

## 第二章 文獻探討

本章就學校環境噪音的現況、噪音之定義、噪音對人體聽覺、生理、與心理之影響、噪音對教師的教學品質、噪音對學生的學習干擾以及教室的防音措施等方面，分別加以探討。

### 第一節 學校環境噪音現況及其影響

近年來由於經濟型態的轉變，工商業發達，工廠林立，致工業區應運而生，人民為謀生計，過度聚集於都會區與工業區周遭。根據台中市工業區管理中心（2001）統計，民國 70 年台中工業區廠商總數為 380 家，員工人數約一萬兩千人，民國 90 年廠商總數達 871 家，員工人數更高達兩萬六千餘人。位處台中市工業區的協和里民國 80 年為 2,951 人，民國 90 年為 4,865 人，增加 39.34%（台中市西屯區戶政事務所，2002）。蔗廍村與瑞井村屬瑞峰國小學區，依台中縣大肚鄉戶政事務所（2001）統計，民國 70 年蔗廍村與瑞井村分別為 2,978 人與 1,286 人，至民國九十年底為 9,173 人與 5,536 人，分別增加 13.56% 及 10.8%；人口密度增高，致使該區域噪音問題日益嚴重，噪音的控制也因此漸形重要。

在民眾生活水準提高，與環保意識提昇下，民眾對於生活環境品質與居家環境安寧的需求也日益殷切。行政院環境保護署（2001）指出，民國 80 年噪音陳情案件為 15,736 件，佔陳情案件之 23.32%；89 年增加為 26,176 件，案件總數增加 39.9%。機關、團體、學校、醫院，民國 80 年噪音陳情案件為 1,353 件，佔 2.01%，89 年增加為 1,365 件，案件總數增加 0.88%。近十年來噪音陳情案件不斷增加，平均每年增加

一千二百件、每年噪音陳情案件達二萬件，且年增加率為6%。台中縣環境保護局（2001）統計，1~11月噪音陳情數1,224件。居此環境中之學校更是無可倖免於噪音之危害，而在人口快速成長下，寸土寸金之土地獲得不易，因此擴建不及，許多學校在沒有選擇下，產生了「校園噪音問題」（殷蘊雯，1998）。

國內第一位提出學校噪音嚴重性之學者王老得（1967）研究發現台北市忠義國小，上課時間內的噪音位準是72dB(A)；如果有一班在齊聲朗讀，或是在普通教室上音樂課，教室內的噪音位準會超過80dB(A)；而下課時間，學生都走出教室，活動或交談，這時噪音位準就超過85dB(A)以上。黃乾全（1974）調查台北市15所國民中學共30間教室的噪音情形，結果50dB(A)以下的教室佔6.7%，51~60dB(A)的教室佔83.3%，61dB(A)以上的教室佔10%。林聰德（1985）指出台北市194所各級公立學校的教室外噪音集中於60~80dB(A)，佔全部受測學校之88.7%；81.5%之學校教室內噪音在55~70dB(A)。喻台生（1989）研究發現95.0%台北縣國民中、小學噪音音源側之室內音量在65dB(A)以上。台北市政府環境保護局（1991）調查台北市8所國民中小學，校外噪音達68~73dB(A)，校內噪音達64~70dB(A)，在教室內開窗的情形下室內音量分布在58~68dB(A)之間。徐文哲（1992）以桃園中壢地區10所國民小學為對象進行噪音實測，研究結果顯示校外噪音之 $Leq$ 值為76.3dB(A)，教室內之 $Leq$ 值開窗情形下為62.6dB(A)。

由上述資料可得知，學校噪音問題不論從北到南，或近三十年前至今，皆是一個大家都關心且嚴重的問題，故學校噪音的防制是刻不容緩的。

## 第二節 噪音之定義、聲音的遮蔽效應

本節就噪音之定義、聲音的遮蔽效應，作一概要的描述：

### 一、噪音之定義

噪音是一種不想要的，令人不悅的。有害的聲音；就科學觀念，物理學性上，它是一種混雜的聲音，沒有規律重複性，但它可以被測量、且分析的。在心理學層面上，無論任何形式之聲音，只要令人不悅的且不想要的，皆可視為噪音。至於在聲音物理學上，噪音不代表任何意義，且其強度隨著時間任意變動（林鴻清等，1998）。

王老得（1972）綜合各國的噪音定義，將「有公害之噪音」，界定為：「具有正常聽力的耳朵，聽不慣的強大音響，也就是使人不愉快、會妨礙思考、妨礙彼此交談、干擾睡眠或休息的各種聲音；總而言之，凡是引起生理上、心理上或生活上不愉快的聲音都是噪音。」

黃乾全（1987）認為噪音是相當主觀的感受，很難以音調的高低或位準的大小加以定義，一般而言，凡是會引起生理上或心理上覺得不舒服，妨礙我們日常生活的音響，都可稱為「噪音」。

江武忠（1991）指出人們每天從事工作、休息、接待、學習等活動時，凡使人思想不集中、煩惱或有害的各種聲音，都被認為是噪音。

楊慕慈（1999）指出噪音、空氣污染與水污染並列為三大公害；噪音是一種人們不喜歡聽到的聲音，或是一種令人不愉快的聲音，具有相當的主觀性，常隨著不同的人、時間、地點在感受上有相當程度的差別，故噪音在界定上很難有一種明確、清楚的劃分法。

劉貴雲（1984）認為噪音的特性為：（1）噪音的危害是無形的、隱微的；就一般而言，噪音所誘發的反應，除了情緒上的心理反應易由個體主觀感受顯現出抱怨的行動外，生理層面的聽力損失及自主神經的反應皆易被疏忽；（2）引起噪音反應的因素是多方面且複雜的；除了聲音本身的頻率（frequency）、位準（level）、與曝露期間（exposure duration）等物理特性外，它還涉及個人條件及社會環境條件的影響。

依據我國噪音管制法第二條（噪音之意義）規定：本法所稱之噪音，指超過管制標準之聲音。

一般在實施噪音的量測時，所測得的量是「噪音位準」（Noise Level），也就是音壓位準（Sound pressure level）加上 A 特性的頻率加權網路所得出來的量，音量單位為分貝（dB（A）），括號中之 A 指在噪音計上 A 權位置的測定值（陳兩興，1998）。

綜觀上述文獻可得知，噪音是一種令人不悅、不想要的聲音，承受度視個人主觀感受、曝露位準與曝露期間而定，且對人體的危害通常是不著邊際的，卻又如此的嚴重，尤其當有兩個或以上的噪音源同時存在時，產生的危害更甚，著實不得不重視。

## 二、聲音之遮蔽效應

正當在傾聽一個音源所發出的聲音時，若同時有另一個聲音的存在，就可能影響到傾聽此聲音的靈敏度，稱為聲音的遮蔽效應；為確保接受者傾聽之靈敏度，必須提高音源的音量才可能將預期的聲音完全傳達，被遮掩掉的音量稱之為遮音量（盧春火，2001）。

洪百薰(1985)指出，噪音對語音的遮蔽效應依人耳的接受功能而具有下列特性：

1. 噪音位準越高，其遮蔽的頻率範圍愈大。
2. 遮蔽效應在其中心頻率 (center frequency) 附近最佳。
3. 影響語音瞭解度的是語音頻譜與噪音頻譜的關係。
4. 噪音遮蔽的頻率範圍，頻率高於噪音中心頻率者較容易被遮蔽，而且在噪音位準高時更明顯。
5. 就遮蔽效果而言，群集噪音 (Crowed noise) 大於白色噪音 (white noise)。

語音的溝通是人類最基本的行為，當說話的聲音被噪音所遮蔽 (mask) 時，語音聽取能力就降低，也就影響溝通的品質。當噪音值超過 70dB (A) 時，室內談話將有 30% 的內容聽不清楚，人際溝通變得困難，此為噪音對語音的干擾。除音量愈大，干擾愈嚴重外，不同頻率的噪音對語音有不同程度的遮蔽效應 (陳淑娟，1999)。

黃乾全(1982)研究結果發現教師的發音與噪音源同一方向時，學生的聽取效果更差。

綜觀上述文獻，使用麥克風亦同樣產生噪音，導致語音產生遮蔽效應，干擾語音聽取能力，影響人際溝通。嚴重時，則將對人體聽覺產生莫大的傷害，令人不得不重視。

### 第三節 噪音對人體之影響

環境噪音對人體的影響甚鉅，本節就噪音對人體聽覺、生理、與心理之影響，敘述如下：

#### 一、噪音對人體聽覺之影響

耳朵是與外界接觸最頻繁的管道之一，也是學習所憑藉的重要器官，因為噪音所導致人體健康的危害，亦以聽力損失為主（劉貴雲，1984）。

王老得（1967）首次提出噪音可能是學生聽力障礙原因之一。一般而言，曝露於噪音環境下，所產生的聽力損失有兩種：一為暫時性聽力損失（noise-induced temporary threshold shift 簡稱 NITTS），另一為永久性聽力損失（noise-induced permanent threshold shift 簡稱 NIPTS）。噪音曝露後，降低對微弱聽覺訊號的辨別能力，此種聽力損失是可以恢復的，而 NIPTS 則於噪音曝露後，其聽力損失無法恢復，是長期受刺激所累積導致的後果（王老得等，1984；劉貴雲，1984）。

噪音可導致聽障、耳鳴和眩暈，當曝露在有害的噪音環境下時，耳蝸高頻率區域之聽力閾值會變差（李憲彥，1996；林鴻清等，1998），並以 4kHz 最為常見。剛開始 4kHz 的聽障病人並不自覺，但當影響到 3kHz、2kHz 的語言區域時，病人才開始有自覺聽力障礙。首先會在吵鬧的環境中，語音辨識能力變差，而後逐漸對較小的聲音聽不清楚，在初期這種聽力閾值的變化只是暫時的，經過一段時間休息，或離開噪音環境一段時間，此種情形多可恢復至正常（Touma, 1992; Dobie, 1995）。噪音實際的危害是決定於噪音之音量及個人的體質耐受性（林鴻清等，

1998)。

林明瑞(1998)表示聽力損失有逐年增加的趨勢。在無噪音的干擾下，談話聲應較適中才對，但往往需再次以高一點的音量使喚，才能得知訊息，似乎「側耳傾聽」的現象已成為習慣的動作。

郭宏亮、蕭金玫(1994)研究發現，國小學童在學校8小時的噪音曝露量 $Leq$ 值為85.2dB(A)，且大部分的時間都曝露在70-90dB(A)的環境，在經過8小時的噪音曝露，各頻率的聽力閾值幾乎都下降，尤其在4kHz的頻率下降最為明顯。

Hicks(2000)指出傾聽是學習的關鍵，尤其當有回響、背景噪音和聽力損失時，可能影響語音辨識能力。研究結果指出，聽力損失的學童在自尊及全面的健康上，有較嚴重的危機，以及聽力損失學童比正常聽力學童需要更長的運動反應時間。

Ostergren(2001)研究噪音和回響在正常聽力和聽力損害孩童間語音辨識能力的差別，結果顯示兩者都有語音辨識能力的情形，且聽力損害比正常聽力學童更明顯。

此外，當在噪音環境中一段時間後耳內仍有聲響，這種現象稱為耳鳴，耳鳴被視為永久聽力障礙之預警(陳淑娟，1999)。

White(2002)研究國小學童與耳鳴的關係，指出有54%的學生有耳鳴經驗，90%的學生有曝露於娛樂噪音的經驗，結果建議未來的研究應著手於學童與耳鳴的範圍。

綜觀上述之文獻，噪音不只使人體產生耳鳴、暫時性聽力損失，嚴重時更可導致永久性聽力損失；而在聽力損害先兆之“側耳傾聽”成為習慣前，如何採取防範的措施，實應三思，此外聽力損失將造成語音聽取能力和語音辨識能力降低，影響學生學習與人際關係，著實值得注意。

## 二、環境噪音對人體生理的影響

蘇德勝(1997)描述噪音對人類而言是一種生活壓力的來源，生活壓力會使人產生過度的生理喚起、生活麻木與產生攻擊，並能引發人體的生理反應，歸納如下：

- (一) 心臟血管循環系統：如心跳速率加快(劉貴雲，1984；高慧娟，1992；Melamed et al., 1997)、影響血壓的變化(韓德行，1984；高慧娟，1992)致高血壓(林鴻清等，1998)。
- (二) 呼吸系統：呼吸不順。
- (三) 消化系統：腸胃不適、食慾不佳。
- (四) 內分泌系統：腎上腺素分泌增加(韓德行，1983；劉貴雲，1984)。
- (五) 自主神經系統：無法獲得充分的休息，發揮正常的功能。

韓德行(1983)以在學之大學生為研究對象，進行血壓、呼吸與心電圖試驗，結果指出廣帶噪音 72dB (A) 時，人體生理反應即開始漸次出現，並以心舒壓率 LD50 值為 82.44dB (A)，視為危險的界線。

韓德行(1984)以國小一年級學童為研究對象，結果顯示廣帶噪音引起心縮壓和心舒壓出現反應位準，70dB (A) 時已有半數以上學童有心縮壓反應，而心舒壓在 75dB (A) 時較明顯，LD50 值為 79.28dB (A)。



劉貴雲（1984）研究發現噪音對生理反應以「心跳加速」、「收縮壓上升」和「舒張壓上升」之陽性率較高；生理指標首先出現位準，其相關係數以「舒張壓上升」分別與「心跳加速」和「收縮壓上升」有顯著差異；噪音位準高低與指尖血管收縮反應有密切關係。

高慧娟（1992）以高商女學生為研究對象，研究發現噪音對血壓等心血管的影響。當曝露在 85 dB (A) 的噪音下，會使心跳數、收縮壓增加。

Melamed et al. (1997) 以藍領階級之勞工為研究對象，結果發現曝露於 80 dB (A) 以上者，膽固醇和三酸甘油酯值較高。

綜觀上述文獻，噪音對人體生理上的影響，輕微可致腸胃不佳影響食慾，重則導致高血壓與心血管疾病，所以噪音對人體的危害不得不令人謹慎。

### 三、環境噪音對人體心理的影響

噪音對心理的影響常引發「噪音官能症 (noise neurosis)」，主要是因自主神經失調所引起之症狀。一般歸納噪音對心理的影響，包括：

（一）容易發怒與注意力不集中；

（二）精神不安定與神經質；

（三）判斷力減退；

（四）容易疲勞，工作效率低落：董貞吟（1988）研究噪音對學生作業表現之影響，發現噪音會影響學童算數推理能力。愈需要動腦的工作，愈會受噪音干擾，在工作場所會致不專心而使事故發生增加 (Smith, 1990)。

(五) 厭煩。陳淑娟 (1999) 指出個人對噪音源感覺不愉快或不利稱為厭煩；噪音厭煩度的反應是個人受噪音干擾以致失眠、影響注意力、干擾交談、產生壓力，以及在影響健康上提供某些程度的綜合訊息。當噪音持續時間愈長，所引起的厭煩度愈高。但 Letowski & Thompson (1983) 指出間歇性噪音比持續性噪音更容易引起厭煩反應。厭煩度是受噪音影響最直接的指標，厭煩程度亦是個人主觀的反應 (陳淑娟, 1999; Jong, 1990; Fidell, & Barber, 1991; Evan et al., 1995)。

(六) 反應遲鈍。

(七) 感到有壓力。殷蘊雯 (1998) 研究發現教室環境噪音對教師自覺心理性影響以「感到煩躁不安」為主。

(八) 失眠：噪音對睡眠的影響是很明顯的，一般人受到噪音影響會延遲入睡，接受喚醒及干擾睡眠的深淺，通常噪音量超過 40dB (A) 時就會開始影響部分人的睡眠，在 50 dB (A) 時有 1-2% 的人受到聲音喚醒，90 dB (A) 時大約有 6% 的人會受影響 (陳淑娟, 1999)。

綜觀上述文獻，噪音對人體心理的影響，可導致自主神經系統失調，產生諸多症狀，嚴重擾亂日常作息，產生情緒障礙，影響人際溝通與人際關係。

#### 第四節 噪音對教師教學品質的影響

林聰德(1985)調查台北市194所公立學校噪音問題，發現參與調查的教師中，58.3%認為噪音對教學有明顯的干擾，任教的科目和感覺教學受到干擾的關係中，以國文、英文、歷史和地理等文科，所佔之比率較高為24.6%，數學、物理和自然等理科佔20.4%，體育、工藝和音樂等科佔17.0%。

董貞吟(2001)對國小級任教師調查自覺嗓音異常的情況，結果發現教師授課音量隨教室背景噪音升高而增加，證明教室背景噪音容易誘發教師不良的發聲習慣，且發現吵校教師比靜校教師更普遍有使用麥克風的習慣。33.3%之教師在連續上完三堂課後，開始感到喉嚨不舒服，吵靜兩校沒有顯著差異；在學期中以剛開學一、兩星期感到喉嚨不舒服的時間最多，吵靜兩校具有顯著不同，吵校中認為剛開學一、兩星期最不舒服，靜校則認為無明顯差別；吵校教師在嗓音的適應上以剛開學時最感疲勞，而靜校教師則無此趨勢；且有四分之一教師曾因聲音異常或喉部疾病而就醫過者，吵校比率高於靜校。

綜觀上述文獻可知，噪音可引發教師喉嚨不適與發生異常的情況，且學校噪音問題對教學上又有明顯的干擾存在，因此教師為降低噪音的危害而使用麥克風教學情形亦日益普及，又麥克風如同形成噪音源，對人體危害於無形，為免惡性循環，學校噪音問題應重視並著手改善。

## 第五節 噪音對學生學習的影響

真正的學習必須是個體瞭解情境，洞察情境中各種刺激之間的關係而獲得的認知（董貞吟，1988）；而且由於學生學習過程仍以視聽為訊息傳達之主要管道，加以目前教學方法仍以口語傳達為主，就以學習立場而言，聽取干擾應受重視。

Jewell（1980）指出學習環境中的噪音強度增加，學生完成指派任務的時間亦需增加，將影響學生的成績。在閱讀時，學習環境也應配合學生個別的聽覺需要（Dunn，1983）。Hof（2000）發現教室的環境在學術成就上有直接或間接的影響，教室的噪音增加，學生的閱讀測驗得分比較低。

### 一、喚起（arousal）理論

當噪音刺激時，個體之中樞神經系統，尤其是網狀組織部分，會引起概括性的活躍狀態，稱為喚起（arousal）狀態。任何作業的表現會隨喚起水準的增高而增加到某些程度，但若喚起水準持續增高，則反會使作業表現變差。喚起狀態對作業表現的影響，是依作業難易性質不同，而有增強或抑制的不同效應。當喚起狀態程度增高時，個體會限制引導行為的線索（cues）之取用範圍，而影響工作的表現。但曝露在中度及高度噪音時，會使喚起狀態程度增高，而使注意力縮窄（narrowing of attention），而忽略與作業無關的訊息；但當喚起水準繼續增高時，注意力將再被縮小，使得與作業有關的線索也被忽略（如圖 2-1）（董貞吟，1988）。

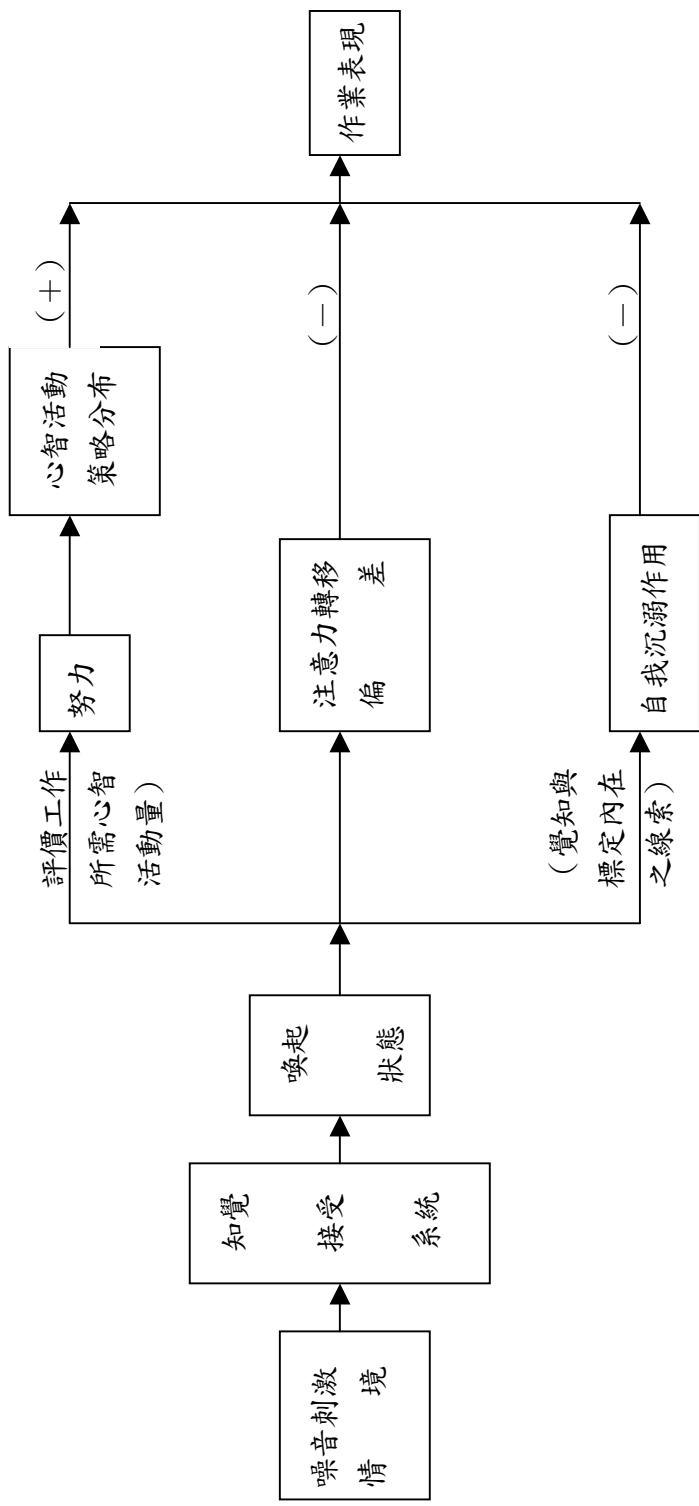


圖 2-1 喚起狀態對作業表現影響之綜合模式 (引自董貞吟, 1988)

## 二、S/N 與語音聽取和語音辨識的關係

日常生活中，噪音最明顯的干擾在人與人的語言溝通上。當音量愈大音頻愈廣時，聽取效果愈佳，因此說話者為了要讓別人能聽清楚自己的聲音，隨著環境需要，會提高自己的音量；但當聲音「非常」大時卻反而降低聽取效果，最佳語音聽取位準的範圍是在 50-80 dB (A) 之間 (Martin, 2000)。

黃乾全 (1982) 研究台北市內國中小學，進行噪音影響思考及聽取能力之實驗，並與探討不同位置噪音源之聽取能力差異；發現吵校之學生，上課時常因外界噪音問題，而聽不清楚教師上課內容，希望教師講課時能更放大音量，且因外界的噪音，若未大聲回答教師的問題，教師就聽不清楚，因此學生的聽取率是隨噪音位準增高而降低。研究發現，教師講課的音量應比室內的環境噪音高出 5-10 dB (A) 才不影響聽課，結果建議教室內之噪音位準應在 63 dB (A) 以下才不影響聽課。

洪百薰 (1985) 研究國中學生對噪音的感受性與容忍度，發現當噪音位準相同時，S/N 比大者聽取效果佳，S/N 比相同時噪音位準在不超過個人感受性的情形下，聽取效果隨位準上升而上升，若噪音位準超過個人感受性，則聽取效果隨位準上升反而降低。

Ostergren (2001) 指出過高的背景噪音和回響對教室的聽覺環境是有害的。美國語音與聽覺協會 (American Speech-Language-Hearing Association, ASHA) 於 1995 年指出，噪音源可能存在於建築物本身，也可能來自教室外部，透過設計不良的門窗、牆壁而進入教室 (Crandell,

1991)。

Martin (2000) 認為周圍噪音、教師聲音的強度、教室回響時間均可影響教室的環境，聽覺不佳的環境會妨礙學習者的成績。以閱讀環境作研究結果發現為無論在基本閱讀能力和閱讀理解力上，無論是否使用擴音系統，並沒有顯著的不同。

Crandell et al. (1994) 研究發現現在大部分的教室環境都無法清晰傳達教師的聲音，對學生心理和社會發展也有所妨礙；不良的聽覺環境，是普遍的情形，堅硬又具高度的牆壁、天花板、窗戶的表面，會產生空間回音 (echo-chamber)，影響教室內所有學生的聽覺，而且在校 45% 的時間都需要使用傾聽的方式，即便是多媒體圖像也需仰賴學生的傾聽，所以教室的聽覺環境是很重要的 (Berg, 1987)。

國外諸多學者指出教室周圍的噪音、教師的聲音位準、空間的回響、教師和學生間的距離等四因子會影響語音聽取效果；以下將之詳述：

(一) 教室周圍的噪音：任何不被希望的聽覺干擾，會妨礙學生對聽覺的需求。而 Berg (1993) 將教室噪音源分成三類：

1. 內因性 (internally generated)：椅子的搖晃、腳步聲及教師和學生的談話聲。
2. 外因性 (intruding)：暫時性的噪音源，如卡車經過、響亮的鳴聲及有人大聲的喊叫。
3. 背景噪音 (background noise)：較持久的噪音源，包括風扇、電信通路、暖氣裝置、冷卻系統 (HVAC)；HVAC 是背景噪音最主要的來源 (Crandell et al., 1994；Martin, 2000)。

每天上課時都會有不同位準的噪音源出現。使用時的噪音位準是測量教室在有正常活動時的噪音總量，空教室的噪音位準是測量沒有任何活動的場所之周圍噪音總量 (Lubman, 1997)。

(二) 教師的聲音位準：教師聲音的強度與噪音位準有關，也都被認為是訊號對噪音比 (signal-to-noise ratio) 或語音對噪音比 (speech-to-noise ratio)，均可縮寫成 S/N。Crandell et al. (1994) 指出 S/N 比為+15 到+20dB (A) 是可被接受的範圍；教室在沒有噪音干擾下可低於+10 dB (A) (Berg, 1993)；+15 dB (A) 或更高的值是較令人滿意的教室環境 (Lubman, 1997)；Martin (2000) 指出數值雖有某些差異，但教室 S/N 比必須在+10 dB (A) 到+20 dB (A) 的範圍間，以提供學童一個適當的聽覺環境，並且發現較高的 S/N 比將使學生更容易聽取語音訊號，並賦予他們有更喜愛學習基礎語言學的能力。在聽取能力上，孩童比成人需要更高的 S/N 比，因年幼的孩子較少發展聽覺與語音技能，也因此有較高 S/N 比的需要。當語音訊號和噪音強度相同時，產生 S/N 比為 0dB (A)。

教師的發音位準比教室的環境噪音位準高出 2 dB (A) 時即不影響聽取，教師講課的音量應比較室內的環境噪音高出 5-10 dB (A) 才不影響聽課 (黃乾全，1982)

(三) 空間的回響：由 McSportan 於 1997 年所提出的，意即由堅硬的表面反射所產生的噪音，當回響增加時即對訊號的聽取效果產生負面影響。回響時間 (RT-60) 即 “訊號終止後訊號強度被減弱至 60dB



(A) 所需的時間”。未使用吸音建材的牆壁、地板及天花板與教室有堅硬的天花板和空曠牆壁，造成回響的環境。當回響與其他噪音源結合時，反而比兩個單獨噪音的總和對語音辨識的影響還要來得大。在平時上課時，教室就有結合三個以上噪音源的回響，而產生的噪音源，相同的噪音源是最重要語音訊號的隱形殺手。美國語音與聽覺協會標準指出，為了在聽覺上有令人滿意的教室，回響時間不應超過 0.4 秒 (Martin, 2000)；超過此標準就可能有一個或以上的危險因子存在，回響將增加教室的噪音位準，且會降低了語音訊號的聽取。Crandell et al. (1994) 研究發現只有 28% 教室的回響時間低於 0.4 秒。

(四) 教師與學生之間的距離：Bess & Crandell (1986) 調查學生在教室中不同位置的語音辨識能力，研究發現當學生坐在教室中間到後面的位置時，對語音的聽取較困難，語音辨識能力的減少是由於教師和學生間的距離增加。

### 三、噪音與思考的關係

黃乾全 (1982) 在研究噪音妨礙思考作業的感受程度中指出，靜校學生表示做數學 (算數) 題目時以未曾算過的算錯的比率最高，吵校學生則表示曾算過的算錯的比率最高。除了國小靜校外，其他各校皆有半數以上的受試者，表示考試或作文時曾經有過煩於思考的現象。

林聰德 (1985) 指出對不同分貝區學生而言，位於高分貝區的學生對「容忍力」、「聽課影響」、「閱讀和思考的影響」的反應與噪音位準有關，Leq 值越高，反應越強烈。

山本剛夫等於1958年與Nagatsuku於1964年分別在不同噪音下進行加算測驗，結果顯示吵環境下之誤算率較靜環境高，且其結果與題目難易有關，意即高難度者受噪音影響大；田多井之介於1965年發現加算速度隨噪音位準升高而降低；黃乾全於1982年研究也發現相同的結果。此外，大場義夫等於1973年和柴若光昭於1978年分別以東京大學S-A創造性測驗卷在噪音下施測，發現噪音對單純性思考並無妨礙，或有促成的效果，但對複雜性思考作業則有抑制效果（洪百薰，1985）。

#### 四、噪音與記憶的關係

游恆山（2001）將記憶定義為貯存和提起訊息的能力；不論什麼類型的記憶都需經過登錄、貯存及提取等三個心智歷程的運作。登錄使得訊息輸入，貯存是保留訊息到需要時，提取則是找出該訊息。登錄需要對來自外界的訊息形成心理表徵（mental representations），並以某種方式保存過去經驗最重要的一些特徵，使自己能夠「再呈現」（re-present）這些經驗。而記憶可分為感官記憶、短期記憶和長期記憶。

噪音對記憶程度是否會造成影響，國內外已有許多研究如Berlyneet於1965年、Haveman and Farley於1969年和林青山等於1979年，有些認為噪音對短期記憶是有影響的，但有些認為噪音對短期記憶是有促進的，或認為無顯著不同的（黃乾全等，1993）。

黃乾全（1987）以台北市國中、小學生為研究對象，進行噪音對學生學習基本能力的影響，結果發現國小學生測驗成績受到中度噪音60dB（A）影響最大，其次才是高度噪音75dB（A）的影響，國中學生

則不受中度、高度噪音的影響。國小、國中學生受噪音干擾之課程科目，以重記憶、理解為主，尤其是國中生。

綜觀上述文獻所述，噪音在學習上除了引致喚起作用，使得語音聽取與語音辨識能力降低，影響學生的思考與記憶能力外，更影響學生的學習成效，可見噪音對學生學習的影響極為深遠。

## 第六節 教室防音措施

一般認為降低噪音的干擾防制，可從本身做起，如體育課遠離教室、上課減少朗誦、減少擴音器的使用且音量放小（楊慕慈，1999）；除此之外，教室的消音減音措施的功效亦不容忽視。

雖然，黃乾全等（2000）研究顯示學生在教室防音措施的評價方面，48.8%的人表示關窗後教室較以前悶熱，且每節都願意使用防音窗（關窗）者僅佔 4.8%，可見防音措施會影響室內空氣品質，所以降低使用意願。

盧士一（2001）指出當降低噪音的方式無法實際做到時，可藉由將噪音源密閉、阻擋或吸收減少空氣音傳播是常用的方法，例如：

### 一、隔音室

在設計隔音室時，必須考量以下幾點以達理想之隔音效果：

- （一）牆板材質——建造牆板的材料對於隔音效果有很大的影響，必須選用空氣無法穿透的材料。

- (二) 牆板內襯——牆板之內側應使用吸音材料鋪設內襯，內襯之厚度與材質之密度取決於噪音所要降低最多的頻帶。
- (三) 牆板間隙——假如隔音效果需達 10dBA，則必須特別注意縫隙的密閉性。
- (四) 牆板附加裝置架——隔音裝置必須與機械之振動零件隔離。
- (五) 對機械的影響——假如密閉的隔音室會引起機械過熱，則必須裝設通風設施，但進出口要加裝消音器，防止噪音洩漏。

## 二、隔音屏障

屏障裝設於噪音源與人員之間阻擋噪音的傳播，當聲波被屏障反射，以致在屏障後方形成遮蔽區，位於遮蔽區內之人員則可減少噪音之曝露。對於噪音的降低效果因屏障有效高度、聲音波長、與偏角而異。屏障越高，越接近噪音源，效果越佳，在材質的選擇上應選用最少比期望達到的降低量多 9dB (A) 的材質。噪音源與人員間使用隔音屏障在噪音曝露之減少，對於高頻噪音有不錯之效果。

## 三、室內吸音材料

室內鋪設吸音材料，可達到降低噪音 3dB (A) 至 7 dB (A)；吸音材料之鋪設是要減少室內聲音因反射而增強，或將室內堅硬、光滑與穿透性差之表面改為柔軟、粗糙、與多孔性之表面，以達吸收聲音之目的。

此外，湯志明 (1995) 和楊慕慈 (1999) 為了減少噪音的干擾，亦強調校園建築物在設計時應注意下列幾個原則：

- (一) 聲音的強度與聲源距離的平方成反比，因此一切噪音應盡量遠離教室。

- (二) 儘可能於馬路與校舍建築間設置防音體，以阻止聲源的傳播，例如加設隔音牆或栽植樹木。
- (三) 新設學校應儘量遠離馬路、鐵路和機場。
- (四) 教室設計上，可採用雙層隔音窗（約 10 dB (A) 衰減量）、隔音走廊（約 25 dB (A) 衰減量），並加裝窗簾、遮陽板及吸音板等。
- (五) 在校舍建築形式上，採用 I、L、T、H 等開放形式為佳，並應特別避免口、日或 0 字型包圍運動場之校舍規劃。
- (六) 在校舍配置上，易產生噪音之教室（如音樂教室、家事教室、體育館和工藝工廠等）應單獨設立。

林明瑞（1998）指出學校是否積極推行輕聲細語活動，對於上課期間的均能音量有相當程度的影響，但未達顯著差異；因而建議管制噪音，唯有從環境倫理教育紮根，「防制噪音，人人有責」不再是一個口號。

綜觀國內諸多學者對教室防音消音措施的建議，當在校地寬闊或新建校地上，實可為之參考；然而在執政當局的財政困難下，興建新學校以減少學生人數，已屬苛求，又想在有限經費下來選擇價格昂貴之隔音素材，實屬妄想；當校地狹窄時，恐怕只有在有限的空地上植栽減音，與推行輕聲細語教育，方為防制噪音之上策。