

行政院所屬各機關因公出國報告書  
(出國類別：考察)

# 再生能源之運用發展 及 併入配電系統衝擊影響

服務機關：台灣電力公司

出國人員：(九等電機工程師)

姓名	職稱	單位	姓名代號	出國計畫
李劍冬	配電技術專員	業務處	867541	97年度第113號

派赴國家：美國、日本

出國期間：97年9月8日至97年9月20日

報告日期：97年11月7日

## 出國報告審核表

出國報告名稱：再生能源之運用發展及併入配電系統衝擊影響考察		
出國人姓名(2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位
李劍冬	九等電機工程師	業務處
出國期間：97年9月8日至97年9月20日		報告繳交日期：97年11月7日
出國計畫主辦機關審核意見	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依限繳交出國報告</li> <li>2. 格式完整 (本文必須具備「目地」、「過程」、「心得及建議事項」)</li> <li>3. 內容充實完備.</li> <li>4. 建議具參考價值</li> <li>5. 送本機關參考或研辦</li> <li>6. 送上級機關參考</li> <li>7. 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"/> 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</li> <li><input type="checkbox"/> 8. 本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表：  <input 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_____</li> <li><input type="checkbox"/> 9. 其他處理意見及方式：</li> </ol>	
層轉機關審核意見	<ol style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 1. 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分_____ (填寫審核意見編號)</li> <li>2. 退回補正，原因：_____</li> <li>3. 其他處理意見：</li> </ol>	

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、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。
- 三、審核作業應於報告提出後二個月內完成。

報告人：	單位	主管處	總經理
	主管：	主管：	副總經理：

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：再生能源之運用發展及併入配電系統衝擊影響考察

頁數\_\_\_\_\_ 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)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

李劍冬/台灣電力公司/業務處/九等電機工程師/(02)2366-6703

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：97年9月8日至97年9月20日 出國地區：美國、日本

報告日期：97年11月7日

分類號/目 G3/電力工程(能源)

**關鍵詞：**EPRI、MicroGrid、AWEA、RPS、Geothermal、Biomass、LEED、  
CAES、HVDC、

內容摘要：

面對石化燃料儲量有限及所造成環境危害問題，能源效率的提升及再生能源的發展應用已是全世界開發中及已開發國家積極研究與推展的首要工作，隨著世界科技進步的潮流趨勢，運用天然能源如風力、太陽能、地熱、生質能、潮汐及小水力等發電技術且併入電網商轉營運已成大勢所趨。

為配合政府推動再生能源政策，公司正積極投入其發展相關工作，惟國內業者因優惠收購等相關獎勵措施預期利多考量下，申請太陽能、

小型風力及水力等再生能源併聯配電系統數量漸多，且再生能源因地域因素影響，與電網併接位置受限，長久考量其衝擊問題將漸浮現。

本文將詳述本次考察美、日電業發展再生能源技術，對國外先進國家再生能源技術發展及應用做深入簡出的探討報告，並就技術面及管理面深入了解其併聯配電系統衝擊影響，以求進一步分析其併聯配電系統後面對可能衝擊之因應對策，以為本公司再生能源併網技術之健全發展借鏡。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網

(<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

# 再生能源之運用發展及併入配電系統衝擊影響 出國考察報告目錄

## 目 錄

壹、出國目的 .....	7
一、緣起 .....	7
二、目標 .....	7
三、實施要領 .....	7
四、預期成果 .....	8
貳、出國過程 .....	9
一、出國行程(含參訪單位).....	9
二、參訪過程及考察內容綜論.....	9
參、出國考察心得 .....	34
肆、出國考察對公司之建議.....	39
一、就資源及環保面.....	39
二、就制度及法規面.....	39
三、就技術及研發面.....	40
伍、參考文獻 .....	42

## 圖 目 錄

圖一 美國加州 2010 年各類再生能源預定達成目標 .....	10
圖二 加州風能資源分布圖 .....	11
圖三 PATH-46 輸電線路分佈示意圖.....	12
圖四 棕櫚泉(PALM SPRINGS)旁SAN GORGONIO PASS風力農場之一 ...	12
圖五 棕櫚泉(PALM SPRINGS)旁SAN GORGONIO PASS風力農場之二 ...	13
圖六 棕櫚泉(PALM SPRINGS)旁SAN GORGONIO PASS風力農場之三 ...	13
圖七 棕櫚泉(PALM SPRINGS)旁SAN GORGONIO PASS風力農場之四 ...	14
圖八 風力電廠風機電力收集併網運轉示意圖 .....	14
圖九 SAN GORGONIO PASS風力電廠風機電力收集之配電線路 .....	15
圖十 太陽能發電未來應用發展趨勢示意圖 .....	16
圖十一 屋頂太陽能發電系統裝設實例照片 .....	17
圖十二 加州塔夫設置的一處太陽能面板 .....	18

圖十三 地下熱能發電(GEOTHORMAL)與各發電方式排放氣體量比較圖	19
圖十四 複循環地熱發電系統發電示意圖	19
圖十五 南加州愛迪生電力公司(SCE)2010年再生能源配比目標	20
圖十六 舊金山那帕山谷蓋雅那帕谷飯店(GAIA NAPA VALLEY HOTEL)	21
圖十七 未來再生能源發展之研究方向示意圖	23
圖十八 逆送潮流引發保護設備跳脫問題示意圖之一	25
圖十九 逆送潮流引發保護設備跳脫問題示意圖之二	25
圖二十 現今與未來可能發展之電力傳輸供應型式比較圖	26
圖二十一 高壓交流電流傳輸(HVAC)在600MW離岸風場配置示意	27
圖二十二 使用(LCC)-(HVDC)系統於500MW風場之基本配置圖	27
圖二十三 應用VSC HVDC系統於500MW風場之基本配置圖	28
圖二十四 離岸風力電廠之實景圖	28
圖二十五 風力電廠監控系統架構示意圖	29
圖二十六 壓縮空氣能源儲存(CAES)技術原理示意圖	30
圖二十七 各類太陽能薄膜電池產銷現況	31
圖二十八 太陽能薄膜電池產銷預測圖	32
圖二十九 納米材料製作的鋰離子電池樣品	33
圖三十 P174號計畫(PROGRAM 174)發展及研究內容	33
圖三十一 名古屋市內名城變電所側面透視圖	34
圖三十二 名城變電所冷卻水塔與環境造景融合示意圖	35
圖三十三 於棕櫚泉旁SAN GORGONIO PASS風力農場下攝影留念	36
圖三十四 東芝府中工廠的能源中心	37
圖三十五 與中部電力公司人員於名城變電所前合影留念	37
圖三十六 生質能循環發電與農牧產業結合之運作示意圖	39

## 表 目 錄

表一 歷年日本新能源發電使用目標	22
------------------	----

# 壹、出國目的

## 一、緣起

面對石化燃料儲量日漸減少且價格高漲問題，再生能源的推展及應用已是全世界開發中及已開發國家積極進行的首要工作，且如德國、美、日等先進國家，已在再生能源之發展與應用方面，有許多值得借鏡及參卓的傲人成績及研究成果，為配合政府推動再生能源政策，本公司亦正積極投入再生能源推廣及發展之相關工作。

然而對配電系統本身而言，各種再生能源由於產出位置、出力特性及容量大小不同等因素影響，與電網之併接點亦可能產生不同的衝擊影響，國內業者因優惠收購等相關獎勵措施預期利多考量下，申請太陽能、小型風力及小水力等再生能源併聯配電系統之數量將預期漸增，如此雖可預期節省可觀的石化燃料消耗並兼顧環境保護立場，惟長久考量其對電網的衝擊問題將不可等閒視之，且目前國內併聯電網運轉的再生電源(Renewable Resource)論其容量，大部分併接於配電系統中，對公司既有之放射型單向配電系統型態，產生了結構性上的極大變化，使得配電系統亦需認真考慮電網中的雙向潮流問題。

如何在技術面及管理面兼顧情況下，及在維繫配電電網正常運轉前提下，使再生電源穩定地併聯電網系統並出力，成為當前亟需研究的課題。

## 二、目標

本次考察希藉由訪察美、日 2 國再生能源領域之發展近況，觀摩國外先進國家再生能源發電系統技術之新發展及應用，並進一步瞭解其併聯配電系統後可能衝擊及因應對策之制定。

## 三、實施要領

- (一)計畫前往美、日觀摩最新發展技術應用經驗，瞭解再生能源發電系統之最新發展應用，及併聯配電系統之衝擊與因應策略，增進本公司因應小區域再生能源發電系統併入配電系統之實務處理經驗。
- (二)探討既有配電系統為配合小區域再生能源發電系統併入須在規劃、設計

法規或軟硬體設施與饋線自動化系統管理上做那些具體配合事項。

#### 四、預期成果

- (一)觀摩美、日先進國家再生能源發電系統技術及目前之發展與應用，藉以做為國內相關業務辦理之參考。
- (二)拓展國際視野，了解國外再生能源發電之先進發展及應用狀況，並對國內目前相關業務辦理所遭遇之困難提出討論並交換意見。
- (三)藉由本次禮貌性訪察廣結人脈，為公司建立跨國技術交流及請益管道。



## 貳、出國過程

### 一、出國行程(含參訪單位)

(一)97年9月8日

    往程(台北 ~ 美國舊金山)

(二)97年9月9日

    赴太平洋瓦斯電力公司(PG&E)設立之能源中心(PEC)參訪考察

(三)97年9月10日

    赴 EPRI(Electric Power Research Institute)機構訪談再生能源等相關議題

(四)97年9月11日

    往程(美國舊金山 ~ 美國洛杉磯)

(五)97年9月12日 ~ 97年9月14日

    赴南加州愛迪生電力公司(SCE)及棕櫚泉(Palm Spring)風力發電廠參觀

(六)97年9月15日 ~ 97年9月16日

    往程(美國洛杉磯 ~ 日本東京)

(七)97年9月17日

    參訪日本東芝重電公司之府中及川崎工廠

(八)97年9月18日 ~ 97年9月19日

    至名古屋參訪中部電力公司、名城地下變電所

(九)97年9月20日

    返程(日本名古屋 ~ 台北)

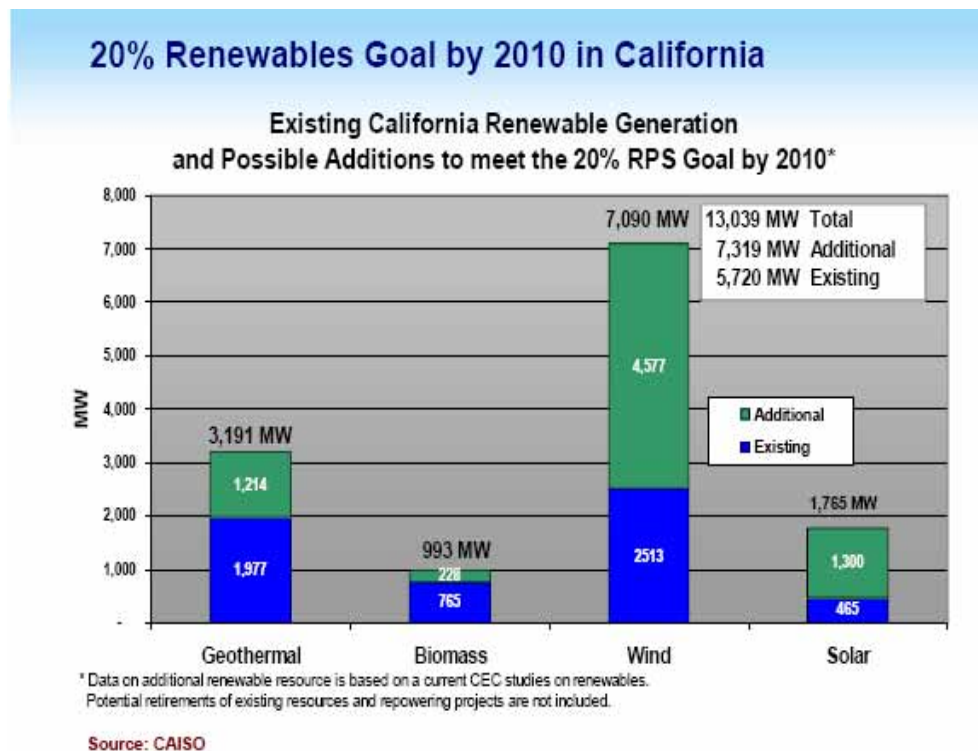
### 二、參訪過程及考察內容綜論

(一)漫談美國加州各種再生能源電力發展近況：

    加州目前民營公用電業者計有三大家，分別為北加州太平洋瓦斯與電力公司(PG&E)、南加州艾迪生電力公司(SCE)及聖地牙哥瓦斯與電力公司(SDG&E)，另有公營公用電業者包括 23 家市立電業、3 家郊區型合作性公用電業、以及 12 家其他公營電業，非公用事業發電者則包括豁免批發發電業者 (EWGs)、合格系統 (QFs)、及獨立發電業者 (IPPs)。

    諸如太平洋瓦斯與電力公司(PG&E)等大型公用事業機構將在 2010

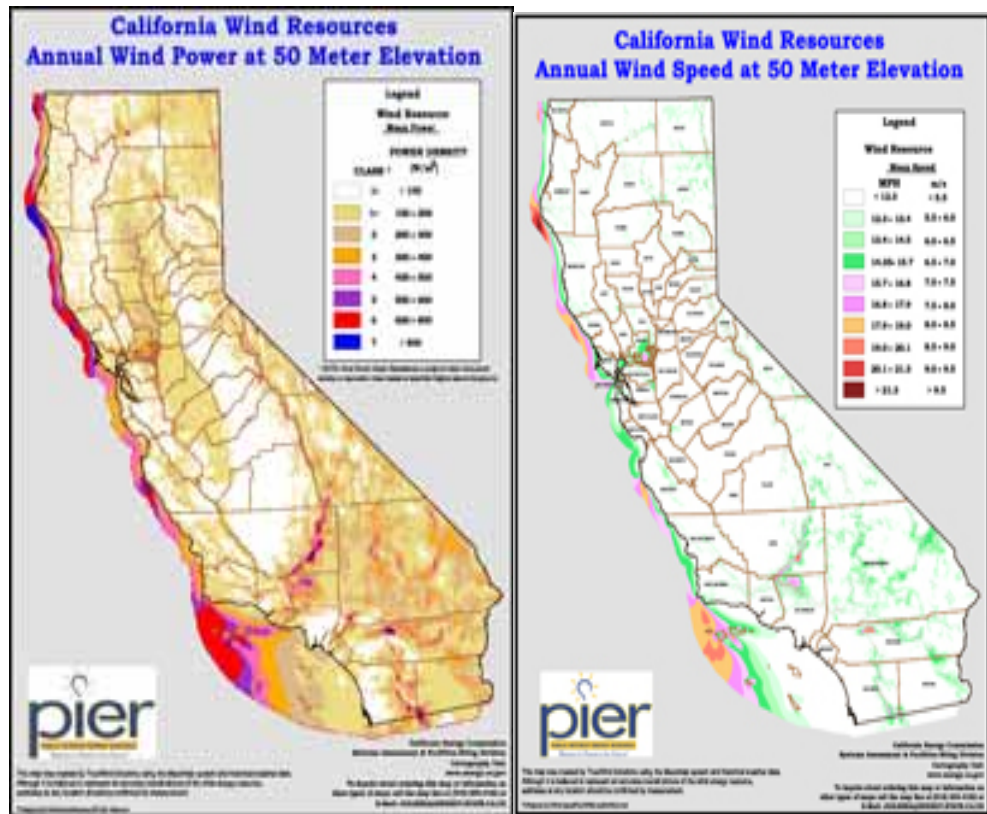
年必須有 20% 的能源產自再生資源。而太平洋瓦斯與電力公司(PG&E) 為此在 2007 年簽署兩項能源購買協議，從奧勒岡購入 85 百萬瓦風力發電，在本州購入 150 百萬瓦。



圖一 美國加州 2010 年各類再生能源預定達成目標

在美國，居民或企業用戶購置最高發電容量在 100kW 以下之小型風力發電系統，除考量當地風力資源可利用程度外，亦受其他電力供應成本高低、土地分區劃分法令與減低購置風力發電系統成本之獎勵誘因影響，加州擁有全美最大之小型風力發電系統市場，加州政府提供購置 10kW 以下之小型風力發電系統及其他再生能源系統購置成本的 50% 現金退款(cash rebate)，此外，加州州政府並提供綱領，做為縣郡訂定土地分區劃分法令參考，以避免任意訂定風力發電風車高度限制之法令。

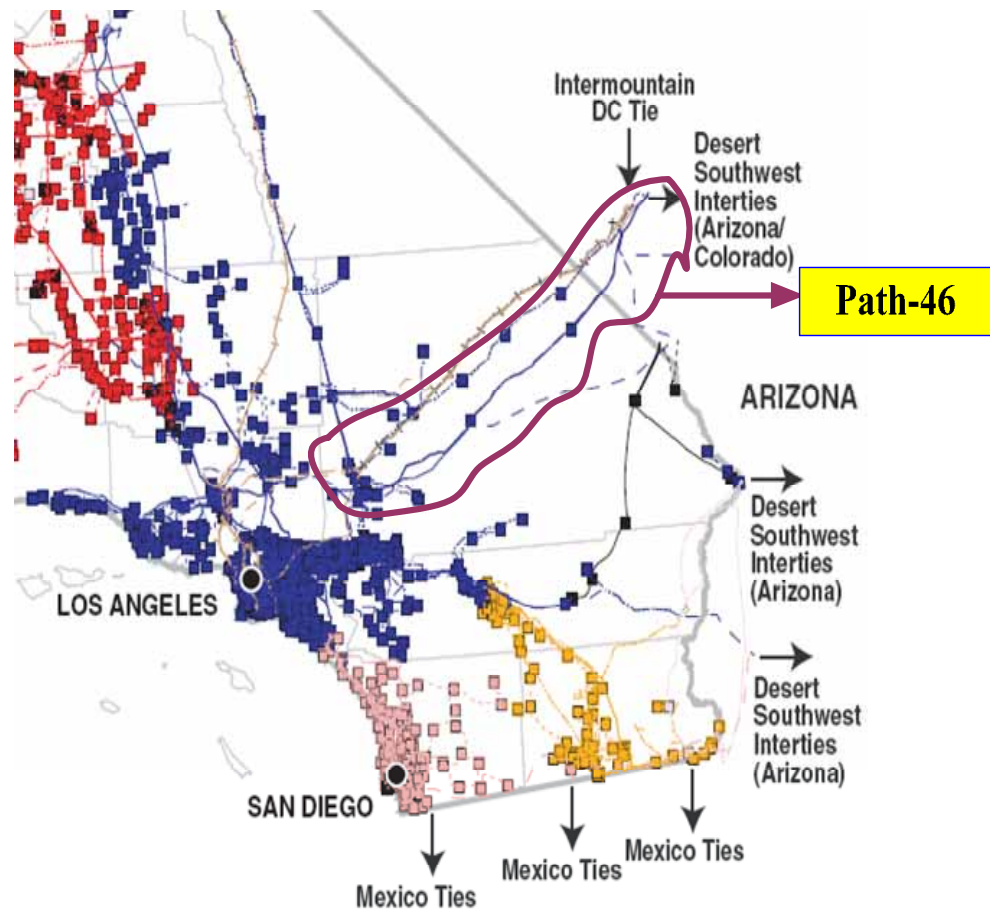
美國風力能源協會 (AWEA) 在加州州政府財源支持下，在部分選定地區發函當地居民及企業用戶，通知其提供獎勵誘因，鼓勵購買小型風力發電系統使用，同時，美國風力能源協會(AWEA)亦努力遊說國會，於未來能夠支持如下法案，即提供購買小型風力發電系統者享有 30% 投資抵減優惠，用以獎勵更多居民企業大幅投資購置小型風力發電系統，俾充分使用清淨再生能源。



圖二 加州風能資源分布圖

根據美國風力能源協會(AWEA)的報告，加州目前是風力發電量全美第二大州，在2007年風力發電量達到2439百萬瓦，僅次於德州的4446百萬瓦，在加州，平均一百萬瓦電量可提供750戶家庭一年用電所需，惟2007年新增發電量僅為63百萬瓦。發展速度卻顯已跟不上其他地區，主要原因為輸電系統需要升級，即輸電系統已面臨發展瓶頸，必需計畫與更新輸電設備、線路及與更大的電網併聯運轉。相關計畫改革已在加州獨立系統營運商的領導下持續進行，預計2013年加州將新增2000百萬瓦的風力發電電力。

本次考察順道走訪了位於棕櫚泉(Palm Springs)旁的San Gorgonio Pass風力農場(Wind Farm)，它是加州的三大主要風力電廠之一，另兩座分別為Altamont Pass 風力農場與Tehachapi Pass風力農場，經參考維基百科(Wikipedia)資料顯示，該風力電廠經由一條南加州愛迪生電力公司(SCE)的46路(Path-46)之500kV超高壓線路，將產生的電力跨越北端的聖哈辛托山頂，傳送到洛杉磯都會區與帕洛弗迪核電廠，截至2008年1月為止，該農場已經由其共3218部風機提供約615MW的電力。



圖三 Path-46 輸電線路分佈示意圖



圖四 棕櫚泉(Palm Springs)旁 San Gorgonio Pass 風力農場之一



圖五 棕櫚泉(Palm Springs)旁 San Gorgonio Pass 風力農場之二

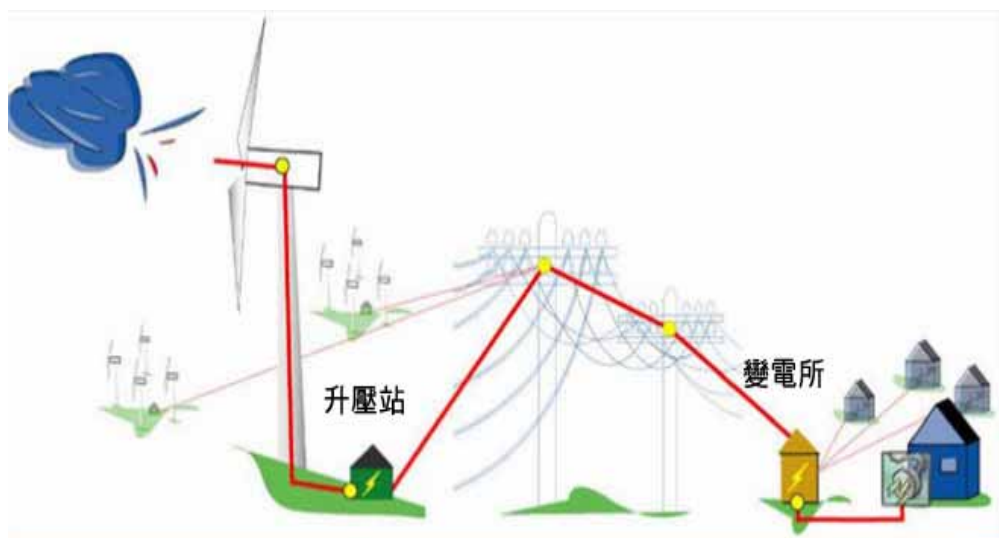


圖六 棕櫚泉(Palm Springs)旁 San Gorgonio Pass 風力農場之三



圖七 棕櫚泉(Palm Springs)旁 San Gorgonio Pass 風力農場之四

此類大型風力電廠在加州與德州沙漠地區分布頗為普遍，沿公路俯看風機設置頗為壯觀，其發電量更是不容忽視，各風機所發電量經由配電線路收集並集中於部分變電站，再由輸電線路長距離饋送電力至都會區等用電密集地區。



圖八 風力電廠風機電力收集併網運轉示意圖

隨著風機數量的急速成長，如何擴充現有輸電線路以應付供電量的

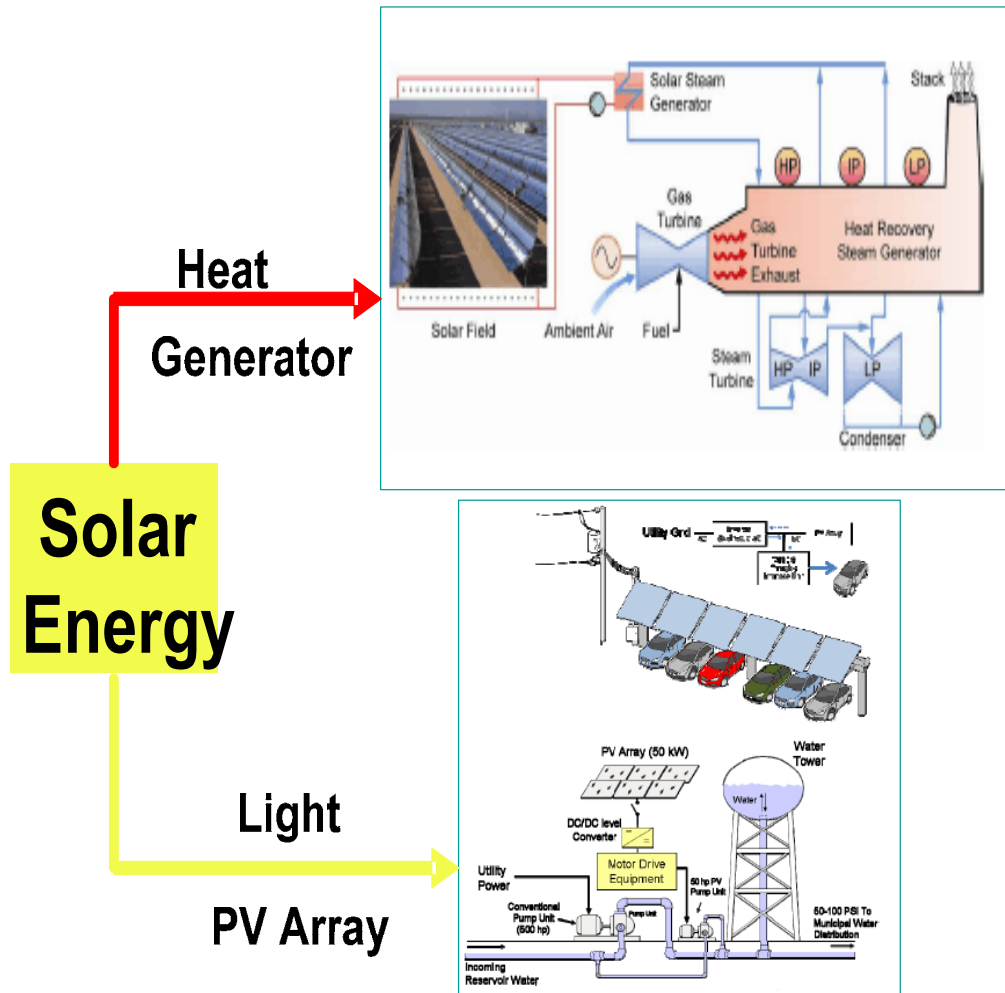
快速成長，以及如何克服長距離傳輸的大量線損問題，成為值得深入探討的議題。



圖九 San Geronio Pass 風力電廠風機電力收集之配電線路

在太陽能的應用與發展上，加州一直處於全美領先的地位，加州公用事業委員會於西元 2006 年正式通過全美最龐大的「百萬太陽能屋頂」計畫(SB1)，將在未來 11 年提撥 32 億美元給家庭、企業用戶裝設太陽能裝置。法案規劃在未來 10 年，在加州百萬個屋頂上裝設太陽能發電系統，將太陽能發電的上限由 0.5% 提升為 2.5%，整個計畫總發電規模將達 300 萬千瓦。加州乾淨能源團體人士表示，這項計畫將使美國成為太陽能領域的世界領導國家。

然而這項令人矚目的太陽能源計畫在加州政府大規模補貼下，希望在未來 11 年內，達到 100 萬戶民眾安裝太陽能發電裝置的理想目標，而這個重大政策，也勢必將如預期地帶動相關能源產業及類股達到新高點。



圖十 太陽能發電未來應用發展趨勢示意圖

該計畫執行後，加州民眾每月電力和瓦斯的能源帳單上，將要多付美金 1 元作為政府太陽能計畫經費。今後加州民眾和企業要在屋頂安裝太陽能設備時，就能夠向政府申請補助。目前一戶民眾的太陽能設備安裝費用高達二萬七千美元，在沒有政府補助下難以普及。根據新計畫，未來加州政府將能夠補貼每戶八千四百美元給有意安裝者。在新社區集體開發計畫中，開發商也必需提供民眾裝設太陽能屋頂的選擇權，以大幅度提高太陽能設備之普及率。

加州太陽能計畫，將使得有安裝太陽能設備的民眾供電自己自足，多餘電力除可透過儲能裝置儲存下來，作為晚間和陰天期間使用外，更能夠賣回給電力公司。這不僅解決加州能源費用高漲和不足的問題，也可緩和電場興建之壓力，減少環境污染。





圖十一 屋頂太陽能發電系統裝設實例照片

另外，加州舊金山市亦將提出最具雄心的太陽能計畫，希望透過給予貸款和贊助的方式，成功促使舊金山市的企業和家庭改用太陽能。所提的設置太陽能板獎勵計畫有兩部分，一是由政府提供貸款，貸款企業或家庭再經由每年的不動產稅稽徵分期還款，另一是給予退款（企業最多一萬美元、住戶則是三千至五千美元），前者須經舊金山市選民公投同意，後者須取得舊金山市監督委員會（等同市議會）的支持。

對舊金山市一般屋主而言，根據加州太陽能產業協會的估算，安裝一組三千瓩的屋頂太陽電力系統要花兩萬四千美元，假設市政府核可的退款是四千美元，州政府給的退款是七千美元，再加上聯邦政府給予兩千美元抵稅額，安裝這樣一組系統的成本就能降低逾五成，如果還取得市政府的貸款，就等於在分期付款，最後並將因為能有十年繳交便宜電費而幾乎不花錢。

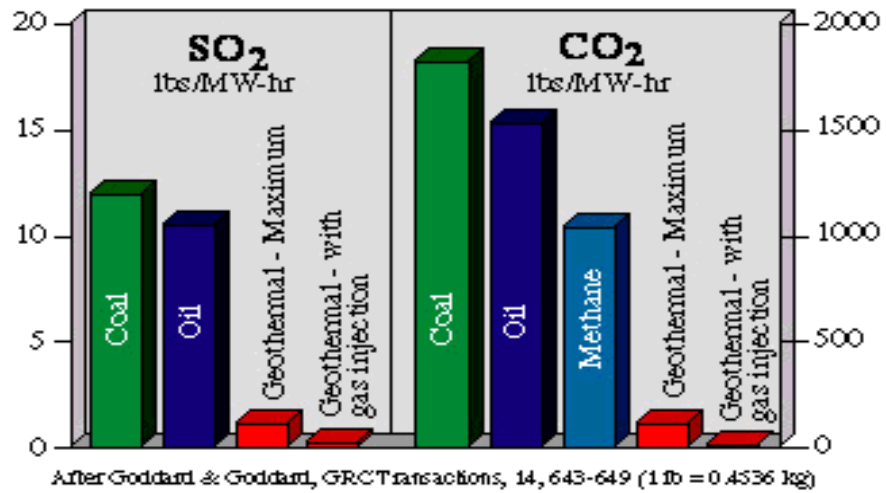
加州各地陸續傳出通過獎勵裝設太陽能板計畫的消息。柏克萊市亦通過一項資助該市屋主裝設太陽能板的案子，該市政府提供二十年期貸款，利用年度不動產稅稽徵來向申請屋主分期取回貸款。馬林郡的計畫則是給予裝設屋頂太陽電力系統的屋主五百美元的退款。



圖十二 加州塔夫設置的一處太陽能面板

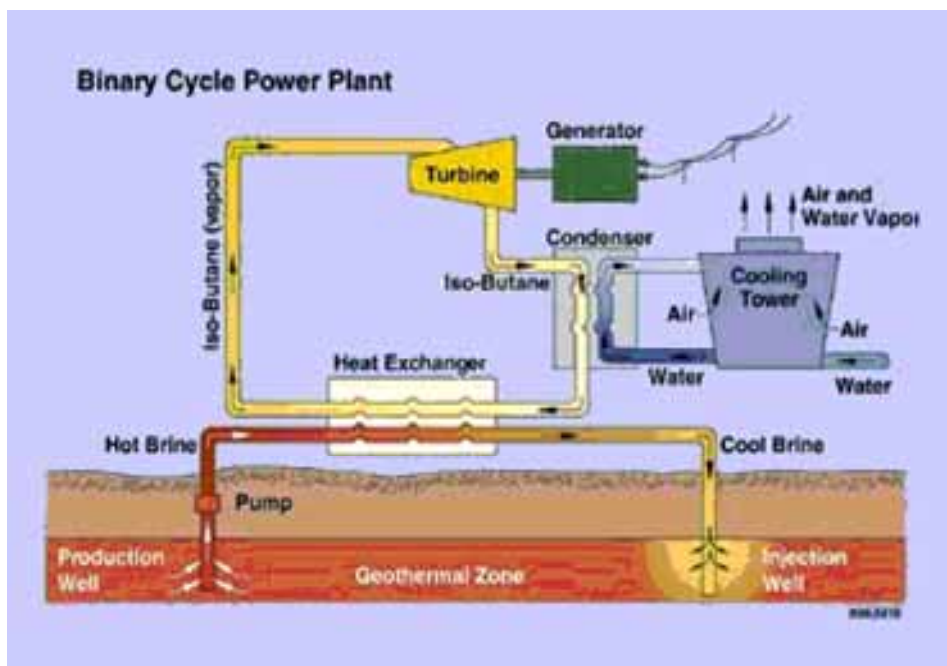
除了相關獎勵區域性裝設計畫外，加州亦將興建兩座比目前世界最大太陽能電廠大逾數倍的新一代太陽能電廠，總共將產出逾 800 兆瓦的電力。這一宣佈顯示太陽能將逐漸成為主流能源來源，對推動綠色能源有重大意義，兩座電廠的太陽能面板將覆蓋加州中部 12.5 平方哩的面積，大晴天時一天可生產 800MW 電力，相當於一座大型燃煤電廠或是一座小型核能電廠。1MW 電力約可供應一座大型沃爾瑪超市；而 800MW 的供電量預估可供應 23.9 萬戶家庭之用。

地下熱能發電(Geothermal)比用煤、天然氣或石油更環保，如圖六所見，地下熱能發電所產生的二氧化碳(carbon dioxide)及二氧化硫(sulfur dioxide)，只是天然氣的六分之一。



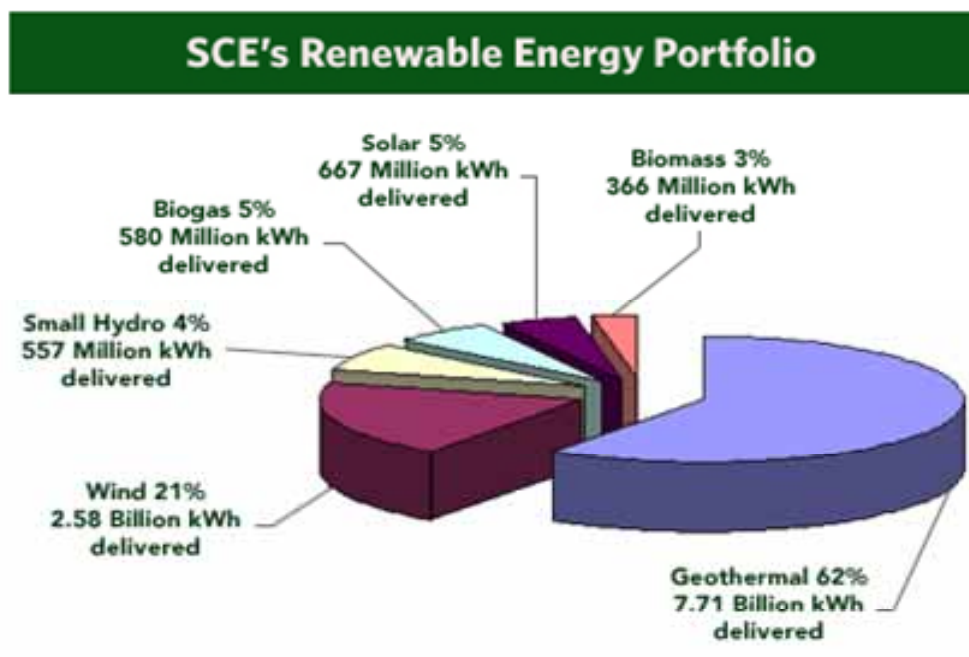
圖十三 地下熱能發電(Geothermal)與各發電方式排放氣體量比較圖

目前地下熱能發電的產量，比水力發電(hydroelectricity)和生物量(biomass)電力少，科學家認為，人類只是開發了很小部份的地底能源，一般的熱能發電只是利用近地面的熱水，但離地面三至六英哩沒有水的岩漿，所蘊藏的熱能非常龐大。美國山迪亞國家實驗室(Sandia National Laboratories)正在加州的長谷火山口(Long Valley Caldera)進行一連串的鑽探工程，希望找到地底岩漿(magma)，以協助了解評估火山活動的潛在風險，及利用岩漿熱能發電之可行性，鑽探工程分四階段進行，科學家希望，在第三階段能鑽探至離地面一萬一千呎，而在第四階段至二萬呎；當鑽探至岩漿時，科學家將放下儀器，將岩漿的熱能引至地面。



圖十四 複循環地熱發電系統發電示意圖

由圖十五的再生能源佔比目標顯示，也可明顯指出南加州愛迪生電力公司(SCE)2010年再生能源發展，將以地熱發電為主要開發目標，預定將開發 7.71 Billion kWh 的電力規模，可見加州電業對未來地熱再生能源發展及開發之重視。



圖十五 南加州愛迪生電力公司(SCE)2010年再生能源配比目標

## (二)美、日國家之在再生能源發展公共政策及獎勵推展方法：

在風力發電的發展上，加州相對德州而言，並不是風力資源豐沛的大州，但使其居於風力發電產量領先地位的，並非完全倚靠既有風力資源，而是有完善的公共政策及獎勵方法。

1978年美國聯邦政府頒佈「公共事業管理政策法案」(Public Utilities Regulatory Policies Act, PURPA)，規定電業對再生能源的併聯與收購義務，同時實施風力發電稅賦抵減措施(Production Tax Credit, PTC)，再加上加州政府的獎勵措施，投資風力發電可獲得聯邦 25% 及加州 25% 的稅率優惠，促使加州風力發電應用蓬勃發展。

聯邦政府通過再生能源配比(Renewable Portfolio Standard, 簡稱 RPS)，授權各州政府訂定適用於各州的再生能源配比，但皆非強制性，

直至 1999 年德州首先通過州政府層級之 RPS，造成該州風電裝置容量的激增，至 2005 年共有 15 個州已採用 RPS 制度。

在加州，消費者被允許透過電力交易所選購環境親和之發電技術所生產之電能，亦即綠色電力(green power)，如風力、小水力、太陽能 and 地熱等。電力交易所需確認買賣雙方之電力為綠色電力，買賣雙方即可透過交易所電力池的方式進行綠色電力交易，這也是為何加州再生能源技術及產業得以蓬勃發展的因素之一。

日本政府當局其實一直很關心地球環境問題，故近幾年積極導入再生能源，為達成 2010 年新能源佔初級能源供給 3%之目標，亦同於美國以制定 RPS 法令及提供補助金等優惠措施積極推動再生能源。預期於 2010 年新能源將較 1999 年增長 2 倍，其佔總能源供給比重亦將由 1999 年 1.2%提升為 2010 年 3.2%。

位於美國舊金山知名葡萄酒產區那帕山谷有一座蓋雅那帕谷飯店(Gaia Napa Valley Hotel)，2006 年 10 月 1 日完工即受到各界廣泛矚目，因為它是全球唯一獲得「美國綠色建築委員會」(USGBC)「能源環保設施設計領先(LEED)」金星獎的環保飯店，是全美評價最高的環保旅館，為飯店業開啟一股環保新潮流。



圖十六 舊金山那帕山谷蓋雅那帕谷飯店(Gaia Napa Valley Hotel)

蓋雅環保飯店共有 150 個房間，以環保為主旨，採用太陽能發電與節省能源的三菱系統，飯店裡光源採用特殊設計和折射的太陽管(Solor

Tube)，晴天時可以不必使用任何人工光源，在夜間時也可利用白天所儲存的太陽能；如此一來，可省下二六%的電費。並以回收材料佈置周圍環境，如回收地毯、低放射物的油漆等。

旅館建造時，為了不破壞自然環境，均不使用原始木材，而採用商業木材。為了節省資源，所用的木材，也都來自五百英里之內。飯店大廳裡裝設可告知住房旅客現在正為地球節省多少電力、多少二氧化碳和水資源的「能源指標器」。

其實，那帕谷飯店得獎的事件正反應了一個事實，即加州的能源政策已從單純的技術面考量，大量開發與興建再生能源併聯電網商轉，以避免重蹈大停電的覆轍，進步到發展全面性的「加州能源行動計畫」，將提升能源應用效率與再生能源發展工作為一整體性的組合，雖經效率提升而節省的能源並未併入電網使用，政府依然以優惠稅率獎勵其對提升能源應用效率的努力。

2003年4月，日本開始實施RPS制度，要求電力銷售業者有義務利用一定比率新能源電力，如風力、太陽能、生質能、地熱發電等、及未超過1MW的小水力發電量；關於新能源電力的價格，改由電力公司間的相對交易來決定；若超過上述價格時，電力公司應進行對象勸導，只有在勸導無效之下，才使用規定的上限價格11日圓/kWh。日本經濟產業省設定新能源發電量的使用目標為2010年達12.2TWh，將佔當時全國電力供應量比例1.35%。未來日本新能源發電量利用目標如表一。

表一 歷年日本新能源發電使用目標

單位：TWh/曆年

2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
7.32	7.66	8.00	8.34	8.67	9.27	10.33	12.20

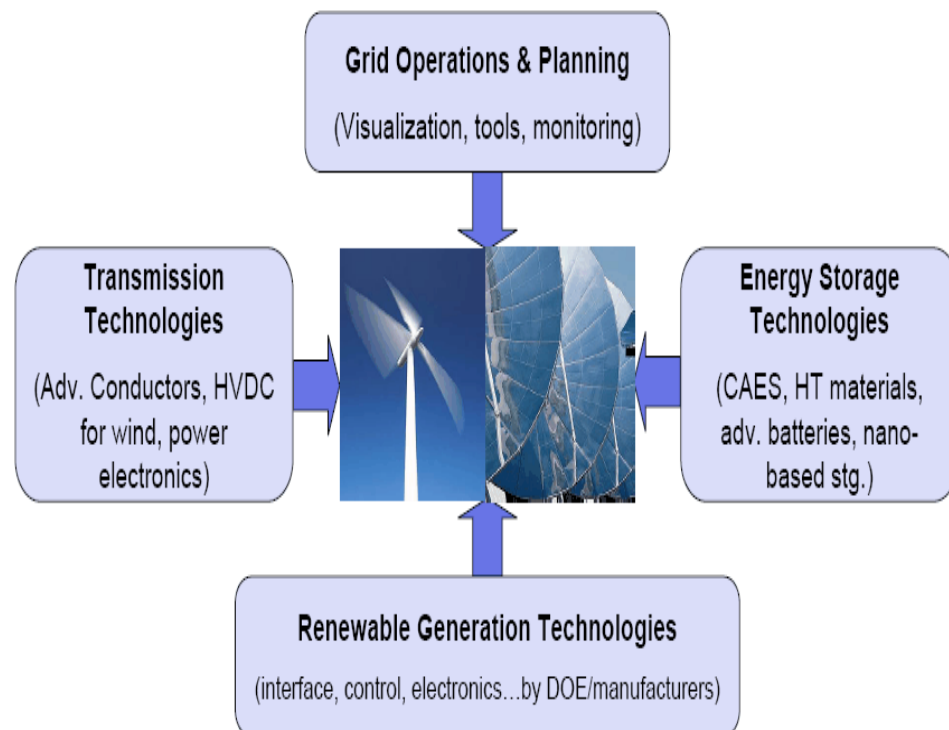
資料來源：日本經濟產業省

除了以法令引導再生能源產業發展外，日本政府對於各項再生能源之設備投資亦提供補助，以促進國內再生能源市場之擴大。2003年度日本經濟產業省在推展新能源之預算為1,568.1億日圓，較上一年度成長8.2%。為達成2010年新能源佔初級能源供給3%之目標，積極推動新能

源導入支援與環境整備，並致力於風力及太陽光發電系統安定化技術開發與推進、生質能實用技術開發與實證研究、水力及地熱發電之開發促進...等。

### (三)EPRI 訪談紀要：

本次考察特地赴北加州舊金山市拜訪位於 Palo Alto 的 EPRI(Electric Power Research Institute)專業機構，並進行有關本次考察議題之研討活動，就目前再生能源整體發展的趨勢，歸納出 4 個值得深入研究的方向：(如圖十七)



圖十七 未來再生能源發展之研究方向示意圖

#### (1)電網的運作與規劃：

再生能源依其所再地域性及其發電運轉特性與容量不同，將有可能併聯於不同電壓等級之傳輸線路中，台灣地區電力系統係屬海島型獨立系統，本島的風力發電廠，電廠機組容量依風場規模大小及台電公司再生能源併聯技術要點規定，併接於 161kV、69kV 輸電等級線路及 22.8kV

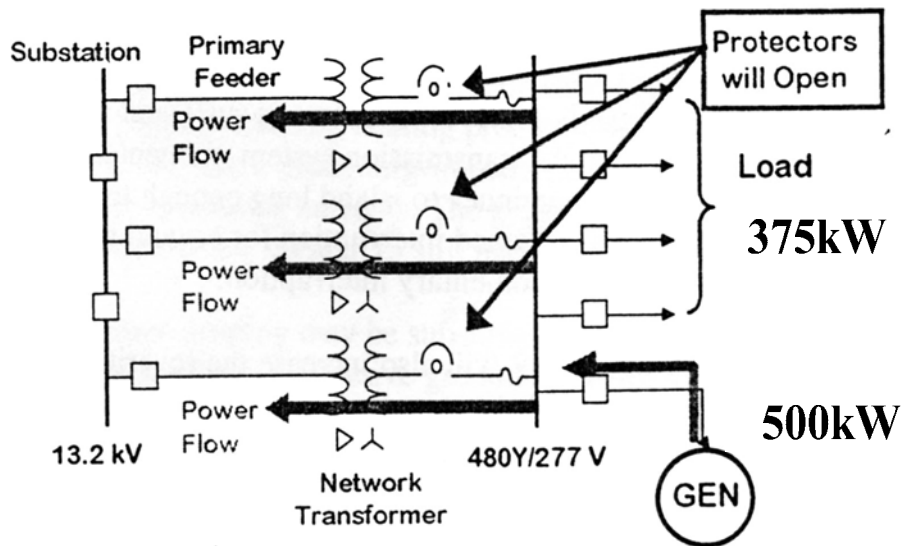
配電等級線路變電所二次側匯流排處進行商轉，而歐美國家電力系統由於發展較早，輸電線路多已跨國或跨州併聯運轉，大型風力或太陽能電廠多併聯於特高或超高壓傳輸線路上，對於不同型式及大小的再生能源電源(Renewable Resource)，併聯電力系統的等級與位置不同，對電網本身也會產生不同的衝擊影響，為此，如何確保再生能源併網運轉後供電之穩定與可靠度，成為現今再生能源併網運轉所需注意的重要課題。

對於一般大型風力或太陽能電廠而言，多因擁有量多而穩定的風力或日照等優勢條件，故較能長時間供應較大容量電力，且多併聯於輸電系統線路中，與線路上既設之火力、核能或天燃氣電廠機組之位階相同，該電源併聯電力系統正常運轉發電時就如同於傳輸線路上新設一發電機組，其對系統衝擊及運轉後電網穩定度分析已有既定的模式及許多系統模擬輔助工具可供利用。

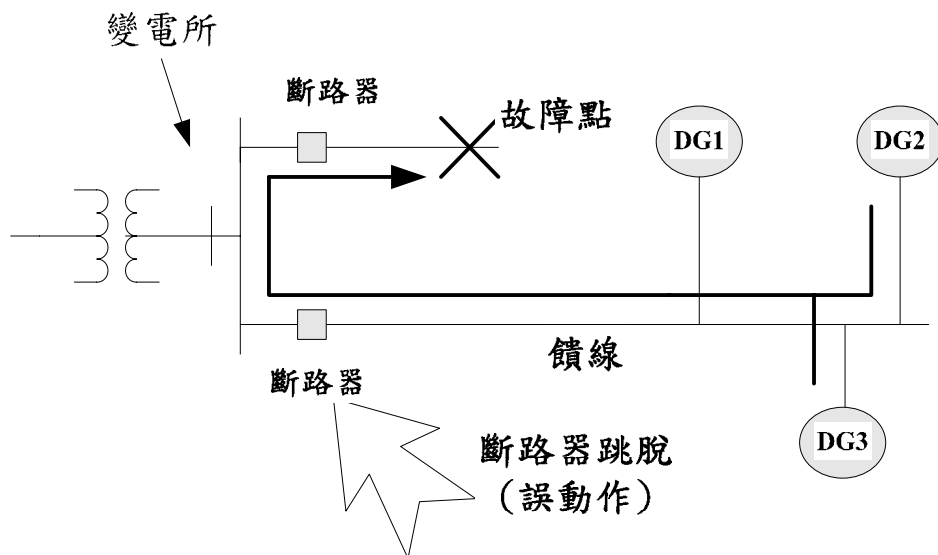
然而對台灣本島配電系統來說，長期以來大多皆為單向放射連絡型(常開或常閉環路)運轉供電，在配電系統之規劃及設計上鮮少特別考量電力潮流變化，且配電系統與輸電系統其系統暫態穩定度模擬的假設條件多有不同，例如以三相平衡條件來說，輸電系統在做電力潮流與穩定度分析時，是假設系統於三相平衡的條件下，建立系統單線圖為系統模擬與計算之依據，然而在配電系統中，由於負載特性及用戶用電種類差異頗大，三相不平衡的現象普遍存在於配電系統中，若以輸電系統的輔助模擬分析工具建立配電系統加以模擬分析，其結果將與實際運轉情形由相當大的差異，如此對於再生能源電源併入配電系統網路時的系統規劃及保護設備選用上，將造成一定程度上的困擾。

以往配電系統長期多以單向放射連絡型(常開或常閉環路)運轉供電，極少數且容量極小的分散型電源(DG)加入系統併聯運轉，其實對配電系統本身影響不大，但由於區域再生能源的廣泛加入，將造成原有系統的保護協調機制及設備規格不得不做通盤性的檢討，所產生電力潮流的問題亦需納入配電系統網路規劃與建置之考量，此時配電線路已儼然成為一小型的輸電網路，為求區域供電穩定，許多輸電網路建置時需考量的技術性問題也將一一浮現。





圖十八 逆送潮流引發保護設備跳脫問題示意圖之一



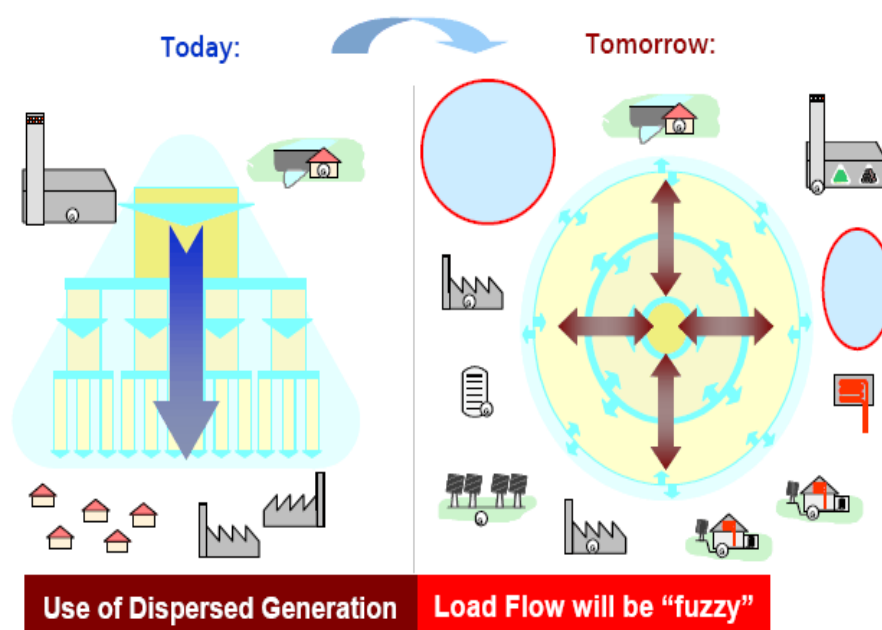
圖十九 逆送潮流引發保護設備跳脫問題示意圖之二

## (2) 電力傳輸技術：

如歐美等先進國家，由於幅員遼闊，其大型再生能源如風力、太陽能電廠分佈地點常位於人口密集度偏低之鄉村，或人口稀少的沙漠及草原地帶，大多受地形及位置等因素限制，往往需興建冗長的傳輸線路，方能併入電網作有效應用及調度，近年來美國各州極力推行 RPS(Renewable Portfolio Standard)政策下，再生能源的容量成長有了極驚

人的進展，面對這些突增且巨量的再生能源，首當其衝的就是需面對現有的輸電系統設備是否足敷負荷的嚴峻考驗，而長距離的傳送所需耗費的巨額線路損失問題亦為首要考量之重要議題。

就以美國德州為例，該州近期通過一項美國歷年來最大規模的再生能源計畫，將斥資 49 億美元興建新風力發電所需之電力傳輸網，並於長年風力充足穩定的西德州再設置大型風力電廠，以供應達拉斯等都會區用電，預估此計畫將興建能傳輸 18000MW 電力之傳輸線路，事實上，電力傳輸線路的傳輸容量瓶頸一直是美國各州大型風力及太陽能電廠併聯電力系統的問題所在，如何建置穩定且傳輸效率高的電力傳輸線路，以有效輸送各風力及太陽能電廠所產生電力，供應各都會區或工業區龐大的供電需求，並降低電力在長距離傳輸線路上所造成的損失，高壓直流傳輸技術(HVDC)正被廣泛的注意及討論中。

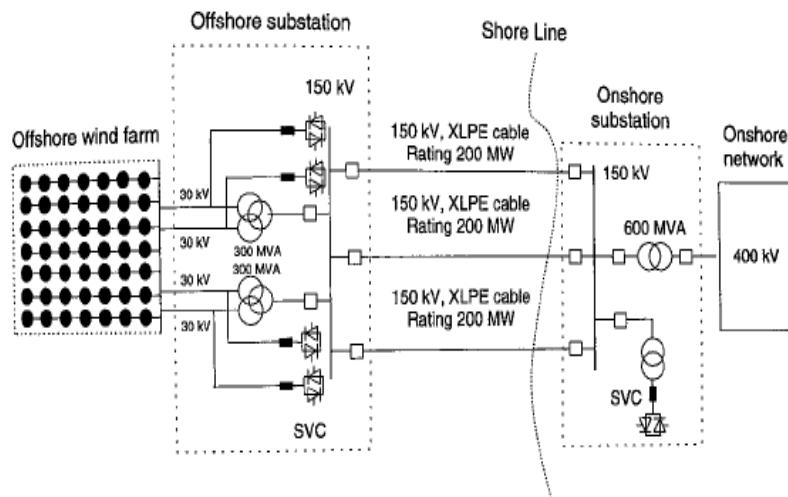


圖二十 現今與未來可能發展之電力傳輸供應型式比較圖

由於皆採用直流傳輸，不同系統間連結就無需再考慮頻率問題，傳輸線的容量亦大幅提升，相關技術若持續投入研究及推廣應用，很有可能對未來的電力系統架構產生革命性的變化。

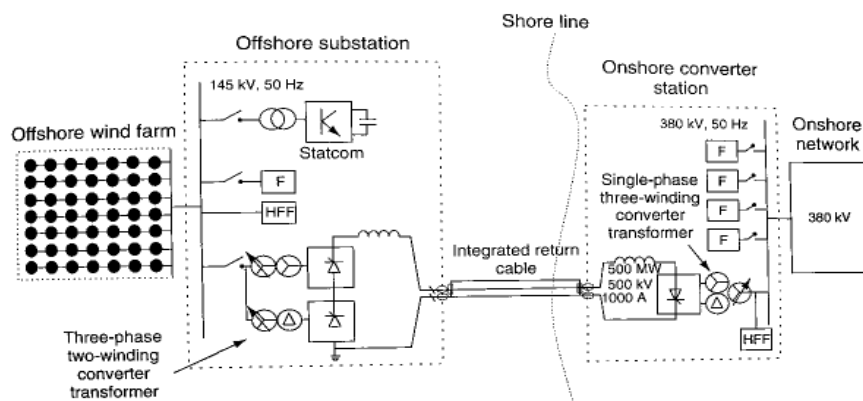
高壓直流傳輸技術(HVDC)目前常被提及應用於離岸大型風力發電廠的連結研究上，目前大部分離岸風場運作多採用交流(AC)，未來 1、2 年也以交流為解決方案，這是因為岸上與存在之風場距離相對較短距

離，當未來風場與岸上距離可能增加時，這方式就可能被改變。



圖二十一 高壓交流電流傳輸(HVAC)在 600MW 離岸風場配置示意

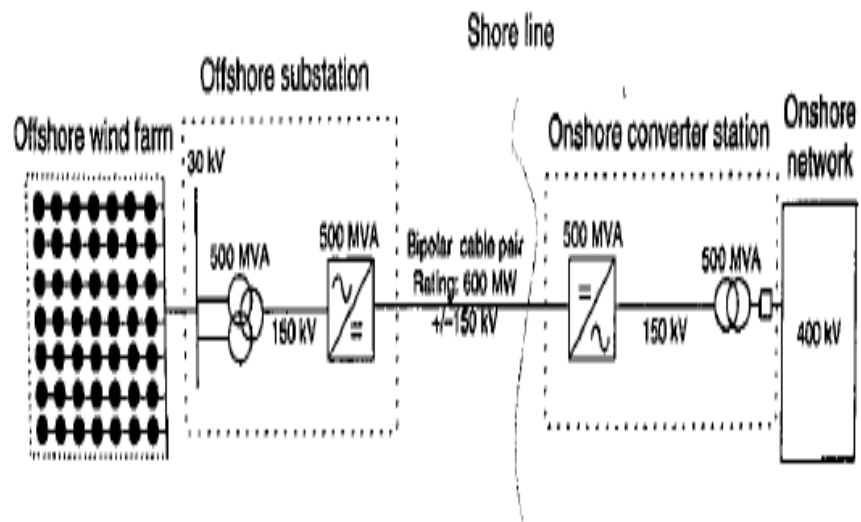
目前第一個運用 LCC HVDC(Line-commutated converter based high-voltage direct-current transmission)技術於商業化運轉是在 1954 年於 Gotland 島與瑞典陸上之間，建造連結 96km 長，20MW 供電速率(rated)，並使用 100kV 海底電纜線，因此那時已將 LCC HVDC 技術運用在世界各地，主要針對風力系統在過長地理距離之連結，如在日本和丹麥(New Zealand)不同島之系統連結。



圖二十二 使用(LCC)-(HVDC)系統於 500MW 風場之基本配置圖

近年來 VSC (Voltage source converter) 應用在 HVDC 技術上越來越受重視，這技術相較其他是新的技術，在高壓輸電領域上有進步性突破，即在雙極性絕緣電晶體(insulated gate bipolar transistors, IGBTs)的發展上。

VSC HVDC 連結技術不需強大的陸上或離岸之 AC 電網，它甚至可由無負載電網(nonload network)來啟動，這可能由於在 VSC 技術下，電流是可被關閉的，這也意味不需要主動提供啟動電壓(active commutation voltage)。而且實功與虛功電力的供給能個別獨立控制。此外，值得一提的是 VSC HVDC 連結技術不需接地，因此 VSC HVDC 連結技術總需要兩個傳導電纜(conductors cables)。



圖二十三 應用 VSC HVDC 系統於 500MW 風場之基本配置圖

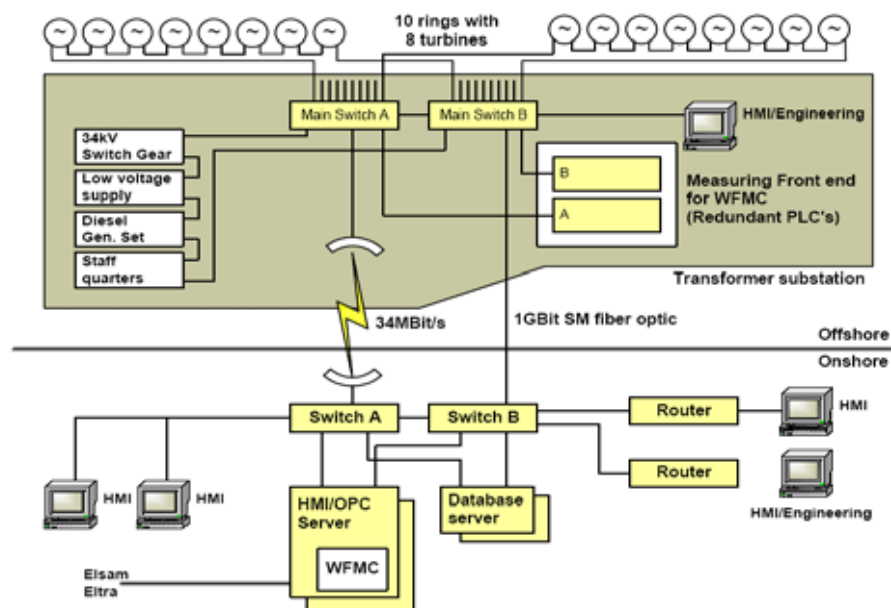


圖二十四 離岸風力電廠之實景圖

### (3) 再生能源發電併聯系統技術：

包含再生能源併聯系統之界面整合技術將是未來再生能源併網後是否能維持電網高品質及穩定供電的主要關鍵技術，例如目前風力發電機採用變速型無齒輪箱(gearless)的發電機模式已漸成主流，其主要應用電力電子整流濾波技術，將風機所發的電，經由電力電子設備調整為與市電同步的供電電壓及頻率後併聯市電運轉，可將加入併聯運轉對市電系統所產生的突波或瞬間電壓驟變衝擊降至最低，但以台灣地區小型且獨立運轉的電力系統而言，其產生的諧波污染是否將對配電線路及臨近相關用戶的電力品質造成影響，尚有值得深入研究的空間。

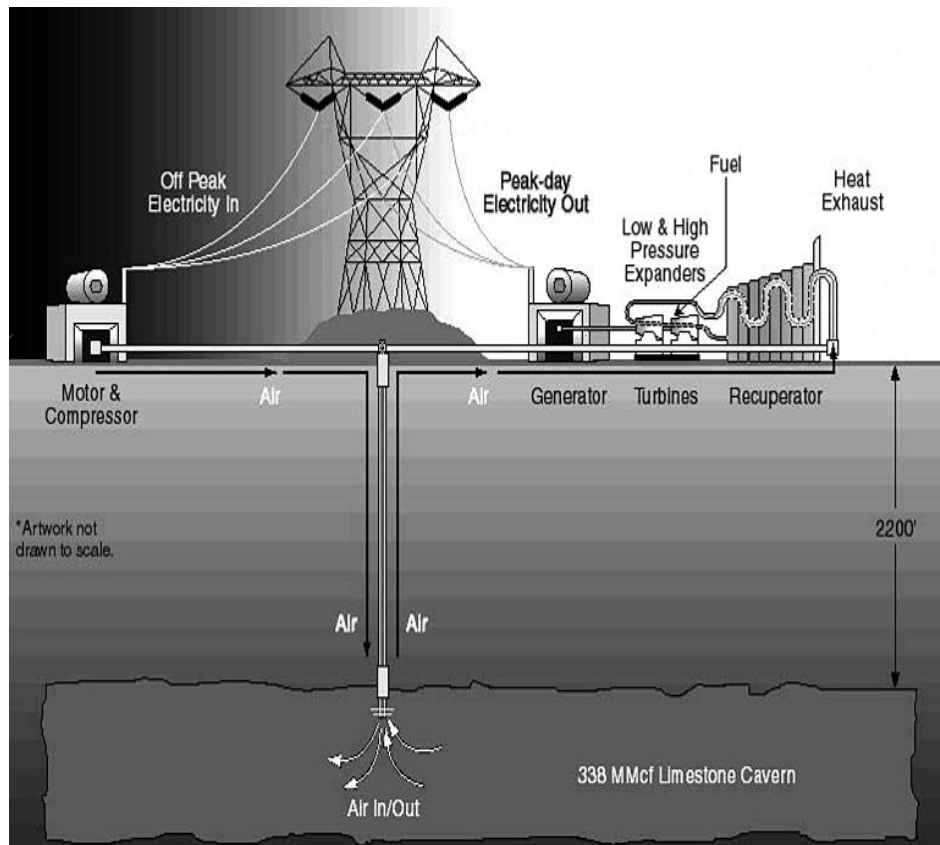
再生能源加入電網併聯運轉之監控技術日新月異，所需結合的 SCADA 及通訊技術亦有長足的進展，尤其對於地處偏遠的大型太陽能電廠及離岸的風力電廠等，隨時掌握現場發電狀況，做適度的調整及調度，對於維持電網的穩定運轉來說是很重要的工作，然而針對配電系統而言，以往的 SCADA 系統係以傳統架構為放射狀系統考量所設定之監控機制，並未深入考慮配電電網中若充斥再生能源併網後所提供之雙向電源時，各項設備是否能持續正常地進行狀態監控的功能，故再生能源加入配電系統後，對於系統原來的 SCADA 監控機制，必也產生一定程度的衝擊。



圖二十五 風力電廠監控系統架構示意圖

#### (4) 能量儲存技術：

以往在電力系統上電能的供應是即時且難以儲存的，但若藉由能量轉換的原理，將電能轉換為其它能量型式加以儲存，於尖載時用電吃緊情況下再轉換回電能型式抑注於電力系統中，如此將可達到充分利用能源、節省成本及提升電力系統尖載供電能力之效益，而高效能、低成本的能量儲存技術一直是世界各先進國家持續研究且注意的焦點。



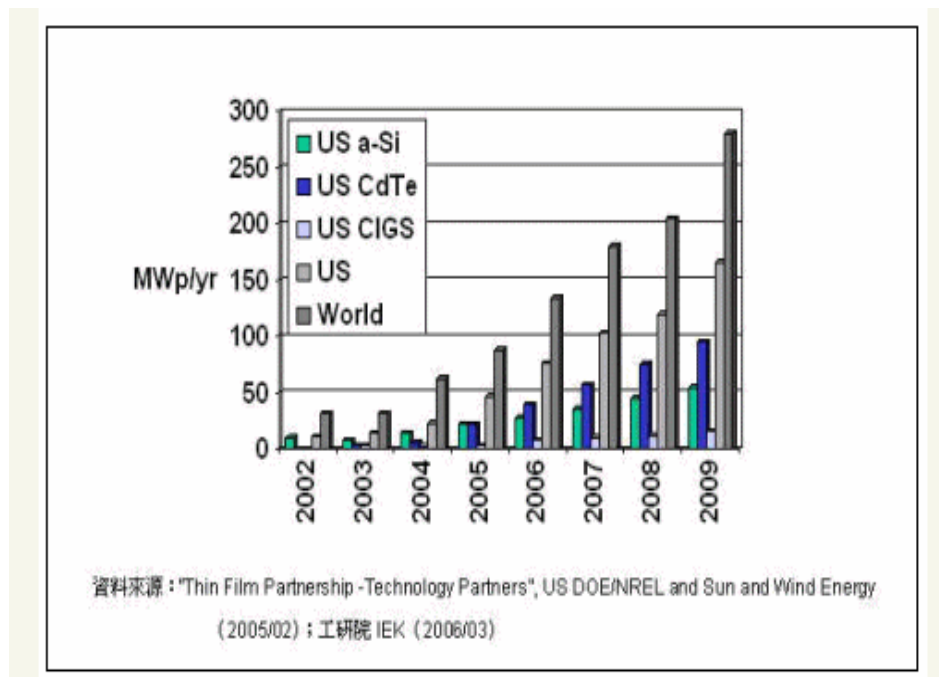
圖二十六 壓縮空氣能源儲存(CAES)技術原理示意圖

例如目前正廣泛討論的壓縮空氣能源儲存(CAES)技術，初步評估是可以緩解能源短缺問題。「壓縮空氣能源儲備」的功能類似於一個大容量的蓄電池。在非用電高峰期(如晚上或周末)，用電機帶動壓縮機，將空氣壓縮進一個特定的地下空間儲存。然後，在用電高峰期(如白天)，通過一種特殊構造的燃氣渦輪機，釋放地下的壓縮空氣進行發電。雖然燃氣渦輪機的運行仍然需要天然氣或其他石化燃料來作為動力，但是這種技術卻是一種更為高效率的能源利用方式。利用這種發電方法，將比正常的發電技術節省一半的能源燃料。

許多再生能源如風力、太陽能發電等，係由於地域性條件之限制，

併聯於電網的位置未必理想，且天候等自然狀況亦未能準確掌握，致使再生能源併聯電網運轉的效益打了很大的折扣，若能結合壓縮空氣能源儲存(CAES)及微網路(Micro Grid) 技術的應用，於天候狀況良好時將再生能源電力加以儲存，將可提供區域電網充足的電力及穩定的供電品質，亦可考量節省長距離配電線路建設及維護成本，是值得深入探討的議題，其將來應用發展的結果令人期待。

另外有關高溫材質(HT materials)應用於儲能設備元件之製造(如儲熱槽等)，以防止設備因高熱變型或損毀之材料技術發展，對能量儲存技術的發展上，同樣佔有舉足輕重的地位，也是多種能量如熱能儲存的系統設備關鍵技術，其中又以目前廣範討論的納米陶瓷技術最受重視，因其具有很高的力學性能，納米顆粒 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、SiC 超細微粉分佈在材料在內部晶粒內，增強了晶界強度，提高了材料的力學性能，如此將使易碎的陶瓷可以變成富有韌性的特殊材料，特別是在高溫下使硬度、強度得以較大的提高。

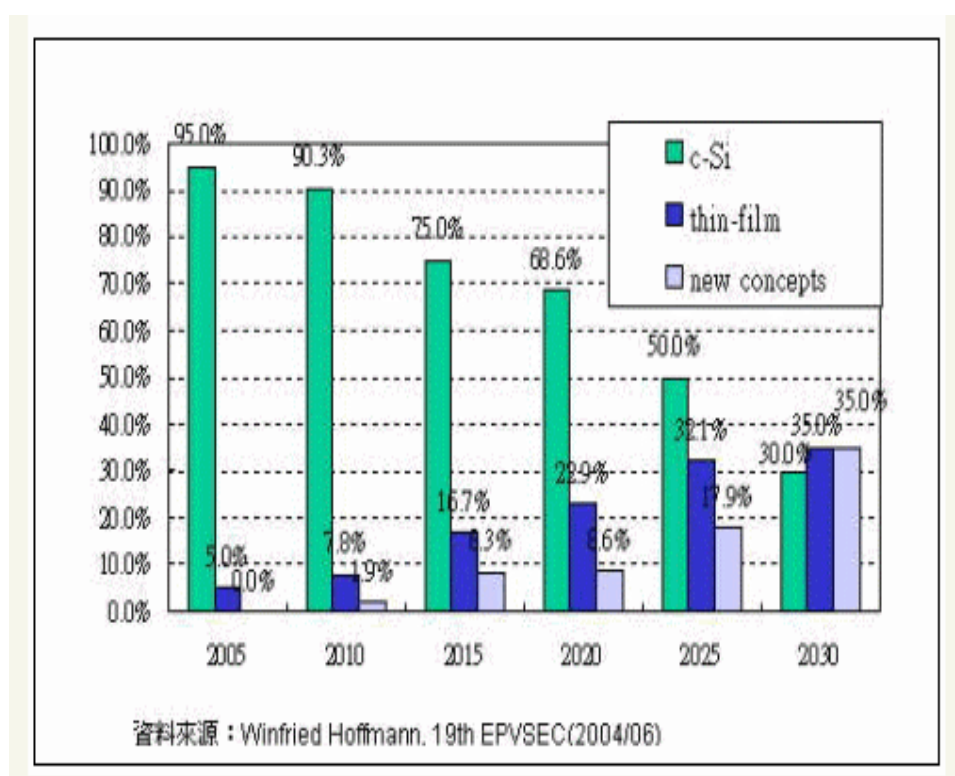


圖二十七 各類太陽能薄膜電池產銷現況

太陽電池材料過去多年在納米 CuInSe<sub>2</sub> (簡稱 CIS)太陽電池材料的研究方面已有不錯的成效。CIS 材料的能隙為 1.1eV，適用於太陽光的光電轉換過程，另外，CIS 薄膜太陽電池不存在光致衰退問題，

因此，CIS 用作高轉換效率薄膜太陽電池材料引起了人們的注目，目前 CIS 太陽電池材料之光電轉換效率已高於 17%。

原結晶矽太陽電池大廠 Shell Solar，在策略轉變之下，將其在加州之單晶矽太陽電池工廠出售給德國 SolarWorld AG，轉向發展 CIS 薄膜太陽電池，其 CIS 試製品轉換效率可達 13.5%。而今年 6 月在美國的 Nanosolar，則在宣佈研發成孕 HRoll to Roll 印刷技術生產 CIGS 薄膜太陽電池的同時，宣佈將在明年年底其設立年產 430MWp 的生產線，此外，日本本田汽車也在去年底宣佈，將在 2007 年量產 CIGS 太陽電池板，初期產能約為 27.5MWp。



圖二十八 太陽能薄膜電池產銷預測圖

此外，鋰電池納米電極材料研究方面亦取得突破性進展。發明了一種以沸石晶體為模板製備納米尺度碳粉的方法。採用這種納米碳粉製作的鋰電池，經過 40 次充放電測試後電池容量仍可維持 98% 以上，經估算，採用這種納米碳粉材料生產鋰電池，附加成本低於百分之十。目前進一步研究擴大規模生產這種納米粉體材料，並開發應用該種材料生產全電池，以期早日達到商用標準。

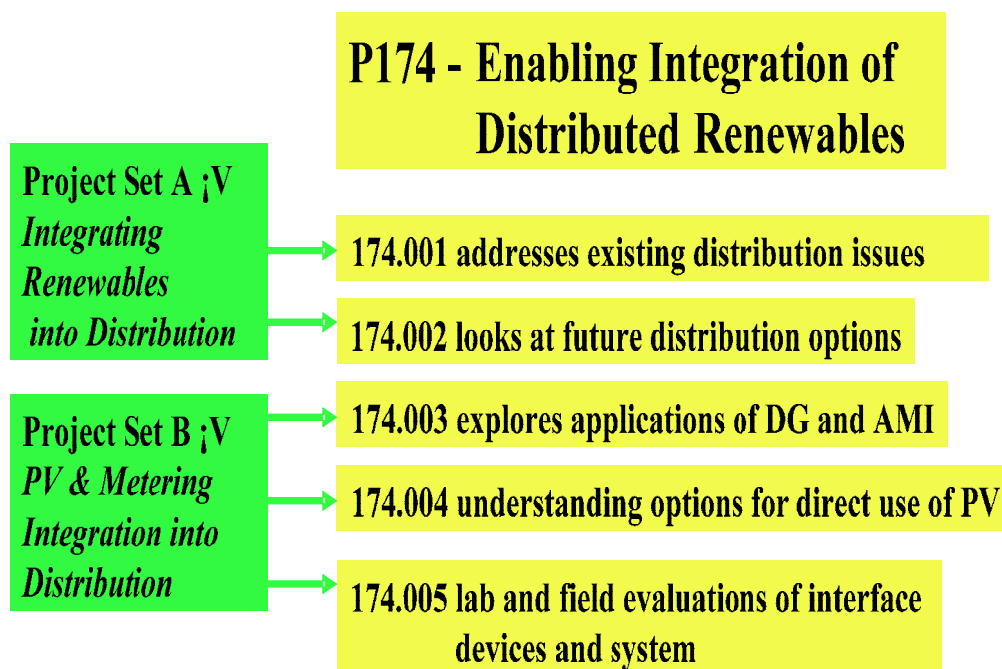




圖二十九 納米材料製作的鋰離子電池樣品

#### (四)EPRI 之第 174 號計畫概述

EPRI 機構於將 2009 年推出有關於區域性分散式再生能源進行與發展的 P174 號計畫(Program 174)，其中以再生能源整合加入配電系統技術，以及發展群聚式太陽能發電與表變技術 2 大方向，並分 5 項領域內主要議題進行討論與研究，目前本項計畫已有多個先進國家電業公司加入會員，並將針對上述歸納議題陸續展開相關研究討論及成果發表活動。



圖三十 P174 號計畫(Program 174)發展及研究內容

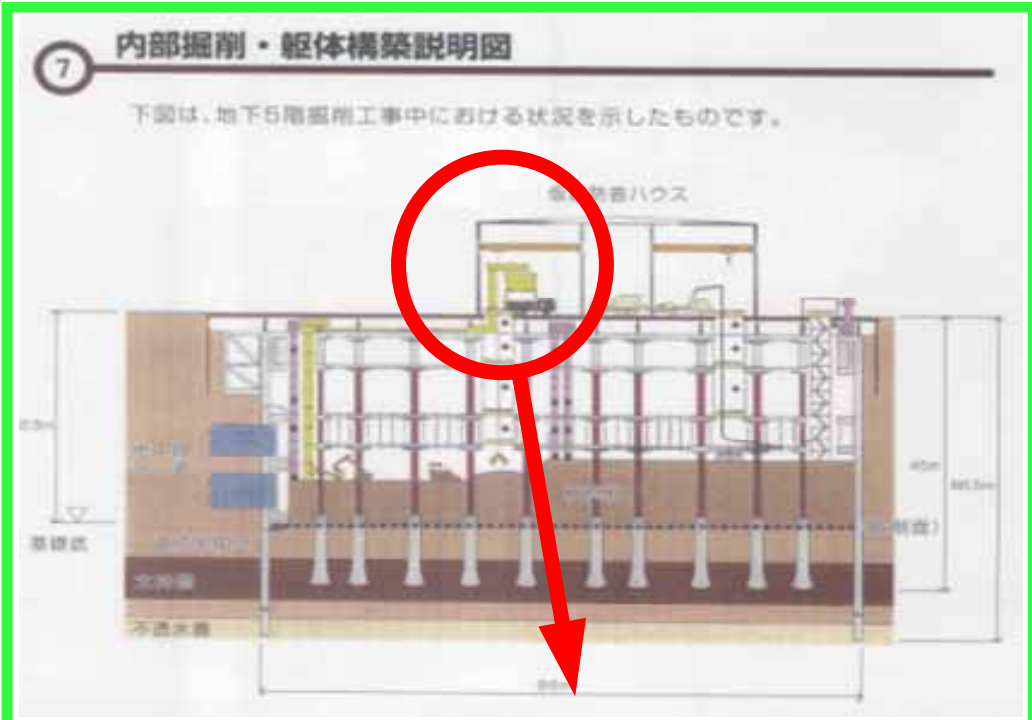
### (五)中部電力公司名城變電所之能源效率應用實例

在日本名古屋市考察期間，印象最深刻的就是經由中部電力公司安排，參觀位於名古屋城旁地下 30 米深處的名城變電所，整體建築及主變壓器、500kV 特高壓電纜等主要電力設備位於地面下 30 餘米處，地面則搭配名古屋城周遭觀光景點設置公園及藝術造景等建物設施，徹底排除位於市中心可能產生的鄰避效應及市民對變電所產生噪音及電磁波等危害之疑慮。



圖三十一 名古屋市內名城變電所側面透視圖

其中最值得一提的便是其地下整體建物的冷卻系統，其主要採取冷卻水循環的原理，將變電所主變運轉中所產生的熱，藉由冷卻水循環系統送回頂層冷卻水塔中，進而帶至地面做熱交換，由於熱交換媒介為水而非冷煤，對整體環境並無影響，而帶至地面的熱水，經由契合環境造景巧妙設計的造景水牆做熱循環交換，可節省變電所在冷卻空調上可能需要消耗的大量電力，藉由熱循環原理將能源藉由非電力型式介質達到所需的目的，不失為能源再生利用的另類思維，並能與環境造景渾成一體，足可見其整體能源效率提升及再利用的專業態度及用心。



圖三十二 名城變電所冷卻水塔與環境造景融合示意圖

## 參、出國考察心得

首先感謝公司提供這個寶貴的考察機會，以及處內各級長官及同事的大力支持，使得本次考察任務能夠圓滿達成，本次考察為期共 2 星期，共走訪了美國舊金山、洛杉磯、日本東京及名古屋等 4 個先進城市，拜訪了相關電力領域的尖端研究機構如 EPRI(Electric Power Research Institute)，和該單位於再生能源範疇有深入研究的計畫人員有面對面訪談的珍貴經驗，參觀了北加州太平洋瓦電公司(PG&E)設立之能源效率中心(PEC)，對於該電業公司在宣導提升能源效率及推廣再生能源的用心，也頗受感動，於南加州洛杉磯進行考察行程期間，曾到棕櫚泉(Palm Springs)旁的 San Geronio Pass 風力農場，站在這全加州第三大風場的大型風力發電機下，領略了優質風場下躍動的源源動力。



圖三十三 於棕櫚泉旁 San Geronio Pass 風力農場下攝影留念

於走訪日本東芝重電的府中、川崎工廠及中部電力公司名城變電所，與日本重電工業工廠專業人員做意見交流後，對於日本將提升能源效率及強化能源再利用的基本精神，深植於平常工作或建築的設計上，已見其深耕推廣已頗具成效。



圖三十四 東芝府中工廠的能源中心



圖三十五 與中部電力公司人員於名城變電所前合影留念

西元 2008 年是全球經濟環境巨幅變動的一年，由美國次級房貸及連動債問題所引發的一波全球金融風暴，已使得全球總資產市值瞬間蒸發了數十兆台幣，這情形也深深衝擊了全球的消費市場，台灣身為地球村的一員，此波

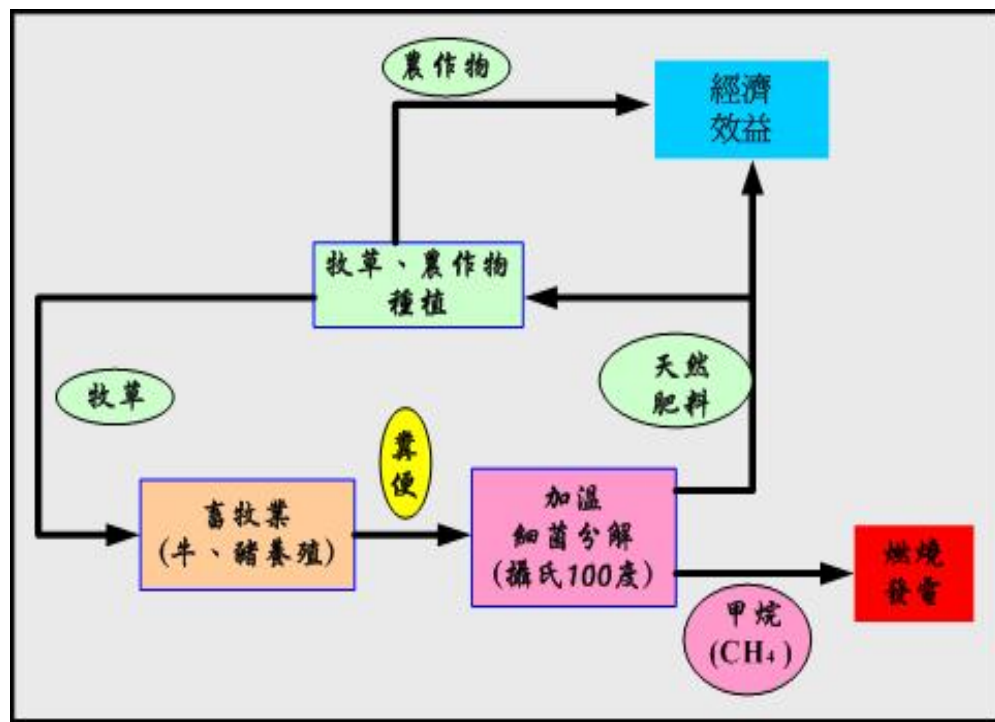
金融風暴危機勢難倖免，經濟的巨幅變動亦同時帶動負載成長的巨幅變化，而這一年中以油價及煤價的大幅衰減及國內電價的數次調升，預估將明顯影響國內再生能源發展進程，尤其是國際原油價格，這一年間從高檔時一桶近 130 美元高價跌至目前每桶 60 美元左右，基於發電成本大幅減少利基因素下，電業發展再生能源取代高價石化燃料的節省成本誘因將大幅減少，加上電價上揚所產生的抑低負載成長效益，國內今年尖載月(7月)供電量已較去年同期減少，且未來幾年受限於整體經濟環境影響恐呈現負成長趨勢，發展再生能源以補足尖載時電力供應緊澀不足電力的迫切性亦大幅降低。

然而，國際情勢雖然瞬息萬變，但整體朝向提升能源效率及發展再生能源，以改善地球環境日愈惡化趨勢的大方向應不致改變，若要將全球經濟環境驟變對國內整體能源供應的影響減至最低程度，唯一辦法只有持續且穩定的發展再生能源，無論是政府及民間，在政策制定及技術發展上，都應朝穩健及既定的目標邁進，而整體發展的主要目標應更進一步的提升為對國內生態環境的保育，減少石化燃料污染以因應未來國際情勢的標準(如京都議定書)等限制與衝擊，此外，參卓國外先進能源效率提升技術及推廣政策，並持續注意其進展，同步修正及改良國內再生能源發展政策與技術，也是進行國內再生能源推廣的主要工作之一。

## 肆、出國考察對公司之建議

### 一、就資源及環保面

台灣地區地域性小型再生能源開發優勢，值得再評估及利用，隨著世界先進國家的觀念和技術漸漸引入，未來申請加入配電系統之小型再生能源電業勢必將急速成長，除太陽能及風力等技術已近成熟階段的再生能源技術外，生質能的開發及應用亦值得評估與推廣，以加州各大型牧場為例，許多已與當地電力公司合作將乳牛等畜養動物的糞便及有機殘渣等經由細菌發酵與堆肥方式產生的甲烷(CH<sub>4</sub>)燃燒發電，其附加產生的天然肥料具有經濟價值，據統計每5頭乳牛所產生的糞便處理後的甲烷(CH<sub>4</sub>)燃料可供發電機產生1kW的電力，台電公司可以考量於偏遠且從事農牧業地區與當地用戶合作進行生質能發電之推廣，善用自然界生質循環及熱循環等自然現象，且就近併聯電網運轉將可彌補偏遠地區供電壓降偏低等電力品質問題，是可以長期規劃與推展的方向。



圖三十六 生質能循環發電與農牧產業結合之運作示意圖

### 二、就制度及法規面

本次考察所見美國加州地區再生能源發展，之所以有如此具規模及願景的發展規劃，完全取決於政府單位的執行決心，訂定明確的達成目標及優渥

且完善的獎勵制度，加以電業公司有效的配合推廣與執行，學術單位的投入研究及對再生能源整體開發及供電技術的精進貢獻心力，使得整個提升能源效率與發展再生能源運動成為了加州政府與民間一貫的認同使命。

台電公司是台灣唯一的，也是最大的公用電業，政府制定相關電業政策時，台電公司的專業評估與建言往往成為其憑依之重要依據，也因此不免由民間產生一股抱怨台電公司「球員兼裁判」的聲音，為此建議公司應有計畫的向政府建言，可由民間出資或經由相關法案制定來扶植一些超然的標準制定與審查單位，例如美國的「美國綠色建築委員會」(USGBC)制定「能源環保設施設計領先(LEED)」金星獎以評鑑優良的環保與節能建築，對於國內再生能源發展及能源效率推廣有卓越貢獻及具指標性意義之廠家與用戶給與客觀性的評比及實質上的鼓勵，如減稅、減免電費等，而參卓美、日的再生能源配比(Renewable Portfolio Standard, RPS)政策推行，除應針對台電公司目前營運狀況審慎訂定其再生能源配比年度目標外，也應對現行 IPP 等民營電業作合理的分配要求，以收全面性推廣之功效。

### 三、 就技術及研發面

電力儲存技術是目前再生能源研究領域中值得深入探討的方向，也是結合再生能源併網技術與微網路發展技術之重要關鍵，隨著儲存技術及材料應用技術的大幅進展，此一方面技術及設備發展上的突破已是全球各先進國家所密切關注的焦點，所發展出來的技術亦將同時帶動相關電力服務產業的革命性發展，如微網路社區、電動汽車、加電站經營模式等，對於將來配售電系統架構是否產生重大改變，有長期觀察及持續密切注意其發展方向及進展的必要。

此外，台灣四面臨海，海面上分佈著量多且穩定的優質風場地點，離岸風力發電廠的興建，亦較於陸地興建風機提供更多量豐且質優的電力，也可避免許多地權取得上的困難，且歐美國家已有許多成功建立與運轉的實例，若要使再生能源在質與量上具有穩定發展及成長的空間，離岸風力發電技術是重要的關鍵。地熱發電在美國加州的再生能源發展上，業已漸漸取得舉足輕重的比例，也列為該州未來再生能源電力發展的主要目標，台灣的地熱資源非常豐富，惟目前僅止於區域小型系統發展階段，源源不絕的地熱資源若



開發得宜，將為台灣本島地區電力系統提供穩定且量豐的分散式再生電源，上述再生能源的開發，台灣其實有相當豐富的潛力及開發空間，但整體發展必需配合環境生態保育及地質探勘等專門技術進行，以達開發再生能源及維護既有生態環境雙贏之理想目標。

在智慧型電網對再生能源併網運轉之動態電壓等衝擊之解決方案和關鍵技術議題上，因部分再生能源發電之分散型電源受發電性質或天候等自然因素影響，具有一定程度的不穩定性，例如風力發電之輸出即需視風力狀況而定，若因風況不穩而投切頻繁，供電穩定及電力品質必受影響，而建構優質電網對電力品質及穩定度的要求更是首要課題，電力電子技術的發展與突破將是再生能源發電併聯電網運轉最關鍵之介面整合技術，如今已廣泛應用於風力及太陽能併聯市電系統之技術上，未來亦可藉由調整相位越前及落後之電源角度，補償系統中潮流角度偏差之情形，用以提升電力品質及系統動態穩定度。

## 伍、參考文獻

1. 世界新聞網--舊金山新聞，2008.4.5，  
[http://www.worldjournal.com/wj-sf-news.php?nt\\_seq\\_id=1697418](http://www.worldjournal.com/wj-sf-news.php?nt_seq_id=1697418)。
2. 日本再生能源政策措施，工研院經資中心--尤如瑾。
3. 「考察太陽能光電應用發展及併聯配電系統技術」--台灣電力公司 96 年度出國考察報告，2008.2.15，台電公司業務處--王耀村。
4. 「再生能源發展介紹」--台電公司再生能源發電系統業務講習課程，2008.2.19，工研院—陳清山博士。
5. 離岸風力發電設備輸電系統技術簡介。
6. EPRI 網站，<http://my.epri.com/portal/server.pt?>
7. 美國風能協會(AWEA)網站，<http://www.awea.org/>
8. 南加州愛迪生瓦電公司(SCE)網站，<http://www.SCE.com/>
9. 北加州太平洋瓦電公司(PG&E)網站，<http://www.pge.com/>
10. 日本中部電力公司網站，<http://www.chuden.co.jp/>
11. EnergyStar 網站，<http://www.EnergyStar.gov/>