

出國報告（出國類別：開會）

出席「第三屆兩岸放射性廢物管理研討會」

服務機關：台灣電力公司核能後端營運處

台灣電力公司核能發電處

姓名職稱：李清山 核能後端營運處處長

張仁坤 高放處置課課長

方慶隆 核能發電處課長

派赴國家：大陸

出國期間：102年10月16日~102年10月23日

報告日期：102年12月04日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：出席「第三屆兩岸放射性廢物管理研討會」

頁數：65 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/張仁坤/02-23657210#2308

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

李清山/台電公司/核後端處/處長/02-23683419

張仁坤/台電公司/核後端處/課長/02-23657210#2308

方慶隆/台電公司/核發處/課長/02-2366-7059

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：102.10.16~102.10.23

出國地區：大陸

報告日期：102年12月04日

分類號/目：

關鍵詞：放射性廢棄物、最終處置技術、中期貯存技術

內容摘要：

由中華核能學會放射性廢棄物學術委員會與大陸中國核學會輻射防護分會、中國環境科學學會與輻射環境安全專業委員會共同在四川舉辦「第三屆兩岸放射性廢物管理研討會」，邀請兩岸學者專家針對：1. 放射性廢物管理政策法規、2. 核電放射性廢物最小化技術與實踐、3. 核電放射性廢物管理技術與實踐、4. 核電放射性廢物監測技術、5. 放射性廢物最終處置技術、6. 用過核子燃料中期貯存技術等項目進行研討，分享經驗並共同追求進步，建立互惠與合作的基礎。研討會圓滿成功，與會代表皆希望能建構成為一固定平台，常態化的定期舉行更多類似的技術交流活動，以促進實質的互惠交流與合作。

經由此次的研討與參訪，除大陸核電發展之廢棄物管理、法規訂定、規劃走向及放射性廢棄物最終處置設施的建置狀況有充分的瞭解外，對大陸在高放廢棄物最終處置與重點核能科技的發展，也有更進一步的認識。此行任務圓滿達成，相信有益於未來兩岸在放射性廢棄物處理技術的交流與合作。

經濟部幕僚單位及行政機關人員從事兩岸交流活動報告書

出席「第三屆兩岸放射性廢物管理研
討會」

研提人單位：台灣電力公司/核能後端營運處

姓名：李清山/處長

張仁坤/課長

方慶隆/課長

參訪期間：102年10月16日至10月23日

報告日期：102年12月04日

(本報告請檢送1式3份)

政府機關（構）人員從事兩岸交流活動（參加會議）報告

壹、交流活動基本資料

- 一、活動名稱：出席「第三屆兩岸放射性廢物管理研討會」
- 二、活動日期：102.10.16~102.10.23
- 三、主辦（或接待）單位：大陸中國核學會輻射防護分會
- 四、報告撰寫人服務單位：李清山/台電公司/核後端處/處長
張仁坤/台電公司/核後端處/課長
方慶隆/台電公司/核發處/課長

貳、活動（會議）重點

一、活動性質：

此次中華核能學會放射性廢棄物學術委員會與大陸中國核學會輻射防護分會、中國環境科學學會與輻射環境安全專業委員會共同在四川舉辦「第三屆兩岸放射性廢物管理研討會」，邀請兩岸學者專家針對：1、放射性廢物管理政策法規；2、核電放射性廢物最小化技術與實踐；3、核電放射性廢物管理技術與實踐；4、核電放射性廢物監測技術；5、放射性廢物最終處置技術；6、用過核子燃料中期貯存技術進行研討，分享經驗並共同追求進步，建立互惠與合作的基礎。研討會得到與會代表的一致好評，紛紛表示本次技術研討會相當成功，希望能建構為一固定平台，常態化的定期舉行更多類似的技術交流活動，以促進實質的互惠交流與合作。

二、活動內容：

| 地點 | 時間 | 行程 | 工作內容重點 |
|----|--------------|----------------------|-------------------------------|
| 四川 | 10.16 (三) | 去程 | ◎ 松山國際機場搭機赴四川成都 |
| 四川 | 10.17 (四) | 兩岸放射性廢棄物管理研討會會議註冊、報到 | ◎ 全天報到 ◎ 組委會議 |
| 四川 | 10.18 (五) | 兩岸放射性廢棄物管理研討會論文發表 | ◎ 大會開幕式 ◎ 大會報告 ◎ 專題分組報告 |
| 四川 | 10.19 (六) | 兩岸放射性廢棄物管理研討會論文發表 | ◎ 專題分組報告 ◎ 大會閉幕式 |
| 四川 | 10.20 (日) | 整理資料 | ◎ 與會人員討論 ◎ 整理資料 |
| 四川 | 10.21 (一) | 參訪宜賓中核建中核燃料元件有限公司 | ◎ 參訪核燃料製造工廠聽取簡報 |
| 四川 | 10.22 | 研討會內容討論 | ◎ 分組討論 |

| | | | |
|----|--------------|----|-----------------|
| | (二) | | |
| 四川 | 10.23 (三) | 返程 | ◎ 從四川成都返回桃園國際機場 |

三、 遭遇之問題：

與會的大陸從事放射性廢棄物管理學者專家表示，大陸近幾年非常積極地在發展核電廠與相關技術，但在發展的過程中也遭遇「反核運動」，例如今年（2013年）的7月12日，數以百計的示威者走上大陸廣東省江門市的街頭抗議，最後大陸政府做出了讓步，宣稱將取消建造一座鈾處理工廠的計畫。

而大陸最終處置計畫-在低放處置方面，甘肅西北及廣東北龍處置場運作中，四川西南處置場建造中。惟仍不敷大陸長期核電發展之需，正在福建、浙江、江蘇、山東、遼寧等省份進行新處置場址之選址作業中；高放處置方面，規劃興建地下實驗室，預定2020年確定場址(目前以甘肅北山為首選，屬花崗岩)，2025年完成建造，整體高放處置計畫預定於2050年啟用處置場。

四、 我方因應方法及效果：

大陸對台灣的優勢有：經費多、人力多、有較多可選擇的場址，並位於較偏遠地區；台灣對大陸的優勢有：處置計畫發展較早、分析評估技術強等。兩岸因為地緣近，又同為使用中文的地區，溝通便利，因此非常適合加強技術、經驗、與民眾溝通的各種交流與學習。建議往後繼續透過研討會的互相參與，來加強兩岸放射性廢棄物有關的交流。

五、 心得及建議：

大陸對核能工業投入的資源和人力與日俱增，成長幅度之快速超過世界各國，很顯然，核能工業是大陸未來發展之重點項目，而其在放射性廢棄物的處置研究亦卓有成果。

經由此次的研討與參訪，除大陸核電發展之廢棄物管理、法規訂定、規劃走向及放射性廢棄物最終處置設施的建置狀況有充分的瞭解外，對大陸在高放廢棄物最終處置與重點核能科技的發展，也有更進一步的認識。此行任務圓滿達成，相信有益於未來兩岸在放射性廢棄物處理技術的交流與合作。

參、謹檢附參加本次活動（會議）之相關資料如附件，報請備查。

職

李清山/台電公司/核能後端營運處/處長

李清山

張仁坤/台電公司/核能後端營運處/課長

張仁坤

方慶隆/台電公司/核能發電處/課長

方慶隆

102年12月04日

出國報告（出國類別：開會）

出席「第三屆兩岸放射性廢物管理研討會」

服務機關：台灣電力公司核能後端營運處

台灣電力公司核能發電處

姓名職稱：李清山 核能後端營運處處長

張仁坤 高放處置課課長

方慶隆 核能發電處課長

派赴國家：大陸

出國期間：102年10月16日~102年10月23日

報告日期：102年12月04日

目次

| | |
|----------------|----|
| 目次..... | i |
| 一、目的..... | 1 |
| 二、過程..... | 2 |
| 三、心得..... | 57 |
| 四、建議事項..... | 58 |
| 附件、參訪機構簡介..... | 59 |

一、目的

此次出國之目的如下：

參與由中華核能學會放射性廢棄物學術委員會與大陸中國核學會輻射防護分會、中國環境科學學會與輻射環境安全專業委員會聯合舉辦的「第三屆兩岸放射性廢棄物管理研討會」發表論文，並兩岸學者專家針對放射性廢棄物管理政策法規、核電放射性廢棄物最小化技術與實踐、核電放射性廢棄物管理技術與實踐、核電放射性廢棄物監測技術、放射性廢棄物最終處置技術、用過核子燃料中期貯存技術等項目進行研討。

二、過程

(一) 兩岸放射性廢棄物管理研討會：

第三屆兩岸放射性廢棄物管理研討會於 2013 年 10 月 17 日至 23 日於中國四川舉辦，研討會開幕式由潘自強院士與中華核能學會放射性廢棄物學術委員會召集人黃慶村共同主持，如圖 1，潘院士首先發言：「第三屆兩岸放射性廢棄物管理研討會」在中華核能學會、中國核學會輻射防護分會、中國環境科學學會與輻射環境安全專業委員會等兩岸三會的努力下，獲得兩岸的核能專家踴躍參與…。

我國參與人士包括產官學研各領域人士，包括：核能研究所魏聰揚組長、施建樑組長、陳又平博士、李文成博士、張清士博士、林國明先生、左如瑜小姐、甘金相先生、鍾東益先生、劉玉章先生、陳鈺沛小姐、吳欣潔小姐、蕭學偉先生等 13 人，放射性物料管理局邱賜聰局長、劉文忠技正、王錫勳技正、吳慶陸技正等 4 人，台電公司後端處李清山處長、張仁坤課長、方慶隆課長等 3 人，中華核能學會黃小琛秘書長、黃慶村召集人等 2 人，義守大學吳裕文教授、林智雄先生、杜佳簇先生等 3 人，清華大學周鳳英教授、施純寬教授、鍾曉萍核技師等 3 人，台灣科技大學黃兆龍教授、張瑜琴小姐、詹尚書先生等 3 人，淡江大學孫國華教授 1 人，亞炬公司許信惠總經理、倪辰華資深經理、沈樸靄先生等 4 人參與，我國人員參與名單如表 1 所示；大陸方面參與名單如表 2 所示。本次研討會共 86 人參與，計發表 44 篇論文，我國發表 20 篇，其中物管局發表 1 篇、核能研究所 9 篇、台電公司 2 篇、學術界 7 篇與產業界 1 篇，均獲得與會人士之熱烈討論。

研討會主題為「放射性廢棄物管理」，主要分成大會報告與分會場報告，研討會議程如表 3 所示。本次大會報告共邀請 5 位專家學者主講，分別為中國核工業集團公司核環保工程事業部主任曲志敏講述「核電放射性廢棄物管理」、中華核能學會放射性廢棄物學術委員會召集人黃慶村談論「核電放射性廢棄物最小化策略與實務」、環保部與核輻射安全中心研究員劉福東提及「實現廢棄物最小化管理的幾個建議」、台灣電力公司李清山處長分享「台灣電力公司用過核子燃料

乾式貯存設施之安全分析」、以及中國核電工程有限公司張志銀博士發表「中國大陸核電廠放射性廢棄物最小化進展」。本研討會整體報告架構係由中端核廢減量，並經由持續發展的觀點探討後端處置的課題、核能設施與社會認知的溝通、以及永續經營的檢核等。會後，我方與會人員合照，如圖 2。除參加上述研討會發表論文外，並於研討會議後，另行安排參訪中核集團四川建中核燃料元件有限公司。各項活動概要說明如表 4 所示。



圖 1 潘自強院士與黃慶村副所長主持大會開幕式



圖 2 閉幕式後與會人員合照

表 1 台灣參加研討會人員名單

| | 姓名 | 單位 | 職稱 | 論文發表 |
|----|-----|----------|----------------|-------------------------------------|
| 1 | 黃慶村 | 中華核能學會 | 放射性廢棄物學術委員會召集人 | 核電放射性廢棄物最小化策略與實務 |
| 2 | 黃小琛 | 中華核能學會 | 秘書長 | |
| 3 | 魏聰揚 | 核能研究所 | 研究員兼化工組組長 | |
| 4 | 施建樑 | 核能研究所 | 研究員兼保健物理組組長 | |
| 5 | 陳又平 | 核能研究所 | 副研究員 | 濕式氧化暨高效率固化系統之建置 |
| 6 | 李文成 | 核能研究所 | 副研究員 | 可剝式膠體除污劑開發與應用 |
| 7 | 張清土 | 核能研究所 | 副研究員 | 高完整性混凝土處置容器之研製與應用 |
| 8 | 林國明 | 核能研究所 | 助理研究員 | 超臨界二氧化碳流體對放射性污染除污可行性探討 |
| 9 | 左如瑜 | | 林國明先生的夫人 | |
| 10 | 甘金相 | 核能研究所 | 助理研究員 | 核設施除役性金屬廢棄物除污及廢酸液回收之研究 |
| 11 | 鍾東益 | 核能研究所 | 研究助理 | 台灣研究用反應器燃料池中放射性污染物質去除研究 |
| 12 | 劉玉章 | 核能研究所 | 工程師 | X 射線屏蔽之高分子/金屬氧化物複合材料開發研究 |
| 13 | 陳鈺沛 | 核能研究所 | 助理工程師 | |
| 14 | 吳欣潔 | 核能研究所 | 助理工程師 | 利用自動固相萃取工作站配合質譜儀檢測放射性廢棄物中 Tc-99 之方法 |
| 15 | 蕭學偉 | 核能研究所 | 助理工程師 | 朝向應用無線射頻技術於核電廠除役低放射性廢棄物管理 |
| 16 | 邱賜聰 | 放射性物料管理局 | 局長 | |
| 17 | 劉文忠 | 放射性物料管理局 | 簡任技正 | |

| | | | | |
|----|-----|---------------|----------|---|
| 18 | 王錫勳 | 放射性物料管理局 | 技正 | 核能電廠除役及放射性廢棄物解除管制 |
| 19 | 吳慶陸 | 原子能委員會綜合計劃處 | 技正 | |
| 20 | 李清山 | 台電核後端處 | 處長 | 台灣電力公司用過核子燃料乾式貯存設施之安全分析 |
| 21 | 張仁坤 | 台電核後端處 | 課長 | 用過核子燃料最終處置計畫 H 區及 K 區地質調查評估 (2010-2012 年計畫) |
| 22 | 方慶隆 | 台電核一廠 | 廢料處理課課長 | |
| 23 | 吳裕文 | 義守大學 | 教授 | 泡沫除污技術之研究 |
| 24 | 林智雄 | 義守大學 | 研究助理 | 超臨界二氧化碳萃取技術於運轉中核電廠除污之應用 |
| 25 | 杜佳簇 | 義守大學 | 研究助理 | 銅基觸媒低溫選擇性氧化分解高濃度氨氣及其再生 |
| 26 | 周鳳英 | 清華大學 | 教授 | 蘭嶼貯存場分離菌株對放射性廢棄物桶材腐蝕之影響 |
| 27 | 鍾曉萍 | 清華大學 | 核能技術師 | |
| 28 | 施純寬 | 清華大學核工所 | 教授 | 用過核燃料乾貯系統於複合式災害條件下之熱流安全評估 |
| 29 | 黃兆龍 | 台科大營建系 | 教授 | |
| 30 | 張瑜琴 | | 黃兆龍教授的夫人 | |
| 31 | 詹尚書 | 台北科技大學資源所 | 博士研究生 | 利用現地水文地質試驗推估裂隙岩體傳導係數與裂隙組別導水係數之研究 |
| 32 | 許信惠 | 亞炬企業股份有限公司 | 總經理 | |
| 33 | 倪辰華 | 亞炬企業股份有限公司 | 資深經理 | 過濾/離子交換/選擇性吸附整合技術介紹 |
| 34 | 沈樸爵 | 亞炬企業股份有限公司 | 研究專員 | |
| 35 | 孫國華 | 淡江大學機械與機電工程學系 | 特聘講座教授 | |

表 2. 大陸參加研討會人員名單

| | 姓名 | 性別 | 單位 | 職稱 |
|----|-----|----|-------------------|------------|
| 1 | 潘自強 | 男 | 中國核工業集團公司 | 院士/研究員 |
| 2 | 曲志敏 | 男 | 中國核工業集團公司核環保工程事業部 | 主任/研究員 |
| 3 | 袁玉俊 | 男 | 中國核工業集團公司核環保工程事業部 | 副研究員 |
| 4 | 朱吉才 | 男 | 中國核工業集團公司港澳台辦公室 | 處長/研究員級高工 |
| 5 | 劉森林 | 男 | 中國原子能科學研究院 | 副院長/研究員 |
| 6 | 張生棟 | 男 | 中國原子能科學研究院 | 副總工程師/研究員 |
| 7 | 陳 凌 | 男 | 中國原子能科學研究院 | 所長/研究員 |
| 8 | 康雲鼎 | 男 | 中核核電運行管理有限公司 | 研究員級高工 |
| 9 | 張斌 | 男 | 中核核電運行管理有限公司 | 工程師 |
| 10 | 李冬餘 | 男 | 中核核電運行管理有限公司 | 科長/研高 |
| 11 | 侯 東 | 男 | 中核核電運行管理有限公司 | 工程師 |
| 12 | 朱建明 | 男 | 海鹽海邁建築工程技術有限公司 | 總經理 |
| 13 | 戴 平 | 男 | 浙江博凡動力裝備有限公司 | 總經理 |
| 14 | 劉典德 | 男 | 浙江博凡動力裝備有限公司 | 總經理助理 |
| 15 | 李洪輝 | 男 | 中國輻射防護研究院 | 助理研究員/室副主任 |
| 16 | 劉建琴 | 女 | 中國輻射防護研究院 | 助理研究員 |
| 17 | 郭喜良 | 女 | 中國輻射防護研究院 | 副研究員 |
| 18 | 梁 宇 | 男 | 中國輻射防護研究院 | 副研究員 |
| 19 | 鄔 強 | 男 | 中國輻射防護研究院 | 研究員 |
| 20 | 董 博 | 男 | 國防科工局核技術支持中心 | 工程師 |
| 21 | 陳前遠 | 男 | 環境保護部輻射環境監測技術中心 | 77521982 |
| 22 | 劉黎明 | 男 | 中國原子能科學研究院 | 研究員 |
| 23 | 王 薇 | 女 | 中國原子能科學研究院 | 助理研究員 |
| 24 | 李義國 | 男 | 中國原子能科學研究院 | 室主任/研究員 |
| 25 | 高 峰 | 男 | 中國原子能科學研究院 | 項目經理 |

| | | | | |
|----|-----|---|------------------|---------|
| 26 | 陆春海 | 男 | 成都理工大学 | 教授 |
| 27 | 马利科 | 男 | 核工业北京地质研究院 | 工程师 |
| 28 | 李娜娜 | 女 | 核工业北京地质研究院 | 工程师 |
| 29 | 程 理 | 男 | 環保部核与辐射安全中心 | 研究员 |
| 30 | 李玉鑫 | 男 | 阳江核电有限公司 | 工程师 |
| 31 | 刘志远 | 男 | 三门核电有限公司 | 助理工程师 |
| 32 | 臧义坤 | 男 | 三门核电有限公司 | 科长 |
| 33 | 杨 阳 | 男 | 浙江省辐射环境监测站 | |
| 34 | 刘福东 | 男 | 環保部核与辐射安全中心 | 研究员 |
| 35 | 刘志辉 | 男 | 環保部核与辐射安全中心 | |
| 36 | 张志银 | 男 | 中国核电工程有限公司 | 研高 |
| 37 | 刘 超 | 男 | 中核清原環境技术工程有限责任公司 | 高工 |
| 38 | 陈旭东 | 男 | 中电投山东核環保有限公司 | 运行管理部经理 |
| 39 | 欧 红 | 男 | 中电投山东核環保有限公司 | 處置管理部经理 |
| 40 | 丁伯发 | 男 | 中电投山东核电有限公司 | 工程师 |
| 41 | 马鹏勋 | 男 | 三门核电有限公司 | 主管 |
| 42 | 宋福祥 | 男 | 北京市辐射安全技术中心 | 主任 |
| 43 | 王荣建 | 男 | 北京市辐射安全技术中心 | 科长 |
| 44 | 庄景齐 | 女 | 環保部核与辐射安全中心 | 工程师 |
| 45 | 安晓丽 | 女 | 中核四川環保工程有限责任公司 | 工程师 |
| 46 | 焦兴乾 | 男 | 中核四川環保工程有限责任公司 | 工程师 |
| 47 | 金瑞玉 | 男 | 中核四川環保工程有限责任公司 | 高工 |
| 48 | 王毅 | 男 | 中节能资产经营有限公司 | 总经理 |
| 49 | 王清淳 | 男 | 中节能资产经营有限公司 | 投资总经理 |
| 50 | 魏东 | 男 | 中节能资产经营有限公司 | 高级专员 |

表3 第三屆兩岸放射性廢棄物管理研討會議程表

10月18日(星期五)

| 9:00~9:30 | | 大会开幕式 | | | | | |
|-----------------|-------------|--|----------------|----|-------------|-------------------------------------|------------|
| | | 主持人：中国核学会辐射防护分会理事长 潘自强院士 开幕辞：中国核学会辐射防护分会副理事长 刘森林研究员 贵宾致辞：中华核能学会理事暨放射性废弃物管理学术委员会召集人 黄庆村先生 | | | | | |
| 9:30~10:30 | | 大会报告主持人：潘自强 | | | | | |
| | | 核电放射性废物管理（曲志敏） 核电放射性废弃物最小化策略与实务（黄庆村） | | | | | |
| 10:30-10:40 | | 茶歇 | | | | | |
| 10:40-11:45 | | 大会报告主持人：黄庆村 | | | | | |
| | | 实现废物最小化管理的几点建议（刘福东） 台湾电力公司用过核子燃料干式贮存设施之安全分析（李清山） 中国大陆核电厂放射性废物最小化进展（张志银） | | | | | |
| 11:45~12:00 | | 合影（酒店大堂外门口处） | | | | | |
| 12:00-14:00 | | 自助午餐（一楼西餐厅）、休息 | | | | | |
| 会场一（4楼索菲斯厅前厅） | | | 会场二（4楼索菲斯厅后厅） | | | | |
| 核电放射性废物最小化技术与实践 | | | 退役、运输、乏燃料贮存及其他 | | | | |
| 序号 | 时间 | 报告 | 主持人 | 序号 | 时间 | 报告 | 主持人 |
| 1 | 14:00-15:40 | 秦山核电基地放射性废物最小化技术路线探讨（刘志勇、康云鼎等）； | 曲志敏 魏聪扬 | 1 | 14:00-15:40 | 用过核燃料干贮系统于复合式灾害条件下之热流安全评估（施纯宽）； | 宋福祥 刘文忠 |
| 2 | | 湿式氧化暨高效率固化系统之建置（陈义平）； | | 2 | | 济南微堆退役废物监测（李义国）； | |
| 3 | | 废树脂湿法氧化技术路线及问题探讨（郭喜良）； | | 3 | | 朝向应用无线射频技术于核电厂除役低放射性废弃物管理（萧学伟）； | |
| 4 | | 核能电厂除役及放射性废弃物解除管制（王锡勋）； | | 4 | | 低、中放固体废物处置场 γ 射线天空反散射的研究（董博） | |
| 5 | | 抑低核电站废水活度排放最佳处理技术（倪辰华）； | | 5 | | X射线屏蔽之高分子/金属氧化物复合材料开发研究（刘玉章）； | |
| 15:40-15:50 | | 茶歇 | | | 15:40-15:50 | | 茶歇 |

10月18日(星期五)

| | | | | | | | |
|----------------------------|-------------|---|-----------|--------------|-------------|---|------------|
| 15:40-15:50 | | 茶歇 | | 15:40-15:50 | | 茶歇 | |
| 核电放射性废物最小化技术与实践与核放射性废物监测技术 | | | | 放射性废物处理、处置技术 | | | |
| 6 | 15:50-17:10 | 秦山核电基地报废空气过滤器金属框架清洁解控相关问题的实践与探讨(康云鼎); | 陈凌 倪辰华 | 1 | 15:30-17:30 | 贫铀的处理与处置介绍(李洪辉) | 张生栋 施纯宽 |
| 7 | | 铜基触媒低温选择性氧化分解高浓度氨气及其再生(杜佳簇); | | 2 | | 用过核子燃料最终处置计划 H 区及 K 区地质调查评估(2010-2012 年计划)(张仁坤) | |
| 8 | | 某核电站周边生物样品中有机结合氟研究(刘弓冶) | | 3 | | 放射性废物中等深度处置(刘建琴) | |
| 9 | | 利用自动固相萃取工作站配合质谱仪检测放射性废弃物中 Tc-99 之方法(吴欣洁); | | 4 | | 高完整性混凝土处置容器之研制与应用(张清土); | |
| | | | | 5 | | 三门核电 SRTF 调试过程中应关注的几个问题(马鹏勋) | |
| 18:00-19:30 | | 自助餐(一楼西餐厅) | | | | | |

10月19日(星期六)

| 会场一（4楼索菲斯前厅） | | | | 会场二（4楼索菲斯厅后厅） | | | | | |
|--------------|-------------|--|------------|---------------|-------------|-------------------------------|------------|--|--|
| 放射性废物处理、处置技术 | | | | 放射性废物处理、处置技术 | | | | | |
| 序号 | 时间 | 报告 | 主持人 | 序号 | 时间 | 报告 | 主持人 | | |
| 1 | 9:00-10:20 | 核设施除役性金属废弃物除污及废酸液回收之研究（甘金相）； | 康云鼎 李清山 | 1 | 9:00-10:20 | 放射性废液处理技术研究进展（陆春海） | 程 理 吴逸文 | | |
| 2 | | 我国中等深度处置场建设的初步探讨（刘超） | | 2 | | 台湾研究用反应器燃料池中放射性污染物质去除研究（钟东益）； | | | |
| 3 | | 可剥式胶体除污剂开发与应用（李文成）； | | 3 | | HIC 高整体容器处理工艺在核电领域的应用和发展（李玉鑫） | | | |
| 4 | | 北山花岗岩力学性质研究进展（马理科） | | 4 | | 泡沫除污技术之研究（林智雄）； | | | |
| 10:20-10:30 | | 茶歇 | | 10:20-10:30 | | 茶歇 | | | |
| 6 | 10:30-11:30 | 利用现地水文地质试验推估裂隙岩体传导系数与裂隙组别导水系数之研究（詹尚书）； | | 6 | 10:30-11:30 | 超临界二氧化碳萃取技术于运转中核电厂除污之应用（林智雄）； | | | |
| 7 | | 高庙子膨润土与北山地下水相互作用地球化学缓冲性能模拟研究（李娜娜） | | 7 | | 三门核电放射性废物离堆处理模式及工艺特点（刘志远） | | | |
| 8 | | 兰屿贮存场分离菌株对放射性废弃物桶材腐蚀之影响（周凤英）； | | 8 | | 超临界二氧化碳流体对放射性污染除污可行性探讨（林国明）； | | | |
| 11:30-12:00 | | | | 闭幕式 | | | | | |
| | | | | 主持、总结、致闭幕辞 | | | | | |
| 12:00-13:30 | | | | 自助午餐（一楼西餐厅） | | | | | |

表 4 行程及工作內容重點

| 地點 | 時間 | 行程 | 工作內容重點 |
|----|--------------|--------------------------|-------------------------------|
| 四川 | 10.16 (三) | 去程 | ◎ 松山國際機場搭機赴四川成都 |
| 四川 | 10.17 (四) | 兩岸放射性廢棄物管理研討會 會議註冊、報到 | ◎ 全天報到 ◎ 組委會議 |
| 四川 | 10.18 (五) | 兩岸放射性廢棄物管理研討會 論文發表 | ◎ 大會開幕式 ◎ 大會報告 ◎ 專題分組報告 |
| 四川 | 10.19 (六) | 兩岸放射性廢棄物管理研討會 論文發表 | ◎ 專題分組報告 ◎ 大會閉幕式 |
| 四川 | 10.20 (日) | 整理資料 | ◎ 與會人員討論 ◎ 整理資料 |
| 四川 | 10.21 (一) | 參訪宜賓中核建中核燃料元件有限公司 | ◎ 參訪核燃料製造工廠 聽取簡報 |
| 四川 | 10.22 (二) | 研討會內容討論 | ◎ 分組討論 |
| 四川 | 10.23 (三) | 返程 | ◎ 從四川成都返回桃園國際機場 |

(二) 研討會論文簡要重點：

1. 放射性廢棄物管理條例內容介紹（講座：中國核工業集團公司核環保工程事業部主任，曲志敏）

報告重點包括：

- 介紹了大陸核電運行、建設情況。分析了核電放射性廢棄物、用過核子燃料管理現況。重點介紹了大陸核電放射性廢棄物、用過核子燃料管理有關政策與法規。

重要問題觀點：

- 經過多年努力，大陸已經建立了與國際接軌並符合中國國情的核能與輻射安全監管體系。1984 年至今，該監管體系已發揮了巨大作用，亦確保安全。
- 大陸目前有 17 座運轉中的核能電廠，30 座建設中的核能電廠，以及規劃興建中的 59 座核能電廠。
- 面對核電及核能技術的快速發展，目前迫切需要從機構編制、能力、法規建置、放射性廢棄物安全等方面完善及加強核能與輻射安全監管體系。以確保核能與輻射安全長治久安。

2. 核電放射性廢棄物最小化策略與實務（講座：台灣中華核能學會放射性廢棄物管理學術委員會召集人，黃慶村）

報告重點包括：

- 2011 年日本福島核一廠發生嚴重的核能事故，雖然使核電的發展短暫受挫，惟全球核電的發展態勢並無顛覆性的改變。但放射性廢棄物最終處置場一地難求的困境也更明顯，使放射性廢棄物最小化的需要更形急迫。
- 放射性廢棄物最小化是一個目標具體、任務單純，具有重大經濟效益的工作，必須在確保安全的前提下，追求包括放射性廢棄物的減容與減量、廢棄物體品質的提升、對環境的友善性以及經濟性等的綜合效益。本研究探

討放射性廢棄物最小化的實施策略與方法、可能遭遇的問題以及因應之道，並介紹台灣推動放射性廢棄物最小化所採取的措施以及獲得的成果。

- 核電放射性廢棄物的最小化管理須考量產生、處理、貯存與處置等之相關性，並做整體性的規劃，才能發揮最佳的效益。管理的精進與關鍵技術的開發應用，使臺灣的放射性廢棄物最小化成效能於國際處在領先地位，並且使放射性廢棄物的總貯存量趨於穩定，以使年產量與貯存廢棄物總活度逐年降低。放射性廢棄物最小化是環境永續利用的必要工作，核能的蓬勃發展更突顯放射性廢棄物最小化重要，臺灣雖然已獲得初步的成果，但是仍然需要持續的貫徹與精進。
- 大陸整批的大規模機組興建，對放射性廢棄物處理技術的選擇與系統的規劃，對今後數十年的放射性廢棄物管理營運具有關鍵性的影響，是落實放射性廢棄物管理安全與推動放射性廢棄物最小化的關鍵時刻。

重要問題觀點：

- 管制單位對放射性廢棄物最小化的推動其實具備關鍵性的作用。
- 核電營運單位是廢棄物最小化的實際執行者，也是主角。核電營運單位在最小化上的措施主要包括廢棄物來源之抑低，以及廢棄物處理技術與設施的改善等兩部分。

3. 實現廢棄物最小化管理的幾個建議（講座：環保部核與輻射安全中心，劉福東）

報告重點包括：

- 隨著放射性廢棄物處置費用的增加、處置場容量限制以及公眾的日益憂慮等因素下，放射性廢棄物的管理已是實施核能後續發展所面臨的重要挑戰。放射性廢棄物管理目標旨在保護人類健康及環境，不給後代留下負擔。
- 增強員工及企業管理者的廢棄物最小化理念，是實現廢棄物最小化的前提。企業管理者向員工宣傳廢棄物最小化益處與必要性，將廢棄物最小化目標通

過正常的企業教育及逐級傳達方式讓員工有相當程度的了解；同時，平常以津貼、獎金、獎狀、獎章及其它形式的獎勵用做一種激勵手段，以增強企業員工廢棄物最小化意識；其次企業應制定現實、明確、清晰、並且在合理時間範圍內，有能力達到的量化廢棄物最小化目標，這是實現廢棄物最小化關鍵。

- 在制定最小化目標還應該考慮到國家政策法規、按比例預算編列該項活動的財源預算、工作人員及公眾的輻射照射及全部的成本；然後制定可操作廢棄物最小化管理程序，這是實現廢棄物最小化過程中不可缺的環節。管理程序涉及企業廢棄物產生有關部門，並需記錄廢棄物最少化措施投產前後的廢棄物產生量，通過對特定車間或工序實施廢棄物最小化措施前後比較與評估，不斷改善廢棄物最小化技術及管理程序，盡可能地從源頭減少、有效測量分類、再循環、再利用以及優化廢棄物管理減少廢棄物產生量，實現廢棄物最小化的可持續性。

重要問題觀點：

國家政策法規對廢棄物最小化管理極為重要，須於法有據下方可從部門預算或者政府援助預算中獲得實現廢棄物最小化目標的支持，這是實現廢棄物最小化的重要保障。此外，增強員工及工作人員廢棄物最小化意識、制定廢棄物最小化管理程序，並獲得相關部門及預算的支持是實現廢棄物最小化的有效途徑。

4. 台灣電力公司用過核子燃料乾式貯存設施之安全分析（講座：台灣電力公司核能後端營運處處長，李清山）

報告重點包括：

- 台灣電力公司為使核一廠及核二廠可正常運轉 40 年，提供穩定之電力供應，依據相關核能法規，已提送「用過核子燃料乾式貯存設施之安全分析報告」予原子能委員會，以申請用過核子燃料乾式貯存設施之建造執照。「安全分析報告」內容係針對乾式貯存設施之場址特性、臨界、結構、熱傳、輻

射屏蔽、密封及意外事件等項目進行相關評估，以確保乾式貯存設施之安全性。

- 目前台灣電力公司「核能一廠乾式貯存設施之安全分析報告」已獲原子能委員會審查同意，現正進行試運轉作業中；「核能二廠乾式貯存設施之安全分析報告」則於 2013 年 9 月 6 日獲原子能委員會審查通過。

重要問題觀點：

台灣電力公司為使核一廠及核二廠可正常運轉 40 年，提供穩定之電力供應，依據相關核能法規，已提送「用過核子燃料乾式貯存設施之安全分析報告」予原子能委員會，以申請用過核子燃料乾式貯存設施之建造執照。於安全分析報告中，針對乾式貯存設施之場址特性、臨界、結構、熱傳、輻射屏蔽、密封及意外事件等項目以保守假設進行安全評估後，確認所有安全參數皆在相關限值內，即使在異常或意外事件發生時，仍能維持乾式貯存系統之正常功能，確保可貯存期限安全無虞。

5. 中國大陸核電廠放射性廢棄物最小化進展（講座：中國核電工程有限公司，張志銀）

報告重點包括：

- 隨著大陸核電高效率的發展，核電廠廢棄物最小化及安全處置受到各方高度關注。
- 從國家政策引導、設計優先、運行持續改進及科技創新等方面介紹了大陸核電廠廢棄物最小化的進展，並闡明核電廠設計階段優化廢棄物管理是廢棄物減量化的關鍵。

重要問題觀點：

- 進一步完善進行廢棄物最小化政策，研究及實施更加靈活有效的放射性廢棄物處置機制，促進廢棄物處置場的建造，發揮廢棄物處置政策對廢棄物最小化的促進作用，並加快研擬《核動力廠放射性廢棄物最小化導則》。

- 制定廢棄物最小化先進技術目錄，鼓勵企業採用最佳可用廢棄物最小化技術，加強廢棄物處理技術研究開發、推廣及示範工程建設。
- 核電廠進一步進行廢棄物最小化管理體系及長期規劃，全面落實廢棄物最小化責任制。
- 加強大陸及兩岸廢棄物管理技術交流，努力管理及發展技術措施，以實現廢棄物減量化目標。

6. 核電廠報廢空氣過濾器金屬框架清潔解控相關問題的實踐與探討（講座：中核核電運行管理有限公司，康雲鼎）

報告重點包括：

- 核電廠的運行，會產生相當數量的報廢空氣過濾器，並暫存於放射性廢棄物倉庫中，佔用了大量的體積。按照大陸現行相關法規及標準的要求，對於確認屬於表面污染的鋼鐵物料，當其表面污染程度等於或低於可解控的物體表面放射性物質污染控制程度時，經管制部門同意後，可直接實施解控。經過對報廢空氣過濾器金屬框架的情況調查，一般情況下，放射性污染核種主要集中在過濾器的濾棉中，金屬框架的表面污染及基材中污染核種比活度都較低，因此，報廢空氣過濾器經拆解等處理後，其金屬框架具有清潔解控可行性。
- 目前，大陸還沒有相關的清潔解控的操作方案，本研究在前期工作的基礎上，制定了詳細的清潔解控實施方案，主要以測量篩選，抽樣檢驗，數據評估，最終確認報廢空氣過濾器金屬框架的解控。

重要問題觀點：

- 經過前期報廢空氣過濾器金屬框架的源項調查，結果顯示報廢空氣過濾器金屬框架的放射性污染風險較低，其金屬框架具備清潔解控的可行性。
- 為了保證報廢空氣過濾器金屬框架清潔解控工作的順利執行，在污染源項調查等前期工作的基礎上，制定了詳細的清潔解控執行方案。近期，中核運行

對其近年來產生的報廢空氣過濾器金屬框架進行了首批清潔解控執行。報廢空氣過濾器金屬框架清潔解控是探索性的工作，既符合大陸法律法規要求又具有實際可操作性，其清潔解控流程及實施方案是開拓性的工作，是核電放射性廢棄物最小化探索性的第一步。

7. 濕式氧化暨高效率固化系統之建置（講座：台灣核能研究所，陳又平）

報告重點包括：

- 台灣三座核能電廠產生的粒狀廢離子交換樹脂經過脫水處理後，裝入 55 加侖鋼桶並暫時貯存，就核二廠而言，截至 2012 年底，已積貯 7,372 桶之廢樹脂，且每年例行運轉約產生 450 桶之廢樹脂。廢樹脂若不安定化，可能會劣化分解進而對周遭環境產生衝擊。
- 傳統上處理廢樹脂的方法為水泥固化，然而卻會因此增加廢棄物的數量，而且其固化體的品質亦難令人滿意。雖然世界各國已提出一些處理方法，像是熱壓縮、焚化、電漿熔融、蒸氣重組等，但是因二次廢棄物產生、高溫操作耗能、處理系統不易維護，以及最終產物並未安定化等問題，使上述各種不同處理廢樹脂的方法不是最佳選項。
- 核能研究所歷經實驗室與處理量為每小時 3-5 公升先導工廠的實際驗證，已開發完成濕式氧化暨高效率固化技術(WOHEST)，並獲得中、美、日、歐盟等多國專利。WOHEST 具有高減容效率、可於低溫常壓下操作、消耗能源低、維護容易、不會產生二次廢棄物、以及對環境友善等多項優點，是處理粒狀廢離子交換樹脂的一總體解決方案。
- 目前核能研究所與台電公司合作在核二廠內建置一套每小時處理粒狀廢樹脂 40 公升的商用系統，除了能夠達到最終產物安定化之目的外，亦能達成廢樹脂減容 60%之效率。該系統已陸續完成概念、基本、細部設計以及設備製造與假組裝，目前正進行冷試車。

重要問題觀點：

核能研究所開發的濕式氧化與高效率固化技術(WOHEST)對放射性廢樹脂的處理兼具減容與安定化效果、不產生二次廢棄物、對環境友善、在效能上可以高度減容，是一種達到放射性廢樹脂減容與安定化問題的有效方法。目前該系統已陸續完成概念、基本、細部設計以及設備製造與假組裝，現正進行冷試車。未來系統運轉後，可大幅將廢樹脂減容，並有效提昇固化體品質。

8. 核能電廠除役及放射性廢棄物解除管制（講座：台灣放射性物料管理局，王錫勳）

報告重點包括：

- 台灣在福島事故後，提出「確保核安、穩健減核」的政策，既有的核能電廠將不延役。原能會放射性物料管理局於 2012 年起規劃核能電廠除役管制，並對除役相關審查技術與管制策略進行研究與擬訂；於 2012 年 12 月訂定「核子反應器設施除役計畫導則」，提供業者作為撰寫除役計畫的重要參考，另預定於 2013 年底完成「核子反應器設施除役計畫審查導則」，做為審查除役計畫之參考。
- 依據「核子反應器設施管制法」之規定，台電公司應於核子反應器設施永久停止運轉前三年提出除役計畫。台電公司已於今年 7 月中旬進行核一廠除役計畫招標工作，預定於 2015 年底提出核能一廠的除役申請，並於停止運轉後 25 年內完成除役作業。拆除後廠址的輻射劑量，應符合主管機關規定標準，非限制性使用者，其對一般人造成之年有效等效劑量不得超過 0.25 毫西弗（mSv）。
- 由於台灣尚未設立最終處置場，除役所產生的放射性廢棄物須先在廠內貯存，因此除役廢棄物的產生量，是除役工作的重要關鍵。參考國際原子能總署的解除管制限值，原能會放射性物料管理局於 2004 年發布「一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法」，建立解除管制限值，可降低除役放射性廢棄物的數量，減輕後續的處理、貯存及處置等作業負荷。多年來解除管

制的推動，已有效實現資源再利用與後續處理作業負荷，更可提升放射性廢棄物管理的安全與效率。

重要問題觀點：

依「核子反應器設施除役計畫導則」，台電公司已於今年 7 月中旬進行核一廠除役計畫招標工作，預定於 2015 年底提出核能一廠的除役申請，並於停止運轉後 25 年內完成除役作業。拆除後廠址之輻射劑量，應符合主管機關規定標準，非限制性使用者，其對一般人造成之年有效等效劑量不得超過 0.25 毫西弗（mSv）。

9. 秦山核電廠放射性廢棄物最小化技術方向探討（講座：中核核電運行管理有限公司，康雲鼎）

報告重點包括：

- 秦山核電廠目前有 7 部機組在運行，另有 2 部百萬瓩機組(方家山核電工程)在建設中，是世界上機組數量最多的核電廠之一。
- 秦山核電廠建設較早，在放射性廢棄物處理方面已經具備一定的基礎及經驗，但因處理技術與處理設施的限制，在廢棄物的減容、廢棄物體性能的優化方面，還有相當的提升空間。
- 分析秦山地區放射性廢棄物的管理現狀，探討了各種廢棄物的處理技術適用性與優劣，提出了各種不同的放射性廢棄物處理方案建議。通過分析評估了各方案的減容效果、廢棄物體性能穩定性、環境友善性與經濟效益等指標，最終提出了針對技術廢棄物採用“焚燒+超壓固定”、對含硼殘液採用“高效率固定”以及對廢樹脂“氧化+超壓固定”等為主的廢棄物最小化技術方向的建議方案。
- 根據評估結果，秦山核電廠採用上述方案進行廢棄物最小化處理改造，可大幅降低廢棄物產量，在較短時間就能回收投資成本，而其中新技術對最終處

置廢棄物體性能的優化，也將進一步確保廢棄物最終處置的安全性，對解決核電廠面臨的放射性廢棄物問題及核電的持續發展有重要意義。

重要問題觀點：

秦山核電廠經過分析評估各種方案的減容效果、廢棄物體性能穩定性、環境友善性與經濟效益等指標後，最後提出了針對技術廢棄物採用“焚燒+超壓固定”、對含硼殘液採用“高效率固定”以及對廢樹脂“氧化+超壓固定”等為主的廢棄物最小化技術方向的建議方案，對解決核電廠面臨的放射性廢棄物問題及核電的持續發展有重要意義。

10. 過濾/離子交換/選擇性吸附整合技術介紹（講座：亞炬企業股份有限公司，倪辰華）

報告重點包括：

- 介紹亞炬公司的過濾/離子交換/無機選擇性吸附整合技術與套裝化設備。該設備採多段式過濾/吸附塔設計，具有設備簡易、操作簡單、友善的控制與擴充整合性佳的優點。
- 針對活性碳床與無機吸附媒床的有效性驗證數據進行說明，結果顯示活性碳床經測試對於 0.1 micron 以上之微米級顆粒核種，具有 80%以上的去除功能，可有效去除 Fe, Mn, Co, Ag 等顆粒性核種，對 I-131 的除污因子可達 400 以上。無機吸附媒床經實際廢水測試，在 5000 倍空床體積水量操作後，Cs 除污因子仍可達 4000 以上，驗證對 Cs 之吸附能容量遠較一般陽離子樹脂大許多。本系統足以應付在燃料元件破損情況下的高 Cs 活度水質狀況，可協助核電廠達成放射性廢水活度排放最小化與安全操作的目標。

重要問題觀點：

亞炬公司發展的活性碳床經測試對於 0.1 micron 以上之微米級顆粒核種，具有 80%以上的去除功能，可有效去除 Fe, Mn, Co, Ag...等顆粒性核種，另外對 I-131 的除污因子可達 400 以上。無機吸附媒床經實際廢水測試，Cs 除污因子可達 4000

以上，並驗證對 Cs 之吸附能容量遠較一般陽離子樹脂大許多。過濾/離子交換/無機選擇性吸附的技術整合，同時結合符合放射性廢水特性的設備設計精進改良，足以應付在燃料元件破損情況下的高 Cs 活度水質狀況。本系統將可提供核電廠活度排放最小化與安全操作的目標。

11. 銅基觸媒低溫選擇性氧化分解高濃度氨氣及其再生（講座：義守大學化學工程學系，杜佳簇）

報告重點包括：

- 現有的處理方法以觸媒還原法為主，然而觸媒還原法之反應溫度較高(>600 °C)，且所生成之產物為氮氣及氫氣，有安全之虞慮；氧化分解氨氣之反應溫度相對較低，一般約<400°C，其主要生成之產物以氮氣及水氣為主，但往往與空氣中之氧氣再反應生成 NO_x，且 NO_x 之生成量隨溫度提高而增加，因此發展可於低溫選擇性氧化分解高濃度氨氣之觸媒為重要的課題。
- 本研究以 γ -Al₂O₃ 為載體，利用超臨界水熱法技術沉積銅基觸媒於載體表面，經 X 光電子能譜結果顯示，以超臨界水熱法沉積之銅基觸媒其氧化態較低，以銅及亞銅形式存在。此外，為了解決製程放大所產生之壓降問題，除了粒徑為 40 μ m 氧化鋁為載體外，並選擇以 0.5 mm 及 3 mm 之 γ -Al₂O₃ 為載體，為了增加銅於大顆粒載體表面之附著力，需有表面親水性預處理氧化鋁載體表面，如此可成功地將銅基觸媒沉積於載體表面，此觸媒可於低溫 150°C 以上 100%轉化高濃度 67%之氨氣，且選擇性高達 99.5%以上，此三種觸媒由小而大其長時間穩定性分別為，100 hr, 60 hr 及 14 hr 以上。
- 經由 FTIR 圖譜分析，造成觸媒失去活性之最主要原因，為水氣強力吸附於觸媒材料表面，為了能使觸媒能延長壽命，分別以 400°C、500°C 高溫鍛燒以及超臨界二氧化碳處理法再生觸媒材料，其中以 500°C 處理 1 hr 觸媒轉化率可達 99.5%，而經超臨界二氧化碳處理後之觸媒，幾乎可回復至原來 100%之轉化率，同時可具有 99.5%以上選擇性，結果顯示，本研究成功地合成一

高效率且高選擇性之氨氣氧化觸媒，同時建立其觸媒再生之方法，可加速未來於實廠上之應用。

重要問題觀點：

- 使用超臨界水(醇)熱合成之觸媒其轉化率優於次臨界水(醇)熱合成之觸媒。
- 超臨界水熱合成之觸媒以低氧化態之銅為主，因此進行催化反應時操作溫度較低即可獲得高轉化率。
- 利用超臨界水熱技術可以均勻合成 Cu/ γ -Al₂O₃ 觸媒並控制其形態，可於低溫分解高濃度(66.7%)氨氣氧化分解具有高反應效率、選擇性以及穩定性；觸媒再生方面使用超臨界二氧化碳進行再生其轉化率優於使用鍛燒再生，觸媒再生時溫度越高效果越好，再生過後之觸媒其長時間穩定性約只有新鮮觸媒的一半。

12. 廢樹脂濕法氧化技術方向及問題探討 (講座：中國輻射防護研究院，郭喜良)

報告重點包括：

- 從廢樹脂濕法氧化處理技術的優勢出發，分析比較了大陸濕法氧化處理技術的發展及研究現狀，設計了樹脂濕法氧化減容處理技術方向，探討了該處理技術的關鍵技術問題。
- 與樹脂直接固化相比，濕法氧化及廢液水泥固化減容技術，大大降低了廢棄物的最終處置體積，實現了放射性廢棄物最小化的原則。
- 濕法氧化是一種有機物的無機化處理技術，大大降低了廢樹脂溶脹及輻照降解有害氣體的產生，提高廢棄物的暫時貯存及長期處置安全性。
- 濕法氧化尾氣主要組成為二氧化碳及水蒸汽，通過冷凝回流及鹼液吸收可處理吸收，消除了有害氣體對容器的腐蝕及對環境的有害影響，實現環境友好。
- 濕法氧化技術條件相對溫和，氧化劑及催化劑為常用化學物質，該技術處理成本低，經濟合理。

重要問題觀點：

- 陰樹脂消解時間的優化及消解外溢問題的解決。目前已有濕法氧化條件試驗結果表明，樹脂濕法氧化過程會氣泡及發生泡沫外溢現象，特別是陰離子交換樹脂。氣泡現象會延長反應時間，降低氧化劑的反應效率，處理過程中的外溢可能造成放射性污染。因此，需要採取措施，如通過攪拌或加入消泡劑，來消除/降低氣泡現象的負面影響。攪拌器件需耐酸及耐氧化，消泡劑的選擇需考慮對廢液固化的影響，包括類型的選擇及用量的優化。
- 廢樹脂濕法氧化裝置的設計及研製。試驗裝置的設計需考慮廢樹脂的處理量，濕法氧化過程的可控性，耐酸腐蝕及耐氧化性，具備加料、出料、加熱恆溫、攪拌、尾氣處理及監測功能。
- 濕法氧化廢液濃漿的調製及固化配方研製。廢棄物水泥固化為傳統廢棄物處理技術，關鍵是廢棄物與水泥基質的兼容性及廢棄物的包容率。濕法氧化產生廢液為強酸性，固化前需對廢液進行調製，包括 pH 及物質形態的調節，包括沉澱及除氨處理。為提高廢棄物包容率及確保廢棄物體性能滿足標準要求，需研製科學、可行的固化配方。

13. 朝向應用無線射頻技術於核電廠除役低放射性廢棄物管理(講座：核能研究所，蕭學偉)

報告重點包括：

- 自日本福島第一核電廠事故之後，台灣正逐步調整其核能政策。現有三個核電廠於生命週期到期後，將如期進行核電廠除役工作不再延役。因此，準備核電廠除役計畫工作就成為當前台灣核電重要的議題之一，尤其是如何以安全、效率、可靠與永續的方式解決核電廠除役產生的低放射性廢棄物管理問題。無線射頻(Radio Frequency Identification)技術主要是由標籤、讀取器與中介軟體組成，配合各種應用資訊系統，非常適合用於倉儲管理中貨品追蹤與管理。

- 目前無線射頻技術應用於核電廠卻很少見，特別是在核電廠低放射性廢棄物倉儲管理上。
- 首先介紹無線射頻應用技術與說明相關背景。其次，基於無線射頻技術，提出三階層的流程導向資料獲取架構(Process-oriented Data Acquisition Architecture，簡稱為 RFID-PDA²)，以輔助核電廠低放射性廢棄物管理工作執行。

重要問題觀點：

建議未來台灣除設計畫廢棄物管理可採用被動式耐酸鹼標籤管理金屬材料物質，非金屬材質則可選用一般無線射頻標籤。除此之外，本研究所提出三層式流程導向資料獲取架構亦可作為發展低放射性廢棄物管理資訊系統之參考。期待 RFID-PDA² 架構未來能成為台灣核電廠除設計畫中低放射性廢棄物管理重要的參考基礎。

14. 某核電廠周邊生物樣品中有機結合氫研究（講座：環境保護部輻射環境監測技術中心，劉弓冶）

報告重點包括：

- 生物體在生長的過程中從環境攝入含有氫的水份，並隨著代謝過程參與有機合成或同位素交換。這導致氫除了存在於機體自由水份中外，也同時以組織結合氫的形式較長期地滯留在機體內，所以需要對這兩部份氫進行測量。
- 生物體中的總氫（TT）是由組織自由水氫（TFWT）與有機結合水氫（OBT）組成的。
- 組織自由水氫的分析比較簡單，而有機結合氫或總氫的分析比較複雜，需要有一套燃燒與氧化裝置。本工作採用的裝置是由英國 Raddec 公司研製的三加熱區六管式氫碳燃燒提取系統。通過對蒸餾水以及葡萄糖(C₆H₁₂O₆)的燃燒測定試驗，得到該裝置對水的回收率在 95%以上。

- 本工作對採自某核電廠周邊的松針及大米樣品進行了有機結合氙含量的測量。通過對烘乾後的生物樣品加熱到 600°C 進行燃燒氧化，並通過加熱到 800°C 且裝有鉑-氧化鋁催化劑的催化區進行催化氧化，以使樣品中的 OBT 充分轉化為氙化水 (HTO) 的形式，並通過冷卻處理裝置進行冷凝收集後常壓蒸餾，混合以一定比例的閃爍液，在低本底液閃儀上測量。測量結果顯示，採自該區域的兩組大米樣品中的 OBT 含量分別為 2.45 ± 0.37 及 2.54 ± 0.40 Bq/kg (fresh weight)，兩組松針樣品的 OBT 含量分別為 5.23 ± 0.52 及 3.70 ± 0.31 Bq/kg (fresh weight)。

重要問題觀點：

- 測量結果顯示，採自該區域的兩組大米樣品中的 OBT 含量及 OBT 含量，均高於對照點監測值，這表明該核電廠運行排放的氙可能對廠區周圍的生物介質存在累積影響。

15. 利用自動固相萃取系統配合質譜儀分析低放射性廢棄物中 Tc-99 之方法 (講座：核能研究所，吳欣潔)

報告重點包括：

- 鎔 99 為鈾 235 與鈾 239 分裂序列之子核種，是核分裂產物中產率較高的核種，在自然環境中並不存在。由於鎔 99 半衰期長 ($t_{1/2} = 2.1 \times 10^5$ 年) 且遷移性高，因此都以鎔 99 作為監控核能設施或放射性廢棄物的主要核種之一。本研究以鎔 99 標準品添加於空白水泥固化體中，模擬低放射性廢棄物真實樣本中鎔 99，利用 TEVA 樹脂配合自動化固相萃取系統 (SPE) 進行樣品萃取與分離，並探討最佳條件，並以感應耦合電漿質譜儀 (ICP-MS) 測量、分析低放射性廢棄物中的鎔 99。
- 實驗結果顯示，鎔 99 具有最佳的回收率 ($94.15 \pm 3.02\%$)，最低偵測極限達 1.52 mBq/ml (2.4 ppt)。相較於過去本單位研發之流動注入分析 (Flow Injection Analysis; FIA) 系統，本方法更方便快速，可提高回收率，偵測極限降低 5 倍

以上。本研究成功建立鎇 99 自動分析系統，已取代傳統的放射分析技術，以提高量測準確度，縮短分析時間、減少試劑使用、有效抑低操作人員劑量。

重要問題觀點：

- 本實驗結果顯示，利用 0.05 M 硝酸水溶液處理 TEVA 樹脂、使用 1M 硝酸洗提、且使用 5M 的硝酸當流洗液於 SPE 系統下純化、分離，配合 ICP-MS，可應用於低放射性廢棄物固化體樣本偵測。
- 本研究成功地建立一套量測環境中 ^{99}Tc 的方法，使用 SPE 自動化系統的特色，快速達到濃縮與萃取，可以減少操作人員的暴露量，並以 ICP-MS 作為偵測器，其偵測極限較傳統的 LSC 量測低 100 倍，可降低取樣量，方法簡單且靈敏，試劑消耗量小，未來將取代傳統放射分析方法，大幅縮短分析時間，降低人員輻射曝露劑量及二次廢棄物。這項技術有助於量測放測性廢棄物之難測核種分析，對於核設施監測，扮演重要角色。

16. 浙江省城市放射性廢棄物倉庫周圍輻射環境監測（講座：浙江省輻射環境監測站，楊陽）

報告重點包括：

- 對浙江省城市放射性廢棄物倉庫（簡稱廢棄物倉庫）的整體概況作了簡要的介紹。針對廢棄物倉庫中放射性核種的特點，對貯存的放射性廢棄物來源的種類及分佈、以及射源的核種分佈情況進行了初步的統計及分析，可以看出，由於廢棄物倉庫中已存貯有廢放射源以 IV、V 類源為主，核種種類主要以 ^{137}Cs 、 ^{241}Am 及 ^{60}Co 等為主。
- 考慮到廢棄物倉庫未來可能的貯存發展趨勢，在對廢棄物倉庫周圍輻射環境常規監測中，主要以監測人工放射性核種為主，其中主要包括 ^{137}Cs 及 ^{60}Co 。考慮到廢棄物倉庫中可能會有少量濃度較高伴生礦放射性廢棄物的存放，為防止廢棄物的流失對環境造成影響，也需要對天然放射性核種 ^{226}Ra 、

^{232}Th 及 ^{40}K 進行監測，由於這些核種具有長期穩定性，可將其作為長期的內部控制手段。

- 基於貯存放射性廢棄物的低放射性廢棄物倉庫，主要通過氣體、水體、土壤等途徑影響到周圍輻射環境，廢棄物倉庫輻射環境的監測的對象主要以氣溶膠、土壤及水樣等介質為主，本研究對廢棄物倉庫的氣溶膠及庫區內、外土壤中的 γ 核種，以及庫區雨水及監視井地下水中的 γ 核種、總 α 及總 β 進行了監測及分析，監測結果均屬於環境本底水準。

重要問題觀點：

通過對監測結果的分析結果表明，廢棄物倉庫目前的運行情況良好，未對廢棄物倉庫周圍的環境造成影響。

17. 濟南微堆退役廢棄物監測(講座：中國原子能科學研究院，李義國)

報告重點包括：

- 濟南退役固體廢棄物包括本體、輔助系統（包括氣淨化系統、水淨化系統、池水淨化系統、輻照系統、輻射監測系統、熱工測量系統、控制系統、廢液貯存罐等）、大廳通風系統及廢棄物溝中運行產生的廢棄物以及水池等；液體廢棄物為池水。
- 對固體廢棄物進行監測、分類，其中，中放射性廢棄物 204.1kg，低放射性廢棄物 2297kg，非放射性廢棄物 5493kg。池水監測結果滿足就地排放標準。廢棄物運離現場後，對廠房環境進行了終態放射性監測。
- 終態監測結果表明，廠房內各個房間 α 表面污染小於 $0.05\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，低於 α 表面污染目標值 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ ； β 表面污染值小於 $0.54\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，低於 β 表面污染目標值 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ；退役后土壤核種比活度： ^{137}Cs 小於 $1.4\text{Bq}/\text{kg}$ ， ^{60}Co 小於 $1.7\text{Bq}/\text{kg}$ ， ^{90}Sr 測量範圍值為 $1.16\sim 8.14\text{Bq}/\text{kg}$ ， ^{137}Cs 、 ^{60}Co 及 ^{90}Sr 比活度均低於其管理目標 $12.0\text{Bq}/\text{kg}$ 、 $3.0\text{Bq}/\text{kg}$ 及 $10.0\text{Bq}/\text{kg}$ ；各個房間取樣測量結果

表明：¹³⁷Cs 比活度小於 5.7 Bq/kg，⁶⁰Co 比活度小於 7.8 Bq/kg，⁶⁵Zn 比活度小於 1.7 Bq/kg，均低於清潔解控目標值 100 Bq/kg。

重要問題觀點：

- 監測結果表明，廢棄物容器上筒節、水池部分瓷磚、混凝土及鋼筋、角鋼以及樹脂、活化分析廢棄物為低放射性廢棄物，一邊監測一邊拆除的方式使濟南達退役廢棄物最小化目的。
- 濟南退役場址已達到無限制開放的目標。

18. 用過核燃料乾貯系統於複合式災害條件下之熱流安全評估（講座：清華大學，施純寬）

報告重點包括：

- 相較於日本福島電廠燃料池於事故期間所引發的安全疑慮，乾貯技術因其被動式冷卻設計所帶來的安全性與可靠度，使得各國更重視貯存技術的發展與應用。為瞭解不同天然災害(例如山崩、土石流與海嘯)與其複合效應作用在乾貯設施所造成的影響進行相關探討。
- 本研究針對不同天然災害可能引發的事故情境進行事故案例歸納，再輔以計算流體分析技術進行相關事故類型的評估與熱流分析。

重要問題觀點：

結果顯示，乾貯系統在遭遇傾倒、位移等事故，將不會導致任何熱流安全疑慮。而在最為嚴重的全掩埋事故下，INER-HPS 系統與 KSDSS 系統達到燃料溫度限值(570°C)的時間則分別為 78 天與 36 天，預期於事故發生後將有充份時間進行救援處置。這些結果亦意味著，在上述時限內乾貯系統即使遭遇最為嚴重的天災影響，仍無需考量輻射外釋問題。

19. 低、中放固体废物處置場 γ 射线天空反散射的研究（講座：國防科工局核技術支持中心，董博）

報告重點包括：

- 處置場作為廢棄物處置設施，不僅需要考慮有關的工程安全、環境保護等方面，還需要關注其屏障效能的可靠性、對環境影響定量分析的全面性與合理性等多方面的問題，其中，處置場內廢棄物的 γ 射線天空反散射造成的額外劑量是較容易被忽略的問題之一，特別是當處置場的廢棄物處置單元本身容量較大，且存放有較高輻射水平的長壽命中放射性廢棄物時，在100米距離外地面處可達到數十 $\mu\text{Sv/h}$ 。
- 本研究以大陸內某低、中水平放射性固體廢棄物處置場的設計方案、廢棄物接收等若干方面為研究對象，結合大陸低、中放射性廢棄物處理處置的要求及先進經驗，並針對其實際特點，對其原有的大型處置填埋單元結構以及其中貯存的不同表面劑量率的中放射性廢棄物在不同距離上由於 γ 射線天空反散射造成的輻射水平進行計算，並在此基礎上對處置場屏蔽方案的合理性進行分析。

重要問題觀點：

- 研究表明，在計算 γ 射線天空散射影響後，需考慮在設計上對單個處置單元的暴露面積進行控制，並對每個處置單元採取獨立的屏蔽措施，在處置場容量與輻射安全兩者之間找到較好的平衡點，最終達到放射性廢棄物安全處置，對外部環境輻射影響盡量減小的目的。
- 對原有大型處置單元進行合理分割，使分割後的每個子單元填滿後，可以進行獨立的遮蓋與屏蔽是一種較為可取的解決方案，其優點是在不明顯增加技術難度與勞動強度的前提下，一次性解決大型處置單元表面曝露造成的天空散射隱患，相應的代價是處置單元的容積略有縮減，但在可接受的範圍之內。

20. X射線屏蔽之高分子/金屬氧化物複合材料開發研究（講座：核能研究所，劉玉章）

報告重點包括：

- 自日本福島電廠核能事故發生後，引發社會大眾對於核能安全與輻射防護諸多疑慮，世界各國根據此一事件所產生之各種問題，如現場輻射隔離、人員防護、背景輻射降低等，已積極展開各種技術研發，謀求因應之道。
- 針對核能電廠未來除役及加強緊急意外事件時，對於現地輻射防護與放射性抑低能力之需求，本研究研發一種具有防高能電磁輻射功能之複合材料，其主要目的為應用於電廠運轉或除役過程現場之放射性強度隔離與降低、維護工作人員安全，以及降低放射性廢棄物貯存容器外部輻射強度與環境背景值。本研發之防輻射材料，具有質量輕、密度大、防護功能佳、不占空間，以及將可取代過去傳統所使用之厚重鉛塊屏蔽材料等優點。

重要問題觀點：

核能研究所發展一系列具防輻射功能的複合材料，未來主要目標為應用於電廠運轉、除役過程現場或遇緊急核子事故時之放射性強度隔離與降低，以維護工作人員之安全與健康，及降低放射性廢棄物貯存容器外部輻射強度與環境背景值。此外，高科技發展所帶來的人工輻射及其他民生領域的需求應用亦會增加，如手機、衣物、建材、汽車、飛機外殼…等防電磁輻射用途將相當廣泛。

21. 貧鈾的處理與處置介紹（講座：中國輻射防護研究院，李洪輝）

報告重點包括：

- 美國 NRC 將 235U 的含量低於 0.711% 的鈾定義為貧鈾。
- 爭議的主要焦點在於貧鈾的分類不清楚，到底是屬於 A 類低放射性廢棄物還是超 C 類廢棄物，如果是 A 類低放射性廢棄物，根據核管會的放射性廢棄物分類是可以近地表處置的，但如果是超 C 類廢棄物，一般是不允許近地表處置的，可以中等深度處置或者深地質處置。

- 美國核管會（NRC）技術分析報告指出在一定的近地表處置場（深度小於 30m）處置大量的貧鈾是合適的，但是在淺地表處置設施（深度小於 3m）處置大量的貧鈾是不合適的。
- 在貧鈾的再利用方面可以將貧鈾氟化物還原成金屬鈾用於製造貧鈾屏蔽容器；或者是將貧鈾長期貯存，等待未來快中子反應爐技術成熟後作為再生區的燃料使用。

重要問題觀點：

- 根據貧鈾的量來確定處置方案，10 噸以下考慮近地表處置，環境影響評價中重點考慮其衰變子體氡-222 的評價。對於大量的貧鈾可以考慮工程強化的近地表處置以及中等深度處置的方案，因此大陸內要開展中等深度處置貧鈾的可能性研究；美國核管會可以考慮重新建立放射性廢棄物分類的標準，特別是關於低活度放射性廢棄物的分類標準，這樣可以為貧鈾的最終出路找到依據。
- 目前大陸放射性廢棄物分類體系中短壽命低中放射性廢棄物與長壽命低中放射性廢棄物界限不明確，尤其與 GB 9132 中近地表處置低中放射性廢棄物中長壽命放射性核種的活度限值不匹配，使此類放射性廢棄物的處置方案不明確，因此大陸也要盡快修訂放射性廢棄物的分類標準。應開展放射性廢棄物處置戰略研究，在保證放射性廢棄物處置長期安全的前提下，對不同處置方式（近地表處置、中等深度處置、深地質處置等等）進行技術及經濟論證分析，使大陸放射性廢棄物處置戰略與放射性廢棄物分類體系相互協調。

22. 用過核子燃料最終處置計畫 H 區及 K 區地質調查評估 (2010-2012 年計畫)

(講座：台灣電力公司核後端營運處高放處置課課長，張仁坤)

報告重點包括：

- 本計畫工作自 2010 年 11 月 15 日起至 2012 年 11 月 14 日止，執行為期兩年之工作計畫，並介紹子計畫中有關地質調查部分的成果：(1) H 區岩體長期穩定性研析；(2) K 區岩體階段性調查與成果彙編。
- H 區：大地電磁探測結果顯示花崗岩體往西北方變深變厚並有漸趨完整的現象。井孔裂隙多以北東至東西走向，傾向西北至北方之位態為主。三個 GPS 測站，其中一個高程變化不顯著，兩個呈現下降趨勢。由震源機制分析結果顯示，地震群是以擠壓應力型態為主，但在部分地區的淺部獨立發生的叢集地震群則以拉張應力型態為主，顯示淺部為張力環境，深度超過 10 km 之後，則以剪切或造成逆斷層的擠壓應力為主的應力環境。
- K 區：裂隙地下水壓力監測數據顯示大地震對水壓升降有著顯著的影響。太武山岩體主體由粗粒、灰色至淺粉紅色花崗片麻岩構成，山岩體開口裂隙岩石破裂程度高、表面粗糙，遭受強烈蝕變作用。根據銅、鐵、硒、鈾原子的 Eh(pe)-pH 穩定相圖結果，顯示於 31°C、80°C 及 K 區平均地下水水質條件下之 Cu(Copper)、Se(Selenium)、UO₂(Uraninite)具有共同的穩定區間。在此共同穩定區間內，Cu(銅)、Se(硒)及 U(鈾)將可保持其固相之化學穩定性，不易形成離子而隨地下水遷移，故可作為在 K 區進行用過核子燃料深地層處置之理想地化條件(Eh vs. pH)的參考依據。

重要問題觀點：

- H 區岩體長期穩定性研析方面，依據資料解析流程，完成調查區域內之磁力資料分析解釋、HCBH01 地質探查孔岩心井錄以及 GPS 監測站與微震站建站工作。資料分析之成果，有助於對 H 區長期穩定性更進一步的瞭解，並可透過三維展示軟體的輔助，展現地下岩體構造、岩層規模分布、岩體抬升或沉陷以及地震活動度等資訊。
- 在 K 區東部利用多裂隙段封塞長期監測設備，於地質探查孔 KMBH04、KMBH05 及 KMBH06 內，同時封塞量測主要 4 段裂隙地下水壓力隨時間之變化。針對地質探查孔之花崗岩完整岩心與破裂帶岩心樣品之詳細礦物組

成進行岩相、全岩地化與礦物組成分析，並以 K 區之平均地下水質為依據，進行 Cu、Fe、Se、U 的 Eh(pe)-pH 穩定相圖繪製與溶解度模擬計算，結果可作為後續核種遷移模擬計算之參考依據。

23. 高廟子膨潤土與北山地下水相互作用地球化學緩衝性能模擬研究(講座：核工業北京地質研究院，李娜娜)

報告重點包括：

- 膨潤土已被許多國家確定為高放射性廢棄物地質處置的工程屏障材料。在高放射性廢棄物處置場中，膨潤土所處的近場是核種遷移出金屬罐後首先接觸的外部環境，膨潤土及地下水之間的相互作用對地下水的化學特徵發揮了化學緩衝作用，研究膨潤土在近場環境中地球化學緩衝性能是研究高放射性廢棄物處置場條件下核種遷移的基礎。
- 本研究選取內蒙古高廟子膨潤土礦床的鈉基膨潤土為研究對象，對其物理性質、水理性質、化學成分、礦物成分、陽離子交換容量等進行了測定分析，獲得了膨潤土基本性能參數。
- 在實驗室內模擬處置場低氧條件，在常溫及 90°C 下開展了膨潤土與北山地下水相互作用批式試驗，測定了固相陽離子交換容量、礦物成分及液相離子成分，得出膨潤土化學緩衝性能隨溫度及固液比的變化趨勢，獲得了膨潤土化學緩衝性能特徵參數，建立了不同條件下陽離子交換模型；同時利用地球化學軟體模擬預測了高溫條件下，高廟子鈉基膨潤土與北山地下水長期相互作用膨潤土礦物成分變化情況。

重要問題觀點：

綜合實驗研究及軟體模擬得出，在模擬處置場條件下，高廟子膨潤土化學緩衝性能相當穩定。

24. 高結構完整性混凝土處置容器開發與應用 (講座：核能研究所，張清土)

報告重點包括：

- 目前台灣的低放射性廢棄物係以鋼製桶盛裝後，分別置放於核能電廠內及蘭嶼貯存場暫存，隨貯存時間的加長及外在環境有害因子的影響，均造成廢棄物體本身之物性及化性發生變化，因而引起盛裝桶毀損及崩裂。對於破損固化體及毀損盛裝桶的重整再包裝，將產生更多廢棄物體積及浪費更多人力。核研所已在實驗室開發成功高性能混凝土配比設計，利用富勒緻密堆積原理於耐久性設計，具低水使用量與低裹漿厚度，可避免蜂巢狀、泌水及分離等特性，並經由添加卜作嵐材料與減水劑，提升工作性。
- 核研所已完成高結構完整性混凝土處置容器(HPC)製造，並符合核二廠要求。HPC 蓋子設計是可完全打開以利廢棄物裝填與密封，其使用的材質具耐化學侵蝕、耐生物劣化、耐輻射與紫外線照射及熱循環等測試。此外，HPC 材質亦極具耐久性與高抗壓強度(100 MPa)，且可阻抗墜落及滲透等測試，故容器機械與結構性質遠超過處理或掩埋強度要求。

重要問題觀點：

核研所成功開發具實際應用價值之高完整性混凝土處置容器，容器具高機械強度、耐輻射阻抗、耐化學侵蝕、耐生物劣化、高熱穩定性、低滲透性及具高完整性結構等特性，可提供台電公司現有之已膨脹固化體及銹蝕與膨脹變形之劣化固化桶，作為直接包封或供作難以固化或固化效率較低的放射性廢棄物安定化處理。核研所也成功開發密封材料及建置自動化密封設備，抑低人員劑量與提升檢整作業效率，使高完整性混凝土處置容器獲得最有效的安全保障，及抑低廢棄物的最終體積。

25. 放射性廢棄物中等深度處置（演講者：中國輻射防護研究院，劉建琴）

報告重點包括：

- 放射性廢棄物中等深度處置是介於近地表處置及地質處置的一種處置方式。介紹了國際上放射性廢棄物中等深度處置的發展概況及大陸可能適於

中等深度處置的廢棄物源項，提出大陸實施放射性廢棄物中等深度處置需考慮的問題及今後開展相關工作的建議。

- 從長期安全角度來看，低中放射性廢棄物中所含長壽命放射性核種的活度濃度高於近地表處置設施接收限值，則不適合進行近地表處置，即近地表處置場有組織的控制結束後，處置的放射性廢棄物沒有達到無害化程度。為了保證含長壽命放射性核種超過限值而不適合近地表處置放射性廢棄物處置的長期安全，需要考慮比近地表處置包容及隔離能力更好的處置方式，從現有的處置技術方向出發，可考慮通過加強工程屏障系統及處置深度等方式來保證這些廢棄物的長期安全。其中地質處置固然可以保證放射性廢棄物處置的長期安全，但處置成本非常高。工程強化的近地表處置不失為一個可選擇的方案，但是長期安全是否能令人信服，特別是處置設施關閉後的人為侵擾因素對其處置安全的影響難以估計。中等深度處置可通過增加處置深度的方式，減小自然因素及人為因素影響，在經濟上優於地質處置、而安全上高於近地表處置，是解決大陸此類廢棄物長期安全的一種有效方式，有必要對其開展相關的研究工作。

重要問題觀點：

根據大陸不適合近地表處置的低中放射性廢棄物特性及放射性廢物處置現狀，建議盡快啟動中等深度放射性廢棄物處置相關的研究工作，包括：（1）廢棄物源項調查及預測；（2）法規標準的制定；（3）評價方法研究；（4）工程屏障性能研究；（5）場址調查；（6）工程概念設計。

26. 利用現地水文地質試驗推估裂隙岩體傳導係數與裂隙組別導水係數之研究

（演講者：台北科技大學，詹尚書）

報告重點包括：

- 場址水文地質特性的掌握，為放射性廢棄物處置場核種傳輸與安全評估的關鍵要項。裂隙岩體中存在的自然裂隙面如層面、葉理面等，使裂隙岩體

水力特性存在異質與異向性，探討場址水文地質特性並評估其相關影響因素，為放射性廢棄物處置技術的關鍵課題。

- 本研究以一系列的水文地質現地試驗結果利用統計分析推估裂隙組別導水係數。研究場址於半徑 9.2m 內佈置 10 口鑽井，並施作總和超過 50 組的改良式呂琴試驗與雙封塞試驗，以及數組的跨孔抽水試驗以推估場址水力傳導係數。
- 研究結果顯示，不同水力試驗區段獲得的水力傳導係數差距達數量級以上，係因不同裂隙組別的裂隙組合、裂隙組別各自的裂隙面狀況所致，且透過適切的統計資料處理與篩選，可序率式地決定岩石及各裂隙組別的導水係數，以提供後續探討裂隙岩體水力特性相關課題之參考。

重要問題觀點：

- 本場址裂隙岩體等值滲透係數因不同裂隙組合下，其最高與最低滲透係數達 3 個數量級以上，在岩體評分部分，在不同鑽井、同深度下有不同的岩體評分，顯現本場址裂隙分布與延伸影響岩體評分顯著，水力特性部分，本場址水力傳導係數不隨岩覆深度增加而遞減，且水力傳導係數的高低與岩體評分無顯著的關聯，顯示岩體破碎情況與透水與否並未有直接關係，透水性可能取決於某特定的裂隙組別或透水路徑。
- 經假設試驗區段時總流量為岩石流量與裂隙流量之疊加，在遵循達西定律下，利用統計分析佐以適切的樣本處理與篩選，可序率式的決定岩石與各裂隙組別在其水力梯度下之導水係數，並考量流量與裂隙傾角存在的變異，在平均值不變考量下適度生成聯立方程式，助於統計方法應用於場址水力特性課題之探討。
- 更深入的探討如水力梯度之影響、裂隙面幾何特性與填充物特性對水力特性之影響等，為後續研究之關鍵項目。

27. 北山花崗岩聲發射特性研究（演講者：核工業北京地質研究院，馬利科）

報告重點包括：

- 深地質處置是國際上公認的安全處置高放射性廢棄物（簡稱高放射性廢棄物）的可行方法，其主要目的是使高放射性廢棄物與人類生存環境永久隔離。圍岩作為高放射性廢棄物處置場的天然屏障，在處置場工程施工、運行及關閉後的各階段，圍岩的性質對地下工程系統的安全建設及長期運行有著直接的控製作用，有關的性質包括圍岩的物理力學、熱力學及水力學特性等。
- 岩石的破壞機理一直是岩石力學領域關注的焦點。岩石的破壞過程在本質上是與微裂隙行為有關的現象，是在加載過程中其內部顆粒以及顆粒之間發生相對移動、斷裂，進而導致微裂隙的萌生、發展及貫通，並在其破壞後產生顯著體積膨脹的過程。聲發射試驗能夠定量的描述岩石在受荷變形過程中內部晶格錯位或微裂紋擴展演化規律。根據岩石聲發射信號的多少、強弱及頻率可以反映岩石的變形破壞過程。採用聲發射監測技術，可揭示岩石破裂過程與聲發射參數之間的關係，從而有助於進一步認識岩石的破壞機理。
- 對高放射性廢棄物地質處置場甘肅北山預選區新場岩體深部花崗岩進行三軸壓縮破壞過程聲發射監測，研究在不同圍壓條件下花崗岩的強度特性及破壞機理，探究其在變形破壞過程中的聲發射參數變化規律，得出岩石破裂各個階段的聲發射規律及與之對應的應力，獲得裂隙初始應力、裂隙損傷應力及峰值應力的強度包絡線，為進一步建立工程岩體的強度準則創造前提條件，為工程穩定性數值模擬分析提供必要的力學參數與計算模型。

重要問題觀點：

岩石力學是處置場選址、設計、建造及運行過程中非常重要的問題，是各階段中不可或缺的一個重要研究方面。深入地了解工程圍岩的力學特性對於確保處置場建設過程中的穩定性及其長期運行時的安全性具有至關重要的意義。

28. 蘭嶼貯存場分離菌株對放射性廢棄物桶材腐蝕之影響 (演講者:清華大學原子科學技術發展中心, 周鳳英)

報告重點包括：

- 隨著核能的使用，放射性廢棄物持續的產生，放射性廢棄物之處置成為全球關注之焦點。台灣之主要低放射性廢棄物係裝填於鍍鋅鋼桶中於蘭嶼貯存場貯存，因氣候高溫多濕適於微生物生長，故桶材除可能因環境因素造成物理或化學上的變化外，微生物利用桶材做為其能源進行代謝生長，亦為桶材腐蝕之重要因素。
- 研究以蘭嶼低放貯存場之貯存桶中所分離的三株黴菌菌株，包括 *Penicillium capsulatum* (PEN1), *Penicillium decaturense* (PEN2), *Aspergillus versicolor* (ASP3)，進行菌株對低放射性廢棄物桶材之腐蝕測試。此三株菌株的生長耐受酸鹼值範圍為 pH4~10，菌株生長可明顯改變其培養基的酸鹼值。將此菌株與鍍鋅鋼桶試片共同培養，顯示菌株可於含試片的環境中生長，促進試片中之鋅元素釋出，並將鋅濃縮於菌體中。隨著培養時間增加菌體中之鋅含量漸增，菌體中攝入之鋅濃度可高達 208 mg/g dry wt.，其中以 PEN1 菌株對鍍鋅鋼桶試片之腐蝕效應最劇。經四個月處理後，鍍鋅鋼桶試片經 PEN1, ASP3, PEN2 菌株處理及未接菌處理者之重量損失分別為 4.06%, 1.63%, 0.34%, 0.55%；以 SEM-EDS 分析試片表層的鐵及鋅含量比，結果經 PEN1 處理之試片的鋅含量為 60.72%wt、鐵含量為 39.29%wt；而未接菌之對照組試片中鋅含量為 97.54%wt、鐵含量為 2.46%wt。
- 實驗結果顯示由貯存桶所分離之部分菌株對鍍鋅鋼桶試片有顯著之腐蝕效應，微生物腐蝕為影響放射性廢棄物處置安全之重要因素。

重要問題觀點：

經 4 個月處理後，鍍鋅桶材試片經 PEN1、ASP3、PEN2 菌株處理及未接菌處理者之重量損失百分率分別為 4.06%、1.63%、0.34%與 0.55%；以 SEM-EDS 分析試片表層的鐵及鋅含量比，結果經 PEN1 處理之試片的鋅含量為 60.72%wt、鐵

含量為 39.29%wt，顯示 PEN1 菌株生長對試片之鍍鋅層有明顯之腐蝕影響。上述結果顯示由低放貯存桶所分離之部分菌株對鍍鋅鋼桶材試片有顯著之腐蝕效應，微生物腐蝕為影響放射性廢棄物處置安全之重要因素。

29. 放射性廢液處理技術研究進展（演講者：成都理工大學核技術與自動化學院，陸春海）

報告重點包括：

- 本報告解釋了放射性廢水處理技術研究的重要性，概述了放射性廢液的分類、處置方法及處置技術的最新進展。特別是闡述了近 15 年來放射性廢液處理、處置的新技術及其特點及發展趨勢。
- 在工程實際應用中必需根據廢水中放射性元素的種類與特性、放射性強度、廢水量的大小及出水水質等要求，選擇合適的方法或者進行多種方法合理選擇、適當聯用，以期達到處理效果目標，並為放射性廢棄物的最終合理處置創造良好條件。

重要問題觀點：

- 目前高放射性廢棄物液還著重於固化與地質處置。中低放射性廢棄物液側重於濃縮後固化，符合標準的低放射性廢棄物液則按規定在嚴格監管想排放。利用生物質的吸附特性來去除重金屬元素及核種已經一定的研究。然而，研究的系統性較期望仍有差距，研究的高度及理論性也存在不足之處。從根本上說，放射性廢水處理宜採用閉路循環，從源頭上予以防治；一方面可以提高水及放射性元素的利用率，另一方面降低污染物排放量。
- 當前，計算機技術突飛猛進，然而在高放射性廢棄物液處理處置研究領域，尚未有用於新型放射性核種分離流程模擬及開發方面的報導，因此建議結合計算機新技術及新化學試劑，通過數值模擬及實驗研究研發新的放射性廢棄物處理及用過核子燃料後處理，應該是潛在的新研究方向，今後這是

一個可能幫助研發新型、先進核種分離流程開發的手段，應該開始相關的研究。

30. 核設施除役性金屬廢棄物除污及其廢酸液回收之研究（演講者：核能研究所，甘金相）

報告重點包括：

- 核設施中放射性腐蝕產物沉積之氧化膜去除對象，包含了輕水式反應器中元件、爐水淨化子系統，以及核電廠除役時的反應器全系統除污。本研究主要針對受放射性污染的不銹鋼、碳鋼等拆除之金屬廢棄物，以氟硼酸溶液為除污劑，探討各種金屬溶解速率，採用不同除污劑濃度、浸漬時間、溫度，以探討較佳溶解速率條件。
- 對於不同污染金屬選擇合適之操作條件，不僅可有效的達到金屬除污效率，更可減少二次廢棄物的產出量。本研究更探討含 HBF₄ 除污廢液回收之各種方法，並以離子交換法及草酸沈澱法進行測試。
- 研究結果顯示含 HBF₄ 廢酸液可用陽離子樹脂交換法，對廢液中金屬離子產生吸附而與 HBF₄ 除污劑分離，達到回收再使用之目的。處理程序上 HBF₄ 除污廢液中如含較高濃度之金屬離子時(大部分為 Fe、Cr、Ni)，可行預處理方式以草酸沈澱法去除 70% 以上的 Fe、Ni、Co 等離子後再經陽離子樹脂交換法回收 HBF₄ 除污劑，如此可得純度較高氟硼酸除污劑，亦可減少樹脂再生次數及相對產生之反洗廢液。
- 本研究進一步探討經過回收後除污劑對於各種金屬的除污效果比較，結果顯示使用過 HBF₄ 除污廢液，經六次再生後其對碳鋼溶解率仍能達到 344 μ m/hr，在回收效益評估選擇除污劑不再生所需處理費用比除污劑經再生回收使用多，故選擇用過除污劑再生法較符合經濟效益。

重要問題觀點：

- 以草酸沉澱法再生氟硼酸除污廢液經濟方便，操作及設備簡單，如要降低廢液再生次數，配合使用陽離子交換樹脂法，更可提高硼酸除污廢液純度，延長氟硼酸除污劑壽命。
- 氟硼酸除污劑經過幾次再生後除污使用，對放射性污染碳鋼金屬除污效率，在相同除污條件下，會比新配成的除污劑效果更好。結果得知氟硼酸在水溶液中會隨除污時間增加緩慢分解生成羥基氟硼酸[$\text{HBF}_3(\text{OH})$]，此酸對碳鋼等金屬腐蝕性有加成效果。
- 選擇除污劑不再生所需固化處理費用，較除污劑經再生回收使用後所需處理費用高出約 61%，可知氟硼酸除污劑經再生回收使用後較符合經濟效率。

31. HIC 高整體容器處理技術在核電領域的應用和發展（演講者：陽江核電有限公司，李玉鑫）

報告重點包括：

- 闡述 HIC 高整體容器處理技術在世界放射性廢棄物處理領域的應用及發展，對 HIC 高整體容器的材料、種類、應用案例、優勢、劣勢進行了介紹。重點對大陸陽江核電廠及海陽核電廠引進的美國 ES 公司 HIC 技術的設計參數、中控站組建、放射性廢樹脂及放射性過濾器芯的 HIC 技術流程及運行特性、HIC 廢棄物貨包的場內及場外運輸、HIC 主設備技術參數進行了詳細的講述，並針對其存在的技術缺陷，提出當前亟需解決 HIC 技術問題及解決方案，為 HIC 高整體容器處理技術在大陸核電領域的應用及發展奠定基礎。

重要問題觀點：

- 廢樹脂 HIC 處理技術的有效性問題：如何確保 HIC 廢棄物貨包廢棄物填充率、游離液體、可溶性放射性核種釋放等得到有效的監測，需要陽江及海陽電站開展 HIC 性能試驗。

- HIC 廢棄物裝載限制問題：從 300 年壽期內累積劑量不高於 106Gy 出發，粗略的算出廢濾芯 HIC 貨包的表面劑量率限值為 15Sv/h，廢樹脂 HIC 貨包的表面劑量率限值為 5Sv/h。如果屏蔽干預可以實現該值，這個限值可以作為輻射防護屏蔽設計源項，但不能作為裝載的表面劑量率限值控制，需陽江及海陽電站採取合理措施控制表面劑量率。
- HIC 廢棄物貨包裸露吊裝問題：HIC 容器及相關的升降設備的設計應能承受在升降操作中的外加力。容器能承受的最小垂直升降負荷應為 3 倍重力加速度，需考慮 HIC 貨包場內及場外運輸防跌落的措施，同時對交聯聚乙烯 HIC 包裝容器進行跌落試驗。目前，陽江擬通過增加托盤以防止跌落高度超過 HIC 的設計跌落高度（2 英尺，美國標準）。
- HIC 廢棄物貨包游離液體問題：HIC 貨包中游離液體體積不應超過容器中廢棄物體積的 1%。中國對於游離液體的測定方法沒有要求，美國游離液體的測定方法參照 ANS 55.1 中的規定執行。目前，陽江項目設計如下：通常脫水循環 3 次，每次循環持續 8 小時，每個循環間隙也為 8 小時。最後一次循環可將脫水產生的廢液接到脫水檢測罐進行檢測，如果脫水循環未收集到的廢液體積小於 500ml，表示脫水可以結束。否則，再次啟動脫水循環，直到滿足要求為止。需陽江及海陽電站在調試階段論證該脫水方法是否能夠保證游離液體體積不超過容器中廢棄物體積的 1%。
- HIC 廢棄物貨包 300 年結構穩定性問題：HIC 包裝容器的設計壽命為 300 年，在 300 年的時間內，容器應保持結構穩定性。如何論證 300 年穩定性？目前大陸沒有明確國標規定，需盡快確定 HIC 的性能指標、檢測方法及接收準則。
- HIC 廢棄物貨包防水、密封及通風問題：關於防水，首先應避免容器頂部水的聚集及滯留，以減少溝流液體的聚集，這些液體可導致容器的腐蝕或化學分解。關於密封及通風，容器蓋子的設計應確保其使用壽命期內的密封性。蓋子的設計應滿足對容器中內容物的檢查不會損壞容器的密封性。

在需要釋放內部產生的壓力的情況下，可設計使用通風口。通風系統應設計為使進入容器的濕氣及通過容器的放射性物質最小化。

- HIC 廢棄物貨包防火問題：該 HIC 包裝容器為 HPDE 材質，熔點較低，耐高溫性能差，需營運單位開展防火性能試驗，並製定合理、可行的控制措施。
- HIC 技術相關國標編制、生效問題：目前大陸尚未頒布 HIC 技術相關國標，需盡快編制、頒布。
- HIC 放射性廢棄物貨包最終處置場的選址、建設、投運問題：目前，大陸區域尚無投運的 HIC 放射性廢棄物貨包最終處置場，需盡快建設、投運。
- HIC 高整體容器處理技術設備國產化研發。

32. 可剝式膠體除污劑開發與應用（演講者：核能研究所，李文成）

報告重點包括：

- 傳統化學除污劑中通常會添加強酸或強鹼以提高除污效率，但經長時間使用後，除污效率會逐漸降低，由於用過除污劑中含有複雜化學成分，其後續處理並不容易，且需較長的處理時間及較多的處理費用。
- 為解決此一問題，核能研究所於數年前已成功開發可剝式膠體除污劑，並獲得歐盟等專利，且實際應用於所內核能設施地面與金屬設備之除污。本膠體除污劑對污染物件之表面鬆散污染，具高除污效率；膠體除污劑相關特性如下：密度 1.02-1.05g/cm³，黏度 6,000-25,000cps，pH < 2.0，除污效率達 99%以上，膠體噴塗耗用量 0.4-0.9kg/m²，膠體成膜時間 1-3 天，及經剝除後之膠膜厚度 0.2-0.5mm；與商業化之膠體除污劑功能比較，本膠體之除污能力達到商業化產品的水準。
- 其次，亦探討除污後產生膠膜二次廢棄物之高溫焚化處理，剝除後之膠膜經 800°C 焚化處理，其減重達 97%以上。故本膠體除污劑具高除污效率，二次廢棄物產量低，操作簡易及價格低廉之優點。

- 核能研究所將持續配方開發與改良，以擴展本項產品的應用性與實用性，期能將此技術應用於核能設施所產生表面污染金屬廢棄物與污染地面之處理，藉此達到除污及減廢的目標。

重要問題觀點：

核能研究所於數年前即開始研發膠體除污劑，經多方實驗、討論、檢測與驗證，證實本除污劑對受污染物件之表面鬆散污染，具高除污效果，並與商業化之膠體除污劑做比較，本自製膠體已達商業化產品之水準。又該除污後之膠體以高溫焚化處理，減重達 97% 以上，顯示本除污劑產生二次廢棄物量少；同時，本膠體以機械噴塗，操作簡單且迅速，可降低人員接受劑量。目前本膠體除污劑已獲得本國與歐盟專利，正向核能電廠進行展示與推廣。

33. 台灣研究用反應器燃料池水中放射性污染物質去除研究（演講者：核能研究所，鍾東益）

報告重點包括：

- 在核反應器運轉中保持燃料池水質是很重要的。台灣研究用反應器在除役時，燃料池的池水受分裂產物與懸浮固體，而且懸浮固體會阻礙水下作業。利用放射性化學分析確認池水主要放射性離子包含 ^{137}Cs 與 ^{90}Sr ，另以感應耦合電漿放射光譜儀量測池水中鈾濃度。
- 本研究利用不同淨化處理材料，包含濾材與陽離子交換樹脂來去除水中放射性物質，結果顯示懸浮固體與離子污染物可有效的被移除。研究結果同時發現矽藻土所製成的陶瓷濾心兼具過濾與吸附的效果，可以吸附 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 以及鈾離子，採用不同孔徑的陶瓷濾心減少水中懸浮固體並可去除放射性離子。

重要問題觀點：

本研究中可以得知有約 12~20% 之核種活度為池水中懸浮微粒所貢獻，懸浮微粒極為細小，使用 5.0 以及 0.9 μm 之孔徑皆無法有效地進行過濾，研判預先

使用 $<0.5 \mu\text{m}$ 之濾材先行過濾掉懸浮固體，在進行池水中放射性核種之吸附較為妥當。陽離子交換樹脂雖然也可以有效地降低燃料池池水之活度，然而因為樹脂為有機材質，在放射性物質長期照射下將導致分解產生氫氣，容易造成危險，而不適用，在濾材之選用上，建議採用無機之濾材，在後續貯存上較為安定。矽藻土所製成之陶瓷濾心可以有效地將 TRR 燃料池池水中放射性核種過濾以及吸附，使淨化後之池水可以送至本所放射性廢液處理廠進行後續處理。

34. 泡沫除污技術之研究（演講者：義守大學化學工程系，林智雄）

報告重點包括：

- 本研究旨在探討利用泡沫除污處理受污染之金屬廢棄物。本研究首先使用十二烷基苯磺酸鈉(LAS)配製泡沫除污液，再利用泡沫產生設備使之形成泡沫，用以進行泡沫穩定試驗及鋼片表面除污試驗。本研究先針對不同 pH 值、LAS 添加量、氣液流速比及添加劑的添加量進行泡沫穩定性探討，再以最佳的泡沫除污劑配方進行鋼片除污試驗。
- 本研究將碳鋼片及不銹鋼片以硝酸鈷水溶液予以污染，用以模擬受污染的金屬廢棄物，再使用泡沫產生設備產生除污泡沫，並將受污的碳鋼片及不銹鋼片浸泡於除污泡沫中，試驗除污泡沫對於金屬表面的除污效果。研究結果發現，添加無機物 (TiO_2) 穩定泡沫比添加有機物 (黃原膠) 更能減少清洗後的廢液，達到減容目的。本研究完成最佳操作條件以及泡沫除污劑組成調查，最佳泡沫除污劑 (pH=3) 為在 2.5 g LAS/L 中添加 2.0 g TiO_2 ，所產生的泡沫具有開發成為除污劑的潛力，值得進一步開發放大技術與產業推廣。

重要問題觀點：

- 添加無機物 (TiO_2) 穩定泡沫比添加有機物 (黃原膠) 更能減少清洗後的廢液，達到減容目的。

- 本研究成功篩選出 pH3、LAS 添加量為 2.5 g/L、TiO₂ 添加量為 2.0 g/L、氣流速比為 1:10 且能穩定產生泡沫的泡沫除污液。
- 本研究完成不鏽鋼片及碳鋼片的除污試驗，其鈷清除率約為 70%。

35. 三門核電放射性廢棄物處理模式及技術特點（演講者：中國核電三門核電有限公司，劉志遠）

報告重點包括：

- 三門核電廠為大陸首座第三代自主化核電，引進了西屋公司先進的 AP1000 壓水堆核電機組，AP1000 機組在保證安全性和可靠性的基礎上，簡化了系統和設備，因此三門核電廠放射性廢棄物處理技術模式與傳統壓水堆核電廠相比存在著一定的差異。
- AP1000 機組自身的放射性廢棄物處理系統僅考慮「放射性氣體廢棄物處理」、「正常作業下放射性液體廢棄物處理」，以及「放射性固體廢棄物收集和暫存」，因此其他的廢棄物種類，包含「放射性固體廢棄物」以及「異常作業下放射性液體廢棄物」的處理需要在廠址廢棄物處理設施（SRTF）內來完成。
- 三門核電“分散與集中”的廢棄物處理模式是一種較為先進的廢棄物處理理念，該模式及 SRTF 部分處理技術在大陸尚屬首次運用，雖然在前期運行階段可能會遇到一些問題，但是這種模式提供了流水線式的廢棄物處理流程，提高了設備利用率，有利於採用大型的、高減容的廢棄物處理設備，這樣既提高了經濟性，又有利於實現廢棄物最小化的目標。這種“分散與集中”的廢棄物處理模式將會成為大陸放射性廢棄物處理模式的一個發展方向。
- 本研究結合三門核電放射性廢棄物處理技術的特點，從資源配置最優化的角度，探討了三門核電廠 AP1000 機組放射性廢棄物離堆處理模式的運作方

式，並對三門核電將來的廢棄物管理工作的難點進行了分析，最後結合大陸電站放射性廢棄物管理經驗，對三門核電廢棄物管理工作進行了展望。

重要問題觀點：

- SRTF 獨立於核島及常規島之外，全廠共用，絕大部分放射性廢棄物處理工作是在其中完成的，為了更好地執行 SRTF 運行管理、廢棄物處理工作，三門核電成立了 SRTF 運行項目組，專門負責 SRTF 的運行及廢棄物處理工作。今後項目組織機構優化，如人員配置、崗位安排、接口協調等方面將是一項重點任務。
- 收集暫存在核島廠房的廢棄物需要轉運到 SRTF 進行處理，因此各種轉運工具與核島之間存在物理接口，其中較為困難及復雜的應該是水過濾器濾芯轉運接口。濾芯放射性水平較高，採用的是貯存管的暫存方式，當把它從貯存管中吊運至屏蔽轉運容器的過程中，要時刻保持它在屏蔽狀態。為了達到這一效果，盡量降低輻照，水過濾器濾芯轉運用的附屬設備較多、操作步驟繁瑣、轉運前期準備時間較長，因此轉運接口優化是今後關注的重點之一。
- 廢棄物處理系統佈置在同一廠房（SRTF），由其中的 RES（廢樹脂處理系統）整合成一個整體。今後各系統如何協調運行，提高設備利用率減，減少工作人員不必要的照射等也是 SRTF 運行管理人員需要思考的問題。
- 三門核電整個廠址共用一個 SRTF，當多部機組運行時，SRTF 與各機組間的運行協調將是重點考慮的問題，包括 SRTF 運行生產計劃完善、SRTF 設備大修與機組大修時間優選、廢棄物處理系統擴建等等。

36. 超臨界二氧化碳萃取技術於運轉中核電廠除污之應用（演講者：義守大學化學工程系，林智雄）

報告重點包括：

- 本研究旨在探討利用超臨界二氧化碳處理受金屬污染之珍珠岩、活性炭及輻防衣。本研究首先將萃取劑與超臨界二氧化碳混合，然後再以配備質量流量計的半自動先導萃取設備進行金屬的萃取。本研究將珍珠岩、活性炭及輻防衣以硝酸鈷水溶液予以污染，用以模擬運轉中核電廠所產生的受污染珍珠岩、活性炭及輻防衣。
- 依據不同基材，本研究使用體積分別為 0.5 及 1 L 的萃取槽，所設定的壓力為設備最大操作壓力 35 MPa，二氧化碳的流速為分別為 30 及 60 g/min，調查的溫度範圍為 60 ~100°C。研究結果發現，在 100°C 以及 35 MPa 之下，能夠有效移除珍珠岩、活性炭及輻防衣中的鈷。隨著萃取溫度的提高，珍珠岩及活性炭中的鈷移除率也隨之上升，輻防衣中的鈷移除率也會隨著萃取劑的添加而接近完全去除。
- 本研究也同時建立一套萃取動力學進行實驗結果的模擬，以做為未來放大設計之參考。
- 本研究證實使用超臨界二氧化碳處理放射性固體廢棄物以及輻防衣清洗為一種可行的技術，不但不會產生二次污染，又不使用高溫，是一種低能耗與綠色的除污處理技術，值得進一步開發放大技術與產業推廣。

重要問題觀點：

- 提高萃取劑濃度，可增加珍珠岩及活性炭上鈷的萃取率，但輻防衣則完全相反。
- 受鈷污染的珍珠岩、活性炭及輻防衣，可以有效利用超臨界流體萃取技術加以移除，其鈷的移除率分別可達 90%以上，對於固體廢棄物的處理具有正面意義。
- 建立的動力學模式在不同溫度的操作條件下，可有效預測鈷的除污結果。

37. 脲醛樹脂對含硼廢液的吸附研究（演講者：南京理工大學環境與生物工程學院，唐雙凌）

報告重點包括：

- 本研究主要研究了脲醛樹脂對硼的吸附性能，得出了溫度對脲醛樹脂處理含硼廢液的影響，並對強力剪切及恆溫振盪兩種實驗設備用於吸附處理含硼溶液時的能力進行了比較。在硼濃度為 7000ppm 的條件下，初步探索了酸鹼性、脲醛樹脂中尿素與甲醛的比例對吸附量的影響。
- 結果表明，脲醛樹脂吸附含硼廢液為吸熱反應，強力剪切裝置更有利於吸附反應的進行，經強力剪切力剪切後，脲醛樹脂對硼的吸附量增加率為 44.73%，鹼性條件、高 F/U 有利於脲醛樹脂吸附含硼廢液，在硼濃度為 7000ppm 的條件下，脲醛樹脂的最大吸附容量可達 $16.67\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ （乾樹脂）。

重要問題觀點：

- 脲醛樹脂對含硼廢液的吸附為吸熱反應，隨著溫度的升高、硼溶液濃度的升高，硼吸附容量增加，初始硼溶液濃度為 $100\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的實驗條件下，最大吸附量可達 $4.8\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ （乾樹脂）。
- 通過比較強力剪切及恆溫振盪兩種實驗設備對脲醛樹脂處理含硼溶液的影響，可以得出結論，強力剪切設備更有利於樹脂對硼的吸附，經強力剪切力剪切後，脲醛樹脂對硼的吸附量由 $3.04\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 增加至 $4.4\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ （乾樹脂），其吸附容量增加率為 44.73%。
- 鹼性條件、高 F/U 有利於脲醛樹脂對硼的吸附，在硼酸濃度為 4%（wt），即 $40\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的高濃度下，脲醛樹脂的最大吸附容量可達 $16.67\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ （乾樹脂）。

38. 超臨界二氧化碳流體對放射性污染除污可行性探討（演講者：核能研究所，林國明）

報告重點包括：

- 以超臨界二氧化碳流體測試正二價過渡金屬 Mn、Co、Ni、Cu 及鹼土金屬 Mg、Ca 等污染物之去除，在添加(HFA+TBP+CH₃OH)之情況下，可達除污效率 94%至 100%。且發現在超臨界狀態以上，有完美的除污效率，非超臨界

狀態除污效率差。研究結果可知，利用超臨界二氧化碳，進行放射性污染除污可行性高；實驗結果顯示，有些添加劑對 Fe(III) 移除率僅 29%，因此針對不同化學型態的污染金屬離子，添加劑有必要予以選擇評估，對價格便宜無環保污染的添加劑更須深入研究。

- 為節省新配方開發時間，可先計算添加劑在超臨界二氧化碳的溶解度參數，添加劑溶解度參數小，其金屬錯合物在超臨界二氧化碳溶解度高，除污效率也會較高，再加以實驗印證除污效率，可組合出具有商業化價值的添加劑，如(AcAc+TBP+CH₃OH)，對 Mg、Ca、Mn、Co、Ni、Zn 等，除污效率可達 92 至 99%。

重要問題觀點：

超臨界二氧化碳加適當的添加劑，由本研究證明可有效去除固體上的污染金屬，其萃取效率取跟下列因素有關：(1)添加劑的穩定性、錯合性的強弱及在超臨界流體的溶解性(2)所形成的金屬錯合物在超臨界流體下的穩定性及溶解性(3)超臨界流體操作的溫度與壓力(4)金屬離子的化學型態(5)固相的材質。在尋求價格便宜無環保污染的添加劑，可先計算出添加劑在超臨界二氧化碳中的溶解度參數，添加劑的溶解度參數小，其金屬錯合物在超臨界二氧化碳中的溶解度大，再以實驗印證，可節省添加劑研究開發時間。

39. ANSYS 對高放射性廢棄物處置場溫度場預測的可行性驗證（演講者：中國輻射防護研究院，萬蕾）

報告重點包括：

- 為驗證 ANSYS 軟體對高放射性廢棄物處置場溫度場預測的可行性及準確性，採用基於自行設計加工的處置單元熱效應裝置及對應的實驗參數，以 ANSYS workbench 為平台進行二維及三維模擬，結果表明，模擬值與實驗結果吻合度較高，平衡階段的模擬值及實驗值的相對差值平均值為 1.34%，說明 ANSYS 熱分析對釋熱廢棄物的處置單元進行溫度場預測是可行的。

- 本研究主要以自行設計加工的處置單元熱效應實驗裝置為基礎，用 ANSYS14.0 workbench 數值模擬軟體對實驗內容進行分析，得到的模擬結果與實驗結果吻合性很好。在升溫階段，模擬值與實驗值稍有差異。這主要是因為模擬中假設介質均勻與熱學參數未隨時間變化。但 ANSYS 可以結合變溫過程中材料熱學性能參數的變化進行分析，這需要進一步的研究以獲取不同溫度下材料的熱學性能參數。

重要問題觀點：

本研究進行的 ANSYS 初步熱分析得到的模擬結果較為理想，與實驗值的符合度較高。這說明了使用 ANSYS 對高放射性廢棄物處置場的溫度場進行分析預測是可行的，對後續處置場溫度場的深入研究工作提供了基礎。在條件有限或目前無法進行實驗的研究中，可使用該軟體進行預測分析。

40. M310 壓水堆核電廠固體廢棄物處理系統的技術輻射監測技術研究（演講者：中國原子能科學研究院，王薇）

報告重點包括：

- 闡述 M310 壓水式核電廠固體廢棄物的來源分類、一般處理技術流程以及其技術輻射監測概況，主要以大亞灣核電廠為例，具體介紹固體廢棄物處理系統的相關狀況，以福建寧德核電廠及遼寧紅沿河核電廠為例具體介紹固體廢棄物技術監測系統的相關情況，最後對主要放射性固體廢棄物體活度測量技術進行了簡單介紹。
- 大陸 M310 壓水式核電廠的固體廢棄物處理方法及技術輻射監測技術已經比較成熟，可以滿足核電廠技術監測及其廢棄物處置相關要求，但核電廠桶裝廢棄物體尤其是非均勻廢棄物貨包核種分析及活度計算仍以直接測量法為主，

重要問題觀點：

目前對於上述輻射監測技術，大陸已經出現了許多較新且有針對性的研究（如 TGS、SGS 等），建議進一步加強新技術新方法的應用以確保固體廢棄物的合理處理處置，從而保障核電又好又快又安全的順利發展。

41. 可拆裝式高活度廢放射源整備裝置研製（演講者：中國輻射防護研究院，安鴻翔）

報告重點包括：

- 大陸內貯存於核技術利用場址，無法返回生產廠家，並不滿足現行運輸要求的高活度廢放射源實施整備，是廢放射源管理中的一個重要環節。借鑒大陸內固定式放射源處理熱室設計及操作經驗、並參考國外移動式高活度廢放射源整備裝置，開發了高活度廢放射源整備流程，研製了大陸內第一套可拆裝式高活度廢放射源整備裝置。
- 利用整備裝置，開展了廢放射源整備全流程冷試驗，廢放射源回取冷試驗，裝置拆裝試驗，以及活度為 3.71×10^{13} Bq 的 ^{60}Co 廢放射源的示範整備及回取作業。在整備過程中，將 29 枚高活度 ^{60}Co 廢放射源從原始容器中取出後封裝在螺紋封裝管中，再將多根封裝管放入薄壁盛裝容器中，最後將盛裝容器放入長期貯存容器中。在回取過程中，將已整備的多枚高活度 ^{60}Co 廢放射源恢復原狀，放入原始容器。在整備過程中，整備裝置外表面劑量率 $1.56 \mu\text{Gy/h} \sim 4.48 \mu\text{Gy/h}$ ，裝置頂蓋外表面劑量率 $4.23 \mu\text{Gy/h} \sim 14.8 \mu\text{Gy/h}$ ；距整備裝置外牆 10 m 處的劑量率 $1.20 \mu\text{Gy/h} \sim 1.84 \mu\text{Gy/h}$ ；整備操作人員最大個人受照劑量 $5.4 \mu\text{Sv}$ ，平均個人受照劑量 $3.0 \mu\text{Sv}$ 。在廢放射源整備及回取作業過程中，以及作業以後，整備裝置工況良好。

重要問題觀點：

- 利用研製的可移動式高活度廢放射源整備裝置，根據廢放射源整備及回取操作程序，順利開展了千居里級 ^{60}Co 高活度廢放射源的示範整備及回取。

在廢放射源的整備及回取過程中，整備裝置屏蔽性能達到設計指標要求；整備裝置及其內部設備、元件狀況良好，達到設計要求。

- 通過高活度廢放射源示範整備及回取，獲得了相關的輻射監測數據。監測數據表明，對裝置頂蓋的改進獲得顯著效果，整備裝置可以整備活度 1.14×10^{11} Bq 的 ^{60}Co 廢放射源。
- 建議在整備裝置安裝過程中，應採用程序化操作，並按照品質保證要求，確保充填砂子的均勻性，確保灌注水量及其分佈的均勻性，以便實現整備裝置屏蔽效果的一致性。
- 建議盡快開展可移動式高活度廢放射源整備裝置長期穩定性試驗，開展其他類型高活度廢放射源的整備研究，研究並製定高活度廢放射源整備標準，以便盡快將可移動式高活度廢放射源整備裝置投入工程應用，進而提高大陸高活度廢放射源安全管理水平。

42. 秦山核電廠擴建項目固體廢棄物處理系統兼容性分析（演講者：中核核電運行管理有限公司，餘達萬）

報告重點包括：

- 大陸秦山核電廠 30 萬千瓦機組固體廢棄物處理系統設計於 1990 年之前，除濃縮液固化物外，其他放射性廢棄物的處理不能滿足現行法規關於廢棄物處置標準的要求，對秦山核電廠擴建項目的固體廢棄物處理系統進行分析，解決廢棄物處理的兼容問題。通過重新定義可壓實技術廢棄物，完善廢棄物處理系統的接口，增加特殊廢棄物的處理方法，建立廢棄物管理數據庫，技術廢棄物及技術廢棄物可以分別在擴建項目固體廢棄物處理系統的固化線及超級壓實線進行再處理並定型包裝。
- 秦山 30 萬千瓦機組產生的固體廢棄物，除了蒸發濃縮液仍使用原有的固化生產線，其他乾濕固體廢棄物可以在擴建項目 TES 對口減容處理，達到廢棄物處置標準的要求。

重要問題觀點：

- 廢樹脂可以配置專用的廢樹脂轉移容器，運輸到擴建項目 TES 固化線處理。
- 廢水過濾器芯子根據表面劑量率分別送到擴建項目 TES 固化線或超壓固定線處理。
- 大多數的雜項幹廢棄物都可以在 TES 超壓固定線處理。
- 放射性廢油、高劑量率廢棄物、APG 廢樹脂及通風系統過濾器等特殊廢棄物可以先貯存衰變，然後清潔解控或其他處理。
- 建立廢棄物管理數據庫，實現各機組來源的廢棄物全程跟踪，使兼容處理的廢棄物有序處理、貯存及轉運。

43. 三門核電 SRTF 調試過程中應關注的幾個問題（演講者：中國核電三門核電有限公司，馬鵬勳）

報告重點包括：

- 三門核電廠址廢棄物處理設施（SRTF）具有下列特點：技術及設備先進，技術涉及專業較多，與其它系統或設施接口較多，進口與自產設備接口較多。基於上述特點，SRTF 調試期間應特別關注調試安全、調試範圍、調試深度及調試期間相關參數的收集，以確保 SRTF 未來能夠安全順利地投產運行。

重要問題觀點：

- SRTF 各系統的調試過程中，調試數據的記錄應盡可能全面，除了記錄必要的技術/技術參數等數據外，還應該收集廢棄物處理速度相關的參數，比如準備時間、處理過程中廢棄物/餅/桶轉運時間、吊運操作時間等，從而為估算工作量，人員崗位設置，未來組織生產提供初步參考參數。
- 三門核電 SRTF 是放射性廢棄物處理先進技術的組合，為大陸內首次採用，進口的主技術設備與自產輔助設備存在諸多接口，接口是否匹配或匹配好

壞都可能影響系統未來的運行。因此，通過全面而深入地調試去發現問題、解決問題，對 SRTF 未來可靠、安全運行非常重要。

44. 我國中等深度處置場建設的初步探討（演講者：中核清原環境技術工程有限責任公司，劉超）

報告重點包括：

- 本研究介紹大陸廢棄物分類及處置體系；根據大陸放射性廢棄物管理現狀，分析了進行中等深度處置的必要性；分析了大陸中等深度處置的廢棄物源項；介紹了國外中等深度處置的發展現狀；對大陸中等深度處置場建設的總體思路及初步工作計劃進行了初步分析及探討。

重要問題觀點：

實施中等深度處置的工程需考慮：（1）安全功能，包括廢棄物體、處置容器（廢棄物包）、緩衝材料及回填材料的安全功能；（2）場址選擇，通常中等深度處置可選在現有核設施（包括處置場）附近，利用現有的廢棄礦井，或人工挖掘的專門場址；（3）概念設計，包括水平巷道、垂直豎井及鑽孔等方式，需根據大陸實際情況進行考慮。（4）長期安全，雖然中等深度處置的安全原則及目標與其它處置方式相同，但由於廢棄物源項、處置深度以及安全措施不同，其長期安全性需專門進行論證。

三、心得

- (一) 與會的大陸從事放射性廢棄物管理學者專家表示，大陸近幾年非常積極地在發展核電廠與相關技術，但在發展的過程中也遭遇「反核運動」，例如今年（2013年）的7月12日，數以百計的示威者走上大陸廣東省江門市的街頭抗議，最後大陸政府做出了讓步，宣稱將取消建造一座鈾處理工廠的計畫。
- (二) 而大陸最終處置計畫-在低放處置方面，甘肅西北及廣東北龍處置場運作中，四川西南處置場建造中。惟仍不敷大陸長期核電發展之需，正在福建、浙江、江蘇、山東、遼寧等省份進行新處置場址之選址作業中；高放處置方面，規劃興建地下實驗室，預定2020年確定場址(目前以甘肅北山為首選，屬花崗岩)，2025年完成建造，整體高放處置計畫預定於2050年啟用處置場。

四、建議事項

- (一) 大陸對台灣的優勢有：經費多、人力多、有較多可選擇的場址，並位於較偏遠地區；台灣對大陸的優勢有：處置計畫發展較早、分析評估技術強等。兩岸因為地緣近，又同為使用中文的地區，溝通便利，因此非常適合加強技術、經驗、與民眾溝通的各種交流與學習。建議往後繼續透過研討會的互相參與，來加強兩岸放射性廢棄物有關的交流。
- (二) 大陸對核能工業投入的資源和人力與日俱增，成長幅度之快遠超過世界各國，很顯然，核能工業是大陸未來發展之重點項目，而其在放射性廢棄物的處置研究亦卓有成果。
- (三) 經由此次的研討與參訪，除大陸核電發展之廢棄物管理、法規訂定、規劃走向及放射性廢棄物最終處置設施的建置狀況有充分的瞭解外，對大陸在高放廢棄物最終處置與重點核能科技的發展，也有更進一步的認識。此行任務圓滿達成，相信有益於未來兩岸在放射性廢棄物處理技術的交流與合作。
- (四) 核能研究所已成功開發一種”可剝式膠體除污劑”，對核電廠污染物件與汙染地面等之表面除污效能具有極高之除污能力，並已獲得歐盟等專利，與目前電廠採用之傳統除污劑、電拋光或二氧化碳除污法一等更有優勢，且操作簡易及二次廢棄物產量低，建議各核電廠可嘗試應用該項產品，對於電廠達到除污和減廢目標應有助益。

附件、參訪機構簡介



公司概况

中核建中核燃料元件有限公司是中国核工业集团公司下属骨干成员单位，是中国目前最大的压水堆核电燃料组件生产基地。

公司通过引进国外先进技术和不断自我创新，具备300MW、600MW、900MW、1000MW及低温核供热堆、试验堆、小堆、快堆转换区组件等系列燃料元件制造能力及全堆芯核燃料元件供应能力。自1987年建成第一条核燃料元件生产线以来，截至目前，公司已为秦山一期、二期核电站、广东大亚湾核电站、岭澳核电站、田湾核电站、宁德核电站、红沿河核电站、阳江核电站等国内多座核电站及巴基斯坦恰希玛核电站提供了7000多组质量优良的燃料组件，为各核电站安全、稳定、经济运行做出了重要贡献。公司在核燃料元件制造领域实现了跨越式发展，被誉为“核电粮仓”。

INTRODUCTION

CNNC Jianzhong Nuclear Fuel Co., Ltd (CJNF), a backbone member company under the jurisdiction of China National Nuclear Corporation (CNNC), so far is the largest base specializing in manufacturing of nuclear fuel assemblies for PWR NPPs in China.

With technologies transferred from overseas partners and in a way of sustaining self-innovations, CJNF is boasted of a capability to manufacture a series of fuel elements for NPPs of 300MW, 600MW, 900MW and 1000MW, as well as low temperature nuclear heat reactors, testing reactors, small reactors and fast reactor conversion zones while supplying nuclear fuel elements for full reactor cores. Having manufactured and delivered over 7000 high quality fuel assemblies for NPPs such as Qinshan Phases I and II, Daya Bay, Ling Ao, Tianwan, Ningde, Hongyanhe, Yangjiang and Chashma (Pakistan) since the first fuel line set up in 1987, CJNF makes a important contribution to the plant operation in safety, stability and economy. Achieved a great stride of developments in the field of manufacturing fuel elements, CJNF is reputed as "Granary of Nuclear Power".

沿革

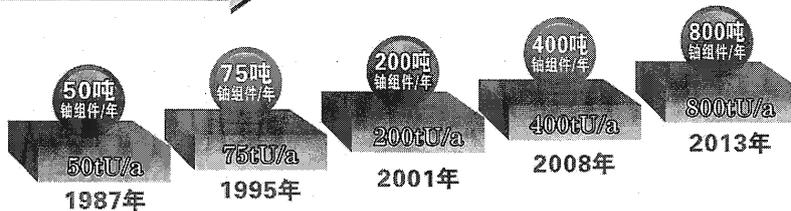
- 1987年 第一条核燃料元件制造生产线建成
- 1990年 为秦山核电站提供300MW核燃料组件，填补国内空白
- 1991年 引进AFA2G组件制造技术
- 1995年 为大亚湾核电站提供AFA2G燃料组件，实现大型核电燃料组件国产化
- 1998年 向巴基斯坦出口300MW组件
- 2001年 完成生产线改造升级，成功生产出AFA3G高燃耗组件
- 2003年 引进VVER组件制造技术并于2011年为田湾核电站提供换料燃料组件
- 2006年 成功制造出全M5 AFA3G组件
- 2013年 400吨扩建技改工程建成

EVOLUTION

- 1987 The first line to manufacture nuclear fuel elements was set up.
- 1990 300MW nuclear fuel elements were supplied for Qinshan NPP, ending the history that no fuel elements supplied in China.
- 1991 Technology transfer of manufacturing AFA2G fuel assemblies was fulfilled.
- 1995 AFA2G reload of fuel assemblies was delivered to Daya Bay NPP, achieving the localization of fuel assemblies for large NPP.
- 1998 300MW fuel assemblies were exported to Chashma NPP (Pakistan).
- 2001 Production line was adapted and upgraded, succeeding in manufacturing AFA3G high burnup fuel assemblies.
- 2003 Technology transfer of manufacturing VVER FAs and the reload of FAs were supplied for tianwan NPP.
- 2006 ALL M5 AFA3G fuel assemblies were successfully manufactured.
- 2013 400t/a Capacity Increase Project will be completed

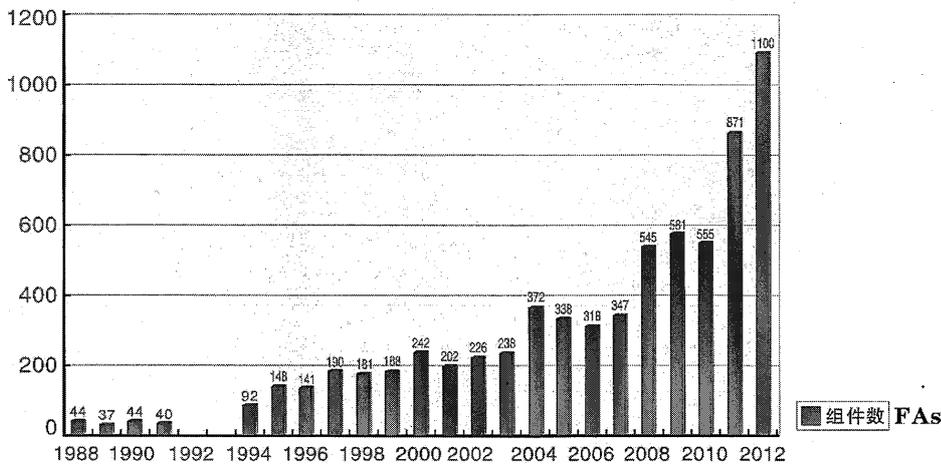
公司核品主要发展历程

DEVELOPMENT HISTORY



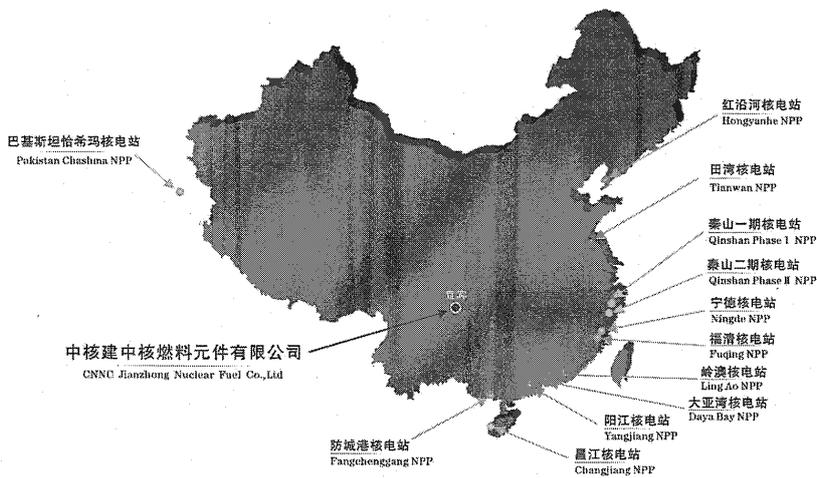
历年核燃料组件年产数量图

Statistic chart of FA yield over the years



核电站用户分布图

Distribution map of CJNF's customers (NPPs)

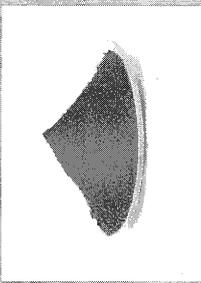


UO₂粉末生产

UO₂ POWDER PRODUCTION

公司UO₂粉末生产主要采用IDR工艺，工艺原理是将UF₆原料气化后通入一体化转换炉中进行气相水解和还原，再经稳定化、均一化处理制成性能均一的UO₂粉末。IDR工艺具有流程短，自动化程度高，三废排放少等优点。

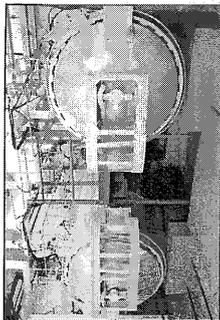
CJNF具有自主研发的100吨/年和2000吨/年IDR生产线。



UO₂ powder is produced by IDR (intra-dry route) process. The process principle is that the raw material UF₆ is directly converted into UO₂ powder by hydrolysis and reduction in the integral rotary kiln after UF₆ is evaporated, and then the UO₂ powder with uniform characteristics is obtained by stabilization and homogenization. The IDR process is featured with shorter route, higher automation and less discharges of three wastes (waste gas, waste water and industrial residue).

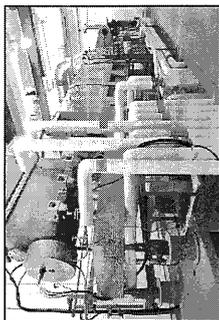
CJNF has both IDR lines of 100t/a and 2000t/a, which were independently developed.

气化装置/ Evaporation device



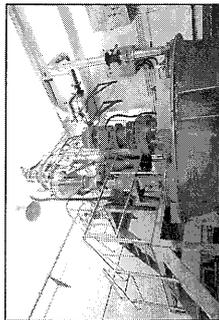
UF₆ 气化
UF₆ evaporation

干法炉/ IDR Kiln

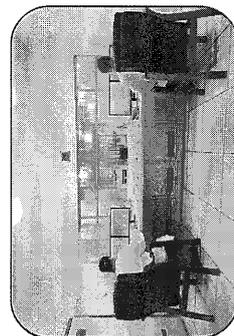


转化
Conversion

均一化设备/ Homogenization device



均一化
Homogenization



控制室/Control room



分析检测设备/Analytic and testing device

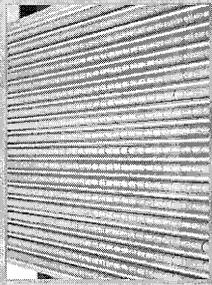
UO₂ 芯块制备

UO₂ PELLETTIZATION

经过预压、制粒、球化等工序处理后，UO₂粉末在旋转压机中压制成型柱形的生坯块，然后在高温下烧结成陶瓷级UO₂芯块，再经外圆磨削、检测等工作，制成UO₂芯块。

CJNF目前有三条UO₂芯块生产线，装备有先进的旋转压机、连续推舟式高温烧结炉、外圆磨床等设备。

CJNF还有一条独立的含钆芯块生产线，用于制造含钆燃料棒。



Before pre-compressed, granulated, spherulized, etc. the UO₂ powder is pressed into cylindrical green pellets in a rotary press, and then the green pellets are sintered into ceramic UO₂ pellets at high temperature. Finally the finished UO₂ pellets are completed after they are ground and inspected.

CJNF has three UO₂ pelletization lines, which are equipped with the advanced rotary presses, the continuous push-type high-temperature sintering furnaces and the grinders.

In addition, CJNF has a separate production line for Gd-bearing fuel pellet, which are used for the Gd-bearing fuel rods.

芯块压制设备/ Pellet press



压制
Pressing



芯块/ Pellets

芯块烧结设备/ Sintering furnace

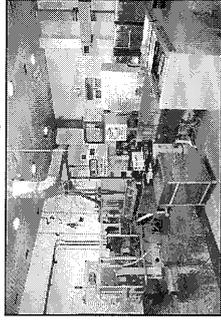


烧结
Sintering



芯块外观检查/ Visual inspection

芯块磨削设备/ Grinding line



磨削
Grinding

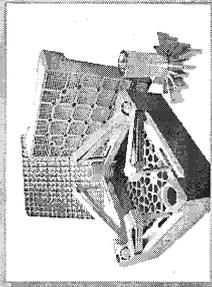


芯块称重/ Weighing

零部件加工

MACHINING PARTS & COMPONENTS

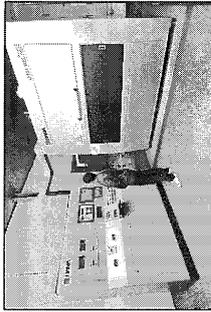
CJNF 具有完整的组件零件生产线，包括管座、格架、连接柄和小零件生产线，可以生产燃料组件和相关组件所需的各种零部件。生产线全部采用数字化高精度的机械加工设备 and 检验设备。



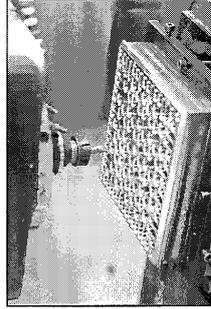
CJNF has the complete lines to machine various parts and components for fuel assemblies and associated core components, including top and bottom nozzles, spacer grids and small parts. The lines are equipped with the digital, high precision machining equipment and testing devices.



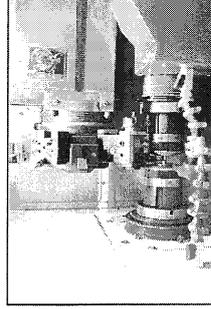
零部件生产线
Parts & components machining lines



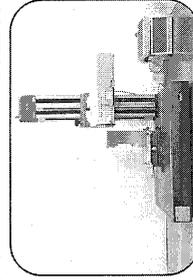
定位格架焊接
Welding spacer grids



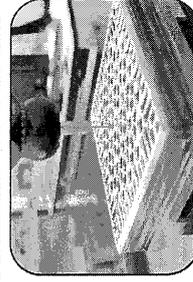
上下管座加工
Machining top and bottom nozzles



小零件加工
Machining small parts



轮廓仪/Countourgraph



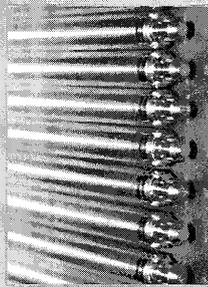
三坐标检测/3D testing

燃料棒制造

MANUFACTURING FUEL RODS

将UO₂芯块等装入锆合金包壳管中，并充入氦气，端部采用焊接密封，经过X-射线、γ扫描、氦质谱检漏等无损检测后，形成燃料棒。

CJNPF目前有两条燃料棒生产线，燃料棒焊接分别采用高真空电子束焊接和TIG焊接工艺。



Fuel rod consists of the zirconium alloy cladding tube inserted with UO₂ pellets and other parts, pressurized with helium and sealed by welding at the ends. The fuel rod is confirmed as a finished rod only after no defect is found by the nondestructive tests of X-ray, γ-scanning and helium leak.

CJNPF has two lines to manufacture fuel rods. The fuel rods are welded by high vacuum electron beam welding and TIG welding processes.



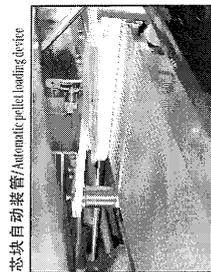
下端塞压器机/Bottom end pluggers

压下端塞
Plugging bottom end plug



电子束焊接设备/ Electron beam welding machine

焊接
Welding



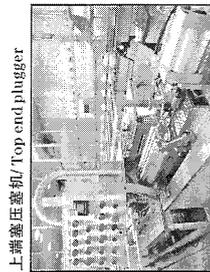
芯块自动装管/Automatic pellet loading device

装管
Pellet loading



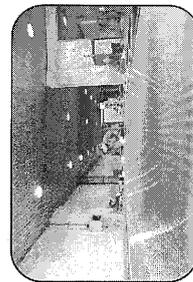
TIG焊接设备/TIG welding machine

焊接
Welding

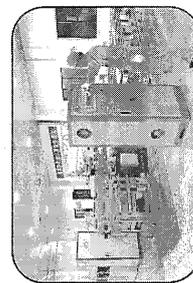


上端塞压器机/Top end pluggers

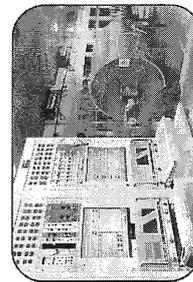
压上端塞
Plugging top end plug



表面检查/Visual inspection



X射线检测/X-ray examination

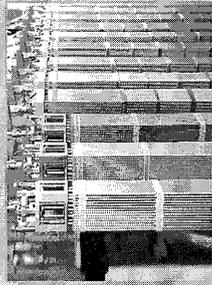


丰度检测/Enrichment examination

组件组装

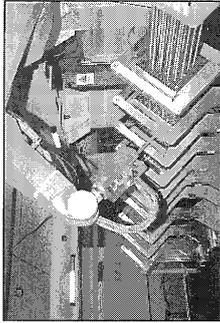
FA ASSEMBLING

将燃料棒装入由定位格加、导向管等焊接而成的骨架中，并装配好上、下管座后，形成燃料组件。CJNF现阶段可生产包括300MW (15×15)、AFA2G (17×17)、AFA3G (17×17)、全M5 AFA3G (17×17)、VVER-1000等不同类型的燃料组件及相关组件。CJNF制造的燃料组件一直保持着良好的堆内运行记录。



Fuel assembly consists of the skeleton welded by guide dumbbells to grids and the fuel rods inserted into it. CJNF has the capability to manufacture the various types of fuel assemblies and the associated core components, including 300MW(15×15), AFA2G (17×17), AFA3G(17×17), ALL M5 AFA3G(17×17) and VVER-1000 fuel assemblies. The fuel assemblies manufactured by CJNF have been maintaining the good records on in-reactor performances.

骨架焊接/ Skeleton welding

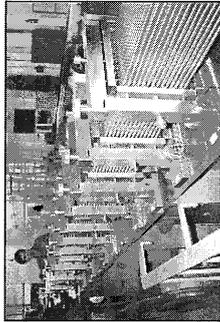


骨架生产
Skeleton spot welding



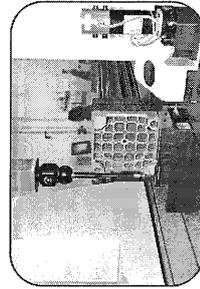
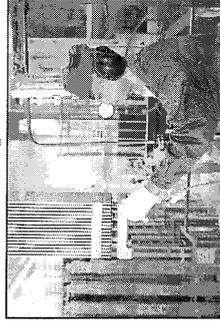
组装
Assembling

组件组装/ FA assembling



清洗
Cleaning

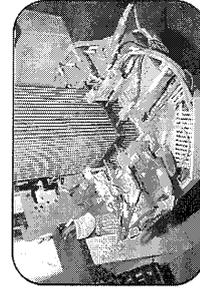
组件清洗/ FA cleaning



骨架检测/ Skeleton testing



组件外观检测/ FA visual inspection



组件尺寸检测/ FA dimensional testing

组件运输

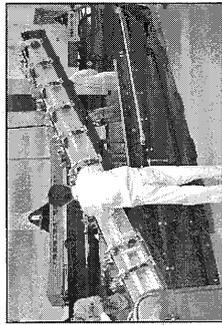
FA TRANSPORTATION

CJNFP 组件运输采用铁路为主、公路为辅的运输方式。2012年CJNFP 开创了我国全公路长距离运输先河。

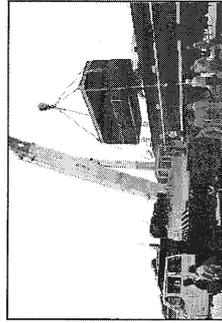
CJNFP 拥有专业检车工25人，火车司机3人，调车员8人，管理人员9人，专业技术人员16人，现有各型火车24节，燃料组件运输容器230台，集装箱42个，专用铁路线7条及其它配套设施，年运输能力超过2000组。

CJNFP's FAs are transported mainly by railway and supplementarily by road. In 2012, CJNFP initiated a precedent that FAs were transported long distance fully by road.

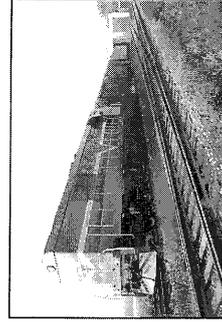
CJNFP has 25 professional train inspectors, 3 train drivers, 8 dispatchers, 9 managerial staff and 16 technicians. Having 24 various-type railway cars, 230 transportation containers for fuel assemblies, 42 shipping containers, 7 special purpose railway lines with supporting facilities, CJNFP can implement transportation of more than 2000 fuel assemblies per year.



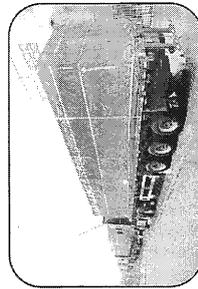
装箱
Packaging



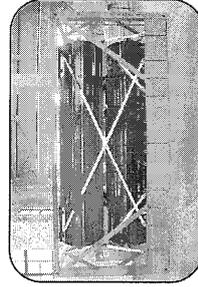
吊装
Handling



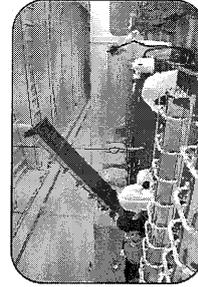
运输
Transportation



全公路运输
Full road transport



装有容器捆绑后的集装箱
Shipping container with bundled FA containers



装箱前检查
Examination before packaging

质量管理

QUALITY MANAGEMENT

质量方针:

- ★ 质量为本, 追求卓越,
- ★ 为顾客提供安全、可靠的核燃料。

Quality Policy:

- ★ Esteeming quality as foundation, Pursuing super excellence,
- ★ Delivering customer with safe, reliable nuclear fuel.

质量理念:

- ★ 质量是企业的生命,
- ★ 质量是顾客的安全。
- ★ 质量是提升效率,
- ★ 质量是创造价值。

Quality Philosophy:

- ★ Quality is the life of an enterprise,
- ★ Quality is the safety of customers.
- ★ Quality is the enhancement of efficiency,
- ★ Quality is the creation of value.

质量价值观:

- ★ 将顾客满意作为质量的最高标准。
- ★ 培育学习型组织和个人。
- ★ 促进创新管理。
- ★ 建立共赢的内外部伙伴关系。

Quality Values:

- ★ To esteem customers' satisfaction as the highest-quality standard.
- ★ To cultivate the learning organization and individuals.
- ★ To promote the innovation management.
- ★ To develop the win-win internal and external partnerships.



质量体系:

- ★ 建立了以核安全法规(HAF003)为核心,以ISO9000标准为补充的有特色的质量管理体系,并形成了“以过程控制为主线,三大鉴定为特点,监督放行为原则”的运行模式。
- ★ 1996年在核工业系统率先获得ISO9000标准质量管理体系认证证书。
- ★ 从顾客的需求出发,以实现“核燃料元件制造零破损”为终极奋斗目标,践行质量承诺,并通过经验反馈,实现持续改进。
- ★ 继承传统并创新发展,不断积淀、拓展和升华,形成了具有丰富内涵的建中质量文化,突出“我们的质量,顾客的安全”的主题,并通过专题讲座、业务培训、质量月(年)、群众性的QC小组等多样化的活动,不断提高员工的质量意识和业务水平,为质量管理体系的有效运行提供了保障。

Quality System

- ★ The quality management system with the nuclear safety code (HAF003) as core and the standard ISO9000 as supplementarity has been created and the operation mode with “the process control as mainline, the three qualifications as specialties and the supervision release as principle” has been developed.
- ★ 1996, the first one of CNNC industries was awarded the certification by ISO9000 standard quality management system.
- ★ Starting from the demands of customers and taking into consideration of the final effort to realize the “zero failure in manufacturing of nuclear fuel elements”, fulfilling the commitment for quality, and implementing the feedback of experiences, CJNF accomplishes the sustaining improvement.
- ★ Inheriting tradition and innovating to develop, continuously depositing, expanding and sublimating, CJNF forms her abundant-connotation quality culture and highlight the motive “Our Quality, Customer's Safety”. To guarantee the effective implementation of quality management system and continuously raise the staff's quality consciousness and operation levels, CJNF frequently hold the specialty lectures and the operation training, and develop the various activities of quality month (year), mass QC groups, etc.

质量行为准则

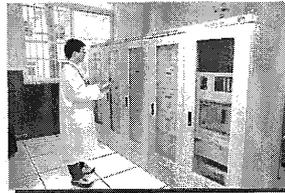
- ★ 一切按程序办事
- ★ 一次把事情做对
- ★ 凡事有章可循,凡事有人负责,凡事有人监督,凡事有据可查
- ★ 质疑的工作态度,严谨的工作作风,相互交流的工作习惯

CRITERIA OF QUALITY ACTIONS

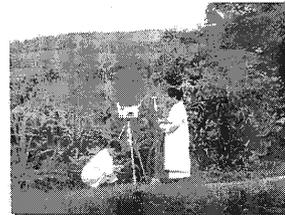
- ★ Everything handled as per procedure.
- ★ Everything implemented at a time.
- ★ Everything rule-based, everything be in charge, everything supervised and everything documented.
- ★ Questioning work attitude, precise work style and mutual-exchange practice.

CJNF实施安全、环保、清洁的核燃料元件生产，在取得良好生产业绩的同时，致力于污染预防和污染防治，努力降低生产过程中的职业健康安全风险，公司承诺保证核设施、环境和工作人员的安全。CJNF核设施设计具有良好的固有安全性，对核设施、核材料实施三道屏障管理，并安装现代化的监控设备，在严格的核安全监管体系和“核安全至高无上”的核安全文化氛围下，执行严谨的运行控制及操作，保证核设施安全、稳定、可靠地运行。

CJNF核设施运行放射性气、液态流出物归一化排放量仅为国家标准的1%，长期监测数据表明，厂区周边地区的环境放射性水平与本底水平相比，没有发生异常变化。

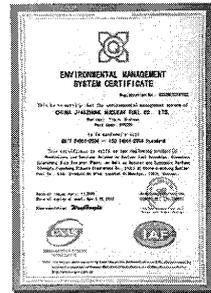
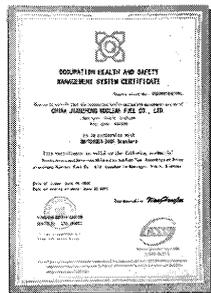
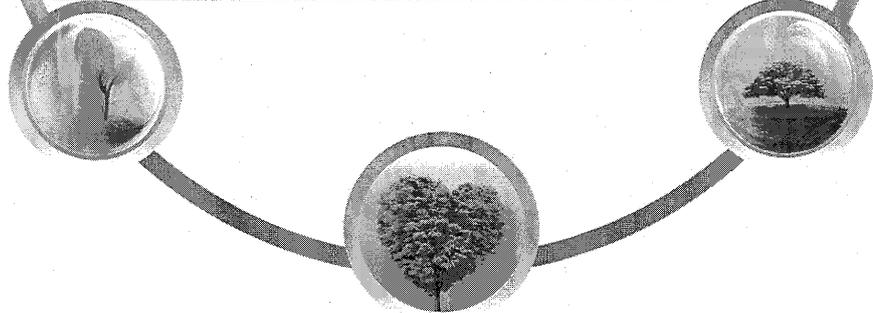


CJNF implements the manufacture of nuclear fuel elements in the conditions of safety, environment protection and cleanliness. While getting good production achievement, CJNF dedicates herself to the prevention and control of contaminations, and makes efforts to reduce the occupational, healthy and safe risks to guarantee the safety of nuclear facilities, environment and personnel. With the inherent safety of nuclear facilities, the three-shelter management for nuclear facilities and nuclear materials and the modern monitoring devices, CJNF strictly implements the operations and the operational controls under the rigorous nuclear safety supervision system and at the atmosphere of nuclear safety culture "Nuclear Safety Supreme", to guarantee nuclear facilities operating safely, stably and reliably.



The normalized emission of active gaseous and liquid effluences from CJNF's nuclear facilities is only 1% of the national standard. The long-term monitoring data show the radioactivity level in the environments around the CJNF facilities keeps unchanged in comparison with the background level.

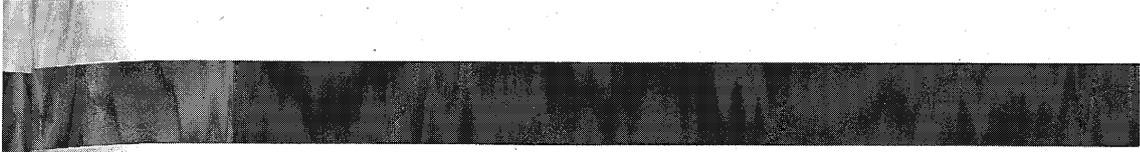
- ★ 2003年通过ISO14001环境管理体系认证
- ★ 2003, CJNF, the first one in CNNC, passed ISO14001 environment management system certification
- ★ 2008年通过GB/T28001职业健康安全管理体系认证
- ★ 2008, CJNF passed the certification of occupation, health and safety management system GB/T28001



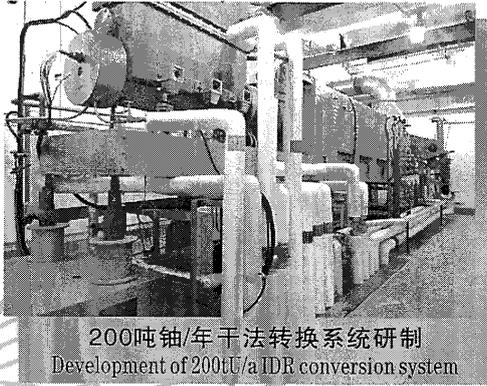
CJNF建有国家级企业技术中心，同时也是首批国防科技工业认定企业技术中心。公司已在核燃料制造和相关领域取得了150多项科研成果，其中，参与秦山300MW核电站研制和建造项目荣获国家科技进步特等奖；百万千瓦级大型燃料组件国产化及制造技术创新、含钆燃料棒国产化技术研究、AFA3G燃料组件国产化制造技术创新等三个项目分别获得了国防科学技术进步奖一等奖。

CJNF Technology Center is a state-level enterprise center and also one of the first batch of enterprise technology centers qualified by the National Defense Sci-Tech Industry. CJNF has had more than 150 scientific research achievements in the manufacture of nuclear fuels, of which the project of Qinshan 300MW NPP development and construction was awarded as National Top-grade Prize of Sci-Tech Advancement; and the three projects (Localization of 1000MW Large-size Fuel Assemblies and Innovation of Manufacturing Technology; Technology Research on Localization of Gadolinium Bearing Fuel Rods; and Manufacturing Technology Innovation of Localization of AFA3G Fuel Assemblies) are awarded as the First Prize for Technology Progress of National Defense Sci-Tech Industries.





N36 特征化组件
N36 characterized FAs



200吨铀/年干法转换系统研制
Development of 200tU/a IDR conversion system

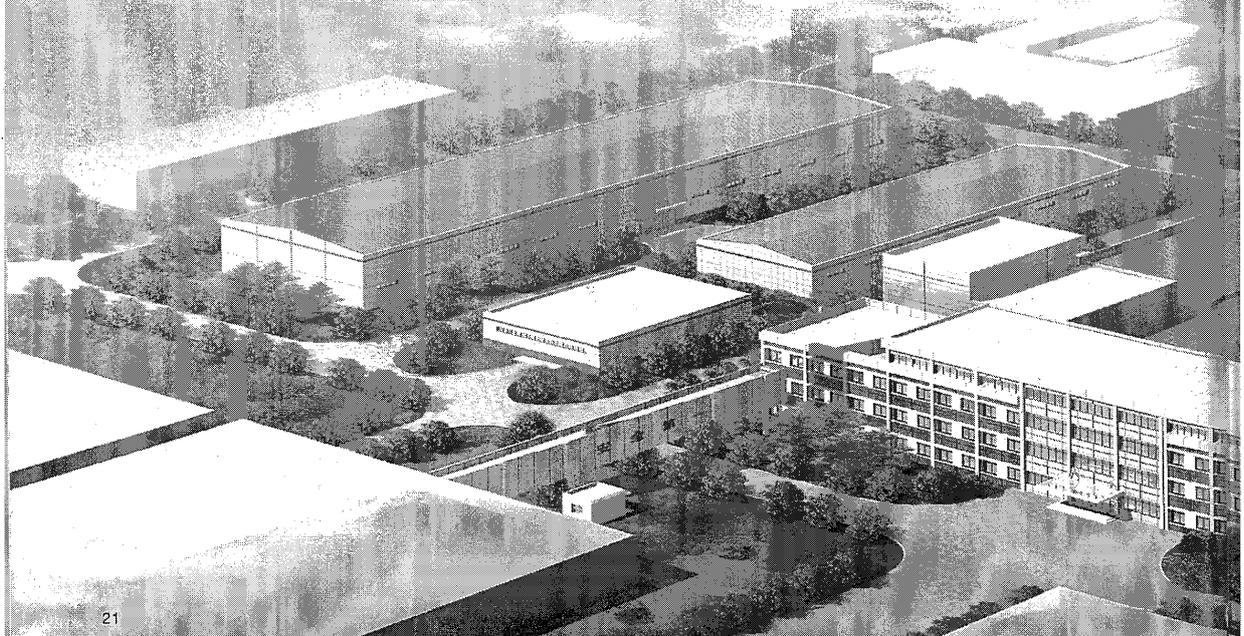
含氟含氨废水处理项目研制
Development of treatment system for wastewater bearing fluoride and ammonia

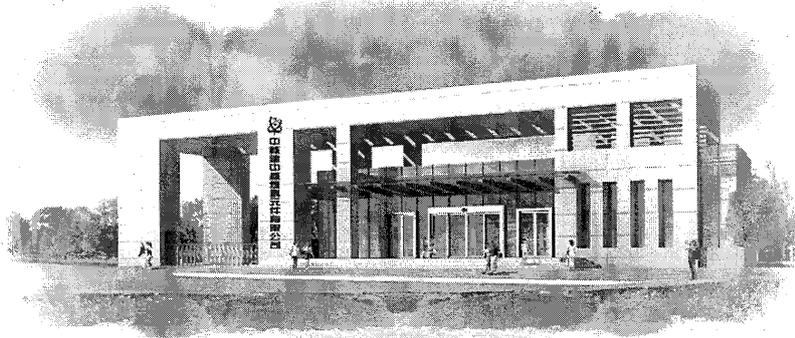


展望未来 FUTURE PROSPECT

全球提倡低碳环保、绿色能源，核电的发展处于难得的机遇期。积极发展核电是国家重要的能源战略，我国核电事业迎来了新的发展。

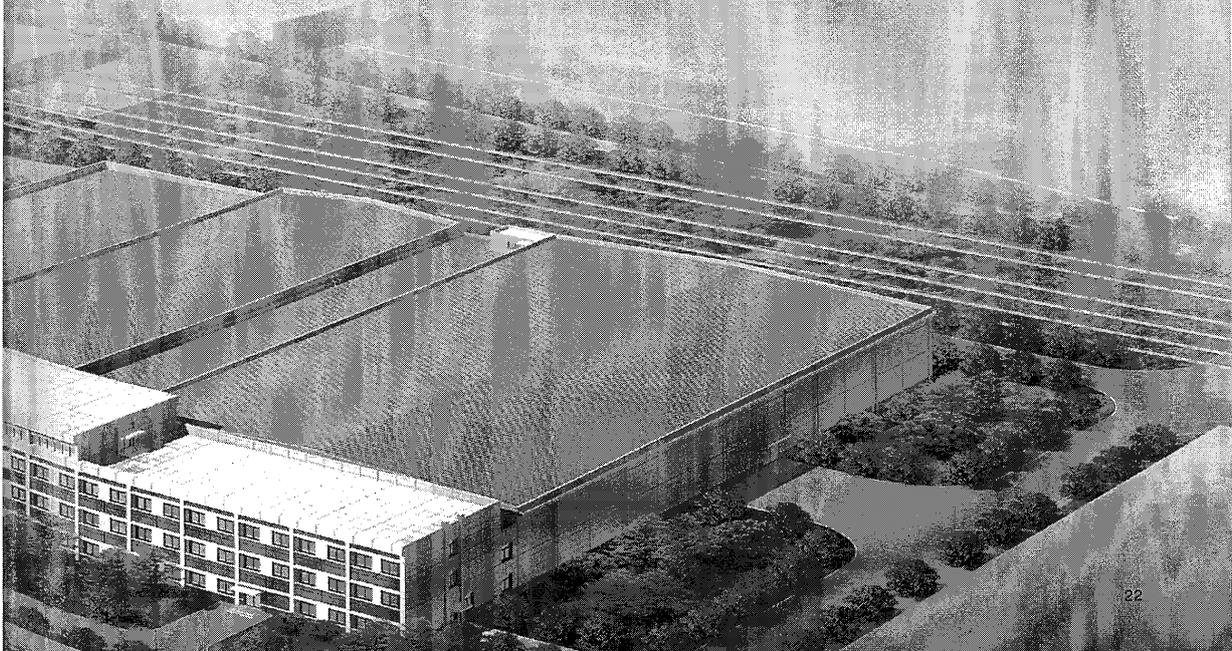
公司将积极致力于核燃料元件制造技术、装备及产能的提升，丰富技术路线，提升产品质量，树立产品信誉，同步满足国内核电发展及核电出口需要，建成管理科学、装备先进、产品多样、制造柔性、技术领先、质量优良、安全可靠、清洁高效的集科研、生产于一体的现代化、园林式核燃料工厂，努力朝着建成国际一流核燃料元件制造基地的战略目标迈进！





The low carbon environmental protection and green energy is advocated to use in the world, it is a just opportunity to develop nuclear power. Positively developing nuclear power is an important strategy of energy in China, our nuclear power is facing a new development.

CJNF commit herself to upgrade the technology of manufacturing nuclear fuel elements, the equipment and the productive capacity, amplify the technical routes, improve the product quality and establish the product creditability, meeting the demands for the in-home nuclear power development and the export of nuclear power. CJNF makes effort to build itself into a modernized garden nuclear fuel factory integrated in scientific management, advanced equipment, diversified products, flexible manufacturing, advanced technology, as well as high quality, reliable safety, green and high efficiency. CJNF will stride forward to the strategy target—to be a global top class base to manufacture nuclear fuel elements.





一切求更好。

Trying our best to make everything better.



敬业报国，求精创新。

Dedicating and contributing a share to the motherland
striving for top and developing new creations.



努力建成国际一流核燃料元件制造基地。

Striving to develop the international top base dedicating
to the manufacture of nuclear fuel element.

地址：中国四川宜宾市273信箱
邮编：644000
电话：86-831-8279123
传真：86-831-8278981
电子邮件：cjnf@cjnf.com.cn
网址：http://www.cjnf.com.cn

Add.: P. O. Box 273, Yibin, Sichuan, China
Postal Code: 644000
Tel.: 86-831-8279123
Fax: 86-831-8278981
E-mail: cjnf@cjnf.com.cn
Website: http://www.cjnf.com.cn