

公務出國報告

(出國類別：參訪)

赴大陸參訪核子事故應變準備作業

服務機關：原子能委員會、衛生福利部、屏東縣政府衛生局

姓名職稱：徐明德處長、蘇軒銳科長、曹松楠科長、蔡親賢科長、
劉玉娟科長、張秀君科長、陳思嘉技士

出國地區：中國大陸

出國期間：102 年 10 月 13 日至 10 月 19 日

報告日期：102 年 11 月 12 日

摘 要

「海峽兩岸核電安全合作協議」於 101 年正式生效後，在核電安全管制技術交流方面，兩岸持續穩定地向深度和廣度發展，並由技術與學術層面的交流，轉向安全管制與緊急應變應用領域等實質性的項目合作擴展。日本福島事故後，全世界對核電安全與應變準備作業更加關注，而中國大陸除仍積極興建核電機組，針對緊急應變作業準備方面，亦積極加強相關檢討與強化，包括國家核應急預案內容的修正、建立 6 個區域性與 31 個省級核與輻射安全監控及應急指揮中心、建置核事故評估專家系統等。經由此類參訪交流，可更瞭解對岸在核電營運的規劃和進展，同時為進一步瞭解福島事故後陸方核電安全管制、核應急中心、輻射防護及應變整備作業規劃，特依海峽兩岸核電安全合作協議之合作方式，我方由原子能委員會（以下稱原能會）核能技術處徐明德處長率團（成員包含原能會、衛生福利部、地方衛生局及偵測中心等單位代表計 9 人）前往大陸進行參訪，汲取相關經驗，以為後續整備規劃參考。本次參訪活動成功地瞭解中國大陸在核能技術研究發展及安全監督規劃狀況，以及核應急中心、輻射監督性監測與輻傷醫療處理實務，為未來兩岸走向更務實的緊急應變合作關係，建立良好的基礎。

目 錄

壹、出國目的.....	1
貳、出國行程.....	3
參、參訪紀要.....	4
肆、心得與建議.....	38

壹、 出國目的

本次出國目的主要係參訪相關核能機關(構)，瞭解渠等之軟硬體設施以及相關整備規劃：

- 一、 參訪蘇州熱工研究院，瞭解大陸中廣核集團旗下核電工程、核安全、輻射監測及應急等相關技術發展；
- 二、 參訪蘇州核工總醫院，瞭解輻傷醫療應急處置、去汙洗消等做法；
- 三、 參訪華東核與輻射安全監督站，進行核設施與輻射安全監督工作意見交流；
- 四、 參訪中國輻射防護研究院，瞭解大陸中核集團輻射防護、輻射劑量計算及輻射監測技術等科學研究發展現況；
- 五、 參訪福建福清核電站，瞭解大陸目前興建中且離台灣最近之核電廠機組建置狀況及工程進度；
- 六、 參訪福建省核應急中心，瞭解大陸地方應急響應做法、應急中心架構任務、設施與設備與未來合作方向。



圖 1 蘇州核工總醫院



圖 2 福建省核應急中心

貳、出國行程

出國行程含往返程共計七日，詳如下表：

日期	行程內容	地點
10/13 (日)	啓程 (台北→上海)	上海
10/14 (一)	參訪蘇州熱工研究院 參訪蘇州核工總醫院	上海↔蘇州
10/15 (二)	參訪華東核與輻射安全監督站 路程(上海→山西)	上海 山西
10/16 (三)	參訪中國輻射防護研究院	山西
10/17 (四)	路程 (山西→福建) 參訪福清核電站	福建
10/18 (五)	參訪福建省核應急中心	福建
10/19 (六)	返程(福建→台北)	

參、參訪紀要

今(102)年海峽兩岸核電安全工作業務交流及工作組會議暨專題研討會，已於 7 月在台辦理完畢，其中核應急及輻傷醫療救治專題研討部分，雙方均認為有進一步推動人員互訪之共識，透過實際設施與相關技術、操作實務參訪活動，可更實質進行核子事故緊急應變相關資訊與意見交流。

本次參訪活動係依「海峽兩岸核電安全合作協議」辦理，時間安排於 102 年 10 月 14 至 18 日，連同參訪與路程共 7 天。領隊由原子能委員會核能技術處徐明德處長擔任，參加單位另包括衛生福利部、屏東縣政府衛生局及輻射偵測中心等共 9 人。

本次參訪主題範圍涵蓋陸方(1)核電安全管制 (2)核應急中心及響應作法 (3)輻射防護 (4)輻傷醫療處置 (5)核應急技術發展 (6)輻射監測等應變整備作業規劃，茲就參訪活動內容摘述如下。

一、蘇州熱工研究院有限公司（簡稱“蘇州熱工研究院”）

中廣核集團蘇州熱工研究院於 2003 年 7 月由原國家電力公司蘇州熱工研究所轉制而成。蘇州熱工研究院的前身是水利電力部蘇州核電科學研究所，成立於 1978 年，其主要任務是瞭解、消化、吸收核電技術，為核電建設和運轉提供服務。2011 年，中廣核集團組織結構調整後，蘇州熱工研究院定位為集團核電營運技術平臺，並以保障中廣核集團核電機組安全穩定運轉、解決核電應用技術問題為主要任務，其組織架構如圖 3，該院未來之願景為成為大陸領先並具有國際水準的核電技術研究院。

本次參訪由陳曉傳主任為我方進行簡報，並有研究中心上官志洪主任、趙鋒副主任與相關研究中心成員共同參與，陳主任先行說明熱工研究院之組織架構、任務及願景，並簡介相關核電廠應急技術及核電廠監督性監測系統。

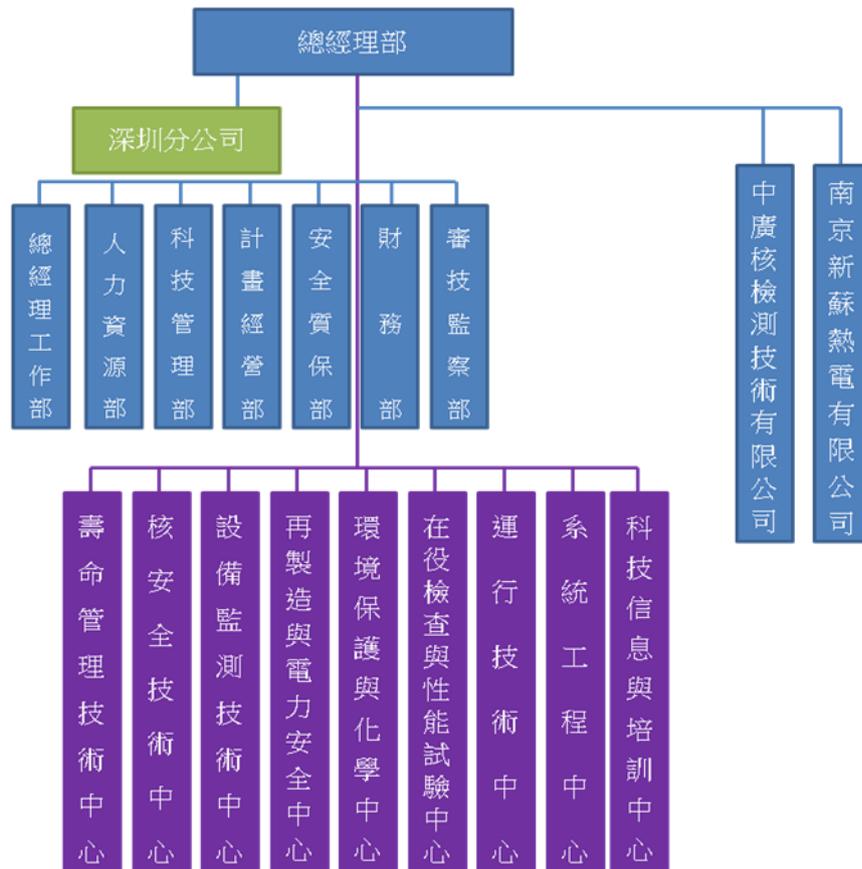


圖 3 蘇州熱工研究院組織架構

蘇州熱工研究院設有許多專業技術中心，其中環境保護與化學中心負責長期核電廠環境影響評估、應急技術、輻射環境和輻射防護研究等工作，在應急領域方面，於國家、地方和核電設施層面都發展許多創新性工作，包括環保部核與輻射應急決策支援系統開發、第三代核電廠(EPR 及 AP1000)的整體應急工作，旗下並設有環境實驗室，以科學研究為主體，以服務核電為目標，致力於研究核電廠運轉過程中需要解決的輻射測量技術。而輻射實驗室為核電廠工程建設和運轉提供技術服務，在核電廠環境監測領域進行大氣擴散試驗、環境樣品核種分析、監測人員培訓、品質保證和標準化建設等服務，並積極廣泛地進行國際合作與交流。

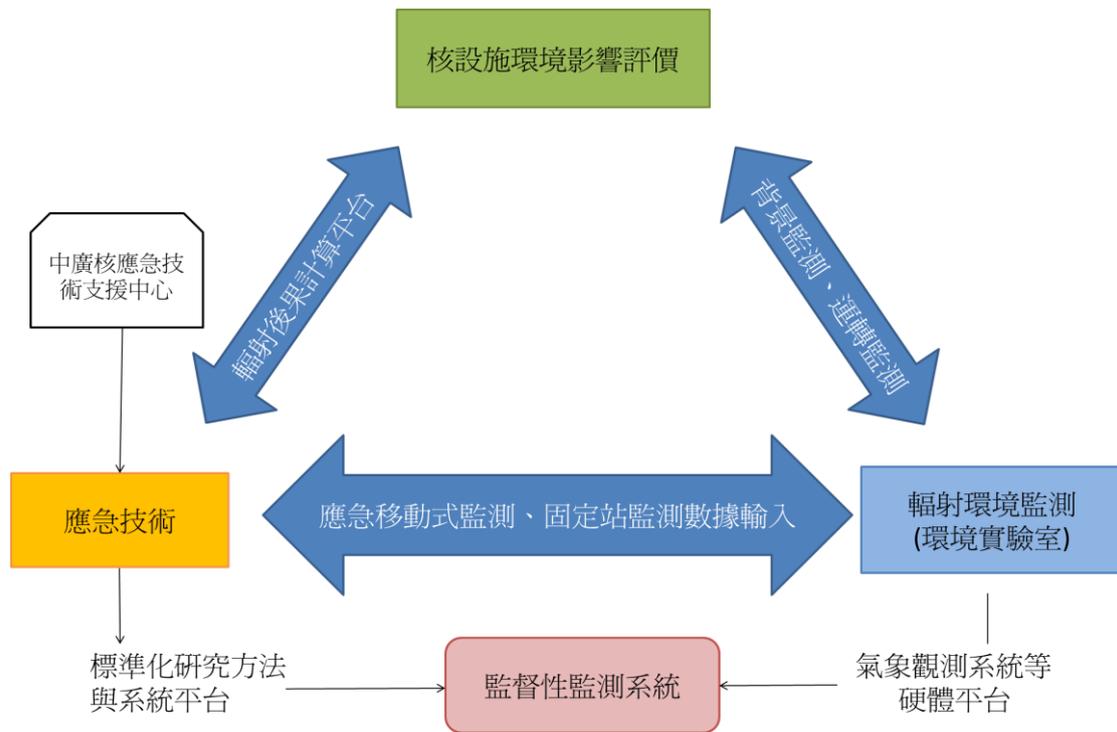


圖 4 中廣核集團應急技術及核電廠監督性監測系統運作概況

面對核能工業蓬勃發展，為適應核能與核技術利用事業的需要，大陸也制定相關法規要求，建立了涵蓋各類核設施和核活動的核安全法規標準體系。2003 年以來，先後頒佈並實施了《中華人民共和國放射性污染防治法》、《放射性同位素與射線裝置安全和防護條例》、《民用核安全設備監督管理條例》、《放射性物品運輸安全管理條例》和《放射性廢物安全管理條例》，制定了《核與輻射安全法規體系（五年計劃）》和一系列部門規章、導則和標準等。在核電廠監督性監測系統建設方面，依《中華人民共和國放射性污染防治法》第 24 條規定，核電廠環境監測採雙軌制：國務院環境保護行政主管部門負責對核動力廠等重要核設施實施監督性監測，而核設施營運單位應當對核設施周圍環境中所含的放射性核種的種類、濃度以及核設施流出物中的放射性核種總量實施監測，彼此互相確認。經詢問後瞭解，大陸核能電廠周圍輻射監測站之分布原則上採 16 方位，每一方位至少一偵測站之設立原則，並依情況適當增加分布密度，可作為台灣核能電廠輻射監測設站之參考。

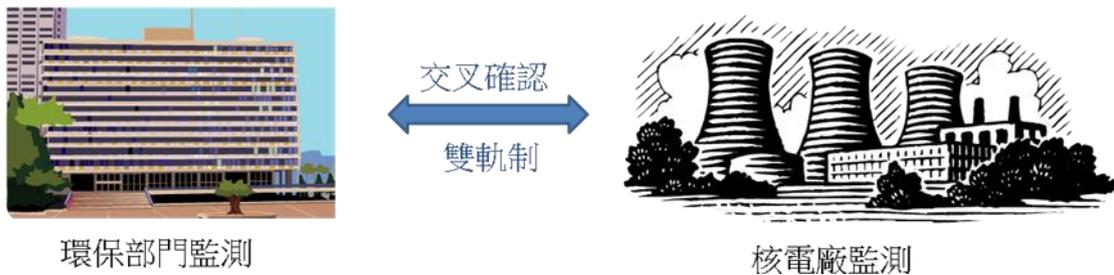


圖 5 大陸核電廠環境輻射監測機制

核電廠監督性監測系統組成方面，包括環境監測系統和流出物監測系統，作業方式如圖 6，監督性監測包括即時線上監測及實驗室取樣分析，儀器設備包括高純鍍譜儀、液態閃爍偵檢器、熱發光儀、總 α 、總 β 測量儀等。監測子站方面，依其配備儀器的多寡，分為三個類型：

- (一) 基本型：置於屋頂，包括碘化鈉(NaI)譜儀、高壓游離腔、雨量計及氣象設備等。其中碘化鈉譜儀係用以判斷輻射值異常時，是否存在核電廠釋放的放射性核種，高壓游離腔用以量測瞬間劑量率，氣象設備係輔助判斷氣象變化導致輻射值變化的影響；
- (二) 標準型(圖 7)：建於地面，和基本型相比增加氣溶膠(空氣微粒)和碘、氙和碳-14 取樣、乾濕沉降取樣裝置。其中，空氣中乾濕沉降取樣裝置類似我方之水盤及雨水等落塵取樣裝置，取樣後再送到實驗室進行分析；
- (三) 增強型：為一體化的設計箱艙，和標準型比較再增加了超大容量空浮抽氣裝置，主要用於事故條件下的快速取樣。

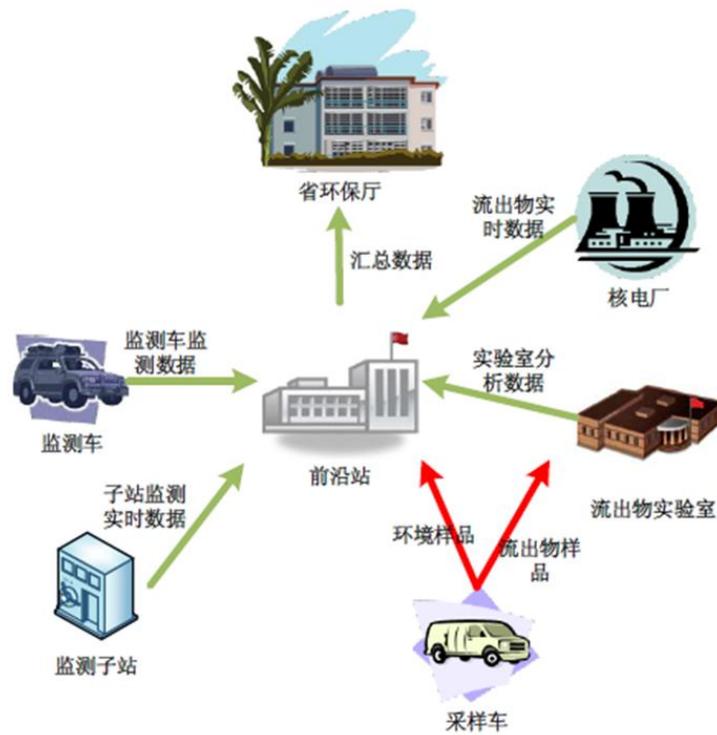


圖 6 核電廠監督性監測系統組成示意圖(資料來源：蘇州熱工研究院)



圖 7 標準型監測子站設備分布說明

由於蘇州熱工研究院實際負責寧德與陽江核電廠輻射環境監測系統開發，我方亦主動要求前往參訪該院之輻射監測系統，該系統顯示電廠鄰近各監測站之輻射劑量率(nGy/h)數值外，亦詳細臚列氣象參數，如空氣溫濕度、雨量、風向與風速等，同時展示各監測站鄰近之地理資訊與地域條件如湖泊、河川、水庫及道路訊息(圖 5)，可作為台灣核電廠輻射監測作業規劃精進之參考。



圖 8 參訪核電廠輻射環境監督性監測系統

在核能電廠應急方面，熱工研究院提供之應急技術服務包括從核能電廠建廠時期(獲得建造許可證後)之應急準備，包括選址應急條件評估、應急技術支援、應急決策支援系統開發、應急指揮平臺建設、應急計畫/執行程式編制，並於燃料裝填前協助應急聯合演習技術支援；在運轉後進行應急回應能力維持，包括日常/事故環境偵測、軟硬體平臺更新與維護、應急計畫編修及演習/應急回應技術支持等。

除此之外，該院同時積極發展應急關鍵技術，包括：重新評估現有應急監測系統及能力，建立應急條件下快速監測的要求及方法；開發核事故應急射源項反推技術；建立多機組事故和大規模自然災害聯合應急準備和應急回應能力要求的分析與評估方法；開發事故應急液態放射性物質釋放後果評估技術；完善核電廠事故後果評價方法，訂定核電廠事故後果評價系統標準化規範等。相關應急業務內容包括：

(一) 核電廠核應急準備與應變技術支援

- 應急專題研究工作與技術支援

- 應急能力維持、應急演習的評估和技術支援
- 應急決策系統平臺研發、更新與維護
- 應急計畫和執行程式定期升版的技術支援
- 應急回應期間的技術支援（集團層面）
- 應急環境監測策略制訂和優化

（二）研發工作

- 國家、集團回應專項研發任務；
- 應急相關法規、導則和標準編制；
- 應急體系研究。

在未來應急規劃方面，日本福島核事故後，大陸正研究參考法國建立北方與南方核應急快速救援隊伍，其中北方為中核集團為主體，南方則為中廣核集團，負責提供核子事故應急響應時相關設施與人員支援。而中廣核集團亦在日本福島事故後透過熱工研究院加強相關核應急技術支持中心的職能，運轉中之核電機組已完成各項短期安全應急改造項目，而建置中之機組則依計劃推行各項短、中、長期安全應急改進措施。

二、蘇州大學附屬第二醫院(又稱“蘇州核工總醫院”)

蘇州大學附屬第二醫院成立於 1988 年，為一家以醫療為基礎，集醫療，教學，科學研究為一體的現代化綜合性醫院；該院由中國核工業總公司投資，蘇州醫學院興建，又名核工總醫院、蘇州市第六人民醫院。自 1991 年起該院應國家核事故應急委員會要求下成立核工業輻射傷害醫學應急中心；1992 年 10 月與法國巴黎衛生局合作，正式掛牌為“中法友好醫院”；2002 年，醫院被正式批准為國家核事故應急後援組織之一，成為國家級應急單位，其地位在國家核應急醫學保障中為龍頭和示範作用；2010 年成為國家醫學救援技術支持中心，院內設有中國核工業輻射損傷醫學應急中心、秦山核電核事故應急醫療中心、蘇州市創傷搶救中心及蘇州市醫學院神經科學研究所等。醫療服務涵括全國核工業系統和江、浙、皖等地區及蘇州市所轄六個縣級市，重點擔負著蘇州醫學院教學及當地全國核工業系統職工醫療機構的業務指導和人員培訓等任務。

本次參訪由該院副院長王少雄(黨委書記)及院內負責核災醫療應急業務劉玉龍主任等作交流簡介，經該院說明，大陸目前主要負責國家核災醫療應變醫院分布在華東、西南、西北、華南與華北地區，除蘇州核工總醫院外，尚有核工 419 醫院、核工 416 醫院、核工 417 醫院、與北京核工總醫院 (圖 6)。

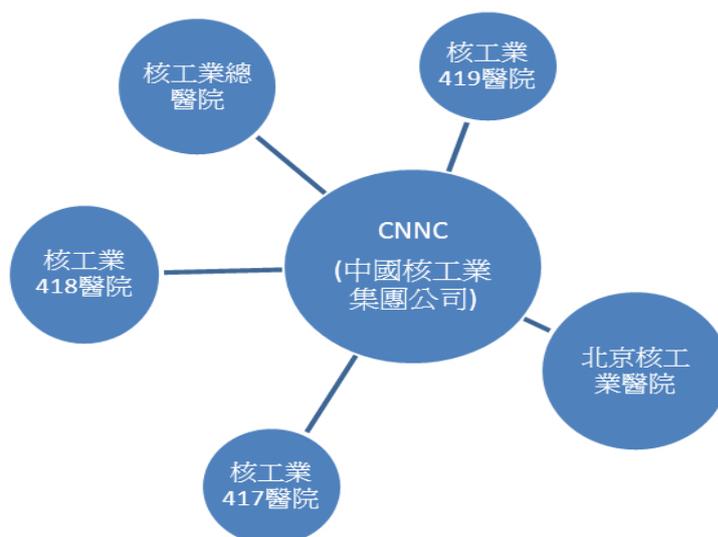


圖 9 中國核工業醫療資源分布

蘇州核工總醫院在核應急醫療之工作任務，摘述如下：

(一) 建立標準體系

- 1、參考制修訂國家職業衛生標準及核行；
- 2、工作規範化：制定完整核應急工作規程、制度以及常見處置核輻射突發事件醫學應急技術方案，提高應急醫學處理的規範化程度和技術水平；
- 3、編寫、修訂國家及核行業標準：《核電廠操作員的健康標準和醫學監督規定》、《核與事故應急醫學處理設施和裝備的規定》、《過量照射人員的應急處理規定》、《容許頒發核電廠操縱人員的健康證書的規定》、《核事故場內醫學應急影響程序》。

(二) 培訓實踐

- 1、自建院起每年舉辦核事故醫學應急相關專題的培訓班及交流研討會；
- 2、2006年起迄今舉辦國家繼續教育項目核事故醫學應急培訓班 8 年，規模逐漸擴大，今年參加人員約 100 餘人。

(三) 核災臨床救治

- 1、技術方面：
 - 放射損傷病患在現場救援階段的影響
 - 急性放射損傷的診治方案和救治實用指南的完善
 - 生物劑量估算新技術的研發
 - 新型抗放藥物的開發
 - 心理支持方案的建立
- 2、硬體建設：

- 建設現代化的放射損傷臨床救治病區－救治基地

(四) 核應急後援合同及職業健康監護和評價工作

- 1、落實國內所有核電廠的核應急後援支持合同；
- 2、開展國內核電廠進行操縱員和放射性工作人員的職業健康監護和評價，每年達 4,000 人次左右；
- 3、醫院自主研發心理測評系統（2011 年通過國防科技成果鑑定；2013 年獲中國國防科技進步獎）。

劉玉龍主任表示該院成立迄今 25 餘年來，因為輻射傷害而需醫院臨床治療的案例約 50 餘名，其中因核電廠輻傷病患收治約計 15 件，其他多為核子研究單位人員於操作時受傷送醫案件。劉主任也提到，雖美其名為核工總醫院，鑑於核傷病患個案數向來不多，醫院需仰賴其他專科醫療服務以協助醫院營運，故該院放射線科也開始思考其他增進該科財務來源機會，特研擬出核電廠新進人員就職前的心理性向問卷，期藉由 2 小時問卷內容，評估電廠運轉員的心理狀態及過勞指數，將相關數據及診斷結果提供電廠了解該員工心理人格特質是否合適於核電廠現場作業，以掌握從事核電廠工作品質及安全，此一作法可作為台灣之參考。

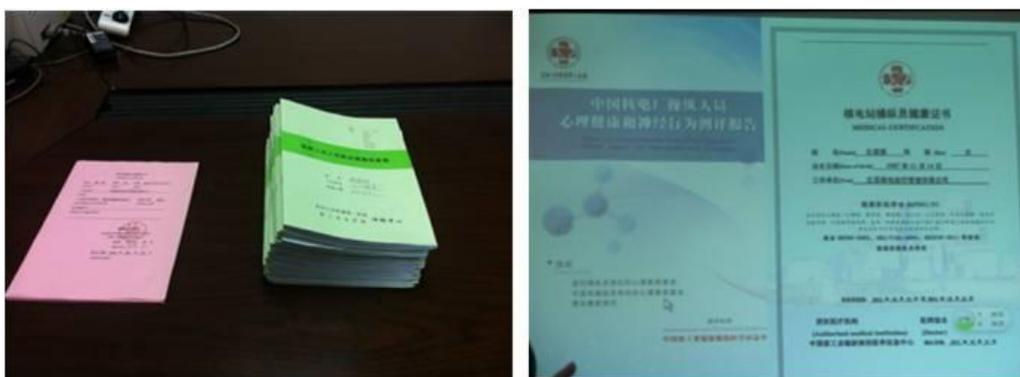


圖 10 中國核電廠操作人員(運轉員)心理健康和神經行為評估測驗及報告

蘇州核工總醫院除作為秦山核電廠核子事故醫療應變應急中心與蘇州市應急救援的後送指定醫院外，該院並承擔國家核事故應急辦公室、中國核工業集團公司、江蘇省核應急辦公室支持作業，發展各類有關核應急醫學、救援演練、預防保健、職業病、科技研究及教學工作，並可應需求成立核應急快速救援隊(成員皆為醫院內醫師、護理人員或技術人員，可於一小時內整裝出隊)。



圖 11 參訪核工總醫院並進行意見交流

參訪該院最後一站為內設之「核工業輻射損傷醫學中心」，其設有輻射檢測去汙洗消室、淋洗及手術救治室等應變設施(惟未見有任何使用過跡象與汙水處理管線設計)。此外，中心亦設有放射損傷臨床實驗區，但發現從事各實驗研發技術人員都相當年輕。該院也坦言相關技術或研究人員平均年齡多 20 來歲，資深專業人員不足，同時面臨以下挑戰：1.專業人員缺乏 2. 核事故醫學應急的準備和響應的水平不高，在基礎設施、救治能力、支持力量及物資儲備等存在較大的差距，難以進行大量傷患且傷情複雜醫學處理與防護措施 3.核事故醫學應急救援技能培訓與演練能力亟待加強 4.缺乏大規模核子事故傷害應變與救治經驗能力，面臨核應急問題跟核應急能力不匹配等多項問題，可以作為台灣在輻射醫療緊急應變平時整備作業的提醒與借鏡。



圖 12 核工總醫院輻傷醫學應急中心外觀與內部設施

三、華東核與輻射安全監督站

華東核與輻射安全監督站於 2010 年掛牌成立，為大陸環境保護部(即國家核安全局)下屬的六個派出地區監管單位之一，主要職責為根據法律法規，包括《環境影響評價法》、《放射性污染防治法》、《民用核設施安全監督管理條例及配套文件》、《放射性同位素及射線裝置安全和防護條例》、環保部(國家核安全局)相應的許可管理辦法(環保部長令)部門規章，管理文件和國家標準等技術文件等，和受環境保護部委託，負責上海、江蘇、浙江、安徽、福建、江西、山東等六省一直轄市區域內的核與輻射安全監督工作。

華東核與輻射安全監督站具體職責為：

- (一)負責核設施核與輻射安全的日常監督；
- (二)負責核設施輻射環境管理的日常監督；
- (三)負責由環境保護部直接監管的核技術利用專案輻射安全和輻射環境管理的日常監督；
- (四)負責由環境保護部直接監管的核設施營運單位和核技術利用單位核與輻射事故（含核與輻射恐怖襲擊事件）應急準備工作的日常監督，以及事故現場應急回應的監督；
- (五)負責由環境保護部直接監管的核設施和核技術利用專案輻射監測工作的監督及必要的現場監督性監測、取樣與分析；
- (六)負責對地方環保部門輻射安全和輻射環境管理工作的督查；
- (七)負責核設施現場民用核安全設備安裝活動的日常監督和民用核設施進口核安全設備檢查、試驗的現場監督；
- (八)負責民用核設施廠內放射性物品運輸活動的監督；
- (九)承辦環境保護部交辦的其他事項。

本次參訪華東核與輻射安全監督站由該站副主任劉建先生主持接待，並有該站辦公室毛潔紅副處長，與相關核電廠與輻射監督人員共同參與會議討論。站方除簡要介紹大陸核安全監督之法規及機構架構、該站之歷史沿革、現有組織與核安全局三個監管司之對應功能角色與職權分工外，並再就其監督檢查作業項目及其監督人員(即視察人員)資格與訓練要求加以說明，同時與參訪人員針對前述

各項內容進行意見交流及討論。



圖 13 參訪華東核與輻射安全監督站並進行意見交流

目前大陸的核與輻射安全監督工作屬環境保護部(即國家核安全局)之職掌，其下設有核設施(一司)、核電(二司)及輻射源(三司)三個安全監管司、5 個技術支持中心及 6 個地區核與輻射安全監督站負責此部分之工作(大陸國家核安全局組織架構，如圖 14)，其中緊急應變、核電廠管制及輻射防護作業分屬上述三個司，另核電安全監管司下設的四個處則分別負責秦山地區之機組、二代自主改良型機組(如：M310/CPR 1000)、三代機組(如：AP 1000)與先進反應器等之安全監管工作，有專業分工之意涵。

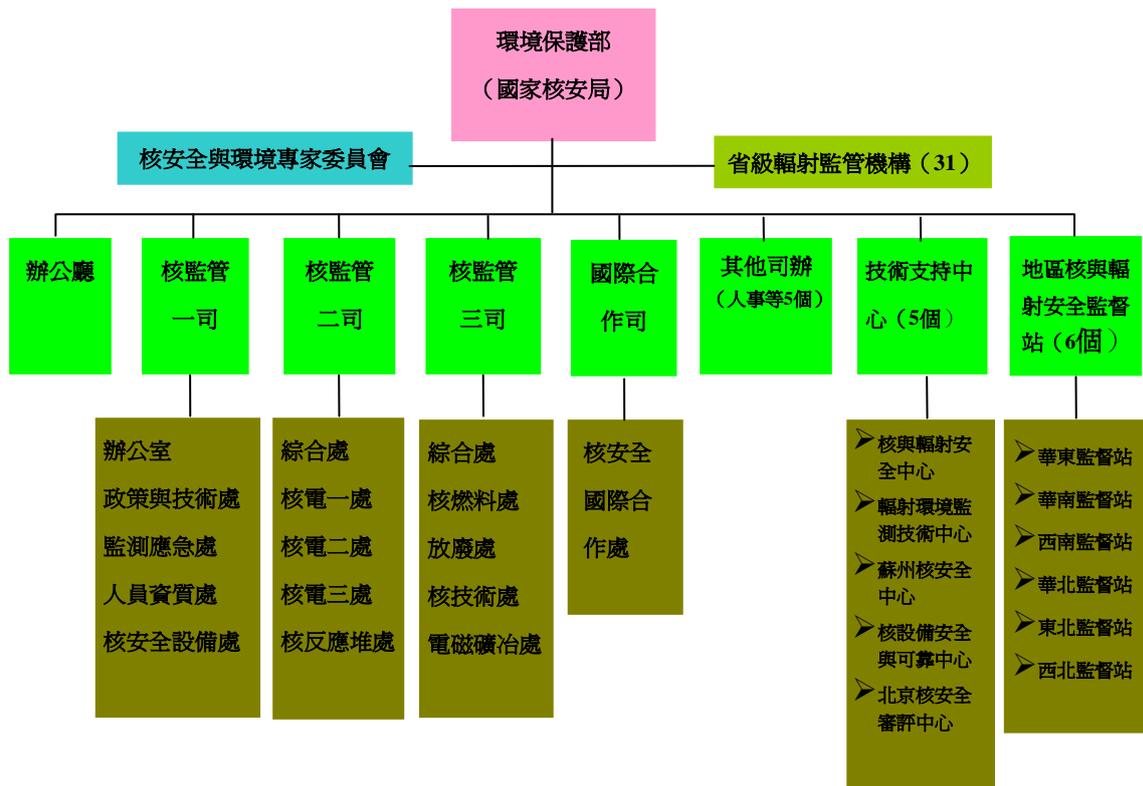


圖 14 大陸國家核安全局組織架構

華東核與輻射安全監督站其前身為上海核安全監督站，係大陸第一個地區性之核安全監督站，該站管轄地區範圍包括上海、江蘇、浙江、安徽、福建、江西、山東等六省一市，目前在其所轄區域內，共計有運轉中機組 8 部與興建中機組 14 部，均佔大陸目前運轉中及興建中機組之半數，此外另有 74 家核技術利用機構與 3 家鈾礦冶煉廠，均約佔全大陸總數的 1/3 左右。

該站初成立之目的主要針對秦山核電廠建廠與運轉安全監督的需要，因此所轄及監督對象僅有秦山核電廠，編制人員較少，但後續因大陸機構改革、法令變更(輻射監督改由環保部門負責)，以及近年來大陸積極發展核能發電與核能產業等因素，2006 年以來即歷經 4 次之組織更名、轄區、業務職掌與編制之調整，也因此其人員多半為近年招募之年輕新進人員，整體平均年齡不足 30 歲。目前該站下設有 7 個一級處、室部門(華東核與輻射安全監督站組織架構，如圖 15)，人員編制為 75 人(實際在職人數 66 人)，其中 3 個核設施監督處之工作職掌分別對應核安全局核電安全監管司的四個處，監督一處負責秦山地區；監督二處負責秦山地區以外之 M310(二代自主改良)型之機組(福清及寧德)；監督三處負責三代及以上之機組(三門、海陽及榮成【清大之高溫氣冷堆】)，至於核技術利用監督

處則負責放射源、射線裝置與鈾礦之監督；輻射環境監測與督查處則係負責地區監督性監測與對地方政府輻射環境管理監督。

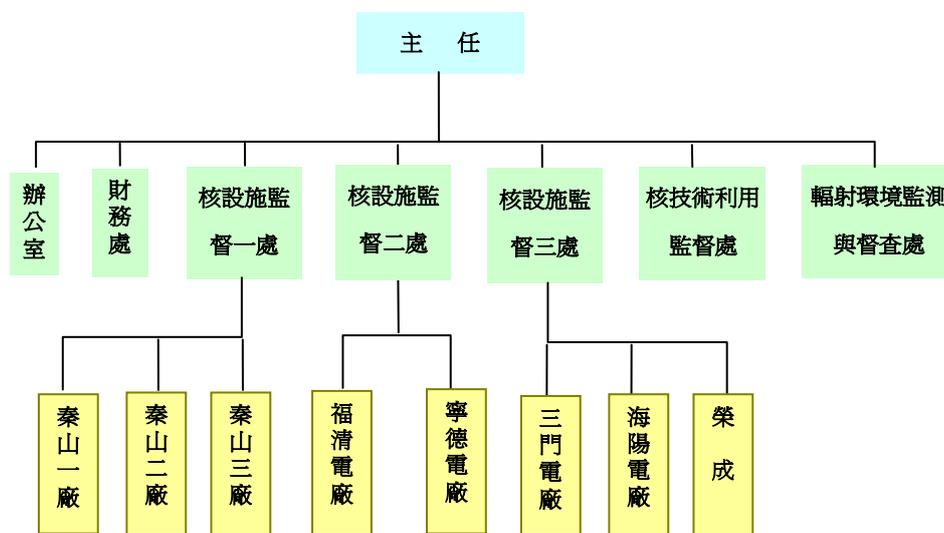


圖 15 華東核與輻射安全監督站組織架構

在核電廠的監督檢查業務執行方面，依據站方之介紹及在討論過程中之了解，在電廠駐廠作業、例行(定期)/非例行(不預警)檢查、專題(案)檢查，以及通報/報告等之規定要求與制度方面並無特別之處，僅在檢查團隊成員之組成方面，其並非由其監督員組成並負責執行，而係以外聘專家組成之方式為原則，較有明顯的不同。此差異或許與其早期人力不足，而近年來人力雖有增加但仍有經驗與技術能力待累積提升有關。至於相關執行面之細節部分因限於參訪時間因素，尚未能詳細討論。由於該站之新進人力大多均為學校剛畢業或僅有 1 至 2 年工作經驗之人員，明顯有加強訓練以強化其專業知能及經驗之需要，且簡報顯示大陸核安全局對於監督員執行監督工作有其訓練及證照要求方面，因此討論交流時，參訪團隊除請站方就此部分再進一步說明外，並亦就本會之視察員證照授證制度與作法進行交流。依站方之說明大陸之監督員除須取得相當於本會之視察員證照之核與福射安全監督員證外，部份人員亦須再取得相當於專技人員執業證照之註冊核安全工程師證方能獨立執行監督工作，此與本會視察員證照授證制度不同。此外根據後續於福清電廠再向該廠之監督員了解，發現前述授證及考試過程約須 2~4 年之時間，其中前 2 年須完成核安全局規定之內部訓練並見習監督工作，期間並需擇期至中廣核公司進行為期半年之系統訓練，並再通過核安全局之

審核，方能取得核與福射安全監督員證，此後另需再至中廣核公司之 401 學院受訓，方得參加註冊核安全工程師之證照考試，根據此一訓練作法及狀況，其監督員證的取得大致需完成相當於台灣運轉人員之訓練內容。

另針對大陸同一電廠多為 4 部機組以上，甚至有不同機型，特別是大陸近年來核能產業發展迅速，遍佈存在有人才與經驗不足之問題，因此再就駐廠人力配置情形進行了解，依站方之解釋及了解，華東站每一監督處目前大致管轄 2~3 個廠(址)，每個廠並設有科級單位在廠進行監督，而監督人員均係以出差方式長駐電廠，除回站(每月 1~2 週)或支援其他電廠外，監督員通常在非當值駐廠期間仍會留駐電廠。因此依站方之說明與華東站每部機組約 3.8 人之配比推估，在扣除休假、回站及支援他廠等可能不在廠之人力後，單一廠址於任一時間應該會有 4 名以上之監督員在廠。

最後劉建副主任表示，在核與輻射安全管制方面，面臨另一個挑戰為地方民眾的反彈，該方同時遭受民眾質疑核電是否絕對安全，科學數據與民眾溝通之間的隔閡難以突破，相關溝通座談會之辦理係依環保部規定進行，由地方政府主辦，監督站派員參加，在這方面陸方坦承他們的經驗是較為不足的，希望未來雙方可以增加彼此的經驗交流，同時為兩岸的核電安全管制作業共同努力。



圖 16 參訪人員與華東監督站人員合影

四、中國輻射防護研究院(簡稱“中輻院”)

經由前 2 日參訪行程，對於大陸地區之核電發展與核子事故緊急應變監督管制體系已有初步認識，在 10 月 16 日中國輻射防護研究院（簡稱中輻院）的參訪行程中，更深入瞭解大陸核應急體系之研發技術能量支援，及中輻院在整體核應急體系下所扮演的角色。

中輻院是位於山西省太原市的一個研究機構，院區幅員遼闊有一種似曾相識之感，宛如進入本會核能研究所研究環境，而實質上該院定位與屬性也與核能研究所相近。有別於核能研究所研發重點，部份已轉型為新能源、再生能源研發，而中輻院則為致力於輻射防護研究與應用之核能專業科研機構。中輻院隸屬中國核工業集團公司，主要從事與核工業輻射防護有關的保健物理、核事故緊急應變、放射性廢棄物管理、環境保護、輻射生物與核醫學之相關研究與技術開發，旗下也有技術轉移之核子儀器製造公司與輻射照射廠，可說是中國核能產業奠基的技術研發重鎮。參訪當日由該院李昆明書記及核應急與核安全研究所張建崗所長及相關技術研發同仁接待，並由張所長為我們一行人就中輻院成立歷程、組織架構與研發重點進行簡報，簡報一開始張所長即說明中輻院目前有職工約 1,100 人，特別強調其中有一位為中科院院士，意表在整體中國科研領域上，研究機構能有一位院士是非常難能可貴的。中輻院下設有 6 個研究所、6 個科技產業公司、6 個支援中心及多個重點實驗室，之所以為中國核技研發重點單位，在於它的研究歷程主要是為了兩彈一艇（原子彈、氫彈、核潛艇）國防戰略價值建置而起步，隨著改革開放後，大陸亦由國防科技工業面向朝向民生經濟發展，因中國核電建設為國家經濟發展提供了重要推動力量，是以中輻院也由過去核武研發能量轉為核工產業支持之研究。因為在研制「兩彈一艇」的過程中，中輻院已建立了從鈾礦勘探、冶煉、濃縮、核燃料、核反應器元件製造到放射性廢物處置，發展出一整套獨立完整的核科技工業體系，對於轉型為核電發展技術研發上，毫無跨域門檻之限制，因此在 50 年科技研究上取得 6,000 多項傲人研發成果，在張所長簡報說明時之加重語氣，可看出他內心引以為榮的感受。

張所長在後續簡報中開始對於各實驗室之研發重點進行說明，其中提到有關所內實驗室已建立中國人體內劑量模型、人體數字模型及核事故劑量評估程式開發與核設施地下水監測等議題，本團一行同仁都非常有興趣，特別在核設施地下

水監測議題上，鑑於核設施如有放射性物質洩漏，當地下水流經核設施將會把洩漏之放射性物質帶出而造成環境污染，故本會同仁即問到大陸核電管制單位是否有參考美國能源部管制措施對於核設施地下水進行環境監測與取樣。張所長表示大陸地區自 1991 年秦山核電廠及 1992 年大亞灣電廠運轉迄今約已 22 年，並未發現有任何電廠檢測到地下水污染情事發生，惟在核燃料循環設施的地下水是否會有污染可能性，就不太清楚。在說明中張所長並未確切說明陸方對於地下水環境監測實務作業情形，可能非其職掌業務，亦有可能大陸管制單位對於核設施地下水監測作業尚未施行，是以在回應中並未確切說明。

在討論交流過程中，我方有善意提醒陸方，鑑於日本福島核電廠地下水帶出放射性物質，造成輻射污染海域情事發生，因此我方在核電總體檢上，特針對核設施地下水監測與取樣點列為強化項目，因此也就我方管制實務經驗提供陸方參考，可為大陸日益增多之核電廠管制上預為籌劃。其中另在簡報中提到中輻院有提供航天員劑量技術服務，因台灣尚未有成熟太空科技發展，因此對於大陸航天員劑量管制特別有興趣，而張所長則表示對於航天員劑量僅進行評估，但並未立法管制，此外對於一般航空空服員劑量也有進行檢測也未立法管制，隱含在空服員飛行劑量上陸方雖定位為職業曝露，但未以職業曝露劑量限度管制空服人員。在交流過程中，張所長針對我方所詢部份均詳盡回答，如有偏於專業技術疑問，也請技術同仁回答，有別於其他參訪管制單位，該院研究人員的態度總比較開放與大度，應與該院常與國際及兩岸交流孕育所出，也使本團同仁感受特別深刻。



圖 17 張所長向本團同仁進行簡報並進行意見交流討論

在交流會談結束後，院方特別安排我方與本次赴陸參訪需求有關之核子事故緊急應變與輻射安全相關實驗室進行參訪活動，參訪地點分別為 1.核環境科學研究所之核環境模擬實驗室、環境分析實驗室 2.核應急與核安全研究所之核應急與核安全實驗室及 3.中輻核儀公司。核環境科學研究所是目前中國能夠將系統性、全面開發核環境科學的綜合性研究機構，主要開展外釋物質及環境監測；污染物在不同介質（大氣、地下水、生物）中的擴散、遷移、轉移規律；開發核設施和輻射環境影響評估技術和方法；污染場地的整治技術；核事故應急和後果評估；核環境安全保障等方面的科學研究。下設有大氣環境研究室、水環境研究室、放射生態研究室、核環境安全與整治技術研究室、分析測試中心等研究部門。中國核工業集團公司的核工業環境監測與評估中心、核工業輻射環境模擬評估技術重點實驗室、核工業太原環境分析測試中心等相關研究單位也設在該處；核應急與核安全研究所在核應急計畫和準備、應急評估和決策、應急響應與技術等方面具有全面的技術能力，並進行緊急應變計畫區劃分、應急行動水平、操作干預水平、核事故源項分析、核反恐技術的前沿科學研究和技術服務，開展國內外重大核活動與核事件的應急準備和響應。

以下謹就參訪各實驗室之重點，說明如下：

（一）核環境模擬實驗室

1、基本介紹：

該實驗室主要是以大氣邊界層風洞實驗室、水環境實驗室與放射生態實驗室三部份組成。大氣邊界層風洞實驗室利用風洞模擬電廠外釋物質的空氣動力學的實驗，風洞的原理是使用動力裝置在一個專門設計的管道內驅動一股可控氣流，使其流過安置在內部的靜止模型(核電廠下風向的環境地形)，模擬外釋物質(以一氧化碳為追蹤物)空氣中的運動，測量作用在模型上的空氣動力，觀測模型表面及周圍的流動現象，所得數據可用於開發在地形的擴散模式，進而應用於核子事故發生時的大氣擴散影響評估。因配合本團參訪需求，故院方安排以大氣邊界層風洞實驗室及核子事故劑量評估程式展示為主。

2、研究目的：

大氣邊界層風洞實驗室主要研究項目有三：1.流層探測，模擬核設施地形與建物對於氣體擾動效應的流層探測。2.濃度場的測量，模擬等比例縮小之核設施煙囪位置，以濃度 ppm 級之一氧化碳作為示蹤氣體排放，然後進行下風向軸線及水平與空中垂直濃度採樣，以判定最大濃度高度與煙羽擴散範圍所得相關參數，作為核設施環境影響評估與緊急應變劑量評估程式開發之數據及參數。3.發煙照相，主要是定性觀察煙羽流動研究，在暗室中利用偏光效應，觀測煙羽在不同氣象條件是如何飄散遷移，對於設置核反應器之環境布局與煙囪高度合理性，可作驗證評估。

3、觀察重點：

在興建電廠前，中輻院會依據電廠附近地形條件與建物高度，建立縮小比例的電廠模型，再進行大氣邊界層風洞實驗，以觀察煙羽擴散模式，作為平時正常排放與事故時煙羽排放之參數，此項研究將使核子事故劑量評估程式設計更為細緻與準確。另外實驗室展示自行開發之核子事故劑量評估程式，該系統可以輸入相關數據(射源項資料)運算輸出推估狀況，並顯示各區域的劑量影響程度(含影響人口、影響範圍、推估劑量等)，並提供參考干預方案供政策決策單位作為依據。此外，更可作到多核種非均勻相煙羽擴散及乾濕沉降效應評估能力，並完成單機版作業系統(能在個人電腦上運作且運算時間僅須要 5 分鐘左右)與高解析度網格(200 米)預測，其核子事故劑量評估研發能力，已有超英趕美之勢不容小覷。



圖 18 大氣風洞實驗室內部設備

(二)環境分析實驗室

1、基本介紹：

核工業太原環境分析測試中心擁有野外試驗基地（中國唯一獲國家環境保護行政主管部門核准，可以在包氣帶、含水層開發放射野外示蹤試驗的研究設施）、地下水及地表水模擬試驗裝置、放射生態模擬溫室、污染物分析測量實驗室及先進儀器設備，該中心除了研究放射性分析技術還協助中國環境保護部華北區域的環境樣品分析工作。本次參訪安排為環境分析測試中心與低本底（low background）放射性實驗室。

2、研究目的：

對於電廠流出物與環境監測。並對環境影響評估進行技術開發。

3、觀察重點：

環境分析測試中心之實驗室，與國內輻射偵測中心實驗室相類似。舉凡總 $\alpha\beta$ 計數與 γ 能譜分析，該實驗室均有建置。但其實驗室設備與國內同級實驗室比較，似乎略為簡陋，是否在例行性檢測業務上，投入經費較小，就不得而知。現場詢問實驗室負責人楊博士，對於超鈾元素如 Pu239 中輻院是否有定量分析能力，楊博士表示，此為下一階段重點研發項目，目前尚未進行。另在低本底（low

background) 放射性實驗室參訪中，對於該院已開發出中國參考人數位體素假體 (Chinese reference digital voxel phantoms) 令人印象深刻。過去在體內輻射劑量防護研究上，均以 1975 年 ICRP 第 23 號出版物提出的參考人數據，應用於體內劑量估算。惟 ICRP 參考人係以西歐北美人群為主，與東方民族有個體上的差異，因此在實際應用上仍要調整不同民族之個體差異。而大陸在 2002 年建立了中國第一個參考人數學模型，至此，對於華人核醫藥物研發、體內外劑量評估上，將可更為準確與提昇研究效能。



圖 19 參訪環境分析測試中心，右為體內劑量評估之中國參考人假體

(三)核應急與核安全實驗室

1、基本介紹：

實驗室在核應急計畫和準備、應急評估和決策、應急響應與技術等方面具有全面的技術能力，本次主要參訪緊急應變相關偵檢設備、除污器材與強輻射場用機器人等。

2、研究目的：

核子事故緊急應變評估與核安全技術開發。

3、觀察重點：

核應急與核安全實驗室在緊急應變體系實務運作上，較像國內核安

演習中之監測中心，因此對於核事故中之輻射監測工具一應俱全，從個人防護設備、除污帳篷、各類型輻射偵檢器到輻射監測車應有盡有，且設備均統一保管於專屬房間，不會在緊急應變時，有調度措手不及之慮。其中最令全團團員驚豔之處，在於該實驗室已發展輻射場用機器人，可在事故發生時，進入高輻射場進行偵檢、檢視察看等多樣工作。鑑於福島事故發生時，對於高輻射場區之劑量分佈與設施內部損傷狀況，無法由人員直接進入瞭解，因此機器人的運用，在緊急應變時，亦可發揮極大效用，有其發展購置之必要。由院方在緊急應變所投入之硬體設備，可看出大陸在致力發展核能發電時，亦能兼顧應變整備工作，也顯現中輻院在大陸核電發展上扮演極重要角色。



圖 20 應變儀器設備及輻射場用機器人

(四) 中輻核儀公司：

中輻核儀公司是中輻院和山西金通投資共同出資組建，主要生產個人劑量計、區域監測器、手足偵檢器等核子儀器，已大量用於大陸各核電廠輻射監測作業使用。在參訪中有詢問該公司人員，偵檢器之蓋格管是否為陸方自行生產，工程師表示蓋格管是由日本進口，由此可看出偵檢器生產製造之關鍵技術，中輻公司仍尚未掌握。



圖 21 參觀中輻核儀公司研發生產線

五、參訪中核集團福建福清核電股份有限公司 (簡稱 “福清核電廠”)

中核集團福建福清核電股份有限公司屬於中國核能電力股份有限公司的控股子公司，分別由中國核能電力股份有限公司(51%)、華電福新能源股份有限公司(39%)、福建省投資開發集團有限責任公司(10%)共同出資於 2006 年 5 月 16 日成立，負責福清核電廠之開發、建造、測試、運轉的核安全。

福清核電廠位於福建省福清市的三山鎮前薛村並面臨興化灣，為目前大陸距離臺灣本島最近的核電廠，直線距離距臺灣最近處為苗栗縣通霄鎮約 164 公里，距台北市政府則約為 219 公里，均較至核三廠的距離都短。廠區規劃設置 6 台百萬千瓦級之壓水式核電機組，其中 1 號機至 4 號機為第二代改良型壓水式反應爐 CPR-1000(M 310 改良)，採雙機組佈置，單機發電量為 1080 MW；5 號機和 6 號機目前規劃採用第三代壓水式反應爐 ACP-1000，採單機組佈置，單機發電量為 1100 MW，建成後總發電量為 6520 MW。

本次參訪福清核電廠由華東核與輻射安全監督站派駐福清核電廠監督員劉成運先生陪同，並由福建福清核電股份有限公司顧健副總經理接待。到廠後廠方安排先赴 1 號機工地現場參訪，了解工程實況後，再由其進行簡報說明。

首先至反應器樓層除由電廠人員介紹外，參訪人員並就近觀看反應爐，其後至 1 號控制室參觀，由於 1 號機正進行試運轉測試階段，因此控制室內充斥測試人員忙碌的身影。至於控制室之盤面佈局，與龍門電廠有相當大的差異，除無顯示機組重要相關資訊的 4 個 SPDS 螢幕外，其警報窗設置在大盤(wide display panel)的中間位置而非上方之設計，更顯不同；此外於值班主任位置之右側(面向大盤)另設置負責監控機組運轉狀況之註冊核能安全工程師之崗位。



圖 22 參訪福清核電廠 1 號機反應爐施工及控制室測試情形

其後再至保健物理管制站(大陸稱為衛生出入口)參訪。由於參訪過程中仍不時可見現場有部分臨時性之消防管路，以及廠房內仍有開挖情形與保健物理管制站設備仍多尚未安裝情形，且發現現場廠務狀況似與早年之龍門電廠有些類似。針對這些情形，廠方人員除不諱言其規劃於明年初進行緊急計畫聯合演習及燃料裝填的目標，仍有嚴峻的挑戰外，對於廠務管理的問題，其亦於討論交流時指出確有問題，並說明該公司並曾因此兩次要求承攬工程施工之中國核電工程公司撤換工地負責人員，同時也表示後續 2~4 號機之廠務狀況已有相當之改善，而此情形陪同之監督員亦有類似之說明及成果，顯示廠方對於廠務問題對工程品質之可能影響有所認識並積極謀求改善。



圖 23 參訪福清核電廠保健物理管制站施工情形

依據廠方之說明，福清電廠規劃分 2 期進行建設，1 至 4 號機為第 1 期，5、6 號機為第 2 期，第 1 期於 2008 年 11 月 21 日開工後，原規劃於 2014 年起陸續開始發電，並至 2019 完成，然受 2011 年福島事故後暫停並進行檢討強化評估影響，1、2、3 號均延誤至少 1 年；4 號更因此延後至 2012 年底才開工；5、6 號機現正進行 Level 1 工程計畫之規劃，預計於 2014 年起陸續開工。目前 1~4 號機

組進度情形如下：

- 1 號機：規劃工期為 68.5 個月，2008 年 11 月 21 日進行首次混凝土澆灌，目前工期為第 58 個月，核島區已基本安裝完成(99.3%)並已於 2013 年 10 月 2 日完全一次側回路之水壓測試，現階段工作重點為系統功能測試，443 個系統已完成測試移交 68.3%，另規劃於今(2013)年 12 月 16 日進行熱測試。
- 2 號機：規劃工期為 64 個月，2009 年 9 月 18 日進行首次混凝土澆灌，目前為工期第 48 個月，核島區進度 63.8%，主管路已完成安裝銲接作業，現正進行爐內組件的安裝。
- 3 號機：規劃工期為 56 個月，2010 年 12 月 31 日進行首次混凝土澆灌，目前為工期第 33 個月，核島區進度 21.8%，核島區設備已完成定位，現正進行主管路之安裝銲接作業。
- 4 號機：規劃工期為 52 個月，2012 年 11 月 17 日進行首次混凝土澆灌，目前為工期第 10 個月，正進行廠房土建作業，圍阻體襯板環型銲道已完成 80%。



圖 24 福清電廠施工情形

自現場返回後，廠方於電廠維修大樓會議室就公司概況、電廠建設規劃與工程現況等進行介紹及說明，同時雙方亦就電廠建造與對外民眾溝通的困難和問題、日本福島事故的影響與檢討強化，以及緊急計劃演習與地方回饋等議題進行討論交流。

針對電廠應急應變方面，目前福清電廠正建置應急中心(即應急指揮部)，其建築結構以能應付天災為基本概念(此與台灣目前要求台電設置免震重要棟為相同理念)，應變時該中心指揮官為公司副總，中心備有事故評價及應急支援系統，同時旗下之技術支援中心會將電廠相關參數提供至應急中心，並設有視訊，為電廠主要應急部門。另在電廠內部醫療處置方面，分三級制度，第一級為廠內設置之衛生所，有 24 小時值班之醫師(施工期間為 8 小時)；第二級係為福清市內較具規模之醫院；第三級為蘇州核工總醫院。



圖 25 參訪人員與福清核電廠廠方進行意見交流

總的來說，目前福清核電廠正積極進行相關機組建設作業，並訂定明年初進行緊急計畫聯合演習及 1 號機燃料裝填等目標，作為目前大陸距離臺灣本島最近的核電廠，在經濟性與安全性的平衡桿上，能否確實執行核安文化及完善廠務管理，為值得關切的議題，同時並顯見海峽兩岸核電安全合作協議簽訂之重要性，未來可再進一步訂定平時公開核電廠之輻射監測數據資料，災時即時通知與訊息交換機制，以保障國人安全。

六、參訪福建省核應急中心

中國大陸核子事故緊急應變體系為國家級、地方政府級（省、自治區、直轄市）和核設施營運單位之三級管理體系，分層執行相對應之核子事故緊急應變工作。地方政府級於應急時成立核設施核事故應急管理會和應急響應小組。由地方政府相關職能部門組成。平時設核事故應急管理辦公室，負責制定廠外應急計畫等應急準備工作，編制屬於省環境保護廳。

福建省內有兩座核能電廠，一座運轉中之寧德電廠及興建中之福清電廠，其中，寧德核電廠 1 號機已運轉發電，另外 3 個機組仍興建中；福清核電廠有 6 台興建中之機組，1 號機預定於 2014 年進行燃料裝填。為瞭解福建省緊急應變作業以及省級核應急中心人員編組與設施，特進行福建省核應急中心參訪作業，瞭解地方核應急中心架構與應變體系。

本次參訪由福建省環境保護廳叢瀾副廳長(同時為省核應急辦公室常務副主任)陪同參訪並親自解說，雙方人員並於現場參訪完畢後進行交流溝通。福建省核應急中心正規劃建設中，規劃之組成架構如下：

- (一) 核與輻射科普知識館
- (二) 環境輻射自動監測
- (三) 輻射環境移動監測平台
- (四) 瞭解移動基站和廣播設施
- (五) 環境質量和生物指示
- (六) 廠內廠外核應急
- (七) 在家隱蔽-早期防護
- (八) 撤離到避難所-升級階段
- (九) 人員及車輛去汙洗消
- (十) 輻射監測實驗室
- (十一) 省核應急指揮決策系統
- (十二) 移動基站
- (十三) 認識變電站和輸變電線路



圖 26 福建省環保廳叢瀾副廳長向我方簡介福建省核應急中心

由於尚未建置完畢，本次僅針對部分項目進行實際參訪，摘要說明如下。

(一) 核與輻射科普知識館：

叢副廳長表示福建省環保廳相當注重資訊透明化與教育宣傳工作，並於今年來台參觀台電公司北部及南部電力展示館，獲益良多，故於一樓建置核與輻射科普知識館，此外，為引起民眾興趣，特設置電磁輻射儀器讓民眾測量手機於接通時之電磁輻射數值。由於手機之電磁輻射為非游離輻射，參訪團建議陸方可加強說明，以避免民眾混淆。

(二) 環境輻射自動監測及輻射監測實驗室：

就大陸地區而言，環境輻射監管與監測工作經過三十多年的發展，已基本建成了由國家、省級、部分地市級組成的三級監管與監測機構。大陸全國性的環境輻射監測網絡形成，以環境保護部所屬單位為樞紐，各省輻射環境監測機構為主體，涵蓋部分市級輻射監測機構的監測網絡。2011 年日本福島事故後，該省進行輻射環境監督站擴編，省環保廳編制有輻射監測實驗室，在電廠建立前約有 20 人，負責天然放射性核種分析與全省環境輻射背景調查，這與我方電廠所在之地方政府不涉入輻射監測領域截然不同。另由於近年福建省境內陸續建造寧德及福清兩座核能發電廠，因應建廠進度，該實驗室已逐漸擴充至 70 人，除

了接收電廠必須移交之主要方位監測子站，省也撥付 800 餘萬人民幣充實實驗室主要測量儀器設備，監測數據以雙軌制與電廠單位作交叉確認，就是我方所稱之平行監測。省級之標準監控性監測站主要為碘化鈉輻射偵檢器、高壓游離腔、乾濕沉降及相關氣象監測設備，同時並將輻射監測即時數據公布於建築物外。

本次參訪同時參觀福建省核應急指揮中心之增強型監測子站，與我方最大的不同在於陸方的乾式沉降收集盤，它的功能類似我方水盤，但是底部容器平時保持乾燥，降下的空浮微粒可能再被風吹走，只有取樣時才將當時收集盤表面沉降的落塵以水洗入容器中，我方水盤則以水收集所有掉落的微粒，故我方輻射測量值應高於陸方乾式沉降的測量值，此有保守評估的作用；另我方僅高壓游離腔與氣象設備會設於同一地點，因為初下雨時，雨水將高空的氬氣放射性子核沖至地面，會導致地面高壓游離腔顯出較高的輻射劑量率值，故記錄圖上輻射劑量率與雨量均有突峰現象；我方其他沉降收集設備、抽氣機等取樣裝置大部分開設置，如抽氣機的裝置位置大部分選在人口聚集的學校，而陸方核能電廠可能為了方便興建移交給環保主管部門，全部建於同一站內，陸方報告雖然有建於地面或屋頂的差異，若就貼近民眾生活方式以取得更真實評估民眾劑量的因素來考量，陸方在設置考量上稍無彈性。

(三) 福建省核應急指揮中心(省核應急指揮決策系統)：

大陸核電廠的應急待命、廠房應急、廠區應急三個應急狀態由核電廠的營運單位根據事故情況確定，並即時報告省核應急委員會。廠外應急狀態由核電廠的營運單位向省核應急委員會提出建議，省核應急委員會決定是否要進入廠外應急狀態。

福建省核應急指揮中心位於該建築物 13 樓，主要中心格局佈置似一般會議室，周圍有許多應變資訊大圖，如電廠位置、去汙洗消安置點等，與大坪林中央災害應變中心不同的是，每個座位上無架設電腦等設備，相關資訊之提供由該棟之 11、12 樓(未實際參觀)聯絡員負責，其資訊交流即時性仍有討論空間。

進駐福建省核應急指揮中心人員為核應急委員會之成員，該省應急架構及核應急委員會之組成如圖 24，主要為省應急委員會、核電廠核應急以及軍隊，與台灣地方災害應變中心有許多不同之處：1.大陸於應急響應時之民眾防護行動措施係由省應急委員會專家諮詢組提供決策建議，再由省應急委員會主任下達掩蔽、服用碘片及疏散命令；2.省級核應急中心本身具有輻射監測與評價專業組，並且有相關決策系統進行事故評估與劑量計算，在前站拜訪福清電廠時，得知電廠也監測周圍 10 公里環境輻射，但是緊急事故時，省應急組織之下「輻射監測與評價組」(同我方之輻射監測中心)，完全由省編制的輻射監測人員擔當，並沒有編入電廠人員，也同樣動員加入了專家諮詢組與軍隊支援力量等可用資源；3.碘片採取事故時統一發放，並無儲備整個福建省所需碘片份量，各省碘片採購數量互為備援，與台灣採取預先發放及地方區域、國家統一集中保管模式大相逕庭。

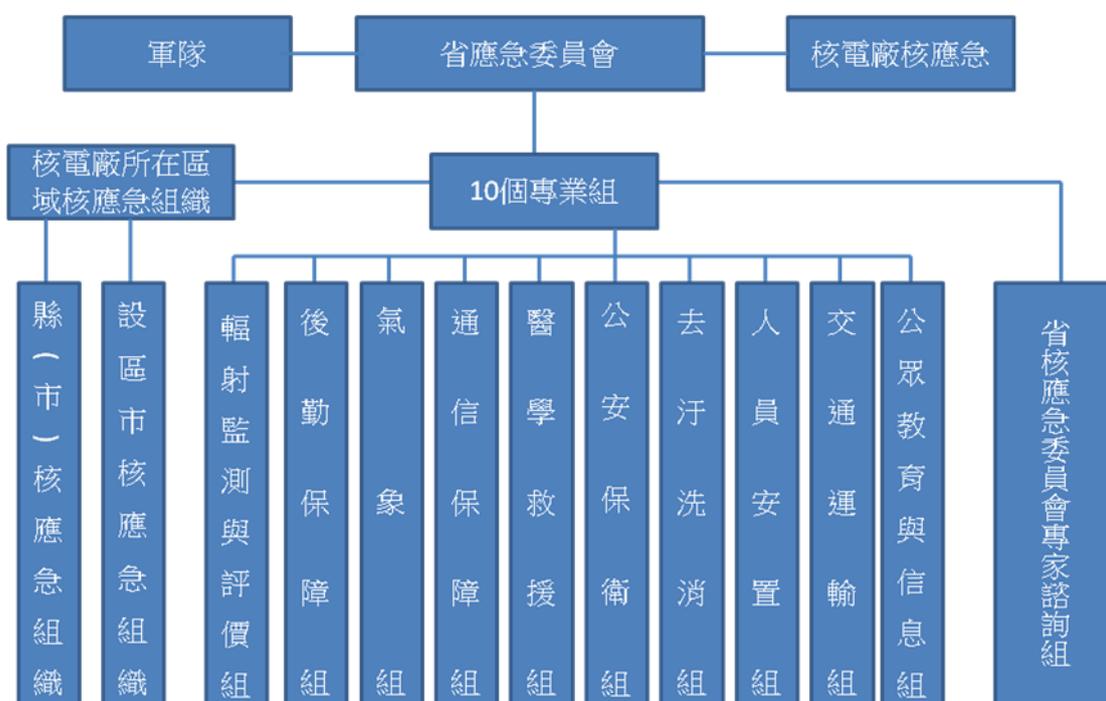


圖 27 福建省核應急架構

雙方於現場參訪後進行意見交換與未來交流項目討論：1.福建省境內兩座核能電廠仍在興建中，惟寧德電廠的一號機於去年開始發電，相關應急響

應的演練與訓練以及民眾教育溝通，台灣的經驗比較豐富，希望能加強經驗交流；2.希冀未來在核應急與核安全方面能多些實質性合作與交流，並且能彼此互相觀摩核安演習，從中學得相關經驗。

肆、心得與建議

- 一、日本福島事件過後，由於媒體的大篇幅報導，民眾對於核能安全疑慮漸增，加上大陸持續發展核電，國內民眾對於大陸沿岸電廠的運作安全，也有不安的疑慮。本次參訪行程中，可看出大陸地區除積極發展核能發電外，在應變整備上也作了許多努力。在交流過程中，比較兩岸核安管制，在軟實力部份，我方無論在電廠運轉管制、核安緊急應變、演習經驗、輻射安全管制及民眾宣導溝通上，均略勝陸方一籌。但在硬實力部份，陸方則投入大量經費於研究設備及環境監測系統等硬體建設，如以電廠為中心之 16 方位角廣設環境輻射監測站，設置大氣邊界層風洞實驗室，以求得趨近電廠實際地形參數，以開發各核電廠客制化核子事故劑量評估程式，或如開發高強輻射場機器人，俾利事故發生後應變使用，均可看出陸方對於核安應變的投入與支持，俟其人員經驗累積時日，其核安管制將更臻完善。
- 二、中國核電建設與相關企業發展堪稱全球規模最大，因此，大陸急需核電相關專業人才，相關研究所及學術單位陸續成立，反觀國內，因反核聲浪高漲及非核家園的不確定性，使得國內年輕學子多不願從事核能產業，人力出現斷層，經驗無法傳承。所謂十年樹木百年樹人，特別是核能教育人材培育絕非一朝一夕可訓練完備，世界各國對於核能人材培訓仍不餘遺力，大陸更甚之，因此國內當務之急應正視核能專業人材培育及世代交替，以未雨綢繆，為現有核能設施培育優秀營運與管制人才。
- 三、參訪過程中發現大陸不論是核電安全管制人員或是核能電廠相關從業人員均相當年輕，顯示核電工業在大陸是相當熱門，且對大陸年輕人而言為有前景的產業，但也同時曝露出有經驗的人才嚴重不足的隱憂，在大量興建核能電廠同時兼顧安全運轉及建立核安文化，是我方相當關切之議題。
- 四、觀察大陸核災緊急醫療救護體系上，陸方雖參考 ICRP 建議分為三級核災責任急救醫院，與國際核災醫療管制體系同步，但觀察蘇州核工總醫院三級核災責任醫院之硬體設備、救治能力與醫療動線規劃等，仍與我國三軍

總醫院三級責任醫院有些許落差，顯示大陸於核事故醫學應急救援技能培訓、演練能力仍待加強。惟該院在輻傷醫療救治案例與實務經驗上是超乎我國的，未來可就輻傷醫療技術進行深入交流。

五、大陸地方政府省環保廳編制有輻射監測實驗室，負責天然放射性核種分析與全省環境輻射背景調查，具有基本的放射分析技術，與我方電廠所在之地方政府不涉入輻射監測領域截然不同。目前，陸方這部分人力編制更隨著核能電廠之興建，陸續擴大中，而這一不同點，大大影響了緊急應變組織的動員縱深。在日本福島核災發生之後，我方輻射分析人員不足的窘境即已顯現，一個千里之外的核能災害，進口物品的檢驗由中央檢測單位負責，還能勉為其難；假若我方電廠或是近在咫尺的陸方電廠發生輻射外洩的緊急狀況，國內鄰近地區食品及環境試樣均需要檢測，樣品量必然十數倍於日本進口食品，如果還要輻射分析人員到廠界因應緊急事故，是難以想像的。反觀陸方，他們除了地方輻射專業人員充足之外，上至核工總醫院建立了龐大的人員除汙、輻傷醫療訓練中心，下至省核應急指揮中心也設立核與輻射環境安全教育基地，科普宣導、監測展示及大大小小的應急演練，感覺得出陸方正視這個問題的決心。因此，如何協助國內相關機關、地方政府建立基本的偵測與檢測能力，以提高救災能量將是未來努力的方向。

六、大陸的核應急組織體系與台灣類似，分三個層級，即國家、核電廠所在省(區、市)和核電廠營運單位應急組織。但在核災技術支援部分，部分以國家實驗室的概念為之，平時進行研發，事故時作為救援分隊；例如「中國輻射防護研究院」，平時專門進行輻射防護研究與應用，事故時作為國家核應急輻射防護中心與救援分隊；又如「蘇州核工總醫院」，平時作為集醫教研防一體之大型綜合性三級甲等醫院與國家核應急醫學應急救援技術中心，事故時作為國家核應急醫療救治分隊。核能研究所於組改後，如何扮演類似中國輻射防護研究院角色，加重其在核事故應急的技術支持，值得進一步思考。

七、日本福島事故發生後，兩岸民眾對於核能安全的疑慮也因此增加，因應資訊落實公開，提升民眾對核能發電的認知，雙方咸認有其必要性與重要

性，未來可針對資訊公開與民眾溝通議題進行互動交流。

- 八、興建中之福清核電廠，為離台灣最近之大陸核電廠，最近的為連江縣(94公里)，臺灣本島(最近的苗栗縣 164 公里；台北地區約 219 公里)，由於參訪廠房過程中仍不時可見現場有部分臨時性之消防管路，以及廠區內仍有開挖情形與保健物理管制站設備仍尚未安裝情形，且廠方人員不諱言其規劃於明年初進行緊急計畫聯合演習及填料的目標，仍有嚴峻的挑戰外，對於廠務管理的問題，其亦於討論交流時指出確有問題。廠方雖有積極謀求改善的決心，但仍突顯如何在經濟性發展與核能安全間求得平衡之問題，並更顯見海峽兩岸核電安全合作協議簽訂之重要性。
- 九、大陸核電規模快速成長，故在核子事故緊急應變法規上也配合作了許多努力，特別是 2013 年修訂《國家核應急預案》，在此新修訂法規中，亦將核子事故發生後各級政府權責分工明確，準備工作更加具體，另對於各應急狀態下所要採取的應變行動與啟動機制明確訂定。建議未來國內修訂核子事故緊急應變相關法規與民眾行動防護規範，可就該法案內容精神納入修法參考。
- 十、有關大陸核電廠環境監測，係以國家環保部門監測與電廠自行監測雙軌交叉確認，此一管制模式與我國類似。唯大陸核電廠監督性監測系統組成，將監測子站區分為基本型、標準型與增強型，且各形式之設備與設置任務皆有相關標準化之規定，可作為我方偵測作業精進之參考。
- 十一、大陸現正努力發展核電，投入大規模資金與人力進行核能相關產業發展，在維護核能安全運轉同時，需思考緊急應變是核能電廠深度防禦的最後一道防線，而經驗與資訊的分享係強化緊急應變作業整備相當重要的一環。也因此應更積極加強緊急事故連繫窗口的互動，訂定平時大陸核電廠輻射監測數據公開與交換機制，持續加強兩岸核能安全技術交流。