



Chapter 5



都市噪音

5.1 噪音特性

- 5.1.1 噪音源
- 5.1.2 都市噪音特性

5.2 噪音預測和評估

- 5.2.1 都市噪音預測
- 5.2.2 都市噪音的評估

5.3 噪音的控制

- 5.3.1 概述
- 5.3.2 隔音
- 5.3.3 吸音

習題



在城市中有各種的噪音源，道路噪音、鐵路噪音、工廠噪音、娛樂噪音、學校噪音、營建噪音、飛機噪音、船舶噪音、民俗噪音……等混合在一起形成城市的環境噪音。這些噪音源有的已經在環境標準中確定下來，有的則還沒有。本章的都市噪音 (urban noise) 主要指一般地區、住宅、近鄰 (neighborhood) 以及各種社區活動 (community activities) 中產生的都市生活噪音，不包括特殊地區的噪音、都市交通噪音以及營建噪音 (construction noise)。本章將介紹都市噪音的噪音源及其特性、評估和預測方法，最後將介紹都市噪音常用的控制方法。

5.1 噪音特性

5.1.1 噪音源

都市噪音 (即社會生活噪音) 的來源主要包括鄰里 (neighborhood) 噪音 (住宅區噪音)，例如家庭生活噪音、娛樂設備噪音、家用電器噪音、寵物叫聲、卡拉 OK、打牌、玩樂器、室內裝潢、街頭小販的叫賣聲；文教區噪音，例如學校各類活動產生的噪音；醫院噪音，主要指醫院中各種活動產生的對周邊環境有影響的噪音；娛樂休閒噪音，主要指歌廳、KTV、舞廳等的經營活動產生的對外界造成影響的噪音；也包括諸如民俗噪音、高音喇叭促銷音、餐館的音響和喧鬧聲、婚喪喜慶噪音、射擊 (漆彈)、狩獵等活動可能產生的噪音，可以看出，都市噪音的噪音源來源廣泛，且音源可能處於流動狀態。

我國目前各縣市環保局依據噪音管制法 (民國 97 年 12 月 3 日) 第八條規定辦理相關如同「行為」管制之公告。

噪音管制法第八條：噪音管制區內，於直轄市、縣 (市) 主管機關公告之時間、地區或場所不得從事下列行為致妨害他人生活環境安寧：

1. 燃放爆竹。
2. 神壇、廟會、婚喪等民俗活動。
3. 餐飲、洗染、印刷或其他使用動力機械操作之商業行為。
4. 其他經主管機關公告之行為。

大致可分為八大類之禁止從事妨礙安寧行為，整理如表 5.1-1。

表 5.1-1 各縣市各類禁止從事妨礙安寧行為之公告現況

禁止從事妨礙安寧行為類別	基隆市	台北市	台北縣	桃園縣	新竹市	新竹縣	苗栗縣	台中市	台中縣	彰化縣	南投縣	雲林縣	嘉義市	嘉義縣	台南市	台南縣	高雄市	高雄縣	屏東縣	宜蘭縣	花蓮縣	台東縣	澎湖縣	金門縣	連江縣
燃放爆竹	●		●		●	●		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
燃放爆竹及煙火		●		●			●		●	●								●				●			
擴音設施							●																		
民俗活動擴音設施	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●			●		●	●	●	●	●	●	●	
各種商業行為擴音設施										●		●			●										
各類商業廣告行為(含移動式商業廣告車輛)擴音設施		●																●							
移動式宣傳車輛擴音設施																			●	●			●	●	
從事攤販、廣告宣傳車輛及其他各類商業廣告行為擴音設施				●	●				●					●	●							●			
從事餐飲或其他商業行為擴音設施																●									
公園內、夜市攤販及其他各類非固定式商業廣告行為擴音設施																	●								
公園內之各項社區、宗教或商業活動及其他各類商業廣告行為																●									
集會遊行擴音設施		●		●	●					●							●		●				●		
非屬營業用之卡拉OK		●		●					●									●				●		●	
卡拉OK(營業及非營業)										●				●											
工程動力機械		●	●	●				●										●						●	
商業動力機械		●	●	●	●		●					●		●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●
動力機械商業								●																	
裝修工程		●		●	●				●					●				●				●			
汽車防盜器鳴響									●					●											
民俗活動															●		●								
冷卻水塔、緊急備用發電機等設施					●																				
妨礙他人安寧															●										

表 5.1-1 說明各縣市各類禁止從事妨礙安寧行為之公告現況，例如：(1) 燃放爆竹及煙火：燃放爆竹、燃放爆竹及煙火；(2) 擴音設備：擴音設備、民俗擴音設備、商業擴音設備、集會遊行擴音設備；(3) 卡拉 OK：卡拉 OK (營業及非營業)、非屬營業用卡拉 OK；(4) 動力機械及工程：工程動力機械、商業動力機械、裝修工程；(5) 汽車防盜器鳴響；(6) 冷卻水塔、緊急備用發電機等設施；(7) 妨礙他人安寧；(8) 民俗活動。

統計分析目前我國 25 個縣市環保局依噪音管制法第九條第一項第六款規定辦理公告情形，大致可分為四類公告範圍分別對 20 種設施辦理公告需符合噪音管制標準；其中四類公告範圍所涵蓋之對象略有不同，而各縣市於四類公告範圍中並無重複，但在設施項目部分，則略有不同，表 5.1-2 為我國各縣市各類範圍之公告現況，表 5.1-3 為各縣市各項設施之公告現況。

表 5.1-2 我國各縣市各類範圍之公告現況

公告範圍種類	基隆市	台北市	台北縣	桃園縣	新竹市	新竹縣	苗栗縣	台中市	台中縣	彰化縣	南投縣	雲林縣	嘉義市	嘉義縣	台南市	台南縣	高雄市	高雄縣	屏東縣	宜蘭縣	花蓮縣	台東縣	澎湖縣	金門縣	連江縣	
各類管制區內，非屬工廠、娛樂場所、營業場所、營建工程或工程範圍內			•	•	•	•				•	•	•		•		•			•	•	•	•	•	•	•	•
各類噪音管制區內之住宅、公寓大廈、機關、團體、學校等非娛樂場所、非營業場所	•	•					•		•				•		•			•								
各類噪音管制區內住宅大樓及一般住宅								•																		
各類噪音管制區內，除本法第七條第一項第一款至第四款以外之建築物																		•								

表 5.1-3 我國各縣市各項設施之公告現況

設施類別	基隆市	台北市	台北縣	桃園縣	新竹市	新竹縣	苗栗縣	台中市	台中縣	彰化縣	南投縣	雲林縣	嘉義市	嘉義縣	台南市	台南縣	高雄市	高雄縣	屏東縣	宜蘭縣	花蓮縣	台東縣	澎湖縣	金門縣	連江縣
冷卻水塔	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
緊急備用發電機	●							●																	
抽(排)風機	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
抽水馬達	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
空調(通風)系統		●	●	●	●	●				●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●
空調冷氣								●																	
冷氣機			●	●	●	●				●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●
冷凍(冷藏)櫃	●	●	●	●	●			●	●	●	●		●		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●
變壓器			●					●					●				●								
非營業用卡拉OK			●		●	●		●	●	●			●		●				●		●	●	●	●	●
發電機		●				●	●	●				●	●		●		●	●							
發電機			●	●	●					●	●		●		●				●	●	●	●	●	●	●
卡拉OK				●																●					
馬達						●		●																	
集會及遊行					●			●																	
馬達(含抽水馬達)					●								●												
民俗活動(含神壇、廟會、婚喪、殯葬)								●																	
風扇															●										
冷凍設備															●										
電動馬達																		●							

一 住宅區噪音

居住住宅區噪音主要包括居民社會活動噪音，如社會交際，外出時車輛的發動與停車、防盜器產生的噪音；家庭生活噪音，如家用電器產生的噪音，室內娛樂產生的噪音；社區動(寵)物鳴(吠)叫聲；社區警報、廣播聲等。

住宅區大部分的噪音作用時間較短，音暴露量相對較高。而生活設備，如冰箱、空調等工作時間較長，在其噪音值不高的情況下造成的噪音影響也

會較大。生活中使用的設備的工作噪音值，如縫紉機噪音為 50 ~ 80 dB(A)，電視機噪音為 60 ~ 83 dB(A)，而洗衣機噪音為 50 ~ 80 dB(A)。因此，其往往會對周圍環境中的居民的生活或多或少造成干擾，影響人們日常的活動和睡眠。

二 文教區噪音

文教區噪音主要是指學校以及其他文教區域中的各種活動產生的對周圍環境造成影響的噪音。以學校噪音為例，其主要包括：教學活動噪音，如老師授課、學生朗讀活動產生的噪音等；室外活動噪音，如室外體育課、課後活動及上下課鐘聲、廣播聲的噪音等。

教室內不同的活動產生的均能音量的差別可以達到 20 dB(A)，其噪音值在 50 ~ 70 dB(A) 的範圍內。一般教室的背景噪音值均值大約為 45 dB(A)，其中通風系統的噪音值大約為 25 ~ 55 dB(A)，而學生的活動噪音大約為 60 ~ 70 dB(A)，文教區噪音的頻率範圍一般為在 63 ~ 8,000 Hz 的頻率範圍內。

三 醫院噪音

醫院噪音主要來自醫院中的各類診治、人們間的交流、住院病人生活產生的噪音，人來往產生的噪音，以及儀器設備使用產生的噪音等。因此，醫院噪音源具有來源廣泛且人多噪音大的特點。

世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 頒佈的標準指出，醫院噪音的 L_{Aeq} 需要維持在 45 dB(A) 以下。而對我國醫院噪音進行測量的結果顯示，部分醫院 L_{Aeq} 噪音一般超出世界衛生組織規定標準 20 ~ 40 dB(A)，甚至有醫院 L_{Amax} 大於 100 dB(A) 情形發生。同時，有資料顯示，自 20 世紀 60 年代至今，醫院噪音維持著一種穩步上升的趨勢。其中，白天的噪音值大約以 0.38 dB(A) 每年的速度，由 1960 年的 57 dB(A) 上升至 2005 年的 72 dB(A)，而夜晚噪音值則大約以 0.42 dB(A) 每年的速度，由 1960 年的 42 dB(A) 上升至 2005 年的 60dB(A)。

一般醫院頻譜在 63 Hz ~ 1,000 Hz 八音階頻帶之間幾乎是扁平的，在較高頻率時，逐漸減降，而在 63 Hz 以下時，則逐漸升高。扁平頻譜部分通常包含語音頻帶，而在低頻，幾乎確定是由暖氣、通風和空調噪音所造成的。各單位中的低頻噪音在建築物中非常普遍，且很可能與空調系統有關。醫院公共服務區頻譜及音量影響說明如圖 5.1-1 所示。

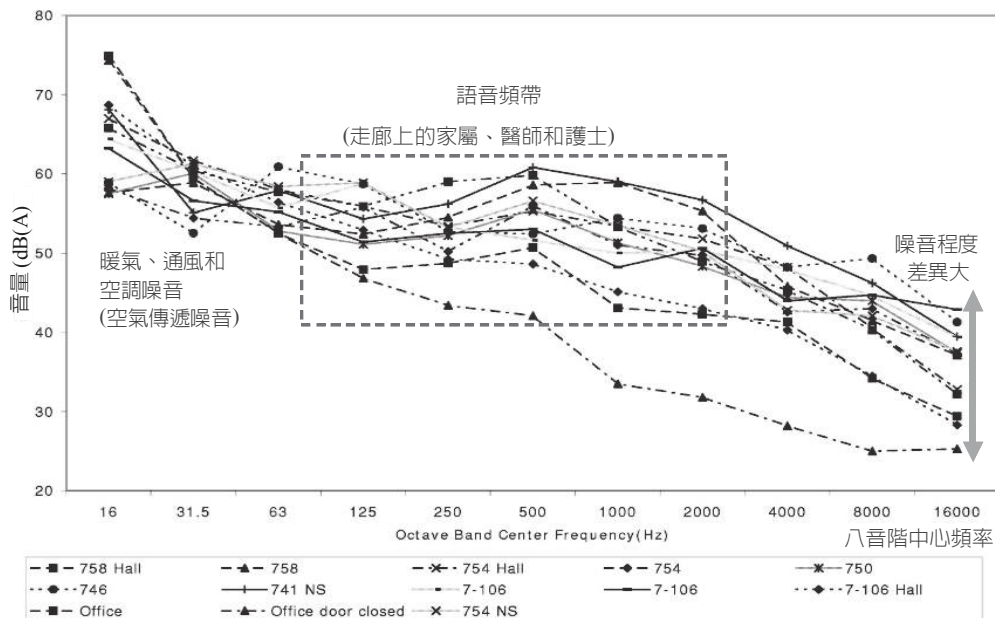


圖 5.1-1 不同位置測得之頻譜圖 (以美國約翰霍普金斯醫院為例)

噪音測量值與 WHO 準則和典型說話噪音量的比較，顯然地，測量到的噪音量大幅超過 WHO 準則——在平均噪音量上至少超過 20 dB(A)，此外，測量到的所有噪音量均超過兩人溝通的典型說話噪音量達 45 ~ 50 dB(A)，意味著醫護人員經常需要拉高嗓門，才能壓過噪音聽到對方，因此我們有理由擔心，有朝一日在醫院裡可能即使用喊叫的，也很難進行口頭溝通。

四 娛樂休閒噪音

娛樂休閒噪音主要是指人們在特定場所 (比如歌舞廳、音樂、KTV) 或者一般場所 (如空曠的場地) 進行娛樂休閒活動產生的對周圍環境有影響的噪音。人們的日常生活時間中只有 5% 左右用於娛樂休閒活動，但其產生的噪音污染量卻是日常生活噪音總量的 65%。因此，娛樂生活噪音是部分一般居民生活噪音的最大來源。依娛樂場所的不同，將娛樂噪音分為兩類：

(一) 固定場所娛樂噪音

主要指演唱會、歌舞廳、酒吧、音樂廳、KTV 等場所正常營業時產生的對周邊環境造成的影響的噪音干擾。以迪斯可舞廳或搖滾音樂會為例，其內部噪音值在 100 dB(A) 左右，而在古典音樂音樂會上，其噪音一般小於

90 dB(A)，酒吧音量則在 85 dB(A) 以上，因此，會對其內部的人員造成一定的聽力、生理或者心理上的傷害。

(二) 一般娛樂場所噪音

比如空曠場地上進行的各類娛樂活動可能造成的對周圍環境有影響的噪音。以狩獵場和射擊場為例，其噪音達 130 ~ 170 dB(A) 左右，這會對周圍環境造成較大的影響。

五 商業噪音

商業噪音主要是指在商業區或者商業混合區進行各種交易活動等產生的對周邊環境以及其區域內人員造成不良影響的噪音。商業噪音主要來源於商店、超市等各種交易市場中的各種商業活動產生的噪音(比如進行促銷、交易時產生的噪音)，各種促銷活動引起的噪音，以及人流來往產生的噪音。街頭小販的叫賣聲一般也可以認為是商業混合區裡產生的噪音。可以看出，商業區人口密度變化大，噪音源廣泛而且移動變化，噪音干擾不容易預測。

六 民俗噪音

我國信仰自由，民俗活動豐富，統計有關我國民俗噪音陳情案件知，民國 91 年至 97 年底止民俗噪音陳情案件為 8,595 件。由圖 5.1-2 所示，民俗噪音陳情件數於 96 年到最高值(1,583 件)，雖然於次年有下降，但整體而言仍呈現上升之趨勢。

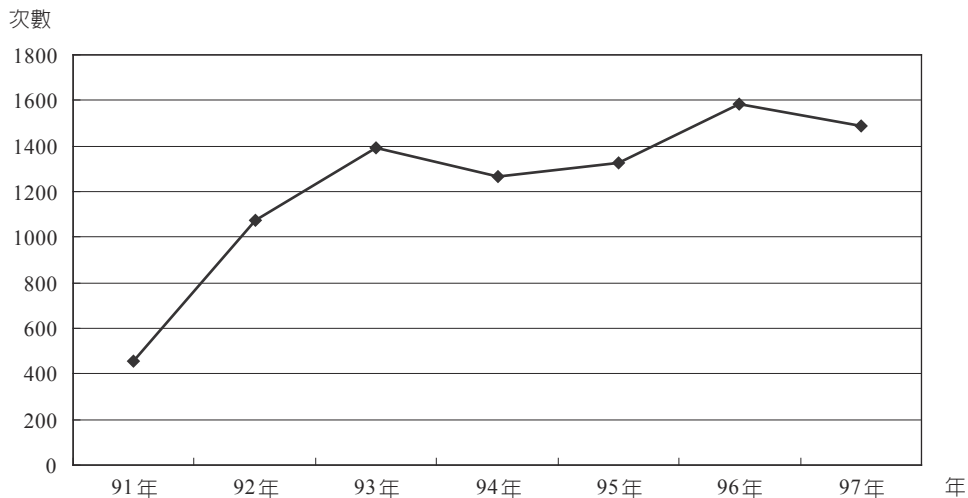


圖 5.1-2 我國 91 年至 97 年民俗噪音陳情件數統計圖

我國 97 年民俗噪音陳情案件總計 8,595 件，依縣市別分析(如圖 5.1-3 所示)，以台北市 2,770 件居首，台北縣 1,346 件次之，彰化縣 464 件居第三，其陳情件數越北呈現越多之趨勢。

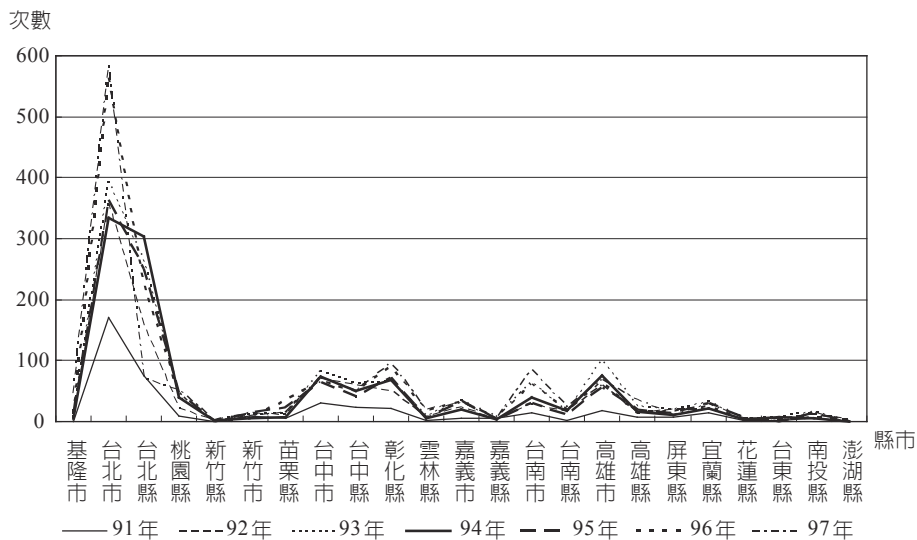


圖 5.1-3 我國 91 年至 97 年民俗噪音陳情縣市別統計圖

依行業別分析(如圖 5.1-4 所示)，以廟會最多佔 70% (6,051 件)，而一般居民多為喪禮、誦經或法會等佔 20% (1,693 件)居第二。另外，商業、公共場所、學校、醫院之案件為外借場地舉辦喪禮或法會……等民俗活動。

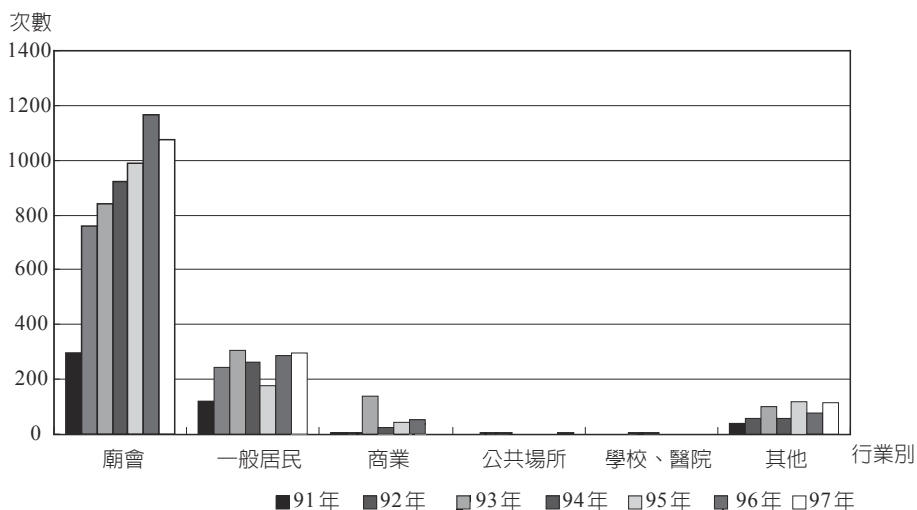


圖 5.1-4 我國 91 年至 97 年民俗噪音陳情行業別統計圖

表 5.1-4 我國 91 年至 97 年民俗噪音陳情行業別統計表

所有民俗噪音件數	91年	92年	93年	94年	95年	96年	97年	總和	百分比
發生場所									
廟會	298	761	843	922	989	1165	1073	6051	70.4
一般居民生活住宅區	119	244	306	261	178	287	298	1693	19.7
商業場所	3	6	137	25	41	52	0	264	3.1
公共場所	0	5	6	0	0	1	6	18	0.2
學校、醫院	2	0	5	3	0	1	1	12	0.1
其他	36	59	98	55	119	77	113	557	6.5
總計	458	1075	1395	1266	1327	1583	1491	8595	

5.1.2 都市噪音特性

世界衛生組織關於都市噪音的報告指出，長期暴露在超過一定標準的都市噪音下會對人的生理、心理方面產生一定的傷害，其中，最主要的傷害來自聽覺系統的退化、聽力的損失以及耳聾耳鳴等現象。而各種不同的都市噪音源由於其場所的不同，對人體的傷害也不盡一致。比如住宅區噪音主要對人的正常生活造成影響，比如人們之間的交流，夜間的睡眠等；醫院噪音則除了對其內部人員的工作生活產生影響以外，還可能影響到病人傷口的癒合、疾病的慢癒等；學校噪音則可能影響到教學活動、師生交流以及其聽覺系統等。

一 住宅區噪音的特點及其影響

住宅區噪音主要來源於在家庭對生活設備的使用，如使用真空吸塵器、洗衣機、割草機等產生的噪音，使用音響，電視機以及其他一些業餘活動產生的對外界造成影響的噪音，社會交際產生的噪音，社區內寵物（尤其是狗）的叫聲等。住宅區噪音會對居民的生活產生較大的干擾。其中，社區中狗的叫聲往往成爲鄰里噪音中最令人煩惱的部分。

一般的社會交際或者各種業餘活動的噪音具有一定的突發性，因此較難進行測量和分析。而家庭在生活中使用到的各種生活設備則具有較好的可預測測量性，其中空調和冰箱是對人們產生較大噪音干擾的生活設備。

(一) 空調噪音

1. 空調噪音的特性

空調產生的噪音主要包括空氣動力噪音以及機械噪音，其中又可分為：壓縮機殼體振動產生的噪音；電動機振動產生的噪音；風扇噪音。在空調噪音的三個音源中，壓縮機機殼的振動以及由此產生的噪音可以看作是一個分散式的單極源 (monopole) 區域，發動機的振動則可以看作是偶極子 (dipole) 輻射源，而風扇引起的噪音可以看作是偶極子輻射源，另一方面其引起的空氣流噪音也可以看作是四極子 (quadrapole) 輻射源。在空調系統產生的噪音中，對人體干擾最大的噪音源來自發電機振動產生的頻率為 120 Hz 的噪音。不考慮空調中壓縮機、製冷器以及風扇可能造成的噪音，專門對其進出口氣流以及其機箱產生的噪音進行測量，可以得到在流量為 2,250 cfm (cubic feet per minute) 氣流進出口以及機箱的噪音頻譜，如下圖 5.1-5 所示：

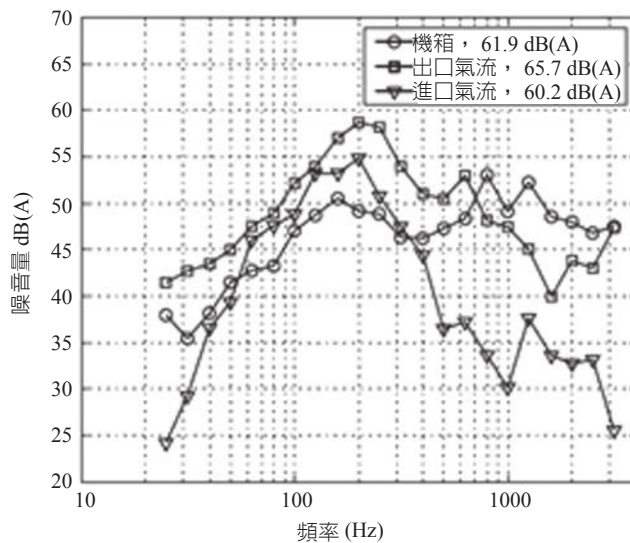


圖 5.1-5 空調各部分的噪音頻譜

分析圖 5.1-5 可以知道，在整個頻段內，排氣管的噪音佔據主導地位，噪音值達到了 65.7 dB(A)，機箱的噪音值次之，進氣管的噪音最小，只有 60.2 dB(A)。對其頻譜進行比較發現，中低頻段時排氣管的噪音一直處於主導地位，且其在 200 Hz 處達到了最大值。而高頻（頻率大約在 700 Hz 以上）機箱的噪音佔據主導地位，其較排氣管噪音高出了大約 5 dB(A)，較進氣口噪音

音量甚至高出了將近 15 ~ 20 dB(A)。考慮到高頻時被動吸音較好的效果這個因素，機體箱有如此高的高頻噪音這種現象不可忽視。

空調噪音與其流量有關係。圖 5.1-6 所示為不同流量下空調各個部分的噪音情況。

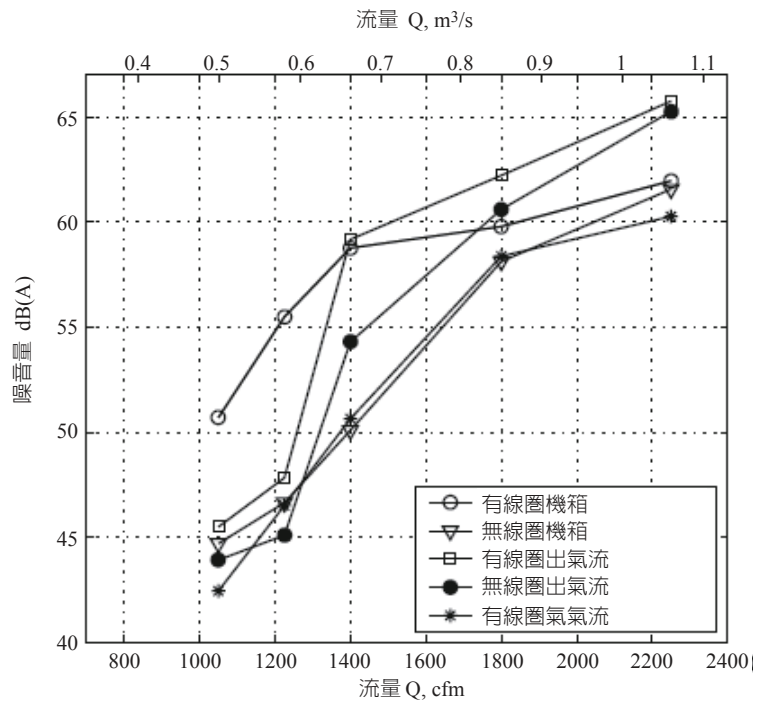


圖 5.1-6 不同流量下空調各部分的噪音

測量各種規格的空調在額定功率工作下時各部分的噪音值如表 5.1-5 所示：

表 5.1-5 室外測得各種規格空調的噪音情況

單位：(dB(A))

空調額定功率 (W)	風扇壓縮機同時開啓	只有風扇開啓	只有壓縮機開啓
3500	52.8	50.6	47.1
5000	57.9	56.7	51.7
7500	58.5	56.9	54.9

當空調有裝置百葉窗時，受到排氣口與百葉窗之間的相互影響，戶外測得的空調噪音將大於原未曾安置百葉窗時的噪音。根據空調有無百葉窗，可

以得到不同的頻譜示意圖如圖 5.1-7：

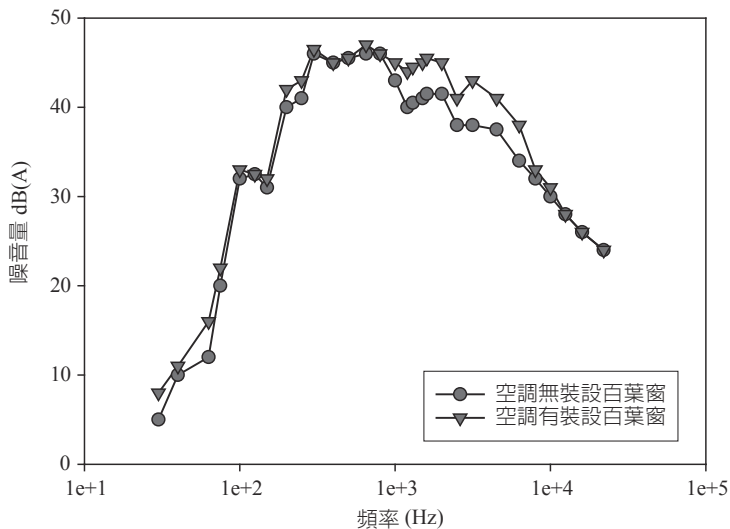


圖 5.1-7 百葉窗對空調噪音的影響

一般圓形的百葉窗噪音排放較方形的百葉窗小，增大百葉窗鋼鐵的直徑也可以減小噪音排放量，但是，這會影響到空調的通風和散熱效果。

2. 空調噪音的影響

空調打開時不僅對其室內環境產生噪音干擾，而且也會對周圍環境中的居民產生干擾。有研究說明，空調噪音與周圍環境噪音的信噪比 (SNR 或 S/N, signal to noise ratio, 又稱為訊噪比，狹義來講是指放大器的輸出信號的電壓與同時輸出的噪音電壓的比，常常用分貝數表示。設備的信噪比越高，表明它產生的雜音越少，也就是說，信噪比越大，說明混在信號裡的噪音越小，聲音重播的音質量越高，否則相反。信噪比一般不應該低於 70 dB，高檔音箱的信噪比應達到 110 dB 以上) 是衡量其噪音影響的一個重要參數，相對噪音的噪音值，其更適合用於噪音影響的預測。人體對不同信噪比下的空調噪音的反應曲線如圖 5.1-8 所示。

從圖 5.1-8 可以看出，當空調聲音與周圍環境噪音的信噪比小於 5dB(A) 時，人體對空調噪音基本沒有感覺；從 5 dB(A) 到 10 dB(A) 中間，噪音反應 (煩惱度) 開始增強，但是反應依然不強烈。考慮到室內要求噪音為 45 ~ 50 dB(A)，可以知道空調噪音在 50 dB(A) 以下時基本上不會對居民造成影響，甚至達到 55 dB(A)，其影響也相對較弱。

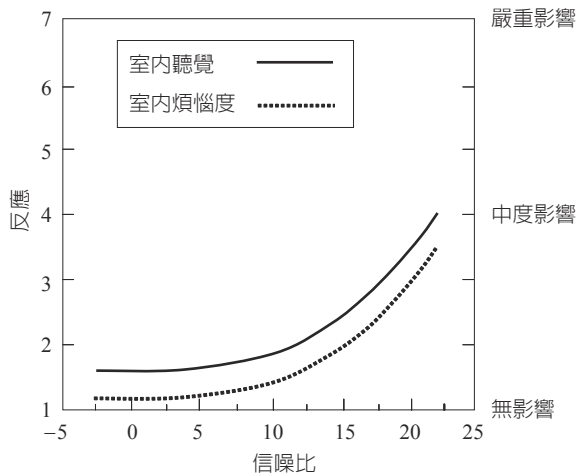


圖 5.1-8 噪音反應與信噪比關係

當室內的背景噪音不一樣的時候，人們對不同強度的空調噪音的反應也不一樣。分別取高背景噪音為 62.6 dB(A) 以及相對低的背景噪音 57.4 dB(A) 兩種環境，研究發現，在這兩種環境下，相同噪音反應需要的空調噪音均能音量差別大約為 5 dB(A)，亦即在高背景噪音的環境下，人們對空調噪音感受的靈敏度下降了 5 dB(A)，這也從另一個方面反應了信噪比這個參數比噪音值這個參數更適合用於空調噪音對人的影響的預測。

(二) 冰箱噪音

1. 冰箱噪音特性

壓縮機和風扇是引起消費者抱怨的冰箱噪音的主要來源。由於冰箱處於全天候工作的情況下，因此，即使在其噪音值不大，也會對居民產生噪音干擾。生產商對於冰箱噪音的測量一般在消音室中進行，而實際中冰箱的生活環境與消音室差別較大，冰箱、工作產生的噪音也不一樣，因此需要在實際環境中對其噪音進行測量。實際生活環境中測得冰箱噪音均能音量大約為 40 dB(A)。

冰箱噪音主要由三部分構成：正常環境下的噪音，壓縮機和風扇發動機的位置一般處於冰箱的底部，屬於這類噪音；變動環境下的噪音，節氣閥和製冷劑產生的噪音一般可以視為變動環境下噪音；混合狀態下的噪音。對實際環境中的冰箱噪音進行測量發現，冰箱背部的噪音值比其前面的噪音值高出 5～10 dB(A)，其側面的噪音值與前面的噪音值則有 2～3 dB(A) 的差別。將其

實際環境中測量得到的噪音頻譜曲線與消音室中測得的噪音頻譜曲線進行對比，得到如圖 5.1-9 所示的結果：

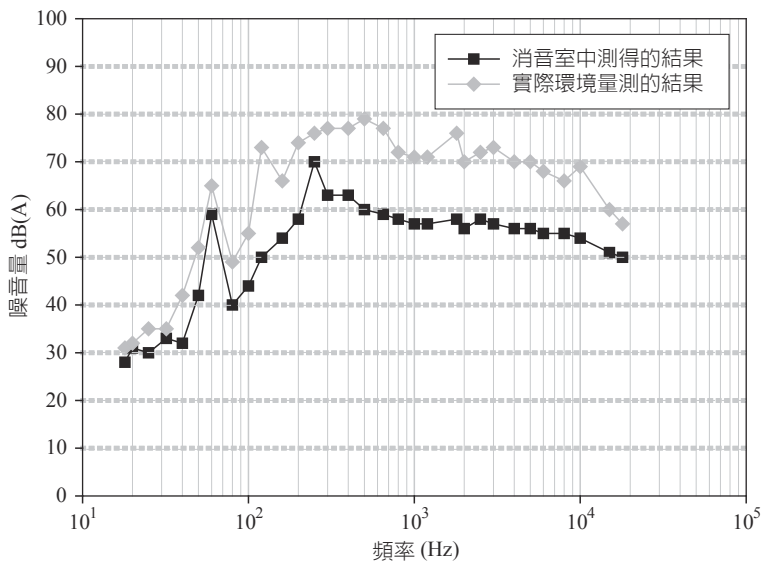


圖 5.1-9 冰箱噪音頻譜曲線，黑色為實際環境測量曲線，灰色為消音室中測得的結果

從圖 5.1-9 可以看出，實際生活環境中冰箱噪音經過牆面板面的反射，在高頻段音量提高了 15 ~ 20 dB(A)，整個頻段內的實際生活環境中冰箱噪音均能音量較消音室中測得的冰箱噪音均能音量高了 10 dB(A) 左右。

2. 冰箱噪音的影響和控制

對居民對冰箱噪音的反應程度的調查發現，當冰箱噪音的均能音量達到 40 dB(A) 時，1/3 的居民反映其受到了噪音的干擾。因此，需要採取一定的措施降低冰箱噪音。常用的簡單的減小冰箱噪音的方法中，改變背面板的形狀可以減小壓縮機的噪音大約 2 dB(A)；在冰箱背後放置彈性體也可以減小其整體噪音大約 2 dB(A)；而將通風噪音從製冷間和機械室中分隔開，或者將壓縮機的振動傳播路徑分隔可以將噪音減小大約 4 dB(A)。均能音量約超過 35 dB(A) 的冰箱將會對人們的工作生活產生干擾，而產生波動噪音的冰箱對人造成的干擾往往更大。

總之，住宅區噪音會干擾人們之間的相互交流，並使人感到煩惱。世界衛生組織規定室內噪音值需保持白天均能音量為 35 dB(A)，而夜晚噪音值需

要保持在 30 dB(A) 以下。超過限值的噪音會使人體產生緊張反應，並對人們之間的交流造成一定的影響。同時住宅區噪音會干擾人們的睡眠。當夜晚均能音量超過 30 dB(A)，或者突發噪音達到 45 dB(A) 時，不僅可能造成人們睡眠的減少，還有可能直接將人從睡夢中驚醒，嚴重影響人的休息。

二 文教區噪音的特點及其影響

以學校噪音為例，學校噪音主要來源於教室電器設備產生的噪音，如教室內使用的多媒體儀器產生的噪音，通風系統噪音，教學活動產生的噪音，課外活動產生的噪音等。可以看出，文教區人口密度大且其變化也大，噪音隨時間變化較大。如各區圖書館公共服務區之 L_{\square} 音量大小與人數多寡有直接關係，大致上受測空間人數越多， L_{\square} 音量越大。文教區噪音會對其中的老師和學生的工作學習產生較大的影響，不僅會引起人們不適，也將會影響到師生之間的交流以及教學的正常進行。

文教區噪音主要由下面四個方面的噪音組成：

(一) 教室噪音

教室內進行的教學活動產生的噪音是學校噪音的一個重要來源，可以將教室內的噪音分為以下兩個部分：

1. 教室背景噪音

教室背景噪音包括教室內的通風系統、使用到的教學儀器、學生活動產生的噪音以及其他教室帶來的噪音。一般可以只考慮通風系統、學生的活動以及其他教室造成的影響。

教室的通風系統噪音大約在 33 ~ 48 dB(A)，其均值大約為 41(4.0) dB(A) (括弧內的數表示統計資料的標準差，下同)；學生活動噪音，噪音值大約在 30 ~ 50 dB(A) 的範圍內，均值大約為 42(4.0) dB(A)；總的背景噪音音量大約在 35 ~ 50 dB(A) 的範圍內，均值約為 45(3.5) dB(A)。上課期間的學生活動的噪音主要來自同學之間低音的交談。因此，當周圍環境噪音增加時 (如通風系統噪音增加)，學生間的交談音也會相應變大，教室的背景噪音得到更大的增強。

一般上課的教室背景噪音比空置教室的背景噪音高出 5 ~ 10 dB(A)，最安靜的活動 (如默讀) 與最吵鬧的活動噪音相差則可達 20 dB(A) 以上。此外，教室的背景噪音也往往受到周圍教室的影響。表 5.1-6 為 Zannin 等人測得的空置教室受到周圍教室的影響的背景噪音。

表 5.1-6 空置教室受到周圍教室影響的背景噪音

學校教室	L_{Aeq}	L_{Amax}	L_{Amin}
A	59.4	76.1	46.4
B	63.2	76.0	51.9
C	51.1	71.1	40.2
D	59.1	70.3	52.1
E	60.7	75.1	47.9

Hodgson 等人 (1999 年) 提出使用經驗公式對教室的背景噪音進行預測。對於通風噪音，考慮其機器的型號、功率、與受音點的距離以及教室的聲學特性等，得到通風噪音音量 VN 計算下式 (5-1) 所示的經驗公式：

$$VN = 57.6 + 10.3 \log_{10} n + 0.68W - 21.3 \log_{10} A_0 \quad (5-1)$$

式中：

- n ：學生的數量，
- W ：房間的寬度，
- A_0 ：工作中的教室的總吸收面積。

對於學生活動噪音，考慮到學生的數量、教師的語音音量以及房間的聲學特性，可以得到學生活動噪音 SA 經驗公式如 (5-2) 式：

$$SA = 9.22 + 6.4 \log_{10} n + 0.71SL - 8.0 \log_{10} A_0 + 1.53I_{sex} \quad (5-2)$$

式中：

- N ：學生數量，
- SL ：教師語音音量，
- A_0 ：工作中的教室的總吸收面積，
- I_{sex} ：性別因素，男性教師值取 0，女性教師值取 1。

2. 語音音量

語音音量是指老師在授課過程聲音的大小，教師的說話聲音的大小將很大程度上影響到師生之間的交流。語音音量根據教師的性別差異略有不同。男性教師與女性教師的授課聲音的音量差均值在 ± 1.3 dB(A) 左右，也就是女性教師的聲音一般較男性教師低 2.6 dB(A)。而考慮聲音傳播中的衰減和吸收，教室前排和後排獲得的語音音量差別的均值為 ± 1.5 dB(A)。在 Hodgson 等人 (1999 年) 對教師語音音量的測量中，音量大約在 43.0 ~ 59.0 dB(A) 的範

圍內，均值約為 50.8(3.7) dB(A)(演說者正前方 1 m 處測得)。

不同的授課方式下，教師的語音音量也會不一樣，根據 Sato 等人測得的結果，教師的語音均值为 65.3(3.9) dB(A)，其中在課程朗讀時，均能音量約為 64.2(4.1) dB(A)，而授課演講音量則約為 67.0(3.2) dB(A)。教師往往還會根據教室背景噪音、教室體積、學生數量的不同，適當提高或者降低其語音音量，以便學生能較好地接受資訊。教室體積與教師語音音量的關係一般如表 5.1-7 所示：

表 5.1-7 教室座位數和演講音量的關係

教室座位數	< 30	30 ~ 80	> 80
演講音量 /dB(A)	62	65	66

其他人測得的教室中的各種噪音信號音量如表 5.1-8 所示：

表 5.1-8 測教室噪音均能音量

參考資訊	語音音量 dB(A)	學生活動噪音 dB(A)	通風系統噪音 dB(A)	信噪比
Markides	40 ~ 70	50 ~ 70	40 ~ 55	- 4.5 語音均值
	57.5(8.4)	61.0(5.5)	46.1(5)	+ 11.5 通風均值
Houtgast	48 ~ 63	45 ~ 50	45 ~ 50	3 ~ 15
	56.9(5.1)	47.4(3.1)	47.4(3.1)	9.5(4.6)
Pekkarinen 和 Viljanen	58 ~ 79	40 ~ 58	23 ~ 49	0 ~ 35
	67(5)	49(6)	33(5)	—
Pearsons,Bennett 和 Fidell	59.5 ~ 63.5	—	—	—
	—(5)	—	—	—

Hodgson 等人 (1999 年) 提出使用經驗公式對語音音量 SL 進行預測，考慮到教師的性別、學生活動噪音的強度、音源與受音點的距離以及房間的聲學特性，得到如下所示的預測公式：

$$SL = 48.5 - 2.6I_{sex} + 0.58SA - 4.0 \log_{10} r - 11.7 \log_{10} A_0 + 0.013V \quad (5-3)$$

式中：

r ：音源與受音點的距離，

V ：房間的體積。

(二) 室外噪音

學校室外噪音主要是指：課外活動或者室外教學活動中產生的對周圍環境造成影響的噪音，學生上下課產生的噪音，上學放學噪音，人流來往造成的噪音，以及就餐等活動造成的生活噪音等。以操場廣播進行體操為例，其噪音值大約為 80 ~ 90 dB(A)。室外噪音一般持續的時間較短，具有一定的週期性，雖然噪音量較高，但是對周邊環境影響不大，因此不是學校噪音的主要方面。

學校噪音不僅會干擾師生之間的交流，還會引起師生煩惱，造成聽力障礙，並對學生的閱讀理解能力造成影響。長期暴露在學校噪音之下還會導致注意力的不集中，影響學習工作的效率。

Hodgson 等人 (1999 年) 的測量結果說明，課堂上測得的學生接收到的語音信噪比為在 2.1 ~ 14.8 dB(A) 之間，均值為 7.9(3.1) dB(A)。可以知道，課堂上信噪比沒有達到正常交流需要的信噪比至少為 15 dB(A) 的要求。因此，學生與老師之間的交流可能會受到噪音的干擾，而有聽力缺陷或者非母語的學生，對語音的理解能力將會受到更大的干擾。

上課期間，室內噪音約 60 ~ 70 dB(A)，儘管此時噪音值略微偏高，學生對噪音的反應並不明顯，只有部分學生表示噪音對其學習造成了干擾。相關研究還發現，噪音對男孩女孩工作的干擾沒有太明顯的差別，但是女生的學習更容易受到噪音干擾的消極影響。教師對噪音干擾的感受往往比學生的感受更為強烈，其聽力受到噪音的損傷反應也越大。不同年齡段的學生對噪音干擾的反映也不一樣，年紀小的學生往往比年紀大的學生更容易受到噪音干擾的影響。統計發現，學生和老師都認為教室內學生的講話聲、桌椅的摩擦聲是干擾最明顯的噪音音源。一般認為，老師能夠對學生受到噪音的干擾的反應進行評估，將老師對學生受干擾做出的評估與學生自己感覺到的噪音干擾的評估進行比較，卻發現其相關度很低。這也反映出外界很難對個體受到的噪音干擾進行評估的現狀。

學校噪音還會對教室內學生的學習能力造成影響，年齡越小，其理解能力受到噪音的影響越大，13 歲以下的孩子尤其明顯。而降低教室的背景噪音，減小其餘響時間 (或稱迴響時間、殘響時間) 將提高孩子對語言的理解能力。教室中背景噪音往往以直達音或者早期反射音的形式到達學生耳內，因此在教室內鋪設吸音材料並不能減小其對學生的影響。

(三) 圖書館公共服務區易發生噪音源類型

1. 空間方面：廁所及飲水設施、櫃檯、討論室。
2. 設備方面：飲水機、空調設備、電腦列印、影印機、投幣影印(列表)機。
3. 人的因素方面：手機、聊天及交談、小孩喧鬧、跑步聲。

(四) 圖書館公共服務區音量

圖書館公共服務區的 L_{\max} 、 L_{\square} 和 L_{\min} ，在同一量測空間中，三者測量值差異不大，圖 5.1-10 顯示圖書館的音量變化不大(當然有極少數老舊、經費少、管理差之圖書館例外)。

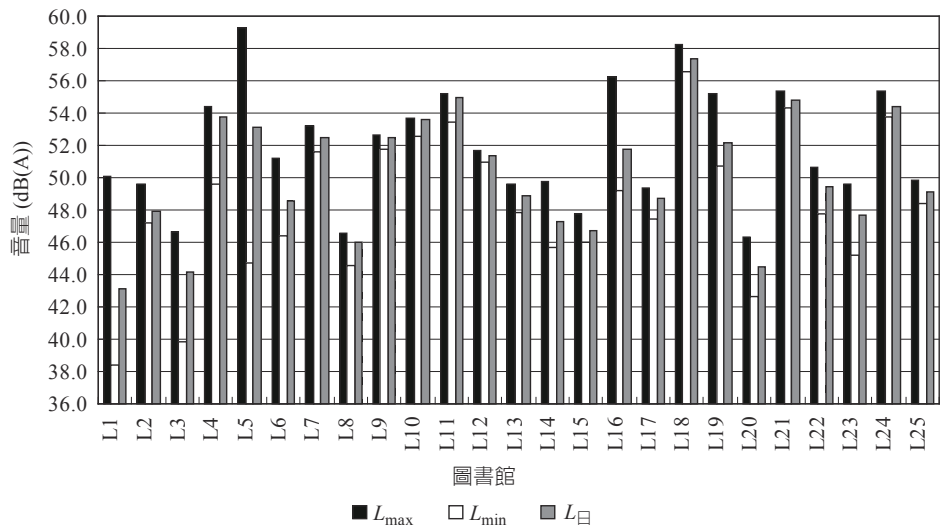


圖 5.1-10 全台圖書館 L_{\max} 、 L_{\square} 和 L_{\min} 關係圖

三 醫院噪音的特點及其影響

醫院噪音主要來源於醫院中的生活噪音，通風系統、醫療設備引起的噪音、手推車引起的噪音、工作活動噪音、警報聲等。因此，醫院噪音的噪音源廣泛，噪音源移動頻率高，具有穩定的較大人口密度。醫院公共服務區之 L_{\square} 音量大小與人數多寡有直接關係，大致上受測空間人數越多， L_{\square} 音量越大。由於醫院的特殊功能，醫院噪音可能引起病人的焦慮，對其神經系統造成影響，影響其睡眠品質，造成心血管的不良反應，使發病率增加，並造成傷口癒合速度減緩、康復期延長等後果。醫院噪音還會干擾醫務人員間的交流，使其注意力下降，造成短期記憶力下降、神經系統緊張以及聽力損傷等。

1. 大約 11 pm 至 7 am 之間是「安靜」時段。
2. 在院內所有場所及任何時間， L_{Aeq} 都顯示存在著嚴重的噪音問題。
3. 沒有任何場所的 L_{Aeq} 符合現行世界衛生組織準則 (WHO Guideline)。
4. 均能音量介於 50 ~ 60 dB(A) 之間。
5. 在 63 ~ 2,000 Hz 八音階頻帶上，頻譜通常是扁平的，頻率低於此頻帶時噪音量較高，頻率達到 2,000 Hz 以上時，噪音量則逐漸下降。
6. 在夜間，許多單位的噪音量即使有降低，也非常有限。
7. 過去 45 年來蒐集自各個醫院的數據顯示，無論在白天或夜間，噪音量都呈現升高的趨勢。

醫院中各部門由於其具體工作活動以及病人群體的不同，噪音的特點以及其對病人職員的影響也各不相同：

(一) 急診室與醫院公共服務區噪音

在急診室出入口處測得噪音達到最大，均能音量在 65 ~ 75 dB(A) 的範圍內，這可能是因為出入口人來人往的影響，噪音量較大。在急診室或公共服務區（等候區、領藥區、掛號批價區）各個區域的測量結果發現，不同的區域均能音量的變化大，某些區域偶爾安靜偶爾吵雜，沒有格外吵雜的區域，也沒有格外安靜的區域。

醫院公共服務區的 L_{max} 、 L_{\square} 和 L_{min} ，一般而言，在同一量測空間中，三者測量值差異頗大。幾乎可以確定的是，測量值反映出不同受測單位之活動差異——如民眾較多或電視播放音量較大的受測空間，噪音量相對也較高。

此外，由於急診部門一般靠近醫院入口處，其噪音值往往較住院部門高出 5 ~ 10 dB(A)。而我國在公共服務區，噪音的均能音量也在 65 ~ 70 dB(A) 的範圍內，遠高於世界衛生組織提出的醫院噪音限值，也高於美國環境保護部提出的醫院噪音限值，若以日本及美國的醫院等候區室內音量標準介於 45 ~ 50 dB(A)，我國確實有再進步的空間。

(二) 手術室噪音

手術室的噪音會因手術的類型、手術進行階段的不同而不同。Jonathan 等人 (2007 年) 對 Johns Hopkins 醫院的手術室進行了研究。在此之前，已有工作對諸如主動脈冠狀動脈旁路移植手術、扁桃體切除手術、截骨術等手術期間的噪音進行了研究測量，也有學者對手術室的背景噪音進行了相關的研究。但是，這些研究大部分沒有註明測量儀器的時間檔設置情況，很多工作甚

至沒有提及其中使用的均能噪音的時基大小。Jonathan 等人 (2007 年) 提出了如下各類型手術測得的均能音量 (5 分鐘或者 30 分鐘均能音量) 如表 5.1-9 所示。

從表 5.1-9 的測量結果可以看出，各種手術中其均能音量 L_{Aeq} 分佈在 53 ~ 70.5 dB(A) 之間，而其均值 L_{Aeq} 在 58 ~ 67 dB(A) 範圍內。同時對手術期間的噪音峰值 L_{peak} 進行測量統計發現，手術期間其噪音的峰值基本上很多會超過 90 dB(A)。以峰值 95 dB(A) 作為標準，可以評估較大噪音發生的頻率。統計還發現，一些手術如小兒整形手術、心臟病手術以及泌尿科手術等，最大的噪音值 L_{Amax} 超過了 120 dB(A)，且其峰值超過 110 dB(A) 的機率並不低，因此有可能對外科工作人員的聽力造成損害。相反的，腸胃手術、胸部手術期間的最大噪音值相對較低，其均能音量也相對較低，噪音峰值較少超過 95 dB(A)。由於只有當信噪比達到 15 dB(A) 或以上的時候，語音的清晰度才能得到保證。因此，在手術室中只有語音音量達到 70 ~ 85 dB(A) 時才能保證交流的語音清晰度。而正常人的交流語音大概 L_{Aeq} 在 55 ~ 65 dB(A) 的範圍內，因此，在手術室中需要大聲的說話才能保證正常的交流，否則容易造成交流的誤解。

表 5.1-9 不同手術類型均能噪音 L_{Aeq} 及其範圍

手術類型	手術數量	均能噪音 L_{Aeq} (dB(A))	變化範圍 (dB(A))	時間範圍 (min)
兒科矯形外科	2	58.0	57.0 ~ 59.0	66 ~ 84
胸部手術	4	63.0	61.5 ~ 63.5	59 ~ 240
腸胃手術	9	63.0	55.0 ~ 69.0	39 ~ 293
心臟手術	10	63.5	57.0 ~ 68.0	40 ~ 319
泌尿科手術	11	63.5	55.5 ~ 67.0	31 ~ 157
兒科泌尿手術	2	64.0	64.0	39 ~ 150
神經外科	8	64.5	60.0 ~ 67.5	74 ~ 510
耳鼻喉科	4	65.0	53.0 ~ 66.5	36 ~ 76
兒科整形	4	65.0	62.0 ~ 68.5	51 ~ 117
整形外科	19	66.5	56.5 ~ 70.5	19 ~ 37
整形	3	67.0	59.0 ~ 69.0	35 ~ 548

Tsiou 等人 (2008 年) 對希臘 (Greek) 醫院的手術室噪音測量得到結果顯示，Greek 醫院的手術室中最大的均能音量 L_{Aeq} 為 71.9 dB(A)，其中 L_1 為 84.7 dB(A)， L_{10} 為 76.2 dB(A)， L_{99} 為 56.7 dB(A)。他們同時對手術的主刀醫

生，手術組其他成員，護士分別進行了噪音調查。結果說明，手術室工作人員一般將下面幾種噪音源視為手術室主要的噪音來源：大聲交談噪音；機器工作產生的噪音；外來噪音；空調噪音。麻醉師往往對大聲交談產生的噪音很敏感，而護士受到機器工作噪音以及空調噪音的干擾更大，而醫生則往往認為外來噪音對其工作產生了較大的干擾。同時，主刀醫生較多地認為大聲交談產生的噪音也對其產生了干擾，相反，手術組其他成員則對空調噪音更為敏感。造成醫護人員對噪音敏感差異的主要原因可能是普通醫護人員往往每天在手術室中工作的時間更長，因此交談聲，空調噪音等長期穩定噪音的干擾可能更大。而外科醫生則不需要每天進行手術，因此外部的突發噪音對其干擾更大。Tsiou 等人 (2008 年) 測得手術室噪音中各音源的噪音值如表 5.1-10 所示。

表 5.1-10 手術期間各噪音源的噪音

手術期間噪音源	噪音量 L_{Aeq} (dB(A))	手術期間噪音源	噪音量 L_{Aeq} (dB(A))
天然氣的連接和斷開	106	麻醉師的托盤	84.7
設備的移動(木基架)	100	咳嗽	84.2
工具的使用	94.8	拆包	84.0
物體落地聲音	94.5	脫手套	84.0
裝消毒材料金屬箱的處理	94.0	麻醉機器的警報	84.0
大聲交談，笑聲	90.2	戴手套的聲音	83.0
開門，關門，敲門	87.8	透熱療法噪音	77.0
打噴嚏	87.4	必要的討論聲音	75.0
書籍的打包及處理	85.8	其他因素	>90
抽氣設備	85.5		

(三) 加護病房噪音

Tsiou 等人 (2008 年) 在希臘 Evgenidion 醫院的加護病房測得的噪音，均能音量達到了 60.3 ~ 67.4 dB(A)，其中 L_{99} 為 52.7 ~ 59.7 dB(A)， L_1 則達到了 70.7 ~ 79.2 dB(A)。其測得 72 小時內各噪音源的 8 小時均能音量分佈如表 5.1-11 所示。

表 5.1-11 加護病房噪音源分佈

穩定或類穩定 噪音源	噪音量 $L_{Aeq(8h)}$ (dB(A))	突發噪音源	噪音量 $L_{Aeq(8h)}$ (dB(A))
人們間討論	75 ~ 81	門	85
開啓氧氣瓶噪音	70 ~ 77	天然氣供應的連接和斷開	88
空調	60 ~ 67	抽屜盒壁櫥的開啓和關閉	85.7
開啓抽氣機	70 ~ 82	儀器，擔架	90.3
呼吸器	49 ~ 72	電話，對講機	70 ~ 77
		警報儀器	84
		桌椅凳的不當使用	78
		物體落地(尤其金屬)	88 ~ 92
		大聲說話	90

(四) 神經重症監護病房

Ryherd 等人(2008年)對神經重症加護病房(neonatal intensive care unit, NICU)的噪音進行了研究，並討論了其噪音對病人產生重症加護病房(intensive care unit, ICU)綜合症的影響。對醫護人員和病人分別進行的噪音暴露測量說明，醫護人員受到的噪音污染比病人嚴重。病人的噪音均能音量 L_{Aeq} 處於 53 ~ 58 dB(A) 的範圍內，且白天的均能音量較夜晚均能音量高出大約 4 dB(A)。病人受到的噪音的影響與環境背景噪音的變化有關。背景噪音中存在一段平穩區域，此時噪音值 L_{Aeq} 約 47 ~ 48 dB(A)，這一段時間內有助於病人的復元。此時的背景噪音主要和通風噪音和醫學儀器的工作有關。醫護人員受到的噪音均能音量 L_{Aeq} 在 65 ~ 71 dB(A) 的範圍內，其音量高於病人的噪音均能音量。91% 的醫護人員認為噪音對其日常工作產生了消極的影響，其中 66% 的人員認為噪音具有刺激性干擾，而 66% 的醫護人員對噪音感到疲憊，43% 的醫護人員則認為噪音使其無法集中精神，也有 40% 的醫護人員因此受到了緊張性頭痛的困擾。而近 96% 的醫護人員認為重症監護病房的噪音對重症監護病房(ICU)綜合症的產生具有一定的影響。

(五) 初生嬰兒重症室

Williams 等人(2007年)對初生嬰兒重症室的噪音情況進行了研究。初生嬰兒重症室護理等級分為三級：單獨護理，2級護理，3級護理。其中2級護理不需要機械通風或者許多的藥物治療，3級護理需要較2級護理更為精細的看護，而單獨護理房中的病人則是需要隔離治療的病人。不同的初生嬰兒重

症室測得各類型護理房內的噪音不一樣，對重症室 A，B 分別測量，得到如圖 5.1-11。

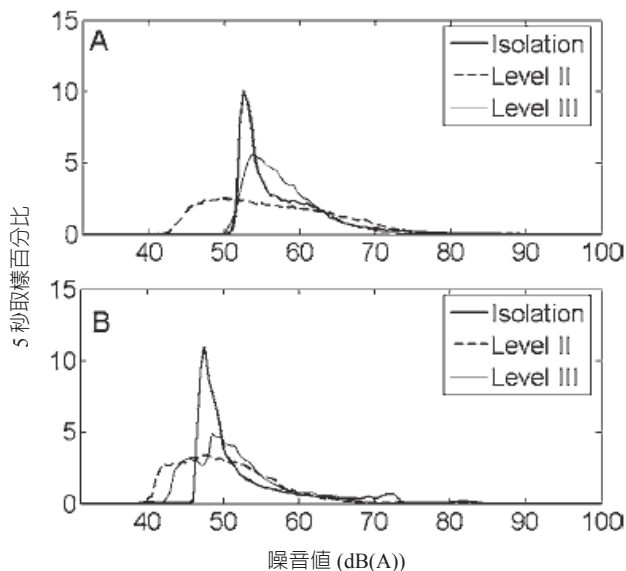


圖 5.1-11 不同重症室三種護理房的噪音分佈

可以看出，在三種護理等級的護理房中，2 級護理房的噪音分佈最分散，這種護理房可能較為嘈雜也可能是三種房間中最為安靜的。B 重症室中，2 級護理的噪音要較其他兩種護理房內噪音低，而 A 重症室中，2 級護理的噪音相對於其他兩種護理房內噪音音量反而更高。

醫院公共服務區易發生噪音源類型：

1. 空間方面：掛號批價處、藥局區、檢驗科與候診區、急診室（救護車）。
2. 設備方面：飲水機、空調設備、掛號處印表機聲音、病歷推車、電梯到樓提示聲。
3. 人的因素方面：喧嘩談話、手機聲、小孩喧鬧、護士小姐奔跑聲、醫護人員與就醫患者說話、護理站、醫護人員會議室。
4. 其他：音樂會（表演）、廣播及電視、叫號鈴聲、捐血或慈善（其他）活動。

醫院科別來分，以檢驗科、中醫科和藥劑科音量較大，原因如：

1. 檢驗科為採取檢體處（抽血、量血壓……之類的），民眾較不清楚流程因而容易大聲詢問，加上各科門診民眾多會至此檢驗（採取檢體），人數較

多，音量也相對提高，其他同時音源有護士採取檢體時，說明應注意事項（因人數較多，說明時音量相對提高）、叫號聲等。

2. 中醫科多為年長者，交談聲音普遍較大（可能患有重聽或其他疾病）。
3. 藥劑科多為藥局或領藥處，各科門診多會到此領藥，人數較多，音量也相對較高。

改善醫院噪音環境有多方面途徑，國內外應從事以下努力：

第一，我們不但要描繪出現有噪音環境的特徵，還必須瞭解產生這些噪音的原因。基於此一目的，我們注意到，醫院裡缺乏採用吸音材料的情形是出了名的。這多半是因為考量感染控制、磨損和成本的結果。然而，目前市場已可提供一些材料，既可滿足醫院在這些方面的要求，又能符合相關建材特性標準。

第二，隨著醫院內作業場所日益縮小和自動化程度升高，在噪音環境下溝通已成為日益重大的問題。未來應著手與醫護人員的合作計畫，思考有助改善語音辨識度的溝通問題技術解決方案。尤其，立體聲接收的優點尚未被利用於醫院環境中的聲響系統，因此，我們正在努力證明立體聲系統的效果，並結合其優點於聲響系統中。

第三，國外文獻顯示，醫院內絕大多數的語音警示並未帶來任何後續行動，毫無疑問，這些警示反而成為致令病患和訪客不舒服的主要來源。因此，如何有效利用醫院內的語音警示，使其既能達到維護病患安全的目的，又不至於成為惱人的噪音，不失為一個適宜的研究方向。

大多數人都可能出入醫院，更有許多人需要長時間待在醫院裡。醫院噪音顯然仍是個研究不足和瞭解不夠的問題。我們的目標就是要以具有意義的方法來改變此一現況。

總之，目前的醫院噪音往往超過世界衛生組織提出的噪音限值，其對病人與醫護人員的影響會產生較大的影響，主要強調在以下幾個方面：

1. 引起病人血壓上升，情緒緊張，產生焦慮，睡眠品質降低。
2. 引起病人疼痛感的增加，提高了麻醉藥的使用量。
3. 病人住院時間增長，暴露在噪音環境中，病人的康復速度變慢。
4. 醫護人員的交流受到干擾，手術失誤率增加。

上述有關學校及醫院 91 年至 95 年我國「醫院」與「學校」陳情案件資料統計知，醫院陳情案件為 637 件，學校則為 2,681 件。

以音源別分析(圖 5.1-12 a, b)，醫院以固定動力佔 32% (202 件) 最多，其次為營業場所佔 22% (137 件)；學校以擴音設備佔 60% (1,605 件) 最多，其次為固定動力和其他佔 19% (520 件)。

另外圖 5.1-12 所示陳情件數，醫院於 94 年到最高值 (200 件)，學校則於 93 年達巔峰 (712 件)，雖然於次年皆有下降，但整體而言仍呈現上升之趨勢，而由圖 5.1-13 得知醫院與學校之室內噪音，更由民國 91 年之 1 件上升至民國 95 年之 17 件。

我國 95 年醫院與學校噪音陳情案件 (不分室內室外) 總計 799 件 (醫院 148 件，學校 651 件)，依縣市別分析(圖 5.1-14a,b)，醫院以台北市 44 件居首，台北縣 24 件次之，台南市 18 件居第三；學校方面以台北市 256 件最高，台北縣 99 件第二，桃園縣 67 件為第三。

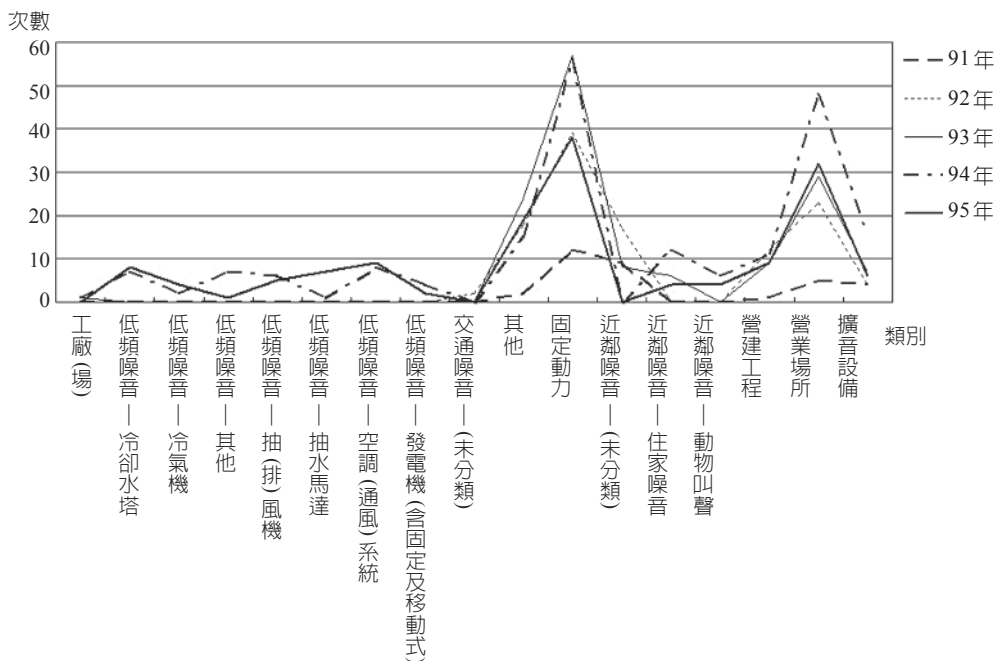


圖 5.1-12a 我國 91 年至 95 年醫院噪音陳情音源別統計圖

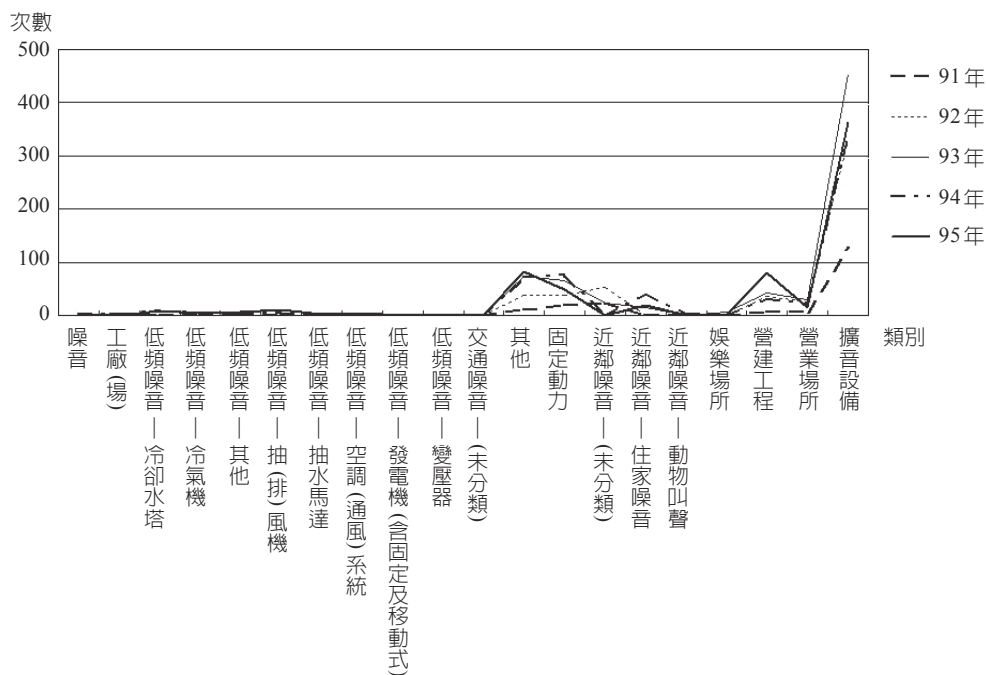


圖 5.1-12b 我國91年至95年學校噪音陳情音源別統計圖

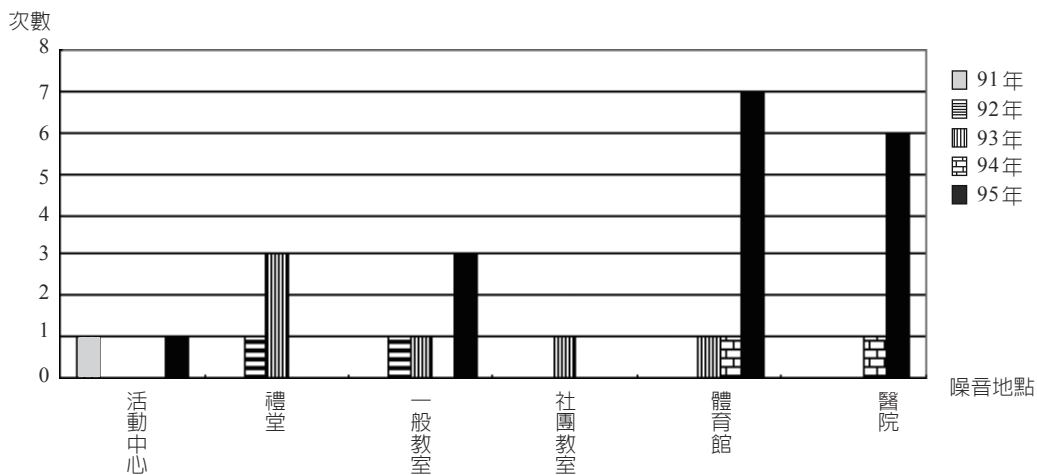


圖 5.1-13 我國91年至95年室內噪音陳情統計圖

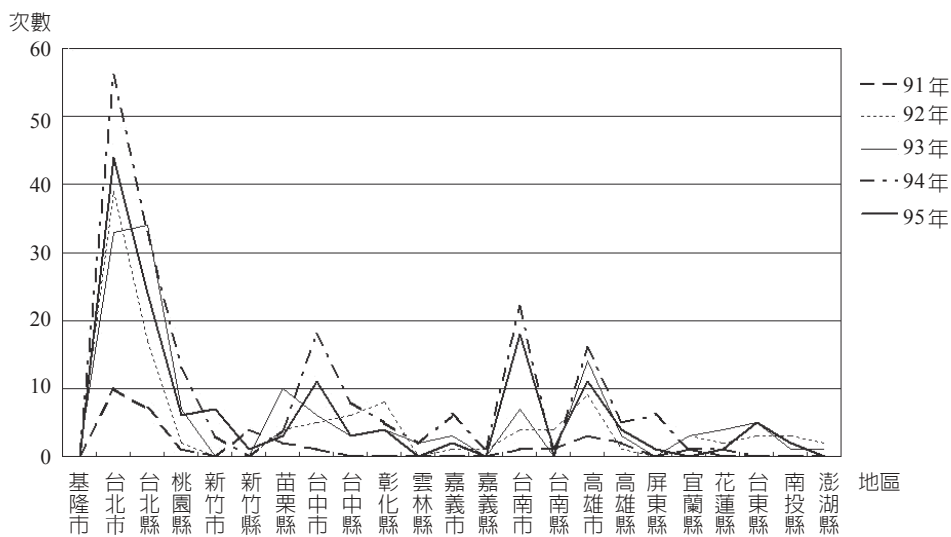


圖 5.1-14a 我國91年至95年醫院噪音陳情縣市別統計圖

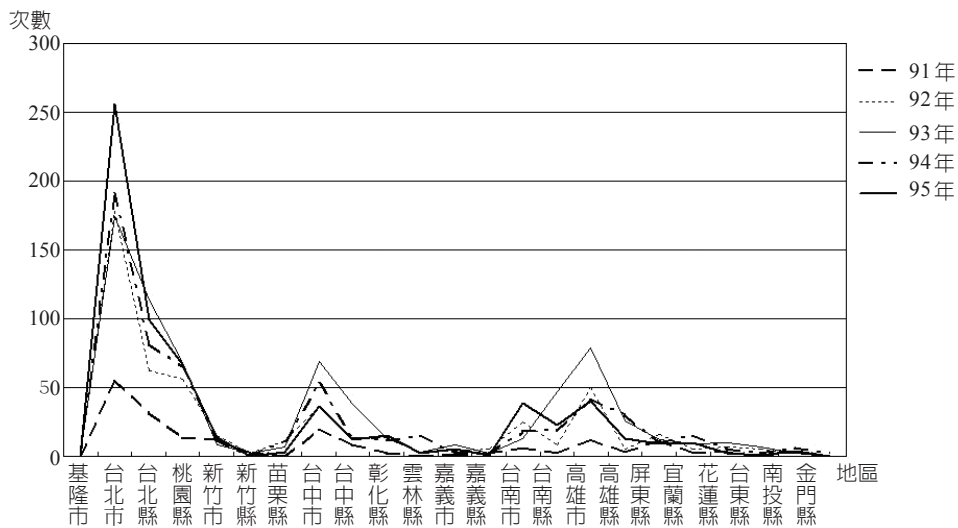


圖 5.1-14b 我國91年至95年學校噪音陳情縣市別統計圖

其中有關91年至95年陳情案件室內噪音之件數，醫院為7件，而學校為21件，請詳表5.1-12，我國91年至95年學校及醫院室內噪音陳情統計表。

表 5.1-12 我國 91 年至 95 年學校及醫院室內噪音陳情統計表

次數 噪音地點	年度					合計
	91	92	93	94	95	
活動中心(學校)	1	0	0	0	1	2
禮堂(學校)	0	1	3	0	0	4
一般教室(學校)	0	1	1	0	3	5
社團教室(學校)	0	0	1	0	0	1
體育館(學校)	0	0	1	1	7	9
醫院	0	0	0	1	6	7
合計	1	2	6	2	17	28

目前少數國家雖有室內噪音管制措施、室內噪音限值標準、管制方法及規範，惟僅中國大陸及紐西蘭有相關室內噪音的法令，而無罰則。

學校陳情案件多為體育館、活動中心、禮堂辦活動(擴音器、party、演唱會、比賽、加油聲、鼓噪聲……)噪音、上課時老師均使用擴音器上課及音樂教室緊鄰住家，醫院陳情案件多為寵物醫院狗吠聲噪音影響安寧。目前尚無學校圖書館及醫院因人多或室內設備產生音量大而有陳情案件。

四 娛樂休閒噪音的特點及其影響

娛樂休閒噪音由於其位置的不一致，分為固定場所噪音和一般場所娛樂的噪音。固定場所的娛樂噪音具有一定的週期性。比如迪斯可舞廳或者酒吧，在營業時間段內其噪音排放量較大，而在非營業時間內其噪音排放量相對較小，並且周而復始。一般場所的娛樂噪音則具有相對較強的隨機性，在活動進行的階段，周圍環境受到的噪音干擾會很大，而平時周邊可能處於一個相對安靜的環境。

一般酒吧噪音的 $L_{Aeq(8h)}$ 均能音量達到了 90 dB(A) 以上，處於 95 ~ 105 dB(A) 之間。Pedrero 等人(2006年)對西班牙馬德里市不同階層和年齡段的人們的日常活動測量得到了如表 5.1-13 所示的關於娛樂休閒噪音的音量：

表 5.1-13 不同類型娛樂休閒活動的均能音量及其變化範圍

活動類型	佔日常活的時間	L_{Aeq} (dB(A))	L_{Aeq} 範圍 (dB(A))
戶外運動	0.04	82.1	67.5 ~ 85.8
室內運動	0.14	77.9	62.7 ~ 83.6
各種戶外活動	0.35	82.0	55.1 ~ 89.0
夜總會	0.63	96.7	85.4 ~ 102.3
咖啡廳	2.20	82.9	65.3 ~ 94.8
觀看足球賽	0.06	88.8	88.8 ~ 88.8
網吧	0.01	59.7	59.7 ~ 59.7
電影院	0.33	79.3	70.3 ~ 83.7
教堂活動	0.06	75.2	69.2 ~ 77.8
迪斯可舞廳	0.05	95.2	90.7 ~ 99.8
搖滾樂會	0.11	98.4	94.5 ~ 99.8
博物館和劇院	0.02	81.9	81.9 ~ 81.9
旅館	0.41	82.8	71.7 ~ 91.2
音樂會	0.06	87.6	87.6 ~ 87.6

娛樂活動噪音主要對其中的參與者的聽力帶來損害。根據世界衛生組織的規定，雇員的工作環境噪音的 $L_{Aeq(8h)}$ 不能超過 85 dB(A)，採用耳罩等噪音衰減措施時， $L_{Aeq(8h)}$ 不能超過 90 dB(A)。酒吧內的環境噪音已經超過世界衛生組織規定的標準。而夜總會或者迪斯可舞廳的 L_{Aeq} 比酒吧的噪音值高出 5 ~ 10 dB(A)，其中的雇員將受到更嚴重的噪音干擾。Fleming 對迪斯可舞廳的測量發現，迪斯可舞廳內員工的 L_{Aeq} 為 94 ± 2 dB(A)，且不同的測量方法獲得的均能噪音音量並不一樣。採用定點法測量得到的結果比讓員工隨身攜帶傳聲器（麥克風）測量得到的均能音量小了大約 2.8 dB(A)。分析認為，定點法測量並未考慮到員工出入舞場附近時 L_{Aeq} 可能很高這個情況。一般迪斯可舞廳的噪音 $L_{Aeq(8h)}$ 可達 95 ~ 97 dB(A)。對其內部工作的播音員 (DJ) 受噪音影響的聽力靈敏度進行測試發現，近 70% 的播音員出現了暫時性的聽力下降，而有 75% 的播音員出現耳鳴的情況，這也說明，長期處於迪斯可舞廳這種環境下，會帶來聽力的損傷。

五 商業區噪音的特點及其影響

商業區噪音來源廣泛，主要來源於人們交流產生的噪音，人流來往的噪音，以及其中使用到的各種設備的噪音等，也包括周圍環境中可能帶來的交

通噪音的污染，車輛啟動停止時產生的噪音等。Korfall 等在黎巴嫩的一些地方的測得的商業區噪音其 L_{Aeq} 大約在 69 ~ 72 dB(A) 的範圍內。對比《聲環境品質標準》提出的商業區噪音限值可以知道，其超出限值約 10 ~ 20 dB(A)。而 Pedrero 等人 (2006 年) 對西班牙馬德里市的各種商業區域測量得到了如表 5.1-14 所示的均能噪音結果：

表 5.1-14 不同商業環境下均能音量的差別

購物環境	佔日常生活時間百分比 (%)	均能音量 L_{Aeq} (dB(A))	L_{Aeq} 範圍 (dB(A))
購物中心	0.05	80.6	74.0 ~ 85.4
百貨商店	0.52	80.6	60.6 ~ 89.0
集市	1.19	82.5	68.5 ~ 84.2
超市	0.05	76.7	66.2 ~ 81.5
小商店	0.74	68.7	64.2 ~ 79.3

商業區的噪音會對其中的工作人員以及其他成員產生一定的影響：

1. 干擾正常交流的進行。商業區繁雜的噪音會影響人們之間的交流，並干擾人們的思考。
2. 造成聽力的損傷。長期暴露在商業區噪音環境下，會造成人聽力的退化，而時間過長，則有可能引起永久性的傷害。

5.2 噪音預測和評估

5.2.1 都市噪音預測

國內外對都市噪音 (生活噪音) 的預測模型研究相對較少。由於都市噪音一般具有噪音來源廣泛、音源變化、人口密度變化大等特點，一般可以使用經驗公式或者使用衰減模型等對噪音的變化趨勢進行預測。模型的建立需要一定的資料積累，預測出都市噪音的發展趨勢，NOISE MAPPING (噪音地圖) 模型可以應用於都市區域噪音的預測中。但是，其主要關注的是都市道路交通噪音、工業噪音等，社會生活噪音處於比較次要的位置。

5.2.2 都市噪音的評估

目前對都市生活噪音進行評估的噪音評估指標主要有以下幾種：

一 A 加權音量 L_A

A 加權音量是 40 phon 等響曲線而設計的加權網路“A”噪音值，使接受的噪音通過時對人耳不敏感的低頻有較大的衰減，高頻稍有放大。A 加權均能音量考慮了人耳對低頻噪音敏感性差的頻譜特性，對低頻有較大的修正量，能夠較好地反映人耳對各種噪音的主觀評估，且易於測量，故廣泛用於噪音計量中。由於 A 加權均能音量是個寬頻帶的度量，不同頻譜的噪音對人體產生的危害可能不同，但可以具有相同的 A 加權音量，因此 A 加權均能音量不能全面準確地反映噪音的危害程度，它主要適用於寬頻帶穩態噪音的一般測量，單位是 dB(A)。

二 A 加權均能音量 L_{Aeq}

L_{Aeq} 是一個連續的 A 加權均能音量，根據噪音的能量它等效於整個觀測期間在觀測場所實際存在的起伏噪音，A 加權均能音量可用於測量持續時間不同的起伏噪音，但對個別持續時間極短，脈衝噪音值較大的噪音值不能正確地反映，即危害程度不同的噪音仍可能具有相同的 A 加權均能音量，因此，其主要用於起伏噪音的統計測量。 L_{Aeq} 的特點：它等效於一連續穩定的噪音，在測量週期內此穩定噪音和實際起伏噪音具有相同 A 加權能量，對間歇的峰值音量較敏感，單位是 dB(A)。

三 日夜均能音量 L_{dn}

日夜均能音量 L_{dn} 是考慮到噪音在夜間對人影響更大，將夜間噪音增加 10 dB(A) 加權處理後，用能量平均的方法得出 24 小時 A 加權音量的平均值，單位是 dB(A)。

四 噪音污染級 L_{NP}

綜合能量平均值和動特性（用標準偏差表示）兩者的影響而提出的對噪音評估指標， L_{NP} 的定義為：

$$L_{NP} = L_{Aeq} + 2.56\delta \quad (5-4)$$

式中：

2.56δ ：測試音量值的標準偏差 dB(A)，

L_{NP} ：常用於評估都市環境噪音或起伏的交通噪音。

五 日晩夜均能音量 L_{den}

歐盟執委會於1996年11月公佈「未來噪音政策綠皮書」，制定歐盟基本噪音政策。同時成立九個工作小組，精選專家研擬噪音調和策略措施與技術。歐盟的議會與決策機構(Council)已於2002年6月25日通過指令 Directive 2002/49/EC，同年7月18日生效。明訂歐盟環境噪音指標 L_{den} (又稱為 LEU) 與 L_{night} (又稱為 LEU.N)。環境噪音在此定義為在內部環境中(例如在家、家附近、在公園及在學校)感受到的人為活動(道路交通、鐵路、航空、工業、育樂與營建)所產生的聲音。相當於我國一般地區環境音量。

噪音指標 L_{den} 呈現日-晚-夜擾人噪音程度，以 dB 為單位。此指標在歐盟一些國家中已被採用於航空噪音指標。其數值與日-夜指標 L_{dn} 很相近，後者在美國廣為應用，一些歐盟國家也使用於航空噪音上。同時為了保護睡眠時間，也就是夜晚，特別制定「夜間噪音指標 L_{night} 」。此 L_{night} 指標的數值降低代表減少睡眠之干擾及一些其他特殊影響。歐盟噪音指標 LEU 與 LEU.N 皆容易解說、依據感覺、極為簡單、與物理量有關、引用少數指標，具有有效性、實際應用性、透明化、易執行性、及一致性。24 小時的噪音指標如公式 (5-5) 所示：

$$L_{den} = 10 \log_{10} \frac{1}{24} \left(12 \times 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right) \quad (5-5)$$

式中：

日間時段為 12 小時，

晚間時段為 4 小時校正係數為 5dB，

夜間時段為 8 小時校正係數為 10dB。

而世界衛生組織(WHO)提出了如表 5.2-1 所示的特殊區域內的噪音限值：因此，測得各區域的噪音均能音量以後，也可以使用表 5.2-1 對噪音進行評估。

目前對都市生活噪音傳播之評估步驟如：各噪音源音量之確立→噪音源至敏感點路徑傳播之衰減量計算→敏感點噪音量之計算及是否符合噪音管制

標準。敏感點噪音量至室內受音點噪音量之評估步驟如：敏感點噪音量之計算 → 敏感點噪音量至受音建築物外牆或窗戶路徑傳播之衰減量計算 → 受音建築物外牆或窗戶之隔音量 → 經外牆或窗戶傳播至室內中間點之噪音量計算 → 檢討室內噪音量是否符合室內噪音管制標準。

表 5.2-1 特殊區域的噪音限值 (WHO)

特定環境	主要健康效應	L_{Aeq} (dB(A))	時段 (h)	L_{Amax} (dB(A)) F 特性
戶外生活區	嚴重煩擾, 白天和傍晚	55	16	
	中等煩擾, 白天和傍晚	50	16	
住宅, 室內, 臥室	語音清晰度, 中等煩擾, 白天 傍晚, 睡眠干擾, 夜間	35	16	45
		30	8	
學校教室, 幼稚園, 室內	語音清晰度, 資訊提取的干 擾, 資訊交流	35	上課期間	
幼稚園臥室, 室內	睡眠干擾	30	睡眠期間	45
學校操場, 戶外	煩擾 (外部音源)	55	運動期間	
醫院病房, 室內	睡眠干擾, 夜間 睡眠干擾, 白天和傍晚	30	8	40
		30	16	
醫院治療室, 室內	干擾休息和痊癒	#1		
工業區, 商業區, 購物、 交通區域戶外和室內	聽力損傷	70	24	110
慶典, 節日和娛樂活動	聽力損傷 (顧客: < 5 次 / 年)	100	4	110
公共場所演講, 戶外和室 內	聽力損傷	85	1	110
耳機、聽筒中的音樂	聽力損傷 (自由場值)	85 #4	1	110
玩具, 火警警報, 輕武器 的衝擊噪音	聽力損傷 (成年人) 聽力損傷 (兒童)			140 #2
				120 #2
室外公園和保護區	安寧的擾亂	#3		

#1: 越低越好。

#2: 音壓峰值 (不是 f 檔測得的, L_{Amax}), 距離耳朵 100 mm 處測量。

#3: 現有的戶外安靜區域需得到保持, 需要保持較低的外來噪音入侵自然背景噪音的比率。

#4: 根據耳機在自由場的值。

表 5.2-2 各設備噪音量測值

設備名稱	樣本數	噪音量範圍 (dB(A))	噪音量平均值 (dB(A))
馬桶	19	64.3 ~ 77.7	71.1
洗衣機	14	53.5 ~ 68.8	60.7
窗型冷氣機室內噪音	8	50.8 ~ 67.5	58.1
窗型冷氣機室外噪音	6	57.5 ~ 70.1	63.3
抽水機	6	67.8 ~ 87.2	74.3
沉水式抽水機	2	55.6 ~ 59.8	57.7
抽油煙機室內噪音	14	56.1 ~ 74.9	65.5
抽油煙機室外噪音	2	60.3 ~ 65.2	62.8
冰箱	2	40.6 ~ 45.4	43.0
分離式冷氣室外機	1	—	69.3
分離式冷氣室內機	2	55.0 ~ 61.1	58.1
地下室汽車出入口	5	60.3 ~ 74.2	69.0
地下室抽風機噪音	7	65.5 ~ 80.6	72.5
地下室抽風機出口噪音	3	64.4 ~ 84.8	75.8

5.3 噪音的控制

在建築物中採取隔(吸)音措施時，一般多是將對住戶最有影響的部分作為對象，並假設外部噪音來討論建築物的隔(吸)音效果。通常，隔(吸)音措施都是在建築用地周邊、建築物自身和材料構成等方面實施，而無論是在那個方面進行實施，都關係到整體規劃和成本，如果沒有適當的隔(吸)音設計，是達不到目標中的隔(吸)音效果的。此外，外牆、窗戶、換氣孔等各個部位的隔(吸)音平衡也很重要。有時，在那裡實行隔(吸)音措施甚至會改變經濟負擔方，對都市噪音源採取隔(吸)音措施已成為一個重要的社會問題。

5.3.1 概述

都市噪音由於其音源多樣，影響廣泛，因此需要對都市噪音逐步制定相關的法律法規，並採取一定的技術手段控制其噪音的污染排放，噪音控制措施方法分別說明如後。

一 制定相關的法規

(一) 我國

有關我國針對娛樂場所、營業場所、擴音設施噪音管制，爰依據民國 98 年 9 月 4 日行政院環境保護署環署空字第 0980078173 號令修正發佈之「噪音管制標準」。

其中時段區分三段，日間：第一、二類管制區指上午六時至晚上八時；第三、四類管制區指上午七時至晚上八時。晚間：第一、二類管制區指晚上八時至晚上十時；第三、四類管制區指晚上八時至晚上十一時。夜間：第一、二類管制區指晚上十時至翌日上午六時；第三、四類管制區指晚上十一時至翌日上午七時，指特定時段內所測得音量之能量平均值。頻率範圍及指標包括 20 Hz 至 20 kHz 之均能音以 L_{Aeq} 表示，20 Hz 至 200 Hz 之均能音量以 $L_{Aeq,LF}$ 表示，測量時間則選擇發生噪音最具代表之時刻或陳情人指定之時刻測量。

其中「噪音管制標準」第五條 娛樂場所、營業場所噪音管制標準值如下，單位 dB(A)：

音量 管制區	時段	20 Hz 至 200 Hz			20 Hz 至 20 kHz		
		日間	晚間	夜間	日間	晚間	夜間
第一類		35	35	30	55	50	40
第二類		40	35	30	60	55	50
第三類		40	40	35	70	60	55
第四類		40	40	35	80	70	65

第七條 擴音設施噪音管制標準值如下：

音量 管制區	時段	日間	晚間	夜間
		第一類	60	50
第二類	75	60	50	
第三類	80	65	55	
第四類	85	75	65	

第八條 其他經主管機關公告之場所及設施之噪音管制標準值如下：

管制區	音量 dB(A)	時段	頻率			20 Hz 至 20 kHz		
			20 Hz 至 200 Hz			20 Hz 至 20 kHz		
			日間	晚間	夜間	日間	晚間	夜間
第一類			35	35	30	55	50	35
第二類			40	35	30	60	55	45
第三類			40	40	35	70	60	50
第四類			40	40	35	80	70	60

(二) 中國

中國於 1996 年頒佈的《中華人民共和國環境噪音污染防治法》是中國第一部關於噪音污染的立法法律。它對社會生活噪音污染的防制進行相關的規定，而 2008 年中國頒佈的《社會生活環境噪音排放標準》則專門對社會生活噪音的排放標準和測量標準進行了規定，使得中國有了第一部專門針對社會生活噪音控制的法律。中國《噪音污染防治法》中規定社會生活噪音防制的條例主要有以下幾條：

1. 在都市市區噪音敏感建築物集中區域內，因商業經營活動中使用固定設備造成環境噪音污染的商業企業，必須按照國務院環境保護行政主管部門的規定，向所在地的縣級以上地方人民政府環境保護行政主管部門申報擁有的造成環境噪音污染的設備的狀況和防制環境噪音污染的設施的情況。
2. 新建營業性文化娛樂場所的邊界噪音必須符合國家規定的環境噪音排放標準，不符合國家規定的環境噪音排放標準的，文化行政主管部門不得核發營業執照。經營中的文化娛樂場所，其經營管理者必須採取有效措施，使其邊界噪音不超過國家規定的環境噪音排放標準。
3. 禁止在商業經營活動中使用高音廣播喇叭或者採用其他發出高噪音的方法招攬顧客。在商業經營活動中使用空調器、冷卻塔等可能產生環境噪音的設備、設施的，其經營管理者應當採取措施，使其邊界噪音不超過國家規定的環境噪音排放標準。
4. 禁止任何單位、個人在都市市區噪音敏感建築物集中區域內使用高音廣播喇叭。在都市市區街道、廣場、公園等公共場所組織娛樂、集會等活

動，使用音響器材可能產生干擾周圍生活環境的過大音量的，必須遵守當地警察機關的規定。

5. 使用家用電器、樂器或者進行其他家庭內娛樂活動時，應當控制音量或者採取其他有效措施，避免對周圍居民造成環境噪音污染。
6. 在已竣工交付使用的住宅樓進行室內裝潢活動，應當限制作業時間，並採取其他有效措施，以減輕、避免對周圍居民造成環境噪音污染。

二 合理規劃

合理的都市規劃佈局，完善都市功能區的劃分，使人們的辦公、學習、居住遠離工業區、公路、鐵路……等地區，將音源和人們的生產生活隔離開來。噪音地圖 (noise mapping) 可以應用於都市的規劃之中，為制定各功能區的分部的規劃提供相對應的參考依據，使得功能區的建立更完善。另外相同的道理，利用建築物合理的規劃佈局和遮蔽物進行隔音設計，於周邊環境設置隔音措施控制其噪音的污染排放，表 5.3-1 中以道路交通噪音為例，表示出了測量隔音性能時的測量專案和測量方法。

三 加強人民的環境意識，進行社會道德教育

社會生活噪音的噪音源來源廣泛，而人民的社會生活產生的噪音是其中很重要的一部分。加強人民的環保意識，進行社會道德教育成為社會生活噪音防制的一個重要工作。

四 降低噪音源的強度

社會生活噪音包括生活設備噪音 (比如家用電器產生的噪音，通風系統造成的噪音)、工作設備噪音 (比如醫院各種設備儀器產生的噪音，學校教學儀器產生的噪音，各種促銷活動使用到的喇叭等) 等各種電器的噪音。可以通過新技術的應用，減小噪音源的音功率，也可以採用消音器等消音措施降低音源的強度，減低各種生活設備向外輻射的噪音。而對於室內活動產生的對外界造成影響的噪音，可以通過諸如在地板鋪地毯，使用橡膠地板，鋪設吸音材料等措施減小其活動噪音的產生。

另上述設備如變壓器、泵機組等大型裝置鄰近建築時，經常引發建築結構振動，並通過結構聲傳遞至室內牆面與地面進而污染室內場合的音環境。這類問題的解決辦法是對相關大型裝置進行減振、隔振處理。裝置減振措施

表 5.3-1 道路交通噪音隔音性能的研究專案和方法

研究專案	研究方法
外部噪音量與頻率特性	建築用地的邊界、用地內部、垂直方向上的實測 依據實測得的通過車輛數套用公式 根據類似例子進行類推
修正外壁面噪音聲級	入射角度、反射物、陽臺的影響 遮蔽物、後壁反射、隔板的影響 規定外壁面噪音測量點與牆壁之間的距離
規定室內目標值	規定不同建築的等級 不同用途房間的規定 規定室內噪音測量點位置
外壁隔音性能的設計和選材	算出目標隔音量 窗戶與換氣口的隔音性能 外壁的隔音性能、綜合隔音性能 規定隔音性能誤差 窗框的種類組合 玻璃的厚度和組合 窗框隔音性能穩定性的研究 雙重表單的空氣層和吸音材料 選擇密封材料 制定施工制度
建築物施工	窗框的隔音調整 換氣孔的隔音調整
確認隔音性能	規定確認方法 測量室內音壓 測量和修正音壓差 測量房間吸音能力
確認設計目標值的正確性	聽取使用者的意見 聽取提供者的意見 分析使用者的意見

包括：安裝減振墊、減振器；隔振措施包括：開挖隔振溝、安裝浮築隔振地板等。

五 抑制噪音向外傳播

可以通過對建築結構進行合理的規劃，減小室內噪音對周圍環境造成的影響，比如通過合理的建築設計減少歌舞廳內的噪音對外界產生的影響。也可以通過採取隔音措施等減小傳播到外面的噪音量。對於交通噪音可以建

立隔音牆抑制噪音的傳播，而對於室內生活噪音，則可以通過使用隔音牆隔音窗的減小噪音向外的傳播。對於各種電器設備也可以通過合理的利用隔音罩，減小其向外輻射的噪音。

六 接收者的防護

處於社會生活噪音污染環境下噪音的接收者，可以通過減少暴露在噪音環境中的時間、帶上防護耳罩、隱形隔音牆……等方式減小其受到噪音的影響。

5.3.2 隔音

隔音 (soundproof 或 noise suppression) 是噪音控制工程降低噪音的基本方法之一，也是應用於住宅建築防止噪音、降低噪音的重要措施。通過隔音處理，可以獲得一個安靜的環境，一方面是不讓外界噪音傳入，另一方面是不讓強噪音源向外輻射。應用於住宅建築消除噪音的隔音結構，主要包括隔音牆 (sound barrier)、隔音窗 (soundproof window)、隔音罩 (noise enclosure) 等。通過隔音牆和隔音窗的應用，可以降低室內噪音對外界造成的影響，而通過隔音罩的應用，則可以降低各種生活設備向外界輻射的噪音，從而達到控制噪音的目的，下面分別討論各項隔音的方法：

一 在建築周邊進行隔音措施

利用陽臺、室外走廊、屋簷、隔板等進行隔音。陽臺和走廊的扶手用什麼材料製作，一般來說是由美觀和安全性，以及防風、防火等大的因素來決定的，但噪音也是其中的一個因素。為了進行有效的遮蔽，就會設計在陽臺及走廊的空間中形成反射音干涉效果，就像海岸邊的防波堤一樣經過設計可起到很好的消音效果。

一旦外部噪音減弱，打開窗戶也不會太受到噪音的干擾，和僅僅依靠開口部進行隔音的現狀相比，從換氣和通風方面來說居住環境可以變得很好。但這種方法卻不經常被採用，還是由於受到規劃問題以及成本問題的約束。關於陽臺的消音效果，最近通過實驗進行了研究，發現在某些條件下可以使噪音降低數分貝，從降低外部噪音自身來說是很有意義的，我們期待著通過今後的研究及實施的效果來對這種方案進行檢驗。

陽臺的遮蔽效果受到噪音的入射方向、被遮擋面積、未被遮擋面積、陽

臺底部的反射、陽臺空隙的面積等影響，這有可能無法通過計算來進行充分的分析，有時也必須要進行實驗或是實地考察。實際上，在扶手的空隙中安裝金屬板或塑膠板的例子很多，這被認為可以遮蔽噪音以及降低噪音的入射面積。對於高層建築來說，其上部的噪音的入射方向是由下往上，如果將陽臺板做成沒有縫隙的板狀的話，對其上面一層的陽臺的底部來說入射範圍將變小，這在與噪音源比較接近時可以起到很好的實質性消音效果。

在通過增大隔板、屋簷等進行消音的時候也要按照上述標準，與噪音源的位置關係有關的因素對採取何種方案影響很大。隔板通常在設計時只考慮用於隔開相鄰的陽臺和作為緊急避難道路時的功能，但其實也可以抵禦從側面射入的噪音。雖然關於隔板面積和空隙等方面需要進行討論，但是如果仔細研究的話，也是一個可以實施的隔音手段。

二 在周邊設置封閉的走廊或是房間

不將陽臺、走廊或是套廊開放，而將其作為外壁，用牆壁和窗戶來隔音的方法，很自然可以獲得很高的隔音性能，並且除噪音以外也比較容易維持其他的環境要素，當然會增加成本。隔音空間越大，吸音能力越強，隔音效果就越好，在通常的設計中走廊或陽臺的大小是比較固定的。當然也必須考慮到這些面積被算進建築面積的可能性。出於預防災害的考慮有時需要添加其他設備。在夏天，由於日曬在東西南面會產生熱負荷，因此能選擇北面走廊是最好的。在冬天還可以成為曬太陽的房間。在隔音的諸多方法中，這是規模最大的設計。

三 在窗和換氣口採取措施

一般情況下我們幾乎完全依靠窗、換氣口、門等開口部進行隔音。這些部位可以列舉出以下特徵：從面積較大的房屋到中等西式房間等面積比較小的房屋，開口部位變化很大；與牆壁相比通常隔音性能較差；比較容易選定隔音性能的等級等。從來沒有在窗戶和門都打開的情況下規定室內目標值一說。也就是說，除去出入的時間以及由於噪音源的時間性而安靜下來的時段，在隔音設計上有一個「封閉起來生活」這一個前提。這在生活上產生的問題是由於換氣和通風的需要，不得不依靠空調設備或是機械進行換氣的時間變長，從而影響到房間的開放感和室內空氣品質。

雖然有上述這樣一個前提，但是要到達隔音的目的相對來說自由度比較

高，並且有針對性能惡化的修復方法，因此外部噪音隔音 = 窗隔音的思想也就固定了下來。

噪音的改善使用隔音門或隔音窗才有隔音效果，即使空間呈密封（關閉）狀況，惟密封後室內溫度可能會上升，所以加裝空調系統，同時為了降低室內二氧化碳濃度，需設置通風消音箱，又空調系統出口、風管等需加裝消音器，這意味著必須有空調設備但又不能讓噪音進入。本計畫中最需要注意的部分係如何運用窗型或分離式冷氣，以達到空調效率又不會讓空調設備產生之噪音進入，而進步國家都採用換氣消音箱來避免噪音傳入，又兼具通風效果。

在高層建築或是周圍的風環境不好的地方，作為對強風採取的防風措施而使用封閉性好強度大的窗框和玻璃，在這種場合常常由於防風的要求超過了隔音的負荷，而帶來了隔音性能的提高。

換氣口由於一般開口面積比較小且存在縱深，也被認為具有一定程度的隔音效果。同時有必要和窗戶放在一起來綜合考慮平衡隔音性能。換氣口為圓形且直徑在 100 cm 的時候，如果內外存在 30 dB(A) 左右的音壓差，常常採用防噪音型換氣口，而如果聲壓差超過 35 dB(A)，則最好使用具有足夠隔音性能的防噪音型換氣口。

四 外牆、屋頂的隔音措施

木製建築、鋼筋建築的外牆本身的隔音性能有時也成為研究的一個項目。從結構上來講，這些建築物最基本的考慮就是不想增加重量，為了隔音而增加重量將影響到建築物的結構本身。對於木製建築來說，原則是盡可能採取周邊措施和距離衰減，從而降低對牆壁和屋頂的噪音負荷。此外，利用多重結構也有可能提高其隔音性能。建築隔音的基本原理是「品質定律」，即牆體越厚、重整體隔音效果越好。對於隔音室、隔音罩和隔音屏，一般而言，隔音構件隔音量應大於「目標隔音量」5 dB(A) 以上。常用的屋頂大都是輕質鋼筋水泥，並已有適度的噪音衰減度（遮音效果大於 35 dB(A)），如要進一步加強噪音改善的效果，應由屋頂及牆柱之結構負載，聲音穿透的路徑量測，增加質量或於屋內上方加石膏板等方式著手。另常用牆材是鋼筋水泥或磚造，鋼筋水泥的噪音隔離度很高（遮音效果可大於 50 dB(A)），所以鋼筋水泥牆一般是不需要改善的，老舊建築如使用木造牆或其他材料如壓克力塑膠片、金屬牆面板等則有必要加裝第二道牆。頂樓的部分可以藉改善噪音穿透率或增加屋頂質量來解決噪音穿透的問題，台灣的屋頂大都是輕質鋼筋水

泥，並已有適度的噪音衰減度 (STC 大於 35 dB(A))，如要進一步加強噪音改善效果，應由屋頂及牆柱之結構負載，聲音穿透的路徑量測，增加質量或於屋內上方加石膏板等方式著手。

五 隔音牆

住宅建築的牆板會對噪音起到隔音的作用。最早的牆板使用黏性混凝土實心磚，可以視為單層隔音牆，穿透性差，這種牆板的隔音效果與牆的密度、厚度有關。25 cm 厚的磚牆已具有適宜的空氣音隔音量，而在混凝土樓板上鋪放某些軟的墊層，對隔絕撞擊音也會有相當好的效果。

二戰之後，建築設計趨於減小房屋的重量，較輕的房屋重量導致了牆體厚度的減小，此時發展出帶孔牆板、輕質夾心牆板等。此後發展了雙層牆技術，使得在減小牆體質量的情況下，牆體隔音效果也達到了加強。

另外在都市道路噪音控制工程方面，金屬吸音式與透明板式隔音牆使用較多，圖 5.3-1 為在都市道路高架段與平面段設置隔音牆示意圖。



圖 5.3-1 日本道路高架段與平面段設置隔音牆示意圖

六 隔音門、隔音窗

門：噪音由門縫中洩漏所致，加強門縫及門與門框之氣密是改善門噪音穿透的第一步。建議改善方式：增加門的面密度；使用實心門；在空心的金屬門中填充玻璃纖維；更換門及門框；在門底部採用密合設施。

窗戶：窗戶通常有 15 dB(A) ~ 30 dB(A) 內外差的隔音效果，具體的隔音量由窗框的形狀、玻璃厚度 (種類)、密封結構、施工等決定。要確保達到規定的效果，對隔音性能進行仔細的品質管制是非常重要的，其原因就是縫隙

的大小對高頻區的隔音性能有著很大影響。惟窗戶是主要的噪音侵入處，常見的是單層玻璃及鬆動的外框，使窗戶成為噪音侵入的關鍵點，而窗戶遮音效果常小於 20 dB(A)。建議改善方式：使用厚層玻璃來阻隔低頻噪音；使用雙層玻璃；使用獨立而厚重的窗框；在玻璃邊緣加裝合成橡膠襯墊；填塞窗戶縫隙。

由中華民國建築學會「建築學報 66 期增刊(技術專刊)」2008 年 12 月資料知，各國建築物隔音相關法令規定比較，說明如表 5.3-2 所示。

表 5.3-2 各國建築物隔音相關法令規定之比較

國家	建築物容許噪音值	空氣隔音性能要求 (dB)		樓板衝擊音性能要求 (dB)	牆體構造圖說之隔音要求	建物隔音量測之實驗標準
台灣	無規定	無規定	無規定	無規定	僅以文字規定牆壁構造	無規定
美國	無規定	STC 50 (現場 STC 45)	STC 50 (現場 STC 45)	IIC 50	無規定	ASTM E90 E413 E492 E336
日本	無規定	不同頻頻透過損失相當於 Dr-40	無規定	無規定	僅以文字規定牆壁	JIS A 1419-1
澳洲	無規定	STC 50 (臥室與鄰居浴廁相鄰)	無規定	不低於 STC 45	以文字及圖說規定構造方式及單位重量	AS 1276

一 窗戶

窗戶是噪音進入室內主要的地方，台灣常見的是單層玻璃及鬆動的外框，使窗戶成為噪音侵入的關鍵點，而台灣的窗戶 STC 常小於 20 dB，噪音常經由鬆動的窗戶間隙穿透。

建議施工改善方式：

1. 增加玻璃的厚度。
2. 使用雙層玻璃，如 3 mm + 3 mm 或 5 mm + 3 mm 厚玻璃。
3. 使用獨立而厚重的窗框。
4. 在玻璃邊緣加裝合成橡膠襯墊。
5. 使用厚積層玻璃來阻隔低頻噪音。
6. 填塞窗戶縫隙。

二 門

噪音由門縫中洩漏所致，加強門縫及門與門框之氣密是改善門噪音穿透的第一步。

建議施工改善方式：

1. 增加門的面密度。
2. 使用實心的門。
3. 在空心的金屬門中填充玻璃纖維。
4. 更換門及門框。
5. 在門底部採用密合設施。

門窗由於其面密度較小，且存在縫隙，因此隔音效果不理想。而其所佔面積小，低頻共振常發生在音頻敏感區。因此，門窗的隔音顯得較為重要。專用的隔音門常採用重型多層材料的複合門。而隔音窗則可以採用雙層窗或者中空玻璃構成的窗。門窗的隔音標準如表 5.3-3 所示。

表 5.3-3 門窗隔音標準

	1 級	2 級	3 級
平拉門	≥35	≥30	≥25
推開門		≥30	≥30
平拉窗	≥35	≥30	≥25
推開窗		≥30	≥30

建築物隔音窗及隔音門措施示意圖請詳圖 5.3-2 所示。

三 隔音罩

隔音罩是將音源封閉在一個相對較小的空間內，以減小音源向周圍空間輻射噪音的一種罩形結構。通常無法在音源處降噪，而又允許將音源封閉起來的時候，可以使用隔音罩對其進行隔音處理，隔音效果一般在 10 ~ 30 dB(A)，高的可以達到 40 ~ 50 dB(A)，經過處理的隔音罩其隔音量能達到 100 dB(A)。因此，可以將隔音罩應用到一些生產生活的設備中，降低其向外輻射的音功率。



氣密隔音窗



兩段式落地隔音門

圖 5.3-2 隔音窗及隔音門措施示意圖

5.3.3 吸音

吸音 (absorption) 技術也常用於住宅建築內，通過在住宅內鋪設吸音材料，可以降低其內部噪音值，防止室內噪音向外輻射造成影響，室內吸音技術用來降低室內噪音音量的消音效果，隨房間的大小、窗戶的大小、位置、數量、受音點的位置等條件而變化，但變化不大。另雖然不只是爲了提高吸音力，但若增加窗簾的厚度的話，也可以帶來一定的隔音效果，雖然效果並不大，但在高頻區則具有充分的改善效果，因窗簾是否一直拉上是一個問題，但在睡眠時放下窗簾卻是非常有效的。

室內裝飾用的毛毯以及床、沙發、書架、桌椅等物品的擺設由於是由居住者的生活方式決定，因此很難說成是措施，但根據受音位置的不同也能帶來少許的噪音的降低。此外在採用木地板、混響 (或餘響、殘響) 時間 (reverberation time, RT) 比較長的房間裡也可以稍微緩和混響所帶來的不快感。

住宅吸音側牆包括鋁纖維材質、軟木材質、懸掛吸音物 (各樣的軟質材料，如棉、麻、絲、毛類，或其他類纖維織品)、壁掛等都是可用之物、環保吸音棉 (黏貼型)、壁毯 (厚絨布材質)、共振裝置。

地板或地毯包括吸音毯、厚重的 (羊毛) 地毯、減振隔音板，如加裝吸音的地面材料，(常用的材料如海綿狀發泡材料)，面層需爲耐磨材料，易於保養、消毒和打掃。對醫療院所，所採用施做之隔音或吸音設備，其材料必須使用有抗菌性，又同時容易消毒者。

吸音天花板包括礦 (岩) 棉材質、礦纖材質、金屬纖維材質、PVC 塑膠材質、木纖材質、共振裝置。裝設具備強力吸音與隔熱之功能之天花板，尤其在中高頻率更能展現其獨特的消音性能，如注意接合施工，更能增加聲音

的反射。材料如氟化聚合物塗裝之沖孔鋁板、多孔玻璃纖維吸音棉、吸音襯墊、天花板墊片、膠合劑、吸音填縫劑等。而安裝方面須注意以下幾點：

1. 吊筋：各方向每隔 1,000 mm 至少設置一吊筋，吊筋應按每一房間或處所個別佈設，視需要於梁、管道、柱、格柵等天花板穿越物周圍設置額外之吊筋，以支撐框架。



礦纖吸音天花板



礦棉吸音天花板



纖維吸音天花板



吸音地毯



纖維吸音天花板



吸音圓筒

圖 5.3-3 室內吸音材料與設施示意圖

2. **懸掛結構**：主骨架及槽型吊架不得緊靠牆面及隔間牆，每一跨之天花板至少應有2支主吊架。
3. **吸音單元**：天花板塊之各邊緣應與金屬支撐緊密接合並排列整齊，板塊之佈設應妥為安排，盡可能減少小於1/4面積之板塊。
4. **牆面或邊緣之收邊條**：天花面與垂直牆面交接處應設置收邊條，收邊條交會處應以斜角相接，或裝角蓋。
5. **固定夾**：天花系統板及燈具位置周圍均應加固定夾。
6. **填縫**：管道或電源插座等天花板穿越物周圍之所有接縫均應予以填彌封。牆之立柱或收邊材上應塗以一道連續之吸音填縫劑。
7. **防振系統**：依相關規定將懸吊系統做防振處理。

而在各種生產(生活)設備，如空調、通風機……等上附加消音器等結構，可以降低其向外輻射噪音的功率，實現生活噪音的控制。

一 吸音材料

吸音技術可以應用於室內噪音的消滅，目前的吸音材料主要有以下幾種：

(一) 多孔吸音材料

多孔材料是主要的吸音材料，材料的內部有很多間隙和氣泡，因此透氣性較好。多孔吸音材料的吸音主要是兩種音能的消耗方式：其一，音波在多孔吸音材料中傳播時由於材料內部聲學阻尼的存在，會導致不停地發生摩擦消耗能量；其二，音波在通過材料內部時，空氣與纖維材料完全接觸，振動中產生的熱能通過熱傳導的形式傳遞出去。使用多孔吸音材料進行吸音處理時，材料表面的飾面、溫度、氣流以及材料後面的空氣層都會對材料的吸音性能產生影響，典型的多孔吸音材料成品如岩棉、玻璃棉等。

(二) 成型天花吸音板

這是一種將纖維質材料加工成型的用於天花板的吸音結構。由於其為板狀結構，因此，其低頻吸音主要由於板的振動。而對於中高頻的噪音，其吸音原理與多孔材料的相似，其典型的產品如岩棉吸音板、玻璃棉吸音板……等。

(三) 柔性材料

指的是具有獨立氣泡或者與其相近的泡沫塑料。柔性材料一般沒有透氣性，但是具有彈性。因此，其與多孔吸音材料的吸音機理不同，而是通過彈

性的振動，克服材料內部的摩擦消耗音能。典型的成品如氯乙炔泡沫等。

(四) 膜狀材料

代表如聚乙烯薄膜，一般跟多孔吸音材料配合使用。

(五) 板狀材料

主要通過振動吸音，代表如膠合板等。

(六) 穿孔板結構

穿孔板主要是在金屬板、膠合板……等硬質板上進行穿孔，並在背後設置一定厚度的空氣層之結構。其吸音性能取決於板的厚度、空氣層厚度、穿孔率……等。穿孔板的吸音主要是共振吸音。板的穿孔和其後面的空氣層構成一個亥姆霍茲共鳴器，通過音波在共振時空氣層的快速振盪摩擦消耗能量。

二 消音器

消音器 (muffler) 一般應用到生產 (生活) 設備上，可減小其向外輻射的噪音。比如行業標準 HJ/T 16-1996 規定的通風消音器 (ventilation) 的標準如下表 5.3-4。

表 5.3-4 消音器的規格標準說明表

消音器類型	插入損失 dB(A)/m	阻力係數
直管式	≥15	≤1.2
複合式	≥15	≤1.2
片式	≥15	≤1.2
折板式	≥18	≤1.4
盤式	≥10	≤1.4
彎式	≥5	—

消音器主要分為阻性消音器 (resistive muffler) 和抗性消音器 (reactive muffler)。阻性消音器以消耗音能為目的，而抗性消音器在管道中並不消耗能量。消音器的類型很多，請詳本書消音章節，此處不一一列舉。

三 其他

其他的噪音防制措施如植栽設置、美化環境、張貼宣導海報、消音護欄、吸音板皆或多或少可降低室內音量。



盆景美化



消音護欄



吸音板



宣導海報

圖 5.3-4 室內其他噪音防制措施示意圖

表 5.3-5 列出一些常用措施的實用效果。

表 5.3-5 利用不同的城市規劃方法控制交通噪音

控制噪音方法	實用效果
居住區遠離道路	距離增加 1 倍，噪音降低 4 ~ 5 dB(A)
合理區域規劃	噪音降 5 ~ 10 dB(A)
利用商店等公共場所做臨街建築隔離噪音	噪音降 7 ~ 15 dB(A)
道路兩側採用專門設計的隔音牆	噪音降 7 ~ 15 dB(A)
減少交通流量	流量減一倍，噪音降 3 dB(A)
減少行駛速度	每減少 10 km/h，噪音降 2 ~ 3 dB(A)
減少車流量中重型車輛比例	每減少 10%，噪音降 1 ~ 2 dB(A)
增加臨街建築的窗戶隔音效果	噪音降 5 ~ 20 dB(A)
臨街建築的房間合理佈局	噪音降 10 ~ 15 dB(A)
禁鳴喇叭	噪音降 2 ~ 5 dB(A)



習題

一、問答題

1. 何謂都市噪音噪音源？
2. 請問都市噪音特性？
3. 都市噪音如何預測？
4. 都市噪音如何評估？
5. 如何進行都市噪音的控制？

二、計算題

1. 假設音壓位準 70 dB 為 10 分鐘，80 dB 為 10 分鐘，試計算此 20 分鐘時段之均能音量？
2. (1) 解釋均能音量 (L_{eq}) 及計算方法。
(2) 某一連續性噪音測定共連續 10 分鐘，其中 dB(A) 為 65 者出現 10 次，dB(A) 為 70 者出現 20 次，dB(A) 為 80 者出現 10 次，試求此時段之均能音量為多少分貝？
3. 假設交通噪音資料如下表，收集時距為 10 秒，共有 20 個資料，請計算 L_{50} ， L_{10} 及 NPL(Noise Pollution Level)

時間(秒)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
dB(A)	71	75	70	78	80	84	76	74	75	74	83	88	78	87	92	95	98	85	88	77

4. 設某十字路口隨機測得下列十組每分鐘行車數及其噪音(分貝)其他可能有用的資料如下：請問

每分鐘行車數	33	40	27	50	39	60	75	66	83	77
噪音(分貝)	55	58	50	65	57	67	70	65	73	70

- (1) 估計若行車數為每分鐘 70 輛時其噪音約為多少？
- (2) 樣本相關係數是多少？