

公務出國報告

(出國類別：研討會)

第十四屆海峽兩岸核能學術交流研 討會暨參訪活動

服務機關：原子能委員會、核能研究所、放射性物料管理局

姓名職稱：廖俐毅主任、陳文芳代副處長、劉俊茂代理科長、

鄭再富技正、臧逸群技正、黃茹絹技士、鄭先佑技士、

蘇凡皓技士、萬明憲技士

出國地區：中國大陸

出國期間：103年11月30日至103年12月5日

報告日期：104年1月6日

摘要

為了促進海峽兩岸對核能技術和平使用與發展，推動核能界研究交流與合作，台灣財團法人核能科技協進會及大陸中國核學會共同主辦兩岸核能合作交流活動，於 2014 年 12 月 1 日至 4 日假福建省福清市、廈門市舉辦「第十四屆兩岸核能學術交流研討會暨參訪活動」。

活動行程之第 1、2 天（12 月 1 至 2 日）為「第十四屆兩岸核能學術交流研討會」。本屆研討會兩岸與會人數合計約 100 位，其中我方代表團團員含產、官、學、研等各界代表共計 25 位。研討會議題涵蓋「核能電廠安全運轉」、「核安全緊急應變」、「核廢料處置」，及「公眾可接受性與核科普宣傳」等，兩岸共計發表 24 篇口頭簡報，其中我方發表 11 篇，陸方發表 13 篇。

活動行程之第 3、4 天（12 月 3 至 4 日）則為參訪「福清核能電廠」及「廈門大學能源研究院」。福清核電廠規劃裝機容量為 6 部百萬瓩級壓水式核電機組，總投資約 900 億人民幣，採「一次規劃、分期建設」方式興建，其中 1 號機組已具備商轉條件，而此行係主要參觀模擬中心、重件吊運碼頭和 4 號機組之興建情形。至於廈門大學能源研究院，其乃座落於廈門大學翔安校區內，係以大陸國家能源科技需求與海峽兩岸經濟發展為導向而發展，進行人才培育、技術研發及轉移等工作，本次參訪其院內之聯機設施，並對於其目前研究內容、工作要項以及預計取得進展等方面均有進一步認識。

透過此行，已深切見識到原子能相關產業在大陸發展蓬勃之態勢；惟，「核安無國界」，且中國自創開發具完全自主知識產權的華龍一號將座落於離台灣最近的福清核電廠，我國仍有必要持續關注大陸在核能產業上之發展動向、安全管制及緊急應變整備。因此，未來此類兩岸學術交流及合作平台仍應維持，以供兩岸核能界彼此交換經驗、互取互饋、互長互信，精進原子能安全，以維國際原子能安全和平使用之永續精神。

目錄

摘要.....	i
壹、出國目的.....	1
貳、行程及研討會議程.....	3
參、出國紀要.....	7
一、參加「第十四屆兩岸核能學術交流研討會」.....	7
(一)、核能電廠安全運轉與核安全緊急應變.....	11
(二)、核廢料處置.....	22
(三)、公眾可接受性與核科普宣傳.....	25
二、參訪福清核能電廠.....	31
三、參訪廈門大學能源研究院.....	33
肆、心得與建議.....	36
一、活動心得.....	36
二、建議事項.....	38
附件一 第十四屆海峽兩岸核能學術交流研討會論文摘要.....	44
附件二 第十四屆海峽兩岸核能學術交流研討會名單.....	74
附件三 福建福清核電有限公司簡介.....	78

圖目錄

圖 1	第十四屆兩岸核能學術交流研討會開幕式.....	1
圖 2	研討會全體出席人員合影.....	2
圖 3	台灣代表團合影.....	2
圖 4	我方代表團團員與會聽取報告情形.....	8
圖 5	鄭再富 技正報告「臺灣核能電廠圍阻體排氣功能強化措施現況」.....	9
圖 6	廖俐毅 主任報告「臺灣沸水式核能電廠斷然處置措施面面觀」.....	9
圖 7	臧逸群 技正報告「臺灣核能電廠重要運轉經驗之管制案例」.....	9
圖 8	劉俊茂 技正/代理科長報告「緊急應變民眾防護之規劃與準備」.....	9
圖 9	鄭先佑 技士報告「福島事故後核災應變的強化措施」.....	9
圖 10	蘇凡皓 技士報告「核能電廠放射性廢棄物減量管制」.....	9
圖 11	廖俐毅主任擔任會議議題主持人.....	10
圖 12	陳文芳代副處長擔任會議議題主持人.....	10
圖 13	會場交流討論.....	10
圖 14	核動力狀態.....	17
圖 15	福清電廠 1 號機組啟動前評估測試.....	21
圖 16	福清電廠示意圖.....	22
圖 17	中電投煙臺核電基地全貌.....	28
圖 18	山東核電科技館.....	28
圖 19	核安全文化宣導.....	30
圖 20	媒體平台宣傳.....	30
圖 21	台灣代表團參訪福清電廠.....	32
圖 22	重件吊運碼頭吊車.....	32
圖 23	模擬中心一隅.....	32
圖 24	福清電廠模擬中心簡介.....	32
圖 25	興建中之 4 號機組.....	33
圖 26	4 號機組汽機廠房.....	33
圖 27	雙層圍籬.....	33
圖 28	門禁管制.....	33
圖 29	李冠興院士（前排右二）及李寧院長（前排右一）.....	35
圖 30	台灣代表團參訪廈門大學能源研究院.....	35
圖 31	參訪廈門大學能源研究院先進核能研究所.....	35
圖 32	能源研究院李寧院長簡報.....	35

壹、 出國目的

本次出國行程之目的係為參加由民間核能機構—台灣財團法人核能科技協進會、大陸中國核學會共同主辦之「第十四屆兩岸核能學術交流研討會暨參訪活動」。本次研討會於 2014 年 12 月 1 日至 2 日假福建省福清市舉行，會後依主辦單位安排，於 12 月 3 日至 4 日參訪福清核能電廠及廈門大學能源研究院，全程含路程往返共計 6 日。

基於核電在大陸地區蓬勃發展，因此，期能透過本次學術交流活動及實地參訪，以進一步瞭解、掌握大陸整體核電技術發展與管制現況，透過各層面議題之探討、經驗汲取回饋，諸如：核能電廠安全運轉、核能電廠設計規劃、興建品質監督管理作為、緊急應變措施、放射性廢棄物處置技術及規劃、核能技術應用、公眾核能溝通經驗等，都將有助於強化精進我國原子能安全管制技術。



圖 1 第十四屆兩岸核能學術交流研討會開幕式



圖 2 研討會全體出席人員合影



圖 3 台灣代表團合影

貳、 行程及研討會議程

(一) 行程

日期	時間	行程
11月30日 (日)	下午	去程：臺北→福州→福清
12月1日 (一)	全日	研討會 I：核電廠安全運轉 研討會 II：核安全緊急應變、核廢料處置
12月2日 (二)	全日	研討會 II(續)：核安全緊急應變、核廢料處置 研討會 III：公眾可接受性與核科普宣傳
12月3日 (三)	全日	參訪「福清核能電廠」
12月4日 (四)	上午	福清→廈門
	下午	參訪「廈門大學能源研究院」
12月5日 (五)	全日	回程：廈門→臺北

(二) 第十四屆兩岸核能學術交流研討會會議議程

時間	活動與議題	主持人	
12月1日			
09:00-09:30	1.中國核學會理事長 李冠興 致辭 2.(財)核能科技協進會董事長 歐陽敏盛 致辭 3.福清核電有限公司書記 楊河濤 致歡迎詞	申立新 中國核學會 副秘書長 陳衛里 核協會董事 兼顧問	
時間	活動與議題	報告人	主持人
09:30-09:55	華龍一號的安全措施 (中國核電工程有限公司)	李 軍	莊火林 中核建總工 簡福添 台電核發處 處長
09:55-10:20	核電站核島土建施工管理與關鍵施工技術介紹(國家核電技術有限公司)	龔振斌	
10:20-10:45	臺電核電廠安全文化精進作為 (臺灣電力公司核能安全處)	蔡正益	
10:45-11:10	休息、合影		
11:10-11:35	大陸核電設備國產化及 CAP1400 自主創新 (國家核電技術有限公司)	杜益康	傅滿昌 中國核學會 原秘書長 張學植 台電核三廠 廠長
11:35-12:00	核三廠耐震餘裕評估與強化 (臺灣電力公司核三廠)	黃朝丁	
12:00-12:25	大亞灣核電基地安全生產管理 (中廣核大亞灣核電運營管理有限公司)	趙福明	
12:25-14:00	工作餐、午休		

14:00-14:25	臺灣核能電廠圍阻體排氣功能強化措施現況 (原子能委員會核能管制處)	鄭再富	唐文忠 施純寬 清華大學 核工所 榮譽教授
14:25-14:50	核電產業發展及高溫氣冷堆工程建設 (中國華能集團)	崔紹章	
14:50-15:15	臺灣沸水式核能電廠斷然處置措施面面觀 (核能研究所核安技支中心)	廖俐毅	
15:15-15:30	茶歇		
15:30-15:55	核能電廠發生事故時斷然處置之人員訓練與 做法(臺灣電力公司核二廠)	杜博文	崔紹章 華能集團 核電事業部 副主任 廖俐毅 核研所核安 技支中心 主任
15:55-16:20	臺灣核能電廠重要運轉經驗之管制案例 (原子能委員會核能管制處)	臧逸群	
16:20-16:45	後福島時代新的安全理念和核安全要求的探 討(環境保護部核與輻射安全中心)	柴國早	
16:45-17:10	緊急應變民眾防護之規劃與準備 (原子能委員會核能技術處)	劉俊茂	
18:00-20:00	晚宴		
12月2日			
時間	活動與議題	報告人	主持人
09:00-09:25	福清核電核安全文化建設實踐與探索 (福清核電有限公司)	顧健	徐瑚珊 中科院蘭州 近代物理研 究所副所長
09:25-09:50	福島事故後核災應變的強化措施 (原子能委員會核能技術處)	鄭先佑	

09:50-10:15	大陸高放廢物地質處置地下實驗室的定位和功能（中國核工業北京地質研究院）	蘇 銳	陳文芳 原能會核技處 處代副處長
10:15-10:40	核能電廠放射性廢棄物減量管制（原子能委員會放射性物料管理局）	蘇凡皓	
10:40-10:55	茶歇		
10:55-11:20	大陸 ADS 研究進展（中科院蘭州近代物理研究所）	徐瑚珊	張錦榮 中國同輻有限公司副總經理 朱鐵吉 核資中心董事長
11:20-11:45	利用重水堆生產鈷 60 技術研發和產業化工程（中核同興（北京）核技術有限公司）	劉金祥	
11:45-12:10	核技術在醫學領域應用與輻射安全（北京大學第一醫院）	王榮福	
12:10-14:00	工作餐、午休		
14:00-14:25	做好公眾宣傳的手段（中國電力投資有限公司）	王有志	申立新 朱鐵吉
14:25-14:50	與反核團體之溝通（臺灣電力公司核能發電處）	魯經邦	
14:50-15:15	核電公眾科普宣傳的實踐與探索（中國核能電力有限公司）	陳 華	
15:15-15:40	媒體溝通（臺灣電力公司核三廠）	張梓喬	
15:40-16:00	總結發言	李冠興 歐陽敏盛	

參、 出國紀要

「第十四屆兩岸核能學術交流研討會暨參訪活動」係由台灣（財）核能科技協進會和大陸中國核學會共同主辦，於 2014 年 12 月 1 日至 4 日在福清、廈門舉行。活動行程之第 1、2 天（12 月 1 日至 2 日）為研討會，假福清創元千禧酒店舉行，本會與會人員（廖俐毅主任、陳文芳代副處長、鄭再富技正、臧逸群技正、劉俊茂代理科長、鄭先佑技士、蘇凡皓技士、萬明憲技士、黃茹絹技士）與會發表報告、主持議題、參與討論及經驗交流；活動行程之第 3、4 天（12 月 3 日至 4 日）則依主辦單位安排，參訪「福清核能電廠」及「廈門大學能源研究院」。

一、 參加「第十四屆兩岸核能學術交流研討會」

研討會於貴賓致詞後展開，中國核學會理事長、中國工程院院士李冠興先生首先恭喜福清核電廠獲得中國自創品牌的華龍一號興建，且於研討會召開的同時獲得此項建廠許可。他表示透過交流及雙方借鏡，可啟發想法、拓寬思路，尤以台灣 30 多年累積的核電運轉、管理和民眾溝通等方面的經驗非常寶貴。台方領隊歐陽敏盛先生也恭喜福清核電廠，並笑談福清核電廠興建雖較龍門電廠晚，但已開始運轉，而龍門電廠目前則是封存，並強調注重核能安全外，傳達正確的訊息予民眾是同等重要。負責研討會承辦單位的福清核電廠楊河濤書記則歡迎大家齊聚三福（福建、福州、福清）舉辦此甚有意義的研討會。

本屆研討會議題涵括「核能電廠安全運轉」、「核安全緊急應變」、「核廢料處置」，及「公眾可接受性與核科普宣傳」等，會中發表之報告兩岸共計 24 篇，其中我方發表 11 篇，大陸發表 13 篇。本研討會兩岸參加人數合計約 100 位，其中我方代表團團員包含原能會、核能研究所、放射性物料管理局、台電公司、清華大學、（財）核能科技協進會、（財）核能資訊中心及產業界之代表，共計 25 位。



圖 4 我方代表團團員與會聽取報告情形

與會期間，本會與會人員除於會中聽取兩岸核能先進發表之報告外，並於會中發表 6 篇報告，包括：

- 「臺灣核能電廠圍阻體排氣功能強化措施現況（報告人：鄭再富 技正）」；
- 「臺灣沸水式核能電廠斷然處置措施面面觀（報告人：廖俐毅 主任）」；
- 「臺灣核能電廠重要運轉經驗之管制案例（報告人：臧逸群 技正）」；
- 「緊急應變民眾防護之規劃與準備（報告人：劉俊茂 技正/代理科長）」；
- 「福島事故後核災應變的強化措施（報告人：鄭先佑 技士）」；以及，
- 「核能電廠放射性廢棄物減量管制（報告人：蘇凡皓 技士）」。



圖 5 鄭再富 技正報告「臺灣核能電廠圍阻體排氣功能強化措施現況」



圖 6 廖俐毅 主任報告「臺灣沸水式核能電廠斷然處置措施面面觀」



圖 7 臧逸群 技正報告「臺灣核能電廠重要運轉經驗之管制案例」



圖 8 劉俊茂 技正/代理科長報告「緊急應變民眾防護之規劃與準備」



圖 9 鄭先佑 技士報告「福島事故後核災應變的強化措施」



圖 10 蘇凡皓 技士報告「核能電廠放射性廢棄物減量管制」

我方代表團除了本會與會人員有發表報告外，其他團員亦有簡報發表共 5 篇，分別為：

「台灣核電廠安全文化精進作為（報告人：蔡正益 台電公司核能安全處副處長）」；

「核三廠耐震餘裕評估與強化（報告人：黃朝丁 台電公司核三廠課長）」；

「核能電廠發生事故時斷然處置之人員訓練與做法（報告人：杜博文 台電公司核二廠副廠長）」；

「與反核團體之溝通（報告人：魯經邦 台電公司核能發電處組長）」；以及，
「媒體溝通（報告人：張梓喬 台電公司核三廠經理）」；

在本次研討會中，除了我方發表之 11 篇外，大陸亦發表 13 篇報告，會議進行則由兩岸各派員擔任議題主持人，如本會廖俐毅主任、陳文芳代副處長，在各報告專題中，兩岸核能與會人員均有熱烈討論與經驗分享。



圖 11 廖俐毅主任擔任會議議題主持人



圖 12 陳文芳代副處長擔任會議議題主持人



圖 13 會場交流討論

以下依「核能電廠安全運轉與核安全緊急應變」、「核廢料處置」，和「公眾可接受性與核科普宣傳」等三大主題，針對各主題內陸方發表之簡報題目內容一一摘要：

(一)、核能電廠安全運轉與核安全緊急應變

這個主題一共包含 15 個簡報，其中我方 8 篇，陸方 7 篇。陸方之簡報題目乃著重於核能電廠安全運轉部分，涉及面向諸如：大陸核電產業發展現況、核電廠安全運轉措施、核能電廠設計與創新、興建工程監督管理，以及關鍵施工技術等，多與核電工業建設和營運管理技術有關，分由不同核電建設集團之代表人員所發表；在此項主題中，僅有 1 篇報告是與大陸核安全管理理念有關，係由大陸官方管制單位—「環境保護部核與輻射安全中心」所提出，針對 311 福島事故後，大陸引為借鏡並導入國際核安全文化新思維，對大陸核工業提倡新核安全理念與要求。以下一一摘要說明：

1. 華龍一號的安全措施

本議題之報告內容主要係介紹中國核工業集團公司 (China National Nuclear Corporation, CNNC) 自主化三代壓水式反應爐「華龍一號」之主要安全特徵，除針對相關研發背景以及專案進展情況進行說明外，並就「華龍一號」整體技術特徵及技術方案進行說明。相關主要整體技術方案說明如下：

在爐心設計改善方面，華龍一號採用增加先進爐心燃料組件策略，以提高爐心額定功率，降低爐心平均線功率密度，並採用從爐頂插入之中子偵測系統，以提高壓力容器結構之安全性。在反應爐冷卻系統改善方面，則包括：增加蒸汽產生器熱交換面積、增大調壓槽容量、增設調壓槽快速洩壓系統，及採用靜態密封主泵等。除此之外，相關整體技術方案尚包括：採用能動 (active) 與非能動 (passive，即指重力) 相結合之安全理念、考慮超過設計基準事故及嚴重事故應變措施改善、設置專用於應對嚴重事故的專設安全系統和設備、採取 IVR (In Vessel Retention) 冷卻方案，設置圍阻體過濾排放系統、採用單機佈置以實現實

體隔離、採用雙重圍阻體、重要結構物採抗商用大型飛機撞擊之設計、提高抗震設計能力、因應福島事故提高極端外部事件應對能力、每部機組設置 SBO 柴油發電機、進行三廢系統優化設計以減少放射性廢棄物之產量、強化交流電（AC）及直流電（DC）電源配置及容量，以及採用四層獨立防禦且滿足 SSE 耐震要求之數位化儀控系統等。

在本報告之最後，報告人再從法規標準層次、概率安全分析結果，以及自主智慧財產權、經濟性等方面，針對華龍一號作出總結評價。

本會與會人員除了聽取演講外，也另請教報告人關於調壓槽快速洩壓系統與 SBO 柴油發電機之設計相關問題。報告人回應表示，調壓槽快速洩壓系統設置了滿足多重性要求之嚴重事故快速洩壓閥，目標係為應付嚴重事故，為現有壓水式反應器釋壓閥以外增設之設備；而 SBO 柴油發電機之目標係為應付 SBO，讓蒸汽產生器二次側注水成功所需之電力均由 SBO 柴油發電機來提供。此外，也感受到陸方對華龍一號的驕傲，因為華龍一號係中國自創品牌，融合了國際先進的「能動與非能動相結合」設計理念，且各項指標可全面達到全球最新安全要求，並滿足美歐三代技術標準，也讓中國核電技術邁入完全自主知識產權的時代。

2. 核能電廠核島土建施工管理與關鍵施工技術介紹

本議題之報告內容主要係介紹中國核工業建設集團公司所屬之華興建設有限公司承建核能電廠核島土建建造之過程和發展史，並說明目前核島土建工程施工、物資管理、人力資源管理、安全管理、品質管理、進度管理、技術管理和資訊管理等具有特點的專案管理模式，同時針對不同機型核能電廠的結構形式、建造要求等進行說明，並就部分土建關鍵施工技術進行介紹。

3. 大陸核電設備國產化及 CAP 1400 自主創新

本議題之報告內容係由國家核電技術有限公司所屬上海核工程研究設計院介紹，說明大陸基於 40 多年的核電技術研究、工程設計、設備製造、工程建設

經驗，以及 20 多年核電安全運轉經驗，引進美國西屋公司 AP 1000 三代壓水式反應器核電技術為基礎，自主研究開發出 CAP 1400 非能動壓水式核能機組之歷史過程、目前成果、技術特點，與工程進展、能力和未來走向。

依據報告說明，目前大陸所研究開發的 CAP 1400 非能動壓水式核能機組除了提升縱深防禦能力、優化與平衡系統設計外，亦參考福島事故之經驗回饋，強化機組超過設計基準之應對能力。同時，於榮成石島灣場址建設 CAP 1400 示範，核電廠已於去年獲得審查同意。大陸核安全局亦已完成相關 PSAR 全面審查，目前已進入收尾工作。CAP 1400 的爐心熱功率約為 4040 MWt（百萬瓦，或稱千瓩），淨發電功率則可大於 1350 MWe（百萬瓦）。針對 CAP 1400 非能動壓水式核能機組，大陸已擁有自主智慧財產權和獨立出口權。

與會人員再次感受到中國推動「中國核電走出去」的政策，而 CAP 1400 是中國能源局全力投入的計畫，而經 2014 年 3 月間中國和法國雙方簽訂關於英國新建核電項目工業合作協議，也驗證了開始「走出去」。我方與會人員也進一步詢問「自主」事宜，包括設備係中國製造或國外支援合作？陸方回應：「關鍵設備需有自主能力，且自主化同時可帶動工業界製造的能力精進。」我方人員也詢問 AP 1000 所面臨的一些問題是否已經驗回饋至 CAP 1400，陸方回應：「經由國際合作加上自行研發並投入科技計畫，多數皆已克服，並強調 CAP 1400 可自行控制事故之影響且無須廠外應急之支援。」而進一步詢問 CAP 1400 可否符合美國法規，陸方回應：「可符合美方 AP 1000、ASMI 等標準，因係朝『走出去』規劃，此外也與全球供應商合作來降低成本。」

4. 大亞灣核電基地安全生產管理

本議題之報告內容主要係由中國廣核集團所屬之大亞灣核電運營管理股份有限公司（DNMC）就大亞灣核電基地情況與其安全生產管理經驗進行介紹，供與會人員交流分享。就簡報中相關統計資料顯示，2013 年大亞灣核電基地之 6 部機組已實現上網電量約為 441.5 億瓩時，且分別於 2009 年和 2011 年，其 WANO

(世界核能發電協會) 指標中有 9 項指標達先進數。在安全生產管理經驗方面，本報告說明 DNMC 所管理的 6 部機組安全運轉績效之所以不斷提升的主要原因，係透過八大管理體系之落實始予以達成。此八大管理體系包括：精細化的日常生產管理、專業化的大修管理、日趨完善的設備管理、完善的人員培訓體系、全方位的監督體系、嚴謹全面的程式體系、追求卓越的工程改進，以及防微杜漸的經驗回饋。

報告中所強調人員培訓，係秉持「授權上崗、全員培訓、終身教育」的人才培養理念，建立了以「上崗必須授權，授權必須培訓，培訓必須考核」為核心的員工培訓授權制度，並形成了規範的運轉人員、維修人員、工程技術人員和管理幹部等培訓授權體系，規劃了員工的職業生涯，培養目標和流程。此外，建立了防人因失誤訓練中心來降低並防範人為錯誤之發生；皆可觀察到大亞灣防範人為失誤之用心。另，倡導「正面看待監督」乙節，也令人印象深刻。大亞灣核電基地設有全方位的監督體系，且倡導正面看待監督，視監督意見為提升機會，並認為也因全方位的獨立監督，有力地保障了大亞灣核電基地長期安全生產和持續改進。

5. 核電產業發展及高溫氣冷式反應器工程建設

本議題之報告內容主要係由中國華能集團隸屬之華能核電開發有限公司介紹該公司所研究開發具有自主智慧財產權的高溫氣冷機組，此高溫氣冷機組係採用 TRISO 燃料包覆顆粒，其非能動餘熱排出、石墨構件的大熱容和負反應度溫度係數提供高溫氣冷機組固有安全性優勢。高溫氣冷式反應器之固有安全性在 HTR-10 上已得到驗證：當失去廠外電源、主氬氣系統之風機關閉、失去最終熱沉，以及控制棒全部抽出等各種事故均發生時，在不進行人為干預的情況下，仍能保證反應器停機、反應器冷卻及放射性物質之包容。此項固有安全性特色可從源頭顯著降低甚或根本消除爐心熔毀的可能性。

高溫氣冷機組的第二項優勢則為可提供高溫優質熱源。高溫氣冷機組的爐心出口溫度達 750°C，甚至可達 950°C。如此高的爐心出口溫度使高溫氣冷機組具有較高的熱利用率，如果採用傳統蒸汽循環，其發電效率可達 40 % 以上，高於壓水式反應器的 33 %。高溫氣冷機組具有廣闊的熱利用前景，像高溫氦氣、蒸汽均是優質熱源，可應用於石油、化工和鋼鐵等多種行業，還可用於高溫製氫，為未來氫能源時代提供潔淨能源。

高溫氣冷機組的第三項優勢為靈活性。高溫氣冷機組具有小型化和模塊化特點，每個模塊功率為 250 MWt / 100 MWe，可分別接入電網，實現小區域供電，具備小型化的佈局優勢。此外，也可透過多模塊組合而具備大規模發電的技術能力。此項特性使高溫氣冷機組在選址上更為之靈活，場址要求低，選址限制少，若取消高溫氣冷機組的廠外緊急應變要求，將有適宜場址。

高溫氣冷機組之示範工程已於 2012 年 12 月獲准開工建設，預計於 2017 年實現併聯發電，該高溫氣冷機組示範工程將成為世界上首部商業化模塊高溫氣冷機組，也符合「走出去」的策略，且賣核電廠比賣襯衫獲利巨大。根據報告人所述，此示範工程建設技術先進成熟，具有廣闊的應用前景，且目前已取得重要進展，將為高溫氣冷機組商業化推廣鋪路，但仍須面對審查標準、公眾接受性和經濟性等諸多挑戰。

報告後，與會者詢問為何係「2 堆（即指反應器）一機」而非「1 堆一機」，以及發電成本等技術問題，另外，也把握餐敘時機，請教報告人關於高溫氣冷機組示範工程研發時所面臨的最大挑戰為何？根據報告人表示，高溫氣冷機組的爐心出口溫度非常高，材料之選擇具有極大的挑戰性，不過，目前已有不錯的實質進展；另外，美國也曾經興建氣冷機組示範廠，不過，因遭遇一些技術問題而使發展受阻。針對此議題，本會與會人員與報告人尚有其他相關問題請教，然而報告人並未提供具體的答復說明，期盼日後再有機會，將進一步了解相關技術之細節。

6. 後福島時代新的核安全理念和核安全要求的探討

本議題之報告人—柴國旱總工程師，目前任職於大陸環境保護部的核與輻射安全中心（為大陸一官方管制單位）。報告人在其簡報中提及，福島核事故發生後，確實動搖了公眾對核電安全的信心，因此，和平利用核能的核安全理念和核安全要求都必須因應調整。國際核工業界和各安全監管機構之間已相應提出許多新的核安全理念和核安全要求，諸如：設計擴展工況、加強縱深防禦的應用、縱深防禦各層次之間的獨立性、增強安全設施的多樣化設計、合理提高核安全可行性，和實際消除大量放射性物質釋放等，基於合理提高核安全可行性，在核電廠設計中應同時採用確定論和概率論安全分析方法，以識別核電廠設計中可能存在的微小風險（薄弱環節），並採取合理可行的措施減輕剩餘風險，以達實際消除大量放射性物質釋放之安全目標。大陸吸取國際經驗與建議，也因應提倡新的安全構想，涵蓋面向包括：實際消除大量放射性物質釋放、合理提高核安全可行性（AHARA）、三項並重、工況分類、安全功能和安全分級，以及縱深防禦理念的擴展與提升。以下就這些面向介紹說明：

大陸後福島時代的新安全目標為：（1）運轉和在建核設施之安全水準要持續提高，以及（2）「十三五」和以後新建核電機組要力求實現從設計上實際消除大量放射性物質釋放之可能性（此乃針對新設計或設計中之核電機組）。

而關於合理提高核安全可行性（AHARA），此乃一原則性理念，即核電廠安全在達到法規要求水平的基礎上，應採取一切合理可行、現實有效的措施，使核電廠達到更高的安全水平。國際原子能總署（IAEA）在 2012 年發布之 SSR-2/1 建議書（Safety of Nuclear Power Plants: Design）中第 2.2 條款也有類似表述。

三項並重則是指核電廠設計中需要做到三方面的並重：內部事件與外部事件並重、預防和緩解並重、確定論和概率論並重。基本上，三項並重是強調不要忽略外部事件與緩解措施的重要性。

關於工況分類，係指核動力之運轉狀態或事故之分類。對於事件的分類與

美國一致，在設計基準的範圍內，將事件分為四個類別，分別為：正常運轉、預期可能發生的狀態、發生頻率低的事件，以及設計基準事故(Design Basis Accident, DBA)。另外，也有一些超過設計基準之特殊事故如：預期狀態未急停、電廠全黑等。超過設計基準事故如果會造成爐心熔毀，則稱之為嚴重事故。大陸的新核安全理念則是針對超過設計基準事故部分再行細分，配合細分另提出兩個名詞：設計擴展工況 (Design Extension Conditions, DEC) 與剩餘風險 (Residual Risk)。

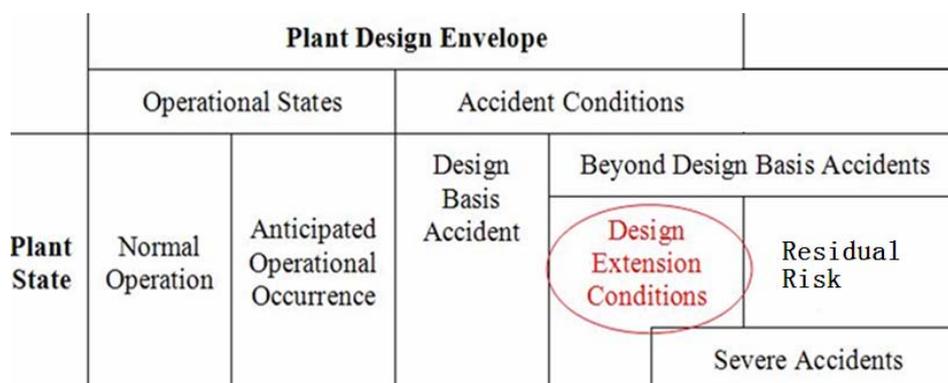


圖 14 核動力狀態

設計擴展工況包括：

- (1) 選定的系統設備多重故障，如：SBO、喪失全部 SG 飼水、喪失最終熱沉；
- (2) 選定的嚴重事故，包括對應的嚴重事故現象；
- (3) 選定的極端外部事件。

在設計中，應採取附加安全設施來應對防止發生設計擴展工況，如：附加交流電源或水源、避免反應爐高壓熔穿的措施、氫氣控制措施，以及滯留和冷卻反應爐心熔融物的措施等。

一般法規標準只有對已認識到的才能確定要求，然而核安全要求已從設計基準事故擴展到超過設計基準狀態之設計擴展工況，但還是存在剩餘風險。剩餘風險係指風險來自於極端外部事件等導致的核電廠系統設備大範圍損傷，其特色為超出人類目前認知水平，或發生概率極低的事件，且目前沒有合理可行的應對措

施。核電廠應採取補充安全設施來應對降低剩餘風險，如：移動電源、移動泵、貯水池、圍阻體輻射氣體過濾排放措施、放射性廢液貯存處理設施等。在此所提及的因應「剩餘風險」之要求，與我方面對複合式災害之應變極類似。

安全功能和安全分級釐清了附加安全設施和補充安全設施之安全等級。附加安全設施和補充安全設施可為非安全級，但應有特定要求，如：抗震（SSE 後可用）、可用性、品保、定期試驗等。此外，對於一些執行關鍵安全功能的設備應考慮適當的多重性和多樣性。

對於縱深防禦理念的擴展與提升，則是將縱深防禦分為五層次，前三層次係屬於設計基準的範圍，第四層對應到設計擴展工況，而第五層則是對應到剩餘風險。不同層次之安全設施可執行類似的安全功能，以起縱深防禦之作用。縱深防禦各層次之間應保持獨立，每個層次內部各子層之間也應儘可能獨立。在設計基準事故分析中，不考慮附加安全設施和補充安全設施的緩解作用；在設計擴展工況事故分析中，則僅考慮附加安全設施的的緩解作用。

自發生福島事故後，大陸國家核安全局及其技術支援機構已合作編訂《新建核電廠安全要求》技術文件，將擇期發布，而後續亦將補充有關實際消除大量放射性物質釋放等之要求，為求落實《核安全與放射性污染防治「十二五」規劃及 2020 年遠景目標》和《核電安全規劃（2011-2020）》對新建核電項目的安全要求。

關於大陸在核安全之實踐上，以下列舉三種核電機組：ACPR 1000、CAP 1400 和華龍一號，以其在對應新核安全要求所為改進為例來說明：

(1) ACPR 1000

ACPR 1000 之設計改進係以核電機組 CPR 1000 在大陸已大量建造且運轉經驗為基礎，加上考量福島事故經驗回饋後，運用確定論和概率安全分析方法，而採取合理可行的多項改進措施，包括：增設了儀控 DAS 系統、增設了嚴重事故專用儀控機櫃、採取了保證主泵軸封完整性的措施、增設了嚴重事故專用洩壓閥、增設了反應爐腔注水系統、每台機組增設了一台備用柴油發電機、採取了圍

阻體過濾排放系統單機佈置改進，以及增設了冷卻塔作為多樣化最終熱沉等。

(2) CAP 1400

對於大陸擬建的 CAP 1400，係在核電機組 AP 1000 之基礎上再做大量安全改進，包括：提高了 DAS 系統的抗震性能並增設了地震自動停機信號、提高了用於緩解嚴重事故之系統設備的抗震性能、提高了核電廠供電的抗震性能、提高了氫氣點火器的抗震性能並增設了多樣化氫氣控制系統設備、增強了向海水排熱冷鏈系統設備的抗震性能，使其作為多樣化最終熱沉，以更加發揮縱深防禦的功能，另外，還完善了圍阻體過濾排放措施，以及設置了移動電源、移動泵等。CAP 1400 可以滿足「實際消除大量放射性物質釋放之可能性」的要求。

(3) 華龍一號

華龍一號乃大陸自主設計之反應爐型，其係在考慮福島事故之經驗回饋後，在其設計中有充分考量預防和緩解嚴重事故之措施，如：設置了雙層圍阻體、設置了主泵停車密封功能、設置了滿足 SSE 抗震要求的 DAS 系統、每台機組設置了 SBO 柴油發電機、設置了專用於應對嚴重事故的專設安全系統和設備、採用了許多多樣化安全系統設計（即能動+非能動）、設置了滿足多重性要求的嚴重事故快速洩壓閥、採取了 IVR 冷卻方案，以及設置了圍阻體過濾排放系統等。

因報告人係來自官方，故特別詢問有關廠外民眾關切問題，如應變整備之區域，民眾應變等，然因報告人非屬緊急應變部門，故未正面回應，僅答說中國的應變計畫區範圍約為 3 至 7 公里，但核電廠安全係包括對環境安全的承諾，因為「人」可以疏散，但環境無法，所以更應落實安全之確保。

7. 福清核電核安全文化建設實踐與探索

報告人顧健副總經理目前任職於大陸福清核電有限公司，擁有近 20 年的核電廠工作經驗，在本議題之報告中，主要介紹福建福清核電有限公司的組織機構、專案管理，以及 1-6 號機組之建設進展，著重於福清核電在核安全文化建設方面之實踐，包括：經驗回饋、人因管理、觀察指導、內外部評估、公眾宣傳等，

本報告之最後，再以實踐回饋對核安全文化未來工作方向作了規劃說明。

中核集團福建福清核電有限公司乃成立於 2006 年 5 月 16 日，是福建福清核電之執行單位，全面負責電廠開發、建造、調試、營運和管理，並履行核安全責任。其中，中國核能電力股份有限公司（CNNP）持股 51%、福建省投資開發集團有限責任公司（FIDGC）持股 10%、華電福新能源股份有限公司（CHEC）持股 39 %。福清核電是中核集團首座採用總承包模式的核電專案，也是中核集團首座多部機組連續開工建設的核電廠址，福清核電截至目前已規劃建置 6 台百萬瓩級壓水式核電機組，總投資約 900 億人民幣，規劃中之 1 至 4 號機組係採用 M310 改進型技術以雙機佈置，從 2008 年 11 月 21 日起已相繼開工與運轉，而 5、6 號機組則將採用華龍一號之技術，採單機佈置。

福清核電之核安全文化是以中國核工業集團公司之核安全文化理念為基礎，結合福清核電之特點而建立安全文化，並以多元化方式進行宣導，包括：辦理專題活動，由公司主管擔任講師向公司中層管理者宣達核安全理念和公司管理要求，也設有「核心」雜誌宣傳核安；此外，舉辦「防人為因素」活動，進一步促進公司員工對防人為因素工作的認知水平，提高員工在日常工作中發現人為因素的能力，企圖營造安全文化氛圍，樹立人人都是一道安全屏障之理念，藉由不斷消除人為因素，為機組安全穩定運轉奠定基礎；同時，宣導核安全文化知識，發布管理制度，明確工作機制，建設防人為實驗室，並在 1 號機組首次裝填燃料前，對全部生產人員進行了理論及實務操作之培訓，是大陸最早在燃料裝填之前就建立防人為實驗室和開展人為培訓的電廠之一，利用管理巡視，不斷改進防人為因素失誤、人員安全行為、職責履行情況、設備設施缺陷、環境衛生、規章制度等方面進行管理。

公共宣導也朝民眾層級區分執行。福清核電將科普宣導群眾分為社會精英、中小學生和普通民眾三類族群，藉由年齡及知識接受度區分，以提高公眾宣傳的接受度，並進入校園進行科普宣導，組織中學生參加「魅力之光盃」核電科普知識競賽夏令營，將核安知識藉由活動深耕於民。此外，福清核電也積極支援地方

建設，帶動福清核電相關產業發展，並主動積極參加當地公益活動。待福清核電 6 部機組全部建成後，預計年產值將為 170 億人民幣，預期將助於帶動當地 GDP 增長近 4000 億人民幣，並可提供近 3 萬人之就業機會。

與會者詢問福清核電廠興建期間有無須搬遷的居民，獲答復無需遷移居民，然廠址上有墳，故亦須處理「人」的問題。因福島事故係多機組事故，致放緩建廠重新審視安全設計、評估影響，故商轉延後，但已加速建設其趕上原規劃。



圖 15 福清電廠 1 號機組啟動前評估測試



圖 16 福清電廠示意圖

(二)、核廢料處置

本次研討會有關放射性廢棄物議題方面，我方是由本會放射性物料管理局蘇凡皓技士簡報「核能電廠放射性廢棄物減量管制」，主要針對台灣核能電廠運轉 30 年來所產生的各類低放射性廢棄物，就其於減量工作執行初期所遭遇之問題、減量策略以及各階段採行之減量措施進行說明。而大陸方面，則由核工業北京地質研究院（Beijing Research Institute of Uranium Geology, BRIUG）所屬環境工程研究所（CNNC/BRIUG Division of Environment Engineering）所長蘇銳先生簡報，報告題目為「大陸高放廢物地質處置地下實驗室（URL）的定位和功能」。

1. 大陸高放廢物地質處置地下實驗室（URL）的定位和功能

核工業北京地質研究院係創院於 1959 年，為中國核工業集團公司所屬產業經營機構「地質礦產事業部」其中的一個單位，為一鈾礦地質研究之綜合性研究

單位。其主要任務包含：鈾礦地質探勘（鈾礦地質研究與礦產資源預測）、遙感技術研析應用，以及核廢料地質處置研究等三項工作。研究院轄下之環境工程研究所則主要從事大陸方面之高放廢棄物地質處置研究、中低放廢棄物近地表處置場選址與場址評估，以及相關建設之環境影響評估等工作。除了深部地質環境評估工作外，亦進行緩衝回填材料特性試驗研究與分析，為大陸進行地質處置研究之主要單位之一。

「大陸高放廢物地質處置地下實驗室（URL）的定位和功能」議題之簡報內容，主要介紹北京地質研究院，並說明大陸地區高放廢棄物地質處置概況，以及地下實驗室有關戰略問題的總體考量。目前，大陸高放廢棄物處置所採行之做法係採取深地層處置方式，此與其他國家一致。其高放處置工作之規劃時程主要分為三個階段：

第一階段：實驗室研究開發和處置庫選址階段（1985-2020）。本階段依工作項目，再區分為全國篩選（1985-1986）、地區篩選（1987-1989），及地段篩選（1990-2020）；

第二階段：地下現場試驗階段（2021-2040）。本階段依工作項目，再區分為場址篩選（2021-2025）及場址確認（2026-2040）；以及，

第三階段：處置庫建設階段（2041-2050）。

前述三階段之處置時程及規劃與台灣五階段之規劃雖有相異，惟，其完成處置場建造之時程（2050）則與台灣相近（2055），處置工作自選址開始至處置場興建完成預計費時 65 年。

觀其選址及實驗室開發（第一階段）即規劃 35 年的時間，占整體時程（65 年）之一半以上，顯示處置工作之前置研究調查與選址係為最重要且耗時之工作項目。地下實驗室建造地質選擇方面，經大陸研究結果顯示，花崗岩及黏土岩均適合做為高放處置母岩，惟其首座地下實驗室是以花崗岩地質為主，建造時程規劃為：啟動前期工作（2015 年）、工程立項（2018 年）、開工建造（2020 年）、建成首座 URL（2024 年），候選場址包括：甘肅（北山）、新疆以及內蒙古三地，

定位屬於一般地下實驗室，而未來將由國家國防科工局再行確定為最終場址。

2. 大陸 ADS 研究進展

如何妥善處置核電運轉產生的用過核燃料特別是其中的長壽命高放廢料，是國際核能界無法迴避的重大問題，也是尚未解決的世界性難題。加速器驅動次臨界系統（Accelerator Driven Sub-critical System, ADS）具有強大的嬗變能力、良好的中子經濟性、優良的系統安全性，被國際公認為最有前景的利用嬗變安全處置長壽命核廢料的技術途徑。

ADS 是由加速器、散裂靶和反應爐三大分系統組成的嬗變裝置，其工作原理是利用加速器產生的高能強流質子束轟擊重核，產生寬能譜、高通量中子作為外源，來驅動次臨界爐心中裂變材料發生持續的鏈鎖反應，使得長壽命放射性核種最終變為非放射性的或短壽命的放射性核種，並維持反應爐運轉。

在本議題之報告中，報告人—中科院蘭州近代物理研究所所長徐瑚珊先生主要介紹大陸在 ADS 研究上之進展。據報告人之說明，中科院係根據大陸先進核能科學技術發展重大需求和國際上 ADS 發展態勢，從技術可行性出發，提出大陸 ADS 發展從原理驗證到試驗裝置建設，最終實現工業示範的三步驟戰略，並於 2011 年 1 月啟動戰略性先導科技專項「未來先進核裂變能—ADS 嬗變系統」。ADS 專項主要由中科院近代物理研究所、高能物理研究所、合肥物質科學研究院承擔，及大陸其他相關研究單位參與，目前該計畫團隊總規模為 950 人。

自計畫啟動以來，不斷優化總體設計，完成了 ADS 系統總體設計方案，在超導直線加速器、重金屬散裂靶、次臨界反應爐及核能材料等關鍵技術研究方面取得了重要進展和突破，一些關鍵核心技術達到國際領先或先進水準。計畫完成了兩台目前國際上正在運轉的連續束流最高流強的 RFQ 加速器，並在 HWR 型和 Spoke 型低 β 超導腔等核心關鍵技術方面有所突破，改變了以往追隨的局面，達到了目前世界的先進水準並略有領先；在重金屬散裂靶方面創造性提出了新型流態固體顆粒靶（簡稱顆粒流靶）概念並完成了初步設計，原理性實驗獲得成功，

開闢了一條新的技術路徑，並引致國際同行跟蹤研究；完成了 10 百萬瓦的鉛鈹冷卻反應爐概念設計，並開展了初步設計，完成了零功率裝置的工程設計，大型鉛鈹綜合實驗迴路實現試驗運轉；核能裝置用新型結構鋼候選材料研究取得重要進展，有望在核工業工程中得到應用。

(三)、公眾可接受性與核科普宣傳

本主題報告涵括核技術在核電產業以外之其他產業上之應用，如：射源之生產銷售、核子醫學等，也包括與民溝通宣導之經驗分享。此主題中，我方共發表 2 篇，陸方發表 4 篇。我方之發表係分享「與反核團體之溝通」、「媒體溝通」等實務經驗，而陸方發表之 4 篇報告內容則分別敘述如下：

1. 利用核電重水反應爐生產鈷 60 技術研發及產業化工程

本議題係由中核同興（北京）核技術有限公司劉金祥總經理報告，介紹利用中國核電廠重水反應爐生產鈷 60 射源之研發及產業化工程實施情況，包括：專案的背景、關鍵技術、創新點、與國外同類技術的比較和產業應用情況。

關於此節，我方較為關心鈷 60 之射源保安相關法規規定，以及在未來淪為廢棄射源之設防措施，惟此問題並未獲得報告人的具體回應，僅回應使用期限(20 年)屆滿後會回收，朝再利用或貯存來辦理，且中國有中低放貯存場故沒有問題。且報告人甚為關切台灣鈷 60 之自製能力，於茶敘時多次詢問台灣的市場及輸入規定。

2. 核技術在醫學領域應用與輻射安全

本議題之報告係由北京大學第一醫院核子醫學科王榮福主任為與會人員介紹核子醫學應用以及大陸核子醫學科之發展現況。

核技術是一把雙刃劍，其在醫學領域應用造福人類健康已得到公認，但醫療輻射安全不容忽視。利用核技術在醫學研究和疾病診治的新興學科—核子醫學

(簡稱核醫)發生日新月異的變化，核醫在臨床疾病診治研究中發揮越來越重要的作用。它可給人類帶來巨大前進動力，如核技術在醫學應用可造福人類健康，但核子射線或核輻射造成之游離輻射導致的輻射危害不容忽視。為此，權衡利弊，取捨定奪，應與時俱進，順應人類社會的長遠利益來考慮。據聯合國原子輻射效應科學委員會(UNSCEAR)發表的一份報告指出，醫療輻射是人類接受游離輻射的主要來源。在全世界人口遭受來自天然輻射或人為輻射之各種曝露中，有 20%來自於醫療輻射曝露；在所有人為輻射中，醫療輻射所占比例高達 98%。

利用放射性同位素及其標記化合物用於臨床醫學疾病診治和基礎醫學研究的核醫，在醫療輻射中之佔比儘管遠不及 X 光診斷，但近年來核醫診斷藥物和儀器(SPECT/CT、PET/CT)的不斷發展，其應用越來越普及。

目前大陸醫療機構主要存在問題為：(1)部分醫院對輻射防護工作不夠重視，在財力和人力上支援不夠，許多需要大劑量放射性同位素治療的患者雖無特殊防護病房，亦住院接受治療，顯見輻射防護相關規定之執行仍不夠嚴格。(2)部分醫院輻射防護衛教宣傳流於形式，受檢者很難透過衛教來了解輻射危害和如何使用防護用品；受檢者防護用品使用情況不見樂觀等。需要接受治療的患者對核輻射認識不足，有恐懼害怕的心理或無所謂等現象存在。

因此，要大力加強對新建、改建和擴建輻射作業場所，必須進行環境影響評估(保障環境輻射安全)、職業病預先評估和最終效果評估(保障輻射工作人員輻射安全)，同時，做好核技術利用和核輻射安全等科普宣傳工作。保證核技術在醫學領域應用發揚光大、造福人類。

我方與會者也分享我國在輻射醫療應用上甚為普及，且管制上推動醫療曝露品質保證，以「照得不多不少、不偏不倚」來更確保民眾輻射安全。

3. 做好公眾溝通的手段

本議題之報告人王有志目前任職於中國電力投資集團公司核電部副主任，報告內容簡要介紹中電投集團公司的總體情況、業務範圍、資產分佈、發展戰略、

核電管控模式及管理架構、核電發展規劃、控股核電專案現狀，及對海陽核電廠一期專案 AP 1000 工程進展情況，包括：海陽核電廠的管理模式、組織架構、專案規劃、發展歷程、AP 1000 技術簡介及項目實際進展，並規劃核電公眾宣傳工作，包括公眾宣傳活動、取得的成效及重大意義、以及未來的公眾宣傳規劃。同時也介紹宣傳展示中心（即山東核電科技館）的概況、主要功能、舉辦的展示活動、科技館展項設置等。

中電投集團成立於 2002 年 12 月，是大陸五大國有發電集團公司之一，集電力、煤炭、鋁業、鐵路、港口、煤化工、環保等各產業於一體的綜合性能源集團，唯一同時擁有水電、火電、核電、新能源資產的企業，通過電源結構調整和產業結構調整，致力實現綠色低碳清潔發展。其中公眾宣傳為本次報告重點，分為國家核能開發、運轉與管理的法規和方針政策、經營理念及企業文化、國內外核電廠的概況和發展前景、核安全、輻射防護以及核與輻射緊急應變的基本知識、省能源結構和市經濟發展、地方經濟和帶動地方就業等。宣傳對象分為專案場址周邊的村莊居民、專案周邊市區的公眾、與核電專案建設相關地區的公眾及利益方，並藉由建立健全資訊預警機制和緊急應變宣傳制度、輿論宣傳引導、多種形式開展核電科普活動、強化新聞媒體的作用，以企圖引導正確的輿論導向加強企業的形象建設。如山東核電科技館於 2014 年 8 月 6 日開放迄今已有近 2.6 萬人次造訪，且被列入中小學科普教學「必遊」地點。

因中國已有反對核設施之聲音，雖仍甚為微弱，然各個核電廠也都很重視公眾溝通，且紛採向下扎根以中小學童為主對象方式進行；我方詢問有無專業科教人士投入，回應輔導中並加強科普教師的培訓，且講師培訓或民眾溝通工作皆由核電公司或電廠辦理。



圖 17 中電投煙臺核電基地全貌



圖 18 山東核電科技館

4. 核電公眾科普宣傳的實踐與探索

本議題之報告人陳華目前任職於中國核能電力有限公司處長，其報告內容簡要介紹通過對大陸核電公眾科普宣傳現狀與形勢的分析，探討在核電公眾科普

宣傳過程中存在的問題，提出核電公眾科普宣傳的創新思路與工作方法，為核電公眾科普宣傳實踐提供理論依據和實施參考。

民意在經濟社會發展進程中彰顯出越來越大的力量，核電已不僅僅是一個企業的決策，更是一項政府、投資方和公眾在基本社會共識基礎上的多贏之舉。福島核事故後，社會公眾高度關注核電安全，質疑、評價的熱情不斷升溫，參與和表達強烈，訊息傳播的手段和形式正發生著革命性的變化，主流媒體資訊傳播進入到以微博、微信等網路社交類媒體為主的媒體時代，微博圍觀、網路圍攻層出不窮，傳播媒介的變革對核電科普宣傳工作提出了新的要求。陸方核電廠藉由通過邀請院士、專家，舉辦核電發展與安全講座、報告形式，消除政府部門及相關人員對核電安全的疑慮，增強地方政府對發展核電的信心，加深政府部門對核電的支持度。通過與教育局等部門合作開展校園企業共建、核電科普知識競賽等，將核電基礎知識帶進校園，提高大、中、小學生核電知識，在學校營造濃厚積極的核電宣傳氛圍，取得學生對發展核電的理解和支持。與廠區周邊百姓進行座談，發放核電科普小冊子，擺放宣傳展板，由專業人員進行講解提升周邊居民對建設核電的良好印象。以核電廠及其科普展示館、模擬機等獨特資源為平台，以各種形式的現場參觀、體驗和宣傳教育活動，向公眾普及核電知識。通過舉辦核電展覽展示，發放科普教育讀本、畫冊、畫頁、宣傳片、掛圖、掛曆等宣傳產品，通過內外網站、微博等網路媒體開展公眾科普宣傳。

報告人並提出陸方在科普宣傳上需改進之處，包括（1）宣傳力度缺乏配合性，較之國外核能界之投入存有差距；（2）大眾傳媒科技傳播品質不高、導向性不強、透明度不夠，致公眾對核能接受度較差；（3）對傳播對象之需求分析不足，致宣導方式缺乏創新性；（4）科普宣傳隊伍的成員分為文宣、技術人員兩類，致文宣人員缺乏專業技術，而技術人員太專業術語之說明，而無法有效與民眾溝通；（5）科普宣傳缺乏長期運行機制，也無統一的科普宣傳產品，致宣傳活動缺乏整體性。報告中建議宣傳機制統一化、傳播對象精細化、產品標準化及傳播廣泛化。

針對報告所提廠址 30 公里內居民座談、三鄉五里走村入鄰之文宣活動，我方人員也分享了緊急應變計畫區逐戶之家庭訪問計畫和逐里的溝通與疏散演練活動。此外，也觀察到陸方核電宣傳與民眾溝通活動多由業者辦理。



圖 19 核安全文化宣導

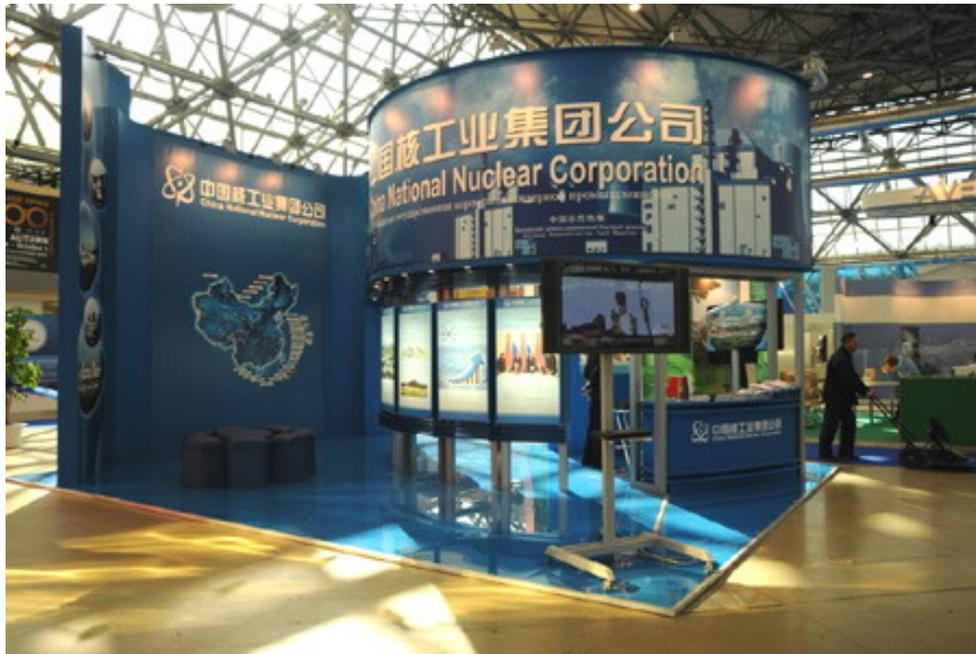


圖 20 媒體平台宣傳

二、 參訪福清核能電廠

本次交流活動第三天行程，由主辦單位安排與會人員參訪福清核能電廠。福清核能電廠位於福建省福清市三山鎮前薛村岐尾山前沿，為一沿海核電廠。有關電廠之開發、建造、測試、營運及管理工作，係由福建福清核電有限公司全面負責執行。福清核電有限公司為中核集團之隸屬單位，成立於 2006 年 5 月 16 日，分別由中國核能電力股份有限公司、華電福新能源股份有限公司及福建省投資開發集團有限責任公司共同出資籌組成立。

目前大陸在核電廠規劃原則，僅於沿海規劃興建核電廠，福清核能電廠為其中之一，規劃裝機容量為 6 部百萬瓩級壓水式核電機組，採「一次規劃、分期建設」方式興建，由於 6 部機組先後建造，電廠內從規劃、設計、施工、完成建造、併聯等各階段作業情形，於廠區內均可觀察得到。福清電廠 1-4 號機組為二代改良型壓水式反應爐 CPR 1000，5-6 號機組則為 ACP 1000，亦即華龍一號。華龍一號採非能動技術作為能動安全措施的補充，是目前大陸自主化、國產化程度非常高的核電廠。有關各機組之興建時程，1 號、2 號機組分別於 2008 年 11 月、2009 年 6 月建造，3 號機組於 2010 年 12 月開工建設，其後於 2011 年 3 月發生日本福島核子事故，導致 4 號機組興建時程延緩，直至 2012 年 11 月始開工。

1 號機組於 2014 年 5 月 30 日首次裝填燃料棒，截至 2014 年 11 月已具備商轉條件，目前正進行最後申請工作；2 號機組於 2014 年 11 月進行熱測試，預計 2015 年 3 月裝填燃料，同年 8 月開始商轉；3 號機預計 2015 年 9 月裝填燃料，2016 年 2 月商轉；4 號機目前進行穹頂吊裝作業，預計 2016 年 10 月裝填燃料。

本次造訪福清核能電廠之「模擬中心」、「重件吊運碼頭」和「4 號機組」。重件吊運碼頭主要提供重大貨物吊運及進出使用，由於目前廠區多處進行施工作業，部分大型貨物經由海路運送至重件碼頭卸貨（如：反應爐壓力容器 RPV），送入廠區進行組裝測試；廠區內貨物如需經由海路外運時，亦集中於碼頭後吊運至船舶運出；電廠之核子燃料係採陸運方式運至廠區。另外，此行還參觀施工中

的 4 號機組，目前 4 號機組正進行核島區及周邊設施土建項目之施工作業。因福清電廠為運轉和興建同時進行，參訪時也觀察了保安部分，可見雙層圍籬及攝影機等都已設置完成，而門禁管制也施行中。



圖 21 台灣代表團參訪福清電廠



圖 22 重件吊運碼頭吊車



圖 23 模擬中心一隅



圖 24 福清電廠模擬中心簡介



圖 25 興建中之 4 號機組



圖 26 4 號機組汽機廠房



圖 27 雙層圍籬



圖 28 門禁管制

三、 參訪廈門大學能源研究院

第四天之參訪行程為廈門大學能源研究院，屬於廈門大學所屬單位，然其座落於翔安校區內，與廈門大學校本部距離車程約 40 分鐘。本次造訪由能源研究院院長李寧先生親自接待，並先後由我方核能科技協進會陳衛里博士與李寧院長簡報，分別簡介台灣核電發展現況及能源研究院。

廈門大學能源研究院可說是李寧先生所創立，他提及當初設立的因緣係基於廈門區位上居於中國核電發展的中心，並將中國地圖以廈門為原點畫圓說明

(當時東北尚無核電廠)，故於 2007 年 9 月成立，下設先進核能研究所、化學能源研究所、生物能源研究所、太陽能研究所、能效工程研究所和能源經濟研究中心，以大陸國家能源科技重大需求和海峽西岸經濟發展為導向，通過整合、引進、提高，為大陸國內一流人才培養、技術研發和技術轉移於一體的新能源基地。

其中，廈門大學能源研究院核能研究所主要的研究範圍為研發極端環境應用材料、先進數位化技術、開發先進核能系統、核能應用技術和流程等。在核應用材料研究方面，主要研究方向為研究極端環境材料特性，研發抗輻射損傷、抗腐蝕、耐高溫、高強度的新型結構材料。在先進數位化技術研究方面，主要研究方向為核電廠數位化儀控系統的安全性、可靠性研究，包括：系統軟硬體驗證與確認研究、概率安全分析、系統建構模式與仿真分析等。在熱工水力研究方面，主要係基於核科學與工程、流體力學、材料學、化學等多項科學交叉，運用多尺度數值模擬和實驗方法從事核電及其它能源系統中關鍵問題的研究。在核能應用技術研究方面，主要研究方向為開發核與煤聯合運用技術和流程、電解或熱化學製氫、海水淡化、嬗變處理核廢料等。在先進核能系統研究方面，主要研究方向為合作開發能利用資源、改善核燃料循環、提高性能與經濟性的核子反應器、能源轉換系統和建構運轉模式。先進核能研究所目前進行壓水式鋳合金 HT 鋼與 ODS 鋼等輻射照射試驗工作，一期實驗主要於美國 Argonne National Laboratory 與 Oak Ridge National Laboratory 進行，目前已取得相關輻照數據；二期實驗則有一部分於廈門大學輻照聯機設施（目前建設中）內進行。

本次參觀聯機設施相關組件要項，聯機設施係包含：離子注入機、透射電鏡、串列加速器等設備，目的為進行核電工程材料研發和測試（離子模擬中子）、太陽能半導體材料研發（離子注入）、能源領域催化劑研發（離子束材料改性）等工作。能源研究院目前已完成聯機設施專用實驗室建設，另離子注入機（價值約 1,300 萬人民幣）目前正進行安裝調整測試，由美國國家靜電公司（NEC）負責建置。

在「發展能源技術、共同改變世界」的目標下鼓舞學子欣欣向學外，廈門

能源研究院也甚為注重行銷，經由請學生問卷，也爭取到「第四屆海西（廈門）國際新能源產業博覽會暨高峰論壇」的展覽，故可匯集全球能源技術及行銷所研發的技術，而且也讓產學研有了一個共贏的平台。



圖 29 李冠興院士（前排右二）及李寧院長（前排右一）



圖 30 台灣代表團參訪廈門大學能源研究院



圖 31 參訪廈門大學能源研究院先進核能研究所



圖 32 能源研究院李寧院長簡報

肆、心得與建議

一、活動心得

自 2011 年 3 月 11 日日本福島核災事故發生後，在中國國務院之要求下，責成國家核安全局、國家能源局及中國地震局組成聯合檢查團，包含來自核能、環境、海洋、地震等專家，針對運轉中及興建中之核電廠進行約 9 個月之綜合安全檢查。檢查內容涵蓋「場址選址過程中所評估外部事件的適當性」、「嚴重事故的預防和緩解措施」、「極端外部事件的預防和緩解能力」等 11 個領域。檢查總結，大陸運轉中及興建中核電廠基本上滿足大陸核安全法規及國際原子能機構最新標準之要求，具備一定之嚴重事故預防和緩解能力，安全風險處於受控狀態，安全有保障。

福島事故後，大陸對運轉中的電廠提出 8 項主要要求，包括：防洪能力改進、氫氣監測與控制系統改進、緊急應變補水設備選取和管線設置、緊急應變控制中心可居留性及其功能、移動電源選取及接口設置、輻射環境監測及緊急應變改進、用過燃料池監測，及外部災害的應對。吸取福島核事故經驗教訓，核電廠設計中需重視小概率事件，充分考慮和應對極端自然災害，加強對地震、水淹、火災和飛機撞擊等事件的防範。對於選定的一定範圍內超過設計基準的外部事件，應作為設計擴展工況來應對。同時，通過提高設計安全餘裕、採取補充安全措施和加強縱深防禦措施等，提升抵抗超過設計基準自然災害能力，對於專用於緩解嚴重事故的附加安全系統設備，應滿足 SSE 地震後可用等要求。對於選定的嚴重事故，作為設計擴展工況，要採取不同於應對設計基準事故的附加安全措施，控制嚴重事故的後果。即使分析結果可預防圍阻體超壓，但作為補充安全措施，要採取極端情況下圍阻體超壓的過濾排放措施。並開展全範圍的確定論事故分析和概率安全分析，必要時也可採取壓力測試和餘裕分析等方法，儘可能發現設計中可能存在的微小風險，採取合理可行的安全措施，進一步提高核電的安全水準。此與我國之核電總體檢相似。

大陸對新建核電廠也有新的安全規劃，並發布「核安全與放射性污染防治「十二五」規劃及 2020 年遠景目標」，要求新建核電機組應具備更完善的嚴重事故預防和緩解措施，另要求「十三五」及以後新建核電機組需從設計上實際消除大量放射性物質釋放的可能性。佐以研討會總結時，李冠興先生提及中國將積極發展核電提供人民所需要的用電量，一來消除煤炭發電所帶來的霾害，二來讓中國人均用電量可達 9000 度的水準(此仍小於台灣現行的 9600 度)，為了達成此一目標，他期許中國核能界需以全球最高安全標準來興建和營運。他也提及中國發展核電係以整個核循環生命週期來規劃，從燃料到核後端都有妥適規劃，且無論是快反應器、高溫氣冷反應器、ADS、鈉反應器都設有達成期限的目標來推動，核能界的內部爭議是可以接受，中國核學會都會包容，但不可以動搖政府推動核電的決心；此也可以感受到中國核電界全力發展的積極態度。

截至 2014 年止，大陸運轉中機組計 22 部（裝機容量約 20 GWe），建造中機組計 26 部（裝機容量約 30 GWe），核電發電佔比約 2%，預估截至 2020 年止預定運轉之核能發電裝機容量為 58 GWe¹。大陸發展核電起步雖較台灣為晚，惟規模興建較大，且發展核電係其目前國家戰略，藉由吸收國外技術，全面提高其自主開發與設計能力，近年亦推廣「走出去」戰略一向全球出口核電技術，同時推動「高溫氣冷式示範工程」以實現控制棒驅動機構、燃料裝卸系統、蒸汽產生器等主要設備國產化及未來商業化等目標，顯示其晉升世界核能工業大國的決心。反觀台灣，核一、二、三廠即將面臨除役，龍門電廠並於 2014 年封存（1 號機）及停工（2 號機），為台灣核能發電之發展現況，未來如何在現有政策下，取得能源安全與永續發展之平衡，實為一大挑戰。

大陸目前全面推動核電以提升經濟發展，設施於規劃及興建中雖亦遭遇當

¹ 根據 2014 年 12 月 31 日大陸國家能源局發布之「吳新雄在 2015 年全国能源工作会议上的讲话」（http://www.nea.gov.cn/2014-12/31/c_133889844.htm），內容表示大陸全國運轉中核電機組達到 22 台，裝機容量 2010 萬瓩；另根據世界核能協會（World Nuclear Association）2014 年 12 月 30 日公布之大陸核電現況（<http://www.world-nuclear.org/info/country-profiles/countries-a-f/china--nuclear-power/>），運轉中核能機組為 22 台（IAEA 統計為 23 台，係因包含 1 台實驗型快反應器「CEFR」，詳見 <http://www.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=CN>），裝機容量 1909 萬瓩，建造中機組為 26 台，裝機容量 2955 萬瓩，並預估至 2020 年止預定產出核能發電量為 58 GWe。

地民眾、媒體或知名人士之反對聲浪，惟其廣度及力道尚不足以影響國家政策推動。台灣發展核電已有三十餘年歷史，過程歷經民意抬頭、網際網路資訊流通普及，以及再生能源發展技術進展等因素，使民眾有較多選擇並省思使用核能的安全及必要性。本次交流中，瞭解大陸國內雖亦同步推展水力、太陽能（光伏）、地熱、風力發電等硬體興建及技術研究，惟囿於全球再生能源技術尚未足夠成熟，難以完全取代核電的現況，其仍以核能發電為重點發展主軸。此外。陸方甚為關切龍門電廠的封存及核一延役或除役的動向，認為未來的動態也將影響大陸民眾對核電廠的觀點。大陸近年來亦非常重視核電公眾宣傳工作，如：中電投集團制定了詳細的宣傳方案，積極開展公眾宣傳工作，在公眾宣傳平台建設、資訊發布、公眾參與、核電科普、輿情監測與應對等方面皆有所著墨，並構建公開透明的資訊交流平台，增加行業透明度，制定資訊公開制度，明確規範資訊發布範圍、責任和程式，提高公眾在核設施選址、建造、運轉和除役等過程中的參與度。其中，山東核電科技館雷同台電公司的北部展示館及南部展示館，在中小學基礎教育中增加核與輻射安全科普知識、完善核安全突發事件公共關係應對體系，及時權威發布相關資訊，釋疑解惑，消除不實資訊的誤導，維護社會穩定。加強公眾宣傳，逐步強化「走出去、請進來」的核電科普宣傳形式，深度挖掘核電科普資源，創新核電科普教育方式，持續推進科普宣傳教育工作健康發展，已獲得大陸地區社會各界的肯定和好評。周邊公眾對核電的認識逐步提升，增進了對核電項目的瞭解，瞭解到核電是安全、清潔、低碳、高效的新能源。皆與我國行之有年之施行方向不謀而合。

二、 建議事項

透過此次參加民間核能機構舉辦之核能學術交流研討會及實地參訪活動，發現大陸地區在核電的發展上相當積極，同時，大陸地區在核電技術及相關工業技術發展上，無論在機組設計技術、組件研發方面，已有朝向自主化及創新的趨

勢，整體核電應用顯得相當蓬勃發展。為了提供國內未來在核能電廠管制技術上精進，以下謹依此行之心得，提出一些建議：

(一) 積極進行核安學術交流，掌握大陸核電研發狀態，助益國內核安及應變能力，共創雙贏

(二) 持續精進後福島時代之核安與緊急應變整備要求

1. 繼續朝提升核安，降低風險努力

在日本發生福島事故之後，大陸地區對於現有運轉中機組及興建中機組強化核能安全作為上有多樣強化措施，與國內之要求有雷同之處，其重點不外乎強調強化縱深防禦之獨立性與多樣性。在實際要求作為方面，陸方強調須考量合理提高核安全可行性，並透過確定論和概率論安全分析方法，識別電廠安全之弱點，採取合理可行的措施減輕剩餘風險的後果，以達到實際消除大量放射性物質釋放的安全目標。此要求方向與我國諸多作為甚為雷同，均順應國際核安全管理趨勢，因此未來仍應繼續朝此方向精進。

2. 核災風險雖然小，有備無患沒煩惱，精進緊急應變措施的執行

基於日本福島事故之經驗，陸我雙方皆以縱深防禦概念強化設備多樣性、多重性及獨立性，如：設置移動電源車及緊急應變指揮中心、運轉支持中心可居留性及可用性，使核能電廠在面臨極端外部災害時兼具防護能力與事故緊急應變能力。由此可見，有運轉，就有風險，就須做好緊急應變工作。大陸在日本發生福島事故後，以「十二五」計畫落實核安全與放射性污染防治規劃，提高核電安全水平，目的係要恢復民眾對核電安全的信心，並也重視廠外緊急應變計畫，必須適當將剩餘風險考慮在內，將核能電廠可能發生大量放射性物質外釋之機率降至最低。我國於福島事故後即進行核電廠安全總體檢，並將廠外緊急應變計畫及民眾防護措施納入，經於 2013 年 7 月審查完成「核能一、二、三廠緊急應變計畫區內民眾防護措施分析及規劃檢討修正報告」，並於 2014 年 9 月前陸續完成新北市、基隆市及屏東縣「核子事故區域民眾防護應變計畫」審查與核定。由此以觀，台陸雙方都很積極就萬萬

分之一的事務可能性投入應變的整備工作，差異處在視各國國情調整執行面上的細膩度。而本次我方所發表的緊急應變整備報告，亦獲得與會人員稱讚台方在整備作業上細膩度尚遠優於陸方，且更從民眾觀點來規劃辦理，故應秉持此理念繼續規劃應變整備作業。

(三) 落實核安文化、加強兩岸交流，共同精進，確保核安

1. 持續強化核能安全文化

大陸在核電發展上藉由華龍一號的建置，已由核電技術輸入逐漸轉為核電技術輸出，同時對於安全管制之標準也謀求與國際安全標準或作法接軌，並針對大陸國情發展出屬於自身的核安管制機制。中核集團福建福清核電有限公司為進一步加強核安全文化培育，提高電廠員工核安全文化素養，企圖以各種宣導角度切入核安全文化的認識、核安全文化體系建立、如何加強核安全文化、核安全典型案例分析以及各級人員如何落實核安全文化等主題進行推廣，並對核安全文化建設做出了詮釋，以「安全第一零事故、質量（即品質）第一零缺陷」作為口號，並同時以核安全是核工業的生命線、核安全文化是核電企業的靈魂作為標語，宣導安全理念，此與我國台電公司的核安宣導類似。

2. 未來兩岸交流之議題應增加核安文化之養成及訓練

大陸核電發展迅速，吸引許多年輕人進入此行業，惟新生代之核工專業人員較缺乏實際運轉經驗，核安文化之養成及訓練已成為必要課題，而台灣核電界對此已累積有數十年之經驗，可作為未來兩岸核安交流之議題，將有助於核安之確保。

3. 建立兩岸人因管理教育訓練技術合作平台，互補強短

此次參訪福清核電廠期間，除參觀現場相關施工工程外，並參觀福清核電廠培訓中心模擬器。福清核電廠機組採用數位化儀控系統，培訓中心模擬器盤面配置與國內龍門電廠有些許類似之處，在安全系統操作配置、警報顯示配置及整體空間配置等人因工程管理則各有優劣之處。因陸我雙方在管理

層面之優劣異同實非簡短參訪時間即能彼此汲取經驗，因此，如能建立兩岸人因管理教育訓練技術合作平台，將有利於兩岸在人因管理上彼此截長補短，共同精進成長，進而確保國內外之核能安全。

(四) 核能後端處理業務日益重要，建議加強放射性廢棄物處置議題和放射性廢棄物相關設施現地參訪

1. 增進兩岸放射性廢棄物處置交流工作

大陸高放射性廢棄物處置，目前進行地下實驗室規劃中，預計於 2024 年完成地下實驗室建造，並於 2050 年完成高放射性廢棄物處置場建造。大陸放射性廢棄物處置所採取政策、法令規定雖與台灣相異，惟處置技術及經驗卻值得深入研究，最直接的方法為增進相互交流溝通與學習，提升台灣處置技術，以強化國人對處置工作的信心及接受度。

2. 未來交流研討會中加強放射性廢棄物處置議題和現地參訪

鑑於處置工作為核能使用國家均需面對之問題，各國的技術交流可達事半功倍之效，建議此類具有延續性之技術研討會，可提升處置議題探討比重，以利聚焦核能交流議題，便於更深入探討兩岸現況並提出心得或對策研析。歷屆研討會多安排進行實地參訪，以瞭解彼此核能設施現場情形，同時藉由實地訪查，有利於從彼方不同觀點見解中精進，同時加深對於硬體設施及管制實務的印象，惟參訪重點集中於核電廠營運之主、附屬設施，至於放射性廢棄物之運送、接收、管制、處理、處置等營運與相關設施，相較之下缺乏參訪機會。核能後端工作與電廠營運同等重要，是以建議未來有機會可安排參訪放射性廢棄物相關設施，以增進了解彼此放射性廢棄物相關作業之執行情況。

(五) 持續加強民眾溝通，且始於校園扎根及重視分眾和傳播方式

1. 核能基礎知識納入校園教材，正確核能資訊從校園扎根

大陸在通過「核電中長期發展規劃（2011-2020）」後，表明其核電產業未來 10 年仍將保持較快發展，中國核能電力股份有限公司計畫實現「規模

化、標準化、國際化」戰略，推動過程中瞭解所有一切將取決於場址周邊民眾對核能發電的接受度。本次研討會中參考大陸核電公眾科普宣傳作法與現況，就長遠發展來看，「核科普進機關」及「核科普進校園」尤其重要，前者主要為強化政府部門對核能發電信心，消弭政府部門及相關人員對核安疑慮，以加深政府部門對核電的支持度；後者則將核電基礎知識引進高中及中、小學校園，將正確的核能資訊從校園扎根，並透過學生去影響他們的家長。相關作法台灣雖有推展，然而更需要持續不斷且廣泛地推動，期望未來能將核能基礎知識納入校園教材，使民眾能正確認識核能，加深對政府安全管制及核能發電技術的信心。

2. 走入村里與民眾面對面接觸及溝通，建立民眾與政府間互信機制

大陸為建立廠址周邊居民科普知識，以「三鄉五里，走村入戶」標語落實居民對核電認識，與我國對核電廠緊急應變計畫區內民眾執行家庭訪問計畫逐戶拜訪做法不謀而合，共產國家已是如此，我國政府更應多與當地民眾面對面接觸及溝通，讓民眾更瞭解核能基本知識及傳達正確的訊息外，更可藉機建立民眾與政府間互信機制，才可凸顯民主社會與共產體制優劣之分。

3. 科普宣傳應依對象因人而異、因地制宜

地方政府、機關工作人員若為宣傳對象，層次相對較高，科普的接受度相對要好，能夠加強與地方的聯繫，可爭取對核電的支持；學生作為科普教育群體，傳播管道比較固定，組織與實施相對容易，科普影響面較大，不僅能影響學生，還能通過學生去影響他們的家長；若為電廠周邊居民，是直接利益相關者，活動實施較容易，影響面較小；公眾通過參與及互動的方式親臨現場，對核電有較好的感受和認識，科普效果好，科普投入相對較大；能夠發揮傳統媒體和新媒體的優勢，科普受眾較多，覆蓋面較大，但網路媒體的可控性較差，容易引起輿情。

4. 多元化實施溝通教育，建立完善的科普傳播制度

核電公眾科普宣傳是一個長期的過程，需要建立完善的科普宣傳制度，

需經常性地開展公眾科普活動，明確工作責任，推進公眾科普宣傳工作日常化、制度化、規範化；要將核電科普宣傳教育工作納入績效指標，研究制定相關獎懲激勵機制，鼓勵和支持公眾共同參與核電科普活動，對參與宣傳教育表現突出、成績顯著的單位和個人給予獎勵，鼓勵多出宣傳產品及研究論文，核設施經營者應更積極投入民眾溝通及敦親睦鄰，持續努力以多元化角度去面對與實施宣傳教育，以達成民眾與社會的認同。

附件一 第十四屆海峽兩岸核能學術交流研討會論文摘要

1 華龍一號的安全措施

李 軍 中國核電工程有限公司

報告首先介紹華龍一號的研發背景以及專案進展情況，從總體上介紹華龍一號研發的主要指導理念和總體技術特徵，並分以下幾個主要方面對華龍一號的方案進行闡述：

- 1、堆芯設計介紹
- 2、反應堆冷卻劑系統的主要技術方案
- 3、能動+非能動安全系統方案
- 4、嚴重事故預防與緩解措施
- 5、抵禦外部事件的能力以及福島事故經驗回饋等等。
- 6、三廢及輻射防護
- 7、控制及電源配置
- 8、試驗驗證情況

最後從法規標準層面、概率安全分析結果以及自主智慧財產權、經濟性等方面對華龍一號進行了一個總結性評價。

2 核電站核島土建施工管理與關鍵施工技術介紹

龔振斌 中核建華興建設有限公司

核工業華興建設有限公司（簡稱中核華興）隸屬於中國核工業建設集團公司（簡稱中核建）。中核華興承建核電站核島土建建造的過程和發展史，是中核建核電建造過程和發展的縮影，也是大陸核電站建造過程和發展的縮影，伴隨著大陸核電站引進、消化和吸收，到自主化設計，中核華興核電站建造施工和管理也逐漸趨於成熟。

本文通過對中核華興承建的大陸眾多不同堆型核電站建造的總結，歸納出目前核島土建工程施工、物資管理、人力資源管理、安全管理、品質管制、進度管理、技術管理和資訊管理等方面具有特點的專案管理模式，同時針對不同堆型核電站的結構形式、建造要求等，研發和應用了眾多的土建專項施工技術，並列舉其中部分關鍵施工技術進行介紹。

3 台電核電廠安全文化精進作為

蔡正益 臺灣電力公司核安全處

台電公司自1989年推動核能安全文化迄今，已逾20年，除最初系以國際原子能總署(IAEA)內部之國際核能安全諮詢小組(INSAG)於相關資料所作之定義與闡釋，作為推動核能安全文化之依據，另於推動過程中亦隨時注意國外核能業界推行安全文化狀況，參考其精神與作法，並考量本地核能電廠之實際狀況，據以制訂各項精進強化核安文化之執行策略、方案及具體改善對策。

一、台電安全文化推動過程

學習期（1988~1992）：讓全體員工瞭解安全文化的內涵。

培育期（1992~1997）：在全體員工的心中建立安全文化意識，並把安全文化的精神發揮在其工作上。

強化期（1997~2010）：繼續提升並強化全體員工的安全文化意識。精進期（2010~現今）：進一步增強核能安全文化，輔以當責精神，提升管理效能，重視風險意識，展現『安全第一，使命必達』的團隊意志。

二、核能電廠安全文化的精進

為達核安應本著安全第一之精神，不容有絲毫之懈怠，台電於2010年底至2011年初，進行整體檢討，初步確認本公司各核能電廠安全文化績效，從經營績效、風險分析、安全管制、量化指標四個面向看來，並無鬆散跡象，但仍有相當空間可以持續精進。

日本福島核子事故發生後，本公司除了積極展開核能安全總體檢外，為堅守『沒有安全，就沒有核能』的最高指導原則，於精進核能安全文化過程中，考量輔以當責精神，提升管理效能，重視風險意識，防止人員作業疏失，塑造從業人員多層深度防禦的思維，認真學習核能安全的知識，積極找出弱點並予以補強，展現『安全第一，使命必達』的團隊意志。

2011年6月底完成「核安文化精進方案」草案，試行半年後，依試行結果檢討

修訂安全文化量化指標目及績效評等，並於2012年正式實施，俾便電廠據以落實執行，期使透過修訂後之量化目標，續創核能安全營運佳績。

核能安全為本公司核能營運長期進步的基礎，核安文化推展系長期漸進的工作，期能達到潛移默化同仁的工作習性。爾後仍將持續搜集並瞭解國際核能業界安全文化之作法，作為推動安全文化之基礎，並持續推動核安文化落實至各階層同仁。

4 重大專項大型先進壓水堆 CAP1400 交流報告

鄭明光 上海核工程研究設計院

CAP1400 的研究開發基於大陸 40 多年的核電技術研究、工程設計、設備製造、工程建設經驗、20 多年核電安全運行經驗，基於 AP1000 先進技術的消化和吸收和依託項目經驗以及國際國內廣泛合作與共同努力。

CAP1400 是世界上技術領先的大型先進壓水堆，具有自主智慧財產權和獨立出口權，是大陸核電產業在更高層次上參與國際競爭的基石，是政產學研用相結合的國家品牌。

本交流報告從 CAP1400 的歷史背景、目前成果、技術特點與工程進展、能力與走出去四個方面進行了較為詳細的介紹。

5 核三廠耐震餘裕評估與強化

黃朝丁 臺灣電力公司核三廠

因應2011年3月11日日本東北發生芮氏規模9.0強震，引發海嘯造成重大核災事故；又恒春斷層已經地質調查所公佈為第二類活動斷層(在過去10萬年至1萬年內曾活動者，為第二類活動斷層)，其斷層距核三廠最短距離約1.1公里，為了評估前述斷層對核能電廠結構、系統及元件（SSC）之影響，台電公司特案辦理核能電廠耐震安全餘裕評估（Seismic Margin Analysis，簡稱SMA），以了解目前核能電廠之耐震餘裕。

耐震餘裕評估 (SMA)乃根據U.S. NRC Generic Letter 88-20, Supplement 4及U.S. NRC報告NUREG-1407規定容許之EPRI方法，篩選兩串安全停機路徑設備進行評估。根據EPRI NP-6041-SL，耐震餘裕評估須保證強震發生時電廠能安全停機(熱停機或冷停機)並維持穩定狀態達72小時，安全停機相關之系統設備只需涵蓋一組主要成功路徑(Success Path)及另一組候補成功路徑。

核三廠以0.72g為耐震餘裕評估基準地震，最終篩選未通過的機械和電氣設備共計23項次，並分別進行耐震補強措施，以符合法規耐震強度（0.72g）要求。

本報告包含說明上述設備耐震改善的做法及成果，以及施工過程的管制經驗。

6 大亞灣核電基地安全生產管理

趙福明 中國廣核集團大亞灣核電運營管理有限公司

1.大亞灣核電基地情況介紹。

1.1 地理位置

1.2 公司概況

1.3 人員構成營運業績

1.4 上網電量

1.5 能力因數

1.6 WANO（世界核營運者協會）9項指標達先進數

1.7 EDF 挑戰賽情況

2·安全生產管理經驗。

2.1 大亞灣核安全管理八大“抓手”

2.1.1 精細化的日常生產管理

2.1.2 專業化的大修管理

2.1.3 日趨完善的設備管理

2.1.4 完善的人員培訓體系

2.1.5 全方位的監督體系

2.1.6 嚴謹全面的程式體系

2.1.7 追求卓越的工程改造

2.1.8 防微杜漸的經驗回饋

7 臺灣核能電廠圍阻體排氣功能強化措施現況

鄭再富 原子能委員會核能管制處

2011 年 3 月 11 日在日本福島一廠發生核子事故後，國際間，各主要核能組織乃相繼針對該事故進行研究分析及提出後續之檢討改善，其中針對福島電廠在喪失冷卻能力狀況下，發生嚴重核子事故並導致圍阻體嚴重受損之事件，各國即紛紛針對現有核能電廠安裝強化圍阻體排氣管道是否增設具高效率過濾裝置之議題進行討論。

在發生福島事故後，美國核管會（NRC）乃於 2012 年 3 月及 2013 年 6 月分別頒佈行政命令 EA-12-050 及 EA-13-109，要求使用 Mark I 與 Mark II 圍阻體之 BWR 核能機組，除應強化長期電廠全黑之圍阻體排氣系統可靠性外，尚應加強因應嚴重核子事故之能力。至於是否要求核能電廠圍阻體排氣管道增設具高效率過濾裝置，將于完成立法後，發布最終決定。而在歐盟各國執行壓力測試後，歐盟執委會核能安全管制者組織（EC/ENSREG）在所提出之行動計畫，則已要求采具過濾圍阻體排氣之功能。日本安全機構原子能規劃廳（NRA）亦於 2013 年 6 月頒佈「實用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」，其中第 50 條有關防止原子反應爐圍阻體過壓導致損壞之保護設備要項中，則要求核能電廠機組安裝具過濾功能之圍阻體洩壓裝置，以減少圍阻體排氣過程中放射性物質之外釋。

由於台灣核能電廠具備周邊人口稠密之特性，在確保降低圍阻體失效發生機率之事故狀況下，同時考量增設具過濾功能之圍阻體排氣系統對於圍阻體完整性及緊急計劃區域之控制均甚有助益，因此，在發生福島事故後，原子能委員會（簡稱原能會）乃參考美國 NRC 評估報告 SECY-12-0157 Enclosure 7B、行政命令 EA-13-109 及日本 NRA 於 2013 年 6 月頒佈之「實用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」第 50 條，制定具備過濾功能之圍阻體強化排氣系統設計要求，包括操作性能目標、設計特點、品質標

準及作業程序要求等，並要求台電公司依據相關設計要求規劃執行，以強化核能電廠圍阻體排氣設計及可靠性，確保民眾生命財產安全。

8 核電產業發展及高溫氣冷堆工程建設

崔紹章 中國華能集團

大陸經濟高速發展給能源供應帶了巨大壓力，以煤炭為主的能源供應造成了環境的嚴重危機，發展核能是實現大陸能源可持續發展、緩解環境危機的重要舉措。福島核事故以後，對核電的安全提出了更高的要求，華能集團投資建設的具有自主智慧財產權高溫氣冷堆具有固有安全性、提供高溫工藝熱、靈活性等優勢，商業化推廣符合國家“走出去”戰略，其技術先進成熟，具有廣闊的應用前景，高溫氣冷堆示範工程已取得重要進展，給高溫堆的商業推廣帶來了機遇，但是為實現高溫氣冷堆商業化推廣，需要應對審評標準、公眾接受性和經濟性等諸多挑戰。

9 臺灣沸水式核能電廠斷然處置措施面面觀

廖俐毅 核能研究所核安技支中心

一、緣起說明

福島一廠事故雖起因於異常天災，但事故處置因應措施不夠嚴謹與完善，也是造成事故後果惡化的重要因素之一；核能電廠若能提升硬體防範措施，讓電源與水源供應無虞，並藉更新程式書強化因應能力，在遭遇類似福島一廠事故(超過設計基準的複合式天然災害)的挑戰時，將仍可維持反應爐、圍阻體及用過燃料池的冷卻能力及完整性，並可避免嚴重事故發生和防止大量放射性物質外釋。

二、「斷然處置指引」與國外類似措施

斷然處置指引(URG)是台電公司在福島事故後，因汲取經驗所提出之緊急應變作為，也是整體改善強化安全防護措施的一環，乃搭配核能電廠在硬體設備上之改善，兩者相輔相成，為核能電廠的安全提供多一層防線。本報告將以沸水式核能電廠為例，介紹斷然處置措施。

斷然處置措施是一個特殊的緊急降壓注水程式，為正常設計爐心注水系統功能恢復前之應變措施。其主要目的在因應類福島事故(加長型的電廠全黑事故)，發展出適合替代方式注水的降壓策略，俾使替代方式注水能確實有效執行。透過斷然處置措施提早進行設備列置、建立排氣路徑及果決斷然執行反應爐二階段降壓和注水將可避免爐心熔毀事故之發生。

斷然處置措施的主要啟動條件是，除蒸汽帶動注水系統(如 RCIC)可以撐一段時間外，所有固定式緊急電源以及緊急注水系統均喪失功能，只剩替代方式注水可用。

核能電廠有多重水源，各種水源的冷卻效果相當，所以在注水時優先採用乾淨的廠內除礦水、凝結水，其次再採用淡水(生水池、溪水等)，在淡水全部用盡時才採用海水，所以將海水注入反應爐是最後的一個手段。在最後必要時，斷然處置措施基於保護民眾和環境安全為先的精神，犧牲了核電廠未來仍可恢復運

轉發電的可能性而將海水注入反應爐，乃著眼于海水水源可以無限供應不虞匱乏，此刻將完全摒棄傳統保護反應爐之經濟效益考慮。

斷然處置措施「緊急降壓」在發展過程中，針對反應爐排氣降壓的策略進行反復分析、辯證並利用各種國內外技術研討會的機會與國際專家進行深入技術研討。此外，並廣泛研讀報告與吸收國際(特別是日本與瑞士)經驗，在既有基礎上持續精益求精。

三、結語

日本福島一廠事故發生後，民眾對核電廠的安全性產生很大的疑慮。台電公司提出之斷然處置措施作為各項改善的一環，若能搭配電廠在硬體設備上之其它改善，即使在發生類似福島一廠型態事故狀況下，也能夠維持反應爐與用過燃料池燃料適當冷卻，確保反應爐與圍阻體完整進而避免發生嚴重事故。

10 核能電廠發生事故時斷然處置之人員訓練與做法

杜博文 臺灣電力公司核二廠

311 日本福島核電一廠事故，帶給核能電廠業界的震撼與衝擊無可言喻，台電公司進行了核安總體檢，建立防護屏障，從根本防止核災事故發生的可能性，而斷然處置措施係以上種種防護屏障再進一步假設被突破時，台電公司更深一層用以保障人民安全之緊急應變救援措施。

台電公司因應日本福島核子事故，擬訂「核能電廠機組斷然處置程式」指引，針對來自電廠外部危害造成大規模損害之複合式災害，建立完整的處置流程，提供核能電廠第一線人員迅速反應的準則，在事件惡化演變成「嚴重事故」前，能即時中斷事件狀態之繼續惡化。也可以說斷然處置措施是在現行緊急操作程式中(EOP 及 SAMG)，為防止機組狀況惡化到「嚴重事故」所新增之「深度防禦(Defense-in-Depth)」處置程式。此與美國在福島事故後新提出之 NEI 12-06 *Diverse and Flexible Coping Strategies (FLEX) Implementation Guide* 之概念相仿。

核二廠依據公司訂立之「核能電廠機組斷然處置程式」指引，明確建置多重救援電源、建置多重救援水源、建立救援器材與設備之儲放機制、制定三階段救援策略、以及斷然處置各階段之通報與決策機制等的處置流程，提供電廠人員在電廠遭遇嚴重複合式災害情況下，在演變成「嚴重事故」之前，中斷事件狀態之持續惡化。

核二廠有兩部機組，當發生類似福島之複合式災害時，”雙機組”如何在既有之人力建置下，運轉團隊如何在第一階段能有效的指揮操作，有系統的執行各階段之救援策略，落實「電廠機組斷然處置程式」，唯有經事先明定各處置策略及處置程式之人力點檢，及處置策略之工作方法點檢表等才得以達成。並透過不斷的演練，尤其是雙機組之聯合演練，持續在演練後檢討與改善，使處置策略能更趨於完善。

斷然處置程式是以維持反應器爐心冷卻、維持控制室監控功能、確保圍阻

體完整抑制放射性物質外釋、維持燃料池冷卻及用過燃料的淹蓋、積極建制救援之爐心注水與長期冷卻之能力，以達成防止無法控制之輻射外釋，避免大規模之民眾疏散的最終目的。

11 臺灣核能電廠重要運轉經驗之管制案例

臧逸群 原子能委員會核能管制處

本簡報針對「核二廠反應爐支撐裙板錨定螺栓斷裂管制案例」及「核二廠中幅度功率提升計畫(SPU)管制案例」議題進行說明。

一、核二廠反應爐支撐裙板錨定螺栓斷裂管制案例

(一).錨定螺栓斷裂狀況

核二廠 2 號機於 2011 年 10 月大修期間發現位於裙板外側 1 根螺栓斷裂。核二廠 1 號機於 2012 年 3 月於大修期間發現支撐裙板內側有 1 支錨定螺栓斷裂，另檢測訊號顯示 2 支斷裂，4 支有輕微裂紋。

(二).原能會管制方向

針對此事件，原能會邀請專家學者組成審查小組，分別從「螺栓斷裂肇因分析」、「結構安全分析」、「周邊元件運轉安全」、「機組起動運轉之安全」、「全面移出爐心燃料」等各方面進行技術性審查。

(三).肇因分析及修復作業

起始肇因經台電公司分析結果是階段性腐蝕性環境，以前之施工方法較為老舊造成的應力集中或表面缺陷，敏感性材料加上材料瑕疵三個條件下而產生應力腐蝕龜裂(SCC)。1 號機依照奇異公司提供之檢修計畫，循原設計規範要求完成 7 支螺栓更換作業。2 號機由奇異公司提供 1 支特別設計之 EAS (Engineered Anchoring System) 螺栓完成修復作業。

(四).錨定螺栓管制現況說明及總結

根據原能會審查肇因分析的結果、電廠採取的改正措施、JCO 評估及提出監測計畫，核准 1 號機重新啟動，隨後的大修進行的振動監測和 UT 檢查結果顯示並無異常。原能會將繼續對核二廠實施 RPV 支撐裙板錨定螺栓的監測計畫進行監督。

二、核二廠中幅度功率提升計畫(SPU)管制案例

(一).核二廠中幅度功率提升計畫

台電公司「核二廠中幅度功率提升」是以 3%功率提升(3030 MWt)為評估依據，不過實際施行時，為因應 BWRVIP-182-A 準則對於蒸汽乾燥器最小交變應力之要求，因此修正為兩階段之功率提升，實際僅申請執行第一階段 2%功率提升(2943 MWt 至 3001 MWt)。

(二).原能會審查管制及電廠提升狀況

原能會由放射性物料管理局、輻射防護處、核能管制處及聘請之三位專家，成立專案審查小組完成 SPU 安全評估報告審查。台電公司於 2013 年 11 月 29 日向原能會提出 SPU 設計變更 DCR 案，經原能會核准後，2 部機組執行 2 次 PAT 測試，結果汽機控制閥 GV1&GV4 開度已達限值附近而停止測試。電廠目前以行政管制限制兩部機組熱功率運轉時不超過 2971 MWt (99% RTP)。

(三). SPU 管制案後續管制說明及總結

核二廠 2 部機之 PAT 測試結果，均未能達成原 SPU 申請案之功率提升目標值 3001 MWt，故核二廠 SPU 案尚未向原能會申請結案。另原能會 2014 年 3 月 5 日已針對提高爐壓以增加節流餘裕的方案，宣告需重新提出 SAR 與申照檔之管制要求。

12 福清核電核安全文化建設實踐與探索

顧健 福清核電有限公司

介紹了福建福清核電有限公司的組織機構、專案管理、1-6 號機組建設進展，著重對福清核電在核安全文化建設方面的實踐進行了介紹，包括經驗回饋、人因管理、觀察指導、內外部評估、公眾宣傳等，最後根據實踐回饋對核安全文化未來工作方向進行了規劃。

13 緊急應變民眾防護之規劃與準備

劉俊茂 原子能委員會核能技術處

「核災風險雖然小、有備無患沒煩惱」。日本福島核災後，原能會在核子事故應變及平時整備上進行了多項改善措施，在緊急應變規劃方面，原能會於 2011 年 10 月擴大緊急應變計畫區範圍為 8 公里，後續於 2013 年 7 月完成「核能一、二、三廠緊急應變計畫區內民眾防護措施分析及規劃檢討修正報告」審查，並於 2014 年 9 月前完成「核子事故區域民眾防護應變計畫」審查與核定公告，並持續進行後續細部應變之整備作業，以確立事故預警通知、疏散路線規劃、交通載具安排及收容所選定等執行計畫，使萬一事故發生時民眾防護行動能實行順遂。保護民眾安全，必須未雨綢繆，有效之應變作為應首重民眾防護規劃與準備，為此近 3 年來，透過應變計畫、報告的審查及參考國內外資訊進行應變作業調整，包括民眾預警檢討精進、碘片區域性換發與臺灣地區南北部碘片儲存庫建置維護及分眾含預防性疏散規劃措施(如學童優先保護之「接待學校」疏散規劃)等，以確保民眾生命及財產安全為唯一優先。

多一分瞭解，多一分準備，為加強民眾防護行動之認知及能力，除年度核安演習外，原能會整合資源，以「演練從『裡』做起」規劃，並以虛心傾聽、誠懇面對的態度，採取主動公開、深入地方之策略，善加運用多元有效之管道與方式，期將核能安全與緊急應變專業知識轉化為淺顯活潑的資訊傳達給地方民眾，如改用「民眾防護月曆」替代過往之「防護手冊」，藉月曆之懸掛及使用一年的性質，持續傳達應變防護資訊，讓民眾對政府在防災應變的整備施政上更有感。

14 有關福島核事故後一些新的核安全理念和核安全要求的探討

柴國早 環境保護部核與輻射安全中心

福島核事故後，在國際核工業界和各安全監管機構之間提出和探討了許多新的核安全理念和核安全要求。本文闡述了這些新的核安全理念和核安全要求，如：設計擴展工況、加強縱深防禦的應用、縱深防禦各層次之間的獨立性、增強安全設施的多樣化設計、核安全合理可行儘量高、實際消除大量放射性物質釋放等。同時，本文中也提出，基於核安全合理可行儘量高的考慮，在核電廠設計中應同時採用確定論和概率論安全分析方法，識別核電廠設計中可能存在的安全薄弱環節，並採取合理可行的措施減輕剩餘風險的後果，以達到實際消除大量放射性物質釋放的安全目標。

15 福島事故後核災應變的強化措施

鄭先佑 原子能委員會核能技術處

「防災重於救災，離災優於防災」，緊急應變是核能安全深度防禦最後一道防線，東日本 311 大地震、海嘯引發核子事故，進行大規模民眾疏散作業，更證實緊急應變整備規劃的重要性。

核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案，除了針對核能電廠防海嘯、防洪、耐震等強化措施，執行安全防護的升級外，原能會亦針對「輻射防護及緊急應變機制」召集核子事故緊急應變之地方主管機關及相關單位，對於應變機制與法規、平時整備及緊急應變作業能力進行檢討並提出相應對策。包括核能電廠緊急應變計畫區由 5 公里修正擴大至 8 公里，同時要求核子反應器設施經營者針對緊急應變計畫區內民眾防護措施分析及規劃進行檢討與相關安全防護之強化，地方政府並也進行區域民眾防護應變計畫研修訂。

此外，原能會亦檢討複合式災害應變機制、境外核災監控機制、相關機關任務分工與作業、支持及改善方案等相關整備應變作為與能量，包括碘片儲存庫建立、規劃臨時及較長期收容所、增購防護裝備、擴大輻射偵測範圍、溝通宣導及核安演習等。保護民眾安全，必須未雨綢繆，核子事故發生的機率很低，但基於保護民眾安全的決心，原能會仍抱著戒慎恐懼的態度進行緊急應變機制之檢討與精進規劃，並針對檢討結果進行列管追蹤，確保改善措施能如期達成，應變計畫從民眾的角度出發，以安全為第一優先考慮，採取當機立斷的應變措施，讓損害降至最低。

16 大陸高放廢物地質處置地下實驗室的定位和功能

王 駒 中核集團北京地質研究院

為安全處置高水準放射性廢物，大陸提出了 2020 年左右建成高放廢物地質處置地下實驗室的目標，目前，大陸正在推進地下實驗室的規劃工作。這個地下實驗室的總體定位是：建設在高放廢物處置庫重點預選區有代表性的岩石（花崗岩）之中、位於 500 米深度左右、功能較為完備且可擴展，為高放廢物地質處置研究開發服務與場址評價服務國際先進的科研設施和平臺。

地下實驗室應當具備以下六大基本功能：（1）評價場址深部環境（地質、水文、地球化學、地應力、岩石力學特性等）。（2）開展 1:1 工程尺度驗證實驗，在真實的深部地質環境中考驗工程屏障（如廢物體、廢物罐、回填材料等）的長期性能。（3）開發處置庫施工、建造、回填和封閉技術以及相應的設備，完善概念設計，優化工程設計方案，全面掌握處置技術，估算建庫的各種費用。（4）通過現場調查和試驗，驗證和修改安全評價模型，為未來的處置庫安全評價、環境影響評價提供各種現場資料（包括核素遷移資料、核素水化學性能參數等）。（5）為公眾參觀地下實驗室、瞭解地質處置技術的安全性能、提高對高放廢物安全處置的信心提供視窗。（6）為國際合作提供地下實驗巷道和學術交流場所。為開展地下現場實驗提供深部實驗巷道和水、電、通風、通訊、安全和應急等後勤保障，為科研人員提供住宿、飲食等後勤保障。

圍繞這一地下實驗室的相關前期工作已經開展。

17 核能電廠放射性廢棄物減量管制

蘇凡皓 放射性物料管理局

臺灣核能電廠原來的設計並未設置放射性廢棄物貯存庫，且目前也沒有低放射性廢棄物最終處置場，導致初期運轉期間產生的大量放射性廢棄物，對倉貯造成極大的壓力。

為解決核能電廠放射性廢棄物產量過多的問題，並紓緩廢棄物貯存設施的壓力，原能會物管局自 1991 年起，針對固化廢棄物產量，積極推動「低放射性廢棄物減量策略」。其中的減量措施包括「操作管理」、「水質與材料改善」、「技術提升」、「再使用」與「回收再利用」等五項方法。經過三階段減量策略的推動及各核能電廠的配合，到了 2010 年，每年的固化廢棄物產生量，由原先的 6440 桶抑低至 234 桶，減量成效將近 30 倍。回顧這 20 年間的差異，固化廢棄物減量的成效非常良好。

然而，核能電廠產生的廢棄物中並非僅有固化廢棄物，為了將核能電廠產生的廢棄物全數納入減量管制的範圍內，自 2011 年起開始實施「總產生量管制措施」。針對不同電廠、不同的大修次數，制定對應的固化廢棄物與非固化廢棄物之年度管制限值。

總產生量管制措施實施兩年後，為要求各核能電廠加強廢棄物減量、減容處理，修訂新的減量策略，並於 2013 年開始實施。新的減量策略針對各電廠的總貯存增加量進行管制，制定單一管制目標(即三個電廠的年度貯存增加量不得超過 2000 桶)，如此一來，將使各核能電廠加強廢棄物的後續處理、安定化處理及符合最終處置場接收標準，進而抑低未來核能電廠除役與最終處置的成本，減少放射性廢棄物對環境的衝擊，達到環境保護與永續發展之目的。

18 大陸 ADS 研究進展

徐瑚珊 中科院蘭州近代物理研究所

如何妥善處置核電運行產生的乏燃料特別是其中的長壽命高放廢料，是國際核能界無法回避的重大問題，也是尚未解決的世界性難題。加速器驅動次臨界系統（Accelerator Driven Sub-critical System 簡稱 ADS）具有強大的嬗變能力、良好的中子經濟性、優良的系統安全性，被國際公認為最有前景的利用嬗變安全處置長壽命核廢料的技術途徑。

ADS 是由加速器、散裂靶和反應堆三大分系統組成的嬗變裝置，其工作原理是利用加速器產生的高能強流質子束轟擊重核產生寬能譜、高通量中子作為外源來驅動次臨界堆芯中裂變材料發生持續的鏈式反應，使得長壽命放射性核素最終變為非放射性的或短壽命的核素，並維持反應堆運行。

中科院根據大陸先進核能科學技術發展重大需求和國際上 ADS 發展態勢，從技術可行性出發，提出大陸 ADS 發展從原理驗證到試驗裝置建設，最終實現工業示範的三步走戰略，並於 2011 年 1 月啟動戰略性先導科技專項“未來先進核裂變能-ADS 嬗變系統”。ADS 專項主要由中科院近代物理研究所、高能物理研究所、合肥物質科學研究院承擔，院內及大陸其它相關研究單位參與，目前專項隊伍總規模 950 人。

自專項啟動以來，不斷優化總體設計，完成了 ADS 系統總體設計方案，在超導直線加速器、重金屬散裂靶、次臨界反應堆及核能材料等關鍵技術研究方面取得了重要進展和突破，一些關鍵核心技術達到國際領先或先進水準。專項完成了兩台目前國際上正在運行的連續束流最高流強的 RFQ 加速器，並在 HWR 型和 Spoke 型低 β 超導腔等核心關鍵技術方面有所突破，改變了以往跟蹤的局面，達到了目前世界的先進水準並略有領先；在重金屬散裂靶方面創造性提出了新型流態固體顆粒靶(簡稱顆粒流靶)概念並完成了初步設計，原理性實驗獲得成功，開闢了一條新的技術路徑並引致國際同行跟蹤研究；完成了 10MWt 的鉛鈹冷卻

反應堆概念設計並開展了初步設計，完成了零功率裝置的工程設計，大型鉛鈹綜合實驗回路實現試驗運行；核能裝置用新型結構鋼候選材料研究取得重要進展，有望在核工業工程中得到應用。

19 利用核電重水堆生產鈷 60 技術研發及產業化工程

劉金祥 中核同興（北京）核技術有限公司

報告介紹了利用中國核電站重水堆生產鈷 60 放射源的研發及產業化工程實施情況，包括專案的背景、關鍵技術、創新點、與國外同類技術的比較和產業應用情況。

20 核技術在醫學領域應用與輻射安全

王榮福 北京大學第一醫院

核技術是一把“雙刃劍”，其在醫學領域應用造福人類健康已得到公認，但醫療輻射安全不容忽視。利用核技術在醫學研究和疾病診治的新興學科—核醫學發生日新月異的變化，核醫學在臨床疾病診治研究中發揮越來越重要的作用。他可給人類帶來了巨大前進動力，如核技術在醫學應用可造福人類健康，但核子射線或核輻射造成的電離輻射導致的輻射危害不容忽視。為此，權衡利弊，取捨定奪，應與時俱進，順應人類社會的長遠利益來考慮。據聯合國原子輻射影響問題科學委員會發表的一份報告指出，醫療輻射是人類接觸電離輻射的主要來源。在全世界人口遭受的由自然或人為因素導致的各種輻射中，有20%來自醫療輻射；而在所有人為因素導致的輻射中，醫療輻射所占的比例高達98%。

利用放射性核素及其標記化合物用於臨床醫學疾病診治和基礎醫學研究的核醫學在醫療照射中的份額儘管遠不如X射線診斷，但近年來核醫學診斷藥物和儀器（SPECT/CT、PET/CT）的不斷發展，其應用越來越普及。

目前醫療機構主要存在問題：（1）部分醫院對放射防護工作不夠重視，在財力和人力上的支援不夠，許多需要大劑量放射性核素治療的患者沒有因沒有特殊防護病房不能住院接受治療，輻射防護規章制度執行不夠嚴格。（2）部分醫院放射防護宣傳欄流於形式，受檢者很難能通過宣傳欄來瞭解輻射危害和如何使用防護用品；受檢者防護用品使用情況不容樂觀等。需要接受治療的患者對核輻射認識不足，有恐懼害怕的心理或“無所謂”等現象存在。

因此，要大力加強對新建、改建和擴建放射性工作場所，必須進行環境評價（保障環境安全）、職業病預評價和最終效果評價（保障職業人員安全），同時做好核技術利用和核輻射安全等科普宣傳工作。保證核技術在醫學領域應用發揚光大，造福人類。

21 做好公眾溝通的手段

王有志 中國電力投資集團公司

第一章、中電投集團簡介。簡要介紹中電投集團公司的總體情況、業務範圍、資產分佈、發展戰略。

第二章、中電投集團核電發展概況。主要介紹中電投集團公司的核電管控模式及管理架構、核電發展規劃、控股核電專案現狀。

第三章、海陽核電廠一期工程進展情況。介紹中電投集團公司海陽核電廠一期專案 AP1000 工程進展情況，包括海陽核電廠的管理模式、組織架構、專案規劃、發展歷程、AP1000 技術簡介及項目實際進展等。

第四章、中電投集團核電公眾宣傳工作。介紹中電投集團公司的核電公眾宣傳工作，包括開展的公眾宣傳活動、取得的成效及重大意義、以及未來的公眾宣傳規劃等。

第五章、中電投煙臺核電基地概況。介紹中電投煙臺核電基地的建設情況，主要介紹宣傳展示中心（即科技館）的概況、主要功能、舉辦的展示活動、科技館展項設置等。

22 與反核團體之溝通

魯經邦 臺灣電力公司核能發電處

沉默的大眾，反應的是社會大多數人不願意站出來表達立場的現象；相反地，活躍的反核團體雖然人數有限，但在日本福島核災後所展現的影響力，實不容忽視。

反核團體的反核動機不盡相同，有的是為理念而反對核電，有的是因為恐懼而反對，有的是為了利益而反對。針對不同反對目的，應有不同的溝通方法。舉例而言，為了理念而反對者，若其主因在於對環境的關懷，則核電不排碳的特性，即可作為溝通之開端。美國知名紀錄片導演羅伯·史東(Robert Stone)，便是藉由拍攝「潘朵拉的承諾(Pandora's Promise)」一片，使得許多反核的環保人士轉而支持核能。

人為疏失所造成的日本福島核災，造成許多反核團體的恐懼感，再加上外界難以參與或深入理解高度專業且複雜的核電，進而轉為不信任或產生反感。因此，針對此類反核人士，必須以誠心及耐心，針對其反對或擔憂之理由逐一說明，並提供完整資訊，切勿因對方不瞭解而有不願或不屑說明的態度。

23 核電公眾科普宣傳的實踐與探索

陳華 中國核能電力有限公司

通過對大陸核電公眾科普宣傳現狀與形勢的分析，探討在核電公眾科普宣傳過程中存在的問題，提出核電公眾科普宣傳的創新思路與工作方法，為核電公眾科普宣傳實踐提供理論依據和實施參考。

24 媒體溝通

張梓喬 臺灣電力公司核三廠

媒體是民眾接收資訊最直接的管道，尤其是在電視、網路普及化的現代社會，任何消息一經媒體揭露，所引發之討論及後續效應，皆不容忽視。因此，針對媒體之溝通，是核電事業重要的經營課題之一。

以普及率最高的電視媒體而言，臺灣以有線電視臺為民眾接觸最多者，其政論節目影響民眾觀感甚深。由於核電議題在臺灣已成為政治議題，故政治立場偏向在野黨之節目台，對於核電議題皆有高度之反對意識。平面媒體以報紙為主，亦有相同情形，核電的負面新聞往往佔據某報之頭版。

媒體溝通首重資訊傳播之速度及正確性，並且與各電子及平面媒體之電力專業記者保持良好互動。平時即應主動提供相關訊息予媒體朋友，包括深入淺出之資料及影音檔案，並且安排記者參訪核電設施。此外，提升資訊透明化程度可讓外界感受到電力事業對外揭露訊息之誠意，已成為網路時代重要的對外溝通基礎。

附件二 第十四屆海峽兩岸核能學術交流研討會名單

臺灣代表團名單

序號	單位	姓名	職務
1	(財)核能科技協進會	歐陽敏盛	董事長
2	(財)核能科技協進會	陳衛里	董事兼顧問
3	臺灣電力股份有限公司核能發電處	簡福添	處長
4	臺灣電力股份有限公司核三廠	張學植	廠長
5	臺灣電力股份有限公司核三廠	張梓喬	經理
6	臺灣電力股份有限公司核能安全處	蔡正益	副處長
7	臺灣電力股份有限公司核二廠	杜博文	副廠長
8	臺灣電力股份有限公司核三廠	黃朝丁	課長
9	臺灣電力股份有限公司核能發電處	魯經邦	組長
10	原子能委員會核能技術處	陳文芳	副處長
11	原子能委員會核能技術處	劉俊茂	技正
12	原子能委員會核能技術處	鄭先佑	技士
13	原子能委員會核能管制處	鄭再富	技正
14	原子能委員會核能管制處	臧逸群	技正
15	原子能委員會輻射防護處	黃茹絹	技士
16	原子能委員會核能研究所核安技支中心	廖俐毅	主任
17	原子能委員會放射性物料管理局	蘇凡皓	技士
18	原子能委員會放射性物料管理局	萬明憲	技士
19	臺灣清華大學	施純寬	教授
20	行家股份有限公司	林允超	總經理
21	凱技公司	黃耀南	董事長
22	亞炬公司	倪辰華	副總經理
23	(財)核能資訊中心	朱鐵吉	董事長
24	(財)核能資訊中心	鍾玉娟	執行長
25	臺灣核能級產業發展協會(TNA)	杜經邦	副秘書長

大陸參會名單

序號	姓名	單位	郵箱
1	李 春	環境保護部與輻射安全中心	lichun@chinansc.cn
2	左嘉旭	環境保護部與輻射安全中心	zuojiaxu@chinansc.cn
3	陳棟樑	環境保護部與輻射安全中心	chendongliang@chinansc.cn
4	毛 歡	環境保護部與輻射安全中心	maohuan@chinansc.cn
5	胡 江	環境保護部與輻射安全中心	hujiang@chinansc.cn
6	李長征	環境保護部與輻射安全中心	lichangzheng@chinansc.cn
7	潘 蓉	環境保護部與輻射安全中心	panrong@chinansc.cn
8	程建秀	環境保護部與輻射安全中心	chengjianxiu@chinansc.cn
9	吳方奇	中核建中燃料元件有限公司	kjw@cjnf.com.cn
10	高 凡	中核建中燃料元件有限公司	582474946@qq.com
11	周立勇	中核建中燃料元件有限公司	zhouly03@163.com
12	王 駒	核工業北京地質研究院	
13	蘇 銳	核工業北京地質研究院	surui@briug.cn
14	劉國榮	中國原子能科學研究院	Liugr@ciae.ac.cn
15	張向陽	中國原子能科學研究院	zhangxy@ciae.ac.cn
16	張錦榮	中國同輻股份有限公司	jin@china-isotope.com
17	劉金祥	中國同輻股份有限公司	
18	王 彪	中核四川環保工程有限責任公司	
19	付援非	海南核電有限公司	fuyf@hnpc.cc
20	陳 華	中國核能電力股份有限公司	chenhua1@cnp.com.cn
21	左 躍	中國核能電力股份有限公司	zuoy@cnp.com.cn
22	董玉川	中國核工業建設集團公司	
23	李蘭青	中國核工業建設集團公司	
24	張 鵬	中國核工業建設集團公司	
25	王 冠	中國核工業建設集團公司	Wang_guan@mail.cnecc.com
26	龔 益	國核自儀系統工程有限公司	gongyi@snpas.com.cn
27	徐 陽	國核自儀系統工程有限公司	xuyang@snpas.com.cn
28	宗 軍	國核（北京）科學技術研究院	zongjun@snptc.com.cn
29	李懷林	國核（北京）科學技術研究院	lihuailin@snptc.com.cn

30	付 婧	國核（北京）科學技術研究院	fujingl@snptc.com.cn
31	王蘇禮	國核（北京）科學技術研究院	wangsuli@snptc.com.cn
32	康俊傑	國核（北京）科學技術研究院	kangjunjie@snptc.com.cn
33	王海丹	國核（北京）科學技術研究院	wanghaidan@snptc.com.cn
34	燕 鵬	國核（北京）科學技術研究院	Yanpeng@snptc.com.cn
35	張金水	中核浙能能源有限公司	zhangjins@cnp.com.cn
36	彭 維	中核浙能能源有限公司	
37	周拯擘	中核核電運行管理有限公司	zhouzy@cnp.com.cn
38	張 焰	中國核科技資訊與經濟研究院	zhangyan_@sina.com
39	王海丹	中國核科技資訊與經濟研究院	Wanghaidan8238@126.com
40	王 穎	中國核科技資訊與經濟研究院	wying_98@163.com
41	許春陽	中國核科技資訊與經濟研究院	xu.chunyang@gmail.com
42	孫曉飛	中國核科技資訊與經濟研究院	sxf918319@163.com
43	胡健勇	中國核科技資訊與經濟研究院	hu.pku@qq.com
44	張 瑋	核建清潔能源有限公司	
45	趙 瑾	核建清潔能源有限公司	zhaojin@nece.com.cn
46	崔紹章	華能核電開發有限公司	
47	範 琦	華能核電開發有限公司	qi_fan@chnp.com.cn
48	王 平	中國大唐集團公司	
49	高明石	中國大唐集團公司	
50	嚴嘉鵬	中國電力投資集團公司核電部	yanjiapeng@cpicorp.com.cn
51	劉振領	中國電力投資集團公司核電部	liuzhenling@cpicorp.com.cn
52	汪利民	中國電力投資集團公司核電部	wang-limin@cpicorp.com.cn
53	彭疆南	中國電力投資集團公司核電部	pengjiangnan@cpicorp.com.cn
54	魏倩文	中廣核工程有限公司設計院	weiqianwen@cgnpc.com.cn
55	楊春菊	中廣核工程有限公司設計院	yangchunju@cgnpc.com.cn
56	趙福明	大亞灣核電運營管理有限責任公司	zhaofuming@cgnpc.com.cn
57	尚國青	中國科學院近代物理研究所	xiaogq@impcas.ac.cn
58	徐瑚珊	中國科學院近代物理研究所	hushan@impcas.ac.cn
59	王 玥	中國科學院近代物理研究所	wangyue@impcas.ac.cn
60	胡正國	中國科學院近代物理研究所	huzg@impcas.ac.cn
61	王榮福	北京大學第一醫院	rongfu_wang@163.com
62	姚美意	上海大學	yaomeiyi@shu.edu.cn

63	張金龍	上海大學	
64	劉文慶	上海大學	
65	李 慧	上海大學	huili@shu.edu.cn
66	竇 鵬	重慶大學材料學院	doup@cqu.edu.cn
67	歐 巍	四川大學 720 所	hewuliouwei@163.com
68	曹小崗	四川大學 721 所	794372645@qq.com
69	陳志遠	湖北科技學院	107140167@qq.com
70	熊厚華	湖北科技學院	
71	衛廣剛	中國原子能出版社	03032216@163.com
72	王 丹	中國原子能出版社	
73	黃子瀚	北京市射線應用研究中心	hzhan@163.com
74	徐宏坤	北京市射線應用研究中心	xhk_auto@163.com
75	殷 蔭	北京市射線應用研究中心	yinyin5289@163.com
76	王 茜	中國核科技資訊與經濟研究院	13903353083@163.com
77	劉 敏	中國核科技資訊與經濟研究院	
78	袁 帥	中國核科技資訊與經濟研究院	
79	閔麗萊	中國核科技資訊與經濟研究院	
80	崔海平	原子高科股份有限公司	cui-hp@hotmail.com
81	李冠興	中國核學會	
82	雷增光	中國核學會	
83	申立新	中國核學會	shenlx@cnn.com.cn
84	劉長欣	中國核學會	
85	陳曉鵬	中國核學會	
86	耿慶雲	中國核學會	
87	馬正鋒	中國核學會	
88	蔣國元	福清核電有限公司	
89	楊河濤	福清核電有限公司	
90	顧 健	福清核電有限公司	
91	黃 鴻	福清核電有限公司	

附件三 福建福清核電有限公司簡介

福建福清核電有限公司簡介

福建福清核電有限公司成立於 2006 年 5 月 16 日，由中國核能電力股份有限公司、華電福新能源股份有限公司和福建省投資開發集團有限責任公司分別以 51% 控股、39% 和 10% 參股共同出資組建。公司按照現代企業制度規範運營，作為專案業主，負責福清核電專案的開發、建造、調試和運營，全面履行核安全責任。

福清核電專案位於福清市三山鎮前薛村岐尾山前沿，是優良的沿海核電廠址，規劃建設 6 台百萬瓦級壓水堆核電機組，一次規劃、分期連續建設，是中國核工業集團公司首次採用完整意義的核電工程總承包模式建設的電站，6 台機組估算總投資約 900 億元人民幣。福清核電項目 1-4 號機組建設採用二代改進型核電技術，並根據“日本福島核事故”經驗回饋實施了多項技術改進，1-2 號機組綜合國產化率達 75%；3-4 號機組按照國家設備當地語系化政策的要求，設備當地語系化比例不低於 80%；5-6 號機組將採用我國自主三代核電技術——“華龍一號”，是華龍一號核電技術的示範工程。6 台機組全部建成後年發電總量可達 450 億瓦時左右，年產總值約 170 億元人民幣，經濟效益和社會效益巨大，有利於福建省優化能源結構，推進能源多元化發展戰略，也將為國家確定的海西經濟戰略實現注入強勁動力。

安全是核電的生命線，公司將始終堅持“安全第一，品質第一”的方針，大力弘揚“四個一切”核工業精神，秉持核工業“開放、包容、合作、共贏”的經營理念，堅持“以安全、清潔、優質的核電，促進節能減排，保護生態環境，服務社會，造福人民”的企業宗旨，高品質、高標準地建設和運行好電廠，為地方經濟社會可持續發展和我國核電事業安全高效發展做出更大的貢獻。

（資料截至 2014 年 8 月底）



2014年7月28日，藍天下的福清核電。



2014年8月20日，1、2號廠區