

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

服務機關：台灣電力公司核能發電處
姓名職稱：蘇兩傳-核能工程監

派赴國家：美國
出國期間：自民國 108 年 6 月 15 日至 108 年 7 月 14 日
報告日期：民國 108 年 7 月 19 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。

頁數 15 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
蘇兩傳/台灣電力公司/核能發電處/核能工程監/(08)8893470 分機 3670

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：自 108 年 6 月 15 日至 108 年 7 月 14 日

出國地區：美國北卡州夏洛特電力研究院

報告日期：108 年 7 月 19 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 PDI 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。此次選派 1 人於 108 年 6 月 15 日至 108 年 7 月 14 日期間，赴美國電力研究院非破壞檢測中心(EPRI NDE Center)能力驗證考試，本次安排能力驗證考試項目包含：反應爐槽壁銲道裂縫深度手動相位陣列超音波量測(RPV Supplement 4/6)，反應爐管嘴內側圓弧區域裂縫手動相位陣列超音波檢測(RPV Supplement 5)、反應爐管嘴內側圓弧區域裂縫深度手動相位陣列超音波量測(RPV Supplement 5)等 2 項 4 科，最後 1 項反應爐管嘴內側圓弧區域裂縫深度手動相位陣列超音波量測(RPV Supplement 5)，因為時間不夠沒有執行。

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

目 錄

內 容	頁次
一、目的與過程	2
二、反應爐槽壁銲道裂縫深度手動相位陣列超音波量測能力驗證考試	3
三、反應爐管嘴內側圓弧裂縫手動相位陣列超音波檢測能力驗證考試	7
四、心得及建議	14

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及反應爐槽壁銲道裂縫、反應爐管嘴內側圓弧區域裂縫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 Inside Radius 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 參加上述不銹鋼管路焊道、不同材質管路焊道、反應爐槽壁銲道及反應爐管嘴內側圓弧區域裂縫等各項超音波檢測能力驗證資格考試；今年因預算調整，僅選派 1 人安排參加 2 項 4 科反應爐部分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：反應爐槽壁銲道裂縫深度手動相位陣列超音波量測 (RPV Supplement 4/6)、反應爐管嘴內側圓弧區域裂縫手動相位陣列超音波檢測 (RPV Supplement 5)、反應爐管嘴內側圓弧區域裂縫

深度手動相位陣列超音波量測等，最後 1 項反應爐管嘴內側圓弧區域裂縫深度手動相位陣列超音波量測(RPV S5)，因為時間不夠沒有執行。

本次考量僅安排 1 人赴考，因此於 EPRI Ashwin 經理於 3 月拜訪本公司時，提出今年本公司人員赴 EPRI 考試時借用 EPRI 設備與器材應試，經 Ashwin 經理聯絡協調後 EPRI 同意上述要求；使用 EPRI 設備與器材應試，可以節省辦理設備與器材運送美國及運回台灣的手續所需時間及相關費用等。

本次超音波檢測能力驗證考試結果

項目	姓名 結果	蘇兩傳
反應爐槽壁銲道裂縫深度手動相位陣列超音波量測 Supplement 4 – Clad/Base Metal Interface Region		合格
反應爐槽壁銲道裂縫深度手動相位陣列超音波量測 Supplement 6 – Reactor vessel welds other than clad/base metal interface		合格
反應爐管嘴內側圓弧裂縫手動相位陣列超音波檢測 Supplement 5 – Nozzle Inside Radius examinations from the outside surface		合格

二、反應爐槽壁銲道裂縫深度手動相位陣列超音波量測

1. 考前準備事項

- (1). 儀器：本次使用向EPR借用設備與器材如下：Zetec Topaz 1台、陣列式探頭 115-000-891 1個、楔形塊360-141-072 1個、探頭轉接器(Cable Adapter)、楔形塊拆裝工具、耦合劑、參考規塊 (IIW 1018 規塊及2 吋、4 吋、6 吋半圓弧度具有等比深度側鑽孔及圓弧等。
- (2). 熟讀反應器槽體焊道裂縫深度量測程序書及檢測技術：距離上次使用手動相位陣列超音波檢測儀器，通過反應器槽體焊道檢測及長度量測考照已經8年了，此次再參加此反應器槽體焊道裂縫深度量測，幸好上次考試時有深刻的印象，迄今感覺記憶猶新；由於去年已有同事通過此項認證，來EPRI之前向同事詢問如何應考及提供實際考試注意事項，考試前利用EPRI練習塊瑕疵，練習不同區域瑕疵深度量測要領。

2. 檢測程序摘要

- (1). 儀器設定基本資料：Zetec Topaz 反應器槽體焊道(RPV Welds)檢測設定檔 (UVSetup)有2個，其中ACTIVECHK. UVSetup為探頭晶片及頻道檢查，PDI檢測前需要測試確認探頭性能，考官會查驗程序書表一的必要參數，同時也檢查檢

測前的校準參數及靈敏度。檢測設定檔分為區域1及區域2都是縱波。

(2). 晶片及頻道檢查：與其它焊道檢測element check相同(使用ACTIVECHK. UVSetup設定檔)。

(3). 校準程序：

A.時基長度通常等於1.2倍的材料厚度，區域1設定3吋，區域2則設定7.5吋，上述設定檢測過程不需要調整。

B.區域1靈敏度以縱波65°角度，取得IIW 1018 1.25吋之側鑽孔，調整dB使振幅約在50%FSH，並記錄於校準報告。

C.區域2靈敏度以縱波35°角度，取得IIW 1018 2.75吋之側鑽孔，調整dB使振幅約在50%FSH，並記錄於校準報告。

(4). 本次反應器槽體焊道裂縫深度量測考試量測10個位置，包括2塊試塊、包括區域1、區域2也有在區域1連接區域2的瑕疵，總共量測包括區域1及區域2範圍10個瑕疵。

A. 首先參考考官指定量測位置(X、Y 或周向、軸向等數據)在指定試塊作圖。

B. 再參考指定位置說明的量測瑕疵的大約深度，載入區域1及區域2的設定檔，在相關位置進行深度量測。

(5). 瑕疵高度量測：

A. 2吋以上至表面以區域1量測:

以探頭前後左右探頭移動尋找上面最高的振幅(Z1)，探頭往後移動尋找下方最高的振幅(Z2)，實際找Z2有時有困難，要先調高振幅到80%後，慢慢將探頭後移找振幅明顯下降點，上述兩端點之間(Z2-Z1)為瑕疵高度。

B.2吋以下至底部以上1吋以區域2量測:

以探頭前後左右探頭移動尋找上面最高的振幅(Z1)，探頭往後移動尋找下方最高的振幅(Z2)，上述兩端點之間(Z2-Z1)為瑕疵高度。

C.Z1在2吋以上以區域1量測、Z2在2吋以下區域2量測:

以區域1設定探頭前後左右探頭移動尋找上面最高的振幅(Z1)，以區域2設定探頭往後移動尋找下方最高的振幅(Z2)，上述兩端點之間(Z2-Z1)為瑕疵高度。

D.底部1吋以下區域2量測:

以探頭前後左右探頭移動尋找最高的振幅(Z1)，直接以試件厚度(Z2)-Z1為瑕疵高度。

3. 驗證過程要點

(1)檢測程序書編號為 EPRI-PDI-UT-12 Rev E，AUG/16/ 2017。

(2)有鑒於EPRI在RPV的考試之前並未主動提供完整的探頭設定檔，僅提供PHASE RPV程序書考照指引文件，考生要花許多時間自行按表一及表二所列必要參數一一自行鍵入後存檔，因此來EPRI之前在國內已將此次考試區域1及2設定檔建立好並存檔，經考官同意使用隨身碟讀入區域1及2設定檔，再直接讀取後參考TABLE 2查看即可節省許多的時間。

TABLE 2

	Parameter	Value	Comments
Array	Manufacturer	GEIT	Essential
	Frequency	2.25MHZ	Essential
	Element	0.1215 inch	Essential
	Number of Elements	32	Essential
	Model number	115-000-292	Essential
	Element Width	1.5 inches	Essential
	Element Pitch	0.1235 inch	Essential
	curvature	Curvature in	Essential
Wedge	Model Number	360-141-072	Essential
	Velocity	0.92 in/sec	Essential
	Wedge Angle*	14.7degrees	Essential
	Roof Angel	0 degrees	Essential
	Single/Dual	Single	Essential
	Contour	Flat	Essential
	Elevation Curature	7.5 inch radius	Essential

Note : The “Wedge angle” tolerance is +/- 0.5°. Therefore the actual “Cut Angle” can vary between 14.2° and 15.2° inclusive.

(3)考官驗證主要為考前查儀器及探頭序號相關必要設定值(Essential Values)外，校準靈敏度及掃描靈敏度、側鑽孔深度均是驗證項目，某些深度可能需調整Probe Delay值，調整後尚需驗證對應之側鑽孔。

(4)報表文件包括校準表、瑕疵高度記錄表及瑕疵剩餘厚度。

4. 經驗回饋

(1)區域1先以IIW 1018規塊2吋圓做音波路徑校正，調整Wedge Delay，區域2先以IIW 1018規塊2吋圓弧做音波路徑校正，調整Wedge Delay。

(2)區域1以深度校準規塊0.25吋、0.5吋、0.75吋、1.25吋、1.5吋、2.0吋之側鑽孔校正，使用上述不同側鑽孔調整Wedge Delay，同時一一記錄不同側鑽孔對應的Wedge Delay數值，將此檔儲存。

(3)區域2以深度校準規塊2.0吋、2.5吋、3.0吋、3.5吋、4.0吋、5.0吋、6.0吋、7.0吋之側鑽孔校正，使用上述不同側鑽孔調整Wedge Delay，同時一一記錄不同側鑽孔對應的Wedge Delay數值，將此檔儲存。

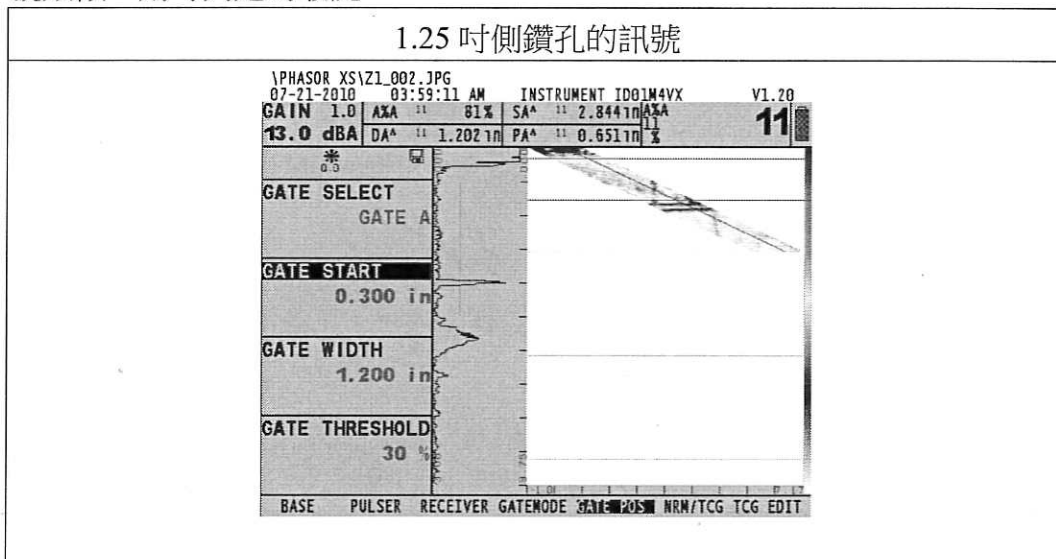
(4)區域1 對X軸向掃描時，探頭移動時從傘形sector 的影像，一直到65° Beam對準瑕疵，探頭稍微前後左右移動尋找上面最高的振幅，調整振幅到50% (此為Tip的上方)，此時查看深度讀值後，再輸入步驟(2)校準時的此深度側鑽孔的對應的Wedge Delay數值，然後再紀錄此深度讀值。

(5)區域2 底部1吋以上瑕疵對X軸向掃描時，探頭移動時從傘形sector 的影像，一直到(35°)對準瑕疵，探頭稍微前後左右移動尋找上面最高的振幅，此時查看深度讀值後，再輸入步驟(3)校準時的此深度側鑽孔的對應的Wedge Delay數值，然後紀錄此深度讀值。

(6)區域2 連接底部1吋以內瑕疵對X軸向掃描時，探頭移動時從傘形sector 的影像，一直到(35°)對準瑕疵，探頭稍微前後左右移動尋找上面最高的振幅，此時查看深度讀值後，再輸入步驟(3)校準時的此深度側鑽孔的對應的Wedge Delay數值，然後紀錄此深度讀值。

(7)區域1的瑕疵判定:

- a.以側鑽孔的訊號做參考，如果db或訊號振幅回波動態都小於側鑽孔的訊號，則可能只是氣孔。
- b.以練習塊的瑕疵的訊號做參考，如果db或訊號振幅回波動態都與練習塊的瑕疵的訊號類似，則可判定為瑕疵。



(8)區域2的底部1吋以下瑕疵判定:

- a.底部1吋以下瑕疵應該明顯與母材有分開，從其它大於35度的角度隨探頭移動，從傘形sector 觀察有顏色由淺藍到深藍到由黃變紅慢慢靠近，底部長度一般不小於1吋，高度則小於0.75吋，可以從90度方向得到確認。
- b.circ或axial的瑕疵則依db的數值可以判定，較低的db有相同振幅即為瑕疵的方向，判定與探頭垂直方向為瑕疵的方向。

- c.與母材沒有分開的indication，為cladding的殘餘造成而被誤認為瑕疵，無法從90度方向得到確認。
- d. 2吋以下與底部1吋以上瑕疵，判定相對簡單，觀察回波動態即可判定為瑕疵，可以從90度方向得到確認。
- (9)執行區域2的掃描時同時也觀察2吋以上的部份，探頭移動時從傘形sector 的影像，有顏色由淺到深慢慢靠近，則先在空白表格相對位置做記號，如果瑕疵較大也可先量測記錄，然後以區域2檢測時參考比較。
- (10)此次反應爐槽體焊道裂縫深度量測考試量測10個位置，包括2塊試塊、包括區域1、區域2也有在區域1連接區域2的瑕疵，總共量測包括區域1及區域2範圍10個瑕疵。

三、反應爐管嘴內側圓弧裂縫手動相位陣列超音波檢測能力驗證考試

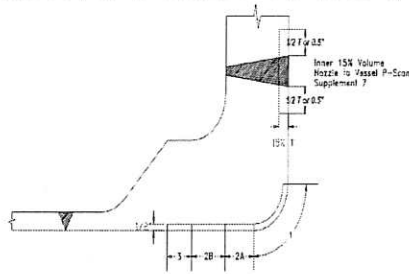
1. 考前準備:

- (1)儀器：本次使用向EPR借用設備與器材如下：Zetec Topaz 1台、陣列式探頭 115-000-376 1個、各種楔形塊包含使用於R171P N2 and R154 N2 Nozzle 的 360-141-105入射角35° 偏斜角 ± 19° 等各種楔形塊、探頭轉接器(Cable Adapter)、楔形塊拆裝工具、耦合劑、參考規塊 IIW TYPE 2 規塊圓弧等。
- (2)熟讀反應器管嘴內側圓弧裂縫檢測程序書及檢測技術：研讀已通過此項認證同事的報告，來EPRI之前向同事詢問如何應考及提供實際考試注意事項，考試前在利用EPRI練習用試塊，練習管嘴內側圓弧裂縫檢測要領。

2. 管嘴焊道與管嘴內側圓弧超音波檢測電腦模型建立(NOZZLE ULTRASONIC EXAMINATION MODELING PROCESS)

- (1)美國電力研究所(EPRI) 反應爐壓力槽管嘴接爐壁銲道與管嘴內側圓弧區域相位陣列超音波檢測認證程序書：PDI-UT-13 Rev-H適用以手動非編碼相位陣列超音波檢查(non-encoded phased array ultrasonic examination)於反應爐壓力槽（RPV）管嘴內半徑區域及管嘴到爐壁銲道的內部15%厚度，應用接觸式脈衝回波檢查技術。
- (2)適用於下面列出的音波路徑範圍和偏斜角。驗證範圍以及資格限制也列在此程序的PDI能力驗證資格摘要（PDQS）中

主要檢測範圍反應器管嘴焊道周向檢測15%ID與管嘴內側圓弧軸向瑕疵檢測如圖1.1。



- ASME Code Volume: Zones 1 and 2A
- BWROG Examination Volume: Zones 1, 2A, 2B and 3
- Inner 15% of the IWB-2500-7 nozzle to vessel volume or as modified by Code Case

圖1.1 RPV管嘴焊道週向檢測15%ID與管嘴內側圓弧檢測

(3)ASME 規章第十一部要求的反應器管嘴內側圓弧檢測軸向瑕疵如圖1.2。因反應器管嘴形狀與反應器本體為多曲面結合，超音波路徑與瑕疵對應位置為複雜立體曲面關係，需透過電腦模型計算才能正確。

(4)美國電力研究所(EPRI) 經多年開發建立「電力研究所非破壞檢測中心試算表模組」，結合PDI-UT-13程序書通過PDI認證，現場檢測須將所有管嘴的幾何形狀的尺寸交由EPRI 建立電腦模型，以規畫超音波適當角度與曲面供特定管嘴檢測。

(5)被檢測表面瑕疵位置「S」參數如圖1.2，S=0定為管嘴內側圓弧檢測起點，S=MAX定為管嘴內側圓弧檢測終點。

Maximum Metal Path, Misorientation Angles, and Inspection Angles	PDI Demonstrated Ranges			
	Nozzle Inner Radius		Nozzle-to-Vessel Weld	
	Detection	Depth Sizing	Detection	Depth Sizing
Maximum Metal Path	26.22"	15.86"	26.22"	15.86"
Maximum Misorientation	24°	24°	24°	24°
Minimum Inspection Angle	50°	35°	42°	35°
Maximum Inspection Angle	90°	55°	90°	55°
Note: The inspection angles in this table are defined as the impingement angle at the inside surface. The actual beam angle and skew will be defined by computer modeling.				

圖1.2 ASME 規章第十一部要求的管嘴內側圓弧檢測軸向瑕疵

(6)反應器管嘴的幾何形狀

反應器管嘴的幾何形狀的尺寸輸入參數(Nozzle Inner Corner Region Detection Examination Model Input Parameters)，現場檢測須將所有反應器管嘴的幾何形狀的尺寸參數(如圖1.3)，如下列資料，交由EPRI 建立電腦模型，確定檢測參數：探頭入射角、探頭偏斜角、探頭在管嘴徑向檢測位置、探頭在管嘴圓周位置角度及回波超音波音程等。

(7)內表面尺寸 (Inside Surface Dimensions):

Rbore: 反應器管嘴內半徑(Nozzle bore radius)

Rbi: 反應器管嘴內弧半徑(Inside corner region radius)

Rvi: 反應器爐體內半徑(Vessel inside radius)

(8)外表面尺寸(Outside Surface Dimensions):

Rnozzle: 反應器管嘴外半徑(Nozzle boss radius)

Rbo: 反應器管嘴外弧半徑(Nozzle blend radius)

Rvo: 反應器爐體外半徑(Vessel outside radius)

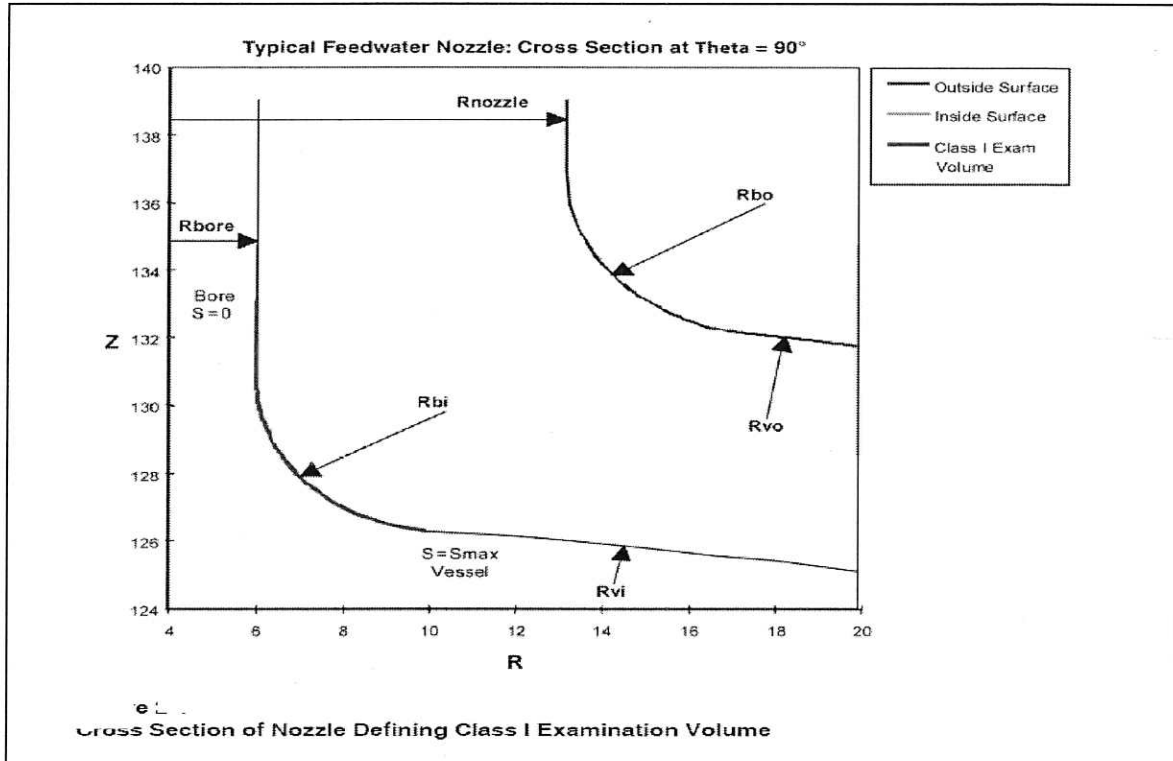


圖1.3 ASME 規章第十一部要求的反應器管嘴幾何形狀的尺寸參數

以EPRI考試試件R171P N2的反應器管嘴幾何形狀的尺寸參數(如表1)

表1 R171P N2 and R154 N2 Nozzle Geometry Inputs to Spreadsheet Model

內表面尺寸(Inside Surface Dimensions)			外表面尺寸 Outside Surface Dimensions		
	英吋 Inches	公釐 Millimeters		英吋 Inches	公釐 Millimeters
Rbore	5.795	147.2	Rnozzle	11.745	298.3
Rbi	3.27	83.1	Rbo	3.44	87.4
Rvi	109.795	2788.8	Rvo	115.97	2945.6

(9)反應器管嘴內側圓弧軸向瑕疵檢測角隅反應設計(Beam Angle at the Flaw and Corner Trap Response)

反應器管嘴內側圓弧軸向瑕疵檢測角隅反應設計，是以入射角70°.超音波橫波探頭在反應器本體外壁與管嘴外弧位置，以特定的偏斜角入射，在管嘴內側圓弧軸向瑕

疵產生45°角隅反應，使檢測探頭接收反射回波，超音波立體入射、偏斜角、反射與瑕疵反射偏斜角(Misorientation Angles)示意圖，超音波多曲面立體入射、偏斜角與反射示意圖。

(10)反應器管嘴超音波偏斜角(Probe Skew Nomenclature)如圖1.4所示

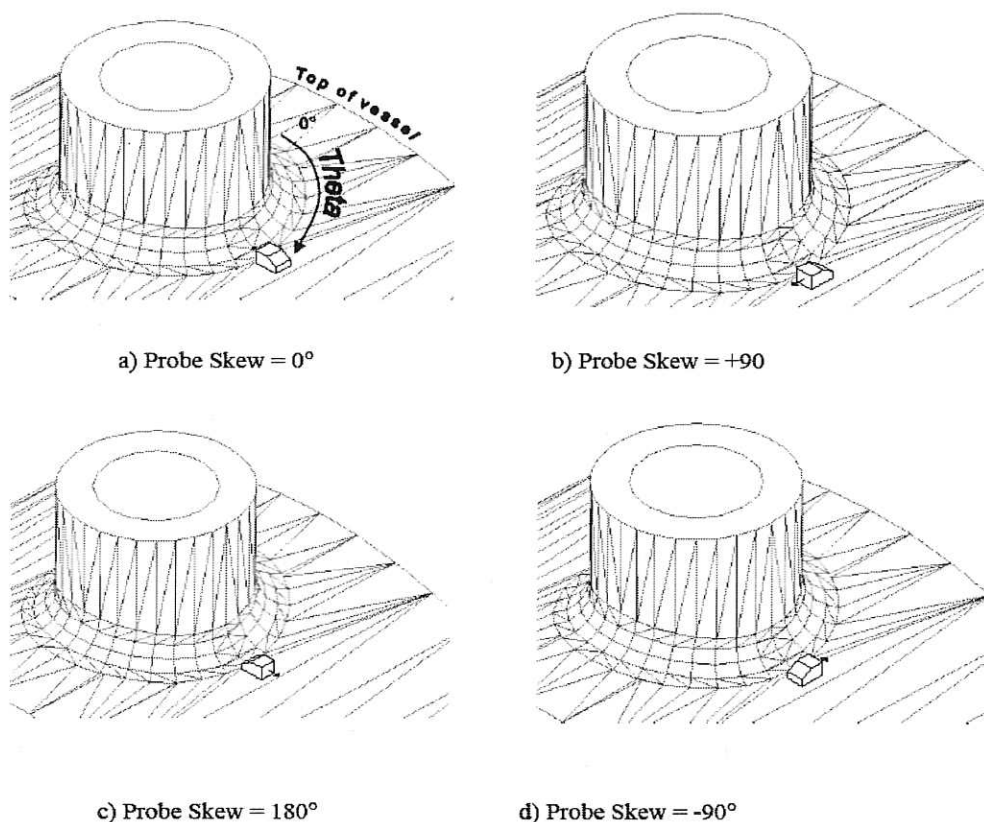


圖1.4 反應器管嘴超音波偏斜角(Probe Skew Nomenclature)

3. 反應器管嘴內側圓弧軸向瑕疵檢測技術說明(Normal Incidence Blend Radius and Vessel Shell Detection Techniques)

以EPRI考試試件R171P N2的反應器管嘴幾何形狀的檢測參數(如表2)為例：

入射角 Probe Angle	偏斜角 Probe Skew	檢測位置 Scan Surface	最小楔塊弧度 Minimum Wedge Radius	檢測波式 Mode of Propagation
			英吋 Inches	
73~57°	±19°	管嘴外弧 Blend	2.8	橫波 Shear Wave
73~63°	±20°	反應器爐體 Vessel	平面 Flat	橫波 Shear Wave

表2 EPRI考試試件R171P N2的反應器管嘴幾何形狀的檢測參數(EPRI Generic Normal Incidence Detection Techniques for PDI Nozzle R171P and R154 N2)

(1)管嘴外弧 (Blend) 位置需要用超音波特定弧形與偏斜角曲面楔塊 (如圖2.1) 與管嘴外弧密合，檢測掃瞄方向有順時針 (clockwise) 及逆時針 (counterclockwise) 均需搭配偏斜角曲面楔塊。

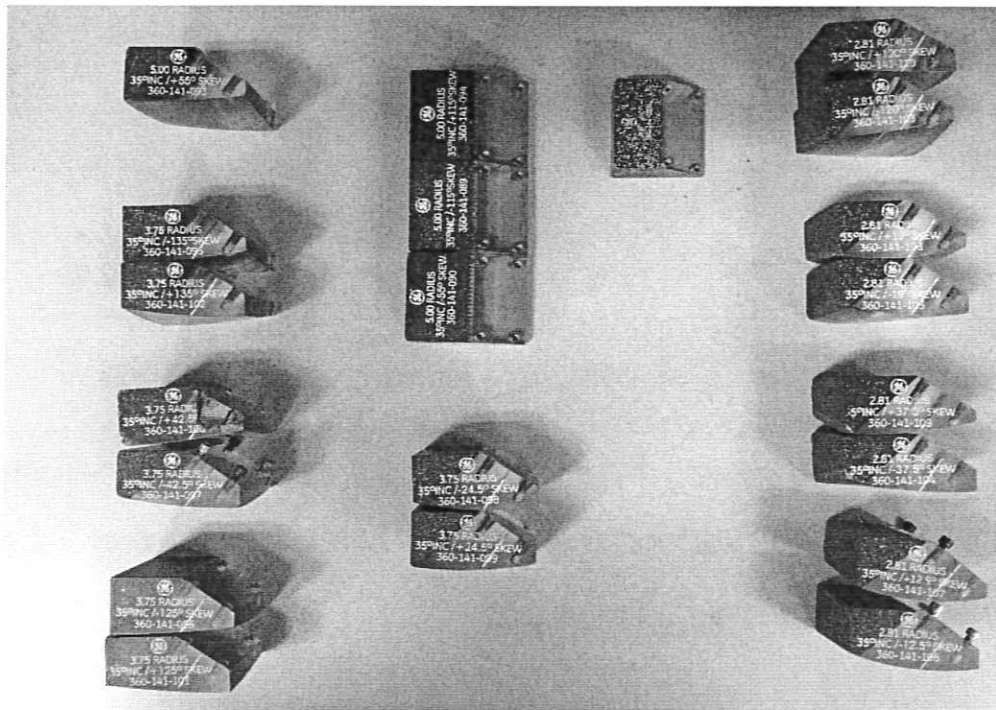


圖2.1 特定弧形與偏斜角曲面楔塊

(2)EPRI考試試件R171P N2的反應器管嘴幾何形狀，經「電力研究所非破壞檢測中心試算表模組」，計算反應器管嘴內側圓弧超音波檢測軸向瑕疵之入射角與偏斜角對應圖像，設定以70°橫波，偏斜角(11° to 35°)作為檢測應用基準。

(3)反應器管嘴檢測座標說明如圖2.2

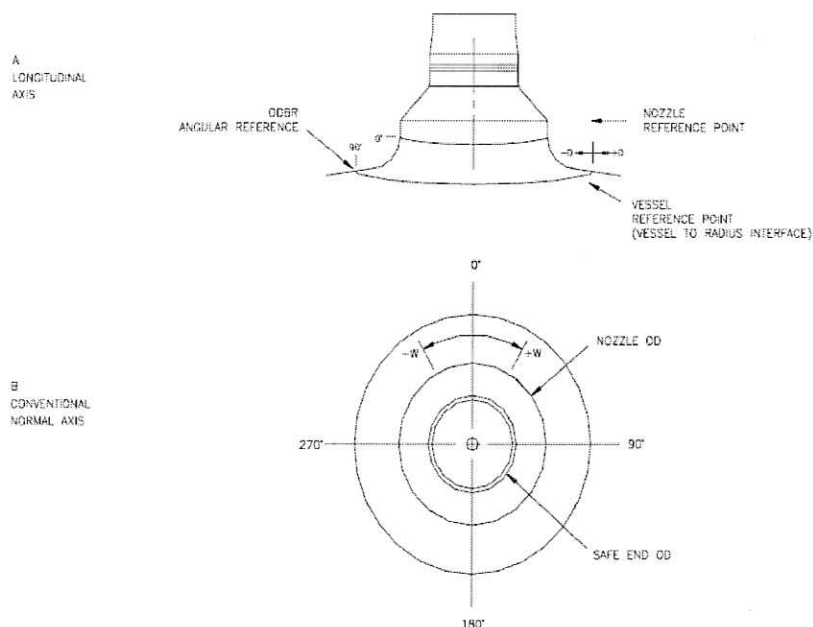


圖2.2 反應器管嘴檢測座標說明

(4)選定超音波入射角與偏斜角後檢測位置、超音波音程、瑕疵反射偏斜角限定要求如表3，當結果超出表3所述各項要求時，其檢測的有效性應被質疑，需再驗證。

EPR Generic Normal Incidence Detection Techniques for PDI Nozzle R171P and R154 N2)

入射角 Probe Angle	偏斜角 Probe Skew	檢測位置 Scan Surface	最小徑向尺寸 Min R	最大徑向尺寸 Max R	最小音程 Min MP	最大音程 Max MP	最大瑕疵反射偏斜角 Max Misorientation
			英吋 in.	英吋 in	英吋 in.	英吋 in.	
73~57°	±19°	管嘴外弧 Blend	13.32	15.14	8.84	12.98	16
73~63°	±20°	反應器爐體 Vessel	16.19	25.55	12.33	22.99	15

表3 超音波入射角與偏斜角後檢測位置、超音波音程、瑕疵反射偏斜角限定要求
(Model Output Parameters: Probe Position, Metal Path, and Misorientation Angles.

4. 反應爐管嘴內側圓弧部位軸向瑕疵檢測

檢測儀器：需使用已認證的儀器詳PDI-UT-13 TABLE 1，本次使用TOPAZ。

(1)檢測及瑕疵高度評估探頭探頭、楔塊等詳PDI-UT-13 TABLE 1。

Table 1

	Parameter	Value	Comments
ARRAY	Manufacture	GEIT	Essential
	Part Number	115-000-378	
	Number of Elements	16	Essential
	Frequency	2.25 MHz	Essential
	Total Crystal Size (1)	.704 x .650 inches	Essential
	Ceramic Volume % (1)	30	Essential
	Kt Min (efficiency) (1)	0.6	Essential
	Pitch (1)	.044 inch	
	Spacing (Kerf) (1)	.002 inch	Essential
Curvature (1)	Flat	Essential	
WEDGE	Model Number	Specified by Manufacture	Essential
	Velocity	0.092 inch/sec	Essential
	Wedge Angle (2)	See note (2) below	Essential
	Roof Angle	0 degrees	Essential
	Single/Dual	Single	Essential
	Contour	See Modeling report	Essential
Elevation Curvature	N/A	Essential	
Cable	Type	Coax, 38 gauge, 50 Ohm. Part Numbers, 38110G X 68C -MOP, 111-160-085, or equivalent shall be used.	Essential
	Max. Length (3)	3.7 meters (12 ft)	Essential
	Intermediate connectors (4)	See Note (4) below	Essential

(2)檢測探頭楔塊(檢測試件R171P N2的反應器管嘴為例)：1.橫波/35° 平板楔塊，從反應器爐體檢測；2. 使用圖2.1 特定弧形與偏斜角曲面楔塊橫波/35° 含偏斜角+19° 曲面楔塊，從管嘴外弧順時針方向檢測；3. 使用圖2.1 特定弧形與偏斜角曲面楔塊橫波/35° 含偏斜角-19° 曲面楔塊，從管嘴外弧逆時針方向檢測。

- (3)檢測距離校準：建議使用IIW規塊距離校準規塊4”圓弧校準音波路徑，螢幕距離設25”FSW。
- (4)檢測零敏度校準：使用參考反應器爐體ID ROLL螢幕顯示10%FSH。
設GATE A為數位顯示讀值，起點定最小音程，終點定最大音程；GATE B為螢幕數位放大顯示螢幕倍率。
- (5)標定考試範圍(000~180)與檢測掃瞄範圍(檢測試件R171P N2的反應器管嘴為例)。
- (6)架設徑向量規與雷射偏斜角儀於檢測管嘴外徑上（管嘴外徑定為參考值為6.9吋）詳圖3.2 A、3.2 B。探頭SKEW的角度固定後，先將白色圓盤歸零，然後再依探頭SKEW旋轉直到雷射十字，注意此讀值得正負在設計程式時是從爐內往外看，所以順時針應輸入負值，反之逆時針應輸入正值。
- (7)在管嘴外弧部位檢測掃瞄範圍以速率小於每秒3吋，以50%探頭大小重疊掃瞄，朝管嘴內弧軸面逆（順）時針方向，以平行於管嘴外弧或垂直於管嘴外弧移動探頭，需要Skew適當偏斜角掃瞄檢測，確認檢測區域內有瑕疵回波音程在最小音程與最大音程範圍內，觀察回波動態是否有瑕疵回波動態特性，判定為瑕疵回波時找出最大回波位置，以極座標方式標定探頭位置記錄（距離0點角度、徑向距離+管嘴外徑、最大回波音程），輸入「EPRI 3D Nozzle Modeling Toolkit V1.0」軟體，計算出瑕疵極座標位置與最大瑕疵反射偏斜角。
- (8)在反應器爐體部位檢測掃瞄範圍以速率小於每秒3吋，以50%探頭大小重疊掃瞄，朝管嘴內弧軸面逆（順）時針方向，以平行於管嘴外弧或垂直於管嘴外弧移動探頭，需要Skew適當偏斜角掃瞄檢測，確認檢測區域內有瑕疵回波音程在最小音程與最大音程範圍內，觀察回波動態是否有瑕疵回波動態特性，判定為瑕疵回波時找出最大回波位置，以極座標方式標定探頭位置記錄（距離0點角度、徑向距離+管嘴外徑、最大回波音程），輸入「EPRI 3D Nozzle Modeling Toolkit V1.0」軟體，計算出瑕疵極座標位置與最大瑕疵反射偏斜角。
- (9)記錄瑕疵極座標位置（距離0點角度、徑向距離、瑕疵S）與最大瑕疵反射偏斜角，確認瑕疵極座標位置是在管嘴內弧位置，最大瑕疵反射偏斜角在程序書要求範圍內，上述位置在另一方向逆（順）時針檢測的瑕疵角度偏差在9.8度內，瑕疵徑向距離偏差在1吋內，瑕疵S距離偏差在1吋內，可判定瑕疵極座標位置為有效位置。
- (10)重複3.9、3.10、3.11步驟在相同逆（順）時針檢測方向，探頭標定位置附近，找出2-3個最大回波位置，輸入「EPRI 3D Nozzle Modeling Toolkit V1.0」軟體，計算出瑕疵極座標位置與最大瑕疵反射偏斜角，並判定是否為有效瑕疵位置。
- (11)將上述有效瑕疵位置的極座標角度，求算術平均數，作為最後瑕疵位置。
- (12)重複3.9、3.10、3.11、3.13步驟，完成檢測區域並提出最後瑕疵位置報告與其瑕疵S距離及瑕疵位置為ZONE-A或ZONE-B。

5. 經驗回饋

- (1) 首先用Flat Wedge對指定的範圍掃描，先使用0度對準圓弧Scan出現內圓弧回波，再慢慢以順時針或逆時針(依使用WEDGE的±角度而定)Skew角度，一直到內圓弧回波振幅慢慢減少以致快消失時，在音波路徑約18吋沿圓弧方向平移探頭，同時隨時Skew確認內圓弧回波不時出現，再Skew角度依序Scan，徑向半徑會有回波，可確認是幾何形狀導致的回波，波形較窄、單純；若是瑕疵波形會有複波、較寬、動態顯示較寬，跟一般瑕疵一樣，可看到所有瑕疵，若小於11度，會不準確，就要用70°Skew23°去確定真正所在位置。
- (2) 使用Flat Wedge對指定的範圍掃描時，若是瑕疵波形剛出現時會伴隨圓弧回波振幅慢慢減少，再慢慢 Skew最後內圓弧回波完全消失後、瑕疵波形的振幅及動態會有明顯的出現、動態顯示較寬，跟一般瑕疵一樣，可看到所有瑕疵。其次可以在相同音波路徑約18吋，沿圓弧方向一定距離以另一角度確認瑕疵。
- (3) 零點在正上方，量測工具由下方往上看，有一水平儀，調至水平可看出距零點的角度，刻度只有90度，超過90度看左邊的刻槽，270度看右邊的刻槽，此數值是輸入電腦Probe Theta值，範圍從0~360度在90度&270度位置有時要加或減刻度，但永遠只有正值。尺規是探頭所在距管嘴表面徑向距離，要再加上管嘴中心至表面的半徑才是要輸入電腦Prob R徑向的數值。再來調整最上面白色圓盤Probe Skew，使用前先歸零後，再依現場位置往順時針或逆時針轉動，此數值的正負值與探頭SCAN方向有關，順時針SCAN為負值、反之逆時針SCAN為正值，不小心容易搞錯方向、因為在電腦程式此數值是從內往外看，所以剛好與檢測員方向相反。紅外線對準探頭方向一致是探頭Skew角度。固定整個工具是利用一條橡皮綁繩。
- (4) 連續的信號大概取2、3個位置，也就是同一瑕瑕疵，輸入電腦EPRI 3D Nozzle Modeling Toolkit V1.0軟體的資料，有Probe Angle(入射角 Beam)、Probe Skew(deg)、Probe R(in)、Probe Theta(deg)、Metal path(in)，最下方的「Find Inside Surface」核取方塊要打勾，再按OK，左方是它計算的結果，最上面是缺陷所在位置，左邊是各參數，右邊是所對應的數值。紅色是由另一邊掃描過來確認探頭的各項參數。3個位置所得到的數據分別由軟體計算結果，Theta 角度求算術平均值，就是答案。

四、心得與建議

1. 管嘴內圓弧瑕疵位置長度1吋等於弧度9.8度，所以考試範圍外9.8度如果發現疵瑕也都要報告，屬於誤差範圍內如此才不會漏掉；其次掃描偏斜角、音波路徑等都僅參考，實際上掃描時有可能會在程序書規定範圍外，。
2. 因為今年度預算縮減，本次僅安排1位人員赴EPRI參加PDI能力驗證，其次日期也縮短只有30天，扣除往返旅途及假日等，實際能利用時間約18個工作天，因此除了考試項目受到很大限制，可能沒有足夠時間安排重考。

- 3.獨自1人來EPRI參加考試行動相對於多人比較自由，但無人分擔租車等費用生活花費比較吃力，其次以安全優先考慮，所以除赴EPRI考試及採購日常生活所需，盡量減少出門。本人已有多次參與EPRI UT能力驗證經驗，因此能夠單獨行動，如果日後需要新進同事參與EPRI UT能力驗證，恐需要爭取足夠的資源，採組隊方式由資深人員帶領，才能順利達成通過能力驗證。
- 4.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。
- 5.EPRI的會員可以免費參加EPRI舉辦的各種WORKSHOP、工作會議等，這是會員應有的權利，建議來EPRI參加能力驗證前，先上EPRI網站查看各種會議日期，以有計畫安排參與適當WORKSHOP、工作會議等，在能力驗證考試之外也能增加其他知識。

