

出國報告(出國類別：實習)

美國配電網圖資地理資訊技術 整合發展經驗實習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：饒祐禎/副研究員

孫先德/主管計劃

蘇嬛嬛/電機工程專員

簡振宇/電機研究專員

派赴國家/地區：美國

出國期間：108年8月13日~108年8月22日

報告日期：108年10月18日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：美國配電網圖資地理資訊技術整合發展經驗實習

頁數 41 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/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

饒祐禎/台灣電力股份有限公司 配電處/副研究員/02-23667562

孫先德/台灣電力股份有限公司 配電處/主管計劃/02-23668581

蘇嬛嬛/台灣電力股份有限公司 綜合研究所/電機工程專員/02-23601233

簡振宇/台灣電力股份有限公司 綜合研究所/電機研究專員/02-80872307

出國類別：1考察 2進修 3研究 4實習 5其他

出國期間：108年8月13日~108年8月22日 出國地區：美國

分類號/目

關鍵詞：先進配電管理系統(ADMS)、智慧電網(Smart Grid)、配電圖資地理資訊系統(GIS)

內容摘要：

配電圖資系統為智慧電網之基礎建設。本公司配電圖資系統發展多年，亦已配合各種需求開發相關應用，惟仍應思考如何精進以因應未來電網各類監控、運算及預測等資訊整合新議題。國外圖資系統之建置及於智慧電網之運用發展皆較國內為早，其各種先進應用之經驗皆可做為參考。

此次至美國實習，共參訪了 DNV GL、SDG&E、SCE、Esri 等4家公司，DNV GL顧問公司分析了美國電業於先進配電管理系統(ADMS)、智慧電網、配電圖資GIS等之發展現況及未來趨勢，並提出了系統規劃建議，SDG&E、SCE兩家電力公司展示了ADMS系統功能、運轉現況，及與配電圖資GIS介接整合應用情形，Esri圖資公司則就GIS於電力公用事業之可能應用範圍、GIS與其他系統(SCADA等)之介接方式，及既有GIS之升級等議題進行探討，期能借鏡作為規劃本公司配電網未來發展之參考。

目 錄

壹、內容摘要	1
一、緣由與目標	1
二、行程規劃	1
貳、心得及建議事項	2
參、參訪內容記要	4
一、DNV GL	4
(一)電網現代化	4
(二)先進配電管理系統(ADMS)	6
(三)配電圖資地理資訊系統(GIS)	8
二、SDG&E	13
三、SCE	23
四、Esri	30
(一)圖資系統與 SCADA 系統交換資料方式，及支援 CIM 情形 ..	30
(二)應用 CIM 於系統間資料交換之優缺點考量	31
(三)傳統 GIS 轉換為新 GIS 時，既有資料移轉之考量	32
(四)傳統 GIS 轉換為新 GIS 後與其他系統之介接整合	32
(五)關於圖資平台之其他細部議題	32
(六)公用事業使用 Esri 解決方案之方式	34
(七)完整的 GIS 組成	35
(八)GIS 於電力公用事業的應用範圍	35
(九)一些 GIS 應用案例	38

壹、內容摘要

一、緣由與目標

配電圖資系統為智慧電網之基礎建設，本公司配電圖資系統已發展多年，亦已配合各類需求開發相關應用，惟仍應思考如何精進，以因應未來各類分散式電源併網之監控、運算及預測等資訊整合新議題。

國外圖資系統之建置及應用於智慧電網之相關發展皆較國內為早，本次前往美國實習，期能瞭解其發展現況及趨勢，並蒐集相關技術資訊，以做為本公司未來先進配電管理系統(ADMS)規劃及精進配電圖資應用之借鏡參考。

二、行程規劃

本次出國拜訪DNV GL、SDG&E、SCE、Esri等4家公司，首先訪問DNV GL公司，研討有關圖資系統於監控(SCADA)及先進配電管理系統(ADMS)之相關應用技術，接續拜訪SDG&E、SCE兩家電力公司，瞭解並學習其圖資系統與饋線自動化系統之介接，及其他相關應用等，最後再到Esri公司訪視圖資平台於電業之相關應用技術等。

起始日	迄止日	實習機構	實習內容
1080813	1080813		往程(台北—美國舊金山)
1080814	1080814	DNV GL	研討有關圖資系統於SCADA及ADMS之相關應用技術。
1080815	1080815	SDG&E	瞭解並學習其圖資系統與饋線自動化系統之介接，及其他相關應用等。
1080816	1080816	SCE	瞭解並學習其圖資系統與饋線自動化系統之介接，及其他相關應用等。
1080817	1080820	Esri	訪視圖資平台於電業之相關應用技術。
1080821	1080822		返程(美國洛杉磯—台北)

貳、心得及建議事項

- 一、 國外ADMS系統目前均朝向與地理圖資資訊系統(GIS)結合趨勢，建議未來本公司ADMS系統規劃亦應順應國際潮流，以整合GIS圖資架構及朝向開放性系統（Open System）方向前進，並建立外部系統界接存取ADMS資料之通道，以持續發展相關應用。
- 二、 目前國外ADMS系統開發與各智慧電網系統（如需求反應，聚合商管理，及配電級再生能源管理系統(DREAMS)）及現場設備（如故障指示器，TTU等）介面整合之功能及開發經驗均較國內廠商成熟，建議本公司ADMS採購仍以國際標案為主，俾利架構一套符合未來需求、功能完整之系統。
- 三、 本公司配電圖資系統已運行多年，因應圖資技術發展，及智慧電網需求，須持續不斷擴充精進。建議進一步蒐集國外電力公司廣泛使用之GIS圖資平台資訊，評比各平台於應用功能發展之開放性、支援性及擴充性，並試辦使用開放性圖資平台進行既有配電圖資升級轉換、應用功能開發及SCADA圖資轉檔等之可行性研究。
- 四、 未來配電網路因停電管理、人員安全管理、再生能源發電量預測及極端氣候因應等之需求提升，須引用許多外界提供之資料，建議規劃ADMS時考量擴大與相關外部系統（如氣象局天氣預測系統等）圖資之介接，以利後續配電網管理應用。
- 五、 本公司許多數據皆以傳統表格呈現，為提供綜觀數據之方式、優化資訊理解及提升傳播速度，建議於規劃ADMS時儘量考量將相關數據以視覺化呈現，以利上級及相關同仁決策管理與掌握業務全貌，並擴充數據管理及相關系統維護所需人力與設備，以確保系統正常運作。
- 六、 各家電力公司在圖台轉換過程皆曾經歷資料轉移與清理問題，

許多問題或能以程式方式解決，但部分資料錯誤問題仍須回歸人力修正。建議在更新精進圖資相關系統時，能預先盤點轉移圖台所可能遭遇之資料清理、資料勘誤事宜，並考量資料修正需投入足夠之人力、物力。

- 七、 本次參訪之對象係以使用Esri圖台為主之電業，建議未來能再參訪其他非使用Esri圖台較具代表性之國家或電業，以其使用經驗作為比較及參考，所得之資訊將較為全面，可進行更完整之可行性評估。
- 八、 本公司近期投入大量人力規劃建置ADMS，以期提升既有配電規劃及饋線自動化等相關系統功能，建議未來能持續投入足夠資源，尤其著重相關技術人力訓練，以利系統推動及發展。

參、參訪內容記要

一、DNV GL

DNV GL是一家獨立的品質確保及風險管理公司，有超過150年的歷史，遍布全球 100 多個國家，有超過 100,000 個客戶。其業務涵蓋了海上作業、油與瓦斯、能源、商業風險以及數位解決方案…等。

該公司在整個能源價值鏈生態體系有豐富經驗，提供公用事業政策諮詢、系統規劃、實施與優化等相關服務。

謹就電網現代化、ADMS、GIS等議題內容擇要整理如下：

(一) 電網現代化

1. 未來的電力公用事業發展方針：

- (1) 能靈活適應上游電力市場角色和能源消費者快速變化的新業務模式。
- (2) 具備有效執行配電公用事業業務的新管理規則。
- (3) 能有效管理連接到電網的分散式電源。
- (4) 要提供客戶選擇。
- (5) 要減碳(低碳足跡)。
- (6) 要提高網路安全。

2. 智慧電網發展方針：

- (1) 電力公用事業與客戶之間的數位雙向溝通。
- (2) 運用數位技術改善監視、分析、控制和通信功能。
- (3) 管理配電網中斷的相關課題：持續增加的DER滲透率、持續增加的分散式儲能設備、提供客戶選擇/讓客戶參與等。

(4) 提升電網韌性：

- A. 「電網韌性」定義：公用事業基礎設施和運轉的穩健性和恢復特性，可避免或減少在異常和危險事件中的服務中斷，也就是及時有效地從停電、暴風雨和自然災害中恢復的能力。
- B. 業界趨勢：透過配電自動化以實現電網現代化。

(5) 發展智能家居和智能建築

3. 除實現前述「未來的電力公用事業發展方針」和「智慧電網發展方針」的相關技術、流程和措施外，要推動電網現代化尚須辦理下列兩項作為：

(1) 提升電網狀態認知和管理，推動方式可分為技術、系統及客戶參與計畫等三個面向說明：

- A. 技術面：包括發展智慧電表(AMI)、饋線自動化故障定位隔離復電(FLISR)、故障指示器(FCI)、電壓/虛功控制(VVC)、感測器等。
- B. 系統面：包含建置先進配電管理系統(ADMS)、分散式能源管理系統(DERMS)等。
- C. 客戶參與計畫：包含推動需量反應(DR)、直接負載控制(DLC)、動態電價、節能措施等。

(2) 訂定合理指標：考量業務和運轉需求、可負擔性、可靠度等因素訂定合理指標並追蹤管控。

4. 另美國能源部在 2018 年的報告中，亦提出現代化電網必須具備之特性：

- (1) 對所有類型的危害具有更強的適應能力。
- (2) 提升日常操作的可靠性。
- (3) 須增強安全性防護以因應越來越多的威脅。

- (4) 能維持經濟繁榮。
- (5) 能靈活因應未來能源的不確定性。
- (6) 藉由高效能源和再生能源以提升能源供應永續性。

(二) 先進配電管理系統(ADMS)

1. 業界對 ADMS 的看法：

(1) ADMS 應結合配電 SCADA、DMS 和 OMS 等代表性功能

【圖1】。

(2) 系統之間可能存在一些重疊的功能，要求操作員使用多個圖形化使用者介面（GUI）來監視、控制和優化網路，具體實現取決於供應商。

(3) 儘管複雜度增加，但系統支援小組不應被要求使用多種工具來維護應用程式和模型。

Distribution SCADA	Distribution Management System (DMS)	Outage Management System (OMS)
<ul style="list-style-type: none"> • Graphical User Interface • Supervisory Control • Data Acquisition • Data Processing • Alarming • Tagging • Tracing • Topology Processing • Historical Data and Reporting 	<ul style="list-style-type: none"> • Distribution State Estimation • Distribution Power Flow • Switching Order Management • Fault Detection Isolation and Restoration (FDIR) • Volt/Var Control • Feeder Reconfiguration • Short Circuit Analysis • Distribution Load Forecast • Network Operation Planning • Distributed Generation Management • Load shedding • Operator Training Simulator • Adaptive Network Management 	<ul style="list-style-type: none"> • Planned Outage • Unplanned Outage • Switching Order Management • Outage Analysis/Prediction • Trouble Call Management • Crew Management • Outage Restoration • Storm Mode • Outage Reporting • Interfaces to CIS, IVR, AMI, MDMS, MWFM

圖 1. ADMS 功能

2. ADMS 發展的驅動元素和對應功能【圖2】

- (1) 減少停電時間：整合的狀態感知、自動化的電網自我修復（故障定位隔離復電，FLISR）、準確的停電報告（KPIs）。
- (2) 推遲電網投資、減少損失：強化資產利用、削減尖峰負載（降壓節能措施，CVR）、最小化系統損失（電壓/虛功控制，VVC）。
- (3) 優化電網操作和業務流程：整合切換管理、先進電網優化分析。
- (4) 支援智慧電網部署：支援智慧電表/需量反應、支援配電自動化、支援DER（分散式電源、儲能設備、電動車）。
- (5) IT/OT投資之運用，及網絡安全合規性：採用開放式架構；與配電圖資地理資訊系統(GIS)、用戶資訊系統(CIS)、互動式語音應答系統(IVR)、行動人力管理(MWFM)、自動車輛定位(AVL)、智慧電表/電表資料管理(AMI/MDM) 等相關系統整合。
- (6) 技術就緒程度：技術已經成熟，服務提供工具和流程已經優化，已有可用的最佳實踐方案。



圖 2. ADMS 發展的驅動元素和對應功能

3. ADMS 的市場趨勢：

- (1) 美國市場活動顯著增加。
- (2) 產品即將成熟。
- (3) 許多公用事業已經從試驗階段轉移到正式運轉。
- (4) 成功地將個別 DMS 和 OMS 合併到 ADMS 中。
- (5) 單一圖形化使用者介面。
- (6) 單一操作模型。
- (7) 與 SCADA 的標準整合方式

4. ADMS主要供應商及產品【圖3】

Vendor	Product(s)	Proposed Solution
ABB	Network Manager ADMS (Network Manager DMS and OMS) NM Power System Explorer (PSE)	Network Manager OMS provides the outage management solution, Network Manager DMS provides the DMS solution, and Network Manager PSE is the user interface framework for Network Manager OMS and DMS functions
GE	e-terradistribution ADMS (Digital Energy ADMS)	Digital Energy ADMS is an Alston product; the IDMS solution includes OMS, DMS and can include SCADA in a single user interface and model
Oracle	Oracle Utilities NMS	NMS provides OMS and DMS capabilities (including DERMS capability)
OSI	OSI Monarch™ ADMS (OMS and DMS)	The Monarch™ ADMS is referred to as the Spectra DMS and Electra OMS, and has Integra DERMS capability; eMap is the distribution data model
Schneider	Schneider Electric ADMS	The Schneider ADMS provides OMS, DMS and SCADA functions that can be deployed individually or as a solution set

圖 3. ADMS 主要供應商及產品

(三) 配電圖資地理資訊系統(GIS)

1. GIS和進階功能發展趨勢：

- (1) GIS 是以地理空間分布形式，引用現場竣工資產資料所建立的資料庫。
- (2) 一些供應商正在將 GIS 轉變成「參與系統」：

- A. 結合運轉資料與竣工模型。
- B. 結合感測器、巡檢與維護結果等數據。
- C. 結合外部系統的數據(天氣、社交媒體…等)。
- D. OMS、ADMS的資料模型仍是系統的「運轉」狀態。若GIS要有不同的資料模型，則需考量同步問題。

(3) GIS可視為運轉系統之雙生系統。

(4) 資料處理更容易、分析功能持續精進。

(5) 數據視覺化呈現，及提升狀態認知(檢視不同運轉狀態數據)的功能。

2. GIS在電網現代化中的角色：

(1) GIS 以視覺化呈現電網，及其與周邊事物的關係，可以幫助瞭解電網的實體面向和狀況。

(2) GIS能提供各種設備或資產之屬性，以支援SCADA，OMS，ADMS，DERMS等運轉系統。

(3) 因資料以地理空間形式引用，成為共同的基礎，故能促進現場和現場、現場和辦公室同仁之間的工作溝通、協作與協調。

(4) GIS是可視的，所以是一種深度檢視電網現代化努力成果的方式。

(5) 是一個物聯網的整合平台。

3. GIS市場目前狀況：

2018 至 2024 年，估計GIS市場將成長10.7%，重要的終端客戶包括：政府機關、自然資源勘探及管理、公用事業(電力、瓦所、電信、水、廢水等)、軍事、衛生保健、運輸和物流…等。

4. 聚焦於能源事業之GIS供應商和其產品：

- (1) Autodesk: AutoCAD Map 3D and Autodesk Geospatial
- (2) Bentley System Incorporated: Bentley Map
- (3) Environmental Systems Research Institute, Inc. (Esri):
ArcGIS
- (4) General Electric: Smallworld
- (5) Hexagon AB (Intergraph/Hexagon Geospatial): GeoMedia
- (6) Milsoft: Utility Solutions GIS
- (7) Pitney Bowes: MapInfo

5. 公用事業汰換傳統GIS系統的可能因素：

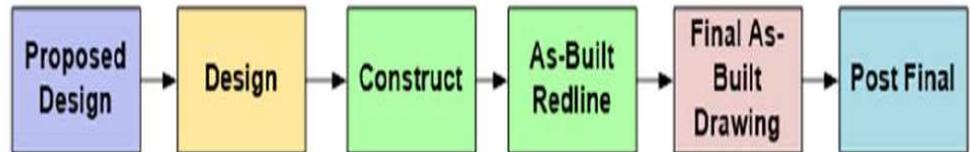
- (1) 目前的系統已不能滿足公用事業的業務需求。
- (2) 公用事業的能源輸送網路是動態的，需要先進的運轉和管理功能。
- (3) 供應商可能已不再繼續支援所使用的特定版本。
- (4) 因應電網的發展(例如加入各種分散式電源)，目前的解決方案可能已不可靠。
- (5) 公用事業希望運用最新的商業GIS方案。
- (6) 系統維護和支援成本高昂。
- (7) 廣泛的客製需求導致價格昂貴且升級耗時。
- (8) 公用事業合併數個公用事業後，希望根據企業藍圖將GIS標準化。

6. GIS要支援進階應用應做之準備：

- (1) 必須能準確表示電網。
- (2) 須包含最小電網模型和資料細節以支援各種運轉操作功能。
- (3) 須具有維護資料完整性的流程和工具。

整個作業流程要能確保資料的完整性：從提出設計、繪

製設計圖、現場施工、蒐集準確而完整的現場竣工資料（含現場完工與原設計差異標記）、竣工圖繪製定稿、資料審視及品質管理後上線，每個環節都必須確實，才能維持資料完整性。



(4) 為使GIS資料能符合需求，須填補資料落差：

- A. 首先了解ADMS資料需求。
- B. 重新檢視當前的GIS資料定義和內容。
- C. 再將資料需求與來源進行比較，找出其間落差。
- D. 接著決定縮小落差的行動：可能的方案包括現有的其他來源資料、實地調查、採取變通替代方案等。
- E. 最後再訂定資料落差填補計畫。

7. GIS規範擬訂的典型作業流程：

- (1) 從所需的GIS最終狀態開始(未來狀態評估)。
- (2) 從作業流程分析確認需要解決的問題，考量資料、技術、人員各面向。
- (3) 利用能力矩陣訂出GIS必須解決的功能落差。
- (4) 考量包括功能面和非功能面需求。
- (5) 完成GIS規範。



8. GIS規範：

(1) 規範是以當前和未來的狀態評估工作為基礎。

(2) GIS規範包括：

專案背景、進度及期望的最終狀態(願景)、新GIS應提供的功能、架構和系統整合需求、符合客戶數據模型、企業IT標準、費用等。

(3) 規範還可能包括：

系統整合商需求、資料移轉服務需求。

9. GIS規範-關於資料移轉需求：

(1) 資料移轉規範包括：資料來源和目標定義、角色和責任、資料移轉步驟、資料調整、修改、檢查、資料更新和版本控制等。

(2) 移轉供應商資格和選擇：GIS 供應商或資料移轉公司。

(3) 客戶責任：資料審查、品質控制、驗收。

(4) 持續的資料完整性管理。



圖 4. 與 DNV GL 人員合影

二、SDG&E

聖地牙哥天然氣和電力公司(SDG&E)為美國加州西南部的聖地牙哥縣和奧蘭治縣南部提供天然氣和電力。該公司透過40萬具電表及 87萬3000 具瓦斯表，為 4100 平方英里範圍內 360萬人提供能源服務。

其採用ACS 的SCADA，已有50%饋線FDIR自動化，GIS 使用Esri系統，電氣連結性拓樸每日轉檔。

先前該公司亦經歷了一段圖資系統轉換的鎮痛期，目前並持續發展 ADMS 中。其ADMS 採用Oracle Network Management System，已整合SCADA、OMS、DMS，並與AMI、再生能源等系統介接擷取資料。

SDG&E 之 ADMS 架構圖如【圖5】，ADMS 與 SCADA之整合如【圖6】，用戶來電系統、AMI、SCADA之整合如【圖7】。

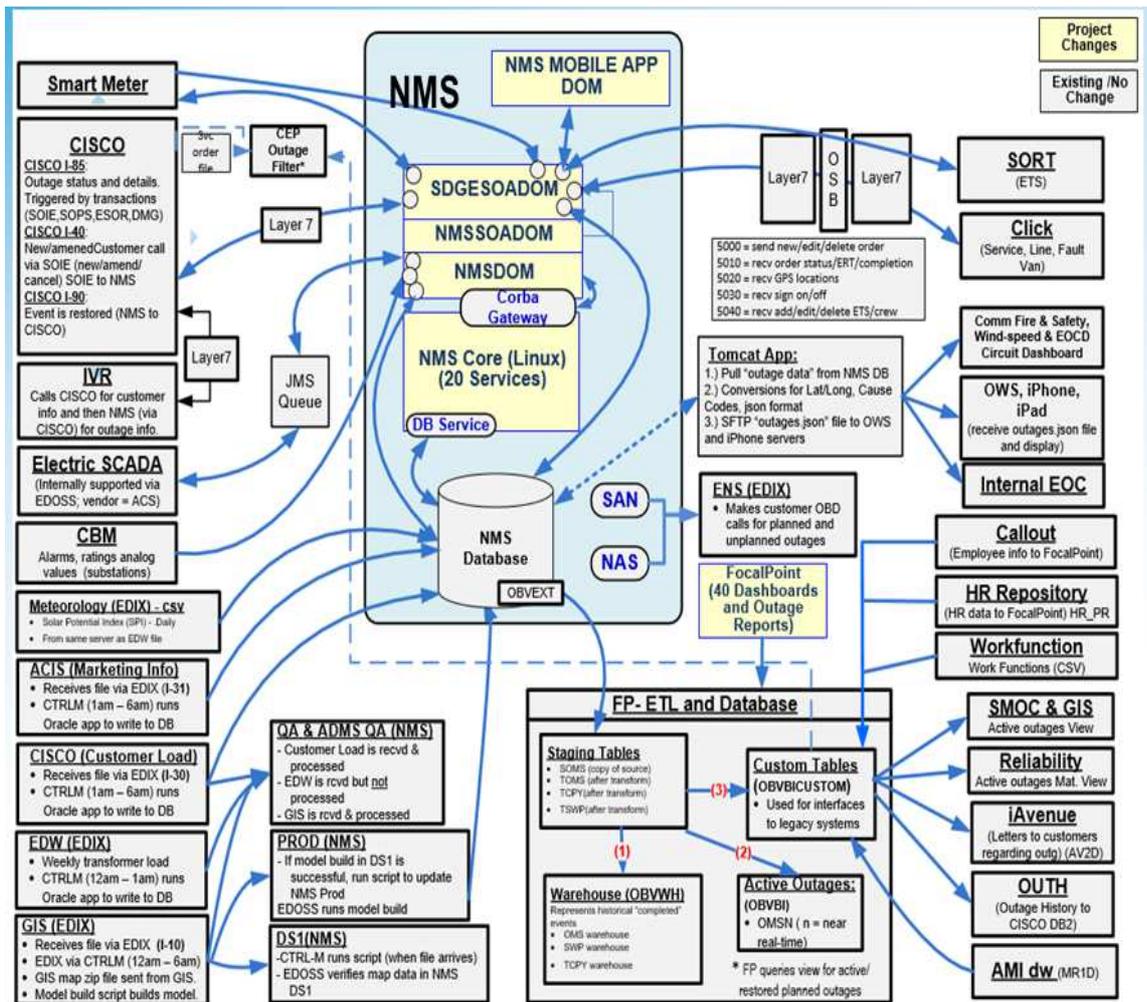


圖 5. SDG&E 之 ADMS(NMS)架構圖

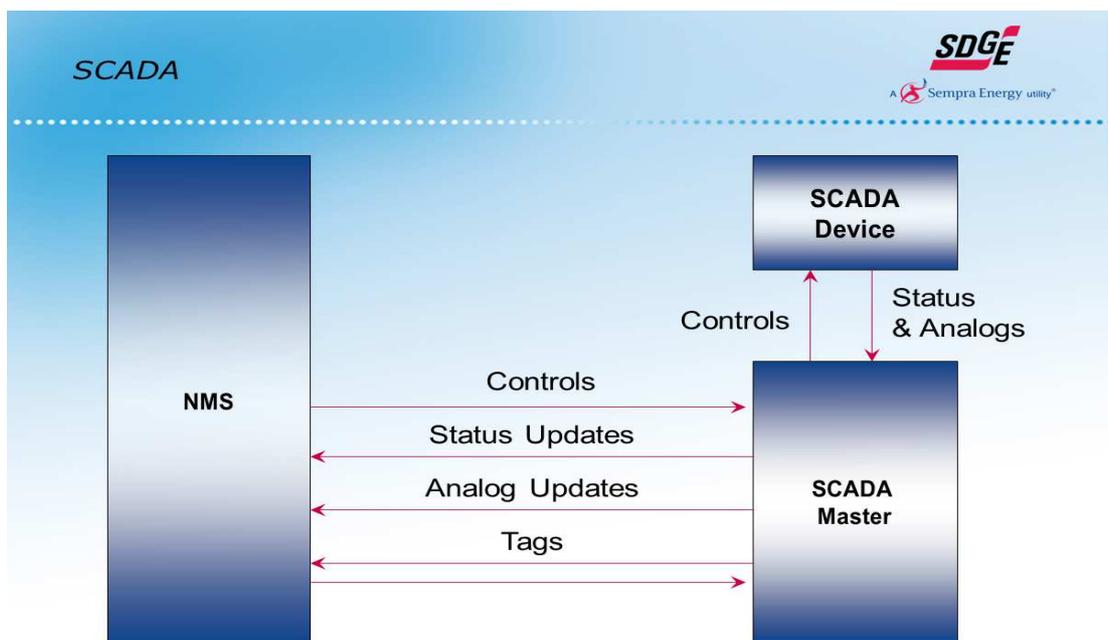


圖 6. SDG&E 之 ADMS(NMS) 與 SCADA 整合示意圖

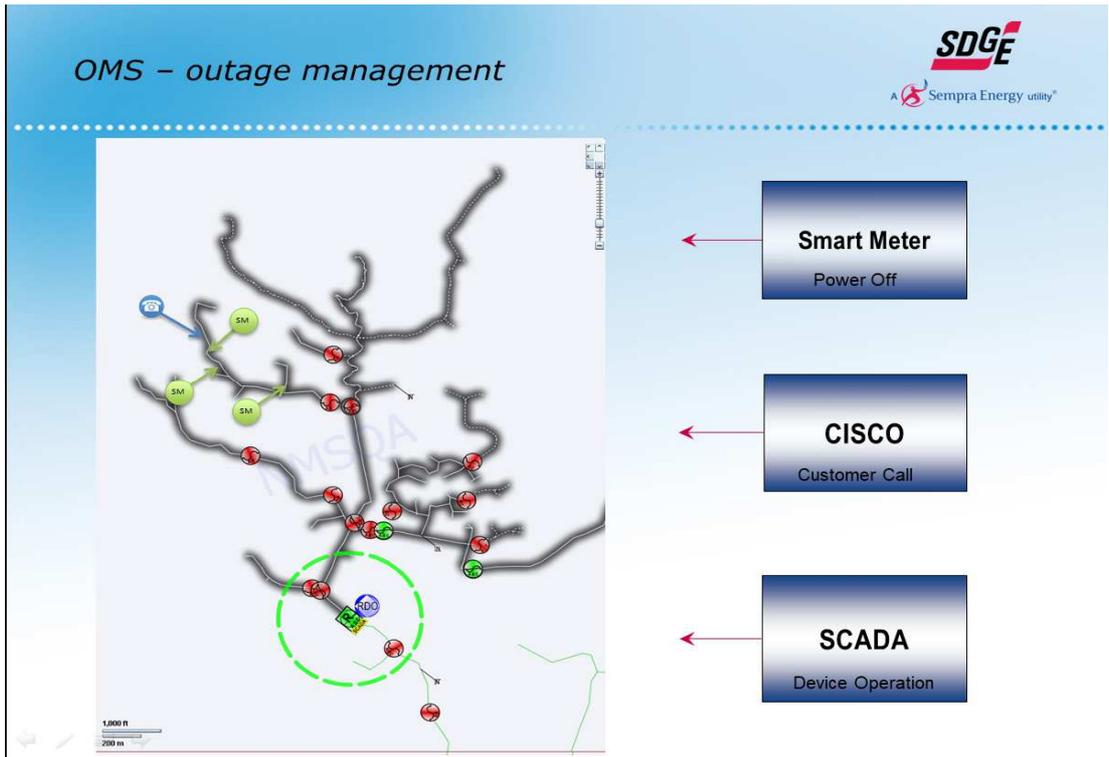


圖 7. SDG&E 之用戶來電系統、AMI、SCADA 整合示意

SDG&E之潮流分析功能已將再生能源納入考量，如【圖8】。

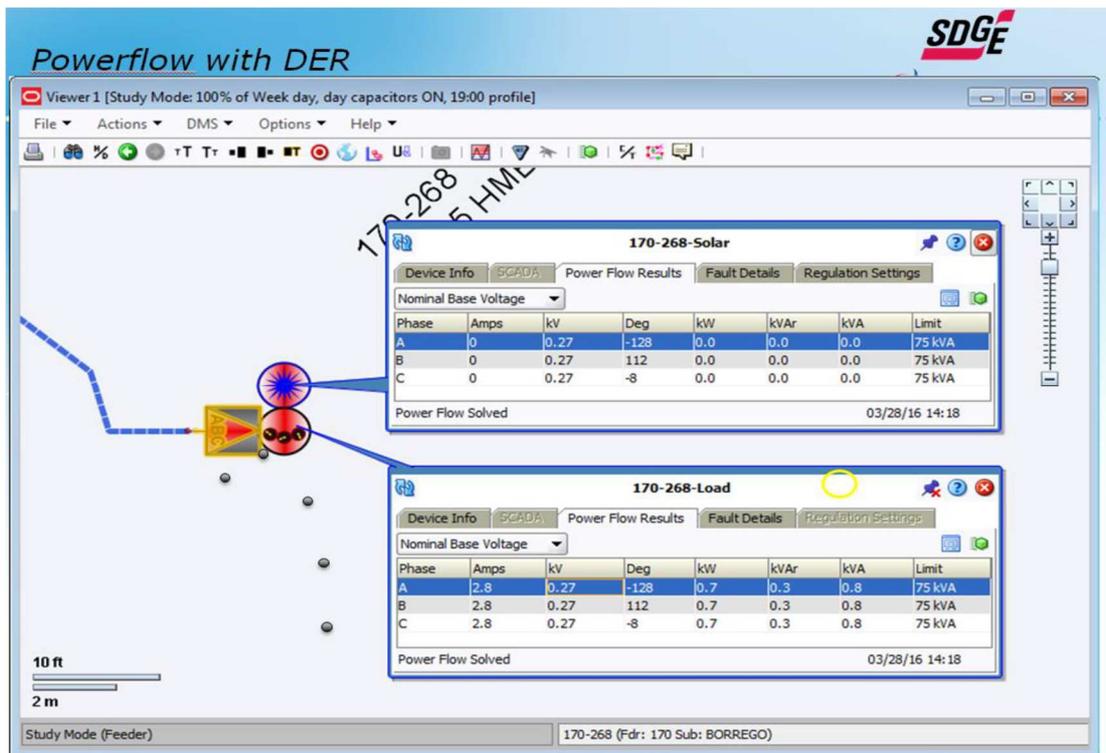


圖 8. SDG&E 之潮流分析功能已將再生能源納入考量

故障定位隔離復電(FLISR)：目前轄區有460條饋線設為自動模

式，已有24次成功之 auto-FLISR操作，如【圖9】。

Fault, Location, Isolation and Service Restoration (FLISR)

SDGE
A Sempra Energy utility

- Self-healing grid
- Configured to either manual or automatic
- Circuit requirements:
 - SCADA at breaker
 - SCADA at mid-point sectionalizing device with fault targets
 - SCADA tie-switch
- Currently 460 circuits throughout SDGE's service territory in auto mode
- 24 successful auto-FLISR operations

Viewer 1 [Real-Time Mode]

Oracle Utilities Network Management System - Web Workspace

Line #	Operation	Structure ID	Status
1	Open by SCADA	CAH-1200-781	Completed
2	Disable FLISR	CAH-1200-781	Completed
3	Disable FLISR	OS-1200-1078	Completed
4	Open by SCADA	781-42	Completed (S02)
5	Turn-Off Backing	OS-1200-1078	OS
6	Close by SCADA Actuator	781-74-1076	Included (S02)

圖 9. SDG&E 之 FLISR 功能

故障位置分析：依偵測到之故障電流計算可能之故障位置並於畫面呈現，並依實際發生故障位置追蹤準確性，如【圖10】。

Fault Location Analysis

SDGE
A Sempra Energy utility

- Calculates possible fault locations based on measured fault current by SCADA relay
- Calculates electrical distance and reports potential locations on viewer
- Tracking accuracy of these results based on actual location

Control Tool

Remarks: CAH-1200-781
Closed: ABC
Operate Phase: All

Safety Documents: All

Switching Plans: A, B, C

Attributes: All

Customer List: All

AME Customer List: All

Highlight Event: FLISR

Instructed Action: FLISR

Fault Current

Phase A: 3000
Phase B: 2000
Phase C: 0

OK, Help, Cancel

圖 10. SDG&E 之故障位置分析功能

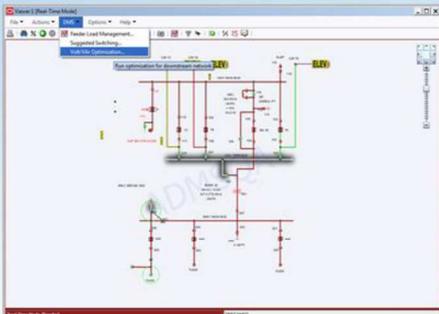
電壓與虛功最佳化功能：使所有電壓調節裝置和虛功控制裝置

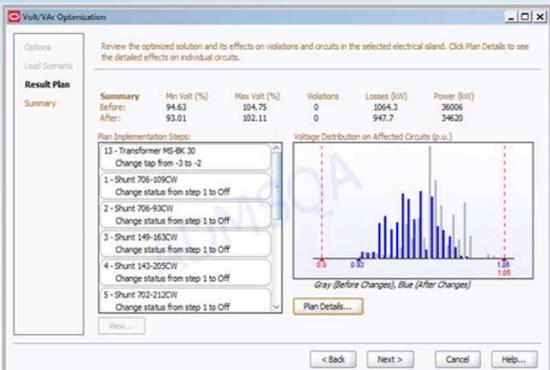
有最佳控制動作，實現線路損失最小化目標，但不違反任何(高或低)電壓限制，SDG&E目前尚測試中，未完全實施，如【圖11】。

VOLT-VAR Optimization

A Semptra Energy utility

- Aims at reducing voltage on a circuit and/or minimizing losses
- Adjust transformer taps, capacitors, regulators to optimize distribution network
- Module is available and tested but not fully implemented





Summary	Min Volt (%)	Max Volt (%)	Violations	Losses (kW)	Power (kW)
Before:	94.63	104.75	0	1064.3	36006
After:	93.01	102.11	0	947.7	34620

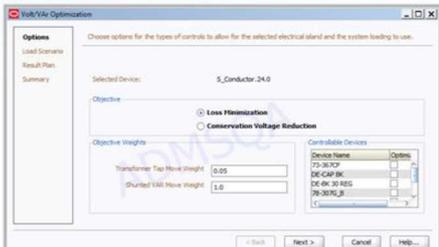


圖 11. SDG&E 之電壓與虛功最佳化功能

停電地圖網站：分為非計畫性及計畫性停電兩部分。

【圖12】為非計畫性停電之例子，公告內容包括受影響區域、饋線代號、停電戶數、開始時間、預估復電時間、停電原因等。

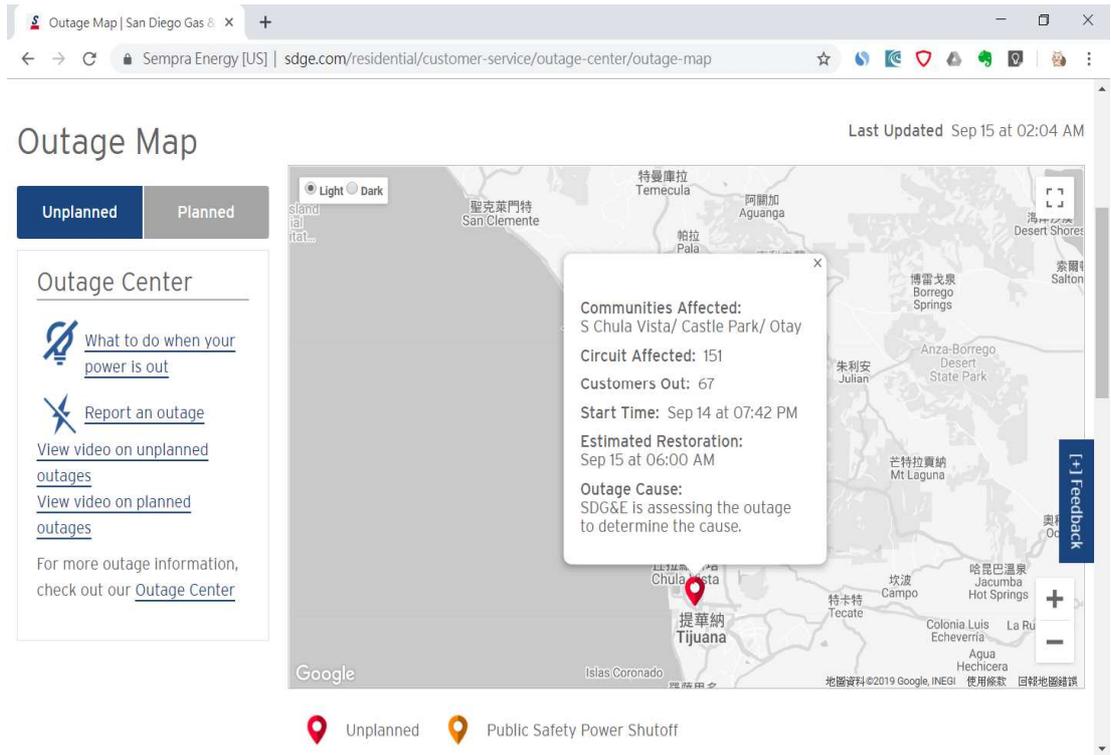


圖 12. SDG&E 停電地圖網站-非計畫性停電

【圖13】為計畫性停電地圖之例子，公告內容除上揭欄位外，另加上計畫編號欄位(相關資訊已先以e-mail通知用戶)

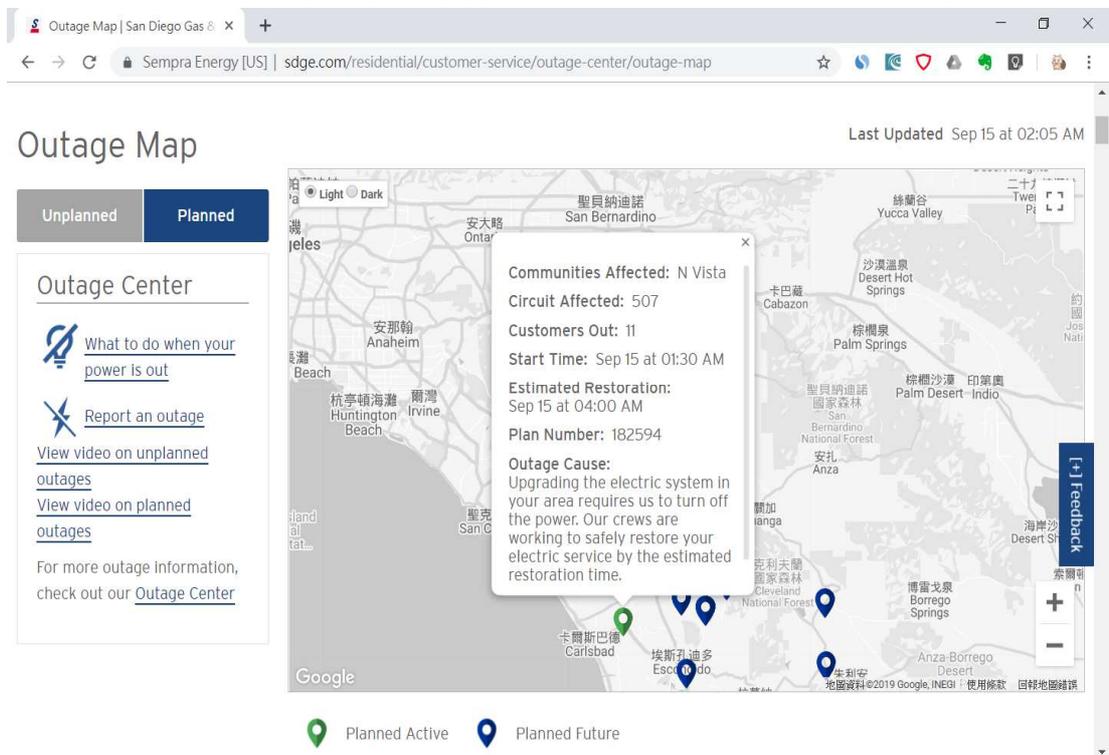


圖 13. SDG&E 停電地圖網站-計畫性停電

【圖14】~【圖17】為SDG&E之 GIS(以Google地圖為底圖)與SCADA整合後幾個畫面範例：【圖14】為饋線單線圖，【圖15】為配電線路開關，【圖16】為配電線路開關控制面板選項，【圖17】配電線路開關屬性欄位。

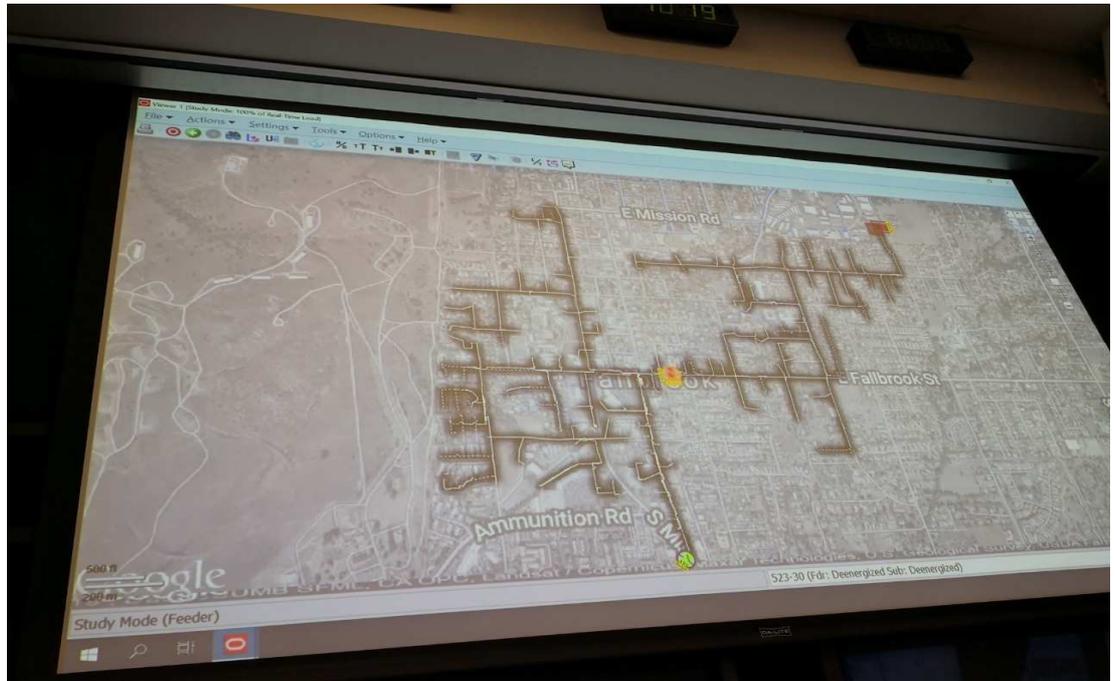


圖 14. SDG&E SCADA 饋線單線圖



圖 15. SDG&E SCADA 配電線路開關

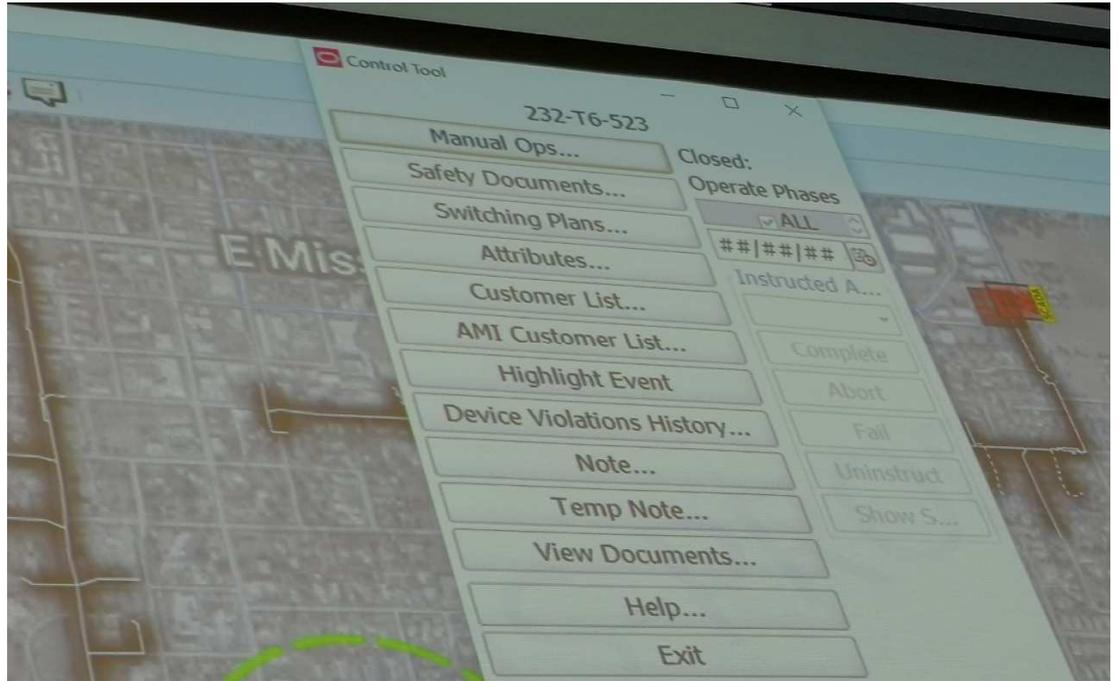


圖 16. SDG&E SCADA 配電線路開關控制面板選項

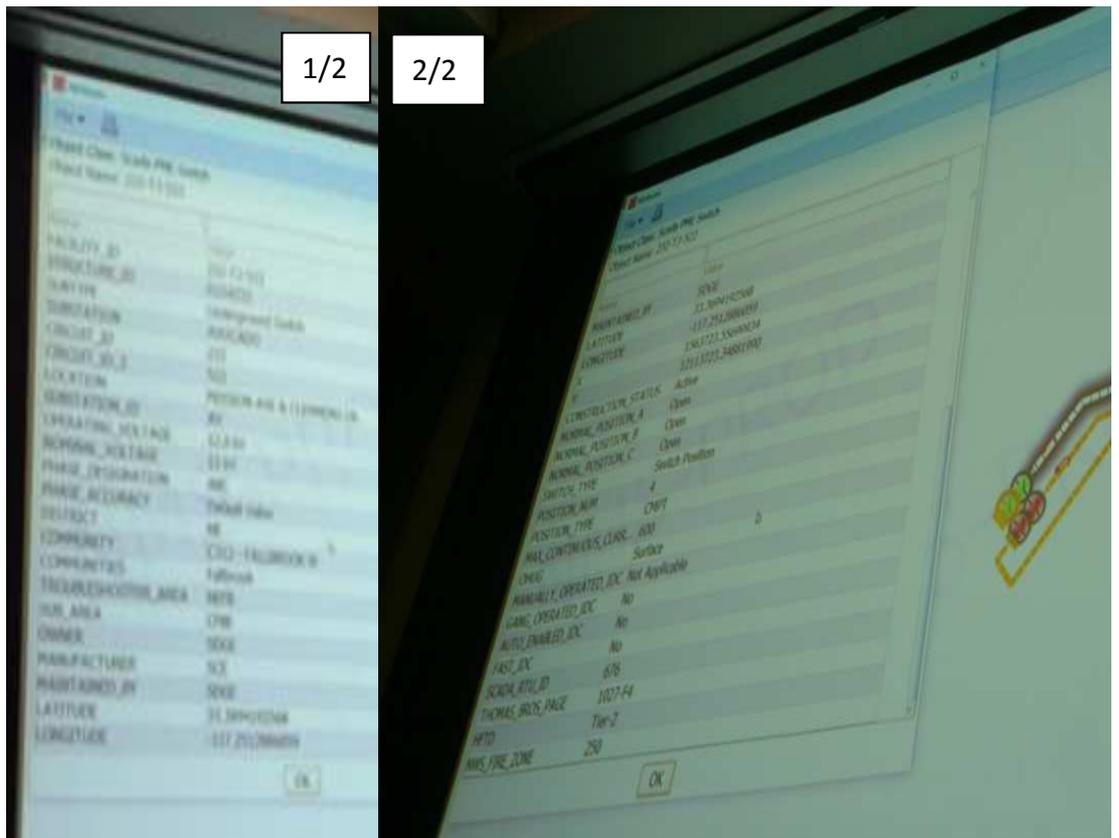


圖 17. SDG&E SCADA 配電線路開關屬性欄位

【圖18】為SDG&E調度室一隅，值班人員除調度運轉外尚須監看轄區即時天氣及是否發生山林火災，【圖19】為轄區風力監看畫面。



圖 18. SDG&E 調度室一隅

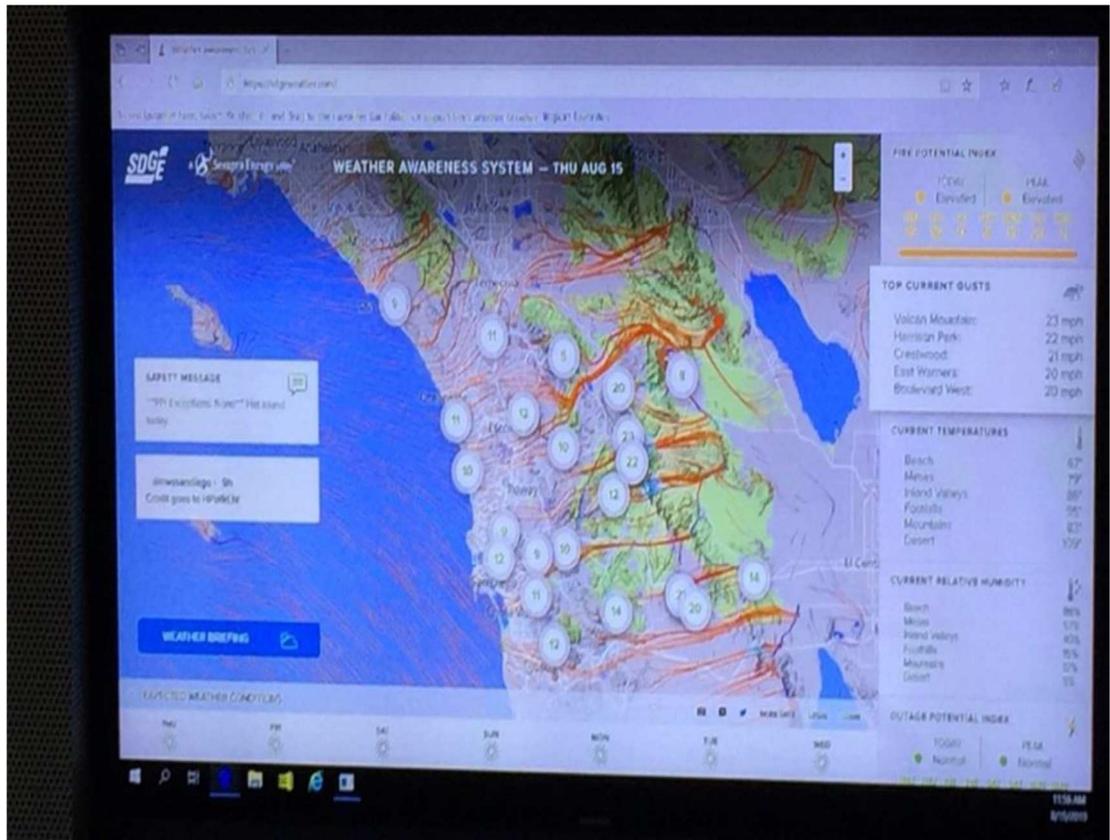


圖 19. SDG&E 轄區風力監看畫面實例



圖 20. 與 SDG&E 人員合影

三、SCE

SCE 為加州中部、沿海地區和南部（不包括洛杉磯市及若干其他城市）50,000平方英里區域的 1500萬 人提供電力，目前再生能源占總能源的 46%，已購置 500 MW 之儲能設施。

SCE監控和維護龐大的電力系統：12,000餘英里輸電線；90,000餘英里配電線；143萬餘根電線桿；72萬餘個配電變壓器；2,900餘個變電站變壓器。2014年，SCE的供電總量超過880億千瓦·小時。

SCE 宣示其願景：啟用即插即用電網以增強系統可靠性，支持客戶選擇和使用潔淨能源技術，以幫助加州實現其潔淨能源目標，預計在 2045 年時，達成100%無碳電網使命。

加州各產業溫室氣體排放占比	
運輸	39%
電力	19%
工業	17%
住宅與商業	11%
農業	8%
運輸相關工業	6%

2017年SCE再生能源發電占比	
太陽能	39%
風力	33%
地熱	24%
小型水力	3%
生質能	1%

SCE公司配合調度運轉採用之 GIS 圖資平台為 GE 之 SMALLWORLD，有專人負責日常 GIS 與 SCADA 資料轉換異常之處理。近期嘗試導入 Esri 之 ArcGIS 做為GIS圖資平台，未來希望能整併成1套系統，惟系統轉換牽涉層面廣泛，除了資料面外，尚包括作業程序調整及人員操作訓練等，故現階段 Esri 之 ArcGIS 僅應用

於資產管理。

另ADMS及再生能源之 IEC61850 計畫僅在研究階段，尚未導入實際系統，目前系統仍是以 DNP3.0 通訊協定為主。

SCE規劃其未來的配電網【圖21】：

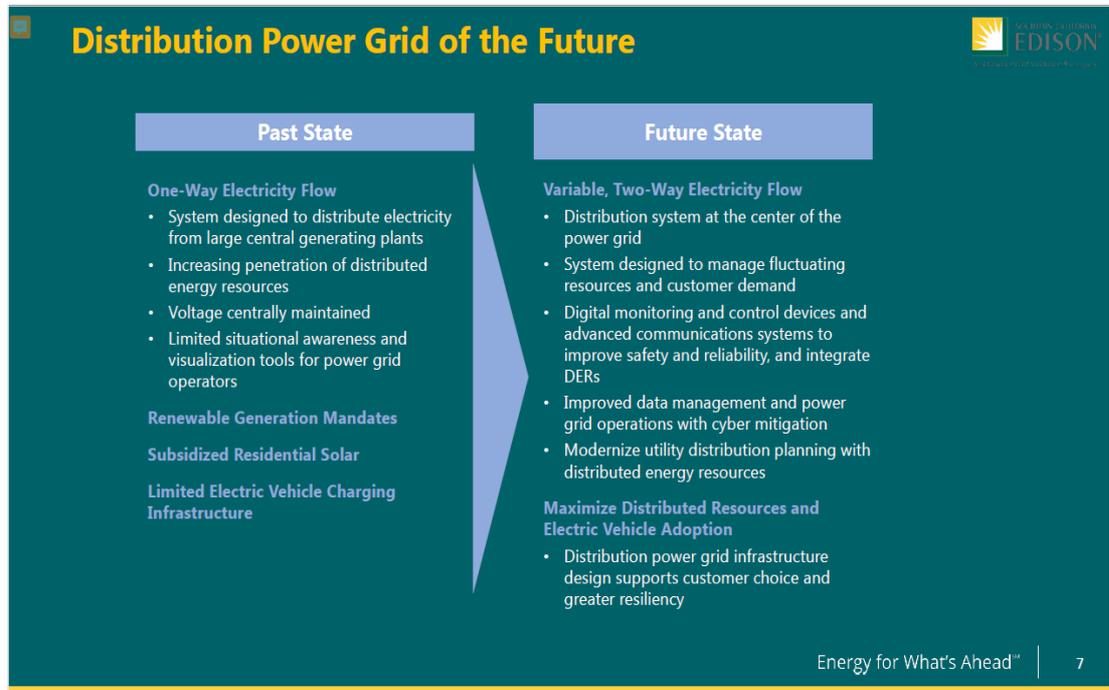


圖 21. SCE 規劃未來的配電網

1. 因應可變、雙向的電力潮流：

- (1) 以配電系統為中心的電網。
- (2) 能管理波動的電源及客戶需求的系統。
- (3) 數位監控設備以及先進的通信系統，可提高安全性和可靠性，並整合 DER。
- (4) 改進資料管理和電網運營，同時考量資通安全。
- (5) 利用分散式能源實現配電規劃的現代化。

2. 分散式能源和電動汽車併網最大化：配電網基礎設施要有更大的韌性，並能支援客戶的選擇。

隨著再生能源持續併入電網，SCE 也面臨了電網複雜度提升的

問題【圖22】【圖23】：

1. 配電線路負載和再生能源的峰值時間通常不會重合，調度人員要能查看電力潮流的大小和方向。
2. 可能會造成原有的末端線路過載及電壓過高等問題。

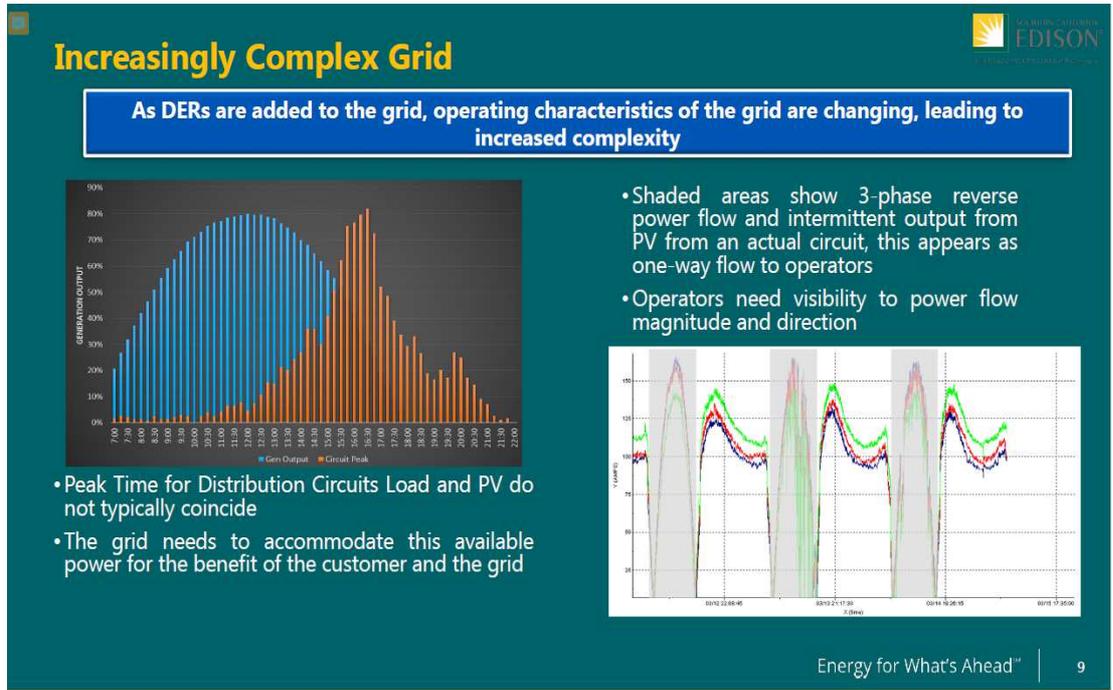


圖 22. 再生能源持續併入電網，SCE 也面臨了電網複雜度提升的問題(1/2)

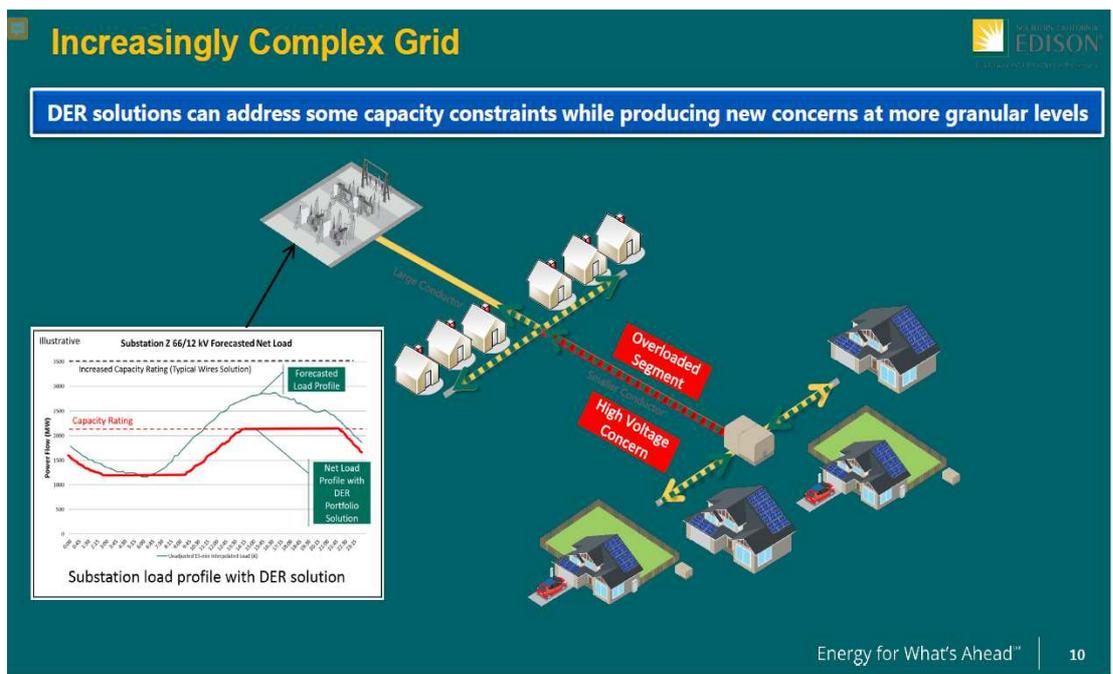


圖 23. 再生能源持續併入電網，SCE 也面臨了電網複雜度提升的問題(2/2)

SCE 規劃加強與 DER 的互動和控制機制【圖24】：

1. 將DER整合至監視、分析、優化及控制循環：
 - (1) 監視-即時狀態認知。
 - (2) 分析-短期和長期的電網及DER預測。
 - (3) 優化-優化電壓、電力潮流和系統保護。
 - (4) 控制-電網結構調整及DER調度。
2. 對於配電規劃及運轉：
 - (1) 配電系統上要安裝新的自動化設施。
 - (2) 調度中心要蒐集更多的運轉數據。
 - (3) 需要用於運轉和規劃的新軟體解決方案。
 - (4) 需要更精細的需求端管理數據來進行電網規劃。

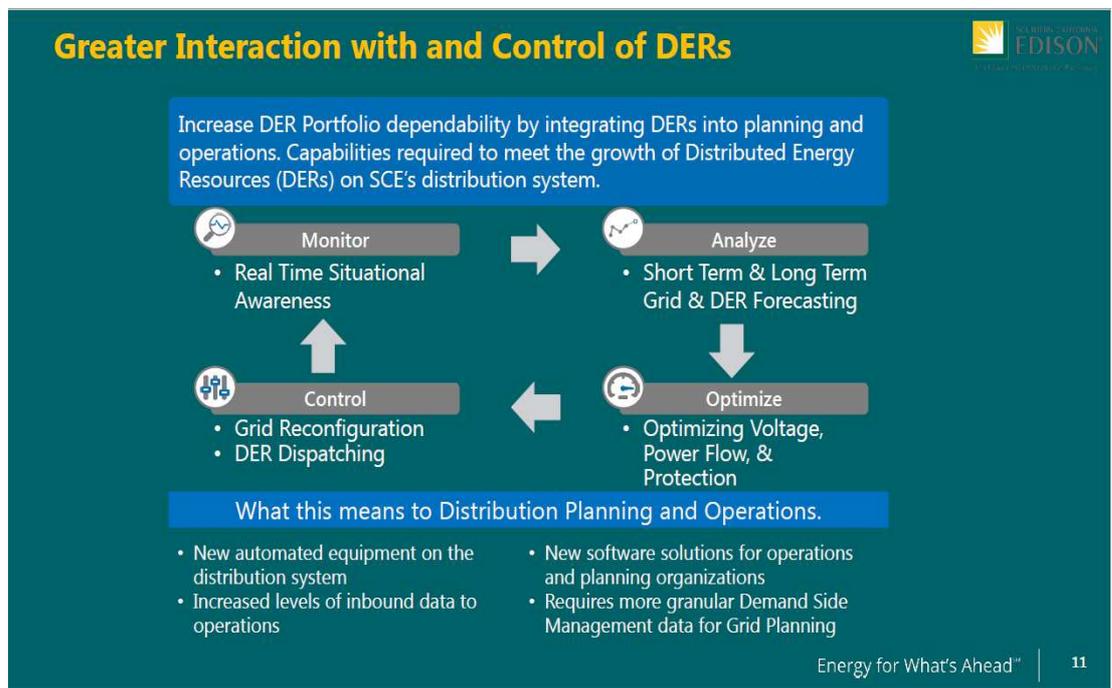


圖 24. SCE 加強與 DER 的互動和控制機制

SCE的電網技術、實驗室及能力：

1. SCE積極影響電網標準之制定：其實驗室和現場工作共產出了70多個出版品，對於制定電網標準至關重要。
2. 推動儲能整合：SCE強化儲能部署能力，以支援電網可靠性及持續增加的再生能源滲透率。



3. 推動交通電氣化：SCE運用運輸方面的創新作為，持續推動交通電氣化整合和基礎設施規劃。



4. 擁有三處電網技術學習中心：Westminster、Pomona、Shawnee。其中於Westminster學習中心之實驗室列舉如下：
Communications & Computing Lab、Distribution Automation Lab、Distributed Energy Resources Lab、Garage of the Future Lab、Grid Edge Solutions Lab、Power Systems Lab、Situational Awareness Lab、Substation Automation Lab、Large Energy Storage Test Apparatus。

SCE於官網公布之停電地圖如下：

1. 計畫性與非計畫性停電案件於同一頁面呈現【圖25】。

2. 可於地圖上進一步點查停電案件資訊，包括停電原因、預計復電時間、處理進度、影響戶數，及停電編號等【圖26】。

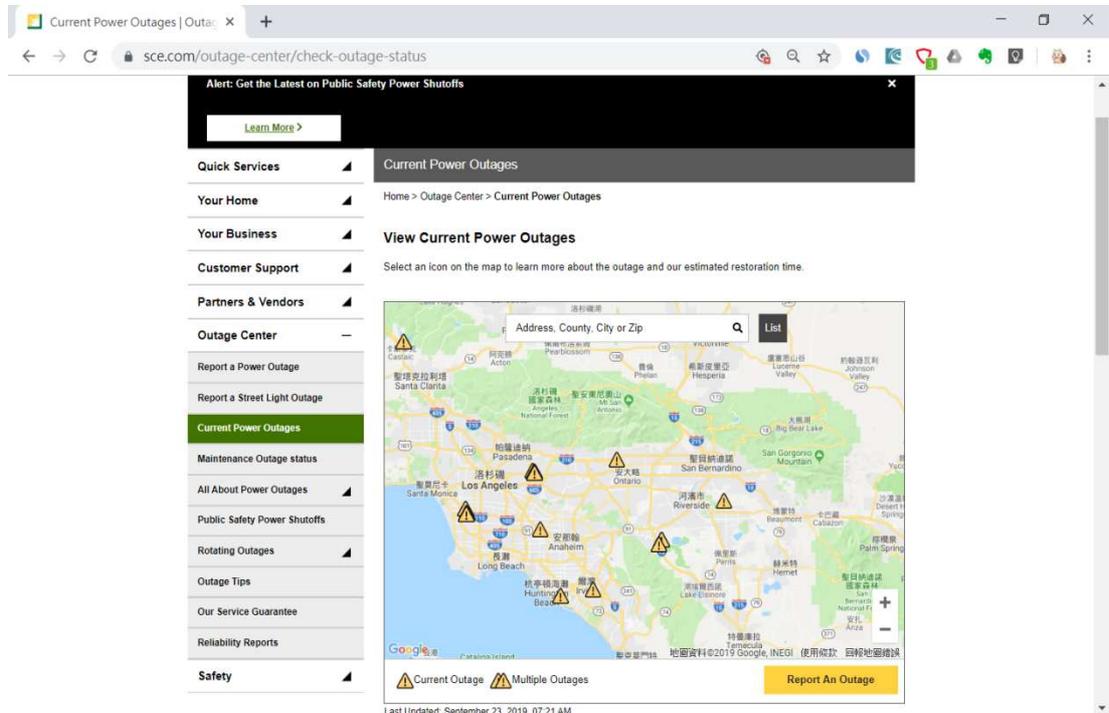


圖 25. SCE 於官網公布之停電地圖

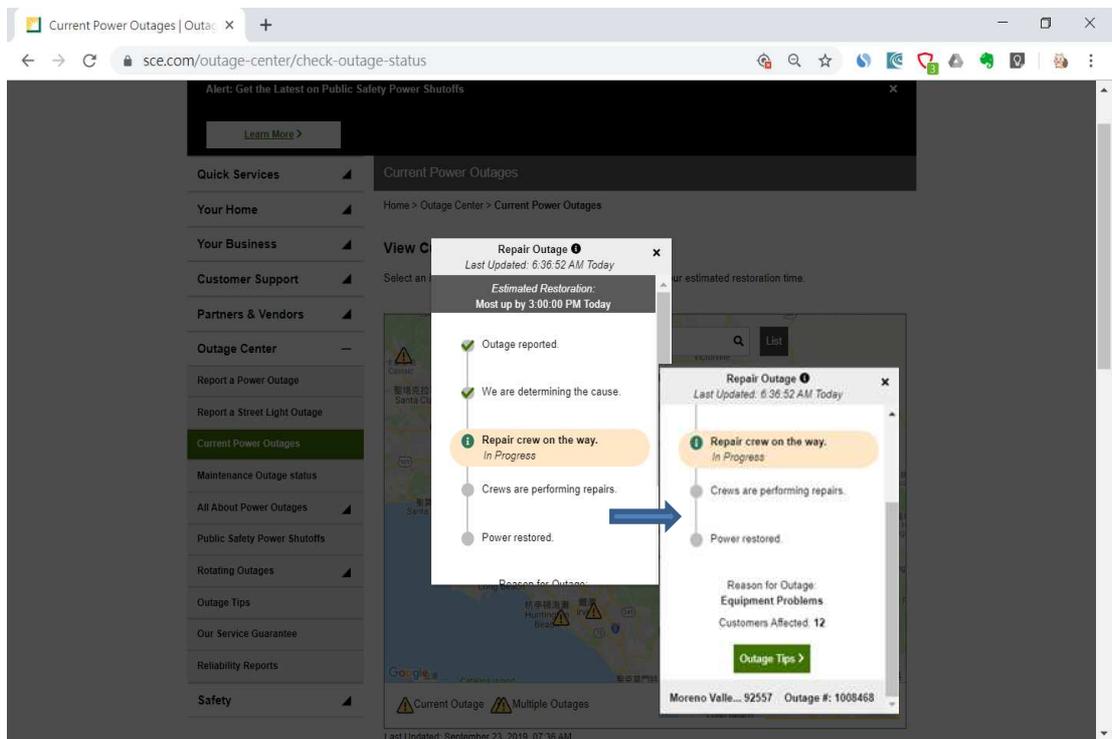


圖 26. SCE 於官網公布之停電地圖-進一步點查停電案件資訊



圖 27. 與 SCE 人員合影

四、Esri

Esri為美國環境系統研究所公司的縮寫。其著名之產品為ArcGIS Enterprise、Online、Pro及開發平台等。擁有超過40%的GIS市場，且非常受能源公用事業的歡迎。其著名的特點為其用戶社群提供強大的互助機制，以及強大的第3方合作模式，世界知名之電力系統供應商施耐德電氣以 ArcGIS 為基礎，延伸開發 ArcFM 專供電力公司使用即為一例。

Esri的事業版圖在電、瓦斯、通訊及水的公用事業方面皆有跨足，可以說是具有相當好的與公用事業合作之基礎。

(一) 圖資系統與 SCADA 系統交換資料方式，及支援CIM情形

1. 最常見的是透過檔案交換。SCADA在特定時間間隔（例如5秒，可能僅改變狀態資料）期間產生資料庫檔案，然後GIS即取得該檔案。
2. 由於SCADA具有高度安全性需求，因此大多數電力公司不允許透過防火牆直接連結SCADA。可使用Esri第三方合作夥伴的一個現成工具，安全地從SCADA傳輸資料，並將即時SCADA資料抓到ArcGIS中。
3. 對於電網基礎資料，Esri建議可透過任何通用交換格式（包括CIM）導出，Esri已將另一個第三方合作夥伴開發之互操作性軟體整合到平台中，以將電網基礎資料從ArcGIS轉換為各種業界使用格式，與 SCADA 或其他系統介接。
4. 【圖28】為 GIS與ADMS 資料交換示意圖。

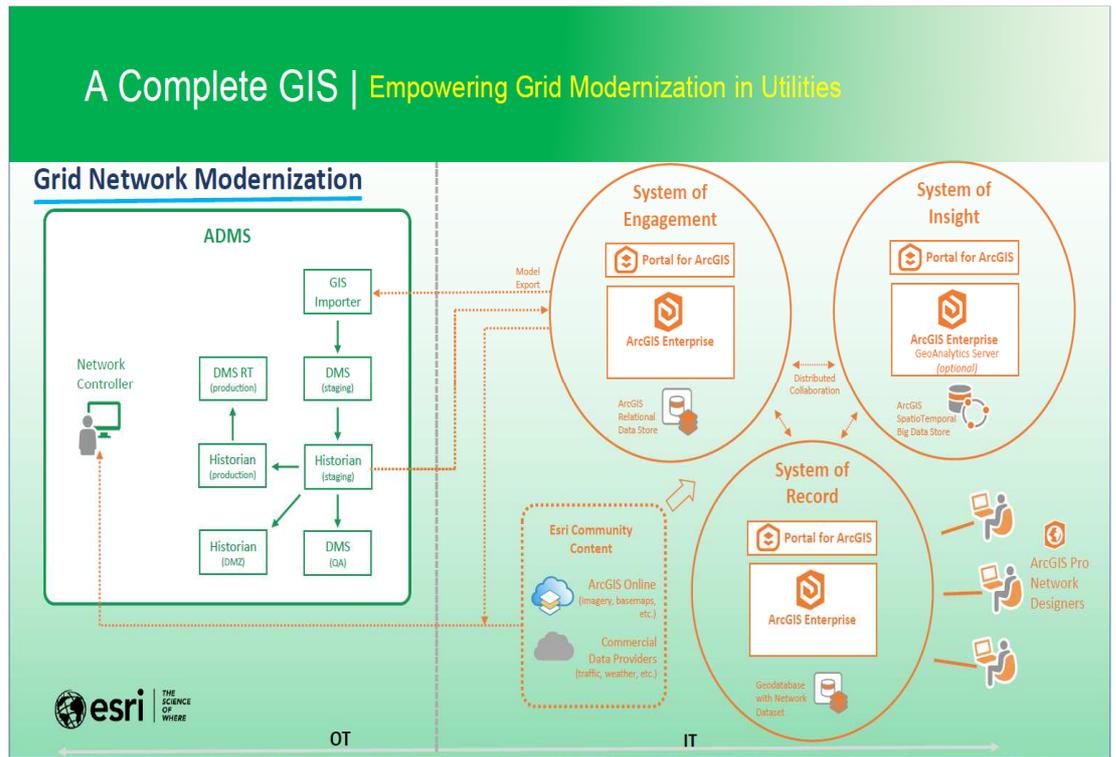


圖 28. GIS 與 ADMS 資料交換示意圖

(二) 應用CIM於系統間資料交換之優缺點考量

1. CIM有其優點和缺點，大多數SCADA和ADMS都支援CIM格式的資料運用。然而，一些SCADA / ADMS供應商也個別訂定了他們的CIM，因此CIM雖是基於IEC61970 國際標準，惟仍存在部分差異。
2. 一些SCADA供應商提供直接導入格式，通常比CIM簡單得多。此外，沒有SCADA或ADMS供應商使用CIM作為其基礎資訊模型，相反地，出於效能原因，他們使用優化的資料結構。
3. 來自GIS的原始資料轉換為CIM的較複雜格式，傳輸到SCADA系統，再轉換為SCADA的自然格式，此過程增加了額外的複雜性。
4. CIM的優勢在於，一旦CIM結構到位，公用事業就可以更換其SCADA系統或GIS，而無需重寫整合機制，但需要注意其CIM不會過於偏離國際標準。

(三) 傳統GIS轉換為新GIS時，既有資料移轉之考量

1. Esri及其合作夥伴已經將傳統的GIS從所有這些系統轉移到ArcGIS。理論上這個過程非常簡單。但是實際上，電力公司會發現資料問題 - 丟失屬性，連接性不一致或無連接。
2. 雖然系統轉移可能很痛苦，但由於錯誤被發現，因此通常會帶來更好的資料品質。這也是重新審視傳統工作流程的時候，涉及使用紙本地圖或紙本地圖的數位版本，雖然可以在ArcGIS中精確複製，但它可能需要客製化開發，可能建置及支援成本高昂。
3. 系統轉移是考慮結合更現代形式，以行動裝置使用基於地圖的產品的數位轉換過程的時候。

(四) 傳統GIS轉換為新GIS後與其他系統之介接整合

1. 與ArcGIS的整合和任何其他GIS完全不同。它結合了Web服務，將目標平台與ArcGIS隔離開來。
2. 常見的公用事業應用程式可以簡單地與ArcGIS整合。通常，Esri或合作夥伴在系統遷移過程中將與客戶討論整合作業。

(五) 關於圖資平台之其他細部議題

1. 圖台支援3D情形，及與政府或其他公用事業交換資料方式
 - (1) ArcGIS完全支援3D。這是一個資料建模問題。如果資料有足夠的資訊，就可以3D來表示。
 - (2) Esri使用Web GIS - 透過Web服務是向政府和其他公用事業取得和傳遞資訊的最佳方式。
2. 配電設備管理

Esri的合作夥伴和解決方案提供了許多應用程序，特別是資產管理和一些特殊分析，包括 查看趨勢，查詢過時設備，

提供替換策略，和其他各種功能。

3. 圖資系統（跳線、節點、電容器等）元件轉出至 SCADA 情形，及轉出新元件類別之擴充性

(1) 這是一個資料建模問題，跳線通常不會在GIS原始功能中，但他們可以在GIS中建模。節點是一個拓撲術語，並在GIS中作為連結性的一部分建模，另電容器亦會建模。

(2) 每個電氣資產都可以、而且亦應該在ArcGIS中建模，沒有限制。

(3) 一個包括所有電力資產的標準資料模型已含在軟體中，但可以再添加其他資產。

4. 管路與電氣設備之連結

軟體支援結構連接，電氣資產可以附在結構資產上，如：電纜附在管道上。

5. 輔助繪圖工具配備

系統支援包括平移、對齊等豐富的編輯和檢視工具。

6. 配置設備與屬性輸入順序

創建設備時同時將加入屬性，然後放置、移動和編輯。可以隨時添加或編輯屬性。

7. 系統驗證上游和下游相別的一致性

系統可依相別進行各種上下游追蹤，具體取決於資料。

8. 圖資系統中各種地下四路開關之表示

四路開關在系統中有建模，同時提供各種模型供電力公司選擇。

9. 繪圖過程中電氣連結性之產生

(1) 在編輯過程中可自動創建連接。

(2) 在預設情況下，當資產（電纜，設備）終端有共用的x.y.z

坐標時，會自動產生連接，編輯人員於完成電網的一部分後確認連結。另一種選擇是，用戶可以對不共用終端坐標位置的設備設定連結。

(3) 在編輯過程中可以隨時進行連結確認。

10. 分散式能源設備支援性

支援分散式能源。只要設備包含在資料模型中，就可以透過GIS進行管理，它們可以像任何其他資產一樣連接到電網。

11. 系統對於輸入資料之QA/QC

(1) 系統支援大量 QA/QC 工具。

(2) 系統設置完成後，管理員會建立資料輸入規則（例如：中壓電纜不能連接到低壓電纜、變壓器必須介於兩者之間…等）。

(3) 除了軟體原本附帶的規則之外，用戶還可以自行加入無限數量的規則。

(六) 公用事業使用Esri解決方案之方式

1. 首先是透過廣泛的合作夥伴生態系統。合作夥伴開發了數百種現成的應用程序套件。包括停電管理、負載潮流、圖面設計、工作管理、現場數據蒐集、植被管理…等。
2. 第二部分包括Esri提供的大量解決方案模板，這些模板可以搭配平台免費使用，是軟體的組態設定。例如設備檢查，路燈管理，通行權管理等等，均可從 arcgis.solutions.com 下載。
3. 第三種是比前揭解決方案模板更進階的需求，要另外購買由Esri專業服務開發的解決方案，有些方案是現成的，比如對外公開的停電地圖，如果客戶需要客製化應用程序，可以透過Esri專業服務提供，但需要再額外付費。

4. 此外，客戶可以自行使用平台提供的豐富工具，開發自己的應用程式。

(七) 完整的GIS組成

Esri規劃的完整的GIS組成包括紀錄系統、參與系統及洞察系統三部分：

1. 紀錄系統：資料管理和儲存-完整的數據模型、工程與設計、連結性和上下游追蹤、規劃與預測、基於服務的架構。
2. 參與系統：分享和協作-企業協作、賦予員工力量、整合所有類型的數據、追蹤和導航、即時通訊。
3. 洞察系統：結合地理資訊的數據決策-企業智慧、發現特定模式和趨勢、可視化和分析、即時儀表板、整合3D、人工智慧(AI)、擴增實境(AR)和機器學習(ML)。

(八) GIS 於電力公用事業的應用範圍

Esri說明 GIS 於電力公用事業的應用範圍如【圖29】。

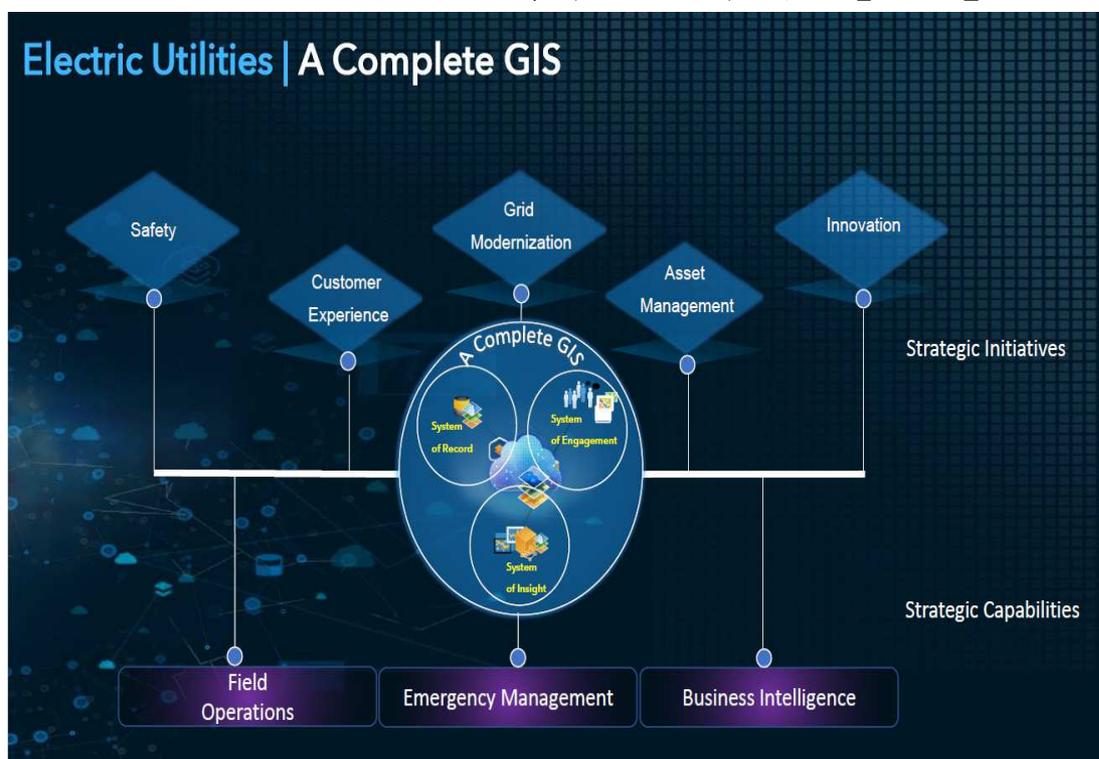


圖 29. GIS 於電力公用事業的應用範圍

1. 人員安全：揭示不安全狀況，即時支援決策
 - (1) 法規遵從性：評估安全風險及協助進行安全稽核。
 - (2) 危險認知：即時報告危險、標記危險熱點、標註危險事件、顯示與不安全環境區域的連結等。
 - (3) 員工認知：管理現場工作人員之危險、定位設備故障和工作禁區等。
2. 客戶參與：超越客戶期望，強化其經驗
 - (1) 及時溝通：提供自助服務入口、支援社交媒體整合及分享停復電措施等。
 - (2) 重要資訊：顯示影響熱點、增進負載分析、顯示分散式電源(DER)位置(及潛力位置)、提供線上可靠度統計資訊等。
 - (3) 基本服務：按位置管理利益相關者及追蹤現場人員位置。
3. 電網現代化：增強韌性、安全性和可持續性，並加強對電網狀況之了解
 - (1) IT/OT整合：連接不同的數據、取得物聯網/即時數據、運用DER數據及結合GIS資訊的控制中心等。
 - (2) 空間分析：揭示 DER潛力區、處理影像和大數據、機器學習和人工智慧、風險和資產評估及深入了解客戶用電模式等。
 - (3) 運營意識：電網可視化、視覺化深度呈現資訊、發現電網異常及廣泛即時傳播(隨時隨地不限設備)等。
4. 資產管理：實現公用事業資產管理現代化
 - (1) 生命週期管理：生命週期結合設備位置、連結企業 IT 資料、簡化資料蒐集及方便設備巡檢等。

- (2) 性能監控：評估弱點、視覺化潛在故障、考量即時輸入及簡化報告等。
 - (3) 最佳化：微調決策、強化智慧運用、平衡財務和運營等。
5. 創新應用：加速採用新技術
- (1) 數位化轉型：擁抱 3D 技術、採用AR(擴增實境)、實做機器學習、整合建築資訊模型(BIM)和室內GIS等。
 - (2) 空間啟用：進階圖像分析、從無人機取得資料、運用光達資料及執行大數據分析等。
 - (3) 新的契機：整合優化技術、鼓勵人才及提升企業品牌等。
6. 現場運作：將位置資訊納入日常活動，改進現場調度和運轉
- (1) 工作流程管理：統一現場工作流程、嵌入導航、優化計畫及協調派遣等。
 - (2) 資料蒐集：減少紙張使用、簡化資料取得和驗證作業、更新來源系統、使資產檢查和故障管理作業順暢等。
 - (3) 共用和協作：即時溝通、提供整個企業範圍的服務、內部和外部協作、以易於使用的儀表板執行監看等。
7. 緊急事件處理：以準備、反應、重建和復原等流程，支援關鍵任務決策
- (1) 狀況認知：確定關鍵基礎設施位置、運用天氣和交通事件資訊、揭示電網風險及預報損壞等。
 - (2) 損害評估：取得即時數據、利用影像分析、派遣人員及優化現場資源等。
 - (3) 共享與合作：跨組織共享、吸引利益相關者、加強客戶關係及透過儀表板揭示深入資訊等。
8. 企業智慧：透過地理資訊的協助，將數據轉換為可行的商業智慧

- (1) 可視化與探索：檢視即時操作、解讀大數據、處理天氣和交通事件資訊、創造績效指標等。
- (2) 模式識別：確定適用性、找出最佳位置和路徑及確定不同地點之間的關係等。
- (3) 做決定：直接分享結果、將數據提供現場人員、輕鬆地將訊息視覺化、訂定規則及顯示關係等。

(九) 一些GIS應用案例

Esri公司展示了幾個GIS應用案例：Westerville Power and Light公司的再生能源案場分布圖、LED 路燈分布圖及停電地圖如【圖30】【圖31】【圖32】，及Xcel Energy公司停電地圖如【圖33】。

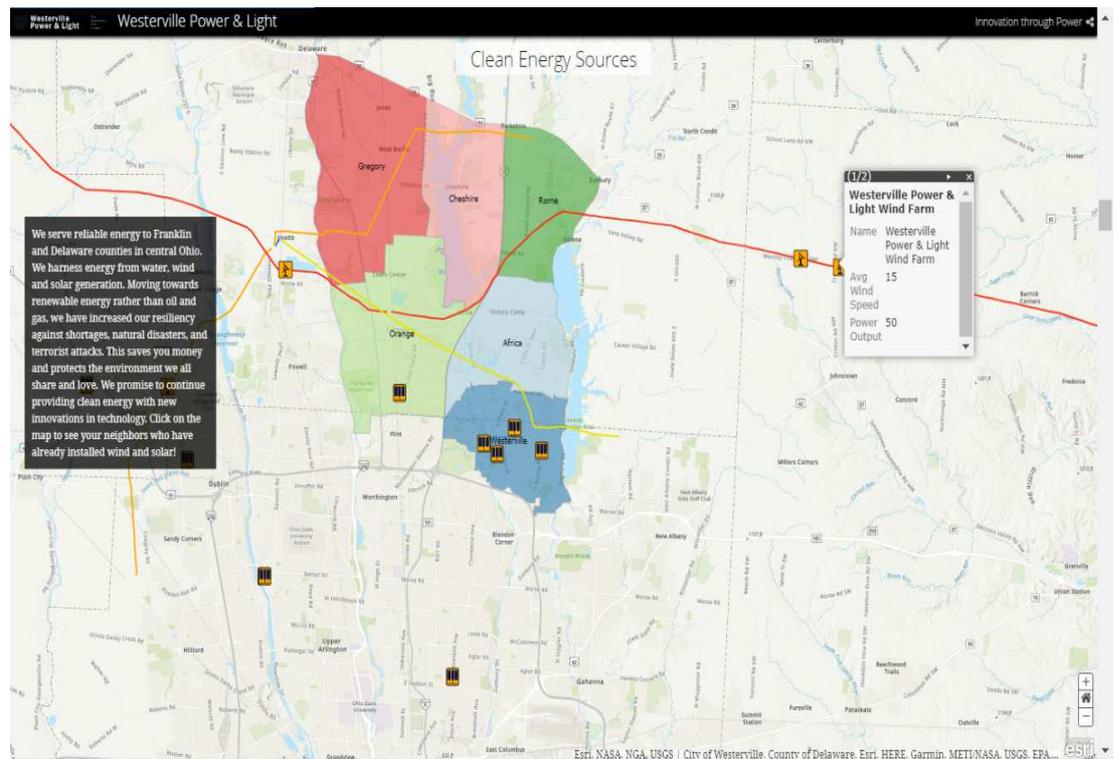


圖 30. Westerville Power and Light 公司再生能源案場分布圖

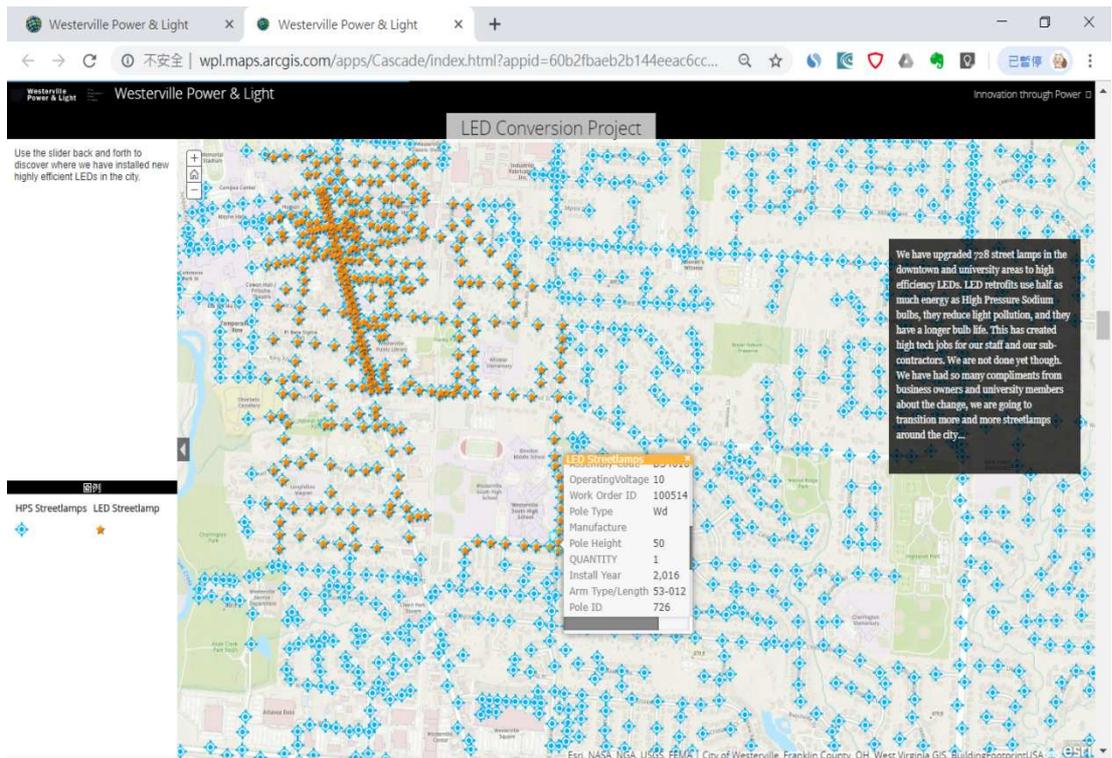


圖 31. Westerville Power and Light 公司 LED 路燈分布圖(橘色標記)

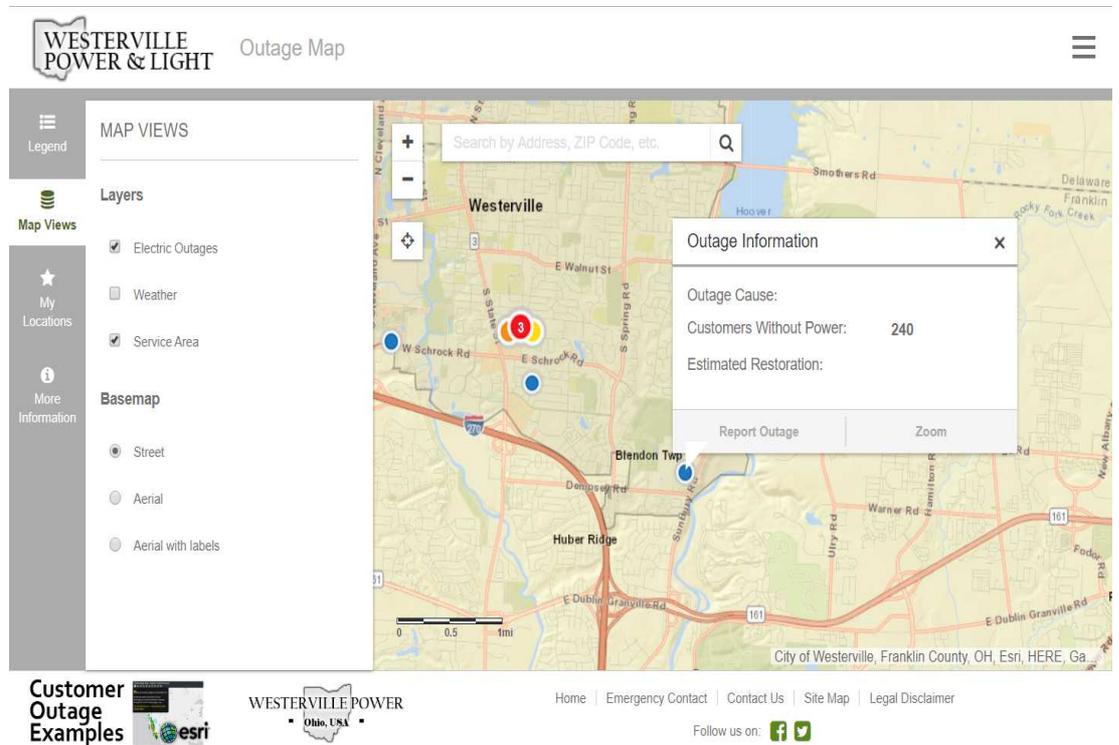


圖 32. Westerville Power and Light 公司停電地圖

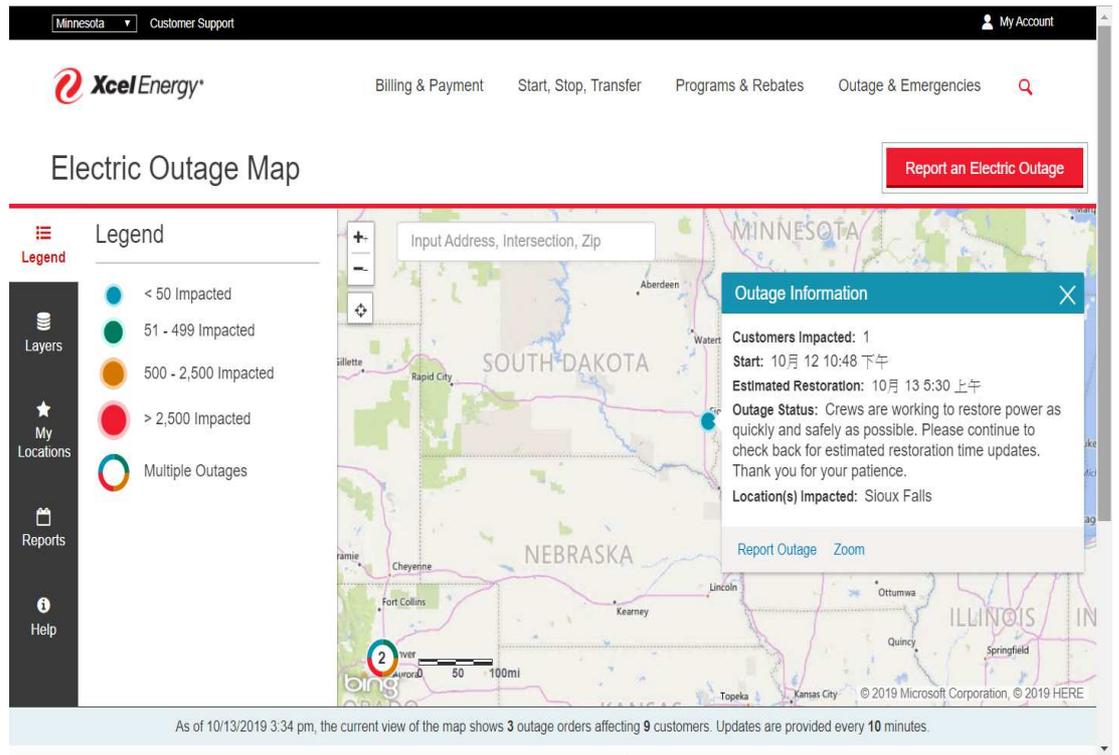


圖 33. Xcel Energy 公司停電地圖



圖 34. Esri 人員進行簡報



圖 35. 與 Esri 人員合影