

出國報告（出國類別：洽公）

美國電力研究院(EPRI)壽命週期管理

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：林夢竹 (核能工程師)

派赴國家：美國

出國期間：94.06.23 至 94.07.02

報告日期：94.08.10

出國報告審核表

出國報告名稱：美國電力研究院(EPRI)壽命週期管理		
出國人姓名	職稱	服務單位
林夢竹	核能工程師	台灣電力公司 核能發電處
出國期間：94年06月23日至94年07月02日		報告繳交日期：94年08月10日
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整（本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」） <input checked="" type="checkbox"/> 3.內容充實完備。 <input checked="" type="checkbox"/> 4.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7.退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容以 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會（說明會），與同人進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 9.其他處理意見及方式：	
層轉機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1. 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分_____（填寫審核意見編號） <input type="checkbox"/> 2.退回補正，原因：_____ <input type="checkbox"/> 3.其他處理意見：	

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、審核作業應於報告提出後二個月內完成。

報告人： _____ 單位： _____ 主管處： _____ 總經理： _____
 主管： _____ 主管： _____ 副總經理： _____

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：美國電力研究院(EPRI)壽命週期管理

頁數 18 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司 / 陳德隆 / (02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

林夢竹/台灣電力公司/核能發電處/核能工程師/23667104

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：自 94 年 06 月 23 日至 94 年 07 月 02 日 出國地區：美國

報告日期：94 年 08 月 10 日

分類號/目

關鍵詞：壽命週期管理、執照更新、碳鋼管路薄化

內容摘要：

- 1.前往美國電力研究院(EPRI)實地瞭解執行情況，由 EPRI 人員簡報並討論核能電廠壽命週期（老化）管理等相關問題，包括(1)美國核電廠執行老化管理理由及效益分析(2)美國執照更新（License Renewal，LR）及設備長程計畫（Equipment Long-Term Planning）之現況等。
- 2.參加美國電力研究院(EPRI)之管路薄化檢測評估使用者組織(CHUG)舉辦之管路薄化檢測計畫相關問題研討會及管路薄化檢測計畫之CHECWORKS 軟體進階訓練。該研討會約68人參加，包括了美國電力公司/核電廠、EPRI人員、相關廠家(如CSI Technologies, Inc., Tioga Pipe Supply Co., Inc. 等)及韓電、日本東京電力、法國EDF電力公司（Electricite de France）、加拿大AECL電力公司（Atomic Energy of Canada, Ltd）及本公司等會員；管路薄化檢測軟體進階訓練部份，有17人參加，主要是評估軟體實做訓練，由該軟體技術研發人Mr. Horowitz及程式研發人Mr. Ha親自講授最新版本及教導軟體實做訓練。

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

目 錄

	頁數
一、出國目的	1
二、出國行程	1
三、內容與過程	2
四、心得與建議	12
五、附件：	
附件一	15
附件二	18

一、出國目的

本公司自 2004 年起參加美國電力研究院(EPRI)之壽命週期管理計畫(Life Cycle Management (LCM) Technology Program 共三年 (2004~2006 年), 以下簡稱老化管理), 可獲取其過去及參加期間之各項專業技術之研究成果報告並提供核電廠之老化管理方面問題等之諮詢, 此行前往該機構實際瞭解執行情況, 由 EPRI 人員簡報並討論核能電廠老化管理等相關問題。

另管路薄化檢測計畫是老化管理中重要項目之一, 日本美濱核電廠 93 年 8 月曾因管路破裂造成人員嚴重傷亡事件, 因此參加美國電力研究院(EPRI)之管路薄化檢測軟體使用者組織(CHUG)在懷俄明州 Jackson Hole 舉行之管路薄化檢測計畫相關問題研討會及管路薄化檢測計畫軟體 (CHECWORKS) 進階訓練, 以取得最新資訊, 俾利參酌提昇本公司目前之管路薄化檢測計畫。

二、出國行程

94 年 6 月 23 日	往程	台北→舊金山→Palo Alto
94 年 6 月 24~25 日	Palo Alto	美國電力研究院(EPRI)人員簡報及討論老化管理(LCM)合約執行進度、研發成果報告討論等事宜。
94 年 6 月 26 日	中間行程	Palo Alto→Salt Lake City→Jackson Hole, WY
94 年 6 月 27~30 日	Jackson Hole	參加美國電力研究院(EPRI)之管路薄化檢測軟體使用者組織(CHUG) 管路薄化檢測計畫相關問題研討會及管路薄化檢測計畫軟體 (CHECWORKS) 進階訓練。
94 年 7 月 01 ~02 日	返程	Jackson Hole, WY→Salt Lake City→舊金山→台北

三、內容與過程

(一) 拜訪美國電力研究院(EPRI)：

概述

此次行程首先拜訪美國電力研究院(EPRI)，位於美國加州舊金山旁之 Palo Alto (美國著名之史丹佛大學即位於此處)，由 EPRI 唐惠聰博士(Dr. H.T. Tang) 接待，安排 EPRI 之計畫經理 Mr. Sliter 及 Mr. Wilmshurst 進行簡報會談，Mr. Wilmshurst 主要負責 LCM 專案 PSE(Plant Support Engineering)之 Long-Term Planning(LTP)/License Renewal(LR)計畫部份，PSE 之 Office 位於北卡羅來納州 Charlotte 之 EPRI NDE Center，Mr. Wilmshurst 原計畫專程來 Palo Alto，但因臨時有要公，改採電話連線方式簡報及會談，Mr. Sliter 則主要負責 NAM(Nuclear Asset/Risk Management)計畫部份之簡報。

台電與 EPRI 間之老化管理(LCM)計畫共三年(2004~2006)，進行得相當順利，目前已收到二百多份 EPRI 歷年來相關研究報告(註：所有報告已建置於核發處網頁之老化管理超連結項下，搜尋及閱讀均十分方便，對本公司目前核一廠進行之「時限整體安全評估」有相當助益。)，EPRI 每年均會向台電提出年度報告並舉行老化管理研討會、回答台電對 LCM 相關技術問題，並將會陸續寄來 2006 年前之研究報告，此次在 Palo Alto EPRI 之簡報及討論議題主要有兩項 (1)美國核電廠執行老化管理 (LCM) 理由及效益分析(2)美國目前執照更新 (License Renewal, LR) 及設備長程計畫 (Equipment Long-Term Planning) 之現況，茲說明如下：

1. 美國核電廠執行老化管理 (LCM) 理由及效益分析

a. 執行電廠老化管理 (LCM) 原因如下：

- 能使電廠延長運轉年限 (在美國是由原來之 40 年申請再延長 20 年)。
- 增加發電量，經由設備可靠度之改善可避免發電損失。

b. 以美國之 Oconee 電廠 (Duke 電力公司) 為例，三部 846MW 之壓水式核電廠均已可延長 20 年運轉估算，20 年間更新設備費用約為美金 400 百萬元，其資本支出美金約為 150 元/KW，若蓋新核電廠則約為美金 1,200~1,500 元/KW，顯示出核電廠延長壽命之投資的為蓋新廠之 1/8~1/10。

c. 有些美國電廠已將功率提升與延長運轉年限計畫合併，以增加效益。

- d. EPRI 目前有關成本分析方面是置於 NAM (Nuclear Asset Management) 計劃下。
- f. LCM 計畫軟體包括：
- LcmVALUE 是以 Excel 型式寫出之點值 (Point-Value) 分析軟體。
 - LcmVALUE – CB (Crystal Ball) (用以執行不確定性之可能程度分析) 均可用來對設備可靠程序 (INPO AP-913) 進行長程計劃之經濟評估。
- g. 電廠及大型計劃評估可使用 NAPE (Nuclear Asset and Project Evaluator) 及已發行之 Nuclear Asset Management Process Description (NEI AP-940) 加上 Risk-Informed Asset Management (RIAM) 及其他工具 (如 NAM Toolkit Project) 等。
2. 美國目前執照更新 (License Renewal, LR) 及設備長程計畫 (Equipment Long-Term Planning) 之現況：
- a. 起初美國核電廠執照期限 40 年是其於經濟考量而非技術限制問題。
- b. 美國 NRC 於 1991 年開始制定執照更新 (LR) 準則，至 1995 年修改更爲完備，主要針對老化不利之影響及對目前存在之計畫給予加分。
- c. 有些核電廠提前除役之原因如下：
- 無法達到設計基準之條件。
 - 缺乏追蹤反應爐(RPV)老化之金屬試片。
 - 設計或設備之法規問題。
 - 其他非技術上之問題。
- d. 每部申請執照更新之核能機組自提出申請至核准約需 1.5~2 年，至 2005 年 1 月共有 30 部核能機組被核准，18 部核能機組在核管會(NRC)審查中，20 部核能機組計劃提出 (如下圖)，預計所有 104 部核能機組均將進行執照更新。

Renewed License Status as of January 2005



Source: U.S. Nuclear Regulatory Commission

Expect all 104 units to be relicensed eventually

註：至今年（2005 年）7 月，已有 33 座核電廠被核准執照更新（即新增 Farley 1, 2 號機及 Arkansas Nuclear One 2 號機）。

e. 美國核電廠執照更新原則：

- 電廠運轉 20 年即可提出申請。
- 若獲准執照更新即可延長 20 年運轉，只要電廠有一穩定法規環境均可申請（Stable regulatory environment）成功。
- 有關執照更新相關法規：
 - 安全部份美國聯邦法規：10CFR54。
 - 環評部份美國聯邦法規：10CFR51。
 - NEI95-10 Rev.5（換照內容及格式）。
- 有關執照更新最新消息(NRC 要求申請電廠補充說明事項)：
 - Nine Mile Point 電廠需進一步提供老化管理計畫中電纜（Cable）方面資料。
 - Beaver Valley 電廠需進一步澄清一些技術基準相關問題。
- 執照更新範圍非針對全廠性，而僅包括下列範圍：
 - 安全有關之系統、結構、組件（System, Structure, Components, SSCs）。
 - 非安全有關但失效會影響安全有關之 SSCs。
 - 針對下列法規事件之 SSCs：
 - ◆ 環境驗證事件(Environment Qualification)。
 - ◆ 防火事件(Fire Protection)。

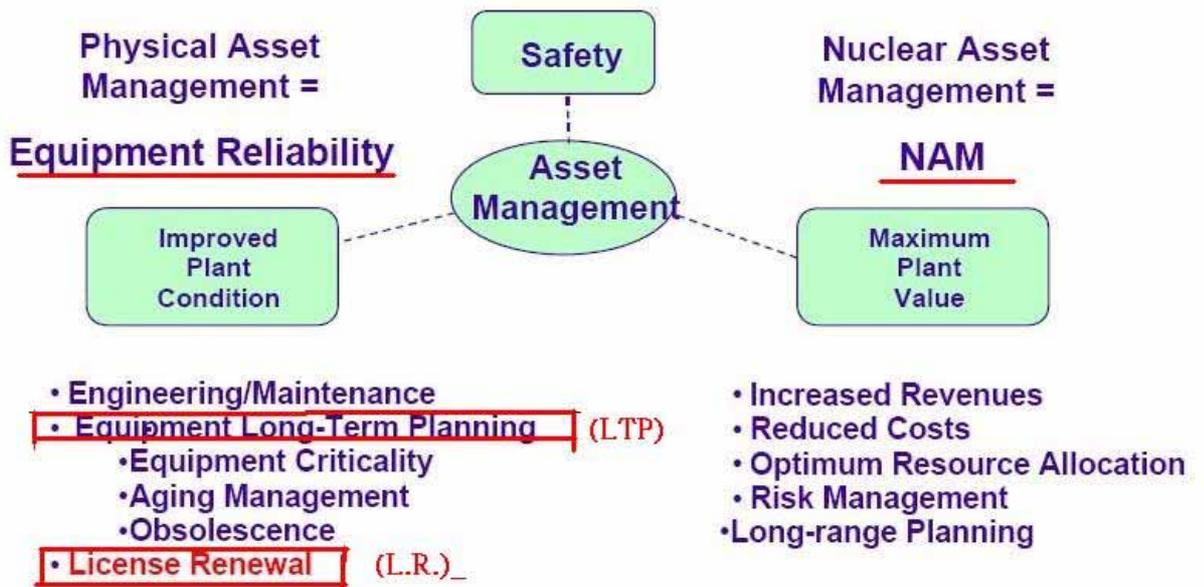
- ◆ 非急停之預期暫態事件(Anticipated Transient Without Scram)。
- ◆ 全黑事件(Station Black Out)。
- ◆ 熱震受壓事件(Pressurized Thermal Shock)。
- 執照更新之老化管理篩選內容：
 - 針對 SSCs 中之被動件 (Passive) 及長壽性 (Long-Lived) 設備予以管理。
 - 所謂 Passive 即運轉中未移動或變更性質之組件例如管子、電纜、結構等。
 - 所謂 Long-Lived 即依其驗證壽命決定之組件，例如 EQ 組件、油過濾器或空氣過濾器等。
- 老化管理之目的及方式：
 - 主要是在組件失效前能防止並偵測及矯正該組件，即確認下列事項：
 - ◆ 組件功能。
 - ◆ 材質。
 - ◆ 內部及外在環境。
 - ◆ 老化效應 (因老化機制引起)。
 - ◆ 老化管理計畫 (AMP)。
 - 有關主動組件(Active Components)之老化是由維護法規(Maintenance Rule) 以及運轉監測等管理。
 - 短壽命 (Short-Lived) 組件之老化是由 EQ、設備防火及正常維護等管理。
 - NRC 審查標準：
 - ◆ 標準審查計畫 (NUREG 1800)。
 - ◆ 一般老化課程經驗分享 (Generic Aging Lessons Learned, GALL report) (NUREG 1801)。
 - ◆ 老化管理計畫中 GALL 文件通常為 NRC 所接受，用來管理老化效應。
 - 經濟效益分析：
 - ◆ 在電廠原執照期限前之執照更新費用很低。

- ◆ 在電廠延長運轉執照後之費用預估小於美金 1M/年。
- ◆ 在電廠原執照期限前應進行之工作包括：
 - ★檢查涵蓋水化學計畫之 SSCs，例如及時確認飼水系統管路壁厚是否足夠。
 - ★測試地下電纜之水樹（Water Treeing）劣化。
 - ★檢查地上電纜有關非正常環境之影響。
 - ★選測地下水因水浸而老化情形。
- 執照更新是一前提，而非必須，為要能延長運轉需較只運轉 40 年多花美金 15~20 百萬元。
- 是否延長運轉是商業上（成本）的考量：
 - 設備替換／整修之花費，以電廠運轉 40 年估計每部機約需美金 100 百萬元或更多。
- 為安全及經濟運轉，可能需更換一些大型設備，舉例如下：
 - 蒸汽產生器。
 - 調壓槽。
 - 主汽機及發電機。
 - 大型變壓器。
 - 飼水加熱器。
 - 主冷凝器。
- 過去美國 30 座電廠機組更換經驗發現，一般無任何新增維護費用，如 Dresden 2 號機，電廠運轉 35 年未發現任何新的老化效應，且未發現電廠之績效（Performance）有衰減現象。
- EPRI 技術支援執照更新及老化管理經驗：
 - 執照更新先導研究（Calvert Cliffs 核電廠及 Oconee 核電廠）。
 - 壓水式（PWR）及沸水式（BWR）壓力容器研究。
 - 組件老化管理現況審查。
 - 美國能源部老化管理指引研擬。
 - 天然及人造電纜老化研究。
 - 有關鑄造不鏽鋼組件之受熱老化脆裂評估。

- 一般執照更新技術問題收集。
- 提供機械、結構及電氣方面執照更新工具書。
- 針對現場之老化檢查提供指引。
- EPRI 之 MRP (Material Research Program) 及 BWR VIP (Vessel Internal Program) 提供許多實用報告可供電廠執照更新工具書。
- 針對現場之老化檢查提供指引。
- EPRI 之 MRP (Material Research Program) 及 BWR VIP (Vessel Internal Program) 提供許多實用報告可供電廠執照更新參考採用。

f. 設備長程計畫 (Equipment Long-Term Planning 簡稱 LTP) 簡介：

執照更新(L.R.)及設備長程計畫(L.T.P.)均是資產管理重要一部份，其間之相對關係如下圖：



設備長程計畫(L.T.P.)／老化管理 (LCM) 可參考 INPO (美國運轉協會) AP-913 設備可靠度程序，其針對 SSC 之定義如下：

設備長程計畫(L.T.P.)是研擬電廠下一週期之後的整體長程計畫，舉例如下：

- 設計變更 (或修改)。
- 重要之預防保養項目。
- 重要之設備大修。
- 設備之更換。

- 主要檢測項目。

即組件經由技術及經濟評估，使能與可靠度相配合，且維持或更加強原先之安全性，目前 EPRI 執行 LR/Aging/LTP 計畫中，很重要的一個項目是「執照更新後之承諾項目審閱」(License Renewal Commitment Review)，其目的為：了解目前美國核電廠進行執照更新時承諾 NRC 那些項目，並指出應採行那些有利的行為，即

- 確認承諾項目及最佳採行技術為何。
- 指出使用該技術後之優點有那些。
- 結果將用來確認研發項目。

因此設備長程計畫(L.T.P.)將是執照更新(LR)後緊接著的重要課題，值得我們密切加以注意。

(二) 參加管路薄化檢測軟體使用者組織(CHECWORKS User's Group, CHUG)管路薄化檢測計畫研討會及 CHECWORKS 軟體進階訓練：

概述

拜訪美國電力研究院(EPRI) 後，即由舊金山搭機經鹽湖城轉傑克森洞穴(Jackson Hole)之 Virginian Lodge，參加由電力研究院之 CHUG 組織舉行之研討會，CHUG 是 EPRI 因應碳鋼管路薄化問題而成立之組織，並研發出 CHECWORKS 軟體，可供電廠對管路沖腐蝕薄化問題管件篩選及評估之用，每年均定期(通常是每年 1 月及 6 月)舉行研討會及軟體訓練課程，邀請會員交流有關管路沖腐蝕薄化及軟體使用經驗，今年 6 月已是第 33 屆，本公司 90 年起正式簽准加入 CHUG 組織，因去年 8 月發生日本美濱電廠破管事件，且 CHECWORKS 軟體已更新至 2.1 版，因此參與此次研討會，以了解目前最新相關資訊並作為公司規劃未來管路薄化檢測計畫之參考依據。

參加人員包括了美國電力公司/核電廠、EPRI 人員、相關廠家(如 CSI Technologies, Inc., Tioga Pipe Supply Co., Inc. 等)及韓電、日本東京電力、法國 EDF (Electricite de France)、加拿大 AECL (Atomic Energy of Canada, Ltd) 及我國等約 68 人參加(均為 CHUG 會員)，首先由 Mr.Musson 簡報 CHUG 之財務及成果，CHUG 今年度總預算為美金 73 萬 2 千元，另選出新的 AC (Advisory

Committee) 及決定了明年元月及 6 月之研討會將於佛羅里達州之 Orlando 及內華達州之 Las Vegas 舉行。

此次在 Jackson Hole 有研討會及 CHEWORKS 軟體進階訓練兩大部份，主要內容說明如下：

1. 研討會部份：

首先針對電力公司間之資訊交流討論，並以新的型式，即每個電廠代表提供一個以上之最近發現之經驗分享（5 分鐘為限）稱為 Round Robin Session，本人亦簡略報告了核一廠爐心噴灑管路針孔洩漏事件。

其次研討會發表報告十分廣泛(詳附件一)，其較重要之報告摘要如下：

(1)CHECWORKS SFA 目前執行情形

- 第 2.1 版已於 2004 年 11 月正式發行，包括了新的點對點（PTP）評估方法，即當組件厚度不均勻或高磨損區適用。
- SFA 伺服器資料庫使用 Sybase SQL Anywhere 說明。
- SFA 第 2.2 版將於 2006 年秋季發行，並預計增加或修訂下列因子：
 - New Oxygen factor (outcome of BOP Corrosion work)
 - New Hydrazine factor (likely outcome of BOP Corrosion Work)
 - New single wear method (circle method)
 - New Diagnostics feature
 - Enhanced Heat Balance Diagram
 - New Component Qualification Form/Report?
 - Other enhancements funded in 2006?
- 有關 SFA 2.1 版少數缺陷（bugs）修訂將於年底前完成。

(2)Palisades 核電廠（PWR）於 2004 年 9 月大修時，檢查發現高壓飼水加熱器之抽氣管，位於 12 吋 bleeder trip valve 下游直管有薄化現象，屬首次檢測，推測是閥下游擾流造成，該 12” 直管已更換為低合金鋼管（材質：P22）。

(3)Callaway 核電廠（PWR）今年元月於再循環模式下，於起動 B 串加熱器洩水泵（Heater Drain Pump, HDP）後不久，流量即降至零，管線發出明顯撞擊聲並明顯位移。檢查結果發現是流量計元件脫落導致，已更新該

流量元件，並計劃今年秋天將出口管線更換為不鏽鋼，並檢查類似設計之流量計。

(4)McGuire 核電廠 2 號機今年 3 月 1 日，即大修前 4 天，發生 2” 碳鋼管路破裂，因無法隔離而降載提前大修，該破裂處在汽水分離再熱器（MSR）（第 2 級）至洩水槽間之閥（編號 2HM-23）下游處。該廠已將第 2 級 MSR 洩水管更換為不鏽鋼材質。（註：此事件屬小管徑管線破裂事件，本公司各核電廠已逐年將該類管線更換完成為不鏽鋼）。

(5)Hatch 核電廠（BWR）簡介該廠二號機使用西門子／西屋公司之熱弧噴灑覆蓋表面於第 2 級／抽氣管線內表面之經驗——即增加約 25-30mil Inconel 625（鎳基合屬）厚，可防治管路薄化，共 11 位工人，施工於 19 個管節處，費用約美金 15 萬 4 千元。

(6) 值得注意的兩個議題：

a. NSAC-202L-R2 自 1999 年到目前均未改版，許多新增考量如 PWR 之聯胺影響、BWR 之水化學問題、小管徑管路之 RT 檢測方法...等均已需更新，因此將發行新版，並於改版(R3)發行送交 NRC 及 INPO 等單位。

b. BWR 電廠之 RPV Bottom Head Drain Line 潛在有流體加速腐蝕（FAC）問題，此問題是 2004 年底才被提出，因該管線無隔離閥，若發生洩漏可能造成 small-break LOCA，CHUG 被 BWRVIP 選為負責此問題之技術提供，並將於今年 7 月向 NRC 簡報。

(7) D.C. Cook 電廠提供該廠今年之有關 FAC 於執照更新（License Renewal）之安全評估報告，供與會者參考（詳如附件二），主要內容如下：

在 GALL 之 XI M17 章節“監視及追蹤（The Monitoring and the Trending Section）”部份敘述：FAC 計畫應說明“如果偵測出有老化情形，例如壁厚小於最小壁厚要求，需增加檢測相鄰之管件厚度”，Cook 電廠認為 GALL 要求在許多情況並不適用，例如“若只有很小範圍預估老化，量測壁厚可能小於最小壁厚，但受影響管件計算壽命可能超過電廠運轉壽命”，在此情況下應不需加測管件，因此對 GALL XI M17 章節提出豁免申請。審查人員認知 Cook 核電廠之 FAC 計畫是依據 1999 年 4 月 EPRI

發行 NSAC-202L-R2 ， “ Recommendations for an Effective Flow-Accelerated Corrosion Program ” 工業指引規劃，該指引建議當檢測到重大 FAC 磨損時才加測件管件，在 Cook 電廠之 FAC 計畫中，重大 FAC 磨損是定義管件壁厚小於或等於公稱厚度之百分之六十（但仍須大於最小壁厚 T_{min}）時需加測，同時 Cook 核電廠程序書要求，當追蹤測件之剩餘壽命小於一個運轉週期亦需加測，且包括管件壁厚最小壁厚大於公稱壁厚百分之六十之情形，因此審查人員同意此項豁免說明。

2.CHECWORKS 軟體進階訓練部份：

美國 Surry 核電廠（PWR）2 號機於 1986 年發生 18 吋管路因為 FAC 薄化，造成管路破裂，導致人員傷亡事件後，EPRI 即針對管路沖腐蝕薄化問題之管件篩選及評估方法，發展出 CHECWORKS，此次進階訓練由該軟體技術部份研發人 Mr. Horowitz 及程式研發人 Mr. Ha 親自講授最新版本（CHECWORKS SFA 2.1 版）功能及指導實作練習，因本訓練屬進階訓練，此部份僅有 17 人參加，主要是 CHECWORKS 軟體實做訓練，每人均需自備電腦及 CHECWORKS SFA 2.1 版軟體，因本公司之 CHECWORKS 使用之軟體尚未升級（仍為 1.0F 版），此次由 EPRI 提供電腦及軟體。此次課程內容（詳附件一）簡述如下：

(1) Review of Wear Rate Model：

近年來使用於 CHECWORKS 之 FAC 磨耗率（Wear Rate）之公式新增聯胺（Hydrazine）影響因子，因聯胺會影響氧化膜之溶解度，其公式修訂如下：

$$FAC = F_1(T) \cdot F_2(AC) \cdot F_3(MT) \cdot F_4(O_2) \cdot F_5(PH) \cdot F_6(G) \cdot F_7(\alpha) \cdot F_8(Hyd)$$

(2) 他影響薄化率預測值因素之問題包括如下：

- Line Correction Factor (LCF)。
- 組件之磨損量測值。
- 組件幾何形狀（一般及特殊情形）。
- 運轉之歷史資料之不確定性。

(3) 調查範圍包括：

- Cr 含量研究（2004~2005 EDF 測試）。

- 聯胺（未來將測試）。
- 硼酸含量－EDF 測試認為對 FAC 之影響大於對 PH 值之改變。
- 單相流之上游為抗腐蝕材，則下游焊道區將易磨蝕。
- Weld Aattack－可參考 EPRI 報告（1007772 號）。
- 目前資料顯示一般正常焊道不受 FAC 影響。
- EPRI 建議用各廠之最佳預估值及運轉情形，建立電廠模型（Model）。
- Pass 2 之結果需符合下列條件：
 - －LCF 值介於 0.5 至 2.5 間。
 - －預測及量測磨損值不可偏差超過 45°。
 - －45°線需為群集型（Clustered）而非四散型（Scattered）。

(4) 實作訓練包括如下：

- a. 量測磨損判斷：

即經由已知磨損值，利用 SFA 2.1 版軟體，判斷應使用何種方式，計算出最適當的磨耗率（Wear Rate）之練習。
- b. 電廠執行 Power Uprate 後之 Model 設定練習。
- c. CHECWORKS SFA 2.1 參數設定練習。
- d. 於複雜之管路系統，將 NFA(Network Flow Analysis)簡化以決定未知流量率後進行薄化率計算之練習。
- e. PWR Chemistry Modeling 參數設定練習。
- f. BWR Chemistry Modeling 參數設定練習。

四、心得與建議：

1. 美國已有 10 多年核能電廠執照更新（LR）經驗，且 2009 年即將正式有電廠超過 40 年運轉，一般而言，對正常運轉之執照更新(L.R.)似乎並不困難，只是對 NRC 之承諾事項（Commitment）多少而已，因此真正的問題（或困難）是屆時這些承諾事項要花多少錢而已，這是進行執照更新之電廠應有之心理準備。
2. 美國大部份核電廠除執照更新(LR)外亦都搭配功率提升(Power Uprate)計畫，使執照更新(L.R.)更具競爭力，本公司於未來十年經營策略中，核二廠將推動功率

提升 5%，惟對管路薄化之影響宜預先規劃，以增進運轉安全。

3. 有關台電核能人員平均年齡逐年上升(老化問題)美國電廠亦類似，因此老化管理(LCM)也是因應計畫之一，因可將過去運轉、維護紀錄做一整理，使將來新進人員能很快進入狀況，因此有賴前人，儘量將過去重要資料能傳承給後人，此即老化管理(LCM)重要之目的之一，另有關核工科系及核心人力之培育，眼光更須長遠，宜提早規畫因應，以免斷層。
4. 執照更新(L.R.)只是核電廠獲得「延長運轉的門票」，將來不是一定要延長 20 年，其申請(L.R.)費用相對於電廠運轉全部費用不是很多。至 2004 年底被美國 NRC 同意執照更新的電廠已有 30 餘座，預期美國將共有 104 座核電廠會執行執照更新，而美國法規允許超過 20 年以上之運轉，因此延長運轉是商業考量（僅即與成本，經濟效益等因素有關），長程計畫（L.T.P.）對設備可靠性而言，不論是短期或長期而言都是十分有利，雖目前國內之政策環境，對核電廠延長運轉尚待突破，但近年來，油價不斷上漲及美國核能已明顯復甦的潮流，台電宜及早規劃因應。
5. 美國對執照更新(L.R.)之效益分析十分重視，反觀台電除了核能部門人員，外單位幾無參與，因此除核能部門外之單位如財務、會計、企劃等，對核電廠之執照更新(L.R.)如能適時參與並提供不同觀點之建議，亦相當重要。
6. 韓國之核能發電進展十分快速，據參加此次研討會之韓電人員表示，韓電之火力部門已改組成 4 家公司，核能與水力另合組成韓國水力及核能公司，現韓國工業界已能自行製造大型設備如反應爐（RPV）、蒸汽產生器（SG）等，而韓電於去年日本美濱事件後，即已全面將 CHECWORKS 軟體更新為 SFA 2.1 版，決策十分明快，本公司已計劃明年(95 年)引進新版軟體，應有助於評估能力之提升。
7. 美國許多核電廠均已設立 FAC(Flow-Accelerated Corrosion)工程師，能由專人掌握電廠管壁薄化情形，本公司目前亦因原能會因美濱事件建議設立管路薄化專則，正積極檢討研辦中，原則上我國核電廠應有專人負責。
8. 此次主辦單位 CHUG 邀請 4 家協力廠家(CSI 公司, GE/KKB, Niton 及 Tioga Pipe 公司)，貼心的為與會人員的寶眷們提供簡易餐飲服務，即由廠家提供 4 個房間作為設備展示廳，其中一間稱為 Spouse House，可提供寶眷交誼，並提供飲料、水果等，使研討會期間，寶眷們能在該房間自由交談，使來自各地之寶眷能多

一個休閒去處，而廠家亦可展示他們檢測設備順便推廣他們的產品，十分人性化的設計。

9. 總經理於今年第 12 次大會報曾指示：『核能電廠所推動之設備老化管理，方向相當正確，水火力發電設備、輸配電設施等請參照辦理。』，可知公司對設備老化管理之重視，這也是世界潮流趨勢，更是我們繼續努力的目標。

附件一：

管路薄化檢測軟體使用者組織(CHECWORKS User's Group, CHUG)管路薄化
檢測計畫研討會及 CHECWORKS 軟體進階訓練主要議題：

(1) 綜合討論部份：

a. 共通部份報告：(有關 FAC 及 Non-FAC 薄化有關經驗)

- Thinning of HP Extraction Steam at Palisades
- Callaway Heater Drain Pump Flow Element Failure (OE19965)
- McGuire 2 Steam Leak
- Thermal Arc Spray of Hatch 12th Stage Extraction
- Results of R10 Inspections at LaSalle 2
- Extraction Steam Bellows Failure at Clinton Power Station
- Unplanned Replacements in the April 2005 Outage at Millstone 2
- HP Feedwater Shell Liner Cracking at Calvert Cliffs 2
- Duane Arnold RHR Pipe Wall Erosion

b. 分組部份報告：(BWR 及 PWR 薄化問題討論)

- PWR Issues
 - ★ FAC Studies at EDF R&D – Chemistry
 - ★ Status of Other SGMP Chemistry Programs
 - ★ BWR Corrosion Project on Hydrazine and Oxygen
- BWR Issues
 - ★ BOP Corrosion Project – Effect of Oxygen on BWRs
 - ★ RPV Bottom Head Drain Line

c. 經驗分享：

- TEPCO's Plant Experience and Activities in Japan
- Status of Korean Thinned Pipe Management Program
- FAC Studies at EDF R&D – Chromium
- Utility Round Robin Session

d. 其它討論議題：

- Inspection Technology
 - ★Use of Phased Array UT to Inspect J-Tubes of Feeding at Millstone 3
 - ★Use of Pulsed X-Ray Technology
- CHECWORKS SFA Update
- Report from Long_range Planning Group
- Potential changes to NSAC-202L-R2
- Update, New INPO Excellence Guide for FAC
- Market Conditions of Erosion-Resistant Alloys
- Online FAC Assessment of Large-Bore Piping with RT-Field Trail
- Determining Tcrit in Lines without Formal Stress Analysis
- Effects of Power Up-rate on Re-inspection Interval
- A Checklist for Modeling Power Up-rate (CW101)
- Report, New method for Evaluating Single-Outage Inspection Data
- Licensing Renewal : Industry Issue with FAC
- “Our” Approach for Small-Bore Piping
 - ★ FPL Approach for Small-Bore Piping
 - ★ Small Bore Approach at LaSalle Generating Station
 - ★ Farley Small Bore FAC Program

(2) CHECWORKS 軟體進階訓練部份：

a. 課程部份

- Review of Wear Rate Model
- LCF Methodology & Pass 2 Analyses
- Advanced UT Data Analysis
- Determination of Remaining Service Life
 - Use of New PTP and Single-Outage Methods
- Modeling Power Up-rates and Power Level Variations
 - Use of Advanced Run Definition
- Parametric Studies Using CEECWORKSTM

- Modeling Part-Time Lines
 - Checklist for Reviewing a Plant Model
 - Advanced Geometry Modeling
 - Advanced PWR Chemistry Modeling
 - Advanced BWR Chemistry Modeling
 - Using Measured O₂ to Tune Chemistry Model
 - Modeling of Parallel Trains with Different Oxygen
 - Guidelines for selecting the Inspection Scope
 - Writing Custom Report with MS Access
 - Open Discussion and Feedback
- b. 實作部份 (Hands-On Session)
- Extending Re-inspection Interval
 - Power Up-rates and ARD
 - Chemistry

附件二：

D.C. Cook License Renewal
Safety Evaluation Report 5/31/05

inspections will identify indications of loss of material. If loss of material is identified, an evaluation will be performed to confirm that the rate is sufficiently slow that loss of intended function will not occur during the period of extended operation. For material and environment combinations with no evidence of loss of material or with very gradual loss of material, no further actions will be taken. For material and environment combinations with loss of material rates such that loss of intended function could occur during the period of extended operation, corrective actions will be taken in accordance with the Corrective Action Program. Appropriate corrective actions may consist of component replacement or additional inspections for components with the material and environment combination in which the excessive loss of material is found.

The supplemental response is reasonable and acceptable to the staff because the applicant has provided sufficient information to demonstrate that aging effects on internal surfaces of various components in miscellaneous systems will be effectively managed by the application of a combination of the Flow-Accelerated Corrosion Program, Chemistry One-Time Inspection Program and the Service Water System Reliability Program. The application of the One-Time Inspection Program is appropriate for those components where loss of material is expected to progress slowly and the applicant has identified that the inspection will be performed near the end of the current operating term with appropriate corrective actions. On the basis of the supplemental information submitted by the applicant, all issues related to Open Item 3.3.2.1.11-1 are resolved. The application of the Chemistry One-Time Inspection Program discussed above is specified in Commitment #39 in Appendix A of this SER.

B.1.12-1 In CNP LRA, Appendix B, Section B.1.12, the applicant states that CNP AMP B1.12, "Flow-Accelerated Corrosion Program," is consistent with GALL AMP XI.M17. During the audits and inspections, the staff noted that CNP's Flow-Accelerated Corrosion (FAC) Program is consistent but with an exception. The Monitoring and Trending element of GALL AMP XI.M17 requires that if degradation is detected such that the wall thickness is less than the minimum predicted thickness, additional examinations are performed in adjacent areas to bound the thinning. However, CNP's FAC program bases its sample expansion determination on a threshold criteria rather than on predicted thickness. Sample size is increased when inspections detect significant FAC wear resulting in a wall thickness threshold of less than or equal to 60 percent of nominal wall thickness. In RAI B.1.12-1, the staff requested that the applicant provide a description of the FAC Program, as modified by the exception, and justification for the exception regarding the criteria for performing additional examinations by expanding the sample size.

Resolution By letter dated January 21, 2005, the CNP provided additional information in response to RAI B.1.12-1, indicating that the AMP is consistent with GALL, with an exception.

In the FAC Program description in GALL Section XI.M17, the Monitoring and Trending section states, in part, that, "If degradation is detected such that the wall thickness is less than the minimum predicted thickness, additional

examinations are performed in adjacent areas to bound the thinning." CNP stated that literal implementation of this statement from the GALL description is not practical in many cases. If very little degradation is predicted, measured wall thickness may be less than the predicted thickness even though the calculated life of the affected component may exceed the operating life of the plant. In this case, sample expansion would not be warranted. Therefore, the applicant took an exception to the Monitoring and Trending attribute of GALL, Section XI.M17.

The staff noted that the CNP FAC Program is based on industry guidance in the Electric Power Research Institute (EPRI) report NSAC-202L-R2, "Recommendations for an Effective Flow-Accelerated Corrosion Program," dated April 1999, which recommends increasing the sample size when inspections of the sample detect significant FAC wear. In the CNP FAC Program, significant FAC wear is defined as FAC resulting in a wall thickness of less than or equal to 60 percent of nominal wall thickness. Sample expansion is typically required if any component is determined to have a wall thickness of less than or equal to 60 percent of nominal wall thickness (must be greater than allowed minimum wall thickness). In addition, the staff noted that CNP FAC procedures require that a sample expansion be performed when inspection results indicate that a component has a remaining life less than one operating cycle based on a trending of wall thickness measurements. This covers situations where the minimum wall thickness required may be greater than 60 percent of nominal wall thickness.

The staff found this exception to GALL for sample expansion to be acceptable because literal implementation of the sample expansion criterion is not practical in all cases, particularly when the predicted wall thickness change is small and the change is close to the measurement capabilities. Additionally, the staff finds this exception acceptable since the applicant trends expected wall thinning values and requires that the projected acceptable wall thickness be above a threshold value that is above 60% nominal wall and above minimum wall. On the basis of the supplemental information submitted by the applicant, all issues related to RAI B.1.12-1 are resolved.

1.6 Summary of Confirmatory Items

As a result of its review of the LRA for CNP, including additional information submitted to the NRC through November 19, 2004, the staff identified the two issues that remained confirmatory items at the time the SER with Open Items was published. Confirmatory items are items for which the staff and the applicant had reached a satisfactory resolution, but the applicant had not yet formally submitted a resolution to the staff. By letter dated January 21, 2005, the applicant responded to these items. The staff reviewed the responses and has closed each of the confirmatory items. The basis for closing the confirmatory items is as follows:

<u>Item</u>	<u>Description</u>
4.3-1	The applicant provided a UFSAR supplement description of the Fatigue Monitoring Program (FMP) in Section A.2.1.12 of the LRA and a description of its