

出國報告（出國類別：考察）

哈爾濱工程大學參訪與技術研討會報告

服務機關：國立清華大學

姓名職稱：葉宗洸教授

派赴國家：中國大陸

出國期間：103.5.22~103.5.25

報告日期：103.6.6

哈爾濱工程大學參訪與技術研討會報告

1. 參訪要點:

參訪成員: 周懷樸副校長、薛燕婉副院長、施純寬教授、葉宗洸主任、梁正宏所長、許榮鈞副教授、陳紹文助理教授、吳順吉助理教授。

參訪地點: 中國哈爾濱工程大學。

參訪時間: 中華民國103年5月22日至5月25日。

參訪目的: 拜訪哈爾濱工程大學核科學與技術學院，舉辦學術交流會議；參觀和科學院相關研究設施。

哈爾濱工程大學簡介:

哈爾濱工程大學創建於1953年，其前身為中國人民解放軍軍事工程學院（哈軍工），1994年改名為哈爾濱工程大學。其科研領域，於潛器技術、水下機器人技術、船舶減搖技術、動力定位技術、組合導航技術、水聲定位技術、核動力模擬技術等方面居中國國內領先地位。本次主要參訪其核科學與技術學院，進行雙方學術交流會議，並參觀其相關研究設施。

2. 行程記錄:

5/22去程:

清晨於清大集合出發，下午抵達哈爾濱太平國際機場；隨後搭乘巴士至哈爾濱工程大學。

5/22下午議程:

哈爾濱工程大學成員: 劉志剛校長、楊冶副校長、劉智強主任、張志儉院長、陳一東教授、郭黎濱副院長、高璞珍副院長、田瑞峰副院長、趙強副院長、楊明教授。

清華大學成員: 周懷樸副校長、薛燕婉副院長、施純寬教授、葉宗洸主任、梁正宏所長、許榮鈞副教授、陳紹文助理教授、吳順吉助理教授。



圖一：雙方交流活動之初始會議。

會議地點：啟航活動中心貴賓會議室

會議概述：

先由楊冶副校長及薛燕婉副院長分別介紹各大學出席人員。再由劉志剛校長致歡迎辭並介紹哈爾濱工程大學的發展概況及辦學特色，該校面積約為 126 公頃，有 19 個學院，4 個教學系，40 多個研究中心及 150 多個教學實驗室，在校學生人數約 2.7 萬人，其中大學生約為 1.4 萬，而教職工約 3100 人。周懷樸副校長緊接著致辭並介紹清華大學的歷史沿革和基本情況。接下來雙方進行短暫的交流討論，並於最後由雙方代表互贈紀念品。

5/23 整日議程：

哈爾濱工程大學成員：張志儉院長、趙長久教授、高璞珍副院長、閻昌琪教授、彭敏俊教授、王賀副教授、薛雲副教授、李忠宇講師。

清華大學成員：周懷樸副校長、薛燕婉副院長、施純寬教授、葉宗洸主任、梁正宏所長、許榮鈞副教授、陳紹文助理教授、吳順吉助理教授。

會議地點：啟航活動中心學術報告廳。

會議主題：核科學與技術學術研討會，由雙方人員分別進行學術報告。

此次學術交流議程於早上 8:00 開展，先由楊冶副校長主持學術交流會開幕式，接下來由來自哈爾濱工程大學、黑龍江省核學會及清華大學的 16 位代表進行專業報告，相關參與人數約 100 人，分別來自於核科學院之教師、研究生及黑龍江省核學代表。學術報告內容摘要如下：

周懷樸副校長報告:清華大學核電廠數位儀控之研究。報告摘要如下：核工所核能儀控系統實驗室與台電合作，裝置了與龍門電廠用於訓練運轉員相同的工程用模擬器軟體。整廠系統模型建立在 WSC 公司的 3KeyMaster 模擬平台上，包含反應器爐心和 105 個電廠系統的模擬模型，能顯示一號機主控室完整之控制盤面。模擬器核心模組(Core Model)採用 TRACS/NEMO 模式來執行反應器之中子動態與熱水流動態行為模擬；其中 TRACS 為反應器爐心熱水動態分析程式，NEMO 為與 TRACS 聯用之三維多節點中子動態程式。在此模擬器的輔助下，目前有三個主要發展專案，分別為：(1)軟體及網路可靠度評估，(2)運轉員輔助系統開發，及(3)電廠事故對策與舒緩系統開發。數位網路研究，為分析龍門電廠運轉控制用網路、安全注水網路及分析反應器保護系統軟體之可靠度。在運轉員輔助系統開發方面，已完成龍門電廠自動升降載之功率輔助系統，在模擬驗證下顯著的提升電廠升降載之效率與穩定度。在協助運轉員診斷電廠異常狀態方面，開發了冷卻水流失事故分類系統，輔助運轉員診斷破管位置，協助其更有效率的處理事故。同時在此模擬器的輔助下，目前正在進行一套結合事件及症狀取向之事故對策及舒緩系統。



圖二：學術研討會現場。

張志儉院長報告:哈爾濱工程大學核能安全與模擬技術研究狀況。報告摘要如下:哈爾濱工程大學核安全與仿真研究中心創建於 1998 年,目前主要從事核電站新進仿真技術,核設施退役仿真與支持系統,核安全分析及風險監測與管理技術,核電站運行支持技術,反應堆安全傳熱與眼就是故應對措施等研究。此報告介紹了幾項主要研究項目的現況,並展望未來將開展的研究工作。

薛燕婉副院長報告:清華大學硼中子捕獲治療計畫之過去、現在與未來。報告摘要如下:硼中子捕獲治療(boron neutron capture therapy, BNCT)為原科院在醫療輻射應用的主要研究領域,始於 1992 年。2004 年,清華水池式反應器(Tsing Hua Open-Pool Reactor, THOR)修建,為 BNCT 提供了高品質的超熱中子束(epithermal neutron beam)。2010 年 8 月,開始臨床試驗,主要對象為復發性頭頸癌病患,截至 2014 年 1 月,已有 17 名病患接受治療,並獲得令人振奮的結果。詳細的研究方向包含射束設計、治療計畫系統的發展和臨床試驗及展望也在此報告中被討論。

趙長久教授報告:核素治療甲狀腺疾病規範與進展。此報告主要闡述了碘 131 於治療 Graves 疾病、自主功能性甲狀腺結節、分化型甲狀腺癌及去除甲狀腺癌術後殘餘組織之應用。

施純寬教授報告:核能電廠事故條件下廠外輻射劑量評估程式 EPZDose 的發展與應用。摘要如下:當核能電廠發生意外事故,而放射性物質即將釋放,這時候很重要的一件事便是要盡快了解與預測廠外的輻射劑量分布狀況,做為緊急疏散廠外民眾的決策基礎,避免不必要的輻射照射,確保居民健康。緊急計畫區(EPZ)內的輻射劑量,如甲狀腺以及全身照射者,會與釋放源的距離,源項,氣象條件(風向,風速,氣象 Pasquill 穩定性條件等有關)。目前的作法,隨時間改變的各種核種輻射源項可以來自如 MAAP, PCTAN 等系統熱流安全分析程式分析所得。EPZDose 建立的目的是要能夠在比實時(real time)還要快的速度下,預測與評估核能電廠事故條件下,廠外輻射劑量的變化與分布。該程式是一個以 WINDOWS XP/7 為作業系統的 PC 程式。它由使用者選擇時間步階大小,將放射性物質的釋放,離散成為一系列,在不同時間點釋放的放射性物質煙包(puff)。這些煙包釋放後,會隨著風在緊急計畫區內飄散,程式會追蹤每一個煙包,在不同時間的煙包質心位置。每一個煙包的飄散模式是以高斯煙羽模式(Gaussian Plume Model)為基礎,同一時間點,不同的每一煙包的輻射劑量全部相加,來做為該時間點的緊急計畫區內輻射劑量。目前的程式版本可以處理 2kmX2km, 10kmX10km, 20kmX20km, 40kmX40km 等四種大小的地圖。在程式的資料庫中,考慮的核種超過五十,包括它們的劑量轉換因子。評估的結果用動態的顏色變化在地圖上顯示甲狀腺劑量率以及累積劑量,還有全身劑量率以及累積劑量。利用這樣的工具,EPZDose 將可以有效的用來提供緊急計畫支援中心重要的資料,以盡早進行各種

決策的擬訂。

王賀副教授報告：核電廠線上即時概率風險監測技術研究。核電廠線上即時概率風險監測技術是一種為核電廠運行、維修和管理提供輔助決策支援，以提高核電廠安全性和經濟目的的應用技術。此報告介紹了該技術研究背景、研究現狀、研究方案、關鍵技術和應用。

葉宗洸主任報告：輕水式反應器中水化學與腐蝕消弭之研究。報告摘要如下：其研究工作著重於與二至四代核反應器相關的電化學、腐蝕及其消弭及水化學之探究，包含：透過理論模擬，來進行沸/壓水式反應器(B/PWR)及超臨界輕水式反應器(supercritical water reactor)之水化學的改善工作，傳統及先進合金於高溫純水環境中之腐蝕特性及其消弭之研究，以及各種合金於第四代反應器環境如超臨界水環境(至 700 °C)，熔鹽環境(至 600 °C)和高溫氣冷環境(至 950 °C)中水化學及腐蝕特性之研究。

閻昌琪教授報告：熔鹽堆非動能餘熱排除方法研究。摘要如下：在分析熔鹽堆特點的基礎上，研究針對熔鹽堆的餘熱排除方法。採用特殊換熱元件的形式匯出熔鹽堆的衰變餘熱，採用多重自然迴圈方式，將熱量排往最終熱阱。並介紹這一過程的不同方案的選擇，熱工水力計算以及工程應用需要解決的問題。

梁正宏所長報告：後續熱退火對於高通量氫離子佈植於矽<100>晶圓所引發表面發泡現象之影響研究。報告摘要如下：近年來，隨著積體電路的蓬勃發展，在電子元件的尺寸不斷微縮下，造成堆疊密度不斷增加，進而產生嚴重的功率損耗問題。緣體上矽（silicon-on-insulator, SOI）材料以其擁有許多傳統半導體材料所不及的優點而備受注目，諸如：（一）其能在低電壓、低耗電量下運作，且有較快運算速度；（二）其能克服寄生電容、閉鎖效應、軟錯效應、與短通道效應等問題。目前有許多製作絕緣體上矽技術被陸續提出，其中以離子劈裂（ion cut）或稱為聰明劈裂（smart cut）技術最為備受矚目。有鑑於此，本研究即將高通量氫離子，藉由離子佈植法注入於矽，再採不同後續退火的時間與溫度，繼而使用拉曼散射分析儀、光學顯微儀、原子力顯微儀、二次離子質譜儀、以及穿透式電子顯微鏡進行相關的實驗量測與分析。研究結果顯示，氫離子佈植會造成矽靶材內部形成輻射損傷，產生矽氫複合缺陷，稱為平板缺陷。後續退火會導致氫離子鍵結形成氫氣，聚集於平板缺陷處，若平板缺陷內累積足夠大的壓力，將使表面隆起，稱為表面發泡現象；然後形成裂縫，導致發泡破裂，將矽晶圓劈裂。以 40 keV 5E16 cm⁻² 的氫離子佈植於矽<100>為例，最佳的後續熱退火製程為 550 °C、3 小時。除了該研究之外，個人並針對自己在其他題材上的研究興趣，做一簡單介紹。包括：離子摻雜材料模擬、離子溝道效應量測分析技術、二維載子濃度量測分析技術、電漿於材料表面改質技術、化學濺射模擬、多原子離子佈植技術、

動態離子佈植模擬、動態拉曼量測分析技術、分子動力學法模擬、奈米粒子生成技術、離子能失量測技術、新型加馬偵檢器開發、放射性核醫藥物製作技術、放射性血管支架製作技術、核燃料營運模擬、新型核反應器爐心物理計算等。

李忠宇講師報告：核材料的庫倫爆炸效應分子動力學研究。此報告研究由高能重離子輻射照在材料內形成的庫倫爆炸效應。透過分子動力學方法，觀察材料內部的微觀結構變化，並揭示影響庫倫爆炸效應的主要因素。

許榮鈞副教授報告：乾式貯存設施中源項及屏蔽分析。報告摘要如下：台電公司核能電廠商業運轉至今已逾 34 年，更換下來之用過核子燃料均暫存於用過燃料池，由於用過燃料池貯存容量設計不足，因此台電公司規劃於核一廠內興建乾式貯存設施。目前乾貯設施與護箱皆完成興建，原能會已核准其試運轉計畫，待地方政府通過之後可執行熱測試。本研究針對核一廠用過核子燃料乾式貯存護箱裝載實際的用過核子燃料時，各護箱子系統（TSC、TFR、VCC 與 AOS）的表面劑量率以及距離設施最近廠界的輻射劑量率進行分析。首先，將分析預定於熱測試時裝載的用過核子燃料，與安全分析報告中設計基準燃料的輻射源項差異，同時評估輻射源項假設條件的保守程度。接著，根據輻射源項的分析結果，評估護箱各子系統的表面劑量率與距離設施最近廠界的輻射劑量率，亦評估安全分析報告中相對應輻射劑量率的保守程度，結果可視為針對安全分析報告的一次獨立平行驗證。另外，我們也將建立中子與加馬射線輻射偵檢的自動化資料擷取系統，提供未來量測實際裝載用過核子燃料的混凝土護箱表面劑量率時使用，計算與度量的比較可以測試目前最好分析程式的預測能力並提供未來改進方向。

薛雲副教授報告：熔鹽電解法提取鏷系元素—應用於乏燃料棒後處理。報告摘要如下：乏燃料後處理已經成為制約核能可持續發展的關鍵問題之一。熔鹽電解法是目前研究最廣泛的處理技術，也是較容易在工程上實現的後處理技術。此報告介紹了乏燃料棒後處理技術的研究現狀，以及她於此課題開展的研究內容。針對鏷系元素在熔鹽電解過程中的電化學行為進行系統性的研究，獲得其在熔鹽的基礎數據。其研究不需要把鏷系元素轉化為氯化物或氟化物後再進行電解，操作簡單，減少對設備的腐蝕，為處理氧化物形成的乏燃料提供理論依據。其研究亦採用多種電化學方法，系統性地測定鏷系元素在不同陰極、不同溫度的還原電位等基礎數據，確定其在熔鹽中的電化學反應機制，為乏燃料的分離和濃縮提供理論依據和可靠的實驗數據。

陳紹文助理教授報告：清華大學的熱水力與核能安全之研究。報告分成兩部分，包含進行中的實驗研究與系統模擬研究。實驗研究有雙相流管流實驗、棒束實驗、與震動平台實驗，設備仍在持續建構中。系統模擬部分包含 TRACE 與 FRAPTRAN/FRAPCON 模擬，分別針對核電廠在模擬室故狀況下緊急冷卻系統

啟動後的溫度、壓力變化，與用過燃料乾貯、濕貯分別遇到假設堵塞、掩埋、或冷卻水洩漏等假設狀況，分析緊急處置措施的效能並提出改善建議。

高璞珍副院長報告：反應堆熱工水力與自然迴圈研究。此報告介紹了核科學與技術學院在反應堆熱工水力與自然迴圈方面的科研工作。

吳順吉助理教授報告：智能運算(Computational Intelligence)於核電廠及生醫訊號分析之研究。報告摘要：能源短缺與人口老化已為人類生存無可迴避的課題。在低碳能源的訴求下，核能仍是目前能穩定商轉的重要選擇；而為減少人口老化所增加的醫療福利負擔，疾病的預防與及時診斷已為醫保策略中重要的一環。隨著感測技術的精進，電廠及生理的數據，正以著前所未有的速度，被持續性的記錄。本研究旨在透過智能運算技術擷取出數據背後所隱含的資訊，並將其運用於電廠監控與疾病診斷。報告中舉出兩個智能運算於生醫訊號處理的應用，分別為腦電波中干擾訊號的消除及神經元動作電位的分類。對於未來的研究計畫，亦有著墨。擬定的研究方向包含：(1) 核反應器暫態現象辨識之研究，(2) 核反應器燃料與控制棒佈局之研究，(3) 非侵入式生醫訊號於疾病的早期診斷之研究等。

彭敏俊教授報告：哈爾濱工程大學核動力操作員支持技術的研究現狀。此報告介紹哈爾濱工程大學近 10 餘年核動力操作員支援技術的研究狀態，包括狀態監測、故障診斷、運行指導和人機介面技術。

5/24行程：

哈爾濱工程大學成員：張志儉院長、高璞珍副院長、田瑞峰副院長、趙強副院長、楊明教授、彭敏俊教授、王賀副教授、薛雲副教授、李忠宇講師等。

清華大學成員：周懷樸副校長、薛燕婉副院長、施純寬教授、葉宗洸主任、梁正宏所長、許榮鈞副教授、陳紹文助理教授、吳順吉助理教授。

會議地點：27 號樓實驗室、三甲非能動餘熱實驗台架、仿真中心四樓、31 號樓 439 會議室。

會議主題：研究設備參觀及雙邊合作洽談。

本日行程參觀了哈爾濱工程大學實驗設備，分別為 27 號樓實驗室、三甲非能動餘熱實驗台架、仿真中心。此外，清華大學代表團與哈爾濱工程大學核學院亦進行合作洽談。雙方分別介紹了彼此於人才培養、科研工作等方面的現狀。並就合作的具體細節進行討論，希望能夠建立長期及良好的合作關係，並進行實質

上的合作。雙方已在互派學生、專家學者講學、學術會議舉辦、研究工作合作項目上達成初步共識，並就下一步簽屬合作協議進行協商。



圖三：27 號樓核輻度量實驗室儀器。



圖四：27 號樓兩項流實驗室壓水式反應器模型。



圖五：核動力仿真中心及主控面板。



圖六：雙邊合作洽談，會後合照。

5/25 回程:

5/25 周懷樸副校長、薛燕婉副院長、施純寬教授、葉宗洸主任、梁正宏所長、許榮鈞副教授、陳紹文助理教授、吳順吉助理教授等皆搭乘長榮班機返台。

3. 心得:

此次訪問哈爾濱工程大學核科學與技術學院，了解其在核能工程方面之研究能量，並建立起核能技術之交流關係。由於該學院於核能系統的仿真及熱工水力的經驗與技術相當豐富，是以如何持續在學術/教育合作與互動，將是未來雙方合作之重點。本次參訪，除會見各級領導外，更重要的是能跟在第一線從事研究的人員實際進行交流和討論，並建立起良好的互動關係，這對日後雙方不論在研究或教學上的交流，打下了一個好的起始基礎。此外，學術研討會中參與研究生數量之多，對於諸多議題的求知慾亦讓人印象深刻。而本次訪問的另一重要感觸是，對岸國家及研究機構對於核能工程技術投入的財力和人力之巨，令人咋舌。反觀國內，不禁令人感到憂心，暫放核四爭議，不論如何，在低碳能源的訴求下，核能仍是目前能穩定商轉的重要選項，再加上，台灣目前有三座還在運轉的核電廠，是以人才的訓練及研究工作的進行仍須持續進行，再退一步，即便是日後核電廠面臨除役，也仍需要相關的專業人才及技術。然而在媒體的壟斷鼓吹之下，整個社會對台灣核能產業疑慮日深，並直接影響了核能相關研究經費與人才培育，在不久的將來，恐致相關人才及技術的斷層。期望所有人能夠正視此問題，並為台灣的未來做出正確的選擇。