

# 空氣污染與噪音控制技术講義

## 第一回

70571A-1



社團法 考友社 出版發行

# 空氣污染與噪音控制技術講義 第一回

## 目錄

第一講 噪音與振動.....	1
命題大綱.....	1
重點整理.....	2
一、噪音與振動概論.....	2
二、振動與噪音之控制.....	23
三、噪音振動規範.....	29
精選試題.....	47

# 第一講 噪音與振動



## 一、噪音與振動概論

- (一)聲音
- (二)噪音
- (三)振動
- (四)量測

## 二、振動與噪音之控制

- (一)源頭控制
- (二)傳遞途徑
- (三)接受者

## 三、噪音振動規範

- (一)噪音管制標準
- (二)振動相關規範



## 一、噪音與振動概論

### (一)聲音 (Sound) :

#### 1.聲音的特性 :

(1)是由物體振動所引起，振動的物體能使鄰近的空氣分子振動，這些分子又引起它們鄰近的空氣分子振動，從而產生聲音。

①聲音的振動會引起介質——空氣分子有節奏的振動，使周圍的空氣產生疏密變化，形成疏密相間的縱波，這就產生了聲波，這種現象會一直延續到振動消失為止。

#### A.振動 (或稱振蕩) :

係指一個物體相對於靜止參照物或處於平衡狀態的物體的重複運動。

B.聲音自音源處發生後，可經空氣、水或結構物等介質傳送出去，但在真空中則無法傳出。

C.聲波發散傳播在固體介質及溫度下為定速前進，在空氣介質中，聲波自音源處自由傳播時其能量隨著距離而有衰減現象。

D.熱空氣中傳播速度較冷空氣快 :

這是因為在熱空氣中，快速移動的分子碰撞率較高，傳波速度較快。

E.密度愈大的介質，其傳播速度愈快。由大至小依次是固體物、水及氣體。

②由於分子振動產生的聲波的方向與波傳遞的方向相同，所以是一種縱波。

【註】介質粒子振動方向和波行進方向垂直稱為橫波。

#### (2)頻率 (Frequency ; f) :

①聲波在單位時間內的振動次數稱為頻率，一般以赫 (Hz) 來表示。一赫等於每秒 (s) 振動一週之頻率， $1\text{Hz}=1/\text{s}$ 。

②週期 (T) :

週期為音波完成一完整周波所需的時間，其與頻率的關係為  $T=1/f$ 。

③波長（ $\lambda$ ）：

波長為兩個連續波峰（谷）之間的距離。

## ④純音（Pure Tone）：

係指只含有單一頻率之聲音。

## ⑤常見頻率：

- A. 一般樂器所發出的聲音頻率約為 20~4,000Hz 之間
- B. 人類發出的聲音頻率約為 80~1,000Hz 之間。
- C. 人類聽覺範圍約在 20~20,000Hz 之間，其上限會隨年齡增加而降低。
  - (A) 超低頻音（Infrasound），是指頻率在 20Hz 以下之聲波。
  - (B) 超高頻音（Ultrasound），是指頻率在 20,000Hz 以上之聲波。
- D. 人的耳朵對於高頻率（約 1,000Hz 以上）的聲音較為敏感，而對低頻率的聲音較不敏感。
- E. 聲波的頻率愈高，空氣的吸收也愈大；頻率愈低，吸收愈小。
- F. 高頻聲波比低頻聲波衰減得快，當傳播距離較大時其衰減值是很大的，因此高頻聲波是傳不遠的。
- G. 遠距離傳來的強噪音如飛機聲、炮聲等都是比較低沉的，這就是在長距離的傳播過程中高頻聲波衰減得較快的緣故。

## (3)聲音三要素：

## ①音色：

- A. 聲音的獨特性稱為音品，又稱音色。
- B. 不同的發音體產生不同的波形，而形成不同的音品。

## ②響度：

- A. 響度是感覺判斷的聲音強弱，即聲音響亮的程度。。
- B. 響度的大小決定於發聲體振動的振幅，聲波振幅愈大則響度愈大。
- C. 通常以分貝（dB）來表示響度的大小。響度大小可用噪音計測得分貝值。
- D. 當響度改變時，只有振幅改變，但是音品不變。

## ③音調：

- A. 聲音的高低稱為音調，音調由發音體的振動頻率決定，頻率愈高則音調愈高。
- B. 發音體的質量、厚薄、長短、鬆緊等因素都會影響發音的頻率。
  - (A) 輕、薄、短、緊則振動快，頻率大且音調高。
  - (B) 重、厚、長、鬆則振動慢、頻率小且音調低。

C. 當音調改變時，頻率改變，但是音品不變。

(4) 聲波運動：

① 聲波反射 ( Reflection )：

A. 聲波在行進中遇到障礙物，無法穿越而返回原介質的現象，稱為反射，這種聲波反射現象也稱為迴音。

B. 聲音自一物質表面折回，並與入射聲音法線間之夾角相同。入射線和反射線分別在法線的兩側，入射角等於反射角。

C. 高頻率比低頻率容易反射。

D. 減低噪音運用：

(A) 聲音射至凹面時聲波將會反射彙集於凹面焦點上。

(B) 當聲音射至凸面時聲波將不匯集而成分散狀。

(C) 根據以上原理，利用介質不同的特性阻抗，可以達到減噪目的。例如，在室外測量噪音時，堅硬的地面、公路和建築物表面都是反射面，如果在反射面上鋪以吸聲材，那麼反射的聲能將減少。

E. 由於聲波的反射特性，在室內的機器所發出的噪音就會從室內各種不同物體上多次反射，造成室內的聲音壓力位準比在露天中相同距離上的聲音壓力位準要提高 10~15dB。為了降低室內反射聲的影響，在房間的內表面覆蓋一層吸聲性能良好的材料，就可以大大降低反射聲，從而使整個房間的噪音得到減弱，這也是經常採用的降低廠房噪音的一種方法。

② 折射 ( Refraction )：

A. 若聲音在不同介質中傳遞，因速度不同而使傳播方向發生偏折的現象，稱為折射。

B. 聲波從聲速大的介質折射入聲速小的介質時，聲波傳播方向折向法線；反之，聲波從速度小介質折射入聲速大的介質時，聲波傳播方向折離法線。

C. 聲波在部份波前的行進速率與其餘部份不同時也會發生折射，像是風速不穩定時或聲波在溫度不均勻的空氣中傳播時，折射現象就會發生。

D. 聲音在溫暖的空氣當中傳播速度較快，聲波會向溫度低的方向彎曲；但如果地面為反射表面，聲波會延著傳播方向跳躍式前進，造成聲音較難傳播的感覺。

E. 晚上或是冷天，接近地面的空氣比上空冷，高處音速較地面音速快，從而把向上的聲波能量重新折射回地面，在這種情形下，聲音可以傳送得比較遠些。

## ③繞射 (Diffraction) :

- A. 若聲波的波長大於障礙物或孔隙的尺寸時，聲波遇障礙物後傳播方向會繞著障礙物折過去而發生改變的現象稱為繞射。
- B. 部分聲波則能繞過障礙物的邊緣傳播，而聲波在通過窄孔時，則將趨向均勻擴散 (Diffusion)，這就是繞射。
- C. 對頻率越高的聲音，聲繞射越不易產生。頻率越低的聲音，其聲波波長較長，障礙物的遮蔽作用越弱，容易發生繞射的情形。
- D. 例如當房門開啓一個小縫時，房內所有的角落都聽得見由門縫傳播進來的聲音。
- E. 繞射現象在噪音控制中是很有用處的。像是隔聲屏障可以用來隔住大量的高頻噪音，常被用來減弱高頻噪音的影響。

## ④聲波干涉 (Interference) :

- A. 當波峰與其他波的波峰重疊，振幅便會加強。若波峰與其他波的波谷重疊，振幅便會下降。波峰對應於壓迫波，波谷對應於稀疏波。干涉現象在橫向波及縱向波皆會發生。
- B. 干涉的例子是放煙火時若週遭有具有週期性的建築結構存在，則聽者會在煙火爆炸聲後聽到一個有特殊頻率的回聲。
- C. 可以降低用來噪音。

## ⑤聲波的透射與吸收 (Absorption) :

- A. 當聲波入射到介質時，聲能的一部分被反射，一部分透過介質結構，還有一部分由於結構的振動或聲音在其內部傳播時，介質的摩擦或熱傳導而被損耗，通常稱之為材料的吸收。
- B. 根據能量守恆定律，若單位時間內入射到結構上的總聲能為  $E_0$ ，反射的聲能為  $E_r$ ，結構吸收的聲能為  $E_a$ ，透過結構的聲能為  $E_t$  且，則互相間有如下的關係：

$$E_0 = E_r + E_a + E_t$$

- C. 透射聲能  $E_t$  與入射聲能  $E_0$  之比稱為透射係數，記作  $\tau$ ，即：

$$\tau = \frac{E_t}{E_0}$$

- D. 反射聲能  $E_r$  與入射聲能  $E_0$  之比稱為反射係數，記作  $\gamma$ ，即：

$$\gamma = \frac{E_r}{E_0}$$

(5)相對運動：

- ①聲音傳播與相對運動也有關，音速是相對於靜止介質而言的，若介質和觀察者有相對運動，則聲音抵達的時間則要考慮相對運動。
- ②音頻在不同之相對運動狀態時也會改變，此為都普勒效應。例如遠方急駛過來的火車鳴笛聲變得尖細（即頻率變高，波長變短），而離我們而去的火車鳴笛聲會變得低沉（即頻率變低，波長變長），此即都卜勒效應的現象。

【註】都卜勒效應是波源和觀察者有相對運動時，觀察者接受到波的頻率與波源發出的頻率並不相同的現象。

2. 音場與音源：

(1)音場：

- ①傳播聲波的空間稱為音場，音場分自由音場、擴散音場和半自由音場。
  - A. 遠音場：

係指聲音之輻射音場，具有自點音源距離加倍時噪音量減少 6 分貝之音場部分。
  - B. 近音場：

係指位於噪音源與遠音場間之音場。
- ②自由音場（Free Field）：
  - A. 聲波在介質中傳播時，在各個方向上都沒有反射，介質中任何一點接受的聲音都來自音源的直達聲，這種可以忽略邊界影響，由各向同性均勻介質形成的音場稱為自由音場。
  - B. 自由音場是一種理想化的音場，嚴格地說在自然界中不存在這種音場，但是我們可以將空曠的野外看成是自由音場。
- ③擴散音場（Diffused Field）：
  - A. 擴散音場與自由音場完全相反，在擴散音場中，聲波接近全反射的狀態。
  - B. 例如在室內，人聽到的聲音除來自音源的直達聲外，還有來自室內各表面的反射聲。如果室內各表面非常光滑，聲波傳到壁上會完全反射回來。
  - C. 如果室內各處的聲音壓力幾乎相等，聲能密度也處處均勻相等，那麼這樣的音場就叫做擴散音場，亦稱為混響音場。
- ④半自由音場（Semi-anechoic Field）：
  - A. 介於自由音場與擴散音場二者之間，就是半自由音場。

♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥  
♥♥ 精選試題 ♥♥  
♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥

## 一、傳播聲波的空間稱為音場，請問音場的類型？

答：(一)遠音場：

指聲音之輻射音場，具有自點音源距離加倍時噪音量減少 6 分貝之音場部分。

(二)近音場：

係指位於噪音源與遠音場間之音場。

(三)自由音場 (Free Field)：

1. 聲波在介質中傳播時，在各個方向上都沒有反射，介質中任何一點接受的聲音都來自音源的直達聲，這種可以忽略邊界影響，由各向同性均勻介質形成的音場稱為自由音場。
2. 自由音場是一種理想化的音場，嚴格地說在自然界中不存在這種音場，但是可以將空曠的野外看成是自由音場。

(四)擴散音場 (Diffused Field)：

1. 與自由音場完全相反，在擴散音場中，聲波接近全反射的狀態。
2. 例如在室內，人聽到的聲音除來自音源的直達聲外，還有來自室內各表面的反射聲。如果室內各表面非常光滑，聲波傳到壁面上會完全反射回來。
3. 如果室內各處的聲音壓力幾乎相等，聲能密度也處處均勻相等，那麼這樣的音場就叫做擴散音場，亦稱為混響音場。

(五)半自由音場 (Semi-anechoic Field)：

1. 介於自由音場與擴散音場二者之間，就是半自由音場。
2. 例如在廠房裏，壁面是用普通磚石土木結構建造的，有部份吸聲能力，但不是完全吸收，這就是半自由音場的情況。

## 二、何謂哈斯效應 (Hass Effect) ？

答：兩個同聲源的聲波，若到達聽音者的時間差在 5~35 毫秒以內，聽者無法區分兩個聲源，給人以方位聽感的只是前導聲（超前的聲源），滯后聲好似並不存在；若延遲時間在 35~50 毫秒時，人耳開始感知滯后聲源的存在，但聽感做辨別的方位仍是前導聲源；若時間差 > 50 毫秒時，人耳便能分辨出前導聲與滯后聲源的方位，即通常能聽到清晰的回聲。