

第 11 章 噪音之監測

學習目標

研讀本章之後，學習者應能夠：

1. 了解噪音計的構造。
2. 了解噪音監測的方法。
3. 了解噪音監測的流程。
4. 了解噪音監測的步驟。
5. 了解噪音監測的品保品管。



摘要

爲了瞭解噪音監測的執行方式，確實掌握監測的準確性，我們首先需學習和討論噪音監測的方法、流程、步驟及品保品管，當然工欲善其事，必先利其器，對噪音計的構造和量測方法等基本概念須先有基礎知識，掌握噪音計的構造原理，對噪音監測結果的正確性有很大的幫助。

第一節聲音的測定

進行聲音的測定其目的在了解聲音的性質，包括噪音、頻譜特性、時間特性，以便進行噪音的改善。

通常聲音的測定系統大致可區分為以下幾部分，亦可以組合使用：

1. 音源部

如能發出穩定噪音的揚聲器。

2. 收音部

包括麥克風、噪音計、振動計、校正器。

3. 紀錄部

包括資料記錄器（含數位紀錄器、電腦等）。

4. 分析部

包括電腦（含分析軟體、介面卡）、即時分析儀。

第二節噪音計(Sound Level Meter)

一、基本構造

噪音計為測定音壓級的儀器，圖 11-1 顯示噪音計的基本組成。

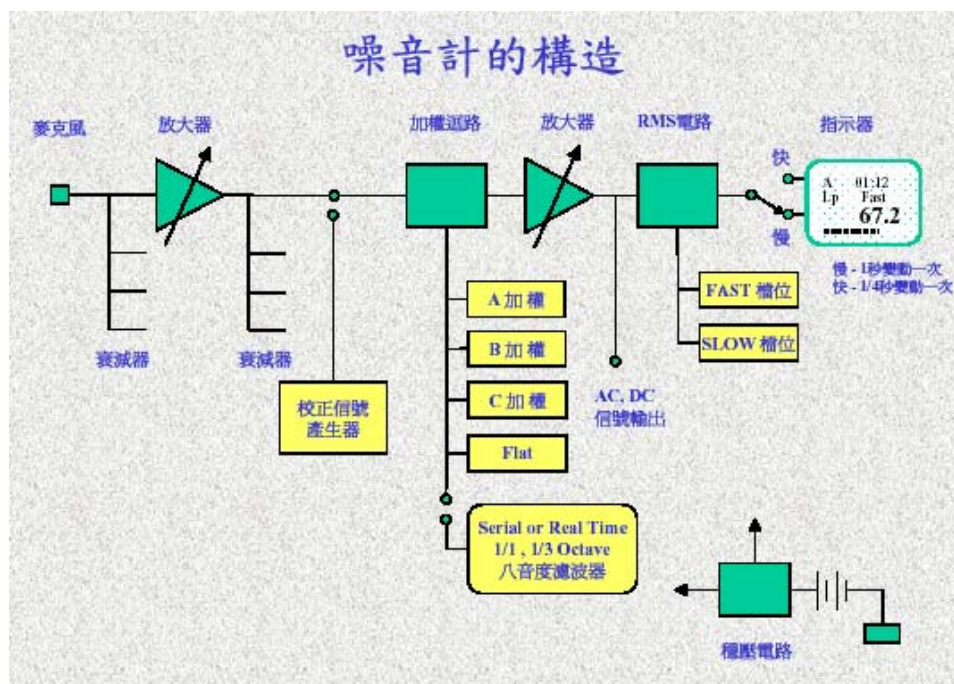
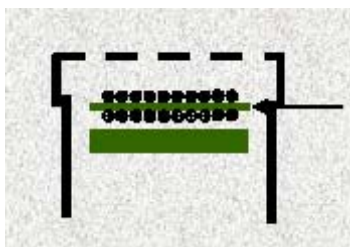


圖 11-1 噪音計基本組成

二、極化電壓(Polarization Voltage)



麥克風 (Microphone) 薄膜

(表面佈滿電荷)

早期：由麥克風提供極化電壓使麥克風薄膜產生電荷。

近期：麥克風製造時已能將薄膜磁化佈滿半永久性電荷(能保持 100 年)，噪音計不再需要提供極化電壓(或稱為 0V 極化電壓)。

三、麥克風 (Microphone)

麥克風轉換聲波為電波，理想上所產生的電波為聲波的複製品。實際上麥克風只接近於此理想，在噪音測定時有令人滿意的近似測定值，有時為改進準確度麥克風離開理想情形之狀況應予修正。

四、放大器

噪音計的放大器必需符合下列基本要求：

- (1) 放大低音壓級聲音經麥克風所產生的信號至可以量測的程度。
- (2) 對於 20Hz 至 10,000Hz 或 20,000Hz 間之廣大頻率範圍的聲音信號均可予以放大。
- (3) 儀器內所產生的干擾噪音低。
- (4) 放大倍數穩定，否則造成噪音計指示誤差，許多噪音計均附有校正與調整放大器的附屬儀器。

五、噪音計主要功能及按鍵

(一)頻率加權(Frequency Weighting)：A、B、C、D、F。

人的聽覺感受隨著聲音的強度及聲音的頻率有所不同。通常人耳對低頻音感知能力較低，對中高頻音感受力較高，因此，欲表示人所感受到噪音量的大小時須考慮到此聽感特性，即在噪音計內加上一加權迴(網路) (Weighting) 予以補正。目前法令上所採取的補正曲線為 A 權，主要是它最接近人耳之真實感應。

A:最接近人耳之加權。

B:極少使用。

C:通常用在工業機器或產品之噪音量測定用。

D:於測定飛機噪音時用。

F:平坦 (Flat) 特性使用於測量音壓量，精密噪音計有此規格。

對於一固定輸入噪音計的相對指定讀數決定於麥克風的音頻，若指示讀數與頻率範圍之頻率無關，這種噪音計回應 (Response) 特性稱為平坦 (Flat)，平坦一詞係形容回應圖形持平不隨頻率而變，如圖 11-2 之 F 曲線。

最經常被使用的為 A 權衡，其回應在 2,500 赫為最大，於 1,000 赫以下急劇下降，在 4,000 赫上下降較為緩和，如圖 11-2 之 A 曲線所示。

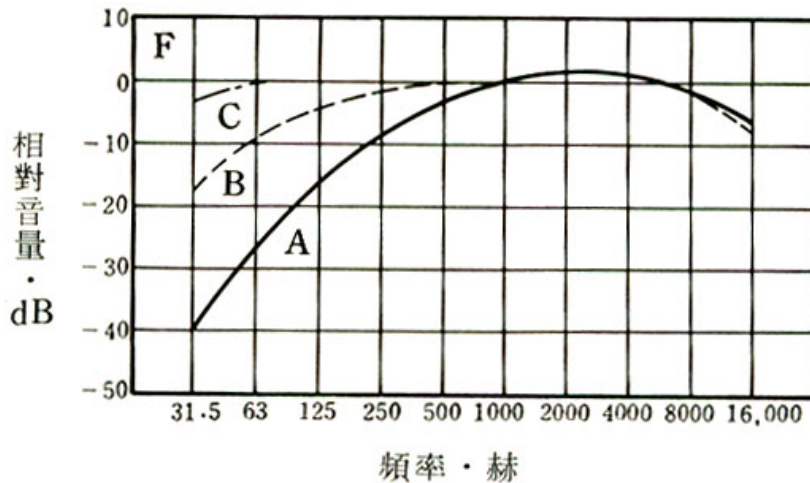


圖 11-2 國際標準化 A、B、C 及 F 權衡曲線

(資料來源：張錦松、韓光榮，「噪音振動控制」，高立圖書有限公司。)

A 權衡音壓級的單位為分貝 (dB)，部分文獻於分貝後加 A 如 dB (A)、dBA，其單位仍為分貝，一般不加註 A、B、C、D 均得視為 A 權衡音壓級。

B 權衡音壓級較少被使用，C 權衡音壓級在 30 至 8,000 赫極為平坦，當噪音組成集中於此範圍內時，用以測定音壓級。平坦回應普通係用於噪音計輸出電訊至其他儀器。

A、B、C 權衡音壓級特性均已國際標準化，勞工作業環境或生活環境測定噪音所使用的噪音計至少應有 A 權衡，通常噪音計都含有 A、B、C 三種權衡。

(二)時間均能：Fast、Slow、Impulse、Peak。

指示儀錶應準確、穩定、價格便宜，儀錶回應速度已經被標準化，“Fast 快”、“Impulse”、“Peak”回應之時間常數為約 1/8 秒，“Slow 慢”回應之時間常數約為 1 秒。

聲音快速變動時，使用 Fast 測定，顯示其音壓級之變化情形。

噪音變動極小時，使用 Slow 測定其噪音音壓級讀數穩定易於讀取讀數。

(三)量測指標

瞬間值 L_p 、最大值 L_{max} 、最小值 L_{min} 、均能音量 (Equivalent Energy Sound Level) L_{eq} 、時間率位準 L_x 等。除瞬間值 L_p 外，其餘指標均需在一時間內(如 1min、1hr 等)量測方有意義，因此需設定噪音計之量測時間。

六、噪音計之量測系統及週邊支援設備:

(一)麥克風，前置放大器，噪音計本體。

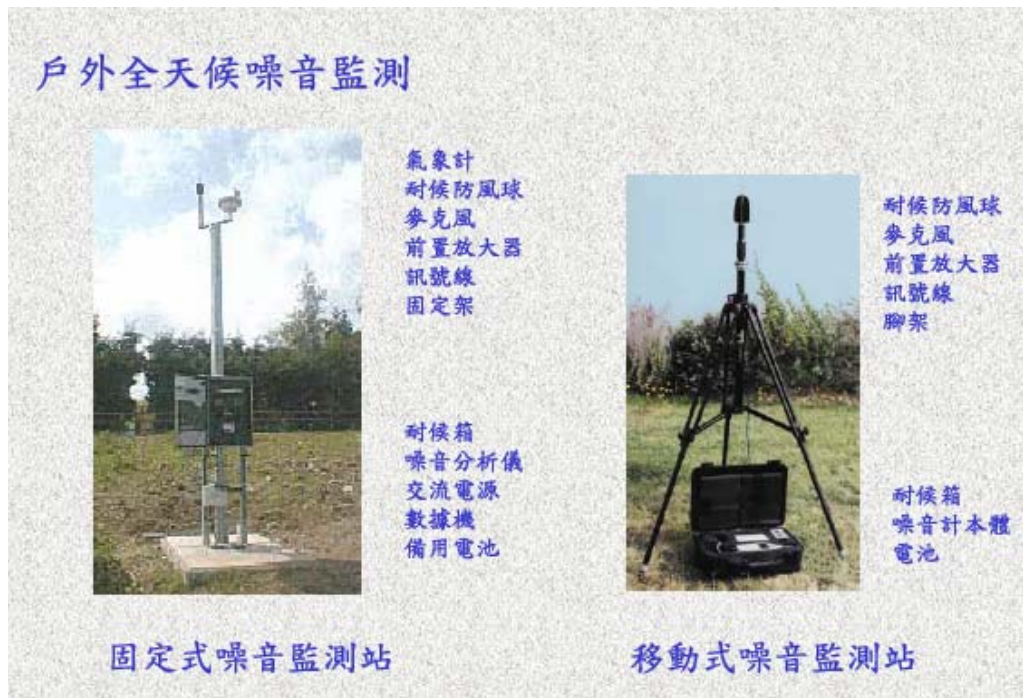


圖 11-3 噪音計及週邊支援設備

- (二)列印機。
- (三)內部記憶體或可抽取記憶卡。
- (四)個人電腦及相關軟體。
- (五)防風球，三角架。
- (六)校正器。

聲音校正器 (Accoustical Calibrators) 係能產生已知音量而穩定的聲音，供噪音計校準，有二種形式最常被採用，即活塞式 (Pistonphone) 與電功率轉換式 (Transducer-type Calibrator)。

七、量測儀器之種類

噪音計 (Sound Level Meter) 採用符合國家標準 CNS NO.7127-7219 規定之儀器，如日本 RION 公司出產之 NL-14 噪音位準處理器。依據國際電子協會 (IEC, International Electric Communication) 噪音計可分為以下 4 型：

1. Type 0—實驗室標準級。
2. Type 1—精密級噪音計。
3. Type 2—一般泛用型噪音計。
4. Type 3—簡易型噪音計
5. CNS 7129 1995 版“聲度表”分為 4 型：型式 1、2、3、4，相對應於 IEC 之 4 種型式。

八、儀器之校正

1. 內藏式：噪音計內有一 1KHz 信號產生電路，當噪音計檔位切換到 Cal 檔時，該電路開始作用產生正弦波電壓，用以校正噪音計之讀值是否正確—校正電壓計。

2. 標準音源：將噪音計前端之麥克風套入標準音源之輸出值—校正噪音計系統（含麥克風及其前置放大器）。一般標準音源有電磁式（1KHz）及活塞式（250Hz）兩種。
3. 型式確認：每隔一段時間（如一年）將噪音計送到國家級實驗室，依據 IEC 規範測試該噪音計是否合乎剛出廠時之規格，尤其檢驗用之儀器最好能定期做型式確認。

九、防風球之使用（室外量測）

影響麥克風讀值之因素：

1. 聲音（Sound）之壓力波（量測目的）。
2. 振動造成量測誤差，量測時避免碰敲噪音計。
3. 風壓—風吹在麥克風上（造成量測誤差），量測時在麥克風前方套入防風球（Windscreen），同時在有風場合（戶外或風管空調路）宜攜帶風速計，量測並記錄風速，依據量測得之風速，查風速—噪音量表，將風速所產生之噪音量視為背景噪音比較量測結果，再決定是否需做背景噪音量修正。

第三節噪音監測步驟及方法

以環保署噪音的測試方法為例，其使用的測試儀器必須符合我國國家標準 CNS 總號 7127~7129 規定之噪音計、紀錄器、處理器、分析器等，以下章節再詳細分別說明。

一、噪音監測步驟

（一）監測前準備工作

1. 瞭解計畫目的。
2. 現場資料蒐集。
3. 擬定監測計畫。

應瞭解及準備下列事項：

- 計畫名稱。
 - 採樣日期與工作時程。
 - 監測位置管制區類別。
 - 監測項目。
 - 監測設備。
 - 人員調派。
 - 交通工具。
 - 電源商借。
 - 聯絡（委方或環保單位…）地址、電話、傳真。
 - 準備記錄表單。
 - 其它。
4. 儀器清點：由監測人員會同儀器設備管理員逐項核對攜出之監測儀器及設備，確實填寫"監測前後工作表"，並簽名負責。

（二）監測步驟

1. 測試現場採樣前準備工作

(1) 環境噪音(Ambient Noise)、交通噪音及固定音源噪音管制測定位置依下述原則選定合適地點，(另詳噪音監測選址)。

(2) 架設電源

- 向機關、學校、商店、民宅商借電源時，應先說明來意，務必取得同意，才可在對方引導下，以延長線延伸電源，並以三用電表量測電壓是否正確。
- 無法商借取得用電時，可使用 4 個鹼性電池 (AA 尺寸) 持續 24 小時以上。
- 可用鉛蓄電池，out put 6.0V 以上時可持續 48 小時以上。

(3) 架設噪音計

接上電源並將噪音計固定在三角架上，保持高度 1.2~1.5 公尺，加重錘以利穩固，並於三角架外貼上警示帶。麥克風朝主要音源方向，以利收音。

(4) 其他操作檢查

- 監測人員著反光衣，手執指揮棒，以策安全。
- 架設警示標誌。
- 完成監測儀器保護裝置外觀檢視。
- 架設氣象監測儀器。

2. 監測前校正

執行監測儀器應定期執行維修及校正，以確保監測數據的正確性。

3. 現場監測

環境、交通噪音測定必須連續監測，其測定時間應包含當日零時至二十四時前之連續監測。

4. 測後校正：

監測後需作儀器之內部、外部校正，以利確認測後之品管品保。校正結果記錄於噪音記錄表中。

(三) 分析項目之檢測方法

分析項目、檢測方法、方法偵測極限、儀器偵測極限、複分析及加回收率需求分別記錄如表 11-1 所示：

表 11-1 分析項目之檢測方法

分析項目	檢測方法	方法偵測極限	儀器偵測極限	複分析 %	加回收率 %
噪音	CNS 類號 C7143	28dB	0.1dB	—	—

(四) 測後應注意事項

監測人員於監測完畢離開站前，務必清理監測現場不可留下任何垃圾，如又移動或整理場地改變原來狀況，應予回復，以落實環境保護工作。

(五)安全衛生

因監測人員於凌晨（零時）架設監測，必須更加注意安全，除本身之安全裝備外（如：夜間照明警示燈、反光背心、安全帽、緊急聯絡電話、急救箱）並需二人同行以利互相照應。

(六)攜回後校正

監測人員將儀器攜回實驗室後，須再做一次內、外部校正，以確認運送過程中有無故障並及早發現，以利維修,校正步驟同攜出前校正。

(七)實驗室接收登錄

噪音儀連續監測數據沒有樣品形式的存在及保存，取而代之的是每小時值之原始數據，於監測作業結束後，測站負責人須連同監測校正紀錄表帶至實驗室內，進行專案登錄。

(八)監測報告製作、審核及保存

1.檢測報告報告製作、審核及保存流程，噪音監測作業沒有樣品的形式，其測量值原始數據列印。報告內容包括噪音量測、振動量測、氣象因子量測等三項原始數據記錄表，報告流程如下圖 11-4。

2.報告格式

報告格式包括：

- ◆ 監測成果表。
- ◆ 逐時變化圖。
- ◆ 監測逐時記錄表。
- ◆ 監測現場狀況表。
- ◆ 監測現場校正記錄。

二、噪音監測方法

(一)穩定噪音（Steady Noise）

噪音變化起伏不大時，稱之穩定噪音，此類噪音在測定時，除了要注意測定位置選擇外，對於所測定之記錄數值，或噪音計之指示值測定 5 至 10 秒讀取其平均值即可。



(二)變動性噪音（Fluctuating Noise）

噪音變化是不規則且起伏相當大時，稱之為變動性噪音。例如道路附近所測得之噪音，大部分均屬於變動性噪音。

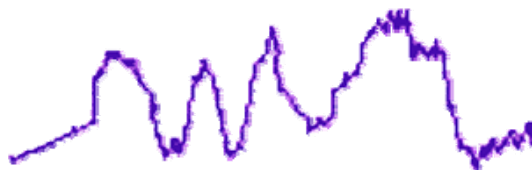
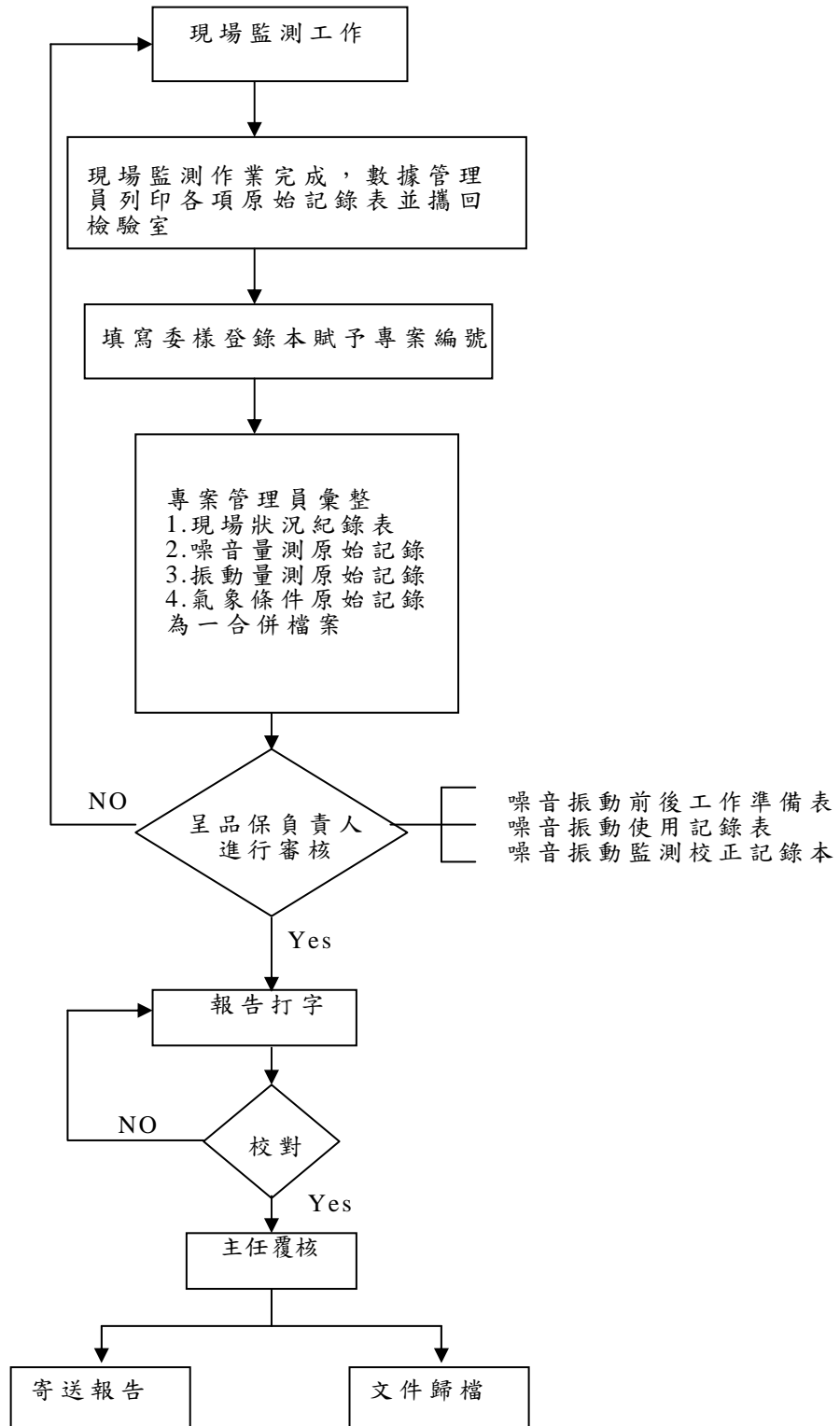


圖 11-4 檢測報告報告製作、審核及保存流程



此類噪音在測定時，除了注意測定點之選擇外（參考噪音測定點之選定），對於測定的噪音數據，可依均能音量（ L_{eq} ）求得：

在一定範圍時間（T）內，每一間隔 Δt 之時間內測定噪音位準：

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{n} \left(10^{0.1 \Delta L_{A1}} + \dots + 10^{0.1 \Delta L_{An}} \right) \right]$$

式中： $L_{A1} L_{A2} \dots L_{An}$ ：為噪音位準測定值

n：為測定總數

此外，抽樣時間間隔 Δt ，依噪音變動程度加以選定，選擇噪音計動特性（Dynamic Response）（即時間均能）為快動特性時（Fast 檔位）， Δt 小於 0.25 秒，若動特性（即時間均能）為慢動特性時（Slow 檔位）， Δt 在 2 秒以下為宜。

例如：取樣時距為 1 秒鐘，取樣次數為 3,600 次，每小時記錄 1 次 L_{eq} 、 L_x 及 L_{max} ，再由連續 24 小時之 L_{eq} 測值計算 $L_{早}$ 、 $L_{日}$ 、 $L_{夜}$ 、 $L_{晚}$ ，並繪出每小時 L_{eq} 之變化圖。

（三）間歇性噪音（Impulsive Noise, Intermittent Noise）

噪音發生時間不一定且間歇發生的噪音，稱為間歇性噪音，間歇性噪音之測定包括下列二種情形（1）特定的間歇噪音及，（2）包含間歇噪音之環境噪音。



1. 特定的間歇性噪音

（1）採用噪音指示計所指示之最大噪音量之方法讀取每一次間歇噪音發生時噪音指示計之最大噪音量。一般除非有另外特別規定外，應以快特性（Fast）測定。最大變化不大時，可取數次平均值表示之。但若每次最大噪音量之變化相當大時，則需多測定幾次，取求平均值，並以累積分佈曲線之 L50 做為其代表值。必要時，記錄間歇噪音發生之周期，及其持續之時間。

（2）由單發噪音大小求均能音量（ L_{eq} ）之方法係測定每一次單發噪音量，由其結果求得觀測時間 T 的均能音量。

持續數秒以上之間歇噪音，取其一小段極短間隔時間 Δt ，加以量測，則其單發噪音量可依下式求得：

$$L_{AE} = 10 \log \left[\frac{\Delta t}{T_0} \left(10^{L_{A1}/10} + \dots + 10^{L_{An}/10} \right) \right]$$

L_{A1} 、 $L_{A2} \dots L_{An}$ ：噪音位準測定值

n：為測定總數

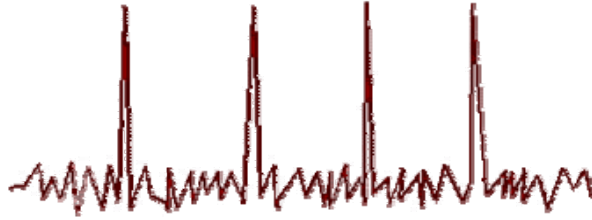
T_0 ：標準化時間（1 sec）

2. 含間歇噪音的環境噪音

除非另有特別規定，否則其測定方法與變動噪音均能音量之求法相同。

(四)衝擊性噪音 (Impulsive Noise)

當一噪音之繼續時間在 1 秒以下時，稱之為衝擊性噪音。衝擊性噪音測定包括 1.以特定衝擊噪音作為測定對象；2.含有衝擊音在內之環境噪音做為對象等二種情形，上述二種情形依下列方法加以測定。



1.特定衝擊噪音

(1)特定的分離衝擊噪音

測定時需採用可測衝擊性噪音之噪音計，動特性(即時間均能)之選擇快特性 (Fast) 或衝擊性 (Impulse) 為宜，測定最大噪音量；當最大噪音量變化不大時，取數次噪音量之平均值來表示，如每次發生的噪音量變化很大時，以測定結果的均能音量表示，求得累積曲線之 L_{50} ，作為衝擊性噪音之噪音量。測定結果，應同時附上噪音之發生次數。

(2)特定的穩定衝擊噪音

穩定衝擊噪音之測定時，噪音計之動特性(即時間均能)以快特性 (Fast) 進行測定，並記錄其最大噪音量。

2.含有衝擊噪音之環境噪音

除非另其有規定，否則此類噪音與變動噪音均能音量 (L_{eq}) 之測定方法相同。

(五)辦公室噪音量測

一般辦公室內只要求聲音不造成面對面交談或電話交談之干擾(Interference)即可，但太安靜之環境亦不理想，一旦有外來聲音便會覺得很吵，因此只要辦公室內之背景噪音高至不吵人之程度即可。辦公室主要噪音源主要來自空調系統及影印機等。

典型的辦公室噪音測量儀器組合包括 1.噪音計 (Sound Level Meter)，2.八音階頻帶頻率分析器 (Octave Analyzer)，3.噪音量分析器 (Noise Level Analyzer) 及 4.可攜帶式噪音記錄器 (Portable Level Recorder)，一般情形可利用上述儀器組記錄辦公室之噪音歷程。對於室內噪音(振動)的測定方法，除了與前面環境噪音所使用的方法相同之外，另外可使用「自動連續量測法」。

考慮日常生活的實際狀態且住戶仍在屋內正常作息的情形。室內之傢俱陳設不予移動改變，戶外選定為無雨的氣候下實施。噪音計測定位置與環境噪音之測定相同(振動計則置於噪音計周圍地面)。測試儀器組合，包括音壓計、振動計以及數位紀錄器。

圖 11-5 表示測試系統與儀器連線的情形。現場測試部分由噪音計量測音壓級，由振動計量測得振動級，並將噪音及振動能量以線性對應直流電壓輸出至數位記錄器，分別記錄至兩個不同頻道中，而資料錄寫於磁碟片上。此資料則於實驗室階段以電腦計算分析之。

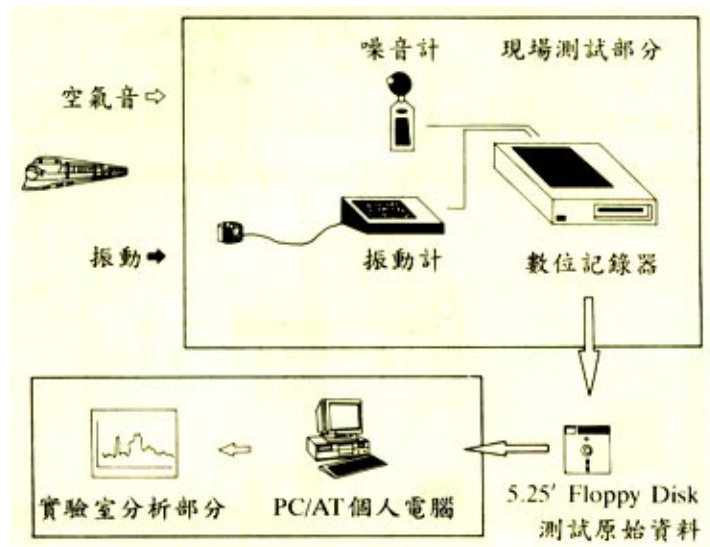


圖 11-5 室內噪音(振動)測定儀器連線圖

(資料來源：江哲銘，「建築物噪音與振動」，建築情報雜誌社，1993.12.)

(六)營建噪音量測

施工時產生的噪音，往往造成附近居民許多的騷擾 (Annoyance) 及不便，營建噪音特性包括：

1. 施工時，必定帶來比平時要吵的聲音居民會感不習慣。
2. 由於是發生於開放的空間影響範圍大。
3. 只發生在施工期間，無法對之施以有效的限制。
4. 噪音的發生在白天，變化大，發生時音量大且多為衝擊性噪音。
5. 施工期的不同，使用機器改變，噪音量及噪音特性亦跟著變化。
6. 由於它是短暫性的，且發生頻繁，使得噪音之控制相當困難。

營建噪音於施測時需注意以下數點：

1. 因噪音變化大，故量測時間 (Measurement Time) 應能包含各主要成分的噪音。
2. 有些屬衝擊性的噪音，需另外施測。
3. 不同地點，不同時間的噪音變化大，可自最靠近的住屋處開始量測之。
4. 當工地靠近馬路、鐵路、或其他噪音源時將對施測造成干擾。

第四節噪音監測選址

一、交通噪音之測定

(一)一般地區 環境噪音(Ambient Noise)

除道路、一般鐵路、高速鐵路、大眾捷運系統地區及各級航空噪音管制區以外之地區，是為一般地區，其監測站在寬度八公尺以上之道路，應距離道路邊緣三十公尺以上；在寬度六公尺以上未滿八公尺之道路，應距離道路邊緣十五公尺以上設站。

(二)道路邊地區交通噪音

距離寬度八公尺以上之道路邊緣三十公尺以內或距離寬度六公尺以上未滿

八公尺之道路邊緣十五公尺以內之地區稱為道路邊地區。測定點距離道路邊緣一公尺處，但道路邊有建築，物者應距離最靠近之建築物牆面線向三公尺以上；監測高度應離地面或樓板 1.2 至 1.5 公尺之間。

(三)一般鐵路及大眾捷運系統邊地區交通噪音

距離外側鐵軌中心線十五公尺處。但一般鐵路及大眾捷運系統邊有建築物者，應距離最靠近之建築物牆面線向外一公尺以上設站，監測高度應距離地面或樓板 1.2 至 1.5 公尺之間。

(四)高速鐵路邊地區交通噪音

距離外側鐵軌中心線二十五公尺處，但高速公路邊有建築物者，應距離最靠近之建築物牆面線向外一公尺以上設站，監測高度應離地面或樓板 1.2 至 1.5 公尺之間。

即在街道測定交通噪音時，必須面對道路，離道路旁建築物 1m 距離測定之，若此 1m 處剛好落在車道內時，則應選擇在車道與人行道之分界線上測定之，測定儀器之麥克風離地高度 1.2~1.5m。

在寬廣之道路(如高速公路，八線道以上等大道，兩旁無任何建築物)上測定噪音時，八米以上在道路邊 30m 處，六米以下在道路 15m 處，分別測定之，測定儀器之麥克風離地高度為 1.2~1.5m。

二、室外噪音之測定

根據我國噪音管制法，關於一般地區環境品質標準，在測定一般地區環境時，測定點儘量離建築物等反射物 3.5m 以上，離地 1.2~1.5m 的高度測定之。

調查室外噪音對居民影響時，測定點應離建築物外牆 1~2m 處，在發生音源之水平線 1.2~1.5m 處的高度測定之。

此外，在窗戶前測定室外噪音時，應從窗戶中心線上，離窗 1m 處測定之。

調查室內(如工廠)產生噪音對附近住宅居民之影響時，可選擇在靠近工廠圍牆外，其高度應距離樓板或地面 1.2~1.5m 處測定之。

三、室內噪音之測定

在室內測定噪音位準時，測定點應距牆壁反射物 1m 以上，距樓地板高 1.2~1.5m 處之距離測定之。

四、作業環境的測定

在工廠、辦公場所等作業環境測定噪音時，若噪音源為移動音源者，測定點選在作業員耳邊處，噪音源如為固定音源時，則應選擇幾處較代表性的位置，區分為間隔點測定之。

五、機械噪音之測定

在測定由機械所產生之噪音時，通常是離機器 1m 之附近數點加以測，在進行噪音控制(Noise Control)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原則上之規定：

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

1.2m。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。

六、廠區噪音之測定

噪音管制法中關於工廠噪音之規定，其噪音測定點是選在工廠廠址之圍牆線或週界上。除在陳情人所指定其居所之生活地點測定外，以工廠（場）周界外任何地點測定之。監測高度應離地面或樓板 1.2 至 1.5 公尺之間，接近人耳之高度為宜。

七、營建工程噪音

以工程周界外 15 公尺位置測定之。監測高度離地面 1.2 至 1.5 公尺之間，接近人耳之高度為宜在此，周界之定義唯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。營建工程噪音則以八分鐘採樣時間，求出八分鐘最大值 L_{max} 及 L_{eq} 平均值。

第五節噪音測定時注意事項

一、記錄氣象條件、地形、地表特性

在室外，噪音傳播受到氣象條件、地形、地表特性影響。因此，在測定噪音時，必須詳細記錄測定點附近的風速、風向、溫度、相對濕度等氣象條件、以及地形、地表特性。此外，對於風速超過 10m/sec 時，就必須使用防風罩。

二、風雜音的影響

在有風的時候測定噪音會影響整個測定結果，此影響原因為風吹可能讓周圍物產生聲音，如施測噪音源音量不大時，將明顯影響測定結果。

關鍵詞彙

揚聲器	振動計	麥克風
麥克風	校正器	加權迴(網路)
前置放大器	數位紀錄器	A 權衡音壓級
噪音計	極化電壓	B 權衡音壓級
變動性噪音	間歇性噪音	C 權衡音壓級
營建噪音量測	防風球	聲音校正器
穩定噪音	衝擊性噪音	

自我評量題目

1. 請說明噪音量測中均能音量 (Equivalent energy sound level) (L_{eq}) 及最大音量 (L_{max}) 的監測方法。
2. 請說明音監測的方法。
3. 請說明噪音監測的流程。
4. 請說明噪音監測的步驟。
5. 請說明噪音監測的品保品管。
6. 請說明噪音計的構造。

參考文獻

1. 江哲銘，「建築物噪音與振動」，建築情報雜誌社，民國 82 年 12 月。
2. 張錦松、韓光榮，「噪音振動控制」，高立圖書有限公司，民國 89 年 9 月。