

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，並順道訪問 Wesdyne International 公司

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

陳振宇-核能工程師

張聰賢-核能工程師

派赴國家：美國

出國期間：自民國 102 年 7 月 6 日至 102 年 9 月 2 日

報告日期：民國 102 年 10 月 15 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，並順道訪問 Wesdyne International 公司。

頁數 58 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、陳振宇、張聰賢/台灣電力公司/核能發電處/核能工程監、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 102 年 7 月 6 日至 102 年 9 月 2 日

出國地區：美國北卡州夏洛特電力研究院、康乃狄克州溫莎 Wesdyne

報告日期：102 年 10 月 15 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、管路焊道裂縫(含 IGSCC)深度手動相位陣列超音波量測、覆層焊道手動相位陣列超音波檢測、管路焊道(含 IGSCC)傳統及相位陣列自動超音波檢測、異材焊道自動相位陣列超音波檢測、螺栓手動超音波檢測等 7 項 7 科。另順道參訪 Wesdyne International 公司，了解其核電廠自動化檢測產品與實務經驗。

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	2
二、管路焊道(含 IGSCC)手動相位陣列超音波檢測能力驗證考試	4
三、管路焊道裂縫(含 IGSCC)深度手動相位陣列超音波量測能力驗證考試	17
四、覆層焊道手動相位陣列超音波檢測能力驗證考試	28
五、管路焊道(含 IGSCC)傳統自動超音波檢測能力驗證考試	35
六、同材質管路焊道(含 IGSCC)自動相位陣列式超音波檢測能力驗證考試	40
七、異材質管路焊道自動相位陣列式超音波檢測能力驗證考試	43
八、螺栓直束超音波檢測能力驗證考試	46
九、參訪 Wesdyne International 公司	51
十、心得及建議	58

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等超音波檢測考照項目。

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

- Supplement 2—Wrought Austenitic
- Supplement 3—Ferritic
- Supplement 9—Cast Austenitic
- Supplement 10—Dissimilar Metal
- Supplement 11—Overlay

(二)、壓力槽部分

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

(三)、其他

- 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 參加上述管路焊道超音波檢測能力驗證資格考試，今年共選派 4 人參加 7 項 7 科超音波檢測能力驗證資格考試，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、管路焊道裂縫(含 IGSCC)深度手動相位陣列超音波量測、覆層焊道手動相位陣列超音波檢測、管路焊道(含 IGSCC)傳統及相位陣列自動超音波檢測、異材焊道自動相位陣列超音波檢測、螺栓手動超音波檢測等。

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很普遍。本次除了繼續派員攜帶手動相位陣列式超音波檢測儀器外，另請 EPRI 提供自動超音波檢測資料分析設備(筆電)，參加管路焊道手動、自動超音波檢測能力驗證，管路焊道檢測包括碳鋼、不銹鋼管路焊道檢測(含 IGSCC)、管路焊道裂縫深度量測(含 IGSCC)、異材焊道檢測及覆層焊道檢測。

4 人各依規畫選項分別參加手動/自動驗證考試，考試結果，詳如列表：

項目 \ 結果		姓名	
		楊海明	施順動慶
管路焊道(含 IGSCC)手動相位陣列超音波檢測	碳鋼	合格	合格
	不銹鋼	合格	合格
管路焊道裂縫(含 IGSCC)深度手動相位陣列超音波量測		合格	合格
管路覆層焊道手動相位陣列超音波檢測	檢測能力	合格	合格
	長度量測	合格	合格
	深度量測	合格	合格
螺栓手動超音波檢測		已有證照	合格

項目 \ 結果		姓名	
		陳振宇	張聰賢
管路焊道(含 IGSCC)傳統自動超音波檢測再驗證	不銹鋼	合格	合格
管路焊道(含 IGSCC)自動相位陣列超音波檢測	碳鋼		合格
	不銹鋼	合格	合格
異材管路焊道自動相位陣列超音波檢測	檢測能力		合格
	長度量測		合格
	深度量測		合格

二、管路焊道(含 IGSCC)手動相位陣列超音波檢測能力驗證考試

1. 考前準備事項

- (1). 儀器：GEIT 公司 Phasor XS、Zetec Omniscan MX 或更高階、或 Harfang X-32 任何一家曾驗證過之儀器均可。
- (2). 探頭：本次驗證使用 Phasor XS 與其搭配之探頭及楔形塊如下：

項次	廠家	楔形塊型號	前緣 mm(in)	Z 值 mm(in)	音速 (in/ μ s)	楔形塊 角度	探頭型號
1	GEIT	360-141-159	13.0mm (0.512")	10.5mm (0.413")	0.0920	38°	115-500-012 115-500-013
2	GEIT	360-141-160	10.5mm (0.413")	10.5mm (0.413")	0.0920	38°	115-500-012 115-500-013
3	GEIT	360-141-161	21.0mm (0.827")	13.0mm (0.512")	0.0920	38°	115-000-441
4	GEIT	360-141-162	12.0mm (0.472")	13.0mm (0.512")	0.0920	38°	115-000-441
5	GEIT	360-141-163	34.0mm (1.339")	23.0mm (0.906")	0.0920	38°	115-000-450
6	GEIT	360-151-028	15.0mm (0.591")	12.0mm (0.472")	0.0920	18°	115-000-481

- (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，高容量尚無法使用。
- (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)。
- (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)。

2. 程序書摘要：

- (1). 本次驗證採用 EPRI 正式發行 EPRI-PIPE-MPA-1_Rev0 通用程序書，GEIT 公司 Phasor XS 儀器。
- (2). EPRI-PIPE-MPA-1_Rev0 版其內容摘要列述如下：
 - A. 程序書適用於奧斯田鐵及肥粒鐵之管徑及管壁厚範圍如下表，包括奧斯田鐵

系易敏感化的 IGSCC：

材質	管徑範圍		厚度範圍	
	PDI 能力驗證	適用現場	PDI 能力驗證	適用現場
奧斯田鐵	2.0"至 36"	1.5"(含)以上	0.237"至 2.90"	0.137"至 3.40"
肥粒鐵	4.0"至 50.0"	3.5"(含)以上	0.337"至 3.85"	0.237"至 4.85"

B. 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：掃描與檢測部位在鐸道同側。

2.遠邊檢測：掃描與檢測部位在鐸道不同側。

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）。

C. 程序書應使用 GEIT Phasor XS 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。

D. 儀器軟體版本應為 1.20。更新的軟體版本應符合程序書要求之基本圖像顯示、GEIT 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。

E. 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。

TABLE 1

Instrument Manufacturer: GEIT
 Instrument Model: Phasor XS (Note 1)
 Procedure: EPR1-PIPE-MPA-1
 Material: Austenitic and Ferritic Pipe Welds

		Qualified Search Units			
Manufacturer	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT
Model Number	115-500-012	115-500-013	115-000-441	115-000-450	115-000-481 (Note 2)
Frequency (MHz)	2.0	4.0	1.5	2.25	1.5
Configuration	Single	Single	Single	Single	Dual-SBS
Number of Elements (Each)	8	16	16	16	15
Element Arrangement	1x8	1x16	1x16	1x16	3x5
Element Shape	Rectangular	Rectangular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
Primary Axis Element Spacing/Pitch (in)	0.040	0.020	0.040	0.060	0.150
Secondary Axis Element Spacing (in)	0.354	0.354	0.472	0.748	0.150
Aperture (in)	0.315	0.315	0.630	0.945	0.748
Cable Length (ft)	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
Maximum Number of Inactive Elements	1	2	2	2	Note 3
Required Cable Adapter(s)	None	None	None	None	None
		Qualified Search Units			
Manufacturer	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT
Model Number	115-000-360	115-000-361	115-000-366	115-000-418	115-000-419
Frequency (MHz)	5	5	2.25	1.5	1.5
Configuration	Single	Single	Single	Single	Single
Number of Elements (Each)	16	16	16	16	16
Element Arrangement	1x16	1x16	1x16	1x16	1x16
Element Shape	Rectangular	Rectangular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
Primary Axis Element Spacing/Pitch (in)	0.016	0.025	0.025	0.016	0.025
Secondary Axis Element Spacing (in)	0.250	0.394	0.394	0.250	0.394
Aperture (in)	0.254	0.398	0.398	0.254	0.398
Cable Length (ft)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Maximum Number of Inactive Elements	2	2	2	2	2
Required Cable Adapter(s)	GEIT # 022-509-351	GEIT # 022-509-351	GEIT # 022-509-351	GEIT # 022-509-351	GEIT # 022-509-351
		Qualified Search Units			
Manufacturer	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT
Model Number	115-000-684	115-000-685	115-000-686	115-000-687	115-000-688
Frequency (MHz)	5	5	2.25	1.5	1.5
Configuration	Single	Single	Single	Single	Single
Number of Elements (Each)	16	16	16	16	16
Element Arrangement	1x16	1x16	1x16	1x16	1x16
Element Shape	Rectangular	Rectangular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
Primary Axis Element Spacing/Pitch (in)	0.016	0.025	0.025	0.016	0.025
Secondary Axis Element Spacing (in)	0.250	0.394	0.394	0.250	0.394
Aperture (in)	0.254	0.398	0.398	0.254	0.398
Cable Length (ft)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Maximum Number of Inactive Elements	2	2	2	2	2
Required Cable Adapter(s)	None	None	None	None	None

TABLE 1

Instrument Manufacturer: GEIT
 Instrument Model: Phasor XS (Note 1)

Procedure: EPRI-PIPE-MPA-1
 Material: Austenitic and Ferritic Pipe Welds

Qualified Wedges and Applicability												
	GEIT			GEIT			GEIT			GEIT		
	360-141-159	360-141-159	360-141-159	360-141-160	360-141-160	360-141-160	360-141-161	360-141-161	360-141-161	360-141-162	360-141-162	
Wedge Manufacturer	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	
Wedge Part Number	360-141-159	360-141-159	360-141-159	360-141-160	360-141-160	360-141-160	360-141-161	360-141-161	360-141-161	360-141-162	360-141-162	
Array Manufacturer	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	
Array Part Number	115-500-012	115-500-012	115-500-013	115-500-012	115-500-012	115-500-013	115-500-441	115-500-441	115-500-441	115-500-441	115-500-441	
Wedge Velocity (in/us)	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	
Wedge Contour Diameter (in)	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	
Wedge Cut Angle (Deg)	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	
Roof Angle (Deg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
X-Offset (in)	0.512	0.512	0.512	0.413	0.413	0.413	0.827	0.827	0.827	0.472	0.472	
Z-Offset (in)	0.413	0.413	0.413	0.413	0.413	0.413	0.512	0.512	0.512	0.512	0.512	
Probe Category	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Material Applicability	Fer Single	Aust Single	IGSCC NA	Fer Single	Aust Single	IGSCC NA	Fer Single	Aust Single	IGSCC NA	Fer Single	Aust Single	
Detection Access Applicability	Single	Single	NA	Single	Single	NA	Single	Single	NA	Single	Single	
Length Sizing Access Applicability	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	

Qualified Wedges and Applicability												
	GEIT			GEIT			GEIT			GEIT		
	360-141-163	360-151-028	360-141-084	360-141-084	360-141-084	360-141-084	360-141-084	360-141-084	360-141-084	360-141-084	360-141-084	
Wedge Manufacturer	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	
Wedge Part Number	360-141-163	360-151-028	360-141-084	360-141-084	360-141-084	360-141-084	360-141-084	360-141-084	360-141-084	360-141-084	360-141-084	
Array Manufacturer	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	
Array Part Number	115-000-450	115-000-481 (Note 2)	115-000-418	115-000-418	115-000-687	115-000-687	115-000-360	115-000-360	115-000-360	115-000-684	115-000-684	
Wedge Velocity (in/us)	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	
Wedge Contour Diameter (in)	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	
Wedge Cut Angle (Deg)	38.0	18.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	
Roof Angle (Deg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
X-Offset (in)	1.339	0.591	0.688	0.688	0.688	0.688	0.688	0.688	0.688	0.688	0.688	
Z-Offset (in)	0.906	0.472	0.434	0.434	0.434	0.434	0.434	0.434	0.434	0.434	0.434	
Probe Category	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Material Applicability	Fer Single	Aust Single	IGSCC NA	Fer Single	Aust Single	IGSCC NA	Fer Single	Aust Single	IGSCC NA	Fer Single	Aust Single	
Detection Access Applicability	Single	Single	NA	Single	Single	NA	Single	Single	NA	Single	Single	
Length Sizing Access Applicability	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	

Qualified Wedges and Applicability												
	GEIT			GEIT			GEIT			GEIT		
	360-141-085	360-141-085	360-141-085	360-141-085	360-141-085	360-141-085	360-141-085	360-141-085	360-141-085	360-141-085	360-141-085	
Wedge Manufacturer	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	
Wedge Part Number	360-141-085	360-141-085	360-141-085	360-141-085	360-141-085	360-141-085	360-141-085	360-141-085	360-141-085	360-141-085	360-141-085	
Array Manufacturer	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	
Array Part Number	115-000-419	115-000-688	115-000-366	115-000-366	115-000-686	115-000-686	115-000-361	115-000-361	115-000-685	115-000-685	115-000-685	
Wedge Velocity (in/us)	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	
Wedge Contour Diameter (in)	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat	
Wedge Cut Angle (Deg)	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	
Roof Angle (Deg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
X-Offset (in)	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	
Z-Offset (in)	0.481	0.481	0.481	0.481	0.481	0.481	0.481	0.481	0.481	0.481	0.481	
Probe Category	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Material Applicability	Fer Single	Aust Single	IGSCC NA	Fer Single	Aust Single	IGSCC NA	Fer Single	Aust Single	IGSCC NA	Fer Single	Aust Single	
Detection Access Applicability	Single	Single	NA	Single	Single	NA	Single	Single	NA	Single	Single	
Length Sizing Access Applicability	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	

TABLE 1

Instrument Manufacturer: GEIT
 Instrument Model: Phasor XS (Note 1)

Procedure: EPR-PIPE-MPA-1
 Material: Austenitic and Ferritic Pipe Welds

Qualified Wedges and Applicability

Wedge Manufacturer	Wedge Part Number	Array Manufacturer	Array Part Number	Wedge Velocity (m/us)	Wedge Contour Diameter (in)	Wedge Cut Angle (Deg)	Roof Angle (Deg)	X Offset (in)	Z Offset (in)	Probe Category	Material Applicability	Detection Access Applicability	Length Sizing Access Applicability	Fer	Aust	IGSCC	Fer	Aust	IGSCC	Fer	Aust	IGSCC	Fer	Aust	IGSCC
GEIT	360-141-086	GEIT	360-141-086	0.092	Flat	35.0	0.0	0.458	0.334	A	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA
GEIT	115-000-360	GEIT	115-000-684	0.092	Flat	35.0	0.0	0.458	0.334	A	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA
GEIT	360-141-087	GEIT	360-141-087	0.092	Flat	35.0	0.0	0.458	0.334	A	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA

Qualified Wedges and Applicability

Wedge Manufacturer	Wedge Part Number	Array Manufacturer	Array Part Number	Wedge Velocity (m/us)	Wedge Contour Diameter (in)	Wedge Cut Angle (Deg)	Roof Angle (Deg)	X Offset (in)	Z Offset (in)	Probe Category	Material Applicability	Detection Access Applicability	Length Sizing Access Applicability	Fer	Aust	IGSCC	Fer	Aust	IGSCC	Fer	Aust	IGSCC	Fer	Aust	IGSCC
GEIT	360-141-087	GEIT	360-141-087	0.092	Flat	35.0	0.0	0.605	0.381	A	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA
GEIT	115-000-366	GEIT	115-000-686	0.092	Flat	35.0	0.0	0.605	0.381	A	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA
GEIT	360-141-087	GEIT	360-141-087	0.092	Flat	35.0	0.0	0.605	0.381	A	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA	Single	Dual	NA

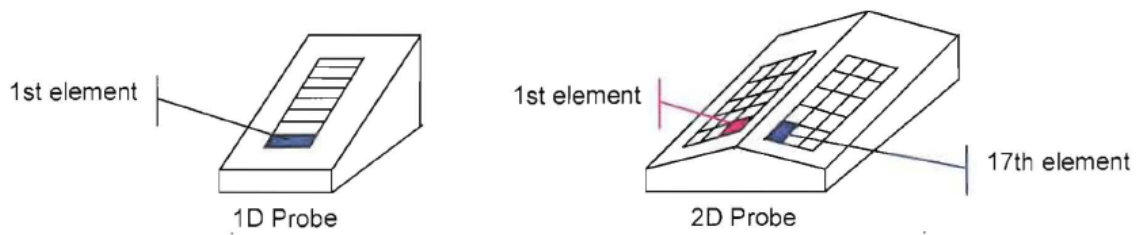
Note 1: This instrument is not capable of performing electronic beam skewing.

Note 2: Setup files for dual array longitudinal wave search units are created with the assistance of external software and are generated and controlled by GEIT. These files must be used as provided by GEIT and shall not be altered in any way. (See APPENDIX A of this Table 1 for guidance on longitudinal wave selection.)

Note 3: A maximum of two inactive elements (per side) are allowed when the examination setup is intended to use all fifteen elements. A maximum of one inactive element (per side) is allowed when the examination setup is intended to use only ten elements.

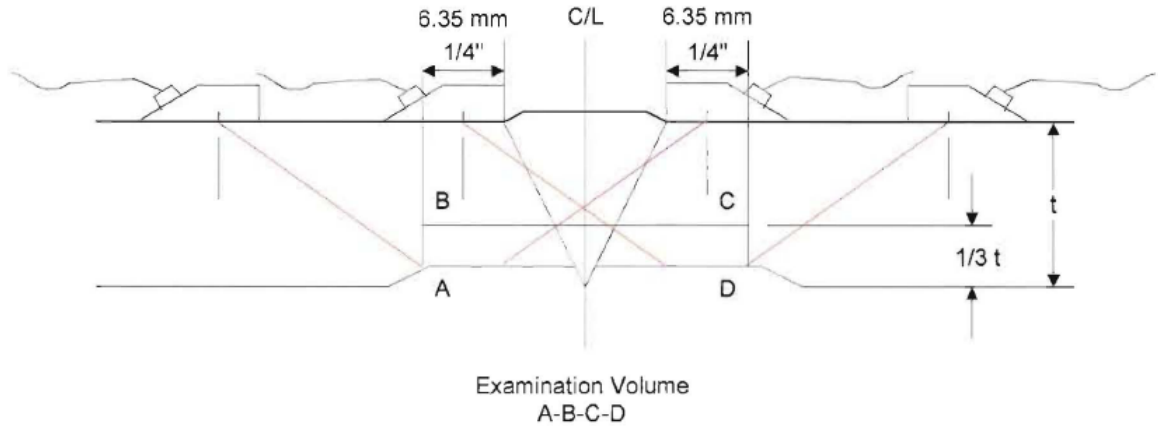
Qualification Applicability Legend. See procedure PQQS for qualification limitations.

- Fer** - Indicates that the search unit/wedge combination is qualified for use on Ferritic materials
- Aust** - Indicates that the search unit/wedge combination is qualified for use on Austenitic materials
- IGSCC** - Indicates that the search unit/wedge combination is qualified for use on austenitic material susceptible to IGSCC
- Single** - Indicates that the search unit/wedge combination is qualified for both single and dual side access configurations
- Dual** - Indicates that the search unit/wedge combination is qualified for dual side access configurations only (no single side)
- NA** - Not Applicable



F. 檢測範圍：

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



G. 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銲道遠邊之瑕疵檢測及瑕疵長度量測。

探頭頻率應採用二-2-G 表 A，二-2-G 表 B

二-2-G 表 A 探頭公稱中心頻率 奧斯田鐵

Nominal Pipe Wall Thickness Range	Shear Wave Frequency (MHz)		Longitudinal Frequency (MHz)
	IGSCC EXAM	NON- IGSCC EXAM	IGSCC and NON-IGSCC EXAMS
≤0.30"	2.0 to 2.25	2.0 to 5.0(Note 1)	2.0 to 5.0
>0.30" to ≤0.50"	1.5 to 2.25	1.5 to 5.0(Note 1)	1.5 to 5.0
>0.50"	1.5	1.5 to 2.25	1.5 to 2.25

Note 1：單邊掃描構件檢測銲道遠邊，橫波探頭最高頻率應為 2.25 MHz。

二-2-G 表 B 探頭公稱中心頻率 肥粒鐵

Nominal Pipe Wall Thickness Range	Shear Wave Frequency (MHz)	Longitudinal Frequency (MHz)
≤0.50"	2.0 to 5.0	1.5 to 5.0
>0.50" to ≤2.00"	1.5 to 5.0	
>2.00"	1.5 to 2.25	

探頭音圈尺寸(Aperture Size) 應依下表選取音圈尺寸：

Nominal Pipe Diameter Range	Maximum Aperture SizeInches*
2" to 4" inclusive	0.50"
Greater than 4" to 12" inclusive	0.75"
Greater than 12"	1.50"

*探頭音圈尺寸適用於橫波與縱波模式。雙探頭尺寸適用發射音圈尺寸。

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。

縱波探頭僅一組其聚焦距離依管徑及厚度不同按下表選擇適用之設定檔：

Diameter	Thickness Range	Wedge model	Transducer model	Set up File Name
4" to 7" inclusive	> .50" – .60"	360-151-028	115-000-481	D04F050
	> 0.60" – 0.90"			D04F075
	>0.90" – 1.25"			D04F100
	>1.25" – 1.75"			D04F150
	>1.75"			D04F200
>7" to 12" inclusive	> .50" – .60"			D07F050
	> 0.60" – 0.90"			D07F075
	>0.90" – 1.25"			D07F100
	>1.25" – 1.75"			D07F150
	>1.75"			D07F200
>12" to 24" inclusive	> .50" – .60"			D12F050
	> 0.60" – 0.90"			D12F075
	>0.90" – 1.25"			D12F100
	>1.25" – 1.75"			D12F150
	>1.75"			D12F200
> 24"	> .50" – .60"			D24F050
	> 0.60" – 0.90"			D24F075
	>0.90" – 1.25"			D24F100
	>1.25" – 1.75"			D24F150
	>1.75"			D24F200

雙陣列縱波探頭之設定檔案係藉由外來軟體設計計算出來並且由 GEIT 生產及控管。這些設定檔案必須由 GEIT 提供使用並且不得修改，如前述縱波探頭聚焦距離設定檔選擇表。

H. 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：

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。

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下表設定重要參數。

GAIN TOGGLE			
dBd: Shall be set at 0.0		dba: shall be set as required	
PROBE MENU			
(Sub-menu)	(Tab)	(Value)	
Probe Geometry	Frequency	(See Table 1) [3]	
	Number of Elements	(See Table 1) [4]	
	Pitch	(See Table 1)	
Wedge Data	Element 1 Position	Low end	
Wedge Geometry	Velocity	.0920 in/μs [1]	
	Wedge Front	X offset (See Table 1)	
	Offset Z	Z Offset (See Table 1)	
	Angle	(See Table 1)	
Offset	Probe Delay	Per 7.5	
	Origin Offset	0.0	
PART MENU			
(Sub-menu)	(Tab)	(Value)	
Plan	Velocity L	.2283 in/μs	.2323 in/μs
	Velocity S	.1220 in/μs	.1260 in/μs
	Material [5]	Steel Stnlss	Steel Mild
	MAT THICKNESS	Nominal Thickness (±10%)	
SCAN MENU			
(Sub-menu)	(Tab)	(Value)	
Electronic	Type	Sector	
	Focal Point	Unfocused [6]	
	Wave Type	Shear or Longitudinal	
Scan Pattern	Angle Start	Per 6.7	
	Angle Stop	Per 6.7	
	Angle Step	Per 6.7	
Aperture	Number of Steps	1	
	First Element	1	
	Aperture Size	# of Elements (8,10,15,or16 to match probe configuration)	
	Aperture Step	1	
DISPLAY MENU			
(Sub-menu)	(Tab)	(Value)	
View	Angle corrected	On	
	Ascan Mode	Bud	
UT MENU			
(Sub-menu)	(Tab)	(Value)	
Base	Display delay	0.0	
	Material [5]	Steel Stnlss (Austenitic) or Mild Steel (Ferritic)	
	LEG	As Required [7]	
Pulser	Voltage	150V [2]	
	Width	1/freq./2 (rounded to 0.00)	
	PRF Value	Auto High	
Receiver	Frequency	Broadband 0.6-6.5	
	Ascan Rectify	Fullwave	
NRM/ TCG	CYC GAIN CNTL	0.00	

註：[1]系統預設值的楔形塊材質為多苯乙炔(Rexolite)時之音速為 0.0920 in/μs。

楔形塊材質為樹脂玻璃(Plexiglas)時之音速為 0.1086 in/μs。

[2]校準時得暫時降低電壓將校準回波引領到 80-90%全螢幕高度。

[3]頻率 2.25MHz 之探頭應設定為 2.2MHz。

- [4] 32---双陣列縱波探頭(115-000-481)。
- [5] CUSTOM---双陣列縱波探頭(115-000-481)。
- [6] 見表 1 附錄 A 115-000-481 探頭設定值。
- [7] 見下表，調整需依 EPRI-PIPE-MPA-1_Rev0 程序書 paragraph 7.4。

Nominal Thickness	Recommended Intial Leg Setting
≤0.50"	2.6
>0.50"	0.9

- c. 選擇 45°~55°任一角度於參考規塊驗證角度的誤差應在+/- 3°以內。
- d. 迴掃範圍最小應能自鉚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。

I. 檢測

- a. 軸向檢測：檢測平行於鉚道之瑕疵，掃描時探頭應擺動大約± 20°。
- b. 周向掃描：檢測非平行於鉚道之瑕疵，探頭斜向鉚道根部掃描時，探頭與鉚道熔線之夾角以介於 10°~45°為宜。
- c. 檢測靈敏度(掃描增益)：探頭置於測件臨近鉚道母材上，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。

J. 評估顯示

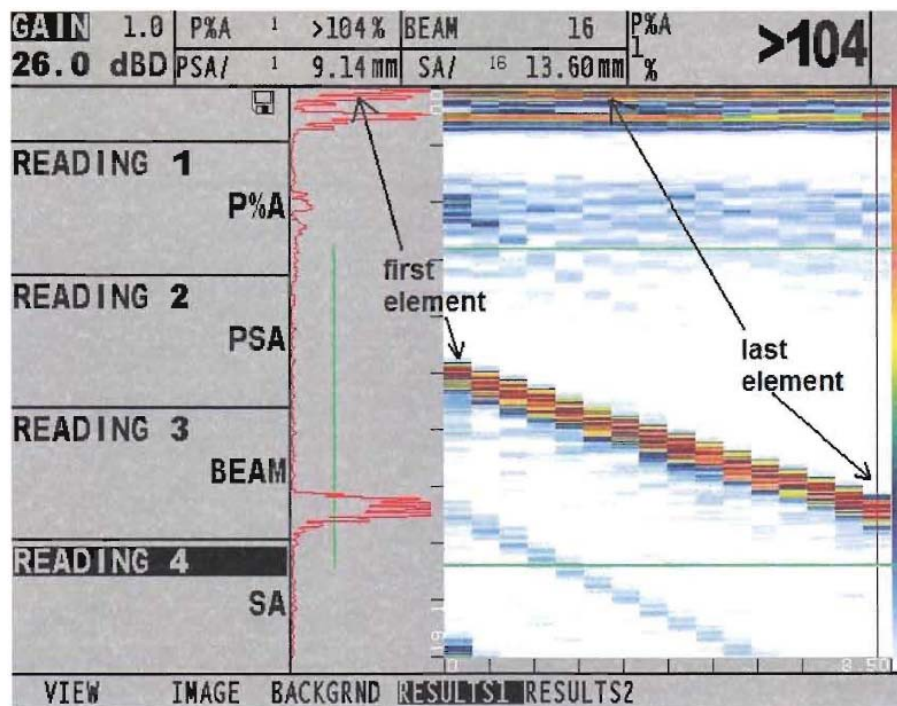
- a. 瑕疵顯示：顯示有很好之訊號雜訊比，並且有明顯之開始及結束點。能以多重角度觀察到扇形圖像內分佈於各個角度範圍的顯示。可觀察到有幾處具有獨特尖端之振幅。左右擺動探頭時，訊號振幅駐留或增加的顯示。
- b. 長度量測：在測件內表面取得完美的瑕疵顯示訊號回波，調整增益使訊號達到 80%全螢幕高度，將探頭沿瑕疵長度的兩個方向移動，直到訊號回波降到 20%全螢幕高度。
- c. 遠邊瑕疵及 IGSCC 長度量測：奧斯田鐵遠邊瑕疵(音波必須穿過鉚道) 及 IGSCC 瑕疵長度時應延著瑕疵長度的兩個方向掃描，直到訊號回波消失在背景雜訊中。

- K. 記錄與報告：校準記錄及檢測結果應完整填寫。

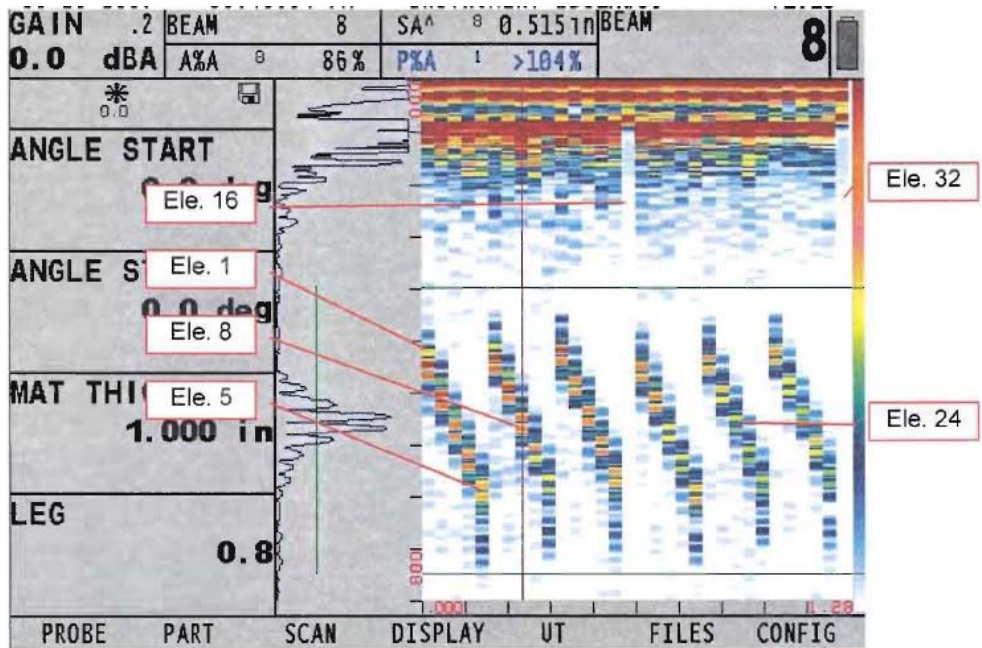
3. 驗證過程要點

- (1). 本次驗證首次以相位陣列超音波檢測儀執行，因此必須涵蓋所有碳鋼、不銹鋼

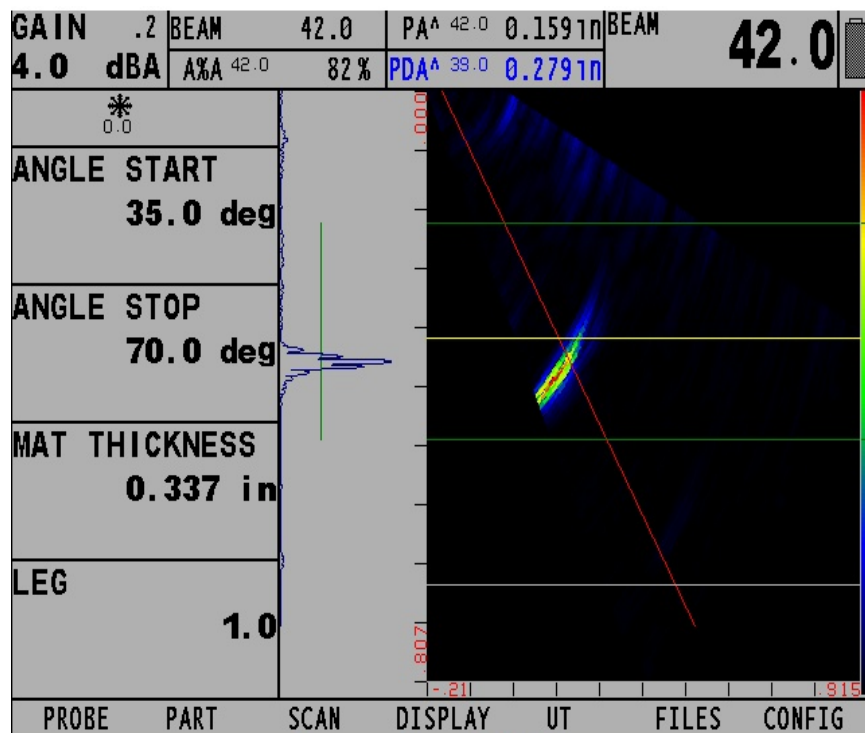
- 及 IGSCC 試件，約 13 至 15 件，管徑自 2 吋至 36 吋；考官會發一張考試件清單，上面會註明試件名稱，如 308/A BOTH，表示試件編號為 308/A 雙邊檢測，309/B UP 表示試件編號為 309/B 單邊檢測於上游側，檢測時要一一查對，避免考官給錯試件。
- (2). 慣例先考碳鋼試件，再考不銹鋼，IGSCC 試件最後考，考試期間依試件材質厚度按程序書要求選擇適用探頭與楔形塊，EPRI 針對每一種試件均有對應之基本校正規塊，校準記錄最好以該規塊做或以其他規塊替代亦可。
 - (3). 儀器設定檔(含晶片功能測試檔)均由 EPRI 提供，檢測期間再依試件 Recall 設定檔，但有些設定參數程序書要求屬於必要者(essential)必須遵照不得更改，考官查證時會一一檢查。
 - (4). 檢測過程應確認瑕疵位置(上下游座標)、長度，並填寫紀錄表，與校準表及探頭清單送交考官執行驗證，在驗證瑕疵位置過程中，如發現在自己填寫答案有問題或是想要修改部分只要符合答案均可修改。
 - (5). 執行驗證最後為 ELEMENT CHECK，打開適當設定檔再按 HOME 鍵後，轉動右邊旋鈕再確定每個位元是否有效。



上圖 16 elements 陣列探頭功能測試



上圖雙陣列探頭功能測試



碳鋼基本校正塊校準訊號圖例

4. 經驗分享

- (1). PDI 考試前與考試過程中，可做練習塊並將答案送交考官核對，如有顯著差異考官會特別告知，至於 IGSCC 練習塊部份有提供卷夾可供答案查詢。
- (2). 首次考 PDI 者涵蓋碳鋼和不銹鋼(包含 IGSCC)試件，共考 13 件，分別為碳鋼 3

- 件，不銹鋼 7 件，IGSCC 3 件，通常不銹鋼(含 IGSCC)單邊檢測比較難，IGSCC 次之。
- (3). 碳鋼檢測大中小管徑均有，小管徑 4 吋與 6 吋厚度分別為 0.344 吋和 0.432 吋，建議使用 4MHz(013)探頭，當周向掃描時，建議使用短楔形塊(160)，使用時宜後退掃描，因前端易積耦合劑高角度易產生雜訊。
 - (4). 碳鋼中管徑 12 吋厚度為 0.688 吋，建議使用 4MHz(013)探頭，單邊檢測建議使用 1.5MHz(441)探頭，此管件無焊冠要清楚中心線位置，分辨根部與幾何形狀，缺陷通常都很清楚可以看到。
 - (5). 碳鋼大管徑 50 吋厚度為 3.85 吋，有 CLAD ID，SECTOR SCAN 可以清楚看到此訊號，缺陷會從低角度延伸到高角度，缺陷有時會很長，在量測長度時，宜小心，並比對練習件訊號。
 - (6). 碳鋼檢測通常兩邊都可以檢測的到缺陷訊號，最好兩邊都做確認，如果只有一邊有就要斟酌考量，以避免 FALSE CALL。
 - (7). 不銹鋼檢測大中小管徑均有，小管徑自 2 吋到 6 吋，厚度為 0.237 到 0.432 吋，雙邊檢測建議使用 4MHz(013)探頭，單邊檢測程序書規定要使用 2.25 MHz 以下頻率的探頭，所以要使用 2MHz(012)探頭，小管徑焊道有時較寬，SECTOR SCAN 高角度可以清晰的觀察到缺陷的位置，會發現瑕疵訊號於 Leg1 與 Leg2 之間出現，但幾何形狀訊號會於 Leg1 區內出現，小管子有時用 1 ½V 觀察缺陷較好用。
 - (8). 不銹鋼中管徑 12 吋與 24 吋厚度為 0.688 吋和 1.5 吋，檢測時宜作圖觀察缺陷、幾何形狀、根部位置關係，厚度 0.688 吋雙邊與單邊檢測建議使用 1.5MHz(441)探頭，厚度 1.5 吋雙邊與單邊檢測建議使用 2.25MHz(450)探頭，程序書規定 0.5 吋以上單邊檢測須加做縱波探頭，檢測時宜比對練習塊訊號。
 - (9). 不銹鋼大管徑 35 吋與 36 吋厚度分別為 2.65 吋和 2.9 吋厚度，檢測時宜作圖觀察缺陷、幾何形狀、根部位置關係，建議先使用 2.25MHz(450)探頭，單邊檢測亦須加做縱波探頭。
 - (10). 不銹鋼大管徑厚度 2.65 吋、2.9 吋及 IGSCC 之單邊 SCAN 難度比較高，宜多練習並熟練縱波探頭，並了解波式轉換。
 - (11). IGSCC 試件厚度範圍 0.8 吋到 1.4 吋左右，建議使用 1.5MHz(441)探頭，2.25MHz(450)探頭可以做輔助之用，近邊檢測時，使用 50 到 60 度觀察 A-SCAN，探頭需要前後移動觀察波形變化，觀察 SECTOR SCAN 可以清楚看到從低角度到 60 度左右都可以有回波，考試時亦多比較相似的 IGSCC 練習塊。
 - (12). IGSCC 單邊檢測比較難，需使用更高角度在對邊檢測，建議使用 55 度到 65 度觀察 A-SCAN，看波形的變化，有時橫波 1.5MHz(441)或 2.25MHz(450)探頭可以觀察到對邊訊號，縱波探頭使用亦較難，宜多做練習塊做訊號比對之用。

- (13). IGSCC 做雙邊檢測時，兩邊厚度有差，檢測 dB 會有所不同。
- (14). IGSCC 試塊與一般不銹鋼植入瑕疵回波狀態不太一樣，因為晶間應力腐蝕龜裂較緊密反射訊號較弱，縱波效果差，使用 1.5MHz(441)橫波探頭較適合檢測，檢測時 Skew 若能看到訊號上下或稍微斜角訊號反而強，較有可能為 IGSCC，並與相對應之練習塊比較，訊號相似者才是 IGSCC。
- (15). IGSCC 周向掃描，使用 1.5MHz(441)探頭，宜使用短楔形塊(162)做檢測，必要時要增加耦合劑，並在焊冠上做掃描。
- (16). 找 AXIAL FLAW 很耗時與繁瑣，可以在試件分段掃描，有時缺陷會出現在靠近角落的地方，會誤以為是斷面回波，要仔細檢查。
- (17). IGSCC 單邊檢測之長度量測，比較困難有時訊號可能會中斷，並在一小段過後又接續產生，定長度時要小心避免叫太短。
- (18). 每一試件檢測前要先查看圖面，充分了解其幾何形狀。比如碳鋼 526 試件(直徑 50 吋，厚度 3.85 吋)，由其圖面得知底部應有 Counter Bore 訊號，檢測時若有很明顯的周向瑕疵訊號，應仔細研判，區分出瑕疵與 Counter Bore 訊號，再叫瑕疵長度。
- (19). 每一試件都要用所有適用之探頭執行檢測，比如雙邊檢測碳鋼 423 試件時，依據訓練教材，主要檢測探頭為 013，若僅以 013 探頭檢測，則可能有些周向瑕疵作不到，但用 450 或 441 探頭則可作到。

三、管路焊道裂縫(含 IGSCC)深度手動相位陣列超音波量測能力驗證考試

1. 考前準備事項

(1) 儀器：GEIT 公司 Phasor XS、Zetec Omniscan MX 或更高階、或 Harfang X-32 任何一家曾驗證過之儀器均可。

(2) 探頭：本次驗證使用 Phasor XS 與其搭配之探頭及楔形塊如下

項次	廠家	楔形塊型號	前緣 mm(in)	Z 值 mm(in)	音速 (in/μs)	楔形塊 角度	探頭 型號
1	GEIT	360-141-159	13.0mm (0.512")	10.5mm (0.413")	0.0920	38°	115-500-012 115-500-013
2	GEIT	360-141-161	21.0mm (0.827")	13.0mm (0.512")	0.0920	38°	115-000-441
3	GEIT	360-141-163	34.0mm (1.339")	23.0mm (0.906")	0.0920	38°	115-000-450
4	GEIT	360-151-028	15.0mm (0.591")	12.0mm (0.472")	0.0920	18°	115-000-481

(3) 設定檔：橫波探頭須依程序書主要參數設定表，依使用探頭及楔形塊組合分別設定參數並存檔，檢測時取用。縱波探頭需用 EPRI 驗證考試檔案。Phasor XS 儀器軟體版本可使用 1.2 或 2.72 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，高容量尚無法使用。

(5) 規塊：針對碳鋼、不銹鋼試件 EPRI 有各類型校正及參考規塊，考生依試件材質、管徑及厚度取用適用之參考規塊，此等規塊需有不同深度比例之側鑽孔或刻槽。參考靈敏度可從 45°~55°任選一角度校準，取得校正或參考規塊之反射體，調整振幅使其達到 80~90% FSH。量測裂縫深度時再依其預估值選用對應之側鑽孔或刻槽校準該角度，使量測值更為準確。

(6) 熟習校準、裂縫深度等記錄之填寫，避免錯誤發生，探頭清單由 EPRI 提供、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、校準及裂縫深度訊號驗證(考生秀給考官看)。

2. 程序書摘要

(1) 本次驗證考試以 Procedure for Manual Phased Array Ultrasonic Through-Wall Sizing In Pipe Welds (EPRI-PIPE-TWS-MPA-1 R0) 2013 年 2 月 1 日發行之通用程序書為主，採用 GEIT 公司 Phasor XS 儀器。

(2) 程序書內容摘要列述如下：

A. 程式書適用於奧斯田鐵及肥粒鐵之管徑及管壁厚範圍如下表，包括奧斯田

鐵系易敏感化的 IGSCC：

材質	管徑範圍		厚度範圍	
	PDI 能力驗證	適用現場	PDI 能力驗證	適用現場
奧斯田鐵	4.0"至 36"	4.0"(含)以上	0.337"至 2.625"	0.237"至 3.125"
肥粒鐵	4.0"至 50.0"	3.5"(含)以上	0.337"至 3.85"	0.237"至 4.85"

- B. 焊冠應磨平以免影響裂縫深度量測執行。
- C. 本程序書適用於可雙邊掃描內表面裂縫之深度量測，或僅能單邊掃描且裂縫位於近邊者。
- D. 本程序書不適用於僅能單邊掃描且裂縫位於遠邊者。
- E. 已驗證適用之探頭和楔形塊組合可參考本程序書 Table 1 選用，同品牌、型號、晶片(數量、編排、尺寸、間距、形狀)、及頻率，不同序號探頭可更換，不須再驗證。不同品牌探頭但其他晶片參數及頻率相同者，符合 ASME Sec. XI Appendix VIII-4110 規定者亦可使用。
- F. 探頭之楔形塊可為一體成型或非一體成型。
- G. 儀器之必要設定請參考本程序書 Table 2 建立設定檔。
- H. 量測技術：

量測技術主要以絕對到達時間法(Absolute Arrival Time Technique, AATT)為主，直接取得裂縫尖端繞射回波，藉由儀器讀取 A-Scan 或 S-Scan 顯示之剩餘厚度值(RL)，再換算其裂縫深度值。此法適用於橫波或縱波折射角度 35°~80°，可量測所有深度。

相對到達時間法(Relative Arrival Time Technique, RATT)：同時取得裂縫底部及尖端回波(訊號)，其回波間距即為裂縫深度，此法適用於橫波或縱波折射角度 35°~60°，適合量測淺裂縫。

奧斯田鐵材料厚度 ≥ 0.5 吋，可用縱波確認裂縫是否成長伸入焊材內。

探頭頻率(Frequency)及音圈(Aperture)範圍選擇如下表：

材料厚度 或 剩餘厚度 (RL)	$\leq 0.50"$	$>0.50"$ to $\leq 1.00"$	$>1.00"$ to $\leq 1.50"$	$>1.50"$
探頭頻率 (MHz)	2.0 to 5.0	1.5 to 5.0	1.5 to 4.0	1.5 to 2.25
最小音圈 (Aperture)	0.20"	0.30"	0.30"	0.50"
最大音圈 (Aperture)	0.40"	1.00"	1.00"	1.50"

*探頭音圈尺寸適用於橫波與縱波模式。雙探頭適用發射音圈尺寸。

探頭角度選擇：螢幕呈現扇形掃描圖，橫波角度由 35 度至 80 度，縱波角度由 40 度至 70 度，度階 1 度。

縱波探頭和楔形塊組其聚焦距離依管徑及厚度不同按下表選擇適用之設定檔：

Diameter	Thickness Range	Wedge model	Transducer model	Set up File Name
4" to 7" inclusive	> .50" - .60"	118-340-360	115-000-481	D04F050
	> 0.60" - 0.90"			D04F075
	>0.90" - 1.25"			D04F100
	>1.25" - 1.75"			D04F150
	>1.75"			D04F200
>7" to 12" inclusive	> .50" - .60"			D07F050
	> 0.60" - 0.90"			D07F075
	>0.90" - 1.25"			D07F100
	>1.25" - 1.75"			D07F150
	>1.75"			D07F200
>12" to 24" inclusive	> .50" - .60"			D12F050
	> 0.60" - 0.90"			D12F075
	>0.90" - 1.25"			D12F100
	>1.25" - 1.75"			D12F150
	>1.75"			D12F200
> 24"	> .50" - .60"			D24F050
	> 0.60" - 0.90"			D24F075
	>0.90" - 1.25"			D24F100
	>1.25" - 1.75"			D24F150
	>1.75"			D24F200

雙陣列縱波探頭之設定檔案係藉由外來軟體設計計算出來並且由 GEIT 生產及控管。這些設定檔案必須由 GEIT 提供使用並且不得修改，如前述縱波探頭聚焦距離設定檔選擇表。

I. 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：

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。

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下表設定重要參數。

GAIN TOGGLE			
dBd: Shall be set at 0.0		dBa: shall be set as required	
PROBE MENU			
(Sub-menu)	(Tab)	(Value)	
Probe Geometry	Frequency	(See Table 1) [3]	
	Number of Elements	(See Table 1) [4]	
	Pitch	(See Table 1)	
Wedge Data	Element 1 Position	Low end	
Wedge Geometry	Velocity	.0920 in/μs [1]	
	Wedge Front	X offset (See Table 1)	
	Offset Z	Z Offset (See Table 1)	
	Angle	(See Table 1)	
Offset	Probe Delay	Per 7.5	
	Origin Offset	0.0	
PART MENU			
(Sub-menu)	(Tab)	(Value)	
Plan	Velocity L	.2283 in/μs	.2323 in/μs
	Velocity S	.1220 in/μs	.1260 in/μs
	Material [5]	Steel Stnlss	Steel Mild
	MAT THICKNESS	Nominal Thickness (±10%)	
SCAN MENU			
(Sub-menu)	(Tab)	(Value)	
Electronic	Type	Sector	
	Focal Point	Unfocused [6]	
	Wave Type	Shear or Longitudinal	
Scan Pattern	Angle Start	Per 6.7	
	Angle Stop	Per 6.7	
	Angle Step	Per 6.7	
Aperture	Number of Steps	1	
	First Element	1	
	Aperture Size	# of Elements (8,10,15,or16 to match probe configuration)	
	Aperture Step	1	
DISPLAY MENU			
(Sub-menu)	(Tab)	(Value)	
View	Angle corrected	On	
	Ascan Mode	Bud	
Results 1	Reading 1	A%	
	Reading 2	SA	
	Reading 3	PA	
	Reading 4	ZA	
UT MENU			
(Sub-menu)	(Tab)	(Value)	
Base	Display delay	0.0	
	Material [5]	Steel Stnlss (Austenitic) or Mild Steel (Ferritic)	
	LEG	As Required [7]	
Pulser	Voltage	150V [2]	
	Width	1/freq./2 (rounded to 0.00)	
	PRF Value	Auto Mid	
Receiver	Frequency	Broadband 0.6-6.5	
	Ascan Rectify	Fullwave	
NRM/ TCG	CYC GAIN CNTL	0.00	

註：[1]系統預設值的楔形塊材質為多苯乙炔(Rexolite)時之音速為 0.0920 in/μs。

楔形塊材質為樹脂玻璃(Plexiglas)時之音速為 0.1086 in/μs。

[2]校準時得暫時降低電壓將校準回波引領到 80-90%全螢幕高度。

[3]頻率 2.25MHz 之探頭應設定為 2.2MHz。

[4] 32---双陣列縱波探頭(115-000-481)。

[5] CUSTOM---双陣列縱波探頭(115-000-481)。

[6] 見表 1 附錄 A 115-000-481 探頭設定值。

[7] 見下表，調整需依 EPRI-PIPE-TWS-MPA-1 R0 程序書 paragraph 7.4。

管件厚度	≤0.50"	>0.50" to ≤2.0"	>2.0"
最小時基範圍	2T	2T	2T
最大時基範圍	6T	4T	4T
角度	60°	60°	45°

c. 選擇 40°~50°任一角度於參考規塊驗證角度的誤差應在+/- 3°以內。

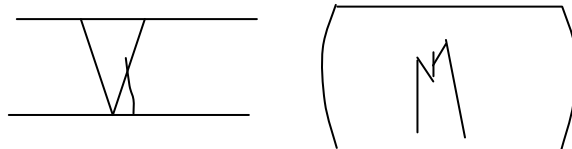
d. 選擇 45°~55°任一角度於校正或參考規塊之反射體(側鑽孔、刻槽或弧面)，調整 dB 使振幅為 80~90%FSH，此 dB 即為參考靈敏度，另存設定檔(以方便考官驗證)，並填入紀錄表。

J. 深度量測

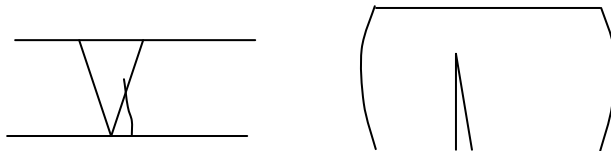
碳鋼、不銹鋼試件：

	OD	厚度(t)	探頭	校準規塊	備註
CS & SS	4"	0.337	4M-013	1"ID notch or SDH block	5M-624 量深 Flaw for 0~0.3" Remaining Ligament 效果類似 TRCR 傳統探頭
	6"	0.432	5M-624		
	12"	0.688			
CS & SS	36"	2.625	2.25M -450	SS SDH block	註 1
	50"	3.85		CS thick step wedge block	註 2

註 1：SS 當 crack tip 接近或穿過焊熔線時，tip 訊號 / 焊熔線雜訊互相干擾，須用 RL wave 才看清 tip。



註 2：CS crack tip 很清楚。薄壁 (t<0.75") 當 crack tip 訊號很雜亂時，從反方向或降低 gain 量測。



IGSCC 試件：校準規塊 1"ID notch block

	OD	T	探頭/角度	註
IGSCC	20"	0.800"	4M 為主 編號 :013	2M 輔助
			1.5M-RL 編號 :481	輔助辨認 crack 淺 / 中 / 深
			5M 編號:624	量深 Flaw for 0~0.3" Remaining Ligament

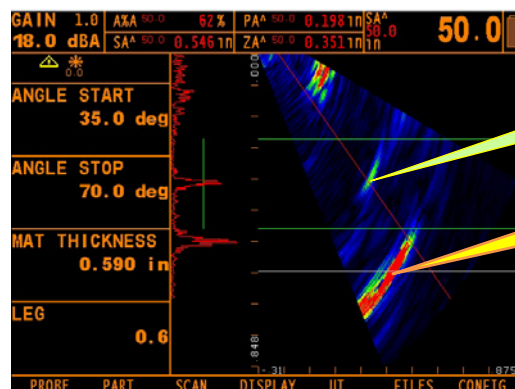
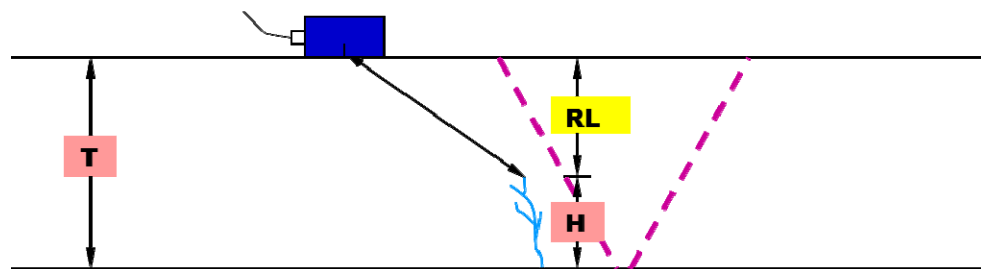
				效果類似 TRCR 傳統探頭
深度量測定性評估觀察要點	45°S	定位-marking 觀察波型	找最大回波位置 很複雜(深)/普通(中) / 很單純(淺)	
	52°S	觀察波型	很複雜(深)/普通(中) / 很單純(淺)	
	60°S	2-nd leg echo dynamic	很長(深) /普通(中) / 無(淺)	
	70°S	觀察回波	很高(深) /普通(中) / 無(淺)	
	扇形影像	2-nd leg crack face echo	多層次(深)/普通 (中)/ 無(淺) 0.65"(深) 0.4"(中) 0.2"(淺)	

K. 最後深度範圍量測技術與角度要求如下表：

材料厚度 > 0.50" TO ≤ 2.00"		
材料剩餘厚度	FOCAL LAW ANGLE(s)	量測技術
≤ 0.20"	60° 及較大者	AATT
> 0.20"	50°-65°	AATT 或 RATT*
材料厚度 > 0.50" TO ≤ 2.00"		
材料剩餘厚度	FOCAL LAW ANGLE(s)	量測技術
≤ 0.20"	60° 及較大者	AATT
> 0.20" TO ≤ 0.50"	50°-65°	AATT
> 0.50"	40°-50°	AATT 或 RATT*

*RATT 技術僅適用裂縫深度為 ≤ 20%T 且垂直無偏斜者。

L. 記錄與報告：校準記錄及量測結果應完整填寫。

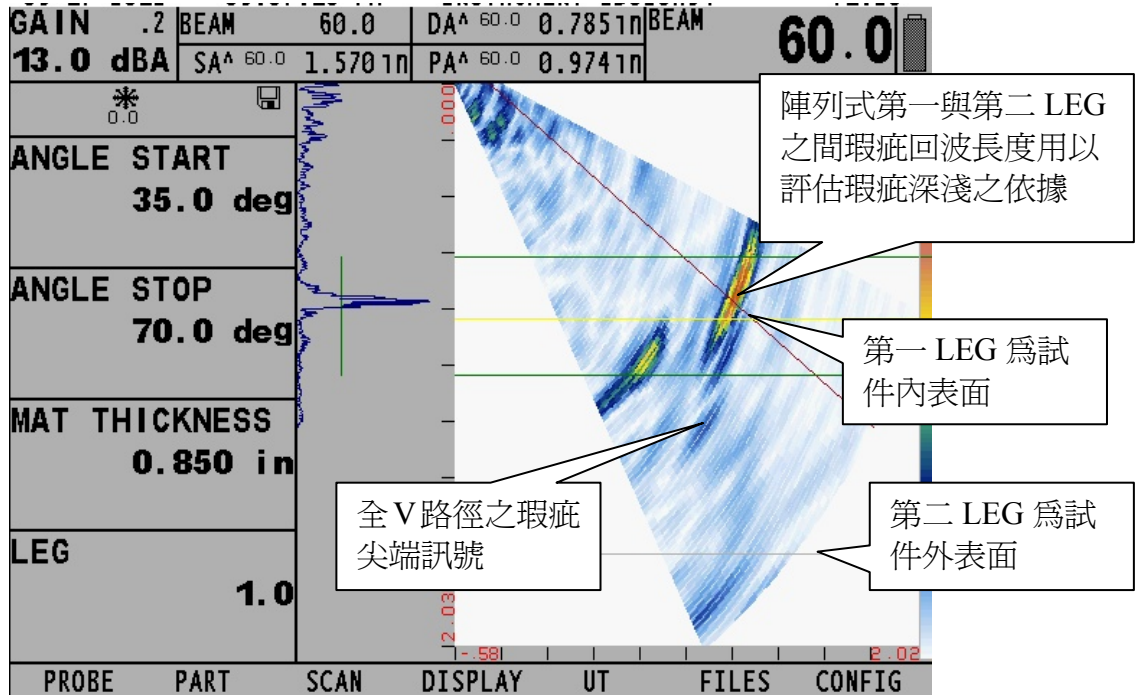


瑕疵尖端訊號

瑕疵底部訊號

3. 驗證過程要點

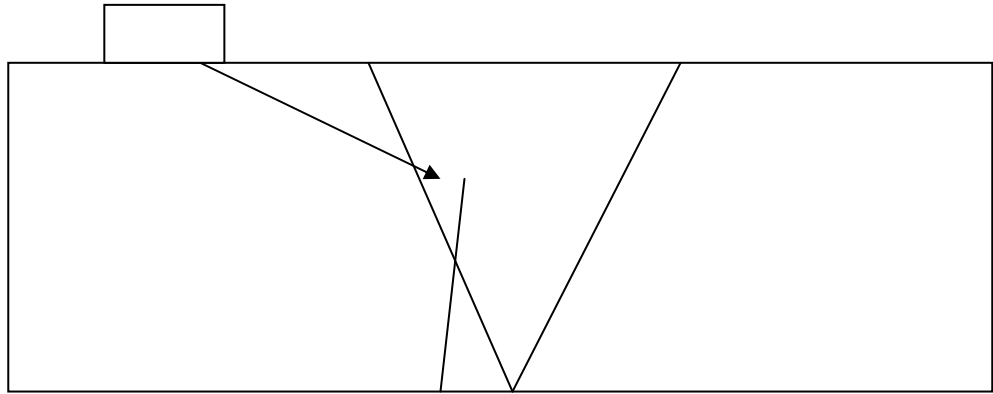
- (1) 本次驗證首次以相位陣列超音波檢測儀執行，因此必須涵蓋所有碳鋼、不銹鋼及 IGSCC 試件，共考 10 件，管徑自 4 吋至 36 吋。
- (2) 通常先考碳鋼試件，再考不銹鋼，IGSCC 試件最後考，考試期間依試件材質厚度按程序書要求選擇適用探頭與楔形塊，EPRI 針對每一種試件均有對應之基本校正規塊，校準記錄最好以該規塊做或以其他規塊替代亦可。
- (3) 儀器設定檔(含晶片功能測試檔)可沿用檢測所存的設定檔稍作修改或依程序書內容自行設定存檔於 SD Card，檢測期間再依試件 Recall 設定檔，有些設定參數程序書要求屬於必要者(essential)必須依照不得更改，考官查證時會一一檢查。
- (4) 考官出一份試題指定瑕疵約略位置，其中 IGSCC 針對開窗區量測瑕疵深度，其他考題僅指出瑕疵位置，量測時須找出該瑕疵最深位置提報，填寫紀錄表、校準表及探頭清單送交考官執行驗證。
- (5) 缺陷瑕疵深度：管路焊道由於運轉條件下，管路壓力、溫度之變化，產生疲勞龜裂，或是晶間腐蝕龜裂持壓能力不符合原先設計之要求，所以焊道瑕疵深度量測用以評估瑕疵之深度，是否須覆焊或者換管處理。
- (6) 陣列式超音波檢測儀之深度量測，與傳統超音波檢測大致上相同，僅是瑕疵之尖端繞射回波是以圖像方式指引，檢測者量測瑕疵的最深回波，更容易判斷。因此只要對陣列式圖像有具體的了解及多加練習，參加此項考試並不太難。
- (7) 焊道瑕疵深度量測，首先須定性(瑕疵是深或淺)，再定量(瑕疵之高度量測)，所以與傳統探頭之 WSY-70 定性所用之 CE1 之回波高度，判斷是深裂縫或是中等裂縫或淺裂縫是相同的，陣列式量測方法是以 2.25MHz 探頭 115-000-450 大能量探頭用 60°直接對瑕疵面觀察第二次回波高低做定性深、中、淺之大略評估。焊道瑕疵均有一定之長度，其最高瑕疵位置大部分均在中間位置，故 EPRI 所指定之量測位置需左右平移，找出其最高瑕疵位置再給予量測，以免誤差太大。
- (8) 陣列式瑕疵回波以 60°評估在第一 LEG 回波是波式以半 V 所偵測回波能量。而波式以全 V 所偵測回波能量，即是 60°橫波圖像用來評估第二 LEG 尾巴之長度，來評估瑕疵高度深、中、淺之依據。若是尾巴長度很長表示全 V 回波所得到瑕疵高度很高在 A-SCAN 之波式動態會呈現很長之動態，以此驗證尾巴長表示瑕疵很高大約 50%~85%之間。若是尾巴很短表示瑕疵很低大約 10%~25%之間，若是尾巴約位置中間表示瑕疵中等大約 20%~45%之間。以此方法表示第一 LEG 與第二 LEG 之長度即為焊道之厚度，以此厚度相對應尾巴長度做瑕疵深、中、淺之定性評估。



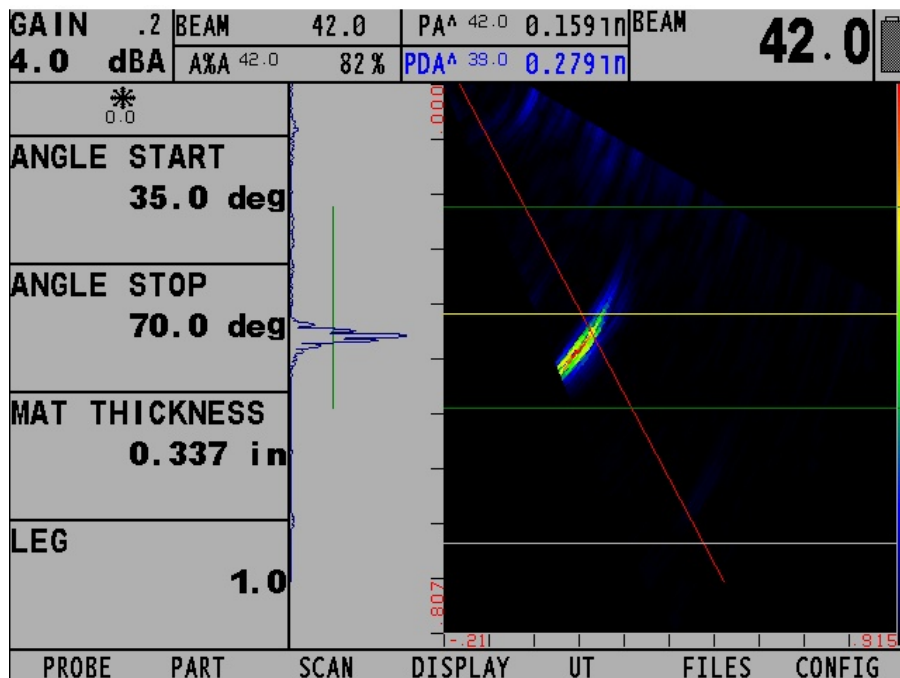
陣列式圖像 60°橫波回波長度大略評估瑕疵高低

- (9) 量測瑕疵深度所需探頭為 2.25MHz(115-000-450)、4MHz(115-500-013)、1.5MHz 雙晶縱波(115-000-481)三顆探頭即可。量測深度試件有碳鋼、不銹鋼、IGSCC 共 10 件，其中碳鋼 4 件、不銹鋼 3 件、IGSCC 3 件。管徑大小除 3 件 IGSCC 固定外，其餘 7 件大中小任意調配。其中 IGSCC 深度瑕疵一件，中深度兩件或中淺各一件。
- (10) 大管件深度量測，如 526 或 309 深瑕疵接近表面時，先以 450 探頭量測再以 013 探頭量測互相驗證，較準確。因其厚度約為 2.5 吋(309)，526 為 3.8 吋，其容許誤差僅為±10%，故誤差很大時即可能不合格。瑕疵很高時先以 450 探頭量測，再以 013 探頭量測近表面深度，因 013 探頭是 4MHz 對近表面有很好的解析度。以 013 探頭量測時須注意儀器之設定，量測時均以 ZA 來評估(未修正厚度)，DA 所指示之深度，因為已經修正過之厚度只能供參考。
- (11) 量測不銹鋼 309(2.5 吋)厚時，瑕疵深度由內表面延伸至中間層有可能延伸至焊道內部，此時橫波能量測量受焊道晶粒粗大影響無法穿透，就必須以縱波探頭 481 來量測。

481 縱波探頭用以穿透粗晶粒焊道



- (12)量測 IGSCC 測件時，須注意表面粗糙之不平整需要大量耦合劑來填補粗糙面。當探頭所量測尖端繞射回波由瑕疵反射面之高振幅回波，觀察至低振幅回波，無法偵測真正尖端繞射波時，可以 SKEW 探頭則可發現尖端繞射回波與瑕疵面回波連接在一起。
- (13)量測 IGSCC 做定性評估時，需觀察焊道表面是否有低陷狀況，若低陷情況目視可見時，雖然 60°可見到中長度之回波圖像(中長度尾巴)，要特別注意，60°之橫波探頭位於低陷之表面時，探頭可能是以 55°或是更低之角度偵測到全 V 之回波圖像，真正的瑕疵為淺瑕疵而誤認為是中等深度之瑕疵。
- (14)瑕疵量測時，先確認焊道之雜訊圖像，再確認瑕疵所在的 CORNER 訊號，再量測深度。量測技術除淺缺陷外均以 AATT 絕對到達尖端繞射距離為依據。即是所量測之值為瑕疵距離表面之剩餘厚度(RL)，再以焊道之實際厚度減去 RL 值為瑕疵高度，此兩種數值，均要在報告上填報。



421 碳鋼基本校正塊校準訊號圖例

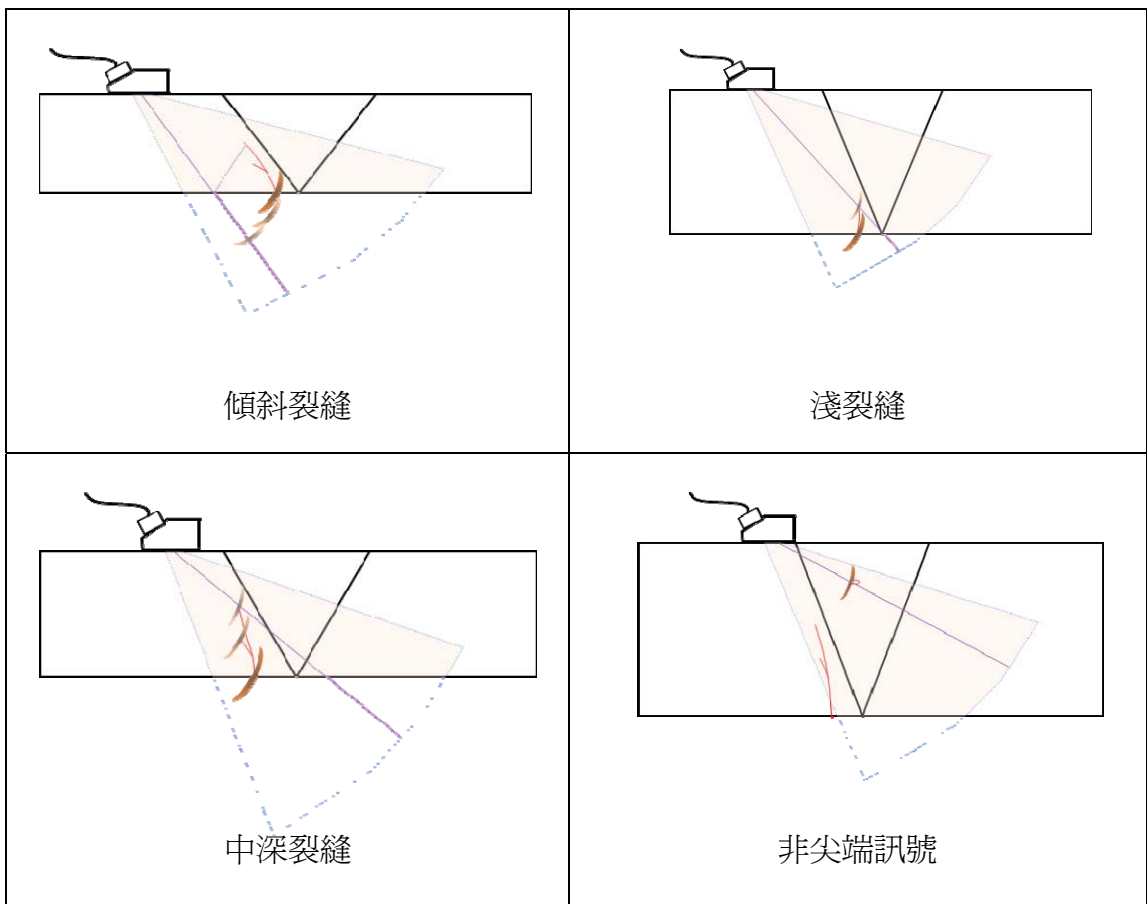
4. 經驗分享

- (1) 可以先做練習塊將答案送給考官核對，如有顯著差異考官會特別告知。考試期間亦可要求做練習塊比對。
- (2) 表面不平，有斜坡時，推探頭向前觀察 FLAW FACE echo，常突然中斷。起因表面斜坡與不平整。同一個 Flaw，拉探頭後退，觀察 2-nd leg echo dynamic，45/52/60/70/扇形影像等，效果佳。
- (3) CS 可雙邊量測； SS & IGSCC 只可從本邊量測；對邊可能有另一條 crack。
- (4) 提報 Flaw high 答案最好勿 < 10%；勿 > 90%
- (5) SS 307/309 試件用 RL wave 補強。效果佳。
- (6) 量測瑕疵深度主要探頭為 2.25MHz(115-000-450)、4MHz(115-500-013)、1.5MHz 雙晶縱波(115-000-481)三顆，其他探頭輔助用，高頻探頭對裂縫尖端較敏感，但穿透性差。
- (7) 每個探頭以 45°校正 SDH 或 Notch 尖端，得 80%FSH 訊號，存成報告檔；寫好校正紀錄，試做一個試件請考官核對無誤後，copy 9 份。每完成一件，將決定答案所用的探頭校正紀錄、Indication Form (單件)、Indication Form (全部試件)、Inventory sheet (考官提供的 Table 1 探頭列表) 等，交卷請考官核對簽名後，就可換下一件。首次考 10 件 (IGSCC 3 件 12"OD、CS 4 件-50"OD 厚度 3.85"1 件 4"/6"/12"OD 各 1 件、SS 3 件-36"OD 厚度 2.65"1 件 4"/12"OD 各 1 件)，含 Guide Practice 約需 4~6 工作天。
- (8) 瑕疵訊號於 Leg1 與 Leg2 之間出現，有助於裂縫淺、中、深的判定。IGSCC 做定性評估時，450(2.25MHz)探頭有時會有較多雜訊，013(4MHz)可得良好的瑕疵底部及尖端回波，觀察底部回波之動態(低至高角度回波持續之範圍)，動態愈短愈淺，反之則愈深。
- (9) IGSCC 試塊與一般不銹鋼植入瑕疵回波狀態不太一樣，因為晶間應力腐蝕龜裂較緊密反射訊號較弱，縱波效果差，4.0MHz 橫波探頭較適合裂縫深度量測，量測時 Skew 若能看到裂縫面訊號 (裂縫高度中或深者)，將探頭往前推移找尋尖端繞射回波訊號，讀取深度值 (=剩餘厚度)。
- (10) 當瑕疵尖端深度小於 1/2 厚度時，尖端影像通常在底部影像左上方，而瑕疵尖端深度大於 1/2 厚度時，尖端影像通常在底部影像右上方，確認尖端訊號應驗證 PA 值(探頭前緣至瑕疵之水平距離)對應之位置，必須合理，否則訊號有可能非來自瑕疵尖端。
- (11) 瑕疵座向若屬於較傾斜者，訊號影像呈現在 LEG 1 與 LEG 2 之間，此時 LEG 1 範圍內不易取得尖端影像，必須將探頭後退觀察 LEG 1 與 LEG 2 之間較易

取得尖端影像，此時瑕疵深度=ZA-T。

- (12) 不銹鋼試件之尖端訊號，要驗證是否附近有氣孔，而影響量測之準確度。
- (13) 厚度小於等於 0.5" 時，用 013 探頭，而瑕疵小於等於 0.2"(RL) 時，要用 60° 或 65°，而瑕疵大於 0.2"(RL) 時，以 50°~60° 量測，深的(RL 值較小)瑕疵須以 65° 來量測。
- (14) 試件厚度大於 0.5"，瑕疵小於等於 0.2"(RL 較小時)，以 60° 量測；瑕疵大於 0.2" 小於等於 0.5" 時，以 50°~60° 量測；瑕疵 RL 大於 0.5"，以 45° 量測較準。
- (15) 要隨時以校準規塊隨時驗證是否量測準確。

裂縫深度量測訊號示意圖



四、覆層焊道手動相位陣列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)

EPR1程序書編號：PDI-WOL-PA-1 Rev.2。

(2) 此項驗證考試件共有 7 個試件，內含 2"、4"、6"、12"、28"。

2" 管件為PSI+ISI，其分別有6種TYPE，考試件會抽選2件，一件標準型及一件非標準型。

4"管件為PSI+ISI 一件。

6"管件為PSI+ISI 一件。

12"管件有2件，分別是一件ISI、一件PSI。

28" 管件為PSI+ISI一件。

每一考試件均有詳細圖面標示其管厚、Overlay厚度、檢測範圍、外徑OD周長等資料，考試時應利用圖面資料來設定儀器參數及所需用的探頭楔形塊。

Weld Overlay Repair Samples					
2" Sample Types					
A OD 4.232 Pipe "T" O"Lay" T" 0.609 0.550 ISI Exam Volume 0.702	B OD 3.871 Pipe "T" O"Lay" T" 0.500 0.450 ISI Exam Volume 0.575	C OD 2.707 Pipe "T" O"Lay" T" 0.226 0.152 ISI Exam Volume 0.209	D OD 4.448 Pipe "T" O"Lay" T" 0.879 0.450 ISI Exam Volume 0.669	E OD 2.538 Pipe "T" O"Lay" T" 0.269 0.184 ISI Exam Volume 0.251	F OD 3.076 Pipe "T" O"Lay" T" 0.701 0.370 ISI Exam Volume 0.545
4" Samples	6" Samples	12" PSI Samples	12" ISI Samples	28" Samples	
4" Samples O.D. 4.63" C.S. 15.5" Pipe "T" O"Lay" T" 0.393 0.244 Total "T" 0.607 Exam Volume: 0.335	6" Samples O.D. 7.23" C.S. 22.7" Pipe "T" O"Lay" T" 0.405 0.417 Total "T" 0.823 Exam Volume: 0.518	12" Samples(PSI) O.D. 12.73" C.S. 40.0" Pipe "T" O"Lay" T" 0.66 0.42 Total "T" 1.08 Exam Volume: 0.42	12" Samples(ISI) O.D. 12.73" C.S. 40.0" Pipe "T" O"Lay" T" 0.92 Note 1 "T" Sets 1,3,5,7: 1.24 "T" Sets 2,4,6,8: 1.37 Exam Volume: Sets 1,3,5,7: 0.550 Sets 2,4,6,8: 0.680	28" Samples O.D. 20.41" C.S. 92.4" Pipe "T" O"Lay" T" 1.11 1.16 Total "T" 2.27 Exam Volume: 1.438	
Note 1: 12" ISI samples for test sets 1,3,5,7 have an Overlay thickness of 0.320", sets 2,4,6,8 have an Overlay thickness of 0.450"					

(3) 報告需要註明缺陷資料為：

1) 歸屬類別為 ISI 或 PSI 缺陷

2) 缺陷座向為周向或軸向缺陷

3) 缺陷為 Crack 或 LOB (Lock Of Bond) 或 LACK OF FUSION

4) 位置 X 座標起點、終點

5)位置Y座標起點、終點

6)缺陷長度

7)RL (Remaining Ligament)，報告最深之剩餘厚度，其中Axial缺陷深度量測時需查表或以測鑽孔作矯正。

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。

(4) 覆層焊道 PSI 的部份因在焊接過程中只會產生周向瑕疵，所以勿須作軸向掃描。

(5) 考試規定必須先用 30~85 角度來檢測 ISI 與 PSI crack 缺陷，經監考官簽認後才可用 0~85 角度作 LOB 檢測，30~85 角度檢測與 0~85 檢測若做到同一缺陷，即使重複記錄也不會扣分，但類別歸屬一定不能錯誤。

(6) 能力驗證及格標準：

1) 缺陷檢出率80%以上

2) 誤叫率 (False Call) 10%以下

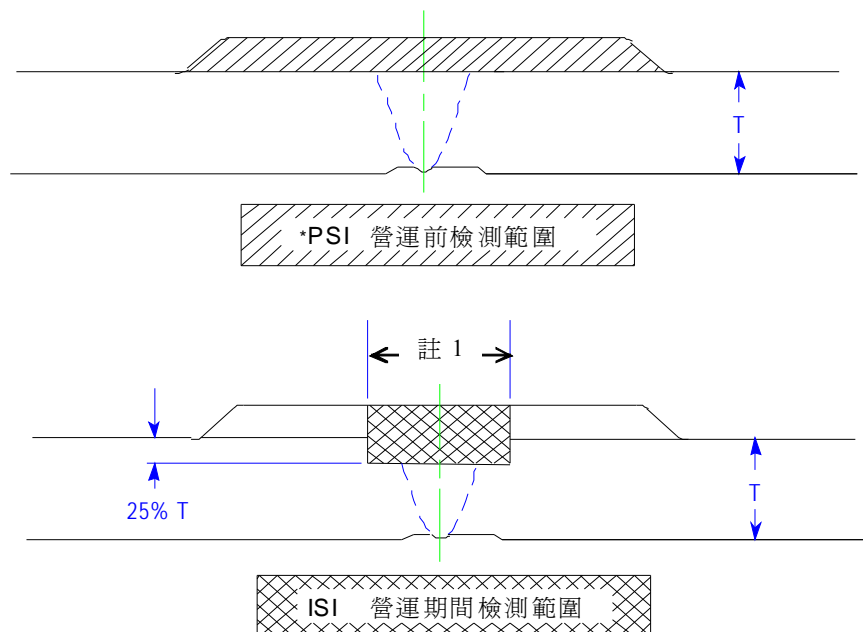
3) 長度的RMS \leq 0.75" (不含Axial的長度)

4) 深度的RMS \leq 0.125"

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

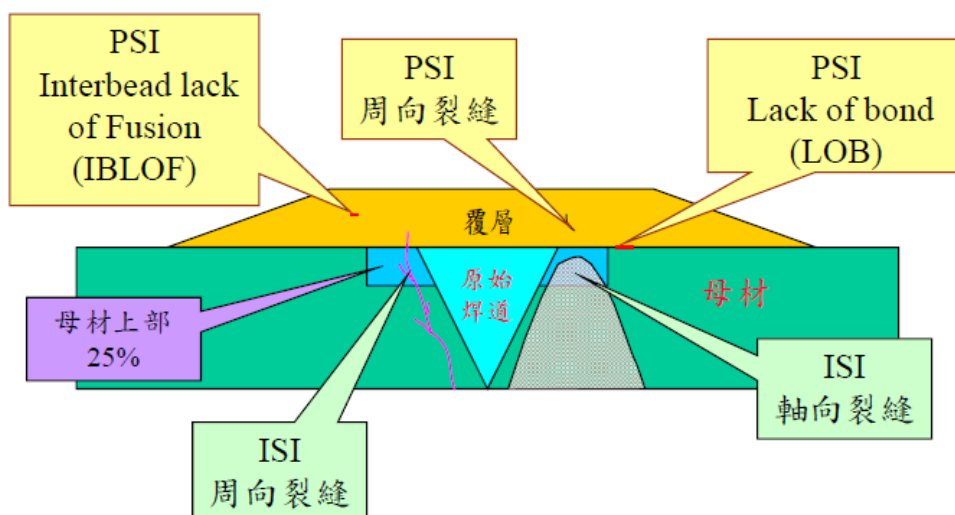
(1) 覆層焊道檢測範圍



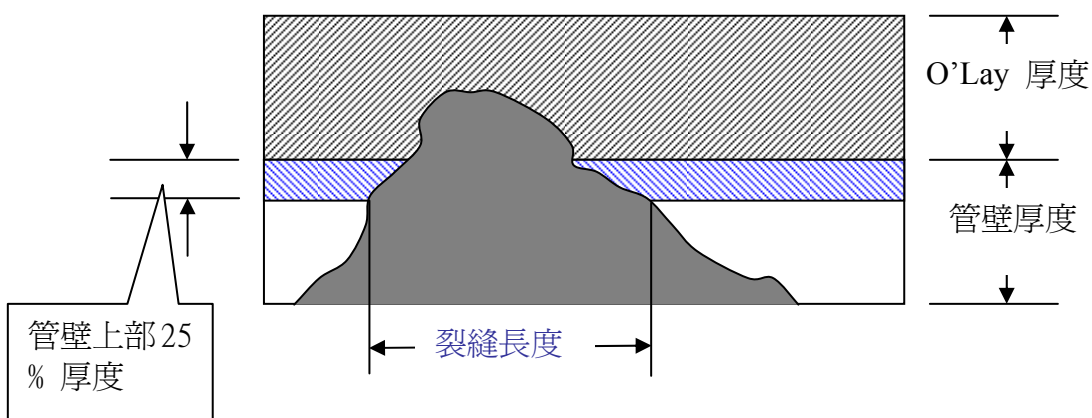
註1：檢測寬度需涵蓋原始缺陷及焊冠兩側焊熔線(含BUTTERING)外至少 0.5吋範圍，如焊冠寬度或位置不清楚，則須檢測整個覆層焊道表面。

(2) 覆層焊道缺陷類別

- 1) ISI - 周向裂縫 (裂縫延伸進入檢測厚度)
 - 軸向裂縫 (裂縫延伸進入檢測厚度)
- 2) PSI - Lack of bond (LOB)
 - Interbead lack of Fusion (IBLOF)
 - Contaminated Crack



特別注意 ISI 缺陷長度的量測是裂縫已經裂延伸至檢測厚度部份之裂縫長度，如下圖所示，所以要特別注意深度的準確性。



(3) 設備與器材：

Phasor XS、115-000-524 16x2 縱波探頭、楔形塊 360-152-044~055 及 360-152-058~059 共 14 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與Omniscan覆焊檢測設定檔係由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，考完卡內資料由監考官消除；亦可直接向考官借含有設定檔之SD卡。

2).Phasor XS覆焊檢測設定檔(pop files)有30個，如下：

BASEWOL.POP	CHK64.POP
G44B0085Q3.POP	G44B3085Q3.POP
G45B0085Q3.POP	G45B3085Q3.POP
G46B0085Q3.POP	G46B3085Q3.POP
G47B0085Q3.POP	G47B3085Q3.POP
G48B0085Q3.POP	G48B3085Q3.POP
G49B0085Q3.POP	G49B3085Q3.POP
G50B0085Q3.POP	G50B3085Q3.POP
G51B0085Q3.POP	G51B3085Q3.POP
G52B0085Q3.POP	G52B3085Q3.POP
G53B0085Q3.POP	G53B3085Q3.POP
G54B0085Q3.POP	G54B3085Q3.POP
G55B0085Q3.POP	G55B3085Q3.POP
S44B0085Q3.POP	S44B3085Q3.POP
S45B0085Q3.POP	S45B3085Q3.POP

其中CHK64.POP為探頭晶片及頻道檢查，PDI過程中經常需要測試確認探頭性能。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(wedge)，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(wedge，如附表)及設定檔，例如其中有4個S開頭之設定檔(pop files)主要用於2吋管覆焊厚度小於0.2吋的檢測如Type C、E，其他則使用開頭為G之設定檔。

Wedge Manufacturer	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT
Wedge Part Number	360-152-044	360-152-045	360-152-044	360-152-045	360-152-046	360-152-047	360-152-048
Array Part Manufacturer	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT
Array Part Number	115-000-485	115-000-485	115-000-485	115-000-485	115-000-485	115-000-485	115-000-485
Wedge Velocity(in/ms)	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092
Wedge Contour Diameter(in)	3.125	3.125	3.125	3.125	4.500	4.500	5.000
Scanning Direction	Circumfe	Axial	Circumfe	Axial	Circumfe	Axial	Circumfe
Wedge Cut Angle (Deg)	12.2	17.9	12.2	17.9	13.8	17.5	12.7
Root Angle (Deg)	9.300	15.600	9.300	15.600	9.200	14.300	15.300
Wedge Length (in)	1.423	1.459	1.423	1.459	1.425	1.453	1.443
Wedge Width (in)	1.364	1.447	1.364	1.447	1.365	1.455	1.488
Wedge Back Height (in)	0.170	0.211	0.170	0.211	0.137	0.164	0.118
Wedge Front Height (in)	0.501	0.682	0.501	0.682	0.497	0.622	0.446
Left Array Center X (in)	-0.799	-0.739	-0.799	-0.739	-0.804	-0.828	-0.809
Left Array Center Y (in)	-0.300	-0.353	-0.300	-0.353	-0.302	-0.352	-0.371
Left Array Center Z (in)	-0.209	-0.374	-0.209	-0.374	-0.242	-0.340	-0.261
Right Array Center X (in)	-0.799	-0.739	-0.799	-0.739	-0.804	-0.828	-0.809
Right Array Center Y (in)	0.300	0.353	0.300	0.353	0.302	0.352	0.371
Right Array Center Z (in)	-0.209	-0.374	-0.209	-0.374	-0.242	-0.340	-0.261
Nominal Probe Angle (Deg)	35	53	35	53	40	53	46
Nominal Exit Point (in)	-0.754	-0.612	-0.754	-0.612	-0.744	-0.717	-0.750
Minimum Applicable Focal Depth(in)	0.098	0.039	0.054	0.079	0.081	0.079	0.051
Maximum Applicable Focal Depth(in)	0.676	0.669	0.829	0.984	0.886	0.945	0.579
Simulated Number of Elements	8	8	16	16	16	16	16

Simulated Metal Path (in)	0.500	0.500	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125
Wedge Manufacturer	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT
Wedge Part Number	360-152-049	360-152-050	360-152-051	360-152-052	360-152-053	360-152-054	360-152-055
Array Part Manufacturer	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT	GEIT
Array Part Number	115-000-485	115-000-485	115-000-485	115-000-485	115-000-485	115-000-485	115-000-485
Wedge Velocity(in/ms)	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092
Wedge Contour Diameter(in)	5.000	7.500	7.500	13.000	13.000	30.000	30.000
Scanning Direction	Axial	Circumfe	Axial	Circumfe	Axial	Circumfe	Axial
Wedge Cut Angle (Deg)	14.8	14.5	16.4	15.7	16.9	17.3	18.5
Root Angle (Deg)	19.400	12.100	14.900	10.200	12.000	3.700	4.300
Wedge Length (in)	1.464	1.438	1.454	1.433	1.443	1.412	1.412
Wedge Width (in)	1.492	1.468	1.489	1.438	1.468	1.300	1.300
Wedge Back Height (in)	0.124	0.078	0.114	0.064	0.101	0.140	0.132
Wedge Front Height (in)	0.510	0.452	0.542	0.467	0.539	0.579	0.606
Left Array Center X (in)	-0.824	-0.811	-0.825	-0.812	-0.821	-0.652	-0.813
Left Array Center Y (in)	-0.388	-0.358	-0.371	-0.388	-0.355	-0.357	-0.264
Left Array Center Z (in)	-0.309	-0.255	-0.328	-0.270	-0.332	-0.265	-0.350
Right Array Center X (in)	-0.824	-0.811	-0.825	-0.812	-0.821	-0.652	-0.813
Right Array Center Y (in)	0.388	0.358	0.371	0.338	0.355	0.357	0.264
Right Array Center Z (in)	-0.309	-0.255	-0.328	-0.270	-0.332	-0.265	-0.350
Nominal Probe Angle (Deg)	53	46	53	48	53	48	53
Nominal Exit Point (in)	-0.739	-0.746	-0.725	-0.736	-0.719	-0.702	-0.696
Minimum Applicable Focal Depth(in)	0.079	0.057	0.079	0.105	0.118	0.069	0.079
Maximum Applicable Focal Depth(in)	0.591	0.770	0.827	0.934	0.946	1.672	1.654
Simulated Number of Elements	16	16	16	16	16	16	16
Simulated Metal Path (in)	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.500	1.500

(5) 晶片及頻道檢查：

1).連接選用之探頭不套接楔形塊(wedge)

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) 連接選用之探頭套接楔形塊(wedge)

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)準備－選用試件管徑適用之楔形塊並載入設定檔，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)，按住Home鍵重新計算。

2)折射角度、距離校準：

將探頭置於參考規塊1或2吋圓弧，調整A-Scan顯示角度接近或等於楔形塊之公稱角度(如53°則選53°、50°或55°)，移動探頭使A-Scan顯示回波達最大振幅位置，調整Probe Delay使SA值等於圓弧半徑。

探頭掃描接近聚焦深度之已知深度側鑽孔或刻槽，讀取SA值，換算折射角，如在±5°以內則可接受，超出表示該楔形塊已磨損不適用。

周向掃描角度校準可參考程序書附錄C相關角度與音程(Metal Path)對應表，查對已知深度側鑽孔之音程誤差值是否符合下表之規定。

實際反射體音程	最大容許音程誤差值
≤0.75"	0.075"

>0.75"	實際反射體音程之 10%
--------	--------------

3)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、振幅、與音程。

中角度(25°~60°)校準：以40°或45°取得≥ISI檢測區(覆焊+25%基材厚度)相對應厚度之側鑽孔最高訊號，並記錄其反射體、角度、振幅、與音程。

低角度(0°~25°)校準：以5°或25°取得覆焊介面相對應厚度之側鑽孔最高訊號，並記錄其角度、振幅、與音程。

4)校準完成後將此設定另存其他設定檔名，如G51B0085Q3A.POP作為後續檢測用之設定檔(Set up File)，G51B0085Q3.POP為Focal Law File。

3. 驗證過程要點

- (1) 考官有完整 WOL 指引文件、Phasor XS 之設定檔，考前可向他們拿或自己準備(本次考試之備份)，探頭清單(Inventory)亦由考官提供(不需自行填寫)。
- (2) 依試件管徑與厚度選擇設定檔或依所選用的楔形塊編號來尋找 POP 檔，通常先周向掃描找 ISI 軸向瑕疵，再執行軸向掃描找 ISI 及 PSI 周向瑕疵，交卷後才准選用 0°~85°設定檔掃描 LOB 或 IBLOF。
- (3) 瑕疵長度與深度量測如檢測技術所述，對於較厚試件深度必須準確否則失之毫厘差之千里，Phasor 含多角度，對於不同深度不呈線性，所以不同角度、不同深度皆須利用側鑽孔作校準，調整 Probe Delay 值，故有同一深度不同角度其 Probe Delay 值亦不同。
- (4) 考官驗證除查儀器相關必要設定值(Essential Values)外，校準及瑕疵長度、深度均是驗證項目。

4. 經驗回饋

- (1) 調整儀器 Gate 設定，Gate A 可設為檢測全厚度或調為量測 Tip 的範圍，Gate B 就設起點為覆層焊道的厚度，範圍設母材 25%厚度。Gate B 即為 Examination Box。
- (2) 2" (ID connect)比較難：2 吋標準型(Type C、E)覆焊，由於管件薄覆層亦較薄，訊號變得較寬且粗，訊號雜訊比較差，每個瑕疵長度不長，掃描速度宜慢，真正瑕疵訊號在各角度間必須有明顯平移現象，如果順著圓弧上下移動即非瑕疵。
- (3) 28" Depth 要注意：28 吋管覆層較厚瑕疵剩餘厚度量測必須準確，否則偏差太大容易失敗，盡量以低角度(40°~45°)量測深度較準，Tip 訊號與整個訊號

應相互連結。

- (4) 量測 ISI 長度時須注意訊號是否位於 Examination Box 內。
- (5) 28" LOB 可能位於 OVERLAY 中間。
- (6) 90%(ISI)訊號非常清楚。
- (7) 鐸道兩邊可同時存在 ISI Flaw，尤其 12" ISI 試件，可能兩邊缺陷重疊，且本邊訊號較強是對邊的缺陷。
- (8) PSI 只有 CIRC Flaw。
- (9) 檢測步驟：ISI flaw first，Backward scan for Circ & Axial Flaw
PSI flaw for Circ Flaw
PSI flaw for LOB Flaw
- (10) 覆層焊道檢測較耗時、煩瑣，要具有耐心按步就班，一般先作檢測，再量缺陷長度、深度評估，以及缺陷種類辨識，做到一條就先作記錄，因為若畫在試塊上探頭磨來磨去，所畫的就不見了。對縱波訊號的熟悉與熟練的深度評估技術，有助覆層焊道能力驗證通過。
- (11) omni 631 探頭在檢測 4 吋軸向檢測，其厚度為 0.244 吋，經驗證使用中間 16 element(8x2) 效果較佳，其設定同程序書厚度為 <0.2 吋者。
- (12) 使用 35-80 在軸向檢測時可將 PSI crack 與 LOB 檢出，應先叫 crack 經 0° 確認者再改正為 LOB.
- (13) 試件中有並排的瑕疵要小心辨認。
- (14) 剩餘深度 ≥ 0.4 " 應用 45° 去深度量測。

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：以往在國內執行此項自動超音波檢測研判分析能力驗證考試均須自備電腦，並由 EPRI 考官重灌軟體與試題，本次逕洽 EPRI 使用由 Wesdyne 提供之 Laptop，免除自行運送筆電之困難，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：本次屬資格再驗證考試，試題僅含 4 塊或 5 塊不銹鋼、4 塊 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 版程序書內容摘要列述如下：

A. 程序書適用於奧斯田鐵及肥粒鐵之管徑及管壁厚範圍如下表，包括奧斯田鐵系易敏感化的 IGSCC：

材質	管徑範圍		厚度範圍	
	PDI 能力驗證	適用現場	PDI 能力驗證	適用現場
奧斯田鐵	6.0"至 36"	5.5"(含)以上	0.432"至 2.625"	0.332"至 3.125"
肥粒鐵	6.0"至 50.0"	5.5"(含)以上	0.432"至 3.85"	0.332"至 4.85"

B. 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	註 3	註 3	不適用	不適用

註：1. 近側檢測：掃描與檢測部位同側。

2. 遠側檢測：掃描與檢測部位不同側。

3. 無法達到完全適用，但已採用最佳可能檢測方法 (best effort)。

C. 所有重要系統參數須依下表設定：

超音波檢測儀器設定										
Acquisition	ACQ. TYPE		A/D Rate	Video Mode	Video Filter					
	RF		50	Full	2 for Material Thickness $\leq 3.0"$ 4 for Material Thickness $> 3.0"$					
Signal Processing	Compression		Tracking Gate	DAC	I-Gate	Averaging				
	On		Off	Off	Off	Off				
Pulser Preamp	Width		LP Filter	Gain	Pulser Type	Voltage			HP Filter	Damping
	Freq	ns								
	1	500								
	1.5	340								
	2	260								
	2.25	220								
	4	120								
5	100									
		Off	5.9/6.6 節	SQ. Wave	250			0.25	50	

閘寬設定					
A 閘寬	A-Delay		A-Width	A-End	Threshold
	(註 3)		(註 3)	(註 3)	(註 2)
C 閘寬	C-Delay		C-Width	C-End	Peak Mode
	(註 1)		(註 1)	(註 1)	Max

註 1：資料研判員於資料研判時可以調整 C 閘寬設定，所以資料收集時這些設定不是重要變數。資料收集員須觀察掃描資料品質（即：接觸狀況好壞、軌道是否直線），掃描時須設定好 C 閘寬。

註 2：Peak Mode 設定為 Max 時 Threshold 無作用。

註 3：A 閘寬 (A-scan gates) 最少能涵蓋整個檢測區域。螢幕範圍建議設定為 $1V$ 音程 ($2t/\cos\theta$)。

- D. 本程序書檢定合格探頭列在下表。相同型式、尺寸、頻率及製造商(即不同序號)之探頭不需再檢定即可替代使用。相同尺寸、頻率但製造商不同之探頭如能符合 ASME Sec.XI VIII-4000 節之規定者，亦可替代使用。

PDI 檢定合格探頭

不銹鋼檢測

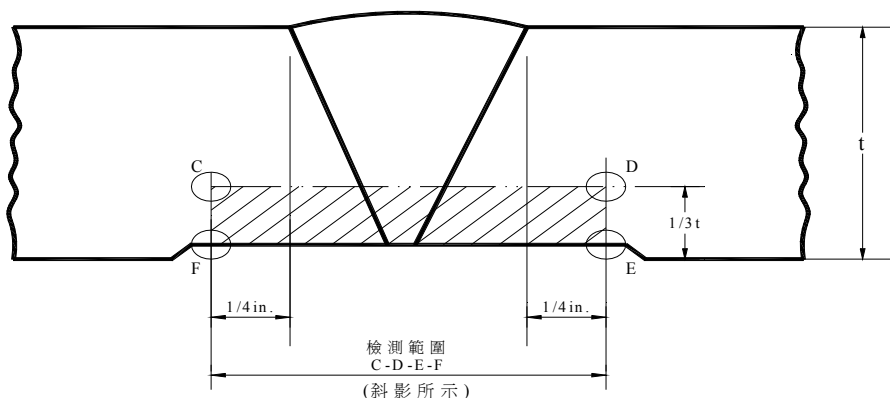
被檢物資料			探頭資料							最大取樣尺寸	
公稱管徑	公稱壁厚	瑕疵種類	製造廠商	型號 (註 4)	波式	尺寸	公稱頻率	公稱角度	備註	軸向掃描	周向掃描
6.0"	0.432"	非 IGSCC	KBA	Comp-G	橫波	0.375"	2.25	6.5 節	無	0.20"	0.050"
12.0"	0.688"	非 IGSCC	KBA	Comp-G	橫波	0.375"	1.5 或 2.25	6.5 節	無	0.20"	0.050"
			RTD	60°TRL2-Aust	縱波	(2) 8x14 mm	2.0	60°	2	0.20"	無
			KBA	389-011-250	縱波	(2) .375"x.75"	2.0	60°	2	0.20"	無
20.0"	0.850"	IGSCC	KBA	Comp-G	橫波	0.375"	1.5	6.5 節	1	0.10"	0.050"

			RTD	60°TRL2-Aust	縱波	(2) 10x18 mm	2.0	60°	1、2	0.10"	無
			KBA	389-011-250	縱波	(2) .375"x.75"	2.0	60°	1、2	0.10"	無
24.0"	1.50"	非 IGSCC	KBA	Comp-G	橫波	0.50"	1.5 或 2.25	6.5 節	無	0.20"	0.050"
			KBA	389-011-250	縱波	(2) .375"x.75"	2.0	60°	2	0.20"	無
			RTD	60°TRL2-Aust	縱波	(2) 10x18 mm	2.0	60°	2	0.20"	無
28.0"	1.40"	IGSCC	KBA	Comp-G	橫波	0.375"	1.5	6.5 節	1	0.10"	0.050"
			KBA	389-011-250	縱波	(2) .375"x.75"	2.0	60°	1、2	0.10"	無
			RTD	60°TRL2-Aust	縱波	(2) 10x18 mm	2.0	60°	1、2	0.10"	無
36.0"	2.625"	非 IGSCC	KBA	Comp-G	橫波	0.50"	1.5	6.5 節	無	0.20"	0.050"
			RTD	60°TRL2-ST	縱波	(2) 24x42 mm	2.0	60°	2、3	0.20"	無

碳鋼檢測											
被檢物資料			探頭資料							最大取樣尺寸	
公稱管徑	公稱壁厚	瑕疵種類	製造廠商	型號	波式	尺寸	公稱頻率	公稱角度	備註	軸向掃描	周向掃描
6.0"	0.432"	非 IGSCC	KBA	Comp-G	橫波	0.375"	2.25	6.5 節	無	0.20"	0.050"
12.0"	0.688"	非 IGSCC	KBA	Comp-G	橫波	0.375"	2.25	6.5 節	無	0.20"	0.050"
35.0"	2.00"	非 IGSCC	KBA	Comp-G	橫波	0.50"	2.25	6.5 節	無	0.20"	0.050"
36.0"	3.85"	非 IGSCC	KBA	Comp-G	橫波	0.50"	2.25	6.5 節	無	0.20"	0.050"

- 註：1. 檢測不銹鋼 IGSCC 及非 IGSCC 之探頭為同時檢定合格。
2. 不銹鋼單邊檢測須再加做一個縱波探頭檢測。
3. 探頭公稱角度為碳鋼用；不銹鋼材料時為 55° (±3°)。
4. 列在 PDI 表之 KBA 探頭型號為 Comp-G。

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。

只能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：

如果出現以下情形時則該顯示可能是幾何形狀：

- a) 在焊道的中心線上或幾何形狀（配接孔）附近出現之顯示，可由厚度及外形來分析。
- b) 貫穿掃描全長其振幅及位置不變之連續或間斷之顯示。
- c) 在深度方向無回波動態移動（echo dynamic travel）之顯示。
- d) 改由較高角度探頭掃描，訊號顯著降低或得不到訊號。
- e) 縱波探頭從配接孔得到波式轉換之橫波訊號。
- f) 出現在焊道的音響界面或附近之顯示。
- g) 與內表面不連接之顯示。
- h) 全周 360°有相似而振幅相異之斷斷續續顯示。

如果出現以下情形時則該顯示可能是缺陷顯示：

- a) 有高的訊號雜訊比之顯示，可透過升降振幅顏色棒調整訊號雜訊比來觀察。
- b) 偏離如焊根或配接孔等正常幾何形狀之顯示。
- c) 有幾處獨特、不連續、高峰振幅之顯示。
- d) 在 C、B 及 B' 側面掃描圖像資料有幾處獨特、不連續、高峰振幅之顯示。
- e) 改由較高角度探頭掃描，訊號顯著提高之顯示。
- f) 周向轉角掃描檢測時發現有軸向顯示，可能是周向龜裂帶有縱向（axial）分歧之

裂紋。

g)有明確起點及終點之顯示。

h)貫穿壁厚之顯示。

i)對周向瑕疵來說，顯示可從焊道的對面來確認。但超音波可能無法穿透不銹鋼焊道而不適用。

j)對軸向瑕疵來說，顯示可從對面或用不同角度探頭或轉角。

當一個顯示被判為缺陷時，以下情形為瑕疵與內表面連結：

a)橫波回波深度位於內表面厚度上下。

b)研判 A 及 B 掃描圖，缺陷及內表面幾何形狀之間沒有明顯分離。

c)縱波探頭的掃描有縱波回波顯示及伴隨橫波回波顯示。

d)不銹鋼單邊檢測遠邊瑕疵時，音波須穿過焊道，由於音波會折射及被檢物厚度不定，不容易確定瑕疵與內表面是否有連結。

顯示之長度量測 ("L"量測)

a) L 長度量測須記錄至 0.1 吋。

b)長度須從近邊量測，如因阻礙或瑕疵方向而無法有效從近邊量測，則可從遠邊量測供近邊量測參考。

c)長度量測須用回波較佳的低角度探頭。

d)瑕疵長度量測為沿瑕疵兩端量至訊號降低至雜波高度處為止之長度。

4. 經驗分享

(1). 考試前應將所有練習試件完全做完，並將答案送交考官核對，對於練習件有錯誤的試件，在正式考試時應特別注意。

(2). 考試時有疑慮的試件時，選擇相對應的練習件再作練習其信號應有可參考之處，對於正確的評估研判有很大幫助。

(3). 調整儀器 Gate 設定十分重要，每一試件不同音束之 Gate 範圍大小及位置均須調整至適當位置，Gate 如能含蓋正確的內表面檢測區域，A、B、C 掃描即能顯示出音波的反射信號。

(4). 研判分析前每一試件均須參考其鐸道剖面圖，尤其對薄厚度寬鐸冠試件要特別注意觀察高角度音束的信號，對高角度音束其 Gate 應作適當調整，使能含蓋 ID 以及 ID 反射音程。

(5). 特別注意單邊掃描的試件，此次再驗證考試一半以上試件均為單邊檢測，而單邊檢測之練習件極為有限，建議可選擇相對應的雙邊檢測練習件，遮蔽住另一側，只由一側來觀察對面缺陷的顯示信號，作為單邊檢測練習用試件。

(6). 通過不論 Conventional 或 PA 之 IGSCC 驗證配合陣列式異材鐸道驗證，均可執行 BWR 電廠異材鐸道陣列式超音波檢測。

(7). Conventional UT 檢測如使用之探頭不多時依然具有優點，費用低廉，信號易於研判，A-SCAN 有較清楚超音波動態模式。

六、同材質管路焊道(含 IGSCC)自動相位陣列式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，未來將成爲主流技術。

本次爲第一次派員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)檢測與瑕疵長度量測。

2. 程序書

本次驗證採用程序書：

Westinghouse Wesdyne 發行 WDI-STD-1023_Rev0, Generic Procedure for Ultrasonic Examination of Ferritic and Austenitic Piping Welds Using the IntraPhase Automated Phased Array Imaging System。

3. 相位陣列式(Phased Array)自動超音波管路焊道(含 IGSCC)檢測數據資料評估能力驗證考試過程要述

(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(EPRI 提供)

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。

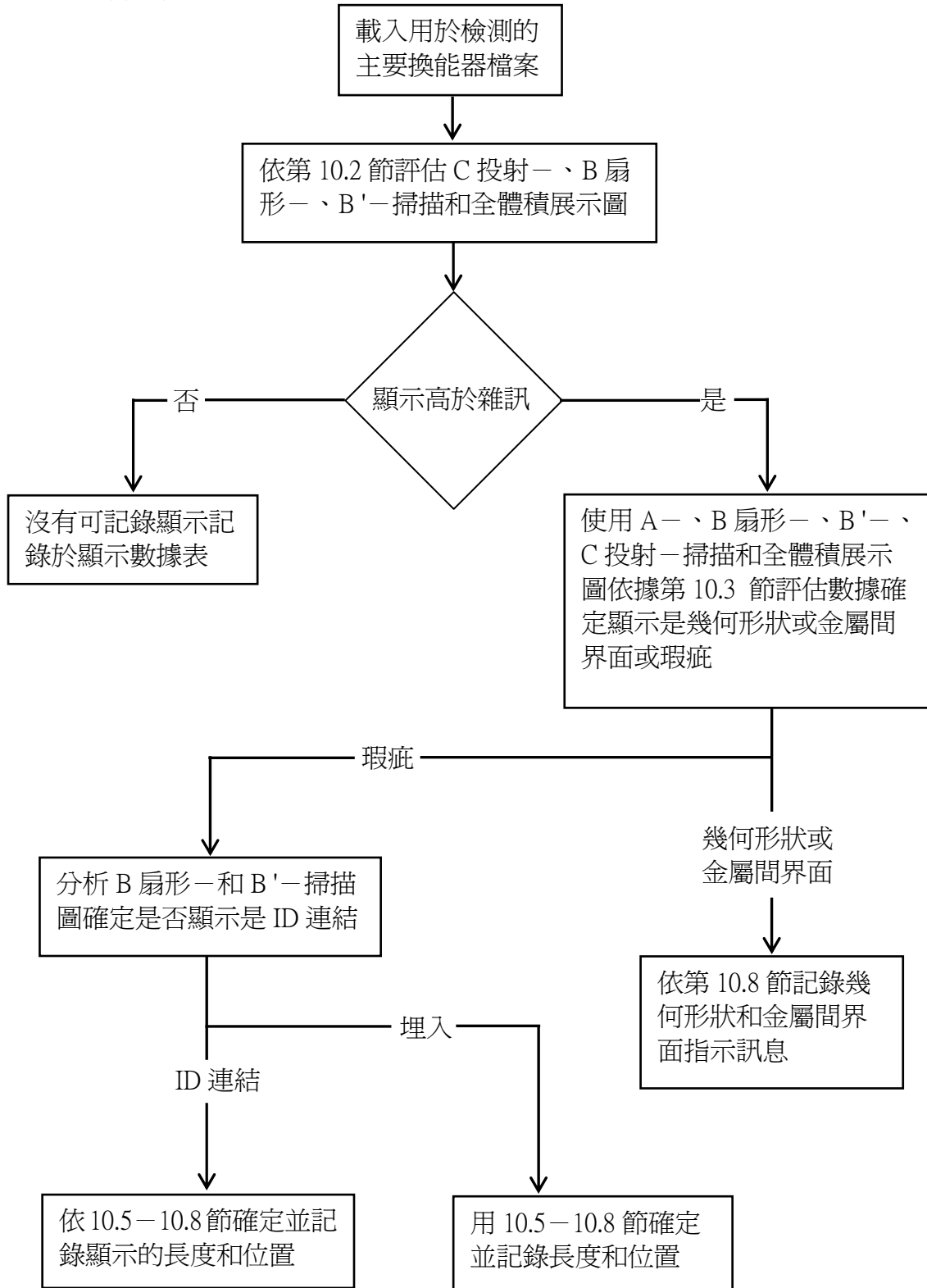
b 考試試件資料：

肥粒鐵系_管徑 6 吋*1、管徑 35 吋*1、管徑 50 吋*2；

奧斯田鐵系_管徑 6 吋*2、管徑 12 吋*1、管徑 24 吋*1、管徑 36 吋*1、管徑 35 吋*1 及奧斯田鐵系 IGSCC_管徑 24 吋*1、管徑 28 吋*1，共考 12 件。

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，圖 10.2-1 分析流程圖

圖 10.2-1 分析流程圖



4. 經驗分享

- (1)先評估練習試件將答案送給考官核對，如有顯著差異考官會特別告知，IGSCC 練習試件答案可自行查閱卷夾。保留練習試件數位資料，考試期間，若須要可與考試試件比對。
- (2)肥粒鐵系練習試件：管徑 6 吋、管徑 12 吋、管徑 50 吋各一件，每一試件全部方向掃描數位資料應評估完。其瑕疵信號通常兩側均能檢出，某些有明顯幾何形狀信號回應(整個檢測長度皆有展示類似信號回應者)。
- (3)碳鋼管徑 50 吋試件內部有護層，考試期間，可比對練習件如有瑕疵即有明顯回波影像從護層介面回波竄升。
- (4)為獲精準瑕疵長度估量，以練習試件模擬，微調瑕疵信號定位點(L1 或 L2)，使愈接近練習試件瑕疵長度物理值。
- (5)奧斯田鐵系練習試件：管徑 6 吋、管徑 12 吋、管徑 24 吋、管徑 36 吋各一件，考試試件管徑 36 吋為單邊掃描檢測，但無 RL 數位資料檔案，經與考官反應，未作掃描檢測邊的製程是鑄造。
- (6)為獲得較佳驗證考試結果，應多親自操練包括：試件信號數位資料收集硬體架設、試件信號數位資料收集必要參數初始設定建立、試件全部方向掃描信號數位資料收集記錄與試件信號數位資料評估，比對資料評估結果與試件瑕疵物理值。

七、異材管路焊道自動相位陣列式超音波檢測能力驗證考試

1. 前言

核電廠 RPV Nozzle 再循環等之管嘴銲道即為異材銲道，異材銲道之超音波檢測有別於一般管路銲道，主要原因在：不同金屬音速不同，不同金屬間有界面存在，再加上 Buttering 與 cladding，增加音波回波複雜度與檢測困難度。

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。

本次為第一次派員參加相位陣列式自動超音波異材管路焊道檢測數據的資料評估 (Data Evaluation) 能力驗證，異材管路焊道包括瑕疵檢出、長度量測及深度量測三部分。

2. 程序書

本次驗證採用程序書：

Westinghouse Wesdyne 發行 WDI-STD-1025_Rev3, Generic Procedure for Ultrasonic Examination of Nozzle to Safe-End and Piping Dissimilar Metal Welds Using the IntraPhase Phased Array Imaging System。

3. 異材焊道 PA-AUT 檢測數據資料評估能力驗證考試過程要述

(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-1025, Rev.3

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-21-21 異材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(EPRI 提供)

AMDATA IntraSpect Acquisition and Analysis software, 7.17 版

程序書 WDI-STD-1025, Rev.3

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：

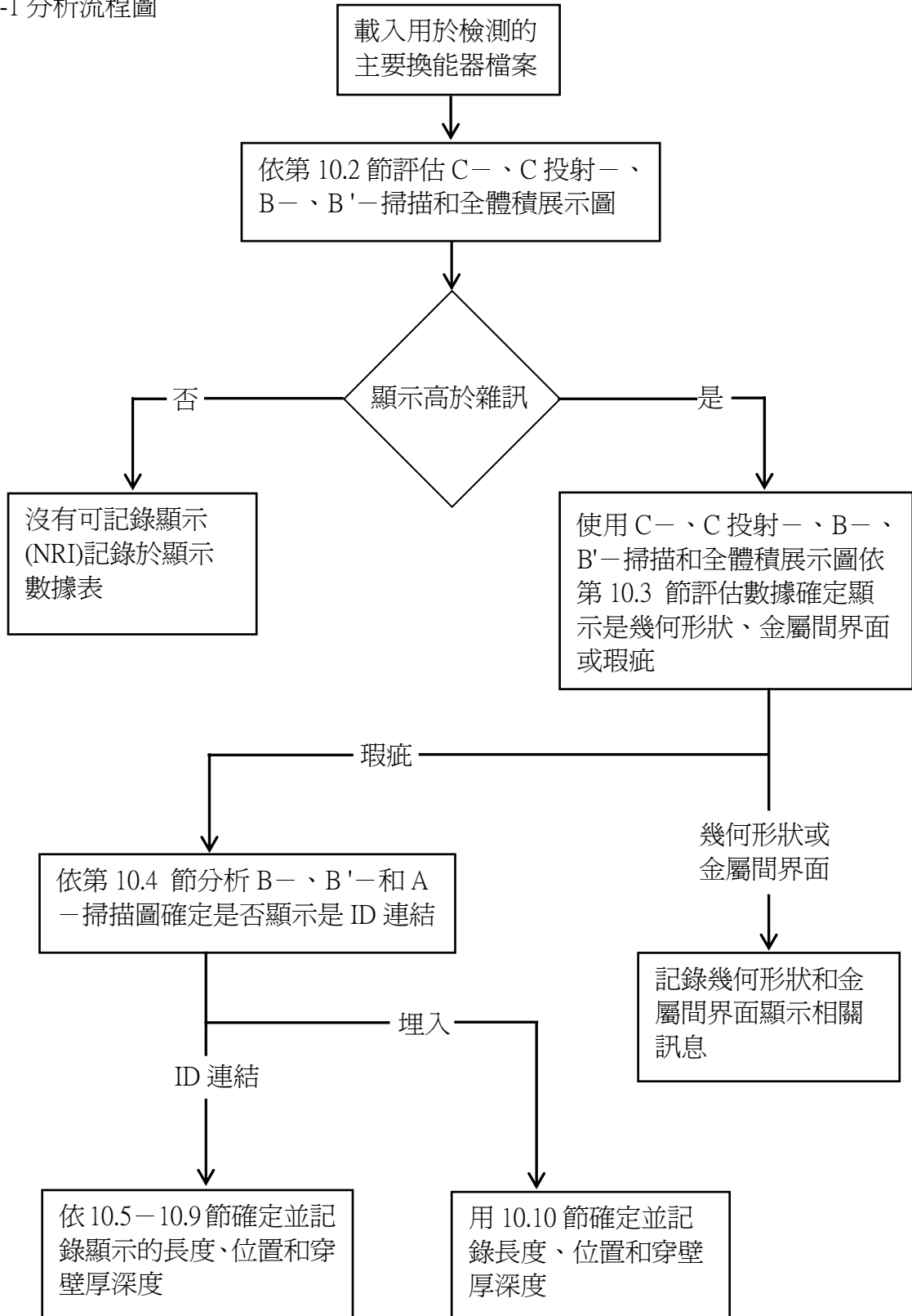
a 本人首次參加異材管路焊道相位陣列式自動超音波檢測數據的資料評估(Data Evaluation)能力驗證考試，驗證範圍涵蓋瑕疵檢出、長度量測與深度量測。

b 考試試件資料：

703*1、705*2、706*1、707*1、708*2、710*1、712*1 共考 9 件；除 708 雙側掃描，其餘皆單側掃描。

c 試件資料分析流程，先分析中管徑試件_705、706、707，再分析大管徑試件_708、710，最後分析小管徑試件_703、超大管徑試件_712；依 WDI-STD-1025，Rev.3 程序書，圖 10.2-1 分析流程圖

圖 10.2-1 分析流程圖



4. 經驗分享

- (1) 評估練習試件時，須核閱該試件銲道結構尺寸，瞭解評估試件範圍；異材練習試件答案可自行查閱卷夾，若自行查閱卷夾而無對應答案，須將練習試件答案送給考官核對，如有顯著差異考官會特別告知；可保留練習試件數位資料，考試期間，若須要可與考試試件比對。
- (2) 每一試件全部頻道、方向掃描數位資料應評估完，軸向瑕疵信號通常兩側均能檢出。
- (3) 為獲精準瑕疵估量，選主要音束折射角以練習試件模擬，微調瑕疵信號定位點，使愈接近練習試件瑕疵長度物理值。
- (4) 有雙側掃描試件數位資料，評估周向瑕疵深度估量時，應雙側評估以深度估量較深側記錄。
- (5) 為獲得較佳驗證考試結果，應多親自操練包括：試件信號數位資料收集硬體架設、試件信號數位資料收集必要參數初始設定建立、試件全部方向掃描信號數位資料收集記錄與試件信號數位資料評估，比對資料評估結果與試件瑕疵物理值。
- (6) 使用相位陣列式超音波檢測技術於異材管路焊道，可減少檢測掃描異材管路焊道的時間，同時也降低現場工作人員輻射曝露劑量。

八、螺栓(Bolts)及螺樁(Studs)直束超音波檢測能力驗證考試

1.0 前言

本次考試係根據 EPRI 程序書 PDI-UT-5 Revision D 以手動脈波反射式超音波檢測儀自螺栓及螺樁的頂部檢出肥粒鐵系位於檢測區域內之瑕疵。

2.0 考試須知及規範

- 2.1 鍛造肥粒鐵螺栓及螺樁四件，試件為 901、903、905、908。直徑 2"~6.82"，長度 8.0"~57.75"。
- 2.2 使用 O°縱波探頭檢測、定位並且評估與螺栓及螺樁軸線垂直而成周向走向的人工刻槽或瑕疵。
- 2.3 提、背包及電子設備、手機等集中放置於門口。
- 2.4 每一個考試件限時 30 分鐘交卷，校準、填寫校準報告及練習不計時間。
- 2.5 不得以鉛筆作答，必須用墨水筆作答。
- 2.6 必須使用經由 EPRI 認證的超音波檢測設備。
- 2.7 可以向 EPRI 借用經由 EPRI 認證的探頭及連接線。
- 2.8 所有的瑕疵都可以檢測出來。
- 2.9 EPRI 不再告知考生(Candidate)任何一科考試瑕疵的數量。
- 2.10 本科目每一個編號的考試件各有一支包含人工刻槽及可供練習的校準試件。
- 2.11 考試件及校準試件都放置於密封的木箱裡，只能在露出的頂部檢測，瑕疵方位角可藉由鎖固之六角螺帽或本體結構辨識推算。
- 2.12 考試時可以利用練習試件做為考試件的參考。
- 2.13 時間到交卷時，考生(Candidate)的校準報告必須齊備，並且將答案成立的過程實際秀給 EPRI 考官。
- 2.14 考完試後須將試件上的耦合劑及註記擦拭乾淨。
- 2.15 數台監視器監視中，超音波檢測儀 USN 60 必須經由 EPRI 人員刪除儲存的檔案資料後方可攜出熱室。
- 2.16 黃色紙(Yellow Paper)及手寫的筆記、便條紙等均不得攜出熱室。

3.0 檢測設備

- 3.1 使用經由 EPRI 認證的 USN 60 (SW)超音波檢測儀。
- 3.2 使用經由 EPRI 認證的圓形、單晶、10.0MHz、0.50"的 O°縱波探頭。
- 3.3 同形式的 5MHz 探頭，可用來和 10.0MHz 在檢測時互相比對，或者在評估顯示時使用。
- 3.4 換能器須能提供校準時來自人工刻槽回波 2：1 的訊號/雜訊比。

4.0 校準

- 4.1 使用參考規塊 (Ref.Block) IIW、DSC，step wedges 設定線性螢幕距離。
- 4.2 使用與考試件相同材質、直徑、長度並且在內穿孔 (inner bore hole) 的表面和外徑的螺絲表面具有周向人工刻槽的校準規塊 (Cal.Block) 執行校準。
- 4.3 迴掃範圍應能完全涵蓋每一個檢測區域 (examination zone)。

5.0 參考靈敏度校準

- 5.1 第 1 區 (Zone 1) - 調整增益控制，使來自第 1 區指定的人工刻槽訊號回波接近全螢幕高的 80%。
- 5.2 第 2 區 (Zone 2) - 調整增益控制，使來自第 2 區指定的人工刻槽訊號回波接近全螢幕高的 80%。

6.0 檢測範圍

- 6.1 第 1 區 (Zone 1) 的檢測範圍為螺栓及螺樁自頂部與螺身一體的帽頭厚度延伸 1 吋，頂部本體無帽頭者之螺栓及螺樁自螺絲區域延伸 1 吋。
- 6.2 第 1 區 (Zone 1) 的檢測範圍底定後剩餘的區域就是第 2 區 (Zone 2) 的檢測範圍。

7.0 掃描技巧

- 7.1 應執行軸向及周向掃描，掃描時每一道間距須有使用的晶片尺寸至少 10% 的重疊。
- 7.2 掃描速度每秒不得超過 2 吋。
- 7.3 檢測時的掃描靈敏度增益宜設定在校準時來自人工刻槽 50 到 80% 的訊號回波。

8.0 評估顯示

- 8.1 超音波回波不論振幅高低，應探討該回波的形狀、型別及位置以完成評估。
- 8.2 有時候並非來自人工刻槽、瑕疵繞射或超音波反射的訊號會使檢測員誤認。這些自然產生的超音波脈波重疊訊號被歸因為是”纏繞”(wrap around)的結果。為了超音波飛行時間能獲得長距離的金屬路徑，而使得脈波重覆率過高的時候，就會發生脈波重疊的現象。評估此一現象的技術如下。
 - 8.2.1 以連續的幾個步驟來降低儀器的脈波重覆率，如果訊號回波改變了迴掃位置或訊號回波消失，則表示此為脈波重疊所產生的纏繞現象。
 - 8.2.2 PRF MODE 置於 autolow 時可以消除幾何形狀回波。
 - 8.2.3 PRF MODE 置於 manual 時按下鍵，並轉動 USN 60 的右旋轉輪，如果訊號是來自脈波重疊所產生的纏繞現象，則此訊號會隨著旋轉輪的轉動而在時基線上跑動。

8.3 使用 10MHz 探頭來評估顯示。

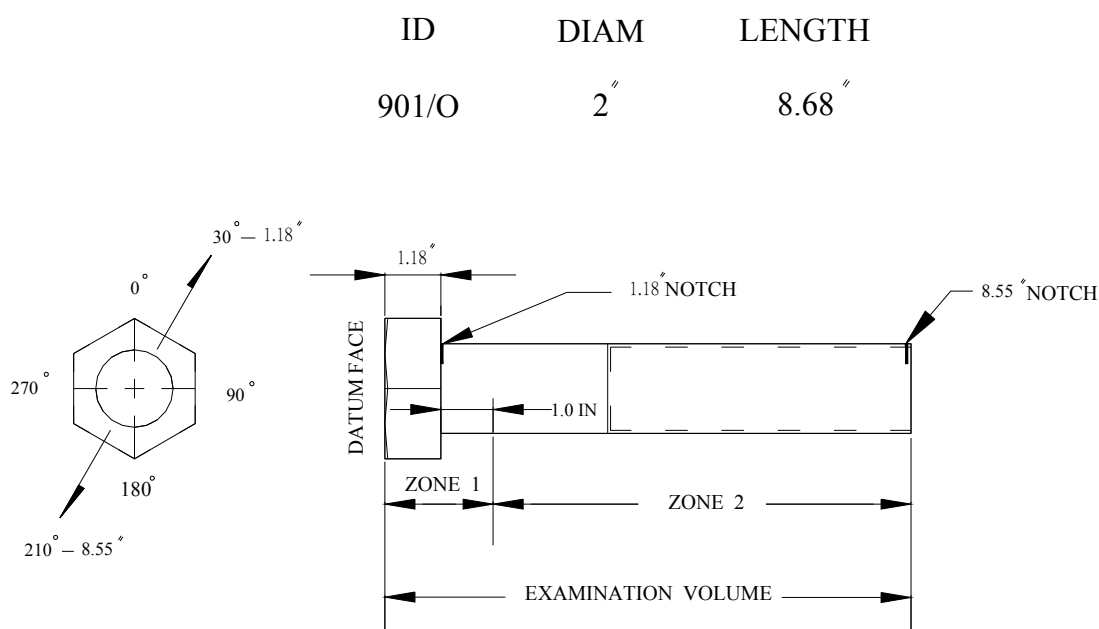
8.4 頸部及底部的瑕疵宜善用儀器上能將訊號回波局部放大 (magnify) 的功能加以確認。

9.0 結論

9.1 本次向 EPRI 借用 USN 60 SW 儀器，並提供 4 顆探頭均為 HAR A10 (10 MHz)，與本人攜帶之探頭型號相同，測試其性能差不多，隨即挑選一顆較順手的校準。

9.2 開始實作前需熟讀程序書，考官亦會發給 Table 1 與 Table 2，Table 1 為使用探頭資訊，Table 2 為儀器參數設定，這次使用 USN 60 SW 有關儀器參數設定方面考官會一一驗證。

9.3 開始實作前需認識考試件的材質、構造、直徑、長度、檢測區域、人工刻槽位置等，不計時間。



9.4 考試件 901 的校準螺栓為 T 型螺栓，離頂部 1.18" 的頸部安排了一個人工刻槽，則 Zone 1 的時基距離為 $1.18" + 1" = 2.28"$ 。為能保持解析度，設定 4" 的全螢幕寬較理想。

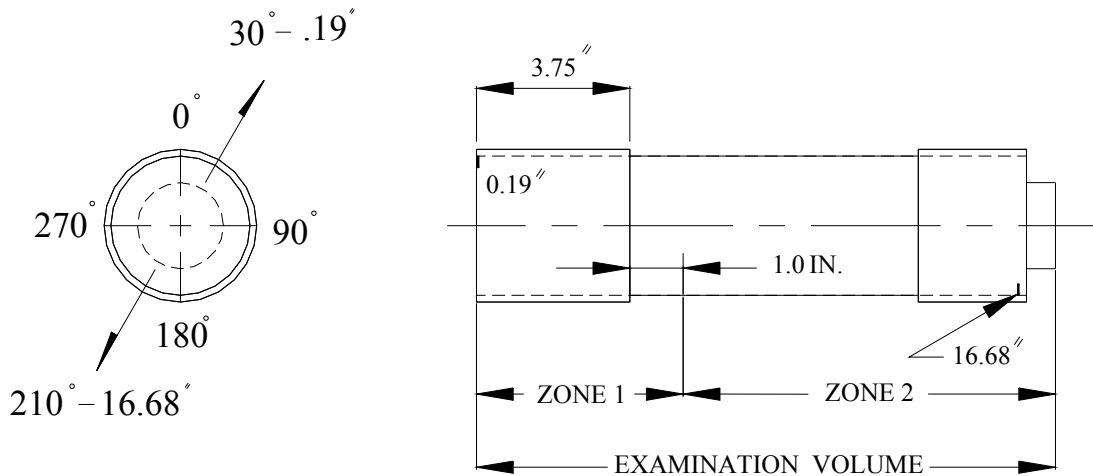
這個 notch 的回波與螺帽的回波連在一起，必須在正確的方位角 (Azimuth Degree) 掃描到兩個連在一起此起彼落的訊號時，利用儀器上的放大 (magnify) 功能將訊號局部放大後方能確認，將此訊號振幅定在全螢幕高的 80%，即完成 Zone 1 校準。

雖然 8.55" notch 幾乎已在底部，將全螢幕寬定在 10.0"，探頭置於帽頭中央，只要確認和底部回波連在一起的 notch 回波，依照 Zone 1 校準方式，則可完成 Zone 2 校準。

9.5 檢測時以 cal.dB 為佳，正確的校準，檢測瑕疵時才能事半功倍。

9.6 考試檢測結果，Zone 1 無瑕疵，Zone 2 檢出一個明顯瑕疵屬於中深度。

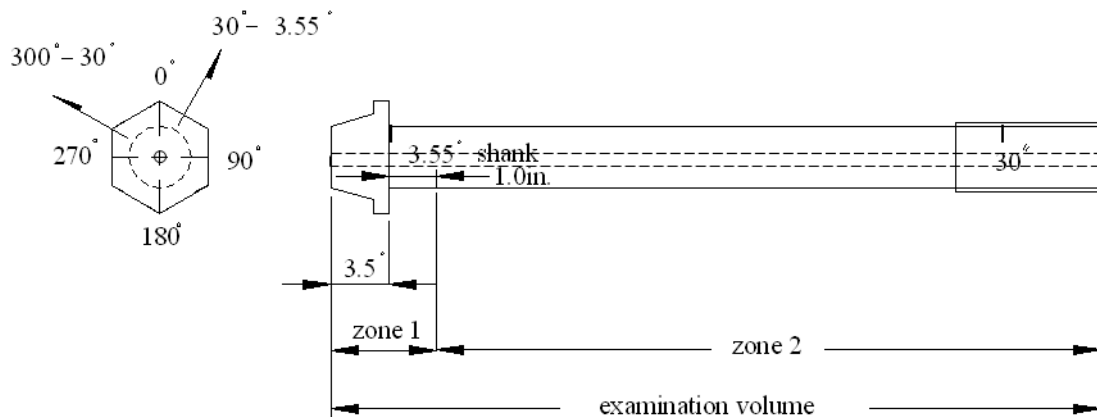
ID	DIAM	LENGTH
903/T	2.58"	18.14"



9.7 903 的校準較為困難，EPRI 的探頭性能不錯，只要角度正確，初波後的訊號就是 0.19" 的 notch。校準時，探頭約露出 1/4 放置在 DATUM FACE 外緣上，露出的 1/4 必須用耦合劑連著下面突出的螺紋才能檢測到 0.19" 的 notch。

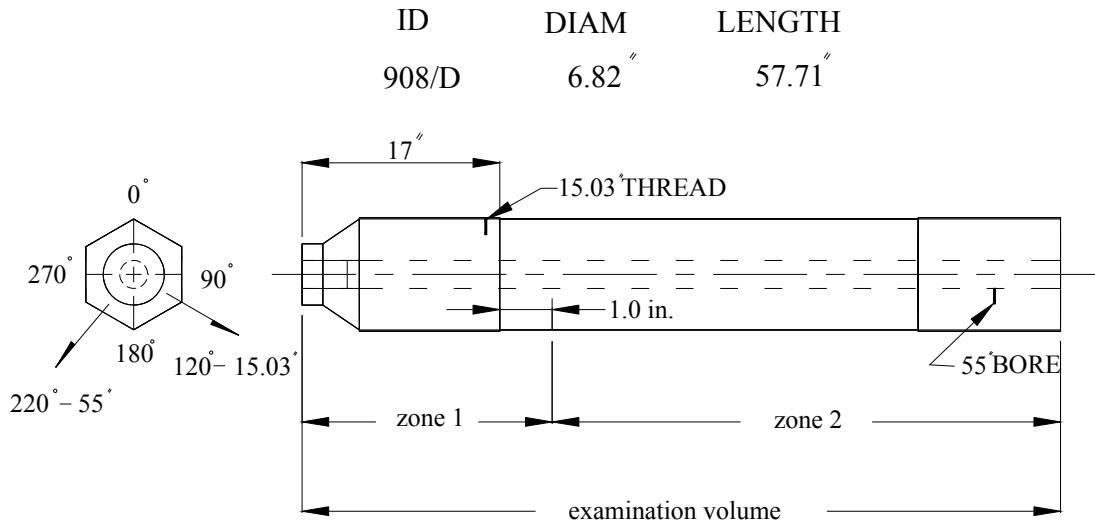
9.8 考試檢測結果，Zone 1 找到一個瑕疵而此瑕疵與校準的 notch 很類似為 0.198" 可與校準規塊做比對，Zone 2 則檢出 2 個瑕疵屬於中間(回波振幅很高)及稍深位置(回波振幅約 50% FSH)。

ID	DIAM	LENGTH
905/ e	4.32"	35"



9.9 905 中心有內穿孔，Zone 1 校準的方式及困難度與 901 相同，Zone 2 校準則比較簡單。

9.10 考試檢測結果，zone 1 無瑕疵，zone 2 檢出 1 個瑕疵位於約 33"與校準 notch 可以互相比對。



9.11 908 的中心有內穿孔，又稱之為排列設定孔（Alignment Hole）。所以校準 Zone 2 時，依次序為內穿孔訊號在前，隨後緊跟著和底部回波幾乎連在一起的 notch 回波。

9.12 必須完成軸向及周向掃描。

9.13 考試檢測結果，Zone 1 無瑕疵及 Zone 2 有 2 個瑕疵其中 1 個接近下段螺牙區上緣，另 1 個深度較深接近底部，可以利用螢幕放大功能可以觀察較清楚。

9.14 每個考試件限時 30 分鐘交卷，所以在開考前完成校準報告，可以節省時間。

9.15 建議考前可以 GUIDE PRACTICE 對考試比較有幫助亦能抓住重點，避免 FALSE CALL 和 MISS CALL，因為只要多叫一個瑕疵與少叫一個瑕疵，就不通過了。

9.16 EPRI 之考試 SET 不多，建議考試可以多收集資料不管有沒有考過，可以當作一些參考資訊，累積多次之後，就可以有個依循。

九、參訪 Wesdyne International 公司

1. 行程

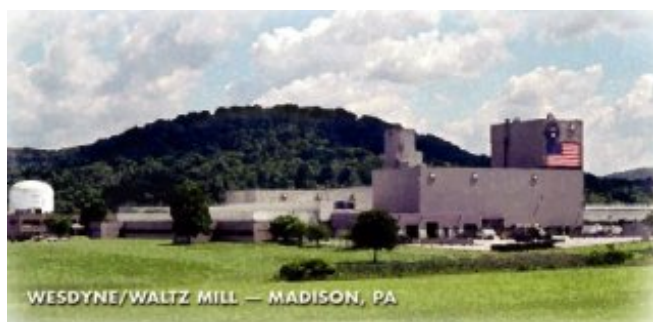
102年8月5日至8月9日前往康乃狄克州溫莎(Windsor)，訪問Wesdyne International公司。

2. 參訪摘要

- (1) 8/6~8前往 WesDyne 公司拜訪，由Principal Engineer, Bartolo E. Drennen 負責接待簡報介紹，含 NDE Products and Technology 、Track-mounted ROSA(T-Rex) Wesdyne Automated Nozzle and Pipe Scanner。

Wesdyne International 為 Westinghouse Electric 的子公司（Westinghouse Electric 又被日本東芝公司併購），含美國、瑞典、德國三部份。擁有200名以上全職成員，提供全球非破壞檢測服務與設備販售。

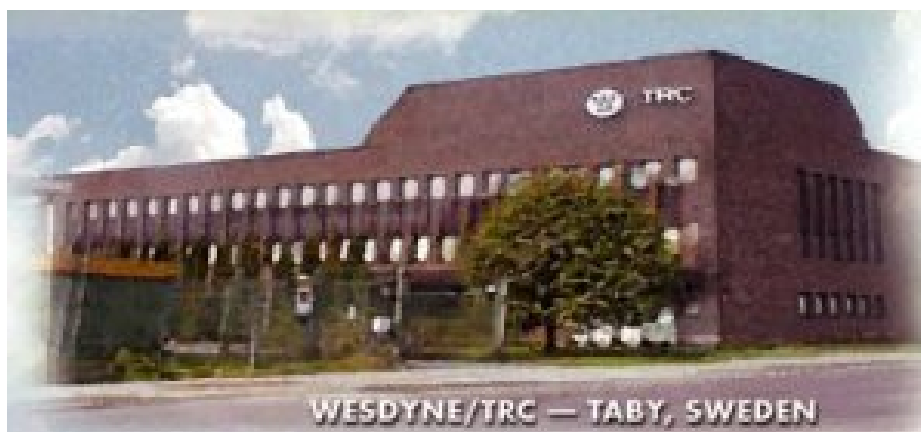
總部-賓州麥迪遜 Waltz Mill Facility 內，負責管理、現場檢測服務、工程設計、會計/ 市場經營。



康乃狄克州-WINDSOR 的AMDATA 子公司負責 SCANNER 及特殊工具的設計製造開發與維修服務



瑞典-TABY城的TRC 子公司與 德國-MANNHEIM 廠負責國際業務，包括檢測服務與設備製造供應銷售、計畫管理。



檢測業務主要以發電工業為主，亦觸及油、氣及航太工業，針對發電工業主要有下列項目：

- A、 PWR 反應爐槽壁、爐蓋、爐內組件檢測。
- B、 BWR 反應爐槽壁、爐蓋、爐內組件檢測。
- C、 核能、非核能管路檢測與管壁薄化量測。
- D、 汽機 / 發電機組件檢測。

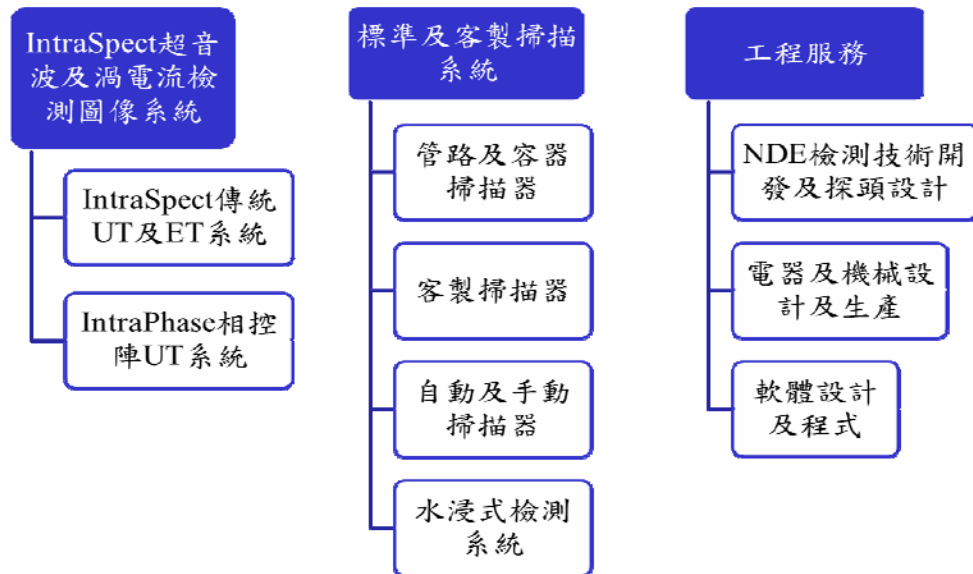
PWR 的檢測業務包括

- A、反應爐槽運轉期間檢測
- B、管嘴接爐壁銲道檢測
- C、異質銲道檢測
- D、爐底儀用管路穿越管檢測(BMI-Bottom Mounted Instrumentation Nozzles)
- E、管路銲道檢測
- F、管嘴內表面檢測

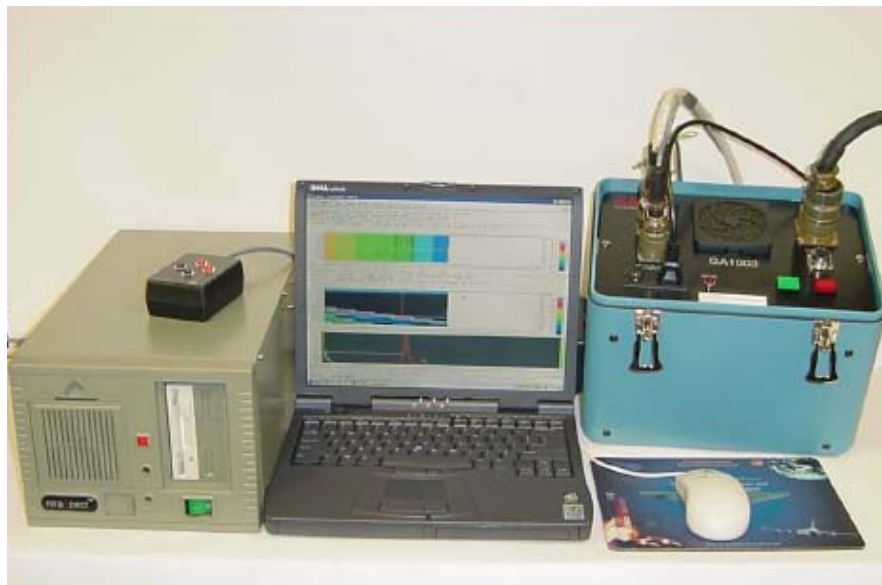
G、爐內擋板螺栓檢測（Baffle Bolt Inspection）

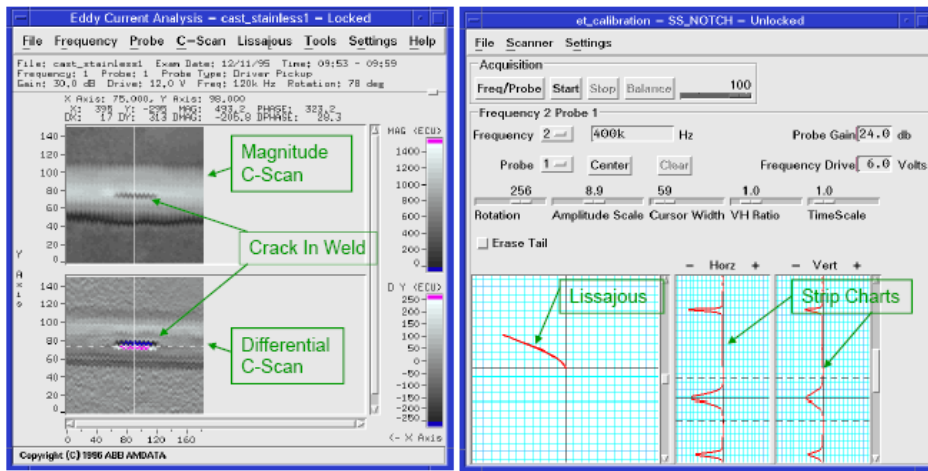
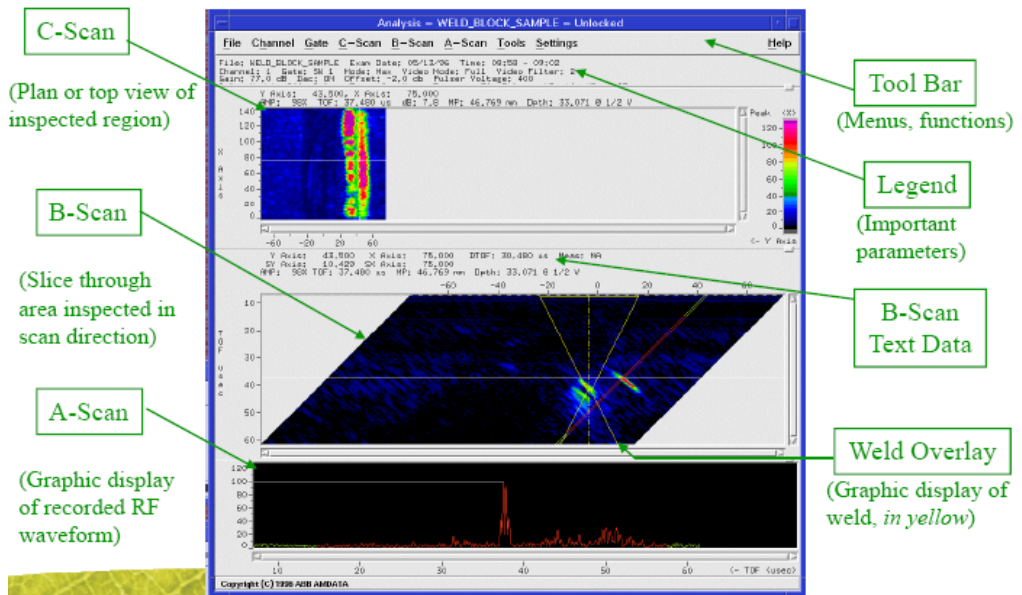
H、爐內組件檢測（In-Vessel Inspection）

(2) Wesdyne非破壞檢測產品及技術：

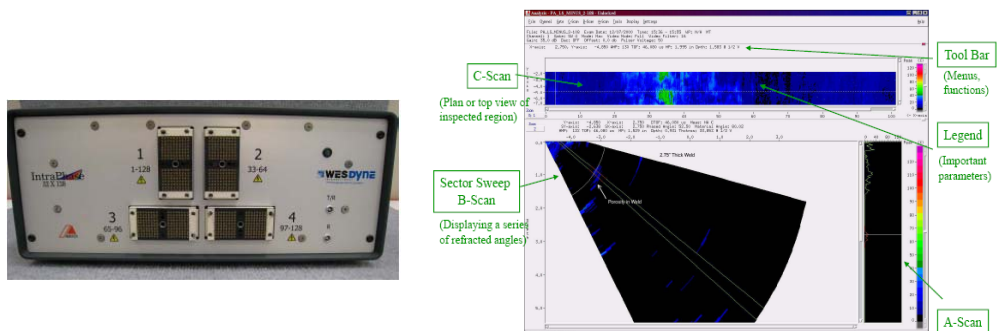


A. IntraSpect傳統超音波/渦電流自動檢測系統：可搭配各式掃描器執行自動超音波/渦電流檢測作業，其儀器與顯示畫面如下：





B. IntraPhase 32/128相控陣超音波檢測系統：採用多頻道系統搭配陣列式探頭，藉由扇形掃描(Sector Scan)可同時觀察多角度之檢測圖像。



C. 標準及客製掃描器



管路UT檢測掃描器



UT檢測掃描器(5080)



槽壁檢測掃描器



長範圍檢測用掃描器

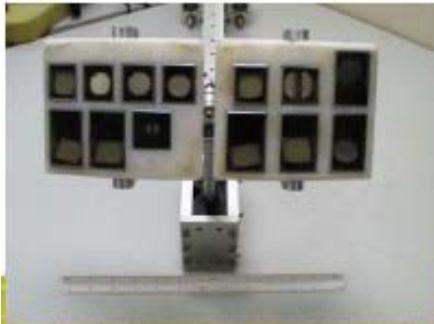


爐蓋鉚道UT檢測掃描系統



水浸式UT檢測掃描系統

D. 反應爐每10年ISI



- 2個6軸掃瞄器可同時掃瞄，約須5天工期，BMI可同時掃瞄檢測。
- EPRI PDI 驗證合格。
- 遙控操作，輻射劑量少於 1 侖目。
- 占用吊車的時間極少。

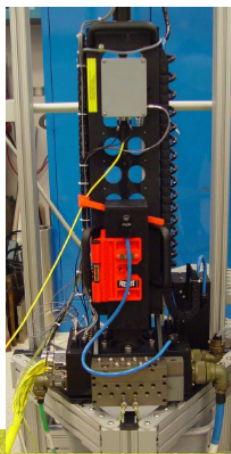
E. PWR反應器爐蓋穿越管焊道檢測用掃描器

RVHI Scanners

7010 OHS Scanner



7060 OHS Scanner



Grooveman J-Weld Scanner



F. 反應爐管嘴自動超音波檢測掃描器

- 架軌型(Track-mounted) ROSA檢測系統(T-Rex)
- 2012年8月通過EPRI驗證
- 2012年秋季首次在美國BWR電廠執行現場管嘴檢測，少部份區域仍須手動檢測補足檢測範圍



(3) 與Wesdyne人員討論摘要

- 目前相位陣列AUT檢測DM銲道較多，因其優點比傳統多(不需多顆探頭、檢測時間縮短等)。
- 錨定螺栓瑕疵尺寸 (Sizing)很難準確評估，尤其要符合RMS=0.125吋要求，需進一步研發才有可能。
- PA-AUT新版7.12 (含)以上軟體須搭配USB鎖，才能使用(不認電腦硬體)，每套軟體更新費用\$1800/年。
- Wesdyne有各類型探頭夾具，具有不同壓力設計可運用在不同環境下使用。
- PA-AUT PDI考照前訓練費用預估：以DM為例US\$35,000/周/EPRI，US\$20,600/周/Windsor

3. 心得

訪問參觀國外專業檢測公司，可充分了解其檢測有關的項目，以及檢測設備的最新研發狀況，對於本公司執行核能相關非破壞檢測有很大之助益。

Wesdyne International 公司具有完整產品研發、製造、販售、維修及檢測技術服務等業務，與西屋公司的工程設計部門充分結合，繼核能組件檢測發現缺陷之後，也能提供進一步的維修或更新服務，確保核能機組能夠持續運轉。

Windsor 所在地屬於研發及維修部門，可公開之產品均可於網站上查閱。基於智財保護實地參觀均不允許拍照。此行獲得交流機會，除了對 PA-AUT 資料分析取得一些經驗外，對未來執行 PA-AUT 助益良多。

十、心得與建議

1. 每年出國人員均有詳盡出國報告，不同考照者的體會不盡相同，累積的經驗對未來參加考照者幫助很大，平常宜多研讀應用，出國前做好準備，並至林訓多做模擬試片檢測練習，相信技術更能紮根。
2. 相位陣列超音波檢測技術應用遍及各領域，除了目前已成熟應用的檢測範圍外，如欲建立特殊組件(如錨定螺栓、RIP 異材焊道、其他特殊幾何形狀組件)自我技術評估能力，宜有專人投入，應用模擬軟體找出最佳檢測模式，再建置相關檢測器材。
3. EPRI 每個建物在開放空間均設置有 AED(自動體外心臟電擊去顫器)及緊急救護藥品，提供不時之需，建議本公司可建置，以提供緊急照護(本項建議已循員工提案提出)。
4. 本次首次安排人員於 EPRI 參加傳統及相位陣列自動超音波檢測(PA-AUT)資料評估驗證，獲致不錯的成果，現場檢測作業將可由傳統逐漸轉為相位陣列自動超音波檢測，未來需加強訓練年輕人員對 PA-AUT 資料分析能力，以盡早做好技術傳承。
5. 相位陣列超音波檢測儀器設備較多，直接運輸寄到 EPRI，考生不必自行攜帶，比較方便合理，因此目前的託運方式應繼續維持；需參加電腦研判考試者，其電腦無法託運，因報關進出手續複雜，必要時可自攜前往或事先與 John 聯繫由 EPRI 提供。