

出國報告（出國類別：其他）

## 參加第十屆兩岸核能技術交流研討會

服務機關：核能研究所

姓名職稱：陳鴻斌

派赴國家：中國大陸

出國期間：99年10月10日~99年10月17日

報告日期：99年11月16日



## 摘要

本次公差為奉派參加第十屆兩岸核能學術交流研討會。本次研討會由國內核能科技學進會及大陸中國核學會共同主辦。國內各單位共 19 人組成功能互補團隊，藉由學術研討會及參訪大陸相關運轉中及興建中的核能電廠了解大陸核能使用及技術發展現況。

本次公差主要目的為藉由學術研討會，了解大陸核能發電技術發展現況，尤其是核能發電所產生廢棄物處理，訪問江蘇田灣核電站，了解大陸運轉中核能發電廠之運轉現況，以及訪問青島海陽核電站，了解大陸正在興建的 AP1000 核能發電廠現況，同時參訪上海核工程設計院，了解大陸 AP1000 核能發電廠相關設計技術發展，尤其是技術引進、自主化之進程。

此次行程中主要包括 3 個地區，為山東青島，海陽，江蘇連雲港，以及上海市。行程從 99 年 10 月 10 日出發至 99 年 10 月 17 日回程共 8 日。大陸參與單位包括中國核學會、山東海陽核電站、江蘇田灣核電站、上海核工程研究設計院、及中國核工業建設集團人員。

國內在核電運轉經驗上，尤其是放射性廢棄物處理的經驗，值得經驗進一步交流。而大陸引進第三代改良型核電機組的過程及經驗，亦值得國內參考。

關鍵詞：核能發電、放射性廢棄物

# 目 次

(頁碼)

摘 要.....	i
一、目的.....	1
二、過程.....	2
2.1 整體行程概要.....	2
2.2 青島海陽核電站參訪過程.....	2
2.3 江蘇連雲港田灣核電站參訪及學術交流研討會過程.....	5
2.4 上海核工程設計院參訪及技術交流過程.....	6
三、心得.....	8
3.1 大陸核能電廠運轉及新建第三代改良型核能電廠.....	9
3.2 放射性廢棄物處理.....	17
3.3 核能設施全生命週期構型管理.....	18
四、建議事項.....	26
附錄一：於青島海陽核電站技術研討會大陸參與人員名單.....	28
附錄二：於江蘇田灣核電站技術研討會大陸參與人員名單.....	29
附錄三：於上海核工程研究設計院技術研討會大陸參與人員名單.....	31

## 一、目的

本次公差為奉派參加第十屆兩岸核能學術交流研討會。本次研討會由國內核能科技學進會及大陸中國核學會共同主辦。國內派員參加單位包括行政院原子能委員會、放射性物料管理局、核能研究所、台灣電力公司、中興工程顧問公司、益鼎工程公司、新亞建設開發公司、泰豐貿易有限公司、亞炬企業有限公司等，共 19 人組成功能互補團隊，藉由學術研討會及參訪大陸相關運轉中及興建中的核能電廠了解大陸核能使用及技術發展現況，掌握大陸核電安全之相關資訊。

國內有三十餘年使用核能發電經驗，目前除了集中力量完成龍門核能發電廠的建設之外，基於減碳需求，亦有規劃新建核能發電機組的需求及可能性。大陸為目前全世界核能發電發展最快速的區域。對於核能發電技術之引進、吸收、進而自主化，大陸亦有充分的企圖心及完整的規劃。本次參加第十屆兩岸核能學術交流研討會主要目的如下：

- (1) 藉由學術研討會，了解大陸核能發電技術發展現況，尤其是核能發電所產生廢棄物處理。
- (2) 訪問江蘇田灣核電站，了解大陸運轉中核能發電廠之運轉現況。
- (3) 訪問青島海陽核電站，了解大陸正在興建的 AP1000 核能發電廠現況。
- (4) 參訪上海核工程設計院，了解大陸 AP1000 核能發電廠相關設計技術發展，尤其是技術引進、自主化之進程。

## 二、過程

### 2.1 整體行程概要

大陸核能發電廠目前均位於沿海地區，此次行程中主要包括 3 個地區，為山東青島，海陽，江蘇連雲港，以及上海市。行程從 99 年 10 月 10 日出發至 99 年 10 月 17 日回程共 8 日。大陸參與單位包括中國核學會、山東海陽核電站、江蘇田灣核電站、上海核工程研究設計院、及中國核工業建設集團人員。活動內容主要包括，參訪青島海陽核電站，了解大陸正在興建的 AP1000 核能發電廠現況。參訪江蘇田灣核電站，了解大陸運轉中核能發電廠之運轉現況。訪問上海核工程設計院，了解大陸 AP1000 核能發電廠相關設計技術發展，尤其是技術引進、自主化之進程。整體行程說明如下。

日期	行程	內容	大陸參與單位
10 月 10 日 (日)	桃園→青島→海陽	青島流亭國際機場出口 5 號集合，前往海陽(約 131 公里)	中國核學會、山東海陽核電站
10 月 11 日 (一)	海陽	參訪海陽核電站施工現場	中國核學會、山東海陽核電站
10 月 12 日 (二)	青島→田灣	青島市→江蘇連雲港(約 314 公里)	中國核學會、江蘇田灣核電站
10 月 13 日 (三)	田灣	參訪田灣核電站及學術交流研討會	中國核學會、江蘇田灣核電站
10 月 14 日 (四)	田灣	參訪田灣核電站及學術交流研討會	中國核學會、江蘇田灣核電站
10 月 15 日 (五)	田灣→上海	江蘇連雲港→上海	中國核學會、上海核工程研究設計院
10 月 16 日 (六)	上海	參訪上海核工程設計院及學術交流研討會	中國核學會、上海核工程研究設計院、中國核工業建設集團
10 月 17 日 (日)	上海→台灣	回程	

### 2.2 青島海陽核電站參訪過程

10 月 11 日首先參訪青島海陽核電站，其地理位置如下圖。參訪內容包括一場技術研討會及參觀海陽核電站施工現場。



島海陽核電站地理位置圖

海陽核電站位於中國山東省海陽市，屬於三東核電公司，由大陸中電投資集團規劃投資 600 億元，機組規劃容量為 6 台百萬千瓦級核電機組。海陽核電站建立，從 1985 年開始選址作業，於 2006 年 12 月取得大陸國務院批准，並於 2007 年 7 月與美國西屋公司簽約，採用其 AP1000 系統機組。一期工程建立 2 部 125 萬千瓦 AP1000 系統機組。依目前進度，將於 2014 年 5 月開始試運轉，2014 年完成首期工程兩台 AP1000 機組並聯發電。目前 3、4 號機組建立亦已獲得批准。到現在整個計畫已經投入 130 億元人民幣。

海陽核電站一期工程概念設計於 2009 年完成，目前進入細部設計及部分設備製造組裝階段。BOP 工程施工圖逐步移交施工現場，BOP 區設備已經開出 51 項設備採購案，重要設備包括汽機等已經完成製造簽約。核島區工程部分已經開出 159 項設備採購案，其中 1 號機壓力容器、蒸氣產生氣已經進入組裝階段。汽機系統包括循環水泵、凝結水泵等主要輔助設備進入製造階段。

現場組裝工作中，1 號機核島區於 2009 年 9 月 24 日開始澆灌混凝土，從計畫管理來看，2010 年預計的 11 項工程里程碑已經完成 7 項。2 號機核島區亦正在進行反應器基礎鋼筋綁扎工程。





青島海陽核電站施工現況

根據山東核電公司關副總經理表示，海陽核電站工程目前檢討施工的困難點包括：



- 工程介面多，管理複雜。
- 核島區系統設計進度落後，且設計變更頻繁。
- AP1000 技術對於設備製造品質要求高，部分設備在全世界亦為首次製造。
- 採用模組化施工，大體積混凝土一次性澆築等工法為首次應用，經驗不足。
- 大陸核電建設高速發展，建築及安裝產業須快速擴充，已經感受到產業量能壓力。
- 分包現象普遍存在，下包廠商資質良莠不齊。
- 參與建設承包單位多，部分參建承包廠商核安全意識不夠。

AP1000 系統一項特色是強調模組化，目前海陽核電站機組組裝現場旁即建立廣闊場地進行機組模塊組裝。但是因為是世界上首次，原設計公司之細部設計工作，同時進行中。如此則對於設備製造部分之配合造成困難，製造延誤、製造修改、與現場系統不合等問題層出不窮。導致機組模組化之效益大打折扣。AP1000 系統亦為國內評估中對於未來新建機組可能選擇之一。大陸引進 AP1000 系統過程中，包括系統測試之結果，及模組化設計之確實效益，均值得進一步收集資料。

在海陽核電站會議室並舉行一場研討會，雙方就核電應用現況廣泛討論。海陽核電站關副總經理並詳細說明 AP1000 系統組裝建立的進度、管理模式、技術經驗等。參與研討會大陸人員如附錄一。

### 2.3 江蘇連雲港田灣核電站參訪及學術交流研討會過程

第二項主要行程為江蘇連雲港田灣核電站參訪及學術交流研討會。

江蘇核電公司於 1997 年 12 月成立。資本比例分別為中國核電有限公司 50%，中電投核電有限公司 30%，江蘇省國信資產管理集團公司 20%。田灣核電站位於江蘇省連雲港市連雲區田灣，廠區按照建設八台百萬千瓦級壓水堆核電機組規劃。一期工程建設 2 台單機容量 106 萬千瓦的俄羅斯 AES-91 型壓水式核電機組，是迄今中俄間最大的技術經濟合作項目。機組設計壽命 40 年，年平均負荷因數不低於 80%，年發電量 140 億千瓦時。

AES-91 型壓水式核電機組是俄羅斯在總結 20 台百萬千瓦級 VVER 型機組的設計、建造和運轉經驗的基礎上做出的改進型設計。為提高機組安全性，採取了一系列重要措施，包括安全系統 4 通道、爐芯熔融物捕集器、全數字化儀控系統、反應堆廠房雙層安

全殼等，其安全設計優於當前世界上正在進行的絕大部份壓水式核電廠，在某些方面已達到國際上第三代核電站水平。

田灣核電站一期工程於 1999 年 10 月 20 日開工建設，1、2 號機組分別於 2007 年 5 月 17 日和 8 月 16 日投入商業運轉。

此次行程主題，第十屆海峽兩岸核能學術交流研討會，舉行地點在田灣核電站綜合辦公樓二樓報告廳，兩天研討會議程及報告議題如下。大陸參與此次研討會議人員名單如附錄二。

日期	時間	主題	活動及議題	報告人	主持人	
十月十三日	09:00-09:40	開幕式	中國核學會理事長李冠興院士致開幕辭	蔣國元	蔣國元	
			財團法人核能科技協進會董事長歐陽敏盛先生致辭			
			中國核工業集團公司總工程師雷增光先生致辭			
	09:40-10:00	核電建設與改造	引進學習、改進完善、自主創新---中國核電設計自主創新之路	王長東	劉振河 廖嶽助	
	10:00-10:20		AP1000 核電技術引進與管理	曾 曦		
	10:20-10:40		壓水式核電廠堆心佈局設計研究	胡中興		
	10:40-11:00		茶歇、合影			
	11:00-11:20		海陽核電一期工程建設現狀與管理實踐	關先林	曾 曦 陳勝朗	
	11:20-11:40		CPR1000 核電廠建設現狀	喬丕業		
	11:40-12:00		核電站之設計管理	廖嶽助		
	12:00-12:20		3D CAD 可視化輔助工程應用經驗	陳鴻斌		
	午休					
	14:00-14:20	核電營運與安全管理	大陸核電站核应急管理體制與實踐	苟全錄	關先林 葉佛文	
	14:20-14:40		台灣壓水式核能電廠安全管制現況及展望	徐明德		
	14:40-15:00		大亞灣核電基地大修管理實踐	陳建兵		
	15:00-15:20		核燃料可靠度之提升	黃秉修		
	15:20-15:40		茶歇			
	15:40-16:00		田灣核電站放射性固體廢物管理介紹	張 遠	韓乃山 徐明德	
	16:00-16:20		台灣核子事故緊急應變體系與通報	蘇軒銳		
16:20-16:40	低中放廢料近地表處置現狀及未來規劃		劉振河			
16:40-17:00	台灣無主射源的防範機制		孫敬業			
十月十四日	09:00-09:20	核電產業發展	核電站工程設計管理與獨立審查現狀	霍建明	喬丕業 胡中興	
	09:20-09:40		台灣核三廠異質焊道檢查及改善現況	鄧文俊		
	09:40-10:00		田灣核電站數學化儀控系統總體介紹	徐霞軍		
	10:00-10:20	總結	李冠興院士、歐陽敏盛先生分別作總結發言	蔣國元		

## 2.4 上海核工程設計院參訪及技術交流過程

第三項主要行程為上海核工程設計院參訪及技術交流研討。

上海核工程研究設計院始建於 1970 年，其前身為中國七.二八工程研究設計院。2007 年 6 月 25 日整建制劃入國家核電技術公司，是一家以核電工程研究設計為主的高新技術企業。目前員工人數約 1100 人，包括高階管理人員 202 人，研發工作人員 900 人。秦山核電站是上海核工院自主設計完成的中國大陸第一座具有自主知識產權的核電站；巴基斯坦恰希瑪核電站一期工程是上海核工院承擔設計總承包的中國第一個出口核電站工程；在恰希瑪核電站成功並網發電之後，又繼續承擔了巴基斯坦恰希瑪核電站二期工程的設計總承包任務；秦山三期重水堆核電廠是上海核工院承擔技術支援和常規島及電站配套設施(BOP)建造管理的中國第一座重水堆核電站。

上海核工程研究設計院同時是中國國務院學位委員會碩士學位授予單位設有與中國上海交通大學共建的博士點和博士後流動站。為加強企業研發力量，培育企業核心競爭力，先後成立了上海核工院-西屋電氣公司工程合作中心(SWECO)，三維工程設計應用研究開發中心，核電廠設備評估和壽命工程技術中心，先進主控制室和數位化儀控技術研究開發中心，坎杜工程中心(CEC)，核工業無損檢測中心等研發中心，組織力量積極投入核電關鍵技術科研專案。

在 AP1000 系統技術引進經驗上，雙方有深入討論。技術引進智慧財產權議題，目前原則及策略為，1350MW 以下系統技術，屬於西屋公司，1350MW 以上系統技術則屬於大陸。但是雖然合約簽訂的前提為百分之十技術轉讓，實際執行上仍無可避免的出現由於訊息不對稱引發的爭議。

### 三、心得

根據國際原子能總署(IAEA)的資料，全球共有 441 座核電機組(Units)在 30 個國家運轉，總裝置容量已達 374 GWe。另外，尚有 60 座機組興建中，總裝置容量為 58.6GWe，規劃中的機組則有超過 135 部機組。核電廠在 2006 年供應電力為 2,660 TWh，占全球電力供應的 16%，占 OECD 發電量的 21%。2007 年為 2,594 TWh，占 OECD 國家發電 21%。全球核電反應爐的累積運轉時間已達 12,000 反應器年，其它研究型及軍用核電經驗另有 12,000 反應器年。擁有核電機組最多的國家是美國，有 104 個核電機組在運行，其次是法國 59 個，日本 56 個，俄羅斯 31 個，英國 23 個，南韓 20 個，加拿大 18 個，德國 17 個，烏克蘭 15 個，瑞典 10 個，中國（不含台灣）9 個。核電站發電量佔世界總發電量的 16%，其中法國核電站的發電量已佔到該國總發電量的 78%，這些國家核電的發電成本已經低於煤電。

最近十五年來，中國核電發展快速。從大陸“十一五”開始，中國的核電發展戰略由“適度發展核電”變為“積極發展核電”。2006 年底，中國共建成投產 10 台核電機組，分佈在廣東的大亞灣核電廠和嶺澳核電廠、浙江的秦山核電廠、江蘇的田灣核電廠等，總裝機 800.82 萬千瓦。在建 5 台核電機組，分別是：田灣核電廠二期、嶺澳核電廠二期、秦山二期擴建，總裝機 434.06 萬千瓦。根據中國核電中長期發展規劃：到 2020 年，中國核電要形成運行 4000 千瓦，在建 1800 萬千瓦的規模，佔同期全國電力裝機的 4%以上。也就意味著在未來 14 年內要新建百萬千瓦核電站 40 座左右。

大陸評估核電的特性，認為核電是安全的能源，同時對於環境的衝擊較其他重工業小，而且核能發電的經濟效益高，因此從政策上支持核電發展。

我國目前即有三座核電廠共計六部機組，總裝置容量為 5.14 GWe，2008 年發電量為 39,260 GWh，平均容量因數(capacity factor)約 90%。核能多年來已是供應國內基載電力不可或缺的重要支柱。正在興建的龍門電廠有兩部各 1.35 GWe 之機組。為因應國內外經濟情勢的轉變與二氧化碳減量之規定，核能發展愈見其重要性。若欲達到政府減碳的政策目標，龍門電廠完工商轉之後，合合理核能使用計畫是最為經濟有效的方式。估計每興建一部第三代或第三代改良型的機組，每年約可減少 650 萬噸二氧化碳的排放。

核能發展已超過有 50 年，我國使用核能發電技術亦超過二十餘年，目前核能電廠廠址，尚有增建達 11 部機組的空間。在未來增建機組時，應藉由先進核電廠的引進，以及新機組的標準化，一方面與全球核能技術接軌並發展我國核能產業。

此次公差奉派參加第十屆兩岸核能學術交流研討會，並參訪大陸青島海陽核電站，了解大陸正在興建的 AP1000 核能發電廠現況，以及參訪江蘇田灣核電站，了解大陸運轉中核能發電廠之運轉現況，並且訪問上海核工程設計院，了解大陸 AP1000 核能發電廠相關設計技術發展，尤其是技術引進、自主化之進程。公差心得說明如下。

### 3.1 大陸核能電廠運轉及新建第三代改良型核能電廠

目前世界上第三代及第三代改良型核能發電機組，市場上較為成熟的系統包括 GE/HITACHI 的 ABWR、Westing House/TOSHIBA 的 AP1000、以及 ARIVA 的 EPWR。大陸對於核能發電技術，擬定技術引進，從而消化、吸收，到技術自主化、批量化，最後能自主創新的階段策略，步驟上則分為四個階段：

第一階段：基于國外技術，成套引進；

第二階段：引進、消化、吸收國外成熟技術，逐步實現技術自主化；

第三階段：標準化、批量化建設；

第四階段：開發、設計更先進的核电機組。

目前大陸已經營運的核電站包括秦山一期、秦山二期、秦山三期核電站，大亞灣核電站，田灣核電站，嶺澳核電站，說明如下。

#### 秦山一期核電站：

秦山核電站是中國自行設計、建造和運營管理的第一座30萬千瓦壓水堆核電站，地處浙江省海鹽縣。由中國核工業集團公司 100%控股，秦山核電有限公司負責電站的運營管理。

秦山核電站工程於 1985 年 3 月 20 日正式開工，1991 年 12 月 15 日並聯發電，1994 年 4 月 1 日投入商業運轉。



電站基本資訊	
電站所在地	浙江省海鹽縣秦山鎮
機組數量	2 部
綜合國化率"	
堆 型	CNP300 原型堆
電站設計壽命	30 年
上一年發電量	26.24 億度
上一年機組能力因數	95.55%
業主單位	中核集團秦山核電有限公司
股東單位	
總 投 資	
開工日期	1985 年 3 月 20 日
商轉日期	1994 年 4 月 1 日
額定功率	310MW

### 秦山二期核電站：

秦山第二核電廠位於東海之濱，錢塘江入海口北岸，坐落在海鹽縣秦山鎮楊柳山，與秦山核電一期、三期毗鄰，東臨杭州灣，地處華東電網負荷中心，廠區征地面積 16.19 平方公里。

1992 年 7 月，大陸國務院批准可 行研究報告，1995 年 12 月大陸國家計畫委員批准建



設，是大陸“九五”期間開工建設的 4 座核電項目中唯一國產化項目。至 2002 年 4 月和 2004 年 5 月，一期工程 2 台 65 萬千瓦壓水式機組先後並聯發電，是大陸第一座自主設計、自主建造、自主管理、自主運營的大型商用核電站。

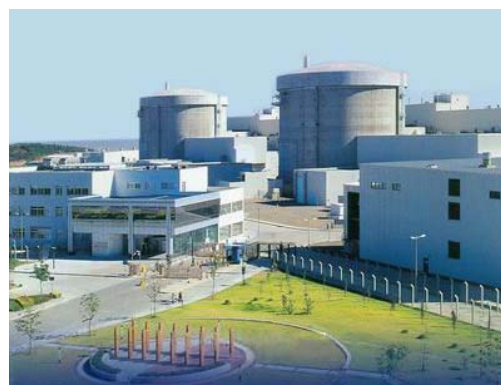
秦山第二核電廠的業主單位是核電秦山聯營公司成立於 1988 年，負責秦山核電二期工程的建造、運營和管理，現有正式職工 1421 人。

電站基本資訊	
電站所在地	浙江省海鹽縣秦山鎮楊柳山
機組數量	2部
綜合國產化率	
堆 型	CNP600
電站設計壽命	40 年
上一年發電量	99.58 億度
上一年機組能力因數	1 號機組：87.41%、2 號機組：87.00%
業主單位	中核集團核電秦山聯營有限公司
股東單位	
總 投 資	
開工日期	1996 年6 月2 日
商轉日期	1 號機組：2002 年4 月15 日、2 號機組：2004 年5 月3 日
額定功率	650MW

### 秦山三期核電站：

秦山三期（重水堆）核電站是中國和加拿大兩國政府迄今最大的貿易項目。它採用加拿大 CANDU 6 重水反應器技術，裝機容量 2×728 兆瓦，設計壽命 40 年，設計年容量因數 85%。

至 2008 年底，秦山三核已累計安全發電 631 億千瓦時，相當於少消耗標準煤 2136 萬噸，為長三角洲經濟的高速發展提供需要動力。



電站基本資訊	
電站所在地	浙江省海鹽縣秦山鎮
機組數量	2 部
綜合國產化率"	
堆 型	加拿大坎杜 6 型重水堆
電站設計壽命	40 年
上一年發電量	112 億度
上一年機組能力因數	1 號機組：91.21 、 2 號機組：87.32
業主單位	中核集團秦山第三核電有限公司
股東單位	
總 投 資	
開工日期	1998 年 6 月 8 日
商轉日期	1 號機組：2002 年 12 月 31 日、2 號機組：2003 年 7 月 24 日



電站基本資訊	
額定功率	728MW

### 大亞灣核電站：

大亞灣核電站擁有兩台百萬千瓦級壓水堆機組，其核島和常規島設備分別由法國法瑪通公司和英法通用電氣—阿爾斯通公司供應，由廣東核電合營有限公司負責建設和營運。廣東核電合營有限公司註冊資本 4 億美元，其中廣東核電投資有限公司出資 3 億美元，



占股 75%；香港核電投資有限公司出資 1 億美元，占股 25%。大亞灣核電站總投資約 40.7 億美元，除資本 金 4 億美元外，其餘通過中國銀行從國外籌措出口信貸和商業貸款，2008 年 7 月 4 日，大亞灣核電站按計劃償還最後一筆基建貸款，累計償還貸款本息共計 56.74 億美元。大亞灣核電站於 1987 年 8 月 7 日開工建設，兩台機組相繼於 1994 年 2 月 1 日和 5 月 6 日投入商業運轉，所生產電力 70% 供應香港，30% 供應廣東。

2008 年，大亞灣核電站上網電量達到 154.30 億千瓦時，第一次超過 150 億千瓦時，能力因數（機組可用率）達到 93.02%。

電站基本資訊	
電站所在地	廣東省深圳市
機組數量	2 部
綜合國化率"	
堆 型	M310 型
電站設計壽命	40 年
上一年發電量	154.3 億千瓦時
設計機組能力因數	1 號機組：99.79%、2 號機組：86.25%
業主單位	廣東核電合營有限公司
股東單位	廣東核電投資有限公司（75%）、香港核電投資有限公司（25%）
總投資	40 億美元
開工日期	1987 年 8 月 7 日
商轉日期	1 號機組：1994 年 2 月 1 日、2 號機組：1994 年 5 月 6 日
額定功率	983.8MW

## 田灣核電站：

田灣核電站位於江蘇省連雲港市連雲區田灣，廠區按照建設八台百萬千瓦級壓水堆核電機組規劃。一期工程建設 2 台單機容量 106 萬千瓦的俄羅斯 AES-91 型壓水堆核電機組。在核能領域進行的高科技合作，是迄今中俄間最大的技術經濟合作專案。機組設計壽命 40 年，年平均負荷因數不低於 80%，年發電量 140 億 KWh。



AES-91 型壓水堆核電機組，包括安全系統 4 通道、堆芯熔融物捕集器、全數位化儀控系統、反應堆廠房雙層安全殼等，在某些方面已達到國際上第三代核電站水準。

田灣核電站一期工程於 1999 年 10 月 20 日開工建設，1、2 號機組分別於 2007 年 5 月 17 日和 8 月 16 日先後投入商業運轉。

2009 年 6 月 30 日，中國國家發改委發文同意江蘇核電有限公司開展 5 號、6 號機組前期準備工作，按計劃 2010 年實現 5 號機組開工建設的目標。江蘇核電有限公司中長期發展戰略目標為“8863”，即到 2020 年，力爭將田灣核電站 8 台機組全部建成投產，發電能力超過 800 萬千瓦，年發電量超過 600 億度，年利潤總額超過 30 億元人民幣，成為蘇北地區的一個大型能源基地。

電站基本資訊	
電站所在地	江蘇省連雲港市連雲區田灣
機組數量	2 部
綜合國化率"	
堆 型	壓水堆
電站設計壽命	40 年
上一年發電量	140.75 億度
上一年機組能力因數	1 號機組：70.97、2 號機組： 81.20
業主單位	中核集團江蘇核電有限公司
股東單位	
總 投 資	
開工日期	1999 年 10 月 20 日
商轉日期	1 號機組：2007 年 5 月 17 日、2 號機組：2007 年 8 月 16 日
額定功率	1060MW

## 嶺澳核電站：

嶺澳核電站（一期）是中國廣東核電集團在廣東地區建設的第二座大型商用核電站，擁有兩台裝機容量為99萬千瓦的壓水堆核電機組，由嶺澳核電有限公司建設與經營。嶺澳核電站（一期）以大亞灣核電站為參考，進行了52項重要技術改進；按照國際標準，實現了專案管理自主化、建築安裝施



工自主化、調試和生產準備自主化，實現了部分設計自主化和部分設備製造國產化，整體國產化率達到30%，中國180餘家企業參與了工程建設和設備製造。嶺澳核電站（一期）於1997年5月15日開工建設，2003年1月8日建成投產。

截至2009年9月底，嶺澳核電站（一期）累計供電量約1013億千瓦時；累計償還基建貸款還本付息約29.1億美元，占累計還本付息總額的59.89%。

中國為推動核電自主創新、探索以CPR1000機組形成自主品牌的百萬千瓦級核電技術，實現中國百萬千瓦級商用核電站自主化及國產化。

電站基本資訊	
電站所在地	嶺澳核電站（一期）位於廣東省深圳市大鵬鎮東部
機組數量	2部
綜合國化率 "	30%
堆型	壓水式反應堆
電站設計壽命	40年
上一年發電量	146.2億千瓦時（2008年）
設計機組能力因數	1號機組：92.11%、2號機組：85.24%
業主單位	嶺澳核電有限公司
股東單位	中國廣東核電集團有限公司廣東核電投資有限公司
總投資	40億美元
開工日期	1997年5月15日
商轉日期	1號機組：2002年5月28日、2號機組：2003年1月8日
額定功率	990MWeX2

(截至 2010 年 8 月 15 日)

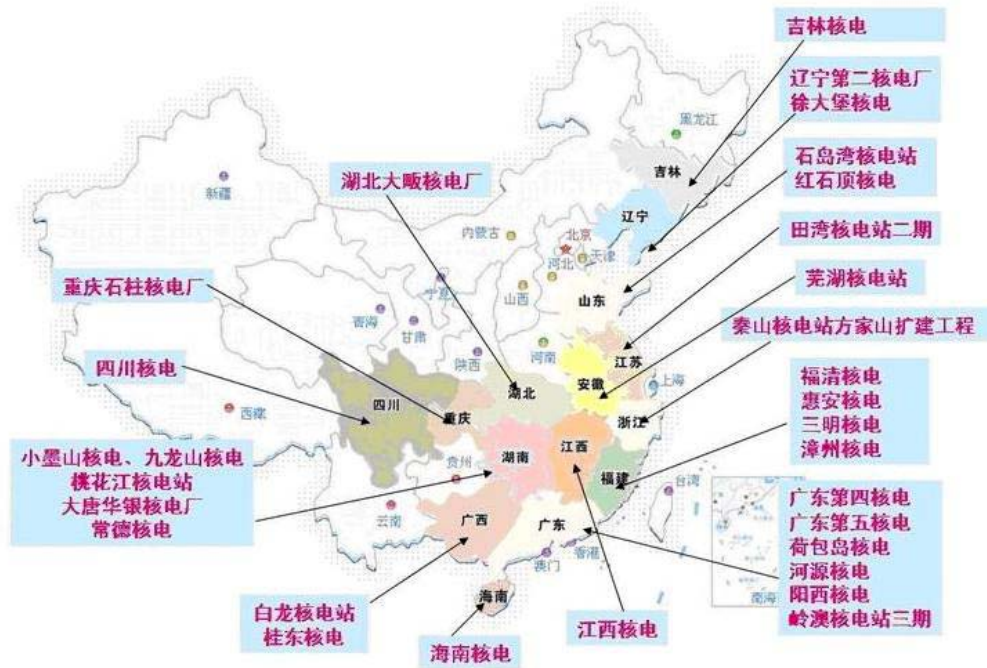


上圖說明已經運轉的 12 部機組以及目前興建中的機組。此次參訪上述核電站中的江蘇田灣核電站，並由學術研討會中了解到田灣核電站目前運轉所產生的放射性廢棄物產量及處理方式，於下 (3.2) 節中說明。

大陸規劃興建的核電站有 33 部機組，分布如下圖。根據台灣核能級產業發展協會統計資料，大陸另有 120 部機組興建案提議中。

國內目前核能電廠廠址中有達 11 部機組增建空間，目前有初步新建 6 部機組的提議。大陸這一階段大量興建核電站的過程中，必然有值得我們注意、參考其經驗之處。其中，建立先進的核電建廠管理資訊平台的做法即為值得借鏡之處，說明如 3.3 節。





大陸引進核能發電技術，並積極吸收消化，致力於核電技術自主化。設計審查工作為技術自主化能否落實之重要環節。例如國家核電上海核工程設計院目前致力於 AP100 系統相關設計技術之建立，山東海陽核電站則透過機組興建，整合自主化製造能力。唯設計審查工作之適當定位，如何發揮設計審查功能確保核電安全，並深化技術自主化，仍為討論議題，目前大陸出步決定，由業者負責設計審查。國內於核電運轉，甚而未來有新建機組織可能性，設計審查團隊之適當定位為值得思考、規劃、定位之議題。

目前發展較成熟之核電機組系統中，AP1000 設計強調其非能動安全設系統。目前大陸多項核電機組新建，決定採用 AP1000 系統。對於世界上首次興建此系統，大陸勢必對於其安全設計，尤其是非能動安全系統，進行嚴密測試。AP1000 系統另一項特色是強調模組化，目前海陽核電站機組組裝現場旁即建立廣闊場地進行機組模塊組裝。但是因為是世界上首次，原設計公司之細部設計工作，同時進行中。如此則對於設備製造部分之配合造成困難，製造延誤、製造修改、與現場系統不合等問題層出不窮。導致機組模組化之效益大打折扣。AP1000 系統亦為國內評估中對於未來新建機組織可能選擇之一。大陸引進 AP1000 系統過程中，包括系統測試之結果，及模組化設計之確實效益，均值得進一步收集資料。

### 3.2 放射性廢棄物處理

田灣核電站目前運轉有 2 座 106 萬千瓦 WWER 型壓水式反應器機組，2007 年兩台機組先後投入商業運轉。田灣核電站產生的放射性廢物有固體、液體和氣體 3 種形態。按照廢物的來源分為工藝廢物、技術廢物和其他廢物 3 類。各類廢棄物目前處置方法均為經過檢整、包裝後，入庫暫存。有些廢棄物選擇經過水泥固化程序後入庫。從表中可見，目前田灣核電站運轉所產生的放射性廢樹脂亦直接採用水泥固化方法。

廢棄物類別	廢棄物類型		處理方式
工藝廢物	廢樹脂、放射性濃縮液		水泥固化→UKT 廠房暫存
	廢 IC、NF/TMC		專用容器→UKT 廠房暫存
	過濾器芯		拆解→裝桶、壓縮、固定→UKT 廠房暫存
技術廢物	不可壓縮	≥2mSv/h	水泥桶固定密封→UKT 廠房暫存
		<2mSv/h	鋼桶固定密封→UKT 廠房暫存
	可壓縮	≥2mSv/h	壓實→水泥桶密封→UKT 廠房暫存
		<2mSv/h	放入廢物袋→初步檢整→量測、紀錄→壓縮、打包、裝桶→UKT 廠房暫存
其他廢物	廢棄油、廢溶劑等		專用容器→UKT 廠房暫存

核能電廠用於廢水處理，必然產生放射性廢樹脂。廢樹脂隨著核能電廠運轉，數量逐年累積。國際原子能總署（IAEA）統計典型核反應器產生廢樹脂量估計如下。

Reactor type	Spent ion exchange resin generation ( m <sup>3</sup> /unit.year )
PWR(壓水式)	4-7
PHWR(重水式)	5-7
BWR(沸水式)	20

目前工業上無機樹脂仍然無法完全取代有機樹脂。對於放射性有機廢樹脂，因為其長期處置期間，有受輻射、生化反應而結構裂化的問題，如何經過安定化程序，讓其能符合放射性廢棄物處置接收標準，再進行固化程序，仍為需要謹慎處理的問題。根據廢樹脂本身的物理及化學特性，一般處理的方法分為先處理再固化及直接固化兩類。固化前處理的目的即為破壞其有機結構，變為無機結構後再行固化。直接固化目前僅見於使

用高溫程序，如玻璃固化或電漿焚化等。

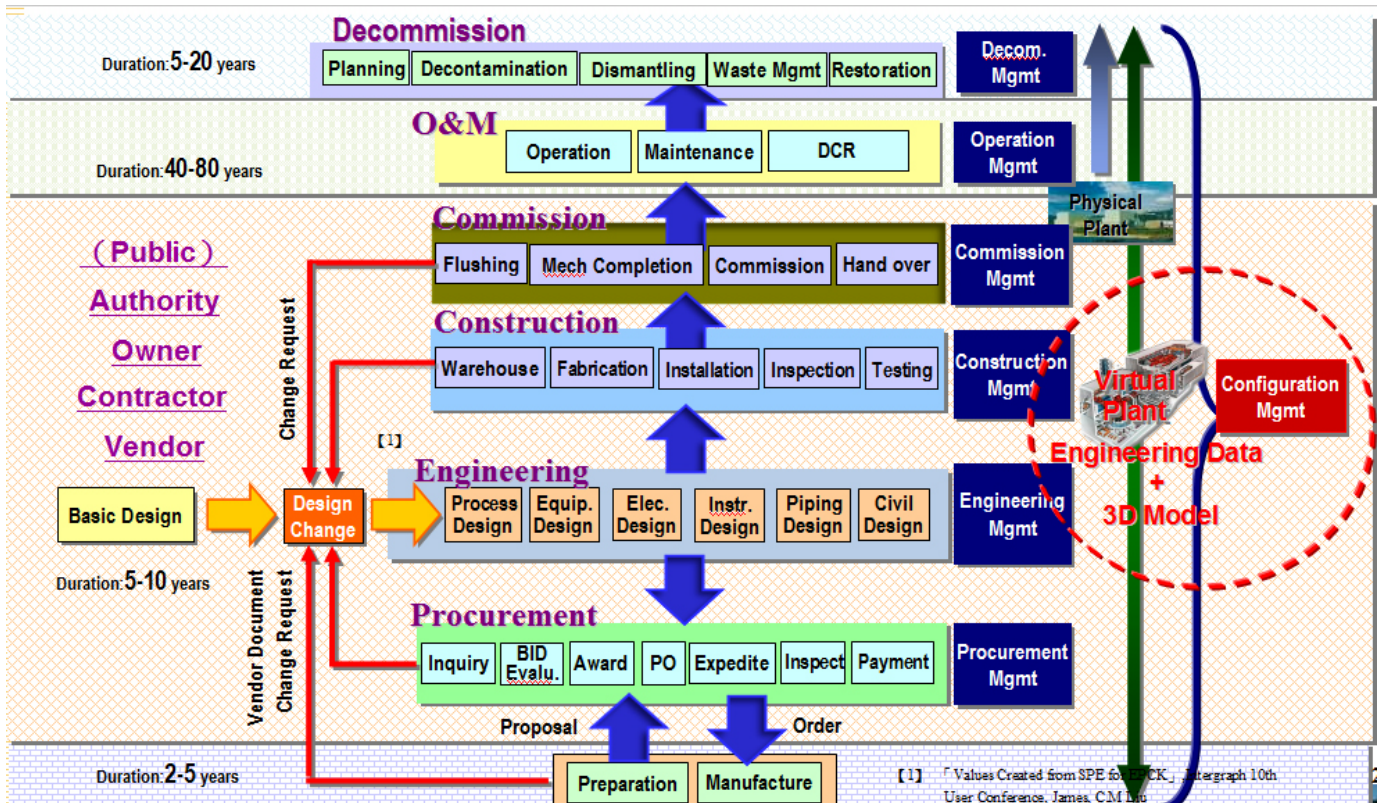
大陸核能電廠目前有 12 座運轉，比起國內 30 年以上的運轉經驗，在固體、液體、氣體放射性廢棄物處理、減容、安定化等，國內的經驗及技術應有應用推廣空間。國內核能研究所建立放射性廢樹脂濕式氧化技術，目前應用於協助核能電廠處理已經累積相當數量的放射性廢樹脂，此項技術可供大陸核能業界參考。

### 3.3 核能設施全生命週期構型管理

大型核能設施從設計、採購、建造、測試、運轉、到除役，生命週期可能長達 100 年。設計階段從概念設計到細部工程設計，估計 5 到 10 年，加上複雜的設備製造及採購程序，機組組裝，機組試運轉等，才能進入為期 40 年至 80 年的運轉維護時期。對於核能設施，其生命中還有一個重要階段，即為長達 5 到 10 年的除役階段。每一個階段，安全都是最主要考量。

在長達 100 年的生命週期中，於實體電廠誕生之前，即已經存在一個 Virtual Plant 於每一個層面，以現在的工程設計技術及設計工具，Virtual Plant 的內涵可以定義為工程數據（設計圖及設計資料）加上 3D 數位模型。因為安全相關，核能系統內容複雜。也因為安全相關，核能設施的建立及運作在運轉者、設計建造者、以及管制單位間的介面也複雜。整廠工程數據如工程圖、運轉參數等，經過長時間的運轉累積及系統修改，完整性不易維持。超過 3 個世代專業人力技術、知識傳承，更是關係到安全。國際原子能總署（IAEA）推動核能電廠構型管理（CM, Configuration Management）即著眼於維持核能電廠生命週期中工程數據的完整性，以維護安全。

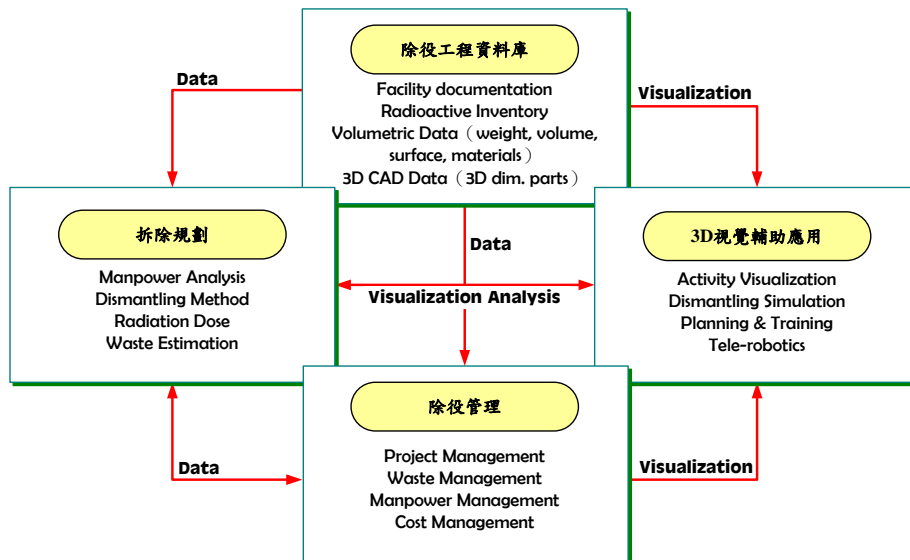




對於核能設施工程資訊完整性，較早開始從全生命週期角度思考的領域是除役。國際上核設施拆除作業中，類似 Virtual Plant 概念技術的應用愈顯重要，各國莫不積極研究以 3D 電腦模擬技術來增進除役工作的安全性及經濟性。以日本 JNC 的 Fugen 電廠之除役規劃為例，日本核能界大量引用 3D 模擬技術，應用資訊科技包括 3D CAD 及數位化視覺輔助系統如虛擬實境 (Virtual Reality, VR) 技術於電廠除役工作規劃。Fugen 電廠在除役工作中，引用資訊科技，首先建立「除役工程支援系統」。此系統以 3D CAD Data 及 Activity & Volume Inventory Data 構成系統核心資料庫，建立之資料可以作為除役工作各項規劃及分析之數據來源，也是發展視覺輔助應用所需。除了除役規劃階段的應用，除役工作實際進行中的各種管理行為也有賴於基本資料庫數據的完備。此外，Fugen 電廠之除役規劃大量引用 3D 模擬技術。除役規劃必須同時考慮經濟性及合理性，在規劃除役程序時，系統方法的應用可以就工作負荷、暴露劑量、廢棄物量估計與管理，與除役經費等參數取得最適化。Fugen 電廠在除役規劃初期階段即開始發展除役工程支援系統，應用資訊科技包括 3D CAD 及數位化視覺輔助系統，如虛擬實境 (VR) 技術於電廠除役工作規劃。

日本 JNC 公司從 1998 年開始發展除役工程支援系統，目前已經建立系統如下：

- (1) Fugen 電廠整廠 3D CAD 資料庫：包括反應器、渦輪機、廠房等均已經建立。設備的基本數據包括重量、材質、活度、劑量率等均與 CAD 資料庫連結。視覺輔助系統包括 3D 廠景、相對的 P&ID、相關設備的基本數據等，都可經由人際介面的設計很方便的瀏覽，除役程序的模擬也可以藉由 Walk-through 模擬。
- (2) 引進 COSMARD 系統：由 JAERI 發展的 COSMARD (Computer Systems for Planning and Management of Reactor Decommissioning) 系統，功能是評估工作負荷、人員暴露劑量率、廢棄物量等。與整廠 CAD 資料庫連結，以評估符合經濟效益之除役程序。
- (3) 應用 VR 技術，發展人員暴露劑量評估系統：命名為 VRdose 的視覺輔助系統，應用整廠 3D 模型，建立 VR (Virtual Reality) 系統。除了視覺互動模式可以用來取代大量的現場作業訓練外，結合區域劑量率分布圖，可以評估除役作業人員暴露劑量。
- (4) 建立虛擬實境投影系統：VR 系統除了在 PC 平台個人使用外，經由視覺投影系統 VENUS (Virtual Engineering and Navigation with Universal Visualization System) 可以提供多人同時使用的訓練系統，或群組討論的工具。歐洲國家除役工作亦大量應用 CAD 工具提供之數位 3D 模擬功能，西門子公司於高輻射設施如爐體拆除工作中，標榜將整廠結構及組件之資料建構於虛擬實境 (VR) 中 [註：M. Akiyama, “Research and development on decommissioning of nuclear facilities in Japan”, Nuclear Engineering and Design 165, 1996, 307-319]。



核設施停止運轉後，其運轉經驗及核設施技術資料極可能逐漸散失。因此，除役規劃中第一個重要步驟即為確認及保存執行除役工作需要的核設施運轉資料。許多運轉資料的保存工作必須於核設施尚在運轉時期即開始執行。在 IAEA 技術報告中，簡要的提到核設施除役所需的運轉記錄。核設施除役所需之運轉及技術資料主要為兩大類，一為核設施設計、建造、及修改資料，二為運轉、停止運轉、及停役期間之營運資料。上述資料未能彙整，對於除役工作有極大影響，最嚴重的影響當然是對環境及工作人員安全之衝擊，其次為對於除役管理及經費之影響。各種資料不完整之影響評估彙整如下 [註：IAEA Technical reports series No.411, “Record Keeping for the Decommissioning of Nuclear Facilities : Guidelines and Experience”, December 2002]。

除役所需資料	可能影響
核設施設計、建造、及修改資料(Design, construction and modification data)	
(1) 廠地特性、地質、及背景基礎輻射數據(Site characterization, geological and background baseline radiological data)	<ul style="list-style-type: none"> <li>No target for the restoration of this site</li> <li>Site termination surveys more technically difficult</li> <li>More time, resource and equipment use required</li> <li>Future litigation, owing to inadequate data</li> <li>Significant regulator interface on the potential environmental, health and safety issues</li> <li>License termination documentation potentially large and complex</li> <li>Impact on decommissioning strategy and cost (i.e. significantly increased waste management)</li> <li>Considered to be a significant issue of facilities handling naturally occurring radioactive materials</li> </ul>
(2) 完整的設施工程圖件、技	<ul style="list-style-type: none"> <li>Complicates the knowledge of and access to contaminated areas</li> </ul>

除役所需資料	可能影響
術資料、及計算資料 (Complete drawing of the facility as built and the technical description of the facilities, including design calculation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Time and money spent on reconstructing the record and on calculation</li> <li>• The safety case may be delayed</li> <li>• Direct effect on the decommissioning strategy and an impact on time scheduling</li> <li>• Much more safety and environmental planning to deal with unknown situations and more contingency required, for example for resources and financing</li> <li>• Considerable increased regulatory intersection to clear the safety case</li> <li>• Cannot move to decommissioning without this data being available or reconstructed</li> </ul>
(3) 重要的設備材料數據 (Procurement records of materials during construction and through the life of the facility)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• An adequate theoretical assessment of neutron activation (for reactor) of materials is more difficult and hence waste cost estimates become difficult, which leads to considerably more sampling of the facilities (this has implications for workforce safety and decommissioning cost)</li> <li>• Can affect the waste management aspect to the decommissioning strategy</li> <li>• Causes difficulty with estimating the potential dose uptake, which leads to conservative decommissioning strategies, which will affect decommissioning work packages</li> <li>• Implications for the selection of decommissioning techniques</li> <li>• More regulatory intervention by the regulators</li> <li>• Time, resources and cost implications for the strategy to be used, and a time delay</li> </ul>
運轉、停止運轉、及停役期間之營運資料(Operating, shutdown and post-shutdown data)	
(4) 環境釋放監測記錄 (Environmental releases over the life of the facility)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of assurance on off-site and site contamination</li> <li>• Public concern potential and potential long term litigation</li> <li>• Will need regulatory intervention regarding previously unrevealed historical events</li> <li>• Potential to be forced to do cleanup operations that are not the responsibility of the facility</li> <li>• Unable to confirm adequately the baseline site characteristics</li> <li>• Potential difficulty in releasing land for other uses</li> </ul>
(5) 異常事故紀錄(Abnormal occurrence reports)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The need to deal with unknowns, which can give rise to an unexpected operator risk, and will give the regulator, public and workforce a lack of confidence in the management of the decommissioning</li> <li>• Unexpected waste arising and workforce dose and/or chemical exposure</li> <li>• Will impact upon the decommissioning strategy</li> </ul>

除役所需資料	可能影響
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Will cause delays</li> <li>• Will cause a substantial change in the strategy</li> <li>• Will increase time, costs and resources, which can impact upon the ability to release land</li> </ul>
(6) 系統設備修改停用紀錄 (Records of terminations, including disconnections, removals, etc. of pipes, cables and vessels)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unexpected hazards arise</li> <li>• Lack of records will lead to a lack of confidence by the regulators, public and workforce</li> <li>• Potential for cross-contamination</li> <li>• Will interference with the development of work program, and hence contingency will be required</li> <li>• Additional waste generated</li> </ul>

由上表之評估顯示，除了核設施之文字資料外，系統相關之工程資料如設備之圖件及規格在除役工作中為不可或缺之資料。核設施從設計、建造，到運轉維護，現場實際狀況與保存圖件資料之差異很難避免，因此除役時需要對現場實際系統仔細盤點。數位 3D 工程模擬即為系統設備盤點非常有效之技術。依據核設施實際之建築空間及系統設備之 3D 尺寸輸入建構之數位 3D 模型，可以與現有之 2D 設計圖交互檢查，確認整廠設施及布置之正確性。將工程資訊整合於數位 3D 模型之資料庫將使人員查閱整廠工程資料更為方便，同時更容易維持一致性。以數位 3D 模擬提供之視覺輔助介面為人機介面，亦將使得資料之交互參照更為完整。

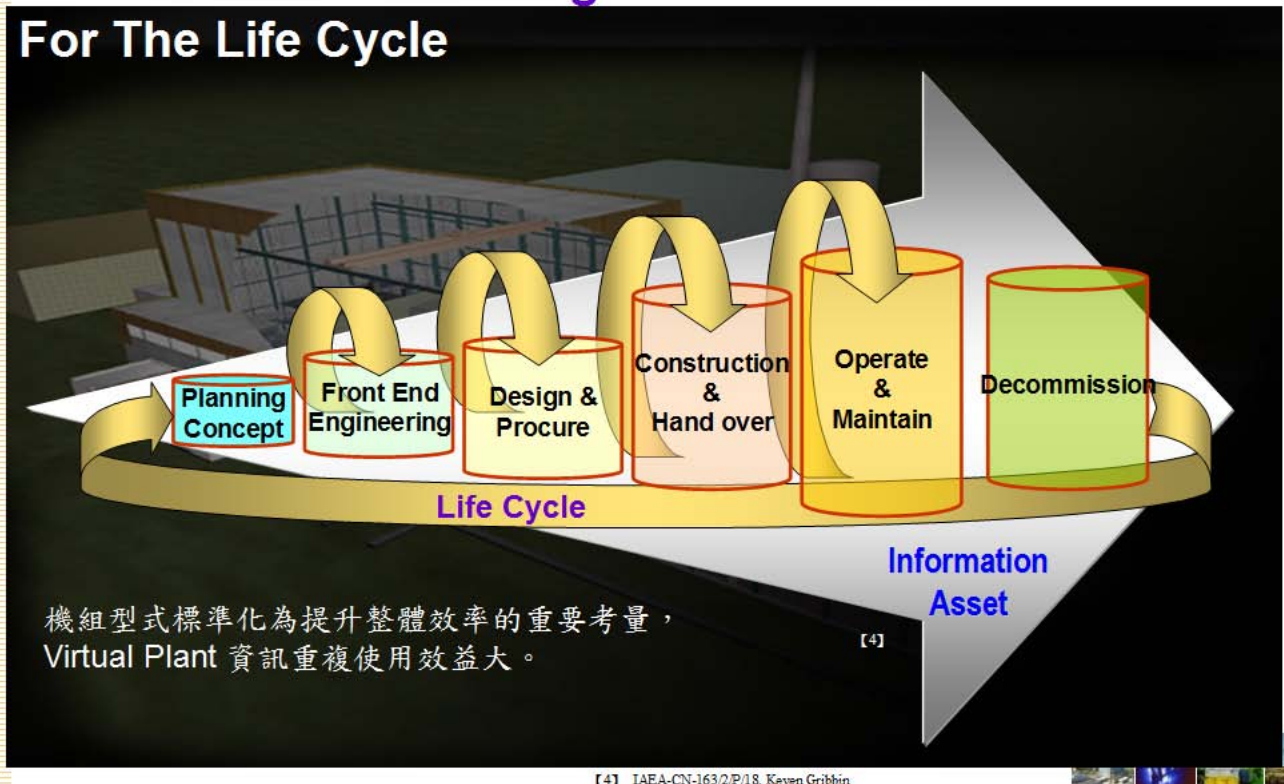
核設施從建造、運轉、停止運轉、到除役，通常需要數十年時間。核設施完整的工程資料如何保存及維護為核能界普遍關注之議題。尤其是走到除役階段，原有的運轉經驗、專業技術、人力均面臨如何有效傳承之問題。

數位 3D 整廠模型包含整廠的工程資訊。建築空間及設備可以依照設計規格建立足以應用於工程評估的精確度，所有組件的工程資料，包括尺寸、位置、組裝、外型、材質、重量、設備布置等更可以形成資料庫與 3D 模型連結。因此，從知識管理的角度來看，工程資訊資料庫為直接的顯性資訊(explicit information)，而 3D 視覺模擬的功能包括整廠瀏覽、空間評估、干涉檢查、等，以及由 3D 模型與資料庫的交互連結則，可以藉由資訊互動性產生隱性知識(tacit knowledge) [Young-Gul Kim etc. “Knowledge strategy planning : methodology and case”, Expert Systems with Applications 24 (2003) 295-307]。



若能在核設施建立之初，隨著工程設計建立完整的 3D 整廠模擬，則整套的全廠知識可以從規劃設計階段就開始產生功能，整個設施的生命週期中，包括工程設計、工程

## Plant Information Management For The Life Cycle



建造、運轉維護、到除役處置，整套工程資訊資產會不斷成長，應用的效益也不斷增加，如上圖。更重要的是整廠的資訊完整保存的同時，知識技術的傳承也形成統一的形式可以依循，因而較有保障。

為實現低碳經濟，調整能源結構，未來台灣有擴充核能發電機組的可能。機組型式標準化為提升整體效率的重要考量。從設計之初，應用 3D CAD 建立包括整廠工程數據及 3D 數位模型的虛擬電廠，生命週期比實體電廠長。妥善應用 3D CAD 技術能有效提升核能設施全生命週期管理效率，更能增進核能應用的安全。

從國際原子能總署（IAEA）的技術報告，IAEA-TECDOC-1335 “Configuration management in nuclear power plants”，說明 IAEA 長期觀察研究的結果（The IAEA Incident Reporting System (IRS)）顯示，核能設施發生事故，約有 25% 可歸咎於構型管理不善。另一份有關核設施除役安全的報告，IAEA Technical Reports Series no. 411 “Record Keeping for the Decommissioning of Nuclear Facilities : Guidelines and Experience”，亦說明整廠資訊保存不良，導致引起除役安全問題以及費用大增。

核能電廠工程數據從概念設計階段，就必須開始有系統的彙整，Virtual Plant 從設計階段開始，即已存在。核電工程包括廠址規劃、核島區及 BOP 區的各种系統、設備、儀

表及控制、土建、輻安等各領域，交聯核工、材料、製程、管線、機械、儀控、電力及土木等專業，產生大量的工程數據。工程數據從概念設計、細部設計、設備製造採購、系統組裝、到設備檢驗及系統測試，最後整廠移交到運轉單位，整個 Virtual Plant 不斷成長。如何在核能電廠設計之初，建立一套有效的工程數據管理平台，使得核能電廠 Virtual Plant 於生命週期成長中能維持完整性，建立核能電廠全生命週期能落實 IAEA 構型管理精神的基礎，保障核能電廠運作安全，為國內進行下一階段核能電廠建造前必須整合備妥之技術。從現有大型工程管理技術中，評估、引進、發展適合核能電廠建廠管理的技術平台，建立 Virtual Plant 管理平台工具及技術，並以國內已經建造或正在建造中的核能電廠設計資料為驗證，進而建立整廠設計資料圖文整合技術。

藉由建立整廠設計資料圖文整合技術及平台工具，首先在未來國內可能新建核能電廠的過程中，從概念設計、細部設計、工程採購建造、系統測試等程序，均能發揮工程資料構型管理之效益。同時在發展、引進核電技術過程中，達到整合國內工程管理能力，深化核電技術自主化之功能。核能設施規劃、設計、建造、測試、運轉、維護、除役，約 100 年的生命週期，應充分應用視覺化模擬技術，建立有效溝通平台，發揮隱性資訊（Tacit Information）應用效益，並連結工程數據管理，落實 CM（Configuration Management）精神，亦即應發揮核設施 Virtual Plant 全生命週期應用效益。



## 四、建議事項

- (1) 大陸核能電廠從 1994 年秦山一期核電站並聯運轉開始到目前有 12 座運轉，比起國內 30 年以上的運轉經驗，在固體、液體、氣體放射性廢棄物處理、減容、安定化等，國內的經驗及技術應有應用推廣空間。國內核能研究所建立放射性廢樹脂濕式氧化技術，目前應用於協助核能電廠處理已經累積相當數量的放射性廢樹脂，此項技術可供大陸核能業界參考。
- (2) 建立全生命週期構型管理技術。藉由建立整廠設計資料圖文整合技術及平台工具，在未來國內可能新建核能電廠的過程中，從概念設計、細部設計、工程採購建造、系統測試等程序，均能發揮工程資料構型管理之效益。同時在發展、引進核電技術過程中，達到整合國內工程管理能力，深化核電技術自主化之功能。核能設施規劃、設計、建造、測試、運轉、維護、除役，約 100 年的生命週期，應充分應用視覺化模擬技術，建立有效溝通平台，發揮隱性資訊 (Tacit Information) 應用效益，並連結工程數據管理，落實 CM (Configuration Management) 精神，亦即應發揮核設施 Virtual Plant 全生命週期應用效益。
- (3) 大陸引進核能發電技術，並積極吸收消化，致力於核電技術自主化。設計審查工作為技術自主化能否落實之重要環節。例如國家核電上海核工程設計院目前致力於 AP100 系統相關設計技術之建立，山東海陽核電站則透過機組興建，整合自主化製造能力。唯設計審查工作之適當定位，如何發揮設計審查功能確保核電安全，並深化技術自主化，仍為討論議題，目前大陸出步決定，由業者負責設計審查。國內於核電運轉，甚而未來有新建機組織可能性，設計審查團隊之適當定位為值得思考、規劃、定位之議題。
- (4) 目前發展較成熟之核電機組系統中，AP1000 設計強調其非能動安全設系統。目前大陸多項核電機組新建，決定採用 AP1000 系統。對於世界上首次興建此系統，大陸勢必對於其安全設計，尤其是非能動安全系統，進行嚴密測試。AP1000 系統另一項特色是強調模組化，目前海陽核電站機組組裝現場旁即建立廣闊場地進行機組模塊組裝。但是因為是世界上首次，原設計公司之細部設計工作，同時進行中。如此則對

於設備製造部分之配合造成困難，製造延誤、製造修改、與現場系統不合等問題層出不窮。導致機組模組化之效益大打折扣。AP1000 系統亦為國內評估中對於未來新建機組可能選擇之一。大陸引進 AP1000 系統過程中，包括系統測試之結果，及模組化設計之確實效益，均值得進一步收集資料。

## 附錄一：於青島海陽核電站技術研討會大陸參與人員名單

### 一、中國核學會

序號	姓名	單位	職務/職稱
1	李冠學	中國核學會	理事長
2	耿慶雲	中國核學會	秘書處主任
3	馬正鋒	中國核學會	秘書處工作人員

### 二、中國電力投資集團公司

序號	姓名	單位	職務/職稱
1	丁中智	中電投集團公司核電有限公司 中國核學會	董事長 副理事長
2	吳衛	中電投集團公司核電事業部	主任工程師
3	白利超	中電投集團公司核電事業部	處長

### 三、山東核電有限公司

序號	姓名	單位	職務/職稱
1	關先林	山東核電有限公司	副總經理
2	薛益鳴	山東核電有限公司	副總經理、總工程師
3	王有志	山東核電有限公司	副總經理
4	胡江	山東核電有限公司計畫控制部	處長
5	張義	山東核電有限公司計畫控制部	副處長
6	梁軍	山東核電有限公司安全質保部	副經理
7	李強	山東核電有限公司設計管理部	副經理
8	姚勇	山東核電有限公司設計管理部	高級工程師
9	丁維民	山東核電有限公司工程部	經理
10	唐永堯	山東核電有限公司商務合同部	副經理
11	高永軍	山東核電有限公司商務合同部	副處長
12	劉新利	山東核電有限公司採購部	經理
13	曹萬霆	山東核電有限公司採購部	監造工程師
14	張明	山東核電有限公司調試管理部	副經理
15	郝宏亮	山東核電有限公司生產準備部	副經理
16	王道全	山東核電有限公司生產準備部	保健物理工程師
17	郭宏恩	山東核電有限公司運行部	副經理
18	楊社群	山東核電有限公司運行部	副處長
19	謝常嶽	山東核電有限公司培訓部	副經理

## 附錄二：於江蘇田灣核電站技術研討會大陸參與人員名單

序號	姓名	單位	職務
1	李冠興	中國核學會	理事長
2	雷增光	中國核工業集團公司	總工程師
3	劉振河	中核集團中核清原環境技術工程公司	總經理
4	章英傑	中核集團中核清原環境技術工程公司	首席專家
5	潘燕晨	中核集團中核清原環境技術工程公司	副主任
6	王長東	中核集團中國核電工程有限公司	副總工程師
7	霍建明	中核集團中國核電工程有限公司	副主任
8	仲衛東	中核集團中核核電有限公司	部門經理
9	張國偉	中核集團中核核電有限公司	工程師
10	吳明亮	中核集團秦山第三核電有限公司	副處長
11	喬剛	中核集團秦山第三核電有限公司	副處長
12	熊和紅	中核集團秦山第三核電有限公司	副科長
13	張勇	中核集團秦山核電有限公司	處長
14	李守平	中核集團核電秦山聯營有限公司	副科長
15	韓乃山	中國核工業建設集團二三公司	副總經理
16	何毅	中國核工業建設集團國際核電事業部 品質技術部	部門經理
17	賈桂秀	中國核工業建設集團核電工程部	部門主任助理
18	關先林	中電投集團山東核電有限公司	副總經理
19	郭宏恩	中電投集團山東核電有限公司	部門經理
20	趙樹泉	中電投集團山東核電有限公司	專工
21	田小龍	中電投集團山東核電有限公司	助理專工
22	曾曦	國家核電技術公司	主任
23	馮雨	國家核電技術公司	業務主管
24	喬丕業	中廣核工程公司	項目總工
25	陳建兵	中廣核大亞灣運營管理有限公司	大修經理
26	潘傳紅	中國核學會	秘書長
27	劉長欣	中國核學會	副秘書長
28	耿慶雲	中國核學會	主任
29	蔣國元	中國核學會 中核集團江蘇核電有限公司	常務理事 經理
30	黃潛	中核集團江蘇核電有限公司	副總經理
31	申彥鋒	中核集團江蘇核電有限公司	副總經理
32	劉兆華	中核集團江蘇核電有限公司	副總經理
33	段勇	中核集團江蘇核電有限公司 辦公室	主任
34	盧鐵忠	中核集團江蘇核電有限公司 生產計畫處	處長
35	趙喜寰	中核集團江蘇核電有限公司 運行處	副處長
36	劉永生	中核集團江蘇核電有限公司 維修處	處長助理

序號	姓名	單位	職務
37	張 遠	中核集團江蘇核電有限公司 維修處	副科長
38	徐霞軍	中核集團江蘇核電有限公司 儀控室	副主任
39	王建瑜	中核集團江蘇核電有限公司 技術支持處	處長
40	支鳳春	中核集團江蘇核電有限公司 技術支持處	副處長
41	歐陽欽	中核集團江蘇核電有限公司 技術支持處	副處長
42	屈凡玉	中核集團江蘇核電有限公司 核安全處	副處長
43	苟全錄	中核集團江蘇核電有限公司 保健物理處	副處長
44	何培元	中核集團江蘇核電有限公司 工程計劃一處	處長
45	崔方水	中核集團江蘇核電有限公司 設計管理一處	處長
46	美百文	中核集團江蘇核電有限公司 設備採購管理一處	處長
47	湯九軍	中核集團江蘇核電有限公司 工程建設一處	處長
48	張 綸	中核集團江蘇核電有限公司 工程計畫二處	副處長
49	朱元聖	中核集團江蘇核電有限公司 設備採購管理二處	副處長 (主持工作)
50	許建華	中核集團江蘇核電有限公司 工程建設二處	副處長 (主持工作)

附錄三：於上海核工程研究設計院技術研討會大陸參與人員名單

編號	單位	姓名	職務
1	中國核學會	潘傳紅	秘書長
2		李 鋼	聯繫人：13701308337
3	上海核工程研究設計院	嚴錦泉	副院長、院總工程師
4		顧申傑	院副總工程師 總體技術部副主任
5		劉童耀	院辦與國際事業部副主任
6		趙 青	工藝系統所副所長
7		王翠芳	項目綜合管理部主任助理
8		杜風雷	諮詢部主任助理
9		劉 鑫	堆芯設計所所長助理
10		梅其良	堆芯設計所