

行政院及所屬各機關因公出國報告書
(出國類別：考察)

「106 年赴美國電力公司及 ISO 參訪
考察團」出國報告

服務機關：台灣電力公司

出國人員：

姓名	職稱	單位	姓名 代號	出國計畫
范正	13 等電機工程監	電力調度處	026551	移用 106 年度第 118、120、172 號
林昭琦	12 等電機工程監	電力調度處	026955	
陳韋佑	08 等電機工程師	電力調度處	161618	

出國地區：美國

出國期間：106 年 10 月 30 日至 106 年 11 月 09 日

報告日期：107 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：「106 年赴美國電力公司及 ISO 參訪考察團」

頁數 31 含附件 是 否

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

出國人員姓名／服務機關／單位／職稱／電話：

姓名	服務機關	單位	職稱	電話
范正	台灣電力公司	電力調度處	副處長	02-23667460
林昭琦	台灣電力公司	電力調度處	災防應變組長	02-23668683
陳韋佑	台灣電力公司	電力調度處	主辦技術專員	02-23666610

出國類別： 1. 考察 2. 進修 3. 研究 4. 實習 5. 其他：

出國期間：106 年 10 月 30 日至 106 年 11 月 09 日

出國地區：美國

報告日期：107 年 1 月 3 日

分類號／目

關鍵詞：加州電力調度中心(California Independent System Operator, CAISO)、太平洋瓦斯及電力公司(Pacific Gas & Electric, PG&E)、聖地牙哥瓦斯及電力公司(San Diego Gas & Electric, SDG&E)、西部電力協調理事會(Western Electricity Coordinating Council, WECC)

內容摘要：

加州電力調度中心(California Independent System Operator, CAISO)

轄區內，由於優異的地理環境與政府政策之推動，使得再生能源蓬勃發展，裝置容量節節高升，發電量也逐年增加，加州政府訂定了 2020 年再生能源占比達 33% 的目標，足見加州對於發展再生能源不遺餘力。加州電力市場包含電能市場(日前與即時)、輔助服務市場、壅塞管理及不平衡市場等，已建立了相當成熟的機制，並持續檢討改善，值得本公司借鏡及精進之處。

電業法修正通過後，本公司正面臨電業自由化市場轉型之際，中央調度中心電能管理系統(EMS)亦面臨汰舊換新，此行參訪主要目的為瞭解加州電力系統運轉及市場管理運作之情形，盼經由國外調度中心之經驗，使本公司未來進行電力自由化轉型、市場交易運作、相關調度管理系統之更新能更臻完善。

目 錄

行政院及所屬各機關出國報告提要	I
目 錄.....	III
圖表索引.....	IV
一、 出國目的	1
二、 出國行程	3
2.1 北美電力市場概述	4
2.2 西部電力協調理事會(WECC)簡介.....	7
2.3 加州電力調度中心(CAISO).....	9
2.4 太平洋瓦斯及電力公司(PG&E)簡介.....	18
2.5 聖地牙哥瓦斯及電力公司(SDG&E)簡介.....	20
2.6 OSIsoft 公司	23
三、 心得與建議.....	27
四、 致謝.....	31
五、 參考文獻	31

圖表索引

圖 2-1 北美 ISO 管轄區域圖.....	4
圖 2-2 1968 年 NERC 區域可靠度組織轄區圖	5
圖 2-3 2017 年 NERC 8 家區域可靠度組織(公司)之轄區圖.....	6
圖 2-4 WECC 服務範圍.....	8
圖 2-5 與 Peak Reliability 人員合照	8
圖 2-6 CAISO 服務範圍	9
圖 2-7 加州 4 大電力公司	10
圖 2-8 2016 年 CAISO 每月平均每小時各燃料別之發電比例....	11
圖 2-9 CAISO 各燃料別裝置容量	12
圖 2-10 加州大量太陽光電併入系統造成之「鴨子曲線」	12
圖 2-11 CAISO 2013~2016 年各類再生能源發電量	13
圖 2-12 CAISO 水力、風力及太陽光電各月平均發電量.....	14
圖 2-13 CAISO 調度主控制中心	14
圖 2-14 加州電力市場架構.....	15
圖 2-15 與 CAISO 人員合照	17
圖 2-16 與 PG&E 人員合照.....	19
圖 2-17 SG&E 服務範圍.....	20
圖 2-18 Sempra 能源集團公用事業組織圖.....	21
圖 2-19 PXiSE ACT 架構圖.....	22
圖 2-20 與 SDG&E 人員合照.....	22
圖 2-21 PI System 3 階層架構.....	24
圖 2-22 未安裝 PI system 之資料蒐集、儲存及取用	24
圖 2-23 安裝 PI system 之資料蒐集、儲存及取用	25
圖 2-24 建立於 PI 系統之再生能源監測 UI 介面	25
圖 2-25 與 OSIsoft 人員合照.....	26
圖 3-1 CAISO 簡介小卡-1.....	29

圖 3-2 CAISO 簡介小卡-2.....	30
表 2-1 出國行程	3
表 2-2 2012~2016 年 CAISO 系統負載.....	10
表 2-3 2007~2016 年 CAISO 電廠新增與除役機組裝置容量.....	13

一、 出國目的

因應政府非核家園、電業自由化及綠能優先政策，大規模設置再生能源已經成為必然之趨勢。我國能源局規劃於 2025 年再生能源裝置容量占全系統之 20%，其中太陽光電裝置容量目標為 20GW、風力發電裝置容量目標為 4.2GW(包含陸機型風力達 1.2GW、離岸型風力達 3GW)。而大量太陽能及風力發電佔比，其間歇性的特性對電力系統調度運轉將造成很大的衝擊，因此對於再生能源發電預測、各項輔助服務容量評估及相關調度運轉規則之管理運用機制，有必要逐步著手進行規劃。

加州電力調度中心(California Independent System Operator, CAISO) 建立於 1998 年，為負責營運加州與部分內華達州地區的電力市場以及管理電網可靠度之非營利公共組織。截至 2017 年 6 月 CAISO 系統之裝置容量約 71,417 MW，轄區內有太平洋瓦斯及電力公司(Pacific Gas & Electric, PG&E)、南加州愛迪生公司(Southern California Edison, SCE)、山谷電力協會(Valley Electric Association, VEA)、聖地牙哥瓦斯及電力公司(San Diego Gas & Electric, SDG&E)等 4 家電力公司，用戶約 3000 萬戶。CAISO 電力市場包含電能市場(日前與即時)、輔助服務市場、壅塞管理及不平衡市場等，已建立了相當成熟的機制，並持續檢討改善，因此如何因應大量再生能源併網運轉、輔助服務合適容量之規劃及配套運轉機制之建立，值得本公司借鏡及精進之處。另安排前往西部電力協調理事會(Western Electricity Coordinating Council, WECC)，瞭解電網可靠度標準及輸電系統規劃準則之訂定。

完善的軟硬體設備是營運電力市場不可或缺的要害，目前本公司

中央調度中心電能管理系統(Energy Management System, EMS)正面臨因應電業自由化市場的新增功能及汰舊換新，此行參訪亦瞭解加州電力調度中心 EMS 處理電力系統運轉及管理市場運作之情形，而調度中心與相關電力業者如 PG&E 或 SDG&E 等亦可透過一系列自動化平台和聯繫機制進行交易與資料交換，盼經由國外調度中心之經驗，使本公司未來進行 EMS 之更新能更臻完善。

二、 出國行程

出國行程如表 2-1 所列，本次考察行程自 10 月 30 日抵達美國加州聖地牙哥，隔天先赴聖地牙哥瓦斯及電力公司(SDG&E)，就各項關於再生能源的發電預測技術、應用及需量反應運作機制等議題逐一向專家請益。並於 11 月 1 日赴奧勒岡州波特蘭參訪西部電力協調理事會(WECC)，瞭解電網可靠度標準及輸電系統規劃準則之訂定。於 11 月 2 日離開波特蘭搭機赴加州舊金山，11 月 3 日開始就加州電力調度中心(CAISO)、太平洋瓦斯及電力公司(PG&E)與加州政府對於再生能源之相關政策發展及 EMS 處理電力系統運轉及管理市場運作之情形進行瞭解。由於出發前已與機構人員取得聯繫，獲得相關的專家協助講解，在多項議題上均有收穫。於 106 年 11 月 8 日由加州舊金山國際機場搭機返國，圓滿完成任務，結束此次參訪行程。

考察日期為民國 106 年 10 月 30 日至 11 月 9 日，共計 11 天。

表 2-1 出國行程

日期	起訖地點	參訪行程
106.10.30	台北→洛杉磯→聖地牙哥	往程
106.10.31	加州聖地牙哥	聖地牙哥瓦斯及電力公司(SDG&E)
106.11.01~106.11.02	奧勒岡州波特蘭	西部電力協調理事會(WECC)
106.11.03~106.11.05	加州舊金山	太平洋瓦斯及電力公司(PG&E)
106.11.06	加州佛森	加州電力調度中心(CAISO)
106.11.07	加州舊金山	OSIsoft 公司
106.11.08~106.11.09	舊金山→台北	返程

2.1 北美電力市場概述

在美國負責電力市場運轉、管理、監督的服務性非營利性組織由上至下大致有 5 級，分別是聯邦能源管理委員會(Federal Energy Regulatory Commission, FERC)、北美電力可靠度公司(North American Electric Reliability Corporation, NERC)、地區電力協調委員會(Area Power Coordinating Council)、州可靠性委員會(State Electric Reliability Council)、州獨立系統調度中心(State Independent System Operator)。FERC 負責市場監管，並負責審訂重要的市場規則，且組織和協調電力市場相關研究及政策分析等；NERC 執行的工作包括制訂和監督可靠性計算標準、AGC 標準等；州可靠性委員會主要是編制和改進可靠性規則和相關標準，保障地區電力系統的安全運行；州獨立系統調度中心則負責和保證州內電網的可靠運轉。

北美目前共有 9 大獨立系統調度中心，分別為 CAISO、PJM、NYISO、ISONE、MISO、SPP、ERCOT、IESO 及 AESO，如圖 2-1 所示。



圖 2-1 北美 ISO 管轄區域圖

半個世紀前的 1965 年 11 月 9 日，美國東北部及加拿大安大略省發生了讓 3,000 萬人無電可用的全黑大停電事故。為了防止此類大停電再發生，1968 年美、加兩國電業合組成立北美電力可靠度理事會 (North American Electric Reliability Council, NERC)，總部位於美國東岸之紐澤西州，來提升北美電力供應的可靠度，同時在北美各地區成立 10 個區域性可靠度組織如圖 2-2 所示。這些可靠度組織都是依賴互惠、同儕壓力及相互利益的自願性組織，缺乏法律強制。



圖 2-2 1968 年 NERC 區域可靠度組織轄區圖

2003 年 8 月 14 日發生美國中西部及東北部與加拿大東部史上最大的全黑大停電事故，停電地區遍及密西根州、俄亥俄州、紐約州、新澤西州北部、麻塞諸塞州、康奈狄克州、及安大略省與魁北克省等六州二省總共約 5,000 萬人受影響。美加兩國檢討結果，認為 NERC 自願性可靠度組織沒有法律當依據可強制執行可靠度相關標準，於是就觸發美國國會在 2005 年通過能源政策法(Energy Policy Act, EPA)，除了訂定可靠度標準外，還要成立電力可靠度組織(Electric Reliability

Organization, ERO)，在 FERC 監督審查下從事大電力系統可靠度標準之制定及強制執行與監督。2006 年 3 月 28 日 NERC 從原來非營利的北美電力可靠度理事會(North American Electric Reliability Council，英文簡稱 NERC)改為非營利的北美電力可靠度公司(North American Electric Reliability Corporation，英文簡稱仍為 NERC)，如圖 2-3 所示。同年 7 月 20 日 FERC 批准 NERC 申請成為電力可靠度組織(ERO)，變為具有法律授權的機構，對所有電業、調度中心及大電力系統用戶進行強制執行可靠度標準。之後，NERC 獲得加拿大政府機構包括 8 省及國家能源局，還有墨西哥政府的承認，執行電力可靠度工作。



圖 2-3 2017 年 NERC 8 家區域可靠度組織(公司)之轄區圖

2.2 西部電力協調理事會(WECC)簡介

北美電力可靠度公司(NERC)共有 8 個區域可靠度組織，西部電力協調理事會(Western Electricity Coordinating Council, WECC)為其中掌轄面積最大者。WECC 係一非營利公用服務公司，並不是電力供應商(Load-Serving Entity)。WECC 轄區面積約 1800 萬平方英里(約 4660 萬平方公里)，服務人口高達 7800 萬人，涵蓋加拿大卑詩(British Columbia)及亞伯達(Alberta)兩省、墨西哥的巴哈加利福尼亞省北部、及美國華盛頓(Washington)、奧勒岡(Oregon)、加州(California)、愛達荷(Idaho)、內華達(Nevada)、猶他(Utah)、亞里桑納(Arizona)、科羅拉多(Colorado)、懷俄明(Wyoming)州、及部分德州(Texas)、蒙他拿(Montana)、南達科達(South Dakota)、新墨西哥(New Mexico)等 13 州，如圖 2-4 所示。

在 2011 年西南大停電事故發生當時，WECC 擔任西部互聯系統(Western Interconnection)兩個管制角色；一方面是 NERC 區域機構(Regional Entity, RE)作為可靠度標準違規執法的代表機構；另一方面又是 NERC 註冊的可靠度協調中心(Reliability Coordinator, RC)負責西部互聯系統幹線系統(Bulk Electric System, BES)可靠度運轉的最高層機構，WECC RE 與 WECC RC 向同一個 WECC 董事會報告。

自從西南大停電後，WECC 已經於 2014 年 2 月 14 日 FERC 批准成立另一獨立的尖峰可靠度(Peak Reliability)機構，監視西部互聯系統幹線系統，並每 10 秒接收 SCADA 訊號。其接收 WECC 可靠度協調中心(RC)的職掌，主要是移除 WECC 可靠度協調中心功能與作為 NERC 區域機構執法角色的利益衝突。

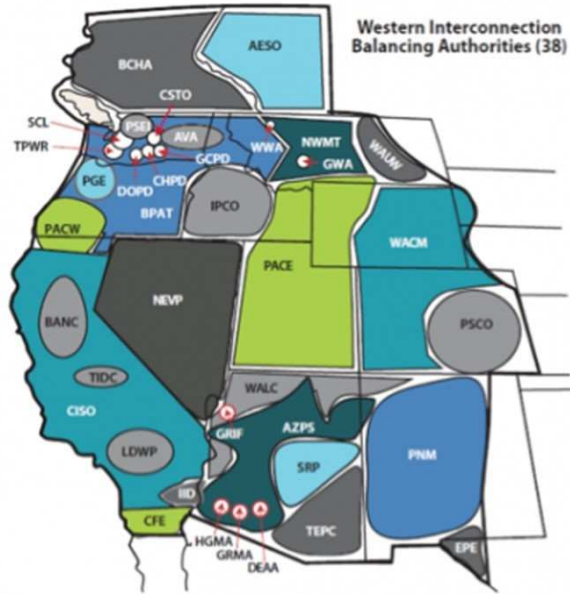


圖 2-4 WECC 服務範圍



圖 2-5 與 Peak Reliability 人員合照

2.3 加州電力調度中心(CAISO)

(一) CAISO 簡介

加州電力調度中心(California Independent System Operator, CAISO) 建立於 1998 年，為北美九個獨立系統調度機構/區域輸電組織 (ISO/RTO) 其中之一，為負責營運加州約 80%(近 3000 萬人口)與部分內華達州地區的電力市場以及管理電網可靠度之非營利公共組織，其服務範圍如圖 2-6。此外，CAISO 為美國西部互聯電網(Western Interconnection)內 38 個電力平衡機構(BA)中規模最大者，其管轄的電力佔該電網約 35%。截至 2017 年 6 月 CAISO 系統之裝置容量約 71,417 MW，系統尖峰負載為 50,270MW 發生於 2006 年 7 月 24 日，年度交易金額約為 110 億美元，每天約有 27,000 筆交易，輸電線路共 26,000 英里。轄區內有太平洋瓦斯及電力公司(Pacific Gas & Electric, PG&E)、南加州愛迪生公司(Southern California Edison, SCE)、Valley Electric Association(VEA)、聖地牙哥瓦斯及電力公司(San Diego Gas & Electric, SDG&E)等 4 家電力公司(如圖 2-7)，服務之用戶約 3000 萬戶。

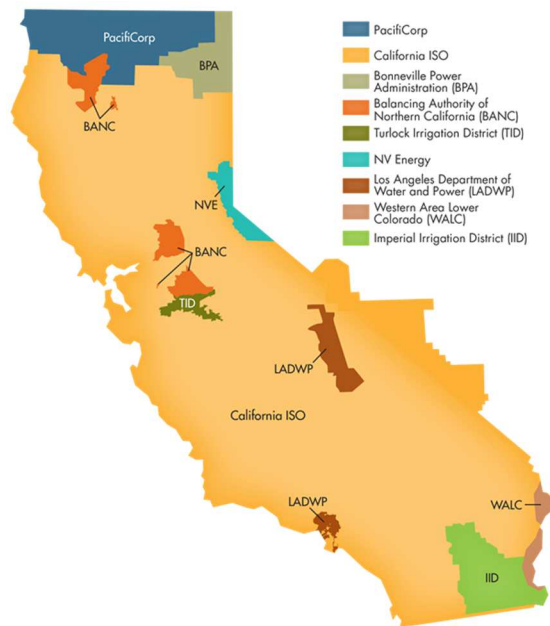


圖 2-6 CAISO 服務範圍



圖 2-7 加州 4 大電力公司

2016 年 CAISO 年平均負載及尖峰負載與前一年相較略低，總體而言，過去 5 年的負載相對穩定。過去 5 年來最高的尖峰負載發生在 2015 年，其尖峰負載量為 47,257MW。表 2-2 為 2012~2016 年 CAISO 系統負載。

表 2-2 2012~2016 年 CAISO 系統負載

Year	Annual total energy (GWh)	Average load (MW)	% change	Annual peak load (MW)	% change
2012	234,584	26,740	3.7%	46,847	2.9%
2013	231,800	26,461	-1.0%	45,097	-3.7%
2014	231,610	26,440	-0.1%	45,090	0.0%
2015	231,495	26,426	0.0%	47,257	4.8%
2016	228,794	26,047	-1.4%	46,232	-2.2%

CAISO 主要電力來源為「天然氣」和「外州進口」發電，2016 年天然氣發電量占比約 32%，外州進口約 28%，再生能源約 20%，核能約 8%，水力發電約為 10%。圖 2-8 為 2016 年 CAISO 每月平均每小時各燃料別之發電比例。

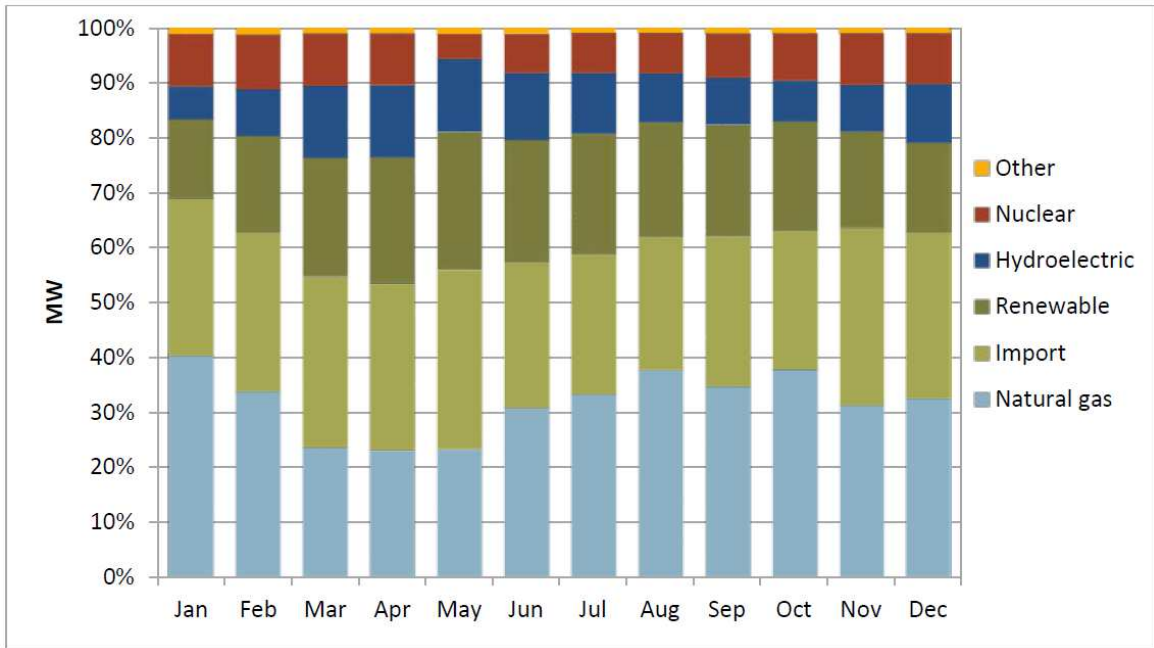
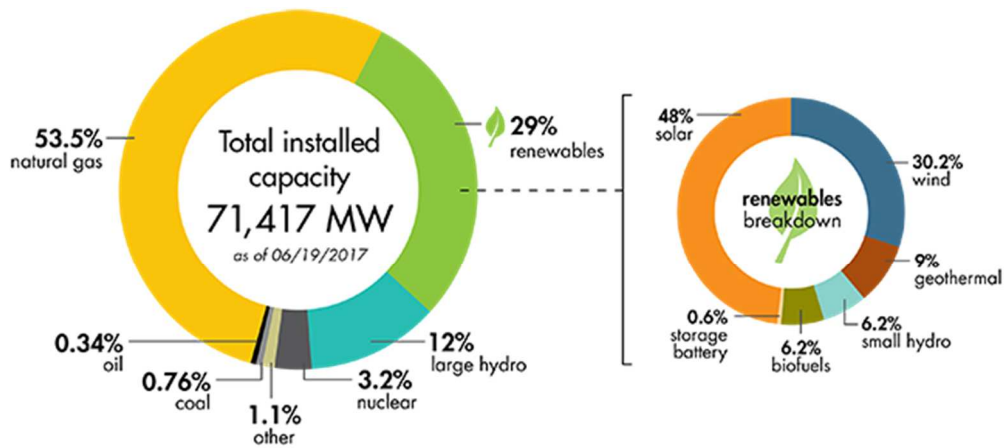


圖 2-8 2016 年 CAISO 每月平均每小時各燃料別之發電比例

加州的大量再生能源設備亦對 CAISO 系統造成莫大的影響，如圖 2-9 所示，目前再生能源裝置容量約占全系統容量的 29%，而太陽光電又占其中的 48%。當大量太陽光電併入電網後，將改變系統負載的型態，白天太陽光電抵銷大量負載，而到了傍晚因太陽光電無法再發電而導致負載突升，此負載特性之趨勢因形似鴨子，所以也被稱為「鴨子曲線」，如圖 2-10 所示。上述負載突升之情形對 CAISO 而言是巨大的挑戰，在夏季時，下午離峰至傍晚尖峰負載可能在數小時之內劇升 30 至 35 GW，因此勢必採取各項因應對策，其中需量競價即為因應方案之一。



Note: "Installed capacity" refers to the total amount of generation capacity, but does not reflect the total generation available for dispatch at any given time.

圖 2-9 CAISO 各燃料別裝置容量

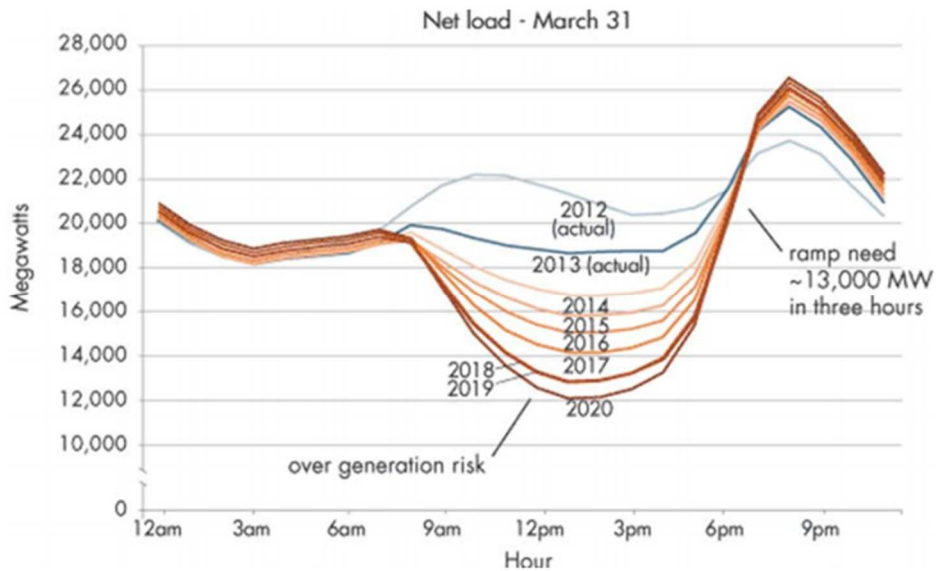


圖 2-10 加州大量太陽光電併入系統造成之「鴨子曲線」

2016年CAISO系統裝置容量新增約2,300MW，在SCE與SDG&E地區約增加約1,800MW，在PG&E地區約增加約500MW；此外亦有超過200MW的容量除役，其中包含地熱和風力發電及較舊的燃氣電廠約130MW。表2-3為2007~2016年CAISO電廠新增與除役機組裝置容量。

表 2-3 2007~2016 年 CAISO 電廠新增與除役機組裝置容量

	2007-2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total through 2016
SCE and SDG&E							
New Generation	3,081	1,054	3,045	1,431	547	1,819	10,977
Retirements	(1,116)	(452)	(1,883)	(16)	(1,062)	(69)	(4,597)
Net Change	1,965	602	1,163	1,415	(515)	1,750	6,380
PG&E							
New Generation	2,558	1,033	2,411	426	401	503	7,332
Retirements	(563)	(114)	(674)	(650)	0	(113)	(2,114)
Net Change	1,995	919	1,737	(224)	401	390	5,218
ISO System							
New Generation	5,639	2,087	5,456	1,858	948	2,322	18,309
Retirements	(1,679)	(566)	(2,557)	(666)	(1,062)	(182)	(6,711)
Net Change	3,960	1,521	2,899	1,192	(114)	2,140	11,598

在 2015 年太陽光電首度成為 CAISO 最大之再生能源發電量，而太陽光電於 2016 年又較 2015 年約增加 32%；發力發電約增加 12%；地熱發電約減少 8%；生質能發電約減少 2%。圖 2-11 為 CAISO 2013~2016 年各類再生能源發電量。

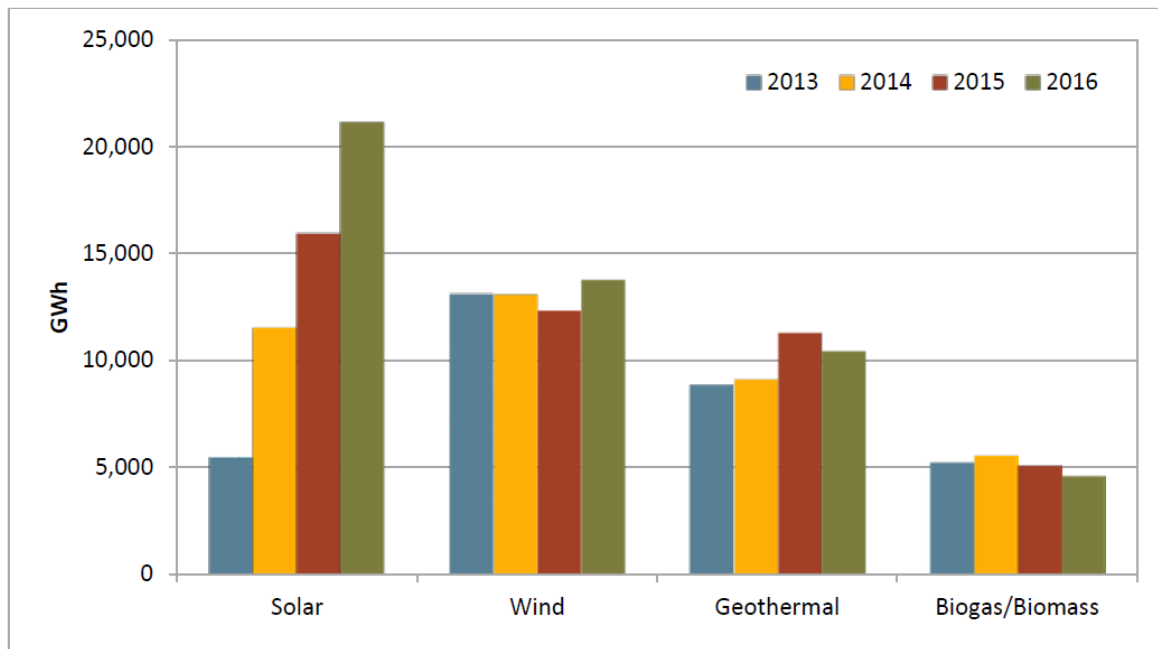


圖 2-11 CAISO 2013~2016 年各類再生能源發電量

圖 2-12 所示為 2016 年 CAISO 水力、風力及太陽光電各月平均發電量比較。太陽光電每月之平均發電量皆大於風力發電，而在 9 月 14 日的發電量達 8,545MW。水力與風力發電在 6 月份發電量達至高峰。

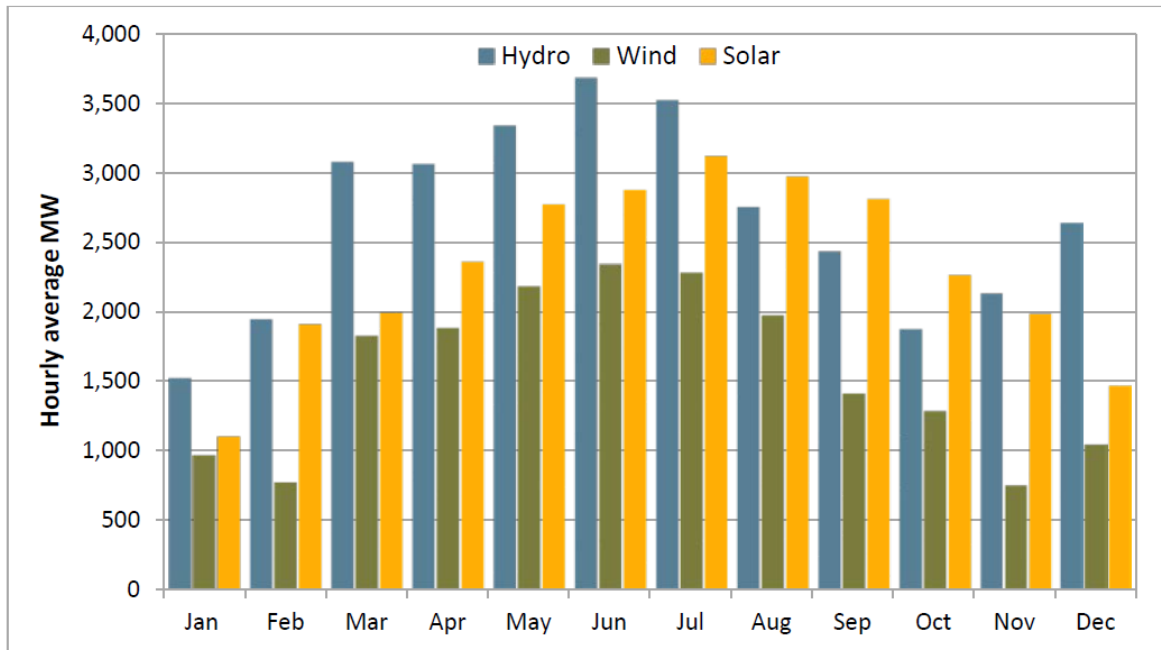


圖 2-12 CAISO 水力、風力及太陽光電各月平均發電量

CAISO 控制中心分主、副兩地，主控制中心位於舊金山東北邊之佛森(Folsom)，如圖 2-13；備援系統設置於南加州洛杉磯附近的阿罕布拉(Alhambra)，具備與主控制中心相同之設備。



圖 2-13 CAISO 調度主控制中心

CAISO 電力市場包含電能市場(日前與即時)、輔助服務市場、壅塞管理及不平衡市場等，年度交易額約為 110 億美元。目前 CAISO 的電力市場結構乃是由具競爭性的發電市場、電力調度中心、排程協調者(Scheduling Coordinators, SC)、零售業者(Retailers)及配電公司(UDC)等為主體所組成，如圖 2-14 所示。

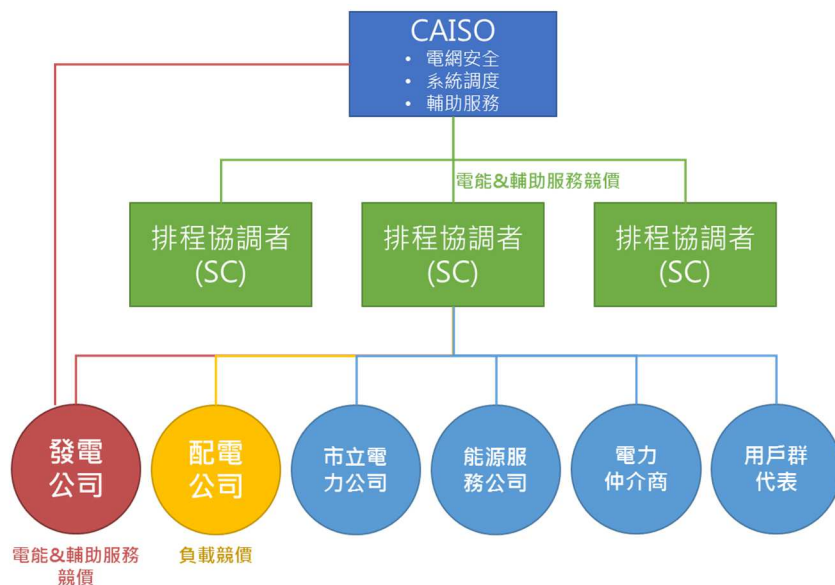


圖 2-14 加州電力市場架構

(二) CAISO 職責

1. 協調一天前的市場、一小時前的市場，平衡即時市場的電力供給和消耗。
2. 遵照北美電力可靠度公司(NERC)和西部電力協調理事會(WECC)所訂定的操作和可靠度標準。
3. 調度、控制轄區內電力公司所擁有的互連電力系統。
4. 為所有的電力網用戶提供非歧視、公開的連接服務以及其他輔助服務。
5. 以整個電力網為基礎，協調管理電力網之壅塞和停電(故障或檢修)，所有的市場參與者擁有相同的參與原則和相同的市場

邊際價格。

6. 透過競爭機制獲取系統輔助服務，並且與電能市場分開，並將電能和輔助服務作為整體供應用戶。
7. 維持輸電系統的穩定運行，制訂電力網的擴充計劃。

(三) 加州再生能源發展目標與主要議題

1. 加州再生能源發展目標為 2020、2024 及 2030 年的占比分別達 33%、40% 及 50%，風力與太陽能的裝置容量將會大幅度增加，其中 2014 年到 2020 年、風力裝置容量將由 7GW 增加 8GW、太陽能電廠將由 6GW 增加至 11GW、分散式的太陽光電將由 5GW 增加至 12GW。系統最大的變化在於分散式的能源供需，總額高達 15GW，最大的來源是分散式的太陽光電 12GW，另有 2GW 需量反應、1.3GW 儲能裝置。
2. 加州電力市場關於再生能源的主要議題包含相關技術的發展與使用、再生能源的發電占比預估、再生能源發電預測(包含分散式太陽光電)、間歇性的發電資源如何調度與控制、頻率變動的衝擊、發電端如何滿足負載變動、電力品質與系統穩定度、能源儲存技術與市場發展、線路壅塞的解決方式、虛功率的調整等議題。
3. 預期將有再生能源的過量發電以及日負載變動率過高難以因應的情況發生，為此加州公眾事業委員會(California Public Utilities Commission, CPUC)與加州獨立調度中心(CAISO)訂定了長期運轉計劃(Long Term Planning Process, LTPP)，LTPP 每兩年檢討一次，來決定再生能源與傳統火力電廠配置以確保系統未來 10 至 20 年的供電可靠性。



圖 2-15 與 CAISO 人員合照

2.4 太平洋瓦斯及電力公司(PG&E)簡介

以舊金山為根據地的 PG&E 公司(Pacific Gas and Electric Company, PG&E)成立於 1905 年，供應天然氣與電力，是該地區最大公共事業公司之一，亦是全美數一數二同時提供天然氣與電力的公司。1996 年加州眾議院通過電業解制法案(Assembly Bill 1890)，進行加州電業自由化。1997 年太平洋瓦斯及電力公司配合解制法案重組，成立控股公司的 PG&E 股份有限公司(PG&E Corporation)，將太平洋瓦斯及電力公司(PG&E)的發、輸、配、售電分割，成為 PG&E Corporation 的子公司，輸電系統控制權交由加州電力調度中心(CAISO)管理，並出售 50%以上之化石燃料電廠，以確保電力市場之競爭性。PG&E 所發電力必須透過加州電力交易所(PX)交易，其配電部門也必須向 PX 購買電力。

PG&E 公司有 2 萬名左右的員工，負責執行最主要的任務-供應天然氣及電力。該公司在聯邦能源管制委員會(FERC)及加州公用事業委員會(CPUC)的監督下，並接受 CAISO 的調度指令。其擁有 7 萬平方英里的服務轄區，提供加州北、中部約 1,500 萬民眾的天然氣(430 萬戶)與電力(540 萬戶)服務。

PG&E 為美國加州三大電力公司(另兩家為 SCE 及 SDG&E)中的最大一家，服務範圍北起尤利卡(Eureka)，南達貝克斯菲爾德(Bakersfield)，西起太平洋岸，東至內華達山脈。在加州電業自由化過程售出大部分的發電廠，僅保留 6.8GW 的發電容量，目前的營業項目以輸配電與售電為主。主要服務範圍係從北邊的 Eureka 延伸至南邊的 Bakersfield，由西邊的太平洋沿伸至東的 Sierra Nevada。輸配電系統擁有 18,616 英里互聯傳輸線路及 141,215 英里配電線路。

在 PG&E 訪問期間，其工程師表示去年推出分散式電能管理系統(Distributed Energy Resource Management System, DERMS)，並在配電端建立分散式電能市場，利用智慧電網與智慧型逆變器(Smart Inverter) 技術，整合與調控區域內太陽能 and 住宅型電池儲存等，以期能在用電高峰期間對公司與用戶皆能獲得最佳效益，同時利用大數據探索與評估電池儲存最佳選址。

PG&E 初期選在加州聖荷西示範 DERMS 如何和分散式電能整合及應用功能，後續會開發各類產品。



圖 2-16 與 PG&E 人員合照

2.5 聖地牙哥瓦斯及電力公司(SDG&E)簡介

聖地牙哥瓦斯及電力公司(SDG&E)成立於 1881 年是美國 Sempra 能源公司位於加州的公用事業公司，員工超過 3000 人，同時也是一間提供電力和天然氣等公共資源非政府的公用事業(Investor-Owned Utility, IOU)，提供安全、可靠的電力能源和良好的客戶服務，供應約 140 萬住宅和商業用戶的電力需求，供應電力高達 140 萬度電力；此外也提供了 83 萬度的天然氣，主要服務地區涵蓋加州橘郡南部及大部分的聖地牙哥郡，服務面積約為 4,100 平方英里；圖 2-17 為 SDG &E 於加州的供電區域圖。



圖 2-17 SG&E 服務範圍

SDG&E 公司的宗旨為致力於提高該區域的生活品質，並積極發展該地區的能源替代方案，並且希望能透過穩定的能源供給，提升該地區的經濟競爭力。Sempra 能源公司的能源公用事業包括 SDG&E 及南加州的煤氣公司，這兩者皆是受管制的公用事業。他們所服務的地

區涵蓋多樣化的業務需求，其範圍從墨西哥邊境北邊至加州中部，該服務範圍占地面積達近一半的加州，涵蓋 13 個郡(次於州的行政區)、243 座城市與高達 2150 萬的人口，其中 600 萬平方公尺為住宅區、28.2 萬平方公尺為商業與工業區。圖 2-18 為 Sempra 能源集團公用事業組織圖。

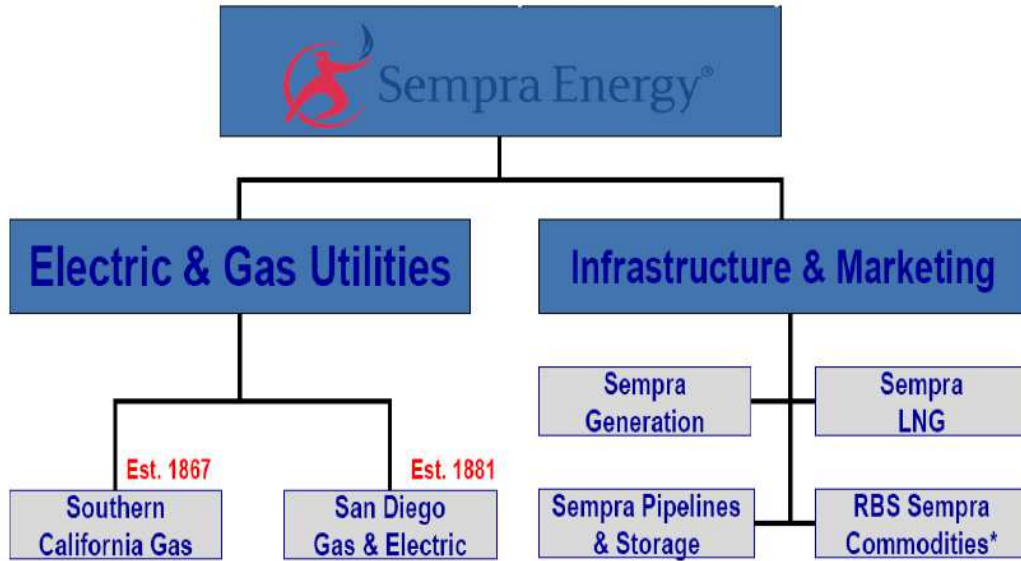


圖 2-18 Sempra 能源集團公用事業組織圖

在 SDG&E 訪問期間，其母公司 Sempra Energy 已與 OSISoft 公司共同成立 PXiSE 公司，利用 PI、PMU 與智慧電網技術發展出一套有別於傳統電力系統控制的技術，PXiSE Advanced Control Technology (PXiSE ACT)。傳統控制技術速度慢，涉及的維護時間也比較複雜，PXiSE ACT 是種高速且精確的電力控制解決方案，充分利用高速 PMU 的數據和先進的控制邏輯控制再生能源，以穩定再生能源電網，並提高再生能源比例及從用戶到電力公司和區域電網彼此間欠協調的效率。PXiSE ACT 架構圖如 2-19。

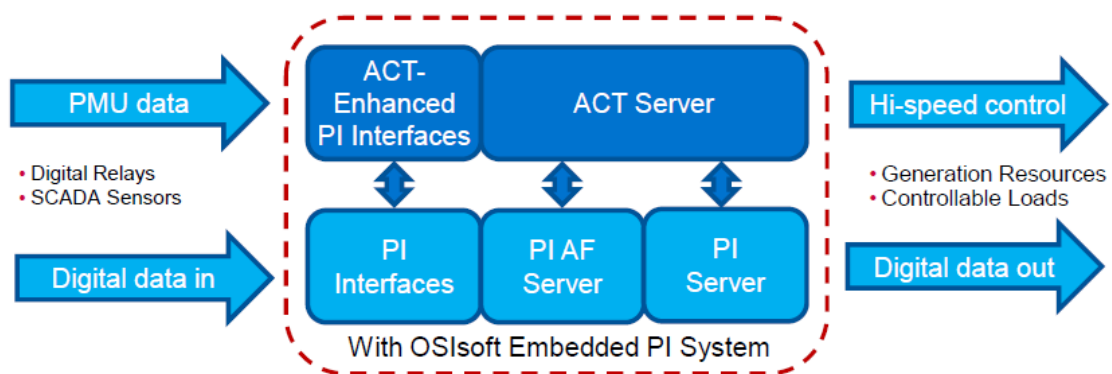


圖 2-19 PXiSE ACT 架構圖



圖 2-20 與 SDG&E 人員合照

2.6 OSIsoft 公司

(一) OSIsoft 公司簡介

OSIsoft 公司總部位於加州聖萊安德羅市(San Leandro, CA)是 PI System 的生產商及即時資料架構解決方案的領導者。OSIsoft 提供的 PI System 是一種管理即時資料和事件、適用於企業基礎架構的產業標準。OSIsoft PI System 部署在全球 125 個國家，廣泛應用於製造、能源、公用設施、生命科學、資料中心、設備及加工業。在如此大規模應用的背後，是 OSIsoft PI System 對於資料的完善保護，以及在企業範圍內對運行、製造和業務資料的完美呈現。PI System 可幫助用戶更有效地管理資產、降低風險、遵從法規、改善流程、推動創新及即時制訂業務決策，並發掘具有價值的業務和市場機會。

在北美如 WECC、CAISO、MISO、PJM、PG&E 及 SDG&E 等電業管制機關、獨力調度中心及電力公司皆已使用 PI System 進行資料即時蒐集與監視，如輸電線路潮流量、各發電機組之發電量(含再生能源)、風速監視與預測及電能管理系統(EMS)資料之顯示與歷史數據分析，並且以視覺化之方式呈現。

(二) PI System 簡介

PI System 是一個將來自不同源頭的運轉資料蒐集後儲存起來，再透過不同工具、方法提供給使用者的一個中介的(in-between)架構，並可以快速地呈現和分析相關數據。PI System 主要是由 3 階層(資料蒐集、儲存及取用)架構組成，如圖 2-21 所示。

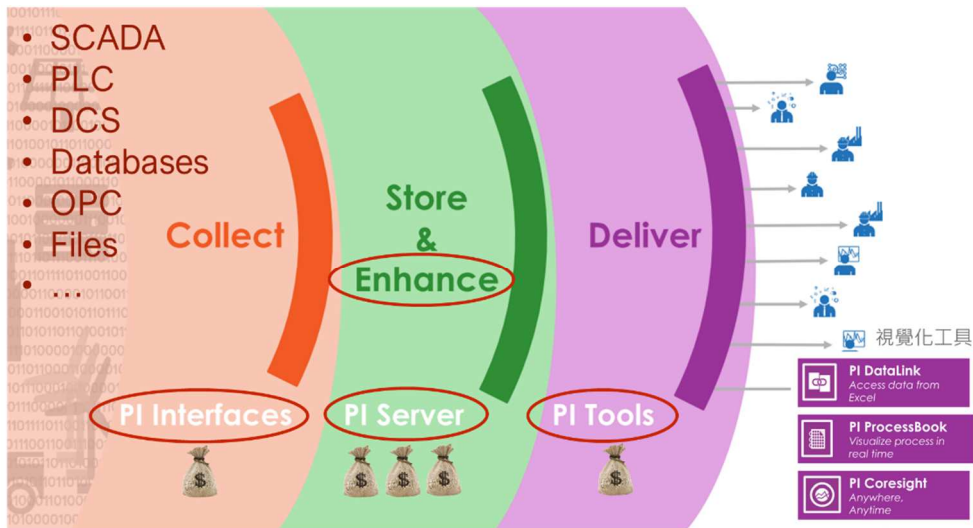


圖 2-21 PI System 3 階層架構

PI System 的優點是簡化了資料的蒐集與儲存，以前 SCADA、Manual、Excel 運算結果等來源資料，係分別進入不同的資料庫，終端使用者須依需求去不同的資料庫，以取得所需的資訊，如圖 2-22 所示；而有了 PI System 後，SCADA、Manual 等來源資料，可透過 PI 介面蒐集進入 PI 系統，終端使用者僅需透過 PI 軟體工具即可自 PI 取得所需的資訊，ERP 等資料庫，亦可透過支援的 Integrator 或 System Access 軟體與 PI 連接，以交換所需的資訊，如圖 2-23 所示。

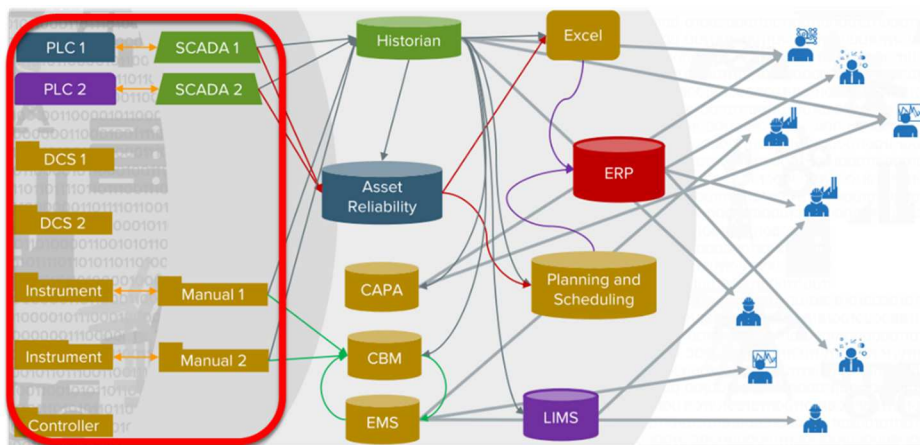


圖 2-22 未安裝 PI system 之資料蒐集、儲存及取用

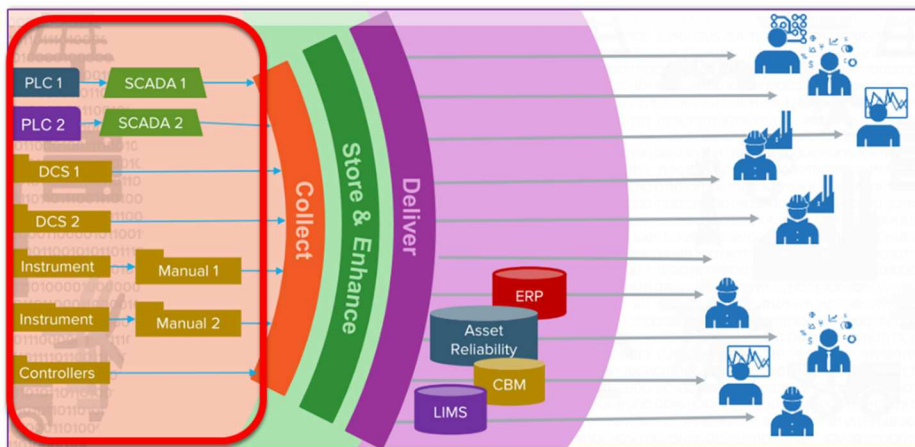


圖 2-23 安裝 PI system 之資料蒐集、儲存及取用

目前公司已應用 PI system 於再生能源監控平台及再生能源發電出力之預測。圖 2-24 所示為建立於 PI 系統之再生能源監測 UI 介面。

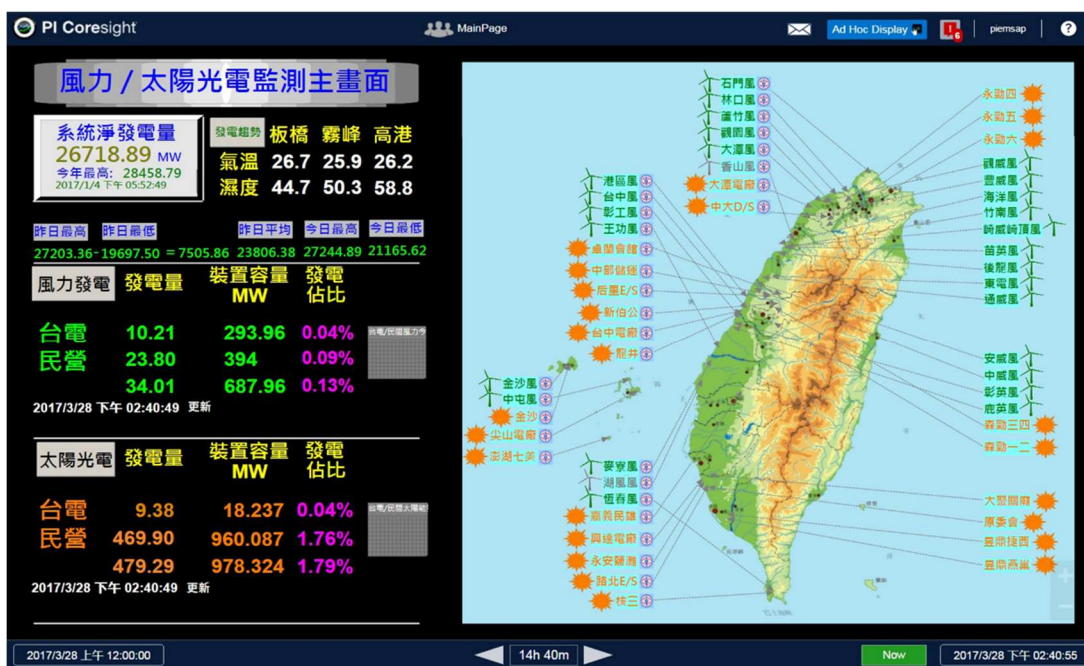


圖 2-24 建立於 PI 系統之再生能源監測 UI 介面



圖 2-25 與 OSISOFT 人員合照

三、心得與建議

北美的電力市場的運作可分為大致上可分為管制機關、獨立調度中心、電力公司(含發電業、配售電業等)三個部分，管制機關如美國能源部(United States Department of Energy)、聯邦能源管理委員會(FERC)、北美可靠度公司(NERC)制定能源法規、市場運作規範與電力運轉規則等；而調度中心則制定市場規則並管理電力市場使之能正常運作，而電力公司則扮演提供或購買電力商品者的角色，並針對市場需求開發合適的供電策略及負載管理方案。藉由這次參訪尖峰可靠度(Peak Reliability)機構、加州電力調度中心(CAISO)、太平洋瓦斯及電力公司(PG&E)及聖地牙哥瓦斯及電力公司(SDG&E)對北美的整體電力市場架構及運作有更進一步的瞭解。提供以下心得與建議供參考：

1. **引進及強化資料視覺化技術：**此次參訪尖峰可靠度(Peak Reliability)機構、加州電力調度中心(CAISO)控制中心，觀察到在調度畫面上，均大量使用視覺化、圖形化的介面，達一目瞭然之效，讓調度員快速掌握系統狀況，未來調度圖資應引進資料視覺化觀念及技術。
2. **適時建立分散型能源市場：**隨著再生能源大量布建及成本下降，連帶推動儲能系統的應用，更智慧、更可靠的互聯電網正在形成，惟仍以解決配電系統較具經濟性。未來隨著動態、雙向輸送環境的發展，應繼續引進和測試創新智慧電網技術改進系統可靠性，為用戶提供有價值的服務和產品，以支持他們選擇採用清潔能源。另外可規劃在配電端建立分散型能源市場以交易分散式電能及其建置其管理系統，以運用需量反應及儲能系統，提升再生能源大量併網之系統彈性。當然，衍生網路資安、數

據隱私等問題亦應注意。

3. **建立共同模型：**有關設備模型(如變壓器、發電機及輸電線路等參數)之管理、維護及更新，經與PG&E及CAISO相關人員進行訪談後得知，PG&E及CAISO皆已運用共同模型。PG&E是由線上和離線分析人員共同討論建置及維護；而CAISO是由專職之團隊負責辦理相關業務，使線上與離線分析之結果趨於一致性。未來可參考國外電力公司及電力調度中心之作法，進而發展出適合本公司設備模型管理系統維護及更新之程序，使線上與離線分析結果更臻於完善。
4. **建立共同資訊模型：**PG&E及CAISO皆已運用共同資訊模型(Common Information Model)技術交換電力系統資訊，雖然WECC因系統尚未完稱更新，仍採資料檔方式，如.csv，交換資料，未來亦會引進CIM技術，提高資料交換有效性。
5. **持續電力系統穩定度與可靠度改善小組會議：**此次與尖峰可靠度(Peak Reliability)機構相關人員訪談知悉，他們是一季召開一次類似本公司的「電力系統穩定度與可靠度改善小組會議」，針對系統的暫態穩定度、電壓穩定度及小訊號穩定度等系統指標進行分析；而本公司目前是每2個月召開一次，亦針對前述相關穩定度指標做檢討並研擬相關因應對策，相較可知在系統穩定度指標分析方面，本公司目前不亞於國外之電力機構。
6. **適時公布系統資訊：**此行亦針對輸電系統之NTC(Net Transfer Capacity)與ATC(Available Transfer Capacity)計算方式詢問CAISO相關人員，其定義為 $NTC(\text{Net Transfer Capacity}) = TTC(\text{Total Transfer Capacity}) - TRM(\text{Transmission})$

Reliability Margin) ; $ATC = NTC - AAC$ (Already Allocated Capacity) , 並每7天更新公布於公開聯網即時資訊系統 (Open Access Same-Time Information System, OASIS) , 可作為未來公司在電力市場有關輸電網路傳輸相關定義之參考。

7. 製作文宣：CAISO有製作調度中心相關簡介之小卡(如圖3-1及3-2所示)供參訪來賓索取，內容包含調度中心之環境、目前系統裝置容量、最高尖峰負載量及服務用戶數等相關資訊，值得本公司參考藉以提升企業形象及民眾認同感。



圖 3-1 CAISO 簡介小卡-1

The California Independent System Operator Corporation (ISO) operates the bulk of the state's wholesale transmission grid. The nonprofit, public benefit corporation provides open and non-discriminatory grid access, supported by a competitive energy market and comprehensive planning efforts. Partnering with about 160 entities, the ISO is dedicated to developing and operating a modern grid that benefits consumers.

The ISO power market matches supply with demand, maintains operating reserves and allocates space on transmission lines. The ISO is regulated by the Federal Energy Regulatory Commission and complies with standards set by the North American Electric Reliability Corporation and the Western Electricity Coordinating Council. A five-member board of governors appointed by the Governor of California and confirmed by the Senate oversees the ISO.

Highlights

- 71,412 MW of power plant capacity
- 50,270 MW record peak demand (July 24, 2006)
- 241 million megawatt-hours of electricity delivered
- 26,000 circuit-miles of transmission lines
- \$11 billion annual market
- 80¢ per MWh grid management charge
- \$195.3 million revenue requirement
- 27,000 market transactions per day
- One of 9 ISO/RTOs in North America
- 30 million people served

California Independent System Operator

www.caiso.com | 250 Outcropping Way, Folsom, CA 95630 | 916.351.4400

©2016 ISO 4/2016 ☐ 2016 California ISO

圖 3-2 CAISO 簡介小卡-2

四、 致謝

感謝公司各級主管給予本次赴美考察的機會，並承蒙相關人員協助規劃與聯繫，使此次出國行程能順利的進行，亦增進電力專業知識、獲取專家調度經驗、瞭解各類電力技術發展現況、開闊視野及提升英語能力外，並有機會和國外電力相關人員進行交流，謹致上最深的謝意。

五、 參考文獻

[1] WECC 網站，<https://www.wecc.biz/Pages/home.aspx>。

[2] CAISO 網站，<https://www.caiso.com/>。

[3] PG&E 網站，<https://www.pge.com/>。

[4] SDG&E 網站，<https://www.sdge.com/>。

[5] OSIssoft 網站，<https://www.osisoft.com/>。

[6] PXiSE 網站，<http://pxise.com/>

[7] CAISO 2016_Annual Report