

出國報告（出國類別：實習）

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：熊大綱技士、張經妙技士

派赴國家：美國

出國期間：102年9月7日至102年10月11日

報告日期：102年12月11日

## 摘 要

本次赴美國核能管制委員會(NRC)進行研習與參訪，旨在增進我國核能電廠稽查管制技術能力。研習人員共 2 名，行程分為三部分，第一部分至 NRC 位於田納西州查塔努加市的技術訓練中心，分別參加「沸水式核能電廠進階技術課程」與「奇異公司沸水式核能電廠 BWR4 模擬器操作訓練」，內容主要包含暫態分析、運轉規範應用、其他相關技術議題探討及模擬器訓練等，其中，模擬器訓練課程因美國聯邦政府關閉之故，被迫提前一週結束。

第二部分行程為赴 NRC Region II Office，與 NRC 人員進行興建中電廠管制經驗交流，參訪 Watts Bar 核能電廠興建中的 2 號機組，並與 NRC 視察員及核能電廠業者進行意見交換與技術議題討論，期間並實地參觀電廠，瞭解 NRC 管制作為。

第三部分則是前往 NRC 總部訪問，參訪 NRC 於新建大樓所設立的緊急應變中心 (Operations Center)，並拜訪位於華盛頓特區之台北經濟文化代表處 (TECRO) 科學組。

本次出國所學包含核能電廠安全管制技術、管制實務與美方的經驗等，研習成果豐富，對我國核能電廠安全管制視察員之訓練養成相當重要，已將相關心得整理於報告中，未來將可應用所學於安全管制實務工作，而所提出建議事項，亦有助於核安管制業務之推展，提升管制效能。

## 目 錄

摘 要.....	I
目 錄.....	II
圖目錄.....	III
附件目錄.....	III
壹、目的.....	1
貳、過程.....	2
參、行程內容及心得.....	4
一、赴 NRC 訓練中心接受奇異公司沸水式核能電廠技術訓練課程.....	4
二、赴 NRC Region II Office 簡報與經驗交流.....	7
三、參訪 Watts Bar 核能電廠.....	10
四、NRC 總部緊急應變中心參訪.....	12
肆、建議.....	15

## 圖目錄

圖一、參加NRC 技術訓練中心訓練課程學員合照	19
圖二、與 Watts Bar 駐廠視察員及 Region II 視察員合影	19
圖三、參觀 Watts Bar 核電廠 2 號機主控制室	20

## 附件目錄

附件一、R-504B 核能電廠進階技術訓練課程課表	16
附件二、R-624B 核能電廠模擬器訓練課程課表	17
附件三、NRC Region II 技術交流原訂議程	18

# 壹、目的

本次出國研習的主要目的有以下四項：

- 一、 提昇核能管制人員專業知能：參加美國核能管制委員會（Nuclear Regulatory Commission, NRC）技術訓練中心（Technical Training Center, TTC）之訓練課程，學習核能電廠系統暫態分析、電廠系統安全功能設計理念等方面之管制實務知識，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：藉由至NRC辦公處所與專家們進行廣泛討論，及赴美國核能電廠實地觀摩管制作業，瞭解美國核能管制單位對安全相關議題之管制實務及成效，作為我國研擬核安管制措施、執行視察及安全審查作業之參考，精進我國核能電廠安全管制作業。
- 三、 落實「核能電廠運轉員主試員(考官)培養訓練」：原能會對於核能電廠運轉員主試員之訓練皆已明定實施計畫與資格取得程序，諸如：基礎養成訓練、駐廠視察實務、國外管制機構訓練及見習等，而本次出國訓練即屬於主試員培養訓練計畫中之一環。
- 四、 強化台美雙方交流：藉由拜訪 NRC Region II Office 及參訪興建中核能電廠，了解NRC之視察作業及對新建核能電廠之管制規畫；此外，透過分享我國核電廠之安全管制架構與實際案例，相互討論並交換管制心得，強化雙方之經驗交流與學習。

## 貳、過程

此次赴美國 NRC 研習行程，主要分為三部分，第一部分行程於 102 年 9 月 7 日搭機赴美，9 月 8 日抵達位於美國田納西州查塔諾加市 (Chattanooga, TN) 之 NRC 技術訓練中心，並於 9 月 9 至 20 日進行為期二週的「奇異公司沸水式核能電廠進階技術課程」(GE BWR/4 Advanced Technology Course, R-504B)，及 9 月 30 日至 10 月 4 日的「奇異公司沸水式核能電廠模擬器課程」(GE BWR/4 Simulator R-624B)，其中「奇異公司沸水式核能電廠模擬器課程」原預定由 9 月 30 日開課至 10 月 11 日為期兩週，但適逢美國聯邦政府關閉 (government shutdown) 一事影響，故該課程被迫提前一週結束。

第二部分行程則前往位於喬治亞州亞特蘭大市 (Atlanta, GA) 之 NRC Region II Office，進行為期 2 天之管制經驗交流，並參訪 Watts Bar 核能電廠興建中的 2 號機共 2 天。

第三部分行程因應美國聯邦政府關閉之影響，比預訂行程提前一週，前往華盛頓特區，首先拜會我國台北經濟文化代表處 (TECRO) 科學組，請本會駐美代表科學組趙衛武副組長積極協助聯繫 NRC 窗口，以便提前安排參訪 NRC 總部的行程，期間並聽取趙衛武副組長簡介美國當前核能機組與能源使用現況簡報，而後在 NRC 同意之下，參訪 NRC 總部於新建大樓所設立的緊急應變中心 (Operations Center)。

10 月 9 日搭機返回並於 10 月 11 日抵達國門，結束為期 35 天之研習行程，整體行程簡列如下表所示：

日期	工作內容
9 月 7 日至 9 月 8 日	搭機赴美 (去程)
9 月 9 日至 9 月 20 日	技術訓練中心(查塔努加)：研習 R-504B 訓練課程
9 月 21 日至 9 月 26 日	赴 NRC Region II 辦公室進行管制經驗交流與並參訪 Watts Bar 核能電廠興建中的 2 號機組

9 月 27 日	個人休假
9 月 28 日至 10 月 4 日	技術訓練中心(查塔努加)：研習 R-624B 訓練課程
10 月 5 日至 10 月 8 日	拜會我國位於華盛頓特區之台北經濟文化辦事處 (TECRO)科學組，及美國核管會總部於新建大樓所設立的緊急應變中心。
10 月 9 日至 10 月 11 日	搭機返回台北 (返程)

# 參、行程內容及心得

## 一、赴 NRC 訓練中心接受奇異公司沸水式核能電廠技術訓練課程

本次出國訓練與實習，原規劃參加美國 NRC 技術訓練中心有關奇異公司沸水式核能電廠技術訓練課程共計兩門課，分別為期兩週，其一為 9 月 9 至 20 日參加為期二週的「奇異公司沸水式核能電廠進階技術課程」(GE BWR/4 Advanced Technology Course, R-504B)，以及「奇異公司沸水式核能電廠模擬器課程」(GE BWR/4 Simulator R-624B)，其中，「奇異公司沸水式核能電廠模擬器課程」原預定為 9 月 30 日至 10 月 11 日之兩週課程，但適逢美國聯邦政府關閉 (government shutdown) 一事影響，故該訓練課程被迫提前一週結束，訓練期間僅 9 月 30 日至 10 月 4 日，共計 5 日。

### 沸水式核能電廠進階技術課程

按原規劃行程於 9 月 9 日(星期一)一早前往美國 NRC 技術訓練中心(TTC)報到，填寫資料申請門禁卡片，然後正式開始編號 R504B(General Electric Advanced Technology)的訓練課程。首先由 Dr. Peck 介紹兩週的訓練課程，內容將包括：奇異公司(GE)各種沸水式反應器(BWR)圍阻體與緊急爐心冷卻系統(ECCS)設計的差異性、系統暫態判識、運轉規範與其他特殊技術議題與最後一天的總測驗，並進行前期初階入門課程編號 R-304B 的考試結果解說。隨後開始當天的課程，包括運轉規範的章節介紹、電廠的地下埋管與 ECCS Voiding 等特殊技術議題、各種 GE BWR 圍阻體設計等事項。

9 月 10 日(星期二) 講授課程計有：每日課後作業習題講解、手動功率改變操作造成之系統暫態判識、單一強棒(高本領控制棒)插入之系統暫態判識、手動急停操作之系統暫態判識、爐心功率振盪與預期暫態未急停 ATWS 等特殊技術議題。其中，系統暫態判識課程最為生動有趣，課程設計藉由一些系統參數(包括：爐壓、爐水位、爐心流量、飼水流量、反應器與主汽機蒸汽流量)對時間之變化趨勢，研判系統暫態發生之原因與系統變化，以使受訓學員們逐漸掌握各項系統參數變化之因果關係，最後再由講師公佈正確答案，講解來龍去脈。

9月11日(星期三) 講授課程計有：每日課後作業習題講解、單一再循環泵跳脫之系統暫態判識、喪失飼水加熱器之系統暫態判識、喪失單一飼水泵之系統暫態判識、各種 GE BWR 之 ECCS 與 RCIC 系統設計差異、主控制室人員編制與運作規定(Conduct of Operations)以及運轉規範查詢練習等。

9月12日(星期四) 講授課程包括：每日作業習題講解與複習、主蒸汽隔離閥(MSIV)關閉引發之系統暫態判識、主汽機跳脫之系統暫態判識、主冷凝器低真空引致主汽機跳脫之系統暫態判識、電廠全黑以及運轉規範查詢練習。當天另安排進入 BWR4 模擬器訓練室進行課堂講授系統暫態之展示，講師 J Walsh 特別讓來自臺灣的我們操作手動急停(Manual Scram)，經對講師作三向溝通確認後，我們才開始操作，系統急停後引發受訓學員們一陣驚呼(Oh! My Goodness)，這是我們第一次在 NRC 模擬器進行反應爐急停操作。

9月13日(星期五) 講授課程包括：每日課後作業習題講解與複習、運轉規範查詢練習、主蒸汽旁通閥故障開啓引發之系統暫態判識、安全釋壓閥故障開啓之系統暫態判識、蒸汽低流量誤訊號之系統暫態判識、晶粒間應力腐蝕龜裂(IGSCC)與電廠停機大修等技術議題研討。

9月16日(星期一) 講授課程計有：每日課後作業習題講解、系統暫態判識練習與模擬器展示、功率提升(Power Uprate)技術議題探討及緊急計畫與行動相關美國法規與管制說明。

9月17日(星期二) 講授課程則包括：每日課後作業習題講解、系統暫態判識練習、福島事故概要介紹、運轉規範查詢練習。

9月18日(星期三) 講授課程計有：每日課後作業習題講解、系統暫態判識與展示、可用性確認、數位控制系統、乾式貯存等技術議題探討。

9月19日(星期四) 講授課程包括：每日課後作業習題講解與複習、外部循環水、儀用空氣系統、核電廠面臨之天然災害及電廠應通報 NRC 之事項。課程結束前，講師特別安排了考前總複習，找來了一堆考古題在螢幕上逐題顯示，讓我們練習回答，有時需要翻找資料，有時需要同學間討論，十分有趣，不過，隔天考完試之後才發現講師複習

的題目真正考出來的極少。

9月20日(星期五)一如往常早起用過餐後隨即搭公車到TTC，八點鐘開始進行總測驗，考試時間四小時，共有50題，試題內容涵蓋：系統暫態判識、運轉規範查詢(運轉規範為open book)、各項技術議題、美國核能相關法規與各種BWR設計差異，其中美國核能相關法規的部分，有些較為細節的規定，對我們而言較為陌生，考題稍有難度，經過一番奮戰之後，終於通過了考試，順利取得NRC訓練中心所頒授的結訓證書。

綜合而言，編號R-504B訓練課程非常重視系統暫態研判之訓練，系統暫態時各項參數之變化，亦搭配NRC自有的奇異公司沸水式核能電廠模擬器進行模擬，以增加受訓學員的臨場感，受訓期間亦安排課堂中分組討論，我們可以充分的與美國視察員們討論。整體而言，更深刻感受到講師們非常重視每位視察員對系統暫態與變化之掌握能力，這部分也正是未來我們訓練課程可以再加強的地方。單以本項訓練課程的規劃安排，可以感受到要成爲一位合格的美國NRC視察員，必需具備以整體宏觀的角度了解系統各項異常變化的能力。

### **沸水式核能電廠模擬器訓練課程**

編號R-624B之模擬器訓練課程，其課程目標係強化編號R-304B奇異公司沸水式反應爐初階技術課程與編號R-504B奇異公司沸水式反應爐進階技術課程之學習成果，學習沸水式反應爐緊急程序指引(Emergency Procedure Guidelines)與緊急操作程序(Emergency Operating Procedures)，練習使用電廠運轉規範、學習應用機率風險評估(Probabilistic Risk Assessment, PRA)，練習研判電廠異常狀態(abnormal plant configurations)。

因應美國聯邦政府關閉，本項爲期兩週的訓練課程，被迫縮短成5日，訓練講師特別將重要課程內容重新調整授課順序，除了進行本項訓練課程簡介、介紹NRC模擬器各項操作與監視之盤面的基本配置外，於9月30日至10月1日訓練課程一開始，即將學員分組，3人一組，共分爲兩組，每組成員輪流擔任操作者、頌讀程序書者與核對者的角色扮演，練習操作機組起動抽棒至臨界及相關偵測試驗，而後再換組操作練習，除了

實地操作練習之外，並需隨時留意警報與儀表指示之變化。

10月2日進行功率20%時主汽機運轉操作與主發電機併聯操作，並新增一項「盤面查錯」練習，亦即講師在未事先告知我們學員的情況下，調整或操作了一些閥門/開關/按鈕/切換，致使機組系統在盤面上出現或未出現警示，然後將模擬器交給受訓學員，仔細查對，以找出問題所在；10月2日下午第一次進行系統查錯練習的狀況有：平均功率階中子偵測系統(APRM)單一控道旁通(one channel bypass)、爐心隔離冷卻系統(RCIC)異常、兩台再循環泵差異流量及安全釋壓閥(SRV)洩漏等。

10月3日練習機組起動期間第2台飼水泵列置使用、建立抑壓池冷卻之相關管閥列置、高壓爐心注水系統(HPCI)與RCIC偵測試驗等操作，而後再一次進行系統盤面查錯練習，其狀況有：控制棒驅動泵(CRD pump)同時開啓2台、備用硼液系統F004A/B燈號指示異常、飼水流量控制由3元控制切換成單元控制、餘熱移除系統(RHR)A台不可用、高壓爐心注水系統(HPCI)不可用等狀況練習。10月4日則講授電廠緊急操作程序(Emergency Operating Procedure, EOP)。

綜合以上的模擬器操作訓練與系統盤面異常的察覺練習，不僅加深視察員對於系統盤面與運作的認識，更有助於視察員就運轉中的機組系統倘若出現異常情況時，能夠迅速察覺之敏銳度與系統整體宏觀考量的能力，是一項非常有意義且紮實的訓練模式。

## 二、赴NRC Region II 辦公室簡報與經驗交流

本次參訪NRC Region II 辦公室共計2日，除聽取NRC Region II 辦公室之Construction Projects及Construction Inspection二個部門人員簡報外，我方亦向Region II 辦公室人員進行簡報，主題包括：原能會2013年管制動態(Overview of Recent Regulatory Activities)、核四廠建造現況(Current Status of Lungmen ABWR Unit 1&2)、國外專家同行執行台灣運轉中核電廠壓力測試審查現況(Independent Peer Review of the Stress Tests Performed on the Operating Reactors in Taiwan)、燃料裝填前準備作業視察(Readiness Inspection Plan and Implementation for LNPS)

等。經本次簡報並與 NRC 人員討論發現：

- (一)建廠視察組織：建廠視察組織主要分為建廠計畫及建廠視察二個部門，建廠計畫部門下包含資深計畫視察員、計畫視察員、資深駐廠視察員及駐廠視察員；建廠視察部門則由專案視察員組成。視察計畫主要針對七個方面進行規劃，包含歷年未結案件、執照議題、新的或再改善的項目、CAPs(Corrective Action Programs)/SPs(Special Programs)、Previously completed inspections、Generic Communications、及 Allegation 等。接著不同區域部門或專家再組成不同的視察團隊，針對分類的視察議題進行視察，並於取得視察結果後進行定期評估作業，這些評估作業包含重要議題的肇因分析、是否增加某項目的視察頻率，或再針對某作業項目進行專案視察等。
- (二)聯合執照(Combined license, COL)：聯合執照是指在特定的條件和廠址下，新反應器建照及運轉執照於一階段完成審查並核發。在 COL 申請階段，NRC 將依據美國原子能法、NRC 管制法及國家環境方案，審查該申請案之品保、設計分析、環境影響、運轉計畫、廠址安全評估及建造確認 ITAAC (Inspection, Test, Analysis, and Acceptance Criteria)等。目前已取得聯合執照(COL)的核電廠有 Virgil C. Summer Units 2 and 3 及 Vogtle Units 3 and 4，都是西屋公司 AP 1000 的機組設計。
- (三)新反應器建造視察方案(Construction Inspection Program, CIP)分成 ITAAC 及 Non-ITAAC 二部分之視察，其中 ITAAC(IMC-2503)項目須於初次燃料裝填前完成，確認該建造符合持照標準；Non-ITAAC(IMC-2504)項目則須確認建造計畫(Construction Programs) (含品質保證)、試運轉測試項目(Pre-operational Testing Activities)、和整備計畫(Readiness of programs)等。對於新建電廠而言，唯有在 NRC 管制單位確認該機組 ITAAC 皆符合持照標準要求後，方能進行初次燃料裝填(Fuel Loading)、起動測試和全功率運轉。在新建反應器 pre-op 測試階段，係由 NRC Region II 辦公室每天派 5 名駐廠視察員進行視察作業，同時也會適時針對特定項目加派 Region

II 視察人員或 NRC 總部技術人員，赴施工廠址及廠家視察，以確認實際建造如 COL 所述。至於轉移運轉(Transition to Operation)則以同意燃料裝填為時間點，並包含管制方案及單位之轉移，例如 IMC 2504(Non-ITAAC 之建廠方案及運轉方案視察)轉移至 IMC 2514(Startup Testing Inspection)及 2515(運轉階段視察)，管制單位則由 Region II CCI(Center of Construction Inspection)轉移至 Host Region。至於 Watts Bar Unit 2 重啟建造，需採用視察導則 IMC 2517，以補足傳統電廠建造視察方案。

(四)西屋公司 AP 1000 機組模組化建造現況：目前核准的 AP 1000 是被動式進步型壓水式反應器，西屋二迴路(Westinghouse 2-Loop)功率 3400MWt 的機組。AP 1000 圍阻體是獨立形式的圓柱狀鋼製壓力槽，具有上部及下部橢圓頂，另於上部橢圓頂尚有一儲水槽及噴灑系統，圍阻體外部則由水泥建築包住，但該水泥建築留有煙囪與大氣接觸。AP 1000 被動式冷卻系統主要就是由這圍阻體壓力槽構成，它提供安全相關的最終熱沉，而這最終熱沉則又由大氣冷卻。當核電廠發生全黑事件時，被動式爐心冷卻系統將鈾燃料衰變熱由爐心轉送到圍阻體內部再填換燃料水儲存槽(in-containment refueling water storage tank)，最後蒸汽佈滿整個圍阻體壓力體內，來自圍阻壓力體內部再填換燃料水儲存槽的熱蒸汽，一旦接觸到較冷的鋼製壓力體就會凝結成水(鋼製壓力體藉由外部水泥建築之煙囪與大氣接觸，並進行熱對流獲得初步冷卻，這熱傳導毋須藉由任何風扇或 AC 電源)，而這些水又因重力凝降於圍阻壓力體內部，接著藉由收集排水系統流回再填換燃料水儲存槽內，當圍阻壓力體內部壓力達到特定設計基準點後，偵測儀器會送訊號給上部橢圓頂噴灑系統，打開噴灑氣動閥對圍阻體壓力槽灑水，以使圍阻體壓力槽獲得更快速的冷卻效果。AP 1000 機組不但體積小又具有被動式冷卻系統，並且以模組化建造十分便利，因此受到各電力公司喜愛，目前 AP 1000 機組在美國執照核發現況如下，Virgil C. Summer 核電廠 Units 2 & 3，及 Vogtle 核電廠 Units 3& 4 共四部 AP1000 機組已取得聯合執照(COL)進行建造作業中。Levy County Units 1 & 2、Turkey Point

Units 6 & 7、William States Lee III Nuclear Station Units 1 & 2 共六部機組由 NRC 進行執照審查中。另 Shearon Harris Nuclear Site, Units 2 and 3, 及 Bellefonte Nuclear Station, Units 3 and 4 共四部機組執照審查作業則因故暫停中。

### 三、參訪 Watts Bar 核能電廠

本次參訪 Watts Bar 核能電廠，除與 NRC Region II 辦公室視察員進行意見交換外，並聽取 Watts Bar 核能電廠人員介紹 TVA 公司(Tennessee Valley Authority) 概況、興建中之 2 號機現況，並且赴廠房實地參觀。參觀過程由 James (Region II Office Senior Project Inspector)及 Tomy A. Nazario(2 號機駐廠視察員)全程陪同。本次參訪與 NRC Region II 辦公室視察員及 Watts Bar 核能電廠人員，進行經驗交流及現場參觀結果如下：

- (一)TVA公司(Tennessee Valley Authority)概況：TVA公司首先介紹該公司歷史，說明TVA主要由聯邦政府出資成立，之後轉型為自給自足的聯合公司，且主要提供美國七個州的電力、經濟建設、河流水壩控管、流域航行等活動。TVA公司擁有火力發電廠、水力發電廠、核能發電廠、太陽能發電、再生能源發電廠等，投資的各類能源發展儘可能提供環保且低價的電力給民眾。其中TVA公司目前擁有6部運轉中核電機組(Sequoyah 2部、Browns Ferry 3部、Watts Bar unit 1)，1部興建中機組(Watts Bar unit 2)及1部暫停保養中的核電機組(Bellefonte)。Watts Bar核能電廠為西屋公司4迴路壓水式反應器，於1973年開始建造，1號機並於1996年取得全功率運轉執照，2號機則於1988年因為經濟因素停止施工(當時估計已經完工80%)，直到2007年TVA決定繼續完成2號機之興建。
- (二)因應日本福島事故相關改善項目：由於美國內陸核電廠並不會遭遇到海嘯襲擊，地震活動歷來罕見，僅有內陸河流洪水氾濫問題，因此Watts Bar核電廠因應日本福島事故相關改善項目並非如我國需考慮很多，且美方歷來主要最

關心的核電安全議題為防恐攻擊，其防恐相關措施主要由B.5.b專案管控。因應日本福島事故，Watts Bar 核電廠主要考慮電廠全黑事故，及用過燃料池水位掌控之議題，因此將增購多座移動式電源、建造一棟地勢較高之移動式電源存放廠房、增設主控制室監測用過燃料池水位計等，至於其他耐震海嘯之設計並無特別提及。關於 Watts Bar 核電廠旁內陸河流洪水氾濫問題，由於最近美方發現早期針對 Watts Bar 河域氾濫分析有部分假設缺失，且該河域調查又有新資料，計算軟體亦更新，故待重新評估 Watts Bar 核電廠河域氾濫高程後，再改善位於河域旁核電廠相關冷卻系統之設備廠房擋水堤高度，以因應河域氾濫，避免影響到核電機組安全。

(三)興建機組 As-Built 圖面管理：針對 Watts Bar unit 2 核電廠圖面管理，TVA 電力公司說明在施工改善完成前並不會一直更新圖面，但原則上機械圖面在各系統機械管路設備打印上標印（stamp）前就必須出圖；電力相關系統則須在測試結束後出圖，整體而言，電廠各類圖面在機組商業運轉前須出圖完畢，並將完整的圖面置於主控制室供相關人員參考。

(四)關於 As - Built 工程圖面確認視察時機：目前 2 號機已開始進入試運轉階段，因此 NRC 視察員開始進行部分系統 As - Built 工程圖面確認視察。NRC 視察員主要各選取 8 個重要系統在試運轉前及當下進行 As - Built 視察，這 8 個系統的選取方式主要須考慮測試時程、未來該系統區域是否適合再進入、在未來測試中是否仍會有設計變更或工程改善等因素，以確認該系統在設計變更或工程改善後相關功能不影響試運轉測試結果。

(五)興建中機組 N-5 Form 簽署管理：對此 TVA 公司表示由於 Watts Bar 電廠 unit 2 與 unit 1 設計一樣，採用相同之持照基準，許多系統設備是共用的，且共用同一份 FSAR，故很多相關系統材料或安裝資料早已簽署完成。若在 ANI 簽署完 N-5 後仍有設計變更，則由 ASME CODE SEC. III 進入 SEC. XI，改由 ANII 進行管理，且一旦系統移交也將由 ASME CODE SEC. III 進入 SEC. XI 進行管制，並不須再重新修正或簽署 N-5 Form，已將上述相關訊息轉述給核管處核

四廠專案小組，以作為管制參考。

(六)現場參觀：本次 NRC 駐廠視察員安排參觀的地點，包含 CB 廠房、Main Control Room、shutdown panel room (Auxiliary Control Room)、HP & LP Turbine、Reactor Building 等，參訪當下 Watts Bar 電廠 unit 2 正處於進入 pre-op 測試階段，第一個系統圍阻體噴灑系統剛完成系統移交，並執行完成 pre-op 測試，且 NRC 視察員也於我方參訪前兩三週執行數個小系統 As - Built 工程圖面確認視察，以符合工程視察規劃。在與 NRC Watts Bar 駐廠視察員巡視 unit 2 反應器廠房時，發現 Watts Bar 核電廠圍阻體內部空間很小，爬升階梯須很小心，且內部仍有許多一把把掛在牆邊的臨時電纜，若不儘早使用正式電纜或設備，未來很有可能會影響該機組試運轉進度。另外視察 Watts Bar 核電廠圍阻體(ice containment)事故冷卻系統(該系統主要利用冰塊冷卻圍阻體發生事故之熱水汽)時，發現該系統有許多長型的冰簍子，須定期檢驗確認冰塊均勻分布於簍子內，並保有事故蒸汽流通的管道空間，以確保冰塊能有效冷卻圍阻體發生事故之熱蒸汽，Watts Bar 廠方對於此種冰塊冷凝器(ice condenser)在維護工作上必需付出相當的心力，因此，即使 Watts Bar 核電機組能縮減廠房空間，但卻不是很經濟，故該型機組也沒有成長發展空間，取而代之的則是現今最新建造的模組化核電機組(AP 1000)，建造較快速體積又小。另巡視汽機廠房時，發現部分非安全設備，例如汽水分離再熱器(MSR)有部分設備是裸露於室外，也許是因為美國當地自然天候與地理環境比臺灣相較，條件較佳之故，因此在廠房結構或設備的設計條件上，考慮的自然災害等級相對較低。

#### 四、NRC 總部緊急應變中心參訪

參訪緊急事件應變中心(Headquarters Operations Center(HOC) Tour)

10月8日下午參訪位在NRC總部新建置的第3大樓地下室1樓的緊急事件應變中心，NRC 安排人員向我們解說其應變機制並回答問題，內容摘述如下：

(一)舊有的緊急應變中心原設置在NRC總部第2大樓之2樓，我方造訪時正處於第

2 大樓搬遷至第 3 大樓階段，到訪時第 3 大樓緊急應變中心硬體設備正在測試中。該中心設有監視儀器，可以連線至各核子設施，即時得知運轉參數，大約 10~16 秒更新參數一次，其詳細程度甚至可以知道核能電廠主蒸汽隔離閥 (MSIV) 是否關閉，同時亦能監測美國各區氣象狀況。該中心主要監測區除有許多電腦可隨時接收美國國內核電廠訊息外，該監測區前方壁上亦可投射顯示數區或數種資訊，另監測區後方為玻璃透明隔間之指揮中心，同時可觀看監測區壁上數個大螢幕所顯示的資料，且指揮中心後方另有半開放的小房間，供給具有對核能電廠有一定程度了解，且具有與傳媒溝通能力者使用，以協助總指揮對外適當發布緊急事件相關消息。該中心全年無休，每天 24 小時均有專職人員值勤，負責接受來自業者、其他政府單位或民眾之緊急通報，負責第一線機警應變責任，值勤人員依照事件之程度，通知指定的總部或地區層級之決策者。值勤人員為 Headquarters Operations Officers (HOOs) 或 Headquarters Emergency Response Officers (HEROs)，通常需具備 5~10 年視察員經驗，或是曾在電廠擔任過運轉員，且需熟悉核子設施或需具運轉經驗，值勤人員需持續接受在職訓練，類似核能電廠運轉員之在職訓練機制。

## (二) 緊急應變中心反應模式 (Response Modes)

1. NORMAL Mode：即正常狀況，各級應變中心執行每日例行性監測作業，並隨時維持應變緊急事件。
2. MONITORING Mode：NRC 總部緊急應變中心應變機制尚未正式啟動，僅由區域辦公室負責處理。
3. ACTIVATION Mode：當事件程度升高，需要進行分析或評估時，此時指揮權轉移到 NRC 總部，部分緊急應變中心人員參與應變工作。
4. EXPANDED ACTIVATION Mode：當事態嚴重或情況不明，需要整體之應變能力時，緊急事件應變中心全體人員出動，並視需要派遣人員 (site team) 至廠址現場或鄰近區域應變。

(三)緊急事件通報處理時間及權責：當事件發生時，核電廠業者須在 30 分鐘內定義分級該事件的類別(例如：不尋常事件、警戒、廠區緊急事件、大範圍緊急事件)，並於事件發生1小時內通知核電廠所在地之地方政府及州政府，事件定義分級後1小時內通知NRC 緊急事件應變中心，但恐怖攻擊則須在發生時立即通知NRC總部。至於相關緊急事故大眾防護行動是由地方政府及州政府決定並發佈(例如：疏散、遮蔽、服用碘片等)，核電廠業者及 NRC 則可建議適當的防護措施及提供支援，但地方政府及州政府有最終決策權。

## 肆、建議

- 一、精進核安管制人才培育：我國雖已建立核能電廠視察員證照制度，但建議我國管制機關應確實落實 NRC 作法，依據個人專業背景、職務內容及生涯規劃等項目，為每位參與管制工作之人員，量身訂作訓練計畫（Training program），並將管制需求轉化成訓練項目，指派適當之人員專任規劃，進行課堂講解及考核。此外，各項訓練課程亦可考慮雙講師配置，增強課程間講師與學員間充分討論互動的能量。
- 二、吸取美國經驗作為我國管制參考：本次參訪 Watts Bar 核能電廠，除與 NRC 駐廠視察員進行多項議題討論外，亦取得 Watts Bar 核能電廠相關之程序書與作業方案，事實上許多美國視察程序書不難取得，但數量過多個人難以全部閱讀完畢並應用，建議參考美方作法，適當依據個人專業背景或職務內容，為每位參與管制工作之人員規劃簡介美國視察手冊架構，並建立個人實用的閱讀地圖，以提供視察員工作概觀並提升個人能力。
- 三、增進我國管制視野：我國由於只有三座運轉中核電廠及一部新建中核電廠，因此所接觸的核電廠類型自然比較少，而目前國際間尚有些國家積極發展核能發電，除了引進新一代核反應爐的設計，興建施工方法亦相當先進，建議未來視察員在職訓練可適當納入當前重要核電機組類型與興建經驗簡介，以提升視察員視野。
- 四、持續辦理視察員赴美參與訓練課程：本次出國所學包含核能電廠安全管制技術、管制實務與美方視察員的經驗交流等，研習成果豐富，對我國核能電廠安全管制視察員之訓練養成相當重要，建議未來仍應持續辦理視察員赴美參與訓練課程，深化我方與美方在視察員訓練與核安管制業務實務經驗交流，提升管制效能。

附件一 R-504B 核能電廠進階技術訓練課程課表

GE BWR/4 Advanced Course R-504B

Day	Title
1	Course Introduction /304B Exam Review Technical Specifications Introduction(Sec.1,2,3.0,SR 3.0.4 and 5) Technical Issue - Buried Piping Technical Issue - ECCS Voiding BWR Differences - Containments
2	Daily Review Transients - Introduction Transients 1,2,4 Technical Issue - Power Oscillation and OPRM Technical Issue - ATWS
3	Daily Review Transients 3,7,9 Conduct of Operations BWR Differences - ECCS and RCIC TS Exercises 3.1-3.3
4	Daily Review Transients 5,12,14 Technical Issue - Station Blackout TS Exercises 3.4-3.5 Simulator Transients Demo #1
5	Daily Review TS Exercises 3.6-3.7 Transients 8,10,18 Technical Issue - IGSCC Technical Issue - Shutdown Plant Problems
6	Daily Review Transients 6,15,17 Technical Issue - Power Uprates Simulator Transients Demo #2 Technical Issue - Emergency Action Levels
7	Daily Review Transients 11,13,16 Plant Events - Fukushima TS Exercises 3.8-3.10
8	Daily Review Technical Issue - Operability Determinations Technical Issue - Distributed Control System Technical Issue - ISFSI Simulator Transients Demo #3
9	Daily Review Technical Issue - Service Water/Instrument Air Plant Events - Natural Phenomena Technical Issue - Reportability Objective Review Self Study
10	Test

附件二、R-624B 核能電廠模擬器訓練課程課表

GE BWR/4 Simulator Course R-624B

Day	Lecture
1	Course Introduction Initial Control Room Panel Review Panel Checks And System Startups Critical Pulls And Surveillance Testing
2	Panel Checks And System Startups Critical Pulls And Surveillance Testing Plant Heatup And Pressurization
3	Transfer To Run Mode Power Increase To Rated Surveillance Testing
4	Surveillance Testing Plant Evolutions Plant Transients
5	Plant Shutdown & Cooldown
6	Plant Operations Power Maneuvers Transients Surveillance Equipment Operations
7	EPG/EOP Introduction RPV Control Overview Plant Operations Level Pressure Power Control Contingencies Plant Scenarios
8	Primary Containment Control Including Review Of Primary / Secondary Containment Suppression Pool Temperature Control Drywell Temperature Control Primary Containment Pressure Control Suppression Pool Level Control Containment Temperature Control Plant Scenarios
9	Integrated Use Of EOP Severe Accident Guideline Discussion
10	Final Static Examination

### 附件三：Region II 技術交流原訂議程

Schedule for AEC Inspector Visiting NRC Region II Office and Watts Bar Plant

As of 09/04/2013

Duration	Venue	Remark
9/23	NRC Region II Office	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presentation and discussion</li> <li>2. Overview of Recent Regulatory Activities</li> <li>3. Independent Peer Review of the Stress Tests Performed on the Operating Reactors in Taiwan</li> <li>4. Current Status of Lungmen ABWR Unit 1 &amp;2</li> </ol>
9/24-9/25	Watts Bar Plant	Site tour and discussion
9/26	NRC Region II Office	<p>Discussion</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Readiness Inspection prior Fuel Loading ( Lungmen and Watts Bar Unit 2)</li> <li>2. NRC Observation of Lungmen Readiness Inspection</li> </ol>



圖一、參加 NRC 技術訓練中心訓練課程學員合照



圖二、與 Watts Bar 駐廠視察員及 Region II 視察員合影



圖三、參觀 Watts Bar 核電廠 2 號機主控制室