

出國報告（出國類別：開會）

赴馬來西亞拜會 Intelligent Pig(IP) 檢測原廠公司

服務機關：台灣中油股份有限公司

姓名職稱：楊家敦處長

姓名職稱：梁世平組長

派赴國家：馬來西亞

出國期間：113 年 11 月 18 日至 11 月 22 日

報告日期：113 年 12 月 13 日

赴馬來西亞拜會Intelligent Pig(IP)檢測原廠公司報告

摘要

智慧型通管器是一種將檢測儀器投放入管線內部，並藉由流體輸送的力量將儀器從管線起點運行至終點，檢測管線內部腐蝕、凹陷....等等異常情況的技術。一般認為是管線完整性評估最有效的方法。

此次出國赴馬來西亞共拜會4間IP檢測原廠公司，分別為Baker Hughes、Quest、Rosen以及Intero，除了瞭解各家廠商最新檢測技術外，另外也針對POF 100/110 國際規範、兩輪檢測比對、操作人員Level II證照未來訓練、檢測工具及技師租用、中油自主開發pig操作人員訓練發證及工具對於管線軸向鐳道的檢測能力等各項議題均有充分的討論與意見交流，可做為本公司未來規劃IP檢測工作的重要參考。

目次

摘要.....	2
壹、出國目的.....	4
貳、公務行程安排及工作內容.....	5
參、具體成效.....	6
肆、心得與建議.....	17

壹、出國目的

自103年高雄氣爆之後，政府主管機關再再要求本公司長途管線須定期進行IP檢測，為符合主管機關要求，僅靠一般民間公司承作量能已顯不足，未來勢必提升本公司自主檢測量能方可滿足主管機關要求，目前本公司執行中之IP檢測操作Level I證照訓練案已有9名學員取得證照，應儘早規劃下一步行動。

另外高雄地區管線已陸續進入第二輪檢測，為提高二輪比對結果之可靠性，且瞭解目前最新檢測技術發展現況，有必要洽談國外原廠進行技術交流。

近年來曾發生有縫鋼管之軸向銲道位於底部六點鐘方向，因內部腐蝕穿孔造成油料洩漏的例子，因此向國外原廠詢問檢測工具對於管線軸向銲道點鐘方位的檢測能力。

貳、公務行程安排及工作內容

日期	工作內容	天數
113年11月18日 週一	桃園機場啟程至馬來西亞吉隆坡	1
113年11月19日 週二	拜會IP檢測原廠Baker Hughes及Quest公司	1
113年11月20日 週三	拜會IP檢測原廠Rosen公司	1
113年11月21日 週四	拜會IP檢測原廠Intero公司	1
113年11月22日 週五	吉隆坡國際機場啟程返回桃園機場	1

參、具體成效

一、Baker Hughes公司

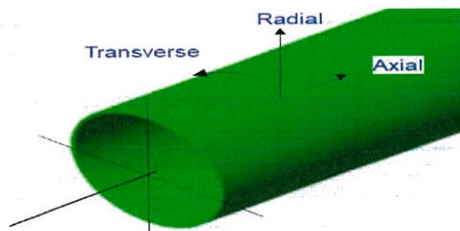
113年11月19日按照計畫拜會Baker Hughes公司（以下簡稱B.H），Baker Hughes 為美國一家為全球石油開發和加工工業提供產品和服務的大型服務公司，對於長途輸送管線的服務範圍有試車(pre-commission)、維護(maintenacne)和管內檢測(ILI)。

2017年奇異(General Electric Company, GE)公司的能源業務與貝克休斯合併後，BH成為GE集團下的子公司之一，於2019年GE公司釋出BH公司部分持股，並將所有油氣事業相關服務轉由BH公司執行，目前BH公司已不再屬於GE集團旗下的子公司。

亞太區經理Zairul Lahlin首先向我們介紹該公司最新開發搭載三軸（radial、axial、transverse）偵測器之MFL（MF4 SHR+），（圖一）。解析度提高至2mm X 2mm，由於具備三軸檢測能力，可更準確的偵測缺陷的尺寸大小，亦可檢測出針孔（pinhole）的腐蝕缺陷，甚至可檢測出寬度大於0.25mm，深度大於25%壁厚的裂紋。該型儀器磁場以磁力鋼刷（Magnetic Brush）產生，相較於傳統磁力棒（Magnetic Bar）有磁場較強、可緊貼管壁獲得較清晰訊號、經過彎管較易通過、可偵測小尺寸缺陷... 等等優點。

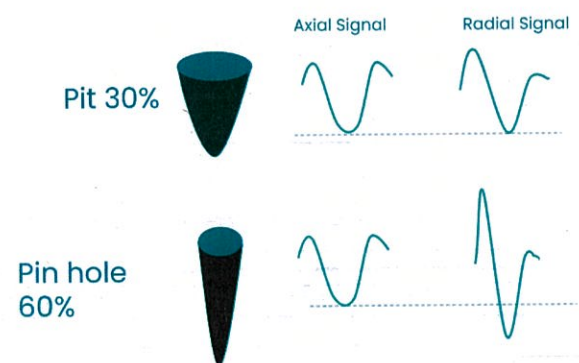
舉例來說，一個腐蝕深度30%的pit與一個腐蝕深度60%的pinhole，由於腐蝕體積幾乎相同，因此在單軸向偵測器產生的訊號二者難以區別，但三軸偵測器產生的徑向訊號（Radial Signal）就有明顯的不同，因此可以正確的判斷出腐蝕型態。（圖二）

What makes a reliable robust specification?



圖一、三軸偵測器

Benefits of using a multi-axis Triax – Pin holes



圖二、三軸偵測器的識別能力

同時三軸偵測器對於有相互作用（interacting）的點蝕（pit）亦可藉由徑向訊號的不同而有更好的識別能力。

更為特別的是，B.H可以用最高階儀器MF4 SHR+進行管線檢測，之後根據業主的的要求及契約的金額，產出常規儀器的檢測結果，若業主對管線安全有所疑慮，可增加契約金額得到高階儀器的檢測結果，而不用重新檢測。反觀同業Rosen的 MFL 技術主要依靠增加軸向感測器數量來提升解析度，但缺乏徑向感測能力。若以常規儀器（MFL-A）檢測，僅能得出一般的檢測結果，若業主想要得到更精細的結果，則必須再以徑向檢測儀器MFL-C重新檢測。在這方面，B.H有明顯的優勢。

在分析軟體的發展方面，B.H的Predictive Tolerance Software 是一款基於 AI 技術的軟體，它利用大量的歷史檢測資料和開挖驗證結果，建立模型預測缺陷的尺寸，並消除傳統基於概率的尺寸容差。透過 Predictive Tolerance Software，內檢報告可以更準確地反映缺陷的實際尺寸，例如可以將原本 $\pm 10\%$ 的容差降低至 $\pm 1\%$ ，提升檢測結果的可靠性。

之後本公司提出了一些議題進行討論，分述如下：

- (1)兩輪比對的議題，B.H認為縱然第一輪與第二輪分別由不同的廠商執行檢測，仍可用 pipetally 執行缺陷比對（box-to-box matching），但因為兩家分析模型不儘相同，缺陷框列的原則也不一樣，有可能同樣的缺陷卻產生一對多或多對一不同的結果，且準確性受操作人員經驗影響。而若打算執行訊號比對（signal-to-signal matching），則要注意讀取其他廠商原始資料的法律適用性問題，因此不建議使用。
- (2)POF110的議題，POF 110 是一個資料格式規範，用於管線內檢測資料的儲存與交換。它定義了資料在檔案中的位置和排列方式，確保不同公司和軟體之間的資料互通性。雖然 POF 110 統一了資料格式，但各家公司對資料的解讀和分析方法仍可能有所不同，這可能會造成管線業者在理解報告時遇到困難。也說明B.H在目前執行中油公司IP檢測工作中，能夠遵照國際規範POF 100及POF 110要求，提供IP檢測原始數據所相對應之數據交換

UPT (HDF5) 格式，但尚未執行POF 100及POF 110規範架構，使用UPT (HDF5) 格式進行多次IP檢測數據比對。

- (3)開挖驗證的議題，B.H提到美國法規要求客戶在收到檢測報告後兩週內進行開挖驗證，Baker Hughes 利用這些驗證數據建立了龐大的資料庫，用以訓練 AI 模型並提升數據分析的準確性，因此開挖驗證在國外是為了將驗證結果用來修正報告，使報告更準確，因為檢測難免有錯誤 (something will go wrong)，但在台灣則為驗收的依據，二者目的不同。
- (4)本公司自主IP檢測操作證照訓練案，B.H表示可以依照ASNT ILI 2016 標準訓練中油人員取得操作Level I證照，就像B.H最近在泰國、埃及和中國同樣的做法。但是無法提供Level II的證照取得，原因為Level II的訓練必須包括硬體和軟體以及電子零件的部份，此為B.H的技術核心，因此僅能提供給B.H自家的員工。不同廠商的檢測技術和流程差異很大，即使擁有其他廠商的Level II認證，也無法直接轉移至另一家公司，需要針對差異部份補強訓練，以取得該公司的證照。
- (5)B.H建議中油公司在發展出自己的pig後，依據ASNT ILI 2016建立內部培訓體系，並爭取API 1163 認證，獲得認證之後，便可以自行頒發Level II證照給合格人員。但ASNT ILI 2016僅涵蓋一、二級檢測人員的培訓內容，且內容較為籠統，性質偏像指引，實際培訓內容仍由各家廠商自行定義。B.H並表示原則可提供pig及Level II技師讓中油租用，使中油能自行檢測，但細節需另外詳談。

最後，Baker Hughes 認為自身優勢在於技術的靈活性和客製化能力，例如針對彎管和高解析度檢測提供解決方案。客戶有時不了解各家廠商技術的差異，導致招標規格過於單一，限制了競爭和技術的多樣性。建議中油公司在高風險管險（如：天然氣海管）招標文件中明確提出特殊需求，例如高解析度檢測、彎管檢測、應力檢測等，吸引更多廠商參與競標並提供更優質的服務。

二、Quest公司

離開B.H之後，隨即至Quest公司進行參訪拜會，由該公司區域操作經理Arvin負責接待解說。Quest是一間以創新為基礎的公司，透過不斷創新和提供最高品質的完整性和可靠性管理解決方案，使客戶能夠安全、自信和優化地管理設施。在業界以解決各種unpiggable管線檢測而聞名，亦為此次參訪的主要目的。

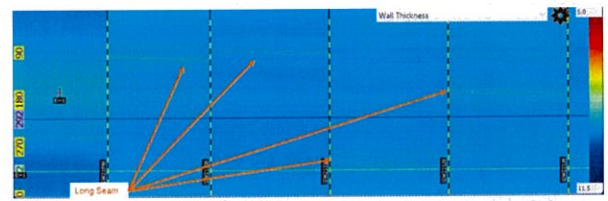
中油公司針對目前遇到難以檢測的管線類型，分別提出討論，分述如下：

- (1)異徑管：Quest表示管徑相差一級（例如：8"/10"、10"/12"...等）的管線是可以執行IP檢測的，但是要由大管徑運行至小管徑較為理想，因為由小管徑運行至大管徑時，Quest利用鋼刷作為密封元件，擴張後可能導致密封性不足，流體旁流後，pig便難以推動，相反的由大管徑運行至小管徑就不會有這個問題。但是如果檢測管線無法由大管徑向小管徑方向輸送（可能缺少泵浦），則必須分別從兩端運行至不同管徑交接處，再逆推回原點取出。Quest特別強調他們的檢測儀器是可雙向運行的，所以可以用上述方法檢測異徑管，同時若不幸遇到管線變形造成卡管時，亦可以用逆推的方式排除。
- (2)地下分歧管（branch）：需業主提供正確詳細的竣工圖面進行評估是否可執行檢測，若評估結果可檢測，其做法為若幹管與支管為同管徑，則由支管端發射儀器至幹管卡住後，再利用逆推的方式回支管端取出；若支管管徑小於幹管，由於Quest的檢測儀器體積很小，儀器掉入幹管後，幹管啟泵輸送，由接收端將儀器取出，完成檢測。
- (3)蝦節管：Quest表示蝦節管的檢測需依照彎管銲接的平滑度（smooth）評估是否可檢測，無法一概而論，最重要的是業主必須提供正確詳細的竣工圖面，才能做出正確的評估。
- (4)彎管角度小於90°：如大林煉油廠RR-16-F-1/RR-16-F-2/RR-12-F均因建造埋設時環境空間因素，彎管小於90°，此類管線無法一概而論，最重要的是業主必須提供正確詳細的竣工圖面，才能做出正確的評估。
- (5)管線兩端因空間不足無法架設清管頭：
此類管線若為小管徑，可在兩端安裝pigging valves，檢測儀器由上方投入，閥件本體可藉由扳手轉向90°，使儀器與管線平行，啟泵即可順利發射。(圖三)



圖三、pigging valves

Long Seam - ERW



圖四、軸向銲道 C-scan

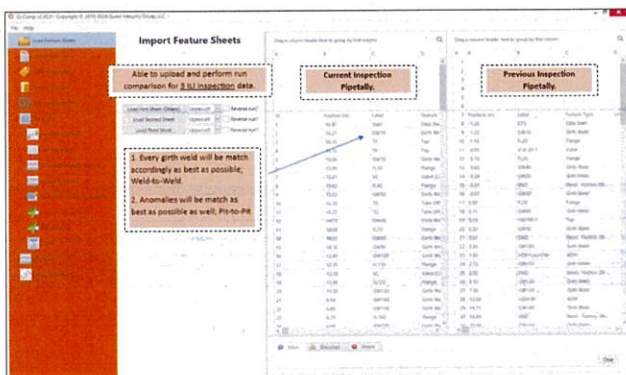


此外，Quest還介紹了他們對於管線軸向銲道的檢測能力，他們的軟體可以根據缺陷的特徵來區分焊縫和金屬損失（圖四）。焊縫通常呈現出規則的形狀，而金屬損失則呈現出不規則的形狀。一般常規儀器對於管線軸向銲道，包括電阻銲（ERW）均可檢出，而對於在軸向銲道上的缺陷大小，由於軸向銲道附近被視為熱影響區，常規儀器的檢出能力為12mm平方以上可檢出，高解析儀器檢出能力為6.3mm平方以上可檢出。

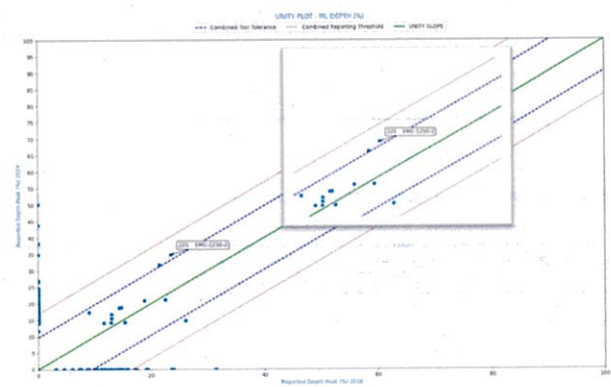
接著雙方討論兩輪比對的議題

Quest提出傳統的銲道對齊銲道，缺陷對齊缺陷比對是最沒有限制，不論兩輪檢測廠商、技術是否相同，都可以比對，但必須手動逐行比對，費時且可能忽略重要資訊，為解決這個問題，Quest開發了Q-Comp這套軟體，只要將兩輪的檢測數據輸入軟體，軟體可自動的將銲道對齊，進而將對齊的缺陷以左右並排的表格呈現（圖五）。

接著使用D-Comp軟體，從excel檔收集資料，收集並篩選數據以識別現場及過去的金屬損失特徵，指出異常點類型並加入公差及界限值，系統便會自動產出Unity Plot（圖六）。



圖五、Q-Comp 軟體

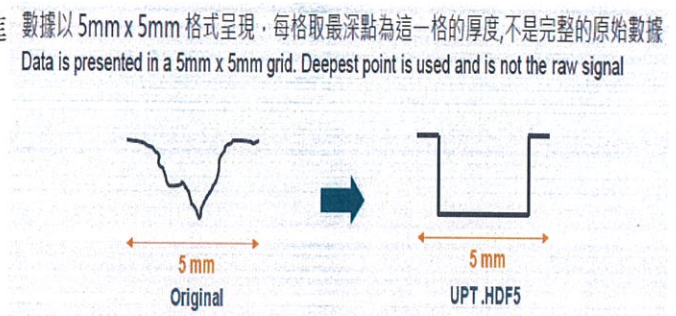


圖六、Unity Plot

最後，不論兩輪檢測廠商、技術是否相同，Quest聲稱他們都有能力進行最高階的原始數據比對，方法是使用兩種不同的瀏覽器軟體開啟螢幕截圖後手動比較，但業主必須提供不同廠商的原始資料及讀取軟體，且需獲得授權使用，避免法律問題。

最後談到POF110 UPT格式，Quest認為UPT是一種處理過的格式（圖七），用於在MFL中進行數據比對，並非真正的原始數據，實際應用的成效有待觀察。與B.H一樣，目前Quest可提供IP檢測原始數據所相對應之數據交換UPT（HDF5）格式，但尚未執行POF 100及POF 110規範架構，使用UPT（HDF5）格式進行多次IP檢測數據比對。

在充分的討論後，Quest安排中油公司人員參觀工作間（Workshop），惟Arvin說明訪客於工作間全程禁止攝錄影。Quest展示了6"、8"、12"的檢測儀器及鋼刷密封元件，以及pigging valves實體。

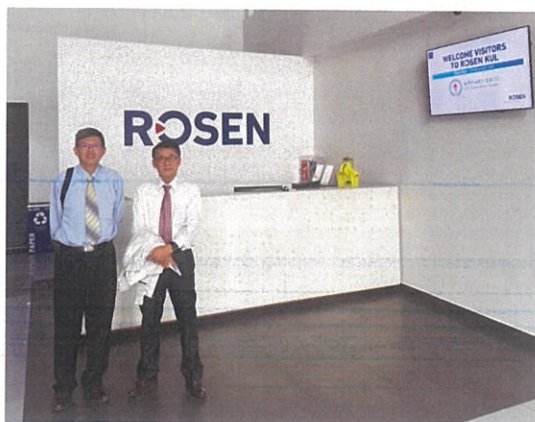


圖七、UPT 格式

三、Rosen公司

Rosen 公司（圖八）成立於 1981 年，並迅速發展以管線檢測為主之業務 且持續深入發展涉及相關領域，至今 Rosen 公司仍然是私有企業，在全球擁有由4,000 多名員工組成的團隊，其業務遍及 120 多個國家。

Rosen首先安排中油公司人員參觀工作間（workshop、圖九），裡面擺放了各種尺寸的



圖八、Rosen 公司



圖九、Rosen workshop

MFL及配件，工作人員正在進行工具的組裝及校正，也有剛檢測完的儀器正在進行拆裝、清洗以及維修保養工作，做為Rosen在亞太地區的據點，該工作間的規模還是很大的。

接著進行議題討論

(1)POF 100/110

中油公司首先提問POF110 所定義之UPT格式是否有需要納入契約之必要性?對於管線擁有者之益處為何?並提出POF110標準未來可能持續更新，導致舊數據難以與新數據比對的問題。

Rosen回覆UPT格式是無論以何種檢測技術，將檢測後的資訊做一個格式上的固定，亦是一個國際上的趨勢，就像 Word 檔案格式隨著時間推移而改變一樣，POF 110 標準也可能會在未來更新。然而，檢測公司有責任確保舊報告仍然可以使用，並提供將舊數據轉換為新格式的工具，可幫助業主更有效的管理和比較數據：

(a) 若是CPC未來要自行做兩輪比對(Box-matching)，則UPT的格式要求將會協助CPC在比對上減少大量的工作程序。

(b) 若是未來兩輪比對的工作，會外包給其他公司，則這些繁瑣的工作程序將會是IP檢測承攬商的工項之一，也許IP檢測承攬商需要比對工作轉包給其他更專業的廠商執行，但目前這種做法在中油公司的契約規定中是不被允許的，建議中油公司需要思考這方面的問題，適當的調整契約內容。

Rosen也分享了中國大陸的經驗，中國大陸主要有三種實務做法: 全面採用 UPT 格式、部分採用 UPT 格式輔以其他方法、根據實際需求選擇是否採用 UPT 格式。

(2)兩輪比對 (訊號比對、CGA)

Rosen可以提供關於兩輪比對的工作規範給中油做為參考，加進工作說明書中闡明工作執行；建議中油可以將訊號比對的工作增加進ILI契約中，請檢測商做兩輪比對並須經過第三驗證單位做驗證，而Rosen有完整性部門，可以提供這種服務，並於最新的報告中說明比對結果，包含解釋及可靠度。

Rosen目前的做法是分級評估，無論該次檢測原廠與前一次檢測商是否相同，皆需要經過初級評估—Box Matching，根據特徵的長寬深度，在沒有表明顯地腐蝕下，可提供一個較保守的結果；無法比對且有明顯腐蝕，關鍵的異常點再透過訊號進階評估—Signal

Comparison，並搭配Box Matching，可以選擇最深的30個點，幾個ERF高的腐蝕點等，用人工方式進一步的評估訊號、原始數據，來確認腐蝕速率並給予說明，因為是人工評估，所以評估人員的經驗及專業訓練顯得特別重要，Rosen聲稱他們的團隊完全可以做到。

Rosen並進一步說明若管線檢測兩輪均由Rosen執行，那麼檢測資料可以使用Rosen自行開發的AutoSCAN軟體進行最高階的評估，得到最準確的結果，因此建議管線每一次的檢測均由同一家廠商執行，對管線的狀況可以有最好的掌握。

(3) 檢測工具及技師租用

由於中油公司目前自有pig正在開發中，未來將有自己的檢測工具，工具將會使用MFL，在開發成功之前，希望能夠租用原廠工具及技師，協助中油人員自主檢測，Rosen表示未來可以提供工具租借，惟維修、校正、操作仍須配有現場技師在場以確保檢測品質，若是租借契約金額足夠，也可以考慮在台灣成立小型的workshop；Rosen希望中油先行提供明年的施作計畫及管線資訊，以便事前準備報價及相關服務建議書等文件。

至於中油自有pig開發成功之後，Rosen也承諾可以協助中油建立針對自行研發的檢測工具的教育及發證計畫，再更進一步協助中油成立自己的管線完整性管理部門來分析比較多輪的檢測結果。

(4) 軸向焊道的檢出能力

Rosen提供MFL-C關於軸向焊道的辨識，可達到 POD (Possibility of Detection) > 90% (包含ERW, SAW, DSAW) / POI (Possibility of Identification) < 90%，取決於儀器的選擇(因磁力流方向不同)。

(5) PTC 管線檢測技術研討

第十八屆管線技術研討會(The 18th Pipeline Technology Conference, PTC)去年於德國柏林舉辦時，即已規劃明年於亞太區成立分會。Rosen表示預計明年(2025)，首辦於馬來西亞吉隆坡，誠摯邀請中油一同參與這個重大活動，並加入理事會。希望中油能委派人員作為代表參加，並在會上發表論文，進行意見交流。中油公司則表示希望再提供多一點相關資訊，供公司主持人決策時參考，Rosen表示同意，後續將再提供更詳細的訊息。

(6)裂紋檢測

管線裂縫的成因複雜，常見原因包括：

- 1.外部環境腐蝕: 土壤成分、環境溫度變化等外部因素會導致管線材質劣化，形成裂縫。
- 2.管線移位: 海底管線受海流衝擊或地基掏空影響，會產生應力集中，導致環向裂縫。
- 3.製造瑕疵: 出廠時管線就存在裂縫，隨著時間推移，裂縫會逐漸擴大。
- 4.管線內部壓力: 天然氣等介質的壓力長期作用於管壁，也會導致裂縫產生。

大部份的裂紋風險很低，只要確定其不會擴大，就不需要特別處理。但是位於焊接點或經常移動部位的裂縫或是可能擴大的裂縫則具有高風險。裂縫一旦成長到臨界點，破裂經常是一瞬間的事情，因此對於高風險及無備用的重要管線，定期執行裂紋檢測是有必要的。

對於管線中的裂紋檢測，Rosen發展出的電磁超音波 (Electromagnetic Ultrasonic Detection Technology ,EMAT) 檢測技術被認為是最有效的檢測方法之一，會後根據側面了解，其價格昂貴，建議選擇關鍵且重要性高的管線施作。

四、Intero公司

拜訪行程的最後一日前往Intero公司（圖十）位於馬來西亞吉隆坡的辦公室訪問，Intero 公司是一家將創新技術、關鍵見解、最先進設備和先進數據管理與簡化的項目方法相結合之檢驗和工業服務廠商，同時整合關鍵超音波檢測技術 (UT) 應用於常規 IP 檢測、熱交換器及爐管檢測（3吋以下）、



圖十、Intero 公司外觀

自走式履帶機器人檢測。

由於本公司與Intero公司目前已有IP檢測儀器操作Level I證照訓練案執行中，因此本次參訪著重在後續Level II訓練及工具、技師租用的議題方面。

(1)Level II培訓方面

Level II 培訓是（圖十一） Level I 的延續，更加著重於第三、第四階段，也就是實際檢測階段。除了課堂培訓之外，還包括 40 小時的超音波 Level 2 培訓，由第三方機構提供課程和考試，確保學員對超音波技行有更深入的認識。

完成 Level 2 培訓總共需要 410 個小時，包括：

- (a)144小時的課堂培訓和考試
- (b)64小時的超音波檢測Level 2知識培訓
- (c)202 小時的現場操作

Intero ILI Level-2 training
Level 2 approach

- ☐ Focused on 2.5/2.6 generation tools
- ☐ Theoretical (Classroom)
- ☐ Intense practical
- ☐ Includes data validation based on new software
- ☐ May include Phasix technology
- ☐ Training focused on Stage 3 and 4 only

Pricing
Theoretical:

- ☐ Theoretical training with testloop
- ☐ Limited hours, deviation from 266 hours, no UT-L2
- ☐ Include 40 hours of UT-L2wt training by external local party

Practical:

- ☐ 5 Inspections, maximum 6 people.
- ☐ 12 candidates would require 10 inspections coverage
- ☐ Practical guidance
- ☐ Dedicated IE L2 onsite support during Stage 3 and 4 only.

CONFIDENTIAL & PROPRIETARY

Category	Level I	Level II	Level III
Personnel	10	20	30
Equipment	10	20	30
Materials	10	20	30
Software	10	20	30
Travel	10	20	30
Accommodation	10	20	30
Food & Beverage	10	20	30
Transportation	10	20	30
Utilities	10	20	30
Insurance	10	20	30
Security	10	20	30
Communication	10	20	30
Facilities	10	20	30
Other	10	20	30
Total	100	200	300

取得 Level II 證照至少需要檢測 10 條管線

，包含 Level I 檢測的 5 條。

圖十一、 Intero Level II 培訓計畫

Level 2 培訓的重點在於檢測階段的實務操作，包括準備儀器、設定、檢測、下載數據、重新組裝等以及檢測之後如何查看和分析數據。因此學員人數有所限制，每組最多 6 人，以確保培訓品質。

(2)工具及技師租賃方面

Intero表示目前儀器尺寸主要分為6"/8"、10"、12"/14"三組：可根據需要檢測的管線尺寸選擇租賃相應的儀器。

Intero建議租賃期限為五年，但可以根據實際需求彈性調整，例如三年，期限越長，租賃費用越優惠，費用則以每年為單位計算，每年檢測5 條管線為基準，租賃期限越長，平均每年費用越划算。

收費包含了培訓費用以及現場檢測服務費用。培訓費用是一次性的，而現場檢測服務費用則是以專案形式計算，會根據檢測管線的數量、長度、複雜程度等因素來報價。

租賃方案包含以下服務：

- 1.一套完整的儀器設備，包括主要設備和備用設備。
- 2.每年由荷蘭原廠技師進行儀器校準和保養。
- 3.當地倉儲和物流服務。
- 4.Stage III 和 Stage IV 的現場檢測服務，包括工程準備 (engineering preparation)、耗材 (consumables)、技術人員的出差、現場培訓以及檢測期間的技術支援。

檢測耗材是指檢測儀器使用的電池等一次性耗材，與管線清潔的耗材無關。這些耗材的使用量會根據檢測時間長短而有所不同，但無論使用多少都會一次性計費。

(3)軸向鐳道

雙方經過討論後，釐清工具規格表中，大於15mm可檢出指的是位於軸向鐳道上的缺陷大小，而不是軸向鐳道本身的寬度，中油要求Intero增加資料分析人員的人力及專業能力，期盼針對檢測後的結果作出更正確的判斷。

肆、心得與建議

管線IP 檢測技術應是目前管線完整性管理有效的技術之一，本次至馬來西亞參訪IP 檢測技術原廠均為國際知名大廠，不難發現不管是磁通漏技術（MFL）或超音波技術（UT）IP 檢測儀器均有長足進步，例如 Rosen 公司發表電磁超音波（EMAT）檢測儀器，可檢測出甚小之軸向及橫向裂紋，其他廠商亦發展出類似產品，惟經現場初步瞭解，此類儀器之檢測費用約為一般檢測儀器檢測費用3至5倍。由於國家能源政策的關係，本公司天然氣管線擔負穩定發電的供氣來源角色，至關重要，而天然氣管線由於操作壓力高，海底天然氣管更因為海流的關係，容易產生管線位移的情形，上述二點均為產生裂紋的高風險因子，因此海底天然氣管線可考慮定期實施裂紋檢測，以維護管線安全，達成穩定供氣的目標。

此次拜訪的國際大廠均經由國內代理商承攬了許多本公司管線IP檢測的工作，做為台灣地區最大的管線營運業者，看的出來這些國際大廠對本公司的意見及需求極為重視。但在意見交流的過程中，原廠對於本公司的招標程序均頗有微詞，尤其是高雄地區的管線在進入施打第二輪IP之後，檢測結果的兩輪比對更是不可避免的工作，從這次的參訪可以了解到，兩輪IP檢測同原廠同技術的訊號比對（signal matching）是公認最準確的比對方式，但是以現行本公司的招標方式，難以保證第二輪的施作廠商會跟第一輪的一樣，便無法執行訊號比對，雖然Quest與Rosen均宣稱他們有能力可以做不同原廠的訊號比對，但可想而知效果會大打折扣，建議持保留的態度。而框盒比對（box matching）結果相對粗糙，當出現不合理的結果時，常無法解釋。在POF 110 UPT格式問世後，雖然提供了一個統一格式的平台，但根據此次參訪的結果，各家原廠均表示目前雖然可以提供符合POF 110的UPT格式，但並沒有實際UPT to UPT的比對實績。因此建議從制度面著手，針對重要性及風險性高的管線，能夠使每一次的IP檢測均由同一家原廠技術的儀器執行，正確的觀察腐蝕成長的趨勢，方可有效地掌握管線狀況，防患於未然。

如同前面出國目的中提到的，本公司在政府主管機關的要求之下，僅靠一般民間公司承作量能已顯不足，未來勢必提升本公司自主檢測量能方可滿足主管機關要求。而目前本公司

執行中之IP檢測操作Level I證照訓練案已有9名學員取得證照，且由煉研所委託工研院開發的檢測儀器也在進行中，從這次的參訪中可以了解到，各公司開發出的儀器由各公司執行人員教育訓練並發證執行儀器操作及資料分析工作，不同公司間的證照需要針對差異部份補強訓練才能轉換。由此看來，在中油自主開發檢測儀器是公司的既定政策之下，應該要求開發單位工研院制定可行的教育訓練及發證計畫，並取得國際ASNT 2016的認可，由訓練合格的中油人員來操作自主開發的儀器並執行資料分析。

當然，工研院開發的儀器還要一段時間才能完成，在開發完成之前，租用國外原廠的工具及技師執行第三、四階段檢測作業，由中油已取得Level I證照的人員執行第一、二階段探管及清管作業是比較可行的方式。並且在租用工具、原廠技師的同時，進行Level II的培訓，待人員取得Level II證照後，可繼續租用工具自主檢測，而自有儀器開發完成後，也可以利用證照轉換的方式，縮短取得證照的時間，值得中油公司進一步考慮。

最後，由於IP檢測工作技術成分高，人員培訓不易，但在現行公司制度下，人員調動頻繁，如何將人員、組織都能固定下來，減少因人員調動造成的培訓損失，也是未來要面對的課題。

管線檢測技術日新月異，中油公司作為重要的能源企業，應積極引進先進技術，提升管線安全管理水準，希望本報告能為相關決策提供參考。