公務出國報告

（出國類別：研討會與參訪）

出席第八屆兩岸核能學術交流研討會與參訪相關核能設施

服務機關：原子能委員會、原能會放射性物料管理局
姓名職稱：陳宜彬處長、張欣科長、鄭維申組長

出國地區：中國
出國期間：97 年 11 月 17 日至 11 月 26 日
報告日期：98 年 1 月 22 日

摘　　要

第 8 屆兩岸核能學術交流研討會於 97 年 11 月 18 至 25 日舉行，依例輪由中國核學會主辦，除在秦山核電基地進行論文報告，並安排參訪相關核能設施實際瞭解大陸核電發展情形。本次會議兩岸代表共約 80 餘人與會，台灣方面由核能科技協進會邀請產官學界組團參加，參加單位包括核能科技協進會、行政院原子能委員會、放射性物料管理局、核能研究所、台電公司、工研院及相關核能學術機構與產業界等團體共 25 人。會議之討論範圍涵括：核能電廠興建與運轉、核燃料管理及廢物處理、核安全文化及安全管制、核能人才培育與宣導、核技術在非電領域的應用等項目。會中雙方就各項議題進行技術交流與討論，其中台灣代表團共發表論文 13 篇，大陸方面共發表論文 10 篇。

此次研討會確實成功地提供瞭解中國在核能應用與發展及安全監督之實務狀況、兩岸技術經驗分享及深耕兩岸核能交流互動的平台。為未來兩岸走向更實務的核能相關領域技術合作關係，建立良好的基礎。

目　錄

內　容　　頁次

壹、出國目的.....1

貳、出國行程.....2

參、第八屆兩岸核能學術交流研討會會議紀要.....3

肆、參訪行程

一、參訪秦山核能電廠.....8

二、參訪「上海臨港新城產業區」.....10

三、參訪「上海電氣核電製造廠」.....11

四、參訪中國科學院同步輻射「上海光源」.....13

五、參訪蘇州熱工研究院.....14

六、與中國「國家核電技術公司」人員討論.....16

七、參訪南京大學物理系.....17

伍、心得.....18

陸、建議事項.....23

附件、第八屆海峽兩岸核能學術交流研討會資料.....26

壹、出國目的：

出國行程含往返程共計十日，本次出國目的如下：

1. 參加「第八屆兩岸核能學術交流研討會」；
2. 參訪秦山一、二、三期核電站；
3. 參訪上海「臨港新城產業區」；
4. 參訪上海臨港工業區之「上海電氣核電製造廠」；
5. 參訪上海「中國科學院上海應用物理研究所同步輻射加速器--『上海光源』」；
6. 參訪蘇州熱工研究院；
7. 參訪南京大學物理系。

貳、出國行程：

行程安排

日　期	行　程	內　　容
17 日(一)	桃園/杭州	路程
18 日(二)	杭州/秦山	研討會前討論會
19 日(三)	秦山	第八屆兩岸核能學術交流研討會
20 日(四)	秦山/上海	第八屆兩岸核能學術交流研討會、 參觀秦山一、二、三期
21 日(五)	上海	參訪「上海臨港新城產業區」、「上海電氣核電製造廠」、 中國科學院同步輻射「上海光源」
22 日(六)	上海	假日
23 日(日)	蘇州	中國「國家核電技術公司」人員討論
24 日(一)	蘇州/南京	參訪蘇州熱工研究院
25 日(二)	南京	參訪南京大學物理系
26 日(三)	南京/桃園	返程

參、第八屆兩岸核能學術交流研討會會議紀要：

本次「第八屆兩岸核能學術交流研討會」今年依例由中國核學會主辦，研討會在秦山核電基地舉行，時間安排於 97 年 11 月 19、20 日兩天，連同參訪與路程共 10 天。

因秦山電廠擁有中國各式反應器機組,因此本次開會地點選在秦山核電基地舉行，台灣方面由核能科技協進會邀請產官學界組團與會。領隊為核能科技協進會歐陽敏盛董事長，參加單位包括核能科技協進會、行政院原子能委員會、放射性物料管理局、核能研究所、台電公司、工研院及相關核能學術機構與產業界等團體共 25 人，中國方面有約 55 人出席，與會人士約 80 人。

研討會議題涵蓋(1)核能電廠興建與運轉 (2)核燃料管理及廢物處理 (3)核安全文化及安全管制 (4)核能人才培育與宣導 (5)核技術在非電領域的應用。本次台灣代表團發表論文 13 篇；中國發表論文 10 篇，研討會相關議程、摘要、與會人員名單等，請詳閱附件資料。

本此會議原子能委員會由核能管制處陳宜彬處長與張欣科長及放射性物料管理局鄭維申組長代表參加，共發表三篇論文，主要介紹：台灣核能三廠（壓水式反應器）最近幾年發生或未來可能發生問題及原子能委員會採取的管制作為;台灣集集地震和恆春地震及日本中越沖地震對核能電廠耐震措施影響經驗回饋;極低微放射性廢棄物解除管制辦法與相關作業規範訂定之探討與作業經驗。針對中國方面所提出之簡報，擇要摘述如下：

一、 中國核燃料循環前端產業的現狀和展望

中國核學會新任理事長李冠興院士以中國核燃料循環前端產業的現狀和展望為題，說明中國在天然鈾的保障供給、鈾轉化和鈾濃縮、燃料製造等方面之現況與發展。依據李院士之說明，若以 2020 年中國的核電裝機總量從現在的 8.7GWe 提高到 40GWe，則今後每年需要天然鈾約 10000 噸。若依據中國最新的核電中長期規劃，到 2020 年，中國大陸核電總裝置容量將達到 70GWe。到那時，中國發展核電每年所需之天然鈾將更高。以經濟合作暨發展組織核能署(OECD/NEA)和國際原子能總署(IAEA)聯合出版的紅皮書《鈾 2007：資源，生產和需求》中估計:中國在 2006 年生產了約 750 噸鈾。可見

中國目前天然鈾的生產規模還是很小，為滿足中國核電快速發展的需求，中國現正在做第二輪鈾資源潛力預測評價，李院士說以目前掌握的資訊來看，中國具有相當數量的鈾礦資源，新資源量將超過 200 萬噸，不過要到 2010 年方能獲得最新的評估結果資料。針對未來天然鈾的需求，中國在其核電中長期發展規劃（2005- 2020 年）中指出，要透過建立國內生產、海外開發、國際鈾貿易三方面並進的方式，來確保未來需求無虞。

此外，中國於 2007 年建成一座 3000 噸/年的新鈾轉化廠，已開始試車和生產。而在核燃料製造部分，中國亦積極引進並建立自主的製造技術能力。針對目前運轉中壓水式核電廠使用的燃料元件包括 AFA 燃料元件、VVER 燃料元件、秦山一期燃料、CANDU-6 型燃料，係分別由中核建中核燃料元件公司及中核北方核燃料元件公司引進相關製造技術。此外，中核北方核燃料元件有限公司已與國家核電技術有限公司、中核建中核燃料元件有限公司共同組建了中核包頭核燃料元件股份有限公司負責建立 AP1000 核燃料元件製造技術。而中廣核在引進法國 EPR 核電站時，據報導也引進了相應的燃料製造技術。

中國在大量興建核能電廠的同時，亦積極建立本身設備、燃料元件的製造能力，其不但致力於核電產業的自主化，尚欲躋身核能工業大國的企圖心，可見一斑。

二、 核安全監管體系與廢物管理概述

中國環境保護部核安全管理司放射性廢物管理處馬成輝處長說明近年來中國方面的核電發展速度較快，其主要原因在於調整能源結構的需求，通過增加核電規模，使得核電在能源領域扮演更加重要的角色，提昇能源供應的可靠性和安全性；另一方面，也是降低溫室氣體的排放；此外，還有一個因素就是因應金融危機，大規模的核電建設需要大量的投資，投資必然帶動內需，帶動核電產業鏈的上下游發展，增加就業機會等。

中國國家核安全局為其核安全監管機構，負責統一監督管理全國和平利用核能中的核安全事務，承擔民用核設施的核安全監管職能，1984 年 10 月成立時，由原國家科學技術委員會督導，1998 年 6 月國務院機構改組後，併入國家環境保護總局，內設機構為核安全與輻射環境管理司(國家核安全

局)。中國國家環境保護總局，於 2008 年 3 月 27 日改組為國家環境保護部後，不再使用環境保護總局的名稱。但國家環境保護部核安全管理司對外仍保留國家核安全局的名稱。

核安全管理司負責中國核安全和輻射安全的監督管理，目前總部有十三處共 40 人左右，包括:核電一處、核電二處、核電三處、研究堆處、核燃料與運輸處、核安全設備處、放射性廢物管理處、綜合處、人員資質管理處核安全國際合作處、核技術利用管理處、應急與環境監測處、電磁與礦業管理處。另設有 6 個地區輻射安全監督站，包括： 北京（北方地區）、上海（華東地區）、深圳（華南地區）、成都（西南地區）、大連（東北地區）、蘭州（西北地方），總計有 100 人左右。技術支援單位則包括：核與輻射安全中心（北京）、核安全設備與可靠性中心（北京）、輻射環境監測中心（杭州）、核與輻射應急中心（北京）及相關研究所與大學，共約 200 人。

針對放射性廢物的處理、處置，中國所採取的相關政策包括：閉合核燃料循環、高放射性廢棄物採集中的深地質處置、中/低放射性廢棄物採區域處置、極低放射性廢物採就近填埋處置；另外，為減輕高放射性廢棄物處置的壓力，在開展深地質處置研究、開發的同時，也在開展分離與演化等技術研發工作。

三、 磁約束核聚變研究的進展與展望

中國核學會新任秘書長潘傳紅博士以其多年獻身於核融合研究之經驗，深入淺出地介紹了融合之發展與中國現況。發生受控高溫核融合反應必備的三個條件為：上億度高溫度的電漿、足夠高的電漿密度、足夠長的能量約束時間。半個世紀以來人們在探索受控核融合的過程中，形成了兩種不同的研究途徑，即磁約束核融合（MCF）和慣性約束核融合（ICF）。

磁約束核融合有許多不同的設計，其中以“托卡馬克”型裝置獲得較大的進展。由中國、歐盟、美國、俄羅斯、日本、韓國和印度等七方共同出資的國際核融合實驗反應爐（ITER）計畫，已於 2006 年 11 月 21 日在法國巴黎訂定協議書，成立 ITER 國際組織，負責核融合反應器建造、運轉及除役等所有項目。該計畫自 1985 年戈巴契夫提出想法一直到現在，20 年間經歷多次變動，1999 年美國的退出，2003 年中國的加入，歐洲法國與西班牙選

址之爭，後來法國卡達拉什與日本六所村預定場址之爭，最後，終於在 2005 年將場址決定在法國卡達拉什。ITER 裝置建設時間約 10 年，預計運轉 20 年，所需費用約 50 億美元，將近一半由歐洲出資，中國約佔 8%。ITER 計畫實施的結果將決定人類能否迅速地、大規模地使用核融合能源，提供人類從根本上解決能源問題的途徑。

中國目前在兩個實驗基地陸續建成了兩大實驗裝置，主要的研究成果如：反剪切磁場位形（RS)、內部輸運壘、電漿帶狀流、魚骨模不穩定性、以及超導托卡馬克長脈衝放電和離子伯恩斯坦波(IBW)加熱等。

四、 核運輸業務的發展狀態

中核清原公司劉振河總經理說明清原公司為中國核工業集團旗下專門從事核設施退役、放射性廢物處理、低中放廢物處置場建設運行和放射性物質運輸的子公司。並從核工業需求、技術核心、安全管制等方面分析了核運輸業務的基本特點及相關作業運作情形。

五、 AP1000 依託項目管理模式及工程進展狀況

中國國家核電技術公司（SNPTC）成立於 2007 年 5 月 22 日，係由中國國務院和中國核工業集團公司、中國電力投資集團公司、中國廣東核電集團有限公司、中國技術進出口總公司等四家大型國有企業共同出資組建的有限責任公司；為中國引進第三代核電技術、工程建設和自主化發展的主要平台。而其子公司國核工程有限公司（SNPEC)，則負責第三代核電 AP1000 機組的建設管理。以核島區之管理而言，基本上係採美國西屋公司及中國人員共同組成之管理架構，先期以西屋為主，中國人員為副的影子培訓模式，逐步過渡到由中國自己為主的管理模式。目前，首批 AP1000 機組將於浙江及山東興建，其中浙江三門核電廠規劃建造 6 座百萬瓩級壓水式反應器機組，一號機組計劃於 2009 年 3 月澆注第一罐混凝土，2013 年 11 月投入商轉；山東海陽核電廠規劃建設 6 座百萬瓩級壓水式反應器機組，一號機組計劃於 2009 年 9 月澆灌第一罐混凝土，目前已超前兩個月，預計 2014 年投入商轉。

此外，會議中中國方面也介紹了秦山二期的運轉管理制度、壓水式核電廠的輻射監測與污染控制技術、秦山核電廠反應器保護系統及其相關設備數位化規劃和實施策略以及探討風險告知的核安全理念在中國萌芽的現況。綜

合而言，此研討會確實成功地提供瞭解中國在核能應用與發展及安全監督之實務狀況、兩岸技術經驗分享及深耕兩岸核能交流互動的一個很好的平台。

肆、參訪行程：

一、參訪秦山核能電廠：

秦山核能電廠位於浙江省海鹽縣秦山鎮，南臨東海杭州灣，並且向東鄰近上海、向西接近杭州等大城市。其水源充沛、交通便利，又靠近華東電網樞紐，是建設核電廠理想之地。在起初的規劃中，秦山一期核能電廠採用了法國的壓水型反應爐技術，建造單台 30 萬瓩發電機組，並由中國自主承擔整個電站的設計、建造、設備提供和運營管理工作。一期工程由中共核工業部主導推動，1985 年動工，1991 年 12 月 15 日首次實現併聯發電，設計壽命 30 年，總投資 12 億元。廠區主要包括七個部分：核心部分、廢物處理、供排水、動力供應、檢修、倉庫、廠前區等。全廠設備約 28,000 餘件，由中國國內 585 個工廠和 10 餘個國家（地區）供貨，汽輪機、發電機、蒸汽產生器、爐內構件、核燃料元件等重要設備都由中國自行製造，進口設備主要有反應爐廠房環形吊車、壓力容器、主幫浦等，電廠動力裝置主要由反應爐和一、二迴路系統三部分組成。成為當時中國大陸投產唯一的一套核電機組，結束了中國大陸無核電的歷史，經過兩年測試運轉之後，正式投入商業運轉。商轉以來，據說機組均處於良好狀態，成為中國自力更生和平利用核能的典範。

由一期穿過隧道是二、三期核電基地。二期工程是國家“八五“期間的重點工程。由中國核工業總公司、浙江省、上海市等投資聯營建設的，規模為兩台 60 萬瓩核電機組的商用核電廠，已分別於 2002 年 2 月 6 日和 2004 年 5 月 3 日完成併聯發電。秦山三期總裝機容量為兩台 73 萬瓩核電機組，是中國與加拿大聯營建設的，二台機組分別於 2002 年 12 月 31 日和 2003 年 6 月 12 日完成併聯發電。目前秦山核電站共有 5 台發電機組，總裝機容量 290 萬瓩。已成為總裝機容量為 300 萬瓩的中國核電基地。但在組織架構上，因中國之政策每一期核電廠分由三個實體公司營運，秦山核電站一期的企業所有人為秦山核電公司，該公司的主要股東有中國核工業集團公司（100%）。秦山核電站二期的企業所有人為核電秦山聯營有限公司，該公司的主要股東為中國核工業集團公司及相關企業。秦山核電站三期的企業所有人為秦山第三核電有限公司，該公司的主要股東為中國核工業集團公司、中國電力投資集團公司等。其目的是要各公司自負盈虧，並可造就多方面就業與提高工作機會。

秦 山 核 電 基 地 位 置 圖

秦山核電廠第一期

秦山三期反應爐示意圖

壓水式反應爐與蒸汽產生器模型

秦山電廠主控制室

二、參訪「上海臨港新城產業區」

中國國務院擴大內需決策以來的首張固定資產大單在「上海臨港新城產業區」投資 180 億美元，將建成中國重要的重工業設備產業基地，是上海國際航運中心建設的重要載體和核心功能區。「臨港新城」位於長江口與杭州灣交匯處，地理位置是臨海運輸重要樞紐，中國重點突破的 16 個設備製造業發展領域中，臨港產業區的開發項目已到達 8 個 ，包括「中國核電設備」、「交通行業可持續發展的乘用車整車及零部件」、「大型船舶關鍵件」、「發電及輸變電設備」、「海洋工程設備」、「民用航空產業配套」等設備產業基地以及支撐設備製造業發展的工程機械、物流機械、精密機床等製造基地，同時，「大飛機發動機項目」也將在此開發。

上海臨港新城 2003 年正式啟建，規劃面積 311.6 平方公里，人口 80 萬。到目前為止，臨港新城已經實現固定資產投資 86.7 億美元，其中基礎設施投資 33.58 億美元，引進外資總額 12 億美元，實現生產總值年增長 60.4%，工業總產值年增長 48.1%，稅收收入年增長 34.9%。據了解，臨港集團目前已和中船集團、中船重工集團、中國商用飛機公司、中航集團、上汽集團、上海電氣集團、中集集團、三一重工、華儀電氣、開山集團、卡特彼勒、沃爾沃、三井造船、蒂森克虜伯、西門子、科尼、卡爾瑪、瓦錫蘭、韓國東和恩泰等國內外著名設備製造企業集團建立戰略聯盟。

中國最完備的核電設備基地也將設立在臨港新城。2008 年 7 月，長 21 米、最大直徑 4.4 米、重 3350 噸的 60 萬瓩核電機組蒸汽產生器已由上海電氣集團生產並運往秦山核電廠，中國已成為繼美國、法國、日本、韓國之後能製造該設備的少數國家之一。

通過聯合大集團、引進大項目、建設大基地的方式，引進大批龍頭性、指標性的先進設備製造項目，形成產業鏈和專業配套體系，在比較短的時間內實現空間集聚和集中開發，上海臨港新城將成為未來中國實現核能機組全面國產化的重要基地，未來具有之工業潛力不容忽視。

三、參訪「上海電氣核電製造廠」

上海電氣旗下有電廠、輸配電、重工、軌道交通、機電一體化、機床、環保、電梯、印刷機械等多個產業集團，該公司集工程設計、產品開發、設備製造、成套工程和技術服務為一體，並形成了設備總成套、工程總承包和為客戶提供現代綜合服務的核心競爭優勢。該公司擁有上海機電股份有限公司等上市公司和上海三菱電梯有限公司等 50 多家合資企業。主要產品長期居於中國領先地位，並在國際市場上佔有一定的份量。

上海電氣曾建造中國第一套 6000 瓩火力發電機組、第一套 30 萬瓩核電機組、中國最大的 12000 公噸水壓機、第一根大型船用曲軸、第一套百萬瓩等級超臨界火力發電機組；世界第一台鏡面磨床、第一台雙水內冷發電機等。該集團以自主創新形成國際品牌，以重點突破高科技產業，自動化提升傳統工業，持續增強核心競爭力，努力實現振興中國裝備製造業，躋身世界先進裝備的目標。

中國上海電氣成立重工集團，主攻核電市場，投資 60 億人民幣建設「閔行基地」和「臨港基地」。2008 年 4 月在核電領域取得中國百萬瓩級核電常規島(BOP)最大訂單與陽江核電公司簽訂 6 套常規島汽輪機發電機組製造合約；9 月，秦山二期擴建工程 3 號機組反應器構件出廠；10 月，首台百萬瓩級核電機組關鍵設備——嶺澳二期 3 號機組反應器構件驗收，到目前為止，上海電氣核電項目訂單已突破 150 億人民幣。

上海電氣的核電構想是以不分散生產，打造專業化的產業群體。投資 50 多億元興建的臨港基地，首台核電主設備已出廠，將成為中國核電設備生產的重要基地，可製造 100 萬瓩級壓水式反應器的核島設備、170 萬瓩第三代壓水式反應器(EPR)常規島部份機組等。

臨港新城

規劃圖

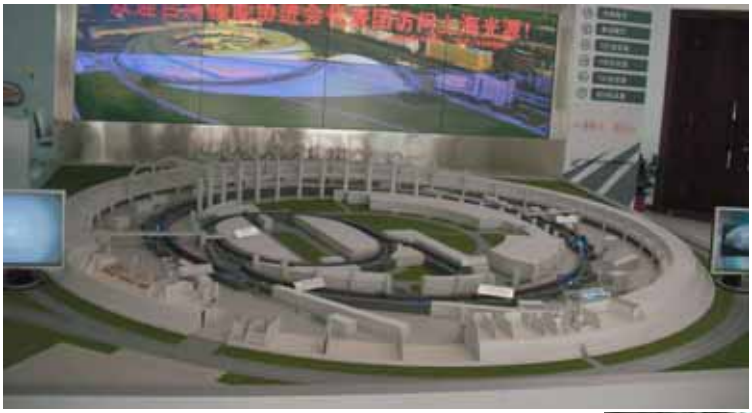
臨港新城裝備產業區示意圖

上海電氣核電製造廠內景

上海電氣驅動機構製品

四、參訪中國科學院同步輻射「上海光源」

中國科學院上海物理研究所同步輻射「上海光源」，其同步輻射光源能量居世界第四，具有 60 條以上的光束線和上百個實驗站，可提供用戶的供光機時每年將超過 5000 小時，每天能容納數百名來自全國或全世界不同學科、不同領域的科學家在此進行基礎研究和技術開發。是世界上同能區正在建造或設計中性能指標最先進的第三代同步輻射光源之一，其性能經優化在用途最廣泛的Ｘ射線能區，設備壽命大於 30 年，並可開展自由電子鐳射等下一代光源的研究。這一工程是由中科院與上海市政府聯合申請，總投資 12 億元(人民幣)，中國、上海市和中科院各出資４億元。按建造計畫，此工程將於 2009 年完成試營運。據“上海光源”工程總工程師劉德康研究員介紹，上海光源是一台高性能價格比的中能第三代同步輻射光源，它的Ｘ射線能量僅次於世界上僅有的３台高能光源（美、日、歐各一台），設計性能超過同能區現有的第三代同步輻射光源，是目前世界上正在建造或設計中性能最好的中能光源之一；「上海光源」是一台高性能的中能第三代同步輻射光源。同步輻射光源是繼電光源、Ｘ光源、激光光源之後的第四種光源，跟常規光源相比，更筆直、頻譜範圍更廣，光譜耀度也更高，在醫療、材料科學、環境研究等方面都有極高的價值。

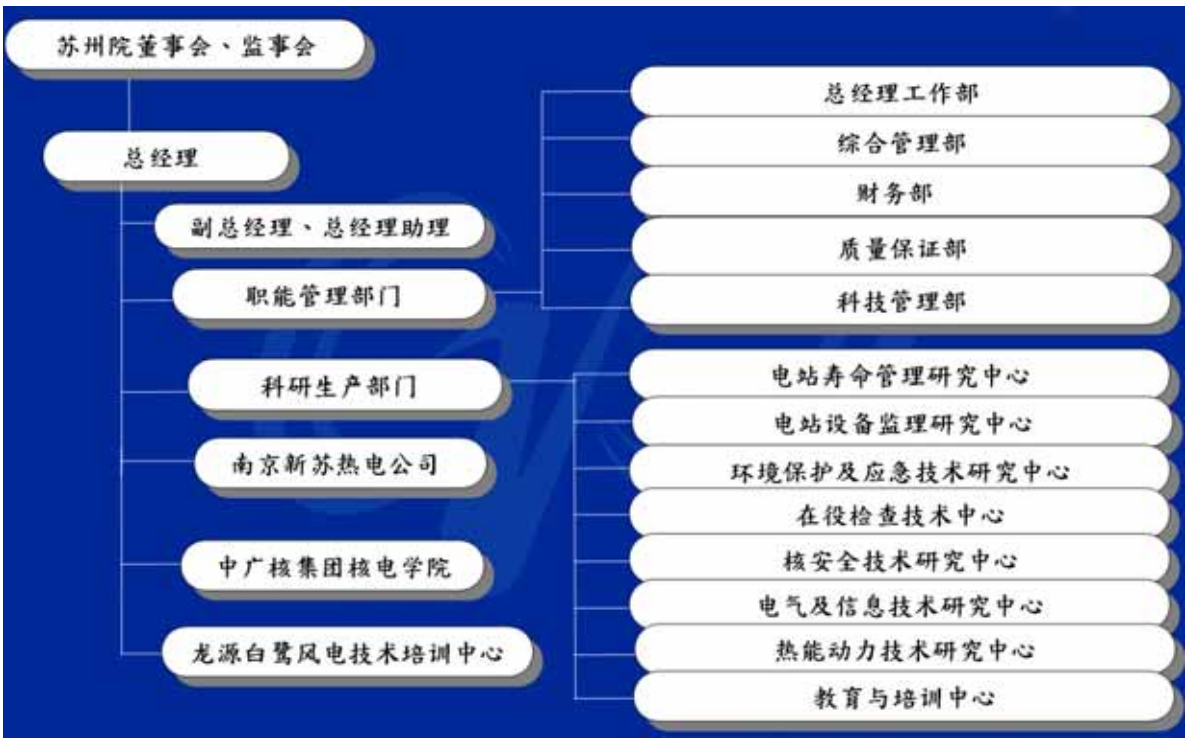


上海光源模型

上海光源內部實景

五、參訪蘇州熱工研究院

蘇州熱工研究院現主要從事核電規劃、建設、生產運轉技術方面和火電建設，生產技術方面的研究、開發、服務。該所同時又是電力工業部的核電培訓中心，鍋爐壓力容器監測檢驗中心、電力安全工器具品質檢驗測試中心，國家核安全局的蘇州核安全中心，也是聯合國開發計畫署（UNDP）人才培訓專案的執行單位，組織架構如下圖所示：



熱工院本部員工約 300 人，另有控股企業南京新蘇熱電公司 103 人、深圳分公司 15 人、勞務及約聘人員近 100 人。其中：科技研究人員占 85%以上，其餘為管理部門人員不足 10%；45 歲以下人員占 90%以上；120 多名碩士研究生，10 多名博士研究生。

因熱工院是中國唯一具有核電設備監造經驗的核心技術隊伍，持有國家發展改進委員會和質檢總局頒發的甲級設備監理資格證書；近幾年於核能領域開展的主要工作有：

1. 嶺澳二期工程核島和常規島主設備、輔助設備的製造監督；

2. 秦山核電廠擴建工程（方家山項目）核電設備監造技術支援；

3. 老化管理體系的建立，開發老化管理數據庫軟體，對核電廠進行全程老化追蹤管理；

4. 進行核電廠 RPV 延壽技術研究，為中國核電廠由 40 年壽期延長到 60 年做技術準備；

5. 進行核電廠電氣儀控設備老化管理及評估研究技術，核電廠設備質量與可靠性技術研究；

6. 執行金屬材料性能評估、材料取樣、技術評定、設備監造、設備營運狀態診斷與評估、運轉中檢測、壽命評估與老化管理等完整技術評定。率先建立核電廠全壽期質量與可靠性管理體系，為核電廠長期安全穩定營運提供技術支援。

另外在法規技術方面，承擔核安全局下達的核承壓設備審評與監督、民用核能設施（包括研究用反應器與核電廠）的核安全審評與監督、核設施品質保證、核安全法規體系建設等任務。在《民用核安全設備監督管理條例》等一系列新版法規頒佈以後，核安全技術研究中心在民用核承壓設備設計、製造、安裝活動資格申請的技術審查，以及針對核承壓設備活動的監督檢查承擔了大量工作。在環境影響評估方面，進行核電廠各個階段與執照申請相關的環境影響評估（包括環境影響報告書的編製和相關的大氣、水文、輻射劑量專題研究）及核電廠緊急應變技術之研究。

六、與中國「國家核電技術公司」人員討論

中國的核能電力事業投資,由國務院指定 3 家國家企業掌控，分別為:「中國核工業集團」、「中國廣東核電集團」和「中國電力投資集團」。由國務院國資委控股和上述 3 家國家企業,共同投資組建的中國「國家核電技術有限公司」2007 年初在北京成立，目的在實現第三代+AP1000 的自我設計與製造目標。

2007 年 5 月 14 日，「國家核電技術公司」與第三代+核電技術首批技術轉移公司:「三門核電有限公司」、「山東核電(海陽電廠)有限公司」與「美國西屋電氣公司」、「紹爾公司」在美國芝加哥聯合簽署了三代+核電技術轉移最終合同談判備忘錄。中國須從美國西屋公司引進四台 AP1000 機組：浙江三門兩台及山東海陽電廠兩台。西屋公司負責三門、海陽各一台 NSSS 興建與四台 AP1000 機組的所有設計、技術轉移與監造，合約金額 53 億美元；中國則負責其他部份之施工。

此公司主要從事第三代+核電技術(AP1000)的技術引進、工程建設和自主化發展的主要載體和研發平臺，在不轉移西屋公司責任的條件下，由國家核電技術公司組織西屋公司、三門核電有限公司和山東核電有限公司成立項目聯合管理機構，負責核電自主化 NSSS 技術轉移及其 BOP 等相關工程設計、設備採購和工程建設。之前，核電技術引進均以主投資之企業為主體，業內人士認為，國家核電技術公司的成立，表明中國核電技術引進體制發生重大變化。

AP1000 Passive Safety Reactor 第三代+核電技術是目前國際上最先進的核電技術。中國將這一技術用於核電建設，是世界上首次將這一技術商業化。據國家核電技術公司副總經理孫漢虹介紹，中方經過引進技術、參與設計、至自行建造後,在第五台核電機組建造時,即可實現 AP1000 的自我設計目標,未來中國將有可能自行興建 25 部以上的 AP1000 機組。

七、參訪南京大學物理系

南京大學是直屬中國國家教育部的重點綜合性大學，坐落在古都南京。自 1902 年創建以來，她先後經歷三江師範學堂、兩江師範學堂、南京高等師範學校、國立東南大學、第四中山大學、國立中央大學等時期；1949 年 8 月 8 日，由國立中央大學更名為國立南京大學；1950 年 10 月按中國教育部規定，去掉「國立」二字，更名南京大學；1952 年全國高校院系調整，南京大學調整出工學、農學、師範等部分院系後與創辦於 1888 年的金陵大學的文學院、理學院等合併，仍名南京大學，並將校址從四牌樓遷至鼓樓金大原址。南京大學物理學系是中國高等院校中建立最早的物理學系之一，其歷史可追溯到南京高等師範學校於 1920 年建立的物理學系。經歷了八十多個春秋，南京大學物理學系持續發展、不斷壯大，現已發展成為國際上有一定影響的物理系之一。物理學系名家輩出，培養了許多傑出人物，為中國的教育、科學研究和國家建設以及物理學發展做出了卓越的貢獻。曾在物理學系求學或工作的系友中有老一輩傑出物理學家如吳健雄、朱光亞、蔣樹聲、郭金龍、李國鼎等政治家和社會活動家。

物理學系具有一流的基礎研究實力和水準，其國際競爭力不斷增強，在國際上有較大影響的基礎研究成果逐年增加，與國際上二十多個國家和地區保持著密切的科技研究合作、學術交流和聯繫。主要研究方向和領域有：理論物理、核物理、高能物理與宇宙學、凝聚態物理、光物理與光子技術、原子分子和團簇物理、生物物理與軟物質科學、新能源材料物理與技術、微電子與固體電子學、應用電子學與技術物理學等，值得兩岸之交流學習。

伍、心得

在我國核四廠仍被反核人士抗爭與非核家園意識型態所延遲之際，對岸的中國已在秦山電廠、大亞灣電廠陸續商轉後，於 2006 年 3 月經中國國務院審議通過了《核電中長期發展規劃》，確定到 2020 年中國的核電裝機總量將從現在的 8.7GWe 提高到 40GWe，也即今後每年需要開工建設 3-4 座百萬瓩(1GWe)的核電機組，共約再建 31 部機組，資本投資超過 4000 億元人民幣。中國表明這將是亞太地區最巨大的核電市場，將對世界的核電技術、核電產業產生重大的影響。

2008 年 11 月，中國國家能源管理（National Energy Administration NEA)表示：中國原先規劃於 2020 年以前完成 40GWe 的核能發電機組之部署，但目前考慮提高至 70GWe，以因應「溫室氣體抑減」與「中國冬天，燃煤運輸的困難」兩大議題。截至 2008 年 11 月，目前運轉、興建或規劃中的廠址包括：大亞灣、秦山、秦山 II 期、嶺澳、秦山 III 期、田灣、嶺澳 II 期、紅沿河、寧德、三門、海陽、陽江、福清、方家山、台山、石島灣共 34 部機組；2020 年前將增建 25 部以上之 AP1000 機組，World Nuclear Association（WNA）更報導中國已規劃於 2050 年將完成 100 部核電機組。(表一，表二)

當全世界聚焦於中國核電產業的希望時，雖然中國從 CPR-1000 到 AP-1000 將致力核電產業的自主化，但全世界則對於中國核電“能力不足之處”仍視為全球核能工業之重要商機，均極力爭取。

表一、中國運轉中機組

廠址	省府	Type	淨裝置容量	商轉日期	Operator
大亞灣　　1&2 號機	廣東	PWR	944 MWe	1994	廣核集團
秦山-1 期	浙江	PWR	279 MWe	April 1994	中核集團
秦山-2 期　1&2 號機	浙江	PWR	610 MWe	2002, 2004	中核集團
嶺澳-1 期　1&2 號機	廣東	PWR	935 MWe	2002, 2003	廣核集團
秦山-3 期　1&2 號機	浙江	PHWR	665 MWe	2002, 2003	中核集團
田灣-1 期　1&2 號機	江蘇	PWR (VVER)	1000 MWe	2007	中核集團
total (11)			8587 MWe		

表二、中國規劃、興建中的核能機組

Plant	Province	MWe gross	Type	Project control	Start const.	Operation
嶺澳-2 期 1&2 號機	廣東	2x1080	CPR-1000	廣核集團	12/05, 5/06	2010, 2011
秦山--2 期 3&4 號機	浙江	2x650	CNP-600	中核集團	4/06, 1/07	2011, 2012
紅沿河-1 期 1~4 號機	遼寧省	4x1080	CPR-1000	廣核集團	8/07, 4/08, 3/09, 7/10	2012, 2014
寧德 1 期 1&2 號機	福建	2x1080	CPR-1000	廣核集團	2/08, 11/08,	2012, 2013
陽江 1 期 1&2 號機	廣東	2x1080	CPR-1000	廣核集團	12/08, 2/09	2013, 2015
福清 1 期 1&2 號機	福建	2 x 1080	CPR-1000	中核集團	11/08,?	2013, 2014
三門 1 期 1&2 號機	浙江	2x1100	AP1000	中核集團	3/2009, ?	2013, 2014
海陽 1&2 號機	山東	2x1100	AP1000	中電投資集團	9/2009, ?	2014, 2015
台山-1 期 1&2 號機	廣東	2x1700	EPR	廣核集團	9/09, 1/10	2013, 2015
石島灣	山東	200	HTR-PM	China Huaneng	early 2009	2013
方家山 1&2 號機	浙江	1000/1080	CNP-1000 / CPR-1000	中核集團	6/2009, ?	2013, 2014
total 23			24,400 MWe			

本次參訪過程，觀察目前中國核電產業發展的情況大致如下：

(一)、三大核電集團主導核電投資，但各自為政，其自主能力仍嫌不足

2020 年前至少 2000 億美元的核電建造投資，在國際注目的同時，也引來許多相關產業與廠家競相參與的意願，中國於短時間，投入如此大量的核電機組建設，其自有設備製造與能力仍有不足處，台灣核能產業應可積極找尋商機。

目前，中國擁有核電資產的共有 3 家企業，分別是「中國核工業集團公司」、「中國廣東核電集團」、「中國電力投資集團」。擁有 CPR-1000 技術的「中國核工業集團」和「中國廣東核電集團」，未來將繼續以 AP-1000 及 EPR 技術壟斷中國核電市場，但其核能設備製造和安裝能力目前仍不足以

支應中國核電產業的長遠規劃；「中國電力投資集團」則剛剛跨入核電產業，是唯一提出火、水、核電全面發展的發電企業。

由於核電廠的利潤十分驚人，毛利率一般都維持在 30%左右，遠高於石化電力行業的平均盈利水平。而隨著煤電價格的不斷上漲，環保要求的日益嚴格，核電的經濟優勢將進一步凸顯。然而吸引它們的當然是巨額利潤，對於其他發電集團進入核電領域投資，中國政府也沒有明確的態度表示，因此也就沒有明確的限制政策。有核電專家就認為，發電集團進入核電領域，可以打破現有的「中核集團」和「廣核集團」壟斷核電領域的格局，有利於更快、更多內地發展核電。但問題是，核電是一個格外講究技術性和安全性的產業，尤其是涉及核安全領域，其中利害關係並不是一般發電企業所能承擔。

2007 年 8 月 18 日，當位於渤海遼東灣東海岸的遼寧紅沿河核電廠正式開工採用具有中國大陸自主品牌的中國進步型百萬瓩級壓水反應爐核電廠技術——CPR-1000。從 1980 年代初，中國首次引進國外技術建設大亞灣核電廠，到今天採用自己的技術批量建設核電廠，不到 30 年裡，中國核電完成了從法國引進 PWR 技術到自創品牌，顯見中國核電內需市場之驚人潛力。但即使是有了初步的自主化，中國只是較為完備地掌握了二代+核電技術，而目前世界核電強國的技術已經發展到了第三代+。

中國與外國廠商雙方在以委辦項目進行技術轉讓談判中，並無法取得進展。其根本原因是雙方目標相距太遠，絕對無法達成一致。中國設想要以陽江、三門的四台機組、或許稍高的代價，得到這些機組，以及先進的電站設計技術和設備製造技術，然後使之轉化成具有自主智慧產權的技術，在以後的核電站的建設中，應用這些技術自己設計核電站和製造設備。而國外廠商要得到的不僅僅是四台核電機組，而是中國的巨大的核電市場。市場的競爭再激烈，也不足以讓他們為了四台核電機組而斷送以後的核電市場。因此，外國廠商以難以接受的報價，迫使中國望而卻步，從而進入他們的軌道。但中國又不可能把巨大的核電市場永久地拱手相讓；中外雙方的利益是完全對立不可調和的，無法取得進展。可見靠“市場換技術”所能起到的作用很有限，真正的核心技術市場是換不來的。

(二)、核電人才的大量需求，中國核電之核能安全監管力量仍嫌薄弱

由於有經驗的核電人才嚴重不足，中國積極訓練新人，也將廣吸全球有經驗的從業人士投入其建設。就如同中國國家核安全局局長李干傑說:中國核電發展受到①核電建設人力資源總體短缺、②核電研發和設計能力尚不完備、③核設備製造和安裝能力不足、④核安全監管力量薄弱等四個方面牽制。

目前中國核電仍然處於大規模發展前的準備階段，一些薄弱環節顯而易見，在這一階段如果擴張過於迅猛，必然引發人力資源分發、國產化策略的推進、核安全監管組織與能力建立等方面的混亂，進而威脅到核電的建造質量和營運安全。中國核能政策展現無比的雄心壯志，但中國如何按部就班，避免類似三哩島、車諾比事件的發生，將考驗中國人的智慧。

中國目前還沒有全面掌握百萬瓩級核電廠(CPR-1000)設計技術(例如數位儀控、大組件鍛造、模擬器…等)，一些關鍵技術設計目前仍處於模仿階段，多國標準規範混用的局面依然存在(法、美、蘇)；中國在核能安全技術的研發投入仍處於起步階段。

另外由於中國核能發電應用時間不長，所累積的運轉經驗並不足以應付未來二、三十座電廠的營運人材儲備，雖然中國積極培養新一代的運轉人員，但在機組種類繁多與經驗累積不易的前題下，如何能有效運用現有人力，確保核能安全監管是一大隱憂。

(三)、鈾資源不足，需確保長期鈾來源之穩定

按照中國最新的核電中長期規劃，到 2020 年，中國核電總裝置容量將達到 70GWe。到時，中國發展核電每年需要 12500 噸天然鈾，但目前中國自產天然鈾產量僅每年 1000 噸。再往後看，到 2050 年，中國大陸核電裝置容量將達到 100GWe 或甚至更多。但中國大陸現在已確定的天然鈾儲量，最多能供 70GWe 裝置容量的熱反應爐商轉 6 年。

世界上已確定的鈾資源量主要分布於澳大利亞、巴西、加拿大、哈薩克、尼日、南非、美國、納米比亞、烏茲別克斯坦等 9 個國家，

占全球已確定鈾資源總量的 70.79%。這其中又主要集中於澳大利亞、加拿大、哈薩克 3 個國家。資料顯示，中國的鈾資源量（成本低於 130 美元/公斤鈾）為 7.7 萬噸鈾，其中，成本低於 40 美元/公斤鈾的儲量約占 60%，主要分布在江西、新疆、廣東、遼寧等地。為了應付鈾資源不足局面，中國在核電中長期發展規劃中對核燃料資源供應保障提出了明確要求：堅持內外結合，合理開發國內資源、積極利用國外資源的原則，適度超前發展核燃料產業，建立國內生產、海外開發、國際鈾貿易三管道並舉的天然鈾資源保障體系。但所有的這些舉措都無法迴避中國大陸鈾礦資源匱乏的事實。由於鈾礦資源的限制，業內專家對中國大陸核電戰略的發展前景悲觀“現在要求大力發展是對的，到了 2020 年到 70GWe 的時候，想要再發展就很困難了”。

（四）、社會環境的開放，將會影響未來中國核能的發展

過去中國社會一直處於中央集權掌握的時代，但因經濟起飛，社會環境的逐步開放，環保意識將一如開發國家逐漸抬頭，近年大舉興建核能電廠的措施，難免引發民眾質疑。這對大量開發的政策多少會產生阻力與困擾。加上中國核能電廠的放射性廢液均以排放為原則，因此在選擇場址時，應遵循河川排放量之管制，與其他環保標準之要求。在環保法規未徹底施行的現在，積極建設核能電廠已是業內與時間賽跑的第一要務，未來難保不會面臨如我國核四廠建廠時的抗爭與紛擾。

但中國比台灣在開發核電的優點是他已擁有低放射性廢棄物處置場之建造及運轉經驗，例如甘肅「西北低中放射性廢棄物處置場」、廣東「低放射性廢棄物北龍處置場」、四川「西南極低放射性廢棄物處置場」等，並陸續再開發數處處置場以因應眾多核能電廠運轉之需要。這點在未來民眾抵制核電的理由是比我國少很多。

陸、建議項目：

一、「低放射性廢棄物最終處置計畫」可與中國進一步技術合作：

中國大陸已有低放射性廢棄物處置場之建造及運轉經驗，而我國低放射性廢棄物最終處置計畫尚在選址階段，建議經由「海峽兩岸核能學術交流研討會」之平台，與中國進一步技術合作，進行更具體之交流活動，為共享經驗、共促兩岸核能發展、造福兩岸民生，作出積極的貢獻。

二、我國未來若增建核能機組開發電源，應密切注意中國 AP1000 的發展情況，並不斷收集全球第三代+核電廠之技術與資訊，供未來安全管制決策之參考：

中國國務院選定日商-東芝-西屋公司的 Passive Safety Reactor AP1000 作為未來第三代＋核能電廠大量興建之設計，美國大部份電力公司亦選擇 AP1000 設計，目前全球規劃中第三代核＋電廠之概況如下表所示，顯然 AP1000 將成為未來的主流機型。

機型	日商-東芝 ABWR Active	法商 -AREVA EPR Active	日商-三菱 APWR Active	日商-東芝-西屋 AP1000 Passive	奇異-日立 ESBWR Passive
美國	2	7	2	14	4
日本	9	0	2	0	0
法國	0	2	0	0	0
英國	0	4	0	5	0
中國	0	2	0	＞26	0
其它	2	1	0	0	0
Total	13	16	4	＞45	4

三、可就核能安全管制經驗與中國進一步技術交流：

此次會議中，可以充分感受到核能在中國的蓬勃與快速的開展，在如此龐大的人力、技術需求下，且其資深人力明顯不足的情況，勢必須先借助外力，但若中國後續能成功建立其自主之技術、製造及管

理能力，未來之核能產業市場版圖可能將大幅改觀；另一方面，中國在採用如此多樣的核子反應器設施設計情況下，其安全管制之技術與人力明顯薄弱，且其安全管制雖已具雛形，但實質監督的制衡力量，尚未能充分發揮。在中國與台灣毗鄰的地緣關係，及中國未來在核能產業市場可能佔有的比重，其在核能安全管制監督的發展、策略及作為，攸關兩岸核能安全之長治久安，值得密切注意。因此，本會未來仍應持續派員參與此項技術交流研討會，以促進兩岸共同致力維繫核能安全之長遠目標。

四、放射性廢棄物處理技術可與中國進一步技術合作：

十多年來，核能研究所在放射性廢棄物處理的領域從事相關處理實務工作及技術研發，旨在建立先進可靠之本土化實用技術與設施，達到放射性廢棄物管理策略之減容、減量及安全貯存的目標，確保民眾安全及維護環境生態品質，進而推廣應用於國內、外相關業界。核研所多年來成功開發之技術包括：高效率固化技術、污染除污技術、電漿熔融技術、廢樹脂濕式氧化技術等；建立之設施包括：焚化處理設施、廢液蒸發濃縮處理設施、自動化貯存庫設施、金屬熔鑄處理設施、電漿熔融處理設施、金屬除污設施等。其中高效率固化技術共獲得國內、外 16 國專利，也先後推廣應用於國內核二廠及核三廠，建立濕性廢棄物減容固化系統，經核二、三廠商轉創下優異的減容減量的實績。核研所開發上述新技術雖應用於我國的核能電廠，但畢竟僅是其中的兩、三項而已，以經濟價值而言，十多年來所投入的研發費用若僅僅用於三個核能電廠並不具生產競爭力。

隨著各國積極發展核能發電，但因有近二十年未有新的核能電廠設計，且世界各大核能設計公司所擁有的技術仍侷限於反應器與發電機組，在廢棄物處理的技術均仍停留於三十年前的設計。雖然我國無核能工業，但我們卻已擁有處理放射性廢棄物的新技術，而且有商轉的實例，此新技術不但使國內放射性廢棄物減量獲得具體解決外，並也將將我國核能電廠的優良績效與台灣的技術成果展現於世界的核能界。因此為何不積極推廣我國處理放射性廢棄物的技術至日益蓬勃的核能市場？

但由於台灣沒有核能工業技術，整合放射性廢棄物處理系統的設備輸出必須與核能電廠設計公司配合才有量產的效益，但要進入該類企業的設計子公司卻也是項漫長推銷的路程，與目前蓬勃發展的核工業似乎緩不濟急。據全球能源需求發展的區域而言，對岸的中國是我們應積極爭取的市場。中國為尋求足夠支持其經濟發展的能源，已確定其所要增加的均是核能。且已規劃核能發電至 2020 年將擴建至 40 GWe，這種規模幾乎是全球其他國家所規劃機組的數倍，這將是我們推廣放射性廢棄物處理技術的最佳時機與市場。

過去所談的進軍大陸，大都主張低附加價值生產製造活動移轉大陸，而將高附加價值之研發保留在台灣，加上大陸政策與法規的限制，這樣的策略思維，似乎已不能符合全球化營運的本質，如果台灣不能將技術移轉規劃與全球化策略相互緊密結合，台灣未來在大陸的市場機會恐怕也會相當有限。

附件、第八屆海峽兩岸核能學術交流研討會

目　錄

第八屆海峽兩岸核能學術交流研討會議程..... **錯誤! 尚未定義書籤。**

第八屆海峽兩岸核能學術交流研討會議程（續）..... 2

第八屆海峽兩岸核能學術交流研討會代表團行程..... 3

大陸核燃料循環前端產業的現狀和展望..... 4

壓水式核能電廠安全管制現況及展望..... 5

大陸核安全監管體系和放射性廢物安全管理基本現狀..... 6

蘭嶼貯存場廢棄物桶檢整計畫..... 8

台灣管制機關於原子能領域之溝通宣導及人才培育..... 9

磁約束核融合研究的進展與展望..... 10

腦中樞神經核醫藥物技術平台之建立與運用..... 11

大陸核電站放射性廢物處理實踐..... 12

極低微放射性廢棄物解除管制策略說明..... 14

核運輸業務的發展狀態..... 15

壓水式回應爐燃料破損判讀經驗..... 16

AP1000 依托項目管理模式及工程進展狀況..... 15

台灣核電風險告知應用與成效介紹..... 18

秦山二期特色的營運管理制度..... 20

核能電廠防震安全經驗回饋..... 21

壓水堆核電廠的輻射監測與污染控制技術..... 23

設備可靠度在新建核電廠中的角色..... 24

核能電廠輔助與發電系統之延役評估技術 25

核四廠訓練用類比器籌建與測試過程 26

秦山核電廠回應堆保護系統及其相關設備數字化改造規劃和實施策略 27

核能電廠執照更新 28

淺論核安全技術現狀及未來發展展望 29

核燃料破損之偵測與評估 30

第八屆海峽兩岸核能學術交流研討會來訪人員名單 31

第八屆海峽兩岸核能學術交流研討會參加人員名單 33

日期	時　間	活動內容	發言人	主持人
十一月十九日　星期三	08:30--09:10	中國核學會理事長致辭 台灣核能科技協進會董事長致辭	李冠興 歐陽敏盛	陳衛國
	09:10--09:30	大陸核燃料循環前端產業的現狀與展望	李冠興	潘傳紅 張茂雄
	09:30--09:50	壓水式核能電廠安全管制現況及展望	陳宜彬	
	09:50--10:10	大陸核安全監管體系和放射性廢物安全管理基本現狀	馬成輝	
	10:10--10:30	蘭嶼貯存場廢棄物桶檢整計畫	蔡顯修	
	10:30--11:00	**休息　　合影**		
	11:00--11:20	台灣管制機關於原子能領域之溝通宣導及人才培育	陳衛理	鄭本文 蔡顯修
	11:20--11:40	磁約束核融合研究的進展與展望	潘傳紅	
	11:40—12:00	腦中樞神經核醫藥物技術平台之建立與運用	陳家傑	
	休　息			
	14:00--14:20	大陸核電站放射性廢物處理實踐	范　仲	何小劍 陳宜彬
	14:20--14:40	極低微放射性廢棄物解除管制策略說明	鄭維申	
	14:40--15:00	核運輸業務的發展狀態	劉振河	
	15:00--15:20	壓水式回應爐燃料破損判讀經驗	黃秉修	
	15:20--15:30	**休　　息**		
	15:30--15:50	AP1000 依托項目管理模式及工程進展	夏志定	楊蘭和 林建昌
	15:50--16:10	台灣核電風險告知應用與成效介紹	高梓木	
	16:10--16:30	秦山二期特色的營運管理制度	肖小春	
	16:30--16:50	核能電廠防震安全經驗回饋	張　欣	
	16:50--17:10	壓水堆核電廠的輻射監測與污染控制技術	李愛武	
	17:10--17:30	設備可靠度在新建核電廠中的角色	蔡慎明	

日期	時間	活動內容	發言人	主持人
十一月二十日 星期四	08:30--08:50	核能電廠輔助與發電系統之延役評估技術	賴玄金	魏國良 邱太銘
	08:50--09:10	核四廠訓練用類比器籌建與測試過程	梁天瑞	
	09:10--09:30	秦山核電廠回應堆保護系統及其相關設備數字化改造規劃和實施策略	蔣祖躍	
	09:30--09:50	核能電廠執照更新	陳慶鐘	
	09:50--10:10	淺論核安全技術現狀及未來發展展望	宋明海	
	10:10--10:30	核燃料破損之偵測與評估	林建昌	
	10:30--12:00	參觀核電廠		秦山基地
	休　息			
	14:00--17:30	秦山核電產業園區參觀、座談		海鹽縣

大陸核燃料循環前端產業的現狀和展望

中國核學會理事長　李冠興

摘要

本文設計了一個到 2050 年大陸核電發展的參考情景，從發展機遇，天然鈾的保障供給，鈾轉化和鈾濃縮，燃料製造等方面，分析了國內外核燃料循環前端產業各個環節的規模和狀況，闡述了大陸核燃料循環產業面臨的挑戰和機遇。本文用豐富的資料說明了只要始終堅持積極推進核電建設的方針，那麼大陸必將成爲世界上核電規模最大的國家。與之相對應，大陸核燃料循環前端產業也迎來了前所未有的發展機遇,必將成爲世界上最大規模的核燃料循環產業。我們當代核工業人正在爲之努力奮鬥,把這種可能性變爲現實。這是我們的光榮而崇高的使命。核燃料循環產業是全體核工業人的事業，要加強保護意識,積極推展我國核燃料循環產業的快速發展。要加強行政領導和協調,統一認識,調整體制,一致對外,提升我國核燃料循環產業的國際競爭力。

壓水式核能電廠安全管制現況及展望

原子能委員會核能管制處　陳宜彬

摘要

台灣現有三座核能電廠六部機組在商業運轉中，近幾年來核能安全問題日益受到國人重視，如何避免或減少核能電廠可能問題或異常事件的發生，以確保核能安全，是核能安全主管單位-原子能委員會的重點工作之一。

座落於台灣南部的台電公司核能三廠有兩部美國西屋公司提供的 3 回路壓水式回應器，自 1984/85 年完工商轉以來，已經運轉超過 20 年。最近數年核能三廠屢創歷史佳績，以 2007 年爲例：零自動急停、零違規事件、最短大修時間、最低發電成本等。

但伴隨機組及人員逐漸老化，降低燃料成本提升運轉彈性等現象，本報告針對最近幾年核能三廠發生或可能發生問題及原子能委員會採取的管制作爲作一介紹，計有：核燃料破損、軸向功率異常(Axial Offset Anomaly)、蒸汽產生器水位振湯及管板檢測、壓力邊界完整性、持照運轉人員年輕化等。經由原子能委員會各項管制行動，以避免問題發生或將影響降至最低，達成提升電廠運轉安全目標。至於未來，原子能委員會將持續要求台電公司增進安全，預計有下列管制新措施：圍阻體集水池(containment sump)改善、調壓槽(pressurizer)管嘴覆焊、實施新消防法規(NFPA-805)等；另台電公司爲提升運轉效率，達成政府節能減碳目標，亦規劃中幅度功率提升(stretch power uprate)及執照更新(license renewal，含蒸汽產生器更換)等重點工作，預期原子能委員會在安全審查中，將會要求台電公司承諾多項改善方案。

大陸核安全監管體系和放射性廢物安全管理基本現狀

環境保護部核安全司放射性廢物管理處　馬成輝

摘要

近年來，大陸方面的核電發展速度較快，其主要原因包括：一方面，是調整能源架構的需求，透過增加核電規模，使得核電在能源領域扮演更加重要的角色，保障能源供應的可靠性和安全性；另一方面，也是減排的需求，過多的倚賴火電（目前是以煤電爲主的格局）勢必導致諸如 SO_2、NOX 及顆粒物等污染物的大量排放問題，另外還增加了溫室氣體（CO_2）的排放壓力；此外，還有一個原素就是應對金融危機的需求，大規模的核電建設需要大量的投資，投資必然拉動內需，帶動核電產業鏈的上下游發展，增加就業等。

1、 核電發展離不開核安全，核安全是核工業的生命線。政府高度重視核安全，早在上世紀 80 年代初，在決定開發核電的同時，就創建了民用核設施的獨立安全監管機構 — 國家核安全局。國家核安全局的設定基本採用了美國 NRC 的模式，即與工業發展部門和相關企業沒有利益上的關係。根據政務院的授權，國家核安全局對民用核設施的安全行使獨立的監督權。隨著核電以及核技術利用事業的發展，國家核安全局也在發生著一系列的變革，特別在職能範圍方面有了很大的擴展，其主要職責包括：

2、 核安全法規、技術導則等的製定權；

3、 對民用核設施的安全行使監督、執法權；

（1） 審查、頒發民用核設施及從業人員的下列安全許可證件，包括：

（2） 廠址審查意見書；

（3） 建造許可證；

（4） 首次裝（投）料批准書；

（5） 營運許可證；

（6） 退役批准書；

（7） 環境影響評價批准檔；

回應堆操縱員、進階操縱員執照。

1、 國家核安全局的主要監管範圍包括：

2、 核電廠，包括核動力裝置、核熱電廠；

3、 研究性回應堆、試驗堆、臨界裝置；

4、 核燃料生產、加工及後處理設施；

5、 放射性廢物處理、處置設施；

6、 鈾（釷）礦、伴生放射性礦；

7、 核安全機械和電氣設備；

8、 放射源、射線裝置；

電磁輻射。

1、 針對核電以及相關產業的快速發展，必然面臨至少來自以下 3 個方面的挑戰或者瓶頸：

2、 核與輻射安全；

3、 放射性廢物安全管理；

鈾資源的可靠供應。

1、 其中，放射性廢物的妥善處理、處置，特別是高水準放射性廢物的處理、處置，一直困擾著核電的發展。早在核電開發之初，政府就已製定了相關政策，它們包括：

2、 爲了解決核燃料（鈾資源）的可靠供應、資源的循環利用以及高水準放射性廢物的最小化，閉合核燃料循環是發展核電的一項基本政策；

3、 針對核電以及核燃料循環設施產生的中、低水準放射性廢物，採納區域處置政策；

4、 乏燃料後處理產生的高水準放射性廢物，包括沒有後處理價值的乏燃料以及α廢物，採納集中的深地質處置政策；

各類核設施、核技術利用設施退役活動產生的極低水準放射性廢物，採納就近填埋處置政策；有核安全簡要介紹了核安全監管體系及主要的監管手段等資訊，同時重點介紹和評述了放射性廢物安全管理的現狀和基本問題；

另外，爲了減輕高水準放射性廢物處置的壓力，在開展深地質處置研究、開發的同時，也在開展分離與嬗變等技術研發工作。

蘭嶼貯存場廢棄物桶檢整計畫

台電公司核能後端處　蔡顯修

摘要

蘭嶼貯存場位在蘭嶼島東南端的龍門地區，三面環山一面向海，有自然屏障且遠離居民聚落，場內設定混凝土壕溝，以貯存低放射性廢棄物。貯存場原隸屬於行政院原子能委員會，於 1982 年 5 月正式啓用，台灣電力公司依據行政院「放射性廢料管理方針」於 1990 年 7 月受命接管執行。貯存場設施計有辦公大樓、處理中心、取出單元、貯存溝及專用碼頭。23 座壕溝設計貯存容量爲 98,000 桶。貯存場接收全國醫、農、工、學、研各界以及核能電廠所產生的低放射性廢棄物，目前已貯滿，自 1996 年起不再接收低放射性廢棄物。

蘭嶼貯存場采多重障壁設計在縝密監管下對於附近環境與生態從未造成影響。在蘭嶼早期貯存之廢棄物桶發現部分有鏽蝕破損，於主管機關要求及監督下台電公司前已先完成 3,200 桶鏽蝕廢棄物桶之先導型檢整重裝與除鏽補漆作業，累積了相關經驗與技術，爲加速完成蘭嶼貯存場所有廢棄物桶之檢整重裝以備供未來最終處置需要，台電公司增設檢整所需設備，並於 2007 年 12 月起展開全面檢整重裝作業，迄 2008 年 8 月底止，連同先導試驗及試運轉期間完成之 8,700 桶，總計已完成約 13,400 桶，並預定於 2010 年底完工。

台灣管制機關於原子能領域之溝通宣導及人才培育

台灣核能科技協進會執行長　陳衛理

摘要

鑑於知識的養成，必須從小自學校著手才能深入扎根，且輻射相關的知識，為現代國民均應具備與了解，但現行教育體系內並未將此類知識納入課程內，使得學校教育不能滿足此方面之需求。為讓民眾了解核安與輻安的知識，台灣管制機關行政院原子能委員會經由網路、各類文宣、廣告、出版品或舉行記者會、展覽，透過媒體，將核能資訊傳播，來提升大眾對核能與輻射安全的認知。

近年來更積極於大學推展「核能、輻射與生活」通識教育課程，及主動出擊，拜會高雄、屏東及台南縣市公私立高中及其教育主管機關，提供核能、輻射相關專題演講及輻射度量等展示與解說服務。對社會大眾則以提供「輻射你我她」免費演講服務管道，來促進民眾對輻射及原子能民生應用的正確認知。

人才是知識經濟時代競爭力的基礎，原能會近年來透過多元化之人才培育管道，辦理人才培育，如在職進修、與學校合作交流及透過國科會產業群組策略規劃、原能會/國科會科技學術合作計畫(Mutual Fund)等模式，加強人才培育之發展。

磁約束核融合研究的進展與展望

中國核學會秘書長　潘傳紅

摘要

半個世紀以來人們在探索受控核融合（Controlled Nuclear Fusion）的過程中，形成了兩種不同的研究途徑，即磁約束核融合（MCF）和慣性約束核融合（ICF）。在磁約束眾多途徑中，“托卡馬克”型裝置獲得巨大成功，上世紀九十年代以來，歐盟、美國和日本的實驗裝置取得突破進展，初步驗証了磁約束聚變的科學可行性。但磁約束聚變還需要解決聚變堆材料、工藝、加料、排灰、雜質限制、能量提取、產氚及安全防護等一系列工程技術上的難題。由中國、歐盟、美國、俄羅斯、日本、韓國和印度等七方共同出資的國際熱核實驗堆（ITER）計畫已正式啓動，該計畫集成了國際受控核融合的主要科學和技術成果。ITER 裝置建設週期性 10 年、營運 20 年，將集成驗証穩態燃燒等離子體（Plasma）科學問題和部分驗証聚變電站工程技術問題。ITER 計畫的實施，標誌著磁約束核融合研究已經進入實際的能源開發階段，其結果將決定人類能否迅速地、大規模地使用聚變能源，從而影響人類從根本上解決能源問題的進程。

大陸的磁約束聚變研究始於上個世紀五十年代，經過近四十余年的多途徑原理探索，進入到目前的規模化實驗研究階段。在兩個實驗基地陸續建成了兩大實驗裝置，發展了完備的診斷技術、輔助加熱技術、電流驅動技術及擁有自主智慧產權的分子束加料技術。開展了聚變堆設計和堆材料、堆工藝研究。取得了一批重要科研成果，如反剪切磁場位形（RS）、內部輸運壘、等離子體帶狀流、魚骨模不穩定性、以及超導托卡馬克長脈波放電和離子伯恩史丹波(IBW)加熱等一批重要科研成果。爲 ITER 計畫貢獻了資料基礎。

腦中樞神經核醫藥物技術平台之建立與運用

原子能委員會核能研究所　陳家傑

摘要

臨床上核子醫學部門使用的藥物與一般的藥品不同，它最大特色即是含有放射性同位素；利用放射性同位素結合上大分子或小分子化合物後，以注射、吸入或口服等給藥模式，利用化合物之特性將同位素運送至特定器官或組織，依同位素之特性可應用於疾病之診斷或治療。

核能研究所於 1993 年建立台灣第一台中型迴旋加速器(compact cyclotron)，產製短半衰期醫用放射性同位素，並研製成核醫藥物提供國內各醫院臨床應用，在放射醫療科技研發，核研所經常與研究單位及教學醫院相互交流，共同合作研究，期能對國人健康品性之提升有所助益。

核研所依藥事法及藥物工廠設廠標準，向衛生主管機關及中央工企業所有人管機關登記之，完成台灣唯一合法且具有 GMP/cGMP 之核醫藥物製造機構，擁有「藥商許可證—西藥製造類」(省桃縣衛藥西字第 047 號) 及「製造業藥商許可執照」(桃縣藥製字第 6132090018 號)，並已成功研發上市 15 種核醫藥物，每年造福近 20 萬人次病患以上。

核研所利用已身研發能力建立腦中樞神經分子影像技術平台，以研發之早期診斷老年化及神經/精神疾病之核醫藥物，包括巴金森氏症、阿茲海默氏症、憂郁症、精神分裂症及過動症，之分子影像核醫藥物，配合已身擁有之 microPET、micrpSPECT、及相關影像實驗室，開發對外服務之技術平台，提供藥動、療效等之非侵入式動物影像服務，如 I-123 ADAM、I-123 MIPP、I-123 IBZM、F-18 FDG、Tc99m-HMPAO 等等核醫分子影像藥物，進行相關之 Dopamine、Serotonin、norepinephrine transporter 非侵入是動物活體之分子影像服務。數年來爲台灣唯一可提供相關研發之單位，深受台灣當地公私立研發或藥廠單位之重視。

本報告將提供相關腦中樞神經分子影像技術平台建立後在台灣服務之相關技術成果，同時也檢討該項技術對將來服務全球化之可行性。

大陸核電站放射性廢物處理實踐

中國核電工程有限公司　范仲

摘要

一、綜述

放射性廢物最少化是大陸核工業放射性廢物管理的重要原則之一，也是核安全審管部門的明確要求。其中包括廢物的產生量和放射性活度最少化。放射性廢物的最少化貫穿核設施設計、營運和退役的整個過程。放射性廢物的最少化不僅僅是廢物管理系統的任務,需技術和管理措施並舉，才能達到預期的目標。本報告從放射性廢物處理技術的應用介紹了大陸核電站放射性廢物處理的效果和現狀。

二、對核電站放射性廢物處理系統的設計考慮：

對放射性廢物分類收集、處理，尤其注意將非放射性廢物與放射性廢物分別收集，減少交叉污染，降低放射性廢物產生量。

採用淨化效果好，減容因數相對較高、二次廢物少、安全、可靠、經濟的廢物處理工藝和設備。

保證廢物體和廢物包的性能符合貯存、運輸和最終處置的國家標準要求；

提升設備自動化水準和可靠性，便於操作和維修管理。

三、大陸核電站現有濕放射性廢物處理方法及改進

早期大亞灣、嶺澳核電站、秦山二期及田灣核電站對廢液處理系統蒸發器產生的濃縮液、除鹽床產生廢樹脂都採用了道統的水泥固化工藝。工藝特點是技術成熟、設備成本低，但缺點是廢物增容比大。技術改進只是圍繞對樹脂預處理，降低樹脂膨脹力和改進固化劑的性能開展。

從嶺澳二期開始，水泥固化工藝針對裝桶模式、攪拌模式和包裝容器進行改

進，採用 400L 鋼桶作爲濕廢物包裝容器，同時對水泥固化配方優化，提升廢物包容量，改善固化體性能。改進後，每台機組預期值廢物包產生量爲 59m3/a，接近 URD 推薦的 50m3/a 的水準。

對正在設計的方家山、福清核電廠，將在嶺澳二期工藝基礎上繼續改進，從源頭控制和後端治理兩方面採取措施，繼續推進放射性廢物的最少化

未來的秦山核電廠、AP1000 和 EPR 技術由於降低了源生放射性廢物的產生量，擬採用樹脂烘乾熱壓縮處理工藝和採用 200L 鋼桶作爲低、中放廢物包裝容器，廢物包產生量將進一步降低。

四、結論

大陸核電廠放射性廢物管理設計階段的實踐表明，從源頭優化減少放射性廢物產生量是首要環節，採用合理先進的工藝技術是根本降低放射性廢物量的關鍵，企業良好的營運管理是放射性廢物最少化的有力保障。隨著國家核電發展節奏的加快，在放射性廢物最少化方面的工作還需加強。

極低微放射性廢棄物解除管制策略說明

原子能委員會放射性物料管理局　鄭維申

摘要

隨著核能設施的除役活動的展開，核能國家均積極規劃、推展放射性廢棄物之分類與解除管制標準及其作業規範的製訂。因各國廢棄物種類差異性大、環境保護的要求與廢棄物回收政策等均不相同，始終無法達成廢棄物解除管制標準之統一目標。解除管制標準國際化的重要性，在於其回收後之物質進退場門流通時，不會因標準不同而遭遇困難，影響國際貿易之接受性。

訂定解除管制標準主要是爲了保護民眾健康與維護環境安全，同時也是核能電廠除役作業的重要參考準則。此處所稱之解除管制標準爲無條件外釋標準，符合此規範而解除法規管制之廢棄物，即可準用一般事業廢棄物加以回收再利用或掩埋處置。

國際原子能總署於 2004 年 8 月發布安全導則 RS-G-1.7 ”Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance”，明確建議各核種之標準，使各國在製訂標準時有所依循。並採用各國共同認可之劑量限值標準，"個人年有效劑量限值 10 微西弗"其輻射影響小於天然背景輻射之百分之一至可忽略程度，而集體劑量低於每年 1 人西弗者，並不需做進一步的劑量評估分析工作。物質內所含核種符合此標準者，應免除所有輻射防護管制，視爲非放射性物質處理與使用。

在台灣因過去業界輻射無低限值的保守管制作爲，造成進入管制區之材料無法再回收使用及倉貯壓力等問題。因此藉由總署之導則及區域性研究成果，審慎訂定解除管制辦法與相關作業規范，明確釐定管制限值與做法。雖然解除管制後之安全性與經濟性是可靠的，但民眾的接受度與作業的品性保證才是推展的重點所在，如何因應與查核，才是必須努力的方向。本篇就規範訂定與如何解除管制進行探討與說明，祈能減少各界之疑慮使外釋工作之正確理念與作法落實。

核運輸業務的發展狀態

中核清原公司　劉振河

摘要

本文首先簡要介紹了中國核工業集團旗下專門從事核設施退役、放射性廢物處理、低中放廢物處置場建設營運和放射性物質運輸的清原公司的基本情況。隨後，從核工業需求、技術核心、審管與法律體系等方面分析了核運輸業務的基本特點；強調了核運輸業務在整個核工業產業鏈上的重要地位；著重介紹了作爲核運輸業務技術核心的包裝容器、裝載安全和應急回應體系在技術與管理等方面的要求。文章還結合清原公司近些年在該領域的具體實踐與能力建設，進一步闡述了運輸任務實施、容器及硬體能力配套、相關標準與工藝技術研究等核運輸業務在大陸的發展現狀。最後，在“推展核工業可持續發展，保障人與自然和諧共存”這一偉大使命的感召下，作者對核運輸業務的未來發展做出了大膽的設想，提出了以“公海鐵”聯運作爲未來核運輸業務主要運營模式的論述，爲大家勾勒出了一幅核三廢環保產業蓬勃發展的美好圖景。

壓水式回應爐燃料破損判讀經驗

台電公司核能發電處　黃秉修

摘要

過去壓水式核電廠常利用爐水中放射性同位素碘作爲破損燃料之判讀指標，但燃料僅發生針孔破損，爐水不易進入破損燃料時，爐水中放射性同位素碘不會出現異常情形；必須改以分裂氣體活性之量測作爲燃料之可靠度判讀指標。但是壓水式核電廠分裂氣體活性之量測值極容易受到「測量儀器」、「測量條件」或「測量程式」之些微改變而影響結果，故必須找尋可靠之判讀指標。

台灣電力公司根據馬鞍山 2 號機週期 17 疑似破損燃料事件經驗及國內、外壓水式核電廠過去經驗資料之收集，導引出新的分裂氣體之燃料可靠度判讀指標如下：

當壓水式電廠穩態運轉時，若放射性物質碘無明顯增加時，下列四項指標同時出現可確定爲燃料針孔破損：

1　【Xe-133 活度/Xe-138 活度】≧0.5　　正常情形：~0.25

2　【Xe-133 活度/Xe-135 活度】≧0.9　　正常情形：~0.4

3　【Xe-133 活度】≧5E-3 微居裡/cc

4　【Xe-133 活度】Step Change ≧ 10 倍

當壓水式電廠穩態運轉時，若放射性物質碘無明顯增加時；利用機組功率大幅變動或大修停機系統壓力大幅改變時，取樣檢驗爐水活性，以確定爐心是否真正發生燃料破損。

下列指標出現可確定爲燃料針孔破損：

「碘-131 活度」或「銫活度」因回應爐功率大幅暫態變化而有突增現象，稱之爲「碘突增」判讀，本次簡報擬對「碘突增」進行物理現象之類比描述。

AP1000 依托項目管理模式及工程進展狀況

國核工程有限公司　夏志定

摘要

國家核電技術公司（SNPTC）是經政務院授權，代表國家對外簽約，受讓第三代先進核電技術，實施相關工程設計和專案管理，透過消化吸收再創新形成中國核電技術品牌的主體，是實現第三代核電技術引進、工程建設和自主化發展的主要載體和研發平台。

國核工程有限公司（SNPEC）是國家核電技術有限公司的全資子公司，主要承擔三代核電 AP1000 依托項目 4 台機組及 AP1000 後續機組的建設管理。

項目管理模式：以國核工程公司爲依托，國家核電在上海組建 AP1000 項目部(簡稱 APM)。 APM 作爲國家核電唯一專案管理部門，負責 NI 和 EPC 合約項下的管理職責和核島四大控制責任。JPMO 是根據 NI 合約規定組建的聯合項目管理機構，包括中心 JPMO 和 2 個 SPMO，是 APM 的一個執行機構。工程進展狀況：西屋聯隊設計檔提交進度有誤。聯隊已製定並實施了趕工計畫，期待到明年一月底設計進度能夠追趕到符合進度要求。

SNPEC 聯合企業所有人，對西屋聯隊負責供貨的設備(A1 類設備）進行監造活動。SNPEC 負責的依托項目 A2/A3/B/C 類設備採買活動有序開展。三門負挖進展順利，8 月 22 日 1 號機組核島負挖透過核安全局檢查。海陽 1#機組的負挖工作比進度提前兩個月開始。

台灣核電風險告知應用與成效介紹

原子能委員會核能研究所　高梓木

摘要

台灣核能研究所(以下簡稱核研所)建立量化風險評估技術(簡稱 PRA)已逾 25 年，除了在發掘核能電廠系統安全上潛在的弱點、提出因應與改善之道方面著有成效之外，也積極應用於核能管制決策製訂，提出具體量化的風險指標與風險洞見，供管制單位作爲核電廠監管與法規合理化的參考，並兼顧核電廠運轉績效與安全考量。由於量化風險評估具備科學、量化與客觀的優越特性，對於輔助大型複雜系統如石化廠、液化天然氣廠，乃至於台灣之重要基礎建設、國土安全等相關的風險管理決策，均極具應用的潛力。

風險告知應用的基礎在於能夠詳細地量化風險，而核能界普遍是以 PRA 技術來獲取核能設施運轉的風險。核研所於 1983 年自美國引進建立 PRA 技術，依序完成核二廠、核三廠與核一廠的整廠量化風險評估。1987 年完成核三廠評估後的主要建議之一爲各核電廠宜增設一台額外的柴油發電機(稱爲第 5 台柴油發電機)，以加強電廠處理喪失外電的能力並降低風險。2001 年 3 月 18 日核三廠廠外輸電回路因當地鹽霧害而喪失輸電功能，同時又遭遇廠內柴油發電機故障，致有喪失所有交流電源之虞，所幸當初設定的第 5 台柴油發電機及時發揮功效，化解事件繼續惡化的趨勢。此一例證正足以說明 PRA 發掘系統潛在弱點，提出改善建議及量化改善效益，並將有限資源花在刀口上的長處。

核研所 PRA 團隊，除建立 PRA 評估技術外，也積極開發各種風險評估與管理工具，例如協助台灣原子能委員會(以下簡稱原能會)於 2006 年元月起實施核安紅綠燈管制，採用風險告知與績效基準的作法，結合核電廠具體的運轉安全指標數值及駐廠視察員的視察評估結果，以量化、可測量與比較的模式衡量各核電廠的運轉安全表現，並以簡單的燈號顏色顯示，現已按季公佈於原能會官方網站，提供民眾公開透明的施政資訊。此一現代化施政作爲即是採用核研所開發的風險顯著性確立工具 PRiSE 來達成，其可快速計算核能管制駐廠視察員所發現之電廠績效缺失在風險上的重要程度，大幅縮短評估時間，爭取管制與矯正的時效。除了 PRiSE 之外，核能研究所近十年來亦自力開發中文化的故障樹分析程式(INERFT)、

第一代與第二代核能電廠整體風險管理系統(Risk Monitors：TIRM 與 TIRM-2)等工具，目前已分別應用在大專院校的教學、產業界及核電廠日常運轉上。

核研所 PRA 團隊並完成台電公司委托核能電廠電纜防火包覆替代安全方之風險告知應用計畫，協助台電公司向原能會提出申請，於 2005 年 12 月獲原能會正式審查核準；在兼顧核能安全的前提下，此核能管制案件之決議，使台電公司核一廠透過替代方案之實施可符合最新防火法規之要求，兩部機組直接成本節省共逾 4 億元台幣，若計入因施工而造成停機的發電營收損失，成效將數倍於直接成本。核二、三廠亦在 2006 年 12 月獲得原能會審查透過，其成效與核一廠相仿。

PRA 技術除了在核能工業外，我們也逐漸可以看到風險量化的理念在石化產業上的應用，例如在液化天然氣儲槽系統量化風險評估方面也有相當不錯的成效。

秦山二期特色的營運管理制度

核電秦山聯營有限公司　肖小春

摘要

秦山二期經過生產準備、調試和商業營運十幾年來地不斷探索、實踐和總結，借鏡國內外同行的經驗，結合秦山二期工程特點，目前秦山二期已經建立起一套以機組安全營運爲中心，從設備管理、人員管理和工作流程管理各方面出發，遵循機組營運客觀規律，科學化的營運管理體系。它是公司程式化、規範化、訊息化管理體系的重要組成部分。

本文將從建立制度的起因、過程、內容等情況重點介紹其中六個最有二期特色的營運管理制度：

- 機組營運工程師制度
- 十大技術問題滾動整治制度
- 培養訓練考核授權上崗制度
- 營運觀察和評估制度
- 營運電子日誌訊息管理制度

防人因失誤管理制度

上述的六個營運管理制度，在保障機組安全穩定營運和提升營運管理業績方面起到了非常重要的作用，同時爲確保營運工作的兩個核心任務—“保證機組安全穩定營運”和“培養高素質的營運人才”的完成提供了制度的保障。

核能電廠防震安全經驗回饋

原子能委員會核能管制處　張欣

摘要

核能電廠在建廠規劃之初，便必須就廠址各種可能發生的天然災害進行評估，並採取適當之防護措施，以確保核能電廠運轉安全。台灣位處環太平洋地震帶之歐亞板塊與菲律賓海板塊交界處，地質活動頻繁，因此對核能電廠的地震防護，尤爲重視。除在建廠規劃階段審慎選擇廠址及嚴格要求安全重要架構組件耐震設計標準，對於興建或運轉期間發生之重要地震經驗亦持續密切注意，並適當回饋至核能電廠防震措施。本報告探討之重要地震經驗回饋包括發生在台灣的集集地震和恆春地震，以及發生在日本的中越沖地震。

集集地震發生於 1999 年 9 月 21 日凌晨，地震規模爲 7.3，震源深度約 1.1 公里，震央在日月潭西偏南 12.5 公里，造成台灣中部嚴重災害。核能電廠在地震中均未受直接影響，其中馬鞍山電廠兩部機組維持正常發電，金山、國聖電廠除大修中的一部機組外，另三部機則因中部地區輸電線路損毀，影響北部地區電力頻率降低，致使機組停止發電以保護設備。雖然核能電廠未受直接影響，原子能委員會在集集地震後即要求各核能電廠必須加裝強震自動急停裝置，各核電廠也分別在 2005 年至 2006 年配合機組更換燃料大修期間完成裝置作業，並試用一個燃料週期。

恆春地震發生於 2006 年 12 月 26 日晚間，前後有兩次主震，其中第一次主震發生於 20 時 26 分，地震規模爲 7.0，震源深度約 44.1 公里，震央在馬鞍山廠址西南方距離大約 36.3 公里，至於第二次主震則發生於 20 時 34 分，地震規模同樣也是 7.0，震源深度 50.2 公里，震央則在馬鞍山廠址西方距離大約 33.5 公里處。此次爲台灣核能電廠運轉將近 30 年來，核能電廠廠區感測到震度最大的一次地震。馬

鞍山電廠 2 號機手動急停，1 號機持續運轉。經詳細檢討此次地震之相關經驗後，認爲台電公司在各電廠地震後處理程式書標準化、強震自動急停裝置上線、架構設備之基本狀況資料建立及電廠耐震設計之適宜性等方面應再加強或重新評估。

日本新瀉縣中越沖地震發生於 2007 年 7 月 16 日上午，地震規模爲 6.8，震源深度約 17 公里，震央在柏崎刈羽核電廠北方約 16 公里的海底活斷層，東京電力公司柏崎刈羽核電廠 2、3、4、7 號機因地震而自動停機，1、5、6 號機定期停機檢查中，故所有 7 部機組全部停機。因其震度顯著超過柏崎刈羽核能電廠設計時所考慮的地震強度，因此該地震經驗格外受到國際間的重視。針對柏崎刈羽核能電廠發生的狀況，立即之經驗回饋包括：重新檢討台電公司核能電廠變電設施及開關場耐震設計、消防人員組織及設備、用過燃料池水溢出後可能路徑評估、地震儀加強與更新等事項。而其後續因應發展，則有待繼續觀察與掌握。

壓水堆核電廠的輻射監測與污染控制技術

深圳中廣核工程設計有限公司　李愛武

摘要

大亞灣核電站是大陸第一個全套引進法蘭西技術的大型壓水堆商用核電站，在正常營運和事故情況下對放射性的監測及對放射性污染的控制技術代表了 20 世紀 90 年代的世界先進水準。壓水堆核電廠的輻射監測系統主要包括：輻射監測系統（KRT）、保健物理監測系統（KZC、TLD、WBC、IEB）及移動物體污染監測系統（KKK），污染控制系統主要包括氣體流出物淨化處理排放和液體流出物淨化處理系統。

核電站具有一系列完整的物理和化學處理系統，對排入環境中的氣體、液體流出物進行淨化處理，使釋放到環境中的放射性總量低於國家有關標準的規定限值。

秦山核電二期工程是在大亞灣的技術基礎上自主設計建造的，在輻射監測與控制技術中採用了部分國產儀器儀表。除了儀器儀表的型號以外，包括監測通的編號和主要性能要求都與大亞灣核電站相類同。本文主要以秦山二期核電站爲背景，對目前大陸壓水堆核電站的輻射監測與污染控制技術進行闡述，並針對該系統存在改進完善問題以及國產化的情況給予初步的討論。

設備可靠度在新建核電廠中的角色

蔡慎明

摘要

近年來由於世界各地區之電力需求增加及道統能源石油和燃煤價格高漲，考量發電成本及發電燃料資源掌控，在未來 20 年各種先進型核能電廠將大量被興建，如大陸將在 2020 年前興建數十座之 CPR、AP1000 及 EPR 機組。如何藉由設定設備可靠度系統以建立完備之維修運轉系統將是新建中核能電廠確保未來安全運轉，降低發電成本及提升發電量一個重要方法及策略。

電廠運轉及維修人員可藉由計算機化之設備可靠度系統軟體來執行監控評估核電廠內設備可靠度以訂定調整廠內設備最適之維修週期，人力調配及備品儲存量和大修必要之維修設備項目等，來降低維修成本和達到提升連續安全發電天數和發電量，以達到最經濟之發電模式。

和道統之計算機化維修系統(CMMS)不同的是除了維修時程和維修備品之規劃外，設備可靠度系統可提供核電廠依設備運轉累積時程連續評估判定其可靠性之指標，並依該指標來調整及規劃設備必要之維修需求，如預測/計畫/預期性維修，以達到核電廠所需運轉費用及資源最適之使用，並可藉由此系統作核電廠之設備在運轉壽命週期之資產管理。

對新建中之先進型核能電廠而言，由於缺乏實際之同類型核電廠維修及運轉經驗，如何在最少之燃料運轉週期內藉由設備可靠度系統建立一套最佳之運轉維修模式實爲一個極有價值且重要之課題，先進型核電廠在新建階段廠內設備之設計及操作維修資料極易藉由設計人員/公司和設備製造廠商人員有系統的匯集並建立此進步型核電廠設備可靠度系統資料庫，此資料庫之建立相較於核電廠運轉後

爲便利和較低之建置費用。

長期而言，設備可靠度系統亦可藉由計算機網路之架構提供不同核電廠間同類型設備維修經驗的交流，和發電集團總部依各廠之設備可靠度指標作最佳整體發電調度規劃，及必要之資訊供發電集團總部作長期設備運轉壽命維修/更換及資產財務管理等的規劃，故對新建中之核電廠在興建階段即建立此系統是極具價值且必要的。

核能電廠輔助與發電系統之延役評估技術

工業技術研究院　賴玄金

摘要

因應國際油價飆漲，核能電廠延役已成全球趨勢。台灣電力公司於在二〇〇五年就已著手核一廠延役前置評估，計畫名稱爲「核一廠時限整體安全評估」（TLIPA），希望核一廠得在原始 40 年執照時限到期後，也就是 2017 年後，再延續運轉 20 年。本計畫參照美國核管會執照更新相關法規以及其授照的經驗，建立整體安全評估的完整流程，包括範圍界定、系統老化評估、老化管理方案以及時限老化分析。

爲了加速與方便整體安全評估工作，本計畫開發了多工網路評估平台，本平台連結電廠既有維護管理控制系統，除可擷取包含系統及組件的相關廠內資料外，另可連結外部資訊，提供報告產出、計畫進度追蹤、會議記錄及相互連絡各項功能。最重要者，本資料庫提供一個與 NUREG-1800 規範評估流程完全一致的工作平台，作爲整個團隊溝通與存取資料的界面。

核一廠時限整體安全的評估系統分爲回應爐冷卻水系統、特殊安全設施、輔助系統及發電系統。本文將介紹輔助與發電系統之延役評估技術，其中包含 17 個系統之老化評估及 17 份老化管理方案。老化評估比對各組件的材料及使用環境，判定老化效應，最後選用合適的老化管理方案來管理上述老化效應，使電廠得以延續運轉 20 年。部份老化管理方案使用既有的維護程式，有些則需要投入新的研究發展。

本報告將介紹時限整體安全評估平台的架構、設計特點及其在系統老化評估的應用，說明老化評估的方法及重要結果，最後將舉例說明重要之老化管理方案，如開/ 閉路循環冷卻水系統老化管理、地下管線腐蝕管理、熱交換器熱效率劣化評估及選擇性腐蝕判定管理等。除說明需加強項目外，與 NUREG-1801 規範不符之例外項目，亦將說明接受理由之技術評估。

核四廠訓練用類比器籌建與測試過程

台電公司第四核能發電廠　梁天瑞

摘要

台電核四廠(龍門計畫)興建兩部 ABWR 1350 MWe 機組，正於台灣東北海岸線上動工。配合新機組訓練運轉人員之需求，本計畫亦同時建造一部訓練用類比器，目前類比器已測試完成並正進行運轉員訓練。

由於核四廠儀控系統(DCIS)全面採用進步型數位化儀控系統，因此類比器亦爲驗証電廠人機界面設計、控制邏輯設計與電廠運轉程式書等之工具，也兼具人因工程方面驗証與確認等任務。

核四廠類比器需在一號機裝填燃料前兩年完成，以供運轉員訓練使用。由於類比器所需之設計輸入資料需反映一號機 DCIS 的設計，因此 GE 乃洽台電修約將類比器之建造時程分階段執行，主要爲更新類比器(Update Simulator)及全功能類比器(Full Scope Simulator)。

類比器最早期系依1998年11月4日之初始儀控設計資料建造，隨後類比器配合儀控設計進展，進行模式及設計數據更新(邏輯 更新到 2002年10月，畫面更新到2003年5月)，並於2005年4月交運至工地安裝。

核四廠Full Scope Simulator(FSS)，總共類比94個系統，包含運轉員在控制室所能操作的全部系統。隨著科技之進步FSS已改爲PC based 之架構，不但系統功能提升，同時也有利於維護及未來系統之擴充。FSS目前已完成SAT(Site Acceptance Test)及500小時AVT(Availability Test)，正進行人員訓練中。

本文將說明核四廠訓練用類比器籌建與測試過程。

秦山核電廠回應堆保護系統及其相關設備數字化改造規劃和實施策略

秦山核電有限公司　蔣祖躍

摘要

秦山核電廠是大陸第一個採用數字化技術來改造基於類比技術的回應堆保護系統的核電廠。本文結合秦山核電廠回應堆保護系統的歷史和現狀，在廣泛了解目前國際上數字化回應堆保護系統的發展狀況、國外核電廠在該領域的應用現狀的基礎上製定適合秦山核電廠工程實際的改造規劃和實施策略。在核電廠儀控系統改造總體規劃的基礎上針對回應堆保護系統數字化改造作了局部規劃。確定了“以我爲主，中外合作，充分利用國內技術力量”的實施策略。分析了影響和制約在役營運核電廠回應堆保護系統改造的兩個主要原素，並對可實施性作了簡要的分析和評估，以便了解改造過程中所面臨的問題和困難，預先準備相應的對策，確保技術改造目標的實現。

核能電廠執照更新

台電公司核能安全處　陳慶鐘

摘要

面對最近能源價格飆漲及溫室氣體影響氣候變遷的原素，各國已重新重視核能發電的價值，美國爲提供未來能源多元化的選擇及因應全球氣候變遷--溫室效應氣體減量的準備，美國於 1991 年 12 月即公佈核能電廠延役的法規修訂，並於 1995 年 5 月確定核能電廠延役申請所須的評估範圍、評估內容、及申請程式。而台電若要達到京都議定書二氧化碳的減量目標，以及降低發電成本及分散能源風險，核一、二、三廠延役不僅在財務上對台電有利，對國內用電戶及全國二氧化碳減量目標亦是一項不可或缺的項目。因此台電公司規劃參照美國核能電廠執照更新的作法，進行三個核電廠的延役評估，並於適當時機向政府提出申請。

本報告主要介紹美國核能電廠執照更新相關法規規定與評估技術，國內核能電廠執照更新法規要求及本公司核能電廠電執照更新規劃與執行現況。

目前核一廠已於 2008 年第二季完成執照更新送件準備，評估結果計有 49 個機械系統有 30 個被界定於老化評估範圍內，使用 30 份老化管理方案；95 個架構物有 20 個架構物被界定於老化評估範圍內，使用 8 份老化管理方案；儀電系統，使用統括方法(bounding approach)計有 4 個群組(commodities)進行老化評估，使用 4 份老化管理方案；合計共使用 42 份老化管理方案，其老化管理方案的重點主要是參照美國 NUREG-1801 的老化管理方案的技術要求；時限老化分析(TLAA)共 33 項，須進一步以老化管理方案管理計有 10 項。經此系統化之評估方法後，可確保核一廠重要安全有關設備於延長運轉年限期間維持其功能，確保機組安全運轉。

淺論核安全技術現狀及未來發展展望

秦山第三核電有限公司　宋明海

摘要

安全是人類生存與發展活動中永恆的主題，也是當今乃至未來人類社會重點關注的主要問題之一。核能工業的特殊性決定了其發展所面臨的最重要的問題就是其突出的核安全問題。核安全就是在核設施選址、設計、建造、調試、營運及退役期間，爲了保護公眾及環境免受可能的放射性危害所採取的所有措施的總和。確保核安全是核能工業健康高速發展最基礎和最根本的前提和條件。本文探討安全的基本概念，簡述核安全問題的由來和核安全技術的現狀，展望 21 世紀核安全技術的發展，強調關注營運安全管理體系和安全文化的持續改進、機率安全評價(PSA)技術的成熟發展和廣泛應用、以及知風險（Risk-Informed）核安全監管體制的發展這三個方面。核安全技術的不斷完善和發展將爲提升核設施安全水準發揮出積極作用，將爲核能工業的發展注入新的活力，核能也必將爲 21 世紀人類的生活創造出更加美好的明天。

核燃料破損之偵測與評估

林建昌

摘要

核電廠運轉中之爐心燃料，必需維持其完整性以避免放射性分裂產物之外泄。燃料破損之偵測乃核電廠運轉一大重要課題，而一但發現燃料元件破損，放射性分裂產物之外泄，則由取樣分析來評估破損之程度，以及事後監定破損之原因，都是非常重要的工作。本文將介紹利用放射化學技術例行偵測核燃料之破損之方法,以及分析破損之程度之實例。本文作者最近參與編著美國電力研究所(EPRI)燃料破損偵測與評估之指南 (Handbook)所收集之資料，非祕密之部份將可提供參考。

第八屆海峽兩岸核能學術交流研討會來訪人員名單

團長
歐陽敏盛
OUYANG, MINSHEN
(財)核能科技協進會董事長
TEL：02-23681695
nusta@ms22.hinet.net

張茂雄
CHANG, MAW-SHYONG
台灣電力股份有限公司
核安處處長
TEL：02-23667170
mschang@taipower.com.tw

副團長
謝牧謙
SHIEH, MU-CHANG
(財)核能科技協進會常務董事
TEL：03-4791974
mcshieh@gmail.com

蔡顯修
TSAI, HSIEN-SHIOW
台灣電力股份有限公司
核後端處處長
TEL：02-23683419
u064220@taipower.com.tw

總幹事
陳衛里
CHEN, WEI-LI
(財)核能科技協進會執行長
TEL：02-23681695
nusta@ms22.hinet.net

陳慶鐘
CHEN, CHING-CHUNG
台灣電力股份有限公司
核一廠經理
TEL：02-2638-3501#3650
u877946@taipower.com.tw

幹事
陳家璋
CHEN, CHIA-CHANG
(財)核能科技協進會經理
TEL：02-23681695
nusta@ms22.hinet.net

梁天瑞
LIANG, TIEN-JUI
台灣電力股份有限公司
核四廠課長
TEL：02-24903550#4060
u254779@taipower.com.tw

陳宜彬
CHEN, YI-BIN
(財)核能科技協進會顧問
TEL：02-22322110
ybchen@aec.gov.tw

黃秉修
HWANG, BIING-SHZOU
台灣電力股份有限公司
核發處課長
TEL：02-23666239 ; 0960540756
u933097@taipower.com.tw

張　欣
CHANG, SHIN
(財)核能科技協進會顧問
TEL：02-22322160
schang@aec.gov.tw

邱太銘
CHIU, TAI-MING
(財)核能科技協進會顧問
TEL：02-82317717#2004
tmchiu@iner.gov.tw

鄭維申
JANG WEI-SHENG
(財)核能科技協進會顧問
TEL：886-2-2232-2320,
0912-672-913
jang_wilson@yahoo.com

高梓木
KAO, TSU-MU
(財)核能科技協進會顧問
TEL：886-2-82317717#2991
tm.kao@msa.hinet.net

陳家杰
CHEN, CHIA-CHIEH
(財)核能科技協進會顧問
TEL：03-4711400 轉 7100
chiehchen@iner.gov.tw

吳瑞堯
WU, RUEY-YAU
(財)核能科技協進會顧問
TEL：(02)8231-7717#2910
raywu@iner.gov.tw

莊　俊
CHUANG, CHUN
(財)核能科技協進會顧問
TEL：03-4711400#3043
cc@iner.gov.tw

賴玄金
LAI, HSUAN-CHIN
財團法人工業技術研究院
材料與化學研究所組長
TEL：035-915254
HCLAI@itri.org.tw

蔡英智
Andrew Tsai
益鼎工程股份有限公司總經理
TEL：02-26622600
andrew@eandc.com.tw

徐徵祥
HSU,CHEN-SHIANG
泰豐公司總經理
TEL：02-27812106#817
sean.hsu@taifung.com.tw

王景洸
WANG,CHING-KUANG
泰豐公司副總經理
TEL：02-27757823
robert.wang@taifung.com.tw

陳筱震
CHEN, HSIAO-CHENG
新亞建設開發股份有限公司
副總經理
TEL：02-25288008 分機 111
James@newasia.com.tw

劉泰儀
LIU, TAI YI
新亞建設開發股份有限公司
副總工程師
TEL：02-24903490 分機 228
tylaytpe@ms9.hinet.net

林建昌
LIN, CHIEN-CHONG
(財)核能科技協進會顧問
TEL：03-5742684
cclin@mx.nthu.edu.tw
chchlin@comcast.net

黃小琮
Huang, Shau-Tsang
亞瑞華公司執行董事
TEL：02-23782102#20
simon.huang@areva.com

許信惠
HSU/HSINHUI
亞炬企業股份有限公司
總經理
TEL：07-7872317#10
asia.giant@gmail.com

蔡慎明
TSAI, SUN-MIN
公元資訊股份有限公司
副總經理
TEL：2219-0269 # 102
william.tsai@adtech.com.tw

第八屆海峽兩岸核能學術交流研討會參加人員名單

李冠興	中國核學會	理事長
潘傳紅	中國核學會	秘書長
劉長欣	中國核學會	副秘書長
孫建華	中國核學會	處長
馬成輝	環境保護部核安全司	處長
范　仲	中國核電工程公司	副總經理
劉振河	中核清原公司	總經理
李愛武	深圳中廣核工程設計有限公司	經理助理
夏志定	國核工程有限公司	總經理
王　斌	國核工程有限公司	經理
鄭本文	三門核電有限公司	顧問
陳衛國	秦山核電（集團）有限責任公司籌備組	組長
劉志勇	秦山核電基地黨委	副書記
嬌　卓	秦山核電（集團）有限責任公司籌備組	工程師
何小劍	秦山核電有限公司	總經理
蔣祖躍	秦山核電有限公司	副總經理
沙松幹	秦山核電有限公司	副處長
林學忠	秦山核電有限公司	值長
周志文	秦山核電有限公司	副處長
徐宏明	秦山核電有限公司	副處長
楊永亮	秦山核電有限公司	處長
趙志德	秦山核電有限公司	處長
施錫祺	秦山核電有限公司	處長
謝建勳	秦山核電有限公司	科長
王惠良	秦山核電有限公司	副處長
馬回民	秦山核電有限公司	主任工程師
錢厚軍	秦山核電有限公司	副處長
陸煒偉	秦山核電有限公司	處長
葛政法	秦山核電有限公司	處長
周　萍	秦山核電有限公司	處長助理
朱曉斌	秦山核電有限公司	處長
楊蘭和	核電秦山聯營有限公司	總經理
張興田	核電秦山聯營有限公司	總經理助理 研高

肖小春	核電秦山聯營有限公司	高級操縱員
陳建新	核電秦山聯營有限公司	副處長 高級工程師
葉丹萌	核電秦山聯營有限公司	副處長
馮淑蘭	核電秦山聯營有限公司	科長
李宏強	核電秦山聯營有限公司	高級操縱員
楊菊亭	核電秦山聯營有限公司	操縱員
杜春列	核電秦山聯營有限公司	高級操縱員
馬澤龍	核電秦山聯營有限公司	助理工程師
魏向陽	核電秦山聯營有限公司	助理工程師
查衛華	核電秦山聯營有限公司	工程師
張華權	核電秦山聯營有限公司	高工
胡立成	核電秦山聯營有限公司	高工
王　旺	核電秦山聯營有限公司	工程師
吳祉鬱	核電秦山聯營有限公司	工程師
楊永燈	核電秦山聯營有限公司	助理工程師
喬增增	核電秦山聯營有限公司	助理工程師
魏國良	秦山第三核電有限公司	總經理
謝嘉傑	秦山第三核電有限公司	副總經理
宋明海	秦山第三核電有限公司	主管工程師
方幼君	秦山第三核電有限公司	處長
向　洋	秦山第三核電有限公司	科長
王國華	秦山第三核電有限公司	處長助理
包志中	秦山第三核電有限公司	黨總支書記、副處長
吳明亮	秦山第三核電有限公司	值長
關建軍	秦山第三核電有限公司	副處長
劉玉傑	秦山第三核電有限公司	科長
王連生	秦山第三核電有限公司	黨支部書記、副處長
朱　錦	秦山第三核電有限公司	高工
劉大銀	秦山第三核電有限公司	處長處理
鄭永祥	秦山第三核電有限公司	處長
薛大海	秦山第三核電有限公司	科長
吳　德	秦山第三核電有限公司	助理工程師
王文升	秦山第三核電有限公司	處長