

出國報告（出國類別：開會）

## 參加美國電機電子工程師學會年會

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：劉運鴻 13 等電機工程監

派赴國家：美國

出國期間：104 年 7 月 26 日至 104 年 8 月 1 日

報告日期：104 年 10 月 12 日

## 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

頁數 14 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 7396

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

劉運鴻/台灣電力公司/系統規劃處/副處長/(02)2366 6891

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他（開會）

出國期間：104 年 7 月 26 日至 8 月 1 日 出國地區：美國

報告日期：104 年 10 月 12 日

分類號/目

關鍵詞：美國電機電子工程師學會，再生能源

內容摘要：(二百至三百字)

美國電機電子工程師學會(IEEE)電力暨能源學門 (Power & Energy Society, PES)年會每年7月底夏季期間，於美國各大城市輪流舉行年會。今年7月26日至30日選擇於科羅拉多州丹佛市舉辦。今年大會雖未特別設立大會主題，但開幕式的演講主題為：揚起新世代電力供應(Powering Up the Next Generation)邀請歐美六位專家學者做開幕式主題演講，由IEEE PES主席主持。開幕式演講向來式重頭戲，請來的演講者也都是一時之選，如美國電力研究院

EPRI 的副總經理，科羅拉多州電力公司的副總經理等多位。孫一鶴博士也是大會開幕式演講者之一。由於演講新世代的電力供應，都集中在再生能源的發展及因應。往後幾天的開會討論也都是集中在再生能源、儲能系統等相關議題，可以看出來美國今後的電力能源供應，焦點將會集中在再生能源相關議題，是值得我們注意的地方。而台灣也正在發展再生能源，政府希望再生能源能夠極大化，也吻合本次出國的目的。

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

出國報告（出國類別：開會）

## 參加美國電機電子工程師學會年會

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：劉運鴻 13 等電機工程監

派赴國家：美國

出國期間：104 年 7 月 26 日至 104 年 8 月 1 日

報告日期：104 年 10 月 12 日

QP-08-00 F04

## 摘要

美國電機電子工程師學會(IEEE)電力暨能源學門 (Power & Energy Society, PES)年會每年 7 月底夏季期間，於美國各大城市輪流舉行年會。今年 7 月 26 日至 30 日選擇於科羅拉多州丹佛市舉辦。

今年大會雖未特別設立大會主題，但開幕式的演講主題為：揚起新世代電力供應(Powering Up the Next Generation)邀請歐美六位專家學者做開幕式主題演講，由 IEEE PES 主席主持。開幕式演講向來是重頭戲，請來的演講者也都是一時之選，如美國電力研究院 EPRI 的副總經理，科羅拉多州電力公司的副總經理等多位。孫一鶴博士也是大會開幕式演講者之一。由於演講新世代的電力供應，都集中在再生能源的發展及因應。往後幾天的開會討論也都是集中在再生能源、儲能系統等相關議題，可以看出來美國今後的電力能源供應，焦點將會集中在再生能源相關議題，是值得我們注意的地方。而台灣也正在發展再生能源，政府希望再生能源能夠極大化，也吻合本次出國的目的。

目次

摘要

壹、出國目的

貳、過程

參、心得及建議

## 壹、出國目的

源於環保議題及抗爭等因素，使得傳統電源及輸變電工程興建日益艱困，且配合心能源政策之發展，電力系統規劃使用大量再生能源(如離岸風力、太陽光電等)，使電力系統供電充滿不確定性，對電力系統規劃分析也面臨新的挑戰。有鑑於此，派赴美國參加 2015 年電機電子工程師學會(IEEE)電力及能源學門(PES)年會，透過交流學習討論，吸取國外先進經驗及技術，俾及早規劃因應，克服困境，迎向新世代新能源新技術的到來，也符合目前政府再生能源極大化的政策目標。

## 貳、過程

### 一、會議日期

開會期間：7 月 26 日至 7 月 30 日。惟 7 月 26 日僅報到接待，因趕行程關係，於 7 月 26 日深夜抵達丹佛市，未參加接待會(Reception)。

### 二、行程：

7 月 26 日 台北-洛杉磯-丹佛

7 月 27 日至 7 月 30 日 在丹佛市 Sheraton Downtown Hotel 開會

7 月 31 日 丹佛-達拉斯(奉准公畢探視親友)

8 月 1 日 達拉斯

8 月 2~3 日 達拉斯-洛杉磯-台北

### 三、每日開會過程

由於會場眾多，無法每一會場均參加，因此選擇與業務較為相關之會議(場)參加。以半日為一單位，4天會議共參加8場會議。

7月27日(星期一)上午

#### Powering Up the Next Generation

星期一早上慣例是大會開幕演講，邀請重量級先進在大會議室做專題演講，估計約有一千位參加。大會主持人由 IEEE PES 主席 Dr. M. Begovic 擔任，主題是 Powering Up the Next Generation，有兩場演講，第一場演講題目為 Next Generation Technology and Drive。演講者美國電力研究院 EPRI 的副總經理 Mark McGranahan，提出未來智慧電網的整合(Integration)，包括各項再生能源的加入，儲能系統的應用，乃至電動車充放電能，須量反應，微電網，智慧社區，智慧大樓等等，需要有新的控制及管理技術。與 Mark McGranahan 算是舊識，之後幾天的會議也遇見他及 EPRI 的同行，多有交談，瞭解 EPRI 研究方向。另一演講者係 Alstom Grid 首席科學家 David Sun 孫一鶴博士，提到政策(Policy)的制定，新的商業模式(Business Model)及技術(Technology)發展，三者需要更多的合作(Collaborative)，才有更健康更美好的未來發展。孫博士在 IEEE PES 大會上做專題演講，也算非常光榮的事情。今年12月台灣的電力研討會主辦單位中原大學邀請孫博士返台專題演講，台電也趁此

機會邀請孫博士來公司演講，演講內容即為 IEEE PES 之專題演講內容，希望公司同仁屆時也能分享孫博士在 IEEE 的演講。

第二場演講題目為 Planning for and Operating the Next Generation Grid。演講者兩位為科羅拉多州發電能源及輸電公司的副總經理，談到再生能源 2014 年已佔 24%，最高時更高達 61% 的風電，對電力公司而言是很大的挑戰，除了與外州互連，抽蓄機組外，他們也推出需量反應等因應。電力公司有諸多的能源法規、政策、資安、環境保護、可靠度標準等等方方面面需要遵守顧及，都是挑戰，需要克服。投影片上舉出愛因斯坦的名言：*In the middle of difficulty lies opportunity*，與大家互相勉勵。

總之，面對下一代電力供應主力由傳統能源轉為再生能源來擔綱，需要新的技術，新的遊戲規則，新的商業模式，新的法規等配合。IEEE 走在時代的前面，引領大家往前走。

7 月 27 日(星期一)下午

### Overview and Discussion of the United States Quadrennial Energy Review (QER)

QER 是美國能源部每 4 年發表一次的能源報告。配合總統 4 年任期，每位總統在任內均會發布能源報告。能源涵蓋石油、天然氣、電力、再生能源等。同時也提出能源的 Transmission, Storage 及 Distribution

(TS & D)。本次報告於 2015 年 4 月提出，算是歐巴馬總統任內所提出的能源政策報告。報告內容有發現(findings)及建議(recommendations)。會議出席演講者包括能源部，IEEE USA Energy Policy Committee，愛迪生協會(Edison Electric Institute，EEI)，及製造商協會 NEMA(National Electrical Manufacturers Association)。

就能源部的高度，報告揭櫫了電力工業要更有競爭性(Competitive)，可靠性(Reliable)，安全性(Security)，增加就業機會(Job Opportunity)，公平性(Fair)，以及更有效率(Efficiency)，創新(Innovation)，環保(Environment)等各種面向，做為能源政策，政府資助資金投入，電力企業發展，標準制定等方向指引。

以往並不知道美國能源部有 QER 這種報告，返國後上網查閱 QER 報告，對美國能源狀況有進一步的瞭解。(網址 [www.energy.gov/qer](http://www.energy.gov/qer))

美國過去十年來，人口持續增加，GDP 也持續增加，但是能源消耗量有稍微減少，主因就是節能技術的進步。此外，溫室氣體(Green House Gas，GHG)排放也在逐步減少，主要是二氧化碳減少，也是政策指引再生能源的貢獻。例如訂定 Renewable Portfolio Standard (RPS)以及對再生能源的鼓勵及稅率優惠等等措施，感受到政府政策指引的強大效果。

7 月 28 日(星期二)上午

Interconnection Requirement for Renewable Generation

此會場主要介紹再生能源併聯技術要點。有美國，加拿大，歐洲，南美洲等國介紹，也有西門子，奇異等公司的介紹。美國主要以 IEEE 1547, Smart Grid Interconnection Standard 相關系列以及 IEEE 2030 Smart Grid Interoperability Standard 為主。公司現在在談再生能源極大化所需配合的電壓容忍 ride through, 頻率變化 deviation, 有效電力, 無效電力控制, 與調度中心之通信聯繫等, 在 standard 中, 或多或少皆有述及。但因每個國家或地區電力系統特性不一樣, 所要求的標準數值也會不一樣, 要各個地區的電力公司去制訂了。歐洲國家眾多, 他們也沒有一個共同的數值標準, 因為各國或做法不同, 或電力系統特性不同, 或法規不同, 並未像美國有 IEEE standard 1547 及 2030 之標準可言。即便是美國有 IEEE 這種標準, 但一些數值上也沒有明確訂定, 或許需要因地、因時去制訂吧!

7月28日(星期二)下午

### Probabilistic System Planning

機率規劃用於電源開發以有長久之歷史, 大家熟悉的 LOLP(Loss of Load Probability), LOLE(Loss of Load Expectation or Event), EUE(Expected Unservice Energy)等。這節會議大致還是在談電源的停電機率, NERC, PJM, ISO-New England 等提出一些機率方式應用, 比較新的是再生能源加入後, 停電機率的理論計算將會更複雜也更不容易。

至於輸電系統用機率規劃，跳脫以往 N-1 這種定性規劃，在這節會議中並無提出討論，畢竟輸電系統暴露於大自然中，不可遇知的事故與天候、地形、昆蟲鳥獸蟻、農民人民習性等均相關，要提出機率實在太困難了！輸電機率規劃還要繼續努力！

7月29日(星期三)上午

### WTG Performance on Weak Grids; Part 1: Technical Concepts Under Weak System Conditions

這節會議主要在討論一個大的再生能源場接在一個弱的輸電線上。主要發生在偏遠地區而風況特別好或陽光特別多的地方，例如德州西部，風力多但偏遠，離主要負載區達拉斯或休士頓很遠；又如加州東部沙漠太陽多但離洛杉磯很遠的情況。而這種情況容易讓電力系統發生電壓不穩定。

一般定義所謂弱系統常用短路比(Short Circuit Ratio, SCR)來表示。簡化之，短路比併接點短路容量與再生能源容量之比值。短路比愈大系統愈穩定；愈小則愈不穩定。小到 10 則認為是一個不穩定的極限。短路比的倒數可以視為電壓變動率。例如短路比 10，電壓變動率是 10 的倒數 10 分之 1，即 0.1 或 10%，算是電壓變動幅度太大了。短路比 SCR 為 40 以上算是非常安全了。一般在 10 到 20 之間可勉強接受，但考量安全及可併接量，20 至 35 之間更佳。

會議討論風力接在弱輸電系統的情形，觀察到某些時候會紀錄到一些小的電壓或發電機轉速的波動，雖然尚未引起大波動或停電事故，但仍應注意。分析上仍有困難，最有可能是模型或參數尚未完全正確，風機製造廠家也未瞭解這種現象。有位教授會後跟我說，有時候製造廠家會隱瞞一些事情。總之，在併聯之前，要有短路比或電壓變動這些因素要考慮。台灣幅員較小，發電機數量又多，輸電系統的短路電流經常很大，再生能源量體也不大，弱系統的情形目前尚未顯現。未來如果離岸風力或澎湖地區風力多的話，應該要注意此事。

7月29日(星期三)下午

下午參加兩個 subcommittee 的會議

Integration of Renewable Energy into the Transmission and Distribution Grids Subcommittee 下面一個稱為 Wind and Solar Power Plants Impact and Interconnection Requirements Working Group 工作小組的會議，由 EPRI 的 Daniel 主持。由於 IEEE 有很多標準，這些標準制定過程中，先由這些 working group 工作小組成員討論，要制定哪些項目，標準如何，程序如何，平常就在網路上開會討論，藉著 IEEE 會議，大家聚在一起面對面再討論。通常標準的制定過程由這些工作小組成員討論後，再提到 subcommittee 討論，之後再提到 committee 討論。一層一層的往上討論甚至表決，最後才形成 IEEE 的標準。這些 IEEE 的

committee 也好，subcommittee 也好，working group 也好，成員都是各方專家，重要的是有服務熱誠，完全是志願式參加，volunteer 方式參與，大家平常花自己的時間精力來促成美事，電力志工精神令人佩服。

另一個是 Task Force Meeting on Nature Disaster Preparation and Recovery，原本參加上面一個 subcommittee 討論時，遇到這個 Task Force 的主持人，一位 PJM 的規劃工程師，他邀請我參加天然災害的準備及復原。我舉出台灣遭遇 729，921，SARS 及平常颱風來襲的災害實例說明，大家很感興趣，還邀請我參加明年在 Boston 舉行的年會上開一個 panel 來做 presentation。

7月30日(星期四)上午

### Industrial Resource Adequacy Studies: Current Practices and Research Needs

由一些 ISO 及 NERC 等單位介紹 Adequacy 的計算方法。例如：

- Practical Experience of LOLE Calculation in the Western Interconnection
- Uncertainty Impact on Operation and Planning of North American Bulk Power

大致是應用統計分析的技術於 adequacy 的做法。由於介紹統計理論很多，感覺還是在理論分析技巧做得比較多。

7月30日(星期四)下午

Large-Scale Electric Energy Storage Integration into the Grid :  
Current Practices and Emerging Applications

這是會議最後一天下午，來參加這個 panel 討論的人，卻是大客滿。顯見題目受到重視歡迎，也算壓軸重戲。原來是介紹大型儲能系統。主要是介紹加州的儲能系統。

鑒於加州太陽光電愈來愈多，加州對再生能源佔比愈來愈高的情形，在 2010 年州議會通過一個著名的法案，稱為 AB 2514 Energy Storage System 的法案。規定 3 家電力公司在 2020 年一共要購買或裝置儲能系統總共達到 1,325MW。其中，SCE 580MW，PG&E 580MW，SDG&E 165MW。3 家電力公司被法規要求裝置，有輸電級，有配電級，也有向用戶購置。詳細如下表。3 家電力公司於 2014 年開始均定有目標值至 2020 年達成。各電力公司最高可裝置配額的一半。

伊利諾大學老教授 G Gross (我們都讀他的電力系統教科書)發表 The California Push of Energy Storage Deployment，介紹加州推動儲能系統的經過。

南加州電力公司介紹 Energy Storage Applications at SCE，大致介紹他們的做法，由於這個題目算是非常新穎且實際，發問的人非常踴躍，覺得這是未來重要的發展方向。

**Energy Storage Procurement Targets (in MW)**

<b>Storage Grid Domain (Point of Interconnection)</b>	<b>2014</b>	<b>2016</b>	<b>2018</b>	<b>2020</b>	<b>Total</b>
<b>Southern California Edison</b>					
Transmission	50	65	85	110	310
Distribution	30	40	50	65	185
Customer	10	15	25	35	85
<b>Subtotal SCE</b>	<b>90</b>	<b>120</b>	<b>160</b>	<b>210</b>	<b>580</b>
<b>Pacific Gas and Electric</b>					
Transmission	50	65	85	110	310
Distribution	30	40	50	65	185
Customer	10	15	25	35	85
<b>Subtotal PG&amp;E</b>	<b>90</b>	<b>120</b>	<b>160</b>	<b>210</b>	<b>580</b>
<b>San Diego Gas &amp; Electric</b>					
Transmission	10	15	22	33	80
Distribution	7	10	15	23	55
Customer	3	5	8	14	30
<b>Subtotal SDG&amp;E</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>70</b>	<b>165</b>
<b>Total - all 3 utilities</b>	<b>200</b>	<b>270</b>	<b>365</b>	<b>490</b>	<b>1,325</b>

### 叁、心得及建議

本次參加 2015 年 IEEE PES 電力工程年會，收穫頗多。大致是美國發展再生能源頗為迅速，主要是為了因應氣候變遷。而再生能源因為是間歇性質，出力較難掌握，衍生的各項配套法規，商業模式，新技術等，均值得我們去關心及研究。

返國後，新接的任務包括對儲能系統的研究應用，剛好也可以銜接，算是工作上的一大挑戰。

IEEE PES 電力工程年會算是美國最盛大的電力會議，四天的正式會議，可以瞭解美國電力工業最新的發展方向，公司歷年僅派一位參加，甚為可惜。

本次會議大約有三千多位來自全球的電力專家學者學生報名參加。其中，中國大陸大約有一千位報名參加，多數為學生，參加壁報式論文發表。北京清華大學電機系約有八十位師生參加，陣容龐大。台灣大約十位參加(台科大陳南鳴教授、清華朱家齊教授、中正大學張文恭教授、德州大學李偉仁教授、康乃爾大學江曉東教授、華盛頓州大劉鎮欽教授、德州電力調度中心黃舜賢博士、南方電力公司徐世民博士、Alstom 孫一鶴博士、Nexon 劉文雄博士與筆者)及部分博士班學生。

曾任本公司董事的陳南鳴教授，於 8 月 12 日來本公司再生能源專家座談會時，也建議公司多派人出席會議。希望公司以後可以多派人參加。