

## 超聲波成像

### 目的

通過「全天候科學實驗室」平台，使學生明白超聲波成像原理及藉超聲波 A-和 B-掃描法顯示隱藏於水底的物品結構。

### 引言

- 圖像的形成通常與電磁輻射（包括可見光或其他不可見輻射如超聲波及 x-射線）有關。另一方面，很多動物會以聲波（或超聲波）為牠們的生活環境成像，例如蝙蝠會藉聲納測距來探測障礙物、潛在食物（昆蟲）或掠食者。



圖 1 蝙蝠靠聲納測距法尋找獵物

- 超聲波檢測是指「以低能量高頻率的超聲波，對物件(內部)瑕疵或內藏外物加以檢測」。一般超音波檢測所使用頻率範圍由 1MHz 至 25MHz，基本設備需有電子訊號產生器，藉著換能器（或稱探頭）發射出超波，再經由接觸媒質傳入試件中。在試件中，超音波會有或多或少的衰減。當傳至介面時，超音波可能反射或透射，藉由偵檢、分析反射或透射訊號，則可檢測出瑕疵，並可定出檢測位置。
- 超音波穿透力高，可檢測很厚的物件，且對人體無害，通常可立即研判內部瑕疵，此是最大的優點；然而，檢測需淵博技術經驗，既不適用於粗糙或結晶顆粒粗大物件，也不適用於薄的物件上等，這卻是其最大的缺點。儘管如此，利用超聲波成像原理，在醫學應用上產生影像尤其重要。
- 超音波檢測可有幾種分類方法：
  - (1) 依訊號偵檢方式可分為：脈波回波法和透射法  
脈波回波法，是偵檢分析反射之超音波訊號，通常只要一個探頭兼做發射與接收，只需一個接觸面即可。而透射法是偵檢、分析透射之超音波訊號，因此需要兩個探頭及兩個接觸面。
  - (2) 依訊號發射方式可分為：直束法和斜束法  
直束法是將超音波垂直傳入試件；而斜束法則於特定角度將超音波傳入試件，最常採用的角度有 45°、60°、70° 等。
  - (3) 依訊號顯示方式可分為：A 掃描、B 掃描、和 C 掃描。

A 掃描是探頭在試件表面某一點，所接收訊號能量與傳送時間做定量顯示；B 掃描是探頭在試件表面某一線，將訊號傳送時間做定量顯示；而 C 掃描是探頭在試件表面一面積範圍，所接收訊號能量做定量顯示。

## 理論

- 聲波是縱波（又稱疏密波）- 在傳播介質中質點的振動方向與波的傳播方向平行的一類波，形成的波是疏密相間的波形，並由波的振幅決定功率。而介質中的音速是一個與頻率、波長及聲音傳播方向無關的常數。下表列出音速與物料的對應值：

物料	聲音速率 ( $\text{ms}^{-1}$ )
空氣	344
亞加力膠（聚丙烯）	2690
水	1500
軟組織（平均值）	1540
肌肉	1570
脂肪	1440
骨	3500

- 假設一聲脈衝波以速度  $v$  由源頭向外前進，直至碰到物件時反射回源頭，此聲波稱為回聲。在這個過程中，聲波於時間  $T$  內前進的距離為源頭至物體的距離  $L$  兩倍。因此，我們得出以下的方程式：

$$v = 2L/T \quad (1)$$

在此，如能得知速度  $v$  及時間  $T$ ，我們能知道距離  $L$  的數值。

## 超聲波 A-及 B-掃描

- 脈衝-回聲信號有兩個顯示方法：**A-及 B-掃描**。**A-掃描**顯示已接收超聲波能量與時間的關係。接收的能量（此實驗以探測器的電壓代表）及時間（與聲能於介質內行進的時間有關）分別為圖的縱軸及橫軸。當聲波行進至不同介質之間的界面會被反射，而界面深度（即距離  $L$  的數值）可透過水平掃描的信號來測定（回聲反射到檢測器所需的時間）。若已知聲音在介質中的速率， $x$ -軸可轉為深度及識別邊界的存在。

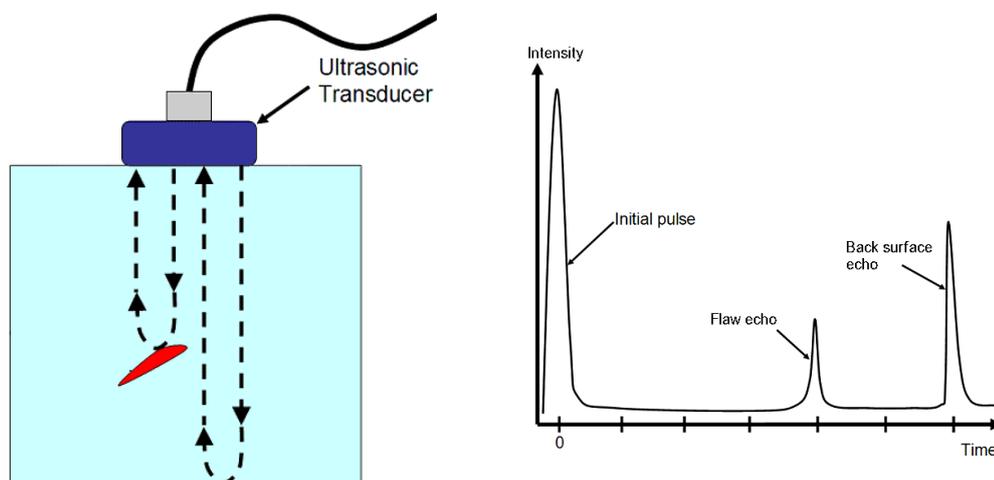


圖 2 (a) 超聲波 A-掃描脈衝-回聲探測原理; (b) 超聲波掃描 (A-掃描) 之強度與時間圖

A-掃描的振幅與時間/深度圖並不能直接顯示物件的平面影像。然而，若我們把探測器沿直線移動，便可測物體的切面影像：由聲納測距得知物件深度 ( $y$ -軸數值) 及探測器的位置提供  $x$ -軸數值。切面圖一般是以  $x$  (探測器位置) 和  $y$  (深度) 為函數，把探測器得出的反射強度顯示出來，從而觀測隱藏物之切面結構。B-掃描以白-灰-黑的灰度顯示回波強度，得出回波強度與位置圖。

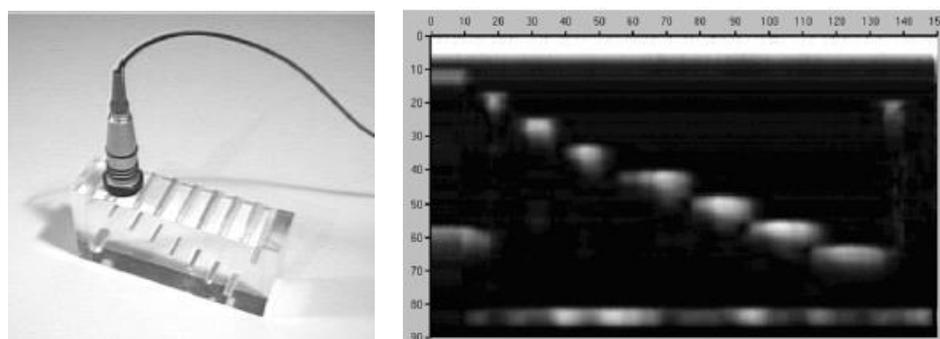


圖 3 B-掃描藉探測器沿測試樣本掃描 (左圖) 形成時間 (相對於深度) 與水平距離圖而產生。像素的灰度相對應於回波強度，同時顯示反射面的存在。

### 儀器

- 「全天候科學實驗室」平台
- 超聲波換能器 (用作產生及探測超聲波)
- 電子示波器
- 脈衝產生器

空氣和固體間有很大的聲阻抗差異，也意味著聲波會於其界面產生很強的反射，阻礙聲音有效地進入及檢查底層結構。水的聲阻抗與固體比較接近，可讓聲能高效地由固體表面傳遞至隱藏結構，從而得到高效探測。因此，在此實驗中，樣本及換能器都放在水浴內才進行實驗。

## 步驟

- 登入「全天候科學實驗室」平台 (Borderless Lab 365 Platform: <https://stem-ap.polyu.edu.hk/remotelab/>)，並選取「超聲波成像」實驗。

### 探測水中的脈衝-回波：A-掃描

1. 透過視頻影像，調較換能器放置在適當的位置。
2. 此實驗中選用的樣本共兩梯級，先將換能器放置在第一級上。
3. 按“MEASURE”啟動換能器，以繪製時間 - 聲音強度圖。
4. 按“DOWNLOAD”下載數據，或按「MENU」下載合適的檔案〔.svg, .png, .csv〕。
5. 嘗試分辨初始和回波脈衝的波峰，量度回波脈衝的時間。
6. 由步驟 2 開始重覆，量度第二級的回波脈衝時間和計算水的聲速。

### 沿軸表面輪廓掃描：B-掃描

7. 將換能器調較至樣本前。
8. 按下“B-掃描”按鈕，啟動換能器追蹤樣本。
9. 從掃描獲取圖像。
10. 按“LOGOUT”登出

## 數據

### A-掃描

第一級回波脈衝時間

---

第二級回波脈衝時間

---

兩梯級間的距離為 1cm，請計算水的聲速。

---

## 討論

1. 在沒有水浴的情況下，有甚麼方法可改善醫學成像中，超聲波從換能器到人體的傳輸效率？
2. 超聲波的頻率對影像有何影響？