

政府科技計畫績效評估報告

計畫名稱：核能技術產業化平台之建構

執行期間：自 102 年 1 月 至 102 年 12 月

執行單位：行政院原子能委員會核能研究所

執行經費：73,112 千元

環境科技分項(群組)/子項(領域)

性質：

研究型

非研究型(人才培育、國際合作、法規訂定、產業輔導及推動)

評估委員：吳文芳、周懷樸、楊昭義、楊清田

主管機關：行政院原子能委員會

中華民國 103 年 3 月 ___ 日

政府科技計畫績效評估報告

第一部份：科技計畫成果績效評估報告

請依下列重點與比重評量：

- 1.執行之內容與原計畫目標符合程度 (20%)
- 2.已獲得之主要成就與成果(outputs) 滿意度 (30%)
3. 評估主要成就及成果之價值與貢獻度 (outcomes/impacts)(30%)
4. 計畫經費及人力運用的適善性(15%)
5. 後續工作構想及重點之妥適度(5%)
6. 與相關計畫之配合程度 (10%)(參考用，不納入總評分計算)

壹、執行之內容與原計畫目標符合程度 (20%)

請問本計畫之執行是否符合原計畫之目標？程度為何？若有差異，其重點為何？

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

註：(10:極優 9:優 8:良 7:可 6:尚可 5:普通 4:略差 3:差 2:極差 1:劣)

1. 成果效益報告提到本計畫目的在「精進本土化之運轉維修與安全評估技術，以提升國內核電廠營運安全與績效外，並避免國外技術在商業上的壟斷」，計畫主要依「核反應器爐心及系統熱流設計與安全分析技術產業化」、「核電廠系統組件設計與維護技術產業化」、「核能級儀控及關鍵組件產業升級技術開發」、「核能級儀控及關鍵組件產業升級技術開發」四分項計畫執行。依據成果效益報告自評，本計畫之執行應符合原計畫目標。
2. 除在嚴酷環境下油漆塗料之有效性驗證、陣列超音波技術於現場驗證等項工作因故調整外，大都符合規劃項目及目標。
3. 除油漆塗料開發及輻射照射需時較長，以執行的定位器檢證報告(含嚴酷環境驗證)作為替代，俟輻射照射完成後再出具報告之外，與原計畫目標符合。

貳、已獲得之主要成就(重大突破)與成果滿意度(30%)

計畫執行後其達成之重要成果為何？與原列之 KPI 與成果績效預期成效是否一致？若有差異，有無說明？其說明是否合理並予採計？

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

1. 本計畫年度重要成果至少包含：(1)建立核電廠功率提升所需之安全分析技術(2)建立計算與量測核燃料貯存池之中子有效增殖因數 keff 值之次臨界分析技術(3)開發大口徑管路組件覆焊及更換技術(4)開發完成自主型高可靠度容錯核能級數位儀控系統平台 SCS-2000 安全控制系統，並取得安全功能產品標準 IEC 61508 SIL3 及其他相關應用標準(如 IEC 61511、NFPA 85 及 EN 50156) 等之認證(5)完成 69 束大容量用過核子燃料乾式貯存系統混凝土護箱地震分析，並對密封鋼桶以三維有限元素模型，進行垂直墜落分析(6)完成用過核子燃料乾式貯存護箱表面劑量率評估技術建立(7)完成用過核子燃料乾式貯存護箱頂端自動量測升降台車(用以裝載中子與加馬輻射監測儀器)之設計與製作。工作項目皆符合執行進度，達到原所預定之成果，本年度實際達成之各項 KPI 值均超出或至少等於預期產出值。
2. 成果效益報告另呈現本計畫原所預期量化產出包括論文 16 篇、研究團隊養成 3、研究生培育 8 員、研究報告 42 篇、辦理學術活動 2 場、

專利 4 件、技術報告 15 篇、技術活動 2 場、技術服務 180,000 千元、增加就業 35 人、提高電廠發電量 2%，實際產出為論文 24 篇(但報告第 15 頁第二表格所記載的數目稍有不同)、研究團隊養成 3、研究生培育 13 員、研究報告 45 篇、辦理學術活動 2 場、專利 6 件、技術報告 17 篇、技術活動 4 場、技術服務 185,400 千元、增加就業 40 人。本計畫除提高電廠發電量 2% 之困難目標外，其餘項目皆達到或超過原所列之目標值。

3. 原列之 KPI 與成果績效預期成效一致，重要成果有國外 SCI 期刊 24 篇，EI 4 篇，取得「液位計檢測裝置及其檢測方法」及「一種用於縮短用過核燃料乾式貯存容器乾操作業時間之裝置」等 2 項專利，核電廠中幅度功率提昇約可提高電廠 2% 的發電量。
4. 完成 SCS-2000 儀控平台 IEC-61508 SIL 3 認證及部份研發成果已應用於核電廠功率提升安全評估與設備維護，落實研發成果之應用效益。

參、評估主要成就及成果之價值與貢獻度 (30%)

請依計畫成果效益報告(第二部分)中該計畫所具之各項成就有權重做評述量，如報告中未列權重者，請委員考量是否應建議權重，並加以評述

重要成就與重大突破項目	權重(%)		評等 (1~10)
	原計畫 設定	委員建議 設定	
一、學術成就(科技基礎研究)	35		9
二、技術創新(科技整合創新)	35		9
三、經濟效益(產業經濟發展)	20		9
四、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)	10		9
五、其它效益(科技政策管理及其它)	0		9
總計	100%		

綜合評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

一、學術成就之評述(科技基礎研究)

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

1. 量化成果評述：

國內外期刊及會議論文共產出 46 篇（國際 SCI 論文 24 篇、EI 論文 4 篇、國內/外會議論文 18 篇），研究團隊養成 3 個，博、碩士班研究生培養 13 員，研究報告計 45 篇，及辦理學術活動 2 場，均分別大或等於原預期產出值 16、3、8、42 及 2，年度 KPI 達成之成果豐碩。

2. 質化成果評述：

(1)所建置完成之數位平台 SCS-2000 安全控制系統，是國內第一個取得功能安全標準 IEC 61508:2010 認證之控制系統，可應用於高安全需求工業(如核能電廠及石化廠等)之安全儀表系統(Safety Instrumented System, SIS)。所完成之三維板殼公式推導，可應用於密封鋼桶結構的掉落撞擊意外事故分析。所建立之護箱表面劑量率評估技術，曾以核一廠用過核子燃料貯存設施未外加屏蔽為研究案例，完成乾式貯存護箱表面劑量率分佈計算結果，成果發表於 2013 年 6/3~6/7 的第 12 屆 Neutron and Ion Dosimetry Symposium 研討會。年度實際達成之成果均如預期，符合預定進度。

(2)研發成果發表於國內外重要期刊供世人參考，提昇聲譽，展現專業研究技術水準，並將知識與技術流傳與推廣。計畫所養成之研究團隊可機動、快速因應國內核電廠運轉所需，以建立產業化自主技術，並提昇國內產業水準。

二、技術創新成就之評述(科技整合創新)

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

1. 量化成果評述：

- (1)年度內取得 2 項專利（「液位計檢測裝置及其檢測方法」及「一種用於縮短用過核燃料乾式貯存容器乾操作業時間之裝置」），另有 4 項申請中（「雙流體儲放電結構」、「核電廠放射性鐵氧化物非結晶型結構分離方法」、「派屈網路應用於時間確定性之系統方法」、「利用切片取樣評估電纜老劣化之方法」），合計共有 6 項專利，技術報告則產出 17 篇，國際研討會參與 4 場，技術服務收入成長至新台幣 1.85 億元，此等 KPI 值與原規劃預期之專利 4 件、技術報告產出 15 篇、技術活動參與 2 場、及技術服務收入 1.8 億元相較，分別均有超出或至少相當。
- (2)另有 6 本核能安全分析專題報告獲得原能會審查通過且發給 SER，年度工作成果不錯。
- (3)「本計畫參加 PARTRIDGE (Probabilistic Analysis as a Regulatory Tool for Risk Informed Decision Guidanc E)國際合作計畫，獲得國外核能管路系統機率破裂力學管制發展經驗與最新技術」等多項年度成果價值與貢獻度也值得肯定。

2. 質化成果評述：

- (1)年度實際達成之成果均如預期，符合預定進度，成果值得肯定，例如：完成建立次臨界系統反應度 k_{eff} 值與 AO 之關係式，可有效解決次臨界系統中子反應度量測困難的議題；開發完成 SCS-2000 安全控制系統，可建立國內自主之儀控系統設計、製造與應用安全評估技術能力；完成 69 束大容量用過燃料貯存系統混凝土護箱地震分析，並確認以螺栓錨釘方式確實可以有效提升混凝土護箱抗震能力；以三維有限元素法進行 69 束大容量系統之密封鋼桶垂直墜落分析，確認鋼桶在墜落撞擊後不會有過大變形導致輻射外洩；設計製作完成之用過燃料乾式貯存護箱頂端自動量測升降台車，可減少量測作業之人員劑量。
- (2)建議加強相關專利之應用規劃，以落實專利之實質效益。

(3)專利申請可提昇競爭力，避免國外技術壟斷，保障智慧財產權利，並可獲得相關權利金。大型管路組件銲接修理技術開發，完成銲接平台及可調式應變試驗基建置，用於銲接科技之基礎研究，並將用於自主參數及技術開發，落實計劃之技術產業化目標。建立國內自主之核能安全級儀控系統設計、製造與應用安全評估技術能力。

三、經濟效益之評述(產業經濟發展)

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

1. 量化成果評述：

- (1)本計畫與國內廠家合作執行覆鍍，提供 30 多個高技術鍍接工作及其他相關工作機會；國內新採購之 10%深床式樹脂，經本計畫研發成功之晶型/非晶型銹垢分離技術(美國專利申請案號 13/869,274)加以分析後，發現其飼水鐵銹垢之移除效率比舊樹脂有效改善 10%以上，其樹脂瀝出物之 TOC 與硫酸根分析結果亦較舊樹脂為優，每床樹脂可節省約 7 萬加侖之清洗水量。
- (2)成果效益報告所提「提供 30 多個高技術鍍接工作及其他相關工作機會」、「節省每床樹脂約 7 萬加侖之清洗水量」、「促進國內儀控系統與零組件產業升級」、「執行數位儀控系統技術服務專案計畫，避免仰賴國外技術，擴大產業效益」、「協助推動國內建置用過核子燃料乾式貯存設施之產業主控權，擺脫對國外廠商之依賴性」等年度質、量化經濟成效可被接受，確實有利國內相關產業於核能發電困境中發展。
- (3)完成核二廠中幅度功率提昇安全分析提高電廠 2%的發電量。技術服務收入 1.85 億元。

2. 質化成果評述：

- (1)本計畫所建立之自主型核能級儀控產業技術與關鍵組件認證平台，可促進國內儀控系統與零組件產業升級。所建立之用過燃料射源項分析與護箱屏蔽分析技術，可協助推動國內建置用過燃料乾式貯存設施產業之主控權。
- (2)協助相關電廠完成功率提升安全評估及許可申請，創造經濟效益。
- (3)開發自主型核能數位儀控平台技術，藉以輔導國內電子產業，提供核能儀控所需之設備技術能力。依據安全功能要求、核能法規指引與工業標準，建立系統平台發展、測試與驗證相關技術能力。核電廠系統組件設計與維護技術產業化、建立本土化核電廠維修技術。
- (4)年度技術成果值得肯定。

四、社會影響之評述(民生社會發展、環境安全永續)

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

1. 量化成果評述：

- (1)本計畫年度可提供約 28 個就業機會與 12 個替代役就業機會，共計 40 個，超過預期。
- (2)成果效益報告提到「本計畫 102 年度每年可提供約 28 個就業機會與 12 個替代役就業機會」、「(研究成果)回應民眾對核能發電安全議題的關切，也為環境安全永續發展盡心力」、「有效降低飼水鐵濃度達 25%，並可達到降低人員輻射劑量與除污成本之效益」、「計畫結果可以降低社會大眾對乾貯系統安全之疑慮」、「(研究成果可)為社會輻安議題進行把關」等年度質、量化社會影響成效可被接受。
- (3)協助核電廠安全運轉及提升功率減少碳排放。
- (4)核電廠中幅度功率提昇約可提高電廠 2%的發電量，減少替代燃料產生之二氧化碳約 48 萬噸年排放量，相當於 1,300 座大安森林公園的年吸碳量，增加就業機會 35 個。

2. 質化成果評述：

- (1)本計畫完成核二廠中幅度功率提昇安全分析報告(送審中)，未來可提高電廠發電量 2%。所發展之核燃料濕式(spent fuel pool)/乾式貯存中子臨界安全分析技術，可確保用過燃料貯存安全餘裕。將所研發之晶型非晶型銹垢分離技術，應用於核二廠二號機除礦器樹脂鋪床條件分析，因而解決其飼水鐵銹垢偏高問題，有效降低飼水鐵濃度達 25%，同時降低人員輻射劑量與除污成本。本計畫另亦研究證實使用錨定螺栓可作為直立式混凝土護箱之耐震補強手段。
- (2)減緩地球暖化、促進環境永續發展、增加就業機會。

五、其它效益之評述(科技政策管理及其它)

計畫執行後除既定之成果效益外，有無非直接之其它成果？若有請重點摘錄。

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

1. 量化成果評述：

- (1) 成果效益報告提到成果「可幫助核發處了解其新採購樹脂之品質優劣」、「可提昇與滿足各產業之可靠度與安全需求」可被接受。
- (2) 委託台灣德國萊因技術顧問股份有限公司(TÜV Rheinland)依據安全功能產品標準 IEC 61508，針對高可靠度容錯儀控系統平台(SCS-2000)進行 IEC 61508 SIL3 認證，以及相關應用標準認證，包括製程工業功能安全標準(IEC 61511)、鍋爐與燃燒系統的危險等級標準(NFPA 85)、燃燒爐電氣設備和輔助設備標準(EN 50156)。

2. 質化成果評述：

- (1) 成果效益報告所載本計畫年度其它效益可被認可。
- (2) 安全控制系統可提昇與滿足各產業之可靠度與安全需求。

肆、計畫經費及人力運用的適善性 (15%)

(評估計畫資源使用之合理性)

本計畫執行之經費、人力與工作匹配，與原計畫之規劃是否一致，若有差異，其重點為何？其說明是否能予接受？

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

本計畫年度經費編列與支用均屬恰當，人力與工作匹配亦屬合宜，年度總經費執行率達 96.73%，未執行部份大都為配合政府政策之控留款，成效良好。但各季執行進度尚有改善空間。

伍、後續工作構想及重點之妥適度(5%)

本計畫之執行時間是否合適？或太早？太晚？如何改進？

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1(高者為優)

- 1.本五年期計畫已執行完畢，成果效益報告提到「於現有技術為基礎，擴展相關組件更換銲接工作，提升國內銲接技術」等 3 項後續工作構想尚可被接受，在執行時程上亦屬恰當。惟僅銲接、儀控及乾貯系統分析提出後續構想，建議應更全面性提出更具效益及挑戰性之構想。
- 2.成果效益報告對本計畫可能產生專利智財或可移轉之潛力技術(know how)有所說明。

陸、與相關計畫之配合程度 (10%)(參考用,不納入總評分計算)

1. 成果效益報告所提以下三項可被接受，但仍宜注意本計畫與執行機關所執行其它計畫及台電所執行相關計畫間之成果交流。
 - (1) 功能安全控制器建構與安全技術評估服務與業界合作執行，開發 SCS-2000 安全控制系統之實務應用案例示範系統。
 - (2) 功能安全控制器認證服務與業者合作執行，完成 IEC61508SIL-3 國際認證。
 - (3) 參加 PARTRIDGE (Probabilistic Analysis as a Regulatory Tool for Risk Informed Decision Guidanc E) 國際合作計畫，獲得國外核能管路系統機率破裂力學管制發展經驗與最新技術。
2. 本計畫於年度內與業界建立合作關係，相互配合良好。仍可再加強與應用單位及相關單位之合作。

柒、產業發展及跨部會協調指標

本計畫有無產業發展及跨部會協調相關指標？並對有該指標且有差異或尚未考量該指標者提供建議或加以評述。

捌、本計畫之智財產生可能性評估

本計畫有無產出專利或著技術移轉之潛力？該項技術為何？是否有其他計畫產出之技術可與本計畫技術搭配整合？

- 1.本計畫至少有下列之產出技術，具有可技術移轉以提昇國內相關產業技術水準之潛力：
 - (1)台灣自主型核能級數位儀控平台 SCS-2000 安全控制系統技術。
 - (2)用過核子燃料乾式貯存設施屏蔽與輻射防護分析技術。
 - (3)晶型/非晶型銹垢分離技術(美國專利案號 13/869,274)。
- 2.高熔填銲接製程及雙相鋼銲接熱裂防治，可用於大型組件銲接修補及更換等工作。
- 3.開發之 SCS-2000 功能安全控制系統，可銷售需要高安全需求工業(如火力發電及石化廠等)。
- 4.執行機關宜注意機關及國內其他公司機關所執行相關計畫的成果，期能在技術上相互搭配。

玖、綜合意見

- 1.本計畫龐大，計畫管理不易，但五年期計畫已執行完畢，無論全期或 102 年度計畫皆符合原所規劃者執行，所獲包括學術、技術、經濟、社會等質、量化績效也大致符合原所規劃之指標，整體而言，計畫可算順利完成。
- 2.本計畫依規劃項目執行，已協助相關產業推動機組功率提升、協助設備維修，並完成儀控平台認證，落實研發成果應用，成效良好。
- 3.建議加強後續構想及相關計畫配合協調之規劃及說明。
- 4.整體而言，本計畫表現良好、研發相關技術實質應用在國內核電廠中，值得肯定，惟專利技轉較弱、除委外合作計畫外，學術質量可再提升。

拾、總體績效評量(高者為優)：

評估項目	百分比 (%)	評分
壹、執行之內容與原計畫目標符合程度	20	18
貳、已獲得之主要成就(重大突破)與成果滿意度	30	27
參、評估主要成就及成果之價值與貢獻度	30	27
肆、計畫經費及人力運用的適善性	15	13
伍、後續工作構想及重點之妥適度	5	4
總計	100	89
陸、與相關計畫之配合程度(Bonus)	10	

總體績效評等

評等：10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

註：(10:極優 9:優 8:良 7:可 6:尚可 5:普通 4:略差 3:差 2:極差 1:劣)

計畫評估委員：吳文芳、周懷樸、楊昭義、楊清田