

出國報告（出國類別：訓練）

赴美國核管會
研習核能電廠稽查管制技術及參訪

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：方集禾技士、施劍青技士

派赴國家：美國

出國期間：100年8月13日至100年9月16日

報告日期：100年11月10日

摘要

本次研習首先赴美國核能管制委員會（Nuclear Regulatory Commission, NRC）技術訓練中心（Technical Training Center, TTC）參加兩項課程之研習，內容主要包含對 Westinghouse Owners Group 之緊急應對指引（Emergency Response Guideline）及緊急操作程序（Emergency Operating Procedures）使用之瞭解、Westinghouse 壓水式反應器運轉規範研習及機組暫態分析等，以強化視察員之本職學能。

第二階段行程為參訪美國核能管制委員會 Region II 辦公室及其轄下興建中核能電廠 Watts Bar，實地瞭解美國第一線視察員執行電廠管制作業狀況，並與美國核能管制委員會人員進行廣泛之興建視察及管制經驗交流，瞭解將來對新建核能機組之視察規劃，以期強化及增進我國核能電廠稽查管制之技術能力。

之後前往美國核能管制委員會總部，進行視察作業經驗交流會議，並針對龍門電廠管制現況及我國近期遭遇到之核安管制議題等，與其進行廣泛之討論，藉此瞭解美國核能管制委員會對相關議題之建議及作法，以強化本會對核能電廠稽查管制之能力。

最後前往美國核能管制委員會的專業發展中心（Professional Development Center, PDC）研習「進階思考與決策（Improved Critical Thinking and decision Making）」課程，學習到跳脫思考的框框，不侷限在舊有的思維內，而能找到問題的其他答案。

本次研習所學包含核能電廠專業技術及管制實務等經驗交流，已將相關心得整理於報告中，攜回之相關電子檔則置於本會核管知識網，並提出建議事項，期能將所學應用於日後實際管制業務，提升管制效能。

目 錄

壹、目的	1
貳、行程	2
參、過程與研習紀要	
一、參加美國核能管制委員會技術訓練中心之課程	4
二、參訪美國核能管制委員會 Region II 辦公室	16
三、參訪田納西流域管理局 Watts Bar 核電廠	19
四、參訪美國核能管制委員會總部	20
五、參加美國核能管制委員會專業發展中心之課程	21
肆、心得與建議	24
附件一：西屋公司模擬器訓練複習課程表	27
附件二：西屋公司進階技術課程表	28
附件三：美國核管會 Region II 辦公室及 Watts Bar 核電廠參訪行程	30
附件四：美國核管會總部參訪及專業發展中心研習行程	33
圖 1 各參數隨時間變化之圖形(以 Transient5.14 為例)	34
圖 2 與田納西流域管理局申照工程師討論 Watts Bar 核電廠 2 號機施工進度	35
圖 3 原能會視察員於 Watts Bar 核電廠 2 號機圍阻體內合照	35
圖 4 原能會視察員於 Watts Bar 核電廠冷卻塔前合照	36

壹、目的

本次赴美國核能管制委員會（U.S. Nuclear Regulatory Commission）研習核能電廠稽查管制技術及參訪之主要目的如下：

- 一、 提升核能管制工作專業知識：參加美國核能管制委員會專為核能管制工作設置之訓練課程，學習核能電廠系統運轉暫態及事故分析、系統安全功能設計理念、核能電廠重要議題之管制實務等方面之專業知識，強化核能電廠管制人員專業能力。
- 二、 精進核能電廠安全管制作業：藉由與美國核管會各類專家進行廣泛討論，以瞭解美國管制單位對各項核能安全管理實際執行情形及成效，可作為日後執行核安管制或審查作業之參考，精進核能電廠安全管制作業。
- 三、 落實本會「運轉員考官培養訓練」：本會對於運轉員考官之訓練皆有一定之步驟及計畫，諸如：基礎養成訓練、駐廠視察見習、國外管制機構訓練及見習等。本次「出國訓練」即屬於考官培養訓練計畫中之一環。
- 四、 強化台美雙方視察員交流：本次台美雙方視察員交流，除能了解美國核管會對運轉中電廠之視察作業及未來新建核能電廠之管制規畫外，並藉由彼此交換管制心得、現場實地觀摩、學習，更進一步提升核能電廠管制技能。

貳、行程

本次赴美國核能管制委員會（U.S. Nuclear Regulatory Commission）研習核能電廠稽查管制技術及參訪之主要行程概述如下，整理如表 2-1：

於 8 月 13 日起程搭機，隔日 14 日抵達位於田納西州，查塔諾加（Chattanooga, Tennessee）的美國核能管制委員會（U.S. Nuclear Regulatory Commission）技術訓練中心（Technical Training Center），開始進行為期三週之訓練課程。參加之課程共有兩項，第一週由 8 月 15 日至 19 日，為「西屋公司模擬器訓練複習課程（R-704P: Westinghouse Simulator Refresher）」，課程內容如附件一；第二、三週由 8 月 22 日至 9 月 2 日，為「西屋公司進階技術課程（R-504P: Westinghouse Advanced Technology）」，課程內容如附件二。

於技術訓練中心之課程結束之後，於 9 月 3 日隨即轉往美國核能管制委員會位於喬治亞州，亞特蘭大（Atlanta, Georgia）之 Region II 辦公室進行參訪，並在美國核能管制委員會人員安排下，前往田納西流域管理局（Tennessee Valley Authority）所屬之興建中核電廠 Watts Bar 進行參訪；該週行程如附件三。

於美國核能管制委員會 Region II 辦公室參訪結束後，於 9 月 10 日轉往美國核能管制委員會位於馬里蘭州，洛克維爾（Rockville, Maryland）之總部（Headquarters）進行參訪，並於 9 月 13 日至 14 日至美國核能管制委員會位於馬里蘭州，貝塞斯達（Bethesda, Maryland）之專業發展中心（Professional Development Center），接受 2 天之「進階思考與決策（Improved Critical Thinking and decision Making）」課程；該週行程如附件四。

在馬里蘭州參訪美國核能管制委員會總部及參加專業發展中心課程結束後，於 9 月 15 日搭機離美並於 16 日抵台，圓滿達成本次為期 35 天之赴美國核管會研習核能電廠稽查管制技術及參訪行程。

表 2-1 赴美國核管會研習核能電廠稽查管制技術及參訪之行程概要

日期	行程內容
8月13日 至 8月14日	搭機赴美（去程）。
8月15日 至 9月2日	於美國核能管制委員會技術訓練中心（Chattanooga, Tennessee）參與 R-704P：Westinghouse Simulator Refresher 及 R-504P：Westinghouse Advanced Technology 訓練課程。
9月3日 至 9月9日	至美國核能管制委員會 Region II 辦公室（Atlanta, Georgia）及田納西流域管理局所屬之興建中核電廠 Watts Bar 進行參訪。
9月10日 至 9月14日	至美國核能管制委員會總部（Rockville, Maryland）進行參訪；並在其專業發展中心（Bethesda, Maryland）參與「進階思考與決策（Improved Critical Thinking and decision Making）」課程。
9月15日 至 9月16日	搭機返回台北（回程）。

參、過程與研習紀要

一、參加美國核能管制委員會技術訓練中心之課程

(一) 西屋公司模擬器訓練複習

課程名稱：R-704P Westinghouse Simulator Refresher

時間：8 月 15 日至 8 月 19 日

地點：田納西州，查塔諾加 (Chattanooga, Tennessee)

課程綱要：

本課程之目的是為給視察員、運轉員及應試人員學習下列要項：

1. 反應器在正常、不正常及事故狀況下之起動、停機與運轉。
2. 對 Westinghouse Owners Group 之緊急應對指引 (Emergency Response Guideline) 及緊急操作程序 (Emergency Operating Procedures) 有通盤之瞭解。
3. 運轉規範之應用與使用。
4. 緊急行動等級 (Emergency Action Level) 之應用與通盤之瞭解。

以上學習要項將經由下列之課程實習以確認學員之瞭解：

1. 起動與停機操作。
2. 正常運轉操作依運轉規範決定行動狀況。
3. 依運轉規範決定行動狀況。
4. 對儀器問題之應對。
5. 對不正常及事故狀況之應對。

研習概況：

8 月 15 日上午 7:30 抵達美國核管會 (USNRC) 位於 Tennessee, Chattanooga 之技術訓練中心 (Technical Training Center, TTC)，並由 NRC 人員 Jay A Hopkins 接待並介紹環境。參加訓練課程名稱「R-704P: Westinghouse Simulator Refresher」，課程講師：Roy 及 Philip，參訓學員共計 8 位，課程流程大致係先於課堂上進行事故狀況處置要點講解，再以模擬器演練；該模擬器對應之機組為 Trojan Nuclear Plant。主要過程與研習紀要如下列：

1. 為幫助學員銜接本課程，故簡介及複習本訓練課程使用模擬器機組之反應器跳脫信號（Reactor trips）、保護連鎖信號（Protection Grade Interlocks）及控制連鎖信號（Control Grade Interlocks）；與核三廠比較，除設定點有明顯不同外，其餘連鎖或設定之邏輯大致相同。
2. 為幫助學員銜接本課程，故簡介及複習本訓練課程使用模擬器機組之各設備組件系統，如：緊急爐心冷卻系統（ECCS composite）、安全注水系統（Safety Injection System）、餘熱移除系統（Residual Heat Removal System）及圍阻體噴灑系統（Containment Spray System）；與核三廠比較，本訓練課程使用之模擬器機組，其安全注水泵專用於緊急爐心冷卻系統之高壓注水，平時不擔負充水泵的功能。
3. 為幫助學員銜接本課程，故簡介及複習本訓練課程使用模擬器機組之各功能邏輯圖（Functional Diagram），主要有特殊安全設施引動邏輯（Engineered Safety Features Actuation Logic）、調壓槽低壓安全注水引動邏輯（Low pressurizer Pressure SI Actuation Logic）、主蒸汽管高流量特殊安全設施引動邏輯（High Steam Line Flow ESF Actuation Logic）及主蒸汽管高壓差安全注水引動邏輯（High Steam Line Differential Pressure SI Actuation Logic）；與核三廠比較，核三廠現況並無主蒸汽管高流量特殊安全設施引動邏輯（High Steam Line Flow ESF Actuation Logic）及主蒸汽管高壓差安全注水引動邏輯（High Steam Line Differential Pressure SI Actuation Logic）之設定，其餘皆有近似之功能邏輯設定。
4. 為使學員對核電廠之緊急應變作業有初步的認識，故進行緊急操作程序（Emergency Operating Procedures，EOP）教學，教材名稱：Westinghouse EOP Usage、E-0 Reactor Trip or Safety Injection。教學內容主要係介紹 EOP 之進入使用與結束時機、文件排版結構、註記與詞彙之定義，以及狀態樹（status tree）之使用與結束時機等。其中，詞彙定義有特別提到 EOP 中的「check」係指「查驗設備狀態，但設備不須於該狀態」，而「Verify」係指「確使設備於該狀態，設備須達成該狀態」；此觀念應於執行 EOP 時注意。之後配合進行模

擬器演練，由講師示範 EOP 之執行及運轉員於程序要求時應有之回應，講師每次於 EOP 之不同步驟中穿插錯誤之設備狀態，以期學員能發現並能依循 EOP 執行正確之處置步驟。

5. 蒸汽產生器故障事故之處置，教材名稱：E-2 Faulted Steam Generator Isolation。過程中，學員對部分處置步驟持有不同之見解，並與講師展開熱烈之討論；然而，講師表示若對 EOP 執行步驟有疑問時，可參閱 EOP 之基準（Base），其中會有該事故狀況之假設條件，而各處置步驟亦依據該假設狀況而來。
6. 預期暫態未急停（Anticipated Transient Without Scram，ATWS），教材名稱：FR-S.1 Response to Nuclear Power Generation / ATWS。「預期暫態未急停」之「暫態」係指第二類事件（Condition II event），故 ATWS 僅由第二類事件來進行事故分析，以決定最嚴重之 ATWS。反應器事故之第二類事件計有：喪失負載或主汽機跳脫（Loss of load/Turbine trip）、喪失主飼水（Loss of normal feedwater）、喪失廠外電源（Loss of outside power）、反應器冷卻水系統意外洩壓（Accidental RCS depressurization）及控制棒無法控制的抽出（Uncontrolled Rod withdrawal）等五種。經分析顯示，最嚴重之 ATWS 是喪失主飼水且反應器未急停（loss of feedwater without Rx trip），這將使反應器冷卻水系統壓力達到 3200psig 且使反應器能仍有近 70%之功率。預期暫態未急停之主要處置步驟為：(1)確認自動動作或執行手動動作以減少爐心功率 (2)緊急加硼 (3)檢查所有正反應度的來源並加以減少 (4)確認達到次臨界。另外，再介紹「預期暫態未急停緩和系統致動線路（ATWS Mitigation System Actuation Circuitry，AMSAC）」，在 10 CFR 50.62 有要求每個 PWR 要有從感應裝置輸出至終端引動裝置之設備。AMSAC 為非安全系統，僅用作為反應器保護系統（RPS）之後備，為跳脫汽機與引動輔助飼水之替代致動線路，且 AMSAC 並不會出現在安全分析報告(SAR)或運轉規範中。
7. 蒸汽產生器破管事故，教材名稱：E-3 Steam Generator Tube Rupture。蒸汽產生器破管事故是長久以來最主要的反應器運轉意外事故，該事故將形成一次側外釋至環境之最直接路徑。緊急操作程序 E-3 之主要步驟：(1)確認並隔離

破管之蒸汽產生器 (2)冷卻以建立反應器冷卻水系統之次冷度餘裕 (3)將反應器冷卻水系統降壓使一次側至二次側之洩漏減小並維持存水量 (4)終止安全注水以停止一次側至二次側之洩漏 (5)冷卻至冷停機。之後進行 2 次蒸汽產生器破管事故之處置演練，並於第 2 次演練時加入燃料更換水儲存槽 (Refueling Water Storage Tank, RWST) 用至低水位而轉入冷端再循環之狀況。

8. 喪失所有飼水之處置，教材名稱：FR-H.1 Loss of All Feedwater。該事故狀況係指喪失所有飼水（包含輔助飼水）且反應器跳脫，但安全注水未動作（與預期暫態未急停不同）。緊急操作程序 FR-H.1 之主要步驟：於反應器跳脫且確認喪失所有飼水後(1)手動引動安全注水 (2)建立反應器冷卻水系統飼水路徑 (Feed Path) (3)開啓調壓槽動力釋壓閥與閉鎖閥以建立溢流路徑 (Bleed Path) (4)在過程中不斷持續努力建立至少一個蒸汽產生器之熱沉 (Heat Sink)。
9. 喪失所有交流電源之處置，教材名稱：ECA-0.0 Loss of All AC Power。所謂廠區全黑 (Station Blackout, SBO) 即喪失所有廠外電源且喪失所有緊急柴油發電機。該事故主要關切在反應器冷卻水泵之軸封喪失軸封冷卻或軸封注水，必須將反應器冷卻水系統冷卻並降壓，以限制存水量 (inventory) 從軸封流失，而 SBO 之嚴重性因廠而異。反應器冷卻水泵軸封失效 (seal failure) 有兩種模式 (NRC 接受的模式)：(1) Popping-open failure 僅於軸封起初加熱時發生 (2) O-ring extrusion failure 不會在反應器冷卻水系統壓力小於 1710psig 之 2 小時內發生。另介紹 SBO 之管制歷史，在 10 CFR 50.2 中，SBO 意旨核電廠完全喪失供給至緊要與非緊要開關匯流排之 VAC 電力。在 GL 81-04 有要求持照者需確認適當性或發展緊要程序與人員訓練，以強化電廠因應 SBO 之能力。在 NUREG-1032 提及於 10 CFR 50.63 SBO Rule 要求持照者下列事項：(1)維持廠區 AC 緊要電力之供給 (2)確認電廠可應付 SBO 一段時間 (3)發展程序與訓練恢復廠外廠內緊要 AC 電力之能力 (4)進行需要之修改以符合 SBO Rule 之要求。

10. 不適當的爐心冷卻之處置，教材名稱：FR-C.1 Response to inadequate core cooling。因一次側喪失移熱與安全注水能力，致使反應器冷卻水系統被餘熱加熱而加壓，一次側存水量開始由調壓槽動力釋壓閥洩放，最終造成一次側存水量的實質流失，並導致部分或完全的爐心未被淹蓋。該事故之處置若無即時建立適當之熱移除，餘熱將造成燃料溫度上升並可能使爐心受損。另外介紹反應爐槽液位指示系統（Rx Vessel Level Indicating System，RVLIS），可量測反應爐槽水位或自然循環時之水頭，在無反應器冷卻水泵運轉時可提供相對空泡含量之訊息。此事故後裝置用以偵測或確認反應器冷卻水系統之飽和狀況，純指示用。緊急操作程序 FR-C.1 之主要步驟：(1)建立緊急爐心冷卻流量至反應器冷卻水系統 (2)快速使蒸汽產生器降壓以使反應器冷卻水系統降壓 (3)起動反應器冷卻水泵並開啓所有反應器冷卻水系統洩放路徑 (4)其過程中要注意爐心出口熱電偶是否超過 1200°F，若是，則須注意氫氣濃度 (5)若起動反應器冷卻水泵並開啓所有反應器冷卻水系統洩放路徑後，若爐心出口熱電偶仍超過 1200°F則進入 SAMG。

（二）西屋公司進階技術

課程名稱：R-504P Westinghouse Advanced Technology

時間：8 月 22 日至 9 月 2 日

地點：田納西州，查塔諾加（Chattanooga, Tennessee）

課程綱要：

「2.0 Reactivity Balance Calculation」，反應度平衡計算。本單元教學目的係使學員能藉由系統參數之改變來計算系統之：

1. 預估臨界棒位（Estimated Critical Rod Position，ECP）。
2. 預估臨界硼濃度。
3. 停機餘裕（Shutdown Margin，SDM）。

「3.0 Analysis of Technical Specifications」，運轉規範之解析。本單元之教學目標是：

1. 能對反應器冷卻水系統、反應度控制系統、緊急爐心冷卻系統、各儀器、圍阻體、電廠系統、電力系統、燃料換填操作、設計參數及行政控管之運作狀況等，解釋其限制條件之重要意涵。
2. 在給定運轉條件狀況下，使用運轉規範來決定電廠或運轉員應有之適當回

應。

「4.0 業界議題」，藉由運轉中電廠之歷史事件或理論上對反應器安全有重大危害之假想事件，如：喪失所有交流電源（Loss of All AC Power）、停機期間相關問題（Shutdown Plant Problems）、預期暫態未急停（Anticipated Transient Without Scram，ATWS）、管中氣體累積（Voided Piping）及蒸汽產生器管束破漏（Steam Generator Tube Rupture）…等，介紹其法規之要求演變與工程技術上之應對措施。

「5.0 Transient」，暫態，本單元學習目標係經由下列方式確認學員瞭解機組之特性與其控制、保護及安全系統之運作：

1. 解釋某參數之趨勢變化。
2. 解釋某參數至某數值時對機組之影響。
3. 解釋其中反應器跳脫或特殊安全設施動作之原因。

研習概況：

8月22日上午8:00參加美國核管會（USNRC）位於 Tennessee, Chattanooga 之技術訓練中心（Technical Training Center, TTC）之訓練課程「R-504P: Westinghouse Advanced Technology」，課程講師：Jay Hopkins、Scott Bussey 及 Ron Crews，參訓學員共計22位，課程內容大致係運轉規範之使用及機組暫態事故之參數變化關係講解。據瞭解，本課程係一系列訓練課程中之一部分，該一系列訓練課程共有7週，本課程「R-504P Westinghouse advanced Technology」為其中2週，參與課程之學員都已於最近一個月內完成該教材前3週之訓練。主要過程與研習紀要如下列：

1. 為幫助學員複習本教材前3週之教學，首先進行控制系統複習（Control System Review）。複習之內容計有反應器冷卻水系統溫控儀器、調壓槽壓力控制、調壓槽水位控制、蒸汽排放控制、源階中程階功率階控道、控制棒控制、汽機電子控制系統、汽機衝擊室壓力功能圖、固態保護系統與特殊安全設施功能圖等。另外，亦對各系統設備之設置目的進行介紹；其中提及「回退」，Runback 與 Setback 之差異。「Runback」是指「負載參考信號之減少」，如：OT Δ P、OT Δ T等；「Setback」是指「負載限制信號之減少」，如：喪失主飼水泵時。

2. 暫態分析原理 (Transient Introduction)。討論系統暫態時應掌握之參數包含：反應器功率、反應器冷卻水系統溫度、調壓槽壓力、調壓槽水位、控制棒棒位、充水流量、蒸氣排放需求、蒸汽產生器蒸汽流量、蒸汽產生器飼水流量及蒸汽產生器壓力。另有「能量平衡之關係」及「反應度平衡之關係」，可幫助判斷參數變化之關係，如下列：

【能量平衡之關係】

一次側爐心產生之能量 QRX 以下列公式計算：

$$QRX = MC_p(T_{hot} - T_{cold})$$

M：流量

C_p：比熱

T_{hot}：熱端溫度

T_{cold}：冷端溫度

蒸汽產生器帶走一次側之能量 QSG 以下列公式計算：

$$QSG = UA(T_{avg} - T_{stm})$$

U：熱傳係數

A：熱傳面積

T_{avg}：反應器冷卻水系統平均溫度

T_{stm}：蒸汽產生器飽和溫度

若 T_{avg} 穩定，則一次側爐心產生之能量等於蒸汽產生器帶走之能量。

若 T_{avg} 下降，則一次側爐心產生之能量小於蒸汽產生器帶走之能量。

若 T_{avg} 上升，則一次側爐心產生之能量大於蒸汽產生器帶走之能量。

【反應度平衡之關係】

若反應器功率穩定，則系統反應度為 0。

若反應器功率上升，則系統反應度為正，且上升至系統反應度歸 0。

若反應器功率下降，則系統反應度為負，且下降至系統反應度歸 0。

3. 暫態例題講解。在掌握暫態分析原理後，本課程依其對應之反應器機組 (Trojan Nuclear Plant) 建置其數十種常見之暫態例題，配合各參數隨時間變化之圖表，帶領學員逐步認識各種系統暫態之症候。各主要暫態分類如下：

- (1) 功率改變 (Power Changes)
- (2) 非正常設定下之功率改變 (Power Changes with Complications)
- (3) 控制棒暫態 (Control Rod Transients)
- (4) 儀器故障導致控制棒及蒸汽排放系統控制異常 (Instrument Failures Affecting Rod Control and Steam Dumps)
- (5) 儀器故障導致調壓槽壓力及水位控制異常 (Instrument Failures Affecting Pressurizer Pressure and Level)
- (6) 儀器故障導致蒸汽產生器水位控制異常 (Instrument Failures Affecting Steam Generator Water Level Control)
- (7) 設備故障 (Equipment Failures)
- (8) 意外事故 (Accidents)

本訓練課程之暫態例題，其中各參數隨時間變化之圖表是相當好的教材，如圖 1，可使學員綜觀各類暫態之各參數變化相互影響之狀況，誠可納入我國核電廠相關暫態教學之資料中。

4. 分組討論。本訓練於每日皆留有些許回家作業，並且在每日課堂之部分時段留有學員分組討論，讓學員依據今日所學配合回家作業彼此交流討論，強化學員對教學內容之實例使用。在該訓練課程，某次分組討論實況如下，討論題目為教材「5.0 Transient」之「Exercise 4」、「Exercise 5」、及「Exercise 6」。該練習題是給予學員類似暫態例題之機組各狀態參數圖表，讓學員討論機組之暫態狀況、跳機原因並解釋各參數轉折點之現象。由於難度較之前的暫態例題高，故引發同學間激烈的討論，每每經歷假設、推論、矛盾、推翻、再重啓新假設之過程。此番學員共同投入心力之分組討論，係職第一次深刻感受其解決問題之力量強大，不得不佩服美式教育實有特長，值得我國教育方式借鏡之處。此外，在分組討論後，進行暫態例題講解：「Transient 5.31 Loop #1 Cold-Leg RTD Fails High」、「Transient 5.32 Loop #1 Hot-Leg RTD Fails High, ~25% Load」與「Transient 5.33 Power Range Channel NI-41 Fails High」。在此顯然課程有經過特別安排，原來分組討論之三題「Exercise」亦即此三題暫態例題；再經講師講解後，學員們能立即對剛剛進行之分組討論結果進行比較，極有加強學習印象之功效，此處不得不再佩服美式教育實有特長，值得

我國教育方式借鏡之處。

5. 學習成果測試 (Quizdom)。在每日上午訓練課程前，透過昨日之回家作業來確認學員的學習狀況。進行學習成果測試時，每一學員都發給一個無線遙控器，可讓學員選擇答案，最後再統計學員們選擇之答案，若作答統計結果有答案分歧之題目者，則講師將進行較完整之講解，以釐清問題之本質與癥結，加強學員之學習印象；此學習成果測試結束時，授課講師亦可同時知道學員們之整體學習狀況。此種測試方式誠可借鏡學習。
6. 運轉規範之教學。由運轉規範「1.0 USE AND APPLICATION」開始，包含「1.1 Definitions」介紹運轉規範中幾個名詞之定義；「1.2 Logical Connectors」介紹規範中「AND」與「OR」之連結關係；並在「1.3 Completion Times」及「1.4 Frequency」對其範例有詳細之介紹。此後課程中依序介紹反應器冷卻水系統、反應度控制系統、緊急爐心冷卻系統及各儀器、圍阻體、電廠系統、電力系統、燃料換填操作之運轉限制條件及其重要意涵，以及運轉規範記載之設計參數及行政控管內容。

講師由 LCO 3.0.1 講解至 LCO 3.0.9，由 SR 3.0.1 講解至 SR 3.0.4，並配合運轉規範基準 (Bases) 解說；其中 LCO 3.0.1 與 LCO 3.0.2 便指出了任何 LCO 只有三種方式可遵從：

- (1) 符合 LCO
- (2) 符合相關狀況之需求行動
- (3) 位於不適用此 LCO 之 MODE 或其他之特殊狀況。

在介紹運轉規範時，課程教材亦有介紹爐心之重要參數：熱通量通道因數 (Heat flux hot channel factor)、熱焓累積通道因數 (Nuclear enthalpy hot channel factor)、象限功率傾斜比 (Quadrant power tilt ratio) 及軸向通量差 (Axial flux difference)。熱通量通道因數及熱焓累積通道因數是用區域最大功率輸出與平均功率輸出的比值來表示爐心功率分布，但此二因數並不容易時常監測。在監測此二因數之期間，為能確認此二因數符合規範限值，又以軸向通量差來提供整體軸向功率分布狀況，以象限功率傾斜比提供象限間的功率產生情況。軸向通量差及象限功率傾斜比可時常量測，經由依循其限值，

以達成確保不常量測之熱通量通道因數及熱焓累積通道因數符合規範限值之目的。

本課程使用的運轉規範雖與我國核能三廠使用之運轉規範大致相同，但有引入風險分析概念，有部分概念上與核三廠不同，例如偵測試驗忘記執行，除允許在 24 小時內補做外，也允許以風險評估的方式延長一個偵測試驗周期的時間。

7. 反應度平衡計算 (Reactivity Balance Calculation)。反應度平衡計算法主要有二種：「反應度變化法 ($\Delta \rho$ Method)」及「反應度平衡法 (Reactivity Balance Method)」，其使用之參數有「控制棒棒位」、「爐心平均溫度」、「爐心功率」、「氙毒濃度」、「鈈毒濃度」及「硼濃度」。學員若能掌握各參數之變化對反應度正負貢獻之影響，便能掌握反應度平衡計算之關鍵。
8. 停機餘裕 (Shutdown Margin, SDM) 計算教學。爐心停機餘裕計算亦使用反應度計算之各參數，但參數依時間之相關性可分為二群，一群為與時間無關（用於立即停機或跳機時）之參數：「功率」、「爐心平均溫度」及「控制棒棒位」；另一群為與時間相關（用於停機或跳機後）之參數：「硼濃度」、「氙毒濃度」及「鈈毒濃度」。歸結分析結果，運轉中機組除非經由「硼濃度」之稀釋，否則僅藉由改變「功率」、「爐心平均溫度」及「控制棒棒位」等參數並不會減少該機組之停機餘裕。
9. 「業界議題」研討，「4.6 蒸汽產生器管束破漏 (Steam Generator Tube Rupture)」。本議題之教學目的是：
 - (1) 討論為何在蒸汽產生器管束破漏事件時，運轉員介入之必要性。
 - (2) 討論在蒸汽產生器管束破漏事件時，控制室可見的儀表指示。
 - (3) 討論在反應器跳脫前後，如何判斷出管束破漏之蒸汽產生器。
 - (4) 討論在蒸汽產生器管束破漏事件時，為阻止一至二次側之洩漏而須採取之行動。蒸汽產生器管束破漏事件時，須採取之處置行動依序為：
 - (1) 確認 (Identify) → 確認管束破漏之蒸汽產生器。

- (2) 隔離 (Isolate) → 隔離管束破漏之蒸汽產生器。
 - (3) 冷卻 (Cooldown) → 冷卻一次側 (反應器冷卻水系統)。
 - (4) 降壓 (Depressurize) → 降低一次側 (反應器冷卻水系統) 壓力
 - (5) 終止安全注水 (Terminate SI)。
 - (6) 平衡 (Equalize) → 平衡一次側 (反應器冷卻水系統) 與二次側 (管束破漏之蒸汽產生器) 壓力。
10. 「業界議題」研討,「4.7 預期暫態未急停 (Anticipated Transient Without Scram, ATWS)」。本議題討論之目的是要讓學員能敘述下列事項：
- (1) 預期暫態未急停之定義。
 - (2) 壓水式反應器中最嚴重之預期暫態未急停事件。
 - (3) 影響電廠對預期暫態未急停事件緩和之組件。
 - (4) 預期暫態未急停緩和系統致動線路 (ATWS Mitigation System Actuation Circuitry, AMSAC) 之功能。
- 壓水式反應器中最嚴重之預期暫態未急停事件是「喪失主飼水」,其事件發展之嚴重程度與下列組件參數有關：
- (1) 緩和劑溫度係數
 - (2) 調壓槽之大小
 - (3) 調壓槽安全閥之大小
 - (4) 二次側存水量
 - (5) 暫態期間之主汽機狀態
11. 「業界議題」研討,「4.8 喪失所有交流電源 (Loss of All AC Power) 一廠區全黑 (Station Blackout)」。本議題討論之目的是要讓學員能敘述下列事項：
- (1) 定義電廠全黑。
 - (2) 美國核管會 (NRC) 對電廠全黑關切之過渡(中期)回應。
 - (3) 電廠回應如何利用原有設備以延緩電廠全黑事故序列。
 - (4) 美國核管會要求如何來應付電廠全黑事故。
 - (5) 電廠全黑事故是整體爐心受損頻率的主要貢獻因子。
- 電廠全黑事故之嚴重程度與全黑狀態持續時間相關,主要造成反應器冷卻

水泵之軸封喪失冷卻而過熱受損，進而發生反應器冷卻水流失，最後爐心損毀之狀況。因此，電廠全黑事故緊急處置程序，首重盡速恢復交流電源，再者須將冷卻水系統降溫降壓，以避免軸封受損及減少反應器冷卻水流失。

12. 「業界議題」研討，「4.9 停機期間相關問題 (Shutdown Plant Problems)」。本議題討論之目的是要讓學員能敘述下列事項：

- (1) 餘熱移除系統之功用。
- (2) 冷停機模式運轉期間之餘熱移除系統列置方式。
- (3) 當餘熱移除系統用於餘熱移除時，會減低該系統可靠度之情況。
- (4) 當冷停機模式運轉期間喪失餘熱移除能力時之事故序列。

餘熱移除系統之功用計有：

- (1) 在二次側冷卻停止期間，移除爐心餘熱以降低爐心溫度。
- (2) 在冷卻水流失事故時，作為緊急爐心冷卻系統低壓注水的一部分。
- (3) 在燃料更換前後，可讓燃料更換水在燃料更換水儲存槽與燃料更換池間傳送。

13. 「業界議題」研討，「4.10 管內氣體累積 (Voided Piping)」。本議題討論之目的是要讓學員能敘述下列事項：

- (1) 管內氣體累積之成因。
- (2) 管內氣體累積之潛在後果。
- (3) 持照者對管內氣體累積之緩和後果行動。

本議題討論到包含蓄壓槽內漏、泵之氣鎖、水錘及反應器冷卻水系統自然循環之中斷等，因管內氣體累積造成之事件。

14. 「7.4 爐心熔毀事件 (Core Damaging Events)」。本章節之教學目的是使學員能敘述下列事項：

- (1) 反應器從 100%跳機後，若調壓槽動力釋壓閥卡在開啓位置時，對調壓槽水位、反應器爐槽水位、反應器冷卻水系統壓力及調壓槽動力釋壓閥下游溫度之影響。
- (2) 反應器冷卻水系統處於過熱狀態 (superheated condition) 時之重要現

象。

- (3) 三哩島爐心熔毀意外之時序與運轉員操作之關鍵錯誤。
- (4) 美國商用反應器設計上之不同，並且不會發生類似車諾比(Chernobyl)之意外。

15. 考前總複習。講師對學員各章節之提問逐一釐清回答，需觀念建立者，建立觀念；有文件定義敘述者，則翻出其原文出處；在此可見 NRC TTC 講師相當專業且熟捻各項原理及規定，實在令人敬佩。最後，講師再對學員未提問之章節，簡單給予重點回顧。綜此觀之，在考前總複習結束時，已大致回顧本課程各章重點，且未曠日廢時，實在相當有效率。
16. 本次訓練課程之總考試。本次考試提供給學員之資料有：運轉規範、運轉規範基準、技術手冊、各系統設定點與控制邏輯圖、蒸汽表、計算機及直尺。考試之試卷由課程執導人與其部門主管簽名審閱，並使用鉛筆畫記答案卡作答。考試時可感受到 TTC 對學員之教學精神，即便是「管制電廠時，視察員從何翻找資料？」，亦即建立學員通用之原理及觀念，而能使學員自行翻找各電廠之管制與設計資料，達成能管制同一技術型態核電廠之能力。於之前首段所敘，本課程係一系列訓練課程中之一部分，該一系列訓練課程共有 7 週，本課程「R-504P Westinghouse advanced Technology」為其中 2 週，參與課程之學員都已於最近一個月內完成該教材前 3 週之訓練；然而，本會參訓人員為中途加入本訓練課程，基於未完整參加課程，本可不參加課後考試測驗，但為展現我國核能管制人員高水準之素質，故要求一同參與學員課後考試測驗。由於是電腦閱卷，故極快獲知考試結果，並列印出答題錯誤之題目供應試者參考。本會參訓人員考試完成後，經評量皆達高標 80 分之表現 (43 of 50)，高分通過考試；於中途插入二週之訓練課程，便能於課後考試有高分之表現，除獲得美國核管會 (NRC) 人員之驚嘆與讚賞外，更足以展現我國核能管制人員之高水準素質。

二、參訪美國核能管制委員會 Region II 辦公室

時間：9月6日、9月9日

地點：喬治亞州，亞特蘭大（Atlanta, Georgia）

到達亞特蘭大後與本會核四起動測試專案小組李綺思科長及駐美國台北經濟文化代表處科學組趙衛武博士會合後，9月6日至美國核管會（NRC）第二區辦公室（Region II office）參訪。由 NRC Region II 第三分處處長 Jim、科長 Bob、科長 Mark 與 James 接待。上午由美國核管會（NRC）第二區辦公室人員進行簡報。簡報題目與概要依序如下：

◆ 題目（一）：「Part 52 Construction Inspection」。

該簡報介紹核電廠從建造到商轉間的一種執照模式：「Combined License（COL）」，使核電廠之建造可依據 10CFR50.52 進行一次發照，將「建造許可」及「運轉執照」結合。持照者應執行監察（Inspection）、測試（Test）及分析（Analysis）以確認其設計承諾，且監察、測試及分析（合稱 ITA）須符合接受標準（Acceptance Criteria，簡稱：AC）。ITA 及 AC 合稱 ITAAC，係為 Combined License（COL）之一部分。若官方單位確認所有 ITAAC 皆達成，則執照者即可裝填燃料，進行起動測試，最終全功率運轉。

介紹「Inspection Manual Chapter 2506：Construction Reactor Oversight Process」，本視察手冊內容係建造電廠之整體監察程序。

介紹「Construction Inspection Program」，又區分為「Inspection Manual Chapter 2503：ITAAC Inspections」及「Inspection Manual Chapter 2504：Non-ITAAC Inspections」。「ITAAC Inspections」主要係確認電廠之建造與執照一致；「Non-ITAAC Inspections」主要係確認建造程序及運轉準備，也因此須列出其「建造方案（Construction programs）」及「運轉方案（Operational Programs）」。

◆ 題目（二）：「Fuel Facility Construction Inspection Program」。

該簡報介紹美國現有建造中核燃料製造廠之視察狀況。視察建造中核燃料製造廠之主要目的係：「經由確認執照者依核可之設計標準建造核燃料製造廠，以確保核燃料製造廠未來運轉之安全」。引用之法規主要是 10 CFR 50.70。簡報介紹之核燃料製造廠計有：「LES NEF Fuel Facility」，使用氣體擴散方式提高鈾燃料

豐度；另有「MOX Fuel Fabrication Facility」，以鈾處理程序（Plutonium Processing）製造混合氧化燃料（MOX Fuel），其鈾元素來源有用過核燃料（Spent Fuel）及核子彈頭。

◆ 題目（三）：「Nuclear Construction - NRC Lessons Learned」。

本議題之背景源自於：（1）起因於延遲、取消、主結構問題、設計變更及超出預算等，過去核電廠的建造時程都不是一個有效率的模式。（2）發照過程困難緩慢、無效率及不確定。（3）視察程序未完備且有效。（4）持照者之監察與財務狀況的不充足及無效率。簡報最後歸結些許改進事項：（1）專注於有保證的設計，在建造前確認關鍵設計參數。（2）建立強力的品質確認與保證制度。（3）雇用好的作業員及承包商。（4）安全為至高無上，在遭遇問題時應停止工作。（5）改正行動應能發現問題並確認問題。

◆ 題目（四）：「Watts Bar Unit 2」。

簡介位於美國田納西州（Tennessee）之核電廠- Watts Bar Unit 2，依序概述美國核管會（NRC）之視察組織、建廠視察計畫、將執行之行動、未來之挑戰及經驗回饋。

下午由我方人員進行簡報。題目分別是：「Current Status of Lungmen ABWR Unit 1」，簡介我國龍門電廠（核四廠）現階段建廠管制狀況、相關工程統計、總體測試時程表及近期事件討論；「Post-Fukushima Evaluation of NPPs in Taiwan」，簡介我國因應日本福島第一核電廠事故而採行之補強行動與將行計畫；「Overview of Recent Regulatory Activities」，簡介我國近期正在進行之管制行動；「An OE Case of the Maanshan NPS」，回顧我國核三廠於 2001 年發生全黑事件之檢討與經驗分享。

9 月 9 日再與美國核管會（NRC）第二區辦公室人員交換建造中電廠管制心得，並商討未來至我國考察龍門電廠建造管制相關事項。整理出未來可以與美國核管會（NRC）人員進行龍門電廠燃料裝填前的五個合作領域，包括：

- （1）安全系統現場完工後與圖面及設計一致性(as-built)查證

- (2) 數位系統安裝、驗證、及人機介面查證
- (3) 偵測試驗與維護制度查證
- (4) 品保制度查證
- (5) 消防系統查證

此外，我方也期望美國核管會（NRC）在此次視察之後能有一份獨立的視察報告，可供本會參用；然而，美國核管會（NRC）第二區辦公室人員對此仍有所保留，因涉及核管會出版視察報告的準則，有待未來協商以何種方式來把美國核管會（NRC）參與查證後的結果交給我方。我方建議至少比照以往美國核管會（NRC）視察員於 2008 年及 2011 來台觀察龍門電廠各項建廠及測試的活動後，提供一份書面的建議。

歷經二天之參訪討論，整體而言，我方於核能安全管制之疑問都得到美方人員詳盡的答覆與指引，我方於雙邊合作查證龍門電廠各項建廠及測試的活動亦得到善意地回應，為本次至美國核管會（NRC）第二區辦公室（Region II office）參訪之行程畫下完美的句點。

三、參訪田納西流域管理局 Watts Bar 核電廠

時間：9 月 7 日至 9 月 8 日

地點：田納西州，春城（Spring City, Tennessee）

Watts Bar 電廠位於美國田納西州（Tennessee）Chattanooga 東北方約 80 公里處，共有 2 部機組，皆為西屋公司（Westinghouse）之壓水式反應器，由田納西流域管理局（Tennessee Valley Authority，簡稱 TVA）所有。Watts Bar 電廠之 2 部機組於 1973 年獲得建造許可，其中一號機順利建造並於 1996 年商轉，二號機於 1985 年因故停建，延至 2007 年再續建至今。本次研習參訪係希望藉由實地走訪興建中電廠，比較持照者（TVA）建造實務及美國核管會（NRC）管制實務之狀況，以獲得由法規管制規定至落實建廠管制作為之有效途徑，期許能為我國興建中之龍門電廠帶來更為精進有效之管制方式。

至 Watts Bar 電廠後，先與駐廠視察員 Tomy、CJ 會面，並由 TVA 公司申照工程師簡介二號機建造現況，如圖 2。依據簡報內容，Watts Bar 電廠二號機現今工程方面已完成 89%，建造方面已完成 70%，並提及建造進度統計與未來建造時程。Watts Bar 電廠雖與我國核三廠同是西屋公司設計之壓水式反應器，但其圍阻體設計並不相同，係為冰鎮式圍阻體（Ice Condenser Containment），該設計係在圍阻體內部周圍布置冰塊，以抑制設計基準事故時圍阻體內部溫度壓力之上升，故其圍阻體體積較一般小，可節省建造成本，但也使其結構組件排列較緊密，造成維護上之困擾。

於 Watts Bar 電廠，由美國核管會（NRC）駐廠視察員展示興建中電廠管制流程圖，圖中呈現各種興建中電廠應完成之管制程序，依次序先後排列，並以箭頭指標描述其間關係，可清楚展現不同管制程序之先後順序與關係，使管制者能明瞭要進行某項管制程序時，其先前須完成之管制項目有哪些。美國核管會（NRC）駐廠視察員接著展示管制程序之查詢系統，該系統紀錄已完成或正在進行之管制程序，故可查詢已完成管制程序之整體資料及進行中管制程序之現狀，使管制者清楚知道各管制程序之進行狀況，並在配合管制流程圖下逐步完成各項興建中電廠之管制程序。接著再由美國核管會（NRC）駐廠視察員 Tomy 陪同進行現場視察，視察區域先由圍阻體開始，視察路線由地面層穿過圍阻體至爐心頂部，再沿圍阻體內部周圍經冰籃柱（Ice Blanket Columns）上至圍阻體內部頂部，如圖 3，之後再至緊急柴油機廠房、控制廠房、汽機廠房及河水泵室等處視察，途中亦經內陸電廠特有之冷卻塔，如圖 4，可一一了解各廠房之施工狀態。

四、參訪美國核能管制委員會總部

時間：9 月 12 日

地點：馬里蘭州，洛克維爾（Rockville, Maryland）

美國核管會（NRC）位於馬里蘭州（Maryland）Rockville 之總部參訪。先由我方人員進行簡報，簡報題目分別是：「Lungmen ABWR Plant Progress」，簡介我

國龍門電廠（核四廠）現階段建廠管制狀況、相關工程統計、總體測試時程表及近期事件討論；「Post-Fukushima Evaluation of NPPs in Taiwan」，簡介我國因應日本福島第一核電廠事故而採行之補強行動與將行計畫。

後續由美國核管會（NRC）人員進行簡報，主要介紹日本福島第一核電廠事故後，美國核管會（NRC）至今之管制措施。其內容包括（1）初始行動：相關文件規章有 TI 2515/183、TI 2515/184、10 CFR 50.54 (hh)(2)。（2）短期任務編組：結論係美國不太可能發生類似序列之事故，且無立即風險。（3）現階段任務編組之建議：主要係請持照者提供在未延遲下可做與應該做之建議，並於 2011 年 9 月 12 日前提交美國核管會（NRC），且持照者依短期任務編組之建議盡快提交報告。（4）美國核管會（NRC）未來計畫：長期之系統化及制式化的審查。

最後由美國核管會（NRC）人員逐一回答本會提出之核安管制問題，並獲得美方詳盡之回應。

五、參加美國核能管制委員會專業發展中心之課程

進階思考與決策

課程名稱：Improved Critical Thinking and decision Making

時間：9 月 13 日至 9 月 14 日

地點：馬里蘭州，貝塞斯達（Bethesda, Maryland）

至美國核管會（NRC）專業發展中心（Professional Development Center，PDC）上課。由 Kiviette 負責接待。課程名稱：Improved Critical Thinking and Decision Making，講師：Susan。本課程內容共有四章，分述如下：

◆ Chapter 1 The Discipline of Critical Thinking

Critical Thinking 是一種關於任何主題、內容或問題的思考模式，藉由有技巧地變換自身之思考或知識結構，可增強思考者的思考品質。訓練有成的 Critical Thinker 有下列特點：

1. 提出關鍵問題並能將之具體化
2. 收集並處理相關資訊
3. 擁有可替換式思考系統之開放思考
4. 能夠與人有效溝通

本章最後配合些許例題，以期學員能跳出問題的框架，從原本有限之思考範圍擴張至更寬廣之思考範圍，以求新的解答方式。

◆ Chapter 2 Critical Thinking in Logic

本章依邏輯之觀點詮釋 Critical Thinking 之過程中需界定或理解之敘述 (statements)，該敘述包含之種類有：論點 (arguments)、解釋 (explanations)、意見 (opinions)、謬論 (fallacies)。本章分別介紹「論點」、「解釋」與「意見」三者之構句原理，且其中「論點」與「意見」在意念上有其相似處，故能相互轉換。另介紹常見的「謬論」，將其分類並舉例。藉由構句原理與常見「謬論」之介紹，使學員能具有分辨語句涵義之能力，養成建構 Critical Thinking 之初始思考元素。

◆ Chapter 3 Critical Thinking in Problem Solving

解決問題之流程 (Problem Solving) 如下：

1. 描述問題
2. 再定義問題
3. 列出相關要件
4. 發現替代性解決方案
5. 選擇最可行的替代項目
6. 再定義問題
7. 精簡或增加相關要件
8. 由集思廣益產生替代項目
9. 反覆進行直至問題解決

其中集思廣益 (brainstorm) 之進行應遵守下列規則：

1. 每個主意都是有價值的
2. 克制或不要批評

3. 鼓勵荒唐與誇張的主意
4. 著重多量而非品質
5. 依進行中的主張繼續構想

本章最後附上例題並讓學員分組討論練習，學員能在例題之討論中逐步學習解決問題之流程。

◆ Chapter 4 Critical Thinking in Decision Making

本章介紹六帽思考術（The Six Thinking Hats Method）。該六頂思考帽分別有其功能與代表顏色：白帽具有需求與瞭解訊息之功能、紅帽具有感覺及直覺之功能、黑帽具有之裁決功能、黃帽具有樂觀之功能、綠帽具有創造之功能、藍帽具有程序經營之功能。

本章最後附上例題並讓學員分組討論練習，學員能在例題之討論中逐步學習六帽思考術。

肆、心得與建議

- 一、於西屋公司模擬器訓練複習課程（R-704P Westinghouse Simulator Refresher），美國核能管制委員會（U.S. Nuclear Regulatory Commission）技術訓練中心（Technical Training Center）的壓水式反應器系統與我國核能三廠大致相同，但其控制盤面之架構感覺更加清楚。當講師講解反應器保護時，會用移動式大螢幕在模擬器旁講解，並指出相關的閥、泵及對應的指示位置，此上課方式能將系統組件與控制盤面之按鈕指示位置快速連結，對學員之學習十分有幫助。
- 二、於西屋公司進階技術課程（R-504P Westinghouse Advanced Technology），在講解停機餘裕（Shutdown Margin, SDM）計算時，給予學員之教材內容僅指出一簡易之判斷原則：「在臨界時，若只改變功率、平均溫度或棒位而不涉及硼酸、氙毒、鈾毒等濃度之改變，則不影響反應器之停機餘裕」。教材中並不把影響停機餘裕之硼酸、氙毒、鈾毒等濃度之改變納入考量，主要係該狀況之停機餘裕計算較為複雜，應交由專業人員來仔細計算評估，而非駐廠視察員所需之知識技能；將來身為駐廠視察員的學員僅需學會初略之停機餘裕判斷即可。由此教學內容可見美式教育對於何種職位需具備何種知識技能相當有其規劃與安排，不會徒增學員之學習門檻。
- 三、於西屋公司進階技術課程（R-504P Westinghouse Advanced Technology），其使用之運轉規範中，爐心運轉限值（Core Operating Limits Report）一同整理在手冊最後面的附錄，而非我國核能三廠之運轉規範，限值參數散落於各章節，而偵測試驗周期整理成表格，亦一同放在運轉規範最後面，易於翻閱查詢，此係為實用之排版方式，建議我國採用。
- 四、於西屋公司進階技術課程（R-504P Westinghouse Advanced Technology），設有運轉規範練習題供學員應用演練，且非常有難度及很多小陷阱，需要考慮到運轉規範的各種層面，才能找到最佳答案；此一習作對加強運轉規範

之了解與使用相當有幫助，建議我國採用。

- 五、於西屋公司進階技術課程（R-504P Westinghouse Advanced Technology），設有建置其數十種常見之暫態例題，配合各參數隨時間變化之圖表，帶領學員逐步認識各種系統暫態之症候，且講師對暫態講解非常清楚，每個參數變化均詳細講解其原因。此種各參數隨時間變化之圖表，可加深學員對各參數如何相互影響之暫態觀念，建議我國採用。
- 六、美國核能管制委員會（U.S. Nuclear Regulatory Commission）技術訓練中心（Technical Training Center）在考試時，會將邏輯圖及運轉規範等均提供給考生，可見訓練課程重在引用資料來分析判斷，而非死背。此種教學方式亦即由一基本型態的壓水式反應器，教授學員其邏輯圖與運轉規範等之使用方式，當學員成為某壓水式反應器之駐廠視察員時，亦能應用所學，快速進入新的電廠狀態，形成舉一反三的教學效果。
- 七、於 Watts Bar 電廠參訪時，由美國核管會（NRC）駐廠視察員展示用來管控視察作業的電腦系統，其系統架構與內容非常詳盡地羅列各視察程序的執行時間、執行狀況或進度及歷次執行結果，讓我們感受到其工作都有依照對應的程序書進行視察作業，且不會因疏忽而遺漏某特殊時段要特別執行之程序書。對此，深深地感受到在管制核能電廠方面與美國核管會（NRC）交流經驗的重要性。
- 八、於進階思考與決策課程（Improved Critical Thinking and Decision Making），教授如何完善思考，使考慮更加周延，雖非核能方面之知識，但對於我們在核能安全管制上思考如何掌握重要事項，如何使溝通更加有效率，及如何來進行決策，十分有幫助；學員在本課程中可學習到跳脫思考的框框，不侷限在舊有的思維內，而能找到問題的其他答案。進階思考有其原則或方法可進行產生，非遙不可及或深奧難懂之作業過程。
- 九、於進階思考與決策課程（Improved Critical Thinking and Decision Making），另

外見識到美國對殘障人士的相關服務產業。例如該課程有二位學員是聾啞人士，於是聘僱有二位手語翻譯員輪流手語翻譯，二位學員坐在手語翻譯員前，當講師講課時，手語翻譯員亦立即以手語翻譯；若有問題時，二位聾啞學員與手語翻譯員溝通後，也經由手語翻譯員發問。由此可見美國教育資源之先進，實為大開眼界。

附件一：西屋公司模擬器訓練複習課程表

Day	Lesson
1	Course Introduction EOP Structure Control Room Usage E-0(Reator Trip or Safety Injection) Panel Familiarizaion Power Operations
2	FR-S.1(Response to Nuclear Power Generation/ATWS) Simulator exercises that use the E-0 and FR-S.1 procedures
3	E-1(Loss of Primary or Secondary Coolant) E-2(Faulted Steam Generator Isolation) E-3(Steam Generator Tube Rupture) Simulator exercises that use the E-1, E-2, and E-3 procedures
4	ECA-0.0(Loss of all AC Power) FR-H.1(Loss of Secondary Heat Sink) Simulator exercises that use the ECA-0.0 and FR-H.1 procedures
5	FR-C.1(Inadeeequate Core Cooling) Simulator exercises to demonsrate inadequate core cooling Course Critique

附件二：西屋公司進階技術課程表

Day	Lecture	Ch.
1	Course Introduction	N/A
	Control Systems Review	1.0
	Transient Introduction & Transients 5.01, 5.02	5.0
	Transients 5.03, 5.04 (In-Class Assignment)	5.0
2	Review Transients 5.03, 5.04	5.0
	Technical Specifications - Unit 1	3.1
	R304P Test Review	N/A
	Transients 5.11, 5.12 (In-Class Assignment)	5.0
3	Review Transients 5.11, 5.12	2.2
	Technical Specifications - Unit 2	3.2
	Class Exercise - Reactivity Balance Calculations	2.2
	Plant Event - V. C. Summer Inadvertent Criticality	7.2
	Sundown Margin Calculations (In-Class Assignment)	2.2
4	Review Shutdown Margin Calculations	2.2
	Transients 5.13, 5.14	5.0
5	Technical Specifications - Unit 3 (group activity using Quizdom questions)	3.3
	Transients 5.21, 5.22, 5.23	5.0
	Transients 5.21, 5.22, 5.23 (Exercises #4, #5, #6)	5.0
6	Technical Specifications - Unit 3 (group activity using Quizdom questions)	3.4
	Technical Issue - Loss of All AC power	4.8
	Transients 5.41, 5.42, 5.43	5.0
	Technical Issue - Shutdown Plant Problems	4.9
7	Technical Issue - ATWS + Transient 5.77	4.7, 5.0
	Impulse Pressure + Transients 5.36	2.3, 5.0

	Scenario 2.4.1 & transient 5.35	2.3, 2.4, 5.0
	Technical Issue - Voided Piping Concerns	4.10
	Transients 5.51, 5.52, 5.53, 5.54	5.0
8	Transient 5.63	5.0
	Transient 5.76	5.0
	Technical Issue - SGTR	4.6
	Transient 5.75	5.0
	Transient 5.72, 5.73, 5.74 (Exercises #1, #2, #3)	5.0
9	Plant Event - Core Damaging Events	7.4
10	Course Exam	

附件三：美國核管會 Region II 辦公室及 Watts Bar 核電廠參訪行程

**ATOMIC ENERGY COUNCIL (AEC) TAIWAN NUCLEAR
SAFETY VISIT TO REGION 2 & VISIT TO WATTS BAR UNIT 2**

**September 6 – September 9, 2011
Atlanta, GA**

Tuesday, September 6

8:00 AM Arrive at Marquis One Tower, 245 Peachtree Center Ave,
NRC Region II Offices, Suite 1200 Administrative
Processing.

Contact: James Baptist

Phone: 404-997-4506

E-mail: james.baptist@nrc.gov

9:00 AM NRC Presentation, Room 945
Part 52 Construction Inspection – CPB2
Fuel Facility Construction – CPB1
Construction Lessons Learned – CIB2
Watts Bar Unit 2 Construction Effort – CPB3

11:30 AM Lunch

1:00 PM AEC Presentations, Room 945
Current Status of Lungmen ABWR Unit 1
Post-Fukushima Evaluation of NPPs in Taiwan
Overview of Recent Regulatory Activities in Taiwan
SBO event in Maanshan plant in Year 2001

4:30 PM Adjourn

Evening Open

Wednesday, September 7

8:00 AM AEC Inspectors Picked up at Atlanta Hotel and Depart for
Watts Bar site (J. Baptist to provide transportation)
11:30 AM Arrive at Watts Bar Nuclear Plant, Administrative Processing
11:45 AM Discussions with NRC Unit 1 and 2 Resident Inspectors
12:15 PM Lunch Break

1:15 PM TVA Presentation of Construction Activities
2:30 PM Tour of Watts Bar Construction Activities
5:00 PM Departs for Comfort Inn Hotel (Athens, TN)
Evening Dinner with DCP staff

Thursday, September 8

7:15 AM Depart Comfort Inn
8:00 AM Arrive at Watts Bar Nuclear Plant
8:30 AM Complete Tour of Watts Bar Construction Activities
11:00 AM Follow up on Open Questions/Complete Discussion with
Resident Inspectors
12:00 PM Lunch Break
1:00 PM Depart Watt Bar Nuclear Plant
5:00 PM Arrive in Atlanta area
Evening Open

Friday, September 9

8:00 AM Arrive at Marquis One Tower 245 Peachtree Center Ave,
NRC Region II Offices,
Contact: Robert Haag
Phone: 404-997-4446
E-mail: robert.haag@nrc.gov

9:00 AM Remaining AEC/NRC Presentations from Sept 7, Room
945
Observations from Watts Bar Visit

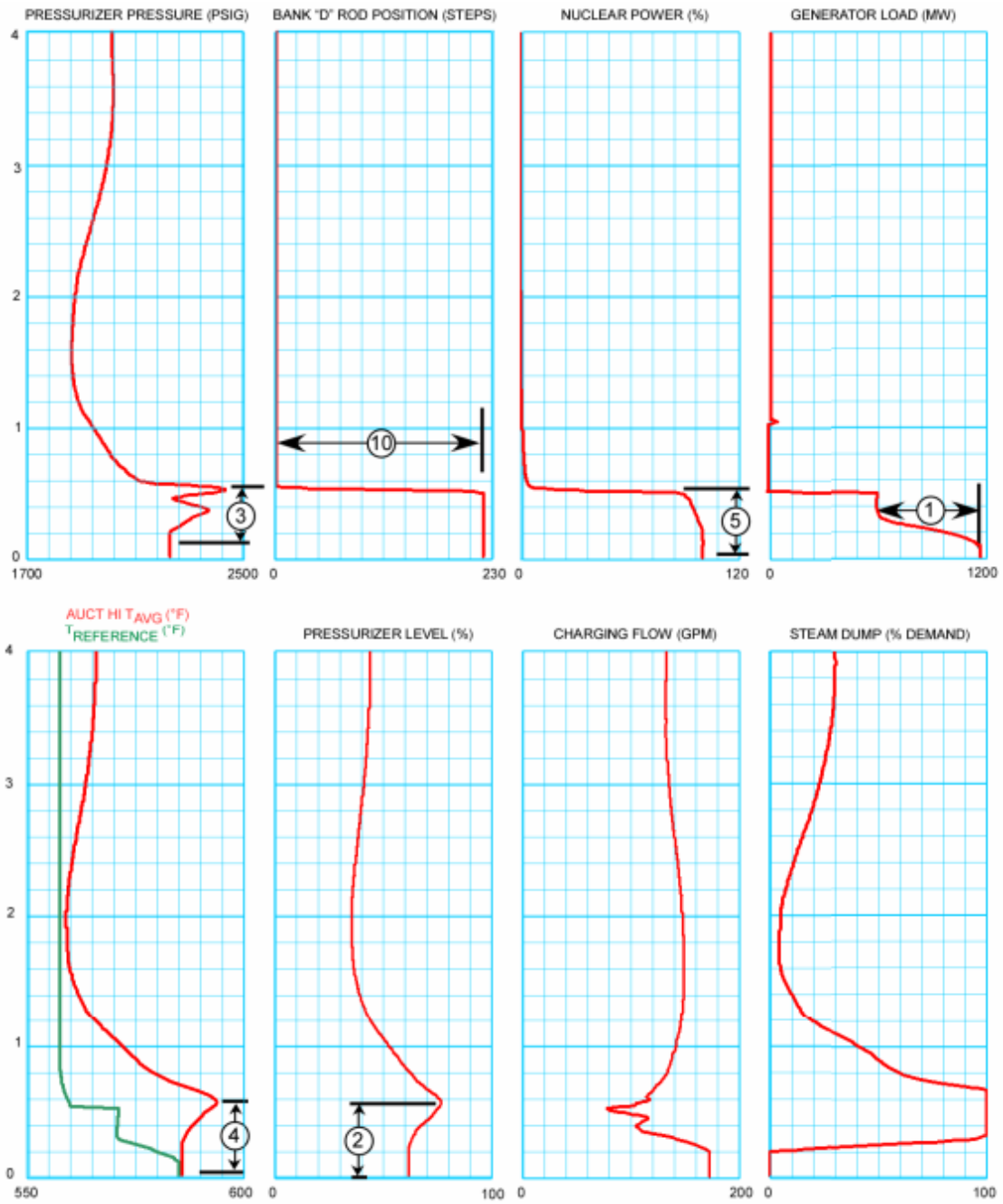
Preparations for NRC Observation of LNPS Startup
Inspections

10:30 AM Discussion with Acting Deputy Regional Administrator for
Construction, Patricia Holahan, and Director of the Division
of Construction Projects, James Moorman, Conference
Room 907

11:30 AM Open/Adjourn

附件四：美國核管會總部參訪及專業發展中心研習行程

Date		Schedule	Contact
9/10 (Sat)	Travel	14:58 Reagan AP, Delta DL 2238, Car Pickup: Lee, Fang, Shi, Chao at Shady Grove Metro Station at 16:30 18:30 Hotel pickup (Dinner at Chao's house)	Chao 240-393-9320
9/11 (Sun)		Free	
9/12 (Mon)	NRC HQ Visit	07:30 Hotel Pickup– Comfort Inn Car : Lee, Shi, Fang, Chao 08:30 One NRC White Flint North -Main Gate 09:00 NRC HQ visit (two presentations and four Q&A) 12:00 Lunch and Monthly meeting – Vegetable Garden 14:00 Travel to Great Falls 16:00 White Flint Mall 17:45 Leave for Restaurant 18:00 Mama Wok (Dinner with Dr. Kuo and Dr. Chang)	NRC/Danielle: BB-202-590-0079 Office: 301-415-2644 P. T. Kuo: 650-996-5413 Dr. Chang 3012081375
9/13 (Tue)	PDC training	Shi and Fang take Metro to PDC Dr. Lee, Hotel pickup at 6:00 am, leaves for Dulles Airport. (IAD) (8:55 am AA-149) 17:30 Hotel pickup of Mike, Marriot, North Bethesda 18:00 MoMo Tora sushi, 16051 Frederick Road, Rockville, MD (Dinner with NRC senior inspector Mike Cain)	Chao 240-393-9320 Mike Cain: 404-354-6687
9/14 (Wen)	PDC training	Shi and Fang take Metro to PDC 5:30 Hotel pickup for Shi and Fang 6:00 Hotel pickup for James Baptist (Region II inspector) Dinner at Ruby Tuesday	James Baptist 6783814215
9/15 (Thur)	Travel	Shi and Fang, Hotel pickup at 6:30 am, leave for Regan Airport (DCA). (10:35 am DL-2929)	



Transient 5.14 Rapid Load Decrease, 100 - 50%, Steam Dumps Off, Rods In Manual

圖 1 各參數隨時間變化之圖形 (以 Transient5.14 為例)



圖 2 與田納西流域管理局申照工程師討論 Watts Bar 核電廠 2 號機施工進度



圖 3 原能會視察員於 Watts Bar 核電廠 2 號機圍阻體內合照



圖 4 原能會視察員於 Watts Bar 核電廠冷卻塔前合照