

出國報告（出國類別：其他）

赴大陸參訪宜賓核燃料元件廠進行檢
證技術推廣暨參加第三屆兩岸放射性
廢棄物管理研討會出國報告

服務機關：核能研究所

姓名職稱：蕭學偉 助理工程師

派赴國家：大陸

出國期間：102年10月17日~102年10月22日

報告日期：102年12月16日

摘要

核能研究所核能儀器組蕭學偉於民國 102 年 10 月 17 日至 102 年 10 月 22 日，赴大陸參訪宜賓燃料元件廠「中核建中核燃料元件公司」與兩岸核能工業相關人員進行技術交流，並參加於成都舉辦之第 3 屆兩岸放射性廢棄物管理研討會及發表「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」一篇論文。

本報告主要說明此次公差透過與受訪單位相關人員的互動與討論，了解大陸核能零組件生產管理相關方面的實務內容，更進一步看到核能組件生產作業流程與資訊系統的相互搭配，透過資訊系統記錄自核能組件生產到變為廢棄物的資訊化處理過程，完整記載全生命週期資訊，參訪中本所人員也針對作業資訊流程管控與資訊整合經驗等核能級組件認證流程應用於核能廢棄物管理經驗進行交流，也獲得受訪單位熱烈的迴響與意見諮詢。公差行程中參加第 3 屆兩岸放射性廢棄物管理研討會，除本所其他同仁發表 8 篇論文外，本人發表「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」一篇論文。會議主題包括：核電放射性廢棄物監測技術、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、放射性廢棄物最終處置技術、用過核燃料中期貯存技術等 6 項領域。此次與受訪單位及會議專家學者等相關人員的交流經驗，應可作為後續推廣本所核能級設備組件驗證技術能力與建構兩岸核能零組件認證推廣技術相關議題研究參考。

目 錄

摘 要	i
一、目 的	1
二、過 程	2
三、心 得	20
四、建 議 事 項	22
附 錄 一	23

一、目的

核能研究所核能儀器組蕭學偉於民國 102 年 10 月 17 日至 102 年 10 月 22 日，赴大陸參訪宜賓燃料元件廠「中核建中核燃料元件公司」與兩岸核能工業相關人員進行技術交流，並參加於成都舉辦之第 3 屆兩岸放射性廢棄物管理研討會及發表「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」一篇論文。

本次公差目的為：

(一) 參訪核燃料元件廠等核能機構之核能設施，與兩岸核能工業相關人員進行技術交流，了解大陸核能零組件認證處理作業現況，強化本所核能級組件認證流程，廣泛應用於核能廢棄物管理設備，提昇核能級設備組件驗證技術能力並建構兩岸核能零組件認證推廣技術交流管道。

(二) 參加放射性廢棄物管理研討會與核能專家及學者交換心得與進行技術交流，瞭解大陸核廢棄物管理與處置作業現況。

(三) 出差期間展示本所運用核能級組件認證流程於無線射頻辨識標籤驗證，並已應用於核能廢棄物管理系統開發上，說明本所核能級組件認證技術能力與經驗，為兩岸在核能零組件認證推廣技術交流建立實質管道。

二、過 程

(一) 行程及工作摘要

此次赴大陸公差行程，係自民國 102 年 10 月 17 日至 10 月 22 日計 6 天，詳細行程如下及工作摘要詳如表 1 所示。

表 1：出差行程及摘要表

日期	行程	摘要
102/10/17	台灣桃園→大陸成都	往程，桃園經香港飛抵成都
102/10/18~ 102/10/19	大陸成都	參加第 3 屆兩岸放射性廢棄物管理研討會並發表論文
102/10/20~ 102/10/21	成都→宜賓	成都到宜賓旅程，參訪宜賓「中核建中核燃料元件廠」
102/10/22	宜賓→成都→台灣桃園	返程，宜賓返回成都機場後直飛桃園

(二)參加第 3 屆兩岸放射性廢棄物管理研討會並發表論文

第 3 屆兩岸放射性廢棄物管理研討會 10 月 18 日於大陸成都召開，研討會議程表與日程表如附錄一；會議於 18 日上午開幕，開幕當日隨即進行大會主題報告，大會主題報告共計 5 場次，研討會議由大陸潘自強院士主持(如圖 1)。



圖 1：大陸潘自強院士主持第 3 屆兩岸放射性廢棄物管理研討會

第 3 屆兩岸放射性廢棄物管理研討會計有 88 位專家學者參加，台灣參加人員計有 34 人，如表 2 所示，大陸參加人員計有 54 人，相關人員資料如表 3~5 所示；

表 2：第 3 屆兩岸放射性廢棄物管理研討會台灣與會人員

項次	性別	姓名	單位	職稱
1	男	黃慶村	中華民國核能學會	放射性廢棄物管理學術委員會召集人
2	男	黃小琛	中華民國核能學會	秘書長
3	男	魏聰揚	核能研究所	簡任研究員兼化工組組長
4	男	施建樑	核能研究所	簡任研究員兼保物組組長
5	男	陳又平	核能研究所	簡任副研究員
6	男	張清土	核能研究所	薦任副研究員
7	男	李文成	核能研究所	薦任副研究員
8	男	林國明	核能研究所	助理研究員
9	男	甘金相	核能研究所	助理研究員
10	男	鍾東益	核能研究所	研究助理
11	男	劉玉章	核能研究所	副工程師
12	男	蕭學偉	核能研究所	助理工程師
13	女	陳鈺沛	核能研究所	助理工程師
14	女	吳欣潔	核能研究所	助理工程師
15	男	邱賜聰	放射性物料管理局	局長
16	男	劉文忠	放射性物料管理局	簡任技正
17	男	王錫勳	放射性物料管理局	技正
18	男	吳慶陸	原能會綜合計劃處	簡任技正
19	男	李清山	台電核後端處	處長
20	男	張仁坤	台電核後端處	課長
21	男	方慶隆	台電核發處	課長
22	男	吳裕文	義守大學	教授兼工學院院長
23	男	林智雄	義守大學	研究助理
24	男	杜佳簇	義守大學	研究助理
25	男	施純寬	清華大學	教授
26	女	周鳳英	清華大學	教授
27	女	鍾曉萍	清華大學	核能技術師
28	男	黃兆龍	台科大營建系	教授兼系主任
29	男	孫國華	淡江大學	教授
30	男	詹尚書	台北科技大學	博士研究生
31	男	許信惠	亞炬企業有限公司	總經理
32	男	倪辰華	亞炬企業有限公司	資深經理
33	男	沈濮蔚	亞炬企業有限公司	研究專員
34	男	黃耀南	亞炬企業有限公司	董事

表 3：第 3 屆兩岸放射性廢棄物管理研討會大陸與會人員(1/3)

項次	性別	姓名	單位	職稱	郵箱地址
1	男	潘自強	中國核工業集團公司	院士/研究員	panzq@cnn.com.cn
2	男	馬成輝	環境保護部輻射源安全監管司放射性廢物管理處	處長	
3	男	曲志敏	中國核工業集團公司核環保工程事業部	主任/研究員	
4	男	袁玉俊	中國核工業集團公司核環保工程事業部	副研究員	yuanyj@cnn.com.cn
5	男	朱吉才	中國核工業集團公司港澳臺辦公室	處長/研究員 級高工	zhujc@cnn.com.cn
6	男	劉森林	中國原子能科學研究院	副院長/研究員	slliu@ciae.ac.cn
7	男	張生棟	中國原子能科學研究院	所長/研究員	zhangsd@ciae.ac.cn
8	男	陳 凌	中國原子能科學研究院	所長/研究員	chenling@ciae.ac.cn
9	男	康雲鼎	中核核電運行管理有限公司	研究員級高工	kangyd@cnn.com.cn
10	男	張 斌	中核核電運行管理有限公司	工程師	zhangbo1@cnn.com.cn
11	男	李冬餘	中核核電運行管理有限公司	科長/研高	lidy@cnn.com.cn
12	男	侯 東	中核核電運行管理有限公司	工程師	houd@cnn.com.cn
13	男	朱建明	海鹽海邁建築工程技術有限公司	總經理	jm@himoer.com
14	男	戴 平	浙江博凡動力裝備有限公司	總經理	444170546@qq.com
15	男	劉典德	浙江博凡動力裝備有限公司	總經理助理	liudiandebf@126.com
16	男	李洪輝	中國輻射防護研究院	助理研究員/ 室副主任	yz202lhh@163.com
17	女	劉建琴	中國輻射防護研究院	助理研究員	liujianqin123@sohu.com
18	女	郭喜良	中國輻射防護研究院	副研究員	gxl_214@sohu.com
19	男	梁 宇	中國輻射防護研究院	副研究員	liangyu2001@126.com
20	男	鄔 強	中國輻射防護研究院	研究員	1219648109@qq.com

表 4：第 3 屆兩岸放射性廢棄物管理研討會大陸與會人員(2/3)

項次	性別	姓名	單位	職稱	郵箱地址
21	男	董 博	國防科工局核技術支持中心	工程師	gwffraser@163.com
22	男	陳前遠	環境保護部輻射環境監測技術中心	工程師	
23	男	劉黎明	中國原子能科學研究院	研究員	
24	女	王 薇	中國原子能科學研究院	助理研究員	janitor0405@126.com
25	男	李義國	中國原子能科學研究院	室主任/研究員	ygli@ciae.ac.cn
26	男	高 峰	中國原子能科學研究院	專案經理	13811880522@163.com
27	男	陸春海	成都理工大學	教授	luchhi@126.com
28	男	馬利科	核工業北京地質研究院	工程師	bluemagics@126.com
29	女	李娜娜	核工業北京地質研究院	工程師	linana@briug.cn
30	男	程 理	環保部核與輻射安全中心	研究員	chengli3158@163.com
31	男	李玉鑫	陽江核電有限公司	工程師	liyuxin@cgnpc.com.cn
32	男	劉志遠	三門核電有限公司	助理工程師	liuzy@smnpc.com.cn
33	男	臧義坤	三門核電有限公司	科長	zangyk@smnpc.com.cn
34	男	楊 陽	浙江省輻射環境監測站		yangyang0134@126.com
35	男	劉福東	環保部核與輻射安全中心	研究員	liufudong1968@sina.com
36	男	劉志輝	環保部核與輻射安全中心		liuzhihui@chinanse.cn
37	男	張志銀	中國核電工程有限公司	研究員高級	zhangzhiyinok@sina.com
38	男	劉 超	中核清原環境技術工程有限責任公司	高級工程師	liuchao8669@126.com
39	男	陳旭東	中電投山東核環保有限公司	運行管理部經理	chenxudong909@126.com
40	男	歐 紅	中電投山東核環保有限公司	處置管理部經理	ohong@sina.com

表 5：第 3 屆兩岸放射性廢棄物管理研討會大陸與會人員(3/3)

項次	性別	姓名	單位	職稱	郵箱地址
41	男	丁伯發	中電投山東核環保有限公司	工程師	dingbofa@sdnpc.com
42	男	馬鵬勳	三門核電有限公司	主管	mapx@smnpc.com.cn
43	男	宋福祥	北京市輻射安全技術中心	主任	songfuxiang@263.net
44	男	王榮建	北京市輻射安全技術中心	科長	379570911@qq.com
45	女	莊景齊	環保部核與輻射安全中心	工程師	Jingqizhuang@gmail.com
46	女	安曉麗	中核四川環保工程有限責任公司	工程師	15883971731@163.com
47	男	焦興乾	中核四川環保工程有限責任公司	工程師	jiaoxingqian@126.com
48	男	金瑞玉	中核四川環保工程有限責任公司	高級工程師	jry100@163.com
49	男	王毅	中節能資產經營有限公司	總經理	wangyi@cecep.cn
50	男	王清淳	中節能資產經營有限公司	投資總經理	wangqingchun@cecep.cn
51	男	魏東	中節能資產經營有限公司	高級專員	
52	女	王惠	中國原子能科學研究院	工程師	wanghuiciae@126.com
53	女	廖建萍	中國原子能科學研究院	經濟師	
54	女	曲麗麗	中國原子能科學研究院	助理工程師	qvlili416@163.com

大會依議程順利進行，兩岸雙方針對技術內容討論非常熱烈，全體與會人員於會後進行合照，如圖 2。本次研討會議之議程包括：核電放射性廢棄物監測技術、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、放射性廢棄物最終處置技術、用過核燃料中期貯存技術等 6 項。

依照會議議程，中華核能學會理事及放射性廢棄物管理學術委員會黃慶村博士隨後進行專題報告，報告指出 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，但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顯急迫。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、管理品質的提升、對環境的友善性以及經濟性等的綜合效益。

自 10 月 18 日下午至 19 日上午進行專題論文討論，分二個會場進行，共計發表 35 篇專題論文，本所發表 9 篇論文分述如下：(1)陳又平先生發表「濕式氧化暨高效率固化系統之建置」，如圖 3；(2)張清土博士發表「高完整性混凝土處置容器之研製與應用」，如圖 4；(3)李文成先生發表「可剝式膠體除污劑開發與應用」，如圖 5；(4)林國明先生發表「超臨界二氧化碳流體對放射性污染除污可行性探討」，如圖 6；(5)甘金相先生發表「核設施除役性金屬廢棄物除污及廢酸液回收之研究」，如圖 7；(6)鍾東益先生發表「台灣研究用反應器燃料池水中放射性污染物質去除研究」，如圖 8；(7)劉玉章博士發表「X 射線屏蔽之高分子/金屬氧化物複合材料開發研究」，如圖 9；(8)蕭學偉先生發表「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」，如圖 10；(9)吳欣潔小姐發表「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」，如圖 11。

10 月 19 日舉行閉幕，由大陸輻射源安全監管司放射性廢棄物管理處處長馬成輝主持，馬處長表示透過「第 3 屆放射性廢棄物管理研討會」同行共聚一堂熱烈的討論，進行深入的探討與交流，增進兩岸對於放射性廢棄物管理技術彼此之間的瞭解。接著由中華核能學會理事及放射性廢棄管理學術委員會召集人黃慶村博士致詞，黃博士表示依據世界核能協會(World Nuclear Association, WNA)的統計，2013 年 7 月全世界運轉中的機組為 432 部，興建中的機組為 68 部，已規劃和籌劃中預計 2030 年前運轉的機組則分別為 162 部和 316 部。換言之，福島核能事故雖然使少部分國家的核電發展短暫受挫，但全世界的核能機組在 2030 年仍將有成倍的成長，發展大勢依然十分強健。根據 WNA 的資料，中國興建中、已規劃和籌畫中的機組總共達 199 部，佔全世界總數將近四成，是世界上核電發展最強勢的國家。但在核電強勢發展的同時，放射性廢棄物最終處置場難求的情況也明顯呈現，放射性廢棄物最小化成為急迫的問題。放射性廢棄物最小化的目標是很具體的，亦就是要將廢棄物達到最小化；放射性廢棄物最小化的原則與策略有 3 點，(1)廢源的減量永遠是核電站放射性廢棄物最小化的基礎；(2)於核電站必須要有良好的廠房管理，亦就是 house keeping，採用低腐蝕性的材料；(3)正確的系統操作技巧。除此之外，廢水處理系統的處理效率對廢源的高低也會有重要的影響，不當的廢水處理將導致二次放廢的產生，不利於放廢的最小化。相關問題，必須透過適當的規劃與相互的合作，才能有具體的解決方案。



圖 2：第 3 屆兩岸放射性廢棄物管理研討會全體人員合影



圖 3：陳又平先生發表「濕式氧化暨高效率固化系統之建置



圖 4：張清土博士發表「高完整性混凝土處置容器之研製與應用」



圖 5：李文成先生發表「可剝式膠體除污劑開發與應用」



圖 6：林國明先生發表「超臨界二氧化碳流體對放射性污染除污可行性探討」



圖 7：甘金相先生發表「核設施除役性金屬廢棄物除污及廢酸液回收之研究」



圖 8：鍾東益先生發表「台灣研究用反應器燃料池水中放射性污染物質去除研究」



圖 9：劉玉章博士發表「X 射線屏蔽之高分子/金屬氧化物複合材料開發研究」



圖 10：蕭學偉先生發表「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」



圖 11：吳欣潔小姐發表「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」

以下簡要說明本次研討會大陸方面與廢棄物監測技術與核能相關系統整合之論文重點：

1. 濟南微堆退役廢物監測（講座：中國原子能科學研究院，李義國）

報告重點：

- (1) 濟南微堆(Miniature Neutron Source Reactor)反應器額定功率 30kw，1989 年 5 月運轉，2008 年 3 月停機，運轉 19 年，累計運行時間 2,939 小時，總分功率 8.82×10^4 kWh，主要用於中子活化分析與人員培訓使用。核設施主要是由反應器本體和輔助系統二大部分組成，除役工作進行前燃料組件已運離除役設施現場。
- (2) 濟南微堆在除役過程中，固體廢棄物包括反應器本體、輔助系統、通風系統與處理廢棄物貯存運行所產生的廢棄物等，液體廢棄物為反應器池水。並持續對固體廢棄物進行監測、分類，檢整結果包括：中放廢棄物 204.1kg、低放廢棄物 2297kg、可外釋廢棄物 5,493kg；液體池水達到就地排放標準。

重要問題觀點：

- (1) 除役過程中廢棄物整備與監測需要持續的紀錄與依據放射性暴露程度進行階段式拆除與廢棄物貯存。該設施除役時檢測液體廢棄物，經量測後水的比活度達到外釋標準，以槽車運送並排入 30km 外的河水中。
- (2) 除役進行中為了避免污染擴大與減少工作人員劑量，固體廢棄物檢整需先考量非放射性廢棄物，再處理放射性廢棄物，最後處理輻射照射區域與所產生的廢棄物，並對清理的廢棄物進行表面和取樣監測。
- (3) 以該設施除役經驗說明，輔助系統拆除時相關外露設施拆除，可留用堪用的儀器設備於規劃時需先標示或是先行移除，最後再拆除預埋管道，並針對拆除物進行表面劑量量測與紀錄。
- (4) 反應堆容器相關設備拆除的整備作業規劃依據放射性監測儀器檢測結果，以劑量低到高方式有計劃的進行拆除作業，以減少污染到其他非中放的廢棄物，拆除過程中也全程進行放射性活度量測與紀錄。
- (5) 除役過程中有規劃地進行廢棄物整備與監測可達放射性廢棄物最少化的目標，也是未來電廠除役規劃執行的項目之一。

2. 秦山核電廠擴建項目固體廢棄物處理系統兼容性分析（講座：中國核電運行管理有限公司，徐宏明）

報告重點：

- (1) 秦山核電廠 300MW 機組放射性廢棄物處理系統主要負責接收電廠各類廢棄物。
- (2) 原系統設計於 1990 年代之前，原設計無法符合目前法規對於廢棄物處理與處置要求，預期透過系統化的分析過程提升固體廢棄物處理能力。
- (3) 固體廢棄物處理系統包括：輔助廠房中的固化線設備；廢棄物處理廠房中的分類、壓實、固定設備；放射性固體廢棄物暫存庫設備和專用裝卸運輸設備組成。
- (4) 其兼容性分析可區分為：廢棄物分類的兼容性、接口的兼容性、廢棄物處理能力的兼容性、廢棄物包裝運輸及裝卸設備的兼容性、特殊廢棄物的處理能力、廢棄物管理資料庫等分析工作。

重要問題觀點：

該電廠透過擴建項目固體廢棄物處理系統的兼容性分析過程，完成下列處置標準的要求分析作業，包括：

- (1) 廢樹脂可以配置專用的廢樹脂轉移容器，運輸到擴建項目固化線處理
- (2) 廢水過濾器芯子根據表面劑量率分別送到擴建項目固化線或超壓固定線處理
- (3) 大多數的雜項廢棄物都可以在超壓固定線處理
- (4) 放射性廢油、高劑量率廢棄物、APG 廢樹脂與通風系統過濾器等特殊廢棄物可以先貯存衰變，然後清潔外釋或其他處理
- (5) 建立廢棄物管理資料庫，實現各機組來源的廢棄物全程追蹤資訊要求

廢棄物資料庫建置，是為確保可達到全程監控放射性廢棄物的必要方法，唯有全生命週期紀錄與追蹤放射性廢棄物的來源、處置、轉運與貯存紀錄，才能符合固體廢棄物處理系統的兼容性分析要求的項目。

廢棄物資料庫建置系統功能設計須包括：

- (1) 廢棄物來源項目追蹤
- (2) 廢棄物構裝管控
- (3) 廢棄物運送管控
- (4) 廢棄物查詢分析與統計

以及設計系統資料交換介面，提供不同系統間可相互運用與資料交換的設計需求。

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

報告重點：

- (1) 三門核電廠廢棄物處理設施 (Site Radwaste Treatment Facility, SRTF)是該電廠放射性廢棄物處理中心所負責。
- (2) 電廠包括 6 台機組，已採用放射性濃縮液桶內乾燥、放射性廢樹脂熱態超級壓縮、放射性廢液移動式處理系統等設備，是大陸電廠為達到放射性廢棄物處理最小化的管理目的，採用較先進的設備技術為標竿。
- (3) 由於採用了比較先進的儀器設備，且缺乏相關設備運行經驗，因此對於設備進行現場安裝測試期間，特別注意安全運行、測試範圍、測試步驟與測試參數紀錄等資訊。
- (4) 三門電廠廢棄物處理設施採用最新設備技術組合，為大陸進口設備與當地廠商設備整合而成的，系統間的介面整合與運行規範都是未來能否順利運行的關鍵。
- (5) 能否在測試運轉期間發現問題、解決問題，對於未來系統能否可靠、安全的運行都非常重要。

重要問題觀點：

- (1) 由於系統本身為功能導向之整合式設備，採用進口設備技術與國內廠家技術整合方式，因此在設備測試安裝時會面臨到測試範圍、測試步驟與測試參數紀錄與當初設計階段所預期的功能特性有差異。如何能有效地紀錄與排除相關差異，就是這類系統整合會面臨到也必須立即解決的問題。
- (2) 三門核電廢棄物處理設施在測試過程中先提出相關問題清單，並分別針對可能會遇到了問題提出指導方針，教導相關人員在面對系統測試發生問題時所要採取的作為。
- (3) 透過測試期間測試安全規範、測試範圍規劃、測試深度分析等問題的紀錄與解決，才能確保核電廠廢棄物處理設施能順利運行，並能及時、安全地處理電廠運轉期間產生的放射性廢棄物。

(三) 參訪中核建中核燃料元件有限公司

10 月 21 日上午參訪隸屬中國核工業集團公司的中核建中核燃料元件有限公司（原名：宜賓核燃料元件廠）。公司總部位於四川省宜賓市，以核電燃料元件為主導

產業，香料、鋰鈣、鋰電池為主要民品產業，是大陸唯一的壓水堆核電燃料組件生產基地。公司現有資產總額 28.3 億元，職工 5800 餘人(其中專業技術員工 1700 多人，有高級職稱員工 229 人，中級職稱員工 770 餘人等)。中核建中 1989 年成功為秦山 300MW 核電站製造首爐燃料組件，擔任供應大陸國內核電站燃料組件製造商，該公司核電燃料元件製造能力不斷提升。2008 年 10 月 16 日受頒投料批准書，實為大陸最大的壓水堆核電站燃料元件生產線，實現了核燃料元件生產線綜合生產能力從 200 噸鈾/年提高到 400 噸鈾/年的目標以及核電燃料元件自主供應的能力。

該公司始終堅持以創新驅動發展，按照國際標準規範進行製造，加快了對生產線設備更新、引進和自主研發力度，加速技術和裝備的更新換代，其中自主研發的 100 噸、200 噸程序裝置，為提高核燃料元件生產在國際、大陸市場上的競爭能力發揮了重要作用；通過引進、消化和吸收當今世界先進的核燃料元件製造技術並與研發相結合，不斷進行自主創新，相繼在化工轉化、芯塊製備、燃料棒製造及組件組裝諸多方面形成了眾多專有技術，確保了在大陸核燃料元件製造領域的領先地位以及在激烈的世界核電燃料元件競爭中佔有一席之地。

參訪過程中，遵照大陸參訪廠商要求，廠內參訪全程不可使用照相器材錄影錄音，參觀生產線時須換裝著裝，依照指定路線行進，圖 12 為中核建中核燃料元件有限公司廠區外觀。

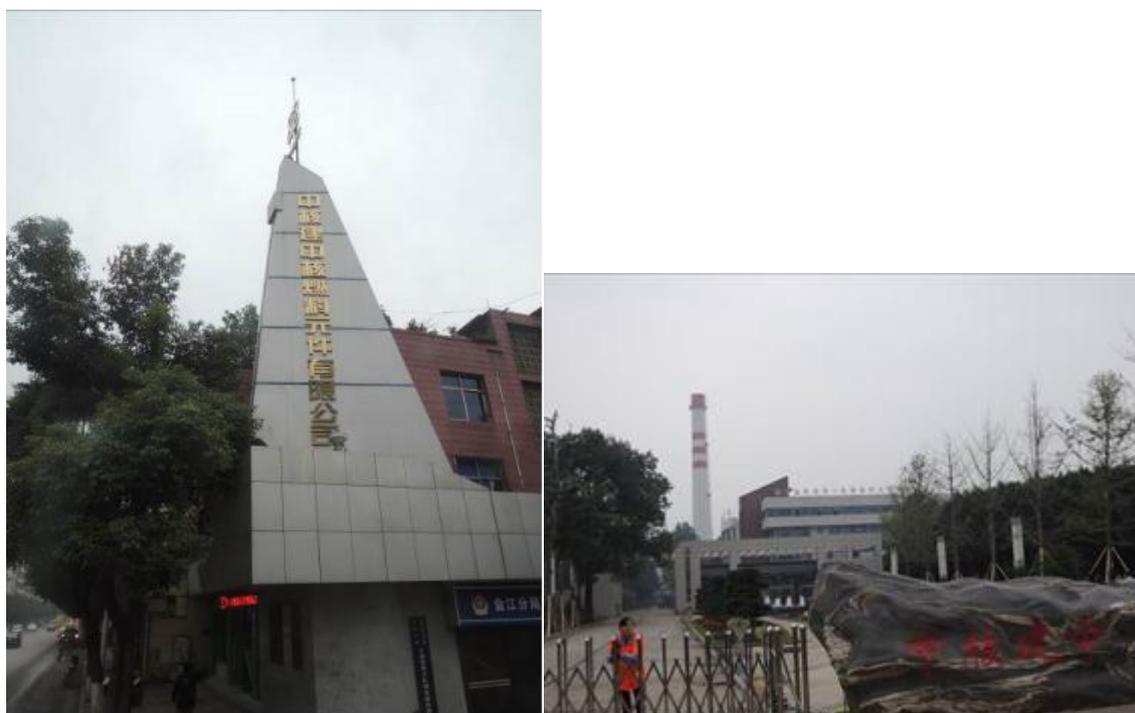


圖 12：中核建中核燃料元件有限公司廠區外觀

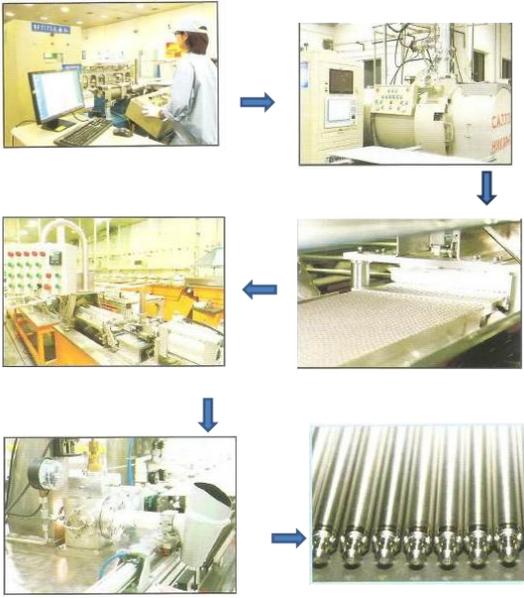
該公司生產流程、品保制度與生產核能級組件製造線，主要核燃料生產線之 UO_2 粉末生產至組件組裝運輸流程(如表 6)，參觀內容與重點如下：

UO_2 粉末生產至組件組裝運輸流程

1. UO_2 粉末生產 -> 2. UO_2 燃料丸製備 -> 3.零組件加工 -> 4.燃料棒製造 -> 5.組件組裝 -> 6.燃料棒組件運輸

表 6：核燃料生產線之 UO_2 粉末生產至組件組裝運輸流程說明

流程項目	重要圖示	流程說明
1. UO_2 粉末生產		生產原理是將 UF_6 原料氯化後，通入轉換爐中進行氣相水解和還原，再經穩定化、均勻化處理後製成性能均一的 UO_2 粉末
2. UO_2 燃料丸製備		經過預壓、製成粒狀、球化等程序處理後，將 UO_2 粉末在旋轉壓機中壓製成圓柱形的燃料丸，然後在高溫下燒製成陶瓷級燃料丸，再經外圓磨削、檢測等程序，製成燃料丸
3.零組件加工		中核建中核燃料元件有限公司簡稱 CJNF，有完整的組件零部件的生產線，包括管座、格架、連接柄和小零部件生產線，可以生產燃料組件和相關組件所需的各種零部件，並採用數位化

		<p>高精密度的機械加工設備及檢驗設備</p>
<p>4.燃料棒製造</p>		<p>將生產的 UO_2 燃料丸等裝入鋁合金圓管中，充入氦氣，端部採用焊接密封，再經過 X-射線、γ-射線掃描，及氦質譜儀檢漏等非破壞性檢測後形成燃料棒，CJNF 目前有兩條燃料棒生產線，對燃料棒的焊接採用高真空電子束焊接</p>
<p>5.組件組裝</p>		<p>CJNF 現階段可生產不同組件及相關組件，主要是將燃料棒裝入由定位格架、導向管等焊接而成的骨架中，並裝配好上、下管座後形成燃料組件。</p>
<p>6.燃料棒組件運輸</p>		<p>CJNF 燃料棒組件運輸採用鐵路為主公路為輔的運輸方式。CJNF 設有專業檢車工 25 人，火車司機 3 人，調車員 8 人，管理人員 9 人，專業技術人員 16 人，現有各型火車 24 節，燃料組件運輸容器 230</p>

		<p>台，集裝箱 42 個及專用鐵路線 7 條等其他配套設施</p>
--	--	------------------------------------

參訪過程中，除了從與簡報者互動的過程中進一步獲得核能零組件生產現場管理相關方面的實務經驗外，也實際看到核能組件生產過程中自生產到運輸，檢證流程所扮演的關鍵角色，我方人員也針對檢證流程與品保資訊系統內容與進行實質溝通與意見交流，重點摘要如下：

1. 中核建中核燃料元件生產線有完整的組件與零部件的自動化硬體生產設備，是否有完整的資訊紀錄相關零組件自生產到設備除役的產品生命週期資訊？

意見交流回覆如下：

中核建中核燃料元件公司除了有導入自動化生產設備外，在零組件的最小構裝單元外觀上，也有使用雷射雕刻進行一維條碼的編碼，作為生產過程與組裝過程可進行品質管制與製程追蹤的依據。除了燃料束外，燃料棒與其相關組件都依靠資訊系統資料庫進行管控，可記錄核能零組件完整的生命週期。

2. 核能組件設備出廠交運到交貨地的過程，是否有完整紀錄運送過程的相關環境資訊，避免因為未預期的因素導致核能組件功能受損但是外觀卻未察覺的問題？

意見交流回覆如下：

中核建中核燃料元件公司回覆目前除了以 GPS 管制運送車輛外並無其他監控機制運行。

我方人員回應，目前本所已完成應用無線射頻技術於核電廠除役低放射性廢棄物管理系統開發，除了運用核能級組件認證流程於無線射頻辨識標籤驗證，並已應用於核能廢棄物管理系統開發上，表達本所在核能級組件相關軟硬體認證技術能力與經驗。

中核建中核燃料元件公司相關人員除了表示肯定相關成果的應用外，也表示可以建立雙方核能組件認證相關技術交流管道。

三、心得

(一) 參訪中核建中核燃料元件公司，除了聽取核能零組件生產現場管理相關方面的實務經驗外，也實際看到核能組件生產過程中自生產到運輸，檢證流程對核能產業供應鏈的自主化市場所扮演的關鍵角色，自 2011 年日本福島核一廠發生嚴重的核能事故後，雖然使核電的發展短暫受挫，但全球核電的發展態勢並無顛覆性的改變，大陸面對核能產業供應鏈的自主化市場仍然保持樂觀態度，除了積極進行核能零組件驗證與國際市場接軌外，並適時扶持廠商進行核能組件本土化，展現強烈企圖心。參訪過程中除了與相關人員介紹本所核能零組件驗證與供應商認證經驗(如圖 13)，並表示可以建立雙方核能組件認證相關技術交流管道，讓相關技術可以推廣與輸出。

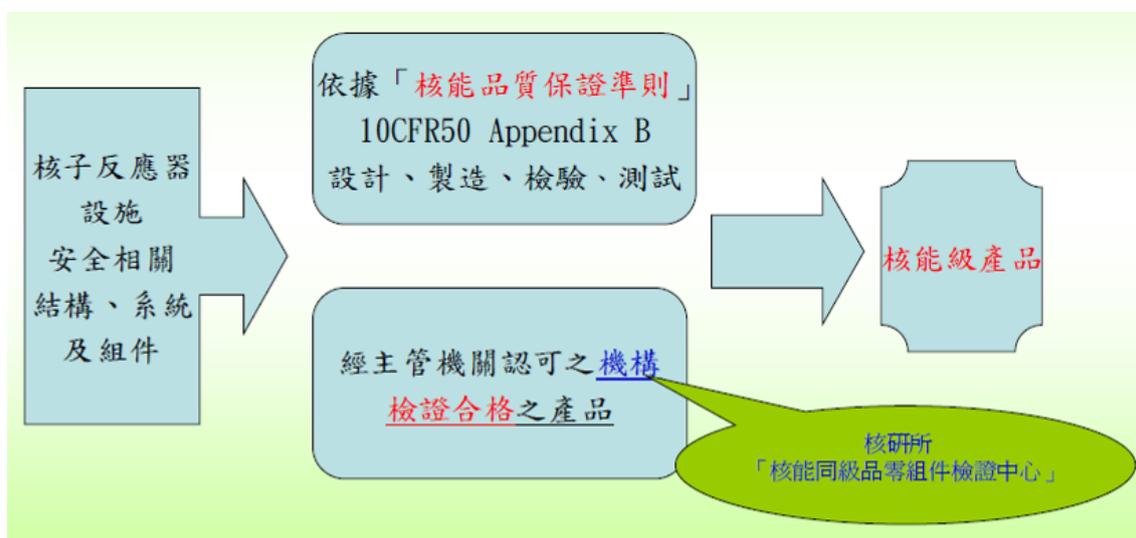


圖 13：核能級組件認證程序

(二) 聽取研討會各專家學者發表之論文，強調放射性廢棄物最小化之相關系統建置以及技術應用成果的探討，並且對放射性廢棄物減量的管理策略與管制法規上介紹能深入討論外，相關軟硬體建置在廢棄物的管理上必須考量到廢棄物的產生、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有利的處置效益。歸納研討會議中聽取各專家學者報告內容後的心得，整理可進一步成為未來討論核能零組件認證技術交流平台之相關要點如下：

1. 大陸核電目前運轉有 17 個機組，總裝機容量 1,474 萬千瓦，而目前正在建造有 28 個機組，包括三門、海陽、方家山、福清、紅沿河、寧德、陽江、防城堡、昌江、台山等 10 家核電廠，總裝置容量 3,130 萬千瓦(未來核能零組件認證技術交流重點:未來核能零組件產品生命週期需與核能機組同步運行)

2. 核電反應爐的型態有 AP1000 與 CPR1000 及 EPR 等(未來核能零組件認證技術交流重點:不同型態機組可設計適用的核能零組件同級品)
3. 福島核能事故雖然使少部分國家的核電發展短暫受挫，但全世界的核能機組在 2030 年仍將有成倍的成長，發展大勢依然十分強健。中國興建中、已規劃和籌畫中的機組總共達 199 部，佔全世界總數將近四成，是世界上核電發展最強勢的國家，規劃至 2020 年運轉裝機容量達 5,800 萬千瓦(未來核能零組件認證技術交流重點:大陸為核能產業鏈新興地)
4. 大陸放射性廢棄物管理法律包括：放射性污染防治法、放射性廢棄物安全管理條例、核電廠放射性廢棄物管理安全規定、放射性廢棄物安全監督管理規定、放射性物品運輸安全許可管理、核材料管制條例實施細則、放射性物品運輸安全管理條例(未來核能零組件認證技術交流重點:核能零組件全生命週期中與核能安全管制相關法規需一併考量)
5. 放射性物品運輸時需使用經過審核許可之容器裝載，容器有設計變更時也須再次審查，運輸過程應即時監測與管制，時間、路線、人員均應紀錄與管制(未來核能零組件認證技術交流重點:除了建立核能零組件認證與發照機構外，核能零組件全生命週期也應有專責機構進行管制)

四、建議事項

(一) 本所致力於核能級關鍵零組件檢證技術開發並有執行核能品保系統經驗，陸續導入測試驗證相關品質要求程序，獲得很好的成效，建議可透過參加國際會議發表論文進行研發技術推廣，因此建議本所應多鼓勵同仁參與相關之國際會議，以提高本所在國際上之知名度。

(二) 面對大陸核能新興產業鏈日漸成長，國內相關核能產業鏈除了應匯集統整各單位研發能量外，更應建立資訊與經驗交流的平台，使得相關技術交流合作變成常態，有機會扶植相關廠商得以將核能級組件導入國際市場。

附 錄 一

第 3 屆兩岸放射性廢棄物管理研討會議程表與日程表(10 月 18 日)

大會開幕式			
9:00-9:30	主持人：中國核學會輻射防護分會理事長 潘自強院士 開幕辭：中國核學會輻射防護分會副理事長 劉森林研究員 貴賓致辭：中華核能學會理事暨放射性廢棄物管理學術委員會召集人 黃慶村先生		
9:30-10:30	大會報告主持人：潘自強 核電放射性廢棄物管理(曲志敏) 核電放射性廢棄物最小化策略與實務(黃慶村)		
10:30-10:40	茶歇		
10:40-11:45	實現廢物最小化管理的幾點建議(劉福東) 台灣電力公司用過核子燃料乾式貯存設施之安全分析(李清山) 中國大陸核電廠放射性廢物最小化進展(張志銀)		
11:45-12:00	合影(酒店大堂外門口處)		
12:00-14:00	自助午餐(一樓西餐廳)、休息		
會場一(4 樓索菲斯廳前廳)		會議二(4 樓索菲斯廳後廳)	
核電放射性廢物最小化技術與實踐		退役、運輸、乏燃料貯存及其他	
序號	時間	報告	主持人
1	14:00-15:40	秦山核電基地放射性廢物最小化技術路線探討(康云鼎)	曲志敏 魏聰揚
2		濕式氧化暨高效率固化系統之建置(陳又平)	
3		廢樹脂濕法氧化技術路線及問題探討(郭喜良)	
4		核能電廠除役及放射性廢棄物解除管制(王錫勛)	
5		抑低核電站廢水活度排放最佳處理技術(倪辰齊)	
15:40-15:50		茶歇	
核電放射性廢物最小化技術與實踐與核放射性廢物監測技術		放射性廢物處理、外置技術	
6	15:50-17:10	秦山核電基地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(鄔強)	陳凌 倪辰華
7		銅基觸媒低溫選擇性氧化分解高濃度氨氣及其再生(杜佳簇)	
8		某核電站周邊生物樣品中有機結合氬研究(陳前遠)	
9		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(吳欣洁)	
1	14:00-15:40	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(施純寬)	宋福祥 劉文忠
2		濟南微堆退役廢物監測(李义國)	
3		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(蕭學偉)	
4		低、中放固體廢物處置場 γ 射線天空反散射的研究(董博)	
5		X 射線屏蔽之高分子/金屬氧化物複合材料開發研究(劉玉章)	
15:40-15:50		茶歇	
6	15:30-17:30	貧鈾的處理與處置介紹(李洪輝)	張生棟 施純寬
7		用過核子燃料最終處置計劃 H 區及 K 區地質調查評估(2010-2012 年計劃)(張仁坤)	
8		放射性廢物中等深度處置(劉建琴)	
9		高完整性混凝土處置容器之研製與應用(張清土)	

第 3 屆兩岸放射性廢棄物管理研討會議程表與日程表(10 月 19 日)

會場一 (4 樓索菲斯前廳)				會場二 (4 樓索菲斯廳後廳)					
放射性廢物處理、處置技術				放射性廢物處理、處置技術					
序號	時間	報告	主持人	序號	時間	報告	主持人		
1	09:00-10:20	核設施除役性金屬廢棄物除污及廢酸液回收之研究(甘金相)	康云鼎 李清山	1	09:00-10:20	放射性廢液處理技術研究進展(陳春海)	程 理 吳逸文		
2		我國中等深度處置場建設的初步探討(劉超)		2		台灣研究用反應器燃料池水中放射性污染物質去除研究(鍾東益)			
3		可剝式膠體除污劑開發與應用(李文成)		3		HIC 高整體容器處理工藝在核電領域的應用和發展(李玉鑫)			
4		北山花崗岩力學性質研究進展(馬里科)		4		泡沫除污技術之研究(林智雄)			
10:20-10:30		茶歇			10:20-10:30			茶歇	
6	10:30-11:30	利用現地水文地質試驗推估裂隙岩體傳導系數與裂隙組別導水系數之研究(詹尚書)		6	10:30-11:30	超臨界二氧化碳萃取技術於運轉中核電廠除污之應用(林智雄)			
7		高廟子膨潤土與北山地下水相互作用地球化學緩沖性能模擬研究(李娜娜)		7		三門核電放射性廢物離堆處理模式及工藝特點(劉志遠)			
8		蘭嶼貯存場分離菌株對放射性廢棄物桶材腐蝕之影響(周鳳英)		8		超臨界二氧化碳流體對放射性污染除污可行性探討(林國明)			
11:30-12:00		閉幕式							
		主持、總結、致閉幕辭							