

# 第八届 海峡两岸核能学术交流研讨会



主办单位:中国核学会  
台湾核能科技协进会  
承办单位:中国核工业集团秦山核电基地

## 目 录

第八屆海峽兩岸核能學術交流研討會議程 .....	1
第八屆海峽兩岸核能學術交流研討會議程（續） .....	2
第八屆海峽兩岸核能學術交流研討會代表團行程 .....	3
大陸核燃料循環前端產業的現狀和展望 .....	4
壓水式核能電廠安全管制現況及展望 .....	5
大陸核安全監管體系和放射性廢物安全管理基本現狀 .....	6
蘭嶼貯存場廢棄物桶檢整計畫 .....	8
台灣管制機關於原子能領域之溝通宣導及人才培育 .....	9
磁約束核聚變研究的進展與展望 .....	10
腦中樞神經核醫藥物技術平台之建立與運用 .....	11
大陸核電站放射性廢物處理實踐 .....	12
極低微放射性廢棄物解除管制策略說明 .....	14
核運輸業務的發展狀態 .....	15
壓水式反應爐燃料破損判讀經驗 .....	16
AP1000 依託項目管理模式及工程進展狀況 .....	17
台灣核電風險告知應用與成效介紹 .....	18
秦山二期特色的運行管理制度 .....	20
核能電廠防震安全經驗回饋 .....	21
壓水堆核電廠的輻射監測與污染控制技術 .....	23

設備可靠度在新建核電廠中的角色 .....	24
核能電廠輔助與發電系統之延役評估技術 .....	25
核四廠訓練用模擬器籌建與測試過程 .....	26
秦山核電廠反應堆保護系統及其相關設備數字化改造規劃和實施策略 .....	27
核能電廠執照更新 .....	28
淺論核安全技術現狀及未來發展展望 .....	29
核燃料破損之偵測與評估 .....	30
第八屆海峽兩岸核能學術交流研討會來訪人員名單 .....	31
第八屆海峽兩岸核能學術交流研討會參加人員名單 .....	33

## 第八屆海峽兩岸核能學術交流研討會議程

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

第八屆海峽兩岸核能學術交流研討會議程（續）

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

## 第八屆海峽兩岸核能學術交流研討會代表團行程

2008.11.17 -- 26 (10天)

時 間	日 程	住 宿
11月17日(星期一)	香港→杭州 KA620 12:20 -- 14:30	大華飯店
11月18日(星期二)	參觀靈隱寺、三潭印月等 杭州→秦山	秦山國光賓館
11月19日(星期三)	交流研討會	
11月20日(星期四)	交流研討會 參觀秦山一、二、三期 秦山→上海	上海建國賓館
11月21日(星期五)	中科院上海光源 上海電氣核電製造廠	
11月22日(星期六)	上海市內參觀	
11月23日(星期日)	上海→蘇州，途中參觀周莊	
11月24日(星期一)	蘇州熱工所 蘇州→南京	南京中心 大酒店
11月25日(星期二)	南京大學	
11月26日(星期三)	南京→香港 KA811 14:10 -- 16:45	

## 大陸核燃料循環前端產業的現狀和展望

中國核學會理事長 李冠興

### 摘要：

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

## 壓水式核能電廠安全管制現況及展望

原子能委員會核能管制處 陳宜彬

### 摘要：

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

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

但伴隨機組及人員逐漸老化，降低燃料成本提昇運轉彈性等現象，本報告針對最近幾年核能三廠發生或可能發生問題及原子能委員會採管的管制作為作一介紹，計有：核燃料破損、軸向功率異常(Axial Offset Anomaly)、蒸汽產生器水位振盪及管板檢測、壓力邊界完整性、持照運轉人員年輕化等。經由原子能委員會各項管制行動，以避免問題發生或將影響降至最低，達成提升電廠運轉安全目標。

至於未來，原子能委員會將持續要求台電公司增進安全，預計有下列管制新措施：圍阻體集水池(containment sump)改善、調壓槽(pressurizer)管嘴覆焊、實施新消防法規(NFPA-805)等；另台電公司為提昇運轉效率，達成政府節能減碳目標，亦規劃中幅度功率提昇(stretch power uprate)及執照更新(license renewal，含蒸汽產生器更換)等重點工作，預期原子能委員會在安全審查中，將會要求台電公司承諾多項改善方案。

## 大陸核安全監管體系和放射性廢物安全管理基本現狀

環境保護部核安全司放射性廢物管理處 馬成輝

### 摘要：

近年來，大陸方面的核電發展速度較快，其主要原因包括：一方面，是調整能源結構的需求，通過增加核電規模，使得核電在能源領域扮演更加重要的角色，保障能源供應的可靠性和安全性；另一方面，也是減排的需求，過多的依賴火電（目前是以煤電為主的格局）勢必導致諸如 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 及顆粒物等污染物的大量排放問題，另外還增加了溫室氣體（CO<sub>2</sub>）的排放壓力；此外，還有一個因素就是應對金融危機的需求，大規模的核電建設需要大量的投資，投資必然拉動內需，帶動核電產業鏈的上下游發展，增加就業等。

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

- 1、核安全法規、技術導則等的制定權；
- 2、對民用核設施的安全行使監督、執法權；
- 3、審查、頒發民用核設施及從業人員的下列安全許可證件，包括：
  - (1) 廠址審查意見書；
  - (2) 建造許可證；
  - (3) 首次裝（投）料批准書；
  - (4) 運行許可證；
  - (5) 退役批准書；
  - (6) 環境影響評價批准檔；
  - (7) 反應堆操縱員、高級操縱員執照。

國家核安全局的主要監管範圍包括：

- 1、核電廠，包括核動力裝置、核熱電廠；
- 2、研究性反應堆、試驗堆、臨界裝置；
- 3、核燃料生產、加工及後處理設施；
- 4、放射性廢物處理、處置設施；
- 5、鈾（鈦）礦、伴生放射性礦；
- 6、核安全機械和電氣設備；
- 7、放射源、射線裝置；
- 8、電磁輻射。

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

- 1、核與輻射安全；
- 2、放射性廢物安全管理；
- 3、鈾資源的可靠供應。

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

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

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

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

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

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

## 蘭嶼貯存場廢棄物桶檢整計畫

核能後端營運處 蔡顯修

### 摘要：

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

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

## 台灣管制機關於原子能領域之溝通宣導及人才培育

台灣核能科技協進會執行長 陳衛理

### 摘要：

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

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

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

## 磁約束核聚變研究的進展與展望

中國核學會秘書長 潘傳紅

### 摘要：

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

大陸的磁約束聚變研究始於上個世紀五十年代，經過近四十餘年的多途徑原理探索，進入到目前的規模化實驗研究階段。在兩個實驗基地陸續建成了兩大實驗裝置，發展了完備的診斷技術、輔助加熱技術、電流驅動技術及擁有自主知識產權的分子束加料技術。開展了聚變堆設計和堆材料、堆工藝研究。取得了一批重要科研成果，如反剪切磁場位形（RS）、內部輸運壘、等離子體帶狀流、魚骨模不穩定性、以及超導托卡馬克長脈衝放電和離子伯恩斯坦波（IBW）加熱等一批重要科研成果。為 ITER 計畫貢獻了資料基礎。

## 腦中樞神經核醫藥物技術平台之建立與運用

原子能委員會核能研究所 陳家杰

### 摘要：

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

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

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

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

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

# 大陸核電站放射性廢物處理實踐

中國核電工程有限公司 范仲

## 摘要：

### 一、綜述

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

### 二、對核電站放射性廢物處理系統的設計考慮：

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

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

☞ 保證廢物體和廢物包的性能符合貯存、運輸和最終處置的國家標準要求；

☞ 提高設備自動化水準和可靠性，便於操作和維修管理。

### 三、大陸核電站現有濕放射性廢物處理方法及改進

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

• 從嶺澳二期開始，水泥固化工藝針對裝桶方式、攪拌方式和包裝容器進行改進，採用 400L 鋼桶作為濕廢物包裝容器，同時對水泥固化配方優化，提高廢物包容量，改善固化體性能。改進後，每台機組預期值廢物包產生量為 59m<sup>3</sup>/a，接近 URD 推薦的 50m<sup>3</sup>/a 的水準。

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

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

#### 四、結論

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

## 極低微放射性廢棄物解除管制策略說明

原子能委員會放射性物料管理局 鄭維申

### 摘要：

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

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

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

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

## 核運輸業務的發展狀態

中核清原公司 劉振河

### 摘要：

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

## 壓水式反應爐燃料破損判讀經驗

核能發電處壓水式反應爐爐心營運 黃秉修

### 摘要：

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

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

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

- 1 【Xe-133 活度/Xe-138 活度】 $\geq 0.5$       正常情形： $\sim 0.25$
- 2 【Xe-133 活度/Xe-135 活度】 $\geq 0.9$       正常情形： $\sim 0.4$
- 3 【Xe-133 活度】 $\geq 5E-3$  微居里/cc
- 4 【Xe-133 活度】Step Change  $\geq 10$  倍

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

下列指標出現可確定為燃料針孔破損：

「碘-131 活度」或「鉍活度」因反應爐功率大幅暫態變化而有突增現象，稱之為「碘突增」判讀，本次簡報擬對「碘突增」進行物理現象之模擬描述。

## AP1000 依託項目管理模式及工程進展狀況

國核工程有限公司 夏志定

### 摘要：

國家核電技術公司（SNPTC）是經國務院授權，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臺。

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

項目管理模式：以國核工程公司為依託，國家核電在上海組建 AP1000 項目部（簡稱 APM）。APM 作為國家核電唯一專案管理部門，負責 NI 和 EPC 合同項下的管理職責和核島四大控制責任。JPMO 是根據 NI 合同規定組建的聯合項目管理機構，包括中心 JPMO 和 2 個 SPMO，是 APM 的一個執行機構。

工程進展狀況：西屋聯隊設計檔提交進度有誤。聯隊已制定並實施了趕工計畫，期待到明年一月底設計進度能夠追趕到符合進度要求。SNPEC 聯合業主，對西屋聯隊負責供貨的設備（A1 類設備）進行監造活動。SNPEC 負責的依託項目 A2/A3/B/C 類設備採購活動有序開展。三門負挖進展順利，8 月 22 日 1 號機組核島負挖通過核安全局檢查。海陽 1#機組的負挖工作比進度提前兩個月開始。

## 台灣核電風險告知應用與成效介紹

高梓木

### 摘要：

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

風險告知應用的基礎在於能夠詳細地量化風險，而核能界普遍是以 PRA 技術來獲取核能設施運轉的風險。核研所於 1983 年自美國引進建立 PRA 技術，依序完成核二廠、核三廠與核一廠的整廠量化風險評估。1987 年完成核三廠評估後的主要建議之一為各核電廠宜增設一台額外的柴油發電機(稱為第 5 台柴油發電機)，以加強電廠處理喪失外電的能力並降低風險。2001 年 3 月 18 日核三廠廠外輸電迴路因當地鹽霧害而喪失輸電功能，同時又遭遇廠內柴油發電機故障，致有喪失所有交流電源之虞，所幸當初設置的第 5 台柴油發電機及時發揮功效，化解事件繼續惡化的趨勢。此一例證正足以說明 PRA 發掘系統潛在弱點，提出改善建議及量化改善效益，並將有限資源花在刀口上的長處。

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

PRiSE 之外，核能研究所近十年來亦自力開發中文化的故障樹分析程式 (INERFT)、第一代與第二代核能電廠整體風險管理系統 (Risk Monitors: TIRM 與 TIRM-2) 等工具，目前已分別應用在大專院校的教學、產業界及核電廠日常運轉上。

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

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

## 秦山二期特色的運行管理制度

核電秦山聯營有限公司 肖小春

### 摘要：

秦山二期經過生產準備、調試和商業運行十幾年來地不斷探索、實踐和總結，借鑒國內外同行的經驗，結合秦山二期工程特點，目前秦山二期已經建立起一套以機組安全運行為中心，從設備管理、人員管理和工作流程管理各方面出發，遵循機組運行客觀規律，科學化的運行管理體系。它是公司程式化、規範化、信息化管理體系的重要組成部分。

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

- 機組運行工程師制度
- 十大技術問題滾動整治制度
- 培訓考核授權上崗制度
- 運行觀察和評估制度
- 運行電子日誌信息管理制度
- 防人因失誤管理制度



上述的六個運行管理制度，在保障機組安全穩定運行和提高運行管理業績方面起到了非常重要的作用，同時為確保運行工作的兩個核心任務——“保證機組安全穩定運行”和“培養高素質的運行人才”的完成提供了制度的保障。

## 核能電廠防震安全經驗回饋

原子能委員會核能管制處 張欣

### 摘要：

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

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

恆春地震發生於 2006 年 12 月 26 日晚間，前後有兩次主震，其中第一次主震發生於 20 時 26 分，地震規模為 7.0，震源深度約 44.1 公里，震央在馬鞍山廠址西南方距離大約 36.3 公里，至於第二次主震則發生於 20 時 34 分，地震規模同樣也是 7.0，震源深度 50.2 公里，震央則在馬鞍山廠址西方距離大約 33.5 公里處。此次為台灣核能電廠運轉將近 30 年來，核能電廠廠區感測到震度最大的一次地震。馬鞍山電廠 2 號機手動急停，1 號機持續運轉。經詳細檢討此次地震之相關經驗後，認為台電公司在各電廠地震後處理程序書標準化、強震自動急停裝置上線、結構設備之基本狀況資料建立及電廠耐震設計之適宜性等方面應再加強或重新評估。

日本新潟縣中越沖地震發生於 2007 年 7 月 16 日上午，地震規模為 6.8，震

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

## 壓水堆核電廠的輻射監測與污染控制技術

深圳中廣核工程設計有限公司 李愛武

### 摘要：

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

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

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

## 設備可靠度在新建核電廠中的角色

蔡慎明

### 摘要：

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

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

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

對新建中之先進型核能電廠而言，由於缺乏實際之同類型核電廠維修及運轉經驗，如何在最少之燃料運轉週期內藉由設備可靠度系統建立一套最佳之運轉維修模式實為一個極有價值且重要之課題，先進型核電廠在新建階段廠內設備之設計及操作維修資料極易藉由設計人員/公司和設備製造廠商人員有系統的彙集並建立此進步型核電廠設備可靠度系統資料庫，此資料庫之建立相較於核電廠運轉後為便利和較低之建置費用。

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

## 核能電廠輔助與發電系統之延役評估技術

工業技術研究院 賴玄金

### 摘要：

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

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

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

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

## 核四廠訓練用模擬器籌建與測試過程

第四核能發電廠 梁天瑞

### 摘要：

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

由於核四廠儀控系統(DCIS)全面採用進步型數位化儀控系統，因此模擬器亦為驗證電廠人機界面設計、控制邏輯設計與電廠運轉程序書等之工具，也兼具人因工程方面驗證與確認等任務。

核四廠模擬器需在一號機裝填燃料前兩年完成，以供運轉員訓練使用。由於模擬器所需之設計輸入資料需反映一號機 DCIS 的設計，因此 GE 乃洽台電修約將模擬器之建造時程分階段執行，主要為更新模擬器(Update Simulator)及全功能模擬器(Full Scope Simulator)。

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

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

本文將說明核四廠訓練用模擬器籌建與測試過程。

# 秦山核電廠反應堆保護系統及其相關設備數字化

## 改造規劃和實施策略

秦山核電有限公司 蔣祖躍

### 摘要：

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

## 核能電廠執照更新

核能安全處 陳慶鐘

### 摘要:

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

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

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

## 淺論核安全技術現狀及未來發展展望

秦山第三核電有限公司 宋明海

### 摘要：

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

## 核燃料破損之偵測與評估

林建昌

### 摘要:

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