

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：實習)

赴美國 ABS 顧問公司實習心得報告

服務機關：核能研究所

出國人 職 稱：助理研究員

姓 名：羅崇功

出國地區：美國加州洛杉磯

出國期間：92 年 7 月 5 日至 92 年 8 月 31 日

報告日期：92 年 12 月 9 日

G12/
CO9202329

摘 要

本次出國係配合核能安全科技中心業務實際需要，赴美國 ABS 顧問公司(ABS Consulting)風險技術部門(Risk Consulting Division) 洛杉磯分部實習。實習之主要目的為研究國際核能安全相關機構之運作管理、對外合作及業務拓展情形，並參加「核能電廠安全管理實務」計畫之實務訓練。ABS 顧問公司總部位於美國德州休士頓，在全美有 15 個分部，並在全球 32 個國家設有辦公室，為全美營業額最大的上市顧問公司，年收入超過 1 億 3 千萬美元。ABS 顧問公司揭櫫的目標為提供客戶有效的風險管理、安全強化、品質提升、及減低對環境造成的負面影響，幫助客戶改善其商業表現，並成為全球在此領域公認的領導者。由於 ABS 顧問公司集合各領域的專才及多年的經驗，其風險分析之範圍涵蓋面既深且廣。參加「核能電廠安全管理實務」計畫之實務訓練期間，除了解該公司使用之元件失效數據庫建立及分析方法、共因失效參數及相應之共因失效計算過程、人為可靠度分析使用模式及相關軟體、及閱讀加州橘郡核電廠緊急應變計畫部份草案資料外，更實際參與該公司 Fermi 2 PRA 更新計畫之人為可靠度分析工作，負責事故發生前校正及測試之人因分析。實習行程自九十二年七月五日起至八月三十一日止，共計五十八天，扣除行程及自我隔離日數(為解除 ABS 同仁對嚴重急性呼吸道症候群(SARS)的疑慮)，實際實習期程為 7 星期。

目 次

摘 要	(頁碼)
一、目 的	1
二、過 程	3
三、心 得	7
四、建 議	12
五、參 考 資 料	14

一、目的

本次赴美國 ABS 顧問公司(ABS Consulting)風險技術部門(Risk Consulting Division) 洛杉磯分部實習之主要目有二：

1. 配合核能安全科技中心業務實際需要，研究國際核能安全相關機構之運作管理、對外合作及業務拓展情形，以培育核能安全科技中心之國際事務人才。

ABS (American Bureau of Shipping)公司原為承攬美國船舶檢驗、保險業務，同時擁有龐大船隊的航運公司；該公司陸續合併多家公司後成為 ABS 集團。該集團於 2001 年合併 EQE 公司後改名為 ABS Consulting，為全球第一個整合工程建設、系統管理及風險諮詢的顧問公司，總部位於美國德州休士頓。該公司之風險技術部門以合併前之 EQE 公司為主體。EQE 成立於 1981 年，期間併購 1956 成立之 PLG 公司，累積近 50 年的核能界及其他產業之風險評估(PRA)經驗，並於風險諮詢顧問服務領域享有卓著的聲譽。ABS 顧問公司在全美有 15 個分部，並在全球 32 個國家設有辦公室，員工總數超過 1100 人，為全美營業額最大的上市顧問公司，年收入超過 1 億 3 千萬美元。

ABS 顧問公司揭櫫的目標為藉由對客戶的設施及運轉提供有效的風險管理、安全強化、品質提升、及減低對環境造成的負面影響，幫助客戶改善其商業表現，並成為全球在此領域公認的領導者。由於 ABS 顧問公司集合各領域的專才及多年的經驗，其風險分析之範圍涵蓋面既深且廣。藉由對該機構之運作管理、對外合作及業務拓展情形之觀察了解，可加強於國際事務上之認識與經驗。

2. 參加 ABS 顧問公司之「核能電廠安全管理實務」計畫，了解美國核能電廠之安全度評估模式及運作管理。

ABS 顧問公司之「核能電廠安全管理實務」計畫，為一套專為安全工程師及管理者設計，藉由實務環境學習核電廠安全管理相關選擇主題技術之訓練。本次實務訓練所預先擇定之主題包括元件失效數據分析、共因失效模擬、人為可靠度分析、人因工程、三階 PRA(Probabilistic Risk Assessment)分析及緊急應變計畫等。

羅員於核能研究所工作期間參與多項核能安全相關計畫，具備數據分析、人為可靠度分析及緊急應變計畫區評估之實務經驗，目前為核工組安全評估(PRA)分組數據及人因評估工作實際負責人，專業能力及專長領域皆能

與此次實習計畫配合。參加此實務訓練計畫應可進一步提升安全度評估分組在數據及人因分析方面之技術層次，了解美國核能電廠之安全度評估模式及運作管理。

二、過程

此次公差為國外定點實習，自 92 年 7 月 5 日起至 8 月 31 日止，共計 58 天，行程如下表所示：

行程			公差地點		工作內容
日期	地點		國名	地名	
	出發	抵達			
92.7.5	台北	洛杉磯	美國	洛杉磯	去程、報到
92.7.6~13			美國	洛杉磯	資料研讀(配合 ABS 公司自我隔離要求)
92.7.14~92.8.29			美國	洛杉磯	駐美國 ABS 顧問公司實習
92.8.30~31	洛杉磯	台北			返程

由於受到嚴重急性呼吸道症候群(SARS)影響，雖然此次出國前我國恰於 SARS 疫區中除名，但是為解除 ABS 公司同仁之疑慮，配合 ABS 公司要求自我隔離一星期。故於七月七日起 ABS 公司風險技術部門向計畫主持人 James C. Lin 先生報到後，隨即領取“The EPRI HRA Calculator”[1]程式使用手冊自行隔離研讀，並於七月十四日開始正式參與計畫討論與實質工作，依規劃內容執行實習進程。

實務訓練期間，除了解 ABS 公司使用之元件失效數據庫建立及分析方法、共因失效參數及相應之共因失效計算過程、人為可靠度分析使用模式及相關軟體、及閱讀加州橘郡核電廠緊急應變計畫部份草案資料外，更實際參與該公司承接之俄亥俄州 Fermi 電廠二號機 PRA 更新計畫之人為可靠度分析工作，並負責事故發生前校正及測試之人因分析；藉由實際工作參與及討論，掌握目前該公司數據及人因分析之最新技術。以下分別針對數據及人因兩方面，說明實務訓練之過程及內容：

1. 數據分析實務訓練過程及內容

ABS 公司自行開發之安全度評估分析軟體為 RISKMAN，其數據分析模組包含數據分析及資料庫維護兩大功能，利用此模組可以產生失效率、維修頻率、維修期長、共因失效參數、肇始事件頻率等各項數據之不準度分布，並將此分布儲存於資料庫中供系統分析模組擷取使用。其數據庫之主要特點為以 100 個區間切割機率密度分布函數，提供一不連續分布(Discrete

Distribution)；並非使用一般業界以提供特定分布如對數常態(Lognormal)、常態(Normal)、均勻(Uniform)、貝他(Beta)、加瑪(Gamma)及韋柏(Weibull)分布等之參數來表示數據之不準度分布。採用不連續分布在後續數據進行廠內數據貝氏更新時具有極大優點，不但計算過程避免掉特定分布為配合計算轉換耦合分布所造成的偏差，更因不需額外假設使計算過程更直覺簡易，且計算結果亦更為正確。

由於一般業界在安全度分析評估時使用之軟體如 CAFTA(由 EPRI 發展，美國 GE 公司進行我國核四廠 PRA 分析使用此程式)、WinNUPRA(由 SCIENTECH 公司發展，核能研究所使用此程式)及 Risk Spectrum(由 Relcon 公司發展，廣東大亞灣核電站使用此程式)等仍使用特定分布進行不準度分析，且 ABS 公司在執行安全度評估分析時往往使用電廠慣用或指定之分析軟體，為使 RISKMAN 數據分析模組產生之數據分布能為其他系統評估軟體使用，因此 RISKMAN 亦提供將不連續分布轉換為特定分布之功能。但是此轉換並非以數據分析決定最佳分布，而是由使用者先決定分布後再依數據 90%信心區間推算對應參數。因此，ABS 公司雖然使用其他安全度評估軟體，但其數據分析仍借用 RISKMAN 之數據分析模組。

俄亥俄州 Fermi 電廠二號機 PRA 更新計畫之數據工作由 Richard L. Lin 先生負責，實習時亦曾協助其進行部分數據資料輸入計算，對 RISKMAN 數據模組的操作方式雖有些許了解，但並未深入參與此工作。由於核能研究所並未取得此程式之授權，因此程式熟悉並非此次實習任務之重點。在數據分析方面之實習重點為研讀 ABS 公司內部報告「輕水式核電廠安全度評估數據庫建立報告」，ABS 公司數據分析時大多採用此報告之原始資料(raw data)計算一般數據(generic data)。此數據庫建立於 1991 年，係彙總 ABS 公司多年來評估各電廠所蒐集之數據及 NRC、IEEE 等多方資訊建置而成。此報告除分類整理各項數據之原始資料外，亦詳細介紹計算一般數據分布之方法，提供分布區間分割為不連續分布之原則等，核能研究所未曾使用過不連續分布，且一般數據計算之經驗亦稍嫌不足，因此受益良多；至於數據後續之貝氏更新處理方式則與核能研究所使用之方式完全一致。

在共因失效方面，ABS 公司採用一般業界使用之 MGL (Multiple Greek Letter)方法[2]，共因失效計算方式亦與業界一致；差別在於數據庫建立之方法報告中進一步提出共因失效參數貝氏更新之作法，但是 RISKMAN 程式並未提供共因失效參數之貝氏更新功能。與 Richard L. Lin 先生討論得知當

初該公司內部對報告中所述之參數更新計算公式推導結論並未取得共識，且多年來工作上亦未有實際需求，因此使用者並未要求加入此功能。細究其推導過程發現有兩個步驟曾加入專家意見之分布加以簡化，雖然對結果可能有些許影響，但是在應用上應已滿足所需，不失為一可行之方法。

2. 人因分析實務訓練過程及內容

ABS 公司多年來累積許多人因分析的經驗，對一般常用評估模式之適用範圍及限制都相當熟悉。由於人因分析模式各有優缺點及適用範圍，因此 ABS 公司過去主要使用 SLIM (Success Likelihood Index Method)[3] 模式進行人為可靠度評估，再視情況配合 THERP (Techniques for Human Error Rate Prediction)[4] 或 HCR (Human Cognitive Reliability)[5] 等其他模式進行分析。核能研究所對於 THERP 及 HCR 模式已擁有多多年實務經驗，但對於 SLIM 模式卻僅止於一般技術文件了解的程度，未曾實際應用於案例之評估。此次人因分析實務訓練原本規劃將深入探討 SLIM 模式之適用性及實際應用於案例評估時之運作方式，但卻因為執行 Fermi 電廠二號機 PRA 更新計畫之人因評估係使用 HRA Calculator 程式而加以修正。

由於許多不同的人因分析模式使用於核電廠安全度評估，這些方法在評估相似電廠的人為表現時往往大相逕庭，甚至不同分析者使用相同方法都可以得出極大的差異。EPRI 為了解決成員間在人因分析模式上一致性及可相互比較性的問題，在 2000 年成立了一個 HRA/PRA 程式工具用戶組織 (User Group)，並委託 SCIENTECH 公司發展 HRA Calculator 程式。基本上此程式為一整合型的人因分析軟體介面，提供包括 CBDTM (Cause-Base Decision Tree Method)、HCR/ORE (Human Cognitive Reliability/Operator Reactor Experiments)、ASEP (Accident Sequence Evaluation Program Human Reliability Analysis Procedure)[6] 及 THERP 等分析模式選擇，並依使用者選擇之分析模式逐步提供分析指引，要求使用者判斷及選定相關參數，最後再依選定之參數自動計算人為誤失機率完成評估。

HRA Calculator 程式並未強制指定使用者採用之評估模式，且試圖提供不同模式間評估結果比較之功能，當使用者擇定評估模式及相關參數完成評估後，可選擇不同模式再進行評估比對。程式將自動把前一模式已選定之參數適用者保留以維持一致性，並要求使用者補足缺漏之參數以便進行模式評估計算。使用者必須對每一個人因基本事件選擇一個確定的分析模式，程式將以此模式之分析結果做為最後的評估值，並依使用者之需求將其資料庫轉

為 CAFTA 或 WinNUPRA 之數據格式。由於此程式在各參數選擇後以評估模式之基本狀況設定輸入值計算，不像一般人因分析可在特定狀況彈性修正參數值，因此對不同分析者可獲得較為相近之結果。

由於 HRA Calculator 程式對 EPRI 成員而言為免費程式工具，且提供人因分析者檔案維護管理及分析的方便性，因此不少電廠紛紛要求 ABS 公司協助其將人因分析資料建置於 HRA Calculator 程式上。實習期間，ABS 公司 Andrew A. Dykes 博士正進行田納西州 Browns Ferry 核電廠人因分析資料之建置工作。俄亥俄州 Fermi 電廠二號機 PRA 更新計畫之人為可靠度分析工作亦有此要求，因此必須由原本使用 SLIM 模式評估之分析檔案中研讀並擷取可用之資訊，輸入 Fermi 電廠指定之 CBDTM 模式中。本次人因分析實務訓練之主要內容為熟悉 HRA Calculator 程式之操作流程及 CBDTM 模式，並負責完成 Fermi 電廠事故發生前校正及測試之人因分析及資料建置工作。

在實習過程中曾詢問 James C. Lin 先生為何 HRA Calculator 程式未納入 SLIM 模式，結果竟然是當初 ABS 出席會議的人並非人因專長，因此未曾在會中發言爭取。由於 EPRI 的目的為進行相似電廠各模式間評估結果之比對，因此 James C. Lin 先生認為 ABS 公司爭取列入 SLIM 模式在下次程式改版時應會實現。

人因分析實務訓練之主要討論對象為 Andrew A. Dykes 博士，彼此就目前美國常用評估模式及人因工程等問題廣泛交換意見。由於其為該公司承接 Browns Ferry 核電廠人因分析資料之建置工作之計畫主持人，亦為 1999 年 Browns Ferry 採用 CBDTM 模式進行人因評估時之工作負責人，在各方面之實務經驗及參考資料甚豐，與之共事討論受益良多。

三、心得

此次奉派出國實習之心得分三方面說明如下：

(一) ABS 公司運作管理之觀察

在實習期間透過與工作同仁相處的機會，就 ABS 公司運作、計畫管理、員工升遷、業務拓展等部分進行瞭解，並觀察計畫參與人員平時工作態度及表現後之心得如下。

- (1) ABS 員工之薪資所得主要由參與計畫之人時而定，計畫主持人對參與計畫成員之薪資分配擁有絕對的主導權。一般而言，計畫主持人爭取計畫經費時以其預估參與計畫技術人員人事費之三倍估算，再加上實報實銷的差旅費用。計畫上繳二倍的人時費供公司做為行政支援人力薪資、辦公室設備更新、消耗器材購置、日常水電等營運支出、及員工休假、退休、分紅等福利之用。
- (2) 計畫主持人在接計畫前會先尋找計畫參與人員，通常計畫主持人有固定的班底及合作對象，但有時候亦需配合公司照顧一些計畫青黃不接的員工。計畫主持人必須與參與計畫成員就計畫內容達成工作人時之共識，並以其做為計畫經費估算之依據。
- (3) ABS 每個員工之時薪依其等級與公司協商而定，但是如果委託者特別指定某人負責某項工作時，其時薪在參與此項計畫工作時可以另定；因此，每個人參與不同計畫時可能時薪費率不同，當委託者願意付某人更高時薪時，此人便擁有與公司談判基本時薪之籌碼。
- (4) ABS 公司採週薪制，每個星期計畫參與人員繳交人時及進度表給計畫主持人。計畫主持人需簽認此表做為薪資發放之依據。如果計畫主持人認為計畫進度與人時不符當初彼此議定內容，計畫主持人得修正原先參與成員繳交之人時表。
- (5) 計畫進行中如果參與成員認為計畫實際所需人時與原先預估差異太大時，可提出加班需求並經計畫主持人認可後由上繳之經費中撥付加班費。但由於此將影響計畫主持人計畫控管之績效，及公司對個人工作能力表現之評估，一般而言皆由工作成員自行吸收。
- (6) 只要有人願意委託，ABS 公司每個員工都能當計畫主持人，James C. Lin 先生手邊當時即同時執行七個計畫。據 James C. Lin 先生估計，加州洛

杉磯分部約有 10%員工擔任計畫主持人，但不需參與他人計畫便可支付自己本身薪資者，則僅有少數三、四人而已。

- (7) 基於 ABS 公司過去之信譽及其與眾多核能電廠擁有多多年合作之關係，委託計畫之對象相當穩定。通常電廠間亦會互相介紹，甚至配合計畫主持人之時間調整計畫期程，因此就 James C. Lin 先生而言目前計畫幾乎應接不暇，業務拓展相當順利。
- (8) 員工差勤管理採榮譽制度，上下班毋需打卡，也沒有請假手續。一般而言，員工請假會向計畫主持人告知，但是計畫主持人一般皆以工作進度評斷工時，而非以實際出勤時數認定。員工為符合計畫主持人認定之進度而自行延時加班之情形亦所在多有。
- (9) 一般而言員工都相當誠實且自律，但是亦曾發生謊報進度騙取工時，計畫主持人要求繳交聲稱完成之計畫成果資料卻一再延遲，因而被列為不受歡迎合作對象之狀況發生。如果沒有計畫主持人願意交付工作予此類員工，且此時公司未出面調解，則將因其無薪資來源形同解雇。因此在填報工時進度表時，以多報少之情形反而相當普遍，藉以提高工作效率之表現並爭取工作機會。

(二) 數據及共因分析模式及技術

在實習期間，針對數據及共因分析方面閱讀 RISKMAN 使用手冊及數據庫建立方法報告相關章節，並與 Richard L. Lin 先生討論後之心得如下。

- (1) ABS 公司 1991 年建立數據庫時，因為有一大型計畫之經費支援並經討論後決議建立；雖然近年來一直有再進一步整合近十餘年執行計畫所蒐集資料更新數據庫的想法，但受限於經費及人力故未付諸行動。因此各廠數據更新時，使用之一般數據仍由 1991 年建置數據庫之原始資料產生。各廠蒐集之廠內數據及經驗仍散見於各執行計畫中，並未整理回饋予數據庫，殊為可惜。
- (2) RISKMAN 數據分析模組依原始數據之型態，包括不同電廠之運轉經驗 (Type 1)、不同報告提出之數據分布 (Type 2)、及運轉經驗與數據分布組合等三種狀況，分別提供一般數據之計算方式。由於核能研究所並未購置任何原始資料數據庫，因此目前沒有機會利用運轉經驗計算一般數據。過去蒐集的數據型態皆屬 Type 2 類型，對於不同報告提出的不同分布，多採取擇一的方式直接引用。此報告提供整合各種數據分布

計算一般數據的方法，在實務應用上極具價值。

- (3) RISKMAN 程式中所有數據之分布皆為不連續分布，且機率密度函數固定以 100 個區塊來近似。每一基本事件區間切割大小固定在一般數據標準差之十分之一，數據貝氏更新結果僅更動各區間之機率值，並不會影響區間切割方式。
- (4) 過去進行貝氏統計分析時，除了「Gamma 與 Poisson」及「Beta 與 Binominal」為耦合分布可以手算求解外，其餘分布皆無法藉由解析法得到公式解，因此必須將數據分布轉換為 Gamma 或 Beta 分布。此分布轉換過程對數據分布往往造成極大之偏差。由於過去安全度評估對不準度之分析較不重視，此轉換過程著重於維持平均值的正確性。反觀 ABS 公司以貝氏統計更新不連續分布之一般數據過程直覺易懂，除不以不連續分布近似連續分布外，並無其他的假設。未來安全度評估如果要正確評估其不準度，採用不連續分布處理數據為可行之方式。
- (5) 由於 ABS 公司常依電廠要求使用 CAFTA、WinNupra 及 Risk Spectrum 等程式做為安全度評估工具，這些程式並無法擷取 RISKMAN 數據分析模組所產生之不連續分布，因此 RISKMAN 亦提供將不連續分布轉換為特定分布之功能。此轉換是由使用者先決定分布後，再依數據 90% 信心區間及平均值推算對應參數；如果能以數據分析決定可用之最佳分布，應可得到更好的轉換數據。
- (6) ABS 公司採用 MGL 方法計算共因失效，並進一步提出共因失效參數貝氏更新之作法。理論上只要能提供共因失效參數，MGL 可以計算任意階之共因失效值，但是 RISKMAN 程式僅提供 6 階以內之共因失效計算。共因參數之貝氏更新計算推導過程相當繁複，最後公式卻相當簡潔，但是重點在於如何歸納整理廠內數據，判斷其為共因失效，並明確定義出為幾階的共因失效等細節，一旦數據歸納整理完成，參數更新僅是簡單的公式代入而已。

(三) 人為可靠度分析模式及技術

在實習期間，人為可靠度分析方面閱讀 HRA Calculator 使用手冊、Browns Ferry 電廠人因分析 CBDTM 方法介紹，Fermi 電廠人因分析 SLIM 模式介紹及分析檔案等，並與 Andrew A. Dykes 博士討論後之心得如下。

- (1) HRA Calculator 目前完成 4 種人因評估模式評估流程電腦化的工作。其

中除 CBDTM 模式之外，核能研究所過去已有相關實務經驗。此程式介面提供專家及初學者兩種評估模式供分析者選擇，選擇初學者模式進行評估時，無論初次評估或進行修改，皆必須依序完成各工作表單參數選項之輸入；專家模式則不受工作表單次序之束縛，可直接藉由標籤進入各表單完成工作。

- (2) HRA Calculator 程式各評估模式的工作表單提供各參數選項，並依各模式手冊定義出選項對應之參數值。過去進行人因評估時，常常發生狀況判定(如心理壓力、工作複雜度等)相同，不同分析者、甚至同一分析者在不同時間設定不同之參數值的不一致情形。雖然並非所有狀況判定相同應該設定相同之參數值，但是除非有特殊原因或強烈的理由，可以利用模式提供之覆蓋(override)功能更改參數值外，此設計可避免人因評估一致性的準則受到質疑。
- (3) 依 Andrew A. Dykes 博士之說法，目前 EPRI 成員陸續改採 CBDTM 做為人因評估模式。此模式以 9 個 Decision Tree 來設定運轉員動作時的各種主客觀環境，每一個 Decision Tree 包含 3 到 5 個標題，評估者依照每個標題的敘述選擇是或否，決定各 Decision Tree 的參數值。除了 Decision Tree 的評估外，此模式會要求評估者輸入允許時間與實際操作時間，並依據允許時間與實際操作時間的差值設定控制室內成員相依性等級，然後再對各 Decision Tree 評估所得之參數值進行修正，最後加總各 Decision Tree 的評估結果，得到最後的估計值。
- (4) HRA Calculator 程式中之 HCR/ORE 模式與核能研究所使用之 HCR 模式評估概念大致相同，差別在於行為修正因子不再用執行時間之修正，而是直接反應在計算公式之參數上。以往公式之參數僅由行為類別決定，目前則藉由 Sigma Decision Tree 產生。HCR/ORE 設定公式之基本參數為「規則類型」、「沒有程序書」、「沒有訓練」及「高心理壓力」之狀態，然後再利用 Sigma Decision Tree 判斷行為類別及三個行為修正因子的合適選項，得到 Sigma 修正值代入公式求值。
- (5) 為了將 Ferry 電廠之 SLIM 模式改為 CBDTM 模式，亦詳細閱讀 SLIM 模式過去之分析檔案，了解其評估流程。ABS 採用 SLIM 模式進行評估時擇定 6 項行為修正因子，相對於 CBDTM 模式 9 個決定樹資訊顯得不足。因此建置人因分析資料及評估時與 James C. Lin 先生進行密切的討論。使用 SLIM 模式評估時必須先依各人因基本事件之特性加以歸

類，然後再決定每一類別各修正因子的權重。完成各人因事件各項修正因子的評分後便可計算其指標(index)，最後再利用指標與同一類別內兩個標的點(Anchor Point)之關係，求得人因基本事件之值。

- (6) 核能研究所近年來一直很關切由美國核管會之核能管制研究署(RES, Office of Nuclear Regulatory Research)發展之 ATHEANA (A Technique for Human Event ANalysis)[7]模式是否會成為美國人因評估之標準方法，但是據 Andrew A. Dykes 博士表示 ABS 亦在觀望且認為可能性不大。美國除少數研究計畫採用此模式進行人因評估外，核能電廠目前尚無應用實例。由於其評估相當繁瑣，考量的修正因子接近 20 項，一般認為並不實用。據 James C. Lin 先生所說，目前 NRC 已經另外提出一套 SPRAH (Standard PRA Human)模式，正在徵詢各方意見，其方法與 SLIM 相近，考慮之修正因子在 10 項左右，此模式成為標準方法被接受之可能性較大。

四、建議

綜合上述過程敘述與心得彙整，提供下列數點建議以供相關單位參考：

(1) 持續加強執行計畫品質控管，以維護核能研究所卓越信譽：

ABS 公司目前之委託計畫約有八成是客戶找上門來，主要原因自然是長久以來建立的堅實信譽。核能研究所 PRA 分組與台電核安處及核發處多年來之合作關係，亦建立於計畫執行的卓越成效上。持續加強自民國 90 年核工組 ISO9001 完成後對計畫品質之控管，建立核研所卓越信譽與形象，及委託客戶對計畫產出的信心，爭取後續長久之合作關係，立穩腳跟再逐步向外拓展。

(2) 定期購置安全度分析相關數據庫，或參與國際組織取得數據使用權：

PRA 分組已具備數據分析相關技術，包括肇始事件發生頻率、元件失效機率、測試維修不可用、共因失效等之一般數據產生及貝氏統計數據更新等，但是如果不能取得適用的數據庫資料，雖擁有技術能力亦無法得出適用的數據，進而影響安全度評估結果的可信度。定期購置安全度分析相關數據庫或參加國際組織(如 COOPRA)之合作計畫取得數據使用權，定期進行一般數據及廠內數據的更新，應是安全度評估模式維護的重點工作之一。

(3) 強化安全度評估不準度分析能力：

目前國際上較常使用的安全度評估軟體，包括 CAFTA、WinNUPRA 及 Risk Spectrum 雖然具有不準度分析的功能，但由於受其基本事件數據分布型態的限制，及未詳實反應誤差傳遞等原因，其不準度分析多半只是聊備一格。RISKMAN 程式突破數據分布的限制，以蒙地卡羅法進行不準度分析的方式，可做為建立不準度分析能力的參考。核電廠安全度評估技術有逐漸重視不準度分析之趨勢，核能研究所在進行安全評估軟體本土化時，應考量加強此功能。

(4) 參加 EPRI HRA/PRA 程式工具用戶組織或購置 HRA Calculator 程式：

HRA Calculator 人因評估介面目前提供 4 種評估模式之介面，EPRI 將逐步擴充不同的評估模式，並有成為 EPRI 成員標準軟體之趨勢。程式介面會判斷不同模式間共同使用之參數並維持一致性，增加評估結果比對之可信度。由於其依流程逐步要求使用者輸入參數之方式，大

幅縮減分析者熟悉模式的時間。參加 EPRI HRA/PRA 程式工具用戶組織或購置 HRA Calculator 程式，除了可以此介面程式進行人因資料分析評估及比對外，評估過程所留下之所有參數及文字說明將會逐一紀錄，自動轉為 Access 資料庫，有助於人因分析檔案的維護與更新。

五、參考資料 (均存核工組)

1. “The EPRI HRA Calculator”, Software User’s Manual, Version 2.0, Software Manual Product ID # 1006461, January 2003
2. “An Extension of the Beta Factor Method to Systems with High Levels of Redundancy”, PLG-0289, June 1983
3. “SLIM-MAUD: An Approach to Assessing Human Error Probabilities Using Structured Expert Judgment”, NUREG/CR-3518, 1984
4. “Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Application”, NUREG/CR-1278, 1983
5. “Human Cognitive Reliability Model for PRA Analysis”, NUS-4531, 1984
6. “Accident Sequence Evaluation Program Human Reliability Analysis Procedure”, NUREG/CR-4772, 1987
7. “Technical Basis and Implementation Guidelines for A Technique for Human Event Analysis”, NUREG-1624, May 1998