

出國報告（出國類別：洽公）

## 洽談美國電力研究院(EPRI)有關儀控數位 化及電廠支援技術計畫之執行

服務機關：台灣電力公司 核能發電處

姓名職稱：楊文龍 儀電組長

派赴國家：美國

出國期間：97.11.5~97.11.14

報告日期：98.1.14

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：洽談美國電力研究院(EPRI)有關儀控數位化及電廠支援技術計畫之執行

頁數 25 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：

楊文龍/台灣電力公司/核能發電處/儀電組長/(02) 2366-7061

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他(洽公)

出國期間：97.11.5~97.11.14 出國地區：美國

報告日期：98.1.14

分類號/目

關鍵詞：EPRI，儀控數位化

內容摘要：(二百至三百字)

- 一、台電公司核能部門參與美國電力研究院(EPRI)的計畫，主要為電廠技術支援(PSE)與儀控技術(I & C)兩項。前者(PSE)涵蓋重要儀電設備，如發電機、變壓器、開關設備、儀控傳送器、控制卡片、變流器、電纜等的老化研究，正是目前各電廠功率提昇與執照更新最關切的問題，其計畫成果，值得借鏡。而後者涵蓋儀控設備相關營運策略，包括數位化的審查、規畫與評估經驗、組件老化與停產的對策、降低成本與提昇績效的策略等。
- 二、台電核發處已訂於97.12月上旬邀請EPRI專家蒞台舉辦技術研討會，藉此洽公機會，先行討論未來會中主要議題的內容。
- 三、台電公司藉與先進國家的研究機構，如EPRI建立密切的合作關係，參與其相關的研究計畫，保持與國際核能科技接軌，共享其研發成果，應用在核能電廠，改善運轉、維護技術，以提昇設備的可靠度。

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

# 目 次

	頁次
壹、出國目的	4
一、緣由	4
二、計畫目標	4
貳、公務的過程與內容	5
一、出國過程	5
二、公務內容	6
(一)EPRI Palo Alto Office 訪談	6
1. 核能部門的儀控強化策略	
2. 儀控設施過時管理( <b>Obsolescence Management</b> )的策略	
3. 關鍵數位審查	
(二) EPRI Charlotte Office 訪談	15
1. 電纜老化管理	
2. 線上監測	
參、出國期間所遭遇之困難與特殊事項	22
肆、國外公務之心得與感想	23
伍、對公司之建議事項	25

# 壹、出國目的

## 一、緣由

台電公司三座核能電廠已運轉二、三十年，儀電設備的老化與原廠的停產，備品取得漸趨困難，影響核能電廠運轉的可靠度與安全。由於核發處對核能電廠負有監督之責，對核能電廠儀電設備的更新以提昇營運績效的策略皆須予以關注與協助。因此，宜與先進國家的研究機構(如美國電力研究院(EPRI)) 建立密切的合作關係，參與其相關的研究計畫，保持與國際核能科技接軌，取得其研發成果，應用在公司核能電廠，改善運轉、維護技術，以提昇設備的可靠度，對電廠的營運必有助益。

核能部門參與 EPRI 的計畫，主要為電廠技術支援(PSE)與儀控技術(I & C)兩項。前者(PSE)涵蓋重要儀電設備，如發電機、變壓器、開關設備、儀控傳送器、控制卡片、變流器、電纜等的老化研究，正是目前各電廠功率提昇與執照更新最關切的問題，其計畫成果，值得借鏡。而後者涵蓋儀控設備相關營運策略，包括數位化的審查、規畫與評估經驗、組件老化與停產的對策、降低成本與提昇績效的策略等。

以上兩個計畫的內容與現行核能電廠可靠度與容量因數的精進息息相關，是此次計畫洽談的主題。

核發處為美國電力研究院( EPRI)與核能部門有關儀控計畫的聯絡窗口，有必要赴 EPRI 洽談參與計畫的執行狀況及待加強之處，並瞭解其研發成果視需要引用至核能電廠，以利未來運轉、維護與改善計畫的推動。

## 二、計劃目標

“節能減碳”已是現行世界的環保潮流，我國也不例外，我國的能源政策亦以此為最高指導原則，核能發電應為最佳的選擇，且基於新電廠廠址尋覓的困難，核能電廠如何利用現有機組提昇效率與功率已為核能管制當局與台電公司所具有的共識，為達此目的，儀電設備老化更新與具高可靠度的數位化控制為當前公司極力推動的政策。此次參訪 EPRI，洽談相關儀控數位化與老化管理的主題，期能共享 EPRI 的研發成果。並為今(97)年十二月台北舉辦的 EPRI 技術討論會預談主題先行溝通，使未來討論會能發揮最大的效益。藉以上方針而能為公司之功率提昇計劃的技術支援有所助益。



## 二、公務內容

### (一)EPRI Palo Alto Office 訪談

在 EPRI Palo Alto 訪談的主題為儀控系統數位化的執行策略，其主要內容包括：

- EPRI 核能儀控計畫概觀(Overview)。
- 儀控系統現代化(modernization)基礎架構的策略與發展。
- 儀控現代化的遠景(endpoint vision)。
- 儀控系統數位化改善計畫。
- EPRI 核能儀控數位化的成果與技術支援。
- 從儀控現代化及數位化更新所獲得經驗與知識。
- 發展安全系統數位化更新一般的需求。
- 效能(performance)與狀況(condition)偵測的整合。
- 數位系統經常被視為“黑盒子”的解決之道。
- 在數位化更新計畫中的“關鍵數位審查”(Critical Digital Review, CDR)之實用方法。

上述 10 項議題為公司儀控數位化過程中極易遭遇到的問題，希利用此次洽公與 EPRI 人員作深入討論，尤其有關 CDR 的作法與經驗，分享其研究成果，以充實員工的經驗與技術。

#### 1. 核能部門的儀控強化策略

EPRI 儀控計畫係提供技術基礎應用到進步型儀控以及資訊科技，所以，現有與新建的核能電廠能切入未充份利用的功能性與容量得據以更新。這能力能使核能電廠藉著更高可靠度與人力產能的儀控管理以取代停產設備，以維持安全運轉。而有效的儀控數位化與與人-系統界面(human-system interfaces, HSI)為完成以上功能的兩項中心任務。以下三項為支援本任務的初始策略：

- ◆ 改善數位系統的執行方式
- ◆ 強化設備可靠度與電廠的生產力
- ◆ 持續執行生命-週期的管理

以上包括短期、中期、長期的研發案，每項計畫簡述如下：

##### A. 改善數位系統的執行方式

認識明天的電廠與明天的員工將會需求進步的儀控系統與人-系統界面科技，則數位系統的轉換是無可避免的。

包括：

- a. 對核能安全儀控系統提供技術基礎以支援申照需求。

重要方案如下：

- 2009 Base Project: Digital I&C issues defense-in-depth and diversity resolution related to Nuclear Energy Institute (NEI) working group (Work Order 065139)
- 2009 Base Project: Probabilistic Risk Assessment (PRA) & risk informed I&C issues resolution related to NEI working group (Work Order 065744)
- 2009 Base Project: Human factors and control room issues resolution related to NEI working group (Work Order 065138)

b. 發展新的及改善現有安全及非安全儀控的能力並制訂執行的技術基礎。

重要方案如下：

- New 2009 Base Project: Technical Guideline for Field Programmable Gate Arrays (FPGA) for safety applications (Work Order 067933)
- 2009 Supplemental Project: Platform pre-qualification for Toshiba FPGAs per existing EPRI guidelines for pre-qualification of programmable logic controllers (Work Order 044111)
- 2009 Supplemental Project: Reactor Protection System (RPS) / Engineered Safeguards Actuation System (ESFAS) generic specification requirements for upgrading Combustion Engineering (CE) plants (Work Order 059321)
- 2010 Proposed Base Project: Increase reliability of critical-to-power-production digital systems (Work Order TBD)

c. 發展一套準則處理因技術更新而產生的新議題。

重要方案如下：

- 2009 Base Project: Cyber-security requirements & implementation guidelines (Work Order 065770)
- 2009 Base Project: Update EMI guidelines for high-frequencies. Joint project with Advanced Nuclear Technology program (Work Order TBD)
- 2009 Supplemental Project: Wireless instrumentation standards, qualifications and testing project with Savanna

River National Lab for control of a nuclear fuel cycle facility using highly encrypted wireless (Work Order TBD)

- 2009 Supplemental Project: Control room modifications planning and human factors guidance application - plant specific support (Work Order 055606)
- 2010 Proposed Base Project: Human factors control room engineer's guide (Work Order TBD)

d. 發展一套準則以反應經由數位儀控執行所獲得的教訓與運轉經驗。

重要方案如下：

- 2009 Base Project: Digital I&C good practices based on operating experience (Work Order 061695)
- 2010 Proposed Base Project: I&C project database for completed digital upgrade implementation (Work Order TBD)

#### **B. 強化設備可靠度與電廠的生產力**

當採用進步型儀控、HIS 與資訊技術以支援安全、成本效益及長期核能電廠運轉時，能增加可靠度與生產力。由整合領先的可靠度技術，如遙測、無線通訊、早期預測以及數據視訊融入設計、運轉和維護作業，核能電廠可避免高成本的停機與檢修，而預期未來使更少的人力能提昇更高的產能。

包括：

a. 因應先進的診斷及預警系統而發展技術與應用準則以改善設備的可靠度，如線上偵測、應用早期故障檢測以評估設備狀況等。

重要方案如下：

- 2009 Base Project: Information infrastructure to optimize plant equipment reliability. Joint project with Long Term Operation program (Work Order TBD)
- 2009 Base Project: Advanced instrument monitoring / calibration reduction (Work Order 053403)
- 2009 Base Project: Guidelines for wireless technologies and integration with equipment condition assessment systems (Work Order TBD)
- 2009 Supplemental Project: Wireless communications technical requirements for nuclear power industry asset applications (Work Order TBD)



- 2009 Supplemental Project: Technical specification change guidance for safety-related instrument calibration interval extension - plant specific application support (Work Order TBD)
  - Available Supplemental Project: Wireless sensors for optimizing component / reliability in nuclear power plants (Work Order TBD)
- b. 在核能電廠採用模擬(simulation)、可見化(visualization)、及交互界面工具以改善可靠度及人員績效、降低成本與安全挑戰。

重要方案如下：

- 2009 Proposed Base Project: I&C, human factors, and information technology to support long-term operation of nuclear power plants. Joint project with Long Term Operation program (Work Order TBD)
- Available Supplemental Project: Simulators and simulations capabilities for design and testing (Work Order TBD)

### C. 持續執行生命週期的管理

由於儀控系統承受如此快速的技術革命，生命週期的管理與維護是很重要的。在電廠的壽命終期之前，可能須進行一次或多次的更新作業以延長電廠的壽命是可期的。

包括：

- a. 配合“為更換的設計”(design for replacement)，發展相關的技術、策略與準則。
- b. 在電廠的生命週期內，透過適當的群組、訓練和知識傳送機制以支援儀控系統的應用與革新。

重要方案如下：

- 2009 Supplemental Project: Developing an I&C modernization strategy – plant specific application support (Work Order 066684)
- 2009 Supplemental Project: Digital upgrade training (Work Order 054266)
- 2009 Supplemental Project: Lessons learned from digital upgrade operating experience workshop (Work Order TBD)
- 2010 Proposed Base Project: I&C expert knowledge guides (Work Order TBD)

- Available Supplemental Project: EMI / RFI training (Work Order 056251)
- Available Supplemental Project: Control room training (Work Order 058324)
- Also available via Plant Support Engineering Program – multiple training modules, guides etc.

## 2. 儀控設施過時管理(Obsolescence Management)的策略

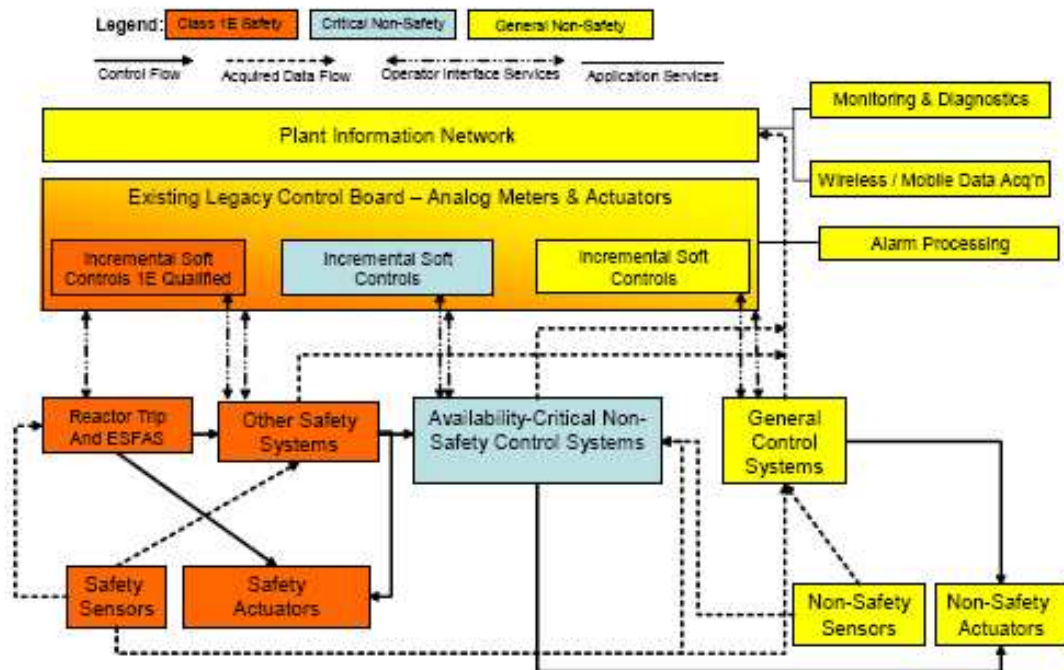
重要方案如下：

- Instrumentation and Control Strategies for Plant-Wide and Fleet-Wide Cost Reduction: Utility Application Guideline, EPRI – 1018109 , September 2008
- I & C Obsolescence Management Strategy: Pilot Study and Lessons Learned , EPRI – 1015083 , July 2008

### A. 電廠特定儀控現代化基礎架構的策略與發展

其功能性架構如下：

儀控系統區分為 Class 1E Safety, Critical Non-Safety 及 General Non-Safety 三類，其基礎架構如下圖所示：



電廠的監測及診斷系統與各種取訊系統將各種資訊聯結電廠資

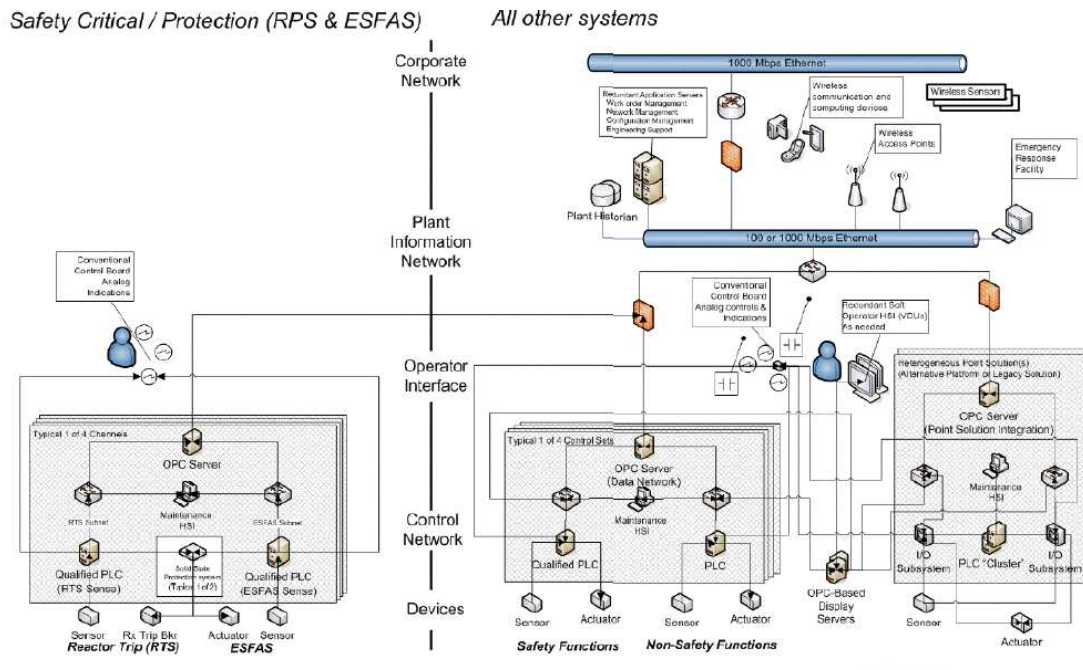
訊網路(Plant Information Network)，而現有控制盤上涵蓋上述三類儀控系統的控制，RPS 及其他安全系統歸屬 Class 1E Safety，關鍵非安全控制系統及一般控制系統分別歸屬 Critical Non-Safety 及 General Non-Safety，而上述三類系統的數據皆送至電廠資訊網路做整合監視。在現場藉著各種安全/非安全感測器分別送至相關安全/非安全控制系統分析而做出決策，而最終指令各種致動器(Actuator)執行要求的重作。

藉由現代化的數位儀控系統，依照上述功能性架構，根據最適的需求透過監控中心可執行“艦隊化”(Fleet-Wide)的多廠整合控制或者“電廠化”(Plant-Wide)的單廠多系統整合控制。而達到全(或區域)系統或全廠最有效、最迅速、最經濟、最適協調性的控制。此為未來控制系統的發展趨勢。

### B.儀控現代化的遠景

透過關聯的網路，將各種系統無線感測器測得之數據、運轉歷史資料以及 ERF 送至電廠資訊網路，再經由傳統的控制盤操作或閘道等操作界面，將指令送至各控制網路，包括安全與非安全系統伺服器，致動各種儀電設施，經而回饋訊號，修正控制，完成控制程序使合乎安全、最佳的運轉程序。

如下圖所示。



現代化數位儀控系統的遠景

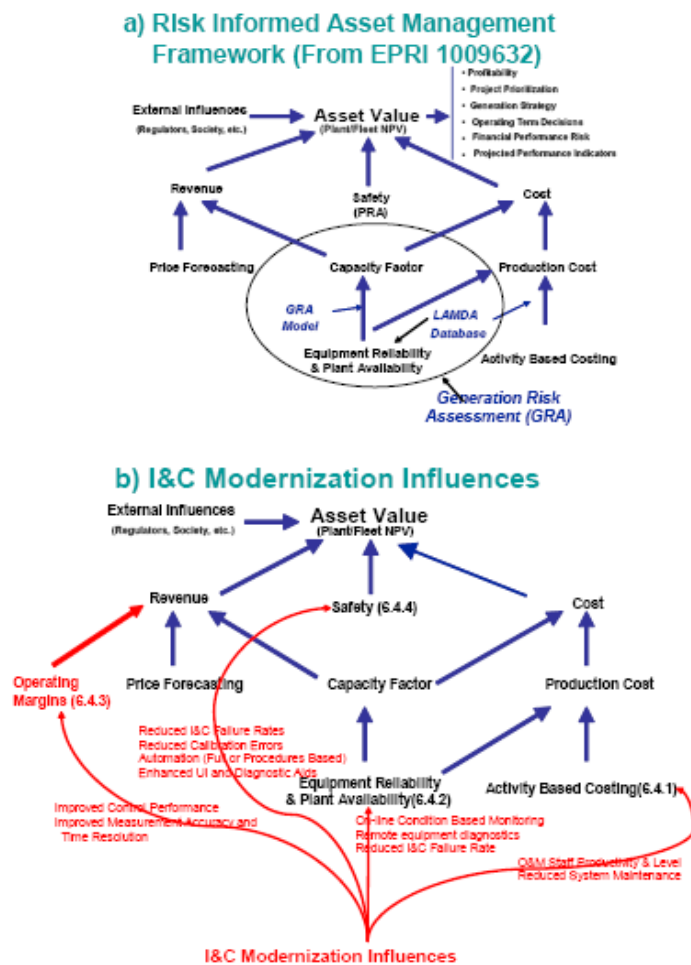
### C.儀控數位化更新計畫

儀控系統的數位化更新，必須就電廠長期的經濟效益來考慮，而“風險告知資產管理”（Risk Informed Asset Management ,RIAM）是依據對資產長期淨值的影響以評估電廠投資可行性的有力工具。

透過各種風險評估方式，判斷投資成本、預期的回收以及對系統安全的衝擊，來評估電廠或企業資產的增值與否，並須考量外在政府法令與社會大眾的觀感和影響，而做最終的判定。

通常電廠的現代化更新計畫，並非一蹴可成，須經長期規畫，擇定系統更新的優先順序，訂定嚴謹的管制點與時程，從規畫至完成約須 10 年以上的光景，才得以完成。這期間，或許有許系統還不只更新一次，視設備的運轉狀況各與廠家的營運情形，而有許調整。

RIAM 的基本架構如下圖(a)所示。



而上圖(b)儀控現代化則是一種重要的較低階的改善，其影響僅侷限於整個程序的幾個部份。在成本(Cost)可藉自動化與工作程

序改善的 O&M 成本降低機制來改善。由提升電廠的可用率可增加容量因數，有助於增加回收並降低 O&M 成本。安全的改善較難以金錢量化，但可降低風險而增加資產值則是確定的。最終，提昇至智慧型感測器與致動器，並變置線上監測(OLM)系統均能促使運轉餘裕的降低，改善 Heat Rate 而達提昇功率的績效。

### 3. 關鍵數位審查

關鍵數位審核(Critical Digital Review ,CDR)在於探討、評估及提供以下文件：

- 發展處理程序與證明文件
- 現有的與新的軟體
- 數位系統的整合
  - ①防禦系統設計的特性
  - ②非需求事件的潛在性與不可預測性。

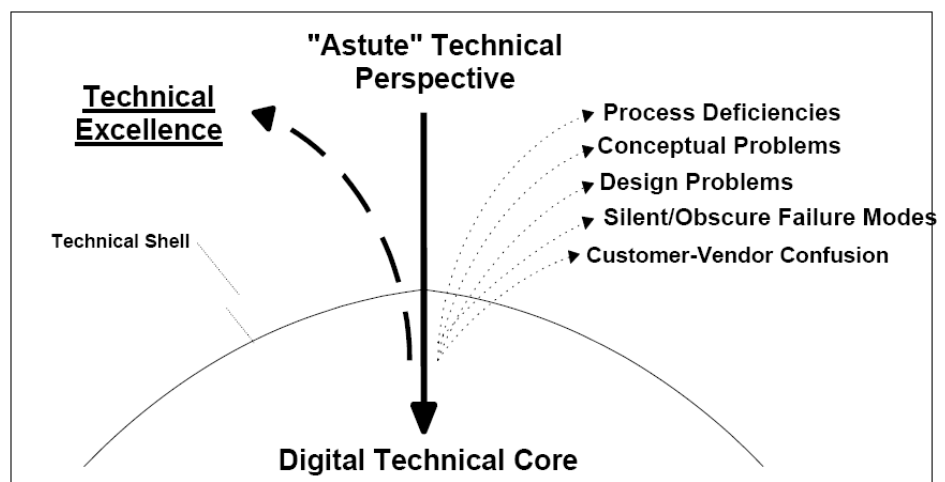
CDR 的評估內容超過使用手冊中的範圍，其所欲確認的設備文件與符合法規的精神，是儀控系統數位化的審核過程中絕對關鍵性的一個環節。

#### A. CDR 穿透技術性外殼以探討其行為的機制。

(CDR Penetrates the Technical Shell to Investigate Behavior Mechanism)

CDR 是探討數位化核心的一種程序，從其評估的過程中，可發現觀念上與設計上的問題、隱藏的失效模式和顧客-廠家間的困擾。

CDR 的應用可由以下示意圖得知其精神所在。



**B. 數位更新計畫時，有關“關鍵數位審查”(Critical Digital Review, CDR)的有效性與實際作法。**

**a. 有效性：**

- 系統性地確認與討論潛在性系統行為的範圍。
- 假設“可預見的事件”(foreseeable events)，如共同軟體的錯誤造成多重系統或元件的故障、數位飼水控制故障會導致反應器跳脫等。
- 確認無聲(silent)的故障模式。
- 評估人-機界面。
- 尋找緩和(mitigation)的策略。

**b. 實際作法：**

- CDR 團隊須具備實務經驗，瞭解下列數位系統的運作：
  - ① 硬體與軟體的架構。
  - ② 通訊(communication)機制。
  - ③ 故障模式與效應。
  - ④ 構型管理(configuration management)。
  - ⑤ 軟體發展與維護。
  - ⑥ 在程序與行為上的防禦性量測。
- 瞭解電廠系統可接受與不可接受的行為。
- CDR 須深入廠家的專業領域
  - ① 專家須知道設計的基準(basis)。
  - ② 專家須能解釋當行為超出產品手冊的範圍時，會怎麼樣。
- 當顧客關注於品保程序時，廠家皆慣於被稽查但常排除產品本身品質。
- 在訪問廠家之前，CDR 成員須先瞭解該產品的設計與程序知識。

**C 在數位系統經常視為黑盒子(Black Box)問題的解決之道。**

- “黑盒子”是否被充份對待?
- 確定問題故障的模式。
- 確定合適的獨立性。
- 核對合適的防禦量測。

防禦量測通常在盒子內部，須考慮：

  - ① 1E 系統採用“infinite loop”軟體架構，以 watchdog timers 偵測問題，而將系統置於安全狀態。
  - ② “Task Incorrect Response” 必須予以特別注意，其目的在判定故障的真正原因。
  - ③ 防禦量測提供一判定基準，為數位設備評估失效與共因失效的可能性。

D. 數位儀控科技的優勢與缺點比較表：

Some Advantages and Disadvantages of Digital I&C Technology

Advantages of Digital Replacements	Concerns and Issues
<p>More accurate and less susceptible to drift</p> <p>Much easier to troubleshoot many problems, e.g., via automated fault diagnosis.</p> <p>Modular and more scalable</p> <p>Data is more available to outside systems for archiving and trending</p> <p>Data from one system can be used by another system to aid in anticipatory control.</p> <p>Easier to make changes to an algorithm (flexibility)</p> <p>More functionality can be built in (e.g., powerful diagnostics, quality checking, etc)</p> <p>Few spare Parts –relatively few different modules are capable of performing many functions.</p> <p>High availability</p> <p>Low operation and maintenance costs</p> <p>Archiving of all process variables for analysis</p> <p><i>Following benefits require a plant-wide or aggressive approach to fully realize:</i></p> <p>Easy-to-use operator interface based on Video Display Units (VDUs)</p> <p>Improved fault tolerance</p> <p>Improved surveillance testing</p> <p>Potential for High degree of automation</p> <p>Staff recruiting and retention is simplified.</p>	<p>Becomes obsolete faster</p> <p>Harder to troubleshoot some problems because of complexity and intermittency (state dependent behavior)</p> <p>More challenging to determine root cause</p> <p>In non-redundant systems, one processor failure can cause the loss of multiple loops</p> <p>Easier to make changes to an algorithm (configuration management challenges)</p> <p>Peripheral activities (e.g., file transfer) can slow down highway communications needed for control – administrative restrictions are essential.</p> <p>Database corruption.</p> <p>Enhanced importance of configuration management.</p> <p>SQA requirements more challenging due to software complexity</p> <p>Licensing risks when O&amp;M concepts change</p> <p>Potential Cyber Security vulnerabilities</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Link to information network</li> <li>• Conflicts between security, performance and ease of use.</li> </ul>

## (二) EPRI Charlotte Office 訪談

### 1. 電纜老化管理

EPRI 自 1985 年起，即主動執行電纜老化管理的研究，原來這工作在於評估儀器與控制電纜的老化。在 2001 年，目標轉移至中壓電纜的研究。電纜使用者團體已遵循工業界的研究，以下列行動支持 EPRI 的研究：

- ① 如傳播研究成果
- ② 持續讓會員了解產品的改善
- ③ 與 NEI、INPO 及 NRC 互動以支持電纜老化管理研究。

當基金可資利用時，電纜計畫年年執行與支持電纜方案的研究。包括初始線共振分析(Initial Line Resonance Analysis, LIRA)研發以及電纜老化準則。

#### A. 低壓電纜部份

- 熱損壞是主要的原因，在高溫與高輻射區均會企成電纜的加速老化，施工錯誤也會影響電纜壽命，已發展出多種量測與評估的技術，現在可從線端做電氣的評估(LIRA)。
- 多種的評估技術包括視覺、觸覺、壓痕器(indenter)、聲響以及實驗室方法以評估劣化的程度。並據以採取預防與改善措施。
- 絕緣與被覆層的老化資料用以決定老化程度與殘餘壽命。
- LIRA 用以偵測電纜的損害與劣化，它是一種電氣的測試技術用以評估熱與輻射老化的損害，有如低壓電纜的物理損害。它可以電纜的端頭狀況評估整條電纜長度的狀況，可由相對局部損害的程度來檢定故障點。  
一高頻低電壓之雜訊號加在電纜上，由反射的阻抗以判斷故障點與損害嚴重狀況。

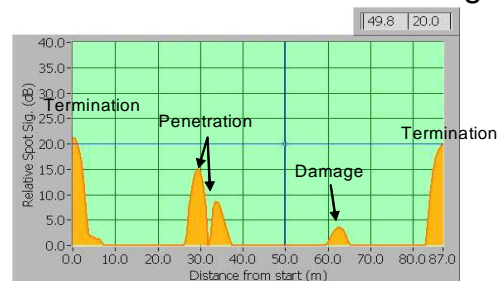
其示意圖如下：

## Line Resonance Analysis (LIRA)

- System Developed by Institute for Energy Technology (IFE) (Halden Reactor Project, Norway)
- EPRI sponsored work with IFE proved LIRA could detect and locate thermal damage from cable terminals before cable is beyond its qualified life
- White noise is applied to cable and resonance points and associated phase angles are evaluated to locate damage and assess severity



© 2008 Electric Power Research Institute, Inc. All rights reserved.



9

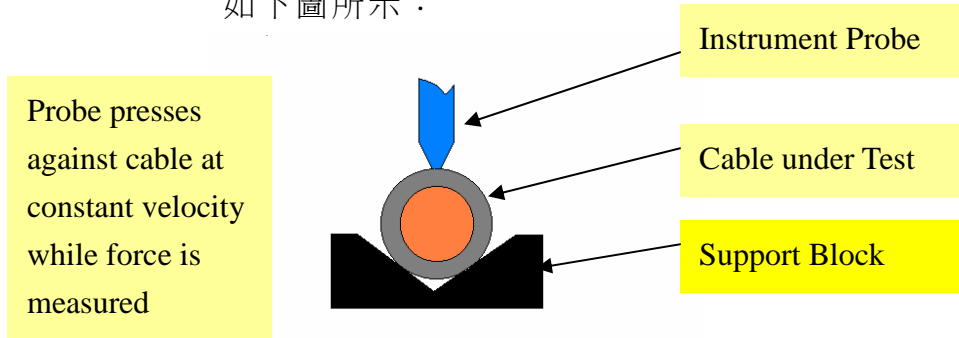
EPRI | ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



### ■ 壓痕器(indenter)的概念

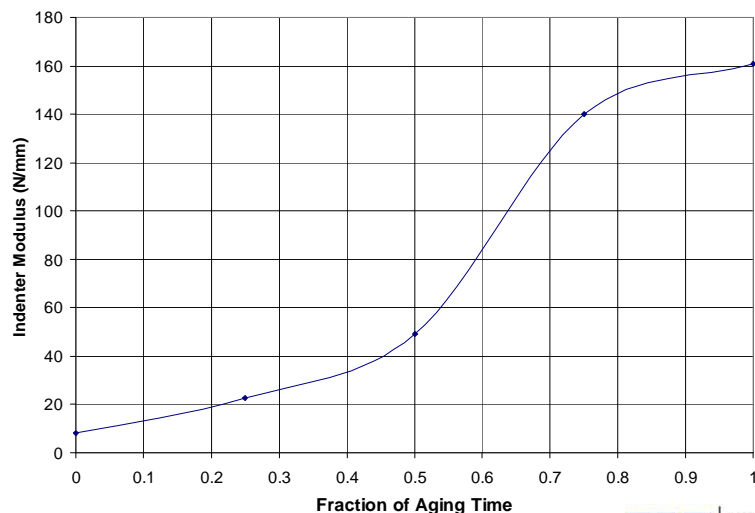
藉著外加壓力定速壓擠電纜絕緣層或被覆層，由達定深度凹痕的壓力，以判斷材料的老化程度。

如下圖所示：



壓痕器測試研判老化機制曲線如下：

**Indenter Modulus of CSPE Aged at 150°C For 504 Hours (Figure 5-3, TR-104075) (Severely over aged above 100 N)**



© 2008 Electric Power Research Institute, Inc. All rights reserved.

12

**EPR** | ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

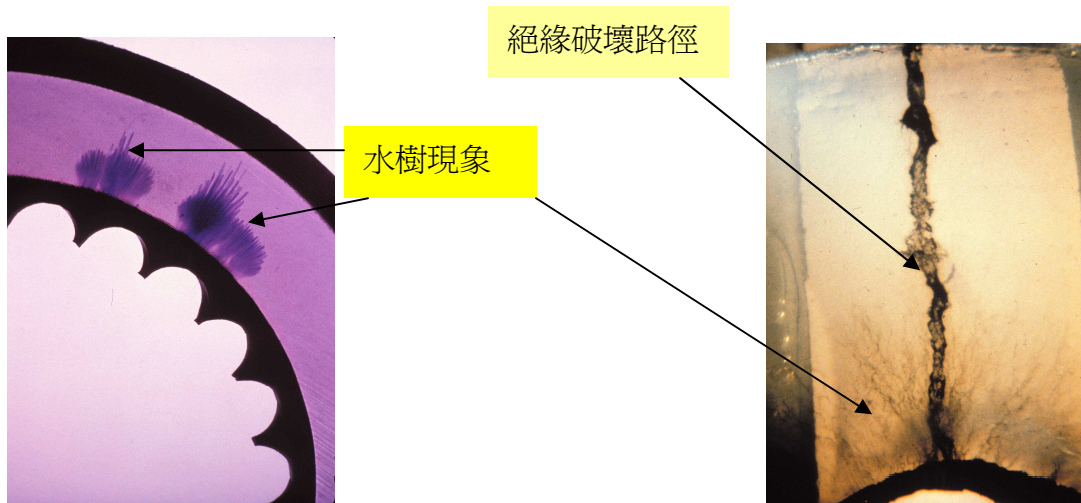
### B. 中壓電纜部份

如低壓電纜一樣，中壓電纜也會受熱所影響，但一般而言，其並不接近主要熱源。

- 在乾燥地區，除非安裝錯誤(如接頭處理不當)、機械損傷或嚴重的製造瑕疵，否則電氣劣化並不是一個問題。
- 在潮濕地區，電氣劣化即會發生。通常發生在某些設備有製造瑕疵的場所。電氣退化(Degradation)是屬於緩慢的現象，對一製造良好

的電纜可維持正常品質約需 30 年或更久的時間，近期製造的電纜則更長。

■水的不良效應



- 由於氣泡或雜物含入絕緣材質層，經電化學作用而促使絕緣退化，當材質脆弱時，水氣被迫穿入絕緣層，而導致電-機械的破壞。在 XLPE 及 EPR 都曾發生過水樹現象。
- 水樹導致在絕緣層四週造成高電力應力，開始促使絕緣破壞，水樹的長成可能約需 10 年，但其後電氣破壞則為數分鐘或數個月。
- 水對電纜的多重效應  
水氣侵入電纜對緩慢地破壞絕緣、應蝕導體與遮蔽帶(shields)，尤其是海水破壞效果更為嚴重。  
其對電纜的不良效應如下圖所示:

## Water Has Multiple Effects

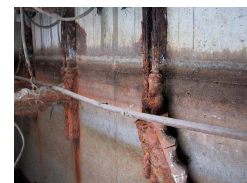
- Water permeates insulation systems with time
- Water slowly causes electro-chemical and electro-mechanical breakdown of energized MV insulation leading to early failure
- Water corrodes conductors and shields
- Water, especially salty water, corrodes support structures (road salt and brackish water)
- Keeping underground cable systems free of water supports long term operation



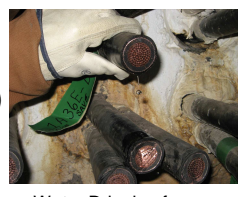
Failed Wet Cable



Flooded Manhole



Rusted Supports



Water Dripping from Inside of Cable



Corroded Conductor (B5B)

- 中壓電壓最有用的絕緣測試是 Tan Delta ( $\tan \delta$ ) 及高壓部份放電。
- Tan Delta 量測絕緣材料電阻性洩漏性電流與電容性電流的比值。
- 在絕緣層中有氣泡存在時，發生部份放電；氣泡導通時，絕緣體停止更進一步導電，但對損壞會小量逐步增加，造成射頻(Radio Frequency)al 信號的產生。  
部份放電(PD) 在絕緣劣化期間內發生較晚，但破壞電纜則較快。
- 遮蔽帶腐蝕的檢測非常困難，對連續性的遮蔽帶而言，其腐蝕尚不致造成即時的危險。
- EPRI 正在發展一套中壓電纜準則，涵蓋上述的範圍及最新的實務經驗。並持續蒐集各種測試資料建立基本資料庫而制訂接受標準。

## 2. 線上監測(On-line Monitoring)

### A. 儀控集中監控 (Centralized Monitoring )計劃策略的目標

核能電廠推動現代化採用先進的數位科技，具備集中控制的特性、自動化、線上監測(OLM)及 SSC 的訊息管理，並且支援整合運轉、維護和管理的決策。

包括如下功能：

- 緩和當前儀控系統的老化。
- 管理現有儀控系統過時的功能。
- 改善檢查/條件監測及系統/元件性能預測技術，以管理核能電廠的老化。

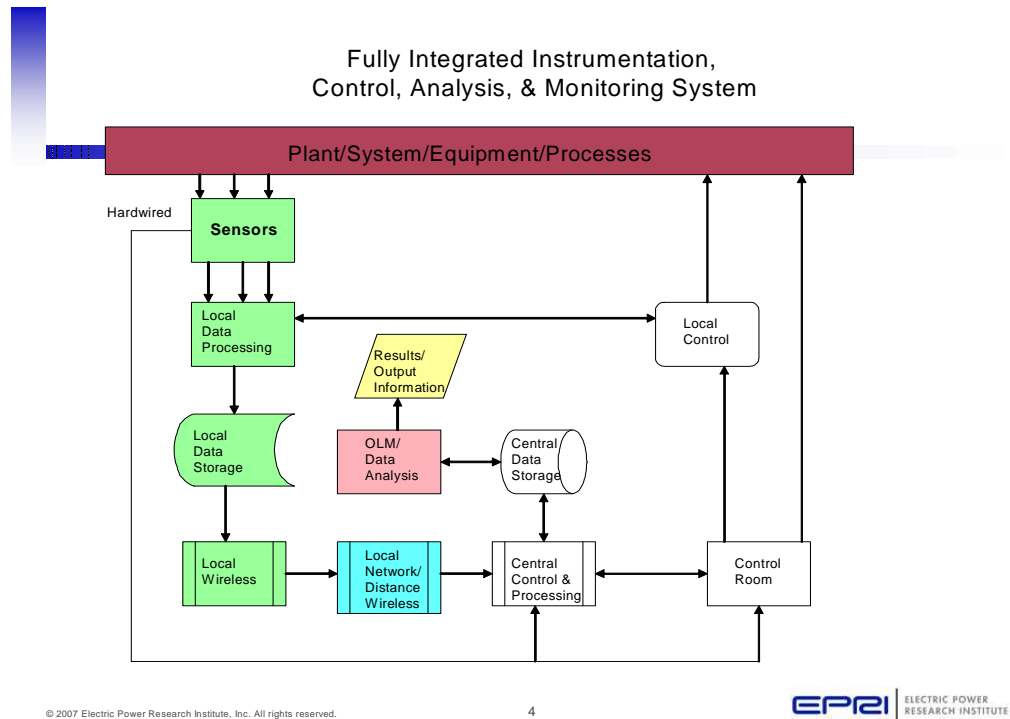
### B. 結構、系統、元件(SSC)的集中式線上監測(OLM)與整合

- 提供系統、元件性能的評估予工程部門、電廠運轉員和系統專家以為 SSC 劣化的早期檢測。
- 提供系統行為的訊息科技與模型，以強調老化和劣化，做即時的自動統計分析、模型認識和標準，以診斷劣化的狀況和預測 SSC 殘餘的有用壽命。

- 全面整合的儀器、控制、分析和監測系統示意圖如下：

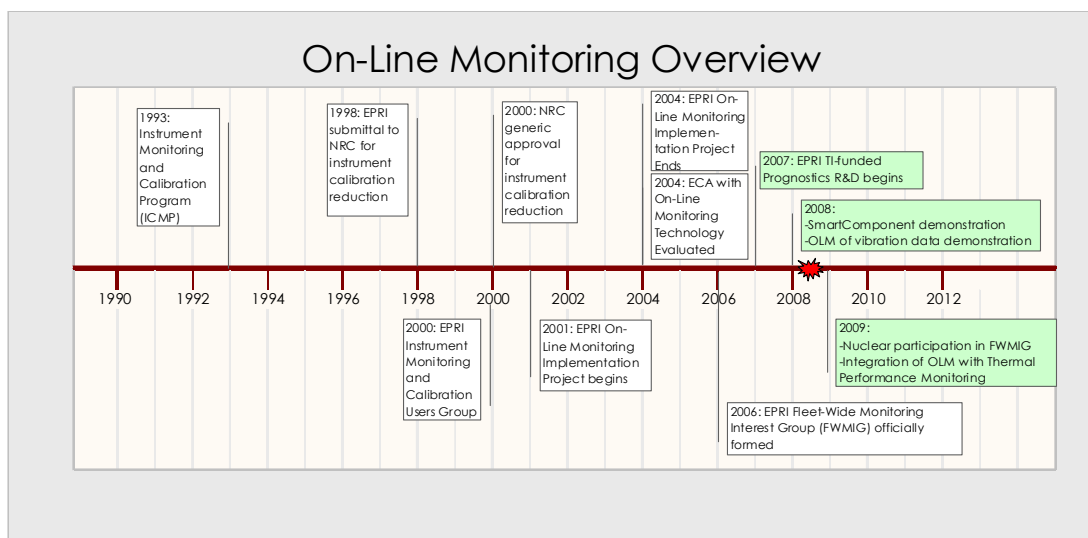
所有感測器測得信號送至各現場程控系統與主控制室，而下指令採取集中控制或現場控制。而 OLM 攝

取的數據分析經由集中資料的儲存分析亦作為集中控制的參考訊息。



### C. 線上監測(OLM)演進的概觀時程

## OLM Timeline



由以上時線，可瞭解，OLM 隨著數位科技的進步與系統複雜度的漸增，而執

行的內容與目標也隨著時代而進步，而降低人因失誤及改善人-機界面，使系統、元件更爲“有智慧”，而儀控系統的可靠度更高。

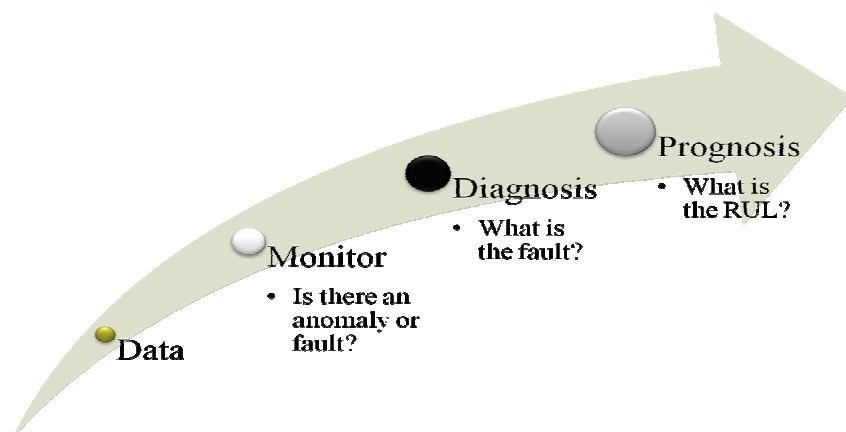
#### D. 先進的線上監測、早期故障的檢測、診斷與預測

- 支援先進的以經驗模型構建設備監測系統的執行。
- 發展第一套基本模型，其可單獨或與其他經驗模型相結合使用。
- 確認設備退化的前兆。
- 發展診斷的能力。
- 驗證線上監測的能力。
- 發展預測性(prognostic)維護的能力(未來目標)。

#### E. 何謂預測性理念(Prognostics)？

以下圖說明之，資料的監測(Monitor)蒐集，經過分析後做出設備運轉狀況的健康診斷(Diagnosis)，累積眾多的診斷經驗與分析的資料，建立專家系統，對系統的運轉狀況做出未來運轉狀況的預測(Prognosis)，若有風險或績效降低的可能與趨勢，即時採取改善矯正措施，防範未然。

預測(Prognosis)維護是最高階與未來維護策略的趨勢。



#### F. 無線(Wireless)科技

爲安全且可靠地在運轉中的核能電廠使用無線科技，必須更新導則，以驗證無線感測器和網路能力能滿足地使用在核能電廠。

爲改善電廠群(fleet)的可靠度與安全，工業界已整合無線感測器技術應用在 fleet-wide 監控系統中。

Comanche Peak 核能電廠使用無線技術來評估設備狀況，是驗證無線感測器良好案例。

## 參、出國期間所遭遇之困難與特殊事項

- 一、此次奉派美國赴電力研究院(EPRI)洽談數位儀控與電廠設備老化計畫執行現況，期能瞭解 EPRI 相關議題的研發成果，而對國內核能電廠的儀電維護有所助益。但上述兩主題的負責人分散在美國西岸的 Palo Alto(加州)與東岸的 Charlotte(北卡州)。兩機構相隔甚遠，旅程費時，間接影響了公務時間，下次再有機會類似出國計畫，事先宜洽拜訪機構安排在同一地點，以減少旅程的耗時，增加洽公時間。
- 二、在 Palo Alto 洽公時，夜宿於舊金山，每天往返需搭捷運與火車，費時至少一個半小時。由於對當地的交通狀況不清楚，事先雖然有同事說明搭車方式，但在車站仍發生買錯車票及搭錯車的笑話。除非在當地租車或有友人接送，否則住宿旅館若與訪問機構有段距離，則交通問題須事先規畫清楚。

## 肆、國外公務之心得與感想

一、儀控系統數位化更新已是核能部門，也是公司的政策，在主管處的立場應多蒐集一些相關資訊供電廠更新的參考。而 EPRI 在儀控數位化的議題已花了相當多的時間研究，必然有借鏡之處。因此，在出國前即與 EPRI 的台電聯絡人唐博士詳談過訪談內容，所以對方也事先準備了對應的簡報資料。儘管時間很匆促，依然談到了主題。EPRI 安排的簡報及討論人員，都具有相當的經驗，在相關的領域，確是一個專家，其對技術的解說與見解，令人欽佩。

二、本次訪談的重點之一是儀控數位化更新過程中極重要的規範審查要領，即“關鍵數位審查”(Critical Digital Review, CDR)，原建議 EPRI 專家能提供一案例，說明審查的要點。或許基於某些商業機密，其未能提供明確審查案例，使能佐證審查的程序。但從洽談人員的報告內容得知，CDR 的審查程序與我們的認知有所不同。CDR 亦為專家的編組，其成員須深入廠家的設計部門，與製造部門，在知識上，幾乎等於原廠家，該小組在審查過程，可說是專職，在台電根本做不到。因此，儘管 98 年 12 月初，EPRI 亦有專家來公司做相關議題的討論，但由於“國情”的不同，也無法完全引用。俟後，我們無法完全比照 EPRI 的作法，須另行建立一套

實務的審查程序，配合我們的組織與專業狀況，才得以推動。

三、電纜老化的管理，牽涉到核電廠 TLIPA 方案的執行，與電廠的申照有關，也是訪談的重點，EPRI 在這方面的經驗確實相當豐富，已建有多廠的評估報告，值得我們參考引用，核發處參加“電廠支援工程”(PSE)方案，因此有權參閱 EPRI 的相關研發成果。我們宜多參閱這方面的資訊，以改善電纜老化的趨勢，確保電廠運轉安全。

四、無線化科技在儀控監測中將扮演一個重要的角色，尤其在現有系統更新計畫過程，基於實務拉線有其困難性，無線感測器更顯重要，值得重視。



## 伍、對公司之建議事項

一、EPRI 是一個有經驗、專業的電力研發機構，台電公司宜與其多方接觸，參加其專案研發計畫，以取得相關的知識、經驗文件，做為我方改善的參考。

核能部門已參加 EPRI 兩部計畫，即“儀控系統”與“電廠支援”。除了上述兩系統外，其實 EPRI 有很多的計畫值得我們參考，各單位宜再仔細評估，擇需要者參加，以提昇我們的技術。

二、核能部門有參加 EPRI 的專案會員，應充份利用會員的權利，可每年邀請 EPRI 的專家來台舉辦技術討論會，以提升公司同仁的技術能力。

三、EPRI 所在的 Palo Alto 與 Charlotte 均是旅館住宿費昂貴的區域，但是在核定出國旅費時，卻由於上述兩城市並未列入公司認可的“名單”，因此，當地生活費均以最低的“其他”估算，其核定的生活費與實際的支出差距甚大，詢問人資部門，答稱公司的規定，沒辦法改變以反應實際的生活水準。此造成“倒貼”的窘境，相當困擾。

類似狀況可能在別處亦有，建議重新修正審查不適的國外城市生活費，或改為“實報實銷”，使出國同仁能有適當的住宿環境。