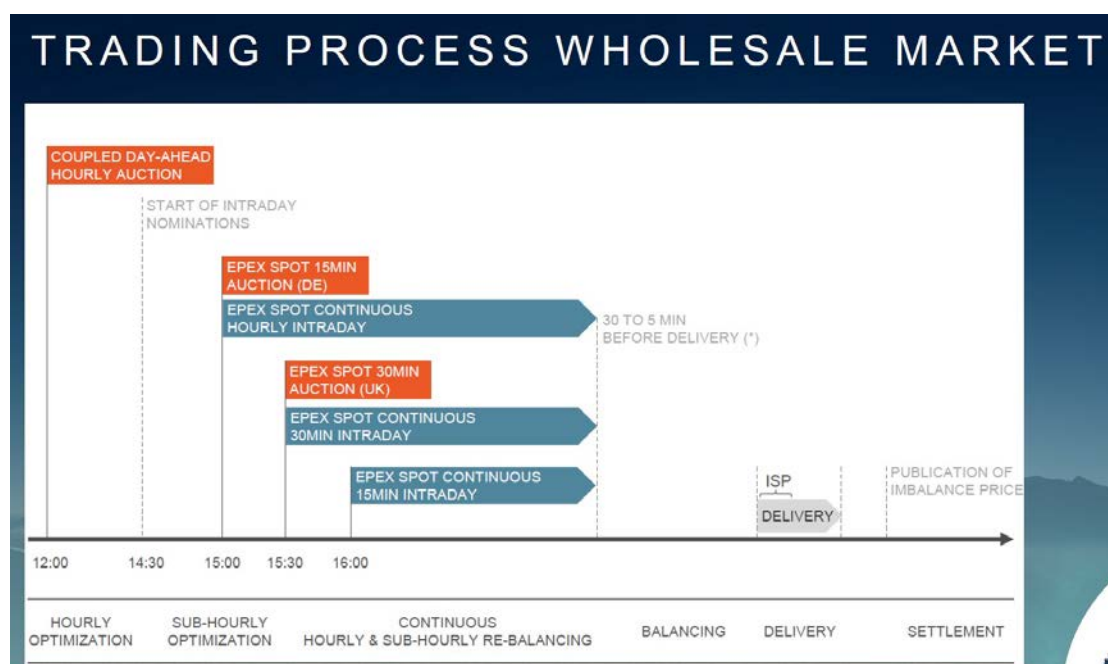


圖 21、德國電力零售市場運作程序

(二十三)歐洲的電力零售交易流程相當動態，一個發電設備的擁有者，在市場拍賣電力後，競價結果就會決定其生產計畫，然後，需要將相關訊息提供給輸電系統運作商(TSO)；消費者也要完成他們的用電預測，提供給輸電系統運作商(TSO)。接著，在德國會開始第二個競價，15 分鐘現貨市場會持續地進行商品競價；英國市場也類似，前一天下午 4 點也開始交易。這些交易很像股票市場都是連續進行，每分鐘都可交易，直到要開始電力供應的 30 分鐘前為止。然後，就進入平衡的階段，輸電系統運作商(TSO)間不斷協調互動，以確保大家電力調度無虞。輸電系統運作商(TSO)同時也開啟輔助服務的市場，如果發現營業區內的電網上有平衡上的問題，那麼，就要開始啟動控制輔助服務作為備轉容量。輸電系統運作商(TSO)在決定進行出力調整後，又重新調度。德國已經可以持續交易到開始供應(delivery)的 5 分鐘前。這些程序每天都不斷重複。EWE 交易部門一共有 8 名交易員，他們 24 小時輪班工作。整體交易可以用人工或是用電腦交易，直到 2016 年之前，大部分的交易還是由人工完成。交易本來是在正常上班時間完成，就好比是股票市場的營業員，但是持續性的電力交易變得越來越重要，電力交易就變得沒有周末或假日。德國的電力交易公司，可以沒有擁有任何電廠或負載，只專注在電力交易這項工作。如果在交易一小時前可以有更好的市長預測，就可以獲利。每一度電在被開始送出前，至少被交易

10次。但是，這不是在現貨市場，是在衍生品市場。

(二十四)EWE在管制區域組織了區域的彈性調度市場，所有的事情都在一個平台上處理，假如這樣的機制沒有辦法解決配電系統運作商(DSO)所遇到的問題，配電系統運作商(DSO)就需要知道在德國有哪些可彈性調度的資源可以使用，其中，哪那些是在配電系統運作商(DSO)的營業區域內，可以讓其運用。目前的電力交易市場中，如果在Oldenburg有供電瓶頸，到電力市場購買1MW容量，但是，這1MW容量的來源在München，目前，配電系統運作商(DSO)完全無法知道這些發電容量的實際位置，這是一個很奇怪的現象。配電系統運作商(DSO)擁有供應和需求，當需要調度彈性時，在每個區域也有一些可以使用的資源，但是卻沒有市場把這些同一區域的需求和資源連結。因此，Enera計畫希望創造市場，讓區域的資源處理在地的供需平衡問題。其中，最大的問題是對於電網擴張的補貼，如果在特定地區經常發生壅塞問題，擴張電網是最有效率的處理做法，但是，卻需要相當的興建時間，在短期內，市場可以被視為某種軟體，解決這些問題，進行某個程度的出力控制。EWE並不是反對電網的擴張，但是在某些時候，利用市場來處理這些問題，是比較有效率的做法。下圖顯示德國重新調度所需要支付的費用，近年來，這些費用成長快速，通常是由輸電系統運作商(TSO)支付給發電業者，但是，這些支出相關的採購發生之前，並沒有詢問是否可以運用當地的資源或利用降價增加負載，將這些支出(turnover)用在當地及附近的彈性交易市場。(58:14)

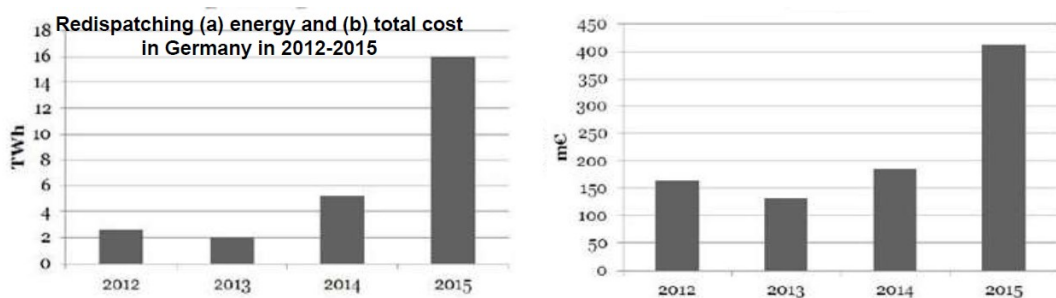


圖 22、德國重新調度所需要支付的費用統計

(二十五)再生能源太多，EWE會使用調整出力，如果發電量不足，會採用需量反應。再生能源調整出力所支付的費用高於需量反應的原因，是因為再生能源的調整出力還是要按原來的躉購費率付費，由於固定的躉購費率很高，連使用儲能來提供所需的調度彈性，都比較具有競爭力。實際上，配電系統運作商(DSO)要付出將近兩倍的費用，因為除了以原來的躉購費率支付被調整出力上網的電力，也必須增加傳統電廠的出力等額外資源來平衡電網。例如，調整1MW風力發電的出力之外，還要額外付費請燃氣電廠多出1MW的電力；或是在德國南部進行出力調整，德國北部就需要發出更多電力，因為所有的電力都是在前一天就完成交易與排程，理論上供應和需求是平衡的，需要從壅塞的區域中找尋新的能源，這部份就要額外支付費用。這是歐洲電力系統目前的問題，這也就是EWE為什麼確信區域交易市場是解決問題的方法。

(二十六)在新的電力架構中，輸電系統運作商(TSO)在上層，中間這一層是區域化的市

場，配電系統運作商(DSO)是主要角色，配電系統運作商(DSO)可以使用這市場去購買所需要的調度彈性，有很多不同的參與者可以提供這樣的調度彈性，例如，上述的儲能系統，可以加以來增加負載，解決變電所的問題。當然，再生能源可依市場需求調整出力。但是，要讓這些參與者進入市場有一定程度的困難，因為他們要了解問題，還要對於整個系統有足夠的專業知識，因此，市場就有所謂的用戶群代表(Aggregator)集層用戶參與，讓整體的表現更為專業。

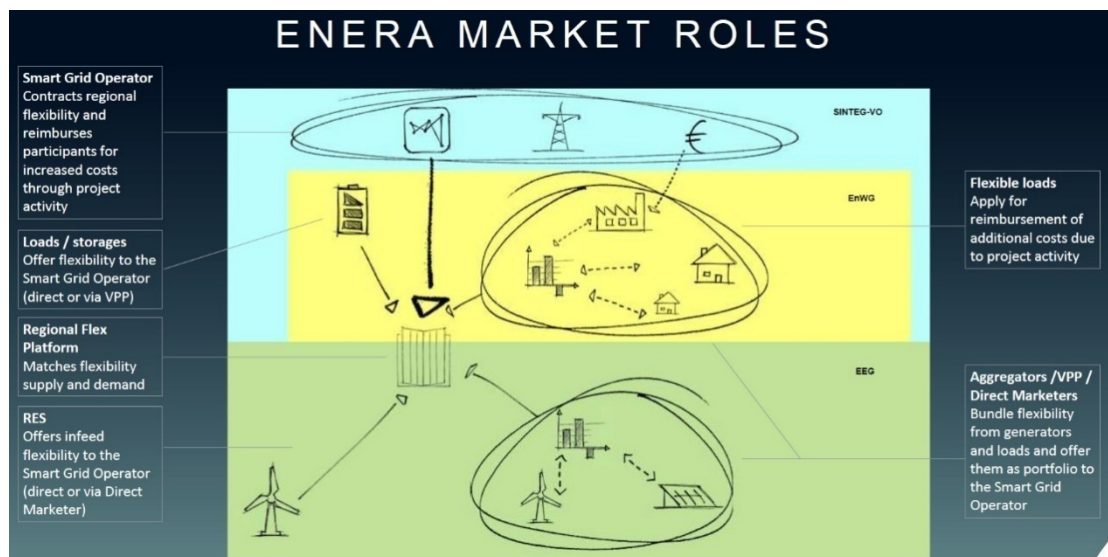


圖 23、Enera 計畫電力市場角色

(二十七)EWE 在 Enera 計畫設計了特別的架構，因為目前的電力市場架構中並沒有存在區域彈性調度的市場，於是，德國政府提供可以測試這個新機制的試驗場域，也就是「管制創新區(regulatory innovative zone)」，讓 EWE 可以在此進行新市場的測試。總而言之，配電系統運作商(DSO)擁有有電網、電池、也有 3% 的出力控制工具等，但是沒有市場可以運用，區域調度彈性的提供者通常是藉由虛擬電廠方式提供，進行預測、集成不同的設備與排程組合，但是沒有對應的區域型市場，目前，只可能在交易所將可調度彈性出售給零售商，或是進入平衡市場出售給 TENNET。但是，TENNET 所負責的區域很廣，無法與配電系統運作商(DSO)直接對應。這也就是為什麼 EWE 需要運用雙邊合約，詢問電廠營運者是否願意提供可供調度的彈性，惟此種做法透明度又不高，不是一個很有效率的做法。這些是 EWE 要投入這項工作的原因之一。調度彈性的提供者，是某種類型的虛擬電廠運營商(VPP Operator)，也了解虛擬電廠所管理資產設備的區域對應，但是，目前沒有市場可以提供這些虛擬電廠資訊，並支付其費用。虛擬電廠需要市場，得到獎勵，依電網營運者的需求運作。

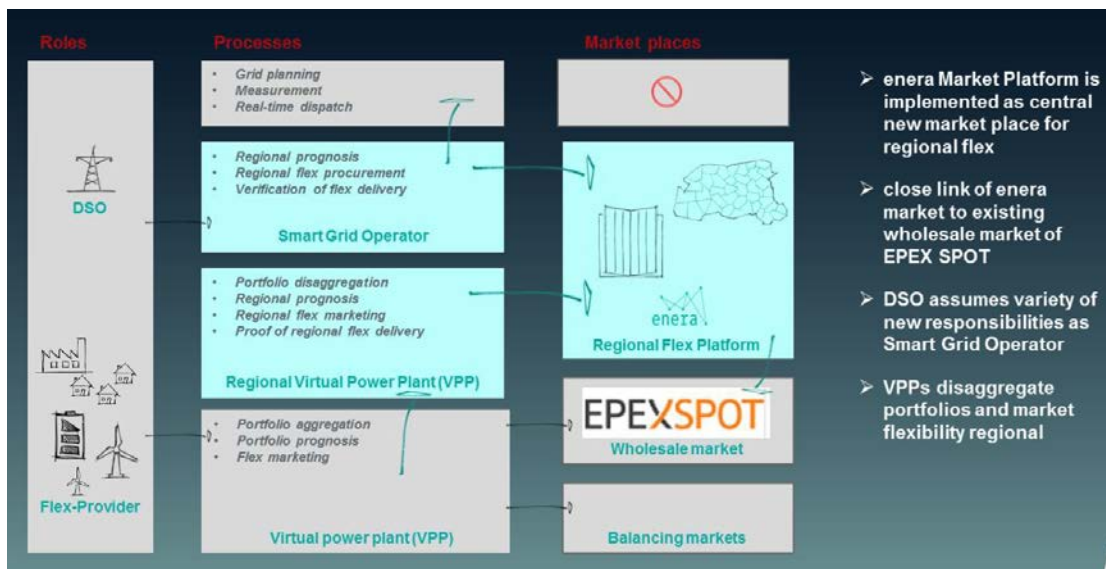


圖 24、Enera 計畫建立交易平台與目前市場架構圖

(二十八)目前，交易市場幾乎可以說是萬事俱備，只差這個機制，這也是促成 Enera 計畫成型的主因。Enera 計畫要推動的機制、功能、採用的標準，與目前的電力零售市場幾乎一樣，所以，作法儘可能與原有的一致，不同之處在於把配電系統運作商 (DSO)操作電網所需的區域訊息加入目前的市場運作機制中。新的交易市場將提供細緻的區域資訊，以便配電系統運作商(DSO)可以運用。當然，這些資訊要可以有效被利用，配電系統運作商(DSO)也需要有新的作業流程，需要在這市場上得到有關更多區域可調度彈性的評估預測。對於虛擬電廠運營商(VPP Operator)而言，如何將區域的資源組合排程、分配在德國廣域或是區域的交易市場，其工作流程也都需要建立，市場才有辦法運作。下圖在說明 EWE 和 EPEX SPOT 一起規劃的可調度彈性交易平台的作法。歐洲最大的能源交易平台也是 Enera 計畫的合作夥伴，很期望可以共同建立可調度彈性交易平台。圖中左邊是目前的一日內市場交易，每天 24 小時不停地運作，配電系統運作商(DSO)目前也參與這個市場。現行市場上，有很多傳統的業者參與，例如發電廠、虛擬電廠、或是參與交易的風力發電廠等等，這是目前一般既存的能源交易。可調度彈性交易平台將會是一個分開的平台，因為專利的關係，EWE 不能改變由德國股票交易市場(Deutsche Börse)所提供的能源交易平台，所以，必須建構一個全新的平台。EWE 是以配電系統運作商(DSO)的身分進入平台交易，用戶群代表(Aggregator)也會進入交易平台，這平台同時也是廣域市場一日內交易的一部分，至於移出既存市場流動性的問題，會透過兩個平台的連結而妥善處理。可調度彈性交易平台上將會設計 10 個委託簿(Orderbuch)，委託簿是以資產為基礎，可以取得資訊，知道發電或是負載由何處而來。設定 10 個委託簿 (Orderbuch)的理由是 EWE 想要強化 10 個變電所成為智慧電網操作者(Smart Grid Operator)。這 10 個變電所將會預測電網行為，向市場公告它們的需求，因此，需要當地的委託簿，讓當地的參與者可以參與投標。當前最重要的工作是把資源投入建立這 10 個委託簿，一年後就可開始後續的流程。輸電系統運作商(TSO)也可以在此一平台交易，獲得利益，特別是在電網重新調度(re-dispatch)時。若是電力系統壅塞，輸電系統運作商(TSO)可以在德國北部進行強制的出力調整，或是在南部的交易





平台(The SmartData and Service Platform)。EWE 採用所謂的三階段層級方法(3 tier Layer approach)，其中，整合層要連結到饋線系統、家庭系統、儲能系統、傳統發電系統、參與市場的產業夥伴所提供的可調度彈性、市場資訊等各種不同的資料來源。EWE 擁有資料科學家群(Data Science Group)，他們主要的工作是讓資料變得有意義，串聯破碎的訊息，讓資料盡量有全面性的觀點，避免資料從旁損失(Data Side Loss)。此外也提供新服務的地方，稱為 AppStore Energiewende，這是一個對外公開的新應用程式，讓使用者可以對應某種新服務應用。EWE 不僅從終端用的觀點開發應用程式(App)，也關心可以改善服務的應用程式，例如，系統監控和資料擷取系統(SCADA)，讓交易更為順暢。

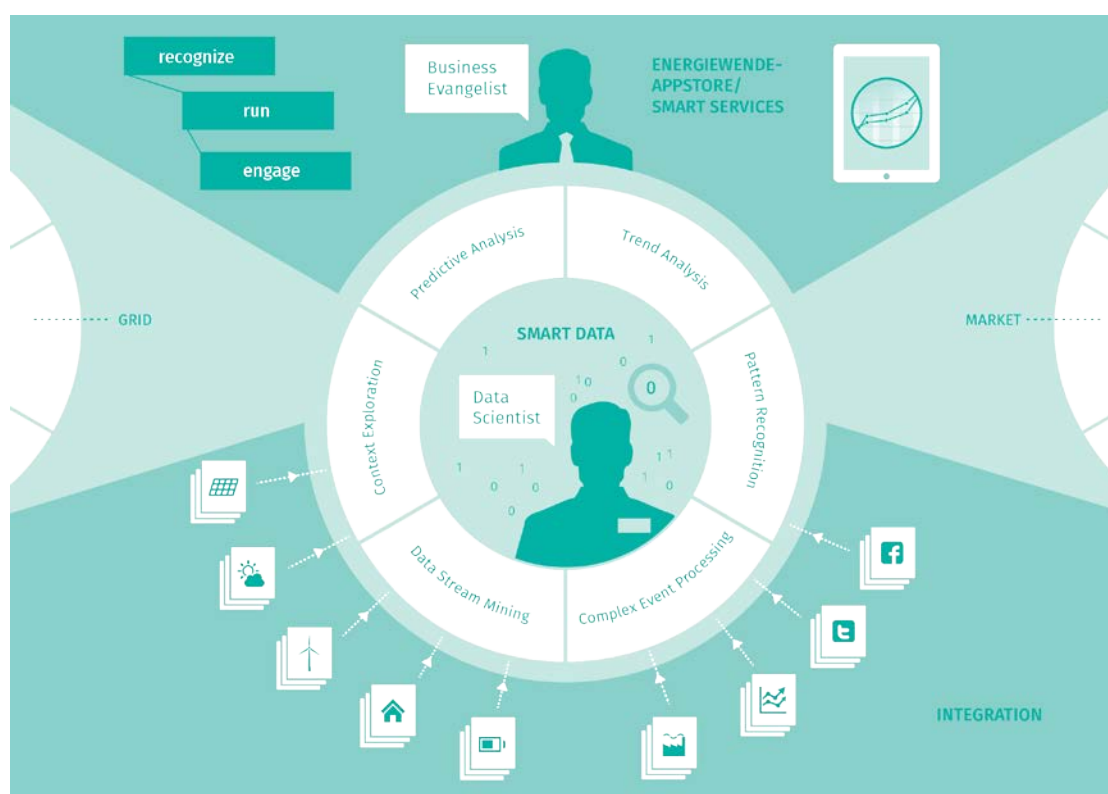


圖 26、商業福音傳教士與資料科學家關係圖

(三十)在發展應用程式、開創新的商業模式時，有二種角色非常重要，一是對於特定的使用案例(Use Case)有興趣的商業傳教士(business Evangelist)，另一是資料科學家群(Data Scientist Group)。例如，市場專業人員很了解資訊交易市場，但是不懂撰寫程式及數據處理(Data Crunching)，因此，需與資料科學家一起合作開發交易演算法(algorithm)，將自動現貨市場交易最佳化，目前，EWE 正在導入這些自動市場交易應用，這些工作就行為結合交易者與資料科學家。前一年，EWE 資料科學家收到將風力發電預測用於發電組成(Portfolio)的要求，於是用所謂的電表預測方式，結合兩家設備提供商的資訊，創造了所謂動態的預測方式。過去的做法是將這兩組的預測資訊各取 50%，作為最終的預測結果，新的作法是，每小時區間的發電量預測都有一個新的配比方式，資料科學家利用 12.5 天的時間所創造的預測公式，勝過市場上的預測技術領先者。這樣的計畫只花 2.5 個月就回收投資，對電力系統

來說算是相當值得的。

(三十一)EWE 設立的資料實驗室(DataLab)，所面對的另一個挑戰是在智慧家庭領域。家庭用戶有很多的用電設備，諸如：照明、電爐、電動載具、智慧供熱系統等等，這些設備如連結在一起，可視為一個生態系統(Eco System)。因此，EWE 想要使用智慧電表，作為探知客戶的眼睛，了解家庭的電力消費活動，從中取得電力使用設備運作的資訊。EWE 想從用電資訊中，了解哪個用電的圖樣(Pattern)是來自於那種家電、用戶的用電行為等等，以建立分析用電圖樣和對應電設備間的模式。EWE 希望可以利用這樣的模式，為用戶提供服務。例如，用戶離開家後，所有用電設備都已經關閉，如果熨斗、電爐忘了關，就可通知用戶，避免危險。除了能源領域之外，EWE 也在思考智慧電錶資料在健康領域的應用。德國也有老年化社會的問題，希望可以協助老年人的生活。電力公司可以擔任這種居家生活習慣的觀察者，利用用電資料觀察住戶在居家的生活習慣，如果在每天的生活模式(Pattern)突然缺少某個圖樣(Pattern)，例如，早上沒有開燈、或是沒有煮咖啡等等。這可能表示長者的生活中有不尋常的事發生。這些圖樣(Pattern)很重要，可以提高 EWE 服務的附加價值。資料科學家有 12 週的時間可以確認資料是否可開發成一個有潛力的領域，或是有機會可以發展出新的商業模式。例如，EWE 想要有每兩秒鐘可以傳送資料的智慧電表，由於沒有現成的產品，因此，就利用技術實驗室(TechLab)開發新的智慧電表，然後將得到的電表資料送到智慧資料服務平台(The SmartData and Service Platform)，由資料科學家進行數據分析(Data Crunching)，現在已經可以從這些集合在一起的資料中，分析出幾種洗衣機、吹風機等用電設備發生了什麼事，下一步要測試更多的設備，然後和其它公司策略聯盟。希望可以再提高擷取資訊的頻率，就樣就可以更容易連結特定的家電設備，知道這些家電的運作方式，判斷運作是否故障，或是洗衣服的排程有誤等等，可以將這些資訊用於協助家電設備的維護等等。

(三十二)德國目前正在進行能源轉型，EWE 相信可以發展一個不用使用化石能源、核能的更永續、可靠的能源系統。EWE 相信此一藍圖應該可以應用於其它國家，往這方向發展的國家可以合作，不需要重複錯誤的經驗，因此，全球需要跨國的產學研交流平台，EWE 希望邀請台灣的團隊成為 Enera 全球交流平台的一員。目前，已經有很多個國際企業參與這個平台，在這個平台，可以交換構想，進行策略面的合作、及商業層次的技術活動等等。合作的流程為：(1)交換意見；(2)構想書層次(Whitepaper process)、(3)實際的合作。



圖 27、考察團成員與 EWE 研討會

## 九、德國 ULDEWI 公司

(一)德方與會人員有 DEWIOCC Hergen Bolte, ULDEWI Albert Kriener 和

Richard.Friihmann。DEWI 早期協助德國環境部在德國的東海、北海分別設置了 3 個測風塔，並且進行量測資料的蒐集、整理與分析。FINO1&3 位在 German Bight (German: Deutsche Bucht)。FINO1 主要是為了支援德國第一個離岸風場 Alpha Ventus 的開發，DEWI 在過去的 15 年間已經累積了相當多的資訊，無論是在海氣象觀測塔的細部設計或是資料的蒐集、整理與分析等。如果可以和 DEWI 合作，有很多工作都可以減少學習曲線。DEWI 不但一家顧問公司，也是一家研究公司。

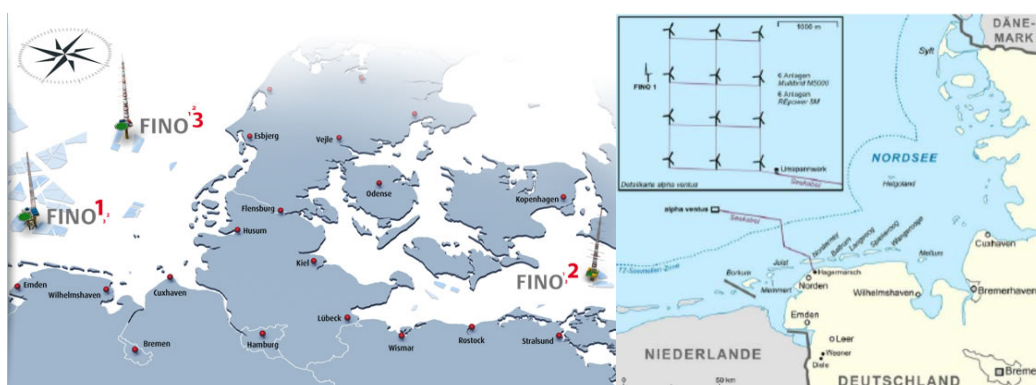


圖 28、FINO1&2&3 位置圖及德國離岸風場 Alpha Ventus 和 FINO1 測風塔關聯圖

(二)相較於丹麥近岸和淺水容易開發的離岸風場，目前德國聯邦海事及水文地理局 (BSH) 規劃開發的 DolWin, BorWin, HelWin 及 SylWin 等離岸風場群，離岸大約 30~40 公里，水深約 30~40 公尺。德國早期的風場開發，係為配合離岸風力發電的躉購制度，採取誰先註冊該離岸風場，該開發商就有此風場的開發權利。目前，則

是採取競價的模式，由電力出售價格最低者，可以取得風場的開發權利。台灣目前則是採用誰先註冊，在一年內通過環評，就可以獲得該區塊的風場開發權，德國現行的做法引導離岸風力發電的成本下降。

(三)目前，德國風場開發商在開發風場之前，都要針對其場址設置專屬的海氣象觀測塔(Met Mast)，多數的開發商並不願意分享觀測塔所量測的資料。未來，離岸風場的開發，如果可以讓開發商不需要針對個別離岸風場設置專屬的海氣象觀測設備，而是由特定的單位在特定的策略地點(Strategic Location)布建，蒐集海氣象資料，提供給開發商使用，長期而言，這樣的作法更具效益。

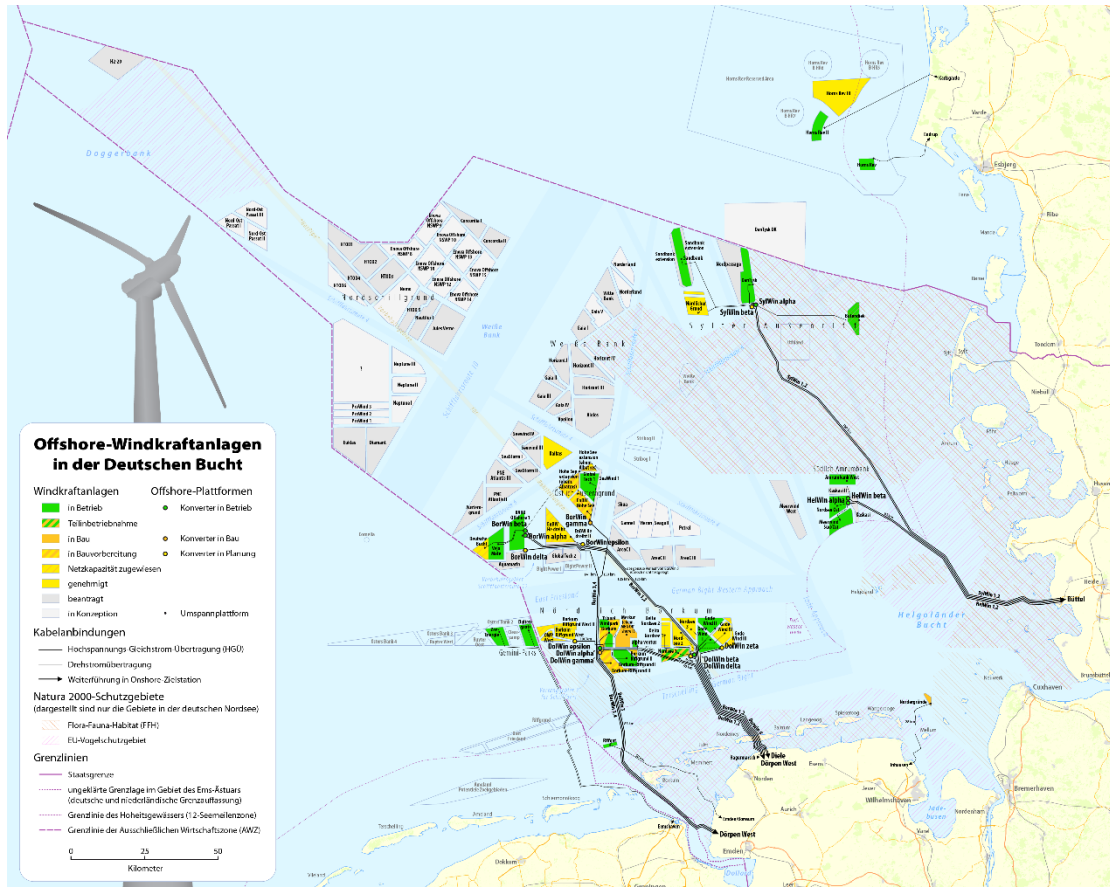


圖 29、德國所規劃開發 DolWin, BorWin, HelWin 及 SylWin 等離岸風場群

(四)德國有很多在發電的離岸風場，DEWI 利用衛星照片拍攝這些操作中的離岸風場尾流，結果顯示尾流長度將近 100 公里。這樣的結果對於整體離岸風電頗具意義，目前正在研究如何去量化分析這現象，很多風場開發商對此很有興趣。大量設置離岸風機，對於附近氣象環境的影響會不一樣，風機營運的模型也會不同，離岸風場的邊界層將會變得很複雜。因此，需要更多量測資料來分析對風場的影響。對台灣而言，風場的開發正在發展，如果現在可就開始規劃量測網絡，執行上相對容易，也可成為全世界未來開發風場的典範。要實現這樣的網絡，如果使用浮動式光達，比較容易在特地地點放置(Position)。但是，浮動式光達對於量測紊流有困難，如果可以連結固定式測風塔、浮動式光達甚至衛星量測資訊，應該可以建立具有可靠度的離岸海域風場量測網絡，這部份可以利用德國累積 10~15 年的資料去規劃，當

然，最終還是要能說服離岸風場開發商或是融資機構，這種離岸海域風場量測網絡所獲得的資訊是可靠的，投入的成本較過去的作法低。

- (五)開發商設置測風塔，因為在意成本，因此，其結構或功能上都比較簡單。德國在 FINO 的測風塔使用 Jacket 基礎設計，這種結構的剛性(stiffness)比較不會小的擾動。德國測風塔都規劃有直升機的停靠平台，對於測風塔的運作有很多好處。DEWI 對於資料採取比較開發的態度，很多計畫都使用其量測的資訊。
- (六)DEWI 對於測風塔的設計也有很多經驗。好的設計，可以在 10 分鐘內就完成零組件的拆裝作業；不好的設計，其拆裝可能要花費將近 1~2 個鐘頭。要盡可能地縮短每件工作所需要花費的時間，以便在直升機來回一次的時間完成所有的工作，節省直升機運送的趟數。另外，對於處理水下觀測設備的生物附著，DEWI 也有很好的處理方式，這部分的處理需要花費很多錢。目前，並也規劃在測風塔上裝上水平光達，資料量測，放置地點的選擇也很重要，以便確保可以量到每一個方向。

#### 十、英國 Strathclyde 大學電力網路研究中心

- (一)電力網路研究中心(The Power Networks Demonstration Centre, PNDC)由政府、產業與學界共同創立，目的在加速新型態電力系統的納入，為下世代所需要的智慧電網奠基。該中心為從事智慧電網的技術人員與設施提供良好平台，作為一示範場域，其設備可加快技術驗證，PNDC 有教授與技術人員的共同投入，學術論文、專利權、特別專案及獨立預算數皆是 KPI 的表現。
- (二)PNDC 的成員可分為三類，第一類(Tier 1)企業（如 UK Power Networks, SP Energy Networks, Scottish & Southern, CISCO, Vodafone），均有 2 位代表擔任董事與技術董事，可參與所有由董事會訂定的六項研究項目，並共享技術專利權；第二類(Tier 2)企業（如 Locamotion, OMICRON, S&C），均有 1 位代表擔任董事或技術董事，僅能參與六項研究項目中的兩項，透過授權獲得專利；第三類(Tier 3)企業（如 yambay），則不能派員擔任董事與技術董事，僅能參與六項研究項目中的一項，亦須透過授權才能獲得專利。
- (三)PNDC 的六項研究主題為：Protection & Control, Asset Management, Power Electronics & DER, Sensors & Measurement, Network & Demand Side Measurement, Communication & System Integration，每一主題均有學術、PNDC 主題研究者及產業代表領導。PNDC 由執行長(CEO)、營運長(COO)經營，企業成員可提出研究項目的想法和 roadmap 給技術董事會，再由技術董事會決定是否執行，一旦技術董事會同意，則交由 PNDC 主題研究者及產業共同執行。
- (四)設置 PNDC 的想法，最初出現於 2006 年 5 月，逐步建立商業運作模式，由參與的企業共同出資。PNDC 的設備有交流電(AC)和直流電(DC)的即時數位模擬能力(Real-Time Digital Simulation, RTDS)，企業可在能控制與受保護的情況下，透過 RTDS 實際電網測試其產品。



圖 30、考察團成員與 University of Strathclyde 電力網路研究中心

## 伍、心得與建議

### 一、從傳統集中式電網到分散式電網

從今年 7 月尼莎颱風來襲造成花蓮和平電廠電塔倒塌，到 8 月 15 日因大潭火力電廠供氣中斷所造成的全台大停電，電網從傳統集中式改為分散式，成為一個須認真面對、進行開展的議題。與 EWE 公司人員的會談中，我們知道電力系統由傳統式轉到分散式是一項很艱鉅的工程，需要各方支持，參與發展。日前，臺電公司參與主辦的座談會中，與會人士達成未來投入數項發展課題的共識，這些課題也被納入本部最近計畫徵求的研究主題。

### 二、結合 Big Data、IoT 到 AI 的智慧能源管理

將 Big Data、AI 應用到能源管理，顯然是目前的主要趨勢所在，透過智慧電錶、智慧電網，從用戶端所蒐集到諸多即時電力資訊，進行資料的分析、研判及利用，串聯起智慧能源管理的生態系統，以提供更好的服務，在芬蘭、德國及捷克等國家，都積極努力推動中。其中捷克 SafeDX、Foxconn DRC 及 Foxconn 4 Tech 即由鴻海富士康集團投資布局，皆著眼資料在物聯網時代所創造、衍生的價值，而資料科學家，尤其在 AI 演算學習人力、商業模式的創造，是現在亟需努力加強的。

### 三、場域驗證，精進技術及想法

上述智慧能源管理，未來會有更多物聯網解決方案及應用的產生，相關工作展開、參訪各國之單位，多進行許多實場域的驗證工程，以精進相關技術及想法，而如芬蘭 VTT 針對資料傳輸，在不同屬性場域考慮蒐集成本、即時成效，以低功率無線通訊(Low Power Wireless Network)，如 LoRa、NB-IoT 等，針對不需要大頻寬資訊傳送，畢竟物聯網、AI 時代，解決方案的應用須依賴可靠、穩定的通訊網路傳送資料。

### 四、離岸風力海象觀測，如德國浮動式光達設計

離岸風電是政府再生能源重點發展項目之一，德國 DEWI 在測風塔的設計、風場資料量測及分析、水下觀測設備生物附著等方面，有相當的經驗，尤其就離岸風機測風技術上，針對我國現積極發展離岸風力，提供若干寶貴意見，希望可協助縮短摸索時間，如發展浮動式光達，蒐集區域間海象資料分享，以讓不同風場開發商可共享資訊，串聯場域間資訊，發揮綜效，也降低各自開發海象觀測設備之成本。NEP-II 離岸風力主軸於年底訪歐時，應將其列為參訪單位，深入討論技術合作事宜。

#### **五、產學研合作，形成團隊擴大綜效**

本次行程由 NEP-II 智慧電網主軸協助安排，在芬蘭、德國、捷克及英國，均已分別開展或洽談彼此進一步實質合作之事宜。此行大同公司及中興電工，均有投入智慧電網、電錶相關計畫。藉由與 NEPII 相關計畫合作，精進技術並汲取國外最新發展，有助相關公司，以國內練兵場域實蹟、開拓海外市場，此等產學研合作模式，有助提升彼此能量，形成團隊擴大綜效。

#### **六、科技發展著眼利基，擬定發展策略及路程**

科技不外乎人性，才能為眾人所用。芬蘭 VTT 的人工智慧發展策略報告中，談到新興科技的發展，在技術之外，也要同時注意法律的訂定、教育及社會溝通等層面。隨著無人車漸受重視，國內也開始制訂相關試驗的規定。我國推動人工智慧，在國內引起甚大的迴響，伴著科技的發展，其他方面的推展亦須同時進行，應可借鏡芬蘭等國的經驗，擬定發展策略，繪製路徑圖。