

鑄品檢測能力本位訓練教材 超音波檢測(UT)

編號：PMF-CQC0403

編著者：李士人

審稿者：李仁杰、張晉昌

主辦單位：行政院勞工委員會職業訓練局

研製單位：中華民國職業訓練研究發展中心

印製日期：九十年十二月

單元 PMF-CQC0403 學習指引

非破壞檢測有多種，之間並無先後順序關係，各種檢測方式可單獨學習，超音波檢測是其中一種，若你想學習超音波檢測，即可進入本教材依序學習。完成本單元，你就具有基本超音波檢測之知識與操作能力。唯要成為熟練合格的超音波檢測人員，須更進一步學習相關資料，多次操作判讀儀器顯示資訊，累積經驗，並參加檢定。

背面的能力目錄提供你認識鑄品檢測職類各單元的能力項目，可協助你瞭解學習本職類各單元教材的參考。

引言

超音波檢測是屬於非破壞檢測的一種。而超音波是一種高頻率、人耳無法聽到的音波，在固體內傳播速度極快，遇到不均勻部分，如夾雜物或孔隙即行反射，使接收器得到訊號，我們可以按反射波的數量、返回時間，來推知缺陷大小、位置。因此利用超音波可以檢測鑄品的內部缺陷。

日常生活中，我們也可看到許多應用超音波的例子，如聲納與雷達，醫學上的超音波檢查、眼鏡、飾品清洗用之超音波清洗機、超音波熔接等等。而在工業上應用最多的是超音波測厚及超音波探傷。

定義

非破壞檢測 (nondestructive inspection) : 對鑄品不會造成損傷，可檢測鑄品內外之缺陷的檢測方法。包含目視檢測、尺寸檢測、滲透檢測、磁粒檢測、超音波檢測、射線檢測、渦電流檢測等等。

超音波 : 人耳可以聽見的音波頻率約在 20Hz~20KHz，若音波頻率高於此範圍，人無法聽見，稱為超音波 (Ultrasonic)。在非破壞檢測上，使用的超音波頻率約在 0.5MHz~25MHz 之間，而以 1MHz~10MHz 最常用。

靈敏度 : 是儀器檢測出缺陷大小的程度，靈敏度佳，較能檢測出細小之缺陷。

鑑別力 : 分辨相鄰兩缺陷的能力。

學習目標

本單元「超音波檢測」主要在介紹超音波的基本原理，說明簡單的超音波檢測儀器操作。使學員能了解原理，操作儀器做基本的鑄品檢測，並能判讀儀錶所顯示的資料。因此學員在學習過本單元後，能夠達成下列之目標。

- 一、在不參考資料下，能說明超音波檢測的原理。
- 二、在不參考資料下，能說明超音波檢測儀器的正確操作方法。
- 三、給你一件鑄品，不需他人協助之下，能利用超音波檢測儀器，檢測出該鑄品缺陷的位置。

學習活動

本教材的學習活動內容分相關知識的閱讀與實際操作的練習兩部分。在進行超音波檢測之前，學員應先了解超音波之原理，認識超音波檢測儀器及了解超音波檢測儀器之操作方法、操作注意事項、簡易保養知識。做完檢測後，能正確記錄檢測結果。要能達到這些學習目標，學員可經由下列途徑學習。

- 一、閱讀本教材第 5 頁到第 43 頁。
- 二、閱讀鑄件檢驗，謝耀民、陳炫成編著，全華科技圖書股份有限公司出版，民國 85 年，第 55～68 頁。
- 三、閱讀非破壞檢測，陳永增、鄧惠源編著，全華科技圖書股份有限公司出版，民國 88 年，第 4-1～4-67 頁。

本教材的第一個學習目標是

在不參考資料下，能說明超音波檢測的原理。

超音波檢測的原理

要了解超音波檢測原理，必須先了解波的性質，進而認識音波、超音波及超音波在檢測上的運用。所以這部分的相關知識先介紹波及音波的性質，再說明超音波的產生原理，與檢測上的運用。

一、波的性質

物質中的粒子受外力作用，產生機械性的震盪，會發生波動現象。因此波是一種平衡中產生干擾，由空間的一個區域傳播到另一個區域。例如將一石子丟入平靜湖中，即產生水波，向外傳遞開來。水波、光波、音波、電磁波、無線電波均是一種波動現象。

依波動方式，波有四種波式：

- (一)橫波：是物質粒子之振動方向與傳送方向垂直，僅可在固體中傳送。如圖 1 所示。
- (二)縱波：是物質粒子之振動方向與傳送方向平行，可在固體、液體、氣體中傳送。如圖 2 所示。
- (三)表面波：波以一個角度入射在物體表面時，因橫波和縱波相互干涉，使波僅沿物體表面傳送。表面波係沿固體及氣體介面傳遞，較適合複雜輪廓的物體表面缺陷的檢測。如圖 3 所示。
- (四)平板波：波以某角度入射於極薄的複合材料或金屬表面時，在適當的材料密度、彈性係數、厚度及波動頻率下，會產生平板波。可傳送於物體的內部及上、下表面。又可區分為擴張波及彎曲波，如圖 4 所示。

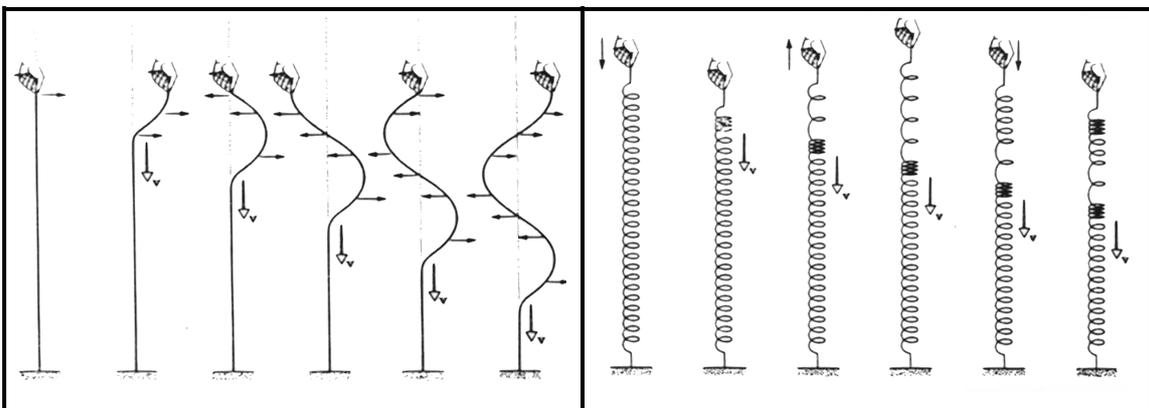


圖 1 典型的橫波

圖 2 典型的縱波

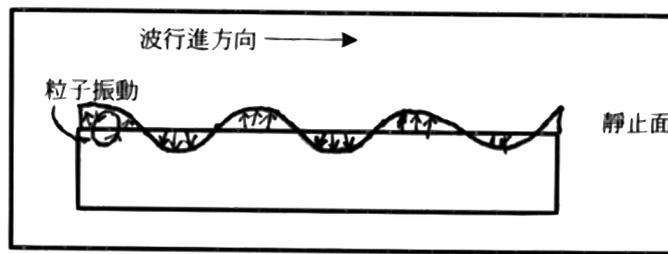


圖 3 表面波

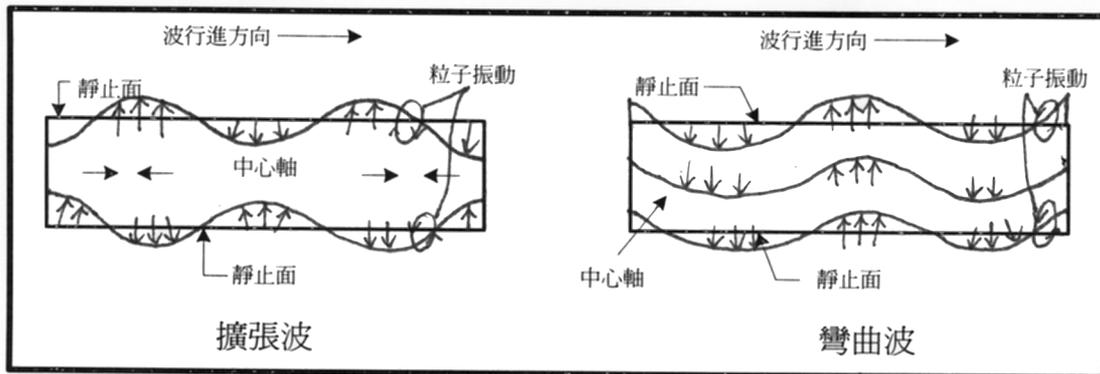


圖 4 擴張波與彎曲波

另外若波動產生的波是連續不斷的，即稱為連續波，如圖5所示。波呈現衰減的脈動波形時，則稱為脈波，如圖6所示。

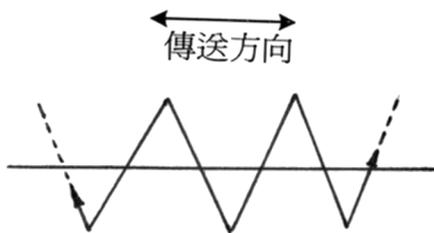


圖 5 連續波

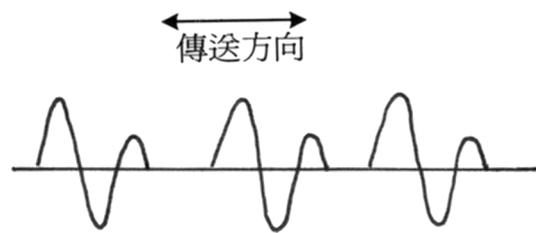


圖 6 脈波

二、音波的基本性質

音波是縱向的機械波，可在固體、液體和氣體中傳播。傳遞音波的物質質點的振盪方向，和波本身的行進方向相同。能產生縱向機械波之頻率範圍很廣，其中能刺激人耳引起聽覺的頻率，約在20Hz~20,000Hz，稱為成聲範圍。所謂頻率是物質粒子每秒振動的次數。頻率低於成聲範圍者稱為次音波（*infrasonic*），如地震波就是次音波；頻率高於成聲範圍者稱為超音波

(Ultrasonic)，如由交流電場的共振，激發石英晶體的彈性振動，可產生高達600MHz ($6 \times 10^8 \text{Hz}$) 的超音波頻率。

聲音在物質中傳送的快慢程度稱為音速。在均勻的物質中，音波傳送速度一定時，但通過不同的材料，其傳輸速度則不同。音波中物質粒子同相位的相鄰兩平面間的距離為波長，如圖7所示。音速、頻率、波長之間有一基本關係：即音速 = 頻率 \times 波長 ($v = f \times \lambda$)，傳播的速度等於波長和頻率之乘積。

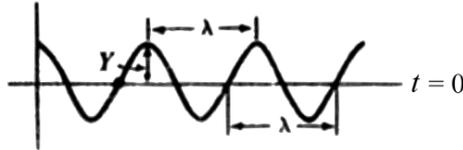


圖7 相鄰兩平面間距為波長 (λ)

音波在不同材料 (不同介質) 間傳送，會產生反射、折射或衰減現象，如圖8。衰減是材料將音束能量轉換為熱能而散失，使音束強度降低，或者由於材料非均質性，如雜質、氣孔、晶界，阻礙音束傳送而形成音束力量，使音波強度減弱。

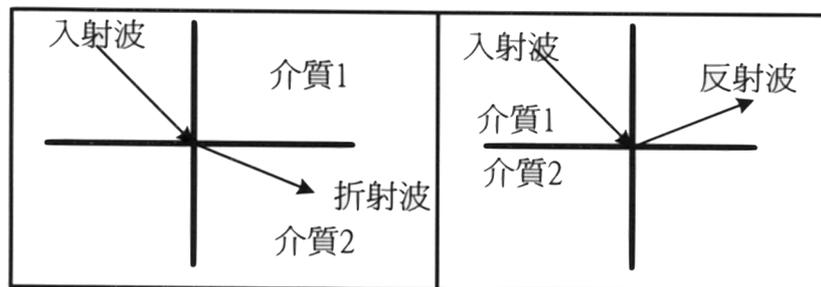


圖8 音波的折射與反射

三、超音波的產生與檢測

超音波檢測的基本原理是利用超音波在物質中傳導，若物質組織均勻，音波便可直線傳導；若物質中有不均勻部分，其密度不一樣，構成許多不同的界面，便會使音波在不同方向產生不同的音速。利用這種特性，即可測出金屬中不均勻的部分。

而超音波的產生，主要是利用一種壓電材料，製成晶體薄片，當外加交流電之電壓脈衝 (電壓訊號) 等，晶體薄片形成厚薄變化而產生壓縮震盪現象，形成超音波。在檢測儀器上，利用高頻脈衝振盪器產生高頻率的電壓脈衝，經

由電纜線送到換能器（轉換器），再利用換能器中的壓電材料，將電壓脈衝轉換成機械性的振動，形成高頻率的波動，即超音波。因此壓電材料具有將電能轉換成機械能的特性。圖9是超音波產生的方塊圖。

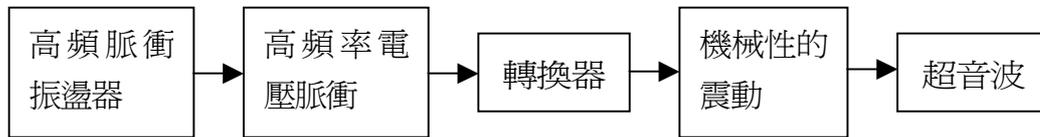


圖9 超音波產生方塊圖

常用的壓電材料有石英（ SiO_2 ）、鈦酸鋇（ BaTiO_3 ）、硫酸鋰（ LiSO_4 ）、鉍酸鋰（ LiNbO_3 ）、偏鉍酸鉛（ PbNb_2O_6 ）、鉛鈦酸鉛（PZT），以PZT應用最多。

在非破壞檢測上，超音波使用的頻率在0.5MHz~25MHz之間，但適當的週波數，須視鑄品材質、缺陷種類、檢測方法而定。表1為不同的材質與適用的頻率，在操作時可參考使用。

表1 不同材質與頻率

鑄品材質	適用的週波數（MHz）
鑄鋼材	0.5~5（大型 0.5~3，小型 1.5~5）
鑄鐵	0.5~1
鋁合金	3~10
銅合金	1~3

學習評量一

請不要參閱資料或書籍，試將正確答案填答在題前之空格內。

選擇題（共 10 題）

- () 1.人耳可聽見之聲音頻率約在 (A)10Hz~15KHz (B)20Hz~20KHz (C)21Hz~25KHz (D)16Hz~30KHz。
- () 2.超音波檢測使用之音波頻率約在 (A)0.5Hz~25Hz (B)5Hz~250Hz (C)0.5MHz~25MHz (D)500Hz~2500Hz。
- () 3.超音波所使用壓電材料中，以 (A)石英 (B)鈦酸鋇 (C)硫酸鋰 (D)鋇鈦酸鉛 應用最多。
- () 4.物質粒子之振動方向與傳送方向平行，這種波式是 (A)縱波 (B)橫波 (C)表面波 (D)平板波。
- () 5.僅能在固體中傳送的波式是 (A)縱波 (B)橫波 (C)表面波 (D)平板波。
- () 6.物質粒子每秒振動的次數是 (A)波長 (B)速度 (C)週期 (D)頻率。
- () 7.聲音的速度、頻率、波長之間的關係是 (A)頻率=速度×波長 (B)速度=頻率×波長 (C)波長=速度×頻率 (D)頻率=(波長)²×速度。
- () 8.超音波檢測所使用的頻率和鑄品材質有關，若是鋁合金鑄件，其選用頻率約在 (A)0.5~1 (B)1.5~5 (C)1~3 (D)3~10 MHz。
- () 9.超音波檢測所使用的頻率和鑄品材質有關，若是鑄鐵鑄件，其選用頻率約在 (A)0.5~1 (B)1.5~5 (C)1~3 (D)3~10 MHz。
- () 10.產生超音波的壓電材料，具有將 (A)電能轉換成機械能 (B)機械能轉換成電能 (C)音能轉換成電能 (D)電能轉換成音能 之特性。

筆 記 欄

學習評量一答案

選擇題

1. (B)
2. (C)
3. (D)
4. (A)
5. (B)
6. (D)
7. (B)
8. (D)
9. (A)
10. (A)

你已完成第一個學習目標，大概了解音波的基本性質，超音波的產生及檢測原理。本教材的第二部分是說明超音波檢測方法及儀器介紹，讓你了解儀器上各按鈕之作用，並能採用適當之檢測方法。

本教材的第二個學習目標是

在不參考資料下，能說明超音波檢測儀器的正確操作方法。

超音波檢測儀器的種類很多，如表2所示。在工業上用於非破壞檢測的以探傷用之脈波反射式（A掃描訊號顯示）最多。因此本教材主要介紹此類超音波檢測儀器。

表2 不同方式分類之超音波檢測儀器種類

區分方式	種類	簡單說明
以用途分	測厚儀	用於檢測物件厚度。
	探傷儀	主要用於檢測物件內部缺陷。
以發射的波式來分	脈波式	儀器產生的超音波是衰減性的脈動，多用於脈波反射法，亦可用於脈波穿透傳送法。
	連續波式	儀器產生的超音波是連續不斷的，多用於共振法及脈波穿透傳送法。
以顯示方式來分	A 掃描	橫軸表時間，縱軸表波幅，可檢測物件缺陷大小及位置。
	B 掃描	檢測物經掃描後，會以線狀呈現不連續部分之前視圖。
	C 掃描	檢測物經掃描後，會以面狀呈現不連續部分之上視圖。
以訊號處理方式來分	類比式	檢測儀器對訊號以連續函數處理相關訊息。
	數位式	檢測儀器對訊號以數位訊號處理相關訊息。

脈波反射式超音波檢測儀器是利用高頻脈衝振盪器產生高頻率的電壓脈衝，經由電纜線送到換能器，再利用換能器中的壓電材料，將電壓脈衝換成機械性的振動，形成高頻率的超音波。超音波傳送檢測物內，並接收來自檢測物的表面、缺陷、底面等機械振盪的回波，再轉成脈動的電壓訊號，經過放大增幅，顯示在螢幕上。圖10即為脈波反射式超音波檢測儀器。



圖10 超音波檢測儀器

儀器的左側是示波器螢幕，如圖11所示。螢幕縱座標表示音波訊號高度，以百分比表示，共等分為10格，全垂直尺度為100%。螢幕橫座標表示檢測距離或時間，共等分10格，每1小格距離以水平全尺度範圍決定。

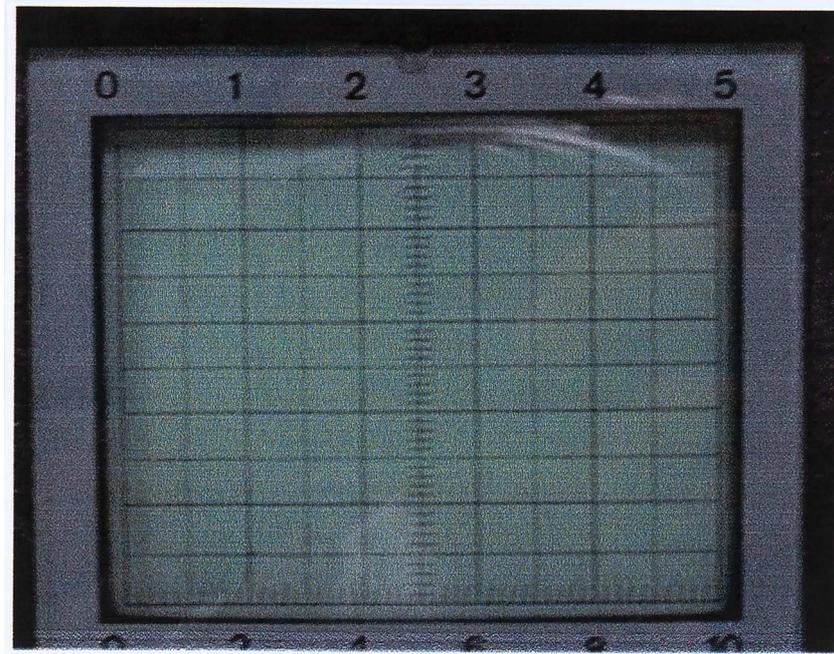


圖 11 示波器螢幕

儀器的右側為控制面板，圖12為面板示意圖，圖13為面板放大圖。各控制鈕之功能說明如下：（依示意圖上之編號）

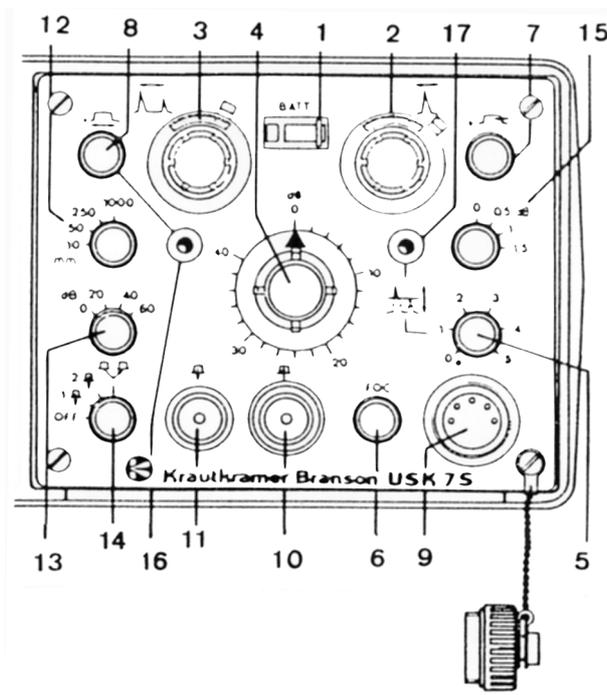


圖 12 面板控制鈕



圖 13 面板放大

- 1.電力指示 (BATT)：
 - (1)指針在綠色地區，表示電力充足。
 - (2)指針在白色地區，表示電力快不足的情況，可能在任何時間會自動切斷電源，必須趕快充電。
 - (3)指針在紅色區，表示電力不足，必須立即充電。
- 2.脈波移動控制鈕： 又稱零點移動控制，可將回波在螢幕上移動。但不會影響許多回波間的原有間距（平移而已）。當改變檢測範圍時，必須和 3.（檢測範圍控制鈕）一起操作。
- 3.檢測範圍控制鈕（微調）：脈波波寬控制，又稱音速旋鈕，可使檢測範圍最高達 10m。
- 4.增益開關：dB 細調，每次可增減 2dB。為 0-40dB。
- 5.雜訊抑制鈕： 逆時針轉到底，表示完全沒有抑制；順時針轉到底，表示最大抑制。通常在開始檢測時，將開關逆時針轉到底（沒有抑制情況）。
- 6.聚焦調整鈕 (FOC)：使波形清晰。
- 7.閘波範圍鈕 。
- 8.閘波移動：（監視閘波）：當閘波移動鈕(8)順時針轉到底，閘波看不到。調整閘波範圍鈕(7)和閘波移動鈕(8)可調整閘波之位置及寬度。

- 9.電源插孔（充電輸入口）：將充電機之插座插入，且可執行充電之工作。
- 10.探頭線插座（ 發射器插座）。
- 11.探頭線插座（ 接收器插座）：使用單晶探頭時(10)、(11)均可使用。
若用 TR（雙晶）探頭，則兩個同時使用，且 ON/OFF；TR 開關(14)轉到  位置。
- 12.檢測範圍控制鈕：分爲 10mm、50mm、250mm、1000mm。
- 13.增益開關：dB 粗調，每次可增減 20dB。爲 0-60dB。增益開關(4)和(13)總計 100dB。
- 14.ON/OFF；TR 開關（脈波強度）。
 - (1)OFF 位置是關機。
 - (2)位置 1  表在中能量脈波強度及高解析力下操作。
 - (3)位置 2  表在高能量脈波強度及中解析力下操作。
 - (4)位置  係使用 TR（雙晶）探頭。
- 15.增益微調控制鈕：每次增減 0.5dB，區分 0，0.5，1，1.5dB 四種。
- 16.目視警報訊號燈：當監視閘、內回波高度超過螢幕高度 40%以上時燈會亮。
- 17.雜訊抑制訊號燈。

以上就各旋鈕做簡單說明其用途。除儀器本體外，尚有許多配件，如接線（圖14）、探頭、耦合劑、塊規等，都是操作時不可或缺的物件。茲說明探頭、耦合劑、塊規之用途。

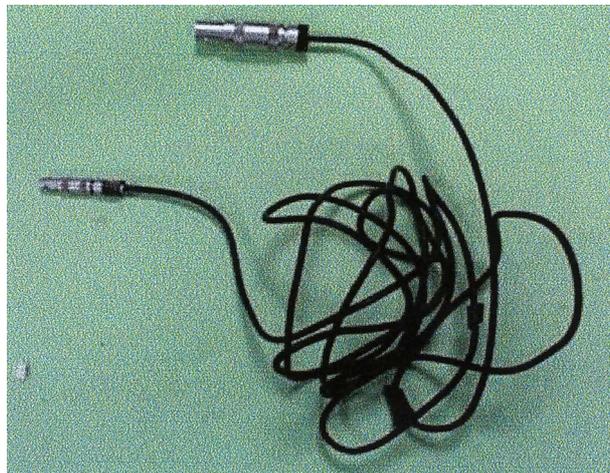


圖 14 接線

一、探頭

探頭又稱換能器（transducer），也是高頻脈衝振盪轉換器。主要由電極和壓電晶體組成，其作用是當交流電加於電極，壓電晶體受其頻率之壓縮及膨脹作用而產生高頻率振動，產生超音波而發射到檢測物件內。而當反射回波撞擊

換能器時，由壓電晶體轉換為交流脈波電壓，此為具有音波發射及接收之功能。圖15為各式探頭之外觀。



圖 15 各式探頭

探頭依其用途、構造可分兩種：

(一)直束探頭 (straight beam unit)

直束探頭所產生的超音波與入射表面垂直，其接受型式分為反射波及穿透波，內部構造如圖 16 所示。

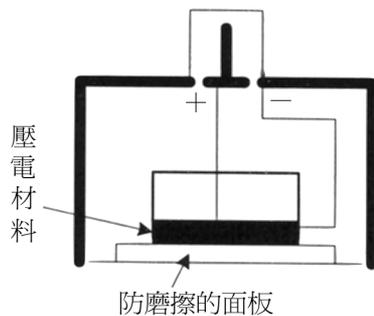


圖 16 直束探頭

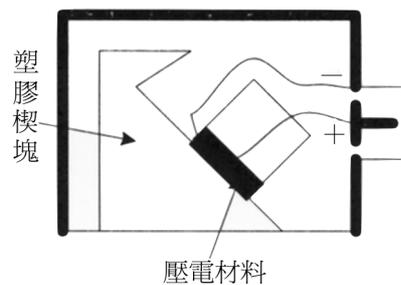


圖 17 斜束探頭

(二)斜束探頭 (angle beam unit)

斜束探頭在壓電材料前端加一楔形塊，使超音波前進方向和入射面成一固定角度，其構造如圖 17。一般不能用直束探頭檢測的物體，如形狀不規則的物體、鐵片、鐵板及管類等，使用斜束探頭可發揮最大效用。

用超音波探頭掃描時，以掃過全部檢測部分為原則。接觸式探頭掃描速度約150mm/sec以下，以適當的壓力做穩定的連續移動掃描。

二、耦合劑

為使超音波能有較佳的傳送效率，在探頭與物件檢測面間，應有適當的接觸媒質，此稱耦合劑。常見用於檢測作業之耦合劑，依黏稠度高低有油脂、漿糊、水玻璃、甘油、機油、輕機油及水。對於檢測物表面粗糙、曲率較小的曲面，或採直立、上仰方式檢測時，應該使用較黏稠的耦合劑。

三、塊規

為瞭解超音波檢測儀器特性是否達到使用條件標準，確保儀器有適當的操作性能，必須視檢測需要，製作各種不同形狀、大小、人工缺陷的校準塊規。校準塊規依檢測目的，可分為儀器校準用之標準塊規（Standard Test Block）及檢測材料用之比較塊規（Reference Block）兩種。茲分別說明較常用的塊規：

（一）STB-A1標準塊規

標準塊規的目的主要在校準或評鑑檢測之功能，如靈敏度、時間軸、鑑別力等特性。圖 18 為 STB-A1 塊規之外觀，實際尺寸如圖 19 所示，本塊規具 100mm 寬 25mm 厚，可做為直束範圍調整用。半徑 100mm 的圓弧，可用於斜束範圍調整；若配合 0.5mm 寬 30mm 深之校正刻槽，可做入射點校正。直徑 1.5mm 貫穿孔，用於設定靈敏度，2mm 寬 6mm 深之校正刻槽用於檢定直束檢測鑑別力。直徑 50mm 之貫穿孔，內填裝表面鍍上銀膜之壓克力樹脂，配合塊規外緣角度標記刻度，可做為斜束折射角校正用。因此，STB-A1 塊規主要用於：

1. 測定範圍的調整。
2. 直束探頭鑑別力之測定。
3. 直束法之靈敏度設定。
4. 斜束探頭之入射點測定。
5. 斜束探頭折射角之測定。

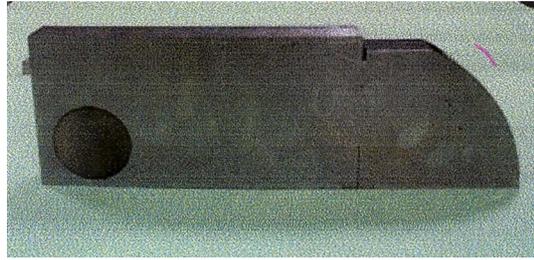


圖 18 STB-A1 標準塊規

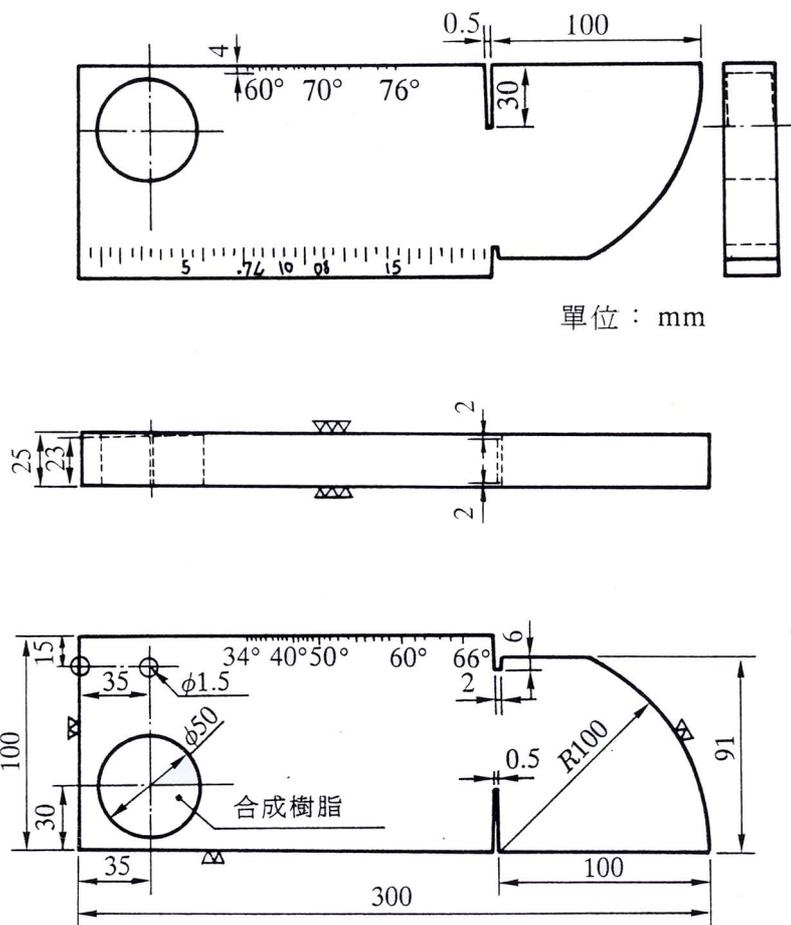


圖 19 STB A-1 之上視及下視圖

(二)比較塊規

比較塊規是在儀器已達到了某一水準之功能後，利用與受檢物體同材質或音波傳遞特性相近的材料，製成各種不同形狀、尺寸之塊規，做為檢測靈敏度、測定距離、品質水準評估等設定之依據。如圖 20 為

H.D.ROMPAS 比較塊規外觀，其形狀及尺寸如圖 21 所示。厚度為 12.5mm 或 25mm，兩端具有半徑 25mm 及 50mm 之圓弧，可做為斜束範圍調整及入射點校正。直徑 2mm 之橫向平底孔（或貫穿孔），除可設定檢測靈敏度外，配合邊緣角度標記刻度，亦可做為斜束折射角校正用。這種塊規小，利於現場檢測，主要用在斜束檢測校準及調整。

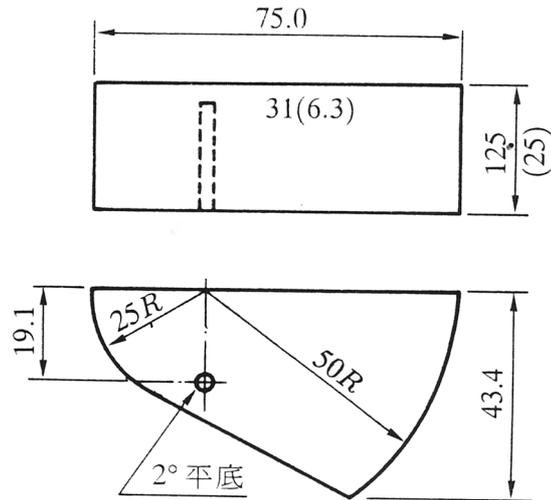


圖 20 比較塊規

圖 21 比較塊規尺寸

上述超音波檢測儀器及其配件，對於檢測方法，依訊號檢出方式，超音波檢測主要有二種方法：

一、脈波反射法（Reflection Method）

將超音波傳入檢測物件，當檢測物中有缺陷時，超音波即折回，其他超音波則到底面再折回，兩者差異，形成兩個不同時間的反射波。如圖22所示，反射波的大小是縱軸上的高低，差異的時間可在橫軸上得知，由此可判斷缺陷的位置及大小。

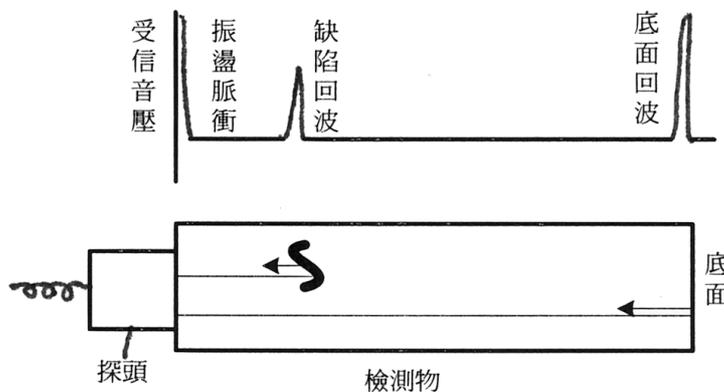


圖 22 脈波反射法

脈波反射法中，超音波音束方向與缺陷垂直時，可得最大的缺陷回波訊號，此時缺陷檢出效果最佳。以使用的探頭而言，脈波反射法尚可分為：

- 1.直束檢測法：利用直束探頭髮射超音波縱波，以垂直入射面方向進入檢測物。當檢測尺寸較厚而對稱、表面平坦，常採用此法。
- 2.斜束檢測法：利用斜束探頭髮射超音波，以偏斜方向進入入射面之檢測法。當檢測物因形狀限制、製造方法、缺陷位置關係，常採用此法。
- 3.雙晶檢測法：同一探頭包含兩個壓電晶體，一個晶體發射超音波；另一晶體接收超音波。這種設計，電壓脈動訊號不須傳輸至放大器，其起始脈波小，適合於薄件表面缺陷的檢測。

二、脈波穿透傳送法（Through Transmission Method）

利用超音波穿透檢測物，再測量超音波透過檢測物後的強度，來判斷是否有缺陷存在。其方法是由一個探頭髮射超音波，而在檢測物的對邊，以另一個探頭接收超音波訊號。當檢測物中無缺陷，可接收到較高的訊號高度；若有缺陷，則傳送時部分音波為缺陷所反射，因而接收到較低的訊號高度，如圖23。

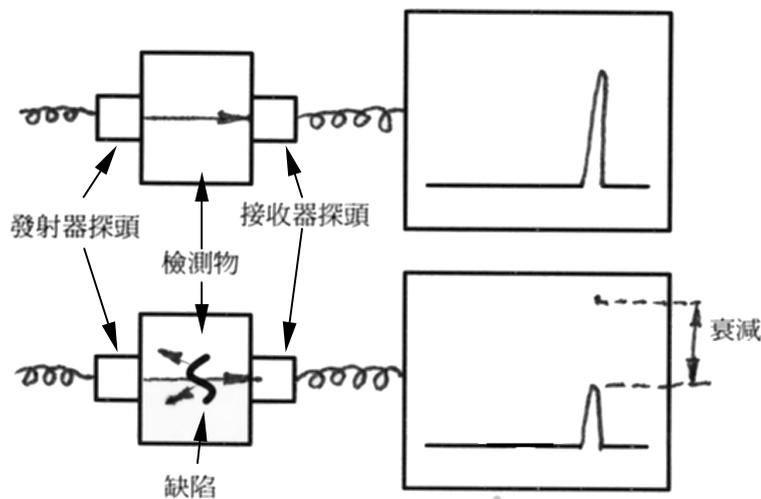


圖 23 脈波穿透傳送法

學習評量二

請不要參考資料，在下列各題前空格寫出正確答案。

一、選擇題 (80%)

- () 1.比較適合檢測薄件表面缺陷的探頭是 (A)直束探頭 (B)斜束探頭 (C)雙晶探頭。
- () 2.檢測物的表面愈粗糙，應用黏度較 (A)高 (B)低 的耦合劑。
- () 3.必須具發射超音波探頭及接收超音波探頭的檢測方法是 (A)直束檢測法 (B)斜束檢測法 (C)脈波反射法 (D)脈波穿透傳送法。
- () 4.一般超音波檢測儀器之示波器螢幕上，縱座標表示 (A)檢測距離 (B)音波強度 (C)訊號高度 (D)時間。
- () 5.超音波檢測儀器之電力指針，應在 (A)紅色區 (B)綠色區 (C)白色區 (D)最右邊 表示電力充足，才可操作儀器。
- () 6.增益開關的細調，每次可增減 (A)0.5dB (B)1dB (C)2dB (D)20dB。
- () 7.STB-A1 標準塊規中， $\phi 50\text{mm}$ 的壓克力樹脂之作用是 (A)直束範圍調整 (B)入射點校正 (C)檢定直束檢測鑑別力 (D)斜束折射角校正。
- () 8.比較塊規 H.D.ROMPAS 上， $\phi 2\text{mm}$ 的孔之作用是 (A)斜束範圍調整 (B)入射點校正 (C)檢測靈敏度 (D)斜束折射角校正。
- () 9.下列耦合劑，其黏稠度較大的是 (A)水 (B)水玻璃 (C)漿糊 (D)油脂。
- () 10.STB-A1 標準塊規中， $\phi 1.5\text{mm}$ 之貫穿孔的作用是 (A)入射點校正 (B)設定靈敏度 (C)斜束範圍調整 (D)檢定鑑別力。

二、依訊號檢出方式，請說明超音波檢測的方法。(20%)

學習評量二答案

一、選擇題

1. (C)
2. (A)
3. (D)
4. (C)
5. (B)
6. (C)
7. (D)
8. (CD)
9. (D)
10. (B)

二、1.脈波反射法法：將超音波傳入檢測物，當檢測物中有缺陷時，超音波即折回，其他音波則到底面再折回。兩者的差異，形成兩個不同時間的反射波。

2.脈波穿透傳送法：利用超音波穿透檢測物，由一個探頭髮射超音波，而在檢測物的對邊以另一個探頭接收超音波訊號。若有缺陷，超音波在傳送時，部分音波為缺陷所反射，而接收到較低的訊號高度。

恭喜你已認識超音波檢測儀器，並了解檢測方法。接下來要進行實際操作，利用超音波檢測儀器，依照正確操作步驟，檢測出鑄品之缺陷。

本教材的第三個學習目標是

給你一件鑄品，不需他人協助之下，能利用超音波檢測儀器，檢測出該鑄品缺陷的位置。

在實際操作超音波檢測儀器之前，除應先認識儀器上各旋鈕開關之功用外，也要熟悉正確之檢測程序。現在取出超音波檢測儀器及其附件，由老師示範解說後，再由學員親自操作，並參閱以下之操作步驟。

超音波檢測儀器操作步驟：

一、架設儀器

儀器應置於平坦地方，按壓兩側之轉環，如圖24。

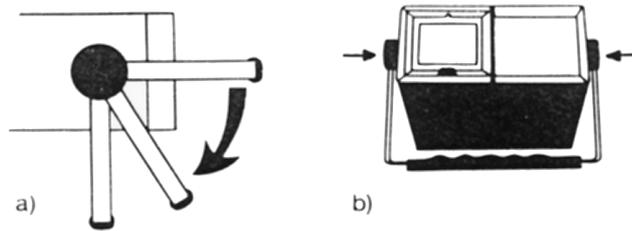


圖 24 架設儀器

二、選擇探頭

依檢測物材料（何種材料）、形狀、檢查位置而選擇直束或斜束探頭。

三、連接 Cable 線

四、開機

五、儀器性能校準

依CNS 11224脈波反射式超音波檢測儀器系統特性評鑑表校準，項目包含螢幕水平線性、垂直線性、增益控制線性、雜訊比及鑑別力。操作方式請參閱表3之儀器功能檢查表。

(一)螢幕水平線性

在螢幕水平全尺度上任一點均應維持線性，使回波顯示的距離與實際反射源距離，按比例顯示，才能依結果顯示，找出正確的缺陷位置。

(二)螢幕垂直線性

回波在螢幕上的高度，須依 dB 數增減，才能對缺陷大小判讀。

(三)增益控制線性

每增減 6dB，螢幕上回波高度升降 1 倍。

(四)雜訊比

檢測時非預期的干擾訊號稱雜訊，雜訊會遮蔽缺陷回波顯示，因此雜訊回波高度應加以限制。

(五)鑑別力

超音波檢測系統分辨相鄰兩缺陷的能力。

六、儀器調整及設定

若使用直束檢測應：(1)設定檢測範圍。(2)製作距離振幅曲線(DAC)；若使用斜束檢測應：(1)設定檢測範圍。(2)入射點校正。(3)折射角校正。(4)製作距離振幅曲線(DAC)。

七、處理檢測物表面

檢測表面太粗糙、有銹皮、毛邊、塗料，應加以去除，使表面在25S以內。

八、探頭塗上耦合劑

九、進行掃描

決定掃描方式、範圍及掃描速率。

十、判讀並記錄

探頭掃描過程中的顯示訊號，應加以確認辨別、判讀為何種缺陷、形狀、大小、位置，然後加以記錄。記錄內容應包含檢測物內容、檢測條件及檢測結果。

為使超音波檢測儀器功能正常，應一段時間做功能上之檢查，以確保儀器能正常運作。表3是儀器之功能檢查表。

表 3 超音波檢測儀器功能檢查表

功能	操作	結果	注意事項
1. 電力檢查	<ul style="list-style-type: none"> • ON/OFF ; TR 開關(14)在 OFF 位置。 • ON/OFF ; TR 開關(14)轉到 1 位置。 	<ul style="list-style-type: none"> • 電力指針在紅色區。 • 電力指針在綠色區。 • 電力指針在紅色區。 	<ul style="list-style-type: none"> • 電力狀況良好指示軸線在 20 秒後出現。 • 沒有電，須立刻充電。
2. 軸線	<ul style="list-style-type: none"> • ON/OFF ; TR 開關(14)轉到 1 位置。 • 增益開關(4)和增益開關(13)轉到 0。 • 檢測範圍控制鈕(12)轉到 10mm。 • 調整聚焦調整鈕(6)使軸線最清楚。 • 檢測範圍控制鈕(12)轉到 250mm。 	<ul style="list-style-type: none"> • 軸線應在格線上。 • 軸線變得較亮。 	<ul style="list-style-type: none"> • 檢查整個檢測範圍 (0.01 ~ 10m)
3. 螢幕	<ul style="list-style-type: none"> • 連接探頭。 • 用塊規 V1 = 25mm。 • 增加增幅使回波最大。 • 調整檢測範圍控制鈕(3)及脈波移動控制鈕(2)，使能看到 11 個回波。 • 將第 1 回波調至 0 位置，第 11 回波調至 10 位置。 	<ul style="list-style-type: none"> • 脈波回波調至和垂直軸相同大小。 • 調整聚焦調整鈕(6)使波形清楚。 	<ul style="list-style-type: none"> • 波形細長。
4. 水平線性	<ul style="list-style-type: none"> • 檢測範圍控制鈕(12)轉到 50mm。 • 用塊規 V1 = 125mm，V1 = 25mm 可得 5 個回波。 • 設定第 1 回波在第 1 格線上 (10%CRT)。 • 調整第 5 回波在水平分格線上 (50%CRT)。 	<ul style="list-style-type: none"> • 如軸線正確，第 2 回波在第 3 格線上 (30%CRT)，第 3 回波在第 5 格線上 (50%CRT)，第 4 回波在第 7 格線上 (70%CRT)。 	<ul style="list-style-type: none"> • 最大允許偏差 ± 0.5 格。
5. 檢測範圍	<ul style="list-style-type: none"> • 檢測範圍控制鈕(3)轉到 1.0。 • 檢測範圍控制鈕(12)轉到 10mm。 • 測鋼 (壓克力板部分) 得 2 個回波。 		

	<ul style="list-style-type: none"> • 設定第 1 回波在格線 0 上，第 2 個回波在格線 10 上。 • 檢測範圍控制鈕(12)轉到 50mm。 • 再調回 10mm。 • 檢測範圍控制鈕(3)順時針轉到底。 • 檢測範圍控制鈕(3)轉到 1.0。 • 檢測範圍控制鈕(12)轉到 50。 • 用塊規 V1=25mm，產生 3 個回波。 • 設定第 1 回波在格線 0 上，第 3 個回波在格線 10 上。 • 檢測範圍控制鈕 (12) 轉到 250mm。 • 用脈波動控制鈕(2)調整第 1 回波在格線 0 上。 • 用塊規 V1=100mm，使產生回波。 • 檢測範圍控制鈕(12)轉到 1000mm。 • 用脈波移動控制鈕(2)調整第 1 回波在格線 0 上。 	<ul style="list-style-type: none"> • 可見 6 個回波。 • 可見 12 個或更多的回波。 • 可看到第 11 回波，設定第 1 回波在格線 0 上，第 11 回波在格線 10 上。 	
<p>6. 脈波移動</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 儀器上設定“檢測範圍”。 • 檢測範圍控制鈕(12)轉到 250mm。 • 使用塊規 V1=25mm 會產生回波。 • 轉脈波移動控制鈕(2)由右反時針轉到底。 	<ul style="list-style-type: none"> • 使用脈波移動控制鈕(2)可能移動至少 10 個回波。 	
<p>7. 雜訊比</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 將雜訊抑制鈕(5)反時針轉到底。 • 檢測範圍控制鈕(12)轉到 250mm。 • 用塊規 V1=25mm，第 2 回波的高度用增益開關(4)調至第 4 格線 (40%CRT)。 • 注意增益開關設定。 • 取下探頭，增益開關向上轉：至雜訊為 1 個格線高 (10% CRT)。 • 注意增益值之差異。 	<ul style="list-style-type: none"> • 雜訊抑制鈕 OFF。 • 增益值 > 60dB 	<ul style="list-style-type: none"> • 增益值最大時，雜訊超過 4 個格線 (40%CRT)。

8.抑制	<ul style="list-style-type: none"> • 檢測範圍控制鈕(12)轉到 50mm。 • 使用塊規 V1=25mm，調整增益開關(4)，使回波高度在第 6 格線 (60%CRT)。 • 順時針轉雜訊抑制鈕(5)。 • 雜訊抑制鈕(5)反時針回轉到底。 	<ul style="list-style-type: none"> • 回波高度在第 6 格線 (60%CRT) 會下降接近第 2 格線高度 (20%CRT)。 • 雜訊抑制訊號燈(17)亮。 • 雜訊抑制開關 OFF。 	
9. 垂直線性	<ul style="list-style-type: none"> • 雜訊抑制鈕(5)反時針回轉到底。 • 增益開關(4)使$\geq 30\text{dB}$。 • 檢測範圍控制鈕(12)轉到 250mm。 • 塊規 V1 隨機測試，將回波高度調至第 8 格線 (80% CRT)。 • 增益開關(4)調+2dB • 增益開關(4)調-8dB • 增益開關(4)調-6dB • 增益開關(4)調-6dB 	<ul style="list-style-type: none"> • 雜訊抑制開關 OFF。 • 選回波第 10 格線高 (100%CRT)。 • 4 (40%CRT) • 2 (20%CRT) • 1 (10%CRT) 	<ul style="list-style-type: none"> • 偏差不可超過 +2%~-4%
10.增益控制	<ul style="list-style-type: none"> • 增益微調控制(15)順時針轉到底。 • 增益微調控制(15)轉到 1.5。 • 塊規 V1 隨機測試，將回波高度調至第 8 格線 (80% CRT)。 • 增益微調控制(15)轉到 1 • 增益微調控制(15)轉到 0.5 • 增益微調控制(15)轉到 0 	<ul style="list-style-type: none"> • 回波高 7.5 格 (75% CRT) • 7.1 格 (71%CRT) • 6.7 格 (67%CRT) 	
11.脈波強度	<ul style="list-style-type: none"> • ON/OFF；TR 開關(14)轉到 2 位置。 • 塊規 V1 隨機測試，將回波高度調至第 8 格線 (80% CRT)。 • ON/OFF；TR 開關(14)轉到 1 位置。 	<ul style="list-style-type: none"> • 回波接近 2 格線(20%CRT)。 	<ul style="list-style-type: none"> • 差異 10~14dB
12.回波限制	<ul style="list-style-type: none"> • 設定增益在 40~60dB 之間。 • ON/OFF；TR 開關(14)轉到 2 位置。 		

	<ul style="list-style-type: none"> • 檢測範圍控制鈕(12)轉到 250mm。 • 用塊規 V1 = 25mm，調回波。 	<ul style="list-style-type: none"> • 回波高 10 格線 (100 %CRT)。 	
13.鑑別力	<ul style="list-style-type: none"> • 檢測範圍控制鈕(12)轉到 10mm。 • ON/OFF ; TR 開關(14)轉到 1 位置。 • 增益開關(13)轉到 0。 • 用探頭檢測塊規 (壓克力部分) 5mm。 • 調整回波到 100%高度。 	<ul style="list-style-type: none"> • 軸線介於發射波餘波和第 1 回波之間。 	
14.探頭接線插座及模式選擇 發射／接收的衰減	<ul style="list-style-type: none"> • 檢測範圍控制鈕(12)轉到 50mm。 • ON/OFF ; TR 開關(14)轉到 1 位置。 • 連接探頭接線於探頭線插座 (11)。 • 用塊規 V1 (壓克力部分) = 10mm。產生 5 個回波。 • 紅線探頭接於探頭線插座 (10)。 • 檢測範圍控制鈕(12)轉到 250mm。 • 增益調至 20dB。 • ON/OFF ; TR 開關(14)轉到 2 位置。 • 紅線探頭接於探頭線插座 (10)。 • 用塊規 V1 = 100mm。產生回波。 • 記下第一回波高度。 • ON/OFF ; TR 開關(14)轉到 雙晶位置。 • 增加增益值，使第一回波高度和先前記下之回波高度一樣，讀取 dB 值。 • ON/OFF ; TR 開關(14)轉到 1 位置。 	<ul style="list-style-type: none"> • 螢幕上有 5 個回波。 • 螢幕上有 5 個回波。 • 增益差 $\geq 60\text{dB}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • 若第一回波高未達先前之高度，不須增加增益值。
15.間寬	<ul style="list-style-type: none"> • 取下探頭。 • 脈波移動控制鈕(2)轉到底。 • 檢測範圍控制鈕(3)轉到 1.0。 		

	<ul style="list-style-type: none"> • 閘波移動鈕(8)反時針轉到底。 • 閘波範圍鈕(7)順時針轉到底。 • 檢測範圍控制鈕(12)轉到10mm。 • 檢測範圍控制鈕(12)轉到50mm。 • 檢測範圍控制鈕(12)轉到250mm。 	<ul style="list-style-type: none"> • 閘高 2mm。 	<ul style="list-style-type: none"> • 閘寬約在 1~8 格。 • 閘寬 8 格。 • 閘寬 8 格。 • 閘寬 8 格。
16.閘波移動	<ul style="list-style-type: none"> • 檢測範圍控制鈕(12)轉到10mm。 • 閘波移動鈕(8)由左轉到最右。 • 閘波移動鈕(8)反時針轉回到底。 • 檢測範圍控制鈕(12)轉到50mm。 • 閘波移動鈕(8)由左轉到最右。 • 閘波移動鈕(8)反時針轉回到底。 • 檢測範圍控制鈕(12)轉到250mm。 • 閘波移動鈕(8)由左邊到最右。 	<ul style="list-style-type: none"> • 閘波由 1.5 格移到螢幕邊。 • 閘波由 1 格移到螢幕邊。 • 閘波由 1 格移到螢幕邊。 	
17.監視回波	<ul style="list-style-type: none"> • 設定回波高度在第 4 格線(40%CRT)，可調雜訊抑制鈕(5)。 • 設定回波在閘波內。 • 增益開關(4)轉-2dB。 • 增益開關(4)轉+2dB。 • 增益微調控制(15)轉到 0。 	<ul style="list-style-type: none"> • 目視警報訊號燈(16)亮。 • (16)延遲 1 秒後熄。 • (16)再亮。 • 閘波移動鈕(8)在最右為 OFF。 	<ul style="list-style-type: none"> • 監視回波在 40%CRT。
18.距離振幅曲線 DAC 製作	<ul style="list-style-type: none"> • 利用人工缺陷塊規。 • 調雜訊抑制鈕(5)轉 OFF。 • 移動探頭找出三個以上人工缺陷之最高回波。 • 增益開關調至 80±5%CRT 波高，將其標記。 • 三點標記連成平滑曲線。 • 降低 12dB 做為記錄位準。 	<ul style="list-style-type: none"> • 即為 DAC 曲線之基本位準。 • 高於此位準訊號須加以記錄。 	<ul style="list-style-type: none"> • 人工製作距離檢測面深度不同的缺陷。

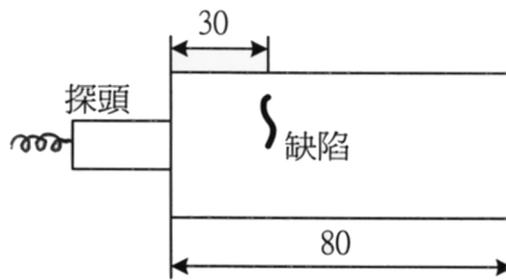
19.入射點校正	<ul style="list-style-type: none"> • 用塊規 STB-A1,R100 弧面或 H.D.ROMPAS,R25 弧面。 • 移動探頭，得最大回波訊號。 	<ul style="list-style-type: none"> • 塊規刻痕所對準探頭側緣刻度，即是正確入射點。 	
20.折射角校正	<ul style="list-style-type: none"> • 用塊規 STB-A1, φ 50 或 H.D.ROMPAS, φ 5。 • 探頭左右移動得最大回波訊號。 	<ul style="list-style-type: none"> • 探頭標記入射點對應在塊規側緣之角度，即正確折射角。 	

現在你已了解超音波檢測的操作步驟，假如你仍未熟悉，請重覆學習第26頁到33頁部分，務必對操作步驟及功能檢查熟悉，有困難須請教老師。若完全了解後，可向老師領取試片做練習，並填寫檢測記錄表。

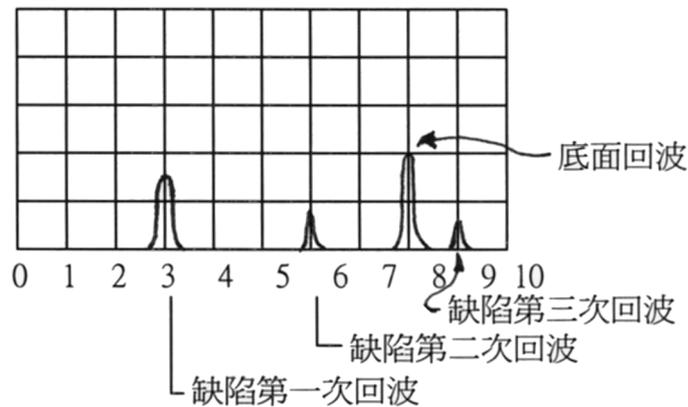
另外也可先紙上作業，由敘述實例，繪出螢幕上的顯示結果，以達真正之了解。當你認為自己沒有問題，可做第35頁的學習評量，若覺得不熟練，可多操作幾次。

敘述實例：

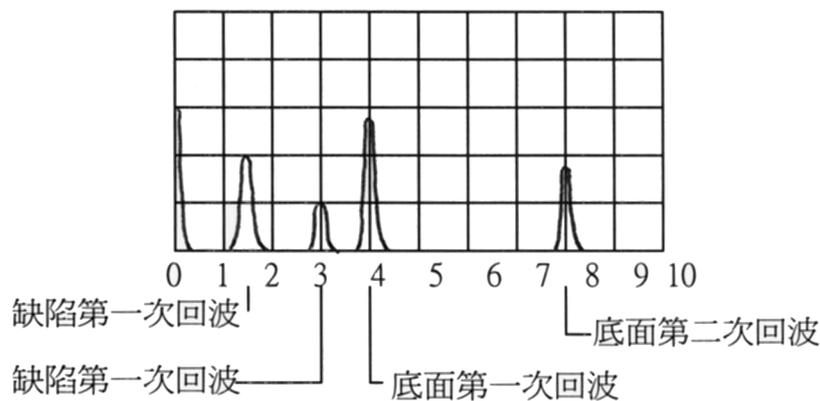
用直束探頭檢測方塊試件，若檢測範圍調整為100mm，請畫出螢幕上顯示的結果。



檢測結果



同樣的方塊試件，螢幕範圍由100mm改成200mm，並且靈敏度適當增加情況下，請畫出螢幕上顯示的結果。

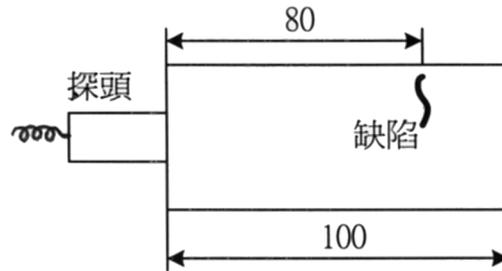


學習評量三

請不要參考學習資料，完成下列的作業一。完成後再向老師領取檢測試片進行超音波檢測。

作業一

用直束探頭檢測方塊試件，檢測範圍為200mm，試繪製檢測結果。



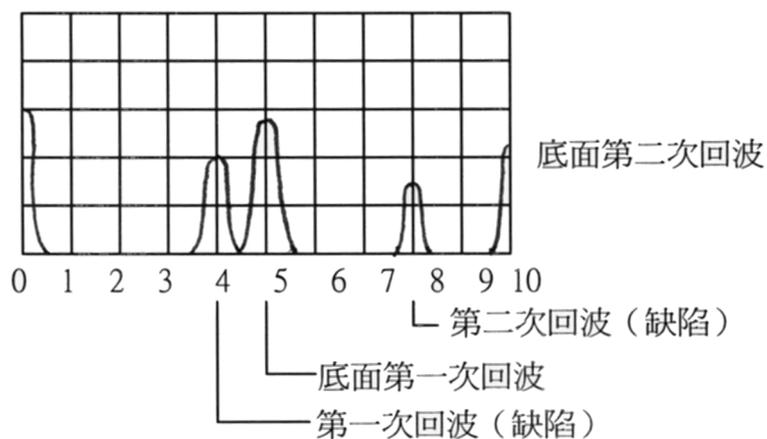
作業二

向老師領取檢測試片，進行檢測後，完成一份檢測記錄。（參考格式）

超音波檢測記錄表

組別		姓名		學號		檢測日期	年 月 日
試件名稱		材質		表面處理狀況			
檢測條件							
	廠牌規格	檢測方法： <input type="checkbox"/> 直束 <input type="checkbox"/> 斜束 <input type="checkbox"/> 雙晶					
檢測儀器		掃描方式： <input type="checkbox"/> 點 <input type="checkbox"/> 左右 <input type="checkbox"/> 前後 <input type="checkbox"/> 旋轉					
使用塊規		使用探頭：頻率： 尺寸： mm					
耦合劑		折射角：					
檢測結果（波形繪製）：							
判讀結果：							
教師		評閱		日期		年 月 日	

作業一的參考答案



學後評量

一、筆試：請不要參閱資料或書籍，寫出正確的答案。

(一)是非題：(每題1分，共15分)

- () 1.超音波檢測是破壞檢測的一種。
- () 2.物質粒子之振動方向與傳送方向垂直的是橫波。
- () 3.音波是縱向的機械波。
- () 4.橫波可在固體、液體、氣體中傳送。
- () 5.在均勻的物質中，音波傳送速度是一定的。
- () 6.音波在傳送中，音束能量轉換為熱能而散失，使音束強度降低，此稱為衰減。
- () 7.壓電材料是將機械能轉換成電能。
- () 8.要使波形清晰，可調聚焦調整鈕。
- () 9.增益調整鈕有三個，即粗調、細調、微調。
- () 10.所謂雙晶探頭，是具有發射及接收超音波的功能。
- () 11.耦合劑的作用，能使超音波傳送速率較佳。
- () 12.標準塊規並不能做入射角及折射角校正。
- () 13.直束檢測法最適合於薄件之檢測。
- () 14.分辨相鄰兩缺陷的能力是須做雜訊比較準。
- () 15.直束檢測和斜束檢測均須做 DAC 曲線。

(二)選擇題：(每題2分，共20分)

- () 1.超音波檢測使用之音波頻率約在 (A)0.5Hz~25Hz (B)5Hz~250Hz (C)0.5MHz~25MHz (D)500Hz~2500Hz。
- () 2.物質粒子每秒振動的次數是 (A)波長 (B)頻率 (C)週期 (D)速度。
- () 3.超音波檢測所使用的頻率和鑄品材質有關，若是鑄鐵鑄件，其選用頻率約在 (A)0.5~1 (B)1.5~5 (C)1~3 (D)3~10 MHz。
- () 4.超音波檢測儀器之電力指針，在 (A)紅色區 (B)綠色區 (C)白色區 (D)最右邊時，表示電力不足，應立即充電。
- () 5.增益開關的粗調，每次可增減 (A)0.5dB (B)1dB (C)2dB (D)20dB。
- () 6.下列耦合劑，其黏稠度較小的是 (A)水 (B)水玻璃 (C)漿糊 (D)油脂。
- () 7.STB-A1 標準塊規中， ϕ 1.5mm 之貫穿孔的作用是 (A)入射點校正 (B)設定靈敏度 (C)斜束範圍調整 (D)檢定鑑別力。

我的工作計畫

工作名稱：_____ 日期：____年____月____日

操作時間：_____ 教師簽名：_____

實施檢測時所用之儀器及配件：

- | | |
|----|-----|
| 1. | 6. |
| 2. | 7. |
| 3. | 8. |
| 4. | 9. |
| 5. | 10. |

我如何計畫檢測作業：

操作步驟：

注意事項：

※1.完成這個工作計畫，請再檢查一遍，是否有遺漏，若覺得很完整，送交老師審核，然後再開始操作。

2.操作中，將資料填入檢測記錄表中，記下檢測結果，寫出判讀結果，再送交老師評分。

學生自我評量

一、我對我學後評量之評分

(一)筆試：共得_____分

(二)實作：共得_____分

學後評量評分=筆試+實作=_____分，屬於_____等

(等第參考：A 等 90 分以上，B 等 80~90 分，C 等 70~80 分，D 等 60~70 分，E 等 60 分以下)

實作自我評量表

操 作 項 目	評 量 結 果	
1.能正確選擇探頭	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
2.水平線性校準	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
3.垂直線性校準	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
4.增益控制線性校準	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
5.雜訊比較準	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
6.鑑別力校準	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
7.設定檢測範圍	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
8.製作 DAC 曲線	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
9.入射角校正	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
10.折射角校正	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
11.音波判讀	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
每項 5 分，共得_____分		

二、我對本單元學習的自我評量（覺得有做到或表現良好，請勾選）

- | | |
|--|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 工作計畫及檢測記錄書寫清晰 | <input type="checkbox"/> 虛心接受老師指導 |
| <input type="checkbox"/> 工作計畫周詳 | <input type="checkbox"/> 主動請教問題 |
| <input type="checkbox"/> 重視安全事項 | <input type="checkbox"/> 態度積極有耐心 |
| <input type="checkbox"/> 遵守儀器使用規則 | <input type="checkbox"/> 在規定時間內完成 |
| <input type="checkbox"/> 按照步驟來做 | <input type="checkbox"/> 穿著工作服 |
| <input type="checkbox"/> 使用物品隨時排放整齊 | <input type="checkbox"/> 按時上下課 |
| <input type="checkbox"/> 工作環境清潔 | <input type="checkbox"/> 守秩序，不吵鬧喧嘩 |
| <input type="checkbox"/> 操作時專心一致 | <input type="checkbox"/> 樂於與他人合作學習 |

教師評量

實作評量表

操 作 項 目	評 量 結 果	
1.能正確選擇探頭	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
2.水平線性校準	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
3.垂直線性校準	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
4.增益控制線性校準	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
5.雜訊比較準	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
6.鑑別力校準	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
7.設定檢測範圍	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
8.製作 DAC 曲線	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
9.入射角校正	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
10.折射角校正	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
11.音波判讀	<input type="checkbox"/> 通過	<input type="checkbox"/> 不通過
未通過一項扣 10 分		

學員學習情意評量表

評 量 項 目	評 量 等 第
1.工作計畫及檢測記錄書寫清晰	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
2.工作計畫考慮周詳	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
3.遵守儀器使用規則	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
4.能按照步驟來做	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
5.操作時專心一致	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
6.重視安全事項	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
7.使用物品隨時排放整齊	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
8.工作環境保持清潔	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
9.態度積極而有耐心	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
10.主動請教問題	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
11.虛心接受老師指導	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
12.穿著工作服	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
13.按時上下課	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
14.守秩序、不吵鬧喧嘩	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
15.樂於與他人合作學習	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
16.主動參閱相關資料	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
17.依規定清潔及保養儀器	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
18.不擅離工作崗位	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
19.工作時間內完成作業	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>
20.能做好收工打掃工作	5 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/>

總評量表

評分項目	實得分數	比例	單元分數	總分
1.筆試部分		15%		
2.實作部分		40%		
3.工作計畫		10%		
4.實作評量		15%		
5.情意評量		20%		
總評 <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格				
對學員的學習評語：				

參考書目

- 一、陳永增、鄧惠源（民 88）：非破壞檢測。全華科技圖書股份有限公司。
- 二、蔡錫鑄（民 84）：材料實驗。文京圖書有限公司。
- 三、謝耀民、陳炫成（民 85）：鑄件檢驗。全華科技圖書股份有限公司。
- 四、曹培熙、駱劍秋（民 74）譯：基礎物理。