

出國報告（出國類別：實習）

核能電廠除役檢期間超音波檢測人員 能力驗證訓練及資格證照考試

服務機關：台灣電力公司核能發電處
姓名職稱：陳俊宇-核能工程監
曹游玓-機械檢驗技術員

派赴國家：美國
出國期間：自民國 113 年 7 月 6 日至 113 年 8 月 5 日
報告日期：民國 113 年 8 月 20 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：核能電廠除役檢期間超音波檢測人員能力驗證訓練及資格證照考試。

頁數 14 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話
台灣電力公司/黃惠渝/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話
陳俊宇/台灣電力公司/核能發電處/核能工程監/(02)24985990 分機 2479
曹游玳/台灣電力公司/核能發電處/機械檢驗技術員/(02)24985990 分機 2479

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 工作

出國期間：自 113 年 7 月 6 日至 113 年 8 月 5 日

出國地區：美國北卡羅萊納州電力研究所(EPRI)

報告日期：113 年 8 月 20 日

分類號/目關鍵詞：超音波檢測能力驗證資格考試

內容摘要：(二百至三百字)

核能電廠除役期間檢測，法規規定執行超音波檢測人員必須經過檢測能力驗證資格考試，取得合格證照後才能執行各項組件之超音波檢測工作，本項檢測能力驗證資格考試由美國電力研究院非破壞檢測中心(EPRI NDE Center)辦理，本公司選派核能電廠超音波檢測人員前往參加能力驗證資格考試以符合法規規定。此次能力驗證資格考試之項目包含有：1).管路銲道裂縫(含 IGSCC)檢測、長度量測手動傳統超音波檢測能力驗證、2).管路銲道裂縫(含 IGSCC)深度手動傳統超音波檢測能力驗證、3).管路銲道裂縫(含 IGSCC)檢測、長度量測手動相位陣列超音波檢測能力驗證和 4).管路銲道裂縫(含 IGSCC)深度手動相位陣列超音波檢測能力驗證等 4 項 6 科。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.nat.gov.tw/reportwork>)

目 錄

一、目的與過程	2
二、管路銲道裂縫(含IGSCC)檢測、長度量測手動傳統超音波檢測能力驗證	3
三、管路銲道裂縫(含IGSCC)深度手動傳統超音波檢測能力驗證	5
四、管路銲道裂縫(含IGSCC)檢測、長度量測手動相位陣列超音波檢測能力驗證	6
五、管路銲道裂縫(含IGSCC)深度手動相位陣列超音波檢測能力驗證	9
六、心得與建議	12

一、目的與過程

1982 年美國 BWR 電廠不銹鋼管路銲道陸續發現有晶間應力腐蝕龜裂 (IGSCC)，為確保檢測效果，美國 NRC 要求 IGSCC 超音波檢測人員必須通過證照考試，而由美國電力研究院非破壞檢測中心 (EPRI NDE Center) 發展出不銹鋼管路銲道晶間應力腐蝕龜裂超音波檢測考照制度。後來 EPRI 又陸續發展出管路銲道裂縫深度評估、管路覆層銲道裂縫檢測等超音波檢測考照項目。

超音波檢測能力驗證規定於 ASME 文件中，要求無論 BWR 電廠或 PWR 電廠超音波檢測人員均須通過相關之能力驗證資格考試。

超音波檢測能力驗證共分為 10 個項目：

管路銲道部分

附錄 2—鍛造奧斯田鐵系

附錄 3—肥粒鐵系

附錄 9—鑄造奧斯田鐵系

附錄 10—相異金屬材料

附錄 11—覆層銲道

壓力槽部分

附錄 4—反應器壓力容器複合金屬/母材界面區域

附錄 5—反應器壓力容器管嘴內半徑區域

附錄 6—反應器壓力容器複合金屬/母材界面區域之外銲道

附錄 7—反應器壓力容器管嘴與壓力容器銲道

其他

附錄 8—螺栓與螺柱

為因應能力驗證之要求，美國 15 家電力公司組成一合作計畫 PDI (Performance Demonstration Initiative)，由美國電力研究院非破壞檢測中心(EPRI NDE Center)逐步將能力驗證資格考試項目所需要之軟硬體建立，目前除了附錄 9 鑄造奧斯田鐵系管路銲道 (Cast austenitic piping welds) 外，其他項目已經接受電力公司非破壞檢測人

員能力驗證資格考試。

核能電廠除役過渡階段前期設備及乾貯容器，多數設備及乾貯容器皆為核能級安全設備，核安會要求台電公司執行本工作之檢測工作人員，應依據美國機械工程師協會(American Society of Mechanical Engineer, ASME) 及核安會之規定辦理。執行超音波檢測人員必須經過訓練、驗證考試合格並取得合格能力驗證機構核發之資格證照後，方可執行檢測工作。為了補足原有持照人員退休後缺額，本公司選派適當人員赴 EPRI 參加上述管路銲道超音波檢測能力驗證資格考試，今年共選派二人參加四種超音波檢測能力驗證資格考試，分別為：1).管路銲道裂縫(含 IGSCC)檢測、長度量測手動傳統超音波檢測能力驗證、2).管路銲道裂縫(含 IGSCC)深度手動傳統超音波檢測能力驗證、3).管路銲道裂縫(含 IGSCC)檢測、長度量測手動相位陣列超音波檢測能力驗證和 4).管路銲道裂縫(含 IGSCC)深度手動相位陣列超音波檢測能力驗證等 4 項 6 科。

資格考試結果，兩人二項都合格：

姓名	項目 結果	裂縫檢測、長度量測 (傳統超音波)		裂縫深度評估 (傳統超音波)	裂縫檢測、長度量測 (相位陣列)		裂縫深度評估 (相位陣列)
		檢出	長度量測		檢出	長度量測	
陳俊宇		合格	合格	合格	NA	NA	NA
曹游玆		NA	NA	NA	合格	合格	合格

二、管路銲道裂縫(含 IGSCC)檢測、長度量測手動傳統超音波檢測能力驗證

裂縫檢測包括碳鋼及不銹鋼(含 IGSCC)的裂縫檢測與長度量測，本次驗證考試共 13 件試件，包括 3 件碳鋼、6 件不銹鋼和 4 件 IGSCC。檢測掃描方式包含單邊及雙邊。以下就不同材質檢測分別說明。

1、碳鋼檢測

i. 檢測範圍

碳鋼 PDI 考試尺寸範圍為 4"~50"，厚度範圍為 0.337"~3.85"。

ii. 儀器、探頭及校準(Calibration)

- (1) 本次參加驗證使用 Krautkramer USN100 數位超音波檢測儀，儀器之主要參數設定，需要按照超音波檢測程序書設定。
- (2) 探頭頻率之選擇需參照程序書中試件厚度之規定。
- (3) 檢測不同管徑時要用規定的不同大小探頭做檢測，以達到被測物與探頭間

最佳之耦合效果。

- (4) 檢測校準時需先設定螢幕距離(Screen Distance)，使螢幕距離能夠含蓋檢測區域，從鐸道底部起 1/3T，及鐸道兩旁各 1/4"範圍，確定檢測範圍後，再建立校準規塊內切槽(Notch)之參考信號達到全螢幕 80%即可。

iii. 檢測與信號評估

檢測時若由於鐸冠太寬，或管壁太薄，致使 45°探頭無法含蓋檢測區域時，則可使用 60°或 70°之探頭，當三者均無法含蓋檢測區域時，可考慮使用全音程或半音程檢測之方法。探頭掃描時需作至少 20°之搖擺，以及至少 10%超音波換能器之重疊，掃描速度不能大於每秒 3 吋。探頭需作垂直以及平行鐸道之掃描，以檢測出平行及垂直鐸道之缺陷，掃描之靈敏度可定雜訊在 5%~20%之全螢幕高。信號評估正確與否，決定考試之成敗；分辨幾何形狀信號或是缺陷信號，可由探頭位置、探頭角度、信號特性，或由鐸道兩邊相互掃描驗證來決定，可歸納成如下數點：

- (1) 同一探頭，鐸道整圈掃描均得相同信號，信號未有任何改變，可能是幾何形狀信號。
- (2) 信號位置研判來自埋頭孔，而從鐸道對邊掃描無任何信號產生，可能是幾何形狀信號。
- (3) 信號位置研判來自埋頭孔或鐸道根部，改用其他探頭時，信號減弱或消失，可能是幾何形狀信號。
- (4) 探頭水平移動，信號高度均未改變，可能是幾何形狀信號。
- (5) 探頭水平移動，信號由單一轉變為多重時，可能是缺陷的信號。
- (6) 信號位置研判來自埋頭孔，而從鐸道對邊掃描亦可得到相同位置之信號，可能是缺陷的信號。
- (7) 不同角度之探頭，均可得到同一位置之信號，可能是缺陷的信號。
- (8) 任何與幾何形狀信號不太相同之信號，可能是缺陷的信號。

2、不鏽鋼(包含 IGSCC)檢測

i. 檢測範圍

不鏽鋼 PDI 考試尺寸範圍為 2"~37.9"，厚度範圍為 0.120"~3.53"。

ii.儀器、探頭及校準(Calibration)

- (1) 本次參加驗證使用 Krautkramer USN100 數位超音波檢測儀，儀器之主要參數設定，需要按照超音波檢測程序書設定。
- (2) 探頭頻率之選擇需參照程序書中試件厚度之規定。
- (3) 對 IGSCC 的檢測多使用低頻率高穿透能力的音波，來增進檢測靈敏度，而薄管雙邊檢測時多利用高頻 5MHz 的探頭來增進檢測的解析度。在決定選用探頭的大小以及檢測校準(Calibration)時，依照碳鋼銲道檢測的作法即可。
- (4) 檢測不同管徑時要用規定的不同大小探頭做檢測，以達到被測物與探頭間最佳之耦合效果。
- (5) 檢測校準時需先設定螢幕距離(Screen Distance)，使螢幕距離能夠含蓋檢測區域，從銲道底部起 1/3T，及銲道兩旁各 1/4"範圍，確定檢測範圍後，再建立校準規塊內切槽(Notch)之參考信號達到全螢幕 80%即可。

iii.檢測與信號評估

檢測與信號的評估大致上與碳鋼檢測相同，但對於單邊檢測大於 0.5 吋厚不銹鋼管銲道，務必要使用折射縱波探頭來驗證；對於薄管單邊檢測之不銹鋼管銲道要使用 70 度之橫波來檢測。

三、管路銲道裂縫(含 IGSCC)深度手動傳統超音波檢測能力驗證

1、 關鍵要素:

EPRI 就超音波之深度量測技術採用方法為絕對時間到達法(Absolute Arrival Time Technique)、相對時間到達法(Relative Arrival Technique)和複波觀察法(Bi-Modal Technique)。相對時間到達法是針對較淺的瑕疵以音波呈現的特性，會伴隨著瑕疵之尖端回波，依瑕疵深淺的不同，會有相對的位置關係而來。依照其特性，將此對應關係呈現在儀器螢幕上。譬如較深之瑕疵其瑕疵波與尖端回波會有較大距離之差距，瑕疵較淺則兩波較相近。

2、 能力驗證過程

i.驗證內容

縫深度評估能力驗證授證考試為 10 個試件：為碳鋼四塊、不銹鋼六塊（其中三塊為 IGSCC）。每塊均各指定一個位置，應試者需各指定處之裂縫深度量測評估

後紀錄。

ii. 程序書規定

程序書對於評估所使用之探頭頻率及尺寸皆有規定，需使用規定探頭進行能力驗證。

iii. 評估方法

對不同深度之缺陷，可依程序書規定使用不同角度橫波探頭，並配合各種不同的量測方法—絕對時間法或相對時間法或複波觀察法來量測(AATT or RATT or Bi-model)。

iv. 評分方式

每塊試件各指定一處位置量測缺陷深度，及格標準為所有試件統計其所叫缺陷深度與實際缺陷深度誤差之 RMS 值不可大於 0.125"，而 RMS 值的計算公式如下：

$$RMS = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - t_i)^2}{n} \right]^{1/2}$$

其中 t_i 為實際缺陷深度
 m_i 為所叫缺陷深度
 n 為試件數

v. 注意事項

- (1) IGSCC 之五塊試件，其缺陷深度通常是淺、中、深都有，先以 30-70-70 方法之 CE1 與 CE2 即可得知其深度範圍，再用 45S 與 60RL 或 ODCR 作正確評估。
- (2) 在作考試件之前應先作練習件，並將所叫之答案與標準答案比對，以了解所使用之評估方法的正確性與校準的準確性，並作適度之修正。
- (3) 報表上所要填寫的缺陷深度與所剩厚度值(Remaining Ligament)答案，不可弄錯。
- (4) 謹慎遵循程序書邏輯推理流程圖，妥適運用正確的探頭焦距、穿透能力和被檢物表面適切接觸，以準確量測缺陷深度。

四、管路銲道裂縫(含 IGSCC)檢測、長度量測手動相位陣列超音波檢測能力驗證

1、考前準備事項:

- i.儀器:本次能力驗證使用 Zetec 公司 Topaz 儀器，符合程序書規定之要求。
- ii.探頭:本次驗證使用 TOPAZ 與其搭配之 GEIT 公司相位陣列探頭及楔形塊。
- iii.設定檔：探頭及楔形塊必須按照超音波檢測程序書參數設定表查對使用，EPRI 提供原始檔(Law Files)在設定儀器時載入，能力驗證人員依使用之探頭及楔形塊分別設定參數並存檔，以方便檢測時取用。
- iv.其他器材如儀器轉接器、鋼尺(英制 10 進位)、布尺、拆裝探頭工具(帶柄六角板手及一字起子)自行準備。
- v.校正塊：針對碳鋼、不銹鋼試件 EPRI 有完整各相應編號之校正塊，能力驗證人員依試件編號管徑取用校正塊，校準只需讀取 ID 刻槽記錄其振幅、dB、音程即可(從 40°~50°任選一角度執行校準)，練習時將所有設定填好表格方便考試時參考。
- vi.此次能力驗證所有紀錄表已改為使用電腦線上填寫作業，必須熟習探頭清單、校準、瑕疵等記錄之填寫，避免錯誤發生，做完試件必須填寫紀錄表完並通知考官，考官即會前來查驗儀器設定、校準及瑕疵位置長度驗證(考生重現訊號給考官看)。

2、程序書摘要:

- i.本次驗證採用 EPRI 正式發行 EPRI-PIPE-MPA-1_Rev2 通用程序書，ZETEC 公司 TOPAZ 儀器。
- ii.瑕疵範圍應參照程序書規定說明如下：
 - (1) 奧斯田鐵及肥粒鐵之管徑及管壁厚參照程序書規定。
 - (2) 本程序書適用於奧斯田鐵及肥粒鐵試件以雙邊檢測或以單邊檢測近端的瑕疵檢出與長度測量。
 - (3) 本程序書對於遠端之瑕疵檢出與長度量測無法完全適用，只可盡可能進行量測。
- iii.依程序書使用 ZETEC TOPAZ 手動相位陣列超音波瑕疵檢測儀，儀器之必要參數參考超音波檢測程序書參數設定表建立設定檔。
- iv.儀器軟體版本為 3.7R8 及 3.8R30。更新的軟體版本應符合程序書要求之基本圖像顯示、管控生效之軟體、及影響振幅及輸出之靈敏度與精確度之必要參數均

無變更。

v. 目前驗證過之相位陣列式探頭和楔形塊組合陳列於超音波檢測程序書中，其他探頭之必要設定值相同但是序號不同者不需再驗證亦可使用。

vi. 檢測範圍: 檢測體積至少應涵蓋自銲道底部至其銲道體積三分之一厚度範圍，以及自銲道兩側銲趾算起母材 1/4 吋距離。

vii. 檢測技術：

- (1) 以材質種類、厚度範圍選擇符合的換能器及搭配的楔形塊，並須注意音波傳送模式、換能器頻率、音圈、檢測角度、角度階(angle step)。
- (2) 探頭和楔形塊組合依照超音波檢測程序書選用。一般使用橫波進行檢測，執行試件厚度大於 0.50 吋之奧斯田鐵單邊檢測時，避免橫波穿透能力無法達到遠端，應使用橫波與縱波探頭進行銲道遠邊之瑕疵檢測及瑕疵長度量測。
- (3) 探頭角度選擇：螢幕為扇形掃描及 A 掃描圖像，橫波角度由 35 度至 70 度，縱波角度由 40 度至 70 度，以 1 度為一階。得使用更大範圍的檢測角度來善加利用螢幕圖像，但需符合以下條件：①增加的角度幅度需能包含合格角度的全部檢測範圍。②不得以能獲取額外涵蓋範圍之增大的角度取代合格的角度。③橫波角度高於 30 度；縱波角度高於 20 度，橫波或縱波角度低於 80 度，避免波形干擾。

viii. 校準

- (1) 探頭晶片、電纜線及探頭耦合檢查：在每次開始檢測及結束檢測時確保換能器和楔形塊都完全耦合。當耦合不佳導致訊號反應不好時，需添加耦合劑增加換能器之接觸效果。晶片失效的數量不得高於下列標準：16 顆晶片的探頭，失效的晶片不得超過 2 顆。8 顆晶片的探頭，失效的晶片不得多於 1 顆。
- (2) 儀器參數設定: 依照程序書選用之探頭及所搭配之楔形塊後在儀器上設定正確參數。
- (3) 於參考規塊上驗證角度誤差應在 $\pm 3^\circ$ 以內。
- (4) 檢測掃描範圍及儀器顯示之試件可視範圍應能充分涵蓋規定之檢測體積，且應避免範圍過大影響檢視靈敏度。

- (5) 拿取與檢測試件相同尺寸之參考校正規塊，以 45°~55°任選一角度反射其人工刻槽尖端或側鑽孔校正深度與建立參考靈敏度，並將振幅調整至螢幕 80%~90%高度，記錄於校準表上。

ix. 檢測

- (1) 軸向檢測: 檢測平行鐳道之瑕疵，掃描時探頭應旋轉擺動大約± 20°。
- (2) 周向檢測: 檢測非平行於鐳道之瑕疵，探頭斜向鐳道根部掃描時，探頭與鐳道之夾角以介於 10°~45°為宜。
- (3) 檢測靈敏度(掃描增益): 探頭置於測件臨近鐳道母材上，以 45°~60°角，調整增益，使內表面回波訊號(ID roll)介於 5%~20%全螢幕高度。

x. 評估顯示

- (1) 瑕疵顯示: 顯示有明顯之開始及結束點，並與根部及對接預留處訊號有所區別。以多重角度觀察到扇形圖像內分佈於各個角度範圍的顯示。可觀察到有幾處具有獨特尖端之振幅。左右擺動或旋轉探頭角度時，訊號的變化及振幅的增減速度皆可協助人員進行判定。
- (2) 長度量測: 移動探頭找到瑕疵顯示之最大訊號回波，調整增益使訊號達到 80%全螢幕高度，將探頭沿瑕疵長度的兩個方向移動，直到訊號回波降到 20%全螢幕高度，即為瑕疵長度的左右兩側端點。
- (3) 遠邊瑕疵及 IGSCC 長度量測: 奧斯田鐵遠邊瑕疵及 IGSCC 瑕疵長度時應沿著瑕疵長度的兩個方向掃描，且長度量測的左右兩側端點為訊號回波消失在背景雜訊中時才停止。
- (4) 若兩者瑕疵之間間距小於一寸且上下游位置接近應為視為同一瑕疵進行判定…。

xi. 記錄與報告: 校準記錄及檢測結果應完整填寫於記錄表中。

五、管路鐳道裂縫(含 IGSCC)深度手動相位陣列超音波檢測能力驗證

1、考前準備事項:

- i. 儀器: 本次能力驗證使用 Zetec 公司 Topaz 儀器，符合程序書規定之要求。
- ii. 探頭: 本次驗證使用 TOPAZ 與其搭配之 GEIT 公司相位陣列探頭及楔形塊。
- iii. 設定檔: 探頭及楔形塊必須按照超音波檢測程序書參數設定表查對使用，EPRI

提供原始檔(Law Files)在設定儀器時載入，能力驗證人員依使用之探頭及楔形塊分別設定參數並存檔，以方便檢測時取用。

- iv.其他器材如儀器轉接器、鋼尺(英制 10 進位)、布尺、拆裝探頭工具(帶柄六角板手及一字起子)自行準備。
- v.校正塊：針對碳鋼、不銹鋼試件 EPRI 有完整各相應編號之參考規塊，能力驗證人員依試件編號取用參考規塊或含不同深度之側鑽孔的校正塊，校準時依試件厚度更改探頭延遲數值使深度數值正確，並調整振幅達到 80%~90%全螢幕高度，記錄其振幅、音程(從 40°~50°任選一角度執行校準)，練習時將所有設定填好表格方便考試時參考。
- vi.此次能力驗證所有紀錄表已改為使用電腦線上填寫作業，必須熟習探頭清單、校準、瑕疵等記錄之填寫，避免錯誤發生，做完試件必須填寫紀錄表完並通知考官，考官即會前來查驗儀器設定、校準及瑕疵位置裂縫深度驗證(考生重現訊號給考官看)。

2、程序書摘要:

- i.本次驗證採用 EPRI 正式發行 EPRI-PIPE-TWS-MPA-1_Rev1 通用程序書，ZETEC 公司 TOPAZ 儀器。
- ii.瑕疵範圍應參照程序書規定說明如下：
 - (1) 奧斯田鐵及肥粒鐵之管徑及管壁厚參照程序書規定。
 - (2) 本程序書適用於雙邊檢測試件內表面裂縫深度量測。
 - (3) 當單邊檢測時，只可量測近邊側的試件內表面裂縫深度
- iii.依程序書使用 ZETEC TOPAZ 手動相位陣列超音波瑕疵檢測儀，儀器之必要參數參考超音波檢測程序書參數設定表建立設定檔。
- iv.儀器軟體版本為 3.7R8 及 3.8R30。更新的軟體版本應符合程序書要求之基本圖像顯示、管控生效之軟體、及影響振幅及輸出之靈敏度與精確度之必要 參數均無變更。
- v.目前驗證過之相位陣列式探頭和楔形塊組合陳列於超音波檢測程序書中，其他探頭之必要設定值相同但是序號不同者不需再驗證亦可使用。
- vi.檢測範圍:檢測體積至少應涵蓋自銲道底部至其銲道體積三分之一厚度範圍，以

及自鐳道兩側鐳趾算起母材 1/4 吋距離，得知裂縫位置後，尋找最靠近表面之尖端訊號。

vii.量測技術：

- (1) 量測技術主要以絕對到達時間法(Absolute Arrival Time Technique, AATT)，透過直接打到裂縫尖端訊號回波，在儀器上的扇形掃描圖像中讀取其所剩厚度值(RL)，以試件厚度去扣除所剩厚度值(RL)後，即可得到瑕疵深度，適用於淺中深各種深度的瑕疵深度量測。另外相對到達時間法(Relative Arrival Time Technique, RATT)，則是以裂縫本身的根部與尖端訊號進行量測，其回波間的差值及為瑕疵深度，但只適用於淺瑕疵之深度量測。
- (2) 在初步量測瑕疵深度時，根據材料厚度選用程序書規定之探頭先進行深度預估，而在最後量測最終深度時，根據材料厚度與剩餘厚度值(RL)，以不同角度進行評估。

viii.校準:

- (1) 探頭晶片、電纜線及探頭耦合檢查：在每次開始檢測及結束檢測時確保換能器和楔形塊都完全耦合。當耦合不佳導致訊號反應不好時，需添加耦合劑增加換能器之接觸效果。晶片失效的數量不得高於下列標準：16 顆晶片的探頭，失效的晶片不得超過 2 顆。8 顆晶片的探頭，失效的晶片不得多於 1 顆。
- (2) 儀器參數設定：依照程序書選用之探頭及所搭配之楔形塊後在儀器上設定正確參數。
- (3) 於參考規塊上驗證角度誤差應在 $\pm 3^\circ$ 以內。
- (4) 檢測掃描範圍及儀器顯示之試件可視範圍應能充分涵蓋規定之檢測體積，且應避免範圍過大影響檢視靈敏度。
- (5) 拿取與檢測試件相同尺寸之參考校正規塊，以 $45^\circ\sim 55^\circ$ 任選一角度反射其人工刻槽尖端或側鑽孔校正深度與建立參考靈敏度，並將振幅調整至螢幕 80%~90%高度，記錄於校準表上。

ix.量測及評估

初步量測瑕疵深度時，根據材料厚度選用程序書規定之探頭先進行深度預估，以單一角度在與試件厚度相同之側鑽孔上調整探頭延遲數值，使儀器上出現與

側鑽孔相同深度的數值，調整過後在試件上找尋裂縫尖端訊號，需盡可能取得最靠近表面之尖端訊號防止量測錯誤發生。而在最後量測最終深度時，根據材料厚度與剩餘厚度值(RL)，以不同角度進行評估，此時則須再一次以此角度校正尖端訊號發生時相近厚度之側鑽孔，調整探頭延遲數值後便可重新放到試件上量取最終判定深度。

x.記錄與報告：校準記錄及檢測結果應完整填寫於記錄表中。

六、心得與建議

- 1、 EPRI 發行各項能力驗證考試的“Guided Practice”，內容為指引各能力驗證考試的檢測方法與注意事項，對人員之參加考試與檢測技巧有幫助，若能細心體會遵行則容易通過考試。
- 2、 台電林口訓練中心有閒置一套碳鋼和不鏽鋼試件訓練機制，惟 IGSCC 不包括在內。EPRI 目前有一套 VNDE 模擬超音波系統，內容包括碳鋼、不鏽鋼、IGSCC、異材，且相關資料都是從各電廠收集，對於培養人員應是不錯的選擇。其優點說明如下。
 - i.減少試件的購買：目前林訓中心的超音波檢測練習件購置年代已久，若要大規模更換或添置，費用不少。
 - ii.試件輕量化:模擬系統的試件、探頭均是用 3D 列印出，尺寸完整，且重量輕。
 - iii.資料庫系統:為了確保結果跟現實近似，數據是從各公共事業成員所收集的，所有數據本質上都是歷史數據，並且基於近似值。且 EPRI 會員使用資料庫免費。
 - iv.增進相關經驗:法規要求超音波檢測人員每年 8 小時手動超音波訓練時數，使用此套系統可建置超音波檢測人員的再訓練評估，並增加相關經驗。
 - v.檢測隊同仁考照前訓練:EPRI 能力驗證的考試件瑕疵建置與林訓規塊不相同，且林訓無 IGSCC 試件。由此套系統可加強人員因公出國前的相關訓練。
 - vi.訓練承攬商:一、二級管路碳鋼和不鏽鋼(不含 IGSCC)目前承攬商可取得核研所能力驗證證照，可依此建置評量系統，增進檢測人員能力。
 - vii.相位陣列 PA 擴充性:EPRI 之後會建置相位陣列超音波檢測之資料庫，3D 試驗模型無須購買，系統有擴充性。