

出國報告 (出國類別：實習)

核能電廠營運檢測超音波檢測人員
能力驗證訓練及資格證照考試，
並順道參加 SGMP Workshop 國際會議

服務機關：台灣電力公司核能發電處

姓名職稱：楊海明-核能工程監

施順動慶-核能工程監

蔣年發-核能工程師

陳俊宇-核能工程師

派赴國家：美國

出國期間：自民國 105 年 7 月 9 日至 105 年 9 月 02 日

報告日期：民國 105 年 9 月 30 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：核能電廠營運檢測超音波檢測人員能力驗證訓練及資格證照考試，並順道參加 SGMP Workshop 國際會議

頁數 22 含附件：是否

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

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話
楊海明、施順動慶、蔣年發、陳俊宇/台灣電力公司/核能發電處/核能工程監、核能工程監、核能工程師、核能工程師/(02)23667066

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：自民國 105 年 7 月 9 日至 105 年 9 月 02 日

出國地區：美國北卡州夏洛特電力研究院、佛羅里達州清水市

報告日期：105 年 9 月 30 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)

核能電廠營運期間檢測，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，本公司每年均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：管路焊道(含 IGSCC)手動相位陣列超音波檢測、管路焊道(含 IGSCC)手動超音波檢測、相同材質及異材管路覆層焊道相位陣列超音波檢測、管路焊道(含 IGSCC)自動超音波檢測、管路焊道(含 IGSCC)自動相位陣列超音波檢測、管路焊道裂縫(含 IGSCC)深度自動相位陣列超音波檢測能力驗證等 6 項 15 科。另施、陳 2 員於 7 月 16 日至 7 月 21 日參加 EPRI 於佛羅里達州清水市舉辦之 SGMP Workshop 國際會議，以了解有關蒸汽產生器相關保養維修及檢測之最新資訊，以及國外廠家對於蒸汽產生器檢測之相關經驗，作為本公司蒸汽產生器檢測之依據及參考。

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

目 錄

<u>內 容</u>	<u>頁次</u>
一、 目的與過程	4
二、 管路焊道(含 IGSCC)相位陣列手動超音波檢測能力再驗證 .	6
三、 管路焊道(含 IGSCC)傳統手動超音波檢測能力再驗證	11
四、 覆層焊道相位陣列手動超音波檢測能力驗證考試	12
五、 管路焊道(含 IGSCC)傳統自動超音波檢測能力驗證考試	16
六、 管路焊道(含 IGSCC)相位陣列自動超音波檢測能力驗證考試	18
七、 EPRI 35TH 2016 SGMP WORKSHOP 國際會議	20
八、 心得與建議	22

一、目的與過程

1982 年美國 BWR 電廠不銹鋼管路焊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評估中心 (EPRI NDE Center) 發展出不銹鋼管路焊道晶間應力腐蝕龜裂超音波檢測考照制度。後來 EPRI 又陸續發展出管路焊道裂縫深度評估、管路覆層焊道裂縫檢測、異材焊道超音波檢測等超音波檢測考照項目；相位陣列式超音波檢測技術應用於管路、壓力容器焊道已臻成熟、EPRI 針對上述各種項目也新增使用相位陣列式超音波檢測、另外也增加相位陣列式超音波自動檢測或可記錄式項目。

ASME Code 1989 Addenda 首次將超音波檢測能力驗證規定於 Sec.XI Appendix VIII，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。

至 ASME Code 2007 年版為止，超音波檢測能力驗證共分為 10 個項目：

(一)、管路焊道部分

- 1、Supplement 2—Wrought Austenitic
- 2、Supplement 3—Ferritic
- 3、Supplement 9—Cast Austenitic
- 4、Supplement 10—Dissimilar Metal
- 5、Supplement 11—Overlay

(二)、壓力槽部分

- 1、Supplement 4—Clad/Base Metal Interface Region
- 2、Supplement 5—Nozzle examinations from the outside surface
- 3、Supplement 6—Reactor vessel welds other than clad/base metal interface
- 4、Supplement 7—Nozzle examinations from the inside surface

(三)、其他

- 1、**Supplement 8—Bolts and Studs**

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 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 Supplement 9 (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。

本公司自 1985 年起每年選派適當人員赴 EPRI 參加上述超音波檢測能力驗證資格考試。今年共選派 4 人參加 6 項 15 科超音波檢測能力驗證資格考試，這些項目包含有：管路焊道(含 IGSCC) 相位陣列手動超音波檢測、管路焊道(含 IGSCC) 傳統手動超音波檢測、相同材質及異材管路覆層焊道相位陣列手動超音波檢測、管路焊道(含 IGSCC) 傳統自動超音波檢測、管路焊道(含 IGSCC) 相位陣列自動超音波檢測、管路焊道裂縫(含 IGSCC)深度相位陣列自動超音波檢測能力驗證等。

4 人各依規畫選項分別參加手動/自動驗證考試，考試合格結果，詳如列表：

項目	姓名 結果	楊海明	施順動慶	蔣年發	陳俊宇
		管路焊道(含 IGSCC) 相位陣列手動超音 波檢測再驗證	檢測能力	合格	合格
	長度量測	合格	合格	合格	合格
管路焊道(含 IGSCC) 傳統手動超音波檢 測再驗證	檢測能力	合格	合格	合格	
	長度量測		合格		
相同材質及異材管 路覆層焊道相位陣 列手動超音波檢測	檢測/長度/深 度	合格	合格		
管路焊道(含 IGSCC) 傳統自動超音波檢 測初考	碳鋼檢測能力				合格
	碳鋼長度量測				合格
	不銹鋼檢測能力				合格
	不銹鋼長度量測				合格
管路焊道(含 IGSCC) 相位陣列自動超音 波檢測初考	碳鋼檢測能力				合格
	碳鋼長度量測				合格
	不銹鋼檢測能力				合格
	不銹鋼長度量測				合格
管路焊道裂縫(含 IGSCC)深度相位陣 列自動超音波檢測 初考	碳鋼深度量測				合格
	不銹鋼深度量測				合格

二、管路焊道(含 IGSCC) 相位陣列手動超音波檢測能力再驗證

(一)、考前準備事項

- 1、儀器：GEIT 公司 Phasor XS、Zetec Omniscan MX 或更高階、Zetec TOPAZ、或 Harfang X-32 任何一家曾驗證過之儀器均可。
- 2、探頭：本次再驗證使用 Phasor XS 及 TOPAZ 與其搭配之探頭及楔形塊。
- 3、設定檔：一般橫波探頭必須依程序書主要參數設定表，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。縱波探頭需用 EPRI 驗證考試檔案。Phasor XS 儀器軟體版本規定使用 1.2 版作為驗證考試用，其他較新版本可在現場使用。
- 4、其他器材如鋼尺(英制 10 進位)、布尺、拆裝探頭工具(帶柄六角板手及一字起子)自己準備，SD 卡 2GB(含)以下才能讀取，另外可準備一軟性彎尺，可以緊貼試件表面，鑑別訊號微小變化。
- 5、基本校正塊：針對碳鋼、不銹鋼試件 EPRI 有完整各相應編號之校正塊，考生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 45°~55°任選一角度執行校準)，練習時將所有設定填好表格，可充分利用考試之三天時間。
- 6、熟習探頭清單、校準、瑕疵等記錄之填寫，避免錯誤發生，做完試件必須完成紀錄表送交考官，考官即會前來查驗儀器設定、校準及瑕疵位置長度驗證(考生作給考官看)。

(二)、程序書摘要：

- 1、本次驗證採用 EPRI 正式發行之 EPRI-PIPE-MPA-1_Rev0 通用程序書。
- 2、EPRI-PIPE-MPA-1_Rev0 版其重要內容為：
 - (1)、程序書適用於奧斯田鐵及肥粒鐵之管徑及管壁厚範圍。
 - (2)、程序書適用之瑕疵範圍如下表：

掃描位置 關係 材質	近邊檢測 ¹				遠邊檢測 ²			
	周向瑕疵		軸向瑕疵		周向瑕疵		軸向瑕疵	
	檢出	長度 量測	檢出	長度 量測	檢出	長度 量測	檢出	長度 量測
肥粒鐵	適用	適用	適用	不適用	適用	適用	不適用	不適用
奧斯田鐵 ³	適用	適用	適用	不適用	不適用 ⁴	不適用 ⁴	不適用	不適用

註：1.近邊檢測：掃描與檢測部位在焊道同側。

2.遠邊檢測：掃描與檢測部位在焊道不同側。

3. 程式書不適用於檢測鑄造不銹鋼金屬。

4. 程式書對於近邊檢測遠邊瑕疵及長度量測無法達到完全適用，但已採用最佳可能檢測方法 (best effort)。

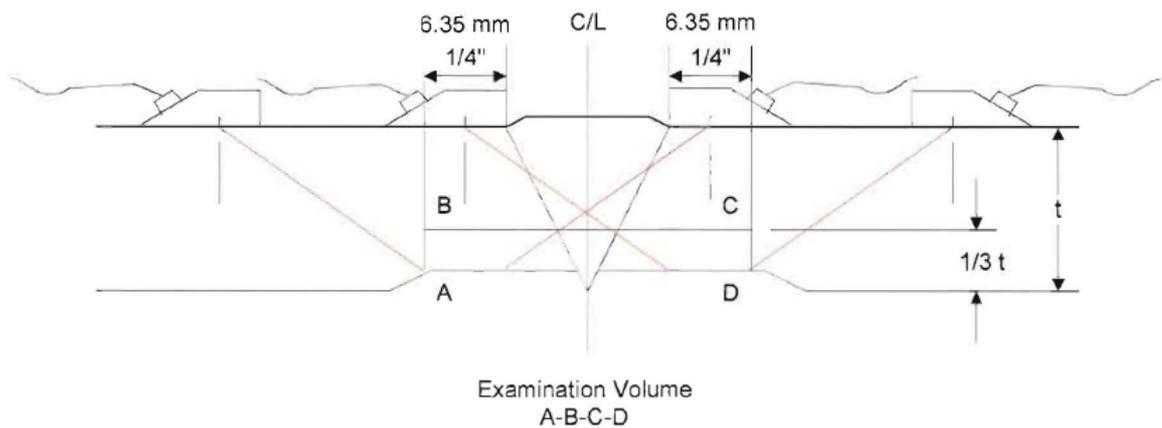
(3)、程序書應使用 GEIT Phasor XS 或 ZETEC TOPAZ 手動相位陣列超音波瑕疵檢測儀，儀器之必要設定請參考本程序書 Table 2 建立設定檔。

(4)、儀器軟體版本分別為 1.20 及 3.5R8。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。

(5)、目前驗證過之相位陣列式探頭和楔形塊組合如 Table 1，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。

(6)、檢測範圍：

檢測體積至少應涵蓋自焊道兩側焊趾算起分別至母材 1/4 吋距離，以及自焊道底部算起至其焊道體積三分之一範圍，如下圖 A-B-C-D 之範圍。



(7)、檢測技術：以材質類型、厚度範圍選擇符合的換能器、音波傳送模式、換能器頻率、音圈、檢測角度、角度階(angle step)。

探頭和楔形塊組合參考本程序書 Table 1 選用。

橫波為主要音波傳送模式，執行管壁厚度大於 0.50 吋之奧斯田鐵單邊檢測時，應使用橫波及縱波探頭進行焊道遠邊之瑕疵檢測及瑕疵長度量測。

探頭角度選擇：螢幕呈現扇形掃描圖，橫波角度由 35 度至 70 度，縱波角度由 40 度至 70 度，度階 1 度。

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)增大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。

(8)、校準：

- A. 探頭晶片、電纜線及探頭耦合檢查：確保每次開始檢測及結束檢測時換能器和楔形塊都完全耦合。晶片失效的數量不得高於下列標準：

(A) 16 顆晶片的探頭，失效的晶片不得超過 2 顆。

(B) 8 顆晶片的探頭，失效的晶片不得多於 1 顆。

執行縱波檢測選取 4"至 7"的設定檔案時，只使用探頭每邊 15 顆有效晶片以外的 10 顆，因此探頭每邊失效的晶片不得多於 1 顆。管路大於 7"的其餘設定檔使用了每邊 15 顆晶片的縱波探頭，因此可接受每邊失效 2 顆晶片。

如果晶片失效的數量超過上述規定，則之前完成的晶片查核後執行過的所有檢測均應作廢並且重新檢測。

- B. 儀器設定參數：陣列探頭搭配各楔形塊應依表設定重要參數。
- C. 選擇 45°~55°任一角度於參考規塊驗證角度的誤差應在 $\pm 3^\circ$ 以內。
- D. 迴掃範圍最小應能自焊道兩側充分的涵蓋規定之檢測體積，迴掃範圍最大應不得影響解析度。
- E. 從 45°~55°任選一角度建立參考靈敏度，反射體可選基本校正塊之內表面刻槽，替代校準規塊深度最接近測件公稱厚度之人工刻槽，或參考規塊相對深度之人工刻槽尖端或側鑽孔，將振幅調整到 80 %~90%的全螢幕高度，並記錄於校準表。

(9)、檢測

- A. 軸向檢測：檢測平行於焊道之瑕疵，掃描時探頭應擺動大約 $\pm 20^\circ$ 。
- B. 周向掃描：檢測非平行於焊道之瑕疵，探頭斜向焊道根部掃描時，探頭與焊道熔線之夾角以介於 10°~45°為宜。
- C. 檢測靈敏度(掃描增益)：探頭置於測件臨近鐸道母材上，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。

(10)、評估顯示

- A. 瑕疵顯示：顯示有很好之訊號雜訊比，並且有明顯之開始及結束點。能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。左右擺動探頭時，訊號振幅駐留或增加的顯示，一般而言只要是瑕疵扇形圖像皆會出現半月狀之圖像。
- B. 長度量測：在測件內表面取得完美的瑕疵顯示訊號回波，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。

- C. 遠邊瑕疵及 IGSCC 長度量測：奧斯田鐵遠邊瑕疵(音波必須穿過鉚道)及 IGSCC 瑕疵長度時應延著瑕疵長度的兩個方向掃描，直到訊號回波消失在背景雜訊中。

(11)、記錄與報告：校準記錄及檢測結果應完整填寫。

(三)、再驗證考試要點

1、再驗證試件瑕疵分配如下：

- (1)、每一組考試件瑕疵數量由 EPRI 依 ASME SEC. XI 規章 Appendix VIII 表 VIII-S2-1 配置約 9~12 個瑕疵，其中最少 1/3 為淺瑕疵(5~30%t)，至少 1/3 為大於 30%t 之瑕疵，軸向瑕疵(Axial Flaw)至少 1 個且最多為總瑕疵數量的 10%；容許 false call 之數量視該組瑕疵總量而定。
 - (2)、依據經驗 IGSCC 再驗證試件以淺瑕疵為主(5~30%t)約 3~4 個 Flaw，非 IGSCC 之 306/307 試件則為大於 30%t 之瑕疵，比較容易檢測。
- 2、通常單側掃描試件一定有瑕疵在遠邊且為周向瑕疵，再驗證試件一定有無瑕疵者，非 IGSCC 試件較簡單需把握住不能有 false call，IGSCC 試件有難易之分須謹慎對付，且應留意焊道兩側內外表面之幾何形狀變化，有些回波訊號可能來自內部斜面，可用直束探頭觀測其厚度變化，以免誤判。
 - 3、IGSCC 試件是從電廠切割而來，焊接材料及技術為 1960 年代產品，焊道有直管對接肘管、直管對接安全端等，焊冠及內外表面幾何形狀變化造成檢測困難度增加。非 IGSCC 試件為 1990 年代產品，多為直管對接直管，相對容易許多。
 - 4、IGSCC 產生之處為應力之所在，較厚試片 IGSCC 愈靠近根部，較薄試片熱影響區較寬 IGSCC 愈離開根部，通常 IGSCC 只在某一側(應力側)產生，亦有可能在切斷面處；而製作之試片瑕疵位置係人工植入，故不固定。
 - 5、012(2MHz)探頭配 160 短 wedge，其低角度可測得近邊淺 IGSCC，更適合檢測軸向 IGSCC；配 159 長 wedge 其高角度可檢測遠邊 IGSCC，因短 wedge 高角度易消失無效。
 - 6、441(1.5MHz) 探頭配 162 短 wedge，可測得近邊 IGSCC，亦可輔助檢測軸向 IGSCC；配 161 (或 315)長 wedge 其高角度可檢測遠邊 IGSCC，因短 wedge 高角度雜訊多不利遠邊檢測。
 - 7、假設 EPRI 共有 50 個 IGSCC，大約有 45 個可用 1.5 或 2.0MHz 探頭測得，只有 5 個須用 1.5 MHz 探頭才可測得。
 - 8、大於 0.5"單邊掃描須執行縱波及橫波檢測，80%瑕疵可用橫波測得，40%瑕疵可用縱波測得，兩種一起用可達 85%，縱波檢測效果不佳，主因為其音程僅半 V，其能量至底部可能消失(無 bounce 效應)或產生波式轉換，雜訊容易多。此外對近邊斜方向之瑕疵亦無法測得，但橫波可以。
 - 9、瑕疵長度量測 Adam 的經驗為：找到最高振幅處調 80% FSH，再從兩側往內找到有瑕疵之端點。找 Axial Flaw 可將 1.5MHz PA 探頭置於焊冠上掃描(耦合劑多

點)，可方便找到(實測結果不佳，參考就好)

10、單邊掃描關鍵：

- (1)、縱波須在半 V 音程打到瑕疵，橫波則無此問題。
- (2)、縱波有波式轉換，多重回波，可能會混淆判斷。
- (3)、檢測厚焊道，縱波優於橫波。

11、IGSCC 通常均有良好的訊雜比(S/N)，如扇形畫面 60 度有強烈回波訊號與動態，相對位置正確，應可確認為 IGSCC。

(四)、經驗分享

(略)

三、管路焊道(含 IGSCC) 傳統手動超音波檢測能力再驗證

(一)、傳統 MUT 再驗證試件與探頭選擇

不銹鋼管路及 IGSCC 傳統手動超音波檢測能力再驗證除儀器與探頭與相位陣列式使用不同，其餘考試均差不多，考試件僅涵蓋 12”~24”管件。

(二)、經驗分享

(略)

四、覆層焊道相位陣列手動超音波檢測能力驗證考試

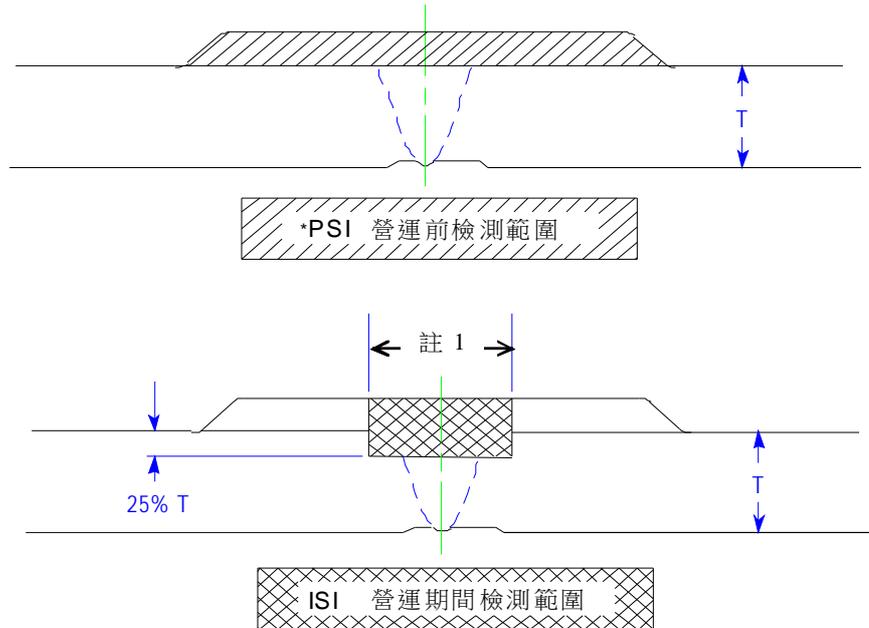
1. 驗證考試內容

- (1) 考照時間：限定 10 天內完成（不含練習時間）
EPRI程序書編號：EPRI-WOL-PA-1 Rev.4。
- (2) 此項驗證考試試件原有 2"、4"、6"、12"及 28"等 5 種尺寸，自 103 年起增加 8"、13"、15"、30"及 34"等 5 種尺寸。
- (3) 本次驗證考試為 EPRI 新增考試試件後本公司第一次參與，考前詢問 EPRI 要考那些試件，EPRI 答覆除原有試件外另需增加 SS / CS 異材焊道試件，而 CAST SS 及 OWOL（Optimized Weld Overlay）試件則由有驗證考試需求者個別提出時才列為考試試件。
- (4) OWOL 之覆焊厚度較一般覆焊厚度小，可節省焊接時間，但因其 ISI 缺陷深度一般均低於 50%母材厚度，故深度量測較困難。
- (5) 本次驗證考試每組各有 6~7 個試件，其中一組為 2"Type C、4"、6"、12"ISI、15W 及 30N 等 6 個試件，另一組為 2"Type C、6"、8W、12"PSI、12"ISI、28"及 30N 等 7 個試件。
- (6) 每一考試件均有詳細圖面及資料顯示其外徑、管厚、Overlay 厚度、ISI 檢測範圍（Exam Volume）、ISI 長度量測深度（Length Sizing Depth）等資料，考試時應利用這些資料來選擇需用的探頭楔形塊及設定儀器參數。
- (7) 報告需要註明資料為：
 - 1) 缺陷類別為ISI或PSI
 - 2) 缺陷座向為周向或軸向
 - 3) 缺陷為Crack或LOB（Lock Of Bond或LACK OF FUSION）
 - 4) 缺陷位置X座標起點、終點
 - 5) 缺陷位置Y座標起點、終點
 - 6) 缺陷長度
 - 7) 缺陷RL（Remaining Ligament），即最小之剩餘厚度；其中Axial缺陷深度不必查表，直接報量測值即可；LOB不必報RL。
 - 8) 檢測報告上缺陷類別要作正確圈選，若其他都正確只要是類別錯誤就是 False Call。
- (8) 考試規定必須先用 30~85 角度來檢測 ISI 與 PSI crack 缺陷，經監考官驗證後才可用 0~85 角度作 LOB 檢測。
- (9) 能力驗證評分分為母材（ISI 缺陷）及 Overlay（PSI 缺陷）兩部分，每部分評分標準均含：
 - 1) 缺陷檢出率須符合Appendix VIII Table VIII-S2-1之規定

- 2) 誤叫率 (False Call) 亦須符合Appendix VIII Table VIII-S2-1之規定
 - 3) 長度的RMS $\leq 0.75"$ (不含Axial的長度)
 - 4) 深度的RMS $\leq 0.125"$
- 母材及Overlay以上4項全部合格才算通過考試。

2. 覆層焊道超音波檢測技術

(1) 覆層焊道檢測範圍



註：檢測寬度需涵蓋原始缺陷及焊冠兩側焊熔線（含BUTTERING）外至少0.5吋範圍，如焊冠寬度或位置不清楚，則須檢測整個覆層焊道表面。

(2) 覆層焊道缺陷類別

- 1) ISI -- 周向裂縫（裂縫延伸進入ISI長度量測深度）
 - 軸向裂縫（裂縫延伸進入ISI長度量測深度）
- 2) PSI -- Lack of bond (LOB)
 - Interbead lack of Fusion (IBLOF)
 - Contaminated Crack

(3) 設備與器材：

Phasor XS、TOPAZ、115-000-524 2MHz 縱波探頭、115-000-603 1MHz 縱波探頭、楔形塊 360-152-044~055、360-152-058~059、360-152-076、360-152-078~079、360-152-081、360-152-043、360-152-496~497 及 360-152-100~101 共 23 個、楔形塊拆裝工具、耦合劑、參考規塊(適用各管徑弧度具有等比深度側鑽孔及圓弧等反射體)、鋼尺與布尺。

(4) 儀器設定基本資料：

1) Phasor XS及TOPAZ覆焊檢測原始檔係由EPRI使用專門計算程式建立，考試時由監考官統一給予錄製在SD卡內，考試期間此卡不能隨意攜出考場，考完後須將SD卡交還監考官。

2) Phasor XS覆焊檢測原始檔有47個其中CHK64.POP為探頭晶片及頻道檢查，需自行測試確認探頭性能。設定檔編號方式說明如下：

G50B3085Q3.POP表示使用的是360-152-050楔形塊(wedge)，縱波折射角度範圍30~85度；G51B0085Q3.POP表示使用的是360-152-051楔形塊，縱波折射角度範圍0~85度，楔形塊偶數編號用於周向掃描，奇數編號用於軸向掃描。

考生必須依據試件種類尺寸選用適當的楔形塊及原始檔。

(5) 晶片及頻道檢查：

1) 連接選用之探頭（不裝楔形塊）

File→Filename選擇CHK64.POP→按Home→將探頭與參考規塊耦合→檢查每一頻道（Channel）是否正常。

2) 連接選用之探頭（安裝楔形塊）

File→Filename選擇CHK64.POP→按Home→調整dB→檢查每一晶片（element）是否正常。

(6) 校準程序：

1) 選用試件管徑適用之楔形塊並載入原始檔，調整MAT THICKNESS值為覆焊+母材總厚度，LEG值調為0.2（若需局部放大觀測可調為0.1）。

2) 設定Gate A起點為覆焊外表面、width為ISI長度量測深度，Gate B起點為覆焊外表面、width為覆焊+母材總厚度。

3) 以ISI長度量測深度附近之孔執行深度校準，調整Probe Delay，使其訊號顯示之深度與實際深度一致。

4) 高、中、低角度校準：

高角度（70°~85°）校準：以70°取得0.1"側鑽孔最高訊號，並記錄其角度、振福及音程。

中角度（25°~60°）校準：以40°或45°取得ISI長度量測深度對應之側鑽孔最高訊號，並記錄其角度、振福及音程。

低角度（0°~25°）校準：以5°或25°取得覆焊介面對應之側鑽孔最高訊號，並記錄其角度、振福及音程。

5) 校準完成後將此設定另存為設定檔，如G51B0085A.POP、

G54B3085C.POP，作為後續檢測用，其中A為Axial掃描、C為Circ掃描。

3. 驗證過程要點

(1) 依據 Table 2 設定儀器參數，另需準備探頭清單(由 EPRI 提供，不需自行填

寫)。

- (2) 依所選用的楔形塊編號來尋找設定檔，通常先執行 30°~85°周向掃描找 ISI 軸向缺陷，再執行 30°~85°軸向掃描找 ISI 及 PSI 周向缺陷，交卷後才准執行 0°~85°掃描找 LOB (含 IBLOF)。
- (3) 有 2 個焊道之試件，報告需分開填寫，且須圈選所檢測之焊道為 SM 或 DM。
- (4) 有些試件之 ISI 缺陷會在 ISI 長度量測深度之下，此種缺陷為 ISI OWOL 缺陷，不論作對或作錯，均不予計分。
- (5) PA 探頭校準深度非線性，所以不同角度、不同深度之訊號皆須利用相同深度之側鑽孔作相同角度之校準，調整 Probe Delay 值，之後再執行量測，尤其對於較厚試件之深度量測更須準確，否則失之毫里差之千里。
- (6) 監考官除依 Table 2 檢查儀器相關之設定外，另須驗證所作缺陷之位置、長度及深度。

4. 經驗回饋

(略)

五、管路焊道(含 IGSCC)傳統自動超音波檢測能力驗證考試

1. 考前準備事項

儀器：以往在 EPRI 執行此項自動超音波檢測研判分析能力驗證考試，均使用 Wesdyne 借用之 Laptop，並由 EPRI 考官重灌軟體與試題。本次逕洽攸聯借用 Laptop，免除跟 Wesdyne 租借電腦之高額費用，只須同仁自己攜帶 USB license key 至現場即可。考試前 EPRI 已將所有練習試題灌入電腦中，一旦完成所有練習試題即可要求灌入試題開始考試，考試場所與手動超音波檢測考場相同管制區域。

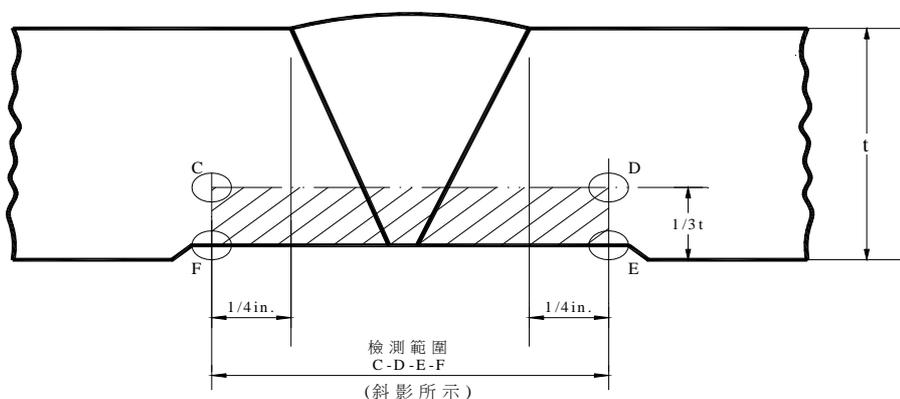
試題：本次屬資格初次驗證考試，試題涵蓋碳鋼、不銹鋼和 IGSCC 試件，單邊掃描或雙邊掃描都有。

2. 使用程序書：

(1). 本次能力驗證考試是使用 Wesdyne 程序書：Generic Procedure for Ultrasonic Examination of Piping Welds Using the Intraspect Automated Imaging System WDI-STD-119-C，以及由 INTRASPECT 自動超音波檢測系統取得之檢測資料，資料研判分析人員使用此系統及程序書執行檢測研判之資格驗證考試。

(2). WDI-STD-119-C 版程序書重要內容為：

- A. 程序書適用於奧斯田鐵及肥粒鐵之管徑及管壁厚範圍。
- B. 程序書適用之瑕疵範圍。
- C. 所有重要系統參數須依表設定。
- D. 使用本程序書檢定合格之探頭。
- E. 檢測區域



- F. 檢測技術
雙邊檢測平行焊道之瑕疵：

- a)非 IGSCC 檢測 — 如檢測範圍能涵蓋規定之區域時，低角度探頭為主要檢測，一般為 45°探頭。當幾何形狀限制 45°探頭檢測範圍時，改用 60°探頭。當幾何形狀限制 45°或 60°探頭檢測範圍時，改用 70°探頭。當被檢物厚度小於 0.50"時，可選擇 60°或 70°探頭替代 45°探頭。
- b)IGSCC 檢測 — 如檢測範圍能涵蓋規定近側之內表面 HAZ 區域時，45°探頭為主要檢測探頭。如果當次檢測前已執行過 45°探頭，確定無法涵蓋檢測範圍，則改用 60°探頭。為進一步評估瑕疵時，加做 45°或 60°探頭。

單邊檢測平行焊道之瑕疵時，須增加考慮下列因素：

- a)同側檢測時，其檢測技術及程序同於雙邊檢測。
- b)只能單邊檢測之不銹鋼材料厚度等於或小於 0.50"時，須用 70°橫波探頭做遠邊瑕疵之檢測及長度量測。
- c)只能單邊檢測之不銹鋼材料（IGSCC 或非 IGSCC）厚度大於 0.50"時，須用檢測範圍能涵蓋規定遠邊區域之縱波探頭做遠邊瑕疵之檢測及長度量測。
- d)只能單邊檢測之 IGSCC 不銹鋼材料厚度大於 0.50"時，須加用 60°橫波探頭做遠邊瑕疵之檢測及長度量測。
- e)只能單邊檢測之碳鋼材料，須用檢測範圍能涵蓋規定遠邊區域之橫波探頭做遠邊瑕疵之檢測及長度量測。

檢測垂直焊道之瑕疵：

- a)主要用 45°探頭以 10° ~30°轉角（Skew）從被檢物之母材表面處向焊道檢測。其轉角角度應考慮焊冠寬度、材料厚度及探頭角度，使探頭音束能適當地涵蓋焊根（weld root）及熱影響區（HAZ）。

3. 資料研判要領:

（略）

4. 經驗分享

（略）

六、管路焊道(含 IGSCC) 相位陣列自動超音波檢測能力驗證考試

1. 前言

相位陣列式超音波檢測技術應用於管路、壓力容器焊道已臻成熟，目前使用相位陣列式超音波檢測儀器參加各項能力驗證之人員已逐漸增加，未來將成為主流技術。

本次參加相位陣列式自動超音波管路焊道檢測數據的資料評估(Data Evaluation) 能力驗證，管路焊道包括肥粒鐵系、奧斯田鐵系(含 IGSCC)檢測和瑕疵長度量測。

2. 程序書

本次驗證採用程序書如下：

檢測、瑕疵長度量測是使用 Wesdyne 公司程序書 WDI-STD-1023_Rev0，Generic Procedure for Ultrasonic Examination of Ferritic and Austenitic Piping Welds Using the IntraPhase Automated Phased Array Imaging System。

3. 驗證考試過程要述

(1)出國前考試準備

a 資料評估檢測設備

向公司借升級版原廠超音波資料分析檢測設備

AMDATA IntraSpect Acquisition and Analysis software，7.10.3 版升級 7.11 版

b 熟習程序書 WDI-STD-1023，Rev.0

c 熟習分析軟體 IntraSpect_Phased Array Imaging 應用

d 熟練升級版原廠超音波資料分析檢測設備訓練分析教材

e 熟讀 ISI-UT-21-20 鋼管銲道相位陣列自動超音波檢測草稿

(2)美國_電力研究院(EPRI)驗證考試

a 資料評估檢測設備

超音波資料分析檢測設備

AMDATA IntraSpect Acquisition and Analysis software，7. 17 版

程序書 WDI-STD-1023，Rev.0

b 考試前，分析練習試件，約二工作天，瞭解瑕疵記錄填寫、瑕疵 screen prints 數位資料儲存。

c 考試時，約五工作天，資料評估前，逐項核對考試試件數位資料與考試試件清單內容，若有差異應即向考官反應。

d 考試試件資料評估完，填寫瑕疵記錄、瑕疵 screen prints 數位資料儲存。全部應考試件評估完，完成應填寫瑕疵記錄表、瑕疵 screen prints 數位資料儲存，應避免錯誤或遺漏，核對記錄無誤後，全部應考試件瑕疵記錄送交考官，考官即會前來查驗儲存 screen prints 之數位資料、並移存至其他數位裝置。

(3)驗證考試超音波資料分析評估過程要述：

a 本人首次參加相位陣列式自動超音波管路焊道檢測數據的資料評估(Data

Evaluation)能力驗證考試，因此必須涵蓋所有管路焊道包括肥粒鐵系、奧斯田鐵系(含 IGSCC)瑕疵檢出與長度量測。

b 考試試件資料：(略)

c 試件資料依慣例先分析肥粒鐵系試件，再分析奧斯田鐵系，奧斯田鐵系 IGSCC 試件最後分析，依 WDI-STD-1023，Rev.0 程序書。

4. 經驗分享

(略)

七、EPRI 35TH 2016 SGMP WORKSHOP 國際會議

(一)、EPRI SGMP 第 35 屆大會說明

- (1)、從 7 月 18 日至 7 月 20 日共 3 天在佛羅里達州清水沙灘 Sandpearl 度假酒店舉行,共有九個國家 102 位來賓與會,分別來自政府管制機關、電力業者、學者、與非破壞檢測供應商公司業者等齊聚一堂。



- (2)、針對蒸汽產生器從法規管制、導則改版、業界評估、運轉與檢測經驗、一次側結構完整性、新檢測與自動研判技術、二次側異物檢查與目視確認完整性等不同議題共 31 篇報告,大家討論熱烈,所提議題對未來有關蒸汽產生器維護擬定檢測規劃與預防保養有很好的助益。



上圖：本公司與 ZETEC 公司聯合發表升級渦電流檢測資料自動研判之經驗

(二)、EPRI SGMP 大會議題

大會為求議事順暢蒸汽產生器共分 8 個主題依序討論:

- 1、蒸汽產生器運轉現況
- 2、渦電流自動研判技術

- 3、檢測技術討論
- 4、國際蒸汽產生器運轉經驗
- 5、管束完整性
- 6、管束完整性模態與模擬技術
- 7、蒸汽產生器二次側檢測與維護
- 8、單輪渦電流自動研判技術推動現況

(三)、EPRI SGMP 八項主題中個別報告內容涉及會員智財權，在此不便公開。

(四)、經驗分享

- 1、EPRI 為匯集更多的成果及增加參與，SGMP 國際會議爾後改為兩年舉辦一次，並酌予增加會議天數。
- 2、中、日、韓均派人參加會議，增廣見聞，尤其大陸均屬於 PWR 型電廠，其核電組織一直在發展自己的檢測能量，本隊是否可與其交流，或許可納入未來規劃。

八、心得與建議

1. 因應 EPRI 新增加的考生在熱室練習以日計價收費方式，出國人員在出國前準備項目，除了至林訓利用試件多做練習提升檢測技術，也要練習填寫應考項目的各種表格及檢測結果。
2. EPRI NDE Center 對各領域均有研究人員，本次利用空檔與風電專家洽談，他們很樂意給了一些美國地區風電營運之檢測資訊，對本隊參與風電維護檢測應有助益。
3. RPV 考照可採用傳統或相位陣列技術，如採用相位陣列則須針對少數小管徑管嘴再做 Modelling，以確認相關檢測所需參數。
4. SGMP 國際會議中、日、韓均派人參加會議，增廣見聞，尤其大陸均屬於 PWR 型電廠，其核電組織一直在發展自己的檢測能量，本隊是否可與其交流，或許可納入未來規劃。