

出國報告（出國類別：開會）

## 參加第 12 屆歐洲非破壞檢測研討會 (ECNDT)

服務機關：臺灣中油股份有限公司 煉製事業部 設備檢查技術中心

姓名職稱：李柏陞 工程師

派赴國家：瑞典 哥德堡

出國期間：107.06.09~107.06.17

報告日期：107.07.09

## 摘要

為了解國際非破壞檢測技術的發展及較新的資訊，以提升本事業部各廠應用非破壞檢測技術於各工場設備管線檢查的能力。本中心派員參加此國際非破壞檢測研討會，藉以了解目前非破壞檢測技術的開發及研究成果，並參與檢測應用及實務經驗的交流。希望將此次交流的經驗與我們的現場實務經驗相結合，並做出較具實務上的建議，以供各廠設備檢查單位參考，並適切的使用非破壞檢測技術，以減少工場因腐蝕減薄發生的工安事件，降低工場操作風險。

會議中脈衝式渦電流技術及 3D 雷射外部腐蝕掃描的應用，本公司已有導入應用在檢測設備及管線上，其中於會議中多方了解到脈衝式渦電流陣列式探頭可加快管線的掃描檢測速度，但解析度與目前單一探頭比較卻仍有不足，故等未來解析度增加後再導入會比較有效果。而 pipecheck 軟體則能使目前 3D 雷射外部腐蝕掃描後的結果評估計算時間節省更多。超音波複合材料檢測及 B-Scan 掃描功能於展示時通常使用乾淨且平直的工件表面，但在工場實務上因表面不平整或有油汙、鐵鏽等，會大大影響其實際的檢測結果，故在實務面可用性不是很高。磁粒檢測中，黑光燈與數位相機結合的系統，可改善目前黑暗中進行 MT 檢測後，不易拍照的問題點；但問題雖可以獲得一些改善，但成本高是另一考量因素，故檢測業者在時間及成本的考量必須做一最佳的評估，再決定是否使用。導波技術於目前大林煉油廠及桃園煉油廠皆有配合承攬商利用導波技術檢查包覆層管線及出土端、過牆端等管段；未來若能再擴展其探頭配件尺寸的範圍提升及較高溫的檢測功能，相信能解決更多的檢測問題。

# 目次

摘要	2
目的	4
過程	5
主題一：脈衝式渦電流及渦電流檢測應用	5
主題二：超音波複合材料剝離(debonding)檢測及 B-Scan 測厚功能	9
主題三：油槽底板、壁板檢測及磁粒檢測(MT)	12
主題四：導波檢測(GWT)	16
主題五：3D 雷射掃描應用	19
具體成效	20
心得及建議	21
參考資料	22

## 目的

專業的設備檢查人員如同設備的檢驗醫生一樣，如何有效、正確地進行判斷非常重要，除了要具備豐富的檢測專業知識及經驗外，還需要有一些足以提供準確且有效檢測資訊的檢測方法及檢測設備，正所謂「工欲善其事，必先利其器」。現在科技日新月異，值此檢測技術及設備蓬勃發展的年代，國內非破壞檢測技術的發展一直仰賴代理商介紹國外技術，因此在此方面得到的訊息會比較片面。故適時的參加國際非破壞檢測研討會，將有助於我們了解國際非破壞檢測技術的發展及較新的資訊。並藉由此研討會與國外檢測商、設備製造商交流的機會，再參酌檢查工作上實務的經驗，歸納出一些現場實務上較可行的非破壞技術或方法，以做為未來各廠實務檢測應用上的參考。

# 過程

本次會議舉辦於瑞典哥德堡，為期五天，會議中摘要發表數為 700 篇、論文發表數為 600 篇，並展覽上百家儀器設備。會中發表之非破壞檢測技術包含脈衝式渦電流(PEC)及渦電流檢測應用、超音波複合材料剝離(debonding)檢測及 B-Scan 測厚功能、油槽底板、壁板檢測及磁粒檢測(MT)、導波檢測(GWT)、3D 雷射掃描應用等。

## 主題一：脈衝式渦電流及渦電流檢測應用

管線和油槽若位於易腐蝕環境中或因沖蝕、鏽蝕而使壁厚減薄導致洩漏或斷裂，不僅造成環境污染，也會使工場運作延宕。因此有效的檢測腐蝕狀況對於非破壞技術是很重要的任務。脈衝式渦電流檢測一般應用於包覆層下腐蝕(CUI)及防火層下腐蝕(CUF)等，如圖 1.及圖 2.所示，但無包覆層也可施作。此技術乃將檢測足跡(footprint)下方的壁厚平均計算，便可得到厚度值。而檢測靈敏度隨著和探頭之間的距離成反比，因此檢測足跡(footprint)邊界約為磁場剩餘 50%的位置，參考圖 3.<sup>[1]</sup>所示。



圖 1. 包覆層下腐蝕(CUI)



圖 2. 防火層下腐蝕(CUF)

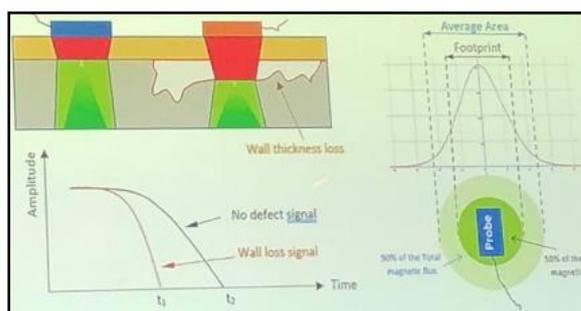
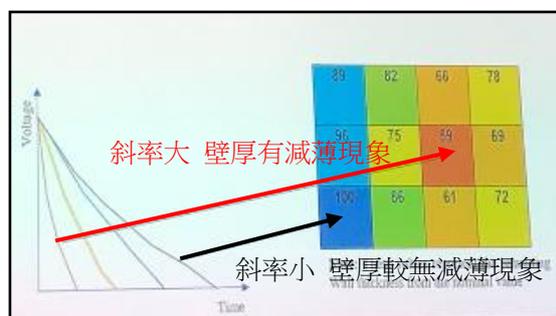
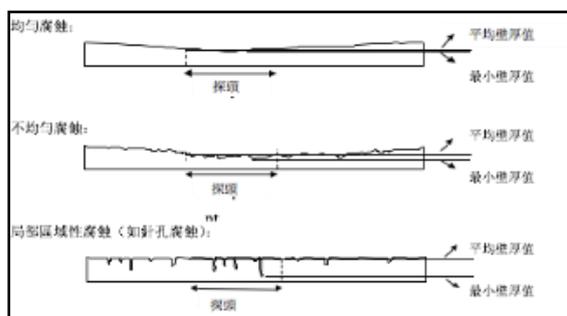
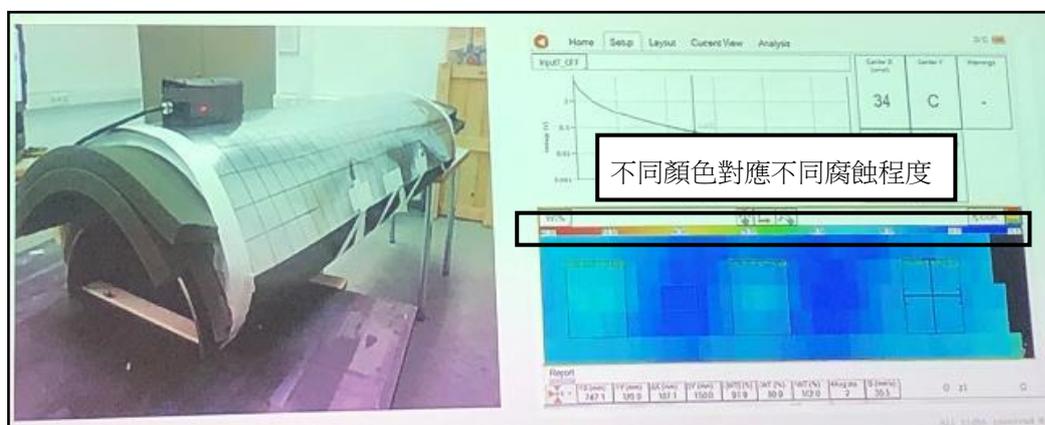


圖 3. 檢測面積(footprint)介紹

由於脈衝式渦電流檢測壁厚為檢測面積下的厚度進行平均，因此能夠檢測出的腐蝕形貌為均勻腐蝕及不均勻腐蝕(CUI 腐蝕類型)，無法檢測局部區域性腐蝕(如針孔腐蝕)，詳見圖 4.<sup>[2]</sup>所示。其脈衝長度(pulse length)為材料厚度(material thickness)、導磁率(permeability)及導電率(conductivity)的函數，檢測結果可經由儀器將 A-Scan 訊號轉換成 C-Scan 訊號，詳見圖 5.<sup>[1]</sup>所示，若壁厚無減薄現象，則電壓對時間的斜率則較小(詳圖 5.黑色線)，若壁厚減薄嚴重，則斜率較大(詳圖 5. 紅色線)，而右邊方塊上顏色對應的數字代表剩餘厚度數值，數字越大表示無腐蝕現象發生(例如深藍色方格 100%表示無減薄現象)。



Tecnom-NDT 檢測公司在會議中指出脈衝式渦電流能夠檢測出最小的腐蝕尺寸取決於檢測足跡(footprint)的體積 15%，並將其實驗結果展現出來(詳圖 6.<sup>[1]</sup>所示)。圖 6.中綠色代表腐蝕程度屬於中度腐蝕現象；藍色代表腐蝕現象為輕微腐蝕現象；紅色代表嚴重腐蝕，而他們設計的實驗管腐蝕約等於檢測足跡 15%或以上的體積，並且都有被檢測出來。



會議中展示的兩種脈衝式渦電流儀器各為 eddyfi 公司及 MAXWELL 公司研發。eddyfi 公司目前考量單一檢測足跡(footprint)於工作上效率過低，因此將探頭串連形成陣列模式 (array)，如圖 7、圖 8.及圖 9.所示。對於不同尺寸的管線皆可進行不同數量探頭的組裝，不僅提升檢測速度且探頭也加裝滾輪進行滑動，減少探頭底下磨耗的問題。此外，eddyfi 公司利用渦電流技術研發出檢測表面及次表面的掃描式探頭，目的是取代傳統的液滲檢查及磁漏檢查，如圖 10.所示，其特色為檢測速度快且可量化缺陷的長度及深度。



圖 7. eddyfi 公司脈衝式渦電流儀器



圖 8. eddyfi 公司陣列探頭



圖 9. eddyfi 公司脈衝式渦電流介面



圖 10. eddyfi 渦電流銲道檢測

MAXWELL 公司脈衝式渦電流搭配四種不同尺寸的檢測足跡(footprint)，如圖 11.<sup>[3]</sup>及圖 12.<sup>[3]</sup>所示，隨著檢測不同厚度的工件及包覆，可使用相對應的探頭進行工作，其儀器特點為電池容量較大，可激發較強的能量，不僅能使檢測解析度、靈敏度提升，也能檢測有較厚包覆層的工作。探頭底下有防磨層保護(如圖 13. 所示)，其獨有的 B-Scan 掃描方式可設定資料蒐集間隔時間(如圖 14.所示)，讓使用者不用每次擷取數據都要按一次啟動按鈕。除此之外，MAXWELL 公司與 InnoTecUK 公司合作研發出陣列移動式脈衝式渦電流機器人，利用真空式吸附技術，沿著腳柱、油槽壁板及壓力容器等有包覆之大型待測物垂直爬升。其四個探頭激發方式為間歇性輪流激發模式，有效降低每個探頭互相影響的機會，使檢測數據更為準確，可參考圖 15.及圖 16.。



圖 11. MAXWELL 公司四種尺寸探頭



圖 12. MAXWELL 公司儀器展示



圖 13. MAXWELL 公司探頭防磨層

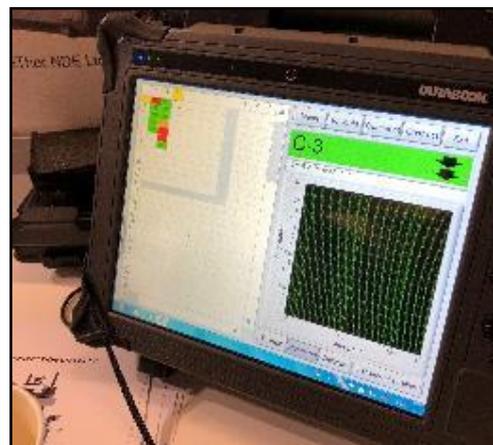


圖 14. 儀器介面展示



圖 15. 移動式脈衝渦電流

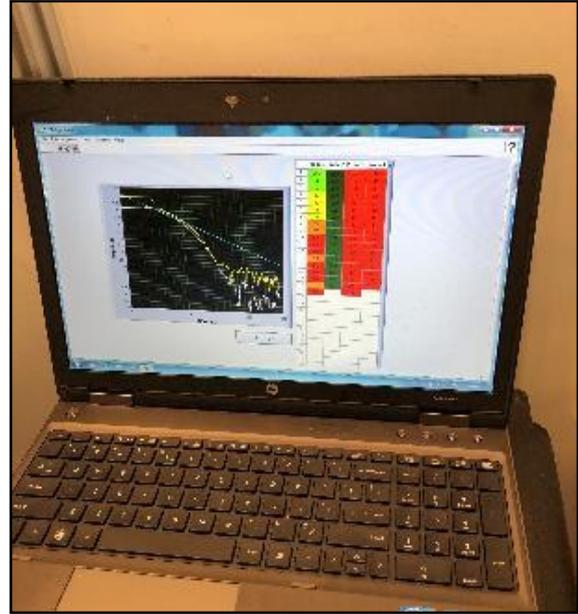


圖 16. 儀器檢測方式及介面

## 主題二：超音波複合材料剝離(debonding)檢測及 B-Scan 測厚功能

複合材料檢測原為航太業檢查機身、機翼之應用，近年來因本公司油槽底板防蝕考量，大多都會在其表面附上一層 FRP 材料，因此如何檢測此材料內部之缺陷，例如剝離(debonding)、夾層(delamination)等，便漸漸成為一重要課題。本次會議中展示的兩種檢測複合材剝離儀器分別為 ETHER NDE 公司及 NDT Systems 公司研發。ETHER NDE 公司利用超音波收發分置(pitch & catch)方式進行檢測，攜帶方便且檢測速度快，探頭及主機可參考圖 17.及圖 18.。其校正方式需準備標準試片及有缺陷試片(例如夾層、衝擊等)，校正後可藉由回波訊號是否有異樣(紅色訊號)來判斷複合材料結合的狀況，可參考圖 19.及圖 20.。



圖 17. ETHER NDE 公司收發分置探頭



圖 18. ETHER NDE 公司主機

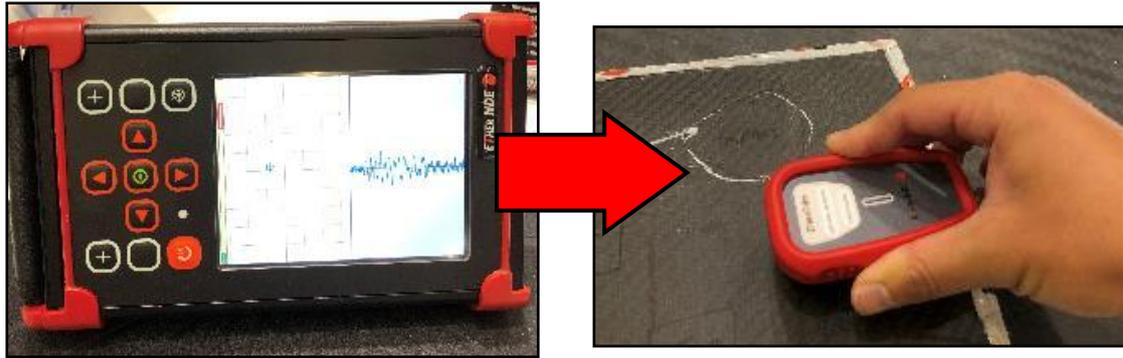


圖 19. 回波訊號顯示複合材料內部無缺陷

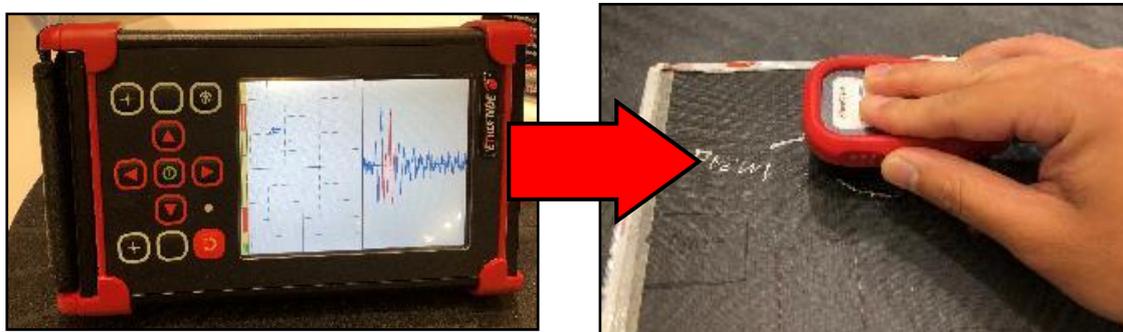


圖 20. 回波訊號顯示複合材料內部有衝擊缺陷(有紅色訊號產生)

NDT Systems 公司也是利用超音波收發分置(pitch & catch)方式進行檢測，並有 C-Scan 功能增加缺陷的可視性，可顯示複合材剝離的面積及嚴重度，可參考圖 21.及圖 22.。此儀器使用支架(如圖 23.所示)進行自動掃描工作能增加解析度，反之手動掃描則會犧牲解析度及準確性。此外，儀器操作較為複雜且笨重，該公司也在積極研發更易攜帶性的產品。



圖 21. NDT Systems 公司主機及探頭

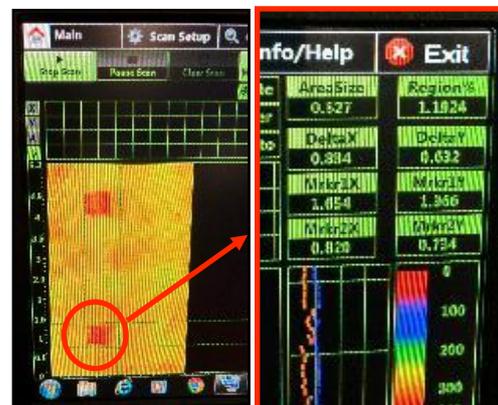


圖 22. NDT Systems 公司 C-Scan 介面

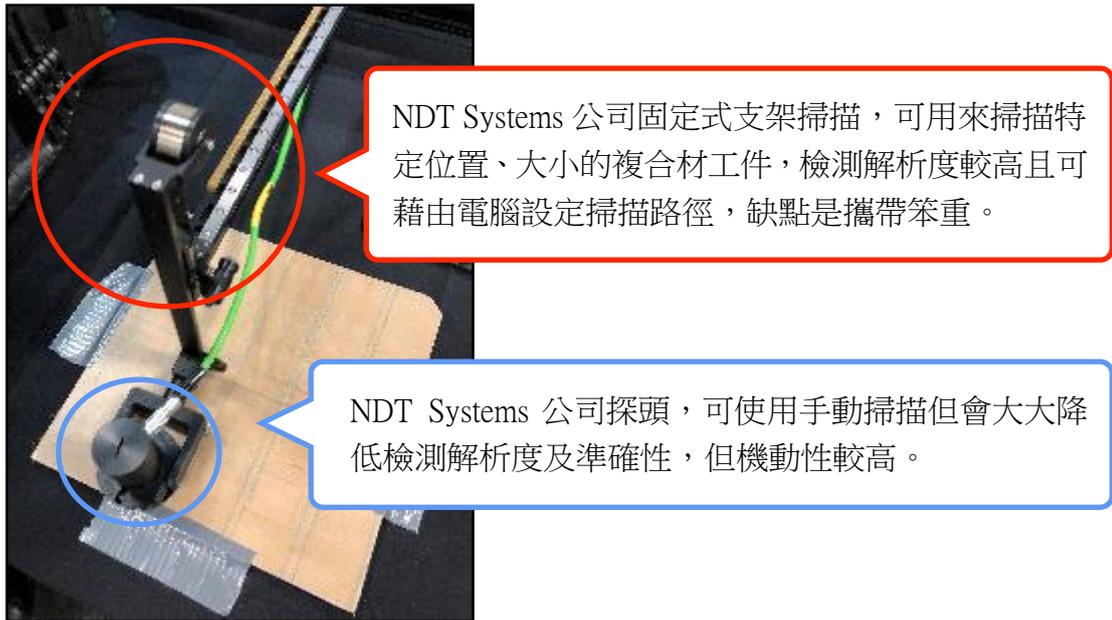


圖 23. NDT Systems 公司固定式支架自動掃描功能

在煉油、石化工廠中，掌握設備與管線腐蝕狀況一直是設備檢查部門非常重視的課題，一般而言，超音波測厚是目前最普遍應用於量測設備及管線剩餘厚度的非破壞檢測技術，以此作為判斷管線設備剩餘壽命或是否汰換的重要依據，近年來由於密集測厚的需要，有些測厚儀會增加 B-Scan 功能，以利檢測人員在工件上即時掃描及記錄數據。本次會議中展示的兩種具 B-Scan 功能測厚儀分別為 SONOTEC 公司及 DANATRONICS 公司研發。SONOTEC 公司進行超音波測厚後，不僅能用 B-Scan 掃描記錄數據，也能用顏色標示出跟設定 gate 數值差異較大的區域，並用顏色表示之，讓操作者對於疑似腐蝕的區域一目瞭然，可參考圖 24. 及圖 25.所示。



圖 24. SONOTEC 公司測厚儀

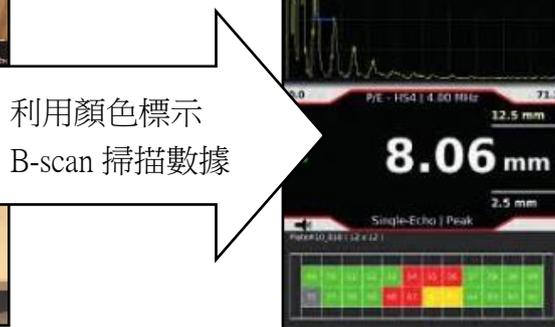


圖 25. 測厚儀 B-Scan 功能

DANATRONICS 公司測厚儀探頭設計成適合掃描的滾輪模式，在進行 B-Scan 掃描時不會因為手動的施力造成數據搜集不完整等人為影響。圖 26.及圖 27.展示儀器及探頭樣式，但因滾輪跨距因素，管線為 3 吋以上才能進行檢測。



圖 26. DANATRONICS 公司測厚儀

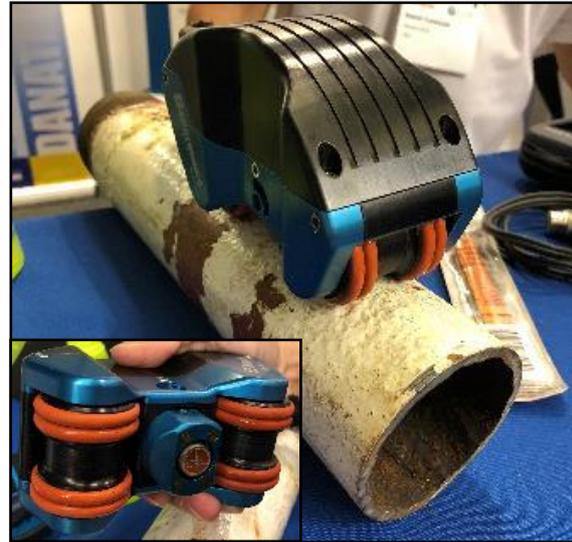


圖 27. DANATRONICS 公司測厚探頭

### 主題三：油槽底板、壁板檢測及磁粒檢測(MT)

油槽檢查於新油槽十年開放檢查一次，其餘情況每五年開放檢查一次，而檢查重點不外乎油槽底板及壁板進行大範圍磁通漏(MFL)或超音波檢查等。BAUGH&WEEDON NDE 公司推出了可折疊式磁通漏(MFL)油槽底板掃描器，掃描前要對標準板進行校正，可參考圖 28.<sup>[4]</sup>，並可由校正訊號判斷是否校準正確。掃描完成後，數據以 mapping 方式呈現，並且可對腐蝕範圍進行更詳細的分析(詳圖 29.<sup>[4]</sup>)，其高解析度時準確率約為 20 公尺的掃描範圍正負 1 公厘，折疊後體積更為輕巧，方便檢測人員攜帶，可參考圖 30.<sup>[4]</sup>。



圖 28. B&W NDE 公司校正訊號顯示



圖 29. B&W NDE 公司檢測訊號顯示

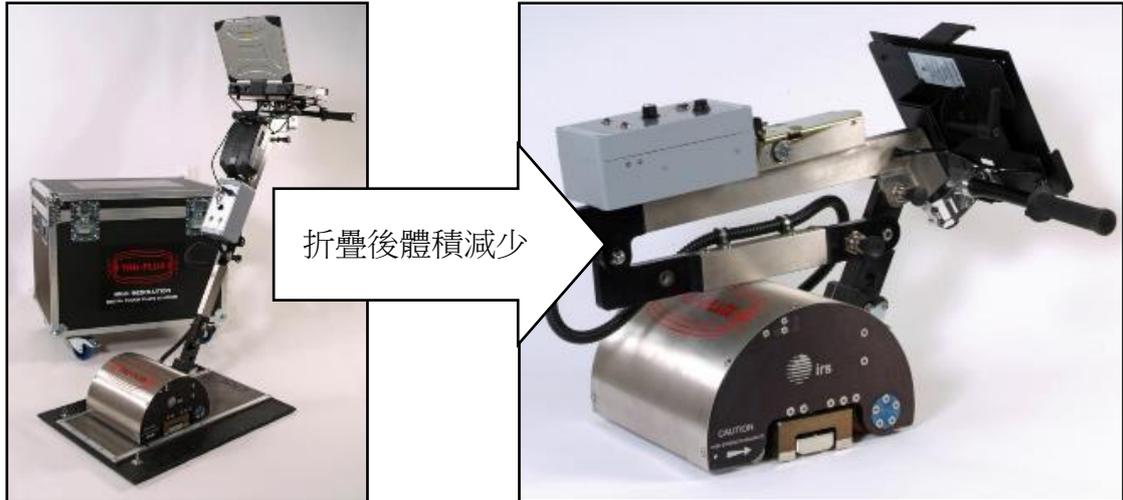


圖 30. B&W NDE 公司磁通漏掃描器進行折疊後樣貌

會場中也展示能夠進行壁板檢測並且自動爬升的超音波檢測車，不僅縮短檢測時間及人力，也能省下搭架的費用並降低高空作業的風險，此檢測車為 TecniTest NDT 公司研發，超音波探頭位於檢測車底部(詳圖 31.及圖 32.所示)，並可進行 B-Scan 掃描。現場也準備了一塊模擬壁板但有凹槽的試片進行實驗，當檢測車開過凹槽試片後，可由 B-Scan 圖中概略曉得腐蝕位置，再經由個別缺陷分析 A-Scan 訊號，則能得到更為準確的數據，並搭配所設定的 gate 評估腐蝕的嚴重度，試片及實驗結果請參考圖 33.所示。



圖 31. TecniTest 公司檢測車示意圖

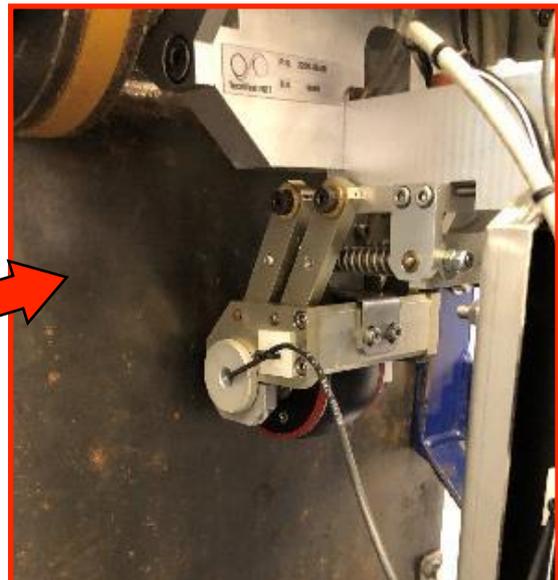
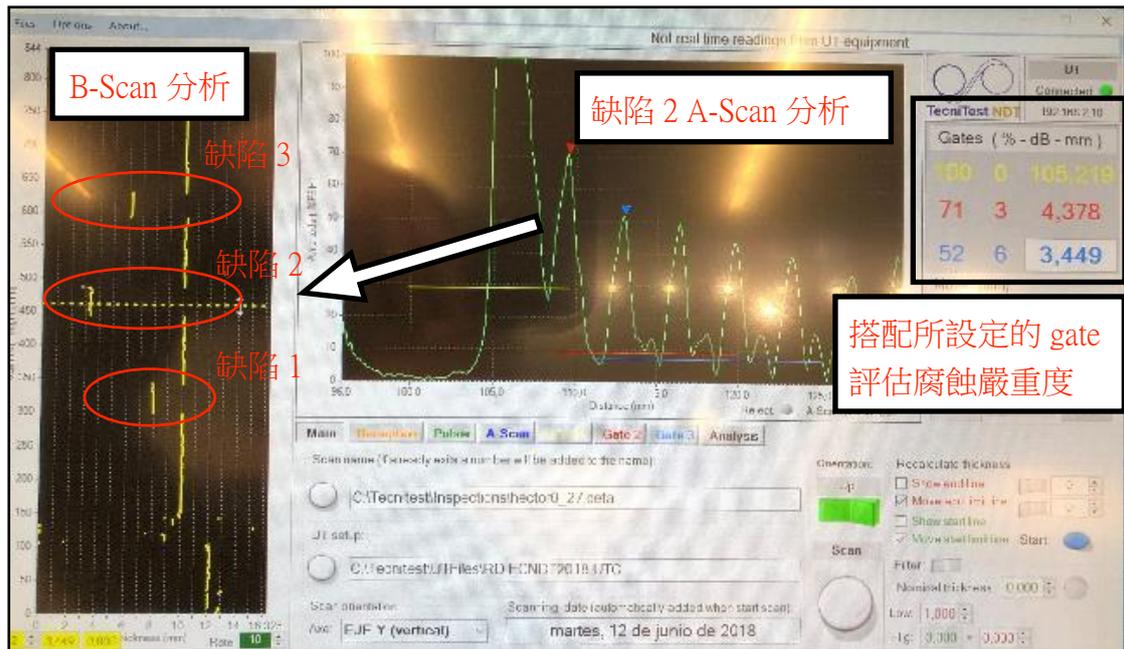


圖 32. TecniTest 公司檢測探頭位置



B-Scan 圖中顯示掃描路徑有三個缺陷，分別為缺陷 1、缺陷 2 及缺陷 3，缺陷 1 厚度約為 8mm、缺陷 2 約為 3mm、缺陷 3 約為 6mm，缺陷 2 為較嚴重之腐蝕。X 座標為量測厚度值、Y 座標為掃描路徑跟起始點距離，因此缺陷 2 大約距離起始點 450mm 而厚度約為 3mm，而正常板厚為 10mm。接著用 A-Scan 分析，gate 設定為 52%，而涵蓋 4 個回波訊號，利用 peak to peak 計算方式可將詳細厚度值 3.449mm 顯示出來（詳見右上方藍色顯示介面）。

圖 33. TecniTest NDT 公司檢測車 A-Scan 及 B-Scan 檢測數據說明

磁粒檢測(MT)黑光燈儀器在這次會場中也讓人耳目一新。磁粒檢測為傳統非破壞檢測技術，其用於檢測表面及次表面裂紋或孔蝕等缺陷，並時常用在油槽底板銲道檢查，而在油槽開放檢查中，內部光線不足的情況下就會使用螢光磁粒進行檢測工作。當檢測完成後要用數位相機進行結果紀錄，但由於週遭光源不足難

以進行拍攝工作，便會造成檢測人員困擾，因此 BAUGH&WEEDON NDE 公司研發了結合黑光燈及數位相機的儀器(參考圖 34.及圖 35.所示)，螢幕設計為觸碰式螢幕，可利用手指進行放大縮小，並搭配 Wi-Fi 或 Micro-USB 傳輸資料，方便檢測人員操作。

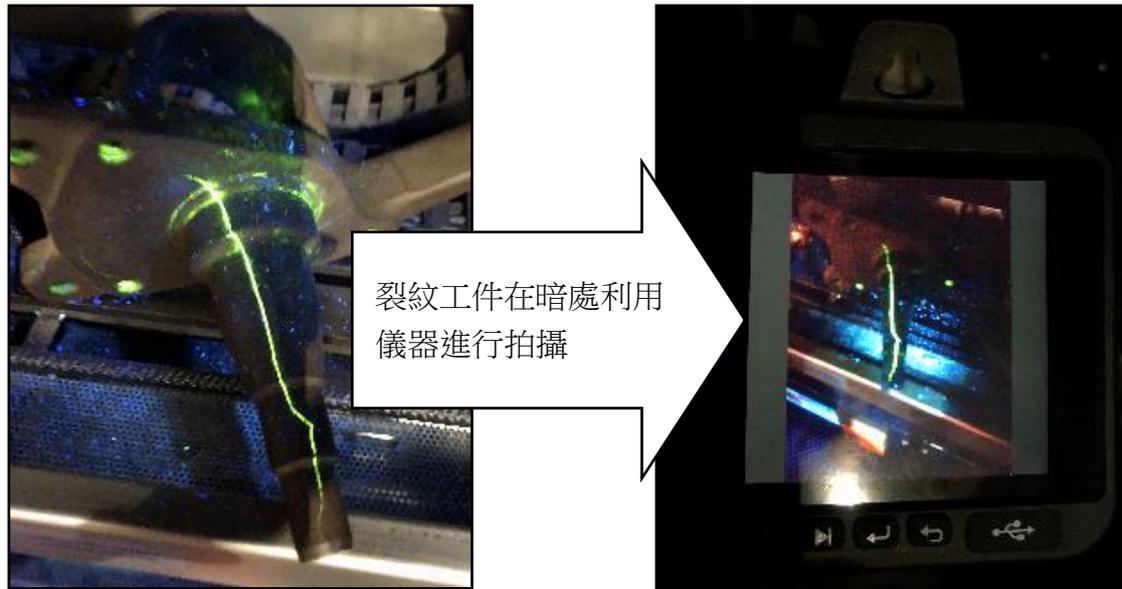


圖 34. BAUGH&WEEDON NDE 公司黑光燈現場操作情形

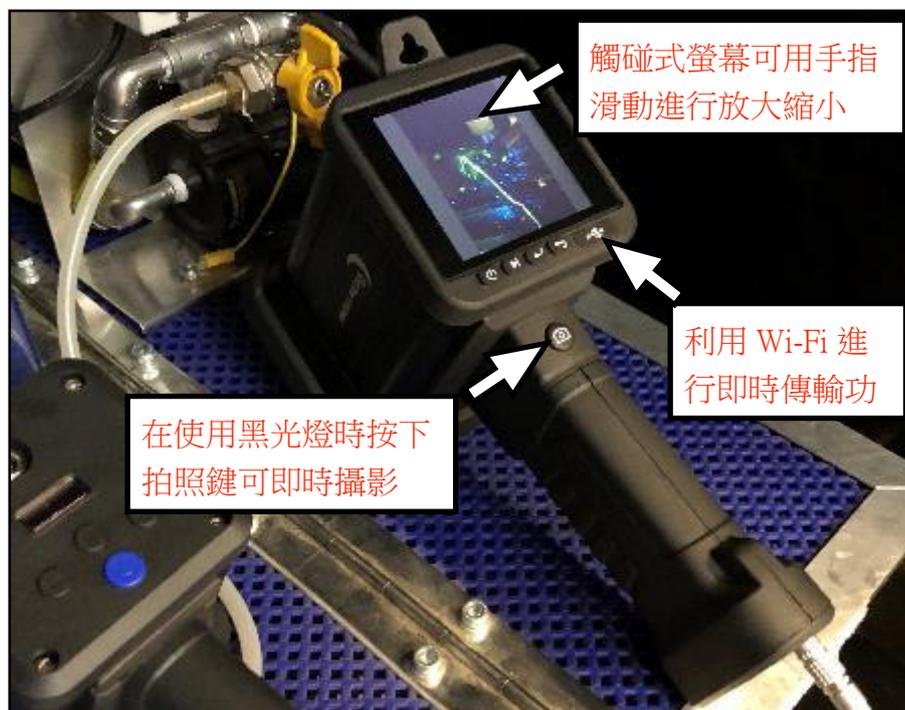


圖 35. BAUGH&WEEDON NDE 公司黑光燈儀器示意圖

#### 主題四：導波檢測(GWT)

導波法檢驗管線腐蝕缺陷之原理，乃以連續脈衝回波法(Pulse-Echo Method)將特定頻率之超音波，沿著所欲檢測之管壁傳導。音波會藉著所激發的波傳模態在管線的直管、彎頭、鉸道及支撐座傳送，當遇有缺陷、剛性改變及聲阻抗改變，會產生模態轉換，這些回波訊號都會傳回探頭處。而檢測儀器就會藉由軟體將探頭所接收到的回波訊號加以分析、比對，以判斷管線內外壁是否有腐蝕或裂縫之現象。會場中所討論的激發超音波方式有兩種，為磁致伸縮式(MsTs；Magnetostrictive Transducers)及環狀壓電探頭式。

美國西南研究院(SwRI)將磁致伸縮式探頭(詳圖 36.<sup>[5]</sup>)應用於檢測基礎螺栓(詳圖 37.<sup>[5]</sup>)及監控 200°C 操作中管線(詳圖 38.<sup>[5]</sup>)。在檢測基礎螺栓中，選用 T-mode(T(0,1))的導波，頻率為 20~90kHz，其特點為波長較短且軸向解析度較高，檢測結果為定性分析，分為良好(good)、中等(media)及不良(bad)，並且檢測出範圍性均勻腐蝕現象。在監控 200°C 操作中管線中，選用 T-mode 導波，頻率為 60~90kHz，訊雜比(signal to noise ratio)控制在 44~47dB，可檢測出約截面積變化 1.5%的減薄現象，若在特定較低雜訊區段，選用 64kHz 頻率進行檢測，可增加其靈敏度，檢測出截面積變化 0.8%的減薄現象。

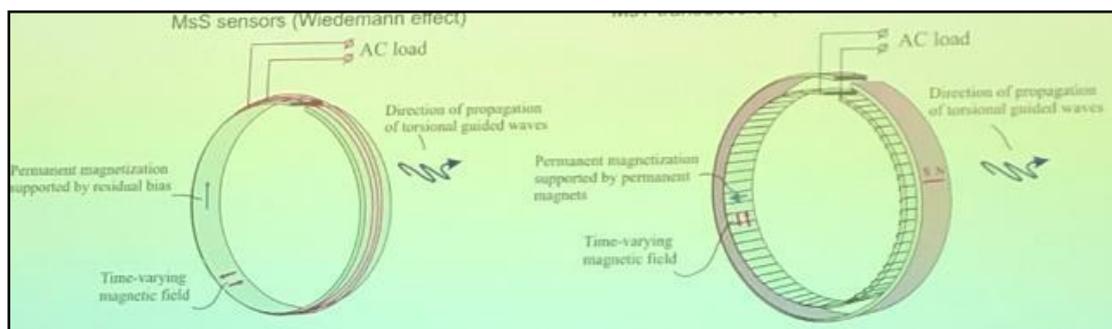


圖 36. 美國西南研究院使用之磁致伸縮式探頭示意圖

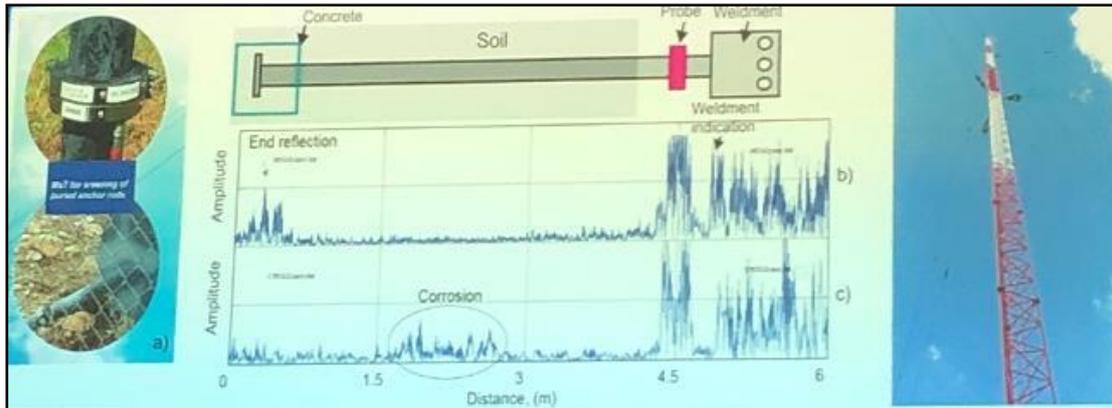


圖 37. 美國西南研究院應用導波於檢測基礎螺栓

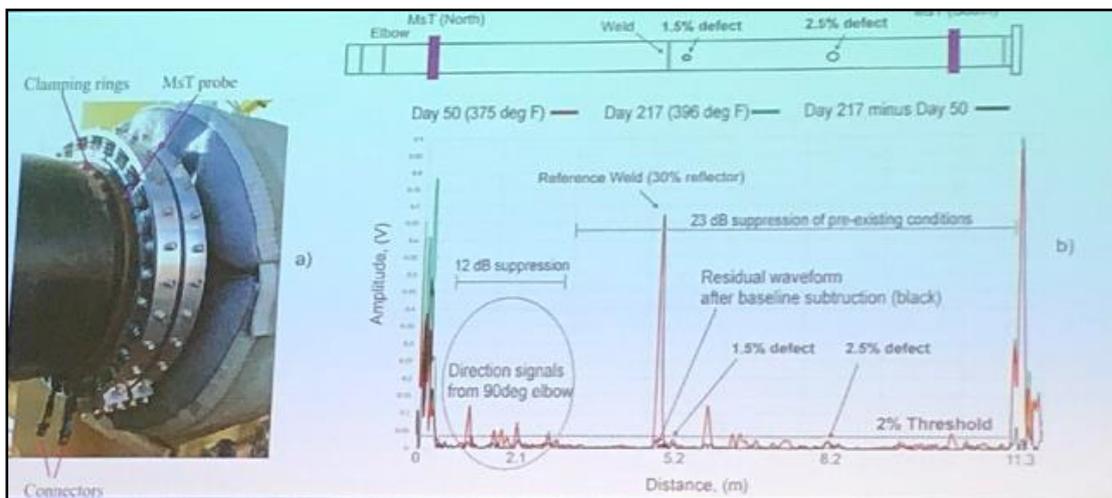


圖 38. 美國西南研究院應用導波於監控 200°C 操作中管線

GUIDED ULTRASONICS LTD.公司則是使用壓電環狀陣列式探頭，分為充氣式探頭(6吋以上管線使用，詳圖 39.<sup>[6]</sup>)、小尺寸固定式探頭(有提供最小至 3/4” 尺寸，詳圖 40.及 41.)及高溫探頭(可操作於 350°C 以下環境，詳圖 42.)，主機設備為 WaveMaker G4 正常版(詳圖 43.<sup>[6]</sup>)及 Mini 版(詳圖 44.)，正常版功能較多，包含 32 個環狀探頭頻道且可快速及有效存取訊號，並利用 Wi-Fi 功能傳輸檢測資料；Mini 版則將重量降至 4.5kg，方便檢測人員於高處作業或局限空間等地區使用，並具有 12 小時續航能力。



圖 39. GUL 公司充氣式探頭



圖 40. GUL 公司固定式探頭



圖 41. GUL 公司固定式 HD 探頭



圖 42. GUL 公司高溫探頭



圖 43. GUL 公司 WaveMaker G4 正常版



圖 44. GUL 公司 WaveMaker G4Mini 版

## 主題五：3D 雷射掃描應用

3D 雷射掃描為透過三角形測距法建構出 3D 圖形。利用手持式裝置對待測物發射出雷射光點或線性雷射光。以兩個或兩個以上的偵測器測量待測物的表面到手持雷射產品的距離，通常還需要藉助特定參考點(具黏性、可反射的貼片)，用來當作掃描儀在空間中定位及校準使用。這些掃描獲得的資料，會被匯入電腦中，並由軟體轉換成 3D 模型。會場中 CREAFORM 公司將此技術應用於飛機的凹陷檢測，一般飛機的凹陷是由於鳥的撞擊、閃電、人為因素、濕度或化學液體、外在物體等原因造成，而 CREAFORM 公司使用其研發的手持式雷射掃描儀進行檢測，其特點為檢測人員可獨立作業、檢測速度為傳統測量儀(pit gauge)的 80 倍、即時顯像可視性、現場產生報告功能及高解析度(解析度達 0.03mm)等，可參考圖 45.<sup>[7]</sup>所示。若用於管線掃描可搭配 pipecheck 軟體，即時顯示腐蝕面積、深度分佈，並用顏色梯度來進行顯示，此外，因軟體結合 ASME B31G code，可顯示 MOP 及 MAOP 等數據，對外部腐蝕處的評估計算可節省更多時間，故對於外腐蝕嚴重度評估及記錄皆有很大的幫助，其儀器及軟體顯示方式可參考圖 46.及圖 47.所示。

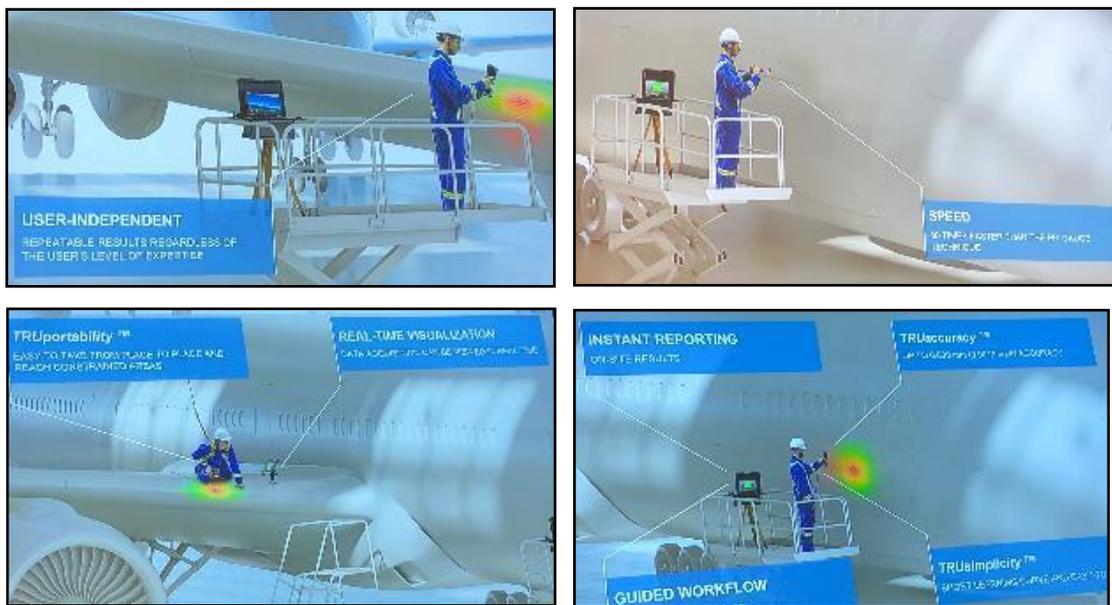


圖 45. CREAFORM 公司手持式雷射掃描儀產品特色

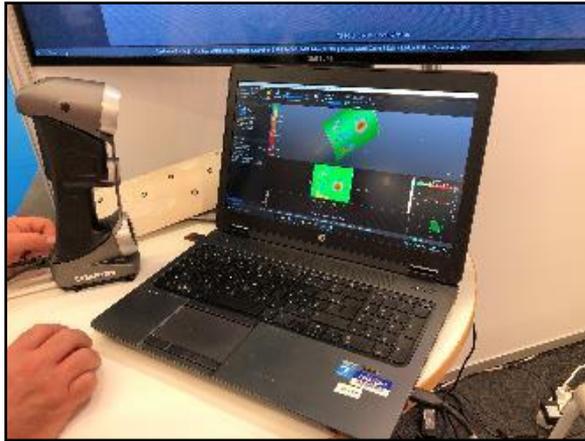


圖 46. 手持式雷射掃描儀儀器及軟體



圖 47. pipecheck 軟體進行腐蝕分析

## 具體成效

參加本次會議之具體成效為：由會議中的討論交流及加上個人現場實務上的經驗，針對會議中的主題內容進行討論並做出綜合結論及可用性探討(如下表)，提供給各設備檢查單位做為執行非破壞檢測作業時之參考。

會議主題	結論及可用性探討
脈衝式渦電流及渦電流檢測應用	脈衝式渦電流技術本公司已導入於現場檢測中，但仍有一些技術問題待克服，需不斷的從檢測現場實務中了解困難點，再由實驗測試中了解影響因素，才可解決目前應用時的一些問題點，並加以突破。會場展示出陣列式探頭可加快管線的掃描檢測速度，但解析度與目前單一探頭比較卻比較不足，故等未來解析度增加後再導入會比較有效果。
超音波複合材料剝離 (debonding) 檢測及 B-Scan 測厚功能	超音波複合材料檢測及 B-Scan 掃描功能於展示時通常使用乾淨且平直的工件表面，但在工場實務上，要使現場固定設備之工件表面乾淨且曲面很平直是一困難點，故此技術在應用實務面上還有一段距離須克服，本技術目前可用性不高。
油槽底板、壁板檢測及磁粒檢測(MT)	磁粒檢測中時黑光燈與數位相機結合的系統，可改善目前黑暗中進行 MT 檢測後，不易拍照的問題點；但問題雖可以獲得一些改善，但成本高是

	<p>另一考量因素，故目前本公司外包檢測廠商在時間及成本的考量會做一最佳的評估，再決定是否使用。而且本公司各設檢課人員若 MT 檢測結果有缺陷顯示時，皆會至現場進行目視了解缺陷狀況再進行研判，拍照的目的只是對檢測結果進行紀錄，故此系統對研判的對錯並沒有絕對的影響。</p>
導波檢測(GWT)	<p>導波檢測以往只可檢測 3” 以上管線，現在尺寸範圍下降至 3/4” ，對現場的應用則大大的提高適用範圍。目前大林煉油廠及桃園煉油廠皆有配合承攬商利用導波檢查包覆層管線及出土端、過牆端等管段，若承攬商擴充其探頭尺寸的數量後則檢測尺寸的範圍提升及高溫檢測功能增加，相信能解決更多的地上管線檢測問題。</p>
3D 雷射掃描應用	<p>本公司已將 3D 雷射掃描儀導入管線外部腐蝕形貌分析及紀錄，可更精確的量得腐蝕最深處之數據。若再加上 pipecheck 軟體並結合 ASME B31G code，可計算出 MOP(最大可操作壓力)及 MAOP(最大可允許操作壓力)等數據，可節省管線外部腐蝕嚴重度評估的計算時間，對形貌的紀錄亦有所助益。</p>

## 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，因此別只是一味地研究學理，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。在應用面更應考慮工場實際的狀況，廠商介紹的儀器及展示的功能若只以人工試片測試，其結果較為片面；要以實際工場工件為主要測試對象，如此之應用測試結果才不容易失真。
2. 各種非破壞檢測技術都有其優缺點，只有相對性，沒有絕對的好與壞。在實務面做檢測時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，

如磁粒檢測 (限鐵磁性材料)、超音波、放射線等非破壞檢測技術，使用一種或多種方法端看檢測人員的判斷，除此之外尚需要同時考量成本、時間或現場環境及經驗等而再做出最適合的判斷。

3. 非破壞檢測技術是門非常講究經驗的技術，人才培養不是不朝一夕可成，藉由參加本次會議更可以了解各國對於此領域的重視程度。為使煉油石化廠檢測技術提高及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，前面所提的非破壞檢測經驗傳承及人才培養都是必須的。因為我們不希望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。
4. 參加此次研討會時，藉由跟各國非破壞檢測從業人員、專家學者相互交流切磋，進而吸取檢測工作實務經驗及技術新觀念，並了解歐美地區非破壞檢測新技術、最新趨勢；然後再省思我們台灣環境及公司的狀況，找出最適合公司的可行技術去深耕發展，這才是最佳可行的方式。
5. 任何較新發展的儀器或技術，若不能考量實務面應用會碰到的訊號干擾情形及無法與現況相結合，則只會徒具形式而徒勞無功。這幾年來設備檢查技術中心在多位資深專業檢查長官的帶領下，在技術建立上皆會考量實務面問題，並已逐漸建立一些公司自有之技術並替現場設檢課解決一些以往困難檢測的問題。但仍有一些日常瑣碎業務及人力不足的問題，而讓非破壞檢測技術的深入及建立時程變長而趨緩，在技術傳承上亦受到一些影響；也許在未來人力充足之下或許可以改善此現象，讓非破壞檢測技術的建立及傳承可以更加進步及圓滿並對公司產生更大的效益。

## 參考資料

- [1]. Marrodan, C.S., “PEC application for corrosion detection under insulation in carbon steel pipes and tanks.” .
- [2]. 一六國際, “大林廠脈衝式渦電流檢測零星工作檢測報告” .
- [3]. MAXWELL NDT, “www.maxwellndt.com 網站” .

- [4]. BAUGH&WEEDON NDE, “[www.bw-nde.com](http://www.bw-nde.com) 網站” .
- [5]. Vinogradov, S., “Review of Guided Wave Testing Using Magnetostrictive Transducers.” .
- [6]. GUIDED ULTRASONICS LTD, “[www.guided-ultrasonics.com](http://www.guided-ultrasonics.com) 網站” .
- [7]. Taquin, O., “New 3D laser inspection solution with software dedicated to surface damage assessment on airplanes in maintenance.” .