

第二章文獻探討

第一節 聲音與噪音

風吹草動、鳥叫蟲鳴是大自然的聲音，鼓噪喧嚷、車聲隆隆則是人為的聲音，生活環境中充滿此起彼落的聲音，有令人快樂的，有令人不悅的，依聽者的感受而定，萬籟寂靜與鑼鼓喧天為人們帶來不同的聽覺感受。

一、聲音

聲音是由空氣振動而產生，所有的物體因摩擦、敲打而使空氣振動成為聲音的來源(陳兩興，民 87)。聲音是一種波動現象，聲源使鄰近之空氣分子移動，因而引起更遠之分子跟著移動(張柏成，民 74)。空氣沿聲音行進的方向，作微小的前後運動，在這種運動中，有的地方空氣被壓縮，有的地方空氣變稀薄(劉康寰，民 59)，這種經由自然介質所形成的傳播性擾動，讓周遭空氣壓力發生變化，使得聽覺器官可以感受到聲音的存在。發生聲音的原因大致可分為物體振動而發出聲音、直接與空氣磨擦或擾動所產生、共鳴現象等(財團法人台灣產業服務基金會，民 87)。凡物體受與其頻率相同之聲波感應而發生聲音的現象稱為共鳴(李畊，民 78)。

人類用語言來表達意願、交流思想；用音樂歌唱來表達感情。傳入我們耳朵的各種聲音，無時無刻都向我們傳遞著外界的信息，幫助我們瞭解周圍世界；聲音也可用以測量距離、可以導航(王亞偉等，民 89)。我們可以聽到各種的聲音，仔細觀察與分析即可發現，儘管它們的形式各異，但它們的共同特點是這些聲音均來自於物體的振動，例如，講話的聲音是來自喉內聲帶的振動，揚聲器發聲來自紙盆的振動，機械噪音來自機器本身的運動或轉動，凡是發出聲音的振動體，均稱為聲源(鄭長聚，民 84)。

聲音形成的三個條件為「聲源、介質、聽覺」，聲音的根源為彈性體的振動，經過介質的傳播再藉由聽覺的接收而來。空氣是最普遍的傳播媒介，除了空氣之外，固體、液體也可以傳播聲波。把耳朵貼在桌面，輕輕敲擊桌面，就能聽到桌面傳來的聲音，潛水員在水裏也能聽到岸上的人聲(王亞偉，民 89)。聲波可以區分為週期性聲波和非週期性聲波兩類，最簡單的週期性聲波是純音，它是由簡諧振動產生的頻率恒定並且幅度按正弦形變化的波。複雜聲音是由一些頻率不同的聲波所組成(沈山豪，民 82)。每秒鐘聲波振動的次數稱為頻率，單位為赫(Hz)。介質受壓力擾動後，任一質點經歷一次完整振盪位移所需的時間稱為週期。聲波在一個週期內所傳遞的距離稱為波長。

聲波的頻率範圍很廣，從 10^{-4} ~ 10^{12} Hz。聲波按頻率可以分成次聲(10^{-4} ~ 20Hz)，可聽聲(20 ~ 2×10^4 Hz)，超聲(2×10^4 Hz ~ 5×10^8 Hz)，和特超聲(5×10^8 ~ 10^{12} Hz)(陳國成、江瑞湖，民 89)。人耳可聽到的聲音，頻率介於 20Hz 至 20000Hz 之間，而較敏感的頻率則介於 1000Hz 至 4000Hz 之間(洪銀忠，民 89)。人耳可聽到的聲音一般以 1000Hz 為高頻音和低頻音的分界。聲音頻率若高於 20000Hz 則稱為超高頻音，聲音頻率若低於 20Hz 則稱為超低頻音。人類交談的聲音係由 500Hz 至 2000Hz 之間的聲波所構成，當某人聽不清楚此範圍內的聲音時，就會被周圍的人認為患有重聽(陳健章，民 88)。

聲音的三要素為「響度、音調、音色」。響度是人類主觀上感覺到聲音的強弱，和聲波的強弱有關。發聲體的振動頻率不變，振幅愈大時聲音的強度愈大，響度也就愈大。音調是指聲音的高低，發聲體的振動頻率不同時形成不同的音調。音色是由聲波的波形而定，兩種發音體發出的聲音，雖然高低、強弱完全相同，人們仍能予以區別，其原因即在二者的音色不同(李畊，民 78)。單一頻率構成的聲音稱為純音，由許多純音組成的聲音稱為複音，複音中所含的頻率最低的純音稱為基音，其餘的稱為泛音。複音的頻率等於基音的頻率，即複

音的音調決定於基音的音調。音色是由泛音的多少、泛音的頻率和振幅而決定(王亞偉等，民 89)。

二、噪音

擾人的聲音通常被視為噪音。噪音一詞為個人對聲音感受的一個主觀標準(林建良，民 87)。噪音，泛指不悅耳的聲音，是一種人類不想要的聲音，有時是一些互相不和諧聲音的混合(黃榮村、吳英璋，民 73)。因此，凡是被認為討厭的聲音，或是最好不要存在的聲音，進而要求政府加以管制者，就稱之為噪音(李濟南，民 81)。

「在八十五分貝以上的環境作業」，依勞工安全衛生法施行細則第二十一條第二項規定為特別危害健康之作業。噪音管制法第二條對噪音的定義為「本法所稱噪音，指超過管制標準的聲音」。就工業衛生而言，凡是引起心理上之不愉快、降低工作效率、增加意外事故以及對勞工健康和聽力造成損失的聲音，都可稱為噪音(陳秋蓉等，民 88)。

一種聲音對某一個人也許是樂音，對另一個人卻是噪音；同一個發聲體在輕聲的時候也許很悅耳，大聲時卻變成了噪音；短時間也許可以接受，而時間久了就令人抱怨連連。噪音是主觀與客觀的合成，以客觀物理量的聲音為基準，再與人類主觀的反應對應，人類主觀的反應是以「平均人的平均判斷」為尺度。大多數人聽起來不愉快的聲音就是噪音。能量非常大的聲音顯然是噪音，能量小卻影響心理的聲音也是噪音(黃忠良，民 81)。

噪音對人類生理或心理會產生負面影響，凡是令人厭惡、不愉快且不想要的聲音就是噪音。下列各式的聲音都可視為噪音(台灣省環境保護處，民 89)。

1. 易使人產生生理障礙的聲音。
2. 較高音量的聲音。

3. 音色不悅耳的聲音。
4. 會干擾談話的聲音。
5. 使人心煩、不易集中精神、影響辦事效率的聲音。
6. 妨害休息、睡眠的聲音。

三、聲波的量化

聲波是一種在彈性介質中傳播的波動，除了空氣以外，液體與固體等彈性介質均可傳遞聲波。聲波傳播速度的高低與介質的特性有關，依傳播介質的不同，可分為空氣聲、水聲、固體聲(結構聲)等類型。聲波在固體中可能以橫波，也可能以縱波或兩者均存在的方式傳播，而在液體及氣體中聲波只能是縱波(鄭長聚，民 84)。

聲音在傳播時有幾個可以測量的物理量，最常用的是音壓，它是大氣總壓力強度在靜壓力強度附近的變量。也可以測量質點振動的位移，質點振動速度或其它物理量，例如：密度變化、溫度變化等。

空間內有聲波傳播時，空氣產生壓縮與膨脹的週期性變化，壓縮時壓力強度增加，膨脹時壓力強度減少，這變化部份的壓力強度即總壓力強度與靜壓力強度之差值稱為音壓。

音壓變化的平均值為零，因此平均音壓沒有意義，一般用瞬時音壓、峰值音壓或有效音壓來描述。瞬時音壓是空氣中某點瞬時壓力強度和靜壓力強度的差值，在某一時間間隔內最大瞬時音壓稱為峰值，瞬時音壓對時間取均方根(root mean square)值稱為有效音壓，通常音壓是有效音壓的簡稱。週期、振幅與頻率是正弦波的三個基本性質，對於正弦形變化的聲波，峰值音壓是音壓的幅值，它等於有效音壓的 1.4 倍(沈嶽，民 82)，有效音壓即實效音壓(Effective Sound Pressure)。

$$P_{rms} = (\overline{P^2})^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{1}{T} \int_0^T P^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}}, \text{ 其中 } T \text{ 是測量時間。}$$

聲音功率或稱聲能率(Sound Power, W)即音源每單位時間所發出的聲音能量，單位為瓦(watt)。人耳所能察覺的最小聲音功率為 10^{-12} watt。聲音在任何一點的強度，通常都以每單位面積受多少能量來表示。聲音強度(Sound Intensity, I)即垂直於聲音傳播方向之平面，單位面積上所通過的聲音功率，具有方向性，單位為瓦/平方公尺(w/m^2)，人耳所能察覺的最小聲音強度為 $10^{-12} \text{ w}/\text{m}^2$ 。聲音壓力(Sound Pressure, P)即空氣分子振動引起大氣壓力之些微變化，是一定強度之聲音作用在單位面積之力，其單位為牛頓/平方公尺(N/m^2)，也稱為 Pa。 $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/\text{m}^2 = 10 \text{ dyne}/\text{cm}^2 = 10 \mu \text{ bar}$ 。人耳所能察覺的最小聲音壓力為 $2 \times 10^{-5} \text{ N}/\text{m}^2$ ，一般與大氣壓力($10^5 \text{ N}/\text{m}^2$)比起來要小很多。

根據聲音功率、聲音強度及聲音壓力可以獲得三種聲音位準(Sound Level)，即聲音功率位準(Sound Power Level, L_w 或 SWL)、聲音強度位準(Sound Intensity Level, L_I 或 SIL)、聲音壓力位準(Sound Pressure Level, L_p 或 SPL)，A 加權的音壓位準，以分貝為單位時又稱為噪音位準(中國國家標準 CNS7129，民 84)，在勞工安全衛生設施規則中所使用的名稱為音壓級。

$\text{SWL} = L_w = 10 \log_{10} W/W_0$ ， W_0 = 基準聲音功率，參考值為 10^{-12} Watt

$\text{SIL} = L_I = 10 \log_{10} I/I_0$ ， I_0 = 基準音強，參考值為 $10^{-12} \text{ Watt}/\text{m}^2$

$\text{SPL} = L_p = 20 \log_{10} P_{\text{rms}}/ (P_{\text{rms}})_0$ ， L_p = 音壓位準，以 dB 為單位。

P_{rms} 是以音壓的均方根值(root mean square)來計算適當的平均壓力，表示聲波的強弱， P_{rms} 又稱為有效音壓(Effective Sound Pressure)。 $(P_{\text{rms}})_0$ = 基準音壓，參考值為 $2 \times 10^{-5} \text{ N}/\text{m}^2$ ，也就是 $20 \mu \text{ Pa}$ 亦可表示為 $0.0002 \mu \text{ bar}$ 。此數值是正常人耳對 1000Hz 聲音能夠察覺到的最低聲壓值，低於這一聲壓值，一般人耳就無法察覺此種聲音的存在。人耳可感覺的聲壓從 $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ 到 20 Pa ，兩者相差 100 萬倍，用聲壓位準來表示則變化為 0~120 分貝的範圍。

表 2-1 室內溫度和海平面氣壓下，空氣中聲音的強度和壓力關係

聲音的強度(w/m^2)	聲音的壓力(N/m^2)	聲音的級別(dB)
100,000,000	200,000	200
10,000,000		190
1,000,000	20,000	180
100,000		170
10,000	2,000	160
1,000		150
100	200	140
10		130
1	20	120
0.1		110
0.01	2	100
0.001		90
0.0001	0.2	80
0.00001		70
0.000001	0.02	60
0.0000001		50
0.00000001	0.002	40
0.000000001		30
0.0000000001	0.0002	20
0.00000000001		10
0.000000000001	0.00002	0

資料來源：陸繼雄，民 77，P31

物理學家發明了一種單位，叫做貝(Bel)，一貝代表聲音強度增加十倍，取自 Alexander Graham Bell 的名字。如果交響樂隊的聲音強度是鑽子的十倍，則交響樂隊比鑽子強 1 Bel，火箭聲音強度是交響樂隊的一百萬倍，則火箭的比交響樂隊強 6 Bels(陳國成等，民 75)，貝(Bel)並不是物理單位而僅是一種量測值的對數轉換(曾四恭等，民 86)。貝(Bel)之單位太大，不方便使用，故取其十分之一，更簡明地以分貝(dB)來表示音量的大小，dB 是 deci-Bel 的縮寫，即十分之一貝，分貝值越高，表示音量越大。

表示音量大小的分貝值是對數，所以兩個聲音的合成，不能直接將分貝值相加，例如，L1 和 L2 兩個音量同為 100dB，L1 和 L2 之和並不是 200dB，可由公式 $10 \log(10^{0.1L1}+10^{0.1L2})$ 之中求得正確之值，也可利用圖 2-1 查出結合之後的分貝值。例

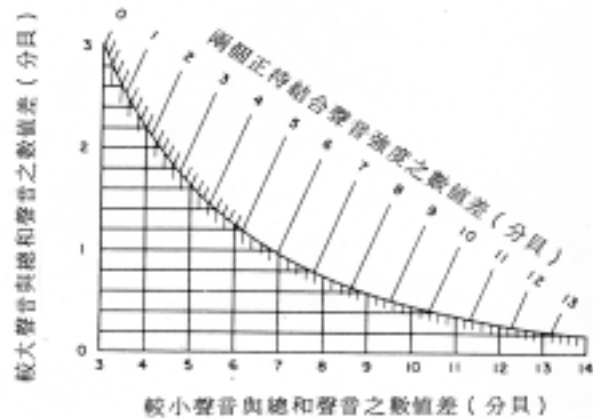


圖 2-1 分貝值結合圖
資料來源：環境工程學(劉東山、黃政賢，民 81)

如，L1 和 L2 兩個音量的分貝數相差 0 分貝，故在分貝值結合圖上找到差值為 0 所對應的數值是 3，3 代表較大的分貝數要加之值，兩音量同為 100 分貝，故較大的分貝數仍是指 100 分貝。故 100 加 3 等於 103，即 L1 和 L2 合成的分貝數為 103 分貝。計算聲音強度位準的結合、聲音壓力位準的結合可採下列公式(白明憲，民 89)。

$$SIL = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{SIL}{10}} (dB)$$

$$SPL = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{SPL}{10}} (dB)$$

響度(Loudness)是人們聽到聲音時對該聲音強度的主觀反應，而非指對聲源的聲能率之反應(陳國成、江瑞湖，民 89)。響度是最基本的音質參數，代表人類聽覺感受的聲音大小(財團法人車輛研究測試中心，民 87)。響度是主觀聲量的單位，與頻率 1000 赫的純音之量表相配合。響度位準以頻率 1000 赫的純音所產生之平面波傳送至正常聽覺的聽者來評判聲音的相對大小，若頻率為 1000 赫時響度位準值與音壓位準 dB 值相同，響度位準與響度的關係為 $S = 2^{(P-40)/10}$ ，S 代表響度，P 代表響度位準。光從響度位準無法將聲音的感覺予以量化，必須轉變成響度才能比較。「Sone」是響度的單位，以音壓級為 40dB 的 1000Hz 純音產生的響度來定義(沈嶸，民 82)，故響度級為

40 Phon 時，響度為 1 Sone，經實驗得出響度級增加 10 Phon 響度增加一倍(鄭長聚，民 84)，上述關係式僅在 40~105 Phon 範圍內為實驗所證實(沈嶽，民 82)。

要對聲音作出主觀評價，首先要測量人耳對各種聲音頻率的感覺特性，人耳對聲音的感覺不僅和音壓有關，而且也與頻率有關，音壓級相同但頻率不同的聲音聽起來不一樣響。噪音強弱的主觀表示方法可以用響度或響度級表示，響度和響度級是分別定義，兩者之間沒有直接關係而是通過人耳的聽覺來建立它們之間的關係，響度級是由聽力正常的年青人聽聲音之後與 1000Hz 的純音比較，判斷它聽起來與純音的哪一個響度級一樣響。例如一個聲音聽起來和 70 dB，1000Hz 的純音一樣響，那麼這個聲音的響度級為 70 Phon(沈嶽，民 82)。對於 1000Hz 的純音，它的響度級即為此聲音的聲壓級，對頻率不是 1000Hz 的純音，則用 1000Hz 純音與這一待定的純音進行試聽比較，調節 1000Hz 純音的聲壓級，使它與待定的純音聽起來一樣響。這時 1000Hz 純音的聲壓級就被定義為此一純音的響度級。60 分貝 1000Hz 純音的響度級 60 Phon 而 100Hz 的純音要達 67 分貝響度級才是 60 Phon，兩者聽起

來才一樣響(鄭長聚，民 84)。對各個頻率的聲音都作試聽比較，將聽起來同樣響的各相應聲壓級按頻率連成一曲線，這些曲線便稱為等響曲線，如圖 2-2。

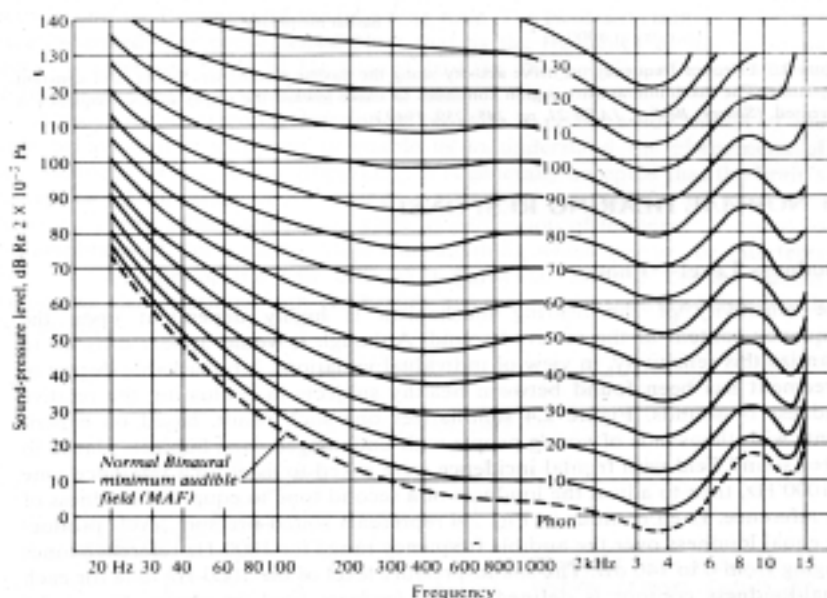


圖 2-2：等響度線
資料來源：Lord，1980

四、聲音的特性

經過科學家努力研究的結果發現，聲音具有加成作用、直線前進、反射作用、繞射作用、折射作用、音量衰減作用等物理現象，分別說明如下。

(一)加成作用

不同的噪音源有不同的聲音能量，這些能量具有加成的作用，而使噪音音量提高；因此二部相同機型的機械同時操作時，測量到的音量值(即所謂的分貝值，dB)會較單獨乙部機械的音量值高。

(二)直線前進的現象

聲音是由空氣振動所引起的，它具有直線前進的現象，除非遇到障礙物(如剛性的牆壁)，否則不會改變它傳播的方向，而且一個音源的聲音傳播是向四而八方擴散的，不會像液體一樣依循著一定的方向流動。

(三)反射作用

當聲音直線前進時如遇到障礙物時就會產生反射的現象，而反射量依障礙物的材質、表面積密度等因素而異。若音波遇到堅厚的實心牆時反射量會較中空牆大，遇到玻璃纖維板時幾乎被吸收而不反射；反射後的音波仍呈現直線前進的現象。

(四)繞射作用

聲音在前進過程中若遇到障礙物時，除了會產生反射作用外，如果障礙物上有縫隙存在，則音波依波的特性會在縫隙處形成一音量較小的音源。

(五) 折射作用

聲波在大氣中傳播，若因風或溫度使介質密度不一，聲波傳遞的方向會產生折射作用，聲波會朝著聲速較慢的方向折射，白天地面上的溫度比天空的氣溫為高，所以聲波傳播時朝上方偏折(如圖 2-3A)；夜晚天空的溫度高於地面，故聲波向下折射(如圖 2-3B)，因此，夜晚時聲音易聽得清晰。聲速的向量等於靜止大氣中的聲速與風速的向量之和或差，風速隨著高度升高而增加，空中的風速高於地面上的風速，當聲波傳遞的方向與風的方向相同時，聲速與風速向量之和使聲波地面上的傳播速度較空中為慢，故向下偏折，稱為下風區，當聲波傳遞的方向與風的方向相反時，聲速與風速向量之差使聲波在空中的傳播速度較地面為慢，故向上偏折，稱為上風區，如圖 2-4(李畊，民 78；鄭長聚等，民 82)。

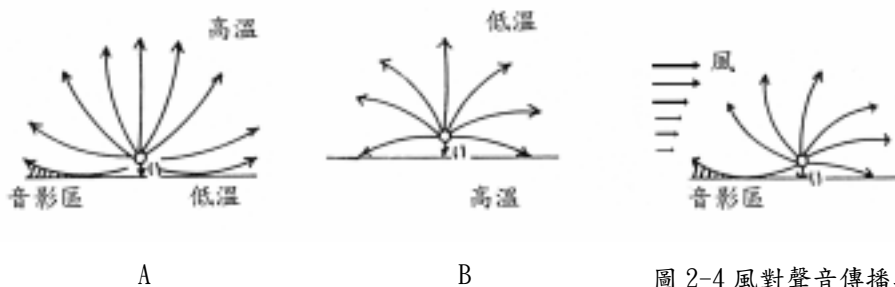


圖 2-3 溫度對聲音傳播之影響
資料來源：噪音工程學考試精要，
徐清正等，民 83

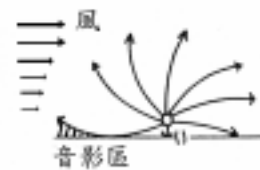


圖 2-4 風對聲音傳播之影響
資料來源：噪音工程學考試精要，
徐清正等，民 83

(六) 音量衰減作用

聲音具有能量，在傳播過程中會被大氣中的溫度、濕度所吸收，而降低音量值，且能量因距離增加而衰減使音量值降低；聲音能量與音源距離的平方成反比，亦即音源與接受者之距離加倍時，聲音能量降為原來的 $1/4$ 。

第二節 噪音的傳播系統

大自然中充滿各式各樣的聲音，若想靈敏地察覺聲音的存在，最好的方法就是體驗寧靜，噪音的形成通常包括噪音源、傳播路徑、受音者等三個要素而形成噪音傳播系統。

一、噪音源

凡是產生令人厭惡聲的音源或振動源皆被視為噪音源。噪音源可依噪音的形體、噪音發生的場所、噪音量的變化等因素而分類，茲將各類噪音源詳細說明如下：

(一)噪音源的形體

依噪音源形體而區分為點音源、線音源、面音源，各種形體的噪音源說明如下。

1. 點音源：產生噪音的本體為單一的設備，音源發出的聲音有如自一點輻射出來，如抽水馬達、喇叭等。
2. 線音源：產生噪音的本體形成一直線連續音源，如穩定而持續的道路交通噪音。
3. 面音源：音源的本體分佈呈立體，其形體大小比測定之距離大許多者，如冷卻水塔、大型機器。

(二)噪音發生的場所

噪音發生的場所隨著時間而變化，分為固定場所噪音源、移動性噪音源兩類。

1. 固定場所噪音源，例如：工廠、營業場所、娛樂場所、營建工程、校園擴音設施、家禽畜吠聲等所發生的噪音。
2. 移動性噪音源，例如：機車、汽車、火車、輪船、飛機等交通噪音，或鑼鼓喧天的儀隊車陣、競選宣傳車沿街拜票所產生的噪音。

(三) 噪音量的變化

噪音量隨時間而變化，分為穩定噪音與非穩定噪音；非穩定噪音又可細分為變動噪音、間歇噪音、衝擊噪音，分別說明如下。

1. 穩定噪音：其音壓位準保持在一定值，不隨時間改變(變動量很小可以忽略)，一般在 6 分貝以下的改變量人耳並不容易分辨。如果噪音位準不變但其組成之頻譜改變的話，則視其為一非穩定噪音(游昭平，民 81)。這種平穩、變化極微之噪音例如馬達噪音。
2. 變動噪音：其音壓位準的改變量在 6 分貝以上，在變動過程中其音壓位準不會降回到與背景噪音相同。例如道路交通噪音。
3. 間歇性噪音：其音壓位準的改變量在 6 分貝以上，在變動過程中其音壓位準回降到與背景噪音相等的次數超過一次，而且任兩次回降到背景噪音相等的時間間隔必須大於一秒(游昭平，民 81)，例如鐵路附近居民重複聽到的火車噪音。
4. 衝擊性噪音：噪音從發生到達最大振幅所需之時間小於 0.035 秒，而由開始經最大值到往下降低 30 分貝音量所需的時間小於 0.5 秒者，若有多次衝擊的噪音，則兩次衝擊間隔不得小於 1 秒鐘，否則視為連續噪音，此種在極短時間內發生並結束之噪音，例如打樁噪音。

二、傳播路徑

傳播路徑是指由聲源到達受音者所經的路徑，聲源振動發出的聲音，必須藉助介質傳播至受音者，聲音傳播藉助的介質，例如空氣、水或固體。一般噪音依傳播介質不同可分為空氣傳播、液體傳播、固體傳播。

音源以空氣為介質，將空氣分子振動而引起之大氣壓力之微小變動，傳遞至受音者是為空氣傳播之噪音。由於液體可以傳播聲音，所以，在游泳池裡游泳的時候也可以聽到聲音。經由固體結構激發附近的空氣振動，而將部份振動能量轉換成聽覺範圍內可聽到的聲音是屬於結構體傳播之噪音(洪銀忠，民 89)。把耳朵貼在鐵軌上可以聽到遠處火車行駛的聲音，也可以說明固體介質能夠傳播聲音。

三、受音者

受音者是指曝露在噪音環境中，受噪音影響並產生反應的個體，通常具有聽覺能力的人，才能感受噪音的存在，聽力損失者對聲音的感覺較不敏銳，嚴重者甚至對聲音沒有知覺。對沒有聽覺能力的受音者而言，聲音的傳播和噪音都不存在。

第三節 噪音的影響

人體對噪音的心理反應，雖然比生理反應主觀，但心理反應也會間接影響生理功能(王老得，民 74)，對於噪音有一個常被人相信的危險說法，就是：人們能逐漸習慣噪音或對噪音能產生免疫力。事實上，隨著曝露在噪音下時間的增長，人們便會失去對噪音的敏感性，但這純粹只是由於聽力已被摧毀，而非對噪音的適應或免疫。另一個危險的說法是：除非噪音已達到產生耳鳴的程度，否則是無害的。非常高度的噪音，的確可造成耳鳴，但沒有耳鳴現象即表噪音是安全的說法，卻是錯誤的(吳聰能，民 69)。

噪音對人類身心之危害，可分為聽覺系統和非聽覺系統，聽覺系統之損害包括聽障、耳鳴及眩暈，而非聽覺系統之危害像高血壓、心臟血管疾病或精神官能症等(王建楠、吳宗穎，民 90)。噪音對人體身心健康及日常生活的影響，說明如下。

一、噪音對聽覺系統的影響

噪音對人體的影響，最直接、顯著的效應是造成聽覺的影響(邱達裕，民 88)。噪音量大小、噪音曝露時間的多寡都會對聽覺造成不同程度的影響。噪音對聽覺系統的影響有聽力損失、耳鳴、眩暈等，分述如下。

(一)聽力損失

噪音引起的聽力的損失(Noise-Induced Threshold Shift)包括暫時性聽力損失(Noise-Induced Temporary Threshold Shift)或永久性聽力損失(Noise-Induced Permanent Threshold Shift)。人類耳朵對於持續性噪音刺激，剛開始可能會適應，但隨著時間增長(數月或數年不等)，會造成暫時性的聽閾值變換(temporary threshold shift)，此時內耳耳蝸毛細胞受影響，所導致之聽力損失，可經休息及離開噪音源一段時間後(通常在 12 小時內)，回復至正常。若繼續暴露於高噪音環境，因血管收縮或氧自由基過剩會嚴重損害毛細胞，造成永久性的聽閾值變換(permanent threshold shift)，不能回復至原先的聽閾，引發永久性的聽力損失(王建楠、吳宗穎，民 90)。

一般依時間發生的長短及音壓能量的大小分為急性音響外傷(acute acoustic trauma)和慢性聽力損失(chronic hearing loss)，急性音響傷害如槍擊聲、爆炸聲、鞭炮聲等，而慢性聽力損失一般指的是噪音誘發性聽力損失(noise-induced hearing loss, NIHL)，噪音誘發性聽力損失，即長期暴露於噪音環境下產生之聽力障礙，常見於工廠內之機械，馬達聲響或室外工地之電鑽、電鋸，尤其是職場有害噪音之暴露(王建楠、吳宗穎，民 90)。聽力損失可歸因於噪音能量，為噪音量與曝露期間的產物(吳聰能，民 86)。職業性聽力損失，一般指的是噪音誘性聽力損失，係長期暴露在高分貝(大於 85dBA)噪音工作環境下，使得內耳耳蝸之外層毛細胞受損，所造成的感覺神經性聽力損失，其誘發的過程可自幾個月至數年不等。理論上，兩邊耳

朵對於暫時性或永久性的聽閾值變換的聽力損失之敏感性應相同，因此噪音引起的聽力損失，應為兩側對稱(郭育台，民 87)，故長年在噪音環境中工作對左右耳所產生的聽力損失程度相等。

一般而言，暴露在有害噪音環境下工作，最初 5 年內會引發職業性聽力損失，且在接下來的 8-10 年內聽力障礙會加重，約 10-15 年可導致永久性聽障，實際的侵害決定於噪音之音壓位準、暴露時間之長短、防音防護具使用及個人體質(王建楠、吳宗穎，民 90)。噪音性聽覺損害的發生及其嚴重程度往往與個體的易感性、噪音的強度、噪音的性質和暴露的形式和時間有密切的關係。

(二)耳鳴

聽力是我們用來溝通的感覺器官，短暫的時間處於高噪音的環境，會引起耳鳴。當暴露在噪音數小時後常可導致耳鳴，唯其可自行消失。然而當反覆幾次噪音暴露後，這種耳鳴會變成永久性且很擾人。

(三)眩暈

在某些耳科疾病(如美尼爾氏症及外淋巴廔管)，噪音可誘發出眩暈。(林鴻清、徐銘燦、張克昌，民 87)。

二、噪音對非聽覺系統的影響

腎上腺或自主神經系統對噪音刺激所起的反應，使心跳速度及呼吸率因噪音而發生改變。雖然噪音對非聽覺系統的影響仍有爭議，暴露於噪音會使人較易患高血壓的說法，也尚未證實，噪音與神經官能病(neurotic illness)間，尚無任何關連的可靠證據(毛文秉等，民 70)。

三、噪音對人類日常生活的影響

日常生活中噪音最明顯的干擾表現於人與人間的語言溝通(洪百薰, 民 74), 受環境中持續存在的噪音影響, 情況輕者是造成生活上與人交談的不便, 情況嚴重者可能引起心情煩燥降低工作效率, 甚至注意力不能集中而發生事故。噪音對人類日常生活中與人交談、睡眠品質、工作效率等方面都有不良的影響, 詳細說明如下。

(一) 干擾與人交談

聲音無孔不入, 以致干擾人與人之間的交談或使人失去了防衛的能力甚至影響健康。噪音會對聲音產生遮蔽的現象, 在嘈雜的環境中不易聽清楚對方的談話聲音, 造成了人與人之間的語言交談的困擾。噪音也會令人聽不到各種警告性的聲音, 在緊要關頭失去警覺性因而導致發生危險, 如車輛的喇叭聲、嗶嗶警告聲、機械異常的聲響等。

(二) 影響睡眠品質

噪音會淺化睡眠度、增加清醒或相當於清醒之腦波出現次數, 使入眠之時間延長而睡醒時間提早(莊進源, 民 84), 噪音妨礙休息與睡眠因而影響情緒, 使人容易心煩、缺乏耐心、注意力無法集中, 直接或間接降低了工作效率干擾正常的生活, 李濟南(民 81)指出, 在 40dB 以下的音量尚不至於妨礙睡眠。

(三) 降低工作效率

噪音導致的生理或心理疲勞最明顯的後果是工作效率下降(張興容, 民 88)。在噪音的作業環境中工作, 必須提高警覺性, 隨時注意環境的變化, 以避免發生危險, 無形中加重了作業人員的心理負擔。

第四節 工業噪音的來源

工業革命帶動社會經濟繁榮，機器替代手工的生產方式，為人類帶來高度的物質生活文明，當機器大量生產為生活帶來便利的同時，對自然環境的破壞亦伴隨著發生。工業噪音是指從事工業生產活動所製造出來的噪音，噪音可能是來自機器的運轉或經由生產過程中形成。工業可分為輕工業和重工業，無論何種工業皆會因工廠性質之不同而產生不同程度的噪音。工廠噪音對廠區局部員工的影響比廠區周圍的居民更為嚴重，廠區內的員工長期受工廠噪音的影響，易導致聽力損失，危害聽覺健康。陳見財(民 83)與洪銀忠(民 89)指出，工業噪音的來源有下列五種。

一、機械性結構產生振動

由於機器振動的能量會因接觸、傳遞而引起振動，進而經結構體或空氣傳播而造成噪音。機械性結構產生的振動，如電風扇的搖頭運動即為其一例；其馬達雖穩定旋轉，但因搖頭曲柄機構帶動柱頭往復運動，因而發生振動，如搖頭轉動次數增加，則振動的頻率隨之增加。另馬達及發電機因高速旋轉所產生的振動亦會產生噪音。當一金屬板被一物體撞擊時，會因板振動而產生噪音。如衝床、錘子、鍛造機械因力或衝擊過程施力於物體，即會產生振動；另物體依其質量、撞擊速度、承受物體之剛性及內阻力均會影響此種振動。

二、碰撞衝擊產生板振動

當一金屬板被一物體撞擊時，會因板振動而產生噪音。如衝床、錘子、鍛造機。

三、不平衡力或位移產生振動

力或位移會使物體強制振動而產生噪音。例如，不平衡的旋體及引擎等，因曲軸轉速的不平衡力與汽缸爆炸，強制引擎轉動等而產生

噪音。特定頻率中物體和空氣會引起共振，而使噪音變大，所以共振頻率決定於物體的大小與結構或空氣量。

四、機件摩擦產生噪音

機械摩擦也會產生噪音。例如，齒輪組因金屬與金屬接觸摩擦；輸送帶與滾筒摩擦；鋸子鋸切摩擦；焊接機及研磨作業摩擦等均會產生噪音。

五、流體與金屬表面接觸或氣體亂流而產生噪音

當空氣以某種速度經過管或金屬表面時即會產生噪音。如空氣壓縮機、風扇、泵等為其例。一般空氣或氣體在導管中流動受到阻礙會產生亂流而發生噪音；風扇在空氣中產生亂流會發生噪音；在管路系統中大而急速的力改變亦會產生噪音。另外，氣體在燃燒過程，泵因流體之壓力波動，亦均會產生噪音。

第五節 噪音管制相關法令

本節就噪音管制的相關法令有關噪音的部分作說明，相關法令為勞工安全衛生法、勞工安全衛生法施行細則、勞工安全設施規則、勞工作業環境測定實施辦法、勞工健康保護規則、噪音管制法、噪音管制法施行細則、噪音管制區劃分原則、噪音管制標準、噪音管制指標，重點說明如下。

一、勞工安全衛生法

中華民國六十三年四月十六日公布，第一次修訂於中華民國八十年五月十七日，第二次修訂於中華民國八十八年六月三十日。

勞工安全衛生法之第五條第八款雇主對防止輻射線、高溫、低溫、超音波、噪音、振動、異常氣壓等引起之危害，應有符合標準之必要

安全衛生設備。第十二條為雇主於僱用勞工時，應施行體格檢查；對在職勞工應施行定期健康檢查；對於從事特別危害健康之作業者，應定期施行特定項目之健康檢查；並建立健康檢查手冊，發給勞工。

二、勞工安全衛生法施行細則

中華民國六十三年六月廿八日施行，第一次修訂於中華民國七十三年二月廿四日，第二次修訂於中華民國八十年九月十六日。

勞工安全衛生法施行細則第十條規定顯著發生噪音之室內作業場所應實施作業環境測定。第二十一條第二項規定噪音在 85dB 以上之作業為特別危害健康之作業。

勞工安全衛生法施行細則之附則：勞工安全衛生法第四條及勞工安全衛生法施行細則第五條適用之事業第三項之記載，印刷屬於製造業之範圍。所謂製造業的定義為「從事物之製造、改造、加工、修理、淨洗、篩選、包裝、裝飾、修整、破壞或解體，材料之變造及其他之事業」。

三、勞工安全衛生設施規則

中華民國六十三年十月三十日公布，分修訂於中華民國七十二年六月二十七日、中華民國七十七年六月二十七日、中華民國七十八年九月二十九日、中華民國八十三年六月十五日、中華民國九十年十二月十二日。

勞工安全衛生設施規則第 283 條規定，雇主為防止勞工暴露於強烈噪音之工作場所，應置備耳塞、耳罩等防護具，並使勞工確實戴用。第 300 條規定，雇主對於發生噪音之工作場所，應依下列規定辦理。

(一)勞工工作場所因機械設備所發生之聲音超過 90dB 時，雇主應採取工程控制、減少勞工噪音暴露時間，使勞工噪音暴露工作日八

小時日時量平均不超過表 2-2 之規定值或相當之劑量值，且任何時間不得暴露於峰值超過 140dB 之衝擊性噪音或 115dB 之連續性噪音；對於勞工八小時日時量平均音壓級超過 85dB 或暴露劑量超過百分之五十時，雇主應使勞工戴用有效之耳塞、耳罩等防音防護具。

1. 勞工暴露之噪音音壓級及其工作日容許暴露時間如表 2-2。
2. 勞工工作日暴露於二種以上之連續性或間歇性音壓級之噪音時，其暴露劑量之計算方法為：

$$\frac{\text{第一種噪音音壓級之暴露時間}}{\text{該噪音音壓級對應容許暴露時間}} + \frac{\text{第二種噪音音壓級之暴露時間}}{\text{該噪音音壓級對應容許暴露時間}} + \dots = 1$$

> 1
< 1

其和大於一時，即屬超出容許暴露劑量。

表 2-2 勞工暴露之噪音音壓級及其工作日容許暴露時間表

工作日容許暴露時間(小時)	A 權噪音音壓級(dBA)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1	105
1/2	110
1/4 或更少	115

資料來源：噪音管制法

3. 測定勞工八小時日時量平均音壓級時，應將 80dB 以上之噪音以增加 5dB 降低容許暴露時間一半之方式納入計算。
- (二) 工作場所之傳動馬達、球磨機、空氣鑽等產生強烈噪音之機械，應予以適當隔離，並與一般工作場所分開為原則。
- (三) 發生強烈振動及噪音之機械應採消音、密閉、振動隔離或使用緩衝阻尼、慣性塊、吸音材料等，以降低噪音之發生。
- (四) 噪音超過 90dB 之工作場所，應標示並公告噪音危害之預防事項，使勞工周知。

第 309 條規定雇主對於勞工經常作業之室內作業場所，除設備及自地面算起高度超過四公尺以上之空間不計外，每一勞工原則上應有十立方公尺以上之空間。

四、勞工作業環境測定實施辦法

中華民國八十一年二月十四日公布，中華民國九十年十月三十一日修訂。第三款規定顯著發生噪音之作業場所，應每六個月測定噪音一次以上。並於勞工作業環境測定實施辦法修正總說明中指出；『第三款現行條文修正為：「顯著發生噪音之作業場所，應每六個月測定噪音一次以上。」，噪音作業場如有顯著發生噪音之虞，應先以噪音計定期測定噪音，如其音壓級在 85dB 以上，應進行勞工暴露測定，勞工工作日八小時日時量平均音壓級在 85dB 以上時，應每六個月測定一次以上』。

五、勞工健康保護規則

中華民國六十五年二月十六日公布，中華民國六十九年五月三日第一次修正，中華民國七十一年五月五日第二次修正，中華民國七十四年九月十三日第三次修正，中華民國七十九年四月十六日第四次修正，中華民國八十六年六月二十五日第五次修正，中華民國八十九年十二月二十七日第六次修正。

第 2 條勞工健康保護規則所稱特別危害健康之作業，依勞工安全衛生法施行細則第二十一條規定，包含噪音在 85dB 以上之作業等。

第 10 條雇主於僱用勞工時，應就下列規定項目實施一般體格檢查：一、既往病歷及作業經歷之調查。二、自覺症狀及身體各系統之物理檢查。三、身高、體重、視力、色盲及聽力檢查。四、胸部 X 光

(大片) 攝影檢查。五、血壓測量。六、尿蛋白及尿潛血之檢查。七、血色素及白血球數檢查。八、血糖、血清丙胺酸轉胺酶 (ALT 或稱 SGPT)、肌酸酐 (creatinine)、膽固醇及三酸甘油酯之檢查。九、其他必要之檢查。

第 11 條雇主對在職勞工，應就下列規定期限，定期實施一般健康檢查：一、年滿四十五歲以上者，每二年檢查一次。二、年滿三十歲未滿四十五歲者，每三年檢查一次。三、未滿三十歲者，每五年檢查一次。前項一般健康檢查項目依前條規定辦理。但胸部 X 光 (大片) 攝影檢查得免實施。第一項健康檢查紀錄應參照格式三為之，並至少保存十年。

第 15 條雇主使勞工從事粉塵作業外之特別危害健康作業時，應建立健康管理資料，並依下列規定分級實施健康管理：第一級管理：特殊健康檢查結果之所有檢查項目正常，或部分項目異常，經醫師認定不需實施健康追蹤檢查或實施健康追蹤檢查結果為正常者。第二級管理：特殊健康檢查或健康追蹤檢查結果，部分或全部項目異常，而不屬於其他各款者。第三級管理：特殊健康檢查或健康追蹤檢查結果，部分或全部項目異常，經醫師認定可能與職業原因有關者。前項健康管理，屬於第二級管理或第三級管理者，應由醫師註明其不適宜從事之作業與其他應處理及注意事項；屬於第三級管理者，並應由醫師註明臨床診斷。

六、噪音管制法

中華民國七十二年五月十三日公布，中華民國八十一年二月一日第一次修訂，中華民國八十八年十二月二十二日第二次修訂。

噪音管制法第二條，噪音指超過管制標準之聲音。第六條第三項，噪音管制區內不得於主管機關公告之時間、地區或場所從事餐

飲、洗染、印刷或其他商業行為使用動力機械操作之行為致妨害他人生活環境安寧。

第七條噪音管制區內之左列場所、工程及設施，所發出之聲音不得超過噪音管制標準：1. 工廠（場）。2. 娛樂場所。3. 營業場所。4. 營建工程。5. 擴音設施。6. 其他經主管機關公告之場所、工程及設施。

第十五條違反第七條第一項規定，經當地主管機關限期改善仍未符合噪音管制標準者，除依工廠（場），處新臺幣六千元以上六萬元以下罰鍰規定處罰外，並再限期改善。經再限期改善，逾期仍未符合噪音管制標準者，得按日連續處罰，或令其停工、停業或停止使用，至符合噪音管制標準時為止。屬第八條經許可始得設置之設施，必要時，並得撤銷其許可。法人或非法人之場所、工程或設施有第一項各款情事之一者，除處罰其行為人外，並對該法人或對非法人之負責人處以各該款之罰鍰。

第十六條違反第六條規定者，處新臺幣三千元以上三萬元以下罰鍰，並應令其立即改善，如未遵行者，按次處罰。

七、噪音管制法施行細則

中華民國七十三年十二月二十日公布，中華民國八十二年二月一日第一次修訂，中華民國八十八年八月二十五日第二次修訂。

第二條噪音管制法之管制標準，以最高之容許音量為準，音量之單位為分貝。

第五條第七項噪音源之檢查及鑑定事項為直轄市、縣（市）主管機關之主管事項。

第七條噪音管制區其劃分原則，由中央主管機關定之。主管機關認為管制區內有特別需要安寧之場所，得將該場所之周界外五十公尺範圍內，劃為各該類管制區之特定管制區，其噪音管制標準之最高

容許音量降低 5dB。噪音管制區交界處之音量，不得超過其中任何一區之噪音管制標準。

八、噪音管制區劃分原則

中華民國八十六年一月十日公布，中華民國八十八年七月六日修正。

噪音管制法施行細則第七條第一項所稱噪音管制區分為四類係指：

第一類管制區：指環境亟需安寧之地區。

第二類管制區：指供住宅使用為主且需要安寧之地區。

第三類管制區：指供工業、商業及住宅使用且需維護其住宅安寧之地區。

第四類管制區：指供工業使用為主且需防止嚴重噪音影響附近住宅安寧之地區。

九、噪音管制標準

中華民國八十一年六月二十九日公布，中華民國八十五年九月十一日修正。第二條工廠(場)噪音管制標準，如表 2-3。

表 2-3 噪音管制標準

管制區	音量	時段		
		早、晚	日間	夜間
第一類		45	50	40
第二類		55	60	50
第三類		65	70	55
第四類		75	80	70

資料來源：噪音管制標準

單位：dB(A)

1. 時段區分

早：指上午五時至上午七時。

晚：指晚上八時至晚上十時(鄉村)或十一時(都市)。

日間：指上午七時至晚上八時。

夜間：指晚上十時(鄉村)或十一時(都市)至翌日上午五時。

2. 管制區分類

依據噪音管制法施行細則之分類規定。

3. 音量單位

分貝(dB(A))括號中 A 指在噪音計上 A 權位置之測定值。

4. 測量儀器

使用我國國家標準 CNS NO 7127-7129 規定之噪音計、記錄器、分析器、處理器等。

5. 測定高度

聲音感應器，應置於離地面或樓板 1.2~1.5 公尺之間，接近人耳之高度為宜。

6. 動特性

噪音計上動特性之選擇，原則上使用快(fast)特性，但音源發出之聲音變動不大時，例如馬達聲等，可使用慢(slow)特性。

7. 背景音量的修正

除欲測定音源以外的聲音之音量，均稱為背景音量。測定場所之背景音量，最好與欲測定音源之音量相差 10dB(A)以上，如不得已相差在 10dB(A)以下，則依表 2-4 修正之。

表 2-4 背景音量之修正

L1-L2	3	4	5	6	7	8	9
修正值	-3	-2	-1				

資料來源：噪音管制標準

單位：dB(A)

各場所與設施負責人應配合進行背景音量之測定，並應修正背景音量之影響；若負責人不配合進行背景音量之測定，即不須修正背景音量，並加以註明。

8. 測定時間

選擇發生噪音最具代表之時刻，或陳情人指定之時刻測定。

9. 測量地點

除在陳情人所指定其居住生活之地點測定外，以工廠(場)周界外任何地點測定之。

※周界：有明顯圍牆等實體分隔時，以之為界。無實體分隔時，以其財產範圍或公眾不常接近之範圍為界。

10. 評定方法

依下述音源發聲特性，計算均能音量(L_{eq})或最大音量(L_{max})，其結果不得超過表中數值。

(1)噪音計指針呈週期性或間歇性的規則變動，而最大值大致一定時，則以連續五次變動之最大值(L_{max})平均之。如圖 2-5A 所示，為規則性變動的聲音，其變動週期一定。又如圖 2-5B 所示，為間歇性的規則變動聲音，其最大值大致一定，以讀取每次最大值，共五次平均之。

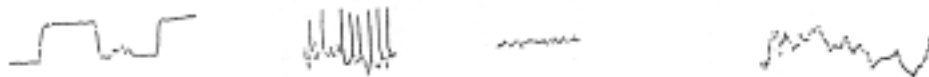


圖 2-5A 週期性噪音 圖 2-5B 間歇性噪音 圖 2-5C 穩定性噪音 圖 2-5D 不規則性噪音

(2)其他情形則以均能音量(L_{eq})表示。其取樣時間須連續八分鐘以上，取樣時距不得多於 2 秒，如圖 2-5C 所示，在噪音計指

示一定時，或指針變化僅僅 1-2dB 之變動情形，以 L_{eq} 表示。又如圖 2-5D 所示，聲音的大小及發生的間隔不一定之情形，亦以 L_{eq} 表示之。

十、管制指標

為了使噪音的影響程度能夠量化，於是依據噪音的時間及空間特性制定出各種有意義的指標。我國目前噪音管制標準係採均能音量及最大音量之方式實施管制，環境噪音品質標準則採用均能音量、小時均能音量作為指標。

1. 均能音量(L_{eq})：代表某一段時間噪音的能量平均值，將單位時間內連續變化之聲音位準予以積分，其值等於該單位時間內聲音發生的均能等量。是將某段時間內變動性的噪音以一穩定態的噪音音量表示的一種方式。均能音量以數學公式表示如下：

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^2 dt$$

T：測定時間，單位為秒。

P_t ：測定音壓，單位為 Pa。

P_0 ：基準音壓為 $20 \mu Pa$ 。

2. 最大音量(L_{max})：對於類似打樁般發生的衝擊性噪音，雖然其每次發生至結束的時間很短，但其干擾性並不遜於其他噪音，而且通常無法運用均能音量來予以適切地評估，因此對這一類噪音即採其在某段時間內所發出聲最大值來作為評斷之依據。最大音量(L_{max})是經過積分電路的均方根值聲壓。
3. 統計指標音量(L_x)：在某一測定時間內，聲度計以單位時間為間隔所擷取的噪音位準，由大到小依序排列。 L_5 代表自最高噪音位準起的第 N 個測定值，且 N 等於擷取次數的 5%，整個噪音位準順

序中有 5%的 dB 值大於 L5 統計指標音量。L95 代表自最高噪音位準起的第 N 個測定值，且 N 等於擷取次數的 95%，即整個噪音位準順序中有 95%的 dB 值大於 L95 統計指標音量。L50 則是噪音位準的中位數(Median)，即整個噪音位準順序中有 50%的 dB 值大於 L50 統計指標音量。(陳兩興，民 81、郭宏亮、張靜芬、盧天鴻，民 85)。

4. 日夜音量(Ldn)：對發生於夜間的噪音給予較大的加權，係將夜間時段(定義為夜間十時至翌日早晨七時)之均能音量加權 10dB 後再與白天時段(早晨七時至夜間十時)之均能音量求取全日之音量平均值稱為日夜音量，通常作為社會噪音暴露量之量度。

$$Ldn = 10 \log 1/24[(15 \times 100.1Ld) + (9 \times 100.1(Ln+10))]$$

Ld：為白天之均能音量

Ln：為夜間之均能音量

5. 小時均能音量：指特定時段內每小時所測得環境音量之能量平均值，其計算公式與均能音量同(行政院環境保護署，民 87，環境音量標準)。

第六節 噪音管制法相關法令對印刷業的重要性

邱濟民(民 89)指出，「現行的噪音管制法在執行應加重處罰額度並取消經勸導限期改善，再稽查超過標準後處罰之規定，讓噪音污染者可即時停止污染行為，因為噪音管制法第十五條規定，違反第七條第一項規定，經當地主管機關限期改仍未符合噪音管制標準者，除依規定處罰外，並再限期改善，經再限期改善，逾期仍未符合噪音管制標準者，得按的連續處罰，或令其停工、停業或停止使用，直到符

合噪音管制標準時為止。即當發生噪音污染時，主管機關稽查發現噪音源已發現超過噪音管制標準，依法只能勸導改善，不能即時開告發單處罰，而且在限期改善日後再進行稽查，如果仍未符合標準者，才進行告發處罰」。

噪音超過標準經主管機關稽查未符合標準者，依法只能勸導改善，不能即時開告發單處罰，而且在限期改善日後再進行稽查，如果仍未符合標準者，才進行告發處罰，結果使噪音管制的改善時效大為降低。

噪音的管制噪音管制法主要是針對受管制的對象所發出的聲音不可超過管制標準，及不可有於公告時間內產生噪音污染之行為，妨害他人生活安寧。如有噪音超過管制標準時，必須有人向主管機關陳情，噪音超過管制標準的問題才會獲得處理。換言之，印刷技術員即使覺得噪音過大只能向雇主反應或直接向噪音管制機關陳情才能獲得改善。勞工安全衛生法規定噪音在 85dB 以上之作業為特別危害健康之作業，勞工安全衛生法施行細則規定雇主於僱用勞工時，應實施一般體格檢查，勞工安全衛生設施規則規定雇主為防止勞工暴露於強烈噪音之工作場所，應置備耳塞、耳罩等防護具，並使勞工確實戴用。噪音超過 90dB 之工作場所，應標示並公告噪音危害之預防事項，使勞工周知。勞工的工作場所因機械設備所發生之噪音超過 90dB 時，雇主應採取工程控制、減少勞工噪音暴露時間。因此，勞工安全衛生法是印刷機操作技術員聽力保護的重要保障。

第七節 噪音量測儀器

一、聲度表(Sound level meter)

中國國家標準(CNS)中之聲度表是量測噪音時最常用的儀器，一般通稱為噪音計。各廠牌噪音計雖有不同之型號、功能、性能與外型，

但符合國際電器組織標準(IEC651 及 804)的噪音計，基本條件必須包括：微音器、前置放大器、權衡電網、衰減器、整流器、時間特性、數據輸出、內部校正器、指示儀表等部份，另外有些噪音計可外接或內藏濾波器，如圖 2-6 所示。(林守香等，民 88)。

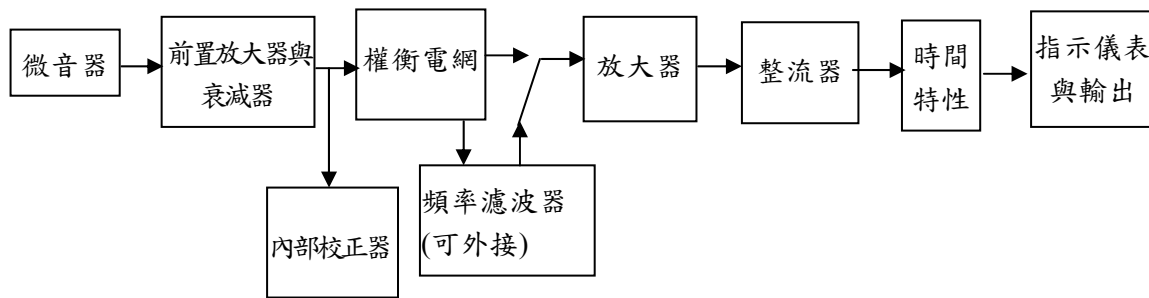


圖 2-6 噪音計內部基本部份配置圖

資料來源：林守香等，民 88

微音器或稱麥克風，內有薄膜(Diaphragm)可將聲波轉換為電子訊號，是噪音計中最重要之部份(蘇德勝，民 86)。林守香等(民 88)指出，「依據國際電器組織標準(IEC 651 及 804)或美國國家標準(ANSI 1.4)，噪音計之分類可由其基本特性、極限值、頻率、時間加權特性及對環境的敏感度等分為 Type 0、Type 1、Type 2、Type 3 四類型」。

邱濟民(民 89)指出，「噪音管制法規定必須使用我國國家標準 CNS 7127-7129 規定之噪音計、記錄器、分析器、處理器等作為噪音測量儀器」，此規定乃是民國 84 年 10 月以前的所採用的國家標準(CNS)規格，將噪音計分為精密噪音計(CNS 7129，相當於 IEC 規定的 Type 1 型)、普通噪音計(CNS 7127，相當於 IEC 規定的 Type 2 型)及簡易噪音計(CNS 7128，相當於 IEC 規定的 Type 3 型)三種。中央標準局於 84 年 10 月 2 日修訂公佈廢除有關 CNS 7127 及 7128 兩項標準之規定和大幅修訂 CNS 7129。修訂後的 CNS 7129 標準自民國 85 年

10 月 2 日起施行，現行噪音管制標準對噪音測量儀器之規定並未配合新的國家標準作修訂，故已不符合 CNS 國家標準現況。

目前各縣市環保局在執行稽查作業時所使用的儀器多屬精密型 (Type1) 噪音計。邱濟民(民 89)建議現行噪音管制標準條文中有關規定測量儀器規格也應進行修訂。我國國家標準之聲度表依不同準確度分為四類型，其設計為 0 型、1 型、2 型、3 型，各型的說明如下(中國國家標準 CNS 7129，民 84)。

- (1) 0 型：實驗室的參考標準。
- (2) 1 型：特別設計於實驗室使用和聲音環境能被詳細說明或控制的場合使用。
- (3) 2 型：適用於一般聲場的量測。
- (4) 3 型：適用於現場噪音場的概略評估。

聲度表在製造商所規定的暖機時間後，和依照製造商推薦的聲場核對或校正程序下，各類型的聲度計其讀值必須準確的符合規定的許可差如下(中國國家標準 CNS 7129，民 84)。

- (1) 0 型： $\pm 0.4\text{dB}$ 。
- (2) 1 型： $\pm 0.7\text{dB}$ 。
- (3) 2 型： $\pm 1.0\text{dB}$ 。
- (4) 3 型： $\pm 1.5\text{dB}$ 。

有關聲度表基本特性的校正和確認規定了所有的測試必須參考或在溫度為 20°C 相對濕度 65% 大氣壓力為 $101.3\text{kPa}(1013\text{mbar})$ 之標準參考狀況下執行(中國國家標準 CNS 7129，民 84)。

聲度計的放大級通常都包含多個量限，每一個量限的數值比前一個量限多 10 分貝，由使用者設定(陸繼雄，民 77)。普通噪音計的測定頻率範圍為 $31.5\text{Hz}\sim 8000\text{Hz}$ 。聲度計模擬人耳對聲音的反應，分為 A、B、C 三種過濾聲音頻率的方式而設計，分別對低頻率的聲音以強烈、中度、輕微三種程度過濾，所測得之結果分別以 dB(A) 、

dB(B)、dB(C)表示。噪音計的動特性(指針移動速度)有快速(Fast)、慢速(Slow)兩種。市售的噪音計的噪音級及音壓級測定範圍為 30dB~130dB (黃忠良, 民 81)。Fast 是即使施加繼續時間 0.2 秒的正弦波信號, 指針的晃動與施加同大小連續正弦波信號時的指針晃動差不多的速度。施加繼續時間 1 秒以下的信號時, 指針晃動小於施加連續正弦波信號時的指針晃動。若是繼續時間 0.2 秒以上的音可從感覺上與連續音同大小的聽感特性決定此值。Slow 是以較慢的速度減少指針的晃動, 以便容易讀取指示值(黃忠良, 民 81)。

二、噪音劑量計(Noise Dosimeters)

噪音劑量計與噪音計之組成相當類似, 包括微音器、前置放大器、權衡電網、時間特性、整流器、數據處理與指示儀等部份。噪音劑量計又稱為噪音暴露監測器(Noise-Exposure Monitor)乃是將噪音之 A 權衡音壓位準經特殊設計之積體電路予以累積, 累積時段可達八小時或更長的時間, 並可轉換為劑量(Dose), Dose(%)就是用來表示勞工個人暴露時量平均音量。劑量也可以換算為等聽力傷害時量平均值(Time Weighted Average Sound Level; TWA)。等聽力傷害時量平均值乃日工作八小時之時量平均值, 以 dB 表示。採 5dB 減半率原則($q = 5$)時, Dose 與 TWA 之關係如下:

$TWA = 16.61 \times \log(D/100) + 90$, D 為測定時間 T 小時所得之劑量。美國職業安全衛生署(Occupational Safety and Health Administration)規定 Dose 值達 100% 時代表八小時日工作量平均音壓級(TWA)為 90dB(A)。

3dB 原則假設聽力損失正比於所接受之聲音能量, 故能量每增加 3dB, 容許曝露時間減半。5dB 原則是由實驗證實噪音導致暫時性聽力損失, 每增加 5dB 相當於曝露時間加倍。

我國勞工作業環境噪音暴露採用 5dB 原則，測定勞工八小時日時量平均音壓級時，將 80dB 以上之噪音以增加 5dB 降低容許暴露時間一半之方式計算，所選用之噪音劑量計必須符合 5dB 原理之設計，如 A 權衡音位準 90dB 四小時所指示的劑量與 95dB 二小時所指示的劑量應為相同。歐洲國家大多採 3dB 原理，其所選用之噪音劑量計需符合 3dB 原理或等能量原理之設計。

噪音對聽力的傷害具有累積性，當勞工暴露於噪音作業場所時，因工作場所本身噪音量的變化或勞工在作業場所移動，使勞工所接受之噪音劑量隨時都在變動，為評估作業對勞工聽力的傷害，即需使用噪音劑量計來量測。一般個人噪音劑量計本體體積小，可夾於腰間皮帶或置於口袋中，並以延長管線將微音器夾於衣領或耳朵附近。將微音器置於噪音地區之固定地點，以監測該噪音場所者稱為一般噪音劑量計。噪音劑量計之指示值為劑量或對某一暴露基準，如 85dB 分貝或 90dB 之暴露百分率(蘇德勝，民 86)。

三、噪音源量測儀器

進行音場模擬需依據軟體規定來定義噪音源之音源特性，其特性包括音源位置、聲功率與指向性三大部份，量測方法與儀器分述如下：

1. 音源位置

音源位置之量測乃利用實時頻率分析儀及音強掃描器進行定點量測，以音源位置模擬軟體建立機器整體之音場分佈。求得點噪音源之位置。若機器內具有多個噪音源，亦可利用音源位置模擬軟體求得一整體之音場分佈，決定機器之等效噪音源位置。

音源位置模擬軟體是將模擬空間每個平面分割成許多格子，於每個格子中心點量測音場，由音源位置模擬軟體處理並呈現平面上之音場分佈，即能藉此確立噪音源的位置。

2. 音源聲功率量測

聲功率為噪音源散發之能量，量測方法即將噪音源空間表面分割成若干小平面，於每一小平面上進行音強量測，每一平面之聲功率為音強與面積之乘積，各平面聲功率之總和即為噪音源散發之能量大小，公式如下：

$$\dot{W} = \sum_{K=1}^n I_{nk} S_k$$

\dot{W} = 聲功率總和

I_{nk} = 通過第 k 個小平面且垂直於表面的音強大小

$I_{nk} S_k$ = 第 k 個小平面面積

N = 小平面的數目

3. 音源指向性

現今多用電腦軟體進行點音源指向性之模擬，先將噪音源聲功率與噪音源位置資料輸入模擬軟體中進行音場模擬，由求得假想空間表面之模擬音場直接與量測音場值比較，逐步調整軟體噪音源之指向性。直至模擬音場值與直接量測值相同，即可定義噪音源的指向性。(林守香等，民 88)。

第八節 工廠作業現場噪音測定

噪音測量和分析是人們認識噪音問題本質的一種重要方法。噪音測量是泛指先用機電換能器把聲波轉換為相對應電信號，然後用電子儀表放大到一定的電壓再進行測量(沈嶸，民 82)。

一、工廠作業現場噪音測定

準確界定危害因子對勞工健康危害極為重要；噪音作業場所的調查與測定為瞭解勞工是否有因職業暴露而產生危害的重要依據，林守香等(民 88)指出，測定的目的有：

1. 判定是否有噪音危因素存在。
2. 選定需納入執行聽力保護計劃的噪音暴露勞工群。
3. 噪音暴露勞工群之噪音控制與建立執行聽力保護的優先順序。
4. 判定環境噪音是否影響交談與警告信號的聽取與判定。
5. 量測環境噪音音壓級與頻譜資料，作為防音防護具選用之參考。
6. 特定噪音源的診斷，作為噪音控制的參考。
7. 評估實施噪音控制的成效等。

在何處測定噪乃因噪音測定目的而異，測定機械等噪音源的噪音級時，原則上選可測定來自噪音源之直接音的位置，通常在十分接近噪音源的位置測定。在工廠內評價噪音對作業者的影響時，測定位置選在作業者耳朵位置附近、作業者的移動線上。欲知作業場的噪音概要時，把作業場分為等間隔網的交點為測定位置，在多個交點測定。測定出自工廠或作業的噪音時，在工廠或作業用地邊界線上或邊界線外選定測定位置而測定。測定環境噪音時，在代表該地域噪音的地點或易因噪音發生問題的地點測定(黃忠良，民 81)。由一音源所輻射之噪音之情形，與音源之大小有直接之關係。當輻射噪音之波長與音源相比為甚大者，通常此音源均勻向各個方向輻射噪音。當噪音之波長與音源相比為甚小者，則噪音在某些方向較其他方向輻射較多之噪音。量測工廠音源若操作者係站立則微音器的位置最好位於地面以上 1.5 公尺，若操作者係坐著工作則微音器位於地面以上 1.1 公尺，若操作者係臥姿工作則微音器應位於地面以上 0.6 公尺(徐萬椿，民 64)。

在測定由機械所產生之噪音時，通常是離機器 1 公尺之附近數數加以測定，在進行噪音控制時，一般取最大的數值作為代表值。日本 JIS 對機械的測定位置，依其對象之大小有下列規定(蘇德勝，民 86)。

- (1)小型機器(最大邊長不超過 20 公分)，離機器表面 15 公分處測定之。
- (2)中型機器(最大邊長不超過 50 公分)，離機器表面 30 公分處測定之。
- (3)大型機器(最大邊長超過 50 公分)，離機器表面 100 公分處測定之，並離地板 1.2 公尺。

在(1)及(2)中其測定點為一點，但若機器之某部位發出特別大之聲音時，則測定點選在接近該部位處。另亦可於大型機器中可於周圍之多點加以測定，量其平均值。

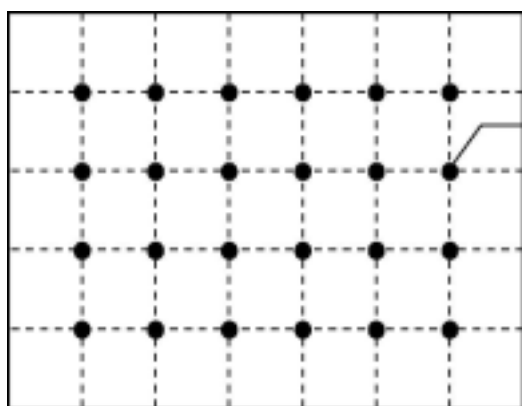


圖 2-7 作業場所噪音測定點選擇
資料來源：林守香等，民 88

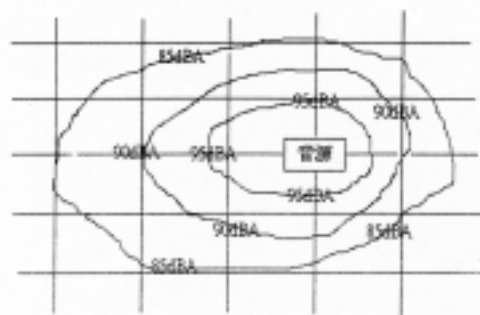


圖 2-8 作業場所噪音等音壓級曲線評估示意圖
資料來源：林守香等，民 88

在作業場所進行噪音測定時，若噪音源為移動音源，測定點應選在勞工作業位置且高度約達勞工耳邊；若噪音源固定時，需於實施噪音測定之單位作業平面圖上將噪音源、機械設備與勞工作業位置標出來，並將作業區以 3~5 公尺等間隔設定測定點，如圖 2-7 所示位置測定，測得的音壓級可利用電腦軟體繪製該作業場所之等音壓級曲線，如圖 2-8。噪音測定時，為考量周圍建材(如牆、窗等)或物體反

射面之影響，通常微音器應距離反射物 1 公尺以上，高度距地板 1.2~1.5 公尺高（林守香等，民 88）。

依據噪音管制法之規定工廠、營業場所、娛樂場所、營建場所、擴音設施、其他經主管機關公告場所或設施都是管制的對象。測量工廠機器噪音聲度計應置於離地面或樓版 1.2~1.5 公尺之間，接近人耳高度為宜。

二、勞工暴露劑量測定

短暫的撞擊或衝擊性噪音的持續時間短，聽起來響度可能不是很大，但是對聽力的傷害確是極嚴重的。勞工安全衛生設施規則第 300 條規定，在任何時間內噪音的峰值音壓級皆不可以超過 140dB_A。也就是說在噪音劑量計中，必須要有偵檢與顯示峰值音壓級的能力。因為是同時測定一相同的噪音信號，測定峰值音壓級的迴路與計算噪音劑量的迴路是兩個平行的電路，隨時進行監測的功能。

以劑量計評估勞工八小時噪音暴露時，是指其在正常工作時間內，如上午 8 點~12 點，下午 1 點~5 點的暴露劑量，不包括中午休息的一個小時。因此計算劑量時，應將上午時段的劑量和下午時段的劑量累加，所得的累積噪音暴露劑量。若上午有固定的休息時段如 10 點~10 點 20 分，20 分鐘休息仍在工廠內，則此時的噪音劑量計不必關機，因為此時仍屬正常作業時段。但若因偶發性暫時離開工作場所，則應將噪音劑量計關機，待回到工作場所後，再繼續測定。

依據勞工安全衛生設施規則第 300 條規定之噪音暴露劑量，原則上必須讓該勞工隨身佩戴噪音劑量計，以測定該勞工在一天內所接受的噪音暴露劑量。雖然此方法甚好，可以相當準確的得知該勞工的噪音暴露劑量，但是測定時間極長，需要一個八小時工作天。若讓每一位勞工皆佩戴噪音劑量計進行測定，那勢必費時且不實際。如果勞工所處在的噪音環境中，其音壓級的變化並不是很大或者是其變化呈一

穩定週期性循環或者是其工作範圍位置局限在一小區域內，則可以使用積分型噪音計測定一段時間或數個週期的音壓級，來預估勞工的噪音暴露劑量。如果在工作時，勞工的位置會移動，那麼在測定音壓級時，噪音計亦須隨著勞工的工作位置而移動，且須長時間監測。另外暴露於衝擊性噪音時，須先檢測峰值音壓級是否超過 140dBA，評估出勞工在此場所工作是否處於高噪音暴露區域或是較安全的低噪音區域，再決定是否需要再進一步使用噪音劑量計測定，或是採用噪音工程控制及聽力保護計畫(林守香等，民 88)。

三、頻譜分析

聲音特質視頻率高低、振幅大小和波長等因素而定，對受音者的影響也與頻率範圍有關。噪音通常是由許多不同頻率的純音組合而成，因此在測定噪音時除測定其音壓級外，尚需分析其頻率組成才能完全瞭解該噪音之物理特性；實務上在進行噪音控制工程時，必須對遮音效應、吸音設計、反射效應、乃至防音防護其檢測等作通盤瞭解，這些特性與聲音頻率高低均有密切關係，因此頻率分析是研究噪音之重要課題。由於分析噪音頻率時，是探討一序列由低(20Hz)至高(20KHz)的頻率對應音壓級高低而不是對單一頻率，因此這種以頻率為橫座標、音壓級為縱座標來探討噪音成分者，常稱為頻譜分析(frequency spectral analysis) (林守香等，民 88)。

分析噪音之頻率可採用固定頻寬(constant bandwidth)或固定百分率頻寬(constant percentage bandwidth)兩種方法。(洪銀忠，民 89)。傳統音學上依據人耳的聽覺特性，對聲音譜採用等比例頻寬度，即將人耳聽覺頻率範圍依等比例劃分頻帶，它的頻率上限與下限關係式通常可表示如下。

$$f_2=2^n \cdot f_1$$

其中， f_1 為下限頻率， f_2 為上限頻率， $n=1$ 時，上限頻率為下限頻率的二倍，定義為八音度頻帶(octave bands)，在有些噪音測定時，考慮八音度各頻帶頻率範圍太大無法描述目標噪音特性，而需要採用較小頻帶取 $n=1/3$ 稱為 1/3 八音度頻帶。上述兩種頻帶分析是一般噪音分析最常採用的，而 n (八音度數目)不論是什麼數目， f_1 與 f_2 ， f_0 均維持如 $f_2 = 2^{n/2} \cdot f_0$ 和 $f_1 = 2^{-n/2} \cdot f_0$ 的關係。 $B = f_2 - f_1 = (2^{n/2} - 2^{-n/2}) f_0 = \beta \times f_0$ ，其中 B 為頻帶寬度， f_0 為頻帶中心頻率，單位為 Hz， β 為常數， $n=1$ 時 $\beta=0.231$ ， n 可為 1/1，1/2，1/3……。其中以 1/1 和 1/3 頻譜較常被使用，而 1/3 八音階頻譜因與人耳對各種不同頻率敏感寬度較接近，故為國際標準組織(ISO)所採用(林守香等，民 88；洪銀忠，民 89)。

第九節 平版印刷機噪音測定

平版印刷是由最初的石印演進而成，後來發展用鋅和鋁兩種金屬薄版曬製而成的平面版和平凹版(楊暉，民 63)，金屬版材製版技術不斷改良，由鋅版到含水性更好的鋁、更耐印的鍍鉻多層版子、PS 版(蕭耀輝，民 75)，版面之印紋與非印紋皆在同一平面上之印刷技術，它是利用油與水不相混合的原理上墨印刷(許瀛鑑，民 54)。當水膠輥接觸印版表面時無印紋部份會吸收水份，當墨輥接觸版面時則印紋部份會吸收油墨。石版印刷(Lithography)的版材是石板，珂羅版(Collotype process)的版材是玻璃。石版與珂羅版印刷物的印紋，都是直接使版面的油墨印在紙上，乃屬直接印刷的一種(許瀛鑑，民 65)。鋅版和鋁版取代石版之後，平版印刷機的結構更有了圓版圓壓式的設計，即印刷單位由兩個滾筒所組成；印刷滾筒供裝版之用，而壓印滾筒則供捲紙壓印之用，油墨由印版直接印至紙張上面，仍然屬於直接印刷方式。廿世紀以前的平版印刷皆是採直接印刷的方式。

在西元 1905 年美國魯貝爾先生發明了第一部橡皮轉印平版印刷機；這種印刷在傳統的印版滾筒和壓力滾筒之間，加上一個橡皮滾筒，作油墨轉印之用(林行健，民 88)。

印刷作業過程中，由於印刷墨輓快速轉動與被印刷物的接觸、分離等作業程序，以及作業場所空壓機、馬達等機械所產生的大量令人不舒服的噪音(林建良，民 87)，是平版印刷廠的主要噪音源。平版印刷機主馬達的驅動力是機器運轉的動力，同時又利用另一具馬達帶動幫浦產生真空及壓縮空氣作為飛達(Feeder)的動力。除此之外又有排紙真空剎車的真空動力、自動潤滑系統的液壓幫浦動力、飛達紙台上昇及下降馬達、濕潤系統水槽輓驅動馬達、真空剎車驅動馬達、排紙架紙台上昇及下降馬達、水槽水循環幫浦馬達、水槽水冷卻馬達、版位移動馬達，排紙風扇馬達、氣動機具動力馬達、墨槽鍵小馬達、橡皮布清洗器馬達等(陳政雄，民 75)。

印刷機水平狀況不佳時，會造成印刷機一邊受力較大，如此會使受力較大的那邊，所有的支撐元件受到損傷而產生間隙。這樣不僅造成印刷的精度不良，更會因此產生無謂的溫度上升及噪音(張景行，民 90)。齒輪和軸承普遍應用於各種機器中，前者用來傳輸扭矩和變速；後者則用於支承回轉軸。在正常運行時，由於齒輪一般有比較牢固的齒輪箱保護，齒輪噪音不易透過，但是齒輪因長期使用而磨損、齒輪製造精度、安裝誤差、齒輪箱鬆動等因素影響，會使齒輪噪音增加(沈 濠，民 82)。

捲筒輪轉平版印刷導入印刷市場的初期，高品質要求的印件仍採張頁機印刷，而對於品質要求較低且數量大的印件則以捲筒輪轉平版印刷機來印刷。由於科技之進步，輪轉機已能印刷高品質之產品，而其印製材料損耗率亦大幅降低，如今已成為印刷業之新寵(陳昌郎，民 87)。平版捲筒輪轉印刷概分為新聞輪轉印刷與商業輪轉印刷；中國時報於民國五十六年引進彩色新聞輪轉機，引導台灣進入平版輪轉

印刷之時代。而商業輪轉平版印刷機則遲至民國七十三年，才由高長印刷引進；又因數年前適逢經濟景氣，業界如雷射、華欣、秋雨、中華、尚鋒等公司陸續引進彩色輪轉機才正式開啟台灣商業輪轉印刷的新紀元(印藝傳真編輯部，民 81)。

轉輪機具有大量與快速印刷的特性。近十年來輪轉印刷拜其較高的經濟效益及產能，使成長率一直遠超過各式的張頁印刷機。縱使美國印刷基金會預測其未來的成長將減緩下來，但不可忽視的，其仍將為日後大宗平版印刷業務市上的主控者(吳德明，民 81)。目前市場上的輪轉機可大致分為給紙單元、印刷單元、乾燥單元、冷卻單元、折紙／收紙單元、連線加工單元等。聲音會透過空氣及結構(振動)向外擴散。大部份聲源都會同時產生以空氣傳導和以結構傳導之噪音(張柏成，民 74)。

噪音控制時，測定音壓位準雖可知有問題存在，但欲真正解決問題須再做頻率分析，通常以八音階或 1/3 八音階之頻譜分析。圖 2-9 係印刷業之輪轉機作業場所噪音，並以 1/3 八音階頻譜分析結果。為瞭解工業噪音對其作業場內作業勞工之影響，可以在作業場所依等間隔實施噪音均能音量(L_{eq})測定，以評估作業環境之噪音實態。另為了解勞工暴露實況，可以噪音劑量計對作業場所的勞工實施個人採樣，以評估勞工噪音暴露劑量。蘇德勝(民 78)專著「印刷業作業場所噪音及危害預防現況之探討」與林建良(民 87)專著「印刷業勞工噪音暴露及工程改善之研究」所使用的噪音測定法分述如下。

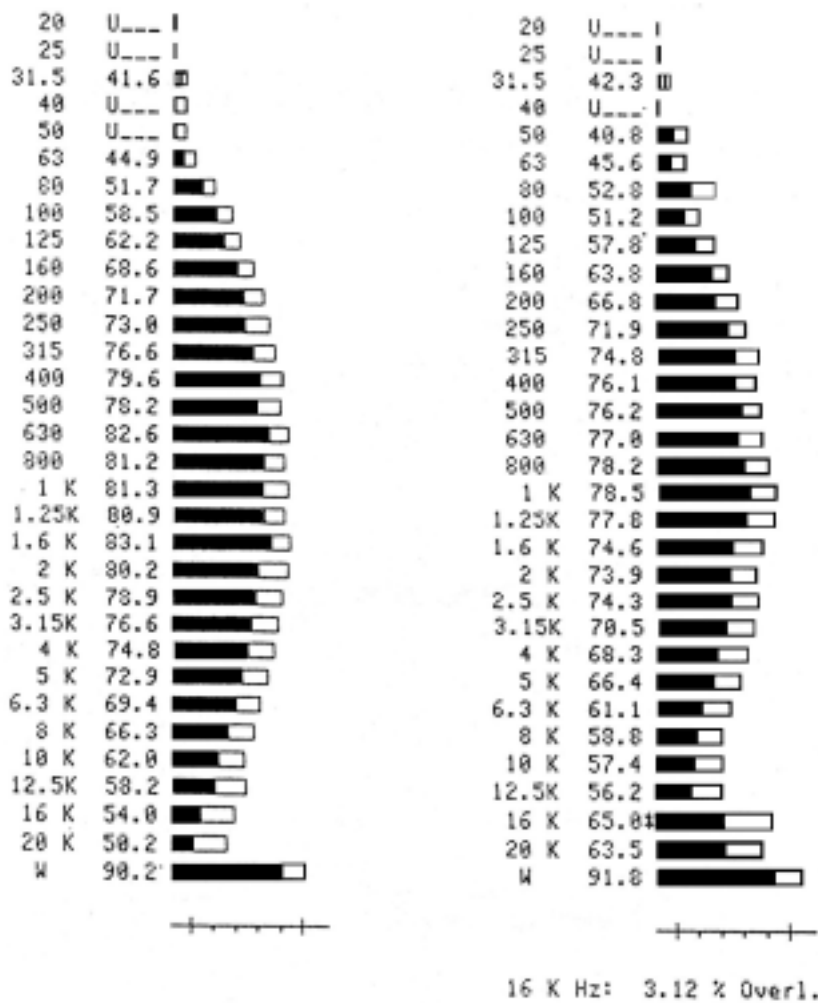


圖 2-9 印刷業輪轉機之頻譜分析

資料來源：蘇德勝等，民 78

一、印刷業作業場所噪音及危害預防現況之探討之方式

(一) 實施調查的方法

對各廠勞工之主要作業位置，以精密型噪音計實施均能音量測定及頻率分析，並對該作業位置之勞工以噪音劑量計實施勞工噪音暴露劑量測定。由於印刷作業場所噪音為穩定及連續性噪音，故均能音量及暴露劑量測定時間分別選擇 10 秒及 2~4 小時。

(二) 使用設備

1. 噪音計(Sound Level Meter)：採用丹麥必凱公司 2231 型模組式精密型噪音計。可實施 "A", "C", "Lin" 及 "All pass" 等權衡噪音測定。

2. 頻率分析器(Frequency Analyzer)：採用必凱公司 1625 型音帶濾波器組，可選擇 1/3 八音帶或 1/1 八音帶，中心頻率可從 20Hz 至 20000Hz，並與該公司 BZ7130 頻率分析模組使用，可在每一頻帶中計算 Leq、Max 及 Min、RMS MAX、Peak 等。
3. 列表機(Printer)：採用必凱公司 2318 圖式文件列表機。
4. 噪音劑量計(Noise Dosimeter)：採用必凱公司 4434 型噪音劑量計，能對短至 100 μ s 的噪音峰作出反應，累積暴露劑直接液晶數字顯示於劑量計上，所用校正器為必凱公司 4230 型聲音位準校正器，標準聲音為 1000Hz，94dB，依 5 分貝容許暴露時間減半原則設計。

(三) 調查結果

測定點選定依各勞工主要作業位置而定，一般每一作業場所選擇 4~6 測點，每一測點擇一勞工實施二至四小時勞工個人採樣，並以噪音劑量計之勞工暴露劑量(以 $q = 5$ ，5 dB 減半率原則測定)推算勞工暴露時間的噪音平均值。另為瞭解勞工實際暴露劑量與主要作業位置之噪音的關係，並於勞工作業位置測定其十秒鐘之均能音量(Leq)。各作業場所經測定後之實測值、平均值、標準偏差與相關係數如表 2-5。

表 2-5 印刷業各作業場所主要勞工作業位置之均能音量及勞工暴露時間的平均音量

作業場所類別		各測點測值					平均值 (\bar{x})	標準偏差 (σ_{n-1})	相關係數 (R)	備註
紙類印刷(一)	Leq	90.3	83.6	88.0	85.9	87.0	86.96	2.48	0.998	其中 TWA 係由噪音劑量計以 q=5(5 分貝減半率原則)實施之露劑量測定值所換算得來之暴露時間的平均音量。
	TWA	90.4	84.2	88.0	86.0	87.2	87.16	2.31		
紙類印刷(二)	Leq	89.3	85.6	84.0	83.5	84.4	85.36	2.34	0.91	
	TWA	90.2	85.0	85.3	85.0	86.3	86.36	2.21		
紙類印刷(三) 輪轉印刷	Leq	89.2	90.3	90.2	89.8	91.0	90.10	0.66	0.42	
	TWA	90.0	89.9	89.6	89.8	90.4	89.92	0.30		
馬口鐵印刷 (一)	Leq	86.0	83.8	86.2	86.1	89.3	86.28	1.96	0.998	
	TWA	85.7	83.5	86.0	86.0	88.9	86.02	1.92		
馬口鐵印刷 (二)	Leq	84.0	82.6	82.6	83.6	89.0	84.36	2.67	0.86	
	TWA	86.0	83.0	82.8	84.2	87.0	84.60	1.85		
膠膜印刷(一)	Leq	85.7	80.2	80.6	83.3	83.1	82.58	2.24	0.85	
	TWA	87.8	80.8	80.2	84.3	80.3	82.68	3.32		
膠膜印刷(二)	Leq	83.6	79.1	80.7	79.3		80.68	2.08	0.88	
	TWA	82.0	79.0	79.3	80.0		80.08	1.35		
塑膠皮印刷 (一)	Leq	75.3	77.7	89.4	86.8	84.7	82.78	6.03	0.41	
	TWA	80.3	85.0	83.7	84.7	82.0	83.14	1.97		
塑膠皮印刷 (二)	Leq	79.3	78.0	80.2	83.2	80.0	80.14	1.91	0.77	
	TWA	80.0	78.8	79.3	81.0	78.6	79.54	0.98		
排版印刷(一)	Leq	87.3	87.2	89.2	88.2	86.1	87.0	87.50	1.07	0.75
	TWA	88.0	88.2	92.2	97.0	97.1	86.3	87.8	1.37	
排版印刷(二)	Leq	89.2	88.3	88.4	88.3	89.8	88.8	0.60	-0.54	
	TWA	86.0	88.2	89.1	89.1	88.0	87.6	88.00		1.15
銘鐵印刷	Leq	85.9	85.2	83.2	84.8	85.8	85	1.11	0.63	
	TWA	78.8	76.7	77.0	78.6	79.2	78.06	1.13		

資料來源：蘇德勝等，民 78

二、印刷業勞工噪音暴露及工程改善之研究(林建良，民 87)

(一)噪音源測定採樣

使用 Quest 1700 型噪音計。儀器測定位置，參考日本 JIS 標準及行政院勞工委員會所編撰之「物理性因子(甲級)作業環境測定教材」規定，在印刷機正常轉速下，於印刷機器各單元，離機器表面 100 公分處，麥克風高度為 1.2~1.5 公尺，麥克風之指向應隨著音場

之型態而改變，印刷作業場所為殘響音場(Reverberant)，麥克風的指向應與音源成 70~80 度。為避免受到反射音之干擾，測定位置須開牆壁、地板距離 1 公尺以上，同時，以三腳架固定麥克風。聲源停止發聲後，聲音在密閉空間內反射延續的時間稱為殘響(宋玲，民 85)。

(二) 頻譜分析採樣

使用 Quest 1700 型噪音計，外接麥克風及 Quest 0B-300 型頻譜分析器進行測定。儀器測定位置，先以噪音計繞印刷場所一周，選擇音值較高之位置，在印刷機正常轉速下，離印刷機器表面 100 公分處測定之，麥克風之高度採 1.2~1.45 公尺，測定印刷機器所產生之音頻譜。

(三) 經由作業環境測定之結果，各種印刷機之噪音頻譜分析如下：

1. 平版印刷機

平版印刷機噪音分佈音壓位準 80dB 以上者在 125~800Hz，低頻部分之噪音源係由給紙單元之吹氣裝置所造成。

2. 輪轉印刷機

輪轉印刷機的噪音頻譜呈現一寬頻分布之狀態，主要的頻率集中於 125Hz 至 2500Hz 之間，由於其含有 1000Hz 以上之高頻噪音，該作業場所有實施工程改善之必要。

第十節 平版印刷廠印刷機噪音控制

工廠隆隆的機械聲，代表著經濟的成長與社會的繁榮，然而由機械產生的工業噪音卻也直接的危害了作業勞工的健康，甚至影響了工廠周圍的環境(蕭金政，民 82)。噪音值若超出了法令標準則需研擬防制對策以降低噪音量；目前國內在廠(場)區方面則採用降低音源

(使用消音器)、傳播途徑阻隔(設置隔音罩)及受音者保護(防音室)等諸多措施(習良孝等, 民 86)。噪音控制的目的是降低噪音對人類身心健康的影響, 建立人們滿意之工作環境, 避免因噪音造成語言交談障礙或令人產生煩躁的壓力甚至到達聽力受損的程度。

一、噪音控制技術基本原理

噪音控制技術基本原理是減低發生聲音物體的振動或吸收聲音把聲音的能量變為熱能而消滅。吸音、隔音、阻尼減振、振動隔絕等是噪音防制常用的技術。陳光漢(民 87)指出利用吸音材料的特性, 將入射噪音吸收或利用隔音材料將入射噪音阻隔。吸音涉及能量的轉換, 將音能轉換成熱能、振動能等其他型式的能量, 使得反射音能降低; 而隔音則不牽涉能量轉換, 只是將能量反射和阻隔, 使得穿透的音能降低。噪音吸收是指在特定空間內降低噪音量, 通常以吸收率表示; 而噪音阻隔是指防止噪音從特定空間內逸散, 通常以傳輸損失表示。噪音控制技術基本原理簡述如下:

1. 吸音

吸音是以多孔性材料使聲波進入其內部孔隙, 經過多次的反射, 吸收部分的能量, 將音能轉化為熱能而達到降低音量的目的。

2. 隔音

隔音又稱為遮音, 乃是利用材質較重或密度較高的材料當作屏障物, 使聲音在通過時耗損較大的能量而減少聲音的穿透量, 達到阻隔噪音傳送的效果, 或用圍護結構把聲音的傳播途徑限制在某一範圍內。

3. 阻尼減振

利用阻尼(damping)材料或結構以減少或吸收振動能量, 黃忠良(民 81)指出: 「為減低振動而吸收來自振動源的能量稱為阻尼」。阻尼乃是機械能變成熱能(徐萬椿, 民 64)。要控制齒輪噪音就必須在設

計與製造階段合理的確定齒輪的參數和製造精度。對於齒輪箱的設計應儘可能的減少箱體由於振動而引起的噪音輻射，採用重型鑄鐵箱或雙層壁的箱體，在箱體表面復加阻尼材料，提高箱體的阻尼係數，增加傳輸損失來控制箱體的輻射噪音(沈嶠，民 82)。

4. 振動隔絕

為了要消除從振動源傳來的聲音，在振動源與物體間用彈簧裝置隔絕振動的傳遞(陳兩興，民 86)，將振動能量予以消除，使振動源的振動不直接傳至結構物。

二、平版印刷機噪音源

平版印刷機噪音是平版印刷廠主要的噪音源，平版印刷機噪音源有二種，說明如下(陳癸霖，民 79、李興才等，民 84)。

1. 機械性機構為主的噪音源

平版印刷機作業運轉時，滾筒與滾筒間的衝擊、摩擦，墨輓、傳遞輓、水輓等之間的傳動摩擦；機器本身振動的能量傳到接觸版，而引生振動，再經過固體或空氣等介質傳送而產生噪音。

2. 以空氣為主的噪音源

平版印刷機作業運轉時，空氣壓縮機(Compressor)之吹氣、吸氣帶動紙張印刷所產生的聲音。

三、平版印刷機噪音源控制方法

噪音係由噪音源產生，經由傳播途徑而達接收者，故印刷機噪音源的控制方法可依印刷機噪音源音量控制、傳播路徑之阻隔、受音者防護三方面進行。印刷機噪音源音量控制的方法為：降低印刷機的運轉速度、裝設消音器、隔音罩、阻尼減振、控制音源位置等。傳播路

徑控制包括增加音源與受音者之間的距離、圍蔽音源或利用阻隔結構等(王偉輝，民 89)，以距離衰減、建立屏障之控制最為常用。受音者防護乃是佩戴聽力防護具保護受音者或作業人員定時輪班減少噪音曝露時間。根據管灶祥、李憲彥(民 85)指出，「耳塞最高可降低 25dB 左右的噪音」。林鴻清、徐銘燦、張克昌等(民 87)則指出在理論上，耳塞可後減低低頻約 25dB，高頻約 40dB；而耳罩則在低頻可降低 30dB，高頻則減低 50dB 之效用。故佩戴聽力防護具是降低噪音暴露的一種簡便而有效的方式。

但許多作業人員因為使用防護具會妨礙正常業務的交談和不能及時聽到危險警訊而不願使用(余達德，民 78)。這些噪音控制方式都有極限，通常無法利用單一種措施完成改善，只有三種方法交互並用才能以最經濟的投資獲得最大的效果。

(一) 印刷機噪音源音量控制

噪音源音量控制是最直接而有效的噪音控制技術，主要的目的是直接減少來自噪音源的音量，以達到噪音控制的效果。印刷機噪音源音量控制的方法詳細說明如下。

1. 降低機器的運轉速度：將機器的運轉速度減緩，減少摩擦與強烈振動。
2. 裝設消音器：消音器是指在流體流動的管路中，利用聲波的吸收、反射及干涉等原理將聲音予以衰減的裝置；可裝設於空氣壓縮機氣體急速進出口處，但需考慮使用時，造成管壓增大的問題。
3. 隔音罩：將音源完全包圍減少聲音的穿透量或加吸音裝置以吸收部分的能量並轉為熱能。
4. 阻尼減振：在噪音發生源以阻尼材料做處理，減少振動能量的傳導。
5. 控制音源位置：避免音源太靠近角落或牆壁。

(二)傳播路徑之阻絕

聲音藉著介質而傳播至四面八方，除了由音源控制以降低音量之外，也可藉由傳播路徑之阻絕而達到降低音量的效果。聲音傳播路徑之阻絕有下列方式。

1. 距離衰減：聲音的能量隨著聲音傳播距離增加而衰減，因此，受音者與音源間的距離增加即可以減低聲音的音量。平版印刷機之噪音可藉由幫浦至廠房外，以減少來自幫浦的噪音。
2. 吸音：廠內除了直接由噪音源產生的聲音外，另有來自反射面而到受音者的擴散音，天花板、牆壁、地板等堅硬的反射面，幾乎可將聲音完全反射，故天花板、牆壁、地板等處鋪吸音材料，以減少聲音反射。
3. 隔音：在聲音的傳送路徑設置隔音牆減少聲音透過，或用圍護結構把聲音的傳播途徑限制在某一範圍內。

(三)受音者聽力防護

噪音對聽力的影響是經年累月漸進形成的，噪音性聽力損失的原因不外乎音量大小、曝露時間、聲音的頻率等，並且音壓位準愈大，曝露時間愈長，聲音的頻率愈高時危害程度愈高。因此，防範聽力受損的基本策略是徹底實施個人的聽力防護工作，聽力防護具通常具有良好的衰音性，因此，印刷機操作人員佩戴聽力防護具，乃是經濟而可行的噪音防護方法。茲將受音者聽力防護的方法說明如下。

1. 受音者使用耳塞或耳罩等防護具。
2. 作業人員定時輪換，減少噪音曝露時間。
3. 設置防音室，作業人員可在防音室中操作自動化機械。

表 2-6 平版印刷機噪音源控制方法

機器噪音源 音量控制	控制機器速度	將機器本身的運轉速度減緩，減少摩擦與強烈振動，避免衝擊及共鳴作用
	裝設消音器	空氣壓縮機的氣體急速進出口處可加裝消音器利用聲音吸收、反射及干涉原理以降低噪音
	隔音罩	將音源完全包圍或加吸音裝置
	阻尼減振	在噪音發生源以阻尼(damping)材料做處理，減少振動的傳導。
	控制音源位置	避免音源太靠近角落或牆壁
傳播路徑 之阻絕	距離衰減	增大受音者與音源間的距離
	吸音	在天花板、牆、地板等處鋪吸音材料
	遮音	設置隔音牆以減少聲音的穿透量
受音者 聽力防護	佩戴聽力防護用具	受音者使用耳塞或耳罩等防護具。
	減少噪音曝露時間	作業人員定時輪換，減少曝露時間
	設置防音室	作業人員可在防音室中操作自動化機械

資料來源：本研究整理

第十一節 印刷工廠佈置對印刷機噪音控制的重要性

工廠佈置就是人員、機具、物料、輔助設施等具體合理之安排，良好的工廠佈置，可使製造成本降低，產量增加並獲利，使公司業務蒸蒸日上。所以工廠佈置的好壞，影響企業生存與否至深且巨(李景文、張清波，民 77)。

工廠佈置之功能講求有效利用廠房土地空間，使前後單位工作密接，減少物料搬運之距離，避免產品雜亂地堆積在工作區。良好的工廠佈置可以減少意外的工場事故發生，提供作業人員安全舒適的工作環境。

規劃工作區域面積需要考慮機械所佔空間、輔助設備所佔空間、人員活動空間、物料儲存所佔空間等因素。近年張頁式多色印刷機和平版輪轉印刷機大行其道，印刷機的體積愈來愈龐大，置放在舊式的

廠房中益顯擁擠，然而土地成本節節上升，擴建或遷廠都成問題。由於作業空間過於狹小，機器的噪音不易排除，以致無法提供印刷機操作人員舒適的工作環境。

印刷機房的內部設計完全因工作的處理方式而定，空間的分配取決於機器的類型、工作型態、廠房形狀及其他條件。印刷機位置的決定完全要以“優先考慮的因素”及整個印刷廠房的“建築形式”而定(蕭耀輝，民 83)。音源勿放置於近角落處，音源愈接近反射面會有較大的噪音放射，音源最好遠離牆壁(中國鋼鐵公司工業安全衛生處，民 73)。

一般人能忍受的噪音約 80dB，而在工作場所中，印刷房最易產生噪音。故在此環境的工作人員，必須注意其忍受噪音最大限量，以 75 分貝以下為佳。若使用商用輪轉印刷機，宜採用單獨吸音隔間，並在天花板上裝置吸音板，如此可吸收大部分的噪音，符合環保的要求(胡宏亮，民 88)。