

出國報告（出國類別：開會）

參加新加坡舉辦之非破壞檢測技術 研討會

服務機關：台灣中油公司煉製事業部設檢中心

姓名職稱：陳建曄 化學工程師

李柏陞 機械工程師

派赴國家：新加坡

出國期間：102.11.12 至 102.11.16

報告日期：103.02.06

摘要

沒有工安事件，努力才會被看見。設備檢查更是工安裡重要的一環，而設備檢查技術的提升有助於降低工安的次數與危害程度。因此本次出國主要參加研討會，希望藉由國外先進檢測技術的開發與研究，應用到煉油石化業做為日後檢測規劃的參考，減少檢測盲點以降低潛在危害、工安發生機率。

目次

摘要-----	2
壹、目的-----	4
貳、會議行程-----	4
參、心得與建議-----	13

壹、目的

如何使設備操作安全並延長其年限、降低非計畫性停爐與工安的次數，一直是台灣中油公司重視的課題，這當中包含許多影響因素，設備檢查是其中之一。而設備檢查如同設備的醫生一般不可或缺，如何有效、正確甚至節省成本的進行檢測，除了靠儀器外還需要經驗豐富的專業技術人員，但是實務面很多情況是沒有適當或沒有辦法藉由儀器所收集的訊號做準確的判斷，有時是儀器的限制、有時是人員經驗或專業知識不足，許許多多潛在危害無法被發現、避免，進而造成往後的工安事故，因此除了新儀器購買外，新的技術也是必須學習的。雖然在這知識爆炸的時代，科技日新月異，但是國內檢測技術發展一直仰賴國外技術引進，因此適時吸收國外最新研究資訊有助於了解國際檢測發展，以幫助本公司未來設備檢測作規劃是有必要的。

故為發展非破壞相關技術及設備管線監控等業務需求，本中心派員參加此國際會議以了解現今國內外先進檢測技術的開發及研究，並吸取各國檢測應用實務的經驗，做為日後提升中心於煉油及石化設備管線檢測規劃能力和腐蝕劣化的檢出能力，以利工廠操作順利及延長其運作年限。

貳、會議行程

本次會議主要於 Grand Copthorne Waterfront Hotel Singapore 舉行，為期三天。非破壞檢測技術未來在國際上發展方向，在最近 20 年內大致可分為近（5 年）、中（10 年）、長（20 年）三期；2010-2015 年近期主要發展為：

- 1.80%的 X-ray 不需底片
- 2.改善非破壞檢測動態範圍
- 3.EBW x-ray 的缺陷自動偵測
- 4.缺陷 3D 表示
- 5.渦電流快速覆蓋的陣位

6. 超音波在測量材料性質或微結構的應用

2010-2020 年中期主要發展為：

1. 設計

- a. 使用非破壞檢測技術模型來設計檢查程序
- b. 成本優化
- c. 使用高靈敏非破壞檢測技術來延長年限

2. 製造

- a. 同時加工及檢測
- b. 使用全自動非破壞檢測
- c. 以網絡為基礎的自動非破壞檢測程序監控

3. 操作中和修復

- a. 高溫非破壞檢測傳感器
- b. 在塗層和髒污部份的非破壞檢測




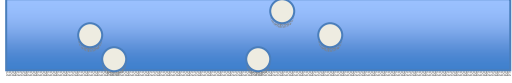
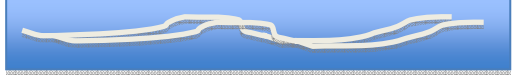
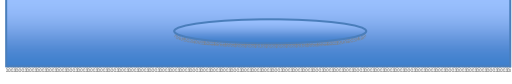
2010-2030 年長期主要發展為：

- 1. 材料知識
- 2. 非破壞檢測能力能滿足需求
- 3. 整合製造和非破壞檢測程序

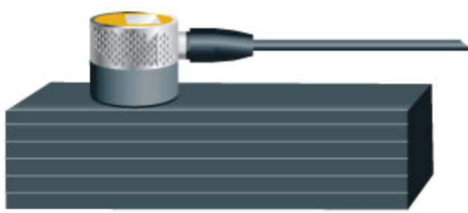
主題一：大會演講及遠端協助非破壞檢測系統（Remote Expert NDE）

大會演講介紹目前發展中（in service）的非破壞檢測技術，並以斜道破壞檢測儀（Ramp Damage Checker）、近紅外線檢測技術（Near infrared technique）、X-ray 背向散射檢測儀（X-ray Backscatter）及遠端協助非破壞檢測系統（Remote Expert NDE）來做介紹。

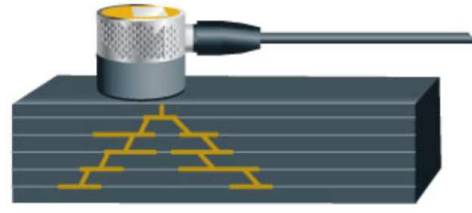
- （1）斜道破壞檢測儀（Ramp Damage Checker）：材料內部破壞常有以下幾種類型

腐蝕類型	腐蝕示意圖
脫層 (Delamination)	
複合材料分離 (Disbonds)	
裂縫 (Cracking)	
空孔 (Porosity)	
皺褶 (Wrinkles)	
外來物 (Foreign materials)	

而又以脫層 (Delamination) 最為常見。斜道破壞檢測儀是利用超聲波來進行脫層缺陷的檢測，其原理是經由超聲換能器 (耦合成片狀的固體複合材料組成) 激發出高頻脈衝波，並在材料中行進直到遇到空氣邊界而停止，而反射回來的回波訊號則會被接收器接收。在多層的複合材料中，反射訊號皆來自於底面或內表面上，若有脫層缺陷或平行於表面的表面下裂紋，則反射回波傳送的時間會較短於正常材料的反射時間，此回波模式的差異可被用來識別材料內部有無缺陷存在，由於操作相對簡單，因此不需要特別的人員訓練。儀器顯示燈有分綠色即紅色，當超音波經過脈衝回波法接收到材料訊號後，若無內部缺陷則會顯示綠色燈號 (如下圖一)；若材料內部有缺陷則燈號顯示為紅色 (如下圖二)，檢測人員能將儀器判定結果作為是否要進行更進一步非破壞檢測的參考。

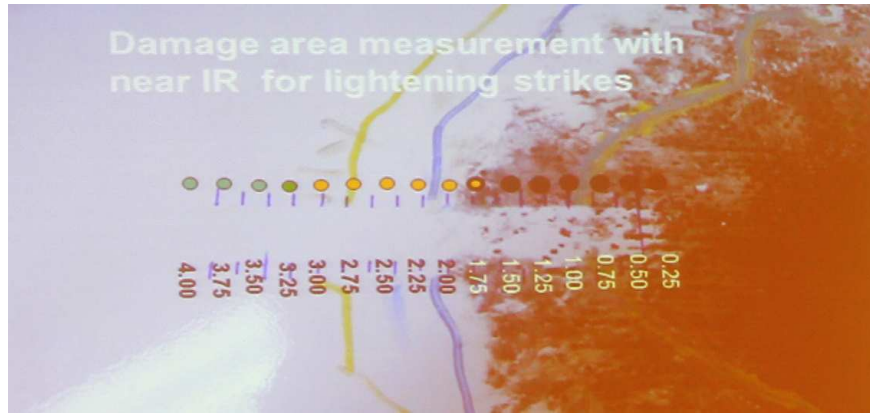


(圖一) 無內部缺陷亮燈呈綠色



(圖二) 有內部缺陷亮燈呈紅色

(2) 近紅外線檢測技術 (Near infrared technique)：運用光電技術以偵測物體熱輻射之特定紅外線波段訊號，可將該訊號轉換成人眼可辨識之影像圖形，讓人類能超越視覺障礙，看到物體的性質等等。近紅外線檢測技術能應用的範圍很廣，舉凡金屬材料（包含有無鐵磁性或磁力）、非金屬材料（包含聚合物、陶瓷材料、封裝材料）皆可以使用這種技術進行檢測，由於有時材料因為介在物、吸附物或空孔使得超音波檢測時造成散射現象或音波反彈而無法進行檢測，又因為有時需要進行移動中檢測，近紅外線檢測儀器都能克服這些困難。儀器所激發出來的訊號波長約為 700~900nm，可偵測出材料內部的異種物質、空孔、水分含量梯度、濕度分布、溫度分布等等，這些測量項目可以提供檢測人員品質管理或非破壞檢測時溫度、水分分布梯度情形，進而判斷出腐蝕或缺陷位置。大會中所討論的檢測項目為應用在熱損壞並將其嚴重程度進行分級，分級方式為利用顏色區分嚴重程度，讓檢測人員能判斷後續的處置方法，訊號可分為黑色（代表嚴重熱損傷）、橘色（代表腐蝕持續進行中）、綠色（無明顯的腐蝕發生），而檢測的物體便會顯示這三種顏色溫度分布，並可檢測表面及次表面的熱損壞。（如下圖所示）

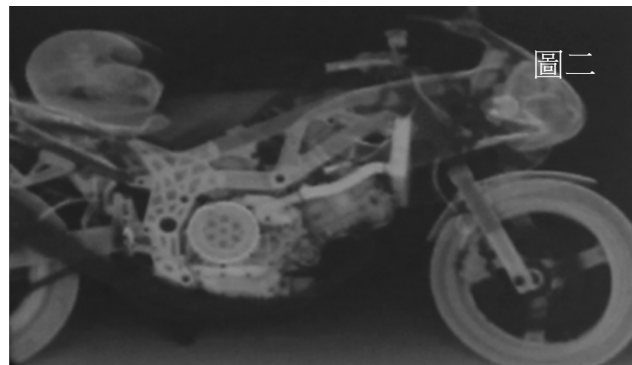


- Black dots are severe
- Orange dots are steadily decreasing
- Green dots are no apparent damage

(3) X-ray 背向散射檢測儀 (X-ray Backscatter): 這是一種先進的 X-ray 顯影技術，由於傳統的 X-ray 檢測材料時是利用感應器接收穿透物體後的放射線，而背向式的檢測方法則是接收由物體反射出來的射線，並且較不會造成物體的破壞，也可使用在當物體只有一面能進行拍攝時的情形。目前此技術廣泛用在機場安全管理能夠檢測出乘客是否有攜帶武器、液體、錢幣或其他非法的物品等等，因此能夠將乘客所攜帶的東西一覽無遺，其示意圖為圖一；若將其應用在工件的檢測，則能將待測物體做 360°掃描，進而收集每個角度的穿透影像，之後利用電腦進行處理構出待測物體之實體影像。由於檢測物體內部結構可進行斷層掃描，所以能有效達到判別缺陷的目的，其示意圖為圖二所示（為利用在檢測摩托車是否有缺陷）。

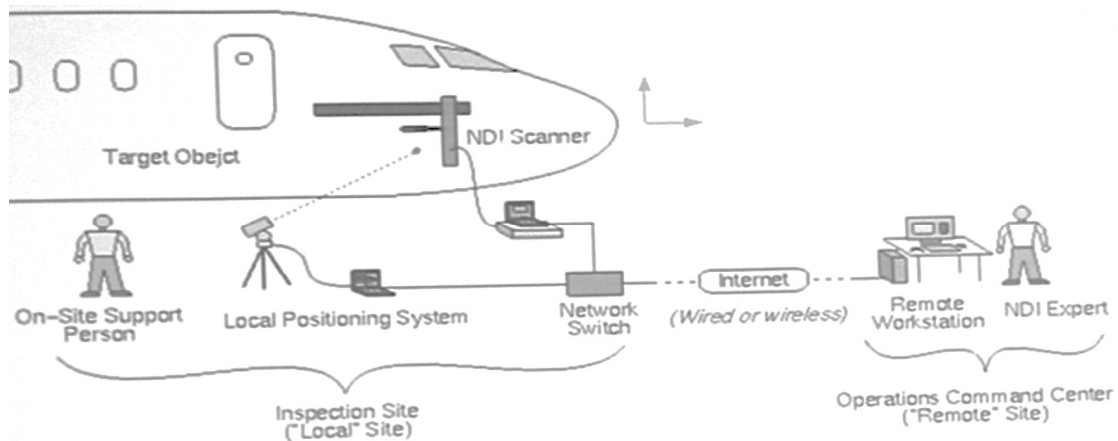


圖一



圖二

(4) 遠端協助非破壞檢測系統 (Remote Expert NDE)：由於在石化、航空、建築等等產業皆需要大量的非破壞檢測人員，且測試方法和檢驗判定結果各行業有其一套獨特的要求和挑戰，有時必須檢查的範圍很廣且非常耗時繁瑣，而潛在的檢測問題必須要複雜的檢測技術才能應對，因此造成了合格技術人員短缺的問題。而腐蝕成像系統能夠方便且準確的掃描彎曲石化管線或儲槽的大面積底部，並將數據轉化成可視化表示，讓在遠端的技術人員能夠同步看到腐蝕問題並進行專業的建議及指導，由於這樣的檢測需要以團隊合作的方式來達成，若以應用在航空來說，圖示如下。



在檢測腐蝕現場需要有操作人員將腐蝕成像系統架好，並將腐蝕位置定位，將掃描後的數據利用電腦進行可視化轉換，並將結果無線傳輸至遠端的專業技術專家進行研判，這種方法一方面能夠解決非破壞技術人員短缺的問題，另一方面則能將缺陷記錄並導入資料庫進行分類，將來若要調出來查閱或是比對都很方便。

主題二：超音波和音波

在超音波技術目前主要使用藍姆波 (Lamb wave) 和超音波，其主要差異為：

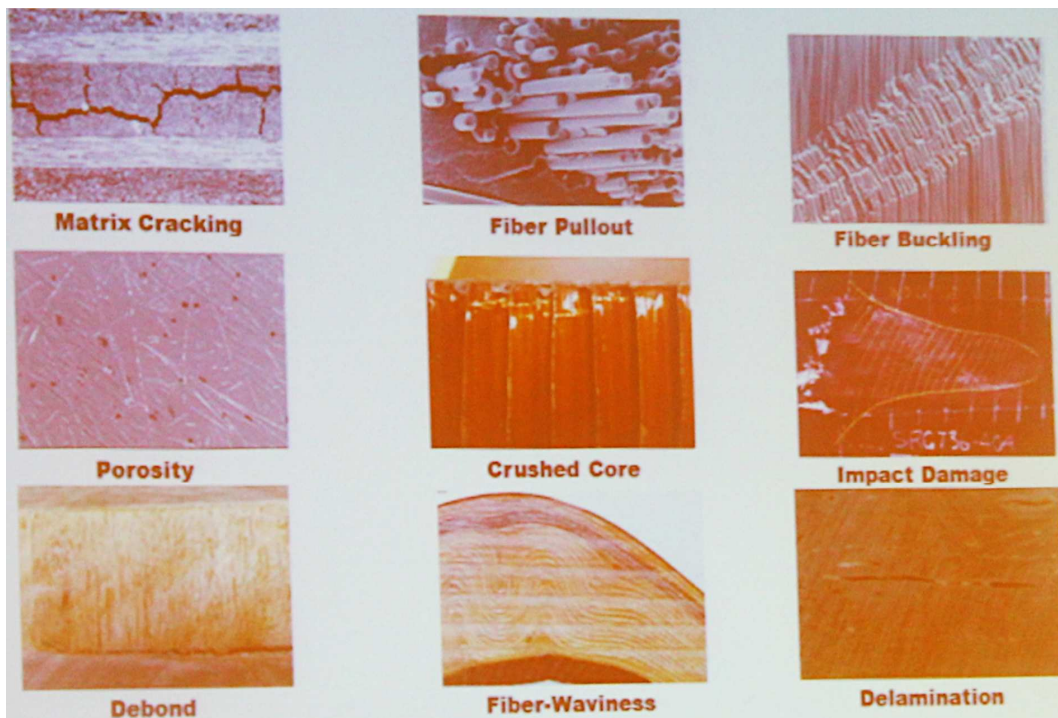
	蘭姆波(導波)	超音波
頻率	幾十到幾百 kHz	1-50MHz
波傳	剪力(shear)波主 導	縱波主導
檢測方法	投捕式	脈波回波法
音波形式	連續波	脈波
檢測缺陷	振幅和相位	行走時間

導波是一種快速大範圍掃描的技術，作為初步篩選有節省成本的優點。目前本中心在設備和管線包覆層下腐蝕 (Corrosion under insulation) 使用導波技術進行相關研究，但對於訊號判讀仍需要更多的實作數據和經驗，才能做更正確的解釋。

音洩 (Acoustic Emission) 技術，國際上已發展很長一段時間，對於裂紋、腐蝕、洩漏及監控等等方面都在持續研究，也是一種快速大範圍檢測技術，適用於其他檢測方法受幾何形狀限制的設備，但易受雜訊干擾，故訊號的判讀跟導波同樣地需要專業技術人員來進行，其檢測出缺陷之定性定量仍需依賴其他非破壞檢測方法。例如在油槽檢測最難以檢查之處為底板，必須等開槽之後才能入槽進行檢測，而往往開槽檢修動輒幾個月，成本耗費相當可觀，因此如何在操作中進行可靠的檢測一直是國際上研究的目標，而音洩技術理論上是可以進行，但實務上仍遇到許多問題，如易受干擾、定位不準確等等。然而在台灣的石化工業裡使用的不多，加上近來主管機關有意修法，因此持續研究發展音洩技術應用於煉油石化業是有其必要性。

主題三：自動超音波檢測系統（Automated Ultrasonic Inspection Systems）

這個主題主要是要介紹自動超音波檢測系統應用於很多方面，例如石化產業中的無縫管及氣體儲槽缺陷檢測、焊道檢測；航太業中機翼或各項設備檢測等等。由於此種檢測方式能夠有效的包覆整個檢測範圍、處理效率高、對於細微的缺陷感測能力高且重複使用能力佳，因此目前處於蓬勃發展的狀態。通常較細微的缺陷包含工件內的矩陣式裂痕（Matrix Cracking）、纖維剝離（Fiber Pullout）（主要發生在複合材料）、纖維局部彎曲（Fiber Buckling）、氣孔（Porosity）、心核斷裂（Crushed Core）、衝擊破壞（Impact Damage）、脫膠（Debond）、纖維波浪狀（Fiber-Waviness）、脫層（Delamination），其示意圖如以下所表示。



(1) 航空產業：此技術應用在航空產業中，可檢測飛機零件生產線上的工件，搭配 AMP 及 TOF C-Scan 技術讓技術人員知道腐蝕發生的位置及嚴重程度，將需要作進一步檢測的零件抽出，讓生產線能繼續生產，加快生產效率。此檢測設備架設在航空產業的生產線上，並搭配機械手臂檢測較細步的位置，以達到滴水不

漏的全面檢查，以下兩圖為示意圖。



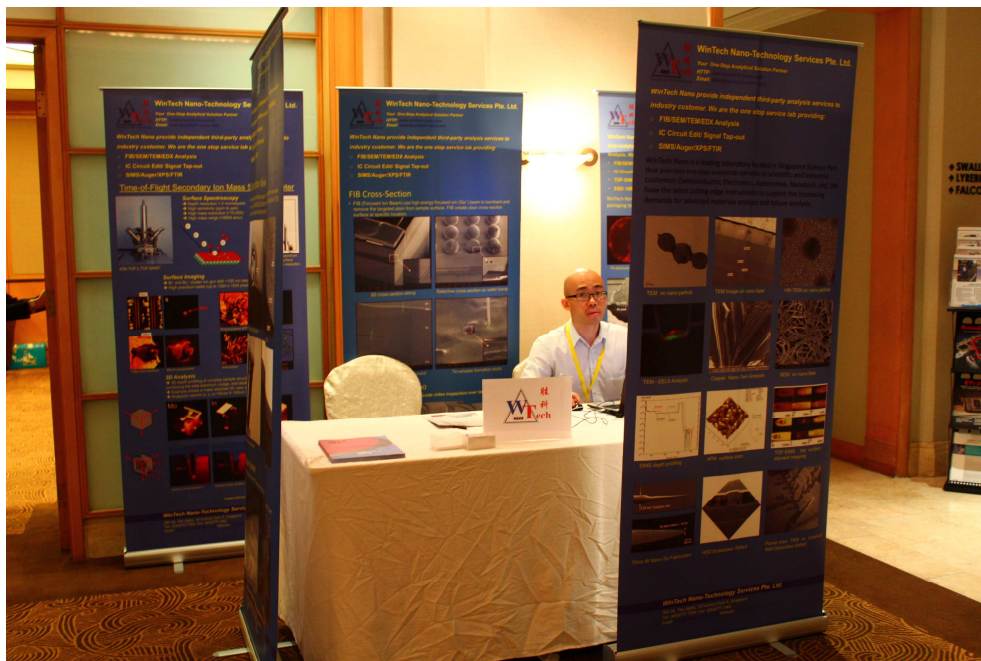
(2) 石化產業：此技術應用在石化產業中，可搭配使用超音波技術或 X 射線技術進行檢測服務，例如下圖就是利用自動超音波檢測系統檢測焊道是否有瑕疵，並結合傳統及陣列式超音波系統（Phased Array）。



主題四：會議上儀器展示

聚焦離子束顯微鏡（Focus Ion Beam）搭配化學分析服務：這是由大陸 Win-Tech Nanotechnology Service 公司所提供的服務，其目的是利用架設在掃描式電子顯微鏡（SEM）上的電場加速離子束，並透過靜電透鏡聚焦，將高能量的離子撞擊至試片表面，並配合不同的反應氣體，達到切割工件、蝕刻、蒸鍍的目的，並且可偵測二次電子成像，目前使用的離子束為液相金屬離子源，金屬材質為鎵（具有

低熔點、低蒸汽壓及良好抗氧化力)。當利用聚焦離子束切割完工件，材料內部的成分元素會顯露出來，儀器可再利用 EDS 進行化學分析，便能將材料內的化學成分一覽無遺，以下為展場 Win-Tech 公司的攤位，提供各項奈米尺度的服務。



參、心得與建議

- 1.在進行非破壞檢測技術時，千萬記得 75%來自於經驗、25%來自於科學，因此別一味地研究學理，擁有更多的實務經驗才能和理論相結合，使非破壞檢測技術更精進。
- 2.各種非破壞檢測技術都有其優缺點，只有相對的，沒有絕對的好與壞。在實務面做檢測要謹記同一個缺陷使用各種不同技術，也許會有不同的發現，也因此檢測人員對於各種非破壞檢測技術都要有一定程度的了解，才能在檢測上做一適當的規劃，例如：次表面的缺陷我們有多種檢測方法可以選擇，如磁力檢測（限鐵磁性材料）、超音波、放射線等等非破壞檢測技術，使用一種或多種方法端看檢測人員判斷，有時考量成本、時間或現場環境等等。
- 3.非破壞檢測技術應用非常廣泛，舉凡農業、工業、醫療業、建築業、航空業等等都有使用，但不同行業間對於各種非破壞技術的使用程度略有不同，例如：農業使用超音波法用於檢測蔬果成熟度、X-ray 檢測老樹健康程度與樹齡等

等；醫療業有常見的超音波檢測血壓、腹部掃描、胸部 X-ray 等等；建築業監控建物之鋼筋水泥龜裂也常使用超音波；航空業重視的複合材料脫層問題常使用超音波、放射線、紅外線等等技術。

因此若能大略了解其他行業之非破壞檢測技術的應用，相信某些場合會發現比以前更適用的檢測技術，例如本次會議在航空業用來檢測複合材料的儀器，其中某項技術用來檢測石化業之管線與儲槽，更可以彌補現行的檢測方法、儀器所欠缺。

4.非破壞檢測技術是門非常講究經驗的技術，藉由參加本次會議更可以了解，為使工業化國家產品技術提高，非破壞檢測技術的提升，不管是更廣泛（跨領域）的應用，還是發展新技術都是必須的。因為我們不希望是事件發生後才使用非破壞檢測技術來檢討原因，我們最終目標是希望事前預防，所以從事這行的同仁更需要知識、經驗的分享與傳承。