

聲波為力學波（又稱為機械波）的一種，需要透過介質才能傳遞，如水波、彈簧波、繩波……等，介質分子局部的振盪只有傳遞能量，振動的分子並不會一同往前移動，故力學波傳遞的只有能量，而不是傳遞介質分子，且在真空或是完全剛性的介質中則無法傳遞；相反的，不需要介質也能夠傳遞的波稱為非力學波或電磁波，如光波、無線電波、磁波……等，均不需要介質即可傳遞。

波依據其介質分子振動方向與波行進方向可分為橫波（Transverse wave）與縱波（Longitudinal wave）（如圖 1），當介質分子的振動方向與波的行進方向垂直時，稱為橫波（高低波），如繩波；而當介質分子的振動方向與波行進方向相同/平行時，即為縱波（疏密波），如空氣中的聲波。

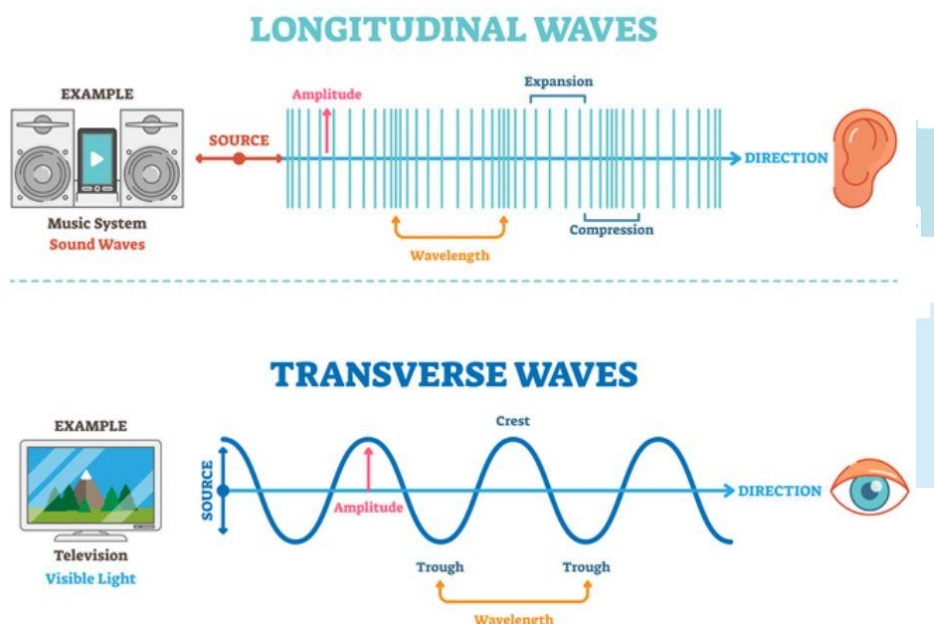


圖 1：縱波（上）與橫波（下）示意圖

組成聲音的三要素分別為：（1）響度（2）音調（3）音色，人耳感覺及判斷聲音的強弱/大小稱為響度（又稱為音量），即聲音的響亮程度，通常與聲波頻率及聲壓位準（dB）有關；音調則為聲音的高低，由發聲體的振動頻率來決定，頻率越高音調越高，通常以赫茲（Hz）為單位；音色則為每種聲音的特色，又稱為音品，由聲音波形的諧波頻譜和包絡所決定。

藉由各別裝備聲壓位準的加法與減法，可快速判斷艙間整體的噪聲位準能否滿足艙間噪音設計標準，然而聲壓位準的加減法並非 $10(\text{dB})+20(\text{dB})=30(\text{dB})$ 或是 $50(\text{dB})-30(\text{dB})=20(\text{dB})$ ，而是要將聲壓位準之 dB 值轉換成實際聲壓值 Pascal（Pa）後再做相加、減。因此在這不多加贅述，僅針對噪音控制的方法稍作說明。

噪音控制（Noise Control），顧名思義就是對噪音進行控制，而傳統的噪音控制方式，又稱為被動式噪音控制（Passive Noise Control），主要分為以下三種：

（1）改善噪音源頭：改善源頭是治本的方法，將噪音源（Source）處理好，可以解決根本上的問題，如降低裝備運轉的轉速及加裝消音器（直接減少噪音位準/聲壓值）、改善進氣口管徑（從原口徑改為較粗口徑可使進氣風切聲頻率降低，由於人們對於低頻噪音較不敏感，故降低相同聲壓位準（dB）之裝備運轉頻率時，可直接降低其響度值（Phon），增加人員對噪聲的耐受度）或是增加裝備的穩定性能（減少各作動部件的摩擦噪聲）……等。但改善噪音

源頭通常會牽扯到裝備本身的設計，故在一開始採購裝備時就應該訂定好裝備噪音上限的標準，以利廠家在裝備設計初期能夠預置處理，且在調整噪聲時也不能影響到裝備性能（如轉速或功率），必須在裝備性能規格與噪音限制間取得平衡。

（2）阻擋噪音的傳遞路徑：阻擋聲波的傳遞路徑（Path），最常見的就是在各艙壁上貼附吸音材料，除了可以阻擋聲波能量傳遞至艙間外部之外，也能吸收部份聲波能量（轉成熱能）進而降低聲波在艙間內產生之反射；或是使用隔音罩將裝備主要發聲位置隔離，可避免裝備噪聲直接擴散至艙間中迴響，但使用隔音罩時相對容易衍生裝備散熱不易導致高溫的狀況，故需要特別注意裝備之冷卻、進排氣之狀況，總之，裝備性能及任務需求不能因隔音的作為影響船艦操作。其中使用吸音材料或隔音罩的優點為對寬頻噪音的效果佳（尤其是高頻），同樣介質下之聲波頻率與波長成反比，高頻波波長較短容易阻擋；低頻波則因為波長較長容易繞射，不容易被阻擋或吸收。雖然增加材料厚度可以增加低頻聲波的吸、隔音效果，但會增加船艦重量及成本，且效果有限（低頻帶聲波波長較長，且較易繞射，需要較大尺寸之吸、隔音材料才能有些許效果）。

（3）對受噪音影響者實施噪音隔離或保護措施：當前述兩方法皆無效時，最後的手段則是對受噪音影響者（Receiver）進行噪音隔離或保護措施，如避免船艦主輔機艙間與官兵休息艙間區域直接相連，或是在操作高噪聲位準裝備時配戴抗噪耳機等，然而此手段僅能增加人員舒適度，並無法對軍艦的降

噪要求有所助益，因此較不適用於軍艦設計。

相比於被動式噪音控制而言，另一種則是主動式噪音控制（Active Noise Control，常簡稱為 ANC 或 ANC System），其原理是利用聲音來消除聲音，根據要抑制的噪聲波形及能量，發出一個振幅相同且相位相反的聲波，讓兩聲波相遇時以互相干擾的方式疊加後相消（破壞性干涉），並使疊加後聲場總和趨近於零，以達到降低噪音的目的，如振幅大小依序為（2，3，-4）的波加上一個振幅大小依序為（-2，-3，4）的波來抵銷，示意圖如下圖 2。

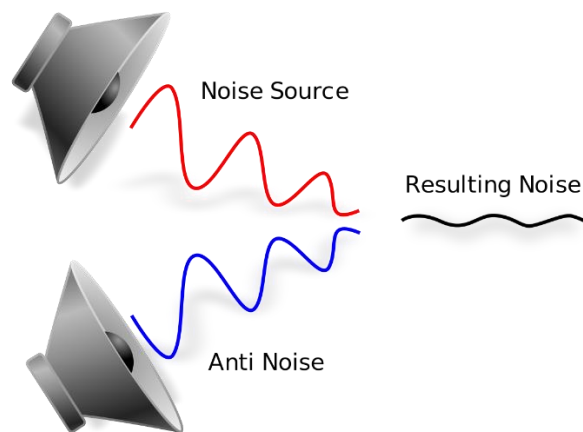


圖 2：主動式噪音控制（ANC）示意圖

依照其運作原理又可分為前饋控制（feed-forward control）以及回授/饋控制（feed-back control），前饋控制系統主要是利用參考麥克風量測噪音源訊號，並利用所得之資料當作訊號輸入；回授控制系統則是利用誤差麥克風量測相消後的環境殘響噪音，並利用其產生控制訊號。

被動式噪音控制的優點為對高頻、寬頻噪音效果較佳，但相對的對於低頻噪聲則效果有限，因低頻噪聲波長較長容易繞射，需要更大尺寸的吸音材料才

能處理，但在有限空間的船艙內通常難以實現；而主動式噪音控制則是利用聲音來消除聲音，並使疊加後的聲場總和為零，以達到降噪的目的，其能有效消除低頻及窄頻的噪音，但因高頻噪音分子振動快速，故通常系統難以反應，也就較難以見效。

軍艦由於作戰需求，噪音控制顯得更加重要，如能在船艦設計初期，事先完成各艙間整體的聲壓位準律定（如休息艙間 60dB、機艙不超過 100dB……等），再藉由聲壓位準加減法來律定艙間內各別裝備的聲壓位準，即可提前確認其加總後能否滿足艙間噪音設計標準。

而要是遇到噪音位準超過艙間噪音要求的狀況，則應同時運用被動式噪音控制(減少高頻噪音)及主動式噪音控制(減少低頻噪音)的手段，始可有效的改善噪音問題，達到良好的噪音控制效果，確保作戰任務順利及裝備操作無虞。

參考資料：

1. 西行者，〈園上園、玉山園全攻略-1.6-聲音的「反射」、「折射」、「繞射」以及「噪音」的物理性質〉，<http://blog.udn.com/kingwalker/5953172>，2011 年 12 月 21 日。
2. Steve Somers，〈The Mysterious Loudness Control：What Does It Do?〉，https://www.extron.cn/article/loudnesscontrol_ts。
3. 音響網 audio160，〈聲音「三要素」---響度，音高，音色〉，<https://kknews.cc/zh-tw/news/gmqzg3l.html>，2019 年 06 月 28 日。
4. 郭記玲，〈模擬噪音環境佩戴耳罩對聽覺警告訊號之影響〉，《嘉南藥理科技大學/環境工程與科學系研究所碩士論文》，2008 年 12 月 29 日。
5. 蔡國隆，王光賢，涂聰賢，〈聲學原理與噪音量測控制（第四版）〉，《全華圖書，民國 107 年 08 月 15 日》，頁 10-33~10-34。