

出國報告（出國類別：其他）

赴大陸參訪放射性廢棄物管理技術研 發機構

服務機關：核能研究所

姓名職稱：莊文壽

派赴國家：中國大陸

出國期間：98年10月11日~98年10月22日

報告日期：98年11月20日

中文摘要

爲能瞭解中國大陸核電產業與放射性廢棄物管理技術之發展現況，以及開發潛在的放射性廢棄物處理技術市場，報告人等隨團參加台灣核能科技協進會赴大陸和核能行業協會簽署雙方合作意願書，並拜訪中國核學會與中國電力工程顧問集團公司的同時，另安排參訪中國核電工程有限公司(即核工業第二設計研究院)、國家核電技術公司、中國電力投資集團公司、北京地質研究院、中國原子能科學研究院、中國輻射防護院、上海核工程研究設計院等機構。經由此次的參訪，已對大陸目前的核電發展與放射性廢棄物的管理與技術現況做了充分的瞭解，也使受訪的核電事業單位對於台灣的放廢處理技術留下深刻的良好印象，並獲得上海核工程研究設計院十分正面的回應，此行任務圓滿達成，相信對未來在廢棄物處理、處置技術的交流，以及放廢處理技術的推廣等方面，將產生十分正面的助益。

關鍵字：核電、廢棄物處理、處置

目次

	頁次
目次.....	i
一、目的.....	1
二、過程.....	2
三、心得.....	28
四、建議事項.....	31
附件一、參訪活動照片.....	32
附件二、參訪機構簡介.....	44

一、目的

此次前往中國大陸進行參訪活動之目的如下:

- (1)配合核能科技協進會人員拜會中國核學會，商議今年(98)年 11 月底在台灣舉辦第九屆兩岸核能技術交流活動事宜。
- (2)配合核能科技協進會人員拜會中國核能行業協會，簽署雙方技術合作意願書。
- (3)參訪中國核電工程公司、國家核能技術公司、中國電力顧問集團公司、中國電力投資集團、及上海核工程研究設計院等主導中國核電計畫之相關機構，瞭解現階段的核電建設規劃與執行情形。
- (4)瞭解中國在核能三廢的處理技術與實施情形及未來發展規劃，並進行技術交流討論。
- (5)參訪包含中國核電工程公司、核工業北京地質研究院、中國原子能科學研究院、及中國輻射防護院等四個大陸高放處置計畫主要執行機構，並當面邀請中核電副總經理范仲、核地研院副院長王駒、中原院副院長葉國安、及中輻院副院長程理等人於今(98)年 12 月中旬來台參加中華核能學會年會暨放射性廢棄物管理技術研討會;並瞭解大陸在高放處置技術發展策略與現況，進行技術交流討論，建立交流與聯繫管道。

二、過程

本次公差自 98 年 10 月 11 日至 10 月 22 日止，共計 12 天，部份行程由核能科技協進會協助安排，參訪團人員名冊如表一，核協會人員到北京主要的目的是和中國核學會討論今(98)年底在台灣舉行第九屆兩岸核能技術交流活動相關事宜，以及和中國核行業協會簽署雙方合作備忘錄。公差人等與核協會常務董事謝牧謙等三人則另行走訪北京、太原、上海等三個城市，參訪包含中國核學會、中國核行業協會、中國電力工程顧問公司、中核集團中國核電工程公司、國家核電技術公司、中國電力投資集團公司、中核集團北京地質研究院、中國原子能科學研究院、中國輻射防護院、國核技上海核工程研究設計院等十一個核電技術相關機構，除瞭解大陸的核電發展外，並以核電三廢(廢氣、廢液、及固態放射性廢棄物)處理及中低放與高放廢棄物處置有關技術為交流與考察重點，有關參訪機構、會晤人員及工作內容重點如表二所示。

表一、參訪團名冊

姓名	機關/單位	職稱
歐陽敏盛	核能科技協進會	董事長
謝牧謙*	核能科技協進會	常務董事
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
徐徵祥	新亞建設工程開發公司	駐北京首席代表
顏志明	台灣國際造船股份有限公司機械廠	廠長
莊文壽*	原子能委員會核能研究所化工組	組長

*註：全程參訪人員

表二、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	10.11 (日)	旅程	◎桃園國際機場搭機赴北京
北京	10.12 (一) 上午	中國核學會// 劉長欣 副祕書長 李 剛 處 長 耿慶雲 副主任 馬忠海 中國核電集團公司 國際合作雙邊處副 處長 任重遠 接待	◎討論第9屆兩岸交流會規劃 事宜 ◎修訂之合作備忘錄簽署事宜
北京	10.12 (一) 下午	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 趙錦洋 發電工程分公司 副總經理 王中平 發電工程分公司勘 測處處長 張 力 高級工程師 黃 淳 國際合作部	◎中國電力顧問集團公司簡介 ◎核能科技協進會簡介 ◎電力顧問集團公司編制《核 電廠建設標準》進展情況介 紹及討論
北京	10.13 (二) 上午	中國核能行業協會// 張華祝 理事長 馬鴻琳 副理事長兼 秘書長 趙成昆 副理事長 徐玉明 副秘書長 馮 毅 副秘書長 高玉蘭 綜合管理部主任 龍茂雄 國際合作部主任 常 冰 國際合作部	◎介紹核能行業協會情況 ◎介紹核電廠運行評估與經驗 交流員會工作情況 ◎核能科技協進會情況介紹 ◎臺灣三廢處理技術情況介紹 ◎合作備忘錄簽署
北京	10.13 (二) 下午	國家核電技術公司// 王炳華 董事長 陳肇博 獨立董事 傅滿昌 董事長 曾 曦 工程部主任 陳章華 高級主管	◎介紹第三代(AP-1000)在： 1.技轉設計推展合同情形 2.工程管理上與西屋公司及 S/W 的三方運作情形 3.主設備(S.G./Pump)製作測 試情形

			4.數位儀控技轉問題 5.材料(鈾、鉛)製作情形
北京	10.13 (二) 下午	中國核電工程有限公司// 李曉明 總經理 張寶剛 副總經理 丁 健 項目管理部主任 霍建明 項目管理部副主任 信天民 總體所所長 田寶柱 化工所所長 于鳳雲 系布所總工程	◎中國核電工程有限公司業務 ◎核電第二代研發技術及相關 電廠建造進展現況 ◎核能科技協進會業務介紹
北京	10.14 (三) 上午	核工業第二設計研究院 // 田 寶柱 化工所所長 李忠鏞 化工所副總工程師 李廷君 化工所項目經理 高瑞發 系布所高級工程師	◎中國高放/中低放處置計畫 介紹 ◎台灣用過核子燃料最終處置 安全評估技術介紹
北京	10.14 (三) 下午	中國電力投資集團公司// 常 南 核電事業部 主任 吳 衛 核電事業部 主任 工程師 向 娜 外事辦公室	◎中電投核能事業部業務介紹 ◎台灣三廢處理技術現況介紹
北京	10.15 (四)	核工業北京地質研究院// 王 駒 副院長 天 華 綜合開發處 處長 劉月妙 高級工程師 李曉翠 科技發展處	◎核工業北京地質研究所簡介 ◎台灣用過核子燃料最終處置 安全評估技術介紹
北京	10.16 (五)	中國原子能科學研究院// 葉國安 副院長 徐 銖 中國實驗快堆工程 指揮部總工程師 張振濤 放射性廢物處理處 置研究室主任	◎中原院放射化學研究所介紹 ◎放射性廢棄物處理與處置實 驗室參訪與討論
北京	10.17 (六)	週末	◎資料整理
太原	10.18 (日)	週日	◎北京搭機赴太原
太原	10.19 (一)	中國輻射防護研究院// 宣義仁 院長 程 理 副院長	◎中國核電發展與廢棄物處理 介紹 ◎中國放射性廢棄物處置和發

		周達泉 三廢治理研究所 所長 崔安熙 三廢治理研究所 副所長 范智文 三廢治理研究所 廢物安全室主任 牛玉娟 院辦 副主任 程 偉 院辦外事組 項目 協調員	展中的問題與挑戰 ◎台灣的放射性廢棄物管理現 況 ◎ 台灣用過核子燃料最終處 置安全評估技術介紹
上海	10.20 (二)	旅程	◎太原搭機赴上海
上海	10.21 (三)	上海核工程研究設計院// 苗富足 副院長 翁明輝 高級工程師 曹耶南 副總工程師 施 偉 工藝系統所高級 工程師 虞 宏 工藝系統所工程師 王 鑫 工藝系統所工程師	◎中國依託 AP1000 型反應器 概況說明 ◎台灣核電廠放射性廢棄物處 理技術介紹
上海	10.22 (四)	旅程	◎上海搭機返國

(一) 中國核學會 (Chinese Nuclear Society, CNS)

由於會長與祕書長另有要事不在北京，因此拜會活動由中國核學會副祕書長劉長欣、處長李剛及副主任耿慶雲等接待，雙方討論事項主要有二，一是討論今(98)年 11 月底在台灣舉辦 2009 年第 9 屆兩岸核能學術交流研討會及參訪活動規劃事宜，二是討論合作協定書簽署事宜。

針對 2009 年第 9 屆兩岸核能學術交流行程，首先由核協會執行長陳勝朗先生建議三個時間點：

1. 11 月 30 日 (星期一) ~12 月 9 日 (星期三) 合計 10 天

其中，12 月 1 日 (星期二) ~12 月 2 日 (星期三) 為研討會

2. 12 月 7 日 (星期一) ~12 月 16 日 (星期三) 合計 10 天

其中，12 月 8 日 (星期二) ~12 月 9 日 (星期三) 為研討會

3. 其他時間

最後雙方同意採第一方案於 2009 年 11 月 30 日 (星期一) 至 12 月 9 日 (星期三) 共計 10 天辦理第 9 屆兩岸核能學術交流，其中，12 月 1 日 (星期二) ~12 月 2 日 (星期三) 為研討會，其時間進行參訪活動，屆時中國核學會將組一個 17 人的代表團來台與會。

至於研討會的四大主題之各議題與參訪行程，將由核協會規劃後

送中國核能學會參考後定案，至於論文摘要（約 400 字）提送時間定為 11 月 3 日。

最後，有關修訂之核能科技協進會與中國核學會的合作備忘錄簽署內容，細目將由雙方以網路聯繫協商。

(二) 中國電力工程顧問集團公司 (China Power Engineering Consulting Group Corporation, CPECC)

拜會活動由中國電力工程顧問集團公司（簡稱中電工程）副總經理趙潔女士、主任曾慶波與發電工程分公司副總經理趙錦祥等接待，除了討論雙方交流事宜外，主要是為瞭解中國大陸編制「核電廠建設標準」的進展。

首先由趙潔副總經理口頭說明中國電力工程顧問集團公司業務，該公司是由六個電力設計院組成，集團公司職工總數超過 1 萬人，公司的經營策略是向國際靠攏與節能減碳，對大陸經濟發展的極度不平衡感到憂心。

接著核協會執行長陳勝朗簡報核協會組織與工作，再由發電工程旗下分公司副總經理趙錦祥簡報核電標準建設介紹，包含（1）核電標準建設、（2）電力顧問集團公司編制「核電廠建設標準」的進展情況。

中國電力工程顧問集團公司的領導表示，經由上次赴台灣參訪所

得到的瞭解，對於台灣在廢棄物減量方面的成效印象十分深刻。

(三) 中國核能行業協會 (China Nuclear Energy Association)

此項行程最主要的目的是台灣核能科技協進會和中國核能行業協會簽署雙方合作備忘錄。拜訪活動由中國核能行業協會理事長張華祝率秘書長及三位副秘書長等主要領導接待。首先由中國核能行業協會秘書長馬鴻林簡報核行業協會的組成與業務，中國核能行業協會成立的宗旨是做為政府與產業間的橋樑，目前最主要的業務是大陸再建核電廠的評估，現有會員廠商 213 家，申請中的有 30 餘家，專家委員會有 150 名委員，專家智囊庫有 700 多人。

其次由中國核能行業協會副秘書長馮毅介紹「運行評估與經驗交流委員會工作情形」，認為前不久來台考察與交流，對前述工作有很大的幫助。接著由核能科技協進會執行長陳勝朗介紹「核能科技協進會」成立與業務，緊接著由行政院原子能委員會放射性物料管理局局長黃慶村博士做技術專題，題目為「核電放射性廢棄物之處理」，說明國際上核電三廢處理技術發展情況，以及台灣的技術發展與應用狀況，中國核能行業協會張華祝理事長聽完簡報後表示，對台灣在核能三廢處理技術的成就感到敬佩，並表示合作意願且將設法促進，建議兩岸應針對放射性廢棄物處理技術專題加強交流活動，可以先以專題研討會及技術訪問的方式來推動。

最後，由核能科技協進會執行長陳勝朗和中國核能行業協會秘書

長馬鴻林代表雙方簽署合作備忘錄，完成核協會此行到北京參訪之最主要目的。

(四) 國家核能技術公司 (State Nuclear Power Technology Corp. LTD, SNPTC)

拜會國家核能技術公司（簡稱國核技）由董事長王炳華等接待，此項行程原本不在預定行程之中，是臨時經由中國核儀公司董事長傅滿昌先生所推薦與安排的，王炳華董事長特別抽出一小時接見，實屬難得。王董事長接見時，首先說明國核技目前最主要業務目標有二：

(1) 三代核電廠技術之依託（引進、消化吸收、更新創造），(2) 依託技術成熟度之驗證。有關中國引進 AP1000 之依託工作是由該公司陳肇博先生所主導（陳先生曾任中國核工業部常務副部長與政協委員，現任國家核電專家委員會主任及國核技獨立董事），歷經 3 年的談判完成，規劃於 56 個月內引進 4 部美國西屋公司 AP1000 機組，目前情況看來，1、2 號機組可如期完成，3、4 號機組可能會稍為延後。四部機組之後，中國有可能再建 10 部 AP1000，甚至於擴充超過 100 部機組。最重的是中國規劃在 AP1000 機組依託之同時，將以 130 億人民幣獨力開發所謂 CAP1400 型機組，甚至於開發 CAP1700 型機組。

為配合 AP1000 機組所須合金材料，中國特別建造年產量 2,000 噸鈳合金及海棉鈳的生產工廠，未來有可能將產量擴充到 6,000 噸/

年。在蒸汽產生器（總重 7600 噸）製造方面，其設計年限考慮由 40 年延長到 60 年。至於機組建造工期，南部廠址可於 36 個月內完成，北部廠址則為 39 個月。

王董事長並表示，台灣在核廢減量上的成就舉世皆知，大陸需要借重台灣這方面的經驗，期望今後雙方能加強交流，也邀請大家能到海陽核電站多瞭解與指導。

(五)中核集團中國核電工程有限公司(CNNC China Nuclear Power Engineering Co. Ltd, CNPEC)

中國核電工程有限公司（簡稱中核電），拜會活動由總經理李曉明等重要幹部接待，拜會最主要目的是瞭解中國在核電二代及二代加之技術研發與相關標準編制進展現況。

首先由中核電項目管理部主任丁健簡報「中國核電工程有限公司簡介」，公司是由原核二院、核四院及核五院於 2007 年 12 月 27 日合併後改組成公司形態經營，換言之，中核電是由研究轉型為以工程為主要業務，此點和中廣核成立即以施工為主不同。目前職工總數為 3,661 人，其中技術人員超過 3,000 人，2008 年營業額為 30.3 億元人民幣，最主要的業務是工程承包和項目管理。

對於核電工業，由於種種因素，過去中國從多國引進不同類型的二代機組，目前的作法是配合政府的「依託」方針，採取「引進、消化吸收、更新創造」的三部曲，策略是「引進世界先進核電技術，推進中國核電自主發展」，採取「標準化設計、工廠化預製、模組化施工、專業化管理和自主化建設」等措施，以達成「走中國特色具自主知識產權的核電發展新路」。

最後由核能科技協會執行長陳勝朗簡報核協會的組織與業務。

（六）中國電力投資集團公司（China Power Investment Corporation, CPI）

拜會中國電力投資集團公司（簡稱中電投）是由核電事業部主任常南等接待，常主任先說明中電投在核電的業務情形，再由物管局黃慶村局長簡報「核電放射性廢棄物之處理」。

中電投成立於 2002 年，是中國五大國有電力集團之一，主要負責電力開發、投資、建設、經營、管理、生產和銷售，公司類型屬中央企業，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，公司註冊資本金為 120 億人民幣，集團公司包括 213 家成員單位，15 家參股企業，職工總數為 104,018 人。2008 年底，集團公司資產總額達 2,842 億元，電力裝置方面，中電投可控裝機容量為 51,990MW，權益裝機容量為 40,116MW，其中核電機組為 1,350MW，僅占權益裝機容量的 3.37%。集團公司擁有控股的山東海陽核電項目，等比例控股的遼寧紅沿河核電專案一期工程，及在廣西、遼寧、湖南、吉林、重慶等省市進行了核電專案前期工作，參股 5 個運行核電廠和 3 個在建核電項目。中電投規劃在未來的核電投資希望能達到全中國核電總量之 20% 以上。

中電投人員對於台灣在核電三廢處理成效留下深刻的印象，特別是對於核研所發展的粒狀廢樹脂濕式氧化及高效率固化技術很有興趣，對於廢樹脂處理濕式氧化與高效率固化技術，關切的重點有二：

(1)處理過程是否會將核種隨著氣相揮發，造成二次廢料？(2)處理後的固化體是否會因過高的減容比，使其比活度過高造成操作上的困難？黃局長對這些問題皆做了相關的答覆與說明。

(七) 中國核電工程有限公司核二院化工所 (CNPE Nuclear Chemistry Engineering Division)

拜訪活動由中核電原核二院化工所所長田寶柱等接待，由於中核電核二院負責廢棄物處置設施工程研究，因此與會者除化工所人員之外，還有系統布置所（簡稱系布所）。田所長寶柱首先表示大陸與台灣在核能三廢處理與處置上的不同之處，技術政策上，對於用過核子燃料大陸採用封閉式循環（經過再處理），台灣目前則為開放式（不再處理），因此造成處置廢棄物有所不同，包含（1）處置廢棄物數量/基本特性不同，（2）處置物包件不同，（3）HLW 玻璃固化，（4）核分離/核轉換（P/T）與否。不過，深層地質處置技術是完全共通的。

大陸於 80 年代初期在甘肅蘭州核燃料廠區內建造第一座非軍事用途多目標之用過核燃料再處理試驗場，處理容量為 900 g HEU/d，目的為了在放射性條件下驗證再處理技術、設備及儀控系統，累積設計、建設與運轉經驗，培養運轉人員。至於商用用過核燃料再處理廠已規劃於 2025 年建置完成，目前規劃和法國合作，採用 PUREX 程序方法，年處理量為 800 噸鈾，也有可能增建第二座，再處理場的場址以靠近最終處置場為原則，此外，含 α 廢棄物將會和高放一起處置。

接著由化工所項目經理李廷君女士簡介大陸高放深地質處置計畫和中低放處置執行情形。

高放處置方面

前核工部科技核電局於 1985 年 9 月制定高放射性廢棄物深地質處置研究發展計畫（Shen Dizhi Chuzhi，簡稱 SDC 計畫），成立以核工業第二研究設計院、核工業北京地質研究院、中國原子能科學研究院、中國輻射防護研究院及華東地質研究院為主要組成的高放廢棄物深地質處置協調組，並由核二院擔任協調組組長，展開高放廢棄物處置的前期科研工作。

依據 2003 年政府發布「放射性污染防治法」，明確規定高放廢棄物和 α 廢棄物實施集中的深地質處置。2006 年 2 月中國科工委、科技部、環保局聯合發布「高放廢棄物地質處置及研發規劃指南」，高放深地質處置時程規劃如下：

- (1) 試驗室研究與處置場址選擇階段 (2006~2020 年)
- (2) 地下現場試驗階段(2020 年建置地下實驗室建造)
(2021~2040 年)
- (3) 原型處置場驗證實驗和處置場建設階段 (2040~本世紀中葉)

因採取封閉式核燃料政策，除了 CANDU 型和高溫氣冷式反應器所產生的用過核燃料暫未考慮之外，所有商用反應器之用過核燃料都將進行再處理(Reprocessing)，以回收鈾和鈾等有用成分循環使用，產

生的高放廢棄物利用玻璃固化方式加以安定化，高放廢棄物容器 (Canister) 材質為不鏽鋼，直徑 430mm、高度 1340mm，含高放玻璃固化體總重約 550 公斤，估計到 2050 年，全中國將會產生 13,600 罐的高放廢棄物（相當於 2,400 立方公尺）。

預料中國在高放廢棄物處置的發展上，仍將面臨包含(1)業主、(2)場址、(3)規劃、(4)法規和標準、(5)經費等重大問題的挑戰。

中低放處置方面

在中低放處置方面，中國國務院於 1992 年發布「中低放射性廢棄物處置的環境政策通知」，明確以「相對集中的區域方式建設中低放處置場」，以處置該區域或鄰近區域的中低放廢棄物。更於 2003 年的「中華人民共和國放射性污染防治法」第 43 條中規定，中低放射性廢棄物「在符合國家規定的區域實施近地表處置」。依據上述國家政策，大陸目前規劃設置包含華南、華東、西北、西南以及北方等區域處置場，原則上每個處置場負責接收處置其週遭半徑 1000 公里內的中低放廢棄物，前述四個處置場場址原則上均已定案，其中西北和華南處置場則已在運轉。

西北處置場位於甘肅省蘭州核燃料區域內，占地面積 14.3 平方公尺，設計容量為 20 萬立方米，於 1995~1998 年間建造，首期建設容量為 6 萬立方米並分期建設，已完成 2 萬立方米容量的建設，有

18 個處置單元，於 1999 年 9 月起運轉，預計可運轉 12 年，由中核清原公司經營，目前已接收 2 千立方米的中低放廢棄物，主要來自軍事用途所產生，未來也會接收民用核電廢棄物。

華南處置場位於廣東大亞灣核電廠之北約 5 公里的北龍和長灣地區（簡稱北龍處置場），占地面積 20.5 萬平方公尺，設計容量為 24 萬立方米，1996~1998 年間建造，第一期容量為 8 萬立方米，分成 70 個處置單元，於 2000 年開始接收廢棄物，預計可運轉 40 年，但由於規劃和管理方式尚未取得各方一致的意見，雖已接收少量的廢棄物，目前僅以暫存方式處理之。

西南處置場址預定位於四川省飛鳳山，規劃容量為 18 萬立方米，第一期先以 8 萬立方米，目前屬於初步設計階段。華東處置場選址作業於 1991 年開始，預定地點在浙江省，原預訂 1999 年確定場址，2003 年建成運轉，但因諸多原因，目前無實質上的進展。北方處置場預定在山東，但場址則尚未最後決定。除上述區域處置場之外，也考慮在東北增設一個處置場，惟此項規劃官方尚未正式對外公佈。

中低放廢棄物處置場的營運方面，目前北龍和西北處置由中核集團清原環保公司負責，至於其他處置場是否由中核電、中廣核及中電投等三家公司合資規劃成立所謂「中低放廢棄物股份公司」來負責經營，公司是以股份制或其他方式？各方還在協商之中。

(八) 中核集團北京地質研究院 (Beijing Research Institute of Uranium Geology, BRIUG)

北京地質研究院(簡稱核地研院)為執行大陸高放處置科研的主要機構之一，為此行拜訪的主要對象之一。參訪時由副院長王駒、環境工程研究所副所長郭永海與綜合開發處處長天華等接待。首先由副院長王駒簡報核工業北京地質研究，該院創立於 1959 年，是中國唯一以鈾礦地質研究為主的多學科綜合性科研單位，研究範圍包含鈾礦地質研究與礦產資源預測、放射性廢棄物地質處置研究及環境影響評估、航測遙感、地物化探測、及礦物分析技術研究與應用的多學科綜合性研究等，全院占地 5.66 萬平方米，員工約 400 餘人，該院獲准可授予博士與碩士學位，且有博士後研究之制度。

核地研院目前掌握中國核能發展的大好時機，為保障核能發展的鈾資源需求、及安全處置放射性廢棄物與核安全，該院以探測鈾礦地質、遙感技術與應用、放射性廢棄物處置研究等為三大主要科研方向，目標是成為中國鈾礦資源勘察技術中心和放射性廢棄物處置技術聯合中心。

物管局黃慶村局長當面邀請王副院長駒於今(98)年 12 月中旬來台參予中華核能學會年會暨廢棄物管理研討會，王副院長欣然接受。

當詢問中國大陸目前如此大規模的開發核電，鈾礦資源是否足夠供應核燃料所需？膨潤土儲藏量是否足夠高放處置場之緩衝材料所

需？核地研院表示，中國鈾蘊藏量估計高達 180 萬噸，膨潤土僅甘肅的一礦區儲藏量即高達 160 百萬噸（該膨潤土屬於鈉型，其回脹壓力略低於美國 Wyoming MX-80 膨潤土，但其他物化性與核種吸附性仍相當優異），兩者支援核電燃料與高放處置用料毫無問題。對於負責在甘肅北山進行的花崗岩（註：大陸目前以花崗岩作為高放處置母岩進行科研，但未來不排除沉積岩的可能性）地質特性調查方面，表示北山花崗岩岩體面積超過 400 平方公里（處置場所須面積僅 3x3 公里），且非常完整，於鈾礦樣品展示室內可見超過五公尺長，毫無裂隙、完美無缺的岩心，其滲透率（permeability）在 10^{-9} ~ 10^{-12} /sec 之間，岩性極佳，地下水屬 NaCl 型且高度還原態。此外，北山地區年降雨量為 60~80mm，但年蒸發量達 2900~3200mm，在 1 萬平方公里內無固定居民。其所具備的地物、地化及社經條件等均有利於作為高放處置場址。核地研院在北山的試驗場址，於 2007 年 7 月 8 日完成第一口鑽井，鑽井深度超過 500 公尺，鑽孔直徑 95mm，岩心直徑 65mm，到目前為止已建置 6 口鑽井，並完成 50 多項的試驗研究。

簡報完畢後，由王副院長親自陪同參觀（1）分析檢驗實驗室，由郭東方博士解說多部貴重的分析與檢驗鈾礦礦物組成及特性之儀器，（2）工程障蔽（EBS）實驗室，由劉妙月博士解說進行中的緩衝材料—膨潤土（bentonite）在溫壓下的回脹壓力研究情形，（3）鈾礦

樣品陳列室，展示中國各地鈾礦樣品，還在特別角落展示一塊台灣的北投石。

實驗室參觀後，由莊文壽簡報「用過核子燃料最終處置安全評估技術」，黃局長也簡報「台灣放射性廢棄物管理現況」，王副院長對台灣在最終處置安全評估技術的發展與放廢減容的成就表示欽佩，並建議台灣可以將大陸甘肅北山作為深地質處置技術發展的虛擬場址，也期望雙方今後加強交流，並歡迎光臨北山瞭解地質探勘的實際情況。

(九) 中國原子能科學研究院 (China Institute of Atomic Energy)

中國原子能科學研究院 (簡稱中原院) 的參訪，由副院長葉國安、中國實驗快堆工程指揮部總工程師徐銖 (現年 72 歲) 及放射化學研究所放射性廢物處理處置研究室主任張振濤博士等接待。

中原院創建於 1950 年，是中國第一個核科學研究基地，大陸所謂“兩彈一星” (指原子彈、氫彈、人造衛星) 的發源地，也是大陸核科學技術的發源地與先導性、基礎性、前瞻性的綜合科研機構，現有員工 3,200 多人，每年進用新人約 100 人。由於院區距北京市區較遠，因此特別在院區附近建置有一個 20,000 多人的員工社區。

此次參訪除邀請葉國安副院長於今年(98)年 12 月中旬來台參予中華核能學會年會暨放射性廢棄物管理技術研討會之外，主要是參訪該院負責高放最終處置技術研發的放射化學研究所。對於被邀請來台參與技術交流，葉副院長國安欣然接受。

參訪放射化學研究所 (簡稱放化所) 由放射性廢物處理處置研究室主任張振濤博士接待，張主任首先介紹放化所是以核化學和放射化學為基礎學科，以核燃料循環後端技術及核安全保障為主要應用對象的綜合性核科研基地。設有鈾系元素化學和技術研究室、放射性廢物處理處置研究室、化學分析測試中心、核保障技術研究室、及核化學研究室，同時負責中原院本身所產生放射性廢物處理廠的運行。

討論後張振濤主任陪同實地參訪處置技術實驗室，包含（1）核種吸附實驗室，利用手套箱進行絕氧環境下母岩、緩衝材、膠體對鈾系核種的吸附特性研究，（2）核種遷移實驗室，針對花崗岩在熱/壓下鈾系核種的傳輸行為研究，包含岩體裂隙和裂隙填充物的影響等，（3）高放玻璃固化和地下水的化學反應研究，模擬高放玻璃固化體與核種在深層花崗岩地下水化學環境下的溶解行為。

實驗室參訪後，並就其他有關廢棄物處理技術交換意見：

- （1）放化所認為廢樹脂利用水泥固化之品質不佳，因此研究採用塑膠固化方式，但以塑膠材質不持久而未被上級接受。
- （2）針對有機廢棄物如廢樹脂與廢溶劑（TBP），正研究利用超臨界水氧化（SCWO）處理降解技術。
- （3）含氫廢液的處理方式，低活度的部份利用蒸發方式排放，高活度則暫時貯存。
- （4）對於再處理廠除役和設備更新所產生之含鈾(Pu)廢棄物組件，利用含有螯合劑（chelating agents）的除汙劑進行化學除汙，除汙廢液則利用水泥加以固化。

(十)中國輻射防護研究院(China Institute for Radiation Protection)

中輻院的拜會活動由院長宣義平、副院長程理及三廢治理所所長周達泉及同仁接待。宣院長說明中輻院是採取科研及市場推廣方式運行，院內所設 4 家公司將技術轉成相關產品，其收入約為中輻院預算的一半。宣院長並表達希望能以「以人為本」的方針，推動兩岸技術交流，特別是在處置場選址、建設與運轉、核能三廢處理、放射化學與儀控方面，合作方向可包含：

- (1) 廢棄物處理和貯存；
- (2) 高放處置（具有深入研究的價值，學習國外有價值的技術即可，因為創新須要有很大的投資）；
- (3) 核電廠的緊急安全應變評價、及運行管理上降低核電廠人員劑量之技術

宣院長並表示，中輻院很希望加入兩岸技術交流活動。黃局長當面邀請中輻院負責高放處置技術研發的副院長程理於今(98)年 12 月中旬來台參加中華核能學會年會暨放射性廢棄物管理技術研討會，程副院長欣然接受。

接著由黃局長慶村簡報「台灣放射性廢棄物的管理現況」及莊文壽簡報「用過核子燃料最終處置安全評估技術」。再由中輻院三廢治理所所長周達泉、副所長崔安熙及廢棄物安全室主任范智文

等三位簡報中輻院三廢治理所在廢棄物處理技術研發、核電廠廢棄物管理及最終處置研究概況；研究內容包括含氫廢棄物處理、除汙技術、現場通風系統檢驗、維修用移動式空氣淨化技術、水泥固化配方、濃縮液噴霧乾燥和造粒、有機廢棄物焚化，以及水泥固化體性能檢驗等，未來的研究重點為熱解焚化技術、去汙劑與除汙技術、濃縮液和廢樹脂的處理技術等之研發。

程副院長表示，大陸在放廢管理方面面臨的主要挑戰有：

- (1) 廢棄物最小化任重道遠：由於大陸已核建廠建造與運轉為先，對放射性廢棄物並未有對等的著力，加上法規不健全，核電廠廢棄物的減容效果尚有很大改善空間。
- (2) 處置場選址仍待中央政府統籌辦理：廢棄物處置是政府的責任，雖然建設用地由地方政府核准，但國家能源局（未來可能會提升為能源部）只負責核能發電，但對廢棄物管理似無力道可用。
- (3) 法規（放射性廢棄物條例）須修訂：包含所有權與經營權、獨立經營或附屬經營、專門從事或兼營、處置時間等的問題均須考慮與確定。

程副院長並表示，由莊組長的簡報顯示，核研所在處置安全評估方面的技術能力水準明顯高於大陸，希望今後雙方能多互相交流。

(十一) 國家核電上海核工業研究設計院 (SNPTC Shanghai Nuclear Engineering Research & Design Institute)

拜訪活動由上海核工業研究設計院副院長黃富足等接待，黃富足副院長首先簡介上海核工業研究設計院。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，每年以進用 150 人之速度成長，五年後預估為 2000 人，甚至於將達到 2,500 人。

此次訪問的重點活動是由黃局長簡報「核電放射性廢棄物處理技術」，說明國際上核電三廢處理技術發展情況，以及介紹台灣的技術發展與應用狀況。上海核工業研究設計院同仁對於國內在放廢處理技術感到很敬佩，特別是對於廢樹脂與有機物降解、廢液薄膜處理、及高性能混凝土容器 (HIC) 等技術很有興趣，特別是中國未來將在內陸建核電廠，因此其排放廢水放射性活度要求勢必較目前靠海的核電廠嚴格。

隨後由上海核工業研究設計院總工程師翁明輝先生說明 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，可提供 AP1000 的廢棄物源項，希望國內能提出一套完整的處理系統規劃方案，供該公司參考，基本的要求包括：

(1) 含硼廢液的處理，希望能以超過濾、薄膜、吸附等組合方式以取代須「蒸發濃縮」，以滿足排放標準為目標，而非「零」排放。

(2) **廢樹脂的安定化處理** (德國某公司曾建議以低溫乾燥後，加入膠結物再用高壓壓縮方式處理減容)。

(3) **廢氣吸附用活性炭**可為低溫或常溫操作，但須包含使用後之處理。

(4) 對於 **HIC** 的使用和**過濾器**(Cartridge Filter)的後處理方式。

(5) 須滿足中國的處理法規：廢物包件須穩定、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。

(6) 因為時程緊迫，希望能以工程而非研發方式合作，以達兩岸資源共享、技術共享與共同發展。

三、心得

(一)核電事業方面：中國電力事業現有包含中國大唐集團公司(簡稱大唐)、中國華能集團公司(簡稱華能)、中國電力投資集團公司(簡稱中電投)、中國廣東核電公司(簡稱中廣核)、中國核電集團公司(簡稱中核電)等五大集團，其中大唐和華能不能從事但可參股核電，中廣核和中核電僅有核電，中電投則擁有核電和非核電事業，這三家可建設核電的公司，相互競爭十分激烈，正各自積極佈署擴展其核能版圖。同時，為達到核電自主化的目標，自主設計是核心技術，因此三大核電集團公司都設置有設計組織，培養相關專長的人力。

(二)核電發展方面：本次參訪活動可感覺到中國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。但該公司職員多數為學校畢業不久的青年，日後在龐大數量核電機組加入運轉後，有經驗優秀的資深運轉人才將明顯不足，此為大陸核電發展的一項隱憂。

(三)放射性廢棄物管理方面：大陸先前因全力衝刺核電廠機組，對於廢棄物之管理較不重視，而國內核電廠運轉已久，累積相當豐富的實務經驗，加以近來因台電對核電廠的管理 (house keeping) 有很好

的成效，加以核研所低放廢棄物減容技術的有效應用，已成為大陸極欲技術引進的對象。

(四)廢棄物最終處置方面：

(1) **中低放處置方面：**大陸在中低放處置場所面臨的難題主要有四：(i)接收數量少，主要原因是多數廢棄物並未做完整的整備工作；(ii)核電廠需要職工人數較多，但處置場需要人力較少，致使所在地政府歡迎核電廠但拒絕處置場；(iii)由於建核電廠的利益多，故阻力較小，相反的，建處置場的利益小，故阻力大，加上中低放處置場址是由「省」所決定，但各級政府包含中央、省、縣、鄉、村對場址都有不同意見，因此處置場的設置並不如預期順利；(iv)北龍處置場的建造經費係來自核電公司(中廣核)，但其對經營無法完全掌握，因此加深目前無法順利進行處置的的困境。針對上述中低放處置問題，大陸已在考量採取「捆綁式」的作法，即將核電廠和處置場綁在一起，地方爭取建造核電廠的同時，也必須要同時接受處置場。

(2) **高放處置方面：**大陸在高放射性廢棄物處置方面，其分工方式是計畫由核工業總公司科技局負責成立高放處置科研協調組，科研工作分配為 (i) 北京地質研究院：處置地質研究和場址篩選，(ii) 中國原子科學研究院：處置化學研究、安全分析和環境影響評價，(iii) 中國輻射防護研究院：處置介質研究和環境安全，(iv) 中國核電工

程有限公司（原北京核工程研究設計院）：**SDC** 計畫管理和處置工程研究。中國高放處置科研雖然有如上述之管理與分工，但僅是由國家對個別機關各別交付工作，工作的協調與統合運作似尚待進一步的明確化。

四、建議事項

- (一) 目前中國快速展開核電建設，雖投入大量的人物力，但因人才斷層及經驗累積不足，台灣仍機會藉參與部分建設工作，除是商機外，也可彌補國內現階段無法增建機組，造成技術傳承落差的問題，否則未來若真要增建機組，恐怕仍得大量藉助國外人才。
- (二) 中國在核電發展目前的重心是反應器機組部份，雖然也投入相當人力在核能三廢處理技術的發展上，但已緩不濟急，而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，因此我方若能於短時間內組成一個工作團隊協助產業界，很有機會將台灣三廢處理的經驗與技術進軍到大陸。
- (三) 由於高放射性廢棄物最終處置工作屬於長程性計畫，須長時間投入龐大人力進行，同時國內礙於自然與社經環境條件受到高度的限制，另外，鑑於高放處置的區域合作是一種國際趨勢，因此和大陸的技術交流不可或缺，建議今後應該進一步規劃推動更具體與實質的交流。

附件一、參訪活動照片

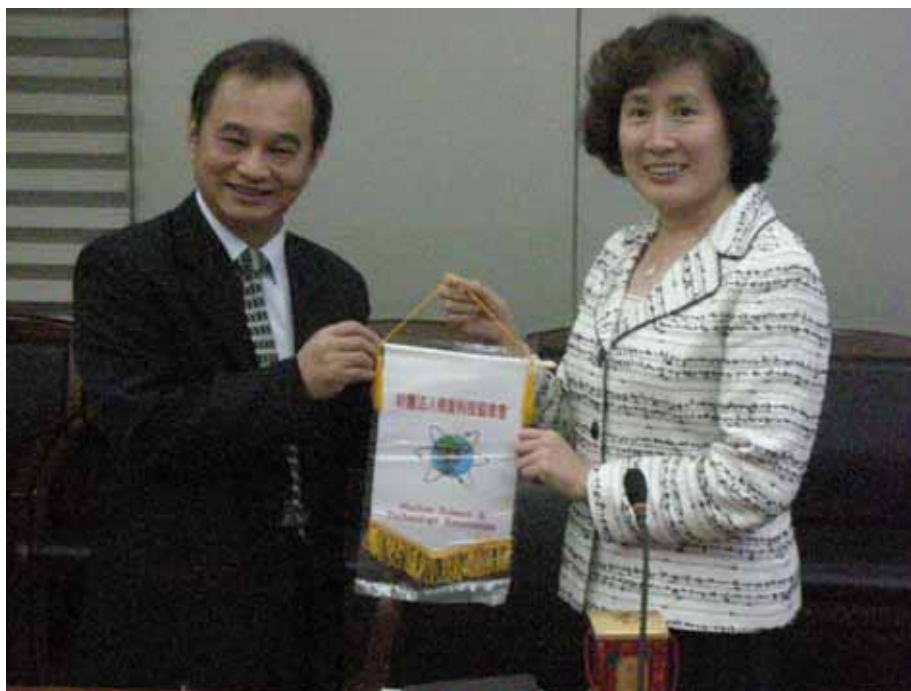


中國核學會人員（左起李剛、耿慶雲、副秘書長劉長欣、馬忠海）



台灣代表團

圖一、參訪中國核學會



核協會董事長歐陽敏盛致贈會旗給副總經理趙潔



雙方與會人員合影

圖二、參訪中國電力工程顧問集團公司



雙方會談



物管局黃局長慶村簡報「核電廢棄物之處理」

圖三、參訪中國核行業協會



中核電與會人員（左起張寶鋼、總經理李曉明、丁健、田寶柱）



雙方人員合影

圖四、參訪中國核電工程公司



國核技與會人員（左起國核儀董事長傅滿昌、
國核技董事長王炳華、獨立董事陳肇博）



雙方人員合影

五、參訪國家核電技術公司



中電投與會人員-核電事業部主任常南（中）、主任工程師吳衛（右）



物管局黃局長慶村簡報

圖六、參訪中國電力投資集團公司

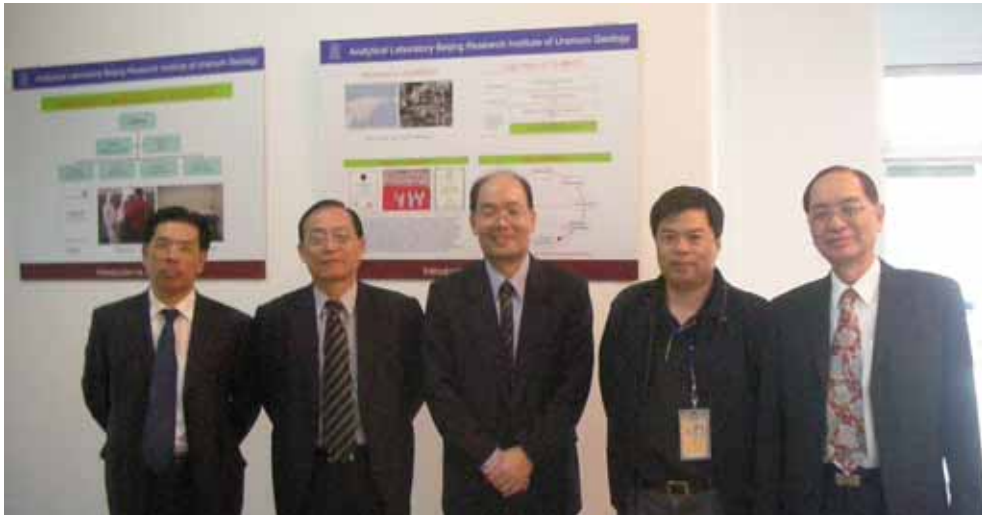


雙方人員會談

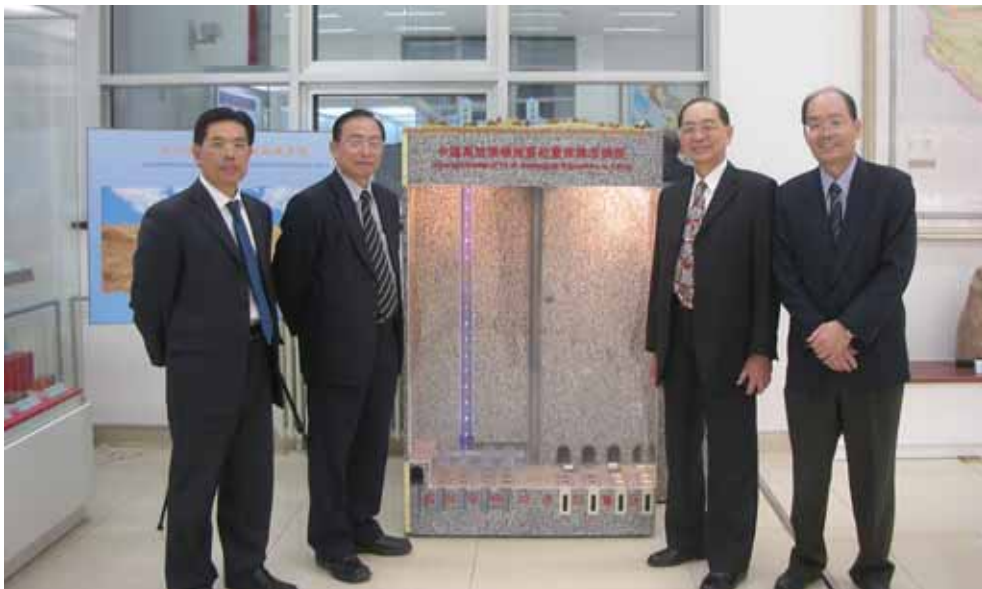


核二院化工所所長田寶柱與項目經理李廷君

圖七、參訪核二院化工所

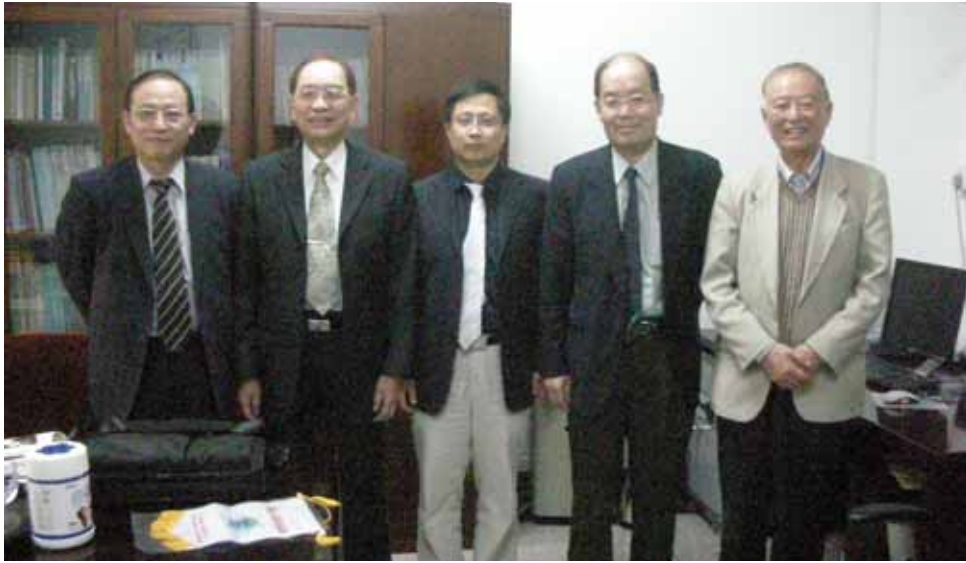


雙方人員合影（左起副院長王駒、黃慶村、莊文壽、郭東方、謝牧謙）

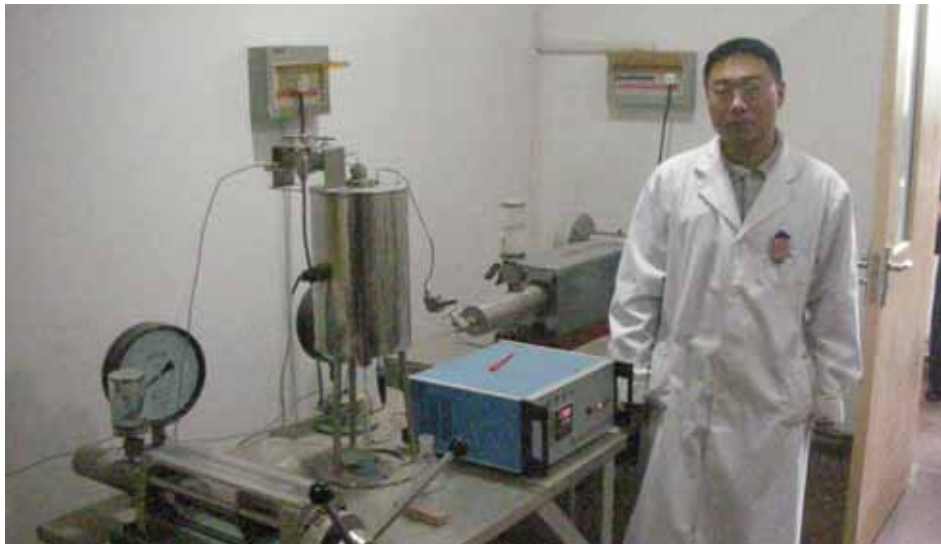


參觀鈾礦物樣品陳列室

圖八、參訪北京地質研究院



雙方人員合影（黃慶村、謝牧謙、葉國安副院長、莊文壽、徐銖）



參觀工程障壁材料特性實驗室

圖九、參訪中國原子能科學研究院



雙方人員合影（左起范智文、牛玉娟、程理副院長、黃慶村、謝牧謙、宣義仁院長、莊文壽、崔安熙）



中輻院范智文主任簡報
「中國放射性廢棄物處置和發展中的問題與挑戰」

圖十、參訪中國輻射防護院



上海核工研究設計院左起翁明輝總工程師、
副院長黃富足、曹耶南副總工程師



總工程師翁明輝先生說明 AP1000 依託執行情形

圖十一、參訪上海核工程研究設計院

附件二、參訪機構簡介

中國核學會（**Chinese Nuclear Society, CNS**）

中國核學會成立於 1980 年，為具有法人資格的全國性、學術性和非營利性之社會團體，計有 50 餘個團體會員、21 個學科分會、出版 10 份雜誌。其業務主要是承接政府移轉之法規、認證、標準等工作；每兩年辦理核工業展，作為學術界、核電業界和製造廠商之間的橋樑，並以科普宣傳和服務作為核心任務之一。

中國核學會除了積極為核工程學者和核電業界牽線搭橋之外，還定期舉辦許多大規模的學術交流活動，包括將於今(98)年 11 月在北京舉行的 2009 學術年會、及籌備中在西安舉行的第 18 屆國際核工程大會(ICON 18)與第 11 屆中國國際核工業展覽(Nuclear Industry, China 2010)等。有關將於今(98)年 11 月 30 日至 12 月 9 日在台北舉行的第九屆兩岸核能學術交流活動，中國核學會將組一個 17 人的代表團來台與會。

中國核能行業協會（China Nuclear Energy Association, CNES）

中國核能行業協會於 2007 年 4 月 18 日正式成立，是由原國防科工委（中國國家原子能機構）、專家諮詢委、和中國核工業集團公司、中國核工業建設集團公司、中國廣東核電集團有限公司、中國電力投資集團公司等 100 家核能企事業單位共同發起，經民政部批准成立的全國性社會團體。成立以來，協會的各項工作得到工業與信息化部（國家國防科技工業局）、國家發展與改革委員會（國家能源局）、科學技術部、環境保護部（國家核安全局）、民政部等政府部門的大力支持與協助。

到 2009 年 4 月，中國核能行業協會共有會員單位包含中國境內核電站建設、運管、研究、設計、建築安裝、設備製造、核燃料循環、技術服務、人才教育等所有主要企事業法人單位。目前協會副理事長單位包含中國核工業集團公司、中國核工業建設集團公司、中國廣東核電集團有限公司、中國電力投資集團公司、國家核電、中國華能集團公司、哈電集團、中國東方電氣集團公司、上海電氣、大亞灣核電營運管理有限責任公司、中核集團核電秦山聯營有限公司、中核北方核燃料元件有限公司、中國核動力研究設計院、清華大學、及中國大唐集團公司等。

協會理事長法定代理人為張華祝，現有會員單位共 213 家，理事

共 86 名，常務理事共 39 名，下設有秘書處包含綜合管理部、研究開發部、技術服務部、國際合作部，另設有專家委員會、經費管理委員會、組織管理委員會、核電廠運行評估及經驗交流委員會秘書處等單位，其中專家委員會由 150 名專家組成，專家委員會分設顧問、政策研究、設計與核安全、建安調實、運行與維護、核燃料循環、鈾資源等 8 個專業組。

中國原子能科學研究院（China Institute of Atomic Energy, CIAE）

中國原子能科學研究院（簡稱中原院）創建於 1950 年，其前身為中國科學院近代物理研究所，是中國第一個核科學研究基地，特別是大陸第一座實驗性重水反應器、第一台回旋加速的建成，促進大陸核科學技術的發展。1996 年建成強流質子回旋加速器，被列為“1996 年中國重大科技事件之一”；也是大陸“兩彈一星”（指原子彈、氫彈、核子潛艇）核武發展的發源地，核心專家包含于敏、王淦昌、鄧稼先、朱光亞、陳芳允、錢三強、彭桓武等均曾服務於中原院。

中原院是大陸核科學技術的發源地與先導性、基礎性、前瞻性的綜合研究基地，現有員工 3200 多人，重點研究領域包含核物理、核化學與放射化學、同位素技術、反應器工程科學技術、加速器技術、探測與分析技術、輻射安全、及電離輻射計量等，下設有 5 個研究所：核物理研究所、反應器工程研究設計所、放射化學研究所、同位素研究所、核技術應用研究所，所下設有研究室或中心，7 個工程技術和研究部、串列加速器升級工程技術部、中國實驗快堆工程部、中國先進研究堆工程部、核燃料後處理放化實驗設施工程部、放射性計量測試部、保健物理部；另設有原子高科股份有限公司、北京原豐科技開發總公司、實驗工廠、電子儀器廠等 20 個產業實體。此外，中國核數據中心、中國快堆研究中心、北京串列加速器核物理國家實驗室、

核工業合保障技術重點實驗室、國防科學技術工業委員會放射性計量一級站、國家同位素工程技術研究中心、核工業研究生部等均設在中國原子能科學研究院。

放射化學研究所 (Department of Radiochemistry)

放射化學研究所 (簡稱放化所) 現有職工 260 餘人，設有 2 個碩士訓練中心，1 個博士訓練中心，博士生導師 6 人，已培養出近百名碩士和博士。放化所是以核化學和放射化學為基礎學科，以核燃料循環後段工藝及核安全保障為主要應用對象的綜合性核科研基地。下設有 5 個學科研究室 (包含鈾系元素化學和工藝研究室、放射性廢物處理處置研究室、化學分析測試中心、核保障技術研究室、核化學研究室)，一個放射性廢物處理與運行中心，1 個核廢物處理處置工程部和 3 個民品研發單位 (包含氧化鋯開發研究室、照明電器廠及北京艾瑞斯水墨有限公司)。

放化所主要從事用過核燃料元件後處理技術、放射性廢物處理與處置技術、核材料保障與稽查技術、放射化學分析技術和核化學基礎等方面研究。重點涵蓋鈾系元素化學、核燃料後處理工藝學、放射化學分析、放射性廢物處理處置、核化學、核保障與稽查和輻射化學等 7 個專業研究方向。以型成”一個平台、四個研究中心” (即：核燃料後處理平台、放射性廢物處理處置研究中心、放射化學分析研究中

心、核保障技術研究中心、核化學與放射化學研究中心)。

核燃料後處理技術

中原院放化所是目前中國唯一的技術全面能進行實驗室規模用過核燃料後處理全流程熱室實驗研究的基地，其主要任務是為大陸能可持續發展提供後處理工藝技術，培養該領域的高級專業人才。日前建造中的「核燃料後處理放化實驗室」(China Reprocessing and Radiochemical Laboratory, CRARL) 是一大型科研設施，是中國核燃料後處理實驗研究基地的組成部分，也是後處理放射化學人才培養的重要場所和對外交流的窗口，該設施主要用於開展後處理技術、分析和應用技術研究，及鈾系元素化學和放射化學應用基礎研究。

核廢物處理處置研究

大陸對於核廢物的處理處置研究開始於 50 年代後期，包含中低放和高放廢棄物處理與處置以及核設施除役技術等方面的研究。曾先後建立了玻璃固化、人造岩石固化冷台架、水泥固化、瀝青固化、塑膠固化、焚燒等 7 個中間裝置，並率先開展核種遷移和關鍵核種在低氧條件的化學行為研究，開展後處理設備高效去污劑配方和工藝研究，未來的主要研究方向：(1)廢物深地質處置，(2)介面化學，(3)放射性廢物新型固化減容技術，(4)放射性廢液新型處理與處置技術。

放射性廢物的處理與運行

自 50 年代以來，放化所負責運轉放射性廢物的處理與運行中心，處理中原院內部產生的放射性廢物的管理和處理任務（類似於核研究所的低放射性廢棄物處理廠），設有處理設施 16 座，接收、貯存和處理了大量科研和核技術應用中所產生的放射性廢物。目前正在對舊設施進行全面改造，未來的 3~5 年將以全新的面貌支援中原院的建設與發展。

中國電力投資集團公司(China Power Investment Corporation, CPI)

中國電力投資集團公司(簡稱中電投)，成立於 2002 年，是中國五大國有電力集團之一、主要負責電力開發、投資、建設、經營和管理、生產和銷售。公司類型屬中國中央企業，總公司設在北京，目前總經理是陸啓州。公司的其中一家孫公司是在香港上市的中國電力國際發展有限公司，中國電力國際與慧峰集團組成合資公司「中港電力」，正計劃為香港供電。

中電投是在原國家電力公司部分事業單位基礎上組建的國有企業，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。集團公司註冊資本金 120 億人民幣，2008 年底資產總額 2,842 億人民幣，可控裝機容量為 51,990MW，權益裝機容量為 40,116MW；其中水電機組 10,539MW，占集團公司可控裝機容量的 20.3%；火電機組 41,123MW，占 79.1%；風電機組 328W，占 0.6%。核電機組 1,350.8 MW，占 3.37%；集團公司包括 213 家成員單位，15 家參股企業，職工總數為 104,018 人。

中電投資產分佈在大陸 28 個省、市、自治區及港、澳等地，擁有上海電力股份有限公司、山西漳澤電力股份有限公司、重慶九龍電力股份有限公司、吉林電力股份有限公司、中電霍煤露天煤業股份有限公司、石家莊東方熱電股份有限公司 6 家 A 股上市公司；擁有在香港註

冊的中國電力國際有限公司，並通過中國電力國際有限公司擁有在香港上市的中國電力國際發展有限公司，以及致力於為香港提供電力的中港電力發展有限公司；公司目前擁有：承擔流域開發的黃河上游水電開發有限責任公司和五凌電力有限公司、在電力設備成套服務領域中業績突出的中國電能成套設備有限公司、大型煤炭企業中電投蒙東集團有限責任公司、19 個已建成的 1000MW 以上的大型電廠、控股的山東海陽核電項目、等比例控股的遼寧紅沿河核電專案一期工程、以及在廣西、遼寧、湖南、吉林、重慶等省市進行了核電專案前期工作，並參股 5 個運行核電廠和 3 個在建核電項目。

中核集團核工業北京地質研究 (CNNC Beijing Research Institute of Uranium Geology, BRIUG)

核工業北京地質研究 (簡稱核地研院) 創立於 1959 年, 是目前中國唯一以鈾礦地質研究為主的多學科綜合性科研單位, 研究範圍包含鈾礦地質研究與礦產資源預測、放射性廢棄物地質處置研究及環境影響評估、航測遙感、物理化學探測、及礦物分析技術研究與應用的多學科的綜合性研究機構。下設有七個研究所 (包含地質礦產所、遙感技術應用研究所、環境工程研究所、地物化探測研究所、分析測試研究所、儀器開發研究所、及科技信息研究所)、四個民品開發公司 (包含北京尼克萊地質科技發展中心、北京核地環境平價中心、北京中核北研科技發展有限公司、及北京京核嚴苛繼發展有限公司)、及八個管理處室 (包含院辦公室、科技處、人事教育處、財務審計處、綜合研發處、安防保衛處、行政處、及科技委員會)。

核地研院人才聚集, 擁有高級工程師以上人員 125 人, 是博、碩士學位授予機關, 並設有博士後科研工作站。該院配備有各類國際先進儀器設備 80 套, 對中國各類型鈾礦床規律與理論有深入研究, 在鈾礦與金礦評價與預測、石油與天然氣勘查、環境監測與評價等領域有重要成果, 是中國核地質科學研究中心; 同時在遙感資訊與影像分析技術重點實驗室擁有國際先進遙感資料獲取、處理、輸出與解釋系統, 在高光譜遙感與紅外遙感技術、遙感地質及遙感環境監測等領域

的研究具領先水準。該院是中國最早開發高放射性廢棄物地質處置技術研究機構之一，對地質處置場選址與場址評價研究在中國居領先地位；此外，該院地質分析測試研究在固體、液體及氣體樣品的常量、微量、及超微量元素組成分析技術獨具特色，研究開發出一系列地物化探測技術方法和測量儀器，不僅應用於鈾礦調查，還用於高放射性環境監測及尋找地下水資源。

目前，核地研院配合中核集團公司的發展策略，抓住中國核能發展的大好時機，為保障核能發展對鈾礦資源的需求、安全處置放射性廢棄物與核安全，擔負新的任務，努力探測鈾礦地質、遙感技術與應用、放射性廢棄物處置研究等三大科研方向，同時加強地物化探、儀器研製等領域的研發，建設成中國原子能機構鈾礦資源勘察技術中心、放射性廢棄物技術聯合中心為核地研院的目標。

中國輻射防護研究院 (China Institute for Radiation Protection, CIRP)

中國輻射防護研究院（簡稱中輻院）是於 1961 年 3 月由原第二機械工業部與衛生部共同決定籌建工業衛生研究所，1962 年 3 月 7 日，原二機部黨組決定由中國科學院原子能研究所放射生物研究室、放射化學研究室與技術安全研究室的部分人員及全國支援的專家組成北京工業衛生研究所。1962 年 7 月 13 日，國務院批示北京工業衛生研究所、華北原子能研究所及山西放射醫學研究所合併組成華北工業研究所，定址山西省太原市。1964 年 10 月，北京工業衛生研究所搬遷太原，統一建制。1977 年 11 月 25 日，改名華北輻射防護研究所，亦稱華北第七研究所。1983 年 10 月 7 日，改名核工業部輻射防護研究所，亦稱核工業部第七研究所。1988 年 10 月 22 日，經國家人事部批准更名爲中國輻射防護研究院。

中輻院目前是一所綜合性多學科公益性的國家科研事業機構，隸屬於中國核工業集團公司，主要從事與核工業輻射防護有關的輻射劑量、輻射劑量學、核電子學、勞動衛生與職業病防治、放射生物學、放射醫學、環境保護、放射性三廢治理、安全分析與輻射防護措施、核技術應用等領域的科學研究和技術開發。

中輻院現有職工 1200 餘人，其中專業技術人員 856 人，另有臨

時人員 300 餘人，全院面積 47.3 公頃。下設有 9 個研究所（包含保健物理與核安全研究所、放射醫學與環境醫學研究所、核環境科學研究所、三廢治理研究所、輻照技術研究所、環境工程技術研究所、核電子信息技術研究所、生物材料與製藥技術研究所、及隸屬於國家環保局的太原環境醫學研究所），5 個科技企業（包含山西中核華康輻照技術有限公司、山西溪茵沃爾環境工程技術有限公司、山西吉星核電子技術有限公司、山西奧瑞生物材料有限公司、太原華衛藥業有限公司），中國核工業集團公司於中輻院設有 6 個管理服務中心（包含輻射防護儀器儀表檢測中心、個人劑量管理服務中心、環境監測與評價中心、輻射防護與核安全培訓中心、事故應急技術支援中心、職業病登記中心），全院擁有各項儀器設備 5,000 於台/件，專業人才濟濟，科研基礎雄厚，目前更半隨著中國核工業的不斷發展而成長壯大。

三廢治理研究所

三廢治理技術研究為中輻院的優勢研究領域之一，主要包含廢棄物焚燒技術、核設施退役與污染治理技術研究、核電廢物管理技術研究等四個研究方向：

廢物焚燒技術研究

中輻院的廢物焚燒技術研究室成立於1974年，是中國核工業系統唯一的專業化廢物焚燒技術研究室，30多年來，研究開發出固體廢物

熱解焚燒、固體廢物旋風焚燒、廢有機溶劑熱解焚燒、廢油噴霧焚燒、廢石墨固定床式焚燒等技術，已在大陸核工業系統及民用領域得到實際應用。目前正在進行新技術的研究工作，包括 α 廢物焚燒技術、等離子體焚燒技術、焚燒灰造粒固化技術、放射性廢液噴霧乾燥及造粒固化技術等。

廢物處置技術研究

放射性廢物處置技術研究室從80年代初期開始從事放射性廢物處置技術研究，是中國最早從事放射性廢物處置技術研究的集體，多年來一直從事放射性廢物管理政策和法規標準研究、放射性廢物處理和處置技術研發、放射性廢物管理環境影響評價與安全評價等方面的科研及諮詢工作。研究室現有一支老、中、青相結合的科研隊伍，有五名具有高級技術職稱的科研人員，五名國家核安全註冊工程師。並已與國內外同行建立了良好的合作關係，有多人次赴國外研究所開展合作研究、培訓和技術交流。

該研究室的主要科研和技術服務領域包括：

- (1) 放射性廢物管理政策與技術標準研究：包括極低放、低放、中放、高放廢物、鈾礦廢物、伴生放射性廢物、廢放射源的管理政策研究、標準的研究制定以及相關的培訓和技術諮詢。
- (2) 放射性廢液固化和廢物體性能測試技術研發：包括放射性廢物

固化技術和固化配方研究、廢物體性能測試方法研究和標準制定、廢物包件品質保證技術、放射性廢物處理新技術的研發等。

(3) 中低放廢物處置：包括中低放廢物近地表處置場的選址、場址確認、安全與環境評價、廢物處置場核設施退役與污染治理技術研究。

(4) 高放廢物地質處置安全技術研究：包括高放廢物地質處置的安全體系、安全保障、安全評價技術、安全評價模式和電腦程式開發、安全實驗技術等。

(5) 環境放射化學研究：主要研究放射性核種在環境介質中的遷移、轉化規律，放射性核種與介質的相互作用機理，核種在介質中的遷移轉化模擬與預測。

核設施退役與污染治理技術研究

對於核設施退役及去汙技術研究，研發出多種去汙技術，包括金屬熔煉去汙、鈾－硝酸高效去汙、電解去汙、泡沫去汙、凝膠去汙、混凝土機械剝離去汙等，研製出數台專用去汙機具，開發出數項專用去汙劑，擁有數項專利。承擔了大陸首個核設施退役工程項目和第一個核子試驗基地的退役工程項目，承擔了數個核設施退役專案的源項調查、科研等三大報告編寫、退役工程初步設計、現場技術監理等工作。具備了承擔核設施退役全過程技術服務及退役實施的能力（包括源項調查、方案制定、可研及設計、技術監理、退役工程實施、終態

評價等)。目前，作為中核集團公司去汙技術研究開發的牽頭單位，正在進行可剝離凝膠去汙等新技術的研究工作。

核電廢物管理技術研究

爲了配合中國核電事業的發展，從2001年起，中輻院利用自身的綜合技術優勢，陸續承接了大陸半數現役核電站的放射性廢物管理和輻射防護現場技術服務任務（秦山二期核電站、秦山三期核電站、田灣核電站），爲核電站提供了數十台放射性場所空氣淨化裝置。

國家核電技術公司

國家核電技術公司（簡稱國核技）是由中央管理的國有重要企業，經國務院批准，由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。是經國務院授權，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，通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。

國核技接受國家大型先進壓水堆及高溫氣冷堆核電站重大專項領導小組的直接領導和國家發改委等有關部委的業務指導以及行業管理，實行計畫與財政關係單列，由國務院國資委代表國務院履行出資人職責。公司董事長、黨組書記、總經理由中央管理，其他副職由國務院國資委黨委管理。

國核技公司註冊資本為人民幣 40 億元。其中，國家出資 24 億人民幣，占 60%；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和中國技術進出口總公司各按 10% 的比例出資。

國家核電技術公司主要從事第三代核電（AP1000）技術的引進、消化、吸收、研發、轉讓、應用和推廣，通過自主創新，形成自主品牌核電技術；組織國內企業實現技術的公平、有償共用；承擔第三代核電工程建設、技術支援和諮詢服務以及國家批准或授權的其他方面的業務。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

三門核電依託專案簡介

三門核電項目是國務院正式批准實施的首個採用世界最先進的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健跳鎮貓頭山半島上，北距杭州市 171km、東鄰寧波市 83km、西靠台州市 51km、南離溫州市 150km。

三門核電工程於 2004 年 7 月 21 日批准實施，2004 年 9 月 1 日，國家發展和改革委員會批復三門核電一期工程項目建議書，批准三門核電按 6 台百萬千瓦級核電機組規劃建設，一

期工程建設 2 台，並明確將通過招標引進國際上先進的第三代壓水式反應器核電技術。

國家核電自主化依託專案第三代技術招標工作從 2004 年 9 月 2 日發出招標書、2005 年 2 月 28 日收標，通過兩年來的招標談判，2006 年 12 月 16 日，中國和美國政府簽署了《在中國合作建設先進壓水堆核電專案及相關技術轉讓的諒解備忘錄》，國家核電技術招標機構宣佈選擇美國西屋聯合體作為優先中標方。

三門核電工程將採用西屋公司 AP1000 技術建設，由國核電聯合美國西屋公司（Westinghouse Electric Co.）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。

海陽核電項目簡介

山東核電有限公司作為海陽核電專案的業主單位，全面負責項目的前期開發、常規島工程建設、生產運營及核安全管理，全面開展和推進山東海陽核電專案建設工作。

山東核電有限公司由中國電力投資集團公司、山東國際信託投資有限公司、煙臺市電力開發有限公司、中國國電集團公司、中國核工業集團公司、華能能源交通產業控股有限公司等

6 家股東出資設立。

海陽核電專案位於山東省煙臺市轄海陽市留格莊鎮原冷家莊和董家莊，廠址距海陽市 22km，距煙臺市 93km，距青島市 107km，距威海市 100 km。項目規劃建設 6 台百萬千瓦級壓水堆機組，並預留有擴建場地。其中，一期工程建設 2 台 AP1000 百萬千瓦級壓水堆核電機組，預計投資達到 400 億元人民幣，首台機組計畫於 2014 年投入商業運營。

上海國核工程有限公司

上海核工程研究設計院是在黨中央第一代領導核心的關心下建立起來的，始建於 1970 年 2 月 8 日。中國核電就是從這裏起步的。2007 年 5 月，根據《國務院關於組建國家核電技術有限公司有關問題的批復》，上海核工程研究設計院從中國核工業集團公司整建制劃歸國家核電技術有限公司。

上海核工程研究設計院現有員工近 1000 人，其中專業技術人員約 800 人，主營業務包括工程設計、設備設計、工程諮詢、工程總承包、工程項目管理、設備採購、施工管理、調試指導、技術開發和技術服務等。上海核工程研究設計院是中國核電研究設計行業中的知名骨幹企業，其核電工程研究設計水準處於國內領先。

上海核工程研究設計院在核電事業的發展中做出了卓越成就，完成了大陸第一座自主設計建造的核電站（秦山 30 萬千瓦核電站）、第一個出口核電工程（巴基斯坦 30 萬千瓦核電站工程）的設計，以及秦山三期核電工程的技術支援和工程建造管理任務。

目前，上海核工程研究設計院正承擔著 AP1000 依託專案工程設計、國產化 AP1000 核電工程設計、大型先進壓水堆核電站國家重大專項研發，以及出口巴基斯坦核電工程二期、遼寧紅沿河核電工程設計及技術服務等核電工程任務。

上海核工程研究設計院是以承接大、中型成套工程項目設計爲主的研究設計單位，主要承擔：

工程設計：核電廠、核反應爐設施、中小型火電、熱網、煤氣等能源動力工程設計，研究性反應堆、輻照裝置、加速器、放化試驗室、三廢處理等核工程設計；工業和民用建築、石化、市政公用行業、建築智慧系統工程設計。

總體規劃設計：建設項目的可行性研究；廠址選擇、環境影響評價、總平面佈置、群區規劃、概預算編制；各類安全分析報告編制和執照申請；工程總承包和技術經濟分析。

設備裝置設計：各類核和非核專用機、電設備設計；核反應爐承壓設備設計；各類壓力容器（一、二、三）和化工設備設計；起重運輸設備和特殊操作工具設計；自動控制裝置和過程儀錶專用電子儀器以及特殊工業電視設計。

技術服務：核工程、工業和民用建築工程、核工程設備、發電設備、工業和民用建築工程設備等領域的技術開發、技術轉讓、技術諮詢和技術服務。

試驗研究：反應堆物理、高溫高壓熱工水力、燃料元件、控制棒驅動機構、事故環境類比、控制儀錶系統、地震分析、靜動應力分析、

靜動態仿真、材料、水化學、焊接等專業的試驗研究；各種應力分析
計算研究和科學計算軟體發展。

中國核電工程有限公司 (China Nuclear Power Engineering Co., Ltd , CNPE)

中國核電工程有限公司(簡稱中核電)是由前核工業第二、第四、第五研究設計院合併組成公司方式經營。中國核工業設計是從 1955 年國家作出創建核工業的戰略決策後，才開始興起的尖端技術領域。核二院、核四院及核五院就是 50 年代中葉伴隨著中國核工業的創建和核工業建設的展開而組建形成的核工業設計隊伍。其中核二院是 1958 年 1 月為承擔核工業設計而組建的設計院(建工部三院)，這是中國最早從事核工程設計的綜合性設計院，是中國核工程研究設計的發祥地；核四院是 1958 年 1 月為承擔鈾礦冶工程設計而組建而成的設計單位(冶金部三司七處)；核五院是 1957 年 1 月為開展核燃料元件工程(408 工程)設計開始組建的設計隊伍(簡稱 408 工程設計組)；原核六院是 1958 年 12 月二機部設計院為開展核武器研製基地工程設計組建的設計隊伍，後來兩院於 1984 年合併並更名為核工業部第五研究設計院。

1958 年後，隨著核工業建設的發展和核工程設計水準的不斷提高，核工業設計機構和隊伍幾經合併、分離，形成中國目前核燃料循環完整的研究設計體系。2006 年 4 月，中國核工業集團公司將中國核工業稀土公司變更為中國核電工程公司；同年 5 月 28 日，以核二院為主組建的中國核電工程公司正式揭牌成立，這是中國第一個以

“中國”字頭的核電工程公司。

2007年12月，爲了適應核電發展戰略需要，加快落實積極發展核電的方針，完成核電中長期發展規劃，推進核電建設自主化、專業化發展，實現核電工程管理與國際接軌，中核集團對中國核電工程公司進行重組改制，將旗下的核二院、核五院的主營業務和主幹力量及核四院從事核電工作及相關專業的技術骨幹劃歸爲中國核電工程公司，重組後的公司名稱爲中國核電工程有限公司（CNPE），註冊資金2億元，公司總部設在北京，下設鄭州、河北分部，這是大陸唯一以核電設計爲龍頭、實力最強、專業配備最完整的核電EPC工程總承包公司。

中國核電工程有限公司的組建，是中核集團公司爲了加快落實國家積極發展核電的方針，完成中國核電中長期發展規劃，推進核電建設自主化、專業化發展，實現核電工程管理與國際接軌的重大體制創新；是中核集團公司爲加強集團化運作、集中優勢資源、發揮整體優勢的重要舉措！

中國核電工程有限公司是以核工程研發、設計爲龍頭的工程總承包單位，集核工程研發、規劃、設計、總承包、核電站運行支援服務、工程監理等全功能於一體；是大陸最大的綜合性核電總體研究設計單位；是國內唯一經歷核電技術引進、消化、吸收，完成百萬千瓦級核

電站自主設計、並形成核電二代加技術自主品牌的研究設計單位；是中國最強的核化工、核燃料元件工程研究設計單位元和核電建造監理、設備監造單位；也是核電行業中承擔和完成核電工程設計專案最多的單位。公司目前已編制核電相關標準 300 多項，正在主編和參編的核電標準有 70 多項，並參加了國家“十一五”核電標準體系的規劃和實施。

公司現有職工近 3,000 人，各類專業技術人員 2,200 餘名，涵蓋 70 多個專業，具有建築、結構、工程造價、工程建設監理、核安全、投資諮詢等國家級執業資格註冊人員近千人。已取得工程設計、工程諮詢、工程勘察、工程建設監理、設備監理、建築智慧化系統工程設計專項證書、環境工程專項工程設計、環境影響評價資格證書、工程造價諮詢單位甲級資質證書、對外經濟合作經營資格證書、特種設備設計許可證（如壓力容器）、核安全設備設計許可證等資格證書，通過了品質管制體系、職業健康安全管理體系和環境管理體系的認證，並獲得北京市高新技術企業認定證書。

憑藉著原核二院、核四院、核五院五十年來在核工業領域積累的豐富的工程經驗、雄厚的技術力量，中核電將立足於核電、核化工、核燃料和民用工程四個主業，以核電工程總承包為契機，堅持“求實

創新、科學管理、安全環保、追求卓越”的方針，不斷增強核心競爭力，建成集核電規劃、工程研發、工程總承包、工程監理及核電站運行支援服務於一體的具有自主知識產權的國際型工程公司。

目前中核電總經理為李曉明，副總經理有楊朝東、丁淑英、范仲、劉巍、吳忠檢、唐景宇、邢繼、張寶剛等八位。分支機構和控股公司有中國核電工程有限公司河北分公司、中國核電工程有限公司鄭州分公司、中國核電工程有限公司上海設計院、中國核電工程有限公司深摺設計院、北京四達貝克斯工程監理有限公司、及河南核淨潔淨技術有限公司。目前，中核電除承擔著秦山核電二期擴建工程、嶺澳核電二期工程、核材料和核電站燃料元件生產線、核設施退役和三廢治理、乏燃料後處理等工程的設計任務外，還承擔著福建福清核電廠一期工程、秦山核電廠擴建專案工程總承包以及湖南桃花江、海南昌江核電等前期專案的工程總承包，秦山核電二期擴建工程 BOP 專案管理，江蘇田灣核電站擴建等專案的工程技術諮詢以及多個核工程項目的工程監理工作。

中國電力工程顧問集團公司(China Power Engineering Consulting Group Corporation, CPECC)

中國電力工程顧問集團公司（簡稱中電工程）是 2002 年底依據《大陸國務院關於研發電力體制改革方案的通知》和《大陸國務院關於組建中國電力工程顧問集團公司有關問題的批復》，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。中電工程下屬有東北、華東、中南、西北、西南、華北等六家電力設計院和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共有八家全資子企業以及一家事業單位－電力規劃設計總院。中電工程的市場包含國內外，為政府部門、金融機構、投資方、發展商和專案法人提供電力工程建設綜合服務的仲介，具有國家發展和改革委員會認定的火電項目評估資格。集團領導為總經理汪建平，副總經理為趙潔、姚強、吳春利、於剛等四位，總工程師為孫銳和吳雲等兩位。

中電工程技術力量雄厚，專業配套齊全，具有堅實的綜合管理能力和豐富的工程實踐經驗，擁有先進的技術裝備和專有技術。公司員工合計超過 1 萬人，2008 年營業收入為 185 億人民幣，其中國際業務為 21.8 億人民幣（約 11.8%）。

中電工程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。中電工程承擔了全國電力市場分析、電能消納、電源電網規劃、西電東送、大陸全國聯網，電力產業結構優化升級等電力發展規劃研究工作；完成了中國大量發電工程和輸變電工程的勘測設計工作，並承接了十幾個國家的 200 多項電力工程。電力研究規劃計畫為目前該公司最主要的業務，電力勘測設計行業的科研、標準化工作中發揮著主導作用，承擔了中國大批電力勘測設計科研、標準化任務，及電力新技術研究和國外先進技術的引進、消化和創新等工作。其他主要技術項目包含先進高效率的燃煤發電技術、電網技術、核電技術、綠色煤電技術。

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。