

出國報告（出國類別：實習）

因應再生能源增加之電價訂定策略及其 成本分攤做法與企業用戶個別化服務應 用發展研習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：楊程鈞(主管(綠能應用))

王曼臻(電價制度規劃專員)

羅力綺(用戶權益專員)

派赴國家/地區：美國

出國期間：112年10月23日至112年11月4日

報告日期：113年1月3日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：因應再生能源增加之電價訂定策略及其成本分攤做法與企業用戶個別化服務應用發展研習

頁數 49 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司人力資源處/翁玉靜/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

楊程鈞 / 台灣電力公司 / 配電處 / 主管(綠能應用) / 02-23665875

王曼臻 / 台灣電力公司 / 業務處 / 電價制度規劃專員 / 02-23666674

羅力綺 / 台灣電力公司 / 業務處 / 用戶權益專員 / 02-23668472

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 23 日至 112 年 11 月 4 日

派赴國家/地區：美國

報告日期：113 年 1 月 3 日

關鍵詞：時間電價 (TOU)、顧客關係管理 (CRM)、電動車(EV)

內容摘要：

本次出國參訪涵蓋了與美國加州公共事業委員會(CPUC)、南加州愛迪生公司(SCE)、Enel X Way、Bidgely 等公司的深入交流，並參與了 UA Week 的數位分析研討會，為台電提供了寶貴的學習和啟示。

CPUC 的參與深化了對 Flex Capacity 和 CalFUSE 等概念的理解，為再生能源大規模導入情境下調整電價提供了可能性。SCE 展現了在能源轉型中的卓越創新，透過先進的費率訂定和用戶服務策略，成功實現了需量反應和電網最適化，同時提升了用戶的節能意識。Enel X Way 提供了針對電動車充電及電網因應的實用建議，包括利用大數據分析選擇最適合的充電樁設置位置。Bidgely 的能源解析技術則影響了客戶體驗，激發了節能意識和需求面管理的積極作用。經由 UA Week 的研討會，我們更深刻了解了 AI 產業的趨勢，獲得了對未來發展的啟示。各公司的分享和建議為台電在能源轉型、再生能源導入、電動車推廣、用戶服務和數位轉型等方面提供了多元思路。

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、出國緣起與目的.....	2
貳、出國行程.....	3
參、參訪單位.....	3
一、CPUC	3
二、SCE	10
三、Enel X Way	22
四、Bidgey	30
五、UA Week 研討會.....	36
肆、心得與建議.....	48

壹、出國緣起與目的

在國外電業市場，再生能源正處於高度蓬勃的發展階段。美國對於再生能源電價制度有著豐富的經驗與做法，透過研究美國的再生能源電價制度，我們可以深入了解美國在這方面的做法，從而優化我們自身的電價方案，這對於我們公司重新檢視各類電價方案及其成本提供了有益的借鏡。這也意味著我們可以從這些成功的案例中學習，並在我們的電價制度中引入更具創新性和效益的元素。

另一方面，我國政府已經訂定了 2050 年淨零排放的路徑，並且提出了明確的目標，例如 2025 年太陽光電達到 20GW、離岸風電達到 5.6GW。此外，到了 2040 年，將實現新售機、汽車全面電動化的目標。這項政策意味著大量分散式能源將陸續加入系統，且電動車充電電力需求將持續增長，也將預期電網的穩定性將面臨新一波挑戰，須預先妥為因應。在這樣的環境下，我們可以從美國的經驗中獲益良多。美國已經具備豐富的分散式能源併網經驗以及電動車雙向充放電技術，同時在電價方案設計及需求面管理方面也取得了顯著的成就。這對於我們公司研擬相關電力系統因應策略提供了有力的參考和支持。

此外，美國電力市場開放競爭已行之有年，在售電端開放用戶選擇權的情況下，如何鞏固用戶黏著度並強化顧客關係變得愈發重要。透過深入研析客戶服務相關應用案例，將有助於我們公司研擬並規劃具體可行的顧客關係管理策略。這包括提供更具吸引力的措施、推出創新解決方案以增強用戶體驗，以及建立更緊密的溝通機制，以更好地滿足客戶的需求。通過這些策略的實施，我們可以提高用戶忠誠度，進一步鞏固在市場中的競爭地位。

綜上，本次的參訪目的，希望透過洽訪加州公共事業委員會(California Public Utilities Commission, CPUC)、南加州愛迪生公司(Southern California Edison, SCE)、Enel X Way、Bidgely 等相關領域之機構，交流美國電業市場的再生能源發展、電價制度、電動車議題以及顧客關係管理等方面的成功案例，作為本公司面臨能源轉型、市場變化，研擬並規劃具體可行之管理策略參考。

貳、出國行程

- 研習日期：112 年 10 月 23 日至 112 年 11 月 4 日，共計 13 天。
- 出國行程：

日期	地點	參訪機構
10/23(一)	往程	
10/24(二)	洛杉磯	加州公共事業委員會 (California Public Utilities Commission, CPUC)
10/25(三)	洛杉磯	南加州愛迪生公司(Southern California Edison, SCE)
10/26(四)	舊金山	Enel X Way
10/27(五)	舊金山	Bidgely
10/30(一)	奧蘭多	奧蘭多公共事業委員會(Orlando Utilities Commission)
10/31(二)-11/2(四)	奧蘭多	公共事業分析研討會(Utility Analytics Week)
11/3(五)-11/4(六)	返程	

參、參訪單位

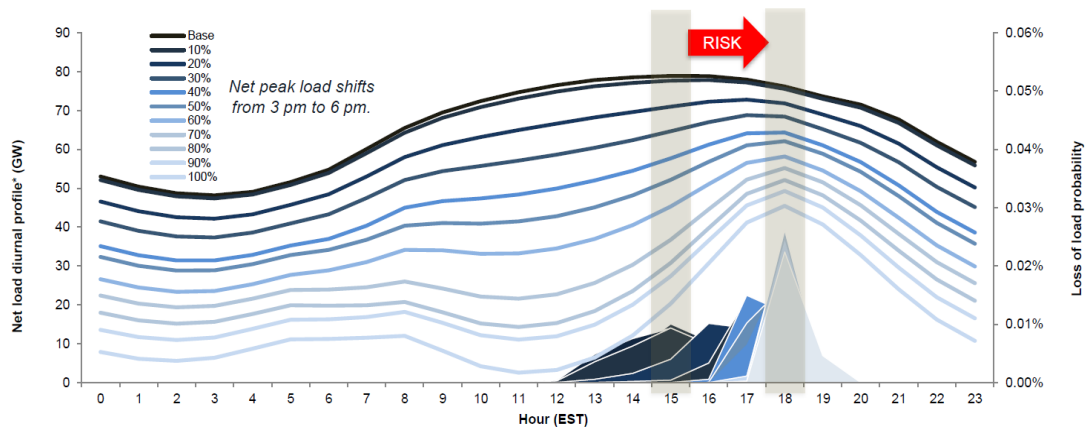
一、CPUC

(一)加州公共事業委員會(California Public Utilities Commission, CPUC)簡介

加州公共事業委員會(California Public Utilities Commission, CPUC)對於美國加州地區的民營電力、天然氣、電信、水利、鐵路、軌道運輸、客運公司進行監管，確保消費者以合理的價格獲得安全、可靠的公用事業服務，並促進加州經濟的健康發展。CPUC 主席由加州州長任命指派，轄下組織包含鐵路安全、野火安全、消費者保護和執法部門、與水利等共 18 個部門單位。其中能源部門(Energy Division)制定和管理美國加州地區能源政策和計劃，並監管當地民營公用電業(Investor Owned Utilities, IOU)，包含太平洋瓦電公司(PG&E)、南加州愛迪生公司(SCE)、以及聖地亞哥電氣公司(SDG&E)。

近年來，各國積極布建再生能源。然而大量的再生能源併網將導致淨尖峰負載的時間轉移以及傳統發電機組的行為模式改變，如下圖所示。因此本次出國主要參訪 CPUC 能源部門的費率團隊(Rate Team)，瞭解與探討再生能源大量導入下，加州的電價費率設計議題以

及未來動態費率 CalFUSE(California Flexible Unified Signal for Energy)的構想與建置規劃，以及與之因應的消費者保護措施，供我國提前規劃參考與國際接軌。

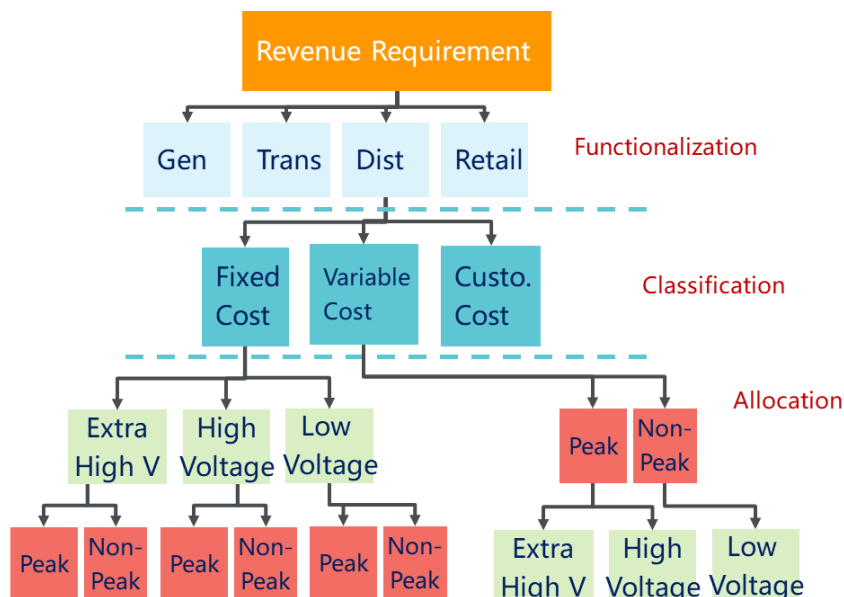


圖表 1 淨尖峰負載時間轉移 Resource : MISO(2018)

(二) 參訪內容

1、容量分配(Capacity Value Allocation)與電價設計方案之建議

現行加州的 TOU(time-of-use)電價機制與台灣類似，如圖表 2 所示。依據負載資料計算系統邊際成本(marginal cost)，再透過收益分配(revenue allocation)，將收入要求分為不同的客戶類別，進而計算不同客戶類別的費率。然而不論用何種方式計算成本以及收益分配，都要特別留意電價設計是否能夠真正地反映系統成本(cost-reflective rate design)。加州能源委員會(California Energy Commission, CEC)尚未准許電力公司提出全然以客戶為中心考量的電價設計方案(customer-reflective rate design)，對於是否可將低收入家庭歸類為節省用電的用戶族群，CEC 仍保有疑慮。因此，如何設計真正反映系統成本的電價費率，並成功的讓用戶依電價調整用電行為，是一直以來持續努力的目標。



圖表 2：現行加州 TOU 電價機制

2、電價設計導入彈性容量(Flex Capacity)之具體做法與建議

台灣與加州 TOU 電價設計不同之處在於(1)加州採用邊際成本(marginal cost)方式計算發輸配售系統成本；(2)台灣尚未將 flex capacity 導入費率設計。隨著再生能源佔比增加，為滿足日落時段的淨負載(net loss)提升，電力公司必須預留彈性容量(flex capacity)供應爬坡負載 (ramp)。

以目前南加州愛迪生公司(SCE)以及太平洋瓦電公司(PG&E)作為參考。SCE 認為以滿足爬坡負載需求為目標的 flex capacity 需要成本。他們的作法是額外建置儲能設備，分配一半容量作為 peak capacity 用途，另一半容量作為 flex capacity 使用。因此，在電價設計的層面，SCE 不僅考量 peak capacity，也將 flex capacity 視為另一個發電成本項目。然而 PG&E 有不同的想法，PG&E 認為只要避免爬坡負載的情形發生，自然就不需要 flex capacity。因此，PG&E 認為 flex capacity 成本為 0。PG&E 的作法是在日落前削減(curtailed)再生能源的電力供應(風力、太陽光)，降低日落時分的爬坡斜率以減少淨負載的曲線變化。

從談話中瞭解 CPUC 對於 flex capacity 零成本的想法以及對削減再生能源作法保有疑慮。他們認為短期或許可以達到 flex capacity 零成本的目標，但長遠來說不保證此作法不會造成發電設備累積性的永久傷害，維修次數的增加可能提高固定成本(fixed costs)。

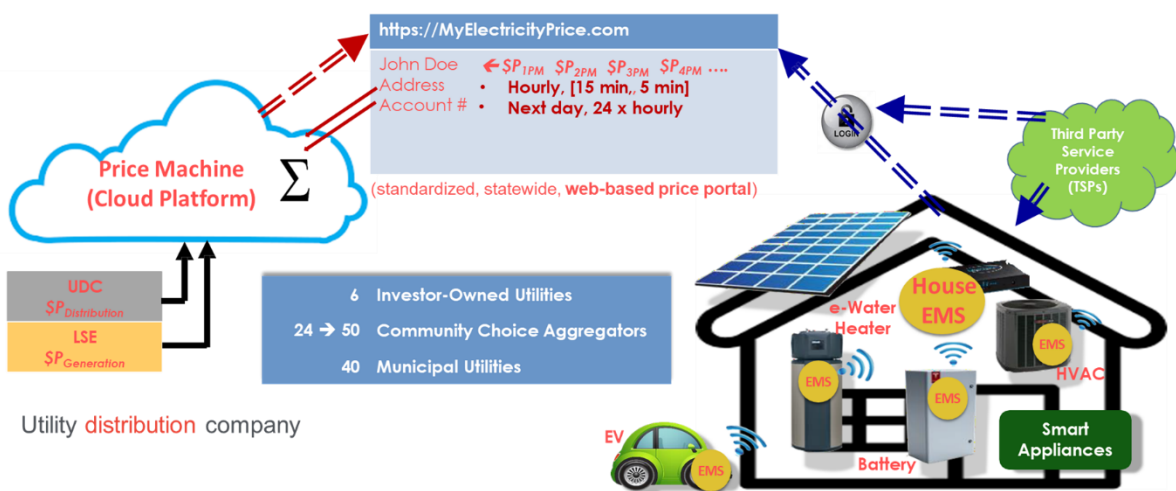
使得 flex capacity 費用轉嫁到固定成本，反而間接地提高電價費率。另外，削減再生能源是否會對購電合約 PPA(power purchase agreement) 造成違約風險，讓企業無法滿足 RE100。此外現行 PPA 的條文也可能需要做更動調整。

台灣在未來大量再生能源導入下 flex capacity 有其參考之必要性。然而其作法不論導入儲能或削減再生能源及是否要將 flex capacity 因子導入電費設計或由其他方式回收成本，皆是近期值得討論的議題。

3、Ca1FUSE 相關議題

3.1 CPUC 提出 Ca1FUSE 的動機與目的

CPUC 提出 Ca1FUSE 之目的在於重新改革需量反應與電價結構以利推動需求管理和電網優化的統一策略，達到更靈活及廣泛的需量調度應用。Ca1FUSE 計算即時電價並上傳至雲端介面，讓用戶可以透過資通訊技術取得每小時的電價資訊，如下圖所示。Ca1FUSE 提供一套標準化與統一的方式取得電價，讓第三方角色(例如：應用程式開發人員、設備製造商、能源管理服務供應商等)更專注於讓用戶存取 Ca1FUSE 價格訊號以及讓設備隨著 Ca1FUSE 電價訊號連動，以利靈活執行需求面管理應用。另外，CPUC 也提到他們期望 Ca1FUSE 能夠真正反映系統成本，真實反映電力稀缺性。然而達成此目的須建立容量成本(capacity cost)函數模型，將成本分攤到每小時。儘管這部分的計算方式以及成效為何目前仍在研發測試階段，CPUC 近期將透過試行計畫致力於推廣 Ca1FUSE 的應用發展。



圖表 3：Ca1FUSE 模式

3.2 CalFUSE 的目標客群

CalFUSE 目前仍在初步試驗階段，沒有受限用戶類別。CPUC 近期提出的 CalFUSE 試行計畫以農業用戶為主要試驗對象，皆獲得不錯成效。對住宅用戶來說，儲能、電動車、空調、以及加熱器等設備具備不錯的抑低潛力。CPUC 期望未來 2027 年可推動至住宅與其他客戶類別。

3.3 雙重獎勵(double counting)議題

能量市場通常有「負電價」機制，反映電力供應充足之情況。若 CalFUSE 也導入「負電價」機制，則會發生雙重獎勵(double counting)之情形。Double counting 誘使用戶透過參與能量市場與 CalFUSE 得到雙重獎勵。CPUC 回覆在初期 CalFUSE 實驗階段將會限制電價保持正值，因此不會發生雙重獎勵(double counting)的問題。

3.4 CalFUSE 試行計畫之成效

CPUC 目前執行兩項 CalFUSE 試行計畫(pilot project)。第一項試行計畫以農業為主要對象，透過 CalFUSE 提供農業用戶即時電價訊號，讓灌溉用泵設備(water irrigation pump)依照電價訊號事先排程用電行為。試行計畫參與規模大約是 3MW 的負載量，州政府會訂定 RFP(request for proposal)文件，以招標方式提供部分補助。有關目前執行的狀況，CPUC 表示近期他們觀察到灌溉用泵設備有很高的參與率，這些設備依照 CalFUSE 的電價變化積極地配合調整用電行為，而且調整後的行為與 CPUC 的預期行為一致，符合他們一開始對試行計畫的期望，現況看起來執行的很成功。他們認為成功的主要因素在於：(1)週前(week-ahead)電價預測機制以及(2)預先電力交易(forward transaction)機制。CalFUSE 利用週前淨負載(week-ahead net load)預測資料，計算週前電價訊號，並透過平台通知農業用戶。以用戶角度來說，相較於日前電價訊號，週前電價訊號大幅減少排程頻率，用戶更習慣於以週為單位進行設備排程。完成排程後，用戶可依照週前電價預先購買未來電力，實際超出的部分再以日前電價計費。SCE 與 PG&E 皆有農業用戶的試行計畫，PG&E 預計未來 3 年將擴充用戶至 100MW 負載規模。另外，第二項試行計畫

以電動載具(electric vehicle, EV)為主要對象。SCE 允許 EV 用戶參與 CalFUSE，PG&E 預計明(2024)年提出雙向充電樁參與 CalFUSE 試驗計畫。

3.5 CalFUSE 費率大於一般費率之可能性與避險措施

CalFUSE 的 Price Machine 負責計算提供日前每小時電價，當系統緊急狀態下的 CalFUSE 日前電價遠大於加州電力公司一般費率案件，若 Price Machine 提供的電價遠高於現行 TOU(time-of-use)電價，用戶將傾向不參與 CalFUSE 電價方案。為了避免流失客戶，CalFUSE 提供用戶避險機制(subscription)，事先提供用戶財務避險(financial hedge)的保護措施。該避險機制作法上以用戶的歷史年度負載曲線作為基準(customer baseline, CBL)。當實際用電低於 CBL 的部分時，以 TOU 計費；超過 CBL 部分則以 CalFUSE 動態費率計費。用戶避險機制(subscription)透過合併兩部即時電價(TOU, CalFUSE)的方案設計以降低用戶電費的不確定性。目前 CPUC 嘗試為不同用戶打造不同避險機制。CPUC 提到另一個避險作法是調整動態費率，使其平均值與其他零售電價(例如：TOU)平均值相同。因此，當用電行為沒有太大變化時，整體用戶的平均電費在不同的費率下將會維持相同的水準。另外，他們認為透過調整動態費率，可促進用戶調整短期的用電行為(例如 12 點到 18 點)，同時避免用戶面臨長期用電習慣的改變。

3.6 Statewide price portal 平台之營運

目前加州能源委員會(California Energy Commission, CEC)建置 Market Informed Demand Automation Server (MIDAS)平台，提供當前、未來和歷史隨時間變化的電價費率、與發電相關的溫室氣體 (GHG) 排放以及加州 Flex 警報訊號，並提供公開的 API 介面供註冊用戶存取資料。CPUC 提到除了由州政府機關負責營運管理 price portal 平台之外，未來不排除由第三方業者建置 price portal 平台，後台的電價或其他電力數據資料由電力公司提供。如何回收平台營運相關成本以及商業模式目前尚在研擬階段。

4、住宅用戶引進按需收費機制之可行性

按需收費(Demand Charge)能反映真正的系統需求以及提供更有效率的固定成本

(fixed costs)回收，惟目前 CPUC 尚未找到按需收費對於住宅用戶有利的支持數據與論點，因此沒有考慮引進按需收費機制，仍然維持現況使用固定收費(fixed charges)機制。

5、就消費者保護方面，CPUC 採取主要以下監管措施：

費率監管： CPUC 負責制定和監管公共事業服務價格規則，以確保價格公平、合理，並且不會對消費者造成不合理的經濟負擔。

服務品質的監管： CPUC 監管公共事業服務的品質，以確保電力系統的可靠性和安全性，以維護保消費者獲得優質的服務水平。

處理客訴： CPUC 設有消費者投訴管道，對於業者違反規定或引起消費者不滿的行為進行調查和處理。這也有助於監管業者的服務水準。

無障礙輔助服務： CPUC 確保公共事業服務能友善身心障礙者，鼓勵服務提供商採取特別措施以確保弱勢族群能夠平等享有服務。

救濟基金和補助計畫： CPUC 設有救濟基金和補助計畫，以協助低收入戶家庭獲得基本的公共事業服務，確保社會上所有層面的人都能獲得基礎的服務措施，給予確保生存必須資源。

此外，CPUC 針對不同人及團體，提供聽證會、研討會等透明的溝通管道，提供公眾了解並參與項目制定與決策過程，這也有助於未來政策推動的順利。雖本公司非監管公用事業單位，但相關經驗可作為本公司履行企業社會責任之措施參考。

(三)小結

CPUC 在大量再生能源導入下之電價設計議題提供寶貴意見與經驗交流，綜整如下：

1. 彈性容量(Flex Capacity)：隨著再生能源佔比增加，為滿足日落時段淨負載提升，電力公司必須預留彈性容量以供應爬坡負載。相較於 SCE 及 PG&E 電力公司分別採用導入儲能以及削減再生能源之作法，台電目前可透過電力交易平台購買輔助服務商品，作為備用及彈性容量之成本，解決尖峰與爬坡負載用電需求。目前台電尚未將彈性容量成本導入現行電價設計機制，未來可視現行機制之執行成效來評估參考。

2. 動態費率(Ca1FUSE)：為使電價能夠真正反映系統即時成本，CPUC 研提以日前每小時為單位的動態費率(Ca1FUSE)方案，並以資通訊技術為框架，讓物聯網設備能夠透過 API 方式即時取得電價資訊。Ca1FUSE 提供潛在抑低設備(空調、充電樁)更靈活的需求面管理應用，並提供第三方角色(例如：應用程式開發人員、設備製造商、能源管理服務供應商等)創新商業模式。此外 Ca1FUSE 在農業用戶的成功試驗，以及後續充電樁加入 Ca1FUSE 之規劃，非常值得台電參考。
3. 多元電價並存的配套機制與避險措施：為降低用戶電費的不確定性，CPUC 分享二種不同的用戶避險機制，分別為費率正規化(平均值調整)與以歷史用電為基準(CBL)的混合費率。期望對本公司未來新電價方案的推動有所助益。

此外，會中也交流許多議題，例如 Ca1FUSE 是否已經導入 AI 人工智慧以及未來在全人工智慧的運作下如何說服民眾使用。SCE 電力公司嘗試運用 AI 預測電價，目前仍在試驗階段，尚未導入實際應用。最後雖然時間有限尚未回答全部問題，但受益良多。再次感謝 CPUC 能源部門費率團隊的 Achintya Madduri、Masout Foudeh, Ankit Jain 的交流分享。

二、SCE

(一)南加州愛迪生公司(Southern California Edison, SCE)簡介

南加州愛迪生公司(Southern California Edison, SCE)為愛迪生國際集團 (Edison International Group) 之子公司，服務地區涵蓋 5 萬平方英里之南加州地區，為 500 萬住宅及工商業用戶提供輸配電及電力服務，為加州三大電力公司之一（其餘為北部之太平洋瓦電公司(PG&E)，南部之聖地亞哥電氣公司(SDG&E)）。

SCE 在 1996 年加州推動電力市場改革後，拍賣大部分發電廠，目前擁有並經營 33 座水力電廠、五座燃氣尖峰電廠、兩部複循環機組 (Mountainview) 及一部柴油發電機 (Catalina 離島)、25 座太陽光電廠(SPV)及 9 項電池儲能相關設備，但這些不足以因應轄區內 500 萬用戶之用電需求，必須向獨立發電廠(Independent Power Producer, IPP)購電。目前自產電力約占 16%，其餘 84%電力係外購自 IPP。

在電力市場改革後，SCE 分割電網與售電業務，目前仍擁有原有之輸配電設備與線路，但開放所有用戶之購電選擇權。SCE 目前電網總資產超過 380 億美元，包括 140 萬支電桿及 800 個變電所與 12.6 萬英里之輸配電線路，為因應未來經濟與人口成長需求，SCE 未來將持續投入資金擴建及強化輸配電系統之基礎建設。SCE 在 2022 年之總營業收入 172 億美元，其中 41.9%來自商業用戶，39.9%來自住宅用戶，有 3.0%來自工業用戶，其餘分別 4.0%為政府機關，4.0%為農業，其他營業收入占 7.2%。

(二) 參訪內容

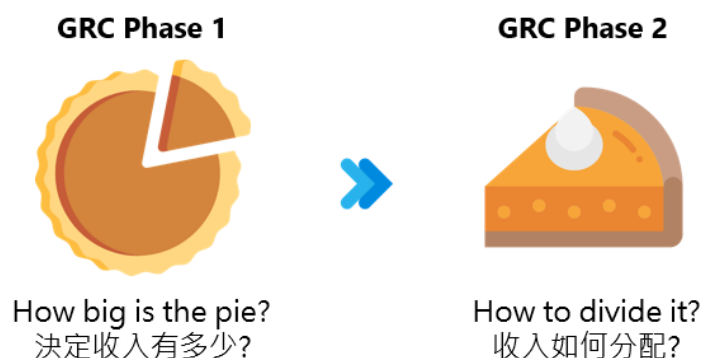
美國售電市場開放競爭已行之有年，加州地區再生能源更是高度蓬勃發展，本次參訪主要與 SCE 交流其因應再生能源發展下之費率設計方式及競爭市場環境下的顧客服務方案，因 SCE 為受加州公共事業委員會(CPUC)監管的公用事業電力公司，必須向 CPUC 提出費率政策書(General Rate Case, GRC)，每四年一次定期提報電價必要收入(Revenue)與費率設計流程，藉此決定被 CPUC 許可的收入，以及費率如何設計去回收這些收入。所有過程皆為公開，SCE 需詳細說明為何需要這些收入，並回應委員會公共利益部門、公共倡議辦公室和其他公共利益團體的意見，以下將介紹 SCE 費率訂定相關方式及顧客服務措施。

1、費率訂定相關方式

1.1 由 GRC 決定必要收入及費率設計

前段提到之 GRC 收入約佔用戶費率的一半，另外三分之一來自電力能源成本，這些成本直接轉嫁給客戶，SCE 不會加價或賺取利潤，剩下的成本來自各種其他因素，例如聯邦能源管理委員會(FERC)監管的大型輸電計畫以及能源效率和低收入戶援助計畫等。

GRC 分為兩個階段，第一階段決定被許可的收入，意即收入這塊餅有多大；第二階段決定收入如何分攤，意即這塊餅如何切分：

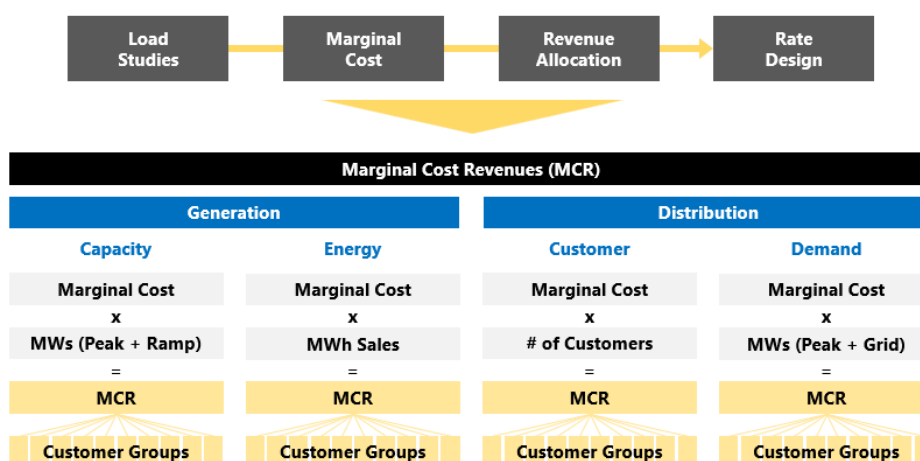


圖表 4：GRC 示意圖

(1) GRC 第一階段(Phrase 1)-確認所需收入：

由 SCE 提出接下來 5 年預期的資本支出，此資本支出再加上企業管理費用、建設期間資金補貼(AFUDC)¹、營運資金，並減去折舊及除役資產，決定費率基礎(Rate base)。費率基礎決定後，乘上投資報酬率(RoR)，即得到電業必要之收入。

(2) GRC 第二階段(Phrase 2)-收入分配方式：



圖表 5：收入分配方式

第二階段承接第一階段決定之收入進行分配，需先決定下列項目：

- 邊際成本

¹ AFUDC(Allowance For Fund Used During Construction)於建設期間視為收入並於建設完成開始使用後計入費率基礎。

- 各類用戶售電量預測
- 各類用戶必要收入分配方式
- 電業成本動因(cost driver)(發、輸、配電等)
- 費率結構(如能量費、容量費、固定費等)

接著將應收收入分攤到費率結構並進行費率設計，SCE 會計算各用戶類別的邊際成本之收益(Marginal Cost Revenue, MCR)，作為分攤發電和配電成本的基礎，其他項目之必要成本分攤，則使用如售電量預測比例、系統負載平均比例，12CP 或其他方法，另外輸電成本分攤則由聯邦能源管理委員會(Federal Energy Regulatory Commission ,FERC)決定，非 GRC 範疇。

1.2 SCE 採用邊際成本訂價(Marginal Cost)

與台灣平均成本法訂價不同，SCE 會根據未來為用戶額外服務 1kWh 或 1kW 所衍生的必要成本，即邊際成本概念訂價，其優點為符合經濟學原則，由模擬競爭市場下進行定價結構及其資源配置，有助於促進經濟效益和社會福利。對用戶而言，可以更真實的反應價格訊號，以鼓勵用戶提升能源效率、節約用電，亦有助於需量反應的推廣；而平均成本訂價方式係基於電業營運的總成本，較無法反映市場信號，但優點是成本較容易定義，且可確保財務可行性。

SCE 會定義滿足用戶電力需求的成本驅動因素(如發電、配電)，並計算因用戶電力需求增加而產生的成本變化，分別有電能成本(Energy costs)、發電容量成本(Generation Capacity costs)、配電容量成本(Distribution Capacity costs)及用戶成本(Customer costs)。針對每個用戶群組設計費率時考慮邊際成本，可確保回收各群組分配到的應計收入並建立合適定價模型以達成各類別內的平衡。

1.3 發電容量成本導入彈性容量(Flex Capacity)

加州隨著再生能源占比逐漸增加，太陽光電抵銷系統負載之後的淨負載形成所謂的鴨子曲線(Duck Curve)，邊際成本高峰已移至下午 4~9 點(特別是春季期間再生能源高、

負載特別低時)，而為因應日落之後的負載爬升，SCE 導入彈性容量成本。整體發電容量成本 50%為滿足尖峰使用(Peak)，另外 50%則為滿足負載爬升(Ramp)。

原先 SCE 採用氣渦輪機作為成本依據，但考量未來系統尖峰(Peak)及爬升(Ramping)需要仰賴儲能系統因應，發電容量邊際成本改採南加州區域新建 4 小時鋰離子電池(即儲能系統)之年均化淨成本，運用失載預期損失(Loss of load expectation, LOLE)和爬升預期損失(Loss of Ramp Expectation, LORE)計算各小時邊際成本。

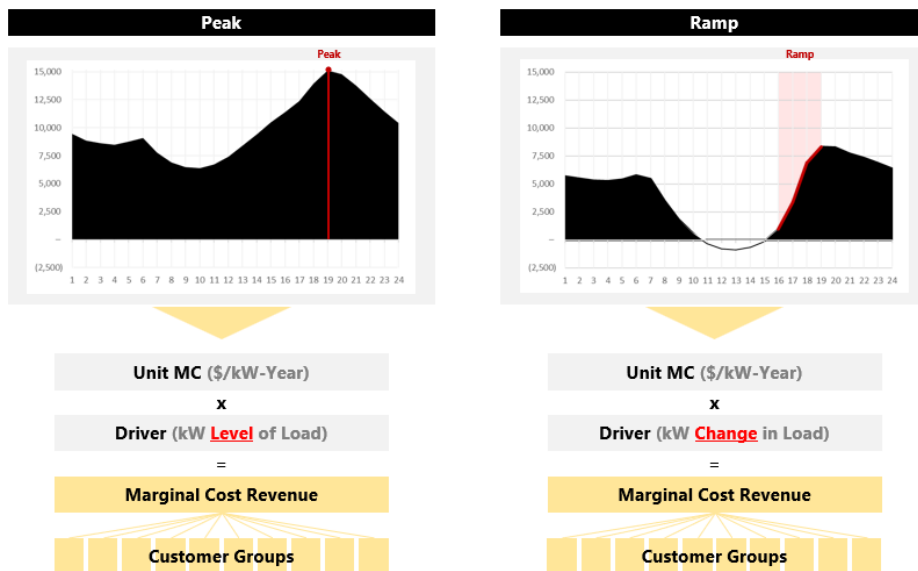
其方式為在一年 8760 小時內，將每小時的預測負載與預測發電量進行比較，並計算每小時各自剩餘容量，剩餘容量越少，容量短缺風險越大，而發電容量邊際成本分配比例就越大。

Cost Component	Annual	Summer			Winter		
		On-Peak	Mid-Peak	Off-Peak	Mid-Peak	Off-Peak	Super-Off-Peak
Peak Capacity (\$/kW-Year)	90.85	81.30	2.71	6.57	0.27	0.00	0.00
Ramp Capacity (\$/kW-Year)	90.85	0.00	0.06	0.00	90.79	0.00	0.00

圖表 6：發電容量邊際成本分攤至時間電價時段

從圖表 6 結果可看出，發電容量邊際成本最高之時間電價格時段分別落在夏季尖峰(On-Peak)及冬季半尖峰(mid-Peak)，這兩段皆是下午 4~9 點，也就是前述提到系統主要尖峰及爬升的時間。

計算出邊際成本後，各費率群組分別按伴隨發電容量發生的單位邊際成本計得發電邊際成本之收益(Marginal Cost Revenue, MCR)。發電尖峰容量(Generation Peak Capacity)MCR 的成本動因使用每類用戶的前 100 小時 LOLE 尖峰負載占比；發電爬升容量(Generation Ramp Capacity)MCR 的成本動因使用前 10 個 3 小時 LORE 負載占比，計算各用戶類別的 MCR 總和，以用來分配發電相關的必要收入。



圖表 7：計算發電邊際成本之收益

1.4 配電容量成本使用尖峰負載風險因子(PLRF)法

SCE 之配電容量邊際成本主要涵蓋尖峰容量部分及電網部分，變電所(substation) 歸類為尖峰容量部分；子輸電電路(sub-Transmission)歸類為電網部分；配電線路 (Distribution)成本則透過使用主要線路 Main-Line 長度(歸尖峰容量)和徑向線路 (Radial-Line)長度(歸電網)的比率，進行比率分攤，分攤結果 46%的邊際成本為尖峰容量，54%為電網，另外，尖峰容量成本分攤時考慮時間因子；電網部分分攤則以非時變 (non-time-variant)為基礎。

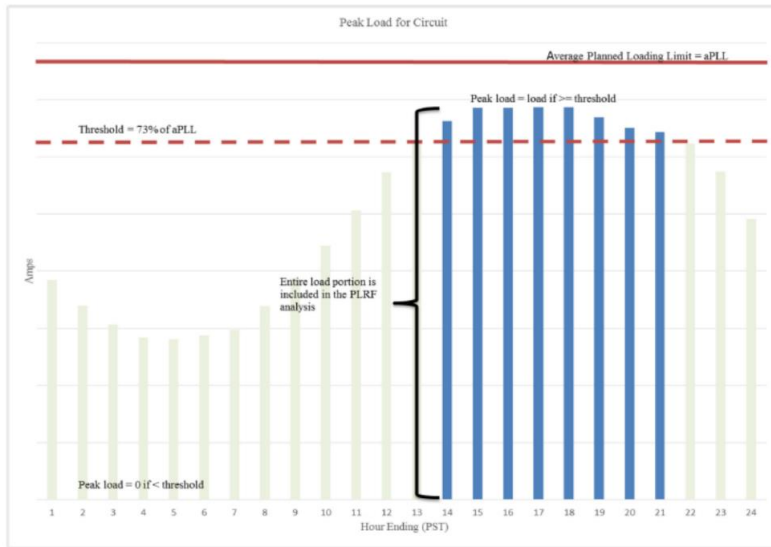
SCE 使用尖峰負載風險因子(Peak Load Risk Factor ,PLRF)方法分配配電尖峰成本到時間電價區段之中，其中運用各小時 Circuit²與 B-Bank³的預測資料及 A-Bank⁴的實績資料。

² Circuits 為 A,B-bank 下的線路。

³ B-bank 為 distribution substations 配電變電所。

⁴ A-bank 為 sub-transmission substations 子輸電變電所。

Illustration of PLRF Methodology Applied to Circuit Data



圖表 8：PLRF 法示意圖

如圖表 8 所示，超過閾值(Threshold)的小時負載就被視為「尖峰負載(peak loads)」(圖 5 藍色長條)，接著將一年中每小時下，所有設備發生的尖峰負載相加得出全年峰值負載，每小時 PLRF 即為該小時的尖峰負載與全年峰值負載之比率。值得注意的一點是，Circuit 的平均閾值為 Annual Planned Loading Limit, (aPLL)的 73%，把閾值標準化後每個 Circuit 有各自的 Threshold，超過即計為尖峰負載。

以 2024 年為例，計算出之 PLRF 依時間電價區段劃分如下圖，可分為夏月/非夏月、尖峰/半尖峰/離峰/超級離峰，從圖中可看出，不一定尖峰時段就會負擔較多比例。

2024 Forecast Circuit PLRF for Proposed TOU Periods

Season	On-Peak	Mid-Peak	Off-Peak	Super Off-Peak	Total
Annual	28%	15%	46%	11%	100%
Summer	28%	8%	43%	n/a	79%
Winter	n/a	7%	3%	11%	21%

2024 Forecast B Bank PLRF for Proposed TOU Periods

Season	On-Peak	Mid-Peak	Off-Peak	Super Off-Peak	Total
Annual	39%	11%	42%	7%	100%
Summer	39%	7%	42%	n/a	88%
Winter	n/a	4%	1%	7%	12%

2024 Forecast A Bank PLRF for Proposed TOU Periods

Season	On-Peak	Mid-Peak	Off-Peak	Super Off-Peak	Total
Annual	41%	21%	34%	3%	100%
Summer	41%	11%	32%	n/a	84%
Winter	n/a	10%	3%	3%	16%

圖表 9：2024 年 PLRF 下時間電價段分攤結果

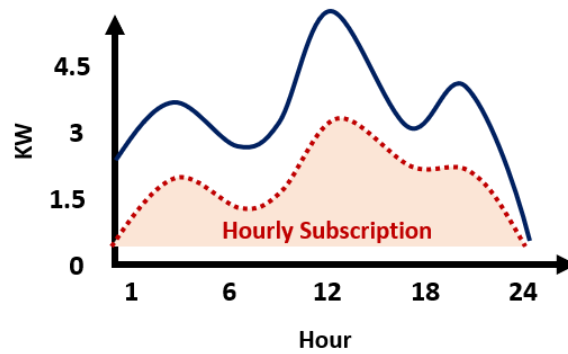
SCE 時間電價時段是根據每小時成本決定，每小時成本由不同項目推疊而成，SCE 會再依各小時總成本高低劃分出時段，不過時間電價時段決定後會提報 CPUC 並成為定案，不會每年調整，按過往經驗約 6~10 年決定一次。

1.5 配合 CalFUSE 進行動態電價試驗計畫(Dynamic Rate Pilot)

由 CPUC 提出的 CalFUSE 構想(全名 California Flexible Unified Signal for Energy)，其目的為推動需量反應方案與費率方案的聯合改革，以促進需求面管理與電網最適化的統一策略，實現可被廣泛採用的彈性需量解決方案，期望能提供更有效率的需量反應和零售費率結構、善用未來電氣化和分散式能源帶來的機會及支持加州的清潔能源目標。

CPUC 授權 SCE 進行為期三年(2022~2024)的試驗計畫，並考慮延長計畫時間至五到六年，此方案類似即時電價(RTP)及自動需量反應(ADR)之結合，SCE 將依據電網情況提供每小時的即時價格，透過資通訊的方式連結到用戶端的設備，如熱水器、充電樁、太陽能板、儲能系統等，並與系統商合作建置平台，所有價格資訊會即時上傳至平台，並可於平台即時自動買賣電能，或是幫助用戶移轉負載至價格較低的時間，用戶只要做預先基本設定，其他都由系統自動處理。

此方案也會導入避險機制，用戶可以設定多少部分的用電量以動態電價計費，舉例來說，假設一個用戶一個月用電 100 度，並非所有用電都是以動態價格去計費，而是 80 度電是本來的電價方案，超過的 20 度電才用動態價格計價，亦可以進行每小時的設定(Hourly Subscription)，示意圖如圖表 10，此作法可降低用戶電費的不確定性，同時又保有傳遞價格訊號的功能。



圖表 10：Hourly Subscription 示意圖

SCE 表示，避險機制除了保護用戶，也同時保障電力公司不會面臨大量不確定性的負載，對於避險機制的設計，SCE 認為不同類型的用戶適合的方式亦不同，例如企業用戶非常了解自身的用電，並期望藉由此機制進行套利，對於這樣的用戶可以少一點避險；相反的一般住宅用戶對電價方案較不了解也不太關心，可以設定多一點的避險也保持電費的穩定性。此方案對 SCE 最大的意義為測試電價彈性，他們想瞭解不同的價格變化對用戶行為影響的程度，以利後續電價方案的設計。

2、SCE 顧客服務相關措施：

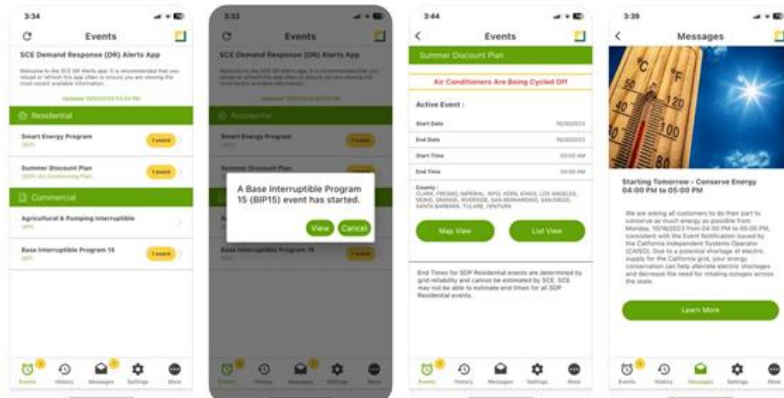
國外售電業相繼開放自由化市場至今，過去傳統電業營運模式正在轉變，SCE 為優化用戶體驗，降低品牌轉換率，已大量提供以消費者為導向之服務方案，並導入數位化服務設備與應用軟體，除簡化業務流程外，更能因應市場變化並同時維持較低的營運成本，同時提供用戶更有效率的方式與售電業互動。再者，許多大型能源公司核心業務(如售電)的利潤率正在下降，發展加值型服務也成為電業零售業創新商業模式之一，經由提供加值服務，以提升自身價值。以下重點說明 SCE 提供的顧客服務措施如下：

2.1 專屬帳戶平台：

SCE 以 MySCE 應用程式工具，提供用戶查看帳戶、支付帳單、註冊無紙化帳單、查看用電資訊及契約資訊、設定帳戶警報、查詢停電、問題申訴及各類申辦服務等，為消費者最前端的重要溝通平台。

2.2 需量反應通知平台：

SCE 推出需量反應(Demand Response, DR)通知應用程式，便於用戶接收即將發生的 DR 通知提醒，並可設定措施開始、結束以及 DR 程序、區域等訊息，以提高用戶參與率及便利性。



圖表 11：SCE DR Alerts

2.3 專業諮詢：

提出專業數據，協助顧客選用合適費率方案。

2.4 智能客服：

提供智能機器人諮詢服務。

2.5 能源管理技術：

SCE 能源管理中心提供顧客新能源管理產品、計劃、回饋和工具的信息，並協助家庭或企業充分運用最新的能源管理技術，從遠端打開電器的產品到密切追蹤能源成本，使用戶獲得更大的用電彈性和效率。它是也是確保全年（即使在極端溫度下）有足夠能源的另一種顧客參與能源管理模式。

2.6 再生能源計畫：

如協助企業顧客投資再生能源、開發再生能源套裝服務。

2.7 顧客及獎勵：

SCE 提出許多折抵電費的積點方案，獎勵顧客參與能源管理、改變用電習慣，更鼓勵用戶購置儲能或小型發電設備，以因應因天災等情況可能會發生的停電事故(自 2022

年 9 月 1 日起，居住在指定高火災風險區域的住宅客戶，每個住宅地址購買合格的便攜式發電設備能獲得回饋)。

2.8 節能產品平台：

SCE 提供 Marketplace 平台，可比較電器、電子產品和連網家居產品、計算切換到更有效率模型所節省的费用、尋找零售商等功能，以促進民眾汰換效率較低的舊電器。

2.9 家庭能源融資：

用戶用以優化電器設備，改修居住空間以提升能源效率等所需資金，可向電業合作夥伴申請優惠貸款。

2.10 提供中小型企業服務：

包括選址協助、擴建計畫支援、協助投資再生能源並降低碳足跡、協助企業達到能源效率減少能源使用和成本、取得再生能源憑證、法規輔導等一系列商業服務。

2.11 能源教育中心：

教育如何為家庭或企業做出更好的能源決策。透過互動展示和展覽、技術諮詢、課程、研討會和活動了解最新的能源管理和效率技術。

2.12 天候異常事件告警：

氣候變化，包括加州持續的乾旱，使野火成為全年關注的焦點。SCE 四分之一的服務區域目前處於火災高風險區域，這使得減輕野火成為首要任務之一。SCE 投資於改進和技術，幫助預防野火並在發生野火時快速做出反應。

綜上所述，本公司於上述各項服務中，已有提供專屬帳戶平台(台灣電力 APP、高壓用戶服務入口網)、智能客服(智能機器人-電寶)、專業諮詢(全台服務中心、服務所及 1911 客服專線、企業用戶專人拜訪)、節能管理技術(用電診斷中心)等類似服務，建議可階段性優化服務內容，使服務方案日趨完備；因受限於法規限制，有關融資服務、產品經銷等加值型服務(Value-added service)策略，本公司目前雖未有相關規劃，建議可研擬蒐集更多案例供可行性評估，作為前瞻策略佈局，未來可視電力市場開放情形，漸進評估提供服務

之必要性，以創造更高的產業價值。

(三)小結

SCE 在應對再生能源發展和市場競爭的複雜環境中展現了先進的費率訂定和用戶服務策略。通過 General Rate Case (GRC) 的雙階段程序，SCE 確保其收入的合理性和合法性。採用邊際成本訂價的方式，SCE 更能真實反應未來為用戶提供額外服務的必要成本，這有助於促進經濟效益和社會福利。隨著再生能源占比增加，SCE 引入了彈性容量成本，以應對尖峰使用和負載爬升的挑戰。動態電價試驗計畫的實施進一步展現了 SCE 對需量反應和電網最適化的承諾，使用戶能夠根據即時價格調整用電行為，同時保障其電費的穩定性。這不僅有助於用戶節能，還能減輕電網的負擔。在用戶服務方面，SCE 積極導入數位化系統，提供專屬帳戶平台、智能客服和節能管理技術，以提升用戶體驗。

總體而言，SCE 在能源行業的轉型中展現了卓越的創新和領先地位。透過先進的費率訂定方式和以用戶為中心的服務措施，SCE 致力於提供更具效益和環保的能源解決方案，同時推動能源市場的可持續發展。



圖表 12：與 SCE 團隊合影

三、Enel X Way

(一)公司簡介

依據美國市調公司公布數據，美國 2023 年的年度電動車銷售數預估將超過 130 萬輛，首度突破百萬輛大關，且占年度小客車銷售比由 2022 年的 7.3%提高至 9%，整體推動較我國快速，而電動車推廣與其充電基礎建設推動密不可分，爰此，本次任務安排與充電營運商 Enel X Way 公司進行交流，期借鏡美國電動車推廣相關策略，以對我國推動運具電動化及無碳化相關政策有所助益。

Enel X Way 公司屬義電集團(Enel)旗下成員之一，目前在全球 16 個國家設有辦公據點，擁有超過 800 位員工，並已設有超過 50 萬座電動汽車充電樁，其中 19 萬座分布在北美各地。Enel X Way 公司業務可分為充電基礎設施建置、營運及電能管理技術研發等面向，除自主開發 JuiceBox 系列交流充電樁與 JuicePump 系列直流充電樁外，並持續布建電動汽車充電站及提供充電服務，按該公司說明其為北美第二大充電設備商，僅次於特斯拉公司(Tesla, Inc.)。Enel X Way 亦積極發展充電營運業務，其中針對業務核心電能管理系統部分，自主開發 JuiceNet 電能管理平台，整合電動汽車充電站營運管理、電動大客車班次與充電排程等用戶端應用，以及電網分析與需量反應等電網端應用功能，以滿足不同客戶需求。

本次參訪之 Enel X Way 北美分公司辦公室位於美國加州舊金山，加州為美國推動電動車相當積極的州之一，統計至 2023 年下旬電動車市占比約 25%，亦即每四輛汽車就有一輛是電動車，除已提前 2 年達成加州州政府制定之零排放車輛(Zero Emission Vehicle, ZEV)推動目標外，另州政府已宣告將於 2035 年禁止新售燃油車，並制定實行辦法，同時積極推動補助和減稅，鼓勵民眾換購零排放車輛，除州政府提供 7,500 美元的補貼外，低收入戶可以透過燃油車換購電動車獲得 9,500 美元補貼，若選購符合條件之車款，還可再額外申請美國聯邦政府 7,500 美元的減稅，補助金額最高可達 24,500 美元(2023 年特斯拉 Model 3 基本版售價為 38,990 美元)。

(二) 參訪內容

本次參訪由 Enel X Way 北美分公司總監 Christopher Baker 及團隊成員接待，針對電動車發展趨勢、充電設施建置與營運、電能管理技術及電網衝擊因應等議題進行交流討論，交流內容彙整說明如下。

1、充電營運

Enel X Way 開發有 JuiceBox 系列交流充電樁，包含 32A、40A 及 48A 等市面通用規格，主要應用於家用充電，而直流充電樁則推出 JuicePump 系列，規格包含 75kW、175kW 及 360kW 等，主要應用於商用及公用充電，各系列充電樁均通過 UL 相關規範驗證以確保設備使用安全，且考量使用環境可能位於室外，亦具 IP 等級防水防塵能力，並配有 Wi-Fi 或 Cellular 等無線通訊聯網功能，搭配該公司 JuicePass App，使用者即可對充電樁進行負載調控，並可遠端接收充電情形及用電量等資訊，該公司對於充電樁的資通安全相當重視，除符合國際標準 ISO 15118 規定外，並搭配內部更嚴格的資通安全驗證程序做把關，以確保傳輸資料不受駭客攻擊。此外，配合環保需求，Enel X Way 公司強調充電樁外殼均使用可回收材質製造，以減輕產品到達使用壽命後對於環境造成的影響。



圖表 13：Enel X Way 充電樁系列產品

Enel X Way 公司針對家用充電客戶，主要係提供充電樁設備(一般為交流)及協助安裝，美國住宅型態主要為獨棟建築，其產權單純且充電樁及相關電力線路設置空間充足，整體施工較無困難。

針對商用充電客戶，則提出包含電能管理、需量反應、光電搭配儲能等整套解決方案 (Total Solutions)，除協助客戶建置太陽光電、儲能及充電樁設施外，並透過 JuiceNet 遠端電能管理平台以整合前述設施及客戶既有空調、冷凍及照明等設備，可透過尖離峰用電調控的技術達到節能與降低電費支出外，還可參加電業需量反應方案以賺取額外收入，整體示意如圖表 14 所示。



圖表 14：能源管理整套解決方案示意圖

有關公用充電部分的商業模式，Enel X Way 公司主要於路外或建物內停車場設置充電樁，客戶可透過 JuicePass App 啟動充電樁進行充電及繳費，另根據該公司分析，超過一半的電動車車主其充電地點相當固定，主要為辦公場所、住家或鄰近住家之停車場，因此該公司提供類似行動電話月租費方案的月費制充電服務，除確保收入穩定外，還可提高顧客忠誠度。相較於目前充電樁要使用 RFID 卡或 APP 啟動及繳費，目前 Enel X Way 公司正在開發透過辨識電動車晶片識別碼的方式提供充電服務，因相關開發須整合充電樁與電動車之間的通訊協定，目前該公司主要與福斯集團(VolksWagen)合作開發中。

2、電能管理

電動車充電因具有時間選擇及充電快慢的彈性，藉由具聯網功能的充電樁搭配電能管理系統(Energy Management System, EMS)，調控於電網離峰時段以較低廉的電價費率進行充電，避免提高系統尖峰負載，對於電網端可避免大量投資電源開發及電網建設，而用戶

端則可降低電費支出，因此國內外相關廠商均投入研發充電管理技術(即俗稱 V1G)。Enel X Way 公司已自主開發 JuiceNet 雲端電能管理平台，並針對家用、商用車隊(如客運、快遞或計程車)、營業場所(如商辦、飯店、渡假村等)、路外停車場等電動車使用者分別客製化開發管理功能，且進一步針對電業設計相關電網管理功能，整體功能相當多元。

對於電能管理的推動策略，Enel X Way 公司說明以長時間停留的場域較有調控潛力，因此該公司優先推廣家用及商用充電，且因設置交流慢充充電樁，其用電對於電網之衝擊較小；而公用充電如路外停車場或高速公路服務區等場域則相反，因停留時間僅 30 分鐘以內，大多設置直流快充，除對於電網衝擊較大外，大多無充電調控之空間。

家用充電之管理功能主要著重於充電時間排程及充電狀態監控，目標降低客戶電費支出及確保用電安全。商用車隊客戶除前述排程及監控功能，尚須依照商用車使用需求及電量多寡調配各商用車的充電，以滿足營運需求，而針對客運車輛還額外開發排班功能，可協助客運業者充份運用電動大客車，降低備用車輛投資。

針對電業客戶，JuiceNet 提供監控轄屬用戶的充電負載，並開發基本數據分析功能，且電業客戶可利用該平台自行或委託 Enel X Way 公司開發數據分析功能模組，藉以作為充電設施、電網建設及電費設計之參考。此外，JuiceNet 具 OpenADR 通訊協定，並整合 OCPP 或專用(proprietary)充電樁後台管理通訊協定，電業可利用平台對轄屬充電站用戶發送需量反應訊號，以達到負載調控的目的。

配合世界淨零排放趨勢，JuiceNet 平台透過介接非營利機構 WattTime 的碳排放計算系統，為客戶提供更環境友善的充電服務，依據不同時段發電電源的碳排放量及電價費率等，引導電動車於最佳時間點充電，以減少充電時的碳排放。

3、電動車電能回輸電網 (V2G)

對於電動車雙向充放電技術發展，Enel X Way 公司表示已具相關硬體開發技術，但在沒有商業模式的情況下，尚不具備擴大推動的潛力，因此目前電動車廠及其他充電設備商尚採觀望態度，而該公司認為配合電池技術及壽命的進步，且考量電動車 V2G 的商業模式

係以聚合方式運作，個別車輛的放電深度淺，不致對電池壽命有影響，且美國已有利用校車進行 V2G 的示範計畫，電業及地方政府（美國校車屬當地政府資產，由其統籌調度）對於整體成效持正面態度，因此該公司預估未來電動車輛達一定數量時，將有機會催生相關商業模式。

4. 顧客關係管理

Enel X Way 的顧客關係管理系統，起初是由票務系統建立，然後逐步擴充及完善。透過帳務平台可了解用戶充電的習性，比方說透過銷售數據，可以觀察到大多數的用戶最常在家充電，以此來發展精準行銷。Enel X Way 管理部門表示，資訊的蒐集可以說是顧客關係管理的第一步，根據這些消費者行為及他們的數位足跡，可以建構出策略地圖，例如資源配置策略、建立精準的市場區隔(Market segmentation)、產品策略(Product strategy)，以及不段地修正軟體及程式以創造更好的用戶體驗(User Experience, UX)，另外，創造忠誠度的不二法門就是穩定的服務品質及可靠性，這些是很好的口碑行銷，因為忠誠的客戶能帶來更多的客戶。

此外，Enel X Way 的策略之一，是利用與公用事業或企業建立合作夥伴關係以擴展市占率，藉由合作關係共享他們的硬體設備並在合作夥伴的事業區域部署他們的充電樁，透過這樣部署不但增加效率而且能夠創造雙贏的機會，像是公用事業通常會透過一些解決方案提供回饋或折扣來吸引客戶，一方面利用我們的設備來平衡負載以達到電網的穩定性。

(三) 小結

經本次與 Enel X Way 公司交流獲取相當豐富的訊息，對於本公司如何協助電動車推動及電網因應之策略提出寶貴建議，綜整如下：

1、電網因應策略

因應電動車持續普及，電動車充電用電需求將持續成長，對於用電成長的預測除了總負載及總用電量外，對於電網(尤其是配電系統)之用電衝擊亦是本公司及世界各國電業所關切的重點，Enel X Way 公司分享其與美國電業合作的經驗，建議可嘗試透過電信公司取

得各地區基地台於各時段的行動裝置連線情形，以作為人潮分布及停滯時間的基礎數據，並搭配商店或既有停車場分布，以作為充電樁設置、快慢充充電樁選擇的依據，電業可據以進行區域饋線的強化，以因應相關用電需求；另該公司亦說明其嘗試以人工智能(Artificial Intelligence)及機器學習(Machine Learning)等大數據分析技術以更進一步篩選充電樁最適設置位置，此亦可作為本公司借鏡參考。

我國交通部運輸研究所已於 2023 年啟動「電動車公共充電樁設施設置需求評估之研究」研究案，期透過旅運數據建立電動車成長及用電需求之評估模型，本公司亦積極參與相關研究案，將適時提供與 Enel X Way 公司交流取得之資訊，期望對於研究案進行有所助益，促使產出之評估模型可協助本公司進行配電線路重點強化之參考，進而協助電動車推廣及淨零排放推動。

2、充電管理策略

本公司為協助電動車推廣，已推出集合住宅充電樁採「專表供電」及選用「電動車專用時間電價」之整體用電方案，其中專表供電係考量電動車充電樁用電相較於家庭用電屬較大負載，藉由專用電表將其用電與家庭用電區分，除可避免影響家庭用電外，更利於導入電能管理系統(EMS)進行充電管理。本次與 Enel X Way 公司交流發現，其開發之 JuiceNet 雲端電能管理平台相當值得我國充電廠商參考。

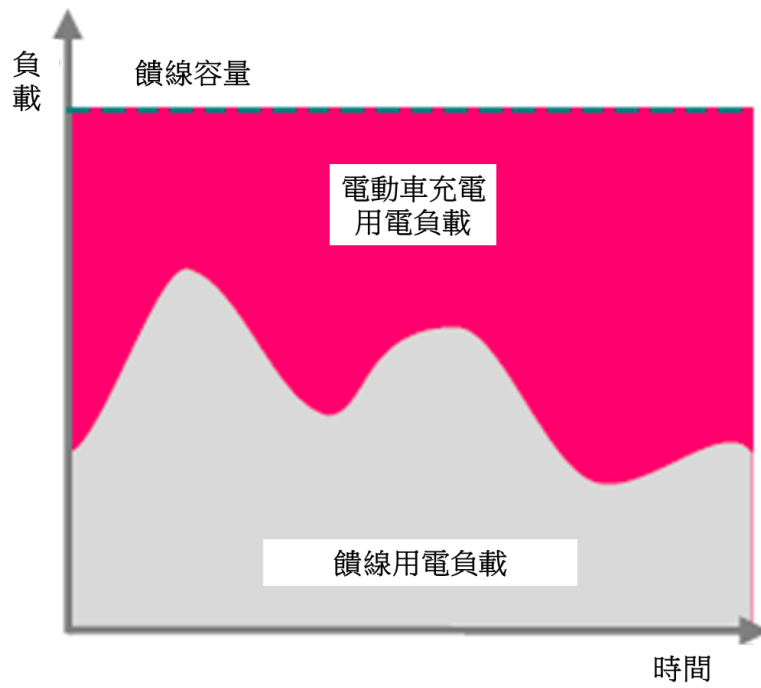
(1) 現階段我國電動車電能管理系統推廣雖仍以當地系統(Local System)為主，參考財團法人台灣網路資訊中心公布 2022 年《台灣網路報告》，民眾的整體上網率為 84.3%，可知我國具網路涵蓋率高優勢，考量雲端系統可有效降低硬體建置成本，且利於軟體更新及後台數據分析等功能，因此建議我國充電廠商應積極開發建置雲端電能管理系統，並應預留需量反應及系統介接相關通訊界面，以利未來參與本公司相關需量反應措施。

(2) 目前我國電動大客車、電動汽車及電動機車廠商採個別發展，而 Enel X Way 公司則朝整合方式開發，除電動機車因市場因素於美國較無發展外，電動大客車及電動汽車之

電能管理系統整合相當完整，優勢在於數據蒐集面向更廣，因此建議我國充電廠商可朝整合不同載具的方式發展，除擴大自身業務外，其對於電業推動需量反應及電網整體規劃將更有助益。

- (3) 電動車屬零排放載具，其對於環境保護的助益亦是民眾選購誘因，建議我國充電廠商可參考 Enel X Way 公司做法，評估開發環保充電管理之功能，並可介接我國碳排放數據庫以提供碳排放試算，除可提高一般民眾選購意願，對於商業車隊來說還有未來進行碳交易的商業潛力，其整體商業模式有望於基礎設施及技術發展成熟後推動。
- (4) 透過母集團 Enel 公司具有分散式能源建置及整合相關業務的優勢，Enel X Way 公司之電能管理系統具整合太陽光電及儲能等分散式能源、電動車充電樁用電及既有用電設備之用電等，並可協助客戶建置相關硬體設施及分析建置效益。建議我國充電廠商可朝多元管理功能的方向開發電能管理系統，並朝提供軟硬體建置之整套解決方案的商業模式發展，將可對電動車推廣及自身業務發展有所幫助。

經本次交流可知電動車充電站用電管理可即時調控，故進一步探討充電站用電管理以因應配電饋線壅塞情形之可行性，相較於傳統電價方案是以系統尖離峰負載設計，提出以電動車專用區域時間電價的概念規範充電站僅能於饋線離峰負載時段用電，因充電站用電係與饋線其他負載錯開(示意如圖表 15 所示)，故與本公司既有經常、離峰與半尖峰契約容量的電價方案達互補效果，還可避免饋線建設投資，提高饋線使用率，而對用戶來說除享受優惠電價外，還可縮短用電期程。考量此構想涉及新電價方案制定、配電饋線規劃設計準則修訂、用戶教育宣導等事項待克服，建議先透過相關研究案進行資料蒐集與可行性評估後再行研議推動事宜。



圖表 15：電動車專用區域時間電價構想示意圖



圖表 16：與 enel X way 合影

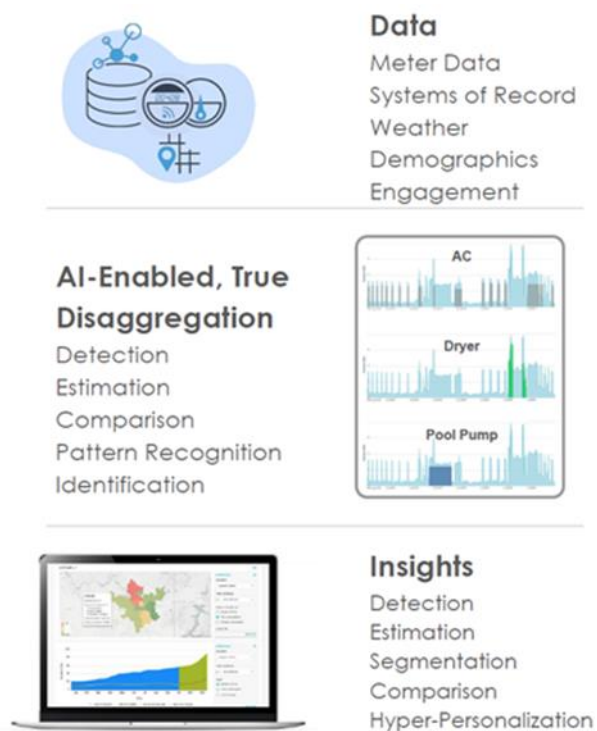
四、Bidgely

(一) Bidgely 公司簡介

Bidgely 公司被公認為能源解析的先驅者。在過去十多年一直與能源公司合作，運用創新及專業知識，透過智慧電表及用戶用電資料提供業界準確和具影響力的分析結果。

Bidgely 提出專利(US9612286B2)「Systems and methods for improving the accuracy of appliance level disaggregation in non-intrusive appliance load monitoring techniques」後，其解析技術可提供差異化價值並確保其準確性。

Bidgely 公司核心業務如圖表 17 所示，利用智慧電表、氣象資料和住宅環境等資料，透過人工智慧解析技術偵測、識別、辨識個別家電使用情形，將分析出的資訊提供給電業做決策之依據。此外，Bidgely 亦提供多樣性的分析服務，如用戶體驗、電力品質及電動車等。



圖表 17：Bidgely 核心業務

(二) 參訪內容

1、Bidgely 能源解析技術介紹

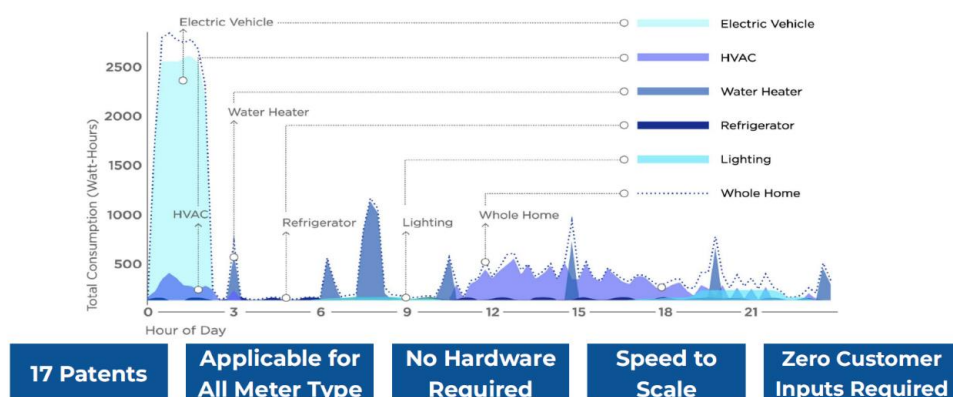
所謂能源解析，是將家庭或建築物層級的能源消耗資料按設備或類別進行分解，以分離出哪些電器和能源習慣導致總能源消耗，即總負載。解析技術使消費者和公用事業能夠獲得個別化的資訊，以做出明智的決策。值得注意的是，並非所有的分解方法都是相同的，解析技術的準確性和有效性取決於其所使用的方法。

每個電器的使用都有其獨特的特徵，Bidgely 提取特徵以識別用電行為的能力，是其獨特且專屬的技術。透過特徵識別及追蹤用戶實際日常電器使用習慣，確保方法的準確性。例如，當用戶度假或購買電動車時，他們的使用模式會發生巨大的變化，透過解析識別使用模式的變化，可相應地調整能源使用的項目。Bidgely 目前可以檢測的項目如下：

- 用戶擁有的電器，包括冷暖空調、照明、冰箱、熱水器、泳池幫浦、電動汽車、太陽能等。如圖表 18 所示。
- 按照電器的能源使用量(以千瓦時、熱量、立方英尺、成本計算)
- 按照電器的時間使用情況(每天、每週和季節的負載曲線、峰值/離峰值使用等)
- 電器的大小和燃料類型(如電力與天然氣)
- 具有相同燃料類型的電器類型(如中央空調與分體空調)
- 相對效率和降解

AI enables load-disaggregation using ONLY Smart Meter kWh data

Appliance signatures from whole house meter data extracted using AI and ML techniques



圖表 18：運用 AI 技術及智慧電表資料解析電器使用

用電解析技術分解的類型大致可分為 3 大類：

- 1、真實分解：非侵入式、具有成本效益且高度準確。
- 2、統計分解：非侵入式和經濟實惠，但在用戶層面上不準確，僅在人口層面上準確。
- 3、基於硬體的分解：侵入性最高，但也最準確且最昂貴。

以下進一步說明。

所謂真實分解，為捕捉個別設備特定獨特特徵的非侵入式分解。有了真實分解，個別電器的使用是根據每個家庭智慧電表的資料解析出來，反應家庭在每個月（或其他頻率）週期內的實際能源使用。為非侵入式、具有成本效益且高度準確的方法。而統計分解是基於人口統計的解析方法。依賴對地理區域和氣候的典型使用之研究和調查資料所創建的靜態模型；亦為非侵入式且經濟實惠，但在用戶層面上不準確，僅在人口層面上準確。基於硬體的分解則依賴硬體提供的負載監控。包括可以連接到智慧電表或比流器(CT)的 Home Area Network (HAN) 設備。其結果最為準確，但侵入性最高且最昂貴。

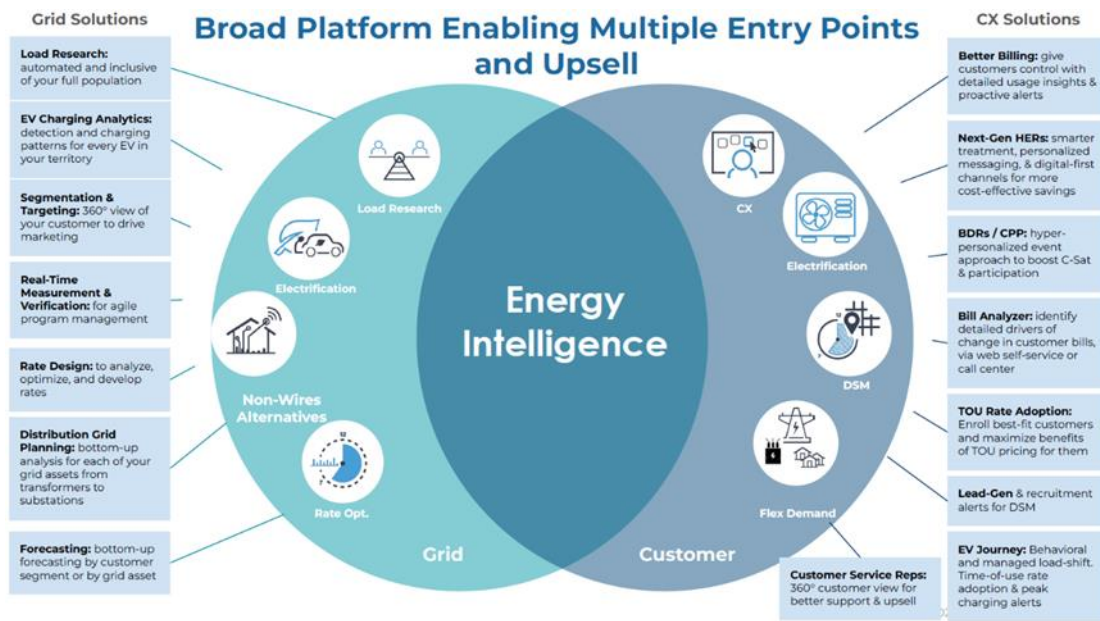
除了不同類型的分解外，還有根據使用的來源有不同級別的分解。包括：

- 電表內資料（分散式智慧）：這是一種新興且迅速成長的技術，直接在智慧電表內部執行解析。提供即時的能源消耗資訊。
- HAN 資料（家庭區域網路）：家庭區域網路將監測設備連接到智慧電表，捕捉和分析能源使用的即時資料，可在短時間(數分鐘)內提供有價值的資訊。
- AMI（智慧電表）：透過 AMI 記錄每 15、30 或 60 分鐘的能源消耗資料進行解析。
- 非智慧電表：使用傳統電表。儘管它們可能無法提供即時或高頻的資料，但它們仍然在許多公用事業環境中被廣泛使用。

2、Bidgely 其他能源技術介紹

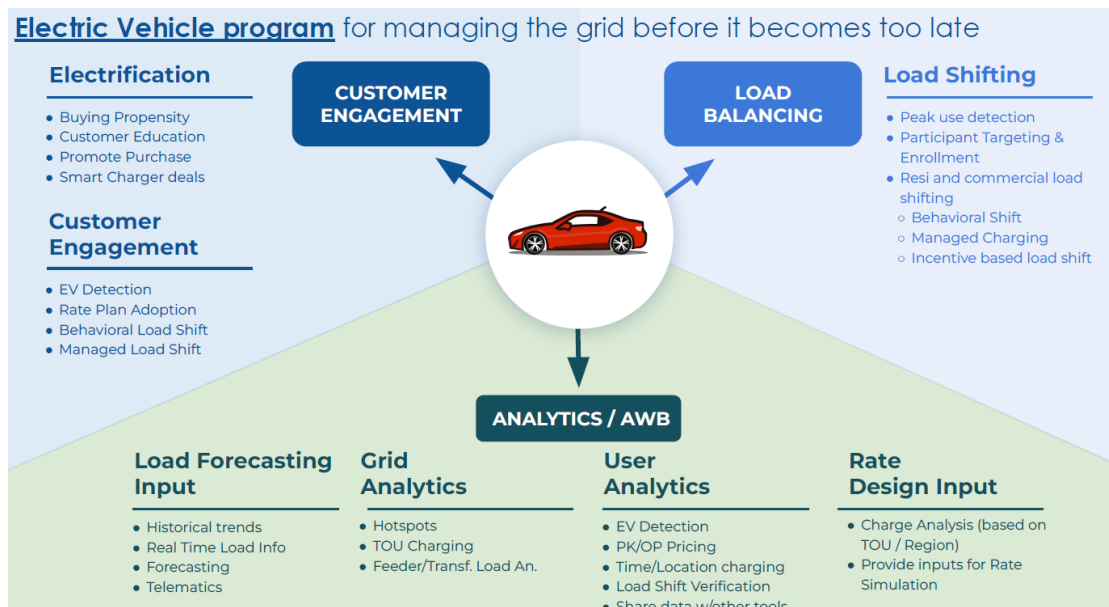
Bidgely 除了其能源解析技術外，亦有其他能源相關技術與應用，如圖表 19 所示。包括電網與用戶體驗兩方面，在電網部分，有負載研究、電動車充電分析、用戶分群與行銷、即時測量與驗證、費率設計分析、配電網規劃分析。在用戶體驗部分，可協助能源公司客製化其與用戶的溝通介面，如提供用戶更詳細的能源使用資訊、用戶行為管理與負載轉移、

帳單分析、需求面管理警報、提供客戶更好的體驗支援等。



圖表 19 : Bidgely 業務範圍

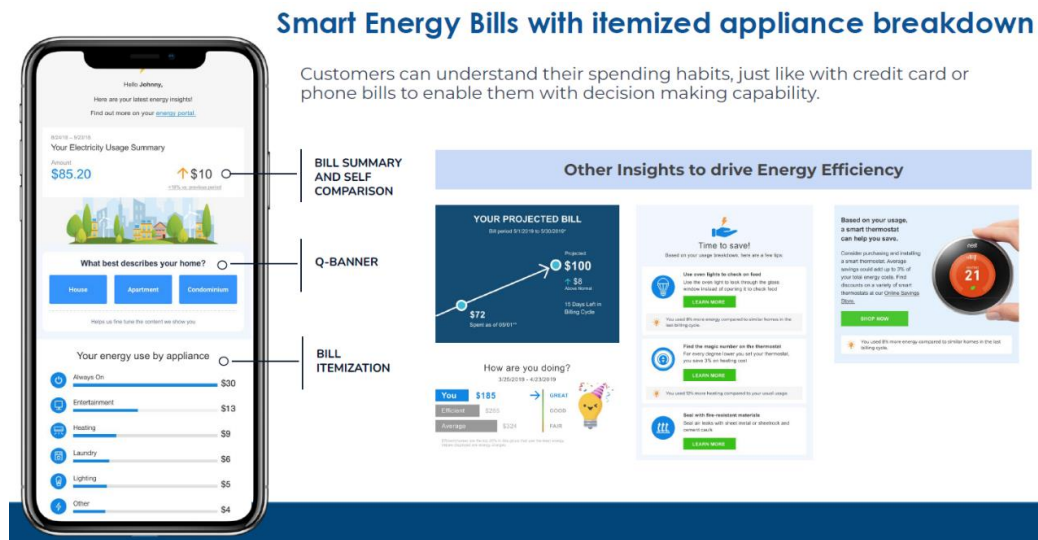
以下列舉電動車與用戶體驗說明，在電動車的部分，分為客戶參與度、負載平衡與分析技術三個面向。透過熱點分析，充電時間等提供資訊給用戶，可增加用戶黏著度並平衡電網負載。



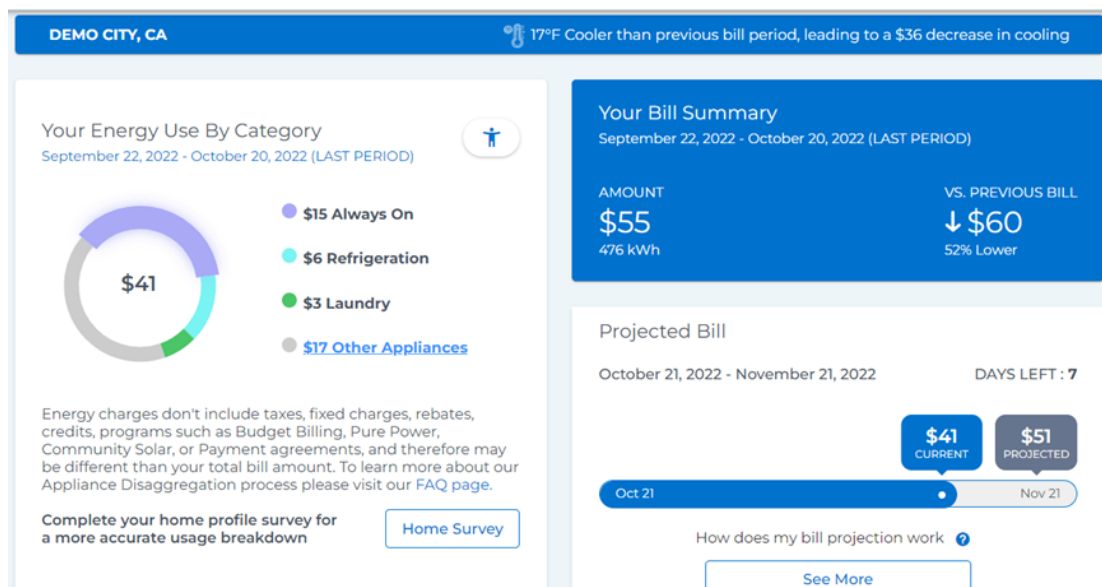
圖表 20 : Bidgely 於電動車可提供的服務

在用戶體驗的部分，透過智慧帳單服務可以即時幫用戶算出用戶目前用電狀況的電費

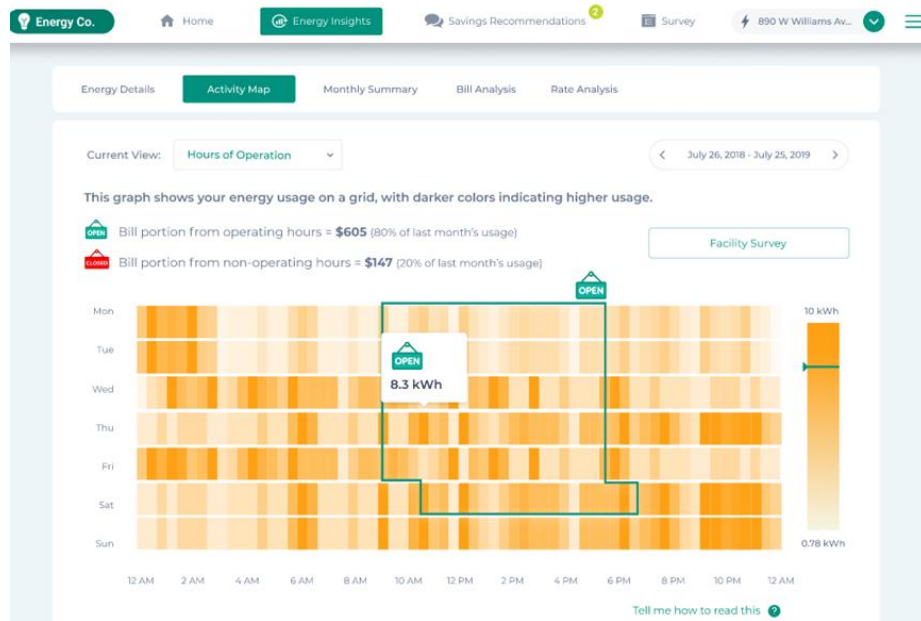
估計，並有自我比較的功能，並顯示出各別家電衍生的電費，讓用戶即時了解目前家電的耗電狀況。其實，台電 APP 中也具備電費估計與自我比較等相關功能，用電解析目前是採訂閱制，每週發布一次報告，用 mail 提供用戶知悉，以上功能均較無即時性，這也是台電未來努力的方向。



圖表 21：Bidgely 於用戶體驗可提供的服務



圖表 22：家庭用戶能源使用儀表板



圖表 23：企業用戶能源使用分析

隨著電業營運模式改變及環境永續意識抬頭，公用事業公司與民眾的互動模式從傳統單向互動轉為客戶動態參與策略，人工智慧驅動的 AMI 能源分解技術使公用事業公司能夠提供多通路、個人化的智慧警報，為客戶帶來更多的能源和成本節省，激發行為改變，若能源帳單可像信用卡或電話帳單一樣，透過更聰明以及詳細的電器耗能分析及故障警示，方便客戶可以了解他們的消費習慣。

(三) 小結

Bidgely 最初成立為硬體 CT 公司（如 TED 和 Blueline）的雲端合作夥伴公司，並透過與 Google Power Meters 和 Microsoft Home 的合作，從這些家庭獲得了大型家電的高解析度的實測資料流，主要是美國家庭，擁有這些高解析度的資料（1-10 秒），引導其演算法的開發，並迅速擴展其影響力。目前 Bidgely 已能跨足所有 HAN 及計量器類型的分解，有高度的準確率，透過其精準分析的技術提供公用事業做出正確的決策。此外，以客戶的角度來看待客戶體驗（Customer Experience, CX）的議題，在電業產業市場化後，客戶越來越注重公用事業服務提供的品質以及在整個服務過程中帶給他們的感受，無論是支付帳單、能源管理、用電報告還是只是提出問題，這些與顧客的小互動都會影響的整體客戶體

驗。成功的客戶體驗是非常仰賴資料背後蒐集及分析能力以及友善的操作介面，目前本公司已有 AMI 相關服務應用(如:高壓用戶服務入口網站，台電 APP 相關功能)，也具備相關的分析能力，建議可階段性優化服務方案或提供服務的頻率，讓智慧電表的應用擴散至更多服務領域。



圖表 24：與 bidgely 團隊合影

五、UA Week 研討會

(一) UA Week 介紹

UA Week 為 UAI (Utility Analytics Institute)所主辦的研討會。UAI 是一個由公用事業主導的會員組織，致力於為業界提供支持，推動分析專業和各種類型和成熟度的公用事業組織，並作為公司之間聯繫和協作的橋樑。UAI 是唯一透過分析促成公用事業轉型的社群，UAI 主辦方透過參與者間的使用案例和寶貴的經驗共享，提供轉型性的教育和深刻的分析見解，並透過提供研究和內容，為各廠商提供知識、資源和指導，以提升分析能力。公用事業現在比以往任何時候都更加迫切需要在整個企業中建立以數據為基礎的文化，以做出更好、更明智的業務決策，並構建業務策略。透過本次的 UA Week 研討會，期可透過

各大廠的案例分享及交流，探討台電未來可透過數據分析導入公司運營的可行面向。本次的參與單位包含了美國艾索倫電力控股公司(Exelon)、英國國家電網公司(National Grid)、甲骨文公司(Oracle)、奧蘭多公用事業委員會(OUC)、統計分析系統公司 SAS、智慧電表大廠 Itron、太平洋瓦斯與電力公司 PG&E 等。

(二) 參訪內容

本次研討會的第一天為參訪奧蘭多公用事業委員會的創新中心(Orlando Utility Commission's Gardenia Innovation Center)，此創新中心是一個獨特的運營設施，用於展示奧蘭多公用事業委員會旗下的電力及水利相關研究和開發活動。



圖表 25：奧蘭多公用事業委員會創新中心參訪合影

該中心包括水資源保護示範和電網整合實驗室，該實驗室整合了電動汽車充電(Level 2、Level 3 和 V2G)、飛輪(Fly Wheels)、鈦液流電池(Vanadium Redox Flow Batteries)和水面型太陽能(Floating Solar)。這次參訪包含了上述每個設施的實體介紹和其數據分析工作。主辦方亦概述 OUC 在該地點未來將建置的大型項目，如變電站電池項目和 2 兆瓦的水面型太陽能陣列。



圖表 26：奧蘭多公用事業委員會創新中心飛輪電池



圖表 27：OUC 創新中心 V1G、V2G 充電樁及水面型太陽能

第二至四天的研討會則是由 UAI 選定了數十場的演講，內容包含了客戶分析、分析架構與技術、資產健康分析、安全分析、企業分析、數據科學、網路分析、天然氣分析、可持續性分析、供應鏈分析、網絡安全分析，以及人才與文化等供研討會參與者依本身有興趣之議題自由參加。以下將分享與本公司有相關之場次內容摘要：

1、電動車相關：

電動車 (EVs) 在美國的普及速度迅速增長，許多州也設定了雄心勃勃的電動車普及目

標。與此同時，美國的電動車充電網路也在迅速擴大。電動車的增加採用將有助於減少公用事業服務區域內交通部門的溫室氣體排放。透過電動車對配電線路的影響分析將有助公用事業做出正確的投資決策，以升級配電系統設備。有針對性且高效的投資配電系統基礎設施將有助於公用事業提高在配電系統中為電動車提供服務的容量。經調查，目前對電動車普及相關的探討主要可聚焦於以下五點：

- (1) 聯邦和州的法規、政策和激勵措施對客戶和公用事業的影響。
- (2) 更換為電動車：地理變化、基礎設施限制和里程焦慮。
- (3) EV 充電：充電速度/充電介面相容性、行為需量反應、充電價格結構。
- (4) 住宅用戶電動車對電網影響(輕型車輛，如轎車)：電力品質問題、變壓器超載、長期規劃。
- (5) 商業客戶電動車對電網影響(中型和重型車輛，如巴士)：電力品質問題、變壓器超載、長期規劃。

目前全球至少已經有 6 家車廠開發出了可雙向充電的電動車(Nissan、Ford、Kia、Hyundai、Volkswagen、Mitsubishi)，其中小型車可提供 10-20kW，大型車可提供 50-100kW 的容量。目前充電車的充電方式可歸納為以下幾種：

- (1) 無管理式單向充電—電動車車主可以隨時插入。 電動車本身的電池管理系統基於 SOC、溫度、健康狀態、電壓和電流進行充電控制。
- (2) 智慧單向 (V1G) 充電—電動車車主可設定費率偏好和出發時間，由 EV 或外部實體自動管理。可根據電價被動地（由客戶）或主動地（訊號發送到電動車）完成。
- (3) 車輛到負載 (V2L) 操作—電動車可以提供小型電器使用的交流電源。
- (4) V2H/V2B 雙向充電—可使電動車為家庭或建築提供交流電源（特別是在停電期間）。
- (5) V2G 雙向充電—可使電動車輸出電動車電池的能量併入電網。電動車車主還可以參與電能交易市場，提供電網服務。

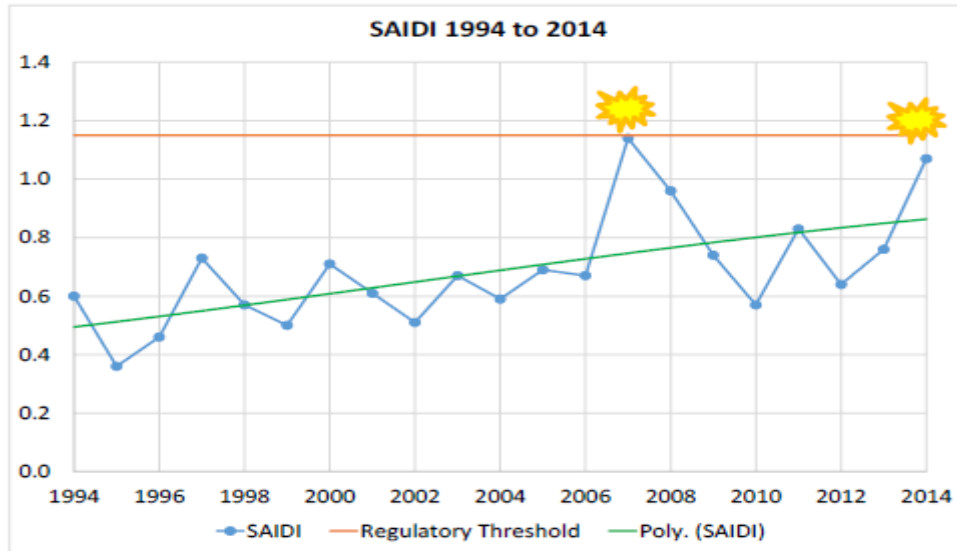
智慧充電的使用案例則包含以下：

- (1)依電價費率自動充電控制。
- (2)聚合 PEV 需量反應 (DR) 和緊急尖峰電價 (CPP)。
- (3)與家庭能源管理系統(HEMS)或能源服務介面(Energy Service Interface, ESI)介接。
- (4)與建築能源管理系統(BEMS)介接。
- (5)與電動車充電設備(Electric Vehicle Supply Equipment, EVSE)網路提供者介接。
- (6)即時電價及事件訊號的處理。
- (7)最佳化負載管理(ISO/IEC 15118)。
- (8)充電漫遊(使用不同 CPO 或電動車服務供應商(EMSP)的充電網路進行電動車充電)。
- (9)EVSE 網路提供者功能。
- (10)計量和資料交換。

透過電動車充電資料，其中秒級與分鐘級的資料可供電力公司進行電力品質相關分析，而毫秒等級的資料可針對故障條件及諧波等進行分析。

2、電網相關：

隨著數據分析及人工智慧的快速演進，許多電力公司已開發相關的應用，其中最常見的為應用於資產的風險管理。EPCOR 公司分享了自家的經驗，該公司的每年每戶平均停電時間(System Average Interruption Duration Index, SAIDI)因設備逐漸老舊呈現一個逐年上升的趨勢。

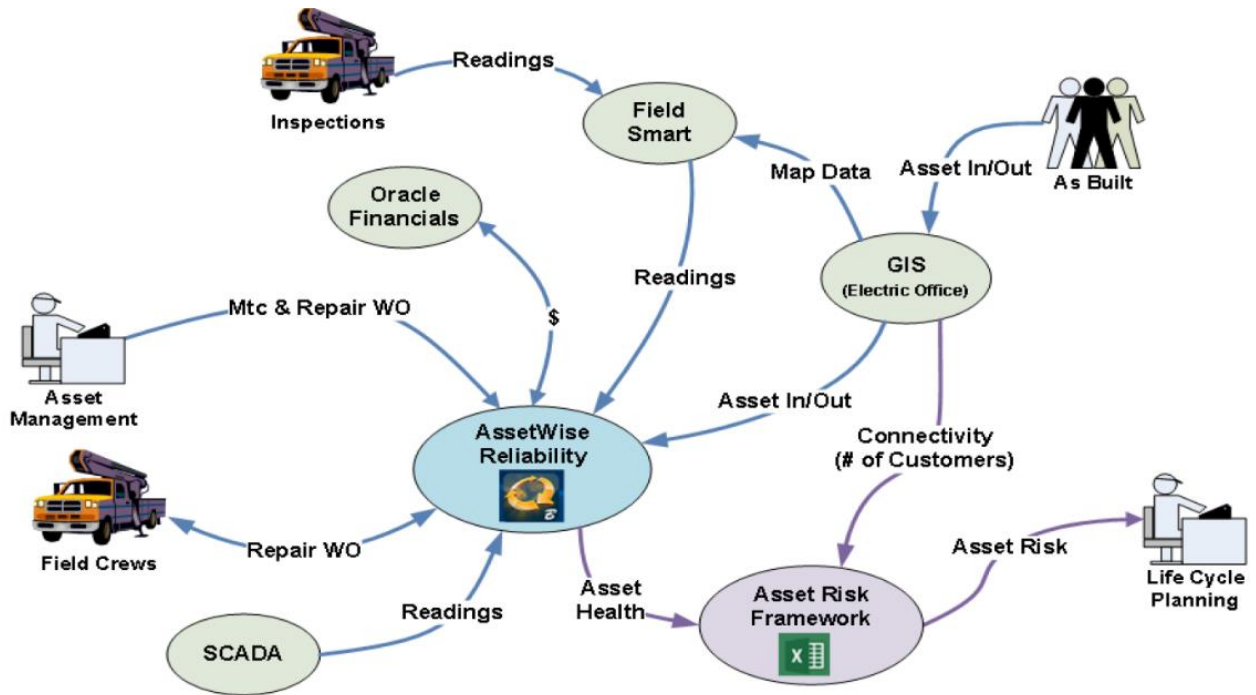


圖表 28：EPCOR 公司 1994 年至 2014 年 SAIDI 趨勢圖

該公司意識到需逐步汰換部分的設備以降低 SAIDI 值，惟設備汰換需要龐大的預算，故該公司開始發展一套利用數據分析的方式來規劃最急迫需汰換設備的系統，稱為 AssetWise，其資產管理的原則為：

- (1) 在整個資產生命週期內優化成本、風險和性能。
- (2) 基於所有權的總成本做出決策。
- (3) 基於數據和證據的決策。
- (4) 在所有資產上進行長期的集成規劃過程。
- (5) 使用 SMART 資產管理和績效目標實現持續改進。

首先，該公司先定義風險的計算方式，即為風險發生的機率 X 影響程度，其影響程度可被量化為財務、可靠度、環境及間接損害四大項，而風險發生的機率又可稱為資產的健康度。利用 12 年間由 127,000 個設備所蒐集到的超過 100 萬筆監測數據及 19,000 筆停電數據，並透過以下流程進行資料的輸入及輸出：



圖表 29：資料輸出入流程

如該公司若需評估一條輸電線的健康程度，則需評估以下資產狀態並轉換為健康指標

參數：

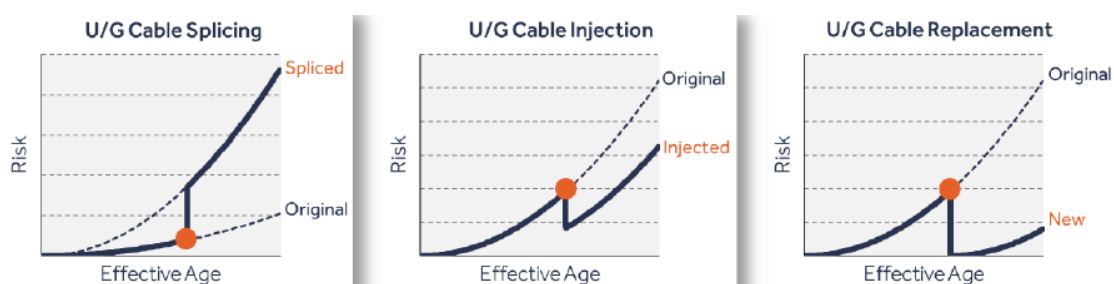
資產狀態參數	資產健康指標參數	參數類型
使用年限	年齡	統計
超低頻損耗因數(VLF TD)	平均 TD、TD 標準差、差動 TD	測試
部分放電(PD)	PDIV、PDEV	測試
時域反射計(TDR)	反射大小(中性腐蝕)	測試
極化去極化電流(PDC)	%Q(水樹裂紋)	測試
故障率	每年每公里饋線的故障次數	運營
負載歷史	負載峰值與額定值比較	運營

透過上述的指標參數進行評估，可將饋線的健康程度分為五類，即可由分數低的饋線開始進行維修或更換：

- 非常差(Very Poor):0-30
- 差(Poor):31-50

- 尚可(Fair):51-70
- 好(Good):71-85
- 非常好(Very Good):86-100

在找出哪些饋線的風險值較高後，下一步則是要分析各條饋線的處置方式，主要可分為以下三種：電力線拼接(Cable Splicing)、電力線注入(Cable Injection)及電力線更換(Cable Replacement)。其中電力線拼接為最為經濟的選擇，但相較於電力線更換，使用拼接處理的線路因將產生較大的漏電流(Leakage Current)，故有 3-4 倍可能會發生事故的風險。電力線注入為在電力線中注入化學物質以干擾水樹(Water Tree)生長的機制，成本介於為電力線拼接及電力線更換中間，且可增加 20-30 年電力線的可用壽命，但取決於電力線的材質及安裝位置，可能並不一定可行。而電力線更換則為最可靠成本卻也最高的作法。



圖表 30：電力線修復方式比較

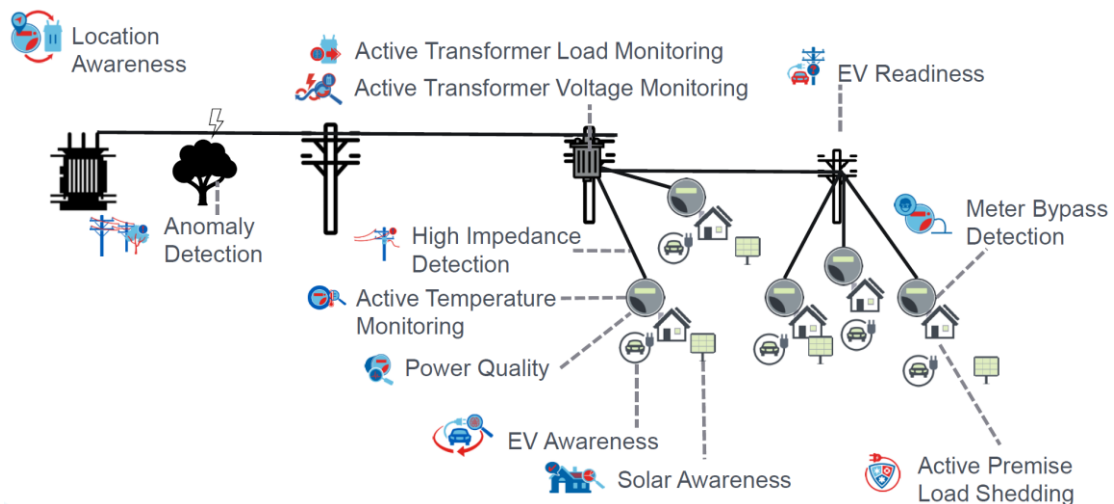
3、智慧電表相關：

本次的研討會亦有機會與國際電表大廠 Itron 進行先進讀表相關交流。該公司所研發的次世代電表的功能除了傳統將電表資料量回傳外，還結合邊緣運算及資料分析，提供了許多先進的功能，包含：

- 主動溫度監控(可判斷電表與端子台是否有接觸相關問題，以進行預防性檢修)
- 高阻抗檢測(可判斷電表與底座是否有接觸相關問題，以進行預防性檢修)
- 位置感知(可判斷電表與變壓器的關聯性、相序偵測及饋線偵測)
- 計量器旁路檢測(可判斷是否有竊電行為)

- 主動變壓器負載監測(可判斷變壓器是否有過載情形)
- 主動變壓器電壓監測(可判斷變壓器是否有過電壓/欠電壓情形)
- 主動用戶負載管理(於緊急狀況時在個別目標的電表上迅速進行負載卸除)
- 主動變壓器負載管理(當變壓器可能過載時，透過 DER 最佳化管理器進行負載管理)
- 植物接觸檢測(偵測是否有樹木長太高接觸到饋線)
- 冷啟動負載(當由全黑復電後的負載冷啟動管理)
- 低頻率負載管理(當系統頻率降低至臨界值後進行負載管理)

因本公司目前正在規劃次世代電表的功能，上述 Itron 所提供的先進的智慧電表功能非常值得本公司參考，並可與國內外電表廠商及研究單位討論如何於我國環境進行導入，期可大幅增加 AMI 系統的功能及效能。



圖表 31：Itron 公司規劃之智慧電表資料分析功能

4、人工智慧相關

人工智慧正在推動工業、社會和商業的廣泛變革，全球人工智慧支出預計將在四年內翻一番，從 2020 年的 501 億美元成長到超過 110 億美元到 2024 年將達到 10 億美元，五年複合年增長率為 20.1%。特別是於 2022 年 11 月推出的 ChatGPT，資料上顯示短短的 5 天內達到 100 萬註冊人數，速度遠超過 Facebook、Instagram、Twitter 等知名平台。

ChatGPT Sprints to One Million Users



TIME TO REACH 1 MILLION USERS:



圖表 32：各平台訂閱達百萬數所花費時間

大環境下市場快速變動，傳統的分析工具越來越不足以預測未來趨勢，再者，勞動力老化導致組織內人力斷層與知識流失，以及人力運用成本攀升等現象，促使人工智慧飛快發展。人工智慧之所以受到關注，因為它可以解決許多問題，除了能替企業找出更有效率的解決方案之外，還能執行一般且重複的工作任務，讓關鍵人力聚焦在關鍵任務上，並整合大量數據，替代複雜的人工審核和分析過程，特別是深度學習的進展，更是極大地推動了圖像和視頻處理、文本分析、語音識別等問題的研究進程，目前常見的人工智慧應用如下：

- 自動化：智慧自動化讓機器人執行幾乎不需要人類判斷的流程。
- 模擬：使用大量資料來建立視覺化模型或以數位模擬形式表示預測結果。
- 溝通：虛擬機器與人類進行即時、雙向對話和了解人類意圖以提供專業建議。
- 預測：預測分析使用大量數據，使機器能夠生成一系列預測或可能的結果。
- 資料識別：電腦視覺透過分析文件來識別物件、模型、圖片和影音串流。
- 語音識別：自然語言與語音辨識訓練機器，將語音和文字轉換為數據並從數據中得出

見解。

- 創造：生成式人工智慧可以創建新內容的演算法，包括音訊、程式碼、圖像、文字、模擬和視頻。

隨著生成式人工智慧的使用不斷增長，一些常見的風險正在出現，各個國家及企業帶來許多風險面的探討，目前最廣泛被大眾檢視的風險如下：

- (1)人工智慧出錯時的重大風險:演算法產出的不良結果，可能會引起公眾強烈反對並影響客戶忠誠。
- (2)人工智慧的廣泛使用可能帶來資訊安全的疑慮。
- (3)人工智慧被利用在非法的途徑。
- (4)人工智慧可能存在道德及隱私問題。

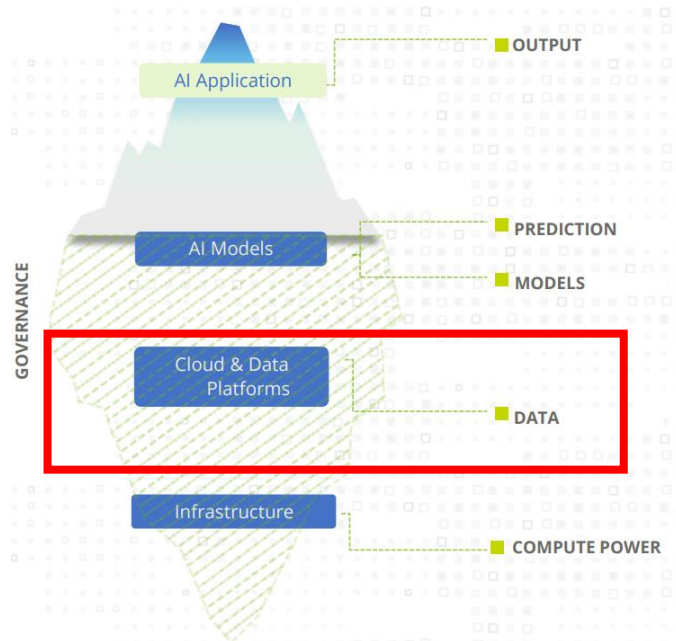
為了防範這些風險，一些國家或地區越來越多監管機構審查人工智慧和生成式 AI 應用程式和底層資料，使得人工智慧的應用活動受到許多限制，公用事業機構應採用完整的治理機制，讓人工智慧成為值得信賴的營運核心工具：

- 建立企業人工智慧政策：制定與全球風險管理一致標準的風控策略
- 風險等級訂定：定義明確的風險評分標準，以管控風險事件等級。
- 風險評估與衡量：建立評估和衡量人工智慧風險的定量和定性方法
- 完善的治理程序：納入利害關係人（例如關鍵風險管理者、高階管理層）並以風險和行動導向為基礎進行風險管理。

此外，機器學習成功的黃金法則在於數據品質，為避免演算法產出的不良結果，數據對於評估至關重要，學習的樣本是否有高品質、代表性的數據及數據量，影響機器學習的效果及偏誤，這也連帶影響 AI 產出的品質。

資料結構面上，雖然用戶的數位足跡、能源使用、方案參與行為、用電偏好、合約方案和其他數據都可以用於開發強大的客戶資料檔案，但許多公用事業公司仍在繼續使用與最新數位化工具不相容的舊平台，導致在數位轉型的過程中，將所有資料集中到一個地方

並以可用的標準化格式變成一項耗時的工作，本公司亦面臨相關課題。資料面整合是整個 AI 運用的起手式，從用戶資料建檔的基礎軟硬體架構開始並制定全面的標準化格式，是架構好數位化系統的重要工程。



圖表 33：機器學習的黃金法則

隨著數位化的需求不斷增長，機器學習與人工智慧可以幫助我們了解用戶的用電行為和偏好，並透過 AI 來提供用戶服務(如本公司智能機器人)，或利用演算法和分析用於制定策略及提供客製化的能源使用方案，並協助公用事業應對客戶偏好的細微差異，以及建立每個細分市場或每個客戶最能響應的措施，上述相關探討非常值得深入做相關的研析，期可做為未來本公司規畫相關 AI 運用之參考，俾增進本公司數位轉型的進程。

(三)小結

本次 UA Week 講座內容多元，除有電力、水或瓦斯公司等公用事業分享所蒐集資料數據的應用方式與分析作法外，還邀請了大數據分析專業廠商以及資料收集設備(如電表)製造廠商進行設備功能與數據分析技術的介紹，考量美國公用事業對於數據分析的應用規劃較我國先進許多，其無論是人員徵求與訓練、數據擷取設備的採購、設置與維運、數據分析與應用等地執行經驗都相當值得借鏡，爰本節針對與本公司業務相關之電動車用電分

析、電網設備維護檢測分析、智慧電表應用分析及人工智慧面臨問題探討等內容進行綜整說明，期望後續可做為本公司相關業務推動有所參考。

於本次 UA Week 研討會過程中，很榮幸與目前就職於美國艾索倫電力控股公司(Exelon) 之台裔數據科學家 Po-Chen Chen 對談，Chen 目前為該公司 Infrastructure and Safety Analytics team 的主管，其近期研究專注於藉由電力波型量測與數據分析，以進行線路事故預測及風險管控，本次研討會後已互留電郵聯絡，後續除可向其請益國外電業對於數據分析與應用之作法外，還可視需要邀請其對本公司業務相關人員進行線上或實際會談，以協助本公司相關人員與國際接軌。

肆、心得與建議

本次出國參訪行程與美國加州公共事業委員會 (California Public Utilities Commission, CPUC)、南加州愛迪生公司(Southern California Edison, SCE)、Enel X Way、Bidgely 等公司參與的交流，並參加了一場有關數據分析的研討會-UA Week，為台電提供了一個寶貴的學習和啟示的機會。各公司的經驗分享和意見交流涵蓋了多個領域，從再生能源導入的電價設計、電動車充電管理，到客戶體驗和數位轉型，都為台電在面對未來能源格局轉變中提供了有力的參考。

首先，CPUC 的參與帶來了對 Flex Capacity 和 CalFUSE 等概念的深入理解，同時分享了農業用戶試行計畫的研究成果。這些創新的想法和方案為台電提供了在再生能源大規模導入情況下調整電價的可能性。對多元電價並存的配套機制和避險措施的探討，為台電在面對變化莫測的能源市場提供了實際操作的參考。

SCE 的先進費率訂定方式和用戶服務策略展現了在能源行業轉型中的卓越創新和領先地位。透過動態電價試驗計畫，SCE 成功實現了對需量反應和電網最適化的承諾，同時提升了用戶的節能意識。對於再生能源占比增加的挑戰，SCE 引入了彈性容量成本，有效應對尖峰使用和負載爬升。數位化系統的導入進一步提高了用戶體驗，展現了 SCE 致力於提供更具效益和環保的能源解決方案。

Enel X Way 公司針對電動車充電及電網因應提供了實用的建議。特別是提出了因應電動車持續普及的電網因應策略，建議透過電信公司取得基地台的行動裝置連線情形，作為充電樁設置的基礎數據。同時，提到使用人工智慧和機器學習等技術進行大數據分析，以選擇最適合的充電樁設置位置。此外，Enel X Way 公司在電動車充電管理策略方面提出了具體的建議，包括雲端電能管理系統的開發、整合不同載具的方式發展，以及開發環保充電管理功能，可提供碳排放試算，從而提高一般民眾和商業車隊的選購意願。

Bidgely 的能源解析技術在能源消耗資料分析方面具有獨特的優勢，並突顯了資料背後蒐集及分析的能力對客戶體驗的影響。此外，如電網方面的負載研究、電動車充電分析、用戶分群與行銷等，以及用戶體驗方面的智慧帳單服務、用戶行為管理與負載轉移等。這些技術和應用有助於提供更多通路、個人化的智慧警報，激發客戶的行為改變，並在節能意識培養和需求面管理上發揮積極作用。Bidgely 公司的經驗分享提醒了台電，在智慧電表的應用擴大的同時，需進一步優化服務方案，使其應用擴散至更多服務領域。台電已經有 AMI 相關服務應用，但應隨著科技的進步，不斷提升資料分析能力，進而改進並擴大智慧電表的應用。

最後 UA Week 的研討會，協助我們更加了解 AI 產業的趨勢以及應用面的知識，本次參訪行程的收穫不僅僅是知識的交流，更是對台電未來發展的啟示。各方的分享和建議為台電在能源轉型、再生能源導入、電動車推廣、用戶服務和數位轉型等方面提供了多元的思路。通過吸取其他公司的成功經驗和創新方案，台電有望在未來的能源格局中扮演更加關鍵的角色，並為台灣的能源發展做出更大的貢獻。與國際頂尖公司的交流讓台電站在了全球能源行業的前沿，同時也提醒了台電應不斷推進科技應用，提升彈性應對市場變化的能力。