

# 噪音及噪音防制(一)

詹正行\*

## 壹、噪音及其防制概要

### 一、前言

噪音為工業發展所伴生之主要公害之一。我國近年來由於工業發展、經濟繁榮、人口集中都市、工廠林立及各種交通工具大量增加，以致噪音問題日趨嚴重。依據我國意見測驗協會之調查結果，一般民衆對於各種公害嚴重性的之看法，已將「噪音」列為首位。

噪音對於吾人會造成重聽，並使生理方面之消化器官、呼吸器官及神經系統造成暫時性或永久性障礙。此外，對於心理方面將造成不愉快的感情、妨礙注意力之集中、降低工作效率、妨礙讀書與睡眠等。

由意見調查結果，顯示噪音已為我們社會大眾帶來重大的問題，如各種交通工具及商業性活動所產生之噪音，妨礙到一般大眾之安寧，工廠噪音威脅員工之健康。故如何減輕噪音之為害，已成為當前公害防制及工業衛生改善上的重要課題。

### 二、何謂噪音

「沒有更好的聲音」就是噪音。亦即「不喜歡現有的聲音，假如沒有更好的聲音」就是噪音。英語將噪音 noise 解釋為 unwanted sound, undesirable sound 或 disagreeable sound。

上述噪音的定義對於噪音之認定，均甚為主觀的，屬於心理學上的，至少也非屬於物理學上的。對於某一聲音，甲不喜歡認為是噪音，但乙却喜歡不認為是噪音的情形很多，且對於同一聲音在同一個人，有時感覺為噪音，有時却不感覺為噪音之情形也不少。因而，噪音本身是難以物理量來判斷，故是否能作為物理計量或技術措施的對象，也就不無疑問。

以嚴格的意義上來說，噪音的科學就變成非常困難。例如在測定上就非得以心理量為主要之測定不可，所採取的改善措施，也非僅僅使聲音變小，就算解決了問題。惟本文對於噪音的意義，不作嚴格的，而作常識性的認定，如此只要多數人認為是噪音的聲音或者常常被當作噪音的聲音，就認為是噪音。

由於所有可聽見的聲音都有被認定為噪音的可能，因此對於噪音之測定及其改善措施，也就是對所有可聽到的音測定、可聽到的音減小與防制技術。此兩者雖同為物理量的科學，但仍應考慮到影響人之耳朵、心理及生理的實況，而非僅是音響物理學。

具體來說，通常被當作噪音之聲音有下列幾種：

\* 經濟部國營會工程師

### 1. 會引起生理阻礙的聲音

這類聲音，大概任何人都毫無疑問的把它當作噪音。一般來說是極大的聲音，當然相同強度、相同大小的聲音，雖也因其頻率之差異而產生不同的生理影響，但過大的聲音，通常是重聽的原因，並且導致種種不良的身心影響。

### 2. 大的聲音

此類聲音，含蓋會引起生理障礙的聲音，雖不能直接對生理產生明顯的不良影響，但大的聲音總比小的聲音易被視為噪音，此乃常有的情形。

### 3. 音色不悅耳的聲音

此類聲音之判斷，雖難免有比較性與主觀性的因素，但有些聲音之音色本身確實極為不悅耳，使人無法忍受。通常可聽音中，高音部份不悅耳，連續性純音也不悅耳。又撞擊性聲音亦不悅耳，而其突發性者則較其預期性者不悅耳。

### 4. 妨碍聽取談話音樂等之聲音

會妨礙談話、講電話、講課、演講、演戲或音樂之聽取、觀賞的聲音，均可視為噪音。

### 5. 妨碍讀書或辦公辦事之聲音

此類聲音之主要妨礙，在阻礙注意力之集中，或奪取注意力使其不能專注於讀書或辦事，在這種情形，聲音之大小或音色雖為當然性的妨礙因子，但其噪音內容往往更成問題。有意義的聲音比無意義的聲音更具妨礙性，廣告播音比電車聲音差，收音機播放的講話聲也比音樂聲更易分散注意力。

### 6. 妨碍休息安眠等一般生活的聲音

此類聲音，在廣義上雖與上述 5. 具有相同性質，但却連更小之聲音也會成問題。神經質的人會排斥耳朵所聽到的一切聲音，有時連日常聽慣的聲音，一旦停止亦會引起在意。據說水車小房的看守者，在水車聲音一旦停止，就馬上從睡眠中醒過來。在這種情況下，究竟應以何者作為噪音？在此似應以聲音之變化為噪音。

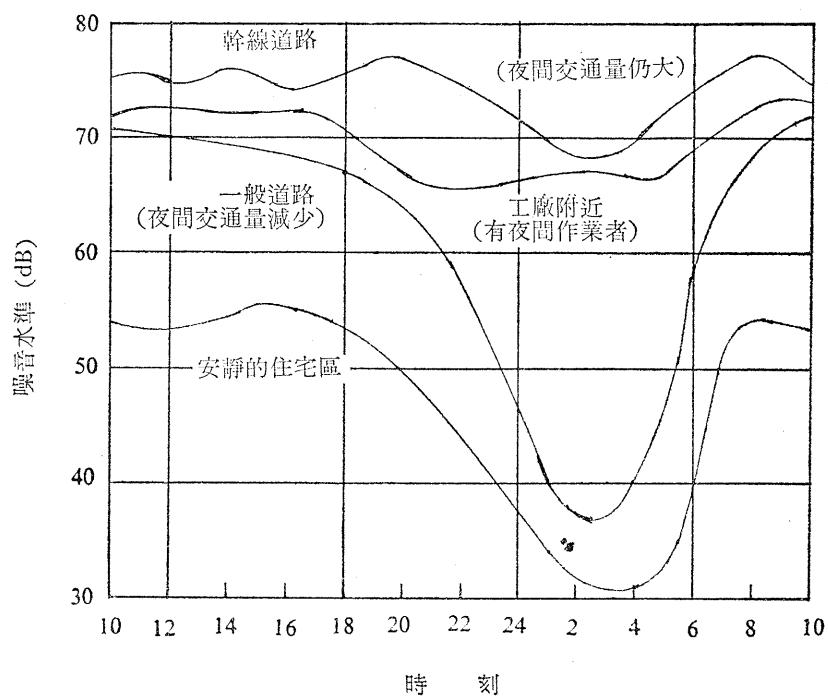
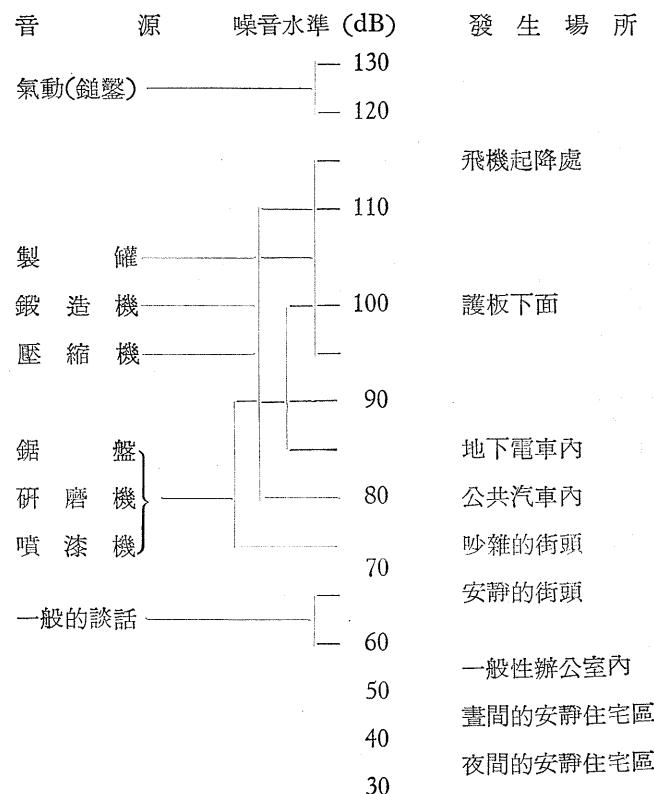
噪音的構成要素除上述之外還有不少，像對所表達事物之厭惡導致排斥的聲音，比對聲音本身的排斥更甚便是。例如，生意上的推銷播音，就被認為寧願其無，而與其聲音之性質不相干。此外討厭的宗教儀式聲音，似亦會使人不愉快。

又如汽車在行走時之噪音響度雖高，但尚能不在乎，然而若是警笛聲，則聲音雖小亦會令人側目而視，此乃因在意識上對前者已習慣，而後者有故意出聲的感覺所致。總之人對於自然的聲音不太會在意，但對於人為的聲音就會在意。同樣是動物的叫聲，對於蟲聲毫不在乎，但對於狗叫就不能不在乎了。這樣的情形係對噪音的主觀性，故噪音問題成為困難之理由即在此。

表一為吾人常遇之噪音實例。圖一係對市鎮上幾個場所產生之噪音日間變化情形。

圖中可以看出噪音隨地區狀況而變動。在交通幹道兩旁，因夜間車輛仍多而無法安靜，在有夜間作業之工廠附近則連續24小時吵雜。在白晝時間，則各場所均保有其約略一定的噪音。

表一 吾人身旁噪音實例



圖一 日間噪音之實例

### 三、噪音防制措施的需要性與可能限度

#### 1. 噪音問題的發生方式

說到噪音的防制措施，也有種種的問題與種種的立場。先從問題的發生方式加以探討。最常見的情形乃是有人將某一聲音當作噪音加以責難。

如工廠附近居民的責難，街頭噪音或車輛噪音受到一般民衆的厭惡，工作人員對機械噪音的抱怨等等，均為噪音問題的發生實例。在上述情況，無論如何因噪音存在其中，調查其聲源找出原因，採取措施，以滿足責難者，問題就算解決。

其次解決問題發生的方式為事先加以限制，如工廠之新建或擴建，或於設計機械時先限制其噪音在某種程度以下。又如要興建一座有夜間作業的工廠，對於其鄰近住家不得有超逾某水準的噪音，或製成之機械其噪音必須在某水準以下。

上述情況中，如果是屬於小型機械，問題就比較簡單。先對聲音作通盤的考慮後再加以設計、試造。假如試造的結果不符合要求時，就加以解決。

不過在興建工廠或製造很大的機械時，就不能試建或試造，期望能設法一次就做成功。其原因在於試作後再行改善，多數情形都會導致很大的費用損失。故宜先對問題作儘可能的充分檢討，再作慎重的設計。以免因為在當初設計時作了 10% 的費用節省，而在後來的改善上却花費了 50% 甚至 100% 費用。在面對此種情形時，就必須充分合理的考慮。若統統要取得充分的安全率，噪音之防制或許得以成功，但建設費用也許要增加 200% 或 300%，因此要作「足夠需要」的判斷，就成一個很困難的事項。

非常重要的一點是在設計之初，必須將噪音的問題加以提出。對於有噪音顧慮情況下，毫不考慮噪音，其所設計施工的機械或建築物，與那些雖不充分但對噪音作過通盤性考慮的設計施工，兩者所完成的效果，是有顯著差異的。經過通盤考慮者，雖一次不能獲得充分的成果，但對於後來的改善已預留餘地，只要追加少量費用就多能够符合要求；而那些毫不經過考慮就作成者，在後來改善時，多變成無從着手而須大量經費。

#### 2. 採取措施所需的判斷

假設某一聲音受到了責難而須改善，則採取改善措施第一件應做的工作是用耳朵去聽。藉耳朵而做的概略判斷是絕對需要，而且此項判斷之正確與否乃是決定了措施之成功與否。因為究竟何項因子才是該聲音的問題，是需要先行判斷的。

繼而就針對此一問題，作下述種種的測定。

- (a) 以噪音計作噪音水準測定，最好使用 A. C. 二項特性來測定。
- (b) 以頻率分析器分析聲音。究竟應採用何種的分析儀器與分析方法，則應依照聲音的性質及措施的目的來選擇。
- (c) 以高速記錄器記錄噪音水準或任意選定的頻率段內聲音變化情形。
- (d) 調查音源周圍或某場所內之聲音分佈。
- (e) 調查各部份的振動水準，頻率分佈及時間上的變化情形。
- (f) 測定明瞭度等等以推斷聲音的妨礙度。

噪音的主要起因就藉着上述種種測定來加以捕捉，並據以研探改善措施。但上述每個測定項目亦非都需全部做，究竟應作那些測定項目，主要取決於該人耳朶的判斷，也有不經任何儀器測定而僅靠耳朶的判斷就已足够的情形，應予以注意。其關鍵在於噪音經由耳朶的判斷而產生，故只要經耳朶判斷為無噪音就為無噪音，此點不能不銘記在心。亦就是說，並非僅將噪音降低至某一噪音水準，而是要使噪音之因子受到判斷而消失。

### 3. 改善措施之需要限度

現在假設經過儀器之測定，至少已瞭解了聲音的各項性質。接著需要處理之事項為判斷究竟噪音的因子應該要去除到任何程度。例如附近的背景噪音水準為 70 dB，如果工廠的噪音水準已成為 60 dB 時，除非另有特別的聲音，則工廠已算採取了充分的措施。然而平常噪音水準在 50 dB 的地方，則 60 dB 的工廠噪音仍舊太大，最好能夠降到 40 dB 以下。像這種問題不僅發生在噪音水準，在噪音的音色，噪音發生的時間、次數與間隔等，都有相同的問題。此外問題的發生更因受害者的作業性質而起變化，因而判斷的困難性就發生了。

有時小心尋找受害者的妥協，反而對受害者更為親切。因為變得越安靜後，接着會對更小的聲音也注意，故不使受害者反省而妥協的話，有時會使受害者更受苦。

如果是這樣的話，則噪音防制措施的需要限度究竟放在何處？當然受害者對於噪音消失就能滿足，亦即希望聽不見該聲音。然而在實際上所採措施難於達到聽不見，且亦無此必要，而應由大多數的第三者以常識上的判斷，認為這樣就可以了的程度上定下妥協線。

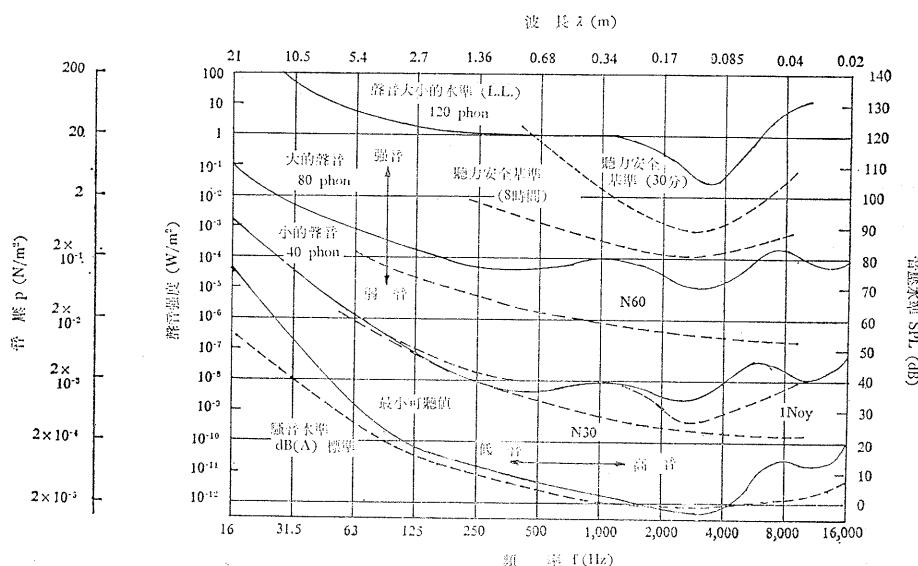
又受害者如為機械的購買者時，則該機械之噪音水準與改善所增加機械價格間必須妥協。不管價格多高只要聲音小就可以的情形，決不會多。例如要買真空吸塵器時，絕不會買只要安靜的，而能量為 10 倍，價格亦為 10 倍者，因此，對噪音的要求就有了限度的存在。在市場上，要求一家廠商與別家產品性能大致相同價格相近的產品，而在噪音上有特別的改善是一件困難的事。因此，製造比較國內外同業者所造同類成品之聲音為小的機械，就成為機械製造業者的目標。事實上，在性能等各方面雖與他廠產品相同，但如果在聲音上是比較小，則一定是較優良的機械。

圖二表示吾人能聽見聲音之範圍及將此範圍內產生之種種感覺加以處理而成為，可作為噪音措施目標值之參考。圖中，對聽力安全標準劃有兩條線，如果在該聲音環境中每日工作 8 小時就以下面一條線；如果在該聲音中每日曝露只有 30 分鐘，就以上面的 30 分線，作為容許界限。N-60 與 N-30 等線，可對此環境中之居住性等等一併考慮使用，Noy 線則為吵鬧程度的一個標準，可作為各種場所的噪音水準目標。噪音水準以 dB (A) 為標準者，乃以普通噪音計測定之 Phon 數或 dB 數，0 dB (A) 為其基準線。

### 4. 改善措施之可能限度

接着研究改善措施的可能限度，亦即究竟能夠防音到怎樣的程度。可以這麼說，「一切都依經濟性而定」，噪音防制的經濟價值乃是最後的決定者。假如可以將費用及其他性能犧牲的話，在許多情況下噪音是可以無限地降低。以電車為例來研究看看，可將其全部作成很深的地下鐵路，當然在其進出口處也要有吸音裝置。又車內噪音如成為問題，則可以無窗的厚鐵板或混凝土造成之車廂及強有力的機車在相距足夠的距離處接連，並在橡膠軌道上以橡皮輪作非常緩慢的行走。

，這樣完全無聲的電車亦非不可能，只是不但要付出數千倍之車費，且要很慢才能到達目的地而已。其關鍵在於「不具經濟性的噪音改善措施乃是沒有意義的」。



圖二 可聽見聲音之範圍及噪音水準所容許的範圍

針對耳朵能够感覺出的噪音水準變化來說，降低不到 5 dB 的改善措施，是不太值得花錢去做；當然能够降低 5 dB 時或許是值得花錢去做。假如能够降低 10 dB 以上的話，即使要花費相當的錢也是值得的。這裡所指相當的金錢究竟是多少，則應取決於採取此項措施所能獲得的經濟價值而定。以商品為例，雖多付出 10% 之費用，若能够因而大大地暢銷，所獲利益反而增多就值得去做。惟對於無形的利益，例如成為能增進公司信譽的公共關係時，則此項利益也應併加考慮。

在前段曾提到僅能降低 5 dB 的改善措施不值得做，惟在技術上若有下述情形則屬例外。如每個措施雖僅能降低 3 dB，但同時做了二個以上的措施時，有時會有很大的改善成果，在這種情況就值得花費相當的金錢。亦即一部機械的噪音發生，具有二個主要因素，其噪音水準為 80 dB，如採 A 措施可成為 77 dB，採 B 措施亦為 77 dB，但同時採 A、B 兩個措施，噪音有時就變得很小而成為 60 dB。甚而有時需多採 3、4 個措施以使聲音變得很小。

##### 5. 改善措施宜積極儘早做

噪音問題一旦發生了或判斷有發生的可能性時，宜儘早採取措施積極改善，瞞騙是行不通的。事實上，對於有成為問題而暫時仍未成為問題者，宜儘早積極處理。

例如法令的規定係以 60 dB 為限值，經噪音發生者自動地積極改善結果，使得從原來的 80 dB 降至 65 dB。這樣一來對於聽慣噪音的人來說，既有很大的改善，而對於依舊留存下來高於 60 dB 部份的噪音也不會在意。相反地，若噪音發生者置之不理，等到抱怨表面化後再做處理時，則此時的問題便要從 60 dB 算起了，故至少也得降低到 60 dB，有時甚至雖這樣做仍不能

獲得解決。而且從 80 dB 降低至 65 dB 與進而從 65 dB 至 60 dB 的再降 5 dB，兩者在技術上與費用上常有很大的差異。

#### 四、噪音防制之原理

要防制噪音應如上述先用耳朵來判斷，再就需要的項目如聲音之性質、聲音之發生場所、發生原因及其傳播等逐項實施測定。經過測定而獲得了有關資料後，防制措施的研究就可以較為簡化，亦即成為阻止發生或防止噪音傳播二措施了。

##### 1. 音源措施

音源措施的根本防制在於停止音源，如壓住衝擊、減少磨擦、保持平衡及去除振動等，其他尚有避免隨着機器旋轉引起不必要的空氣流動，抑制渦流之產生。惟在實際上，上述措施有些是辦不到的；抑制衝壓機，停止鼓風機或發動機的空氣流動，就等於停止機器之運轉，乃屬不可能。實際上可做者，在抑制過分的衝擊、防止不必要的振動發生等，故音源措施之關鍵在能否防止其發聲至所要求的最小限度。

對機械的使用者來說，通常並不具有使機械本身聲音下降的能力。至多只能改善安裝，加強維護，使不發出異常之聲響而已。如這樣做仍認為不够時，就有必要考慮換用別種機械或採用其他方式了。

##### 2. 音源之屏遮（密閉、防振）

停止音源的根本做法，有時不可能實施，有時雖非不可能，却多有重重困難。因而次一等的措施就是阻斷音源之向外傳播。這項措施有種種的方法，首先對於可加密閉的機械，就採用密閉的方法。使用較厚的金屬箱加以密閉，能使噪音顯著減少；薄而易振動的密閉箱其防音效果則有不够好的情形，原因為噪音能量的積蓄使密閉箱中的噪音水準上升，促使薄板不能獲得充分遮音，此外如果機械與密閉箱之間空隙太小，如同間隙狹小的雙重玻璃窗，本身就沒有充分的遮音能力。

此外，因振動由機械傳經密閉箱而發出的聲音也不能予忽視。在這種情形下，機械與密閉箱間就非裝設防振設備不可。這種防振在非密閉箱的場所也一樣需要，在機械本體與密閉箱或支撐臺等之間做防振設備乃是最有效的噪音防制措施。

##### 3. 消音器設備

具有吸氣排氣功能的機械，是無法以密閉來遮音的，如引擎之類的機械等均屬之。此外利用空氣來冷卻機械或空氣調節機也都屬之。這類機械在吸氣的進口處與排氣的出口處或在風管的中間裝設消音器，以減低聲音。消音器的型式，多為具有低頻濾波器或選帶濾波器性能者。

消音器如果連低頻率之長波也要予以有效處理時，則其形體通常都會變成很大，尤以機器之風量大時更非大型不可。對於噪音的低頻率部份，以不為害耳朵的情況下，通常都酌予留置不處理，這也是不得已的。但如低音也要防制，則有賴特殊設備與方法。其他高音部份則比較容易予以消音。

此外上述瀝波器型式的消音器設計頗為困難，宜委託專門的業者來做比較好，如此才不致有錯，自作不但價格昂貴且試作失敗之實例甚多，故反而變成更貴。相反的，所謂吸音管的消音構造，由非專業者作出來的，亦多能成功地得到預估之效能。

#### 4. 室內吸音處理

上述種種措施，多為機器製造廠家所採取，且在技術上也有其限度。因此在機器使用者方面，應先致力於廠房的噪音處理，使噪音減小。假如原先廠房之吸音能力很小，則經充分的吸音處理後，就能有較大的吸音效果。吸音能力增加十倍就可以將聲音減小十倍。如果廠房建好之初已具有某種程度的吸音力時，則要再增加數倍之吸音力是不易的。

增加音源室內的吸音力以降低噪音水準有雙重的效果。如上述的牆壁遮音方式先減少聲音，即進入牆壁之音能已經先行減小，故牆壁本身之遮音效能雖略差亦可得到同樣的效果。

其次對於通過牆壁進入室內之聲音，亦應注意到將牆壁視作音源，力謀增進室內吸音力以降低聲音水準。像街道噪音或飛機聲音之進入房屋內，就需要將窗戶及房屋的外壁等部份視作音源，而謀房內之吸音力加強。

#### 5. 遮音壁

聲音從一室傳到另一室，從屋外到室內，或從室內到屋外，均有牆壁之遮音產生。牆壁乃最佳的防音措施，所用的材料以任何物質都可，惟以重的牆壁遮音效果較優。因重的材料遮音效果較優，故不僅在隔間牆壁或外壁宜使用，前述音源的密閉箱之材料也應使用重的材料。

利用圍牆的遮音效果以取代牆壁者雖也不少，但不能太過期望。惟在屋外等場所，則可以說除圍牆之外已無其他措施，至於樹木或籬笆的隔音效果則幾乎沒有。

經過牆壁傳播而來的振動，有時也不能忽視。遠離音源室的房間，受到振動所傳來之能量常使房間之地板，牆壁或器具引起振動而發出聲音之情況亦不少，此點應予注意到。通常採取的措施是將造成音源的機械用防振設施來防範，如有需要可將牆壁之一部份做成防振，或將房間作成懸浮構造以防範振動。

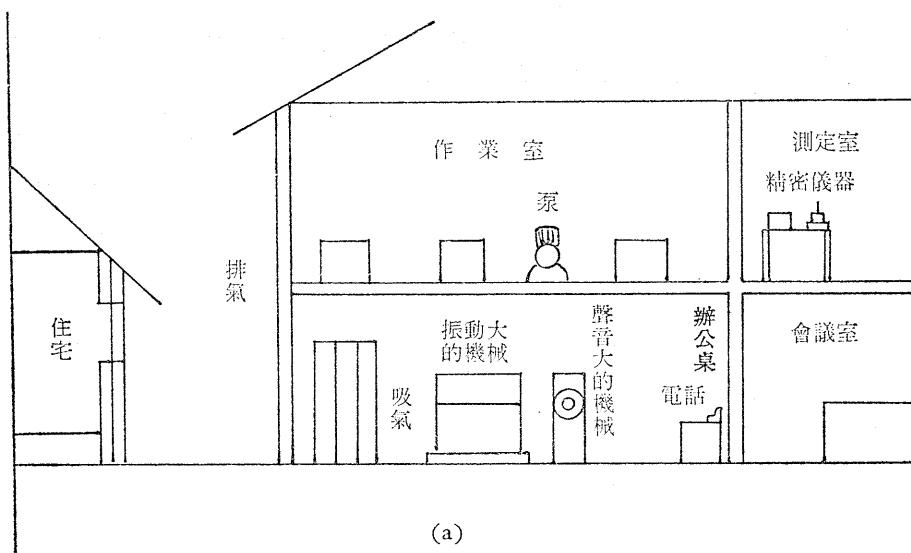
#### 6. 受害者單方面的遮音

在有些情況可設置遮音體，將受害者容納在遮音體內。像設在機械工廠內之辦公室則屬此例，播音室與測定儀室尤應設在有防振、防音的房間內，電話室等亦應作防音措施。又如飛機內之客艙等亦同樣需有防音措施，但因飛機對所使用防音材料之重量限制多，且無法使音源遠離，故成為噪音防制的最困難實例之一。

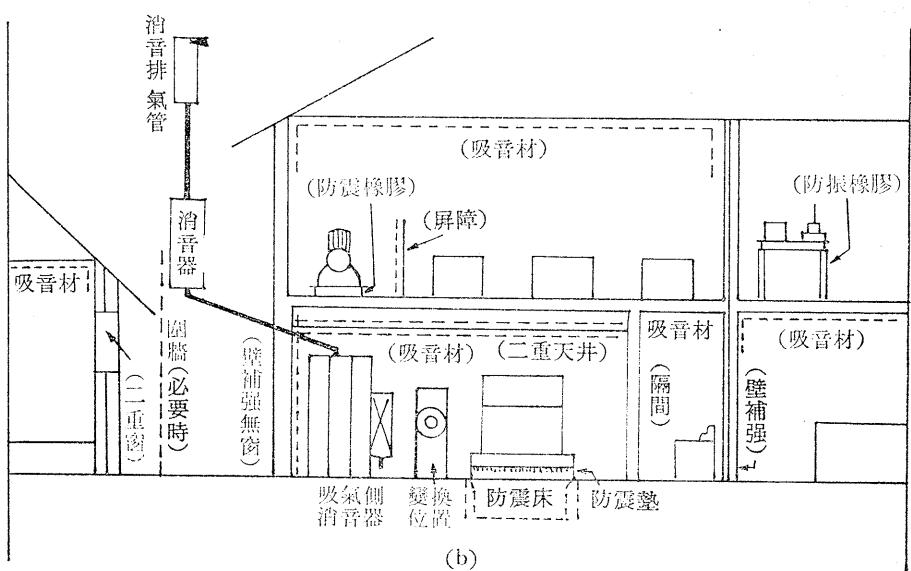
在特殊的例子中如外界比較安靜時受害者就應遷出屋外；不將辦公室與廠房放在一起，分開另建則為實例之一。

對於振動亦應採同樣措施，如將天秤等精密機械設置於防振臺上等，乃衆所週知的措施。

圖三：為採取上述各項防制措施之範例。對於鄰近住宅的工廠噪音，住宅一方雖採取了若干防範措施，但在工廠內亦作各種各樣的防制工作。圖中(a)為採取防制措施前之情形，(b)為已採措施後之情形。當然並非圖中之每項措施都需要全部做，但採上述措施後工廠各部門的噪音及振動必定有很大的改善。



(a)



(b)

圖三 工廠噪音的防制例 (a) 為未經考慮就建立之工廠，廠內外之噪音、振動均造成問題，經就各部份採取如 (b) 的防音、防振措施後，大部份的問題都能解決。

## 7. 強音場所應帶耳塞

經過努力改善後仍有強音之場所，則應佩帶耳塞。耳塞是受害者單方遮音的最後手段，為必要而且有效的手段之一。

### 8. 遠離音源

儘量遠離音源乃是不需特別技術的有效措施。如飛機場內飛機起飛或降落之航道設置應充分考慮使遠離市鎮，乃眾所殷望。在市鎮地區的工廠噪音問題，多發生於小型工廠。大型工廠之噪音，通常雖然很大，但多建在郊區，且因有很廣的廠地，故對外界較少引起噪音問題。

### 9. 藉音源之配置以防制噪音

不論在室內或室外，與音源之距離雖然相同，然因音源之配置或音源與受害者間之位置關係而有重大的防制差別。以位於市鎮工廠南側及北側的住家為實例來比較，則位於南側之住家在夏季開窗時，多因位在南風之上，而少有受到噪音之侵害，冬季時變成位於下風，則因關着窗戶而受害較輕。反之，位於北側之住家則夏季時必更吵。

略為相異的另一例，為一教室內之講臺究竟應設在音源側或其相反側，就成了問題。當然教室內不希望有其他聲音進來，不過如非得已時，講臺應放置在音源這一邊，這樣老師就需以稍大聲音來講；在安靜的這一側的學生就能充分地聽取老師的講課了。相反地，老師如果在安靜的一側，則老師的聲音則易趨於變少，在較噪的另一側的學生則因噪音而無法聽取講課。

### 10. 物理上的以音攻音消除法

乃是藉與音源相接之擴聲器，發出與音源相同波形之反相位聲音的方法。如果聲音是從小孔出來者，就可採用此法，且相當於放置了完全吸音體的功能。不過此法如用在一般的音源時，則雖在某一方向或某一點頗能成功，但在另一方向或另一點之聲音，則一般都無法避免不使變大。總之，非屬長波的低音成分都不易達成目的。

### 11. 心理上的以音攻音消除法

像在讀書室備置收音機或電唱機的情形，高年級學生藉聽取自己喜歡的音樂，以防範受其他的噪音如隔壁收音機的歡樂節目與電視聲音分散其注意力，使精神能集中於念書。在交通工具或工廠之內，也有同樣的應用作為背景音樂 (background music)，獲得良好的效果實例。惟如不經充分的計畫就實施時，則會反而增加爲害。

### 12. 在設計階段的噪音防制措施

在上述已提到，噪音防制措施在設計階段就應先作充分考慮乃極爲重要的。如未經考慮就建造，那麼在改善時雖花費了大量金錢也仍舊難獲防音效果。

又如欲在市區設立學校或工廠時，則對於地點之選定及在建築物之配置上，務必對噪音之防範作充分的考慮。