

經濟部幕僚單位及行政機關人員從事兩岸交流活動報告書

智慧電網示範場域建立實習

研提人單位：台灣電力公司

職稱：電機工程監

姓名：蔡隆田

參訪期間：102年12月09日至12月14日

報告日期：103年01月10日

(本報告請檢送1式4份)

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：智慧電網示範場域建立實習

頁數 37 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

蔡隆田/台灣電力公司/供電處/電機工程監/(02)2366-6619

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：102 年 12 月 09 日至 102 年 12 月 14 日

出國地區：大陸

報告日期：103 年 01 月 10 日

分類號/目：

關鍵詞：智慧電網、智慧變電所、IEC 61850、電子式比壓器、電子式比流器、線上監測、局部放電、保護故障資訊系統、變電所自動化

內容摘要：(二百至三百字)

智慧電網的發展方向，包含了發電、輸電、變電、配電、用電、調度、通信資訊等各個環節，在這些環節中，智慧變電所是最為核心的一環。大陸在 2011 年以後所有新建變電所全面按照智慧變電所技術標準建設，並且重點對樞紐及中心變電所進行智慧化改造。這次藉由實地造訪大陸南瑞繼保公司、國電南瑞公司及示範智慧變電所，深入瞭解示範智慧變電所關鍵技術及智慧設備實際應用情形，並蒐集大陸地區發展智慧電網試點應用的相關實務經驗，作為本公司建立智慧電網示範場域及規劃未來智慧變電所之參考。

本次研習的收穫加以整理後，分為智慧電網概述、國家電網公司智慧電網實踐、智慧變電所技術、一次設備線上監測技術及智慧電網高級應用系統等 5 個部份進行介紹，讓電力產業相關從業人員瞭解大陸智慧電網新科技之運用及發展情況。

政府機關（構）人員從事兩岸交流活動（參加會議）報告

壹、 交流活動基本資料

- 一、 活動名稱：智慧電網示範場域建立實習
- 二、 活動日期：102年12月09日至102年12月14日
- 三、 主辦（或接待）單位：台灣電力公司
- 四、 報告撰寫人服務單位：台灣電力公司 供電處

貳、 活動（會議）重點

- 一、 活動性質：實習
- 二、 活動內容：智慧電網、智慧變電所、輸變電線上監測等技術研討
- 三、 遭遇之問題：無
- 四、 我方因應方法及效果：無
- 五、 心得及建議：詳兩岸交流活動報告書

參、謹檢附參加本次活動（會議）之相關資料如附件，報請備查。

職 蔡隆田

103 年 1 月 10 日

目 錄

壹、出國緣由.....	1
一、實習任務.....	1
二、緣由與目的.....	1
三、行程規劃.....	2
貳、研習內容.....	3
一、智慧電網概述.....	3
二、國家電網公司智慧電網實踐.....	4
三、智慧變電所技術.....	8
四、一次設備線上監測技術.....	24
五、智慧電網高級應用系統.....	30
參、心得及建議.....	35
肆、參考文獻.....	37

壹、出國緣由

一、實習任務

智慧電網示範場域建立實習

二、緣由與目的

智慧電網(Smart Grid)是全世界電力產業發展的重要趨勢與方向，然而目前智慧電網還是一個“未來先進電網”的概念，且正不斷的演化中。在現代電網的發展過程中，世界各國會依據其電力系統結構條件以及電力相關產業發展的具體情況，透過不同側重領域的研究和實踐，形成了各自的發展方向 and 技術路線，因此也反映出各國對未來先進電網發展模式的不同理解。近年來，隨著各種先進技術在電網中的廣泛應用，智慧化已經成為電網發展的必然趨勢，發展智慧電網已逐漸形成共識。

智慧電網的發展方向，包含了發電、輸電、變電、配電、用電、調度、通信資訊等各個環節，在這些環節中，智慧變電所是最為核心的一環。大陸在 2011 年以後所有新建變電所全面按照智慧變電所技術標準建設，並且重點對樞紐及中心變電所進行智慧化改造。這次藉由實地造訪大陸南瑞繼保公司、國電南瑞公司及示範智慧變電所，深入瞭解示範智慧變電所關鍵技術及智慧設備實際應用情形，並蒐集大陸地區發展智慧電網試點應用的相關實務經驗，作為本公司建立智慧電網示範場域及規劃未來智慧變電所之參考。

三、行程規劃

(一)研習日期：102 年 12 月 09 日至 102 年 12 月 14 日，共計 6 日。

(二)出國行程：

日期	前往機構	工作內容
102.12.09	台北至南京	往 程
102.12.09 102.12.11	1.南京南瑞繼保電氣有限公司 (簡稱“南瑞繼保”) 2.博瑞分公司 3.馬鞍山供電公司	1. 智慧電網及智慧變電所等技術研討 2. IED 電驛製造工廠參訪 3. 電子式/光學變比器、SVC、STACOM 製造工廠及高壓試驗大廳參訪 4. 220kV 章塘智慧變電所參訪
102.12.12 102.12.13	1.國電南瑞科技股份有限公司 (簡稱“國電南瑞”) 2.南京電氣控制分公司	1. 輸變電設備線上監測技術研討 2. 智慧電網高級應用系統技術研討 3. 110kV 南瑞集團公司智慧電網產業園變電所及江寧基地展廳參訪 4. 發電機勵磁系統製造工廠參訪
102.12.14	南京至台北	返 程

貳、研習內容

本次研習的收穫加以整理後，分為智慧電網概述、國家電網公司智慧電網實踐、智慧變電所技術、一次設備線上監測技術及智慧電網高級應用系統等 5 個部份進行介紹，讓電力產業相關從業人員瞭解大陸智慧電網新科技之運用及發展情況。

一、智慧電網概述

世界各國能源政策主軸不外乎是“環保、低碳及永續發展”，電力是歸屬於二次能源，其能量主要仍是來自於如煤炭及石油等一次能源，因此有能源枯竭及減碳環保的壓力驅動智慧電網的發展，以使電網能容納最大量的再生能源。此外，對大電網安全穩定運轉、高可靠性電力需求、電力設備和資產高效利用及用戶參與用電選擇權等需求都是開展智慧電網的重要驅動力。

根據 IEEE 的定義：智慧電網係指利用數位化技術，將輸電與配電網升級，目標是達到最適化運轉，並提高能源市場的彈性，以誘發許多智慧電網相關之新市場。然而目前智慧電網還是一個“未來先進電網”的概念，且正不斷的演化中。在現代電網的發展過程中，世界各國會依據其電力系統結構條件以及電力相關產業發展的具體情況，透過不同側重領域的研究和實踐，形成了各自的發展方向 and 技術路線，因此也反映出各國對未來先進電網發展模式的不同理解。近年來，隨著各種先進技術在電網中的廣泛應用，智慧化已經成為電網發展的必然趨勢，發展智慧電網已逐漸形成共識。

從技術發展和應用的角度看，世界上電力相關領域的專家及學者普遍認同以下觀點：智慧電網是將先進的傳感量測技術、資訊通信技術、分析決策技術、自動控制技術和能源電力技術相結合，並與電網基礎設施高度集成而形成的新型現代化電網。

智慧電網技術發展給傳統電力行業注入了新的活力，相關技術突破及應用可增強

電網運轉的安全性與可控性，並達成最大限度避免停電損失、提高電力設備利用效率、減少基建投資、減少線路損失、提高能源效率、改善電能質量及優化客戶服務等目標，進而促進發展低碳電網及環保型經濟成長。

二、國家電網公司智慧電網實踐

本節收集國家電網公司(State Grid)公佈之有關資料，整理介紹國家電網公司智慧電網的實踐與發展。

大陸國家電力公司於 2002 年進行重組，成立了國家電網公司和南方電網公司兩大電網公司，以及大唐、華能、國電、華電以及中電投等五大發電公司。國家電網公司負責運轉全國 26 個省份的電力系統，其中又可分為華北電網、華東電網、西北電網、華中電網以及東北電網等幾個區域電網；至於西藏等一些電網因為地域大、人口少，併網不方便，現在還是獨立運轉。區域電網再往下一層便是省級電力公司，比如說江蘇省電力公司，再往下一層則是的地市級，一般稱為供電公司不過有些地方還是稱作供電局，比如杭州市供電公司、廈門供電局等，名稱上不同其實本質上沒有什麼區別，有些地方中間沒有那個「市」字。再往下一層就是縣級供電部門，一般叫做供電分公司。國家電網整體的組織階層是：國網公司>區域電網公司>省電力公司>市供電公司>縣供電分公司，目前國網公司很多時候已經直接跨過區域電網公司管到省電力公司。至於南方電網公司則是負責運轉廣東、廣西、雲南、貴州及海南等南方五個省區的電力系統。

國家電網公司成立於 2002 年 12 月 29 日，是經國務院同意進行國家授權投資的機構和國家控股公司的試點單位，以建設和營運電網為核心業務，承擔著保障更安全、更經濟、更清潔、可持續的電力供應的基本使命，經營區域覆蓋全國 26 個省（自治區、

直轄市)，覆蓋大陸國土面積的 88%，供電人口超過 11 億人，公司用工總量超過 186 萬人。公司在菲律賓、巴西、葡萄牙、澳大利亞等國家和地區開展業務。2012 年，公司名列《財富》世界企業 500 強第 7 位，是全球最大的公用事業企業。

國家電網公司以投資建設運營電網為核心業務。2013 年售電量約 32539 億千瓦小時，線損率 6.73%，輸電線路長度 71.3 萬公里，變電設備容量 28.1 億千伏安。除了電網營運 26 個省級電網公司之外，並擁有 5 家科研機構及 20 家直屬單位(產業公司)從事電力行業之研究及電力產業相關設備製造生產。本次參訪的南瑞繼保公司及國電南瑞公司便是國家電網公司直屬單位南瑞集團公司(又稱國網電力科學研究院)下設的產業公司。

2009 年 5 月，在北京召開的“2009 特高壓輸電技術國際會議”上，國家電網公司正式發佈了“堅強智慧電網”發展戰略。國家電網公司總經理劉振亞表示，積極發展智慧電網已成為世界電力發展的新趨勢，到 2020 年，中國將全面建成統一的堅強智慧電網。國家電網結合基本國情和特高壓實踐，確立了加快建設堅強智慧電網的發展目標，即加快建設以特高壓電網為骨幹網架，各級電網協調發展，具有資訊化、數位化、自動化、互動化特徵的統一的堅強智慧電網。國網公司將按照統籌規劃、統一標準、試點先行、整體推進的原則，在加快建設由 1000kV 交流和±800kV、±1000kV 直流構成的特高壓骨幹網架，實現各級電網協調發展的同時，分階段推進堅強智慧電網發展。按照規劃，國家電網公司的智慧電網建設將分 3 階段：在 2010 年之前完成規劃與試點工作；在 2010～2015 年大面積推開；到 2020 年，全面建成統一的堅強智慧電網。

2009 年 8 月，國家電網公司啟動了智慧化規劃編制、標準體系研究與制定、研究檢測中心建設、重大專項研究和試點工程等一系列工作。在 2010 年 3 月召開的全國“兩

會”上，溫家寶總理在《政府工作報告》中強調：“大力發展低碳經濟，推廣高效節能技術，積極發展新能源和可再生能源，加強智慧電網建設”。這標誌著智慧電網建設已成為國家的基本發展戰略。

2009年8月，國網公司推出9個項目作為第一批試點工程；2010年初，國網公司又推出第二批12項試點項目。

國網公司於2011年底建成了21類228項試點工程，實現世界範圍內規模最大的智慧電網試點工程建設，覆蓋了經營區域的26個省市。全面的開展了研發與實踐，相較於世界上其他國家智慧電網的發展，具有涵蓋範圍廣、建設規模大及推進速度快等顯著特徵。

在大型智慧電網綜合示範工程部分，分別說明如下：

- 上海世博園智慧電網綜合示範工程：2010年4月投運，包含9項示範工程
- 中新天津生態城智慧電網綜合示範工程：2011年9月投運，11個子項目
- 揚州經濟技術開發區智慧電網綜合示範工程：2013年2月驗收11個子項目
- 江西共青城智慧電網綜合示範工程
- 北京未來科技城智慧電網綜合示範工程

國網公司對於智慧電網各個環節的具體建設目標分述如下：

- 發電環節：2015年，滿足9000萬千瓦風電和800萬千瓦太陽能發電接入。2020年，滿足1.5億千瓦風電和1800萬千瓦太陽能發電接入。
- 輸電環節：2015年，全面推廣輸變電設備狀態監測系統、柔性交流輸電技術；推廣應用多種智慧巡檢方式。2020年，特高壓及FACTS技術得到廣泛應用。

- 變電環節：2015 年，110(66)kV 及以上智慧變電所占變電所總量的 38%左右，新建 110(66)千伏及以上智慧變電所站 5100 座、改造 1000 座。2020 年，110(66)kV 及以上智慧變電所占變電所總量的 65%左右。
- 配電環節：2015 年，在 31 個重點城市的核心區域實施配電自動化系統建設。2020 年，全面建成配電自動化系統，實現分散式電源的靈活接入和安全運轉。
- 用電環節：2015 年，用電資訊採集系統覆蓋率 100%；建成 2351 座充換電站和 22 萬個充電樁。2020 年，建成滿足電動汽車發展的區域充換電服務網路。
- 調度環節：2015 年，省級以上調度全面建成智慧電網調度技術支援系統；70% 的地方調度按規範建成。2020 年，進一步提升電網調度的資源優化配置能力、縱深風險防禦能力和靈活高效調控能力。
- 通信資訊平台：2015 年，35kV 及以上核心通信網光纖化；中壓通信網建設光纖通信點 120 萬個；建設電力光纖到戶；全面建成 SG-ERP，支撐公司和電網運營。2020 年，進一步深化通信網和資訊化建設，推廣應用基於電力光纖到戶技術的增值業務。
- 智能用戶體驗：2012 年已在北京、上海等地建成 28 個智慧社區，服務平台覆蓋 25.1 萬使用者。在 26 個省建成 243 座充換電站及 13283 個充電樁，並在青島、杭州建成了充換電服務網路。

在智慧電網關鍵設備研製規劃方面，國家電網公司提出了涵蓋發電、輸電、變電、配電、用電、調度、通信資訊 7 個技術領域、28 個技術專題和 137 項智慧電網關鍵設備的研製需求和方向。

在智慧電網技術標準體系規劃方面，國家電網公司建立了由綜合與規劃、發電、

輸電、變電、配電、用電、調度、通信資訊 8 個專業分支、26 個技術領域、92 個標準系列組成的智慧電網技術標準體系。

在研究檢測能力建設方面，國家電網共擁有 3 個國家級研發（實驗）中心建設：

- 國家能源太陽能發電研發（實驗）中心（南京）
- 國家能源大型風電並網系統研發（實驗）中心（北京）
- 國家能源智慧電網技術研發（實驗）中心（北京、南京）

建設堅強智慧電網，可有效提高清潔能源發電的接納能力，提高電網安全穩定運轉水準，提高能源開發和利用效率，是世界電力工業發展的趨勢。國家電網公司透過加強與國際組織、企業、高校等各界的交流與合作，探索制定國際標準及規範，引導並支援能源及相關產業技術和裝備升級，共同推動堅強智慧電網建設。

三、智慧變電所技術：

本次參訪南瑞繼保公司主要從事電網、電廠和各類工礦企業的電力控制保護技術的研發和產業化，是大陸該領域最大的研發中心和產業化基地，是全球五大電力系統保護電驛(大陸稱繼電保護)設備供應企業之一(ABB、AREVA、NR 南瑞繼保、SEL、SIEMENS)。2010 年，國家能源局在南瑞繼保設立國家級“國家能源電力控制保護技術研發(實驗)中心”。本節依研討資料介紹大陸智慧變電所技術發展現況，以提供本公司有關參考。

變電所是電網中進行電壓轉換、交換功率並實現電能匯集與分配的設施，主要是由變壓器、斷路器、隔離開關、監控系統、保護系統及其他輔助系統等部分所構成，是電網的重要組成部分也是電能傳輸的重要環節，對電網的安全、經濟運轉具有舉足輕重的地位。

變電所的一次設備主要包含了變壓器、斷路器、隔離開關、變比器、虛功補償設備(電抗器、電容器)、避雷器、氣封絕緣開關設備(GIS)等。

變電所的二次設備主要包含了保護電驛系統、監控自動化系統、故障分析系統及電費計量系統等。

變電所輔助系統則包含交流電源系統、直流電源系統、視頻監控系統、消防系統、防盜保全系統及封閉環境監測控制系統等。

智慧變電所的技術核心精神在於：

- 最大化工廠工作量、最小化現場工作量，使一、二次設備的連接、調試最大限度在工廠完成，可以縮短變電所建設時間。
- IEC 61850 標準奠定了變電所實現“基於間隔的信息採集及基於全站的資訊應用”的基礎，提高了變電所資訊利用的有效性，有助於運轉中設備異常情況的判斷和事故情況下的快速決策處理。

大陸發展智慧變電所的幾項重要技術分述如後。

(一)電子變比器技術

國際上將有別於傳統常規電磁型比壓器/比流器(或通稱變比器,大陸稱互感器)的新一代變比器統稱為非常規變比器簡稱 NCIT(Non-Conventional Instrument Transformer)，新一代變比器依據電壓電流變換原理可區分為電子式變比器(ECT/EVT)及光學變比器(OCT/OVT)。

本次參訪廠家所瞭解到的情況，由於光學變比器原理和光路複雜且受溫度影響誤差校準不易控制，目前適合試點計畫比較不建議大量推廣，相對而言電子式變比器則

技術成熟度較高，比較適合推廣應用。

常規電磁式比流器鐵芯在電力系統故障狀態下的鐵芯飽和及磁滯回線，會引起電流測量極其不準確。從而使保護電驛系統的測量也不準確，嚴重威脅現代化電網的安全與穩定，增加了電驛裝置的複雜性；抗電磁干擾能力減弱；絕緣技術、體積、品質和價格都隨電壓等級的升高而越來越大；運輸、安裝和維護困難；量測受頻率影響；變電所占地大，成本高等。為此，有必要研發能克服上述缺點並滿足智慧電網要求的新型電子式比流器。電子式變比器與常規變比器的特性比較如表 1。

表 1 電子式變比器與常規變比器的特性比較

比較項目	常規變比器	電子式變比器
絕緣	複雜	簡單、可靠
體積及重量	體積大、重量重	體積小、重量輕
CT 動態範圍	範圍小、有磁飽和	範圍大、無磁飽和
PT 諧振	易產生鐵磁諧振	PT 無諧振現象
精度	精度易受負載影響	精度與負載無關
CT 二次輸出	不能開路否則高電壓危險	無開路危險
輸出形式	類比量輸出	數位量輸出，光纖傳送

新型電子式變比器在大陸已有十多年的研發和應用，已有 300 多個變電所的試驗運轉或正式運轉實例。大陸從事電子式變比器技術研發的單位已增至 30 多家，部分或全系列供貨的廠家已接近 10 家。

廠家實現 GIS 變比器有兩種技術方案：

一種類似於常規變比器的組合作法，提供電子式變比器的廠家只提供線圈（保護用的羅氏空芯線圈和表計用的低功率線圈），變比器罐體則由 GIS 廠家提供，使用遮蔽電纜將線圈所採集到的小類比信號(毫伏級)引出至二次側的傳感模組(或稱遠端模塊)

實現類比/數位轉換。此方案比較簡單，電子式變比器整體各部分的罐體、線圈、傳感模組分別由不同廠家提供，然而電子式變比器的電氣信號與常規變比器有所不同，遮蔽電纜中傳輸的是毫伏級的小類比信號，且信號出罐體，信號衰減和抗電磁干擾的問題會嚴重影響量測誤差。很多廠家採用此種比較簡單的組合模式，嚴格來說，此種技術方案由於提供的不是完整的 GIS 電子式變比器產品，不具備通過型式實驗和計量認證的最基本條件。

另一種方案廠家的 GIS 電子式變比器採用獨特的整體封裝結構，包括罐體、傳感模組、取樣線圈在內的電子式變比器由單一廠家整體設計、生產、製造、實驗。罐體內包含傳感模組和取樣線圈，取樣獲得的類比小信號能夠在很短的距離、較好的電磁環境下傳輸至封裝罐體內部的傳感模組。兩端通過變徑法蘭和絕緣盆子能方便地和不同的 GIS 廠家配合。以各電壓等級 GIS 電子式變比器作為整體產品通過了型式實驗，獲得了計量器具認證及批准證書。

獨立型電子式電流電壓變比器的結構示意圖如圖 1，可用於 66kV（110kV、220kV、330kV 或 500kV）屋外型變電所，測量一次電流、電壓，輸出信號供數位化計量、測控及保護電驛裝置使用。可用於戶內及戶外環境下。具有如下特點：

1. 比流器與比壓器可組合為一體，實現對一次電流電壓的同時測量。
2. 比流器採用 LPCT 及空芯線圈，電流測量精度高、動態範圍大、暫態特性好。
3. 比壓器採用技術成熟的電容分壓器傳感一次電壓，精度高、穩定性好。
4. 遠端模組採雙套配置，可靠性高。
5. 每個遠端模組雙 A/D 採樣，並有多項自檢功能，進一步提高可靠性。
6. 遠端模組採用光纖雷射供電與母線供電相結合的方法，可靠性高。

光學比流器採用全光纖結構，具有如下特點：

1. 全光纖比流器對電流的傳感是基於 Faraday 電磁感應原理。一套傳感光纖環可同時感應測量用電流和保護用電流信號。
2. 全光纖比流器測量精度高、動態範圍大、暫態特性好。
3. 全光纖比流器的傳感光纖環有內置和外置兩種安裝方式。
4. 全光纖比流器利用反射式 Sagnac 干涉原理實現對光信號的測量，精度高、溫度特性好、抗干擾能力強。

光學比流器可以與有源電子式比壓器組合在一起構成光學電子式電流電壓變比器。

AIS 光學電子式電流電壓變比器和 GIS 光學電子式電流電壓變比器結構分別如圖 2 及圖 3 所示。

圖 1 獨立型電子式電流電壓變比器的結構示意圖

圖 2 AIS 光學電子式電流電壓變比器的結構示意圖

圖 3 GIS 光學電子式電流電壓變比器的結構示意圖

大陸發展電子式變比器也並非一路順遂，據收集到的資料顯示 2011 年秋季到 2012

年初為止，首批建成的示範智慧變電所項目中核心元器件之一的電子式變比器接二連三被擊穿，發生爆炸事件。湖南、雲南、福建等地的智慧變電所均發生過變比器爆炸事件。一份 2012 年 1 月 13 日發佈的文檔(維持大陸原文專業術語)《關於切實加強電子式互感器運行管理的通知》(下稱：《通知》)顯示，國網公司確實對電子式變比器故障頻發高度警惕，提出降低風險的措施。文件稱，“近年來，隨著公司智慧電網的發展，已有近 2000 台各種類型的電子互感器投入運行。運行情況表明，由於部分廠家設計能力不強，工藝控制不嚴，試驗檢測裝備不完善，在運電子式互感器的故障率遠高於傳統互感器，對電網安全運行造成了一定影響。”《通知》要求下屬的各運行分公司，“當繼電保護裝置不進行整體或大部分改造時，不宜將互感器更換為電子式互感器；基於現階段電子式互感器的成熟度和性價比，暫不宜對 35KV 及以下互感器進行數位化改造。”

可見電子式/光學變比器並非發展智慧變電所的本質性需求，設備的安全可靠、適用環境、成熟度和性價比才是評估採用的考量因素。例如本次參訪的 220kV 智慧變電所是一個屋外型 AIS 變電所便是採用常規變比器方案，另一個 110kV 智慧電網產業園變電所是一個屋內型 GIS 變電所且負有研發示範功能便是採用光學變比器方案。本公司目前尚未有電子式/光學變比器的應用經驗，未來引進電子式變比器時應深入瞭解廠家的技術本質差異及評估產品性能實績，避免重蹈故障頻發的覆轍。

(二)合併單元技術

合併單元(Merging Unit 簡稱 MU)是指過程層比壓器/比流器(一次設備)與間隔層 IED 裝置(二次設備)之間的介面設備，合併單元能夠接收來自常規變比器、電子式變比器和光學變比器的信號，並進行數位濾波，同步和重新取樣等處理匯總後，分發給保護和測控裝置。發送協定遵循 IEC60044-8 所定義的點對點串列資料介面標準和

IEC61850-9-2 所定義的乙太網資料介面標準。良好的合併單元裝置設計靈活通用，能夠支援多個廠家的多種變比器介面，並能適應不同電壓等級變電所各種變比器配置的需求。

各類變比器合併單元的輸入輸出示意圖如圖 4。

圖 4 各類變比器合併單元的輸入輸出示意圖

其中適用於變電所常規變比器的資料合併單元裝置採取就地安裝的原則，通過類比交流輸入就地取樣信號，然後通過 IEC 61850-9-1、IEC 61850-9-2 或者 IEC 60044-8 的協議發送給保護或者測控裝置。當合併單元裝置以 IEC 61850-9-1 或者 IEC 61850-9-2 發送資料時，必須接入同步信號；當裝置以 IEC60044-8 發送資料時則同步信號可接也可以不接。這種方式適合於既有變電所進行智慧化改造。

(三)智慧控制裝置

智慧控制裝置(Intelligent Bay Controller 簡稱 IBC)作為過程層設備，與一次設備以控制電纜連接，與保護、測控等二次設備則以光纖連接，透過智慧控制裝置實現對斷路器、隔離開關及主變壓器等一次設備的量測與控制。

智慧控制裝置的主要功能包括：

1. 同步檢定功能：本同步檢定功能針對斷路器的遙控投入。對於每一路遙控物件均可由規約模組選擇是否同步。可以選擇不檢，檢無壓和檢同步三種方式。若檢無壓和檢同步同時投入，則先判檢無壓，檢無壓不成功再進行檢同步。檢同步投入具有頻差閉鎖，壓差閉鎖，頻差加速度閉鎖，角差閉鎖等功能。
2. 邏輯閉鎖功能：當裝置邏輯閉鎖功能投入時，裝置能夠接受邏輯閉鎖程式設計，當遠方遙控或就地操作時，裝置自動啟動邏輯閉鎖程式，以決定控制操作是否允許。
3. GOOSE 跳脫功能：通過 GOOSE 接收保護裝置跳脫命令以及測控的遙控啟斷和投入命令，實現開關的啟斷和投入。
4. 非全相跳脫。
5. 就地智慧控制功能：智慧控制裝置程式根據相對應點在程式內部類比遙控過程經相應的邏輯條件直接輸出。並且將當前操作記錄至操作報告中，以備查詢。

智慧控制裝置的控制信號流程示意圖如圖 5。

圖 5 智慧控制裝置的控制信號流程示意圖

(四)網路通信技術

基於 IEC 61850 標準，智慧變電所各設備間的資訊連結是透過完整的三層(站控層、間隔層、過程層)兩網(站控層網、過程層網)結構型的全數字化網路實現。

- 站控層(Station Level)：包括變電所運轉監控人機介面伺服器/工作站、網路印表機、對外通信通道器、GPS 接收器等設備。
- 間隔層(Bay Level)：包括間隔控制單元、保護電驛 IED、量測表計、其他 IED 如輔助電源控制器、故障錄波器等設備。
- 過程層(Process Level)：包括合併單元及智慧終端等設備做為現場變壓器、斷路器、開關等主設備的資訊取樣及投切控制。

- 站控層網(Station Bus)：連結站控層設備與間隔層設備間之資訊通訊，主要數據資料為用於傳送基於 Client/Server 模式的配置等 MMS(Manufacturing Message Specification)資訊。
- 過程層網(Process Bus)：連結間隔層與過程層設備間之資訊通訊，主要數據資料為用於傳送將類比電氣量轉換數位信號的 SV(Sampled Values)資訊和用於傳送跳脫命令及閉鎖信號的 GOOSE(Generic Object Oriented Substation Event)信息。

從通信控制的角度來看，智慧變電所一次與二次設備間連接的顯著體現為對大限度地以光纖取代銅線電纜透過區域網通信完成保護及監控，因此站控層網及過程層網均採用光纖組網。由於數據資料性質、功用及關鍵重要性的差異，站控層網及過程層網的網路特性整理如表 1。

表 1 智慧變電所通信網路特性

區域網	資料類型	資料特性		傳輸要求	
		資料產生	資料量	速度	可靠度
站控層網	MMS	非連續	中等	低	低
過程層網	GOOSE	非連續	少量	高	高
	SV	連續	大量	高	高

為了確保 GOOSE 和 SV 這兩類數據流高速即時的要求，目前實務運用上站控層網與過程層網並不會合併組網(有在研發合併組網技術)。站控層網若發生問題喪失通信還不至於對變電所運轉造成立即性的影響，但是過程層網若發生問題喪失通信，則會立即影響變電所設備的保護及監控功能，形成電網脆弱點，所以過程層網路的高度可靠性要求可說是完全數字化智慧變電所的核心關鍵。

實現 IEC 61850 標準的智慧變電所，依據實現的完整程度可區分為 3 類如表 2。

表 2 IEC 61850 標準智慧變電所分類

	站控層採用 IEC 61850	過程層採用 IEC 61850	採用電子式 CT/VT	說明
方案 1	√			易於自動化擴充的開放標準
方案 2	√	√		採用 GOOSE 及 SV 大量減少銅線電纜
方案 3	√	√	√	高精準度,大量減少銅線電纜,避免 CT 飽和及 CT 開路問題

大陸累積了大量實務運用經驗，目前推薦的過程層網的網路拓撲可以分為 4 類

1. 雙星形 SV 及 GOOSE 共網

網路架構如圖 6，SV 及 GOOSE 在同一個區域網，網路協定包括：IEC 61850-9-2 LE (SV), IEC 61850-8-1 (GOOSE), IEEE 1588 v2 (SV synchronization), GMRP。採用雙重星形區域網來提升可靠度，相較於環形網路架構可不需考慮網路通信路徑重構的延時控制。需要依賴高品質的網路交換器(Switch)。

圖 6 雙星形 SV 及 GOOSE 共網網路架構

2. 雙星形 SV 及 GOOSE 分網

網路架構如圖 7，SV 及 GOOSE 分別獨立組成區域網，SV 區域網的網路協定為 IEC 61850-9-2 LE 及 IEEE 1588 v2 (SV synchronization), GOOSE 區域網的網路協定為 IEC 61850-8-1。採用雙重星形區域網來提升可靠度，相較於環形網路架構可不需考慮網路通信路徑重組的時間差異。需要依賴高品質的網路交換器。

圖 7 雙星形 SV 及 GOOSE 分網網路架構

3. SV 點對點，雙星形 GOOSE 網

網路架構如圖 8，大量連續性 SV 資料採用 IEC 61850-9-2 LE 協定以點對點光纖連接，GOOSE 區域網的網路協定為 IEC 61850-8-1。GOOSE 區域網需要依賴高品質的網路交換器。

圖 8 SV 點對點，雙星形 GOOSE 網網路架構

4. SV 及 GOOSE 分別點對點

網路架構如圖 9，SV 資料採用 IEC 61850-9-2 LE 協定以點對點光纖連接，GOOSE 資料採用 IEC 61850-8-1 以點對點光纖連接，SV 與 GOOSE 完全獨立，這種通信方式需要大量的光纖，不需要網路交換器。

圖 9 SV 及 GOOSE 分別點對點網路架構

初期試點工程，多會採取不依賴網路交換器的 SV 及 GOOSE 分別點對點方案，逐步累積許多運轉維護經驗後，現在雙星形 SV 及 GOOSE 共網方案逐漸成為新建或改造智慧變電所的主推方案。這種多方嘗試技術快速演變的成果來自於大陸崛起過程中處處要搶第一的思維，例如某省市第一個智慧變電所、第一個 Process Bus 智慧變電所、第一個 SV 及 GOOSE 共網智慧變電所…，追求技術領先創新驅使大陸智慧變電所技術蓬勃發展。

因此典型智慧變電所的網路架構如圖 10，站控層網及過程層網均採雙星形架構，在網路安全的考量方面，變電所對外部例如調度中心的通信網路透過匝道器進行實體隔離，對內則配置了網路流量監視主機時時監看站控層網及過程層網網路是否出現異常狀況。

圖 10 智慧變電所的網路架構

除了網路雙重配置之外，保護與控制、各間隔的合併單元、各間隔的智慧控制裝置也都是採用雙重配置，來確保智慧變電所運轉上高度的可靠性。

以目前世界上電壓等級最高的延安 750kV 智慧變電所為例[4]，是國家電網公司首批智慧變電所試點工程，於 2011 年 3 月底建成投運。與常規變電所相比，具有以下特點：

- 工程建設經濟效益、社會效益和環境效益顯著，變電所建成投運後，節約占地 5%，節省電能損耗 7%，減少建築面積 15%，節約全壽命週期建設成本 6%。
- 電氣一次設備智慧化。斷路器加裝機械、氣體、局放狀態監測單元和智慧終端，實現測量數位化、控制網路化、狀態視覺化。主變壓器嵌入油色譜、局放等感測器和智慧終端，採用智慧通風系統，節能 15%。
- 全站採用電子式變比器。750kV 採用羅氏線圈電子式比流器，330kV 採用羅氏線圈、全光纖式比流感器，方便維護檢修，改善比流器電磁特性，提高保護測控裝置性能，提高安全可靠。
- 統一狀態監測平台。採用離線和線上相結合的方式，採集一次設備關鍵狀態資訊，可實現一次設備狀態檢修，節約投資約 200 餘萬元。
- 優化二次設備佈置。整合監控、五防、保護、線上監測等系統，智慧終端就地安裝，減少功能冗餘房間。主控樓由兩層優化為單層，全站減少建築面積 20%。
- 統一通信網路標準。全站採用 IEC 61850 標準，實現了二次系統設備之間的通用互換和交互操作。

- 資料獲取資訊化。類比量、開關量採集傳輸網路化、數位化。相比常規變電所，控制電纜減少 50%，電纜溝截面減少三分之一。
- 邏輯回路虛擬化。二次回路由傳統電纜“硬”接線方式改變為軟體配置“軟”接線方式。
- 系統調試工廠化。43 天完成全站二次系統 108 面 348 套裝置的工廠聯調和數位動模試驗，節約現場安裝調試 60 天，整體縮短工期 30 天。
- 具備無人值班功能。採用一體化全景資訊平台，優化整合全站資料，提高了變電所運轉水準，實現了一次設備視覺化、狀態檢修、智慧告警等高級應用功能，首次實現了 750 千伏變電所無人值班。
- “一鍵”式停復電操作。綜合應用順序控制、智慧告警、故障推理與分析決策等高級應用，實現自動操作，改變了傳統停復電操作方式。
- 優化設備安裝佈置。330kV 電子式變比器與隔離開關靜觸頭共柱安裝，可節約占地約 4 畝。

四、一次設備線上監測技術

本次實習任務參訪國電南瑞公司時該公司特別安排同為南瑞集團公司(國網電科院)的武漢南瑞公司專家前來南京，研討一次設備線上監測技術，另安排為南瑞集團公司的安徽繼遠科技公司專家前來南京，研討高壓電網保護電驛設定計算及線上校核系統。本節依研討資料介紹大陸一次設備線上監測技術發展現況，以提供本公司有關參考。

(一)變電設備線上監測技術

經過 30 多年的實踐證明，變壓器油色譜分析技術(DGA)對於發現油浸式電力變壓器內部潛伏性故障相當有效和可靠，大陸某省每年均發現並確認 10 多台變壓器內部故障，避免了惡性事故的發生。但傳統的油色譜主要是依據變壓器電壓等級進行週期性試驗，有些發展期較短的故障在兩次定期取樣期間可能檢測不到，難以充分發揮它的作用。因此，通過線上監測裝置對變壓器油中氣體組分含量進行連續或即時線上監測，隨時掌握設備的運轉狀況，判斷其運轉是否正常，診斷設備內部存在的故障性質、類型、部位和嚴重程度並預測故障的發展趨勢，是一項很有實用價值和發展潛力的技術。

線上色譜監測裝置按檢測方法可分為氣相色譜法、感測器陣列法、變換紅外光譜法 (FTIR) 及光聲光譜法 (PAS) 等 4 類。氣相色譜法運用最早，原理最成熟，且因採用相對測量原理而不會帶來積累誤差，較紅外光譜法所需樣氣量更少，價格比紅外光譜法和光聲光譜法更便宜，因此，用氣相色譜法原理實現的變壓器線上監測裝置的性價比良好。光聲光譜法相較於氣相色譜法氣路較簡單且維護量較小，是線上色譜監測裝置技術發展的趨勢。

由於耐壓和衝擊試驗並不足以發現設備絕緣缺陷，在電力系統保護日趨完善的今天，工作電壓下的絕緣劣化成為事故主因。局部放電是指導體間絕緣僅被部分橋接的電氣放電。局部放電可能發生在絕緣體內部也可能發生在表面，發生在氣體包圍的導體附近的放電則稱為電暈。導致絕緣體產生局放的主要原因是電場分佈的不均勻。局部放電對電氣設備絕緣會產生嚴重的危害，主要表現在由於放電產生的局部發熱、帶電粒子的撞擊、化學活性生成物以及射線等因素對絕緣材料的損害。這種對絕緣的破壞作用是一個緩慢發展的過程，而且從局部開始，受多種因素影響，是運轉中的高壓電氣設備的一種隱患。局部放電的效應及演變如圖 11。

圖 11 局部放電的效應及演變圖

電氣設備絕緣中的局部放電的放電持續時間一般在 $10^{-9} \sim 10^{-7}$ 秒，脈衝上升時間為納秒級，其頻率分量可達 1GHz 以上。雖然超高頻頻段內局部放電信號能量相對低頻段較小，但是該頻段內變電所各種干擾信號也較少，經過適當處理後局部放電信號的檢測靈敏度反而較低頻段要高。因此，檢測頻帶可達 300MHz~1.6GHz 的局部放電超高頻檢測方法得到重視。超高頻檢測感測器通常為各種超高頻天線，如阿基米德平面螺旋天線。根據檢測原理，超高頻法是絕對不可能進行視在放電量（pC）測量的，其測量幅值與視在放電量無關。

超高頻法應用於變壓器的特點是十分靈敏，適合線上監測使用，帶電檢測則操作困難，且存在探測死角。可採用內置 UHF 感測器或伸入式感測器（由放油管伸入），也可採用外置感測器靠近套管底部測量（須注意保持安全距離，不建議採用該方式）。

超高頻法應用於 GIS 的特點是十分靈敏，適合線上監測和帶電檢測使用，可以進行定位。可採用內置 UHF 感測器或外置式 UHF 感測器（安裝或放置在盆式絕緣子處），對於盆式絕緣子外圈有金屬遮罩的 GIS，外置感測器無法使用。

變壓器用及 GIS 用超高頻傳感器實物如圖 12。變壓器超高頻定位傳感器安裝如圖 13。

圖 12 變壓器用及 GIS 用超高頻傳感器實物

圖 13 變壓器超高頻定位傳感器安裝

(二)輸電線路線上監測技術

輸電線路線上監測技術是指直接安裝在線路設備上可即時記錄表徵設備運轉狀態特徵量的測量系統及技術，是實現狀態監測、狀態檢修的重要依據，狀態檢修的實現與否很大程度取決於線上監測技術的成功與否。

由於輸電線路線上監測技術發展時間短、安裝運轉條件惡劣等原因，還存在許多問題。尤其是智慧監測裝置和感測器單元的可靠性和穩定性問題一直是制約輸電線路上監測系統進一步發展的根本原因。

輸電線路線上監測系統中所涉及的技術突出，須具備高可靠、低功耗、高精度等特點，順應電網智慧化的發展趨勢，這些特點使其能夠廣泛的運用於輸電線路線上監測領域，為輸電線路的安全可靠運轉提供依據。

大陸線上監測產品國家標準情況介紹

- 1、2008 年南方電網公司頒佈“輸電線路線上監測終端技術規範”及“輸電線路線上監測通訊規約”。
- 2、國家電網公司於 2010 年初以“生輸電〔2010〕13 號”檔發佈“關於印發智慧電網輸電線路狀態監測系統建設原則及技術規範的通知”，要求按此原則在國網超高壓線路上建設全線路圖像/視頻、微氣象、覆冰、導線溫度、弧垂、風偏、危險點、山火、防盜等全工況線上監測系統。同期頒佈了“輸電線路狀態監測系統建設原則”、“輸電線路狀態監測系統技術規範”及“輸電線路狀態監測裝置技術規範”等要求。

輸電線路線上監測系統介面設計如圖 14 及 15。

圖 14 輸電線路線上監測系統介面設計之一

圖 15 輸電線路線上監測系統介面設計之二

五、智慧電網高級應用系統

本次參訪國電南瑞公司在智慧電網、軌道交通、工業控制、清潔能源、電力電子等專業領域，鏗而不捨地開展應用型研發和技術創新，引進先進的資訊技術、軟體技術和測控技術，形成多項具有核心技術和自主智慧財產權的、富有競爭力的產品，取得了包括諸多開創性成果在內的豐富的科研成就。

本節依參訪研討資料介紹大陸在智慧電網高級應用技術方面的發展現況，以提供本公司有關參考。

(一)基於 EMS 系統一體化平台保護故障資訊管理系統

隨著電力系統規模的不斷擴大，電網運轉狀況與系統故障都呈現出複雜性，這也促使調度管理部門需採用更先進、更科學的方法來實現對全網保護電驛設備及故障錄波器進行統一、有效的管理。保護故障資訊管理系統的建設為調度運轉部門能即時掌握保護電驛裝置的運轉狀況，在電網故障時快速獲取保護動作資訊和故障錄波資料，從而及時準確判斷故障性質。隨著的調度自動化系統技術水準的不斷進步，系統間融合一體化的趨勢越來越明顯，將傳統的保護故障資訊管理系統集成到新一代調度自動化系統的平台之上，有利於實現資源資訊的高度共用和綜合利用。

電網發生故障時，及時有效地掌握故障資訊，對於事故的判斷、處理和系統的恢復發揮非常關鍵的作用。獨立的 EMS/SCADA 系統僅能反映開關狀態變化等 SOE 資訊，以及一次設備的電壓、電流、實功、虛功等類比量資訊，僅能滿足靜態監視的需求，無法反映保護動作時序和自動復閉過程等判斷故障的關鍵資訊。

保護故障資訊系統所提供的保護動作資訊和故障錄波資訊可以對故障設備、故障相別、故障性質、故障時刻保護動作時序和電氣量變化過程進行完整的描述，是電網

事故決策判斷的重要依據。

綜合上述兩套系統的故障資訊進行綜合分析才能準確判斷分析故障，但上述系統大多以獨立系統方式建設，無法實現資訊交互和資源分享，存在“資訊孤島”問題。

一體化平台保護故障資訊系統可以同時獲取開關狀態變化、SOE、保護動作資訊和故障錄波資訊進行分析推理綜合判斷。同時提供對二次設備運轉狀態的即時監視和運轉資訊的即時查詢功能。

該系統可提供下列保護相關功能

- 實現二次設備模型管理、定值管理、錄波文件管理等專業管理功能。
- 實現基於故障錄波檔的故障分析、故障測距等分析功能。
- 提供對二次設備動作資訊、運轉資訊的統計查詢。

並能提供下列調度相關功能

- 向調度人員提供故障簡報，輔助調度人員快速準確判斷分析故障。

故障資訊管理系統形成較晚，其軟體模組的各個方面還在不斷完善中，相對而言 EMS 系統歷經數十年幾代產品的發展，新一代主流的 EMS 系統採用了新的體系結構，其技術平台在開放性、穩定性、可擴展性、可攜性、易維護性、可靠性等方面具有巨大的優勢。線上故障資訊管理系統示意圖如圖 16。

圖 16 線上故障資訊管理系統示意圖

由於 EMS 系統平台採用模組化設計，因此保護故障資訊管理系統可以很方便的集成在 EMS 系統上，充分利用基礎平台提供的人機介面、資料庫服務、告警服務、檔案服務等成熟穩定的軟體模組，真正實現了高度一體、整體融入。

獨立的 EMS 系統和獨立的保護故障資訊管理系統由於建設時間存在先後，缺少總體設計和統一規範，往往出現系統間的模型參數重複配置但又不完整、圖形顯示風格不一致等問題，既帶來大量日常維護工作量，又未能實現系統間模型、圖形的直接交互與高效共用。

一體化系統的建設則可以形成統一完整的模型和即時運轉資料以及統一的圖形顯示風格，實現了一次維護全域共用，免除了重複的參數錄入和圖形繪製工作，大大減輕了維護工作量，可以說從根本上解決了上述問題。

以往一、二次設備的運轉資訊分散在兩套系統中，運轉人員在運轉監視時需要在系統間切換顯示，操作略顯繁瑣。而一體化系統可利用一次接線圖全面直觀的反映一、二次設備運轉狀態和運轉資料，便利了調度人員日常運轉監視工作。

一體化系統具備線上故障綜合分析功能，可根據一二次設備關聯關係、一次設備

拓撲連接關係對故障時刻上送的開關狀態變化/ SOE/ 保護動作/ 故障參數/ 錄波簡報等資訊進行整理，並最終形成故障報告，輔助調度及保護專業分析快速分析判斷故障。

故障資訊管理系統集成在 EMS 系統的基礎平台之上，可以充分利用 EMS 系統技術平台提供的豐富實用的功能模組，既免除了底層軟體的重複開發，降低了軟體成本，又提高了上層應用軟體的可靠性、穩定性與可擴展性。同時資料伺服器、調度員工作站等硬體設備可以與 EMS 系統共用，節省了相應的硬體投資。

(二)智慧輔助綜合監控系統

隨著智慧電網建設的全面展開，在變電所自動化領域出現了下列新的管理要求：

- 實現變電所設備運轉集中監控與電網調度業務高度融合。
- 調度單位負責變電設備運轉集中監控，並執行遠方操作。
- 運維單位負責設備管理、運維業務，執行現場巡檢和操作。
- 實現狀態檢修，運維一體化，實現資產全壽命週期管理。

智慧輔助綜合監控系統不只是單純的視頻監控系統，它透過主輔系統資訊的緊密結合，實現從傳統的被動監控模式向主動監控模式轉變。輔助資訊作為重要的資訊，主要體現在通過視頻資料、智慧視頻圖像分析、全景資料展示、各系統的互動，利用智慧手段進行主動性防禦，將隱患預先排除，為電力系統的安全穩定運轉提供支撐和技術保證，從而降低人力成本，提高電網運轉的可靠性。

智慧輔助綜合監控系統用於輔助智慧變電所以及常規變電所的運轉與管理，實現變電所輔助子系統以及設備的管理、監視、控制。智慧輔助綜合監控系統在各個子系統之間資訊共用的基礎上，實現了視頻監控系統、安全防範系統、消防火災系統、給

排水系統、SF6 監測系統、環境監測系統、智慧照明系統、SCADA 系統、狀態監測系統、智慧巡檢系統、五防系統等系統的互動與聯動。智慧輔助綜合監控系統在監控系統內部包含視頻監控系統、環境監測系統、照明系統、安全防範系統、智慧巡檢系統、高壓節點測溫系統等系統；以通訊方式集成接入 SCADA 系統、狀態監測系統、SF6 監測系統、消防等系統的資訊；手動或依據聯動規則自動控制給排水系統、照明系統、通風系統、空調控制系統等系統，通過智慧手段，實現智慧聯動、輔助防誤操作、輔助安全防衛等。

變電所一體化監控成為變電所自動化專業的發展方向，智慧輔助綜合監控系統的建設包含站端系統以及主站端系統的建設。通過建設輔助綜合監控系統，對各輔助子系統進行統一的集成和資訊匯總的基礎上，實現了視頻監控系統、安全防範系統、消防火災系統、給排水系統、SF6 監測系統、環境監測系統、智慧照明系統、SCADA 系統、狀態監測系統、智慧巡檢系統、五防系統等系統的互動與聯動，實現當地語系化的監視、控制、聯動。通過資訊上送，為各級上級部門提供各自所需的資料資訊。站端在主站端，為調度部門以及相應的生產管理部門提供各自所需的技術支撐。依據站端通訊的上送，實現輔助資訊的統一監視、控制、告警、管理。通過與調度自動化系統的通訊，實現 SCADA 即時資料的展示，以及告警、控制的聯動；讀取調度系統的圖形和模型資訊，實現源端維護和即時同步。通過與 PMIS 等其他系統的互聯互通，實現資產資訊資料等資訊的共用，從而滿足扁平化，一體化的監控要求。

智慧輔助綜合監控系統的功用是達成下列 4 類資訊的綜合運用

- 綜合智慧音視頻技術、安防技術、一次設備線上監測技術、防誤技術、智慧巡檢技術、環境監測技術、智慧燈光控制技術、智慧一體化電源技術等
- 以物件為目標在變壓器、保護室、斷路器、控制室等物件進行資訊建模

- 具備資料介面可以接入視頻、音訊等類比信號以及各種數位信號，具備強大的資料處理能力，實現功能資訊共用、互動
- 統一標準傳輸資料流程、語音流、視頻流、控制流

智慧輔助綜合監控系統站端解決方案示意圖如圖 17。

圖 17 智慧輔助綜合監控系統站端解決方案示意圖

參、心得及建議

感謝各級長官提供學習機會，亦感謝部門同仁協助分擔出國期間業務。此行學習到了很多有關大陸智慧電網科技發展的新知及應用技術交流，相信對日後的工作將會有很大的幫助，職也很樂意將此行之所見所學，與所有同仁共同分享研討。

電子式/光學變比器並非發展智慧變電所的本質性需求，本公司目前尚未有電子式/光學變比器的應用，未來引進電子式變比器時應深入瞭解廠家的技術本質差異及評估產品性能實績，確保該一次設備的安全可靠。

輸變電設備線上監測技術是實現狀態監測、狀態檢修的重要手段，例如新購變壓器最好能要求安裝完整線上監測系統，如果無法一次到位，也應考量預留定位傳感器的最佳安裝位置，以利未來該變壓器故障風險走高時能方便地實現線上監測局放定位的需求。

大陸實踐堅強智能電網，各項發輸變電新技術應用迅猛發展成果豐碩，智慧電網產業實力雄厚，技術自主性高，在電網公司強力主導下，二次設備互通性高，智慧系統一體化整合運用等實務經驗豐富，非常值得本公司在各技術領域多方面深入交流互相借鏡學習。

故障錄波資訊是發展智慧變電所全景資訊的一部份，保護故障資訊系統所提供的保護動作資訊和故障錄波資訊可以對故障設備、故障相別、故障性質、故障時刻保護動作時序和電氣量變化過程進行完整的描述，是電網事故決策判斷的重要依據。IED 電驛也會具備保護檔位的錄波資訊，可以與故障錄波資訊相輔相成提供局部及全域事故資訊。

智慧用電的需求未見明顯成長，大陸廣設電動車充電樁來引領需求，在智慧電網展廳可以看到國家電網的電動車充電樁已開發到第 3 代，外型更加小型化及新穎流線，呈現出美好的未來潔淨能源生活意象，然而此行在某內部停車場看見 6 個充電樁旁有些長期放置了大型物件，明顯該處電動車充電樁的利用率非常低，所以發展智慧用電基礎設施時應仔細評估實際需求性，避免造成資源浪費。

智慧電網項目的投資龐大，對各項投資自應審慎評估效益，謀定而後動，但是相對而言就會缺乏對新技術的實用經驗，此時對國際上的技術發展動態掌握更顯重要。由於智慧電網新科技及通信網路應用技術發展日新月異，加上保障知識智慧財產權關係，一般並不容易取得新科技的關鍵技術與實際運用經驗，必須透過與具豐富經驗的智慧電網技術產業公司及電力公司同業多方交流研討以作為評估相關新技術成熟度與實用性之重要參考，建議公司應持續派員出國從事相關技術研習。

肆、參考文獻

- [1] 南瑞繼保公司提供講義,12.9.2013~12.11.2013。
- [2] 南瑞集團公司及國電南瑞公司提供講義,12.12.2013~12.13.2013。
- [3] 國家電網公司智慧電網簡報資料。
- [4] 750 千伏延安智能變電站,百度百科。