

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：開會)

(裝訂線)

參加美洲核能協會

「第六屆核能儀控與人機介面技術研討會」

服務機關：台灣電力公司

出國人：	姓名	單位	職稱
	吳東明	核技處	儀電工程師

出國地區：美國

出國期間：98.4.4~98.4.10

報告日期：98.6.6

行政院及所屬各機關出國報告審核表

出國報告名稱：參加美洲核能協會「第六屆核能儀控與人機介面技術研討會」

出國計畫主辦機關名稱：台灣電力公司

出國人姓名/職稱/服務單位：吳東明/儀電工程師/核能技術處

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 <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"/> (1) 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> (2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> (3) 內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> (4) 未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理 <input type="checkbox"/> (5) 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. 其他處理意見
層轉機關 審核意見	<input type="checkbox"/> 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"/> 退回補正，原因： _____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 其他處理意見：

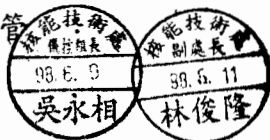
說明：

- 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



主 管 處
主



總 經 理
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：參加美洲核能協會「第六屆核能儀控與人機介面技術研討會」

頁數 35 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/吳永相/24902401 分機 2018

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

吳東明/台灣電力公司/核能技術處/儀電工程師/24902401 分機 2056

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：98.4.4~98.4.10

出國地區：美國

報告日期：98.6.6

分類號/目：儀控工程

關鍵詞：儀控工程、NPIC & HMIT

內容摘要：(二百至三百字)

1. 鑑於儀控系統與人機介面技術對核能電廠的運轉、維護與新建機組的設計日趨重要，美洲核能協會自 1993 年起，每隔 3-4 年舉辦核能儀控暨人機介面技術專題會議（簡稱 NPIC&HMIT），此系列之會議逐漸成為國際核能界主要的儀控專題會議。近年來，美國核能工業逐步復甦，而數位儀控技術應用在儀控系統更新工程、以及新機組設計已漸形成趨勢，繼 2006 年 11 月間舉辦第五屆 NPIC & HMIT 專題研討會之後，美洲核能協會今年再次舉辦第六屆核能儀控暨人機介面技術專題會議。本次會議參加人員來自十餘個國家，共發表約 250 篇儀控暨人機介面技術之論文，與會人員除分享最新資訊、應用經驗及創新技術外，各方代表亦藉由論文發表及討論，探討未來必須面對的議題。
2. 參加本次研討會，以「Team Situation Awareness in Advanced Control Room – Lesson Learned from Integrated Verification and Validation」為題發表論文，提出進步型控制室有關團隊情境覺察（Team Situation Awareness）之議題，以及實驗所獲之結論。

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

目 錄

	頁次
壹、 出國內容與過程	5
一、 緣起與目的	5
二、 行程與工作項目	6
三、 執行過程與內容	6
(一) 會議資訊	6
(二) 參加會議過程	7
貳、 出國心得與感想	15
參、 建議事項	17
肆、 附件	19

壹、出國內容與過程

一、緣起與目的

- (一) 由美洲核能協會 (ANS) 主辦的核能儀控暨人機介面技術專題會議 (簡稱 NPIC&HMIT) 係國際核能界主要的儀控專題會議，研討主題涵蓋數位儀控及進步型人機介面之設計、運轉與維護等重要議題，參加人員來自包括美國核管會 (USNRC)、美國能源部轄下各國家實驗室、美國電力研究院 (EPRI)、國際原子能總署、各國核能發電業者、儀控系統製造廠商及專業顧問公司等單位。台電公司自第二屆 (1996 年) 起，歷屆會議均派員參加，汲取新發展的儀控技術與應用經驗。
- (二) 近二年來，美國核管單位與業界代表就核能電廠，不論是新建或是改善工程引進數位儀控系統，管制單位之審查流程、審查文件、審查要項與準則，正積極溝通，近程目標為發展一套期中審查指引 Interim Staff Guide (簡稱 ISG) 供新反應器審照作業使用，終期目標則為將經過試用、修訂的指引轉化納入 Regulatory Guide、標準審查計畫 Standard Review Plan (簡稱 SRP) 第 7 章「儀控系統」、第 18 章「人因工程」，或是 IEEE 工業標準。值此關鍵時刻，美洲核能學會主辦第六屆核能儀控暨人機介面技術專題會議，於 98 年 4 月 6~9 日於美國田納西州諾克斯維爾市 (Knoxville) 舉行，研討內容包括數位儀控及人機介面之最新技術、應用經驗，以及管制單位關切的議題及看法等。鑑於掌握儀控新技術與汲取各國應用經驗之業務需要，故派員參加該研討會。
- (三) 本公司在 95-96 年間辦理「數位儀控系統人因工程技術應用之先期研究」計畫，曾就進步型控制室之團隊情境覺察 (Team Situation Awareness) 議題進行實驗探討，獲致饒富價值之結論，本次參加研討會以「Team Situation Awareness in Advanced Control Room – Lesson Learned from Integrated Verification and

Validation」為題發表論文，與國際間交流本公司之研究發展成果。

二、行程與工作項目

本次任務出國期間自中華民國 98 年 4 月 4 日至 98 年 4 月 10 日止，共計 7 天，詳細行程內容如下：

起迄日期	停留機構	所在地點	工作內容
98.4.4-98.4.5		台北→紐約→諾克斯維爾	往程
98.4.6-98.4.8	美洲核能學會	諾克斯維爾，田納西州	參加 NPIC&HMIT 2009 研討會
98.4.9-98.4.10		諾克斯維爾→舊金山→台北	返程

三、執行過程與內容

(一) 會議資訊

儀器、控制及人機介面系統（以下簡稱 IC&HMI）是核能發電廠能否安全、可靠、有效率運轉的關鍵設備。IC&HMI 是電廠的神經中樞，它提供運轉人員監視各項基本參數、電廠系統運轉效率，以及整合資訊，並提供調節、啟動、停止、開啟、關閉設備之控制功能，以達成生產電力的目的。運轉人員在設備組件故障或異常事件時，藉助儀控及人機介面系統進行處置，以保障電廠運轉之安全。應用 IC&HMI 技術將全廠流程(如 Reactivity, Heat transfer, Energy conversion system 等)的感測、通訊、監視、控制等功能妥善地提供給運轉人員，使得人員有效的監控電廠的運轉狀況，同時也可以預測、瞭解及處理異常的運轉狀態。應用先進的 IC&HMI 技術可使設備更有效率地發揮功能，運轉人員與系統之間的互動產生良好的

協調，達成生產電力與安全之目標。因此，IC&HMI 技術之應用對核能電廠的運轉績效與安全息息相關。

鑑於儀控系統與人機介面技術對核能電廠的運轉、維護與新建機組的設計日趨重要，美洲核能協會自 1993 年起，每隔 3-4 年舉辦核能儀控暨人機介面技術專題會議（簡稱 NPIC&HMIT），此系列之會議逐漸成為國際核能界主要的儀控專題會議。近年來，美國核能工業逐步復甦，而數位儀控技術應用在儀控系統更新工程、以及新機組設計已漸形成趨勢，繼 2006 年 11 月間舉辦第五屆 NPIC & HMIT 專題研討會之後，美洲核能協會今年再次舉辦第六屆核能儀控暨人機介面技術專題會議。本次會議參加人員來自十餘個國家，共發表約 250 篇儀控暨人機介面技術之論文，與會人員除分享最新資訊、應用經驗及創新技術外，各方代表亦藉由論文發表及討論，探討未來必須面對的議題。

（二）參加會議過程

1. 研討議題

本次會議論文分成 Instrumentation and Control (I&C)及 Human-Machine Interface Technology (HMIT)兩類，I&C 的部份依照議題性質，分為下列各組：

- 數位系統可靠度 (Digital System Reliability)
- 進步型感測及量測技術 (Advanced Sensors and Measurement Techniques)
- 新建機組的控制設計 (Controls in New Construction Reactors)
- 安全關鍵軟體之發展與檢證 (Safety Critical Software Development and Qualification)
- 數位儀控更新工程之執照申請 (Digital Upgrade Issues in an Evolving Regulatory Environment)
- 商業級數位儀控系統之應用 (Acceptance of Commercial Digital Instrumentation)

- 新建機組儀控設計的管制議題 (Regulatory Aspects of I&C in New Construction Reactors)
- 下一代機組之儀控系統 Next Generation I&C Systems
- 核能電廠儀控專業人員之養成 (Education of NPP I&C Professionals)
- 研究性反應器之儀控應用 (Research Reactor I&C Applications)
- 電廠保護及保安系統 (Plant Safeguards and Security Systems)
- 儀控架構及協定 (I&C Architectures and Protocols)
- 電磁環境相容性議題 (Environmental Compatibility)
- 維護及運轉狀況監視 (Maintenance and Condition Monitoring)
- 診斷與預防保養 (Diagnostics and Predictive Maintenance)
- 無線傳輸技術之應用 (Wireless Applications in Nuclear Power Plants)
- 數位儀控更新工程之經驗回饋 (Lessons Learned in Digital Upgrades)
- 安全相關數位儀控技術 (Digital Safety System I&C Technology)
- 進步型訊號處理應用於爐心監測 (Advanced Signal Processing Methods for Reactor Monitoring)
- 藉由數位儀控更新工程進行電廠現代化 (Plant Modernization Through I&C Upgrades)
- 儀控在核燃料之應用 (Instrumentation for the Fissile Material Accountability)
- 進步型控制演算之應用 (Applications of Advanced Control Algorithms in NPPs)
- 在安全度評估建立數位儀控系統模型 (Modeling Digital I&C Systems in PRA/PSA)
- 設備老化管理 (Aging Management)
- 分散控制、網路、現場訊號匯流排之應用 (Applications of DCS, Networks, & Fieldbus in Nuclear Power Plants)

- I&C for Grid Appropriate Reactors
- 歐洲核能電廠數位儀控更新工程之經驗回饋 (Lessons Learned from Digital I&C Modernization Projects in European NPPs)
- 多樣性及深度防禦 (Diversity and Defense in Depth)
- FPGA-Based Systems
- 安全相關軟體之驗證與確認 (Safety-related Software V&V)
- 網路安全之管制及執行議題 (Cyber Security Licensing/Implementation)
- 設定點方法論 (Setpoint Methodologies)
- Recent In-Pile Instrumentation Developments for Research & Test Reactors
- 實作典範及標準之發展 (Best Practices and Standards Development)
- 永續性議題 (Long Term Sustainability for NPPs)

HMIT 部分的議題則分成下列各組安排論文發表：

- 安全文化 (Safety Culture)
- 人與自動系統之互動議題 (Human Automation Interaction)
- 人機介面技術之驗證與確認 (Verification & Validation of HMI Technologies)
- 警報系統 (Alarm Systems)
- 人員可靠度 (Human Reliability)
- 電腦化程序書 (Computerized Procedures)
- 人機介面之應用 (Human Machine Interface Applications)
- 建立模型及模擬 (Modeling & Simulation)
- 人機介面技術之設計及請照 (Design & Licensing of HMI Technologies)
- 訓練 (Training)
- 人機介面更新議題 (Modernization)

- 分析方法和結果 (Analysis Methods & Results)

以上所列的會議主題繁多，在四天議程中，同一個時段，通常有 5-6 組同時進行論文發表，故僅能選擇與個人較有興趣、及與經辦業務有關的議題參加。

2. 開幕專題演講 - NPIC & HMIT 2009 Opening Plenary Session

本屆會議之開幕式，邀請多位來賓進行專題演講。美國橡樹嶺國家實驗室 (Oak Ridge National Lab, ORNL, 也是本屆會議的承辦單位) 處長 Tom Mason, 講題為 “Meeting the Energy Challenge: The Role of Nuclear Science and Technology in Strengthening Our Energy Future”, 他分析能源需求成長、以及提出抑制二氧化碳排放以減緩氣候變遷之預測數據, 預言核能發電的榮景可期, 並指出用過核燃料的處理是目前最迫切需要解決的議題。接著, 本次會議的地主電力公司 TVA 副總裁 Ashok Bhatnagar 介紹 TVA 在核能發電的營運經驗, TVA 經營 Brown Ferry、Watts Bar、Sequoyah 等核能電廠, 其中 Wats Bar 機組尚在建造中。

本次開幕式專題演講來賓尚包括 USNRC 數位儀控推動委員會主席 John Grobe、講題為 “Digital Technologies: The Next Generation”, 演講內容涵蓋美國核管會建立數位儀控審查指引 (ISG) 的發展現況, 以及應用 ISG 審查 Oconee、Wolf Creek 核能電廠儀控更新工程之經驗。來自 Exelon 工程顧問公司的資深副總 Amir Shahkarami 接著代表工業界提出專題演講, 講題為 “Digital I&C Industry Perspective”, 他細數工業界參與各 ISG 工作小組 (Task Working Group), 與 NRC 共同研討、制定、先導試用數位儀控審查指引之歷程與成果, 並提出未來之努力方向。其對 ISG 亦需要經過檢驗之看法, 個人深表贊同。

本次會議亦邀請到國際原子能總署 (IAEA) 轄下之核能電廠儀控專案科學秘書 Oszvald Glöckler, 發表 “IAEA nuclear power programs and I&C activities” 專題, 他介紹 IAEA 主導、贊助的數位

儀控相關計畫、活動及成果，由於歐洲各國在數位儀控應用在核能發電的起步較早，且數位儀控系統更新案的經驗遠多於美國，所致力發展的指引、準則等亦較具實用價值。

3. 發表論文

本次研討會以「Team Situation Awareness in Advanced Control Room – Lesson Learned from Integrated Verification and Validation」為題發表論文（簡報詳如附件），提出進步型控制室之團隊情境覺察（Team Situation Awareness）之議題，以及實驗所獲之結論。該項研究主要在探討龍門主控制室運轉員與人機介面之互動、運轉組員間之溝通模式這兩項因素對團隊情境覺察能力之影響。研究的理論基礎為 Endsley 的三階層情境覺察理論，研究方法採取二組運轉員在模擬器演練劇本的方式，蒐集資料，進行分析比較。二組運轉員的經驗刻意區分為較有經驗、及較資淺二組，以便比較「經驗」是否為影響因素；劇本則選取屬於 Procedure-based 的起動升載、以及屬於 Knowledge-based 的喪失飼水伴隨發生喪失外電事件。研究結果顯示人機介面若能提供給運轉員高層次的整合性資訊，將有助於運轉組員採取預防性、前瞻性的應變措施，否則運轉組員僅能採反應式的作為，忙於應付。此外，團隊溝通的模式和作業內容若能緊密相關，有助於團隊效能，例如主動回報、查詢、指令等；資歷淺的運轉組因為尚未熟練團隊溝通模式，故其團隊情境覺察能力相對較差。依據分析的結果，良好的溝通確實有助於達成第三層級的團隊情境覺察，而溝通的策略應依據認知作業分析（Cognitive Task Analysis）所釐定的資訊需求制定，然後發展細部的內涵，經過驗證後實施訓練。

論文發表後，與會人員提出下列問題，經逐一回應，均獲致滿意的答覆。

- (1) 測試的條件為何？模擬器和程序書的真實度如何？

(2) 受測組員彼此是否曾共事過同一個運轉組？若先前有合作的經驗，對實驗的影響為何？

(3) 本項研究最有意義的結果為何？

4. 研討議題

本次會議聆聽的重要論文及摘要臚列如下：

(1) Air Traffic Management, Safety Culture Improvement, And The Nuclear Power Industry

從民用航空界在空域交通管理方面提升安全文化的作法，提出其經驗及心得值得核能電廠借鏡之處。

(2) A Framework Of An Active Alarm Processing For An Advanced Nuclear Power Plant

韓國核能研究機構 KAERI 自行設計的主動式警報處理系統，本篇論文除介紹其設計概念之外，並提出已經進行的初步驗證結果，以及未來繼續完成整合驗證的計畫。

(3) Current Regulatory Status for Digital Systems in the U.S. Nuclear Power Industry” – General Chair’s Special Session

由美國核管會 NRR 儀控部門主管 Bill Kemp 簡報目前已經向 NRC 申請審查的數位儀控平台，包括 Toshiba 發展的 FPGA 安全系統、HF Control 發展的 HF 數位控制系統、AREAVA 發展的 AV-42 Priority Logic Module、Mitsubishi 發展的 MELTAC 數位平台等，另外，還有數家製造商表達送審的意願，可見數位儀控製造廠商普遍預期未來的商機相當可觀。Bill Kemp 從 NRC 審查各廠家送審文件的作業經驗，認為數位儀控領域需要發展全新的模擬驗證軟體工具和嶄新的軟體發展程序。最後，他用審查 Diablo Canyon 電廠數位儀控更新案的案例，來說明 NRC 認為多樣性 (Diversity) 到底該做到何種程度才算足夠。

(4) Evaluation Of The Fortum IRD Pilot

Fortum Information Rich Display (簡稱 IRD) 是芬蘭的 Fortum 公司和 VTT 科技研究中心共同為 OECD Halden Reactor Project 發展的人機介面設計，硬體設備類同於龍門計畫的寬顯示盤 (WDP)。IRD 的設計概念是在強化重要資訊的顯示方式，同時也抑減不重要資訊的可視性 (visibility)。IRD 目前的雛型為結合 P&ID 式的流程，並添加若干新開發的設計特性，研究結果顯示 IRD 有助於運轉員掌握整廠運轉資訊，並能早期偵測到異常或故障狀態。本篇除介紹 IRD 設計概念、驗證測試方法，簡報者亦多次強調大型顯示幕的設計不應該和個別式人機介面 (指 VDU) 毫不相干，相反地，大型顯示幕的設計應該考量其與個別式人機介面的互動，兩者應該相輔相成。這項觀點，和我們對龍門主控制室設計的心得相當吻合。

(5) The Effect Of Display Type On Process Control Performance—Case EID

Ecological Interface Design (簡稱 EID) 是多倫多大學 Vincente 教授依據人類認知模式提出的多層次設計概念，芬蘭 VTT 科技研究中心與多倫多大學、Halden Reactor Project 合作，評估使用此概念設計人機介面之可使用性 (Usability)；芬蘭 Loviisa 核能電廠的現代化更新工程將應用 EID 設計其人機介面系統。

(6) The Application Of Human Factors Engineering For A Major Modernization Project In Sweden - Tools, Challenges, And Lessons Learned From Practical Experience

本篇介紹瑞典 Oskarshamn 核能電廠二號機的現代化工程中的主控制室設計更新作業，廠家 AREAVA 如何和電廠人員合作，依據 NUREG-0711 所釐定的準則，應用人因工程的方法與工具，進行設計發展及驗證評估作業，作者提供執行此專案計畫所面臨的挑戰，以及回饋實際操作的經驗。

(7) Guidelines For Design And Implementation Of Computerized Procedures

本篇論文介紹由美國電力研究院 (EPRI) 主導的電腦化程序書設計指引報告 (文件編號 EPRI TR-1015313) 之發展過程、內容大綱與重點。電腦化程序書是數位儀控 ISG-05 中兩項主要審照課題之一 (另一項為主控制室基本人機介面清單), 這份指引有助於業界和 NRC 討論、界定這方面的關切事項。本項指引預定在今年內正式發行, 屆時將可以補 NUREG-0700 在電腦化程序書方面的不足。另外, 這份指引也將成為 IEEE 制定新標準 (目前暫定編號為 IEEE P1786) 的重要輸入文件。

(8) Guidelines And Criteria For Identifying And Implementing The Minimum Inventory And Other Supplemental Human-System Interfaces

本篇論文介紹由美國電力研究院 (EPRI) 主導的主控制室基本人機介面清單 (Minimum Inventory, 以下簡稱 MI) 設計指引之發展過程、內容大綱與重點。MI 為 NRC 有鑒於標準設計認證時廠家多半欠缺主控制室細部設計資訊, 故要求廠家必需有系統地分析、訂定主控制室基本人機介面清單。MI 是數位儀控 ISG-05 中兩項主要審照課題之一, EPRI 的設計指引兼顧 High Level 及 Detailed Level 兩種不同類型, 在應用上, High Level 的指引較具彈性, 但請照方面的風險也比較高, Detailed Level 的指引則恰好相反。近來, 由於 ISG-02 「多樣性與深度防禦」衍生出 Operator Manual Backup 的議題, 因此, EPRI 計畫在 MI 的設計指引報告 (文件編號 EPRI TR-1015312) 中將增加 Manual Operator Action 的相關指引, EPRI 預定在今年內出版這份報告。

貳、出國心得與感想

- 一、由美洲核能協會主辦的核能儀控與人機介面專題會議是管制單位、研究機構、工程顧問公司、核能發電業者與製造廠商之間，在儀控及人機介面領域最大的對話平台，在這個領域活躍的組織與專家多半不會錯過參與這個會議。從參加前兩屆會議的經驗，以及觀察本屆會議各方人士所發表的論文，並和與會人士交談，深深覺得 NRC 和 DOE 轄下各國家實驗室不僅主導議題，而且大量藉此機會論述、溝通其觀點，例如，幾乎所有發展中的期中審查指引 (ISG) 在本次會議中都有專題報告與討論，提供與業界對話的機會。當然，工業界都不會錯過機會，提出自己的看法，也會趁機行銷自己的產品，例如，AREAVA 在歐洲有許多數位儀控更新工程的實際經驗，而 NRC 趨於保守的管制觀點，AREAVA 便不客氣地提出質疑。另外，西屋公司也是積極參與本屆會議的製造廠商之一，西屋趁這個機會大力推介 AP1000 的儀控及人機介面設計。而奇異公司已經連續數屆未積極參與這類的會議，甚至未在展覽會場設攤展示，令人不禁懷疑奇異公司是否已在數位儀控的競賽中棄權，甚至出局？
- 二、參加本屆會議最大的收穫之一是能夠和世界各國的儀控專家交流。在個人的工作上，由於日常接觸的國際資訊來源多半來自美國，不論是核能法規、工業標準、技術發展與應用經驗等，難免會侷限在美式思維的框架內。參加會議，汲取他國在數位儀控的發展與應用經驗，有助於開闊個人的國際視野。例如，韓國最近幾年致力於發展與驗證數位式人機介面設計，其作法甚多汲取自歐洲 Halden Reactor Project 之研究成果。韓國過去一直墨守美國法規，但也發現參考美規的缺點，過於保守、無法跟上快速發展的數位科技，所以轉而積極參與 IAEA 的核能儀控專案計畫，尋求其他可行的解決管道。本次會議期間，與韓國 KAERI 的李博士 (Dr. Jung Woon Lee) 討論韓國在這方面

的經驗，他表示美國人談發展、修訂儀控相關法規，拖了好幾年，都還停留在紙上談兵的階段，實在太沒效率。韓國的管制單位也看到這個問題，努力尋求其他國際管道來協助解決問題。反觀台灣，在參考國際標準、法規等方面，長久仰賴美國的資訊，合作與訪問交流的對象以美國為主，長此以往，容易侷限我們在數位儀控的發展與應用。

三、最近幾年，中國積極進行核能機組新建工程；本次會議，中國大陸派遣上海設計院的工程師參加會議，會議中經常聽聞大陸工程師提出問題；另外，大陸也提出數篇論文發表。據悉，中國大陸已經向西屋訂購 4 部 AP1000 機組，並且在契約中要求技術轉移，其目標為最後具備自行設計、製造核電機組設備的能力。由大陸過去經營嶺澳核電工程的經驗，以及培植自行設計、製造能力的決心來看，未來，大陸在數位儀控領域的發展值得密切注意。

四、本次會議期間，曾與Brookhaven國家實驗室John O'Hara博士交談，提供近年來本公司自力執行龍門計畫主控制室人機介面驗證與確認的經驗。John O'Hara是NRC人因工程相關法規、導則的主要作者，近年亦積極投入協助美國能源部與EPRI制定核能電廠儀控系統數位化與主控制室現代化之準則，以及從事先進型控制室運轉策略之研究，可謂這方面的大師。John O'Hara稱許龍門計畫台電適時導入本國團隊進行獨立驗證評估的作法，贊同業者應該多做一些有別於廠家的評估工作，謙虛地說美國在這方面需要多和台灣學習。

參、建議事項


- 一、近二年來，美國核管單位與業界代表持續就核能電廠引進數位儀控系統，管制單位的審查流程、審查文件、審查要項與準則積極溝通，目前已完成一套期中審查指引Interim Staff Guide(簡稱ISG)供現階段之審照作業使用，但終期目標為將ISG轉化納入Regulatory Guide、標準審查計畫SRP第7章「儀控系統」、第18章「人因工程」，或是IEEE工業標準。本公司龍門計畫應原能會之要求，除陳報終期安全分析報告之外，也已向原能會提出6項ISG的適用性評估報告。然而，會議上NRC官員也表示今年內部份ISG還會修訂或增補遺漏，例如ISG-04將新增加Operator Manual Backup的相關內容，預期原能會持續關心此一議題，故建議本公司相關部門仍應持續追蹤ISG修訂計畫，主動掌握ISG的修訂內容，及進行評估，俾使FSAR審查更為順利。
- 二、前項提及NRC仍會持續修訂數位儀控期中審查指引 (ISG)，但ISG只是階段性的審查依據文件，NRC計畫在今年內和NEI所代表的工業界就ISG的條文內容達成共識、正式定案後，納入Regulatory Guide、或標準審查計畫Standard Review Plan (簡稱SRP)第7章「儀控系統」、第18章「人因工程」，或是IEEE工業標準。本次會議NRC官員和NEI人員多次提及今年秋天將舉辦數位儀控研討會，研討ISG應用案例與審查經驗，建立共識，尤其在儀控網路通訊設計、主控制室人機介面設計、及多樣性等議題。可見這項研討會將成為ISG最後拍板定案前的重要會議，本公司若能派員參加，不僅可以適時提供龍門計畫的實際應用經驗，也可以掌握即將定案的審查指引，有助於與原能會在數位儀控議題之溝通。
- 三、中國大陸近幾年來大興土木，積極建設核能機組，其儀控系統技術多半由西屋公司、AREAVA公司提供，而這兩家公司的數

位儀控系統平台，包括西屋公司的Common Q以及AREAVA公司的TELEPERM XS也是目前最有前景，最具競爭力的數位儀控系統，中國大陸將很快地陸續引進這些技術，因此，未來在符合大陸政策的前提下，本公司同仁欲出國汲取數位儀控技術的應用經驗，不妨考慮安排參訪距離台灣比較近的大陸，觀摩其新建機組的經驗。

四、由美洲核能協會主辦的核能儀控與人機介面專題會議是國際間核能儀控及人機介面領域最大的對話平台。本次會議共發表論文約250篇，涵蓋數位儀控及人機介面之最新技術、應用經驗，以及管制單位關切的議題，可供本公司核能儀控各相關同仁研閱，因此已將會議論文電子檔存置在網路伺服器上（網址 ftp://10.144.101.3/DCIS/NPIC&HMIT_2009），通知相關同仁取閱。

五、去年下半年起因國際經濟下滑，航空界普遍不景氣，美國國內各家航空公司均已取消免費託運行李的優惠，開始對境內班機旅客託運行李收取美金15元至25元不等的託運費用，這筆費用依照現行的旅費報支規定，卻無法報銷。另一方面，依規定出國人員目前仍均有美金120元為限的返國公務資料運費可以運用，然而由於目前多數公務資料已轉成光碟或電子檔，使用此項費用之機會已不大，建議公司人資處/會計處向上級機關反映，允許行李託運費用可以從此項費用下報支。

肆、附件



Team Situation Awareness in Advanced Control Room - Lesson Learned from Integrated Verification and Validation

Shang H. Hsu

National Chiao Tung University

Tung-Ming Wu

Taiwan Power Company



Introduction

- Successful control room operations are dependent on effective team performance.
- Accurate team situation awareness enable operation teams to achieve and maintain effective team performance.
- Situation awareness (SA) is operators' understanding of the current process state, i.e. knowing what's going on.



Introduction

- Endsley's definition of three levels of SA
 - Perception of critical elements of the system
 - Comprehension of current situation
 - Projection of future status
- Operator's interaction with the HSI is a key factor in support of SA

3



Introduction

- Team situation awareness consists of:
 - The degree to which every team member possesses the SA required for his/her tasks
 - The situation model held by all team members, i.e. shared SA
- Team SA is a result of interplay of individual members' cognitive process and team interaction behaviors.
- Effective communication contributes to better team SA.

4



Introduction

- Purpose of this study
 - To investigate operators' interaction with the advanced HSI and their communication process in the process of forming their team SA

5



Method

1. Characterize operators' interaction with advanced HSI and their communication process
2. Selection of test scenarios
3. Perform task analysis
4. Conduct test scenarios and collect data
5. Data analysis

6



1. Characterize major factors affecting team performance

- Characterization of operators' interaction in ACR is helpful to identify the required cognitive skills.
- Four major factors identified:
 - Types of operators' tasks
 - Role of crew members
 - Team communication patterns
 - Types of HSI

7



■ Types of Operators' Tasks

- Primary tasks
 - Monitoring and detection
 - Situation assessment
 - Response planning
 - Response implementation
- Secondary tasks
 - Interface management tasks
 - Team interaction

8



- **Role of crew members**
 - A typical crew consists of 3 licensed operators:
 - Senior reactor operator (SRO)
 - Reactor operator (RO)
 - Assistant reactor operator (ARO)
 - Each crew member performs tasks based on the predefined division of responsibility.

9



- **Team communication patterns**
 - Categorize based on the review of testing scenarios
 - Seven types of patterns
 - Requesting
 - Active reporting
 - Information supply
 - Acknowledgement
 - Giving directive
 - Suggestion
 - Discussion

10



- Types of HSI in ACR
 - Abstract display
 - presents key plant parameters and system level information and at spatial dedicated place for common reference
 - Non-shared displays
 - presents details of low level plant information on individual workstations
 - Full display
 - similar to non-shared displays but can be shared with the crew at operators' discretion.

11



2. Selection of Test Scenarios

- Test scenarios encompass plant normal operation and emergency operation
- For plant normal operation
 - Procedural-based tasks
 - Turbine start-up was selected
- For emergency operation
 - Knowledge-based tasks
 - LOCA with Lost of Off-site Power event was selected

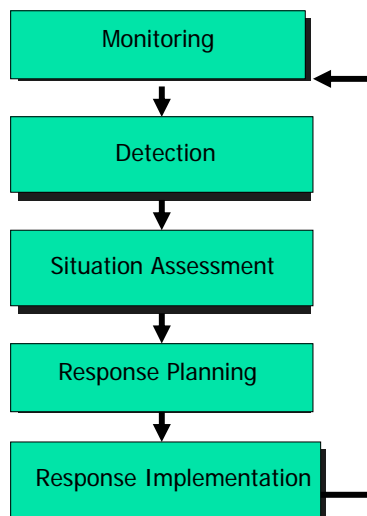
12

3. Perform Task Analysis

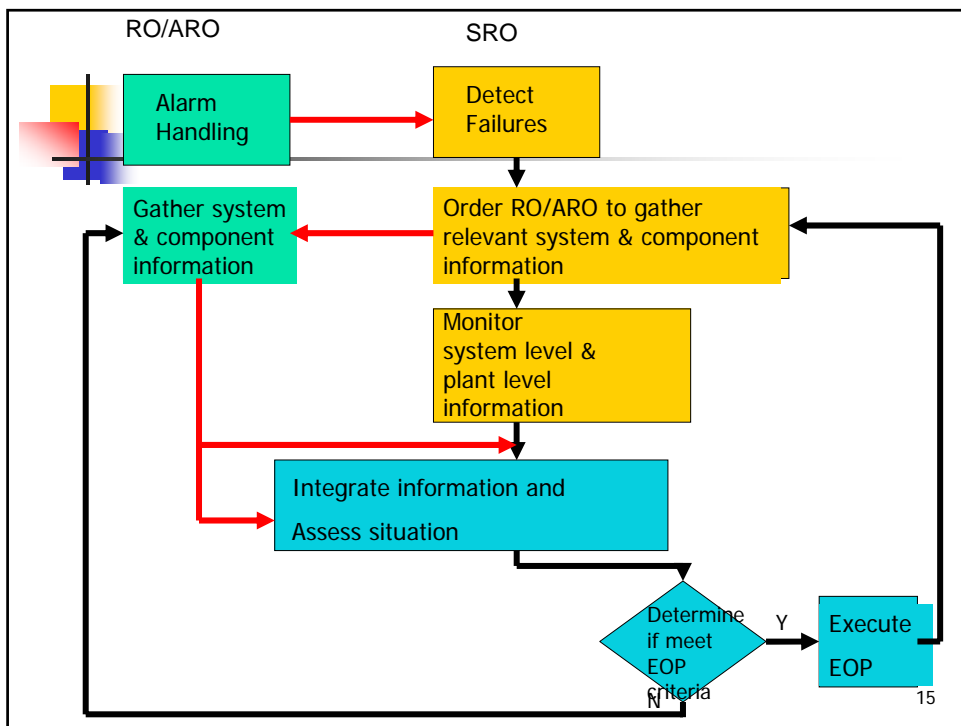
- Hierarchical task analysis -
 - Task decomposed into subtasks, task steps, and actions
 - Identify interrelationships between tasks

13

ex. LOCA



14



- Determine optimal task path
 - represented in the form of operational sequence diagram
- Cognitive task analysis
 - identify the information requirements pertinent to the types of HSI for each scenario per Vincente's method of Abstraction-Decomposition Space.



Table I. Analysis of Information Requirements during Turbine Start-up (Sample)

Type of HSI	Whole System	Subsystem	Unit	Component
Abstract Display	A. Reactor Pressure Vessel & Auxiliary System	A.1 Reactor Pressure Vessel and Internal	Reactor Status	<ul style="list-style-type: none">• Reactor Period• Neutron Count Rate• Reactor Pressure• Reactor Steam Flow• RPV Water Level
		A.2 RCIS DOI	Rod Out Status	SRNM and APRM Control Rod Withdrawal Block

17



4. Conduct Test Scenarios and Collect Data

- Two teams exercised test scenarios using Taipower's Lungmen Nuclear Power Plant Simulator.
 - One team comprised operators with experience in use of HSI for more than 3 years.
 - The other team includes operators with less experience in use of HSI

18



- In each scenario, both two teams' verbal protocols were recorded and team members' communication behaviors and their interaction with the plant HSI were videotaped.
- An evaluation form was developed to collect data including:
 - Retrieved information
 - Use of HSI
 - Team communication including contents and patterns
 - Decision-making
 - Level of team SA



Table II. Completed Evaluation Form during Turbine Start-up (Sample)

Time	Retrieved Information	Type of HSI	Team Communication	Communication Pattern	Decision-Making	Level of Team Situation Awareness
1'	RWCU flow	N	ARO reported RWCU flow	Reporting	NA	Understanding
	Status of RWCU pump	A	SRO supplied status of RWCU pump	Supply of Information	NA	Perception
	Change of RWCU flow	N	SRO gave directive, ARO reported flow change	Giving directive, Reporting	NA	Perception

N: Non-shared displays; A: Abstract display



5. Data Analysis

- To use log-linear model to assess the co-relation between use of HSI, communication patterns, and team situation awareness.
- Encoded data were analyzed to establish best co-relation model of the three concerned factors.
- the degree of co-relation for each code combination was quantified and tested by log-likelihood ratio chi-square, G^2 with significant level $\alpha=0.05$.

21



Results

1. Scenario of normal operation
 - Experienced team
 - Inexperienced team
 - Comparison of both teams
2. Scenario of emergency operation

22



1. Scenario of Normal Operation

- According to a statistic test, three-factor co-relation is insignificant.
- In addition to three-factor analysis, two-factor analysis was conducted due to significant interactive effects according to association tests
- The best co-relation model was established mainly based on two-factor analysis

23



Team Interactive effect	Experienced Team	Inexperienced Team
Types of HSI and Communication Patterns	Operators seldom supplied the information on the abstract and the non-shared displays	The abstract display was seldom utilized in information supply
Communication Patters and Team SA	<ul style="list-style-type: none">■ Active reporting was helpful for the team in acquiring L1 and L2 team SA■ information supply and acknowledgement helped the team achieve L2 team SA significantly	<ul style="list-style-type: none">■ Active reporting helped the team achieve L1 and L2 team SA.■ Information supply helped the team achieve L1 team SA significantly.

24



Comparison of Co-relation

Team Co-relation	Experienced Team	Inexperienced Team
Co-relation between Types of HSI and Communication Patterns	Abstract display was used more often in support of active reporting tasks while it was less used in information supply tasks.	The SRO used the abstract display more often in giving directives but seldom in requesting information.
Co-relation between Communication Patters and Team SA	The experienced team maintained better L1 team SA, because each crew member used to acknowledge the information he received from others.	No difference between two teams in making use of information supply and active reporting for maintaining L1 and L2 team SA.


25



2. Scenario of emergency operation

- Three-factor co-relation is insignificant, too.
- In addition to three-factor analysis, two-factor analysis was conducted due to significant interactive effects according to association tests.
- The best co-relation model was established mainly based on two-factor analysis.


26



Team Interactive Effect	Experienced Team	Inexperienced Team
Types of HSI and Communication Patterns	The abstract display was mainly used in active reporting, information supply, giving directive, and suggestion	The abstract display was less used in requesting and acknowledgement, but was used more often in suggestion.
Types of HSI and State of Team SA	Requesting, active reporting, information supply, and acknowledgement contribute to achieve L1 and L2 team SA .	Requesting, active reporting, information supply, and acknowledgement did contribute in acquiring L1 and L2 team SA.
Communication and State of Team SA	The non-shared display was not the major HSI which operators interacted with the plant to reach L2 team SA.	None shared display was less used to reach L2 team SA.

27

Comparison of Co-relation



Team Co-relation	Experienced Team	Inexperienced Team
Between Types of HSI and Communication Patterns	<ul style="list-style-type: none"> ■ Utilized abstract display in active reporting and supplying plant-level information ■ Used non-shared displays to retrieved information specific to changes of reactor water charging mode and EDG. 	Made less use of abstract display in support of requesting and acknowledgement during team communication.

28



Comparison of Co-relation

Team Co-relation	Experienced Team	Inexperienced Team
Between Types of HSI and State of Team SA	practiced team discussion more often than the inexperienced team. Thus, L2 team SA was more quickly achieved.	Requesting, active reporting, information supply, and acknowledgement contributed to achieve L1 and L2 team SA in both teams.
Between Communication and State of Team SA	By effectively interacting with plant HSI, the team was usually achieved L1 and L2 team SA timely.	Achieved L1 team SA mainly and seldom reached L2 team SA.

29



Conclusion

- Supplying Information at higher level of abstraction is helpful to achieve L3 team SA which enables operators to adopt proactive strategy rather than proactive strategy.
- The performance of control room operation team would be better if their communication involved more task-related communication patterns such as giving directions, acknowledgments, inquiries, stating their purpose and intention, as well as discussions.

30



- The communication strategy has to be formalized based on the information requirements identified from cognitive task analysis. It is suggested that a communication strategy may be developed, verified and incorporated into communication training program for plant operators.

31



台灣電力公司

Thank you for your attention!

32