

出國報告（出國類別：其他）

參加海峽兩岸核廢物處理技術研討會 及參訪大陸核電機構出差報告

服務機關：核能研究所

姓名職稱：莊文壽
林忠永

派赴國家：大陸

出國期間：99年4月24日~99年5月4日

報告日期：99年6月3日

中文摘要

中國大陸核電蓬勃發展，但也面臨諸多的挑戰。其中，如何妥善處理核電廠產生的各類放射性廢棄物，保護公眾和環境，是一大挑戰，也是社會公眾普遍關注的問題。臺灣在放射性廢棄物處理具有相對較高的水準，經由核能科技協進會與中國核行業協會的安排，在北京舉辦本次「海峽兩岸核廢棄物處理技術研討會」，邀請兩岸專家就放射性廢棄物處理最新技術進展和實踐經驗進行研討，分享核廢棄物處理技術經驗，共同追求進步，建立更深厚的友誼，為現在和未來的核能建設盡最大的力量。研討會得到與會代表的一致好評，紛紛表示本次技術研討會相當成功，希望今後能有更多類似技術活動，為兩岸核能合作搭建平臺。

報告人除參加上述研討會發表論文外，並安排參訪包含中國核電集團公司、中廣核集團中科華核電技術研究公司、中國電力工程顧問集團公司、國家核電技術公司、環境保護部核與輻射安全中心、上海核工程研究設計院等機構。經由此次的參訪，除更充分瞭解大陸核電發展之廢棄物處理規劃走向，並對兩岸在放射性廢棄物處理技術合作進行討論，此行任務圓滿達成，相信對未來兩岸在放射性廢棄物處理技術的交流與實質的合作，將會產生十分正面的助益。

關鍵字：核能發電、放射性廢棄物、處理技術

目次

頁次

中文摘要.....	i
目次.....	ii
一、目的.....	1
二、過程.....	2
三、心得.....	24
四、建議事項.....	25
附件、參訪機構簡介.....	26

一、目的

此次前往中國大陸進行公差之目的如下:

- (一) 參與由核能科技協進會與大陸中國核行業協會聯合舉辦的「海峽兩岸核廢棄物處理技術研討會」，並發表論文，分享核廢棄物處理技術經驗，為兩岸在廢棄物處理技術合作搭建平臺。
- (二) 拜會大陸核電三廢最小化策略規劃小組負責人－中國工程院院士潘自強先生，討論大陸核廢棄物最小化策略之規劃與推動情形，並討論安排潘院士帶團於今年六、七月間來台考察國內廢棄物處理技術事宜。
- (三) 參訪中廣核集團公司中科華核電技術研究院，討論中科華擬引進國內開發之粒狀廢離子交換樹脂濕式氧化與高效率固化(WOHEST)及電漿熔融技術的情形。
- (四) 拜會中國環境保護部核與輻射安全中心，討論該中心領導來台參訪，為未來建立直接聯繫管道鋪路。
- (五) 參訪中國電力顧問集團公司、國家核能技術公司及上海核工程研究設計院等，瞭解大陸現階段的核電建設規劃中三廢的處理技術與實施情形及未來發展規劃，並對兩岸在放射性廢棄物處理技術合作進行討論。

二、過程

此次公差行程，報告人林忠永為參加「海峽兩岸核廢棄物處理技術研討會」並發表論文，期程自 99 年 4 月 27 日至 4 月 29 日止，共 3 天。報告人黃慶村與莊文壽的期程為自 99 年 4 月 24 日至 5 月 4 日止，共 11 天，兩人除參加上述研討會發表論文外，並於研討會議前後，另行安排參訪包含中國核工業集團公司、中廣核集團中科華核電技術研究公司、中國電力工程顧問公司、國家核電技術公司及上海核工程研究設計院等機構，目的是瞭解大陸現階段的核電建設規劃中三廢（廢氣、廢液、及固態放射性廢棄物）的處理技術與實施情形及未來發展規劃，討論兩岸在三廢處理技術合作項目與方式，並藉以推廣國內優良的放射性廢棄物處理技術。

有關本次公差活動及參訪機構、會晤人員及工作內容重點如表一所示，各項活動概要分別說明如下。

表一、參訪機構、會晤人員及工作內容重點

地點	時間	參訪機構//會晤人員	工作內容重點
北京	4.24 (六)	上午旅程 下午 中國核工業集團公司// 潘自強 中核集團科學技術 委員會主任 中國工程院院士 中國輻射防護學會 理事長 劉建橋 中國科學技術委員 會秘書長 范 仲 中國核電工程公司 副總經理	◎ 桃園國際機場搭機赴北京 ◎ 中國核廢棄物最小化策略 規劃計畫推動情形 ◎ 潘自強院士來台參訪事宜
深圳	4.25 (日)	週日	◎北京搭機赴深圳
深圳	4.26 (一)	中廣核集團中科華核電技術研 究公司// 王豐春 科技管理部副主任 黃海飛 科技管理部高級經理 向文元 電站工程改造研究中 心系統工藝研究所所 長 周國豐 電站工程改造研究中 心主任助理 劉夏杰 電站工程改造研究中 心系統工藝研究所工 程師 呂永紅 電站工程改造研究中 心項目經理 黃來喜 大亞灣核電營運管理 公司高級工程師	◎ 中廣核集團公司中科華核 電技術研究院 ◎ 中科華核電技術研究院 電站工程改造中心 ◎ 討論中科華擬引進粒狀廢 離子交換樹脂濕式氧化與 高效率固化(WOHEST)及電 漿熔融技術
北京	4.27 (二)	旅程	◎深圳搭機赴北京
北京	4.28 (三)	海峽兩岸核廢棄物處理技術研 討會發表論文	◎ 海峽兩岸核廢棄物處理技 術研討會發表論文技術交 流

北京	4.29 (四) 上午	中國電力工程顧問集團公司// 趙 潔 副總經理 曾慶波 國際合作部主任 張 力 高級工程師	◎中國電力顧問集團公司核電 業務項目規劃
北京	4.29 (四) 下午	國家核電技術公司// 孫漢虹 副總經理	◎ 第三代(AP-1000)機組在技 轉設計合同推展情形
北京	4.30 (五)	環境保護部// 姜 葦 台灣事務辦公室副主 任 朱 宏 核與輻射安全中心辦 公室主任	◎核與輻射安全中心業務 ◎核與輻射安全領導來台參訪 事宜
上海	5.1 (六)	旅程	◎北京搭機赴上海
上海	5.2 (日)	週日	◎整理資料
上海	5.3 (一)	上海核工程研究設計院// 翁明輝 高級工程師	◎ 上海院依託 AP1000 機組電 廠三廢處理技術引進規劃
上海	5.4 (二)	旅程	◎上海搭機返國

（一） 中國核工業集團公司

此項參訪最主要目的是拜會中核集團公司科學技術委員會主任潘自強先生（如圖一），潘先生是中國工程院院士，並擔任中國輻射防護學會理事長等多項重要職務，目前受中國政府指派負責推動「核電三廢最小化策略」計畫，是目前中國推動核電廢棄物最小化(減量與減容)策略小組的領導人。

潘自強院士說明先前大陸核電發展之重心都放在機組上，對核廢棄物較少關心，然目前隨著核電大幅擴充，所產生的放射性廢棄物也將增多，加上環保意識逐漸抬頭，地方政府與民眾雖歡迎核電建設，但對核廢棄物有明顯的排拒趨勢。核電廢棄物的最小化變的越來越重要，因此大陸急需引進國外較為先進核廢棄物處理技術，以達最小化的目的，台灣在核電廢棄物的最小化的成效有目共睹，因此潘院士表示規劃今年六、七月間到台灣實地考察這方面的作為。報告人對潘院士來台訪問表示歡迎，將盡力協調相關單位安排參訪行程，讓潘院士等人在實際考察瞭解後，能加速兩岸在核電廢棄物處理技術的實質合作。（註：目前的進度是規劃潘自強院士率領 11 人的訪問團於六月二十日至六月二十六日來台進行考察）



圖一、拜會潘自強院士（黃慶村_{左二}、潘自強_{左四}、莊文壽_{左五}）

（二）中廣核集團中科華核電技術研究院

參訪活動由中科華核電技術研究院科技管理部副主任王豐春先生等八人與會討論，首先由中科華科技管理部高級經理黃海飛先生簡報「中國廣東核電集團公司」與「中科華核電技術研究院」，接著由周國豐先生簡報「中科華電站工程改造中心」等，有關中國廣東核電集團公司（簡稱中廣核）和「中科華核電技術研究院」（簡稱中科華）的組織與業務詳如附件。中科華現有員工約 1,100 人，業務方面主要包含（1）反應器工程與核燃料業務、（2）核電廠質量與可靠度評估、（3）技術支援與服務、（4）信息技術支援與服務、（5）仿真技術（模擬器）、（6）先進核能與新能源（風能與太陽能）。

中科華電站改造中心（簡稱工改中心）是中科華專業配備齊全、工程設計經驗豐富的綜合性研究中心，是大陸能源核級設備研發中心、中廣核集團核級設備鑑定分中心的實體依託單位之一。工改中心下設有辦公室、項目管理處、系統

研究所、設備研究所、電器研究所與儀控研究所等單位，現有員工約 150 人，核心業務內容分成工程改造、十年安全評審、設備研製與產業化、試驗裝置建設、及標準與設備鑑定等五大板塊，其中工程改造方面完成 3000 餘項的改造，使大亞灣核電廠的爐心損壞頻率降低 12%，大修工期縮短七天（僅須 20 天）。2001 年對大亞灣核電廠進行第一個十年安全評審（PSA），是大陸首次在大型商轉核電廠實施的定期安全評審。

特別值得一提的是工改中心規劃的產業化路線，除了已於 2009 完成核燃料洩料基地坑過濾器外，其他項目有規劃 2010 年完成緊急柴油發電機組、2011 年完成控制棒驅動機構棒控棒位系統、2012 年完成反應器壓力容器密封環整體螺栓拉伸機及「**先進中低放廢棄物處理技術與裝置**」。周國豐先生表示早期大陸對核電廠所產生的放射性廢棄物並未注意，但自 2006 年起開始特別關心，目前由中國工程院潘自強院士領導的「廢棄物最小化策略小組」，將於今（2010）年底完成結論報告，為未來大陸在廢棄物處理技術之方向定調。

前述引進中低放廢棄物處理技術與裝置的方面，中科華規劃與台灣合作的項目包含固體廢棄物電漿（大陸稱為等離子）熔融、廢液薄膜處理技術及粒狀廢離子交換樹脂等三方面。報告人黃局長慶村口頭簡介包含台灣「原子能委員會」及「放射性物料管理局」與「核能研究所」的業務內容，並表示對中科華所提之電漿、薄膜與廢樹脂處理等三項技術可再進一步商討合作發展。

（三）海峽兩岸核廢棄物處理技術研討會

本次研討會系由台灣核能科技協進會和大陸中國核能行業協會共同籌劃，研討會假北京世紀建國冰館舉行，來自海峽兩岸專家共發表 11 篇論文（議程詳如表二），與會大陸人員主要為核電公司(如大亞灣核電運行管理有限責任公司、中國核電工程有限公司、山東核電有限公司、秦山第三核電公司、中核四〇四有限公司等)、研究單位(如清華大學核能與新源技術研究院、中國原子能科學研究

院、中國輻射防護研究院、核與輻射安全中心等)、大陸核電設備工程公司(北京宇勝創新、東方電汽核設備公司等),約 70 餘人,台灣則共有 13 人(如表三)與會研討。研討會首先由中國核行業協會理事長張華祝及核能科技協進會董事長歐陽敏盛致開幕詞及發表講話。

張華祝理事長在開幕致詞時(如圖二)指出,大陸核電發展勢頭強勁,但是也面臨諸多的挑戰。其中,如何妥善處理核電站產生的各類放射性廢棄物,保護公眾和環境是一大挑戰。近年來,大陸有關研究機構和核電業主在核電廠放射性廢棄物處理研究雖取得了一定的進展,臺灣的放射性廢棄物處理及減容技術開發與應用更勝一籌。因此,海峽兩岸核能業界的技術交流與合作,促進核能進一步造福於兩岸人民,本次研討會將是一個良好的開端。

歐陽敏盛董事長在致辭中指出,嚴格要求是進步的動力。臺灣的核能電廠三廢處理,達到了較高的水準,願借本次會議與大陸同行分享經驗,共同追求進步。他表示相信,通過本次研討會,海峽兩岸同行分享了好的東西,會建立更深的友誼、取得更大的進步,為現在和未來的核能建設盡最大的力量,也給兩岸人民帶來最大的福祉。

隨後,雙方的專家針對核電放射性廢棄物管理概況、兩岸核電廠廢棄物處理最新技術進展和實踐經驗進行了報告和研討(如圖三與圖四)。



圖二、中國核行業協會理事長張華祝

表二、 2010 海峽兩岸核廢料處理技術研討會日程

第一部分 會議開幕

- 09:00-09:10 中國核能行業協會理事長**張華祝**致開幕辭
- 09:10-09:20 財團法人核能科技協進會理事長**歐陽敏盛**致歡迎辭
- 09:20-09:30 嘉賓致辭
- 09:30-10:00 合影、茶歇

第二部分 技術研討

- 10:00-10:30 中國大陸放射性廢棄物管理法規要求和監督管理概況（核與輻射安全中心，吳浩）
- 10:30-10:40 討論
- 10:40-11:10 核電放射性廢棄物的處理與臺灣經驗（臺灣放射性物料管理局，黃慶村）
- 11:10-11:20 中國大陸核電廠放射性廢棄物管理進展及展望（中國核電工程有限公司，范仲）
- 11:20-11:40 大亞灣核電基地放射性廢棄物管理實踐（大亞灣核電運行管理有限責任公司，黃來喜）
- 11:40-12:00 討論
- 13:30-14:00 放射性廢樹脂的濕式氧化與高效率固化處理（臺灣核能研究所，田景光、莊文壽）
- 14:00-14:30 放射性廢樹脂處理技術介紹（中國原子能科學研究院放化所，張生棟）
- 14:30-14:50 討論
- 14:50-15:10 臺灣薄膜技術在低放射性廢水處理上的應用（亞炬企業股份有限公司倪振鴻、核能研究所林忠永）
- 15:10-15:40 放射性廢液/廢棄物處理技術研究（清華大學核能與新源技術

	研究院，趙璿)
15:40-16:00	討論
16:20-16:50	可燃性低放射性廢棄物焚化處理技術（亞炬企業股份有限公司，郭茂穗）
16:50-17:20	放射性廢棄物焚燒技術介紹（中國輻射防護研究院，王培義）
17:20-17:50	大亞灣及嶺澳核電站放射性固體廢棄物管理(講座：大亞灣核電運行管理有限責任公司，趙滢)
17:50-18:10	討論

第三部分 會議閉幕

18:10-18:20	核能科技協進會理事長 歐陽敏盛 總結發言
18:20-18:30	中國核能行業協會副理事長 趙成昆 總結發言

表三、台灣參加研討會人員名單

姓名	機關/單位	職稱
歐陽敏盛	核能科技協進會	董事長
陳勝朗	核能科技協進會	執行長
黃慶村	原子能委員會放射性物料管理局	局長
莊文壽	原子能委員會核能研究所化工組	組長
林忠永	原子能委員會核能研究所化工組	研究助理
徐徵祥	新亞建設工程開發公司	駐北京首席代表
許信惠	亞炬企業公司	總經理
郭茂穗	亞炬企業公司	顧問
倪振鴻	亞炬企業公司	資深經理
黃耀南	亞炬企業公司	董事
林松潔	亞炬企業公司	顧問
黃小琛	法商亞瑞華公司台灣代表處	執行董事
廖岳勳	益鼎工程股份有限公司	電力事業部協理



圖三、台灣參與研討會人員合影



圖四、全體參與研討會人員合影

以下簡要說明研討會論文重點：

1. **中國大陸放射性廢棄物管理法規要求和監督管理概況**（講座：核與輻射安全中心室主任，吳浩）

重點說明為：

- 大陸之放射性廢棄物管理國家政策：處理設施應與工程設計，同時建造同時投入使用。
- 放射性廢棄物管理的法規體系：可分為重要國家法律「中國放射性污染防治法」；國務院行政法規「民用核設施安全監督管理條例」等；部門規章「放射性廢棄物安全監督管理規定(HAF401)」、「核電廠放射性廢棄物管理安全規定(HAF0800)」等；大陸放射性廢棄物管理標準體系分為國家標準(GB 系列)和核行業標準(EJ 系列)、核安全法規系列導則(HAD 系列)、環保法規系列導則(HJ 系列)。
- 放射性廢棄物監管框架：國家核安全局共有安全監管人員 310 名，年度經費 1 億元人民幣。
- 衛生部負責放射工作人員之健康相關事宜；公安部負責放射性廢棄物運輸安全。
- 放射性廢棄物分類準則：廢氣(核種總活度濃度小於或等於 4×10^6 Bq/m³ 為低放廢氣)、廢液(核種總活度濃度小於或等於 4×10^6 Bq/L 為低放廢液)、固體廢棄物(核種總比活度小於或等於 4×10^6 Bq/kg 為低放固體)。
- 低中水平固體廢棄物處置要求：GB12711「低中水平放射性固體廢棄物容器安全標準」、GB9132「低中水平放射性固體廢棄物的近地表處置規定」。

重要問題：大陸核電廠水質排放標準 GB1249 擬規定內陸河域排放標準為核種總活度濃度 100 Bq/L，海洋排放標準為核種總活度濃度 1,000 Bq/L，較原

先規劃之內陸河域的排放標準為核種總活度濃度 37 Bq/L 略為放鬆，惟尚未定案。

2. 核電放射性廢棄物的處理與臺灣經驗（講座：原子能委員會放射性物料管理局，黃慶村局長）

報告重點包括：

- 國際技術發展與應用情況：廢氣處理技術為活性碳、焚燒；廢液處理技術為主要為蒸發處理但缺點多，薄膜技術應用漸增，有機廢液處理技術尚待精進，主要為活性碳；廢樹脂的處理有脫水乾燥水泥固化、HIC 直接盛裝、熱有機還原法、濕式氧化法、濕式氧化與高效率固化(WOHEST)；可燃性乾性固廢處理為焚化、壓縮後水泥固定；非可燃性乾性固廢處理為壓縮後水泥固定化、高溫熔融。
- 台灣核電的三廢處理與技術發展：推廣介紹核研所 PWRHEST、BWRHEST、WOHEST 之技術成果，並逐步應用於台灣核電廠。
- 將來展望：雜項有機廢棄物的處理包含高級氧化、超臨界氧化，廢棄物核種脫除包含超臨界二氧化碳清洗技術。

重要問題觀點：有機廢樹脂未經安定化，須徹底破壞有機成份。

3. 中國大陸核電廠放射性廢棄物管理進展及展望（講座：中國核電工程有限公司范仲副總經理）

報告重點包括：

- 介紹大陸核電廠發展情況：現有 11 台機組、在建 22 台機組，擬於 2020 年提升至 4000~7000 萬千瓦，每年廢棄物體積 $60\text{m}^3/\text{MKW}$ ，2020 年每年廢棄物體積 $2400\sim 4200\text{ m}^3$ 。
- 二代加改進型核電廠廢棄物處理系統技術改進。「二代加改進型核電廠審評原則」每年廢棄物不得大於 $50\text{ m}^3/\text{台機組}$ 。

- AP1000 核電廠放射性廢棄物管理進展：採用廢樹脂乾燥熱壓處理技術(減容比 3)；化學廢液採乾燥處理技術(減容比 75)；廢樹脂、廢過濾器芯裝入 HIC 容器脫水處理；採電除鹽(EDI)裝置淨化蒸汽發生器排污水。每年廢棄物產量預期值為 45m³/台機組。

- 大陸核電廠放射性廢棄物管理展望：逐步建立法規標準；擬限制單台機組廢棄物產生量；明確各方對放射性廢棄物安全處置應承擔責任；進一步開發高減容廢棄物處理技術；設置區域焚燒處理設施。

重要問題觀點：2020 年每年廢棄物產量體積 2400~4200 m³，亟須向台灣等交流，吸取經驗。

4. 大亞灣核電基地放射性廢棄物管理實踐（講座：大亞灣核電運行管理有限責任公司，黃來喜高級工程師）

報告重點包括：

- 核電站放射性固體廢棄物的主要來源
- 大亞灣核電基地固體廢棄物管理情況：大亞灣核電 1994 年投產，固體廢棄物由 482.5 降至 67.2 m³/年台機組。嶺澳核電站 2002 年投產，固體廢棄物 66.2 m³/年台機組。
- 大陸其他核電廠放射性固體廢棄物處理技術
- 國際上先進的放射性固體性固體廢棄物處理技術
- 建立減容中心和使用移動式廢棄物處理裝置的必要性
- 政策、法規、標準對放射性廢棄物最小化的影響
- 廢棄物最小化與最優化管理

重要問題觀點：放射性廢棄物處置場難尋、放射性廢棄物的跨省運輸和處置可能成爲瓶頸。

5. 放射性廢樹脂的濕式氧化與高效率固化處理（講座：核能研究所化工組莊文壽

組長)

報告重點包括：

- 廢樹脂處理方法之評析：比較高溫處理法、高壓處理法、低溫處理法(濕式氧化)之特點。
- 濕式氧化與高效率固化技術(WOHEST)：推廣說明核研所所開發之 WOHEST 之方法流程、反應參數、實驗結果、發泡與控制。
- 技術效能驗證與應用規劃：說明先導系統建立、技術特點及驗證結果，台電未來應用規劃狀況。期能應用於大陸核電機組，解決主要低放廢棄物-廢樹脂。

重要問題觀點：大陸核電廠均極關注此技術，9 月擬參訪本所，進一步瞭解設備及驗證成果。

6.放射性廢樹脂處理技術介紹（講座：中國原子能科學研究院放化所，張生棟所長）

報告重點包括：

- 廢樹脂處理技術之必要性：15-35 m³/年台機組，佔核電廠廢棄物總放射性 80%。廢樹脂長期輻解產氣等問題。
- 國內外概況：直接包裝處置；超壓；水泥、瀝青、玻璃、塑料固化(中國原子能院)；濕性氧化-Ag(II)法、蒸汽重整、超臨界法。
- 中國原子能科學研究院最新研究進展：說明 Ag(II)濕性氧化樹脂之參數(如反應時間、AgNO₃ 及 HNO₃ 濃度、電流、電極面積、間距及溫度)對樹脂分解影響。

重要問題觀點：Ag(II)濕性氧化樹脂技術，尚在實驗室研究階段，且須添加價格高之 AgNO₃。

7.臺灣薄膜技術在低放射性廢水處理上的應用（講座：亞炬企業股份有限公司倪

振鴻、核能研究所林忠永)

報告重點包括：

- 薄膜技術原理與特點
- 國際核電薄膜技術之應用
- 核能研究所的技術發展與應用現況：說明核研所 UF/RO 處理低放廢液之成果，去因污子 1000，減容比約 10 等操作參數。

重要問題觀點：視不同之進料水質，進行 UF/MF 等前處理，以利 RO 長期運轉。

8.放射性廢液/廢棄物處理技術研究（講座：大陸清華大學核能與新源技術研究院，趙璿教授）

報告重點包括：

- 關注問題：減量、極低濃度排放(法規限值由微克/升降至奈克/升(ng/L))、費用低。
- 現狀：兩級蒸發+離子交換，能耗高，產生大量放射性廢棄物。
- 連續電除鹽 CEDI 的研究：以 RO 前處理後水，以 CEDI 處理，說明電流密度、改質離子交換膜等參數對放流水值之影響。
- 應用無機離子交換劑處理低放廢液的研究

重要問題觀點：連續電除鹽 CEDI 之進料水質導電度須低，因此須以 RO 做為前處理，尚在實驗室研究階段，惟模組放大易。

9.可燃性低放射性廢棄物焚化處理技術（講座：亞炬企業股份有限公司，郭茂穗顧問）

報告重點包括：

- 焚化爐的功能及特性：限制條件 PVC<1wt%，水<20wt%等，第一二燃燒室之操作特性等。

- 廢氣處理系統：包括冷卻、除酸、除鹽、監測排放。
- 灰的處理：超高壓壓縮暫儲、高溫熔融安定化、柏油固化、水泥固化。
- 關鍵性技術：第一燃燒室螺旋翻動機設計；第二燃燒室煙道迂迴及廢氣空氣立即混合設計；程序控制系統設計。
- 經驗與實績：核研所 32 年運轉實績、台電減容中心 21 年運轉實績等。

重要問題觀點：提供很多焚化爐運轉經驗及關鍵性技術。

10.廢棄物焚燒技術介紹（講座：中國輻射防護研究院，王培義主任）

報告重點包括：

- 中國輻射防護研究院焚燒技術發展
- 研發成果：如固體廢棄物熱解焚燒工藝；多用途放射性廢棄物熱解焚燒技術；廢有機溶劑熱解焚燒等。
- 多用途放射性廢棄物熱解焚燒技術應用情況：2002 年承包四家 5t/d 醫療廢棄物熱解焚燒裝置建造工作。
- 技術特點：煙氣淨化流程；能耗低；防腐措施；焚燒灰的處理；戴奧辛排放等。

重要觀點結語：能耗低，正常工作下無需輔助燃料助燃，現況實務操作應不可能達成。

11.大亞灣及嶺澳核電站放射性固體廢棄物管理(講座：大亞灣核電運行管理有限責任公司，趙澄)

- 核電廠組織機構
- 固體廢棄物分類：產生於電站工藝運行系統之工藝廢棄物；產生於維修活動之技術廢棄物；廢油等其他廢棄物。
- 固體廢棄物處理系統：水泥固化等

- 固體廢棄物產量介紹：大亞灣 60 m³/年台機組。
- 技術改進：改進原有之法國廢樹脂水泥固化配方、採全水泥固化方法；超級壓縮減容。

核能科技協進會歐陽敏盛理事長和中國核行業協會副理事長趙成昆在閉幕式上都表示，在各位專家和與會代表的共同努力下，雙方將共同致力於推動兩岸核能合作進入實質性階段。

（四）中國電力工程顧問集團公司

中國電力工程顧問集團公司（簡稱中電工程）是 2002 年底在原國家電力公司所屬中國電力工程顧問（集團）有限公司基礎上組建而成，由國務院國資委管理。拜會活動由副總經理趙潔女士、國際合作部主任曾慶波與高級工程師張力等接待，討論雙方交流事宜，趙潔副總經理首先說明中電工程業務，該公司是由東北、華東、中南、西北、西南、華北等六個電力設計院組成，並有中國電力建設工程諮詢公司、中電科技開發股份有限公司等八家全資子企業及一家事業單位——電力規劃設計總院。集團公司職工總數超過 1 萬人，為大陸最具實力的電力規劃研究、勘測設計、工程總承包公司，服務領域包含火力發電、核能發電、輸變電、及新能源（包含風能），承攬大陸約 50%的發電與輸變電項目的勘查設計，為國家授權的具有電力規劃、產業政策研究和火力發電、核能發電、輸變電項目評審資格的諮詢機構，在電力勘測設計技術上具領先地位，在核電核島、潔淨煤發電、百萬千瓦級超超臨界機組、空冷機組、特高壓交直流輸變電等勘測設計前沿技術方面具有優勢。

由上述可知，中電工程的營運涵蓋了和電力所有業務，範圍包含電力規劃研究、電力工業中長期發展規劃研究、西電東送和全國聯網規劃研究、區域電源與電網發展規劃研究、水電與火電源輸電方案和接入系統規劃研究、電力企業

發展規劃研究、電力專案諮詢評估、火力發電專案諮詢(評審)、電網專案諮詢(評審)、電力規劃諮詢(評審)、及核電諮詢(評審) 等等。

討論過程中，趙潔副總經理說明大陸在 AP1000 電廠的推展並不如預期順利，各電廠業主要求的用地都太大；不過，目前推動中的三個內陸電廠還是決定採用 AP1000 機組。趙潔副總經理並明確表示，「三廢處理技術」應該是兩岸在核電事業合作的第一個項目，希望兩岸專家能就此項目更密切聯繫合作，早日達成此目標。報告人亦表達能有更具體的合作項目。

(五) 國家核能技術公司

國家核能技術公司（簡稱國核技）是由國務院和中核工業集團公司、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，註冊資本為人民幣 40 億元，其中國家出資 60%；中核集團、中電投、中廣核和中國技術進出口總公司等各出資 10%，其主要業務是從事第三代核電（AP1000）技術的引進、消化、吸收、研發、轉讓、應用和推廣業務。目前主要成員單位包括上海核工程研究設計院、國核電力規劃設計研究院、山東電力工程諮詢院有限公司、國核工程有限公司、山東核電設備製造有限公司、國核寶鈦鋳業股份公司、國核自儀系統工程有限公司、國核電站運行服務技術公司、國家核電技術研發中心等。參股企業有湖南核電有限公司。

拜會活動由副總經理孫漢虹先生接待，孫副總經理說明三門核電廠與海陽核電廠的目前進度。三門核電廠已發包建造之中，是首個採用第三代先進壓水堆核電（AP1000）技術的依託專案，廠址位於浙江省東部沿海的台州市三門縣，北距杭州市 171km、東鄰寧波市 83km、西靠台州市 51km、南離溫州市 150km。三門核電工期工程項目規劃為 6 台百萬千瓦級核電機組規劃建設，第一期工程 2 台機組建設由美國西屋公司得標，國核技聯合西屋公司和紹爾工程公司（Shaw

Group Inc.) 負責實施自主化依託專案的工程設計、工程建造和專案管理。

在海陽核電廠方面，其業主是山東核電有限公司，電廠位於山東省煙臺市轄海陽市，廠址距海陽市 22km，距煙臺市 93km，距青島市 107km，規劃建設 6 台百萬千瓦級壓水堆機組，其中，第一期工程建設 2 台 AP1000 百萬千瓦級壓水堆核電機組，計畫於 2014 年投入商業運營。

有關三門與海陽兩個 AP1000 核電廠的三廢處理系統，國核技曾評估引進德國漢莎(Hansa)與美國 Energy Solutions(ES)兩家的技術，在粒狀廢樹脂的處理方面，漢莎是烘乾後壓縮，ES 則是用高性能容器(HIC)盛裝，因種種原因，國核技最後是引進由美國 Energy Solution (ES)公司的系統。報告人說明此為最簡單的處理方式，但卻會產生很多後遺症，包含沒有減容、未安定化，長期下會有生物敗壞產生氣體等安全問題。因此，建議國核技須詳加評析其後果，在規劃未來的電廠的三廢處理系統時應考量使用有效減容且已安定化的技術(國內已發展的濕式氧化與高效率固化技術)。

(六) 環境保護部核與輻射安全中心

本次參訪主要目的是中國環保部拜會臺灣事務辦公室姜葦副主任，討論環保部核與輻射安全相關領導於今年(99 年)八月間來台參訪事宜，為未來兩岸進一步建立輻射防護技術聯繫管道進行商討。然由於姜葦副主任工作極為忙碌，連絡安排過程有些不順，到最後時刻姜葦副主任安排於環保部核與輻射安全中心辦公區進行討論。

姜葦先生首先說明環保部、與環保部下之核安全局、核安全管制司、及核與輻射安全中心的關係與業務職掌：

環保部係為原國家環保總局於 2008 年 3 月升格而成，掌管全中國的環境政策、規劃和重大問題的統籌協調力度。

國家核安全局於 1998 年機構改革時併入國家環保總局，負責全國的核安全、輻射安全、輻射環境管理的監管工作，國家環保總局副局長任國家核安全局

局長。2008 年 3 月國家環保總局升格為環境保護部，對外保留國家核安全局牌子，環境保護部副部長任國家核安全局局長。

核安全管理司為環保部下之一級單位，負責核安全和輻射安全的監督管理。

核與輻射安全中心的前身為核安全中心，隸屬於國家核安全局，於 1989 年 3 月成立。1994 年 12 月更名為國家科學技術委員會核安全中心，1998 年 7 月更名為國家環境保護總局核安全中心，2006 年 4 月更名為國家環境保護總局核與輻射安全中心。2008 年 10 月更名為環境保護部核與輻射安全中心，是環境保護部直屬事業單位，是中國唯一從事核安全和輻射環境安全監督管理技術保障的公益性事業單位，主要任務是為環境保護部對民用核設施和從事放射性有關活動的單位獨立行使政府監督管理職能提供技術支援和技術保障。（詳如附件）。

姜葦先生的官方職位是環保部國際合作司副司長，但在對台灣的來往則使用環保部台灣事務辦公室副主任的名義。拜會時，報告人提出先前聯繫時建議環保部核與輻射安全相關領導於今年（99 年）八月間來台參訪的建議，姜副主任葦則說明因最近有多項重要業務必須完成，恐無法於今年內來台參訪，建議明年開春後再行商議決定。

再和姜葦先生討論後，報告人並拜會核與輻射安全中心辦公室主任朱宏先生，瞭解該中心的業務項目，朱主任說明核與輻射安全中心已另覓辦公大樓，並將擴充人力，以因應大陸未來積極核電建設。

（七）上海核工業研究設計院

拜訪活動由上海核工業研究設計院總工程師翁明輝接待，該院為國家核電集團公司的分支機構之一，業務以執行 AP1000 核電機組依託為主，目前有員工約 1,000 餘人。

此次訪問的重點活動是由黃局長介紹台灣的技術發展與應用狀況，希望上海

核工業研究設計院在規劃設計 AP1000 機組系統能加以參考採用。隨後翁明輝總工程師說明 AP1000 目前執行情形，該院目前同時負責 6 個廠址、14 部機組的三廢處理規範擬訂，若台灣方面能提出一套完整的處理系統規劃方案，該公司將會評估參考，基本的要求包括：

台灣和大陸在低放處置場之廢棄物接收標準的異同。

核研所所建立的粒狀廢樹脂濕式氧化處理技術，處理過程是否會產生氣體？有無二次廢棄物？會不會因減容效果太好造成處理後所產生的固化體的表面劑量過高超過處置場的接收標準？（註：目前大陸低放處置場接收標準為 2 mSv/hr，但正討論是否提高到 10mSv/hr）處理後所產生的固化體是否還會有生物性衰敗 (biodegradation) 的問題？

須滿足中國的處理法規：廢棄物包件須穩定、安全、可靠，符合水泥固化體、安定化、貯存、運送、處置的相關規定。

翁總工程師明輝最後表示，設計研究院對核電系統及單元的規劃與設計，除須配合國家之整體政策外，核電廠的業主與設計院的上級單位（國核技）的意見也必須同時考量，因此兩岸核能技術合作（包含三廢處理），現階段若只是技術交流與人員互訪則通暢無阻，但若要進一步的實質合作，雙方的層級宜提高，方能使事情順利推動。

三、心得

- (一) 中國大陸目前對於核電發展是有計畫、有組織、有步驟地在推動，全面性發展核電。為統一機型，目前重心放在 AP1000 機組的依託（先在三門與海陽兩場址建廠試行），為此特別成立國家核能技術公司，投入相當龐大的人力在推動。
- (二) 因應全力建設核電廠機組，大陸對於廢棄物最小化的要求日益重視，而目前大陸核電機組的廢棄物產生量相較於台灣的差距頗大，此乃國內核電廠運轉已久，累積相當豐富的實務經驗，核電廠廢棄物的管理有很好的成效，低放廢棄物減容技術的有效應用。參訪過程瞭解其對核研所研發成功的硼酸濃縮廢液高效率固化處理(PWRHEST)及粒狀廢離子交換樹脂濕式氧化與高效率固化(WOHEST)極表興趣，同時對焚化與等離子(電漿)熔融、廢液薄膜處理等技術頗有意願深入討論或以合作模式進行。
- (三) 不論是中核集團或中廣核集團對核電廢棄物之最小化相關技術之引進需求甚為殷切。然而，大陸為快速扶持核能產業，積極培育各類核能工業領域人力，模仿抄襲盛行(稱為依託)，而核研所之技術製程並未在大陸獲有專利保護，技術合作或推廣方式值得深思。

四、建議事項

- (一)大陸快速進行核電建設，但重心仍以是反應器機組部份為主，雖然也投入相當人力在核能三廢處理技術的研發上，但相關基礎稍嫌不足，因此亟待自國外引進使用。台灣核電廠運轉經驗豐富，廠內清潔管理與減廢減容技術成效斐然，很有機會將台灣放射性廢棄物處理的經驗與技術推廣到大陸。
- (二)和大陸的技術交流不可或缺，加以目前兩岸關係氣氛良好，朝良性穩定發展，技術交流與人員互訪將日益頻繁。因此，在交流與互訪及技術合作或推廣過程，國內的因應作為必須是有計畫、有目標、有團隊、有整合的，方能達到實質性的目標。
- (三)核研所的廢棄物高效率處理技術（PWRHEST/WOHEST）以技術授權予民間廠商，因此，對大陸方面後續具體之成案執行，應由授權廠商洽商進行，由核研所提供技術諮詢及必要的協助。

附件、參訪機構簡介

中國核工業集團公司

中國核工業集團公司（簡稱中核集團公司）是經中國國務院批准組建的特大型國有獨資企業，其前身是二機部、核工業部、中國核工業總公司，公司現有中國科學院院士 9 人，中國工程院院士 10 人，主要承擔核軍工、核電、核燃料、核應用技術等領域的科研開發、建設和生產經營，以及對外經濟合作和進出口業務。

中核集團公司具有完整的核科技工業體系，是大陸核電廠的主要投資方和業主之一（另一大業主是中廣核集團），是核電發展的技術開發主體、核電設計供應商和核燃料供應商，也是重要的核電廠運轉技術服務商，及核儀器儀錶和非標設備的專業供應商，承擔著核電站運行和安全技術保障的重要任務。

中核集團公司總部組織結構極為眾多，總部下設有辦公廳、政研體改部、規劃發展部、財會部、人力資源部、科技部、國際合作發展部、軍工部、核電部、核燃料事業部、核環保工程部、資產經營部、安全環保部、審計部、監察部、黨群工作部、離退休幹部工作部、核學會等單位，此外總部並設有科學技術委員會（主任即為潘自強院士）。目前中核集團公司的總經理是孫勤先生，副總經理有孫又奇、餘劍鋒、邱建剛及揚長利等四位。中核集團公司擁有完整的核科技工業體系，由所屬的工業企業、公司、科研設計院所和事業單位組成。主要承擔核動力、核材料、核電、核燃料、乏燃料和放射性廢棄物的處理與處置、鈾礦勘查采冶、核儀器設備、同位素、核技術應用等核能及相關領域的科研開發、建設與生產經營，對外經濟合作和進出口業務。旗下共有 100 多家企事業單位和科研院所組成，單位分佈大陸，分佈在北京市、上海市、天津市、遼寧省、湖南省、湖北省、河北省、江蘇省、浙江省、福建省、廣東省、雲南省、山西省、陝西省、四川省、甘肅省、新疆省、內蒙古、及香港。

中國廣東核電集團公司

中國廣東核電集團有限公司（簡稱中廣核集團公司）是中國唯一以核電為主業、由國務院國有資產監督管理委員會監管的企業。1994年9月成立，由核心企業——中國廣東核電集團有限公司和20多家主要成員公司組成的國家特大型企業集團。

目前中廣核集團擁有大亞灣核電廠和嶺澳核電廠一期近400萬千瓦的在運轉核電機組，嶺澳核電廠二期、遼寧紅沿河核電廠、福建寧德核電廠、陽江核電廠、臺山核電廠等共2100萬千瓦核電機組正在建設之中，廣西防城港核電項目、湖北咸寧核電專案約470萬千瓦核電機組正在開展前期工作；風力發電總裝機容量超過140萬千瓦，並參與國家千萬千瓦風電基地建設；首座太陽能發電特許權項目——甘肅敦煌10兆瓦項目已經開工建設；水電裝機容量達到58.7萬千瓦，建造中有62萬千瓦，還擁有112萬千瓦在運常規電力權益容量。

中廣核集團自成立以來，在成功建設大亞灣核電廠後，將已投產核電廠產生的效益作為資本金投入開發新的核電專案，形成了“以核養核，滾動發展”的循環機制；以從法國引進的百萬千瓦核電機組為基礎、結合多項重大技術改進形成了具有自主品牌的中國改進型壓水堆核電技術方案——CPR1000；也培養一個專業化的核電站運營管理、工程管理和技術研發隊伍，在核電站運行、維修、技術支持、安全監督、品質管制等方面達到了世界先進水準。

近年來，為配合大陸“積極推進核電建設”的決策與適應核電發展新形勢，修訂了集團戰略規劃，明確定位“中廣核集團為以核電為主的清潔能源集團，先後成立了專業化的核電運營管理、工程管理、工程設計和公用技術研究機構；以核電學院為龍頭的專業化核電人才培養體系；加強了與核電產業鏈上下游企業的企業聯盟，成立了專業化的風電公司、太陽能公司，在技術、人才、資金和管理等方面具備了面向全國、跨地區、多基地同時開工建設和運營管理多個核電等清潔能源項目的能力。

中核集團公司總部在深圳，目前總經理為賀禹先生，副總經理有譚建生、張善明、鄭東山、張煒清、施兵等五位，集團企業有大亞灣核電運營管理有限責任公司、中廣核工程有限公司、深圳中廣核工程設計有限公司、中科華核電技術研究院有限公司、北京廣利核系統工程有限公司、廣東核電合營有限公司、嶺澳核電有限公司、嶺東核電有限公司、陽江核電有限公司、遼寧紅沿河核電有限公司、福建寧德核電有限公司、廣東臺山核電有限公司、中廣核陸豐核電有限公司、湖北核電有限公司、廣西防城港核電有限公司、安徽蕪湖核電有限公司、中廣核能源開發有限責任公司、中廣核風力發電有限公司、中廣核鈾業發展有限公司、中廣核太陽能開發有限公司、大亞灣核電財務有限責任公司、廣東大亞灣核電服務（集團）有限公司、廣東核電投資有限公司、深圳市能之匯有限公司、中廣核電進出口有限公司、中廣核國際有限公司、廣東大亞灣核電環保有限公司等。

中科華核電技術研究院

中科華核電技術研究院（簡稱中科華）成立於 2006 年 11 月 8 日，目前擁有近 1000 名科技人員，是中廣核集團公司的全資子公司，中廣核集團的技術中心。中科華以解決核電工程建設、生產運營中的應用技術問題為主，以共用技術能力建設為基礎，以推進核電技術的自主創新為宗旨，以提高核電機組的安全性、可靠性、經濟性為目標，最終將研究院建成以核電運營技術為重點學科方向，集核電基礎技術研究、應用技術研究、技術支援服務為一體的國家級一流研究院，成為我國核電科技創新體系重要的組成部分。

中科華總部設在深圳，研究院院長為楊忠勤，副院長有張一心與周毅文兩位，總工程師為徐文兵先生。研究院下設五個職能部門：總經理辦公室、科技管理部、綜合管理部、財務部、安全質保部；六個專業中心：反應堆工程設計與燃料管理研究中心、電站工程改造研究中心、電站運行技術研究中心、資訊技術中心、在役檢查中心、先進能源技術研究中心；下轄一個分公司—北京分院，以及

三個子公司：蘇州熱工研究院、中廣核檢測技術公司、中廣核（北京）仿真技術有限公司。

中科華之業務領域及研究方向，主要業務涵蓋堆芯設計、先進燃料管理、安全分析、源項計算與評價、環境影響評價、嚴重事故、核燃料迴圈研究、概率安全評價、核事故應急管理、電站役前和在役檢查技術支援、設備監造、材料留樣、工藝評定、設備鑒定、金屬材料性能評估、設備運行狀態評估、強度評估、壽命評估與老化管理、工程改造、運行評估、經驗回饋、根本原因分析、運行與維修優化、熱能動力、資訊技術、全範圍仿真機開發、先進核能技術跟蹤研究、風能及太陽能等新能源技術跟蹤研究等相關技術領域。

環境保護部

2008年3月11日15時，中國第十一屆全國人民代表大會第一次會議的第四次全體會議，表決第十一屆全國人大一次會議選舉和決定任命的辦法草案，國家環保總局升格為國家環境保護部，同年3月27日環境保護部舉行了揭牌儀式，目前部長為周生賢，副部長有潘岳、張力軍、吳曉青、周建、李幹傑等五位。

國家核安全局

國家核安全局創建於1984年10月，執掌為獨立客觀地進行民用核設施核安全監督，由國家科委代管，國家科委副主任兼任國家核安全局局長，具有獨立的人事、外事、財務權以及機關行政管理、基建後勤職能。1998年機構改革，國家核安全局併入國家環保總局，設立核安全與輻射環境管理司，負責全國的核安全、輻射安全、輻射環境管理的監管工作。2003年以後，國家環保總局對外保留國家核安全局的招牌，國家環保總局副局長兼任國家核安全局局長。2008年3月國家環保總局升格為環境保護部，對外繼續保留國家核安全局的牌子，由環保部副部長李幹傑兼任核安全局長。

核安全管理司

環保部下設置有核安全管理司，業務執掌為負責核安全和輻射安全的監督管理。擬定核安全、輻射安全、電磁輻射、輻射環境保護、核與輻射事故應急有關的政策、規劃、法律、行政法規、部門規章、制度、標準和規範，並組織實施。負責核設施核安全、輻射安全及輻射環境保護工作的統一監督管理。負責核安全設備的許可、設計、製造、安裝和無損檢驗活動的監督管理，負責進口核安全設備的安全檢驗。負責核材料管制與實物保護的監督管理。負責核技術利用項目、

鈾（鈷）礦和伴生放射性礦的輻射安全和輻射環境保護工作的監督管理。負責輻射防護工作。負責放射性廢棄物處理、處置的安全和輻射環境保護工作的監督管理。負責放射性污染防治的監督檢查。負責放射性物品運輸安全的監督管理。負責輸變電設施及線路、信號台站等電磁輻射裝置和電磁輻射環境的監督管理。負責部核與輻射應急回應和調查處理。參與核與輻射恐怖事件的防範與處置工作。負責反應堆操縱人員、核設備特種工藝人員等人員資質管理。組織開展輻射環境監測和核設施、重點輻射源的監督性監測。負責核與輻射安全相關國際公約的國內履約。指導核與輻射安全監督站相關業務工作。

核安全管理司設有 12 個內設機構，包含綜合處、核電一處、核電二處、核電三處、核反應爐處、核燃料與運輸處（簡稱核燃料處）、放射性廢棄物管理處（簡稱放廢處）、核安全設備處、核技術利用處（簡稱核技術處）、電磁輻射與礦冶處（簡稱電磁礦冶處）、輻射監測與應急處（核與輻射事故應急辦公室）（簡稱監測應急處）、核安全人員資質管理處（簡稱人員資質處）等。

核與輻射安全中心

1989 年 3 月國家核安全局核安全中心成立，1994 年 12 月更名為國家科學技術委員會核安全中心，1998 年 7 月更名為國家環境保護總局核安全中心，2006 年 4 月更名為國家環境保護總局核與輻射安全中心，2008 年 10 月更名為環境保護部核與輻射安全中心，是環境保護部直屬事業單位，是大陸唯一從事核安全和輻射環境安全監督管理技術保障的公益性事業單位。主要任務是為環境保護部對民用核設施和從事放射性有關活動的單位獨立行使政府監督管理職能提供技術支援和技術保障。

核與輻射安全中心的人員編制 162 人，目前中心主任是田佳樹先生，副主任有曾奪元、湯搏、康玉峰等三人，中心現設有 14 個處室，包含辦公室、總工程師辦公室、計畫財務處、人事教育(含黨委辦公室)、總局核安全執業資格註冊辦公室、法規與資訊室、輻射防護與應急室（核與輻射事故應急中心）、放射性廢棄物管理與燃料迴圈室（放射性廢棄物安全管理技術中心）、廠址室結構室、核設施運行安全室、機械設備與品質保證室、儀錶電氣與控制室、反應堆系統與事故分析室、輻射源安全室等。核與輻射安全中心的主體業務為核設施安全、核設施環境影響評價、法規標準的編制、核與輻射事故應急、輻射源安全、核承壓設備、註冊核安全工程師、國際合作、核安全雜誌等，其中核設施安全方面，主要從事核電廠、反應堆、燃料迴圈設施、放射性廢棄物處置的核安全審評。包括廠址、構築物和設備、反應堆堆芯、工藝系統、安全系統和輔助系統、儀錶控制和電氣系統、三廢處理系統、輻射防護、運行管理和運行組織、調試、事故分析、技術規格書、人因工程、概率安全分析等領域。同時承擔核設施的運行經驗回饋、操縱員資格核准、換料管理、修改管理等方面的工作，及核安全監督和檢查的技術支援工作。