

出國報告（出國類別：開會）

## 參加美國電力研究所(EPRI)舉辦 之維護法規會員(MRUG)研討會

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：顏昌發/主管機械維護

派赴國家：美國

出國期間：100年8月2日至8月8日

報告日期：100年9月22日

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱： 參加美國電力研究所(EPRI)舉辦之維護法規會員(MRUG)研討會

頁數 15 含附件： 是 否

出國計畫主辦機關／聯絡人／電話： 台灣電力公司／人資處

出國人員姓名／服務機關／單位／職稱／電話：

顏昌發／台灣電力公司／主管機械維護／2366-7194

出國類別：1.考察 2.進修 3.研究 4.實習 5.其他（國際會議）

出國期間： 100 年 8 月 2 日至 8 月 8 日 出國地區： 美國

報告日期： 100 年 9 月 22 日

分類號／目：

關鍵詞： 維護法規、MR、MRUG

內容摘要：（二百至三百字）

- 一、美國核能管制委員會 NRC 於 1980 年代末期透過視察發現，大部份電廠運轉事件與維護缺失相關，因此於 1991 年發布 Maintenance Rule, 10CFR 50.65 (維護法規簡稱 MR)，以管制維護作業成效，並於 1996 年正式頒布實施；其後各核能電廠機組安全度及營運績效均有顯著提昇，迄今並一直維持在績優水準，實施 MR 為主要貢獻之一。
- 二、MRUG (Maintenance Rule User Group) 成立於 1999 年 5 月，每年舉辦兩次會議，提供核能電力工業執行 MR 的研討環境，以討論技術性及程序上的問題。
- 三、參加本次會議係瞭解美國電廠執行 MR 相關技術議題及管制趨勢，作為本公司各核電廠執行面之修正及調整；本次會議內容包括：贊助單位專題報告、INPO 報告、NEI 報告、NRC 報告、分組討論及工業及運轉經驗回饋。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

## 目 錄

|            |    |
|------------|----|
| 壹、出國目的     | 1  |
| 貳、過程簡介     | 1  |
| 參、會議重要內容摘述 | 2  |
| 肆、心得與建議    | 13 |

## 壹、出國目的

- 一、 美國 NRC 於 1980 年代末期透過視察發現，大部份電廠運轉事件與維護缺失相關，因此於 1991 年發布維護法規 MR, 10CFR 50.65，以管制維護作業成效，並於 1996 年正式頒布實施；其後各核能電廠機組安全度及營運績效均有顯著提昇，迄今並一直維持在績優水準，實施 MR 為主要貢獻之一。
- 二、 MRUG (Maintenance Rule User Group) 成立於 1999 年 5 月，每年舉辦兩次會議，提供核能電力工業執行 MR 的研討環境，以討論技術性及程序上的問題，其目的在：
  - (1) 提供會員間定期資訊交換。
  - (2) 由管制單位視察及工業界評估結果提供技術性問題之解決。
  - (3) 發展技術導則及優良典範文件以降低業主執行上的成本，提升電廠間執行之一致性，並符合管制單位的要求。參加本次會議係瞭解美國電廠執行 MR 相關技術議題及管制趨勢，作為本公司各核電廠執行面之修正及調整。

## 貳、過程簡介

### 一、8 月 2~3 日

往程—台北-波士頓-劍橋

### 二、8 月 4 日

參加 MRUG 會議，會議議程包括：

- 贊助單位專題報告
- INPO 報告
- NEI 報告
- NRC 報告

➤ NEI 報告福島事件業界因應措施

➤ 分組討論：

發展狀況監測導則

新手上路

EPIX 資料庫討論

三、8月5日

接續前日會議，會議議程包括：

➤ 分組討論總結報告

➤ 工業及運轉經驗回饋

四、8月6~8日

返程—劍橋-波士頓-紐約-台北

參、會議重要內容摘述：

#### 一、贊助單位專題報告

1. 本次會議由 EPRI 主辦，Pilgrim 核電廠贊助，大會開場 Keynote Address 由該廠副總 Robert G. Smith 主講。Pilgrim 電廠位於美國麻州的 Plymouth，自 1972 年商轉，明年將屆滿 40 年，已向 NRC 申請執照更新並待核准。
2. 美國大部份的核電廠為 60 及 70 年代所興建，關鍵組件已老舊過時，可靠度面臨很大的挑戰，面對經濟衰退及日本福島事件，核電是否就此失去過去光輝的歷史？從美國 NEI 2010 年電力價格分析來看，核電仍最具優勢，但由於新的頁岩氣能源的發現及確認，天然氣電廠將更具威脅；為要使核電持續保持優勢，安全及有效率的營運就更重要了，核能工業須藉由以下方法達成高績效水準：

- 更好的運轉及維護作業，包括：人因績效、訓練、程序書及核安文化。
- 建立兩套設備可靠度方案：INPO AP-913 Processes 及 Maintenance Rule。

3. 面臨經濟的挑戰及核安議題，必須著重在電廠安全性及有效性的檢視，不能只停留在過去輝煌的成就，持續的關注設備可靠度才是電廠保持運轉的關鍵因素。

## 二、INPO 報告工具軟體改版計畫

1. 核能運轉協會 INPO Glen Masters 介紹已開發的工具軟體 CDE (Consolidated Data Evaluation)及 EPIX (Equipment Performance and Information Exchange)作為業界經驗交流及回饋，但期望不足之處仍有待使用者提出改善建議。

以下為 CDE/EPIX 功能：

- INPO Forced Loss Indicator 統計每季 EPIX 失效記錄。
- Transformer, Switchyard, Grid (TSG)報告。
- Digital/Cyber Security 記錄故障儀控設備肇因及其失效模式。

2. INPO 近來積極開發 ICES (INPO Consolidation Event System) 用來整合現有 EPIX、Plant Events Database、LERs 和 NPRDS 事件報告等系統，讓所有使用者，包括：INPO 會員、INPO 人員、授權的 INPO 參與者等快速擷取所需資訊，降低人工作業程序，並改善分析能力，讓使用者取得精確資料、可靠圖檔、業界績效及潛在趨勢。

3. ICES 支援 INPO 作業程序及外部承諾事項

- 運轉經驗  
不利潛在趨勢確認

重要事項篩濾

日常事故資訊分類

➤ 評估及協助

歷史事件

AP-913 設備績效

績效追蹤

➤ 符合管制

反應器監管程序 MSPI 指標

系統/組件運轉經驗研究

PRA 數據

維護法規運轉經驗

4. ICES 的目的是希望能改善系統的執行效率，並能有效的存取業界運轉經驗，提供高品質、完整的、精確的資訊，經由報表及查詢簡化資料來源，讓作業和分析等流程更具實用性。

### 三、NEI 報告核能工業展望、維護法規導則更新

1. 福島事件受媒體廣泛報導及大眾關注，管制單位也很可能修改相關法規，核能基礎建設在可見的未來也將持續受到挑戰，但對現階段執照及發照作業仍依既定時程辦理如下：

➤ 已核准 Limerick, Point Beach 功率提昇案。

➤ 已核准 Vermont Yankee, Palo Verde, Prairie Island, SALEM, Hope Creek 執照更新案。

➤ 已核准位於 Georgia, South Carolina, Texas, Maryland 7 座新核能機組的環境影響評估。

- 已提交 AP1000 最終設計認證。
- 完成 ESBWR 的最終安全評估報告。
- 1985 年停建之 TVA Watts Bar 2 號機，2008 年復建工程持續進行。

2. 根據調查美國民眾對核電支持態度如下：

- 2009 年：64%
- 2011 年 4 月：46%
- 2011 年 7 月：50% ( 其中 66% 為意見領袖)
- 62% 贊同擴展核工業，29% 希望保持現狀
- 81% 認為應將福島事件經驗回饋至新機組興建，而不是完全停滯進展。

3. 有關 NUMARC 93-01 維護法規導則第 4 版更新內容包括：(a)(4) 風險評估、EOP 範圍篩選、不可用度及細項調整，該版本於 2011 年 1 月提送 NRC，隨後依據 NRC 回饋意見修訂為 4A 版，2011 年 4 月再度送交 NRC，並期望 NRC 能發行 RG 1.160 Rev. 3 為此版本背書；在執行面上則希望 RG 發行後，與(a)(4) 無關部份可即刻生效，與(a)(4) 有關部份兩年後再實施，另支援(a)(4) 導則修訂的相關工作研討會已與先導電廠開始進行。

四、NRC 報告 NUMARC 93-01 和 RG 1.160 改版作業、MR 違規及福島事件的應變作業

1. NUMARC 93-01 第 4 版於 2011.1.4 提交 NRC，NRC 於 2011.3.29 舉辦公聽會並提出審查意見及訂定作業實施排程；NEI 於 2011.4.26 再提 4A 修訂版，NRC staff 已審查完畢並提出 R.G 1.160 第 3 版草案，內容包括：

- 認可 NUMARC 93-01 4A 版。
- 刪除管制例外事項及 4A 版部份文字修訂。
- RG 1.182 作廢。
- (a)(4) 火災風險評估實施時程(此部份 OGC 暫緩審查)



上述仍須有 60 天公眾評論，並依評論回覆及 NRC 內部作業流程，包括 OGC、CRGR 及 ACRS 審查及核准。

2. 在 NRC 尚未正式發行 R.G 1.160 第 3 版前，NUMARC 93-01 4A 版並未正式背書，另 NRC staff 補充以下觀點：

- 除(a)(4)火災風險評估外，對 MR 方案並未有重大變更。
- R.G 1.160 第 3 版發行前基於 NUMARC 93-01 4A 版的作業仍須符合 10 CFR 50.65 的要求。
- (a)(4)火災風險評估 2013.12.1 前不會實施。
- 4A 版比現行版本部份文字表達更保守。
- 不會有額外視察計畫。
- 將增加導則以審查(a)(4)火災風險評估。

3. 有關 MR 違規案，自去年夏季會議迄今計有 23 項：MR 條款(a)(1)/(a)(2) 有 6 件、MR 條款(b)範圍篩選有 1 件、MR 條款(a)(4)風險評估有 16 件。

今年 1 月至 6 月 MR 視察所發現缺失案例如下：

- Cooper 電廠
  - MR(a)(3)定期評估是在 2008 年 8 月執行，電廠未於二年內進行定期評估，在 2011.2.3 進行自我評估時發現此一缺失，開出狀態報告(Condition Report)，追溯過去記錄補寫評估報告，並檢討整個管控流程，以免再發生類似情況。
  - 緊急照明系統未依 MR(a)(2)已建立之績效準則進行監測。
- Grand Gulf 電廠
  - 控制室 B 串空調系統多次失效被群組視為單一失效，有部份失效甚至被省略，且 MREP 審查後仍將其置於 MR(a)(2)監測。

- Oconee 電廠
  - 備用停機設備 HVAC 壓縮機故障判定為不是維修可預防功能失效 (Maintenance Preventive Functional Failure, MPFF)，NRC 視察員並不認同，且發現此功能失效為重覆發生，應該將此系統列入 MR(a)(1) 監測。
- Pilgrim 電廠
  - 2009 年秋季至 2010 年 1 月 Torus 抑壓池溫度指示元件多次失效，被群組為單一失效，無法有效監測統計該系統之維護成效。
- Watts Bar 電廠
  - 主控室 B 串空調系統未能有效維護，對功能失效的判定不正確，經視察員提出質疑後，將前三次的評估改為功能失效，須進入 MR(a)(1) 監測。
- Wolf Creek 電廠
  - 2 台汽機帶動主飼水泵失效，使得在 EOP 時無法執行備用再起動注水到蒸汽產生器之功能，電廠未此監測列入統計。
  - 未評估前述主飼水泵造成跳機影響廠級績效指標。
  - 多次儀用空壓系統失效，致無法在 EOP 時執行再起動提供儀用空氣，未列入監測統計。
  - 同時發生兩次控制室主控盤警報供應電源失效，被視為單一失效，經技術評估結果為非共因失效，視察員判定兩次失效應分開計算，須進入 MR(a)(1) 評估。
- Seabrook 電廠
  - 控制廠房水泥結構經鑿孔檢驗確定已劣化，在未有效控制及監測

情形下，應列入 MR (a)(1) 監測。

- 提供廠用水及循環水進出口海水暫態緩衝結構未列入 MR 方案。

4. 視察結果多數電廠一般關切事項：以系統級或組件級監測取代串級監測。

範例：以 SSF(Standby Shutdown Facility) HVAC 故障是否為 MR 功能失效 (Maintenance Rule Functional Failure, MRFF) 為例。備用停機設備 HVAC 系統之設計基準文件載明，refrigeration circuit 視室外氣溫而決定是否需配置運轉，當溫度超過 90 度 F 時需兩串運轉；45 至 90 度 F 之間需一串運轉；45 度 F 以下不需使用。過去幾年，有些請修單在一串 refrigeration circuit 失效時仍視為非 MR 功能失效，其評估是基於沒有實際喪失功能，因為當時週遭的環境溫度已低於設計基準假設不需運轉，但問題是如果 MR 功能失效沒有去計次追蹤統計績效，設備可靠度在 MR 方案內將無法顯現，因此對於易受溫度或環境影響之高安全重要度 SSCs，判定功能失效應考量設計基準的環境因素，而不單單僅依當時的事件狀況。

5. NRC 說明對日本福島事件的因應，即刻由 Headquarters Operations Center 負責聯繫，並馬上派員前往日本了解實況，亦對美國境內核能電廠之安全進行檢討。隨後成立專案小組，全面檢查電廠安全，並審查其因應措施，範圍包括：設計基準下之保護措施、超出設計基準之考量作法、電廠全黑之救援、緊急應變計畫及深度防禦計畫。並發行暫行指令 TI 2515/183 及 TI 2515/184 提供 NRC 人員據以執行視察評估作業。

- TI 2515/183：當設備進行維護可能導致失效時，電廠必需建立一套策略，以減緩因設計或超出設計基準之事件發生，不容許燃料或圍阻體損壞之事件發生。
- TI 2515/184 針對一些問題提出檢討，如：非安全重要度之議題、無法

以程序書適當管控之事件、沒有確實執行嚴重事故指引之演練等。

## 五、NEI 報告福島事件業界因應措施

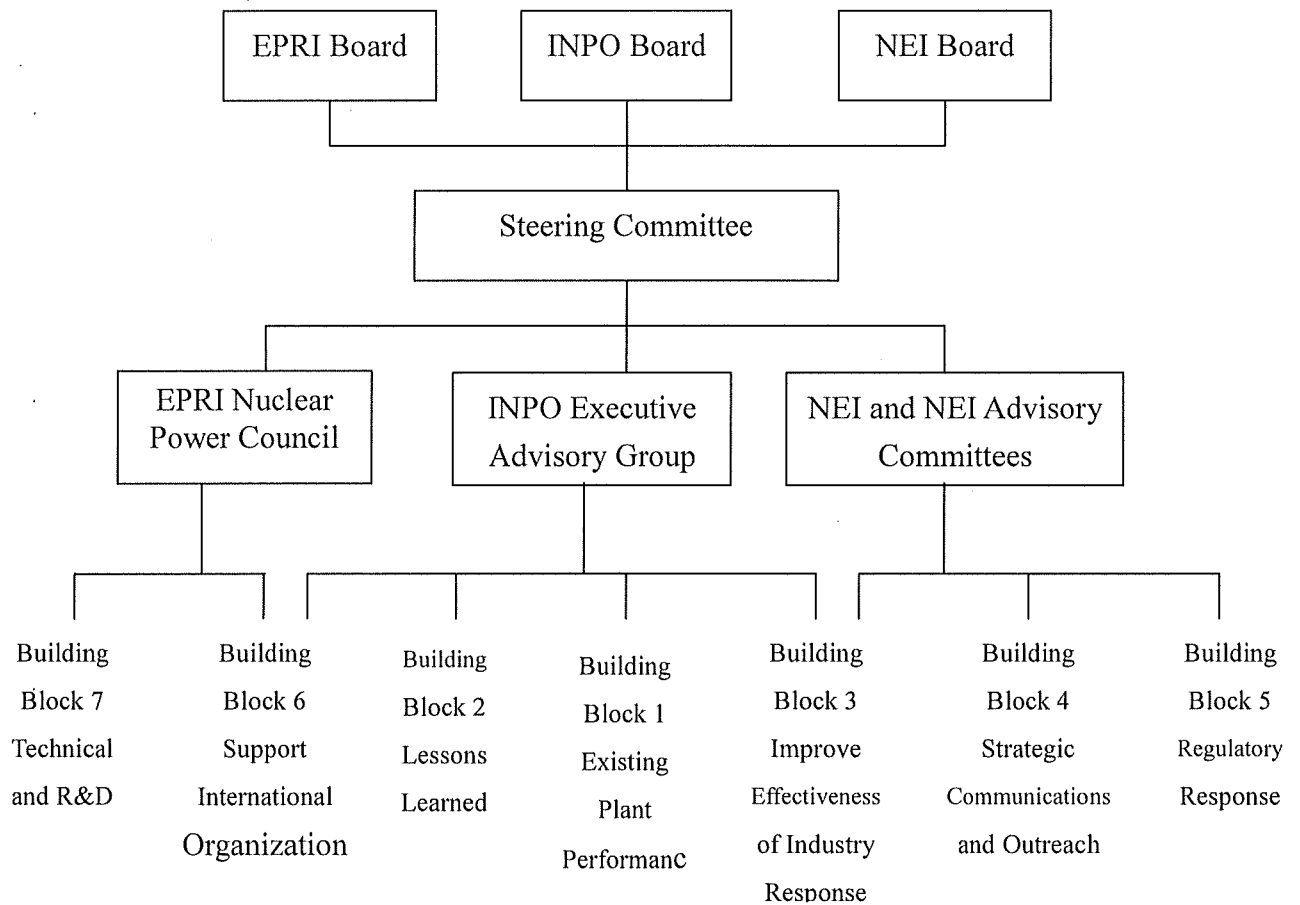
1. 業界在福島事件發生後，其短期因應措施為確認管理極端事件已準備就序，包括：

- 有能力應付主要挑戰，如：檢視飛機撞擊、天然災害導致廠區大範圍受損、火災或爆炸等極端事件。
- 有能力處理外電喪失。
- 有能力減緩廠內廠外淹水對系統造成之衝擊。
- 檢視應付極端事件所需之重要設備。

在長期的因應措施則包括：

- 徹底分析福島事件各層面運作狀況，如：反應器、系統、結構、組件、燃料、運轉員等可能的弱點。
- 將蒐集及回饋整併入美國核電廠之設計與運轉經驗。

2. 美國業界在福島事件發生之初都希望能提供協助，但是剛開始群龍無首一陣混亂，後來經過 EPRI、INPO、NEI 開會討論後確定組織架構，其後才能有效提供處理福島事件相關資訊。其組織架構如圖所示：



### 3. NRC 對於福島事件的因應措施

- 立即成立 90 天專案小組。
- 2011.7.19 扼要說明電廠繼續運轉及發照作業無立即風險影響。
- 建議利用 Risk Insights 以支援深度防禦的應用。
- 專案小組提出 12 項建議，主要範圍及內容包括管制架構、深度防禦 (如：對抗天然災害的保護措施、避免電廠全黑的事件發生、緊急計畫)、NRC 計畫等項目。
- 到目前為止福島事件詳細資料仍蒐集中，但美國對核電安全仍具有信心。

### 六、分組討論

本次會議分爲三組對以下議題進行討論：(1)發展狀況監測(Condition Monitoring)導則，(2)新手上路 (Mentoring)，(3)EPIX 資料庫討論；職選擇第(1)項議題參加。

美國核能電廠實施 MR，係利用各層級有效監測設備維護成效，確保設備之可用度與可靠度，對於不容許失效之 SSCs (如：反應爐冷卻水、配電盤、緊急照明設備等)則採用狀況監測，但狀況監測績效準則之訂定是由各廠自行決定。本次討論希望藉由電廠經驗，逐步建立狀況監測導則，讓營運電廠有一致的作法。

狀況監測適用於 MR 範圍內之結構、系統及組件，在可用度或可靠度績效準則訂定後，仍然無法有效監管者，如：目視檢查、振動分析、熱影像攝影及油品取樣分析之預防保養作業。狀況監測係指功能已決定爲高安全重要度，且經 PRA 計算或 MREP 決定判定性能準則爲「零」功能失效，其可靠度性能準則就必須採用「狀況監測」，如下列之系統或設備：

Reactor Coolant System

Reactor Vessel Inspections

Battery Banks

Piping - Flow Accelerated Corrosion

Nuclear Fuel

Containment Isolation - Appendix J LLTR

Cranes

Structures

經討論初步結論如下：

1. 狀況監測可依據結構劣化程度或洩漏率等實際量測值，決定是否進入

(a)(1)。

2. 可以在功能失效下再定義一個狀況監測失效，並依據可靠度準則決定是否進入(a)(1)。例如：雖然尚未超過系統功能之可靠度績效限值，但是以超過狀況監測績效準則限值而判定進入(a)(1)。

3. 以失效率進行組件層級(Component Level)監測的方式，通常做法是將組件群組起來，並以群組之失效率訂定績效準則限值，但是如果組件群組跨系統邊界，必需考慮各系統功能之安全重要度，這些組件可能包括：

- Emergency Lights
- Circuit card
- Excess Flow Check Valves
- Hydrogen Glow Plugs

## 七、工業及運轉經驗回饋

### 1. Nine Mile 1 Exciter Coupling Forced Outage

2011.5.2 由於汽機主跳脫電磁閥接頭漏油，使得主油泵出口油壓晃動，汽機TV 接收到關閉信號，制動RPS 造成跳機，經檢討為汽機大修時包商監管不周及工作說明待改善。

### 2. 結構監測功能失效判定

2010.2.18 Calvert Cliffs 1&2 號機因反應器保護系統(RPS)之動作跳機。1 號機跳機係由於喪失 12B 反應器冷卻水泵，導致反應器冷卻水系統低流量制動 RPS 跳脫信號。2 號機由於繼電器失效導致 P-13000-2 變壓器和所有相關電源，造成喪失 4 台 RCP，機組跳機。

此案例肇因是由於屋頂漏水所導致，因此電廠對無法有效監測結構之維護成效提出檢討，未來將加強電廠巡查並評估其結果，以決定該結構是否進入

(a)(1)。

### 3. 冷凝水及飼水系統

Wolf Creek 電廠 AE-01 系統功能提供飼水控制，MR 範圍篩選屬為非安全相關、正常時運轉、低安全重要度，並由廠級指標監測。電廠因兩個汽機驅動主飼水泵失效，導致無法依 EOP 所規定執行備用再起動功能將水打入蒸汽產生器。對此案例，電廠只記錄 1 次功能失效，視察員認為應該分別紀錄。由於初始範圍界定時，電廠是把汽機驅動主飼水泵視為正常運轉之設備，屬於廠級監測。但是當執行 EOP 時該設備應被視為備用系統，須訂定其可靠度績效準則。

## 肆、心得與建議

面臨經濟的挑戰、暖化的威脅及福島核安議題，核電的營運充滿了變數，惟有著重在電廠安全性及不斷的檢視結構設備的有效性，不能停留在過去輝煌的成就，必須持續地關注設備可靠度，才是電廠保持運轉的關鍵因素。

每年 EPRI 舉辦的 MR 使用者冬、夏討論會各乙次，作為核能電廠執行維護法規經驗之平台，提供核能電力工業執行維護法規的研討環境，以討論技術性及程序上的問題。會員間彼此資訊交換，管制單位及核工業組織提報統計及評估結果，提供技術性問題解決，提升電廠間執行之一致性，以符合管制單位的要求。

參加 MRUG 會議可瞭解國際間核能電廠實施 MR 所遭遇的相關技術之問題，蒐集相關資料並汲取國外經驗。本公司核一、二、三廠於 97 年 1 月開始執行 MR，龍門電廠亦預定於 102 年實行，各廠 MRC 若能有機會參加本項會議，除可將電廠執行 MR 所遭遇問題與國外電廠討論，亦可藉由分享討論過程中汲取別人的經驗，使 MR 之執行技術與國際同步並持續精進。