

出國報告（出國類別：實習）

參加美國電機電子工程師學會年會
及
於 Quanta 公司實習智慧變電所規劃
與電力系統檢討

服務機關：台電系統規劃處

姓名職稱：黃子成 電機工程監

派赴國家：美國

出國期間：100.07.22~100.08.04

報告日期：100.9.23

出國報告審核表

出國報告名稱：參加美國電機電子工程師學會年會及於 Quanta 公司實習智慧變電所規劃與電力系統檢討

出國人姓名(2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
黃子成	電機工程監	系統規劃處




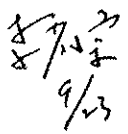

出國類別 考察 進修 研究 實習
其他 _____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)

出國期間：1007月22日至100年8月4日 報告繳交日期：100年9月23日

出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4.內容充實完備。 <input checked="" type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input checked="" type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正,原因: <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input checked="" type="checkbox"/> 9.本報告除上傳至出國報告資訊網外,將採行之公開發表: <input checked="" type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式:
--------------	--

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人	 黃子成	審核人	單位主管  李清雲	主管處主管	 蔡忠良	總經理 副總經理	 8/23
 徐米婁							

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加美國電機電子工程師學會年會及於 Quanta 公司實習智慧變電所
規劃與電力系統檢討

頁數 26 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/2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

黃子成/台灣電力公司/系統規劃處/電機工程監/2366-6899

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：100 年 7 月 22 日~100 年 8 月 4 日 出國地區：美國

報告日期：100 年 9 月 22 日

分類號/目

關鍵詞：電機電子工程師學會(IEEE)、智慧變電所(Smart Substation)、風力發電(Wind Power)、分散型能源(Distributed Energy)、分散型電源(Distributed Generation)、智慧型電網(Smart Grid)、智慧型電子元件(IED)、先進讀表系統(AMI)

內容摘要：(二百至三百字)

本報告摘要參加美國電機電子工程師學會(2011 IEEE PES)年會及與 Quanta Technology 及加州太平洋瓦斯與電力公司(Pacific Gas and Electric

Company, PG&E) 兩家公司討論智慧變電所(Smart Substation)規劃及其它電網議題。目前國際上對智慧型電網議題仍持續關注，各項應用正持續研發中。今年電機電子工程師學會年會主題為「運輸交通器具充電與未來電網」(「The Electrification of Transportation & the Grid of the Future」)。現代化電網特性、分散型電源、微型電網、儲能設備及再生能源等均為會議中所討論具前瞻性及技術性的議題。全球的會員與專家提出專業領域的新知及運轉實務經驗，使各與會人員可獲取新知及相互間交換經驗。本次出國另由 Quanta Technology 安排與 PG&E 討論智慧變電所(Smart Substation)規劃及其它電網議題。PG&E 創立於 1905 年，總公司位於舊金山市，為提供北加州地區天然瓦斯和電力等公用事業的主要公司之一。未來電網將是一個整合發電、輸電、配電及用戶(負載)的先進電網系統，將具備自動化及資訊化的優勢，期以達到自我監視、診斷及修復等功能。以目前電力網路為基礎未來將整合新的電力電子與資料、通訊技術(Information and Communication Technology, ICTs) 等技術，發展為智慧型電網 (Smart Grid)。輸配電設備建置日益艱難、全球氣候變遷之影響、傳統能源日漸枯竭、分散型電源技術之成熟及民眾與工業界對供電品質、效率、服務的要求將為智慧型電網之優勢。為提高因應外在系統情境改變之能力，發展智慧型電網已是全球電力公司必須規劃進行的工程。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

報告內容

一、出國緣由與目的	1
二、出返國行程	2
三、心得與建議	3
四、參加美國電機電子工程師學會年會摘要	6
(一)主管會議(SUPER SESSION)	6
(二)委員會議(COMMITTEE SESSION)	7
(三)技術類會議 (TECHNICAL PROGRAM)	8
1. 現代化電網(<i>Modern Grid</i>)	9
2. 分散型能源(<i>Distributed Energy</i>)	12
3. 微型電網(<i>Micro Grid</i>)	14
4. 再生能源(<i>Renewable Energy</i>)	15
5. 儲能設備(<i>Energy Storage</i>)	17
6. 離岸風力發電廠(<i>Offshore Wind Farm</i>)	18
五、智慧變電所規劃與電力系統檢討實習摘要	21
5-1 智慧型電網(SMART GRID)	21
5-2 智慧變電所(SMART SUBSTATION)規劃	24
5.3 PG&E 系統停電事故地圖(SYSTEM OUTAGE MAP)	25

圖 目 錄

圖 4.1 微型電網示意圖	15
圖 4.2 太陽光電車及電動車充電站	17
圖 4.3 超導儲能系統應用於風場之示意圖	18
圖 4.4 為彰化離岸風場及澎湖風場示意圖	19
圖 5.1 智慧型電網	22
圖 5.2 PG&E SMART GRID 計畫目的	23
圖 5.3 PG&E 系統停電事故地圖(SYSTEM OUTAGE MAP)	26
圖 5.4 小區域停電資訊.....	26

表 目 錄

表 4.1 現代化電網特性.....	10
表 4.2 目前電網與未來現代化電網特性比較表	11

一、出國緣由與目的

受限於外在環保議題及抗爭因素，使得電源開發及輸變電工程之興建造成極大阻力，迫使整體電網之規劃，往往需配合外在工程因素而有所調整以改善電網突增之瓶頸。在日本福島核災後，全球電源之規劃政策及開發時程正進行著重大的重新評估，導致本公司在輸電系統規劃工作難度更高、更複雜。在此不確定因素下，電網規劃將面臨更大的挑戰以因應此劇烈變化。電網規劃者更應吸取國外專家之電網規劃策略及採納新輸電技術俾利克服電力系統短期困境。對獨立電力系統而言，電網智慧化更形迫切以期提昇電網運轉能力及可靠度。變電所在電網中所扮演的角色將趨多元化，除基本的設備容量及規格規劃外，如何建構更智慧化的機能以強化系統將是本公司未來輸變電規劃者所考量的。

參加美國電機電子工程師學會年會及會後由 Quanta Technology 安排與加州 PG&E 電力公司討論智慧變電所(Smart Substation)規劃及其它電網議題將可獲取相關電力系統知識與實務規劃策略最新發展參考資訊，對未來系統規劃有所助益。

二、出返國行程

- 100/7/22 台北 TAIPEI →洛杉磯 LOS ANGELES →100/7/23
底特律 Detroit
- 100.7.24 ~ 100.7.28 參加美國電機電子工程師學會年會
- 100/7/29 底特律 Detroit→舊金山 San Francisco
- 100.7.30 ~ 100.8.2 與 Quanta 及 PG&E 公司討論智慧變
電所規劃與電力系統檢討議題
- 100.8.3 舊金山 San Francisco→100.8.4 台北 TAIPEI

三、心得與建議

本次出國行程分兩大項，其中一項為參加電機電子工程師學會所舉辦之 2011 IEEE PES 年會，另一項為與 Quanta Technology 及加州太平洋瓦斯與電力公司(Pacific Gas and Electric Company, PG&E) 討論智慧變電所(Smart Substation)規劃及其它電網議題。

IEEE 是一個國際性的電子技術與資訊科學工程師的協會。目前會員人數約 407,000 人，其中 Power & Energy Society 在 IEEE 38 個 Technical Societies 為第 3 大 Society。此次 IEEE 2011 年 PES 年會主要主題為「運輸交通器具充電與未來電網」(「The Electrification of Transportation & the Grid of the Future」)。會議參加人員以遍及全球的會員、電力公司、工業界、學術界與設備廠家為主。Quanta Technology 為美國知名顧問公司，主要領域為智慧型電網、電網可靠度、電力品質及風險評估等；另 PG&E 為提供北加州地區天然瓦斯和電力等公用事業的主要公司。因此在與兩家公司會談中，可相互交流技術規劃經驗。本次出國相關心得如下：

- (一) IEEE 是一個國際性的電子技術與資訊科學工程師的協會。會議中所討論的議題具前瞻性、技術性。遍及全球的會員與專家提出專業領域的新知及運轉實務經驗，使各與會人員除定期聚會連絡情誼外，亦能獲取新知，交換經驗。
- (二) 與會人員除發表開發中產品及研究中的議題外，實務經驗亦是與會人員所感興趣的。本次年會共發表論文 1070 篇。其中 1 篇係由清華大學朱家齊教授與本處同仁共同發表，論文題目

為「Impacts on the Transmission Grid for Integrations of Renewable Energy in Taiwan」。當論文發表完畢時，國外專家對台灣西岸設置離岸風場非常感興趣，尤其颱風對風機之影響。未來若台灣西岸離岸風場設置完工加入系統，將其實務運轉及對系統之衝擊相關經驗彙整發表，將是宣揚“台電經驗”之有效途徑。

- (三) 本次 IEEE PES 年會主要仍著重在未來電源及電網發展趨勢。智慧型電網及綠色能源之實務應用以達 CO2 減量、發展潔淨能源及有效整合電網等議題為主要討論主軸。在能源方面，除仍極力著重在再生能源開發與發展技術提昇外，明年 IEEE PES 年會亦將列入核能發展規劃議題以彙集日本福島核災後，核能電廠運轉之改進及因應策略。
- (四) 緣起於環保意識及珍惜地球資源觀念的提倡，電力工業已經邁向另一新紀元。輸變電設備配合週遭自然景觀興建(景觀規劃)、提高能源利用效率、使用再生能源、降低廢棄物、排出物的污染度(環境監測及污染防治)、提高既有設備利用率等已是全球人士的共識。
- (五) 由於分散式能源系統普及化之趨勢，電力公司除將面臨獨立發電業者的競爭售電外，如何因應當地發電(on-site generation)等小型發電廠之併網衝擊，將是本公司未來需面臨之問題。
- (六) 台灣地區人口密集，輸變電設備興建不易。土地資源有限，台灣的電能燃料大都仰賴他國。如何提高產品經濟及提高耗能產業之電能效益或輔導工業界改善工廠設備應是電力公司

及政府應盡的職責。另採用新型設備降低設備體積、縮短興建所需工時、提高設備運轉能力及加強維修，實為台電當務之急。依目前再生能源發展現況，發電成本雖尚昂貴，但不應就此排除而不加以利用。本公司未來電網之強健性需能滿足各類再生能源之併入系統。

(七) 智慧型電網整合發電、輸電、配電及用戶等全系統電網架構以有效利用既有設備能力方可達到節能減碳及提高供電可靠度的目標。PG&E 鼓勵用戶參與 Smart Grid 計畫，調整用電行為以降低電費。當電價趨向高檔時段，PG&E 也可透過 E-mail、簡訊及電話等方式通知用戶相關即時資訊。

(八) PG&E 網頁提供停電資訊、通報停電及在長期停電時申請補償之辦法等資訊供用戶參考。使外界可瞭解 PG&E 供電範圍，並以顏色區分停電事故所影響之用戶數。若欲了解小區域停電資訊，亦可點選進入該區域以取得停電事故所影響之用戶數、事故原因、修復人員動向、何時停電及預估復電時間等資料以滿足用戶對相關資訊之需求。除本公司網頁已提供各類可靠度指標統計值外，未來亦可參考 PG&E 以圖形及跳窗資訊方式，說明公司電網之供電可靠度及現況。

四、參加美國電機電子工程師學會年會摘要

美國電機電子工程師學會(Institute of Electrical and Electronics Engineers ,IEEE)是一個國際性的電子技術與資訊科學工程師的協會。目前會員人數約 407,000 人，其中 Power & Energy Society 在 IEEE 38 個 Technical Societies 為第 3 大 Society。此次 IEEE 2011 年 PES 年會主要主題為「運輸交通器具充電與未來電網」(「The Electrification of Transportation & the Grid of the Future」)。會議中所討論的議題具前瞻性及技術性。遍及全球的會員、電力公司、工業界、學術界與設備廠家提出專業領域的新知及運轉實務經驗，使各與會人員獲取新知及交換經驗。本次年會會議可歸列為三大部分：(1)主管會議(Super Session) (2)技術類會議：如 panel sessions, paper sessions, poster session 與 paper forums。本技術會議為多數與會者所參與的。(3) 委員會會議(Committee meeting)。

(一)主管會議(Super Session)

本次年會主管會議仍延續在未來電源發展趨勢、智慧型電網、電業發展及綠色能源等項目。五大議題為電動汽車之再生及發展(Reincarnation and Evolution of the Electric Vehicle)、智慧型電網(Smart Grid)、風力發電及太陽光電晶片(Wind Power & Photovoltaic)、儲能(Energy Storage)、能源及環境(Energy and the Environment)。受限於輸電線與建造不易，輸電容量不足為電力業者所面臨難題之一。「開源」與「節流」為電力業者苦思的不二法則。當地發電(on-site generation)等小型發電廠，將電力更有

效率的送到鄰近負載即「開源」；提高耗能產業之電能效益、輔導工業界改善工廠設備及民眾改變用電行為模式則為電力公司及政府應盡的職責以達到「節流」的目標。系統規劃運轉層面遭遇的難題除。

(二)委員會議(Committee Session)

技術會議於此年開會期間每天都有委員會會議，總計 IEEE 的委員會計有 17 項：

- ◆行政委員會(ADMINISTRATIVE COMMITTEE)
- ◆電機機械委員會(electric machinery committee)
- ◆能源技術協調委員會(emerging technologies coordinating committee)
- ◆能源發展與發電委員會(energy development and power generation committee)
- ◆電力工程教育委員會(power engineering education committee)
- ◆電力系統分析、計算與經濟委員會(power system analysis, computing, and economics committee)
- ◆電力系統通訊委員會(power system communications committee)
- ◆電力系統動態性能委員會(power system dynamic performance committee)
- ◆電力系統建造與量測委員會(power system instrumentation and measurements committee)

- ◆電力系統運轉委員會(power system operations committee)
- ◆系統規劃與實現委員會(power system planning and implementation committee)
- ◆系統電驛委員會(power system relaying committee)
- ◆變電所委員會(substations committee)
- ◆突波保護委員會(surge protective device committee)
- ◆變壓器委員會(transformers committee)
- ◆輸電及配電委員會(transmission and distribution committee)
- ◆其它委員會(自動化、風力、電力市場、整合分散式電源及未來能源發展等議題)(multiple committee)

(三)技術類會議 (Technical Program)

技術會議以技術或學術性論文發表型式摘要說明相關技術最新進展，會議期間從 7.25(星期一)至 7.28 (星期四)共四天。議程共包括多項技術議題討論，可供與會者相互討論與學習觀摩。而會議進行方式包括 Panel Sessions(PN)、Paper Sessions(PP)、Paper forums(PF)、Poster Session(PO)等型式。在四天期間，每天均安排特定技術論文報告與討論，依不同主題安排讓作者簡報，並與參加會議人員面對面溝通討論，交換彼此心得與經驗。本次年會共發表論文 1070 篇，其中 1 篇係由清華大學朱家齊教授與本處同仁共同發表，論文題目為「Impacts on the Transmission Grid for Integrations of Renewable Energy in Taiwan」。當論文發表完畢

時，國外專家對台灣西岸設置離岸風場非常感興趣，尤其颱風對風機之影響。依本公司委託財團法人工業技術研究院能源與資源研究所所做之「台灣西部海域離岸式風力發電廠址初步評選研究」計畫期末報告，目前商業化之風力機其耐風速可達 70m/sec 以上，此規格應可應付大部份颱風之侵襲，同時風力機有停機風速之設計，可於颱風警報發佈時由運轉人員控制使風機停機或自動停機，避免颱風風速過大，對風力機造成損害。故於會場中，職已說明本公司已曾就此問題進行可行性研究，未來在風機規格上亦會就台灣地理及氣候環境特別考量。另外，本技術會議部份議題摘述如下：

1. 現代化電網(Modern Grid)

依表 4.1 所示，現代化電網因具有所列 7 項特性而優於目前電網。現代化電網首先必需具備自我治癒(self-heals)功能：經由完整且健全的監測系統，現代化電網可以即時掌握電力系統之狀態，當系統有過載、電壓及電力品質等問題時，現代化電網即以自癒的方式預先防範問題惡化。若系統發生擾動，亦可經由已預先擬訂之運轉策略降低擾動對系統之影響。第 2 項特性為激勵用戶主動參與電力系統之運作。例如需量反應(Demand Response ,DR) 計畫之推動使參加該計畫用戶配合系統供電能力而調整用電量以有效抑低尖峰負載及避免發輸變電設備過度投資。第 3 項特性為對外在或電腦攻擊及天災具有復原能力，換言之，使發輸變電設備不易成為恐怖份子刻意攻擊的目標。

表 4.1 現代化電網特性

Today's Grid	Principal Characteristic	Modern Grid
Responds to prevent further damage. Focus is on protection of assets following system faults.	Self-heals	Automatically detects and responds to actual and emerging transmission and distribution problems. Focus is on prevention. Minimizes consumer impact.
Consumers are uninformed and non-participative with the power system.	Motivates & includes the consumer	Informed, involved and active consumers. Broad penetration of Demand Response.
Vulnerable to malicious acts of terror and natural disasters.	Resists attack	Resilient to attack and natural disasters with rapid restoration capabilities.
Focused on outages rather than power quality problems. Slow response in resolving PQ issues.	Provides power quality for 21st century needs	Quality of power meets industry standards and consumer needs. PQ issues identified and resolved prior to manifestation. Various levels of PQ at various prices.
Relatively small number of large generating plants. Numerous obstacles exist for interconnecting DER.	Accommodates all generation and storage options	Very large numbers of diverse distributed generation and storage devices deployed to complement the large generating plants. "Plug-and-play" convenience. Significantly more focus on and access to renewables.
Limited wholesale markets still working to find the best operating models. Not well integrated with each other. Transmission congestion separates buyers and sellers.	Enables markets	Mature wholesale market operations in place; well integrated nationwide and integrated with reliability coordinators. Retail markets flourishing where appropriate. Minimal transmission congestion and constraints.
Minimal integration of limited operational data with Asset Management processes and technologies. Siloed business processes. Time based maintenance.	Optimizes assets and operates efficiently	Greatly expanded sensing and measurement of grid conditions. Grid technologies deeply integrated with asset management processes to most effectively manage assets and costs. Condition based maintenance.

第 4 項特性為提供符合 21 世紀個別用戶所要求的電力品質。亦不同等級品質的電力將有不同的收費標準，用戶可就個別對電力品質需要，向業者申請提供不同費用的電力。第 5 項特性為協調電網

內所有的發電與儲能設備。分散式電源常屬不穩定電源，其電氣特性與傳統水、火力發電不同，其匯入電網之要求亦不同。搭配儲能設備將改善分散式電源不穩定之特性，使電源調度及運轉得以更加彈性。尤其當風力及太陽光電廠大量建置時，雖可降低對化石燃料之依賴度，但更強健及彈性的電網方可發揮分散式電源之效益。第 6 項特性為促進電力市場之發展。現代化電網對新的電力產品、新的服務方式及新的市場機制接納能力更高，可促進各項市產品之蓬勃發展。最後 1 項特性為最佳化發輸變電設備之投資及運轉效率之提昇。易言之，如果系統有需要，電網內發輸變電設備運轉點能儘量接近設備額定，以提昇設備之投資效益。

目前電網與未來現代化電網特性比較綜合如表 4.2，其中各項功能的改進須相對的提昇設備之功能。提升在地能源的使用比例藉以降低輸電損失為現代化電網的目地之一。此外，不管是產業或民生需求，對於供電品質的需求不斷提升，推動智慧電網的之迫切性已不可言喻。

表 4.2 目前電網與未來現代化電網特性比較表

Electromechanical	機電式	Digital	數位式
One-way communications (if any)	單向通訊	Two-way communications	雙向通訊
Built for centralized generation	集中式發電	Accommodates distributed generation	分散式發電
Radial topology	輻射狀架構	Network topology	網狀架構
Few sensors	感測器數量少	Monitors and sensors throughout	感測器數量多
"Blind"	盲目	Self-monitoring	自我監測
Manual restoration	手動復歸	Semi-automated restoration and, eventually, self-healing	自癒
Prone to failures and blackouts	可能導致故障或崩潰	Adaptive protection and islanding	適應性保護與隔離
Check equipment manually	設備手動核對	Monitor equipment remotely	設備遙測
Emergency decisions by committee and phone	委員會決策	Decision support systems, predictive reliability	決策支援
Limited control over power flows	有限的電力潮流控制	Pervasive control systems	普及的控制系統
Limited price information	有限的價格資訊	Full price information	公開的價格資訊
Few customer choices	用戶選擇少	Many customer choices	用戶選擇多

目前獨立發電業者的售電量佔全島約 24%，故本公司仍為台灣最主要的電力供應者，對建構現代化電網應責無旁貸。未來，本公司宜參考國外電力公司經驗，持續擬定智慧電網各階段在台灣發展的要項，除協提供智慧電網產業的研究與發展之藍圖外，亦可更強化本公司供電品質以達雙贏的目標。

2.分散型能源(Distributed Energy)

電力是現代人日常生活中，不可缺少的能源，也是經濟發展的命脈。發電廠藉由高壓輸線路及變電設備，將電力輸送至家中，是一般民眾對電力事業的既定印象。其實，生活周遭的電力來源並不局限於此。如停電時，重要設施(如醫院)或民生用戶(如攤販)常使用不斷電系統或柴油發電機渴緊急啓動當作備用發電系統可，都不需透過輸變電線路而維持供電狀態。

過去，輸電系統是針對集中式發電系統所設計的，所以不適合分散型電源。石化能源枯竭，新能源有其必要性。分散型電源

(Distributed Generation, 以下簡稱 DG) 一般係指發電規模較小而可與系統併聯或獨立運轉之新型態發電技術。分散型電源適合公用電業、群聚用戶及電力市場參與者。與大型或集中式電廠比較，DG 產生之污染較少，可直接裝設於負載中心(或與負載中心鄰近之地點)，如工業區、商業大樓或社區等。例如，熱電聯產系統(Combined Heat and Power, CHP) 是指在單一過程中同時產出熱能與電力的分散型電源發電技術，CHP 兼具有回收廢熱之優點，整體能源利用效率較傳統發電技術高，對節能及環保均有貢獻。另外，分散型電源因鄰近用戶負載端設置，可降低輸配電投資，並有助紓解上游輸變電系統傳輸瓶頸及降低潮流損失。

分散型電力之興起與應用，雖已在許多先進國家受到廣泛的討論與重視。因其併聯電壓等級以低壓配電階段為多。系統之保護議題涵蓋：逆向電力、電壓控制、短路電流之保護、接地之保護、防止孤島運轉、自動限制負載、線路失電壓偵測保護、常態電壓變化對應設備、瞬間電壓變化對應設備等。且各地區國情不同，所需重視之議題不盡相同。太陽能、燃料電池、微型氣渦輪等新型能源或技術目前均因發電成本尚高而僅於小規模開發，必須等到成本價格降低具有競爭性時，才可能普及設置。依目前再生能源發展現況，發電成本雖尚昂貴，但不應就此排除而不加以利用。本公司未來電網之強健性需能滿足各類再生能源之併入系統。

3. 微型電網(Micro Grid)

如圖 4.1 所示，微型電網係由分散式能源系統元件(包含負載與分散式電源)相互連結而成的電網，可獨立運轉或併入大型電網運轉。圖中 DER 表示分散式能源資源(Distributed Energy Resources, DER)，如太陽能、燃料電池、微型氣渦輪等型式之能源。分散式電源利用先進控制及通訊技術可將微型電網系統最佳化，亦將再生能源、儲能設備等多樣化能源與負載作最有效率的利用。在地能源就近供應負載，送電距離短且線損小，可大幅度提高系統運轉效率及加強可靠度與安全性。微型電網的強項在於可獨立運作(孤島運轉模式)，微型電網內重要負載可不因大型電網停電而斷電，亦即在大型電網斷電瞬間可無間斷地將重要負載轉由微型電網供應電力。配合智慧型電網的建構，微型電網的功能與效益可大幅發揮。

在日本福島核災後，全球電源之規劃政策及開發時程正進行著重大的重新評估。輸變電設備因人為攻擊或天然災害所肇致之嚴重斷電情形，突顯目前集中且大型式電源或電網事故後影響範圍廣大之缺點。此刻，可獨立運轉又能在地發電及供電以降低電力損失的微型電網技術逐漸受到全球產界所關注。微型電網可強化電網供電的可靠度，其多樣式發電系統與儲能系統降低對集中式電網的依賴度。由於再生能源有分散性及發電量小的特性，基本上不需受調度中心指令經由高壓電網轉輸給其他地區用電之需，而是直接引供給當地負載。

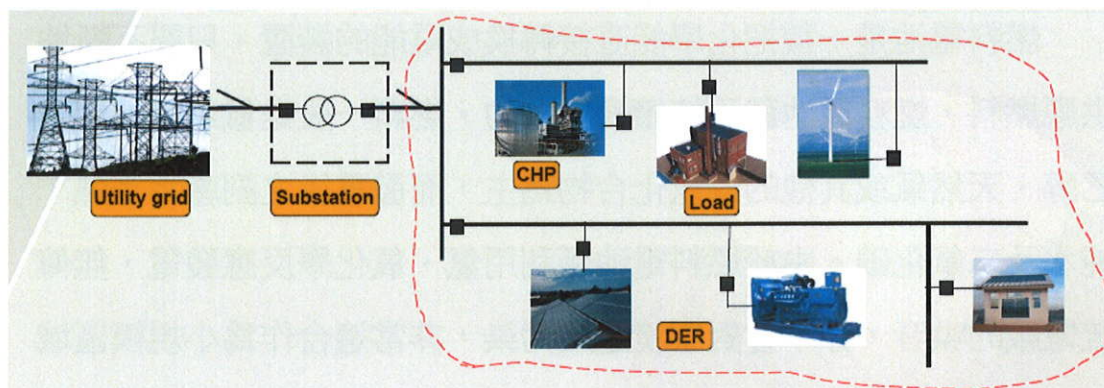


圖 4.1 微型電網示意圖

4. 再生能源(Renewable Energy)

能源可概分為再生能源和非再生能源，就如同字面上的定義，可以再生利用的能源就稱之為再生能源；反之就稱之為非再生能源。像煤、石油、天然氣、核能就是非再生能源。另根據聯合國環境規劃署（United Nations Environment Programme, UNEP）的定義，「再生能源（Renewable energy）」係指能取之不盡的天然資源，而再利用過程中不會造成污染，例如地熱能、水力能、潮汐能、太陽能、風能、生質能等，都是藉由自然界的能量轉成為人類可使用之能源。石化燃料雖亦是自然形成，但因形成時間需億年以上，故將煤、石油、天然氣等歸類為非再生能源。除了水力外，目前世界上較具發展潛力的再生能源有風能、太陽能、地熱、海洋能及生質能等，其中以地熱發電、太陽能發電與風力發電於技術上已臻成熟並有電廠實際運轉經驗，惟就容量規模與經濟效益上仍難與傳統發電方式競爭。將再生能源有效且經濟的轉換為一般民生供電，已成為先進科技國家兼顧環保與發電的重要產業發展政策之一。

燃料電池是一種把化學能直接轉換成電能的裝置。只要不斷地供應燃料，燃料電池就可持續輸出電力。燃料一般是氫氣、甲醇、乙醇、天然氣或其他的碳氫化合物為主，而發電後之副產物是熱、純水及二氧化碳。由於燃料電池係利用氫、氧化學反應發電，無傳統電廠的噪音，亦不會對環境造成污染，非常適合作為小規模區域供電，例如用於電動車輛以替代汽油或柴油、手機或家用電器等設備。

生質能就是利用生質物經轉換所獲得的電與熱等可用的能源。生質物則泛指由生物產生的有機物質，例如木材與林業廢棄物、農作物與農業廢棄物、畜牧業廢棄物、廢水處理所產生的沼氣、垃圾掩埋場與下水道污泥處理廠所產生的沼氣等。生質能利用的技術其轉換為能源的方式可概分為直接燃燒、物理轉換、熱轉換、化學與生物轉換等技術。如把廢棄物直接燃燒以產生熱能與電力，就屬直接燃燒技術。例如現有的大型垃圾焚化廠，可具有焚化垃圾及發電之功能。

如圖 4.2 所示，太陽光電車及電動汽機車之推廣除減少空污外，就是著眼於再生能源發電技術成熟後利用其較環保之電力取代汽柴油。



圖 4.2 太陽光電車及電動車充電站

5. 儲能設備(Energy Storage)

目前再生能源發電型式以風能及太陽能為大宗，但其非連續性發電特性易對電網運轉造成衝擊。倘若可利用儲能設備將其電能予以儲存，再依系統需求適時併入電網運轉降低系統衝擊，以提高再生能源發電供電品質及可靠性。超導材料，又稱為超導體 (Superconductor)，係指在特定溫度以下，呈現電阻為零的導體。目前電網設備設，如發電機、電動機、變壓器及輸電線等重要元件均有電阻及電感特性，因此在電能產出及傳輸的過程中將有部份能量損耗且轉變為熱。利用超導體零電阻的特性製造的儲能設備稱為超導儲能系統 (Superconductive Magnetic Energy Storage, SMES)。超導體電感線圈內之電流是沒有線路損失的，搭配電力電子換流器快速反應之特性與外部電網做實功率及虛功率之交換，以提高電力系統穩定性及改善供電品質。SMES 並非是一個新興的研究領域，然其未來潛力確值得期待。SMES 之應用可取代傳統抽蓄電廠於離峰時段抽水儲能及高成本電廠尖峰時段之發電。除成本考量外，以現今超導體技術超而言載流能力尚不足以應用於大型電網。圖 4.3 為超導儲能系統應用於風場之示意圖。

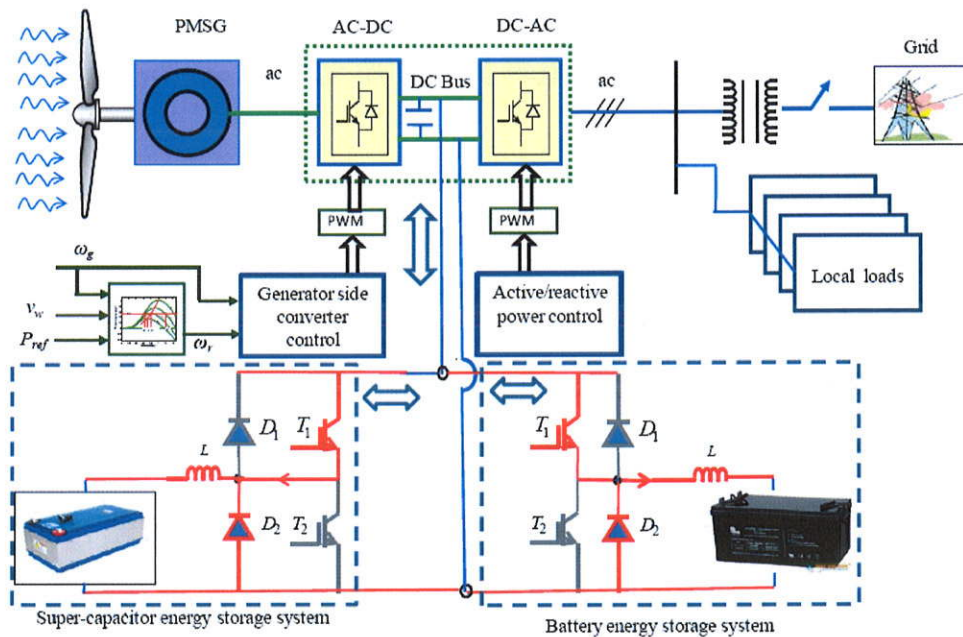


圖 4.3 超導儲能系統應用於風場之示意圖

6. 離岸風力發電廠(Offshore Wind Farm)

配合國家再生能源政策，本公司將持續研擬大容量之再生能源開發(如離岸風力)。依據本公司 93 年委託工研院能資所完成之「台灣西部海域離岸式風力發電廠址初步評選研究」報告結論：『我國桃園至台南間水深 -5m 至 -20m 海域中以彰化及雲林為優選，鑒於雲林廠址與工業局規劃之離島基礎工業區範圍有所重疊，開發計畫是否相容尚待釐清，本公司爰考慮優先開發彰化離岸風力廠址。』。故本公司未來將以進行彰化離岸風力發電計畫開發案為優先考量。

電網併聯分析項目包括鄰近之風況資料蒐集、相關地理條件之調查(包括自然及社會人文條件)、風況觀測、風況特性及風能之分析評估、風力機設置地點、風力機規模設定(容量、台數、配置)、風力機種選定、風場內部電網連接及併網方式評估、環境影響評估(景觀、噪音、陰影、民情)、計畫經濟性分析等。未來，大型離岸

風場預期對系統電網將存在若干的潛在衝擊。大型風場風機需具備提供電壓、頻率及電力調整之相關能力。另風機最大持續發電能力、無效電力需求、突入電流、電壓閃爍貢獻、諧波電流貢獻等之相關規範於細部規劃階段亦需一併評估。

本次年會共發表論文 1070 篇，其中 1 篇係由清華大學朱家齊教授與本處同仁共同發表，論文題目為「Impacts on the Transmission Grid for Integrations of Renewable Energy in Taiwan」。論文中說明彰化離岸風場對台灣電力系統之影響，尤其電力潮流項目對中部地區 161kV 系統影響較大，需有相對的因應措施以改善潮流瓶頸。國外專家對台灣西岸設置離岸風場非常感興趣，尤其台灣地理及氣候環境(如颱風、地震)對風機之影響。圖 4.4 為彰化離岸風場及澎湖風場示意圖。

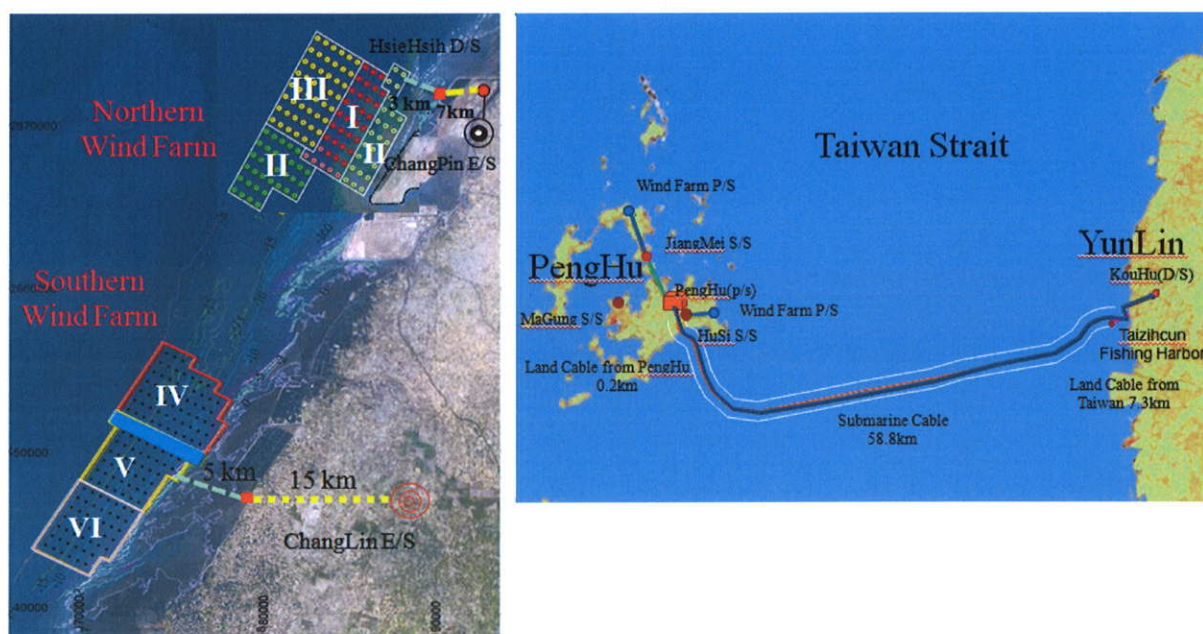


圖 4.4 為彰化離岸風場及澎湖風場示意圖

五、智慧變電所規劃與電力系統檢討實習摘要

本次出國於舊金山之行程係委由 Quanta Technology 公司安排。除該公司人員外，亦與當地電力公司討論智慧變電所(Smart Substation)規劃及其它電網議題以瞭解美國電網公司最新規劃技術策略與經驗。智慧型電力控制設備及再生能源併網技術為建構未來電網所必須之要件。Quanta Technology 為美國一家知名顧問公司，對電網規劃、風險評估、電廠併網分析、負載管理、可靠度分析及資產最佳化投資等領域均有所長。另太平洋瓦斯與電力公司(Pacific Gas and Electric Company, PG&E) 創立於 1905 年，總公司位於舊金山，為提供北加州地區天然瓦斯和電力等公用事業的主要公司。PG&E 服務範圍約 7 萬平方英哩，用戶約 5 百萬戶(約 1 千 5 百萬人)。經由與前述兩家公司專家討論並交流系統規劃理念以獲得最新電力系統技術及實務經驗。本次出國實習主要心得敘述如下：

5-1 智慧型電網(Smart Grid)

未來電網將是一個整合發電、輸電、配電及用戶的先進電網系統，兼具自動化及資訊化的優勢，能達到自我監視、診斷及修復等功能。電力網路未來將以新的電力電子與資料、通訊技術(Information Communication Technology, ICTs) 為基礎，發展為智慧型電網 (Smart Grid) ，智慧型電網雛型如圖 5.1 所示。

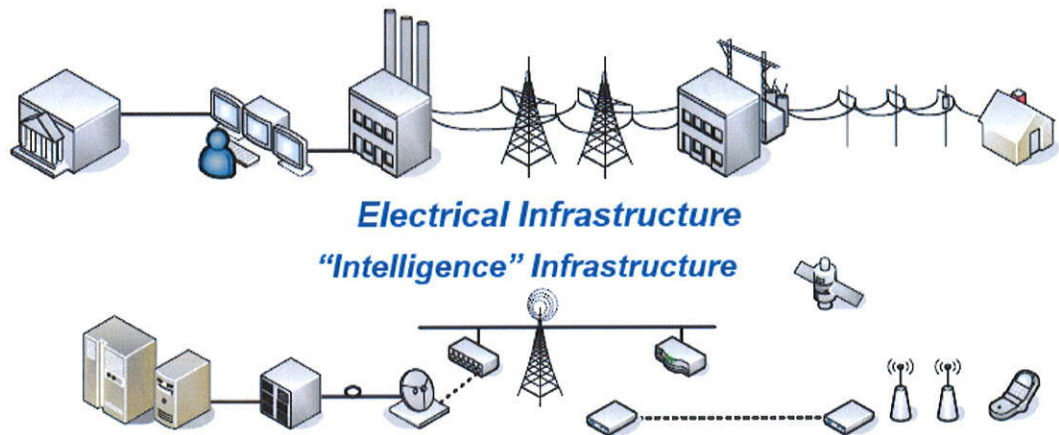


圖 5.1 智慧型電網

輸配電設備建置日益艱難、全球氣候變遷之影響、傳統能源日漸枯竭、分散型電源技術之成熟及民眾與工業界對供電品質、效率、服務的要求成就智慧型電網之優勢。為提高因應外在系統情境改變之能力，發展智慧型電網已是全球電力公司必須面對的事實。建構智慧型電網所需之相關技術繁多，諸如：

1. 電源、電網及變電所調度自動化：中央調度控制中心(CDCC) 及區域、配電調度控制系統 (ADCS、DDCS)
2. 饋線自動化：饋線調度控制系統(FDCS)
3. 電壓及虛功控制：靜態虛功補償器(STATCOM)、電壓驟降補償器(DVR)、虛功元件控制(RPDC)應用程式
4. 設備狀態監測、預知保養：智慧型電子元件(IED) 及紅外線檢測技術
5. 系統保護：保護電驛數位化、特殊保護系統(SPS)
6. 先進讀表基礎建設(如智慧型電表)與用戶服務自動化：用戶藉由改變用電型態及電力公司提供更具彈性的電價選項，以幫助用戶減少電費支出。
7. 負載管理及負載、風力、日照預測

8. 光纖乙太網路系統建置

9. 儲能系統應用

10. 設備維護管理

整合發電、輸電、配電及用戶等全系統電網架構以有效利用既有設備能力方可達到節能減碳及提高供電可靠度的目標。如圖 5.2 所示，PG&E 鼓勵用戶參與 Smart Grid 計畫，調整用電行為以降低電費。當電價趨向高檔時段，PG&E 也可透過 E-mail、簡訊及電話等方式通知用戶相關即時資訊。

Smart Grid Benefits



Customer Savings

Customers will have access to more information and opportunities to save money by using less energy and using it when costs are lower.



Reliability

Through improved monitoring and management technologies, the Smart Grid will self-heal by redirecting energy during power outages to provide more reliable service.



Efficiency

Greater information and control over the grid will allow operators to draw energy supply from more efficient, renewable resources and optimize the grid assets.



Economic

Improved reliability will benefit California's industries. Green jobs from the new energy economy will help grow new opportunities in California.



Environmental

The Smart Grid is necessary for the efficient integration of renewable energy, leading to fewer greenhouse gas emissions and reduced use of peak energy generators.

圖 5.2 PG&E Smart Grid 計畫目的

5-2 智慧變電所(Smart Substation)規劃

智慧變電所，涉及各種專業領域器材、設備之應用及技術能力，目前國際上實務方面的應用比較少見，而且因各個國家的國力、科技能力之差異性，其智慧電網發展步調也有所差異。變電所為電源、負載、輸電線路等之匯集點。未來智慧型變電所將具備分配電力、系統控制及操作以增進供電之可靠性與設備維護運轉之靈活性。亦即變電所將具自動化、資訊化的優勢，經由自我監視、診斷及修復等功能，提高整體電力系統強健性。PG&E 於 2009 年 7 月起於變電所建置重要設備線上狀態監測及特殊保護系統以隔離事故及自動復電，儘量減少人力以提高電網效能化及可靠度。PG&E 表示：結合測量、控制與通訊、資訊技術及電腦技術的智慧變電所目前仍僅於先導(試驗)性階段。例如迅速偵測事故地點及故障電流值等訊息對提昇服務品質及降低維護成本助益甚巨。另通訊協定(Protocol)的一致化是智慧型電網的基礎，達成所有廠家設備間資訊互傳、互動及通訊之目標。利用寬頻電力線通訊及監控系統技術，監控中心藉由監測設備內裝置嵌入式的感測器及利用寬頻電力線通訊可適時取得事故地點、開關場狀態、變壓器負荷等資訊，有助於事故之防範及資產的有效使用。

惟實務上所需技術能力及各種先進設備之應用仍有限。倘若分散式感測器(distributed sensors)、遙控裝置(remote control devices)、智慧型電子元件(IED)、靜態虛功補償器(STATCOM)、電壓驟降補償器(DVR)、保護電驛數位化、特殊保護系統(SPS)及數位通訊網等設備建置齊全後，可發揮下列預期效益：

1. 自動偵測及回應網路問題及故障(automatic detection and response to network problems and faults)。
2. 減少停限電頻率及持續時間(reduce outage frequency and duration)。
3. 減少線損及竊電(decrease energy loss and theft)。
4. 改善電力品質監控、調整電力潮流、可靠度(improvements in power quality monitoring and rectification and reliability)。
5. 視情況進行維修，以減少支出(reduce expenditure through condition-based maintenance)。

為確保各項設備於操作時，除設備本身功能及人員的安全外亦不得危害系統安全。智慧變電所在規劃設計時，須事先彙集相關專業訓練操作人員的經驗及各種系統擾動後的運轉因應作為，如果因事故干擾而無法安全運轉時，也必須能自動與事故系統隔離，以確保其他健全電網之安全。為研究各種事故、干擾下能達到運轉安全，規劃者可以事先提出特別的需求，以改善相關設備之功能。

5.3 PG&E 系統停電事故地圖(System Outage Map)

當停電發生時，PG&E 的優先重點就是恢復供電。該公司網頁提供停電資訊、通報停電及在長期停電時申請補償之辦法等資訊供用戶參考。如圖 5.3 所示，系統停電事故地圖顯示 PG&E 供電範圍，並以顏色區分停電事故所影響之用戶數。若欲了解小區域停電資訊，

亦可點選進入該區域以取得停電事故所影響之用戶數、事故原因、修復人員動向、何時停電及預估復電時間等資料，如圖 5.4 所示。

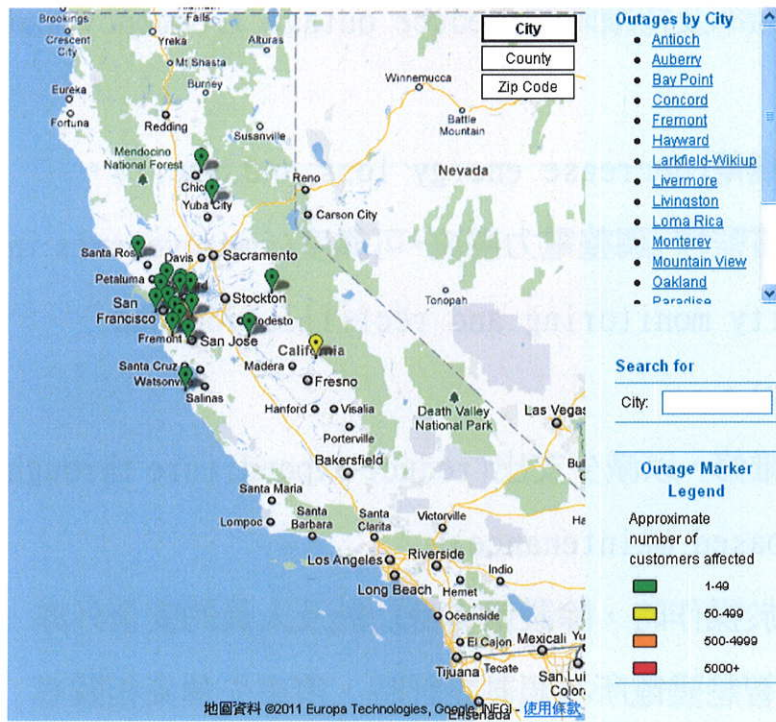


圖 5.3 PG&E 系統停電事故地圖(System Outage Map)

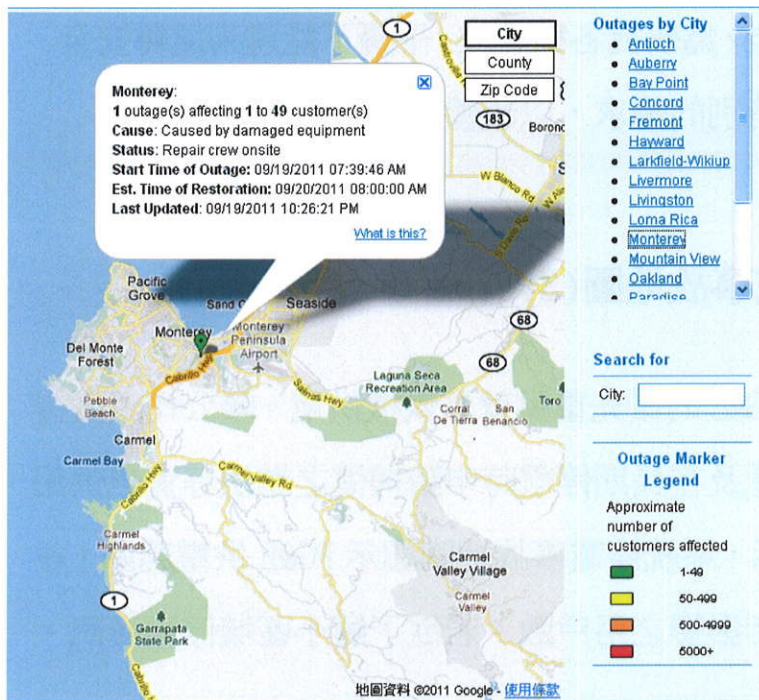


圖 5.4 小區域停電資訊