

出國報告（出國類別：其他）

赴大陸參加核電設備展及訪問艾德森 電子、汕頭超聲研究所、中廣核檢測公 司公差報告

服務機關：核能研究所

姓名職稱：徐鴻發 研究員

莊俊 研究員

郭木進 副研究員

陳國英 副研究員

派赴國家：中國大陸

出國期間：100年9月19日~100年9月30日

報告日期：100年11月2日

摘要

核能發電近年在大陸地區發展迅速，已系統化地制定核能法規，而且在核電設備與檢測儀器之開發方面，也有良好之成果。核能研究所為增進對其現況之瞭解，於100.9.19~30派員赴北京參加「2011年中國國際核電設備展覽會」，並訪問艾德森電子公司、汕頭超聲研究所、中廣核檢測公司等單位。實地瞭解大陸核能工業發展趨勢，蒐集其法規執行等相關資訊，並進行監查與非破壞檢測技術交流。

公差期間在核電設備展覽會，瞭解了大陸核電機組與核電設備之發展近況，並協助本所技轉廠家參展，對參觀者做更詳細說明；在愛德森電子除了對其渦電流、超音波儀器有更新的瞭解外，亦對本所金屬磁記憶檢測儀進行昇級，增進對材料老劣化之檢測能力；在汕頭超聲研究所瞭解其新開發的相位陣列式超音波儀器與探頭之性能，並討論探頭客製化之可能性；在中廣核檢測公司深圳基地，瞭解了其對大亞灣、嶺澳核電廠檢測之運作方式，並了解其對於核安法規之執行與全機組檢測之經驗。此次訪問之心得，可做為本所未來執行核能政策、開發相關技術之參酌。

Abstract

Recently, the capacity of nuclear power generation in Mainland China increases rapidly. The developments of nuclear regulations, nuclear equipments and inspection instruments are also obvious. In order to understand the status of these mentioned items, the Institute of Nuclear Energy Research arranged a visit, from September 19, 2011 to September 30, 2011. The agenda included attending an international nuclear power equipment exhibition held in Beijing, visiting Eddysun (Xiamen) Electronic Co., visiting Shantou Institute of Ultrasonic Instruments (SIUI) Co., and visiting CGNPC Inspection Technology Co., Ltd at Shenzhen.

About the visiting of the Beijing, it reports the contents of the exhibition and the attending of Taiwan companies. At Xiamen, the new eddy current, ultrasonic and metal magnetic memory inspection instruments are reported. The visit and discussion about phased array ultrasonic testing instrument and probe is the main reported topic related to SIUI. The discussion about in-service inspection (ISI) of Ling Ao nuclear power plant at Shenzhen is also reported.

目 次

摘 要	i
	(頁碼)
一、 目的.....	1
二、 過程.....	1
三、 心得.....	12
四、 建議事項.....	15

一、目的

大陸地區近年在核電方面發展迅速，已系統化地制定核能法規，而且在核電設備與檢測儀器之開發也有良好之成果，為增進對其現況之瞭解，配合執行「參加核能安全、核能技術國際研討會、核工業展覽並赴核能研究發展相關單位洽商技術推廣」、「核能電廠運轉期間檢測及測試之監查作業」及「核能技術主軸計畫」等計畫，於 100.9.19~30 派員赴北京參加「2011 年中國國際核電設備展覽會」，並訪問艾德森電子公司、汕頭超聲研究所、中廣核檢測公司等單位。實地瞭解大陸核能工業發展趨勢及蒐集其法規執行等相關資訊，並進行監查與非破壞檢測技術交流，做為本所未來執行核能政策、開發相關技術之參酌。

愛德森電子為知名之儀器公司，核研所曾購置其金屬磁記憶檢測儀，現欲將此儀器電腦化，以增進對材料老劣化之檢測能力，該公司同意協助免費改良軟硬體進行昇級。汕頭超聲研究所已開發多種相位陣列式(Phased Array，簡稱 PA，大陸稱為相控陣)超音波儀器與探頭，並可客製化探頭；PA 為功能強大之新檢測技術，歐美廠家之探頭極昂貴，本所現正進行 PA 探頭設計之研發工作，至該所進一步了解其探頭製作能力，可作為合作或代工之參考。中廣核檢測公司隸屬於中國廣東核電集團，其在深圳之基地負責大亞灣、嶺澳等核電廠之檢測工作，對於核安法規之執行與全機組檢測具有經驗，此經驗可供本所執行監查與檢測工作之參考。

二、過程

本次公差人員共有研究員徐鴻發、莊俊，副研究員陳國英，助理研究員郭木進等 4 員，參訪之行程如下表：

日期	參訪單位	公差人員	備註
9/19~9/20	2011 中國國際核電設備展覽會	莊俊、郭木進	莊、郭先至北京
9/21	前往廈門	莊俊、郭木進 徐鴻發、陳國英	莊、郭自北京飛廈門； 徐、陳自台北飛廈門
9/22~9/23	愛德森電子公司		
9/24~9/25	週末，前往汕頭		
9/26	汕頭超聲儀器研究所		
9/27	前往深圳		
9/28	中廣核檢測公司深圳基地		
9/29			莊、郭返台
9/30	返台	徐鴻發、陳國英	

北京參加「2011 中國國際核電設備展覽會」行程說明

(一) 參展說明

隨著溫室氣體對環境影響及全球能源匱乏之慮，中國大陸也逐步展開其能源佈局，以確保能在全球的環保要求與自身的經濟發展中達到雙贏。也由於核能技術的日趨成熟，提供更安全的機組設計及運轉，以致於中國大陸將核能發電列入潔淨能源開發之重要選項之一，近年來更積極投入核能發電之研究開發。以目前大

陸地區 14 部核能發電機組運轉情形，實在是無法滿足大陸內陸供電需求，再加上中國大陸已是全球二氧化硫排放世界第一及二氧化碳排放世界第二之壓力，適度的調整能源供給結構刻不容緩。因此，在十二五能源計畫中，將核能發電列為未來電源之主力，並且規劃在 2020 年建造 40~60 部機組。中國國務院更明確的訂出 2020 年，中國核能發電商轉之裝置容量應設定於 800 萬千瓦，而整個十二五電力行業規劃中核能發電所佔之設備及零組件需求應有巨大的市場空間。依據大陸核電專家之預測，每年規劃 6~8 部核電機組之建置情況，每單位建造單價之計算達 15,000/千瓦，而投資設備佔建造之 60% 比率，每年核電設備的投資額將達 720 億人民幣。

因應中國大陸龐大的核能市場及建立我國本土核能零組件與各項核能技術之自製生產能力規劃，運用於我國三座運轉中核能電廠及龍門核能電廠等情形，本所理應培植國內具有生產核能零組件之公司，除不需事事仰仗外國技術，浪費外匯外，又可朝外銷之目標前進，透過鄰近的中國大陸作為首站，逐步推廣至東南亞區域等國。惟經過本所評估後，相關核能設施之興建與一般工程無異，均需要機、儀、電及土木等技術；且核能電廠興建，依其特性及施工性質分為核島區、常規島區及土建三部，國際間所稱之核能產業是指核電機組之最重要部份，即核島區之各組件、設備與系統的製造。而核能設施興建所需之機、儀、電及土木，由於所要求的品質十分嚴格，也逐漸發展出嚴謹的品質檢證制度，故同樣的商業級組件，在經過核能體系認證成為核能級組件後，價格即呈數倍成長。

本所經過十數年之努力後，近年來陸續完成核能零組件之驗證檢查作業、核電廠系統組件劣化監測與診斷、高放射性關鍵材料劣化防治與分析技術、飼水鐵控制與人員輻射劑量抑低研究、高耗燃料營運之安全管制技術基礎建立、放射性廢棄物管理之管制技術基礎建立、數位儀控之管制技術基礎建立、放射性廢棄物處置發展規劃、高污廢污染設施處理，安全度評估工具之開發與應用推廣、放射性廢棄物高效率固化技術與系統推廣、用過核子燃料高容量乾貯系統開發，認證級爐心設計方法與程序之建立與推廣等等技術，並規劃將各項研發成果採技術移轉或技術授權等方式，轉至國內本土公司，藉由民間公司之靈活性，除協助提昇國內企業之研發能力外，並可推廣至鄰近國外市場，幫助國家賺取外匯。

(二) 會場概況

1. 本次「2011 中國國際核電備展覽會」由大陸中國機械工業聯合會、中國能協會主辦；中國電工技術學會、中國動力工程學會等為協辦單位，並邀請中國國家發展和改革委員會、國家能源局、國家核電技術公司、中廣核集團及中核總集團共同支援辦理。
2. 參展範圍包括 1.核島區、2.常規島區、3.操作與維護設施、4.廢物處理、5.核電站基礎建設等如下述：
 - (1) 核島區部份：反應堆及其冷卻系統、堆蕊燃料、核燃料組件、穩壓器、反應堆堆內構件、反應堆壓力容器、控制泵驅動機構、蒸氣發生器、反應堆冷卻劑泵、密閉殼、ECCS 等。
 - (2) 常規島區部份：渦輪發電機、汽輪機、發電機變壓器、凝汽器、汽水分離

熱器、葉片、儀表控制、保溫材料、空調系統、核空氣淨化與通風濾器設備、生物工程學在反應器控制中的應用、數位控制系統與軟件資質、電汽系統、電線電纜與橋架、母線、新型緊急供電系統、新型高壓設備、輸配電設備、核電塗料、核電防腐材料、防腐設備、核電電池、核電油漆、塗料、泵及閥門、承壓容器、核級石墨、核電站與電算化管理中的計算機輔助設備、焊接、機械加工等等。

- (3) 操作與維護設施部份：檢查設備、設備維護機器人、核事故緊急處理通訊設備、核設備標準化規劃、NPP 的 URD、EURD 系列開發、核安全保護設備及材料。
- (4) 廢物處理部份：固體廢物處理、液體廢物處理、氣體廢物處理、放射性廢棄物處理。
- (5) 核電站基礎建設部份：核電站工程建築模板及腳手架、水泥、混凝土降溫片冰等。

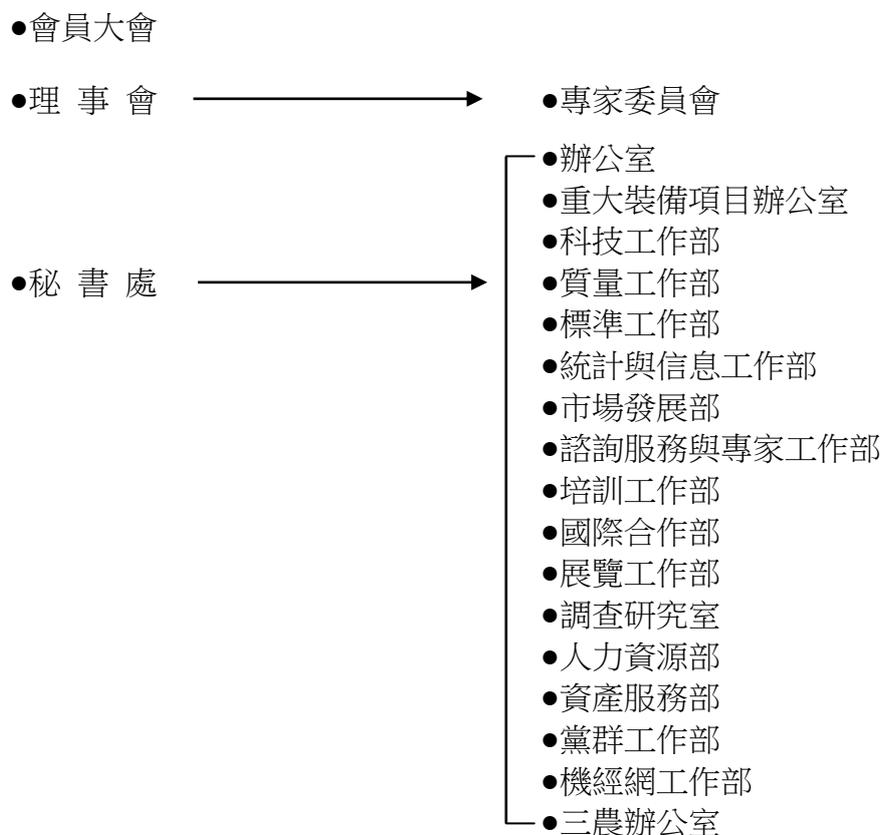
(三) 參展內容

本屆展覽會以核電裝備、電力設備為主要展示內容，並搭配各發電廠所需之零組件廠商及核電應用之技術，並舉辦多場的配套活動(如中外核電行業與企業等相關機構之技術交流、貿易合作平台之建立、貿易合作合約之說明等等)吸引大量國內外核電領域的廠商參展、技術交流和貿易談判。

另本次參加參展的企業多達 300 餘家，包括來自法國、美國、德國、英國、日本、西班牙、荷蘭、奧地利、韓國、加拿大、瑞士、中國大陸及台灣等 21 個國家及 70 餘家國外企業參展。而我國由 TNA(台灣核能產業發展聯盟)會員組成參與展覽，廠家計有榮剛科技、常熟華新特殊鋼、國森企業、亞炬企業、俊鼎機械、益鼎工程、工業技術研究院、南寧工程、中鋼機械、福臨與台灣端板鋼鐵企業等 11 家廠商參與展覽，其中亞炬、南寧、俊鼎、益鼎等企業為本所技轉及長期合作廠商。

(四) 主辦單位中國大陸機械工業聯合會組織加構圖及其工作項目如下：

1. 組織圖



2. 主要工作

- 開發行業調查研究
- 重大技術裝備項目協調與服務
- 行業科技進步與成果推廣
- 行業流量管理與諮詢服務
- 行業標準化管理與服務
- 項目諮詢與市場開拓服務
- 信息與統計
- 國際交流與展會
- 人才培訓與技能大賽

拜訪愛德森電子公司：

愛德森電子公司位於福建廈門市，是一家生產渦電流、金屬磁記憶、以及超音波檢測儀器之專業廠家。其中金屬磁記憶檢測儀為近幾年國際上新發展之檢測技術，適合檢測因疲勞等因素所造成之材料老劣化部位，國際上只有俄羅斯及中國大陸有生產商業化之儀器產品，核能研究所曾透過國內代理商購買該公司之金屬磁記憶檢測儀，本所為擴充該儀器之檢測能力，希望能用電腦直接取得儀器內之原始數據檔，以便做進一步之分析處理，並強化檢測功能，該公司同意免費提供所需之軟、硬體給本所，這就是此行最

主要之目的。

訪問時該公司由業務部經理戴永紅及總經理林俊明等人接待我們，如圖一。該公司有數處辦公、生產場所，我們拜訪的是位於廈門島東邊新成立的「軟件園區」內的公司總部。公司共有員工約 100 人，年營業額為數仟萬元人民幣。該公司也是中國無損檢測學會之電磁檢測研究中心，渦電流檢測教材的編寫單位之一，以及電磁(渦流)無損檢測人員資格考試中心，也是福建省院士專家工作站。



圖一 在愛德森電子公司討論

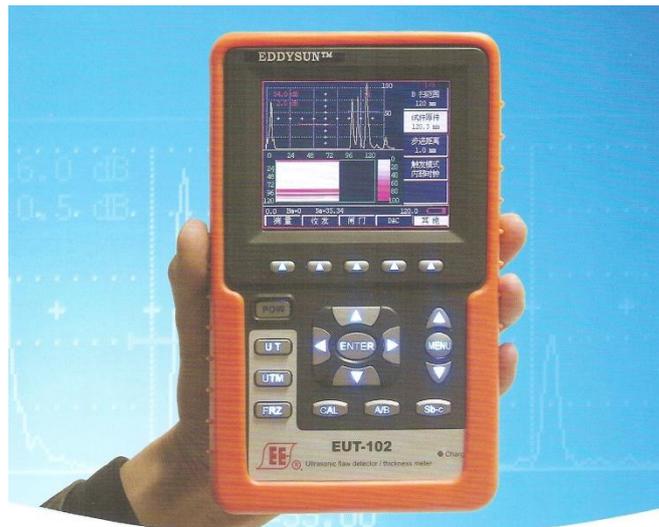
該公司是由做渦電流儀器起家，適應各種不同檢測需求之產品很齊全，在中國大陸之市占率約有 8 成，其生產之儀器及探頭產品也提供給大亞灣核電站，用來檢查熱交換器管(尚未用於蒸汽產生器管檢測)。戴經理也展示其具代表性儀器之功能，讓我們了解，圖二是展示之儀器產品與功能展示之照片。



圖二 儀器產品(左)與功能展示(右)

自 2004 年起該公司因超音波檢測儀器之市場較大，也開始生產超音波探傷儀和測厚儀。近幾年更生產掌上型之數位化儀器，兼具探傷與測厚功能，探傷功能除了一般儀器之 A-Scan 紀錄方式外，也增加 B-Scan 之紀錄，如圖三中螢幕上半顯示 A-Scan，下半則顯示 B-Scan，這是一般探傷儀較少有的功能。而其測厚的部份又有單晶、雙晶探頭、包覆層等方式，利用將多次背面回波平均之方式，測厚範圍可薄至 0.2mm，測厚時更可扣除油漆等保護層之厚度，直接測量鋼板厚度，而不需將油漆刮除。由於操作簡

單，已大量用於地方消防人員對公共場所安全鐵捲門之薄板厚度(規定應 > 0.8mm)量測。



圖三 掌上型數位化超音波探傷與測厚儀

近年該公司亦積極發展系統化之檢測設備，供生產線使用。訪問時也參觀他們為核能單位設計的以電容法測量間隙的系統，採用片狀渦電流線圈探頭，間隙測量的精度可達 0.02mm；另外也參觀正在為棒材生產線組裝之 **Phased Array** 超音波檢測系統，採用 128 晶片之線形(linear)探頭，軟體由該公司開發，探頭則委由廣州一家公司製作。

該公司亦生產兼具超音波、渦電流、遠場渦電流、漏磁、金屬磁記憶等 5 種檢測方法之綜合探傷儀，如圖四，方便教學、訓練單位使用，價格在 36 萬人民幣左右。



圖四 多功能綜合探傷儀

我們也參觀了探頭及儀器之生產單位，探頭製作部門約有 10 人，負責渦電流線圈之繞製及組裝；儀器組裝部門則有 20 餘人。其檢測樣品展示架，陳列眾多歷年為各單位檢測之樣本，包括各式水管、剪草片、核燃料護套管與焊道、齒輪、螺栓、電車導電銅棒、汽缸、翼管、異材板及焊道、異材棒及磨擦焊道、石油井用套管、電磁線、飛機發動機葉片等，可謂玲瓏滿目。

接下來則著重在我們的金屬磁記憶儀器升級的部份，先輸入最新版軟體後，將探頭

校準、參數設定、數據、發射與接收、數據分析等功能逐項測試，如圖五，確認功能均正確後，再加裝通訊端子(port)，該公司亦特別為此改裝撰寫軟體，以便核研所可以擷取儀器內之原始數據，再由自行撰寫之軟體做進一步之信號分析用，以提昇儀器系統功能及檢測能力。



圖五 金屬磁記憶儀器功能測試

訪問汕頭超聲儀器研究所：

汕頭超聲儀器研究所為中國大陸規模最大的超音波儀器研發、製造單位，也可列為世界大廠，該研究所位於廣東汕頭市。此行訪問該公司之主要目的在瞭解其在 **Phased Array** 超音波儀器及探頭生產方面的能力現況。

Phased Array 超音波採用多晶片之探頭，可用電子式掃描替代機械移動式掃描，並可掃描較大角度範圍之上下方向折射角，又可以左右方向掃描(Skew)，因此檢測能力強大，為目前的檢測利器。尤其在核能電廠，除了上述可更周延地掃描被測物之能力外，其快速掃描之優點更可大幅降低檢測人員接受的輻射劑量，因此應用越來越廣。但此方法會因檢測對象不同而需要特殊配合之探頭，目前國際上所供應之特殊或客製化探頭非常昂貴，動輒需數十萬元台幣，甚至數百萬元。核研所正在建立設計 **Phased Array** 超音波探頭之能力，希望能覓得配合之代工廠商，以降低探頭之價錢，這就是拜訪汕頭超聲儀器研究所最主要之目的。

訪問當天由其常務副總經理陳宏龍率領副總工程師兼換能器事業部經理蔡恒輝、換能器事業部姚立恒、國際事務部 **NDT** 區域銷售經理洪麗香、銷售人員黃智緯等人接待及參加討論，如圖六，並向我們做簡報(內容如附錄一)。



圖六 在汕頭超聲儀器研究所合影

在簡報中我們了解該研究所成立於 1978 年，目前有員工約 500 人，其中有一半以上是技術人員，在中國大陸共有 25 個辦公或生產地點，每年營業額約 3 億人民幣。1999 年開始與德國著名之 KrautKramer 公司合作(此德國 KK 公司生產之超音波儀器性能優越，全世界之市占率第一，目前被美國 GE 併購)，2009 年開始生產電腦化之超音波檢測系統，2010 年生產 Phased Array 超音波儀器與 TOFD (時間飛返繞射式)超音波儀器，2011 年並推出模組化之 Phased Array 超音波新機型。

該所經費有 15% 用於 R&D，與南加大、哈爾濱大學、北京清大等 15 個學術單位合作培訓人員，是中國大陸唯一被機械部認可之機械工業超聲儀器產品質量監督檢測中心，每年生產 13,000 台以上之超音波儀器與 120,000 個以上之探頭。該所亦重視產品品質，共有 QA 人員約 40 人，與生產操作人員之比例約為 1:5。而所生產的超音波儀器醫用與工業 NDT 用的比例則為 4:1。該所自行定位為研發、生產與銷售為一體之單位，正規劃在汕頭市北方新開發的園區內投資建設新廠房，預計廠房會有 70,000m²，投資金額為 2100 百萬人民幣，預計 2014 年啟用。

簡報的最後為該研究所的「社會責任」，述說其對社會福利、弱勢關懷、藝術贊助、環境保護等方面之貢獻，這部份的簡報內容是我們核研所可以借鏡的。

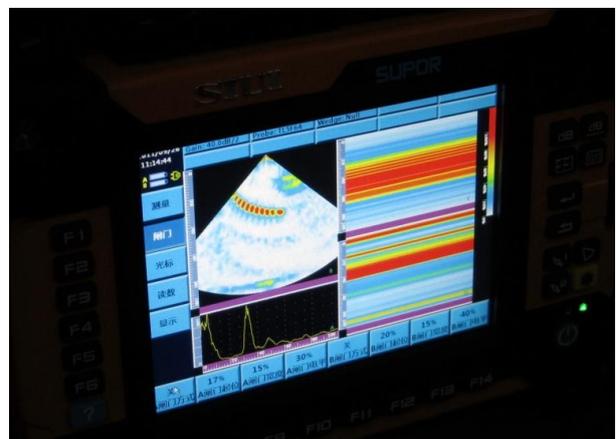
簡報後參觀其展示間及生產線，在展示間我們看到該所於 1963 年所開發之第一台工業 NDT 用之類比式超音波檢測儀 CTS-22A，以及後續逐年開發之機種；而現役之機種均為數位式的，包括各型掌上型測厚儀、攜帶式探傷儀等，亦有混凝土檢測專用之儀器，其頻率可低至 10KHz (另在簡報中也介紹其軌道專用之手推式檢測系統)。在展示間另參觀其醫用超音波檢測儀，包括一般體檢及產前檢查常用之儀器、血管量測儀等種類非常齊全，更有檢查胎兒之 3D 系統(其探頭需 6 萬元人民幣)。除了超音波之外，也新開發醫用數位式 X-光檢查儀，包括乳癌檢測等用途之系統。在展示間之參觀照片如圖七。



圖七 參觀汕頭超聲儀器展示間

參觀生產線時，首先看到的是在清潔室組裝探頭，人數多達 80 餘人；在醫用儀器生產部則看到數十台組裝完成待交運之儀器，其價格約為國外產品之一半；在儀器電路板裝配間，則參觀其自動化之印刷電路板零件配置與銲接過程，其電路板為自行設計之 16 層 Multi Layers 式電路板；其環境試驗用系統則可對待測儀器提供溫度與濕度之測試，測試時間為 24 小時；在調測室也參觀其利用規塊測試待出廠之探頭。

看完現場回到會議室，該所則向我們展示其剛於今(2011)年 9 月份推出之模組化 Phased Array 超音波新儀器—SUPOR，如圖八，可以選擇配備不同之 Phased Array 或 TOFD 模組(售價約 5 萬元美金)。它的 Phased Array 模組有 32 聲道，最多可接有 128 晶片(elements)之探頭，他們用一個 64 晶片之線性(linear)探頭示範其儀器性能，也用去年出廠的 GS-602 Phased Array 超音波儀器比較兩款儀器之功能，並將試件上測得之瑕疵信號疊在試件 Autocad 圖上，顯示瑕疵在試件之部位，使瑕疵判讀更為容易。該所目前之探頭均為一維(1D)之線性探頭，而核電廠組件檢測會用到二維之矩陣式(2D matrix)探頭，我們建議他們開發二維探頭，他們也表達高度之興趣。因其對異材焊道檢測較無經驗，希望我們能提供較常用之探頭規格，供他們參考，回台後我們即傳去美國能源部委託 Pacific Northwest 國家實驗室對這方面所做的公開報告，內有二維探頭之規格，該報告編號是 PNNL-19018, An Evaluation of Ultrasonic Phased Array Testing for Reactor Piping System Components Containing Dissimilar Metal Welds, November 2009。



圖八 Phased Array 超音波儀器之操作(左) 與其螢幕顯示(右)

接下來由參訪成員中的莊俊研究員向他們口頭簡介核能研究所，並由徐鴻發研究員向他們簡報台灣核能界在超音波檢測之現況，他們也對台灣的超音波應用表達高度之興趣，問了許多相關之問題，摘列如下，這些問題也在不妨礙其它單位之前題下一一回答他們。熱絡之討論，讓初次見面之雙方，在技術方面有了更進一步之互動，成功地完成此次之參訪。

1. 核研所在台電公司執行第三方檢查是屬於何種定位?
2. 核研所執行第三方是只針對核電廠或是包括其它非核電廠?
3. 核研所研發之婦女乳房檢測是用何種方式?
4. 台灣相控陣應用多不多，在核電部份用何種方式檢測?
5. 英國 TWI(焊接研究所)在台灣是否有分公司或代理商?
6. 現在核研所擁有之檢測儀器是屬於那裡生產的，有無再購買慾望?
7. 相控陣儀器在台灣約有多少台?
8. 矩陣式檢測探頭，核研所是否可提供規格、性能、檢測應用等資料?
9. 核研所執行台電第三方檢查是否應用相控陣儀器，對於客製化探頭是否有需求?
10. 核研所購買之探頭是否能配合其他廠牌之主機使用。
11. 台北科大楊教授講課用之探頭是向何單位購買?
12. 台北科大楊教授是否有研究相控陣之軟件?
13. 可否請核研所多介紹台灣超聲之執行狀況?
14. 核研所使用之超音波儀器，是屬那個地方生產的?
15. 核研所有多少德國 KK 公司超聲儀器。
16. 在台灣考證班及培訓班是否使用 KK 設備。
17. 台灣的超音波市場有多大。
18. 雙方是否有合作機會。

訪問中廣核檢測公司深圳基地：

中廣核檢測技術有限公司隸屬於中國廣東核電集團，成立於 2007 年，係中廣核集團與西班牙 Tecnatom 公司合資的公司，主要的業務在執行該集團各核能電廠的運轉前檢測(PSI)與運轉期間檢測(ISI)。西班牙 Tecnatom 公司為國際知名的核電廠檢測專業公司，中廣核檢測公司透過合資的關係可快速地獲得 Tecnatom 之技術，建立自己之檢測能力，在 2010 年已第一次完整地執行嶺澳 4 號機(即嶺澳二期 2 號機)之運轉前檢測。

此行成員中之徐鴻發、郭木進於今年 6 月初曾訪問該公司位於蘇州之總部，對於該公司之詳細介紹，請參見核能研究所 100.7.4 出國報告編號 INER-F0470「赴中國大陸訪問成都中國核動力院、蘇州熱工院、中廣核檢測公司及北京清華大學公差報告」。除了蘇州總部之外，該公司另在大連、深圳成立基地，就近支援核電廠之檢測工作，此行就是拜訪深圳基地，瞭解其運作情形。

中廣核檢測公司在深圳市區之辦公室成員多為行政、管理人員，負責檢測之人員則在大亞灣核電基地工作，因此我們就由該公司安排搭車前往位於深圳市區東北邊約 1 小時車程的大亞灣核電基地，進行參訪。

大亞灣核電基地內共有大亞灣核電站與嶺澳核電站以及展示區(公關中心)、住宿

區、運動區與小商店區等配屬單位，其環境非常清幽，有如一座大公園。進入該基地後，先由該公司魏博士及展示館解說人員介紹整個集團及基地。核研所公差人員逐項聽取展示間內各項統計資料及核電系統模型等之介紹，如圖九。該基地共有 6 部機組在運轉，均為壓水式機組(PWR)，其中大亞灣核電站有 2 部機組，嶺澳核電站有 4 部機組，6 部機組之總裝機容量為 648 萬千瓦，年發電量達 450 億千瓦時，約有 70% 電力提供至香港。除了這 6 部已運轉的機組之外，該集團尚有 16 部興建中之機組，分別位於遼寧紅沿河核電站、福建寧德核電站、廣東陽江核電站、廣東台山核電站、廣西防城港核電站等。在自製率方面，嶺澳一期建造時 CPR 1000 之自製率約 30%，嶺澳二期則有 60%，而陽江核電站之自製率將達 85%，預計於 2015 年之前此二代 PWR 能達成全自主。



圖九 參觀大亞灣核電基地展示區

該集團除了上述核電站之外，在再生能源方面亦有所著墨，至 2011 年 5 月止，已建立風電總裝機容量 255 萬千瓦、水電裝機容量 417 萬千瓦、太陽能發電 3 萬千瓦。

參觀完展示室後，到大亞灣基地之兩個觀景台參觀，可清楚看到位於基地南端之大亞灣核電站，如圖十，與位於基地北端之嶺澳核電站，如圖十一。基地防波堤高 40 米，可有效防止海嘯。



圖十 大亞灣核電站



圖十一 嶺澳核電站

此次訪問較著重於大亞灣基地中嶺澳 3 號機與 4 號機(此二部機組亦稱為嶺澳二期 1 號機與 2 號機)之檢測,兩部機組均為 108 萬千瓦之 CPR 1000 機組。嶺澳 3 號機於 2010 年 9 月 15 日商轉,在運轉 301 天後,於今(2011)年 8 月 27 日第一次停機大修,至我們訪問時停機約進行 30 天,大修尚未完成。此次大修是中廣核檢測公司成立以來第一次執行全機組之運轉期間檢測(In-service Inspection, 簡稱 ISI),因係第一次且在輻射環境下工作,因此該公司派較多的檢測人員,約有 140 人,以吸取實作經驗。西班牙合資公司 Tecnatom 也派遣指導人員一同工作。大陸管制單位核安全局要求其國內檢測公司至少要有國外合作之技轉公司指導 2 次以上,才能獨立作業。

至於嶺澳 4 號機則於 2011 年年中商轉,中廣核檢測公司於 2010 年完成該機組之運轉前檢測(Pre-service Inspection, 簡稱 PSI),這也是該公司第一次執行全機組之 PSI。該公司並於 2010 年 8 月完成嶺澳二期工程核島 PSI 與 ISI 全部 50 項能力驗證項目測試,為上述機組之檢測做準備,成為中國大陸第一家通過能力驗證機構驗證測試的單位。此行也邀請該公司劉總經理、陳總工程師等人於 11 月 23~24 日參加由核研所主辦之「2011 兩岸核設備鑑定法規交流研討會」中發表 ISI 之法規及能力驗證之演說,屆時也會對能力驗證方面做更詳細之說明。

至於我們關心的另一項核能授權監查(ANI)方面之議題,大陸方面尚未訂定法規來強制要求各興建中之電廠要請 ANI 做獨立第三方之查證,但目前組件或系統要求要按 ASME 法規製作時,會聘請 ANI 做獨立監查,而主管機關核安全局派至各現場查證之監督人員均需通過國家和安全工程師有關監督方面之考試,方能取得資格。

三、心得

1. 「2011 中國國際核電備展覽會」參與展覽廠家眾多,主辦單位於展覽口設置說明,並妥適安排,將核島展示廠商、常規島展示廠商、操作與維護廠商等,依不同性質彙集在一起,讓參觀人員能明確依循指標尋找目的地,除縮短時間外,並能順利與目標廠商溝通、詢問,如圖十二。



圖十二 核電備展覽會會場

而我國參展之 11 家廠家則集中一起，抬頭為「台灣核能級產業發展協會」，其規劃設計頗吸引目光，11 家參展廠商分別派專業人員現場解說，如圖十三。其中亞炬公司及南寧公司為本所技轉「高效率固化技術」廠商，具國際性，大陸核電站紛紛派人詢問。





圖十三 台灣核能級產業發展協會展區

為落實本所各項研發成果產業化之目標，並做有系統的推展，本所應考慮規劃透過技術發展藍圖(Technology Development Road map)等之科技管理方法，將先「選定利基市場」及「決定利基產品」，再經審慎分析後，期加速技術開發，並朝國際市場邁進。大陸市場未來 10 年將規劃建造完成 30 部核能機組，其市場零組件(包括閥門、泵、管件等等)及核能技術，確實具有巨大想像空間，若能提早佈局，引導國內企業投入生產，對國內企業幫助不少。而本所的「高效率固化技術」、「數位儀控系統控制」、「老劣化技術開發」、「乾式貯存技術」等等具有決定性之產品，如何透過宣傳引荐、推廣、參展等方式或是透過國內本土化企業運用於大陸市場，擬需一套完整的規劃，以因應未來龐大市場。

2. 愛德森電子公司所開發的掌上型超音波探傷與測厚儀，體積小攜帶方便，在探傷功能方面，具有大型儀器之 A-Scan 與 B-Scan 紀錄顯示，在測厚功能方面可量測薄至 0.2mm 之鋼板，且可透過保護層之油漆量測，使用極為方便，是工業界檢測很好的工具。其多功能檢測儀包括超音波、渦電流、遠場渦電流、金屬磁記憶等常用非破壞檢測之功能，對於教學或訓練是非常方便的綜合型儀器。
3. 汕頭超聲儀器研究所有多年之工業及醫療超音波儀器製造經驗，近年正致力於工業用 Phased Array 超音波(PAUT)儀器與探頭之開發，產品價格約為歐美產品之一半。由於 PAUT 是近年在核電廠極受重視之檢測技術，對於不同檢測對象往往需求特殊 PA 探頭配合，歐美製探頭價格昂貴，因此核研所若能透過與該公司合作之方式取得較為合理價位之探頭，對開發不同核能組件之檢測應是頗有助益的。
4. 中廣核檢測技術公司隸屬於中廣核集團，並負責集團內各核電機組之檢測工作，因有較固定之業務所以可以大量投資在檢測技術及設備方面(相對於國內受限於政府採購法，台電檢測工作公開招標，因此在業務無穩定之保障下，各檢測公司無法擴大規模與建立技術)，又因為與西班牙頗具經驗之 Tecknatom 公司合作可以快速技轉其技術，所以可以在短短幾年內建立整廠運轉期間檢測(ISI)之能力，這是令我們印象最深刻的地方。

四、建議事項

1. 大陸近年在核能發電方面有快速之進展，目前已有 14 部機組在運轉，20 餘部機組在興建，另有多部機組在籌建中，在核電設備、檢測儀器與檢測技術等方面需求殷切且進步快速，兩岸在這些方面可多交流與合作，以共同提昇設備可靠性及核電廠安全性。