

出國報告（出國類別：開會）

至美國參加電力研究院舉辦之電廠主管
運轉及維護技術研討會，並順道參訪美國
核能運轉協會及研討儀控維護技術

服務機關：台灣電力公司 核能二廠

姓名職稱：劉宗興,十二等儀電工程監,儀控經理

派赴國家：美 國

出國期間：98 年 09 月 14 日至 98 年 09 月 20 日

報告日期：98 年 11 月 05 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

至美國參加電力研究院舉辦之電廠主管運轉及維護技術研討會，並順道參訪美國核能運轉協會及研討儀控維護技術

頁數 29 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/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

劉宗興/台灣電力公司/第二核能發電廠/儀控經理/02-24985990 分機 2650

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他(開會)

出國期間：98年09月14日~98年09月20日 出國地區：美國

報告日期：98年11月05日

分類號/目

關鍵詞：核二廠、美國電力研究院、美國核能運轉協會、儀器及控制、生命週期管理、電子電路板、老化管理、數位化

內容摘要：(二百至三百字)

美國電力研究院(EPRI)於98年9月16日至17日召開『儀器及控制維護及生命週期管理技術研討會』，本年度台電公司依計畫派員參加美國電力研究院舉辦之電廠主管運轉及維護技術研討會，會議中交換討論電廠維護管理經驗，及最佳的維護執行方案，俾相互學習最有效的維護和生命週期管理技術。本報告即為與會者之發表內容，及出國人員之與會摘要及心得。

出國人員於98年9月18日順道參訪美國核能運轉協會(INPO)及研討儀控維護技術，經本公司派駐美國核能運轉協會連絡工程師沈課長安排，共拜訪美國核能運轉協會及世界核能發電協會 WANO-Atlanta Center 組織之各部門負責人員，以了解業務及支援事項，及研討數位儀控維護技術交流議題。

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

目次

目次	1
第一章 國外公務之目的與過程.....	1
一、出國任務及目的.....	1
二、任務目標及實施要領.....	1
三、要求成果.....	2
四、應用.....	2
五、國外公務之過程.....	2
第二章 國外公務之過程與內容.....	5
(一)、美國電力研究院研討會會議內容重點摘要，及心得與感想.....	5
A.主持人 EPRI, Rob Austin 先生說明及介紹，及心得與感想.....	5
B. 美國核能運轉協會人員報告：電子電路板維護方案.....	6
C.南方核能運轉公司人員報告：主要儀控系統生命週期管理計畫書.....	9
D.南方核能運轉公司報告：Farley 電廠 7300 儀控系統 LCM 方案實例.....	12
E.1 南方核能運轉公司人員報告：PWROG 儀控系統維護年會摘要報告..	15
E.2 Exelon 核能公司人員報告：BWROG 儀控系統維護年會摘要報告.....	15
F. EPRI 核能維護應用中心人員報告：新版 PMBD 之應用.....	17
G. EPRI 核能維護應用中心人員報告:NMAC 儀控導引文件之應用.....	19
H. STP 公司報告：研發可執行之儀控電子電路老化/劣化監測設備.....	21
I. Exelon 核能公司人員報告：電子電路板老化管理方法.....	23
(二)、到美國核能運轉協會(INPO)參訪說明，及心得與感想.....	25
第三章 出國期間所遭遇之困難與特殊事項.....	28
第四章 對本公司之具體建議.....	28
一、建議本公司視需要派員參加 EPRI 或 INPO 舉辦之年度研討會.....	28
二、建議本公司核二廠建置儀器及控制系統維護及生命週期管理方案.....	28
三、建議核二廠對生命週期管理(LCM)之維護實務應予訓練或宣導.....	28
四、建議本公司同仁積極參加美國核能運轉協會 INPO TEV 的會議及討論..	29
五、其他建議.....	29

第一章 國外公務之目的與過程

一、 出國任務及目的：(開會)

參加美國電力研究院(EPRI)舉辦之電廠主管運轉及維護技術研討會，並順道參訪美國核能運轉協會(INPO)及研討儀控維護技術，出國期間為 98 年 9 月 14 日至 98 年 9 月 20 日止。

緣起：

本年度依計畫派員參加美國電力研究院(EPRI)舉辦之電廠主管運轉及維護技術研討會，說明如下。

1. 老舊電子電路板及儀控系統更新到新式儀控系統，因限於時程及資源關係無法立即執行，故必須持續老舊儀控系統的維護與運轉，且現有的老舊儀控系統可能有單一弱點，常引起電廠機組跳機和降載事故，即使是已更新之儀控系統，亦須要執行有效之儀器設備維護及生命週期管理，方能確保電廠機組發電運轉之可靠度。

2. 美國電力研究院針對上述之研究分析，將在 2009 年 9 月間召開『儀器及控制維護及生命週期管理技術研討會』，以提供交換電廠維護管理經驗討論會，最佳的維護執行方案，及相互學習最有效的維護和生命週期管理技術。

3. 本公司與美國電力研究院(EPRI)有合作關係，由於本廠儀控系統日趨老舊，正符合本廠所須之如何維持舊系統儀器設備維護及生命週期管理，故須要派員參與研討會，以了解國外儀控技術之維護管理策略。

另將順道參訪美國核能運轉協會(INPO)及研討儀控維護技術，並研討本公司核能部門之技術交流訪問 TEV (Technical Exchange Visit)的內容及時程，本次 INPO 技術交流訪問的主題將為數位化儀控系統(Digital I&C Systems)。

二、 任務目標及實施要領：

任務目標：

98 年度依核定出國計畫派員參加美國電力研究院(EPRI)舉辦之電廠主管運轉及維護技術研討會。

實施要領：

上述之研討會正符合本公司核能二廠所須之如何維持舊系統儀器設備維護及新系統之生命週期管理策略，而本公司與美國電力研究院(EPRI)有合作關係，故須要派員參與研討會，以了解國外儀控技術之維護管理策略。另將順道參訪美國核能運轉協會(INPO)及研討儀控系統維護技術。

三、 要求成果：

了解國外電廠之儀控系統之儀器設備維護技術及儀控系統之生命週期管理策略。

四、 應用：

經參加美國電力研究院(EPRI)舉辦之電廠主管運轉及維護技術研討會，及順道參訪美國核能運轉協會(INPO)及研討儀控維護技術，了解國外電廠之儀控系統之儀器設備維護技術及儀控系統之生命週期管理策略，以應用本公司各核能發電廠之儀控系統的維護，來提高設備之可靠度，增加公司之營運績效。

五、 國外公務之過程：

本次國外公務主要是參加開會及研討儀控維護技術及經驗，內容為參加美國電力研究院(EPRI)舉辦之電廠主管運轉及維護技術研討會，及參訪美國核能運轉協會(INPO)，如下：

- (1). 往程(台北 → 美國洛杉磯→美國夏洛特市)，時間 98 年 9 月 14 日~98 年 9 月 15 日
- (2). 於美國夏洛特市參加美國電力研究院(EPRI)舉辦儀控維護技術研討會(2 天)，時間 98 年 9 月 16 日~98 年 9 月 17 日，會後地點轉移(夏洛特市→夜宿亞特蘭大市)
- (3). 於亞特蘭大市參訪美國核能運轉協會及研討儀控維護技術，時間 95 年 12 月 18 日
- (4). 返程(美國亞特蘭大市→美國洛杉磯→台北)，時間 98 年 9 月 19 日~98 年 9 月 20 日

1. 到夏洛特市參加美國電力研究院(EPRI)開會之過程說明：

本次出國任務係於 98 年 9 月 16 日~ 98 年 9 月 17 日參加在美國夏洛特市美國電力研究院(EPRI)舉辦之儀器及控制系統維護及生命週期管理(I&C Maintenance and Life-Cycle Management)技術共益群組研討會，由美國電力研究院技術專家、美國核電廠儀控專家、及美國核能相關儀控技術專家參與會議及發表報告，各單元會議摘要如下：

- 主持人 EPRI, Rob Austin 先生介紹及說明開會的目的，及美國電力研究院在儀器及控制系統維護的技術報告與任務
- INPO 人員 Mr. Matt Kerns 報告主題：電子電路板維護方案 (Circuit Card Program)
- 南方核能運轉公司人員(Southern Operating Company) Mr. Michael Eidson 報告主題：主要儀控系統生命週期管理計畫書(Life Cycle Management Planning Sourcebooks for Major I&C Systems)
- 南方核能運轉公司人員 Mr. Michael Eidson 報告主題：Farley 核電廠(3-Loop PWR) 7300 儀控系統生命週期管理方案的實例經驗
- 南方核能運轉公司人員 Mr. Michael Eidson 報告主題：PWROG 儀控系統維護年會摘要報告
- Exelon 核能公司 Ray DiSandro, 報告主題：BWROG 儀控系統維護年會摘要報告
- EPRI Mr. Jim McKee 報告主題：新版維護樣板 PMBD 2.0 版之應用
- EPRI Mr. Jim McKee 報告主題：核能維護應用中心(NMAC)技術文件在儀器及控制系統維護之應用
- STP(South Texas Project)核能運轉公司 Mr. Ted Riccio 報告主題：如何執行偵測電子電路老化劣化的方法(Approach to Detecting Aging/Degradation of Electronic Circuits)
- Exelon 核能公司, Mr. Ray DiSandro 報告主題：電子電路板的老化管理(Circuit Card Aging Management)

2. 到亞特蘭大市參訪美國核能運轉協會(INPO)之過程說明：

本次出國任務 98 年 9 月 18 日，繼續於亞特蘭大市參訪美國核能運轉協會，目的為參訪 INPO, WANO 組織及各部門負責人員，並了解業務及支援事項及研討數位儀控維護技術交流議題，經由本公司駐美國核能運轉協會連絡工程師沈永松課長安排，共拜訪 INPO

副總經理兼 WANO-Atlanta Center 總經理 Farr, David M.先生，及 WANO-Atlanta Center 技術經理 Spinnato, Roger E (WANO)先生，工程及構型管理部門經理 Crabtree, David D. (INPO) 先生，設備及材料可靠度部門經理 Berko, David E. (INPO) 先生，事件分析資深專案經理 Dugger, Larry J (INPO) 先生，及工程及構型管理部門資深評估員 Frewin, Wesley T (INPO) 先生等人，也讓我獲得對美國核能運轉協會組織的了解。

由於今年度本公司核能部門與美國核能運轉協會有技術交流訪問計畫(INPO TEV)，故公務過程中與負責人 Wesley T. Frewin 先生討論，研討本次技術交流訪問的內容及時程，而本次 INPO 技術交流訪問的主題定為數位化儀控系統(Digital I&C Systems)，為個人主管之領域，故期望美國核能運轉協會專家在技術交訪時，能提供 INPO 及核能同業關於數位化儀控系統之經驗回饋及更新導則。

經研討後，技術交流訪問計畫預定於 98 年 10 月 26 日~28 日，於本公司總管理處及核能二廠舉行，原計畫有 2 名美國核能運轉協會專家，負責人 Wesley T. Frewin 先生預計增至 4 名專家，並期望個人及沈永松課長協助，此部份回國述職後已轉達總公司核能發電處權責單位考量處理。

第二章 國外公務之心得與感想

國外公務之心得與感想將分成兩部分報告為，(一).美國電力研究院研討會內容摘要及重點，及心得與感想，(二).參訪美國核能運轉協會的心得與感想。

(一)、美國電力研究院研討會會議內容重點摘要，及心得與感想：

A.1 主持人 EPRI, Rob Austin 先生說明及介紹：

首先由 EPRI 人員說明美國核能現況及政策，美國核能電廠除現有運轉持照延長 20 年外，因設備的改善及可靠度提高，有再增加第二次運轉持照延長 20 年的計畫及可能性，即現有之美國核能電廠可能會繼續運轉至 60 年或 80 年，故各種設備的維護管理極為重要，經由有系統計畫之維護管理，提高設備可靠度，使電廠永續運轉。

本次會議主要討論技術共益群組目的及任務(Interest group purpose & mission)，藉由各與會者討論技術共益群組之管理。並報告目前 EPRI 的研究及規畫在儀器及控制系統維護方案(Instrumentation and Control Program)與技術共益群組(Interest Group)之架構及目的。

美國電力研究院(EPRI)本年度規畫之儀器及控制系統維護方案與技術共益群組，如圖 1 所示，為其在儀器及控制系統(I&C)之研究主題，共分為三項不同之領域。

(1). 儀器及控制系統維護及生命週期管理(I&C Maintenance and Life-Cycle Management)技術共益群組，研究領域為如何在儀器及控制系統維護及生命週期管理來降低成本及風險。

(2). 儀器及控制系統現代化(I&C Modernization)技術共益群組，研究領域為如何能有效的完成儀器及控制系統之數位化、現代化。

(3). 儀器及控制系統監控(I&C Monitoring)技術共益群組，研究領域為藉由新式之設備來監控儀器及控制系統，以增進發電廠之可靠度及產能績效。

A.2 對美國電力研究院人員報告之心得與感想：

由報告內容顯示美國電力研究院已開始重視及研究儀器及控制系統領域，因美國核能電廠運轉持照延長的電廠持續增加，很多的系統設備須予有效之維護管理，方能確保系統設備可靠度，而如何制訂儀器及控制系統維護及生命週期管理方案，即為本次會議之主題，此部份藉由與會的各界專家研討，另述於後，而其他儀器及控制系統領域之研

究如圖 1，亦值得本廠研究探討，以配合改善或精進。

儀器及控制系統維護管理方案 Instrumentation and Control Program

研究領域
Research Area

Reduce the costs and risks of I&C maintenance and life cycle management

如何以儀器及控制系統維護及生命週期的管理來降低成本及風險

Enable implementation of digital I&C systems

如何能有效的完成儀器及控制系統之數位化、現代化

Improve plant reliability and productivity through I&C advances

藉由新式之設備來監控儀器及控制系統，以增進發電廠之可靠度及產能績效





2

共益群組
Interest Group

I&C Maintenance and Life-Cycle Management (LCM)

儀器及控制系統維護及生命週期管理

I&C Modernization

儀器及控制系統現代化

I&C Monitoring

儀器及控制系統監控

EPRI | ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

▲ 圖 1：EPRI規畫之儀器及控制維護及生命週期管理技術共益群組(Interest Group)

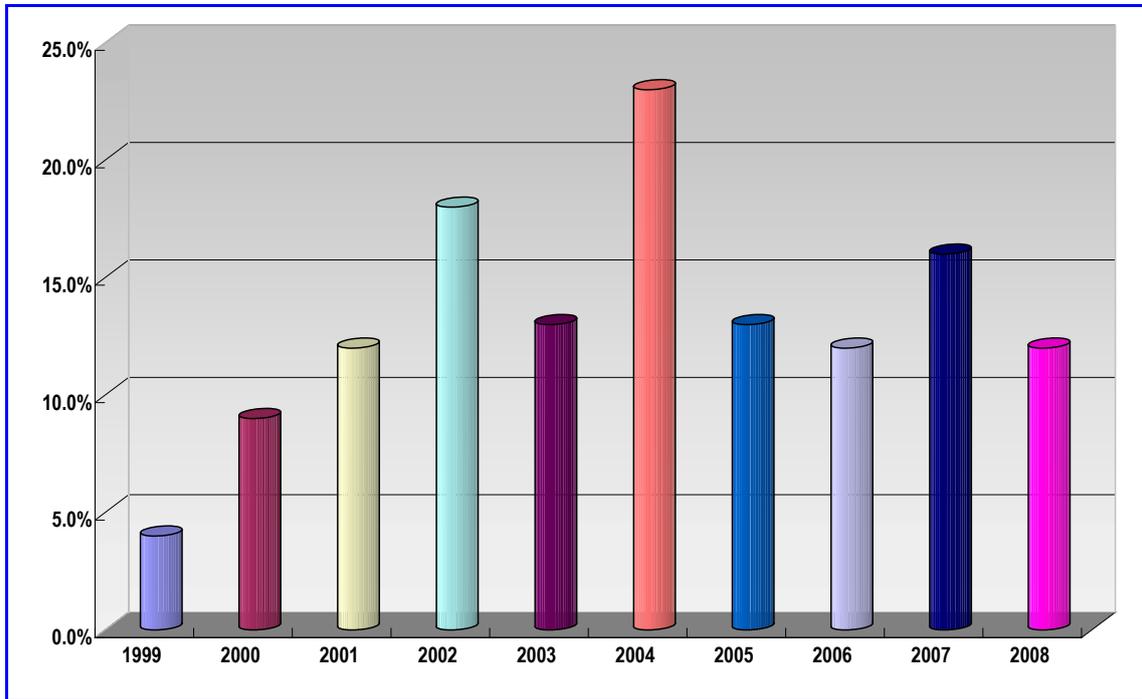
B.1 美國核能運轉協會 INPO 人員 Mr. Matt Kerns 報告主題：電子電路板維護方案 (Circuit Card Program)：

Mr. Matt Kerns 首先報告美國核能運轉協會(INPO)對儀控系統電子電路板所引起急停事件之調查：如圖 2

- ◆ 於 2008 年共有 6 次，佔全部 48 次急停的 12.5%
- ◆ 於 2007 年共有 8 次，佔全部 51 次急停的 15.7%
- ◆ 於 2005 ~ 2007 年共有 32 次

Mr. Matt Kerns 提出說明，應重視 INPO 發佈儀控系統電子電路板之主題報告：如 Topical Report TR5-43：Review of Circuit Card/Board Related Failures That Contributed to Automatic and Manual Scrams，Topical Report TR5-47：Review of Circuit Card/Board Related Failures That

Contributed to Automatic and Manual Scrams (Addendum to TR5-43), 請與會人員能再審視報告內容, 了解電子電路板之異常事件原因, 及學習經驗回饋, 來降低急停及異常事件次數。



▲ 圖 2 美國INPO對因電子電路板問題而引起急停所佔百分比調查資料(1999 ~ 2008)

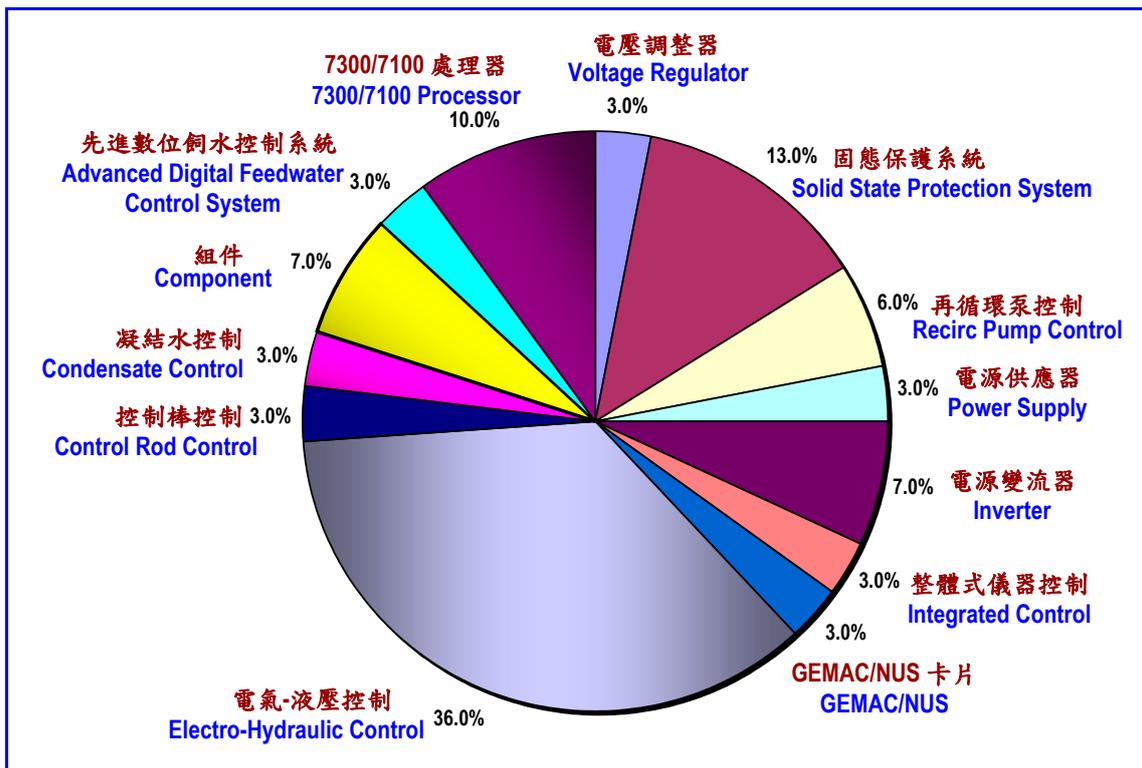
Mr. Matt Kerns 再報告急停及異常事件以系統分類之調查如圖 3, 請與會人員特別注意佔較大比例之儀控系統者, 如下:

- ◆ 電氣液壓控制系統(EHC: Electro-Hydraulic Control), 佔約 36%
- ◆ 固態保護系統, 7300/7100 處理器控制系統, 各佔約 13%及 10%
- ◆ 重要系統如再循環水控制、飼水控制、自動電壓調整器, 合佔約 12%
- ◆ 電源供應器(Power Supply)及變流器(Inverter)系統, 合佔約 10%

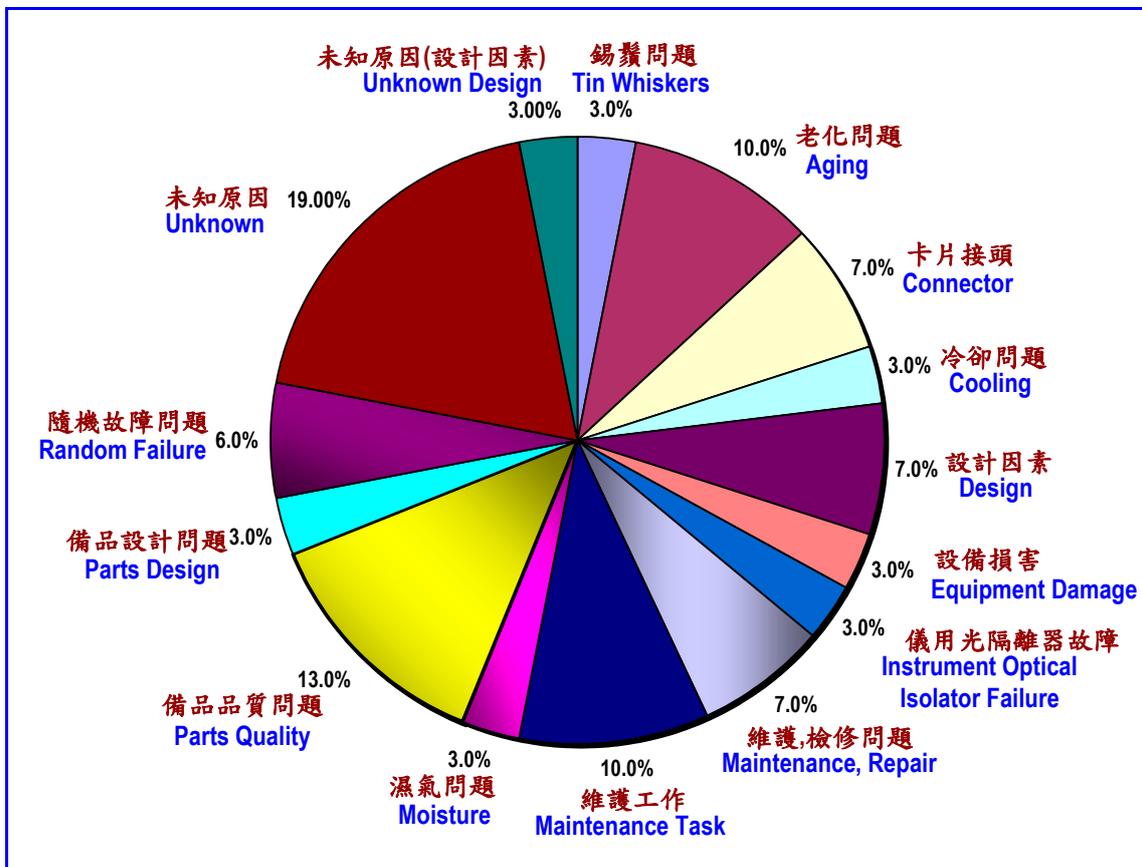
Mr. Matt Kerns 再報告急停及異常事件以設備/組件分類之調查如圖 4, 請與會人員特別注意佔較大比例問題要素者, 如下:

- ◆ 很多事件肇因無法明確, 如未知原因(含設計因素)及隨機故障問題, 共佔約 28%
- ◆ 老化問題、卡片接頭問題、冷卻問題均屬環境因素, 共佔約 20%
- ◆ 維修工作、及檢修維護產生問題, 共佔約 17%

以上之異常事件原因及分類, 請與會人員特別注意, 及建立相關維護策略來防範。



▲ 圖 3 對電子電路板引起急停及異常事件以系統分類之調查(2005~2008)



▲ 圖 4 對電子電路板引起急停及異常事件以設備/組件分類之調查(2005~2008)

● **INPO 對電子電路板維護方案之工作及方向：**

1. 技術協助交訪各核電廠，將比資料審查有效
2. 今年已技術交訪 Ft Caihoun, Braidwood 核電廠
3. 計畫於 2010 年技術交訪 5 個核電廠
4. 將請其它核電廠人員協助支援技術交訪，補充實務經驗及業界典範
5. 將電子電路板維護方案文件，置入 INPO 網站供瀏覽
6. 計畫於 2010 年更新電子電路板維護方案技術報告
7. 電子電路板維護方案技術研討會，將於 2010 年 5 月 25 日~ 26 日在 INPO 舉行

B.2 對美國核能運轉協會人員報告之心得與感想：

- (1). 由報告內容顯示電子電路板(Circuit Card)的故障所引起之急停，從 2000 ~ 2008 年的分析，急停案件超過全部的百分之十以上，值得警訊核能從業者，再輔以儀控系統、設備/組件分類之調查，足見 INPO 專家人員之用心，故相關案例肇因細節及其經驗回饋值得本廠探討參考，並配合改善或精進
- (2). 以往的維護技術報告均來自 EPRI，本次經 INPO 人員介紹出版之主題報告 TR5-43, TR5-47，確實對儀控維護人員的幫助非常大，於 2010 年更新將電子電路板維護方案報告，故參考或學習經驗內容(Lessons Learned)，必要時可配合改善或精進
- (3). 明年(2010 年) 5 月 25 日~ 26 日將在 INPO 舉行電子電路板維護方案技術研討會，公司可視需要派員參加，以了解維護經驗及業界典範

C.1 南方核能運轉公司人員(Southern Nuclear Operating Company) Mr. Michael Eidson 報告主題：主要儀控系統生命週期管理計畫書(Life Cycle Management Planning Sourcebooks for Major I&C Systems)：

Mr. Michael Eidson 報告該公司所營運核能電廠儀控系統所須面臨的挑戰，如下：

- ◆ 零組件之老化，及逐漸過時
- ◆ 面臨重要組件更換及修理的昂貴費用，和組件取得的來源困難問題

- ◆ 須有原設備製造商(OEM)各項支援
- ◆ 原設備製造商專家人員的流失
- ◆ 單一故障之弱點(舊代之儀控系統)
- ◆ 維護預算受限制，維護行動方案減少

該公司核能電廠儀控系統維護所面臨挑戰的選擇方案？

- (1) 維持現狀，繼續原維護方式
- (2) 將設備以新數位化技術更新
- (3) 去發展和執行儀控系統生命週期管理策略(LCM)，來維持電廠的設備可靠度

最後;以該公司所營運之 Hatch、Farley、Vogtle 等核能電廠均已獲得美國核管會(USNRC)延照運轉，並考量以符合經濟成本效益的方式執行維護，故選擇第(3)方案：發展和執行儀控系統生命週期管理計畫(LCM)，來維持電廠的設備可靠度。

報告內容再提出有關生命週期管理策略(LCM) 的 4 個必要支柱，如下：

- (1) 須理解長遠的維護計畫，來管理設備的逐漸過時和老化問題，以增進設備可靠度
- (2) 經由適當的設備預防保養(PM)及預測保養(PdM)工作，以監測、減緩、矯正設備的劣化，來維持設備可靠度
- (3) 取得有經驗及有知識的系統工程師，和維護專家/ 技師的認同，並實施改善
- (4) 須有管理者的支持，並提供資金和人員

已發展完成之儀控系統生命週期管理計畫書，如圖 5

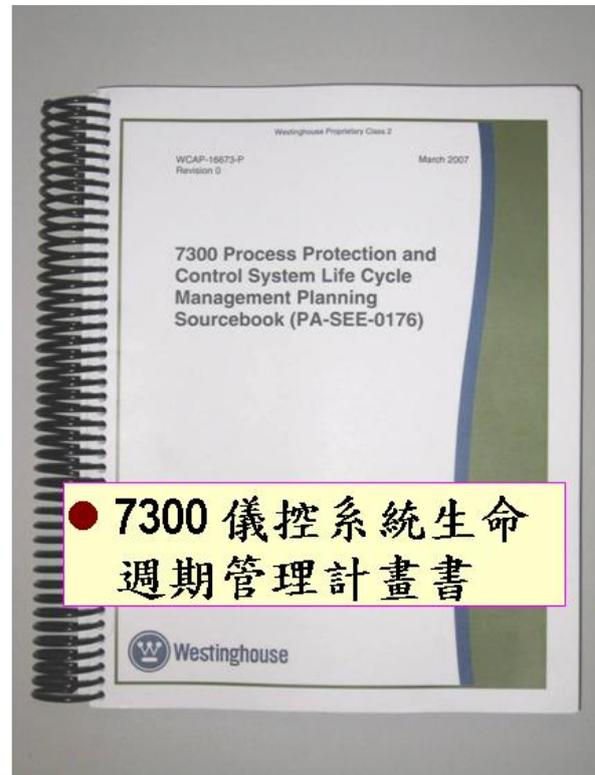
Mr. Michael Eidson 在會議建議事項：有關儀控系統之生命週期管理計畫書(LCM)的發展，尚須很多外界的技術支援，有下列需求：

- (1) 對重要的儀控系統，工業界應該迅速及更積極的發展儀控系統生命週期管理計畫書
- (2) 在 PWROG & BWROG 會議，將建議西屋公司及奇異公司來領導，及發展和研究儀控系統生命週期管理計畫書
- (3) 或由各核能電廠能為生命週期管理計畫書的發展，來提供專家/ 著作者，並經由 PWROG、BWROG、EPRI 提供技術支援

- (4) 生命週期管理計畫書應由不同領域的儀控系統維護和工程專家來支援發展
- (5) 原儀控系統設備(OEM)的供應商亦應該參加

Mr. Michael Eidson 提出需待發展儀控系統生命週期管理計畫書之主要儀控系統為：

- Excore Nuclear Instrumentation System
- Solid State Protection System
- ARPI & DRPI
- Eagle 21 Process Instrumentation
- B&W, CE, & GE Vintage I&C Systems
- GE Analog Trip System
- Caldon external and chordal LEFM platforms
- Gamma-Metrics NIS equipment
- Westinghouse NIS & SSPS and CE Rod Control System & NIS



▲ 圖 5 已發展完成之儀控系統生命週期管理計畫書

C.2 對南方核能運轉公司人員報告之心得與感想：

- (1) 儀控系統生命週期管理計畫書的發展，需投入技術及專家群，以其豐富的經驗來

撰寫

- (2) 本廠相同之儀控系統如 GE 型類比跳脫系統(ATS)、及 Caldon external and chordal LEFM platforms 屬此議題，而對類比跳脫系統(ATS)的生命週期管理計畫書，若 INPO/EPRI 有發展及出版時，建議公司應予引用及參考
- (3) 對儀控系統原設備製造商(OEM)的參與 LCM，因國內技術支援環境與美國本土的技術支援是不對等的，故應考慮可行性，必要時應可藉由國內核研所或中科院的技術支援，來發展自己廠內之重要儀控系統的生命週期管理計畫書

D.1 南方核能運轉公司 Mr. Michael Eidson 報告主題：Farley 核能電廠(3-Loop PWR) 7300 儀控系統生命週期管理方案的實例經驗：

Mr. Michael Eidson 報告該公司營運 Farley 核能電廠 7300 儀控系統維護之範圍，如下：

- ◆ 共有 24 個控制盤面，及 430 組儀器控道
- ◆ 包含 2192 只電子電路板(Printed Circuit Board)
- ◆ 含 48 組低電壓直流(DC)電源供應器
- ◆ 內部及外部連接電纜線(預製造)
- ◆ 電子電路板插座，電纜線連接頭

Mr. Michael Eidson 報告 7300 儀控系統電子電路板可靠度所面臨的挑戰，如下：

- (1) 不適當的控制盤冷卻設計
- (2) 不當的低電壓直流(DC)電源供應器預防保養
- (3) 缺乏電子電路板(PCB) /控制盤清潔程序
- (4) 電子電路板老化(Aging)
- (5) 設計上的缺陷
- (6) 欠缺電子電路板組件維修/重做的實務
- (7) 沒有電子電路板診斷測試設備
- (8) 沒有 PCB 再整修翻新的導則
- (9) 老舊過時的備品及組件
- (10) 沒有原設備製造商(OEM)的支援

該公司核能電廠 7300 儀控系統設備可靠度所挑戰，及改善策略的選擇？

- ◆ 挑戰：電廠之 7300 儀控系統已使用超過 30 年，不能無所作為(大風浪將到臨)
- ◆ 選擇方案一：或是將上述設備以新數位化技術更新
- ◆ 選擇方案二：若要確保反應器保護及緊要控制系統的可靠度，電廠須發展可執行儀控系統生命週期管理方案(LCM)，來維持這些重要的設備

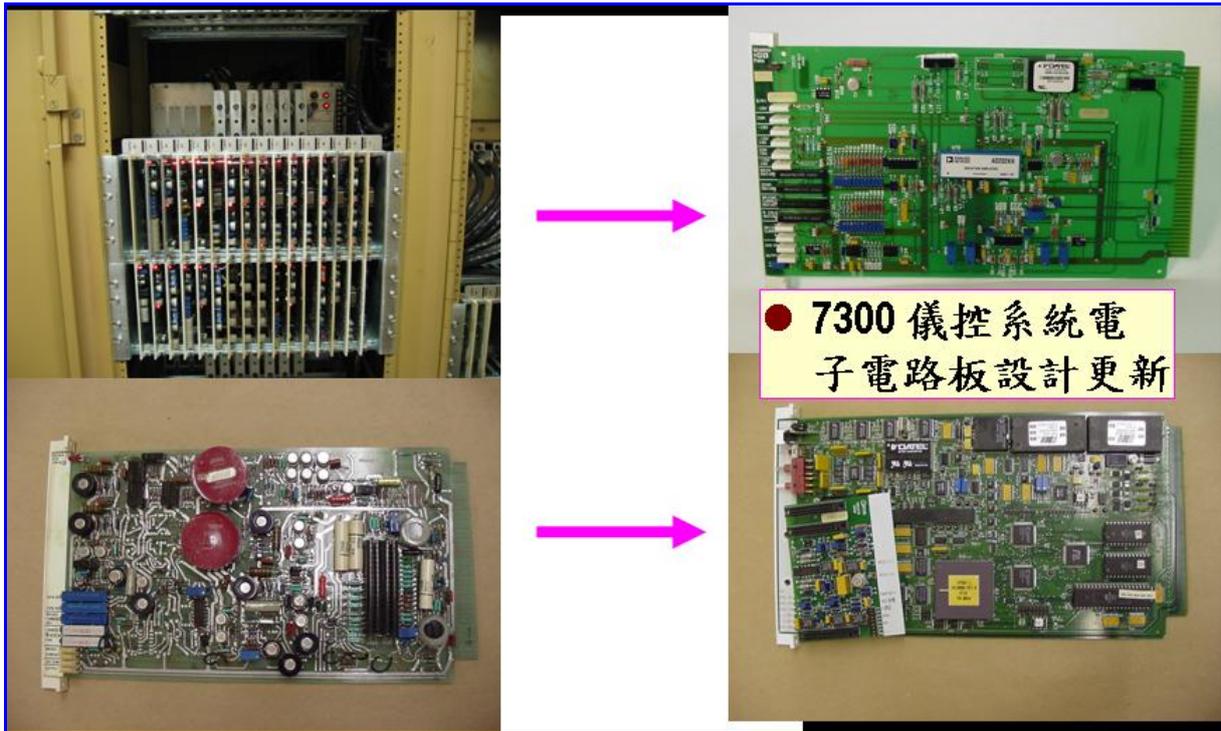
選擇方案一的考量：不將 7300 儀控系統數位化技術更新，理由如下：

- (1) 電廠 7300 儀控系統更新所需的經費及成本太大
- (2) 法規管制單位的不確定性
- (3) 保守的策略考量：需要重新訓練工程師、技術員、增加設計評估、安全及故障模式之分析、參數計算、程序書、圖面、及各式文件等工作
- (4) 原設備製造商(OEM)的持續提供零組件，及支援電子電路板更新設計
- (5) 原設備製造商持續研究及改善更新老舊過時的設備、零組件
- (6) PWROG 同業使用者的儀控系統經驗回饋，尚無明確的數位化更新經驗

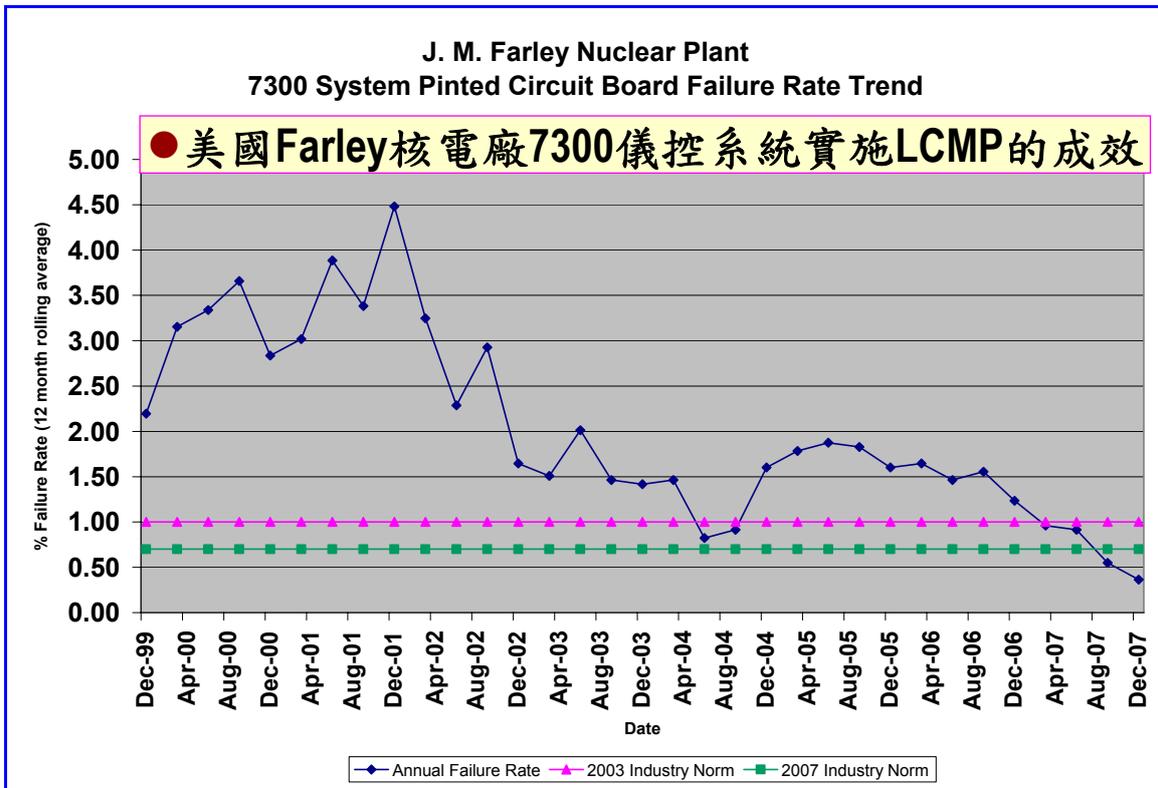
該公司營運之 Farley 核電廠的最後選擇，採用方案二，發展及有效的執行 7300 儀控系統生命週期管理方案，來維持重要的設備的可靠度，電廠 LCM 實施方法如下：

- (1) 於控制盤增加強迫冷卻設計，減低電子設備組件的老化
- (2) 更新所有的低電壓直流(DC)電源供應器
- (3) 調整複置(Redundant)式電源供應器的負載分配
- (4) 限制電子電路板維修只能再使用 1 次
- (5) 電子電路板維修須包括整修翻新零組件，並依據 7300 系統整修翻新導則執行
- (6) 無法達到設計功能的電子電路板，則不做維修
- (7) 對 NSSS/BOP 等系統，屬緊要控制迴路的電子電路板，設定只能使用 15 年的限制，再更新則使用新設計之電子電路板，如圖 6
- (8) 非屬緊要控制迴路的電子電路板採用用到故障(Run-to-failure)為主之策略

經施行上述之 7300 儀控系統生命週期管理方案後，Farley 核電廠的電子電路板故障率已大幅度降低，成效顯著如圖 7。



▲ 圖 6 Farley核電廠生命週期管理方案：電子電路板整修翻新，或使用新設計之電子電路板



▲ 圖 7 Farley核電廠的電子電路板故障率已大幅度降低，成效顯著

D.2 對南方核能運轉公司人員報告之心得與感想：

- (1) 該公司發展 7300 儀控系統生命週期管理計畫方向，有詳細的內容、策略及方法，

電子電路板故障率已大幅度降低，成效顯著值得本廠及公司參考

- (2) 所報告內容之控制盤增加強迫冷卻設計，確實能減緩電子設備組件的老化年限，本廠應參考及重新檢視現有之系統設備，經評估後給予改善
- (3) 對儀控系統直流電源供應器的維護管理，是值得參照採定期更新為設備生命週期管理的計畫，本公司各電廠之電源供應器(P.S)或變流器(Inverter)應納入維護管理
- (4) 電子電路板之整修翻新或重新設計是可參照考慮，比照 Southern 公司考量成本效益，在系統無法進行整體更新時，則可藉由國內中科院、核研所、或國內廠商的技術支援，來發展或重新設計屬自製的電子電路板，則可保有長期之維護及技術支援

E.1 南方核能運轉公司 Mr. Michael Eidson 報告主題：PWROG 儀控系統維護年會摘要報告：

Mr. Michael Eidson 報告 2009 PWROG 儀控系統工作群組(ICWG)會議主題，如下：

- ◆ Wolf Creek 核電廠的數位化更新
- ◆ 西屋公司儀控系統靜電放電損害(ESD)的預防實務及注意事項
- ◆ 壓力及差壓傳送器的校正及驗證方法
- ◆ 西屋公司提高維修過的電子電路板品質及可靠度方法
- ◆ 有關 EPRI 出版的儀控系統的資料及報告書
- ◆ SSPS 電子電路板錫鬚(Tin whiskers) 議題，Moore 數位控制器
- ◆ 事件報告(OE)：NIS、SSPS 系統
- ◆ 7300 儀控系統的長期維護方案，及事件報告

E.2 Exelon 核能公司 Ray DiSandro, 報告主題：BWROG 儀控系統維護年會摘要報告：

Mr. Michael Eidson 報告 2009 BWROG 儀控系統工作群組(ICWG)會議主題，如下：

- ◆ Yokogawa SL1400 對溫度及震動敏感度問題
- ◆ SNC 核儀 Intermediate Range Monitor (IRM NI) 雜訊問題，相對肇因為新安裝 Siemens ASD 設備所引起

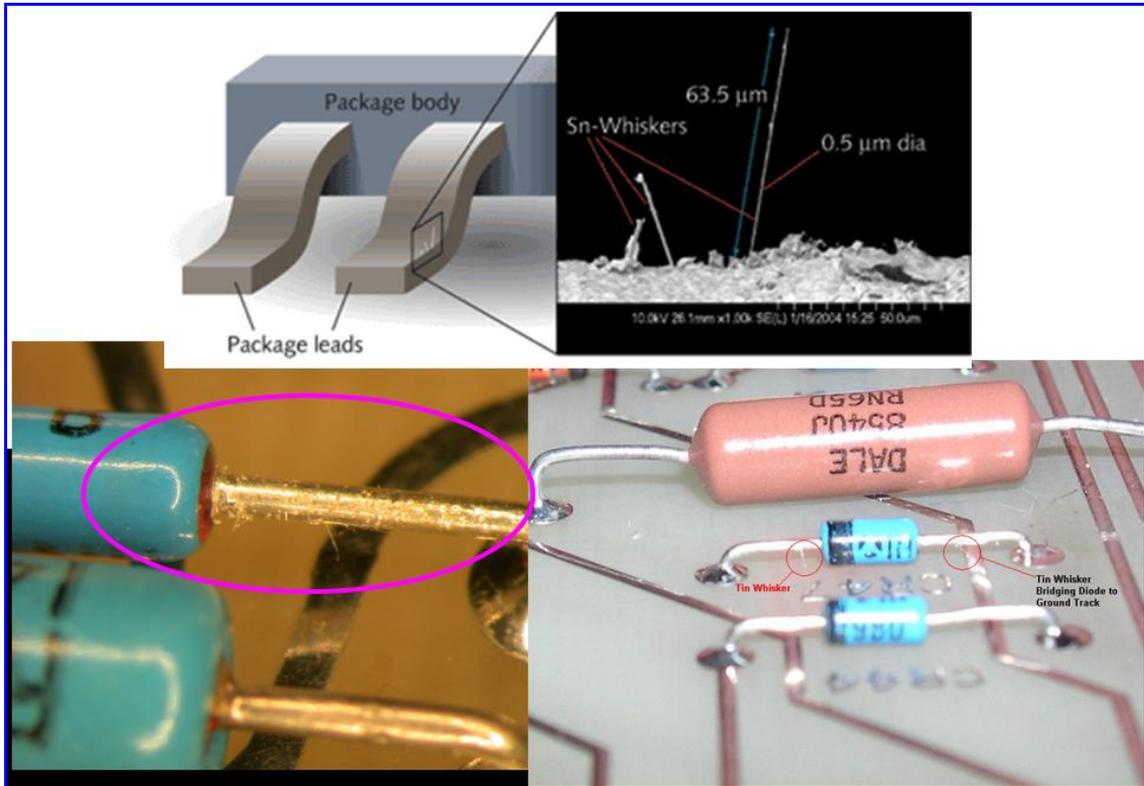
- ◆ 爐心再循環水系統的 Jet Pump 差壓及流量儀器的更新
- ◆ PIRT 09-02 : Instrument preconditioning configuration and practices
- ◆ Rosemount – 1151 系列傳送器老舊過時問題
- ◆ Brunswick 電廠因核儀設備受電焊產生雜訊干擾問題
- ◆ 電子電路板維修及錫銲標準化(以訓練為主)

E.3 對相關人員報告 PWROG 及 BWROG 儀控系統維護年會之心得與感想：

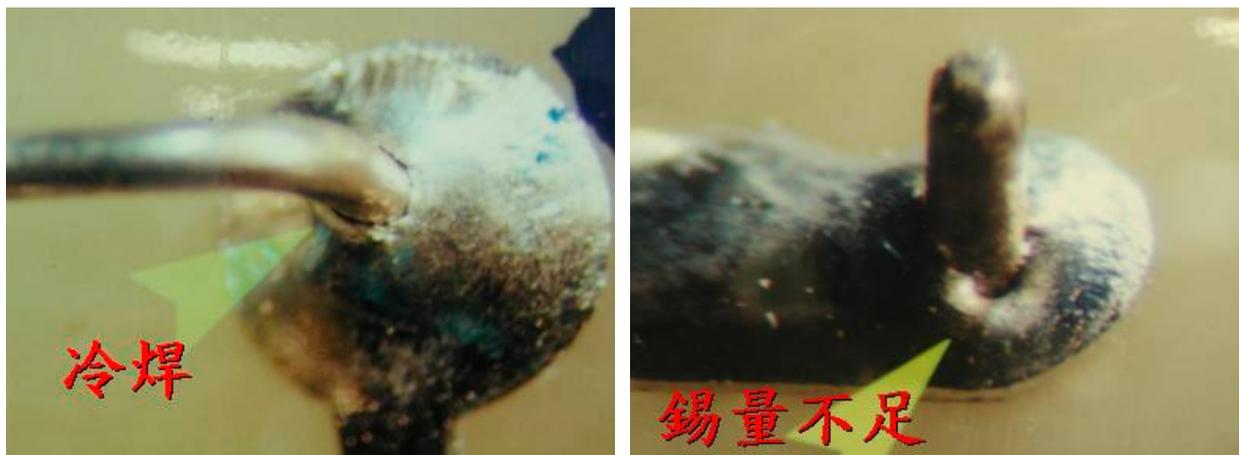
- (1) 儀控系統電子電路板的 ESD(Electro-Static Discharges)靜電釋放損壞，是導致電子電路卡片的元件損壞的常見原因，ESD 是在處理電子卡片模組前，若沒有恰當的接地，將容易導致釋放出身體或衣服上所帶有的靜電，此高壓靜電將直接灌輸到元件之絕緣層，尤其對金氧化半導體元件，靜電釋放常造成電子元件燬損。故防靜電放電破壞預防實務及注意事項，建議本廠應予訓練或宣導
- (2) 電子電路板錫鬚(Tin whiskers)問題，如圖 8，由於美國核能發電廠因卡片故障引起發電機組跳機之經驗回饋，經詳細之檢驗確認是由於錫鬚問題，使卡片電路短路，此一 Tin Whiskers 之寶貴經驗回饋，即時之防範為在大修時須特別注意檢視卡片之零件，同時可使用軟刷子刷掉錫鬚，此相關之防範措施，建議本廠應再加強訓練或宣導
- (3) 應注意新式 Yokogawa SL1400 無紙式記錄儀器的引用，其對溫度及震動有敏感度問題
- (4) Brunswick 電廠因核儀設備受電焊產生雜訊干擾問題，因本廠有類似案例，可繼續由程序書管控
- (5) 電子電路板維修及錫銲標準化(以訓練為主)，在電子電路卡片系統之維修之故障維修經驗回饋，多次發現卡片零組件接腳之錫銲問題，常造成功能故障失效，如下圖，故每次有歲修時期，應特別檢視控制卡片之零組件接腳，是否有如下之冷銲、錫裂、錫量不足等問題，如圖 9，進階之錫銲檢測及銲接技術，可參加本公司或中科院電子所之印刷線路板錫銲訓練課程，有關銲接概論及銲接的基本原理及定義…等，均有專業之訓練。建議公司林訓中心繼續開班給予新進

同仁訓練

- (6) Rosemount - 1151 系列傳送器老舊過時問題，有可能不再提供備品，建議本廠密切注意，並與代理商保持連絡



▲ 圖 8 電子電路板錫鬚(Tin whiskers)問題，發生在固態保護系統(SSPS)及Moore數位控制器

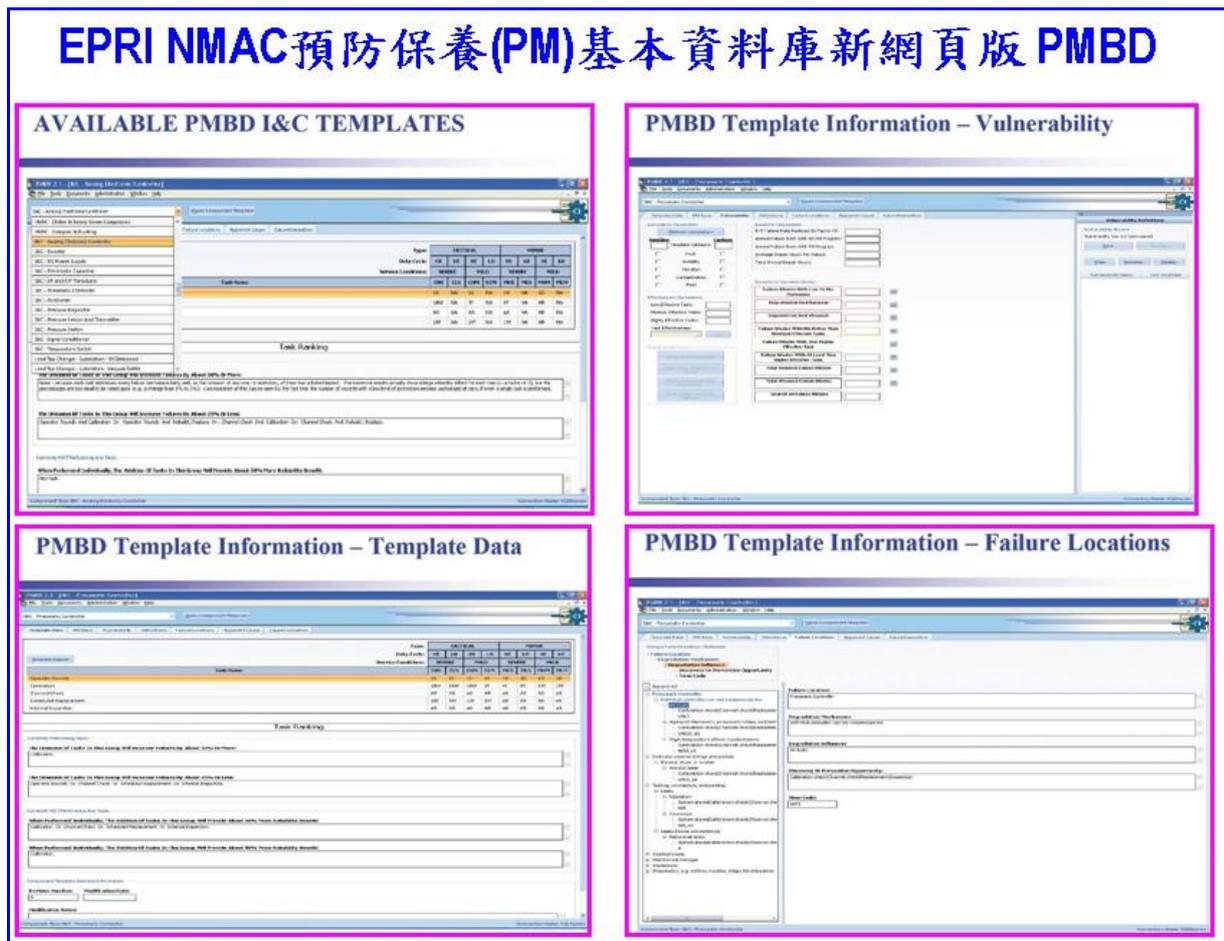


▲ 圖 9 電子電路板維修及錫銲須有標準化訓練，以免產生冷銲、錫裂、錫量不足等問題

F.1 美國電力研究院核能維護應用中心(NMAC) Mr. Jim McKee 報告：新版 PMBD 之應用：

Mr. Jim McKee 報告新版之預防保養基本資料庫 PMBD: 預防保養基本資料庫(Preventive Maintenance Basis Database)就如同是一個多目的、多功能的工具庫, 可由使用者輕鬆操作及找到想要的維護策略, 操作 PMBD 2.0 版, 如圖 10, 共有 150 個組件, 及 75 個輸入點, 及有 6 個基本分析工具如下, 故 PMBD 2.0 版共可混編組合達 67,000 項專家資料, 這些資料可作為 PMBD 的維護樣板基礎。

- ◆ Failure locations
- ◆ Degradation Mechanisms
- ◆ Degradation Influences
- ◆ Failure Timing
- ◆ Discovery Methods
- ◆ PM Task Effectiveness



▲ 圖 10 預防保養基本資料庫PMBD 2.0 版, 有 150 個組件, 75 個輸入點, 及 6 個分析工具
Mr. Jim McKee 說明 EPRI NMAC 對預防保養基本資料庫 PMBD 的期望, 請會員能利用

預防保養基本資料庫來建置維護策略、調整維護頻率、建置系統及組件的監測方法，檢修及分析故障原因與問題點，肇因分析的評估，決定可靠度及風險，篩選大修維護範圍，輔助管理備品存量，利用 PMBD 2.0 版的 67,000 項專家資料，建置各電廠的基礎維護樣板，且操作 PMBD 2.0 版技術問題可隨時連絡 EPRI 人員。

F.2 對 EPRI NMAC 預防保養基本資料庫報告之心得與感想：

- (1) 比較有關預防保養基本資料庫 PMBD2.0 版之功能，雖舊版的維護樣板同仁有使用經驗，建議本廠及公司予以下載使用，並給予新進同仁訓練或宣導
- (2) 預防保養基本資料庫 PMBD2.0 版增加很多的組件，可供分析及建置新的維護樣板，建議本廠應再加強宣導，並使用於組件維護
- (3) 本廠各組應由新進同仁研習及了解使用方式，以利經驗傳承及世代交替，建置有效的維護策略

G.1 美國電力研究院核能維護應用中心(NMAC) Mr. Jim McKee 報告 NMAC 儀控導引 (I&C Guides)文件之應用：

Mr. Jim McKee 報告 EPRI NMAC 出版與儀控維護相關之儀控導引(I&C Guides)文件資料，如下，請與會者參考引用，使維護管理更精進：

- 1000935 : EHC Tubing/Fittings and Air Piping Application and Maintenance Guide
- 1004554 : Electrohydraulic Control (EHC) Fluid Maintenance Guide
- TR-105663 : Feedwater I&C Maintenance Guide
- 1003094 : Feedwater Pump Turbine Controls and Oil System Maintenance Guide
- TR-108146 : General Electric Electrohydraulic Controls (EHC) Electronics Maintenance Guide
- TR-104885 : Introduction to Nuclear Plant Steam Turbine Control Systems
- 1003472 : Level Control Guide for Feedwater Heaters, Moisture Separator/Reheaters, and Other Equipment
- TR-102067 : Maintenance and Application Guide for Control Relays and Timers
- 1009138 : Rod Control System Maintenance - Westinghouse PWRs
- 1007915 : Solenoid Valve Maintenance Guide
- TR-107069 : Steam Turbine Hydraulic Control System Maintenance Guide
- 1003091 : Valve Positioner Principles and Maintenance Guide
- 1011881 : Westinghouse Full-Length Rod Control System - Life Cycle Management Planning Sourcebook
- 1007909 : Area and Process Radiation Monitoring System Guide, Revision 2 of TR-104862

- 1011965 : Calibration of Radiation Monitors at Nuclear Power Plants
- TR-112175 : Capacitor Application and Maintenance Guide
- 1001257 : Capacitor Performance Monitoring Project
- 1003090 : I&C Upgrade Implementation Experience and Perspective
- 1011963 : Incore, Drives, Selectors, Detectors, Seal Tables
- TR-107044 : Instrument Power Supply Tech Note
- 1003096 : Power Supply Maintenance and Application Guide
- 1007916 : Printed Circuit Board Maintenance, Repair, and Testing Guide

Mr. Jim McKee 說明上述之儀控導引文件與儀控維護相關息息相關，故整理出來提供與會者快速歸類及參考，上述文件資料的取得均可到 EPRI 網站下載。

NMAC 出版與儀控相關文件目的，主要是要提供會員執行儀控維護所需，論述如下：

- ◆ 提供儀控領域之各項維護與管理技術文件，請核電廠各階層人員能予研讀及應用
- ◆ 繼續配合現有電廠之運轉及延役的維護需求
- ◆ 提供儀控系統需要檢修或整修翻新之導則
- ◆ 提供類比式及數位式電子電路板維修、整修翻新、測試之準則，及預防保養的維護需求
- ◆ 提供儀控系統及組件之維護管理導則
- ◆ 持續研究應用在核能電廠之電子零組件的維護導則
- ◆ 持續研究儀控系統及電子零組件之類型與特性，提供適當的維護及老化管理導則

G.2 對 EPRI NMAC 出版儀控維護相關文件之心得與感想：

- (1) EPRI NMAC 出版儀控維護相關文件對電廠之維護，提供寶貴之經驗及維護導則，目前已廣泛被本公司引用參考，本公司核發處網站亦可提供下載，及落實於維護程序書及執行面，新進同仁對此部份之內容理解尚待加強，故宜經由資深工程師帶領研讀或宣導，若發現既有之維護程序書與 NMAC 維護導則有落差，則可修訂補正
- (2) 除報告者提供前述 NMAC 儀控維護文件外，尚有 2008 年份新出版數位儀控文件如下，值得相關工程師、新進同仁研讀

- 1016731 : Operating Experience Insights on Common-Cause Failures in Digital I&C Systems (2008)
- 1015088 : Guidance on Use of Simulation to Support Digital I&C and Control Room Modifications

1015090 : Handbook on Regression Testing of Digital Systems (2008)

1016729 : Minimizing the Risk of Electromagnetic Interference in Modifying Power Plants and Mixed Control Equipment (2008)

H.1 美國南德州計畫核能運轉公司(South Texas Project, STP Nuclear Operating Co.) Mr. Ted Riccio 報告主題：自行研發可執行之儀控電子電路老化/劣化監測設備

Mr. Ted Riccio 報告研發可執行之儀控電子電路老化/劣化監測的設備(An in situ Approach to Detecting Aging Degradation of Electronic Circuits)，來執行儀控系統生命週期管理方案。

有關南德州計畫 STP 核能電廠的儀控系統的現況，如下：

- ◆ STP 核電廠依賴電子儀控系統，來提供安全的運轉
- ◆ 電廠的儀控設備非常老，但可靠，也不複雜

南德州計畫 STP 核能電廠儀控系統面臨老化困境的處理方案，如下：

- ◆ Replace the System：更新整個儀控系統
- ◆ Replace the Circuit Boards：更新電子電路板
- ◆ Remove Circuit Boards for Extra Testing：增加檢測電子電路板，來預測老化狀況

南德州計畫 STP 儀控系統老化困境的考量及方案選擇，如下：

(1) 更新整個儀控系統的考量

- ◆ Costly：須花費相當多的費用及人力
- ◆ Risky：法規問題，影響大修工期

(2) 更新電子電路板的考量

- ◆ Costly：還是要支付費用
- ◆ Risky：新電子電路板的功能是否完全一致，是否可取代舊電路板？新電子電路板與舊電路板到底那一個較可靠？

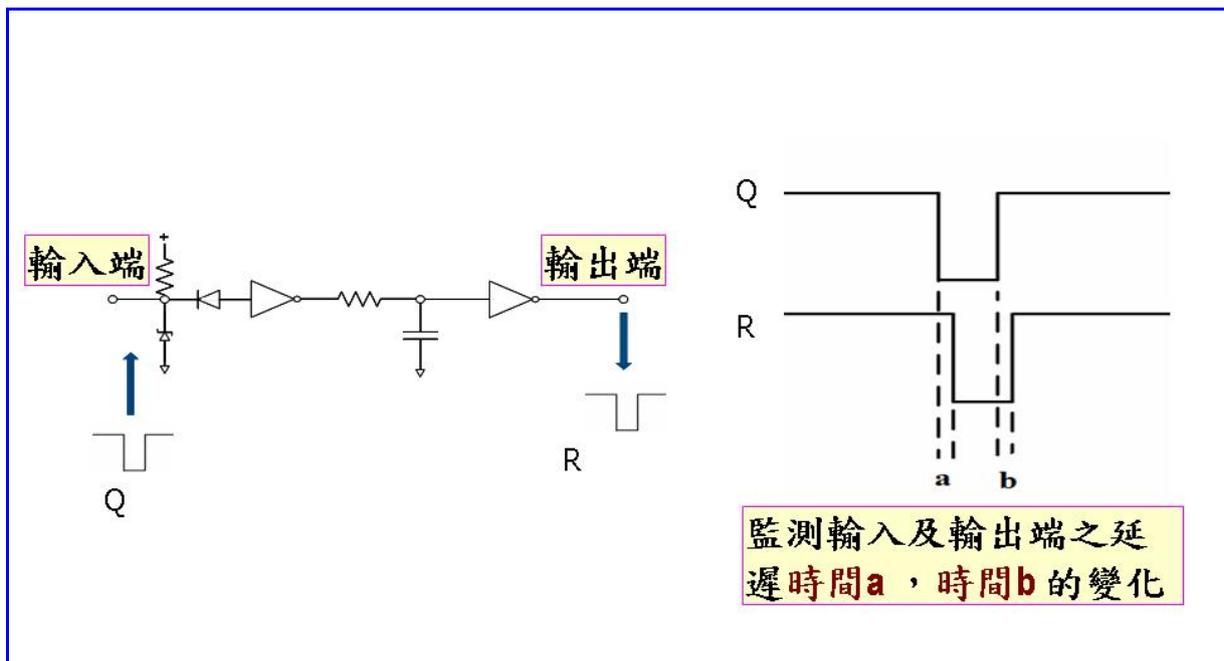
(3) 增加檢測電子電路板，來預測老化狀況測試設備的思維

- ◆ 測試設備：測試電路板的預設功能可以標準化檢測及量化分析
- ◆ 測試準則：電子電路板功能測試後，設定準則汰換不符之零組件，標準化作業及提昇儀可靠度

- ◆ 分析追蹤：建置測試數據資料庫，並分析追蹤，若超出標準差之電子電路板，則予挑剔出來，這些即是老化或劣化之先期徵兆，故可在電路板故障前給予防制，而提昇儀控系統可靠度

因此；南德州計畫 STP 核電廠的選擇為第(3)方案，使用符合成本效益的方法，來發展可執行儀控電子電路老化/劣化的監測設備，於電子電路板故障前給予防制，及時檢修、更換處理，提高設備可靠度。

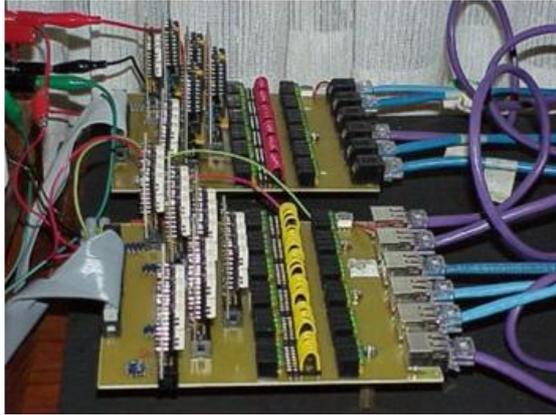
STP 核電廠儀控系統電子電路老化/劣化監測設備的實施案例，如圖 11，即量測輸入及輸出端之延遲時間的變化，延遲時間 a、延遲時間 b，量測出非常大量的資料並比較分析，若超出標準差之電子電路板，則予挑剔出來，這些即是老化或劣化之先期徵兆，故可在電路板故障前給予防制，而提昇儀控系統可靠度。



▲ 圖 11 STP核電廠儀控系統電子電路老化/劣化監測設備的實施案例

南德州計畫 STP 核電廠儀控系統電子電路老化/劣化的監測設備，如圖 12，確實發現潛在劣化之電子電路，經評估實施成效說明如下：

- ◆ 檢測電子電路板的功能及時間變化參數，確實可預測老化/劣化狀況，及早汰換老化/劣化零組件，可防止系統的故障危害
- ◆ 不須整修翻新所有電子零組件，減少非必要作業
- ◆ 改善潛在劣化之電子電路板，已防止事故發生機率



▲ 圖 12 老化/劣化的監測設備發現潛在劣化之電子電路，不須整修翻新所有電子零組件

H.2 對 STP 核電廠電子電路老化/劣化的監測設備報告之心得與感想：

- (1) 研發可執行之儀控電子電路老化/劣化監測設備是值得參考學習處，在國內中科院及核研所亦有此能力研發，本廠亦有部份設備採自動測試執行維校，有類似之功能，本案例即是設備老化/劣化的監測程序，亦屬於設備生命週期管理(LCM)計畫的項目
- (2) 南德州計畫 STP 核電廠的實務成功案例，建議本廠及公司給予新進同仁宣導，及鼓勵研發創新

I.1 美國 Exelon Nuclear 公司, Mr. Ray DiSandro 報告主題：電子電路板老化管理方法(Circuit Card Aging Management)：

Mr. Ray DiSandro 報告 Exelon 核能公司核電廠儀控電子電路板老化管理方法：

◆ 線上監測追蹤及趨勢分析電子電路板的狀況：

- (1) 隨時監測運轉之動態變化參數，掌握電子電路板的老化狀況
- (2) 新的數位儀控系統亦須執行線上監測及管理
- (3) 運用電廠用程序電腦(Plant Process Computer)的資料顯示點，執行趨勢分析了解老化狀況

◆ 離線之監測追蹤電子電路板的狀況：

- (1) 利用常態之測試及校正分析漂移情形，掌握電子電路板的老化狀況
- (2) 若大量電子電路板測試及校正數據偏移，為老化跡象，即須評估處理

Mr. Ray DiSandro 報告影響儀控電子電路板老化的因素：

(1) 工作的任務循環 (Duty cycle)：

- ◆ 在高耗的功率下運作
- ◆ 設計不良

(2) 使用環境 (Environment)：如圖 13，①造成色碼焦黑，②電路基板脆裂

- ◆ 高溫度、高濕度、高振動的環境
- ◆ 不良的儲存環境
- ◆ 不當的運輸狀況
- ◆ 非預期的惡劣運轉狀況

(3) 修理及維護的環境 (Repair/maintenance environment)：

- ◆ 修理及維護的儲置不當
- ◆ 人為過度的操作
- ◆ 過度的拔出及插入，次數也過多

(4) 製造上的缺陷 (Manufacturing defects)：

- ◆ 電子電路板製造上的缺陷大都在初期使用即會出現，部份可能在多年後才出現

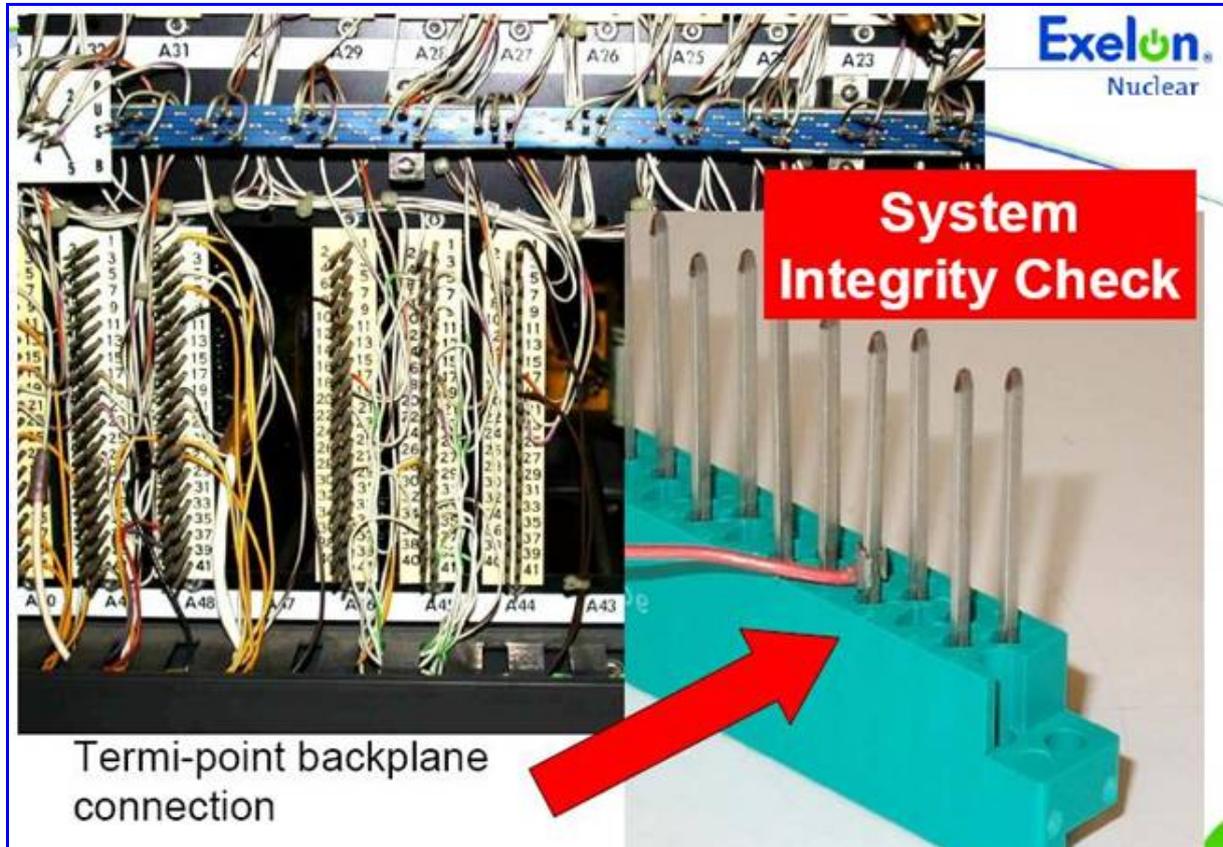


▲ 圖 13 電子電路板老化因素的案例，高溫度造成電阻過熱色碼焦黑，電路基板脆裂

Mr. Ray DiSandro 報告該公司儀控電子電路板老化管理經驗：

- ◆ 電子電路板『It's Not Just Cards!』，非僅含卡片而已
- ◆ 巨觀言，電子電路板是儀控系統的一個組件(Circuit Cards as Part of the I&C

Component), 老化管理必須將電子电路板卡片連接頭、連接線包括在維護項目, 又稱為电路板系統, 如圖 14, 卡片連接頭或連接線視為電子电路板之一環, 其提供各電子电路板信號之連接, 故老化管理應納入



▲ 圖 14 老化管理必須將电路板卡片連接頭、連接線包括在維護項目, 又稱為电路板系統

1.2 對 Exelon 核電公司电路板老化管理報告之心得與感想：

- (1) 本廠維護經驗顯示, 影響儀控電子电路板老化因素, 確實類似 Exelon 核電公司
- (2) 老化管理必須將电路板卡片, 及其連接頭、連接線包括在維護項目, 是正確的管理值得參考
- (3) Exelon 核電公司儀控電子电路板老化管理方法是實務案例, 本廠維護採用 ERF 電腦執行線上監測追蹤及趨勢分析電子电路板的狀況是有相同應用經驗, 建議本廠及公司給予新進同仁宣導, 及鼓勵做好各種維護及老化管理

(二)、到美國核能運轉協會(INPO)參訪說明, 及心得與感想：

於 98 年 9 月 18 日到亞特蘭大市參訪美國核能運轉協會及研討儀控維護技術, 經本

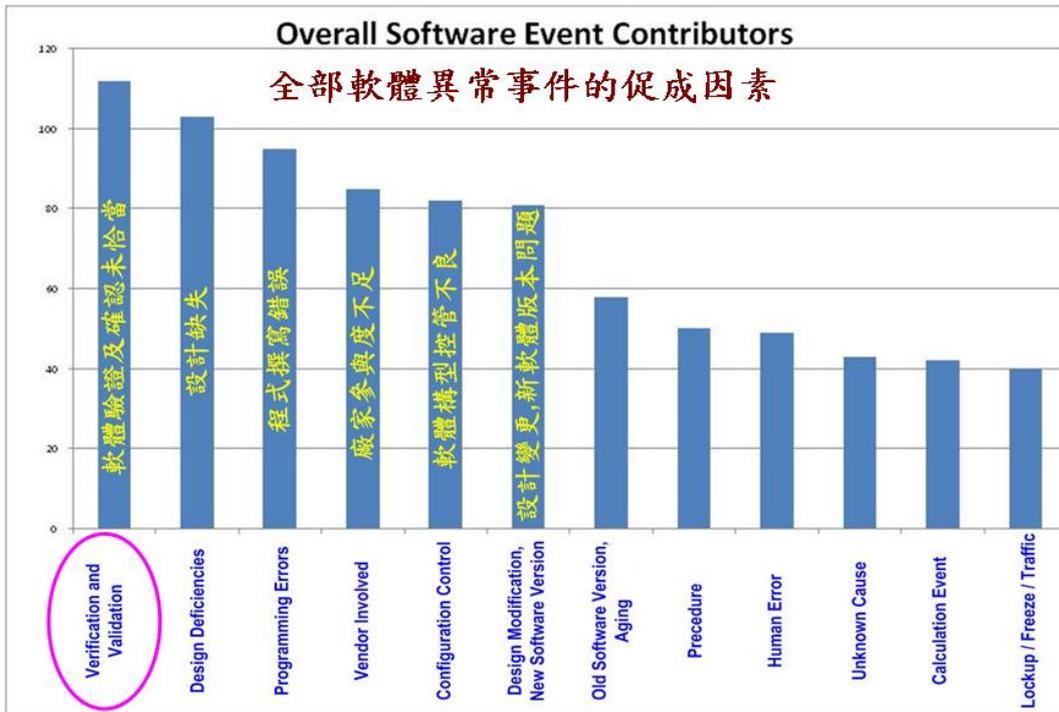
公司駐美國核能運轉協會連絡工程師沈永松課長安排，共拜訪 INPO 及 WANO-Atlanta Center 組織之各部門負責人員，讓人印象深刻，尤其組織內經理及各部門評估員均來自核能從業及領域之資深主管或工程師，故能有效的提供各核能電廠之各領域的技術支援，也讓我獲得對美國核能運轉協會組織的認識，並了解各部門負責業務及支援事項。

由於今年度本公司核能部門與美國核能運轉協會有技術交流訪問計畫(INPOTEV)，故公務過程中與負責人 Wesley T. Frewin 先生討論，研討本次技術交流訪問的內容及時程，而本次 INPO 技術交流訪問的主題定為數位化儀控系統(Digital I&C Systems)，為個人主管之領域，故期望美國核能運轉協會專家在技術交訪時，能提供 INPO 及核能同業關於數位化儀控系統之經驗回饋及更新導則，技術交流議題配合核能發電處之規畫如下：

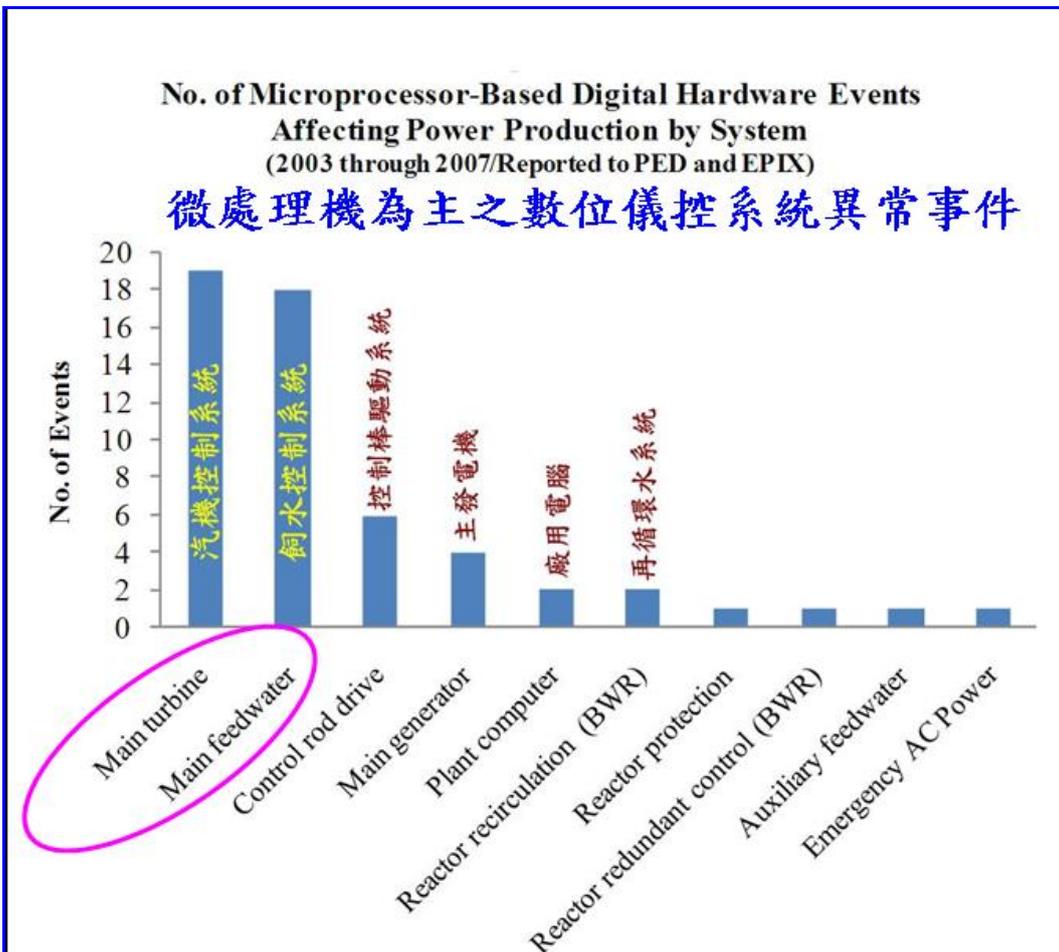
- 安全與非安全儀控系統之實務運轉經驗回饋
- 為何美國核能電廠未積極執行數位化儀控系統之更新
- 有關現場可規劃邏輯陣列 FPGA (Field Programmable Gate Array)數位化儀控系統的應用
- 數位化儀控系統更新之優良典範案例
- 儀控系統更新時如何執行重要數位審查(CDR：Critical Digital Review)作業
- 數位化儀控系統的資通網路安全(Cyber security)

Wesley T. Frewin 先生說明美國 INPO 網站上對核能發電廠提供有關儀控系統之主題報告 TR8-63、TR8-64 (Topical Report)，係 INPO 專家提供數位儀控系統維護或更新之經驗文件，說明數位化儀控系統的應用主要在電廠控制系統如：主汽機控制、飼水控制、再循環水控制及電子液壓控制等系統，而許多的跳機暫態，經常是由軟體及硬體的各種缺失所引起，以近幾年來 INPO 資料庫的分析評估，此類非預期之暫態或設備運作的異常事件，如圖 15、圖 16，常引起跳機及發電的損失，請各核能電廠相關議題人員注意。

近年來；由於各核能電廠已陸續使用現代化數位化控制及監測系統，而這些系統是非常複雜及敏感的，若軟體及硬體有缺失或錯誤，將引起潛在的問題及風險。故本次與美國核能運轉協會專家的技術交流訪問(TEV)，即是期望本公司及電廠人員了解上述問題，參考報告了解弱點並及時改善。在軟體及硬體的設計，廠家出廠測試，安裝後測試，軟/硬體驗證及確認，來建立適當及嚴謹的管控程序以降低這些異常事件。



▲ 圖 15 因軟體的各種缺失所引起的異常事件的促成要素分析



▲ 圖 16 微處理機為主(硬體)的各種缺失所引起的異常事件，以控制系統分類分析

第三章 出國期間所遭遇之困難與特殊事項

本次國外公務之期間因跨不同的兩個地點，故行程較為緊湊，因出國前訂機位及訂旅館已規畫完成，故過程尚稱順利，並未遭遇困難問題與特殊事項。

第四章 對本公司之具體建議

一、建議本公司視需要派員參加 EPRI 或 INPO 舉辦之年度研討會：

建議本公司可視需要繼續派員參加美國電力研究院(EPRI)每年度舉辦之(1).儀器及控制系統維護及生命週期管理(I&C Maintenance and Life-Cycle Management)技術共益群會議，(2).儀器及控制系統現代化(I&C Modernization)技術共益群組會議，(3).儀器及控制系統監控(I&C Monitoring)技術共益群組，或美國核能運轉協會(INPO)舉辦之(4).電子電路板維護方案技術研討會(2010年5月25日~26日)，以了解儀器及控制系統之維護經驗及學習業界典範。

二、建議本公司核二廠建置儀器及控制系統維護及生命週期管理(LCM)之維護方案：

建議本公司核二廠比照美國核能電廠同業建置自有的儀器及控制系統維護及生命週期管理(LCM)之維護方案，因核二廠部份重要系統已逐漸老舊與過時，且於短期內無法更新，機組有延照持續運轉之政策，故應有長期之維護策略與規畫，方能確保設備可靠度及運轉安全，而核二廠極需建置 LCM 之重要儀器及控制系統說明如下：

- GE 型類比跳脫系統(Analog Trip System)
- 控制棒控制及資訊系統 RC&IS (Rod Control and Information System)
- 蒸汽旁通與壓力調整系統 SB&PR (Steam Bypass and Pressure Regulator System)
- 飼水超音波流量計(Caldon external and chordal LEFM platforms) 【註：為新增裝之系統】

三、建議核二廠對生命週期管理(LCM)之維護實務應予訓練或宣導：

本次國外公務所參加之研討會，美國核能電廠同業提出許多生命週期管理(LCM)之維

護實務，故建議核二廠對生命週期管理之維護實務應給予工作人員及新進員工訓練或宣導，俾使能正確及有效率的執行 LCM 維護，維護實務項目如下：

- 儀控系統靜電放電損害(ESD)的預防實務及注意事項
- 電子電路板錫鬚 (Tin whiskers) 問題及注意防範事項
- 電子電路板維修及錫銲作業注意事項

四、建議本公司及本廠同仁積極參加美國核能運轉協會 INPO TEV 的會議及討論，以學習最佳的工業界經驗：

本公司年度之美國核能運轉協會 INPO TEV 技術交流訪問(Technical Exchange Visit)將有 INPO 專家參與，專家們將說明及提供數位儀控系統維護或更新之經驗回饋，故建議本公司及本廠同仁參加 INPO TEV 的會議及熱烈討論，以增進個人的國際觀、維護注意事項及要領，及學習最佳的工業界經驗。技術交流及討論的項目如下：

- 安全與非安全儀控系統之實務運轉經驗回饋(TR8-63、TR8-64 Topical Report)
- 為何美國核能電廠未積極執行數位化儀控系統之更新
- 有關現場可規劃邏輯陣列 FPGA (Field Programmable Gate Array)數位化儀控系統的應用
- 數位化儀控系統更新之優良典範案例
- 儀控系統更新時如何執行重要數位審查(CDR：Critical Digital Review)作業
- 數位化儀控系統的資通網路安全(Cyber security)
- 核二廠控制棒控制及資訊系統 RC&IS 在美國核能電廠同業的維護現況

五、其他建議：

其他建議已說明於第二章國外公務之心得與感想報告各分節中。