

九十三年度一千萬元以上政府科技計畫績效
評估報告書

計畫名稱：

核設施安全審查與稽查技術精進
(原子能領域)

主管機關：行政院原子能委員會

執行單位：行政院原子能委員會核能研究所

電子檔名：93-2001-14-01-01-45.doc

科技計畫成果效益報告

(93 年度科技計畫經費一千萬元以上)

(請由計畫主持人、執行人填寫)

壹、基本資料：

計畫名稱：核設施安全審查與稽查技術精進

主 持 人：馬殷邦

審議編號：93-2001-14-01-01-45

計畫期間(全程)：92 年 01 月 至 94 年 12 月

年度經費：62,455 千元 全程經費規劃：168,617 千元

執行單位：核能研究所核子工程組

貳、計畫目的、計畫架構與主要內容

計畫目的：

本計畫在建立執行核四廠重要安全分析評估之本土技術能力與精進核電廠重要的設備的獨立審查技術，並實地參與進行各項安全分析工作，此外並建立國內核設施所需之風險評估技術與制定老化管理策略、擬議老化評估導則及審查基準。推動以上工作將有助於達成國家科技發展「促進國家永續發展」總目標，落實「增進民生福祉與環境生態品質」之整體策略。

計畫架構：

本計畫包括四個分項計畫：(1) 核四廠結構、系統、組件審查技術研究，(2) 核四廠數位儀控系統審查技術研究，(3) 核四廠系統功能分析模擬審查技術研究，(4) 新近核電廠安全議題研究；其中又分為數個子項計畫：核電廠耐震一級結構分析能力之建立，壓力容器及核能一級管線設計安全分析審查技術建立，地震環境及非破壞檢測驗證技術之研究與建立，重要安全系統結構組件視察技術之研究與應用，儀控軟體管制技術之建立與應用，控制室人機界面審查技術研究，核設施安全儀控系統數位更新技術建立，爐心及暫態分析技術能力之建立，重要系統設計畫功能測試審查與分析支援，火災危害分析技術研究，我國核能規範風險告知應用與示範案例研究，儀控組件老化管制策略之研究，核子反應器設施重要結構、系統及組件壽命管制技術研究。

主要內容：

1. 建立土壤結構互制分析模式並完成分析結果之驗證、完成核能一級管路之斷管計算模式及建立其安全評估技術、建立冷却泵軸之超音波檢測程序及技術、完成模態測試在核電廠之案例分析、建立核四工程法規、規範等相關資料庫等。
2. 建立數位儀控系統軟體審查指引及深度防禦能力分析平台。
3. 完成核四廠全數位化儀控系統控制室人因工程平行驗證模擬平台建置、人機界面人因驗證與確認之程序與方法及人機界面動態人因工程確認測試與評估。
4. 建立 PLC 軟硬體發展平台、PLC 硬體可靠度測試與驗證環境、PLC 小型系統軟體 V & V 程序、個案之安全分析評估及制訂應用 PLC 於安全核儀控制系統之程序。
5. 爐心及暫態分析技術能力之建立。
6. 重要系統設計與功能測試審查與分析支援。
7. 火災危害分析技術研究。
8. 完成風險告知應用擇定案例包括營運期間檢測與防火包覆豁免評估技術之建立
9. 完成電纜老化管理策略建立
10. 完成電纜老化評估導則制定
11. 完成電纜老化評估審查指引制定
12. 完成壓水式電廠延役申請壽命管理安全評估技術之建立

參、計畫經費與人力

計畫經費：

經費項目	預定 (仟元)	實際 (仟元)	差異分析
經常門	26,914	26,914	
資本門	35,541	35,541	
總計	62,455	62,455	達成率：100%

人 力：

投入計畫人力	研究人員學歷分布	研究人員職務分布
研究人員 人數：88 人 人月：607 人月	博士 人數：33 人 人月：209 人月	研究員 人數：5 人 人月：15 人月
技術人員 人數：26 人 人月：132 人月	碩士 人數：42 人 人月：342 人月	副研究員 人數：32 人 人月：214 人月
支援人員 人數：5 人	學士 人數：13 人	助理研究員 人數：38 人

人月：30人月	人月：72人月 其他 人數：31人 人月：146人月	人月：284人月 研究助理 人數：13人 人月：94人月
---------	-------------------------------------	---------------------------------------

肆、計畫已獲得之主要成就與成果(output) (如論文篇數、技術移轉經費/項數、技術創新項數、技術服務項數、專利項數、著作權項數等)

項目名稱	分項指標	
學術成就	期刊論文發表	5
	研討會論文發表數	26
人才培訓	研究助理培訓人數	1
	碩士培訓人數	5
	博士培訓人數	1
知識服務	研討會／說明會次數	19
	研究報告數	59
技術擴散與服務	技術轉移件數	4
	專業服務件數	4
	專業服務收入	1208 萬元

伍、評估主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome)

(請以學術或技術成就、經濟效益、社會效益以及其它效益等項目詳述)

A. 學術研究

本計畫完成31篇論文與59篇報告，不但研究範圍廣泛，跨越領域，且具有創新性，各項研究皆具實用價值。

B. 技術創新

- 首次完成完整的核能一級管線應力分析技術建立，含動態安全分析技術；首次建立嚴重管路意外事故-中、高能管路斷管之動態分析技術及審查導則的分析能力。
- 核能電廠地震、環境及非破壞檢測等驗證技術，均為國內首創，並具推廣價值。
- 建立核電廠數位儀控系統軟體安全管制技術，有效支援原能會執行儀控系統安全審查及管制任務。
- 核能安全等級控制器軟體發展驗證技術。
- 安全核儀控制系統之安全分析(SER)技術。

- (f) 建立核四廠一號機第一燃料週期爐心及暫態安全相關模式並完成重要案例分析，包括核四廠冷爐停機餘裕度、燃料束錯置、喪失飼水加熱、負載棄載無旁通、汽機跳脫無旁通及發生MSIV關閉且跳機信號失效等事件之分析模式建立及案例分析。
- (g) 完成核四廠三重要設計基準事故(落棒、主蒸氣管斷管與燃料吊運等事故)輻射及廠外民眾劑量獨立分析，建立核電廠控制室大氣擴散因數分析能力。
- (h) 完成核四廠重要系統測試程序規範綱要及建立核四廠最佳估算系統動態模擬與分析工作平台之power conversion cycle RELAP5-3D/K系統模式。
- (i) 完成最新核能電廠消防法規之整合及核四廠火災危害分析之火載量評估模式。

C、經濟效益

- (a) 待相關技術建立後，國內核電廠安全儀控系統在有數位化更新需求時，可採用國內自製之數位控制器，並於國內完成安全評估分析，不須再採購國外昂貴之安全等級(Class 1E)數位控制器。
- (b) 配合原能會防火視查需求，至原能會進行「防火視察行前講習」專題演講。
- (c) 陪同原能會核管處至核一廠及核三廠進行防火視察，及至核二廠進行「核能電廠性能式防火----法規說明與實例探討」專題演講。

D、社會影響

- (a) 透過管路一般安全分析及嚴重意外事故的安全分析技術建立不僅可加強核能管路安全性，對電廠工作人員及社會大眾的保障有相當的助益
- (b) 增強國內核能級儀控組件應用於安全相關系統之軟硬體驗證能力。
- (c) 提高管制單位核安管制能力，確保核電廠運轉安全與品質，減輕社會大眾對核電廠安全之疑慮。
- (d) 以建立的獨立自主技術能力，協助原能會審查核四廠安全相關的設計報告，確保核能安全，帶給民眾安心的重要保證。

陸、與相關計畫之配合

無。

柒、後續工作構想之重點

1. 94年度將繼續發展核電廠數位儀控系統審照作業所需要之儀控軟體安

全管制技術，研究成果除支援原能會執行儀控系統安全審查及管制工作外，亦可建立儀控系統設計整合技術，落實數位儀控系統技術之本土化目標。

2. 完成人因系統界面自動化與人為操作之評估技術。
3. 建立人因運轉效能量測工具。
4. 建立HFE審查導則。
5. 已獲得核三廠儀控課承諾，待核研所核能級PLC研發完成取得相關安全評估報告後，將採用於該廠氫氧再結合控制系統更新案中。
6. 完成沸水式核反應器進步型燃料MCPR安全限值評估技術方法論資訊與程式集蒐集、彙整、引進、安裝、測試。
7. 完成核四廠慢速暫態 FRO, SBLCS兩項分析評估及快速暫態(FWCF, TTNB, LRNB, ASME Over-pressurization)分析方法論不準度評估技術。
8. 建立ABWR爐心穩定性評估技術及核四廠穩定性分析方法論。
9. 進行核四廠系統動態模擬與分析工作平台各別系統(包含反應器系統、爐心燃料及中子物理、功率轉換系統群、安全相關系統群、反應器保護系統等系統)獨立驗證與測試、人機介面設計製作以及整廠系統模式整合。
10. 針對核四廠進行火災危害分析。
11. 完成核四廠LOCA設計基準事故輻射源項及控制室劑量與廠外民眾劑量獨立分析，並平行驗證核四廠FSAR中之相關分析結果。
12. 完成核四廠LPZ及控制室大氣擴散因子之評估/驗證。
13. 協助完成核四廠FSAR設計基準事故廠外民眾劑量分析與控制室劑量分析與及低密度人口區劃定之安全審查。
14. 在我國核能規範風險告知應用方面，將繼續進行營運期間檢測、例行性線上維修與防火包覆豁免等申請審查導則之研究，並擬具具體審查綱要，提供管制單位參考。
15. 後續將進行台電延役申請之工作計畫。工作規劃將以系統或結構分類，進行老化管理評估。

捌、檢討與展望

1. 經由完善的計畫執行規劃及參與計畫執行同仁的通力合作，在國內首次建立核能一級管路及中高能管路的斷管安全分析技術及審查導則。
2. 本計畫所建立的各項技術乃配合核能四廠建廠安全審查之所需；因此，所完成之各項報告均送原能會相關人員參考使用。
3. 完成核能電廠“模態測試暨分析”、“耐震驗證細則”、“零相比流器/斷路器環境驗證測試”、“RPV螺栓之超音波檢測”等技術之建立，符合國內需求現況，具有前瞻性。
4. 核四重要安全系統結構組件相關資料庫已經初步建立，可提供視察作業

參考依據。

5. 建立2份視察導則及查核表，並完成選定系統之系統查證研究報告，研究成果亦提供原能會作為管制作業參考。上述研究成果確能將視察技術研究應用於管制實務。
6. 「數位儀控系統軟體文件審查」如期完成規劃工作項目，且相關項目皆能實際應用於控軟體管制技術上。
7. 在任務編組及眾多委外計畫同時進行下，仍依計畫進度順利完成年度計畫目標。
8. GENE 於 92 年度 HFE 技術服務完成後給予極高的評價。於 93 年度繼續委託本所 HFE 小組執行龍門計畫核四廠儀控系統 HFE V&V-2 驗測工作，讓 HFE 技術更加落實。
9. 本計畫的目標不但具有多樣性且複雜度高，尤其是大都牽涉到核四廠安全分析審查技術的建立，許多技術在國內仍是首次建立，可以瞭解本年度計畫目標挑戰性甚高。本分項計畫在高挑戰性目標下，今年度在有限人力的情況下，均能依照原規劃工作項目，仍按計畫進度順利完成年度目標。
10. 完成風險告知應用案例之選定(RI-ISI)，並完成風險告知營運期間檢測計畫評估技術彙編報告，可提供核能管制單位日後審查相關申請案件時，建立所需之技術背景知識。
11. 初步確立重要儀控組件老化管理方法與策略，裨益於未來協助國內各核電廠推動老化管理計畫。
12. 建立核能電廠重要SSC老化管理策略與審查指引，符合國內核能現況，具有前瞻性。

填表人： 馬殷邦 聯絡電話： (03)471-1400 轉 6000 FAX NO： (03)471-4711404

原子能委員會科技計畫成果績效評估報告

(93 年度科技計畫經費一千萬元以上)
(由部會署聘請五位以上專家委員評估彙總)

計畫名稱：核設施安全審查與稽查技術精進

主 持 人：馬殷邦

審議編號(檔號)：93-2001-14-01-01-45

執行單位：核能研究所核子工程組

壹、本計畫主要成就貢獻(評述計畫研發成果與執行績效)

- 一、核四廠高壓爐心灌水系統耐震及環境驗證報告審查案例，可提供其他安全相關設備審查參考。
- 二、國內自行建立核能電廠 RPV 螺栓非破壞檢測能力驗證制度與技術，能培訓更多檢測人員，不僅滿足國內需求，並可提升國內檢測能力層次。
- 三、完成核四廠冷爐停機餘裕度、燃料束錯置、喪失飼水加熱、負載棄載無旁通、汽機跳脫無旁通、及發生 MSIV 關閉且跳機信號失效事件之壓力限值計算等六項重要案例分析，確定未來協助原能會審查時，獨立分析之能力。
- 四、完成核四廠燃料掉落、燃料吊運、及主蒸氣斷管等三項重要設計基準事故輻射及廠外民眾劑量獨立分析，以澄清核四廠 PSAR 之未結案議題。並完成核四廠低密度人口區邊界之設計基準事故劑量的平行驗證，以確保符合本國「核子反應器設施管制法施行細則」及核電廠設計與建造 10 CFR 100—反應器廠址設計準則之規定，以及對民眾健康保護。

貳、計畫經費與人力運用(評估計畫資源使用之效益性)

本計畫預算經費數為62,455千元，實際支用（含結報數、預付數、政策指示流用數）62,455千元，支用比率為100%。資本門編列經費計35,541千元，實際支用35,541千元，支用比率為100%。另相關研究人員在職級分佈及學歷專長分配皆屬適當，在質與量的控制方面亦相當良好。

參、評估主要成就及成果之績效 (outcome)

(評估主要成就及成果之價值與貢獻度)

(分就學術或技術成就、經濟效益、社會效益以及其它效益；
並以五等第評量 5 為優 4 為良 3 為可 2 為稍差 1 為劣)

☐4學術或技術成就；☐5經濟效益；☐5社會效益；☐4其它效益

一、學術或技術成就：

依核研所自評報告書中學術或技術成就敘述，並經評審小組實地審查及討論結果，本項績效「良」。

二、經濟效益：

依核研所自評報告書中經濟效益敘述，並經評審小組實地審查及討論結果，本項績效「優」。

三、社會效益：

依核研所自評報告書中社會效益敘述，經評審小組實地審查及討論結果，本項績效「優」。

四、其它效益

依核研所自評報告書中其它敘述，經評審小組實地審查及討論結果，本項績效「良」。

肆、綜合意見：

- 一、年度成果提供核四建廠及未來運轉參考，尤其數位儀控新技術已有平台、環境、驗證指引方面的成果，未來應繼續朝網路安全方向走。
- 二、對國內核能建設應有助益，尤其是核四的審查工作，值得肯定。唯如何在社會大眾造成正面態度仍有待多方加強。
- 三、本計畫對核四建廠貢獻甚多，對未來延壽之研究亦有貢獻，值得繼續推展研究。
- 四、計畫完成之研究報告、會議報告及期刊報告量及質均佳，在學術及技術成就方面均高。

伍、績效評量：☒優 ☐良 ☐可 ☐差 ☐劣

評估委員：施純寬、白寶實、徐懷瓊、陳條宗、易惠南、黃平輝、董傳中、江祥輝、洪志宏、劉仁賢、葉偉文、陳宜彬等 12 位

評估時間：94 年 01 月 31 日