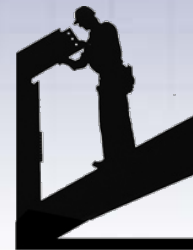




# 噪音控制

## 大綱

- 16.1 噪音的定義與物理學基礎
  - 16.2 噪音對人體之影響
  - 16.3 噪音的測定與評估
  - 16.4 噪音的工程控制
  - 16.5 聽力保護計畫與聽力防護具
- 本章重點摘要



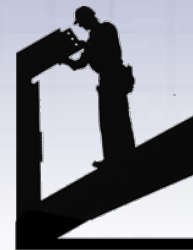
## 案例：

- 阿明在一間生產螺絲、螺帽的工廠上班，生產線上，各式機械的馬達聲，金屬材料的切割聲，此仆彼起，隆隆不絕。機器運轉時，甚至要和隔壁的同事交談都有困難。
- 最近，阿明下班後常覺得有耳鳴現象，在接聽電話時，也常常聽不清楚對方在說些什麼？阿明心理想，是不是因自己工作的環境太吵，才導致這些問題。



- 現在各位可以思考一下，阿明的問題到底出在那裡？
- 噪音是相對於樂音而言，凡是會令人生厭煩的聲音，都可以說是噪音。在生產線上或是各項進行中的工程建設，都無可避免的會造成噪音，如何利用工程改善的技術將這些噪音值降到最低與如何保護在這些工作場所中的作業人員，是本章要探討的重點。

# 16.1 噪音的定義與物理學基礎

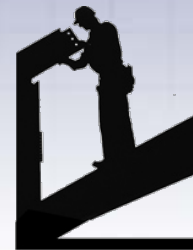


## 一、噪音的定義

- 噪音以主觀的定義而言是指「不想要的聲音」或是「令人厭煩的聲音」。因此舉凡各種交通工具的吵雜聲、野台戲的擴音器音響，對許多人而言，均是噪音；熱情有勁的搖滾樂雖受年青朋友喜愛，但對某些人而言，也可能是噪音。按此定義，噪音的評定，受主觀因素的影響很大，若要據此管理，易造成困擾。因此噪音需要一種更客觀及量化的定義，以利噪音的管制。



- 為了能客觀的執行噪音的管制與評估，噪音的另一定義為：超過法令管制標準的聲音即是噪音。目前，國內管制噪音的法規有兩大體系，其一是屬環境保護法規體系中的噪音管制法暨其施行細則。另一則著眼於保護勞工健康的勞工安全衛生法暨其施行細則與相關法令。生活環境或是工作場所中的聲音大小，若超過法規中訂定的標準值，則須依法取締或改善，以免妨礙居家安寧，損害人們健康。



## 二、噪音的物理學基礎

- 噪音也是聲音的一種，故可從瞭解聲音的一些基本的物理學特性，來認識噪音。
- 描繪聲音的三個指標：音色、音頻、音量。音色是代表聲音的特質，一般正常人的耳朵可以輕易的區別出動物叫聲與機械聲音的差別，主要是音色的不同；音頻是聲音的頻率分佈情形，同樣屬機械噪音，有的機械發出較低沉的聲響，如引擎的轟轟聲，有的則是鑽孔機所發出高頻率的聲響；音量就是聲音的大小，音量愈大，對週遭環境及人的影響也愈大。



### 三、聲音的波特性及其表示法

1. 聲音係物體振動而造成壓力波動，透過介質向四處傳送。聲音在空氣中傳遞的速度是絕對溫度  $T(K)$  的函數。若音速以  $C$  表示，則

$$C=20.05\sqrt{T} \text{ m/s} \quad m: \text{公尺}, s: \text{每秒}$$

2. 聲波在傳遞介質中傳送時，會造成介質的壓力變化，此種由音波造成的壓力變化稱為音壓(Sound Pressure)，以 Pascal (巴斯卡) 為單位，記為 Pa。1Pa 相當於每平方公尺上承受 1 牛頓的作用力，即  $1\text{pa}=1\text{N/m}^2$ 。正常人耳能察覺音波的壓力範圍是  $20\mu\text{Pa}\sim 100\text{Pa}$ ，依此，我們將人耳所能察覺的最小音壓  $20\mu\text{pa}$ ，稱為基準音壓，以做為衡量其他聲音大小的比較標準。

因人耳所能察覺的音壓變化範圍過大，因此若以音壓級 (Sound Pressure level, 記為 LP) 表示時，通常將其做對數(log)轉換如下：



音壓級 (Sound Pressure Level),  $L_p = 20 \log \frac{P}{P_0}$

$P$  : 音壓, 單位  $P_a$

$P_0$  : 參考音壓 =  $20 \mu\text{Pa}$

$1\text{Pa} = 10^6 \mu\text{Pa}$ 。

經過此轉換後, 音量大小的單位, 記為分貝 (dB)。 $P_0 = 20 \mu\text{Pa}$ , 就等於 0dB。

3. 聲音也是種能量, 據此, 衡量單位時間內音源所輸出的能量, 稱為音功率 (Sound Power), 單位是瓦特, 記為  $W$ 。表示音功率大小的指標稱為音功率級 (Sound Power level) 以  $L_w$  表示。

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

$W$  : 聲音功率

$W_0$  : 基準音功率

$L_w$  單位 : 分貝





此外，音強度(Sound Intensity)表示在單位時間內，單位面積所通過聲音的能量平均，單位為  $W/m^2$ ， $W$ ：瓦特、 $m^2$ ：每平方公尺。表示音強度大小的指標，稱為音強度級(Sound Intensity level)，以  $L_I$  表示：

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$I_0$ ：基準音強， $10^{-12} W/m^2$

$I$ ：聲音強度

$L_I$ 單位：分貝





4. 聲音的頻率特性：聲音的頻率以每秒的週波數(cycle/s)表示，單位是赫茲，Hz。聲音的頻率愈高，每秒的週波數也就愈多；聲音愈低，每秒的週波數也就愈少。正常人耳可察覺的聲音頻率範圍自  $20\text{Hz}\sim 20\text{KHz}$ ，( $1\text{KHz}=1000\text{Hz}$ )間。

有些動物，如狗、蝙蝠等，可聽到人耳所不能聽到的超高頻聲音，因此人耳所不能察覺的聲音，並不代表它不存在。



為了方便聲音的測量，遂將  $20\text{Hz}\sim 20\text{kHz}$  之間區分為幾個頻帶，某一頻帶的上限頻率( $f_2$ )與下限頻率( $f_1$ )之間的寬度，稱為頻帶寬度，上限頻率與下限頻率之間有一中心頻率( $f_0$ )，它們之間的關係式如下：

$$f_0 = \sqrt{f_1 \times f_2} \quad (16.1)$$

若上限頻率為下限頻率的兩倍，即

$$f_2 = 2f_1 \quad (16.1)$$

則稱俱此種特性之頻帶為八音幅頻帶。八音幅頻帶中各中央頻率與其上下限頻率之關係參見表一。



表一音幅頻帶的各中央頻率其與上、下限頻率之關係：

下限頻率( $f_1$ )(Hz)	中央頻率(Hz)	上限頻率( $f_2$ )(Hz)
11	16	22
22	31.5	44
44	63	88
88	125	177
177	250	355
355	500	710
710	1000	1420
1420	2000	2840
2840	4000	5680
5680	8000	11360
11360	16000	22720



## 5. 音壓位準值(Sound Pressure Level)的加減與平均：

因音壓位準值，係音壓值經對數轉換而來，因此有關音壓位準值的加、減與平均的運算，均依 log 的運算原則進行。

### (1) 音壓位準的相加：

若有  $n$  個噪音，其音壓位準值依次為  $L_1$ 、 $L_2$ …… $L_n$ ，則此  $n$  個噪音的總和寫  $L_{PT}$ ，則  $L_{PT}$  的運算如下：

$$L_{PT}=10\log\left[\sum_{i=1}^n 10^{L_i/10}\right]$$



## (2) 音壓位準的相減：

在測量工作場所噪音時，須扣除背景噪音對測值的影響，才能求得真正欲測的噪音值。若  $LP_1$  為工作場所中，噪音音壓位準總和值（含背景噪音）單位是 dB。

$LP_2$  為工作場所的背景噪音音壓位準，（單位是 dB），則求純粹由該工作場所所造成的噪音音壓位準值  $LP_3$ ， $LP_3$  的運算如下：

$$LP_3 = 10 \log(10^{LP_1/10} - 10^{LP_2/10})$$



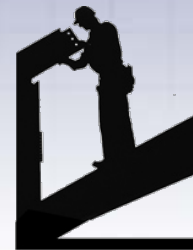
### (3) 音壓位準的平均：

若有  $n$  個立壓位準值，依次是  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ …… $L_{n-1}$  $L_n$ ，則此  $n$  個音壓位準值的平均值為，其運算式為：

$$L_{P\text{-average}} = 10 \log(10^{L_{P1}/10} + 10^{L_{P2}/10} + \dots + 10^{L_{Pn}/10}) - 10 \log n$$

此種運算，可做為求取一段測量時間後，此時段內的所有測量值之平均。

## 16.2 噪音對人體之影響



噪音對人體健康的危害可歸納為：

噪音造成聽覺能力的降低，甚至變成永久性耳聾、噪音引起情緒緊張、易怒、煩燥等心理效應、噪音造成心跳加速、血壓上升、睡眠週期的改變等生理效應等。現分述如下：

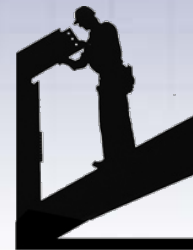






## 一、噪音對聽覺的影響：

- ▶ 聲波由外耳、中耳、內耳、傳至基底膜的聽覺感受器，聲波造成的神經衝動，再傳至大腦的聽覺區，造成聲音的知覺。若長期暴露在高噪音的環境下，會造成內耳的損傷與嚴重的職業性聽力損失（俗稱耳聾）。由噪音引起的聽力損失分成兩大類，其一是暫時性的聽力損失(Temporary Threshold Shift, T.T.S)：此種聽力損失常發生在離開高噪音環境後，造成暫時性的聽覺能力降低的現象，此種現象會因休息而慢慢恢復正常的聽覺。另一是永久性的聽力損失(Permanent Threshold Shift, P.T.S)，此種因噪音造成的聽力損失，不會因休息而恢復。因此種永久性聽力損失，其聽覺細胞已退化甚至嚴重受損，故往往造成永久性的失聰。

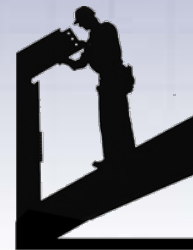


## 二、噪音對心理的影響：

- 暴露在噪音的環境下，易造成注意力不易集中、分心等作用。有些研究指出，噪音會干擾思考作業的進行。且因噪音反覆的刺激，也容易激怒暴露者，造成人們煩燥、情緒不穩定等現象。所幸這些不良效應，在暴露者離開高噪音環境後，均會慢慢地消失。

三、噪音除造成對聽覺的不良效應外，也曾有研究指出噪音會刺激腎上腺素的分泌，造成血壓上昇、心跳加速、胃液分泌失常等生理效應。在動物實驗中，曾發現暴露在高噪音環境下的母鼠生殖能力降低、攻擊行為增加及解剖後發現胃黏膜出血等症狀，可見噪音實在是潛在的隱形殺手。

# 16.3 噪音的測定與評估




## 一、噪音的測定

- ▶ 噪音測定的種類極多，包括：評估勞工作業環境是否符合法規要求的噪音測定、評估作業環境控制工程改善前後差別的測定、交通工具噪音大小的測定、生活環境中噪音值的測定等。不管是屬那一種型式的測定，在測量進行時，至少須考慮下列步驟：
  - 1.測定的目的為何？思考噪音測定的目的，僅是單純地想知道機械發出的音壓位準值為多少？抑或是要評估勞工接受噪音暴露的累積劑量。因測定目的不同，噪音測定時要選配的儀器也有所不同。



- 2.測定地點在何處？決定測定目的之後，其次要決定在何處進行測定，也就是測定點的選擇。為能正確的決定測點，在測定進行前，最好先進行現場訪察，以瞭解欲測環境的背景資料，如作業人數、作業型態、噪音源的位置等相關情形。
- 3.測定的環境條件為何？測定現場是否為高溫、高濕環境，測定儀器若須24小時監測，是否俱安全的擺放位置？現場是否俱高馬力的馬達或電磁場，干擾噪音計的測量？又欲測環境是否有燃燒爆炸之可能？在瞭解這些環境條件後，才可確保測定正常安全的進行及數據的正確性。

- 
- 4.測定結果的記錄：依據測定目的，測定結果的準確度要求為何？所得資料若要做進一步的處理分析，則測定時，最好選配俱記憶裝置的噪音計，以利資料的儲存。不然至少要聯接印表機，列印測定所得結果。
  - 5.測定儀器的搬運及電力供應：噪音儀器易受振動而損壞，因此測定前，須考慮如何將測定儀器安全地攜至測定地點。測定後，儀器也須收拾好，卸下電池，置入防震盒中保存。此外，測定前，須確定電池的電力量否足夠，若測定時間長，則須準備備用電池。



## 二、噪音測定儀器的種類及選配

- ▶ 噪音測定儀器，品牌眾多，依其功能，至少可分成：
  - 1.音壓位準器(Sound Pressure Level Meter)：此種音壓位準計，可測得環境中的音壓位準(Sound Pressure Level)，做為環境中基本的噪音資料。一般測定時，選定A-特性位置，則所測得值即為多少dB(A)，例如某一工作場所，其噪音值經測定可記為90dB(A)，即是如此！
  - 2.積分噪音計(Integrating Sound Level Meter)：此種噪音計可測得聲音的均能音壓位準值，即Leq值。均能音壓位準也稱均能音量，是聲音在某一時段內的能量平均值。若噪音的變動性大，則測量時宜採用積分噪音計，或是具有Leq功能鍵的噪音計。



- 3.頻率分析器(Octave band filter)：若測量的目的，不僅想知道噪音的音量大小，也想知道聲音的頻率組成，則在測定時，須將音壓位準器，再組裝接上頻率分析器，如此所測得的資料，將可顯示聲音在各頻帶的音壓位準值。頻率分析器常用者有八音幅頻帶與1/3八音幅頻帶頻率分析器。
- 4.噪音劑量計(Dose-Meter)：若測定的目的是評估勞工在作業期間內，接受到多少噪音劑量的暴露，則最好選擇劑量計來測定。簡易型的劑量計只要設定好參數，經測定後，即可得知勞工暴露的劑量值甚為方便。也有些劑量計附有測量音壓位準(S.P.L.)均能音壓位準(Leq)，時量平均音壓階(T.W.A)等多項功能，在使用上甚為方便。



- ▶ 此外依國際電氣委員會(I.E.C)的標準，將噪音計區分為  
Type I：精密等級，（誤差為1.5dB）；Type II：普通等級，（誤差為 $\pm 3$ dB），在選用儀器時，須注意其等級，以得知測值的誤差範圍。



### 三、噪音測值的評估



- 1.環境監測：將測值與現行法規中所規定的噪音限值做比較，以決定是否符合相關規定。例如噪音管制法中，對噪音實施分區、分時段管制，因此，據測量時的基本資料，即可判定噪音值是否過高。
- 2.勞工暴露劑量的判定：參照勞工安全衛生設施規則中規定，工作場所噪音值在90分貝以上，雇主應採取工程控制。對於勞工八小時日時量平均音壓階超過85分貝，或劑量超過50%時，即需配戴安全防護具。對於工作場所中噪音值大於80分貝以上者（80分貝為起算值），在計算暴露劑量時，即須併入。若勞工劑量大於100%，則判定此工作場所不合格。雇主須依法改善該工作場所噪音，不然會受罰。

# 16.4 噪音的工程控制

- 噪音的控制，涉及很多音響學、材料學及各種相關的機械學原理，這裡僅提供幾項控制的原則供參考，分述如下：

## 一、音源控制

- 最直接控制噪音的方法就是降低噪音源，但效果如何，須視現場的條件而定。
- 以下是幾個常運用的法則：
  - 1.降低衝擊力或落差：例如織布機改採無梭式，則可消除木梭的衝擊聲。為降低成品或半成品在生產線高度的落差，則須採用輸送帶，以減少物體落下的衝擊聲。



- 2.降低摩擦係數：適時適度的保養機械，加潤滑油或更換材料，可降低噪音。
- 3.消除不必要的振動或共振：以鋼筋混凝土固定易產生振動的機械底座。對於鬆動的零件須鎖緊，損壞的部份也須儘早移除或維修，以消除不必要的振動，對於會造成共振的聯結體，須利用俱彈性的鋼筋如彈簧等減振。例如汽車的減振彈簧，可減少因路面顛頗而造成的噪音。對於會造成強大振動的噪音源，往往需要使用俱彈性的減震材料（如彈簧）與鋼性材料如（鋼筋混凝土）兩者的交互使用，方能收效。

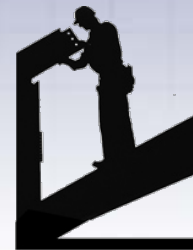


## 二、阻斷聲音的傳播途徑

- 1.控制室與生產現場隔離：在遙控室控制生產現場，控制室可以強化的建築阻絕噪音侵入。
- 2.設置隔音屏：針對作業性質及聲音傳輸的特性，設置防音牆阻絕聲音的傳播。防音牆愈厚、愈重，防音效果也愈佳。若是屬臨時性作業，則可採用活動性較佳的隔音屏，也可阻絕一部份噪音。



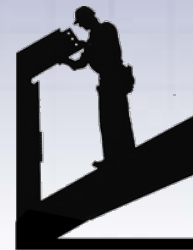
- 3.使用吸音材料：在噪音源所在空間的牆壁上，可設置各式多孔的吸音板，以防止聲波反射。此外，堅硬的地板也會增加聲音反射而提高噪音值。因此若要提高吸音效果，地板也須考慮加鋪吸音材料。
- 4.設置消音器：汽機車排氣，在引擎排氣後，加裝消音器，降低擾流噪音。



### 三、保護噪音的接受者

- ▶ 在嘗試其他噪音控制的方法，均無法有效降低噪音分貝值時，最後的考慮，是讓暴露在噪音環境下的工作者配戴耳罩或耳塞。有效的使用聽力防護具，可保護勞工以免聽力受損。尤其是對室外的工作者，配戴聽力防護具簡便可行，但仍有許多人嫌麻煩而不願配戴，這實在是有待勞工個人及衛生管理者極待克服的難題。

# 16.5 聽力保護計畫與聽力防護具



## 一、聽力保護計畫

➤ 依勞工安全衛生相關法規規定，勞工工作場所噪音超過85分貝(A)，即屬高噪音工作環境，雇主必須實施聽力保護計畫，以保護勞工。其實施步驟簡述如下：

### ■ 1. 作業環境的管理

- (1)調查作業環境中的噪音源分佈，並記錄其音壓位準值與頻率特性。
- (2)針對音源音量過大者，進行工程改善控制。
- (3)評估工程改善的實效，做為環境管理的參考。



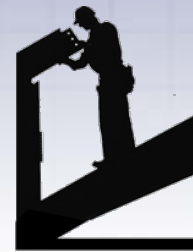
## ■ 2.作業者的健康管理：

- (1)利用劑量計建立勞工實際的噪音暴露劑量。
- (2)對工作在高噪音環境下的工作者，實施聽力檢查，建立聽力圖。
- (3)對於已聽力受損者，須調換工作或降低在噪音區暴露的時間。
- (4)建立個人聽力防護具的使用計劃，並督導確實執行。

## ■ 3.行政管理：

- (1)調查勞工暴露於各主要噪音源的時間表，並利用排班、輪調，降低勞工實際的暴露量。
- (2)若某人的噪音暴露劑量大於100%，可利用多人，將其工作分散均攤，以降低其實際暴露量。
- (3)加強勞工衛生教育及宣導，以提高正確使用聽力防護具的比率。





## 二、聽力保護用具

- 1.覆耳式的耳罩效果較佳，但在夏天較不舒適。
- 2.可拋棄式耳塞，配戴較簡易，實用方便，但阻絕噪音的效果不若耳覆式佳。
- 噪音的傷害，因是漸進性的，常令人忽略其嚴重性。又因噪音的暴露，不像其他化學物質俱惡息的特性，更易讓一般作業人員習以為常，但卻深受其害而不自知。因此必須提高作業人員及雇主對噪音危害的認識，進而控制噪音、保護作業人員，如此方不致因職業性失聰、耳聾等職業病的發生，而造成雇主及勞工不可彌補的損失。

# 本章重點摘要

噪音就是人們不想要的聲音。以現行的法規而言，只要是超過管制標準的聲音即是噪音。

衡量聲音的單位是分貝，分貝數愈高代表音量愈大。在同樣的音量下，頻率較高者，人耳聽起來，音量也會主觀地感覺較大聲些。

測量聲音的三種方式是：1.測量音波的壓力位準即音壓級(Sound Pressure Level)，2.測量聲音的功率大小即音功率級(Sound Power Level)，3.測量聲音的強度大小即音強度級(Sound Intensity Level)。



噪音對人體健康的影響有：1.噪音造成聽覺能力的降低。  
2.噪音引起情緒緊張、易怒、煩燥等心理效應。3.噪音造成心跳加速、血壓上升、睡眠週期的改變等生理效應。

測量噪音可用音壓位準器(Sound Pressure Level Meter)選定A-weighting即可測得dB(A)值，使用噪音劑量計可評估勞工暴露的累積劑量。

噪音的控制可從：①音源的控制②阻斷聲音的傳播③保護接受者三方面著手，以降低勞工作業時噪音暴露的劑量。