

實用

揚聲器技術

陳文華編著



DIATONE DS-50CS



DIATONE DS-25B

啟學科技系列 (19)

實用揚聲器技術

陳文華 編譯

序

Loudspeaker (簡稱 speaker)一詞，其正式的中文譯名為“揚聲器”；但實際上，一般都稱作“喇叭”。本書為一本實用性的書籍，為了配合一般通俗的稱呼，在書內都採用喇叭一詞，書名則採用揚聲器一詞，以示正式化。

在音響設備中，影響音質最大的就是揚聲器，但進步最緩慢的亦是揚聲器。自從1925年，奇異公司的 Rice 與 Kellog 發明了以紙盒及音圈來構成揚聲器的雛型以來，已歷經五十多年了。但截至目前為止，大部份的揚聲器，仍一脈相傳地沿用此窠臼。儘管目前的揚聲器不能與其他音響設備的進步並駕齊驅，但由於採用新的振動板材料(譬如低音揚聲器採用碳纖維，而中、高音揚聲器採用鈹)，及新形式揚聲器的研製(譬如海耳驅動器及 Hipolymer 壓電型揚聲器)，以及採用電子計算機來設計等，與以前的揚聲器比較起來，在音質方面，的確已有相當程度的進步了。

揚聲器兼具兩種作用，一是轉能器(Transducer)，另一是樂器的作用。轉能器最重要的是有效地把能量轉換；樂器最重要的是能夠發出優美動聽的聲音。每一種樂器都有其獨特的聲音，然而要揚聲器發出所有樂器的聲音，甚至自然界所有的聲音，則未免要求過苛。正因如此，在音響設備中揚聲器便被詬病為最弱的一環了。況且揚聲器與音箱之間具有不可分離的密切關係；又與驅動它的放大器之電氣特性、房間的音響特性、裝設位置及欣賞者的位置有關；甚至與氣候、溫度、濕度，以及欣賞者的情緒、愛好及先入為主的觀念都有關係。揚聲器既然與外在因素具有如此錯綜複雜的關係，所以要使它發揮最佳的效果，則端視其使用情形如何了。

本書係以長岡鐵男的“圖解スピーカー”一書為藍本編譯而成的。原著者是一位聞名的音響評論家，對於以上所舉的一些問題，都有極為詳盡的敘述。全書除了提及極少部份的基本原理外，都是敘述一些實用上的問題，相信對於初學者及音響愛好者，將有很大的幫助。

目 錄

第一章 喇叭的基本知識	1
第一節 音波	1
一、音波是怎樣產生的？.....	1
1. 音壓.....	2
2. 音壓位準 3. 音速 4. 週期 5. 頻率 6. 波長.....	3
7. 相位 8. 同相 9. 逆相 10. 正弦波 11. 純音 12. 嘩	
13. dB	4
14. 電壓與音壓.....	5
二、音波的進行.....	5
1. 反射 2. 繞射.....	5
3. 吸收 4. 透過 5. 諧振.....	6
第二節 何謂喇叭？	7
一、喇叭的分類.....	7
1. 喇叭.....	7
2. Ear speaker 3. Headphone 4. Earphone	8
二、喇叭的稱呼.....	8
1. 喇叭 2. 喇叭系統 3. 喇叭單元.....	8
三、喇叭之分類（依用途）.....	9
1. 音響用的 2. 收音機用的 3. PA用的 4. 戲院用的	
5. 樂器用的.....	9
第三節 動力型喇叭	9
一、轉能器.....	9
二、動力型喇叭.....	9
三、原理.....	10
四、構造.....	11
(A) 磁路.....	11

1. 磁鐵	2. 中心極	3. 極塊	4. 軛鐵	5. 空隙	12
6. 導環					13
(B)音圈					13
1. 捲線筒	2. 線圈	3. 引出線			13
(C)振動板					13
1. 紙盆	2. 凸緣	3. 阻尼器			13
4. 引出線	5. 防塵帽				14
(D)振動系統					14
(E)框架					14
第四節 紙盆型喇叭					14
一、構造					14
1. 墊圈					14
二、聲音的發出					14
第五節 其他動力型喇叭					17
一、平板型喇叭					17
二、半球型喇叭					18
三、反半球型喇叭					18
四、帶式喇叭					19
五、海耳驅動器					19
第六節 電容型喇叭					20
第七節 電離型喇叭					23
第八節 壓電型喇叭					24
第九節 號角型喇叭					26
一、基本事項					27
1. 喉部	2. 開口	3. 空氣室	4. 膜片	5. 驅動器	27
二、驅動器與號角之關係					27
第十節 喇叭的音域					28
1. 全音域型	2. 低音喇叭	3. 中音喇叭	4. 高音喇叭		28
5. 超低音喇叭	6. 超高音喇叭	7. 同心喇叭	8. 三同心喇叭		29
第十一節 障板及喇叭箱					30

1.障板	30
2.喇叭箱	31
一、密閉箱	31
(A)外觀	32
1.面網 2.障板 3.障板開口 4.側板 5.頂板	
6.座板 7.裏板	32
(B)原理	32
二、依裝置法之分類	33
1.落地型 2.書架型 3.牆壁型 4.豎立型 5.垂吊型	33
第十二節 喇叭系統	34
1.一音路式一喇叭系統 2.一音路式多喇叭系統	35
3.二音路式一喇叭系統 4.二音路式二喇叭系統	
5.二音路式多喇叭系統 6.其他系統 7.網路 8.衰減器	36
第十三節 特殊的喇叭系統	37
1.柱型喇叭系統	37
2.面音源喇叭系統 3.寬指向性喇叭系統	
4.水平無指向性喇叭系統 5.全指向性喇叭系統	
6.雙指向性喇叭系統	38
第十四節 動力式平板喇叭	39
第二章 喇叭的特性與說明書數據的看法	41
第一節 喇叭單元	41
1.外徑尺寸	41
2.口徑 3.裝置用孔尺寸 4.障板開口徑	42
5.有效直徑 6.有效振動半徑 7.振動系統有效質量	
8.最低諧振頻率 9.阻抗	43
10. Q_0	44
11.頻率特性 12.輸出音壓位準 13.再生頻域	46
14.指向特性 15.失真率	47
16.額定容許輸入功率 17.最大容許輸入功率	

18. 節目源輸入功率	19. 磁鐵重量	48					
20. 總磁束	21. 空隙磁束密度	22. 截止頻率	23. 交越頻率	49			
第二節 喇叭系統				50			
1. 外形尺寸				50			
2. 內容積				3. 重量	4. 加工	5. 阻抗	6. 頻率特性
7. 指向特性				51			
第三節 說明書上無刊載的數據				53			
1. 衝程				2. 剛性	3. 柔順性	53	
4. 輸入與音壓的關係				5. 最大音壓	6. 最小音壓	54	
7. 動態範圍				55			
8. 距離與音壓的關係				56			
9. 頻率不同，音源移動				10. 效率	58		
11. 聽感上的效率				12. 口徑與指向特性	59		
13. 分割振動				60			
14. 凸緣的諧振				15. 凸緣	63		
16. 高頻域諧振頻率				64			
17. 口徑與低頻特性				65			
第四節 能量的轉變方法				66			
1. 阻力				2. 電氣阻力	66		
3. 電磁阻力				4. 慣性阻力	67		
5. 彈性阻力				6. 機械阻力	7. 輻射阻力	68	
8. 阻抗				69			
9. f_0 , Q_0				69			
(a) 框架的問題				(b) 障板的問題	70		
(c) 音箱的振動				(d) 振動板後面的音波	71		
第五節 紙盆的振幅與音壓				72			
一、紙盆的振幅（輸入一定）				72			
二、紙盆的振幅（頻率一定）				76			
三、紙盆的振幅與音壓				76			
四、衝程、面積與音壓				77			

第三章 喇叭單元的各種問題	79
第一節 低音喇叭的各種問題	79
1. 口徑 2. f_0	79
3. Q_0 4. 衝程 5. 有效質量 6. 紙盆的材料性質.....	80
7. 紙盆的形狀.....	81
8. 凸緣 9. 阻尼器.....	83
10. 音圈.....	84
11. 磁鐵.....	85
12. 磁路.....	87
13. 框架.....	89
14. 分割振動的對策.....	90
15. 高頻域再生限界.....	91
16. 容許輸入.....	92
第二節 高音喇叭的問題	94
一、基本問題	94
1. 型式 2. 口徑 3. 衝程.....	94
4. f_0 5. Q_0 6. 振動系有效質量 7. 振動系的材料.....	95
8. 振動板的形狀.....	96
9. 凸緣.....	97
10. 阻尼器.....	98
11. 音圈.....	99
12. 磁鐵 13. 磁路 14. 背面蓋子 15. 交越頻率 16. 容許輸入.....	100
17. 指向特性 18. 擴散器 19. 音響透鏡.....	101
20. 等化器.....	103
21. 附加機械阻力.....	106
二、大型號角型高音喇叭的問題	107
第三節 中音喇叭的問題	108
1. 型式 2. 口徑 3. f_0 4. Q_0 5. 高頻域限界	
6. 交越頻率 7. 其他 8. 後腔.....	108

9. 彎折型號角	10. 防塵帽的處理	11. 效率	109		
12. 大型號角型中音喇叭			110		
第四節 全音域喇叭			110		
一、單紙盆型			110		
1. 口徑	2. f_0	3. Q_0	4. 紙盆的材料	5. 紙盆的形狀	110
6. 振動系統的有效質量	7. 凸緣				111
8. 音圈	9. 磁通密度	10. 其他			112
二、機械式二音路					112
1. 口徑	2. 主紙盆				112
3. 副紙盆或半球體					113
4. 其他					114
三、複合型					114
1. 口徑	2. 低音喇叭	3. 高音喇叭	4. 分音器，衰減器		114

第四章 號角型喇叭總論 115

第一節 號角的形狀與特性	115
一、號角的原型	115
二、號角的原理	116
三、圓錐型號角	117
四、指數型號角	118
五、號角的長度	119
六、號角的音域	119
七、號角的容許輸入	121
八、號角內的反射	122
九、雙曲線型號角	122
十、複合型號角	123
十一、變形號角	123
十二、號角的指向特性	124
十三、號角的音源位置	125
十四、號角的材料	127

第二節 號角驅動器	128
一、何謂驅動器？	128
二、驅動器的口徑	128
三、衝程	128
四、 f_0	129
五、 Q_0	129
六、有效質量	130
七、凸緣及阻尼器	130
八、等化器	130
九、喉部的縮小	131
十、空氣室	132
十一、背腔	133
十二、驅動器的頻域	133
十三、 f_c 與 f_0 的關係	133
十四、直接輻射器的應用	134
第三節 號角型喇叭	135
一、號角與驅動器的相性	135
二、號角型高音喇叭	135
三、號角型中音喇叭	136
四、號角型低音喇叭	136
五、背面負載型號角	136
六、號角障板	136
七、前面負載型號角	136
第五章 喇叭系統及耳機	139
第一節 多音路系統	139
一、LC 網路方式多音路構成的原則	139
1 構成的原則	139
2 網路 3 衰減器 4 特殊的控制器	140
二、多放大器系統	141

1. 多放大器方式	141
第二節 LC 網路	141
一、6 dB/oct 型	141
1. 高通濾波器	141
2. 低通濾波器	142
二、12 dB/oct 型	144
1. 高通濾波器	144
2. 低通濾波器	144
三、交越頻率	147
四、二音路用分頻器	149
五、三音路用分頻器	150
六、各個喇叭單元的相位	150
七、阻抗補償	150
八、使用材料	152
九、衰減器	152
第三節 平開障板	157
一、適用的喇叭	159
二、前室效應	160
三、開口面積	160
四、低頻域再生限界	160
五、防止諧振	161
第四節 密閉箱的一些問題	161
1. 比例	163
2. 補強	163
3. 吸音材料	164
4. 喇叭的裝置位置	165
5. 前面障板的處理	166
6. 喇叭的裝置法	167
7. 適用的喇叭	167
第五節 低音反射型的一些問題	168
1. 紙盆的振幅	169
2. 低音反射型的頻率特性	170
3. 管道的計算	172

4. 管道的形狀	173
5. 管道的 Q_0	174
6. 氣孔的面積	175
7. 管道的 f_0 之設定	176
8. 管道的位置	177
9. 關於音箱 10. 適用的喇叭 11. 阻尼低音反射型的特性	178
12. 怠盆	179
第六節 前載型號角	180
1. 音箱的構造 2. 適用的喇叭	180
第七節 後載型號角	182
1. 音箱的構造 2. 幻想號角	182
3. 號角的形狀 4. 號角的長度	183
5. 截止頻率	184
6. 彎折型號角的影響 7. 喉部的縮小率	185
8. 空氣室 9. 吸音處理	186
10. 紙盆的振幅	187
11. 適用的喇叭單元	189
12. 後載型號角的效率 13. 容許輸入	190
14. 動態範圍	191
第八節 音響迷路	191
第九節 鑑聽用喇叭	192
一、單音路喇叭	194
二、三音路喇叭	194
三、二音路喇叭	194
四、鑑聽用喇叭的構造	195
1. 低音喇叭	195
2. 高音喇叭	196
3. 音箱 4. 內藏放大器	197
5. 輸入端子	198
第十節 喇叭的裝設	198

一、與地板、天花板及牆壁之距離	198
1. 與地板之高度	198
2. 與天花板之距離 3. 與背後牆壁之距離	199
4. 與左右牆壁之距離 5. 裝置於牆角	200
6. 喇叭與欣賞者的關係	200
(1)與地板之高度 (2)左右喇叭之間隔	200
二、喇叭軸的方向	201
第十一節 與放大器之連接	201
一、直流電阻之影響	201
二、阻抗匹配	203
三、使用多組喇叭系統	203
第十二節 多路放大器方式	204
一、聲道濾波器	205
二、多路放大器方式的優點與缺點	205
第十三節 頭戴型耳機	207
一、頭戴型耳機的優劣點	207
二、依變換方式的分類	209
三、聲音的各種傳達方法	209
1. 振幅型（壓力型、音壓型）	210
2. 速度型	211
四、依構造之分類	212
1. 密閉型	212
2. 開放型	213
五、二音路耳機	214
六、四聲道耳機	215
七、耳機的特性	215
1. 頻率特性 2. 輸出音壓位準	216
3. 容許輸入功率 4. 阻抗特性	216
八、與放大器之連接	216

第一章 喇叭的基本知識

第一節 音波

一、音波是怎樣產生的？

圖 1-1 係平面圖，在左端看起來好像是一根棒子似的，其實就是平板；而在右端的點點可以看作是空氣粒。(a)表示平板靜止時的狀態，而(b)表示平板急遽向右移動時的情形。如此，空氣粒就如圖(b)所示，只有在平板附近受到壓縮；相反地，(c)表示平板向左振動的情形，只有在平板附近成爲疏鬆狀態。這就是音波產生的情形；亦即反覆發生空氣緊密的狀態，以及空氣疏鬆的狀態。這樣，就可以把音波傳播出去。實際上，在圖上平板的左端亦有空氣存在，但爲了說明上的方便

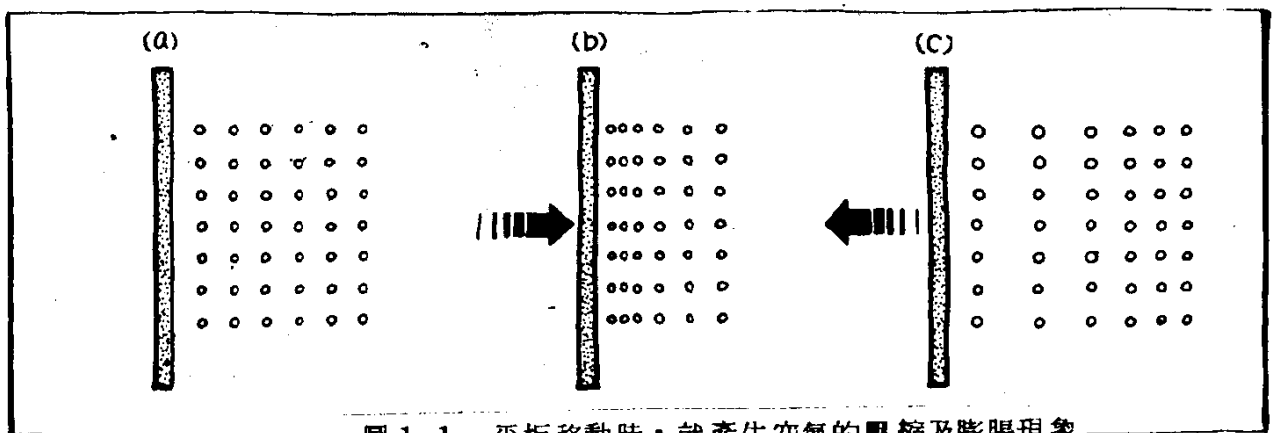


圖 1-1 平板移動時，就產生空氣的壓縮及膨脹現象

2 實用揚聲器技術

，省略不談。

從圖 1-1 的(a)轉變為(b)的狀態，就在平板的附近發生空氣的高速振動，振動的速度愈快，壓縮的效果就愈顯著，而音壓就愈高。

空氣具有像彈簧一樣的效應，這可以從橡皮球或輪胎看出來，尤其是被壓縮在小地方的空氣，就具有強大的彈力。同樣的，空氣鎗或壓縮空氣的彈簧效應亦

極大。但是，在寬敞地方的空氣（大氣），其彈簧效應就甚為微小。如以線圈型彈簧為例，則如圖 1-2

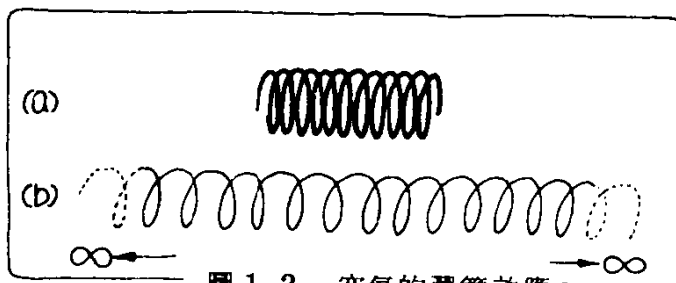


圖 1-2 空氣的彈簧效應

所示；(a)表示好比壓縮在輪胎裡的高壓空氣，不但其彈力強大，且其彈簧的長度亦被縮短；相反地，(b)表示寬敞地方的空氣的情形，其彈力不但微小，且其彈簧的長度亦伸長。

假如在彈簧的一端加壓力或拉力，就如圖 1-3(a)至(d)的順序所示，產生線圈的疏密波之進行，這乃是音波的模式。疏密的進行速度就等於音

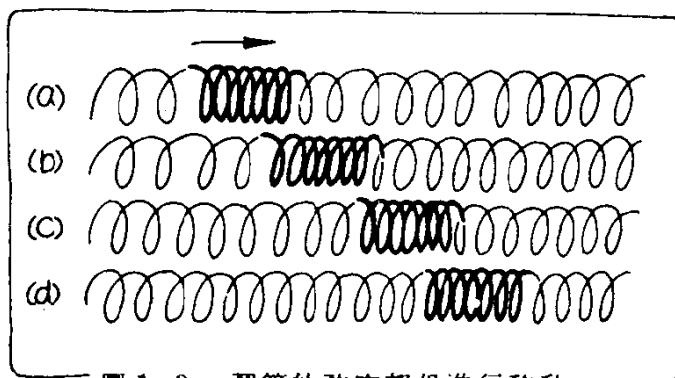


圖 1-3 彈簧的疏密部份進行移動

速，彈簧的強度愈強大，速度就愈快；換句話說，氣壓愈高，音速就愈大。

1. **音壓** 因音波係氣壓變化所形成的波狀，所以將其變化量繪在縱軸，而以圖表表示之，則如圖 1-4 所示。O 點表示標準大氣壓 1.013 mbar，上下表示正負的氣壓變化量。箭頭的高度（峰值之 $1/\sqrt{2}$ ）稱為音壓，通常係使用 P 符號。人類的耳朵可以聽取的最低音壓

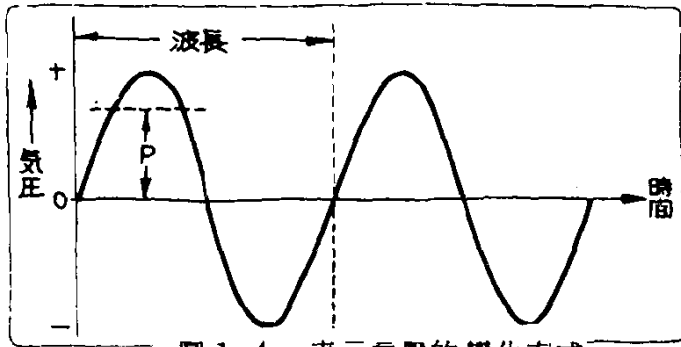


圖 1-4 表示音壓的變化方式

為 $0.0002\mu\text{bar}$ ，最高為 $200\mu\text{bar}$ ，超過此值時，耳朵就有痛的感覺。

2 **音壓位準** 耳朵的聽覺，與加予耳朵的刺激強度之對數成正比

，因此計算音壓時，常使用對數的表示法。以 $0.0002\mu\text{bar}$ 為 0 dB ，而 $0.002\mu\text{bar}$ 為 20 dB ， $200\mu\text{bar}$ 則為 120 dB 。音壓每增加 10 倍，音壓位準就增加 20 dB 。

3. **音速** 音速依氣壓及氣溫之變化而稍有差異。通常以每秒 344 m (344 m/s) 計算。簡單則以 340 m 計算。使用 C 符號。

4. **週期** 從圖 1-4 的 O 點開始向上變化一次，再向下變化一次，最後又恢復至 O 點，稱為一週期。即一迴轉的意思，亦使用 C 符號。

5. **頻率** 表示在一秒鐘之內有幾個週期者，稱為頻率。以前以 C/S 表示，現在係以赫芝 (Hz) 表示。

以波長除以音速，即為頻率。

圖 1-5 a、b 表示音壓相等而波長不同的情形；而圖 1-6 a、b 則表示波長相等而音壓不同的情形。

6. **波長** 表示在一週期之中，音波進行的距離，以頻率除以音速，則為波長。計算時常採用 λ 符號。

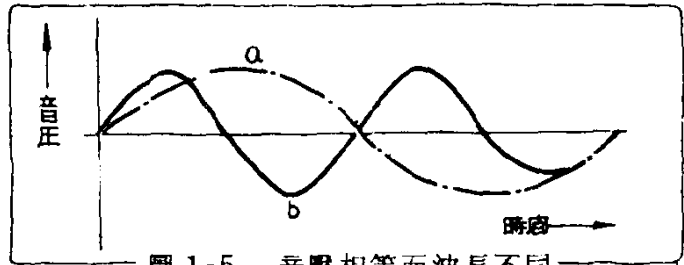


圖 1-5 音壓相等而波長不同

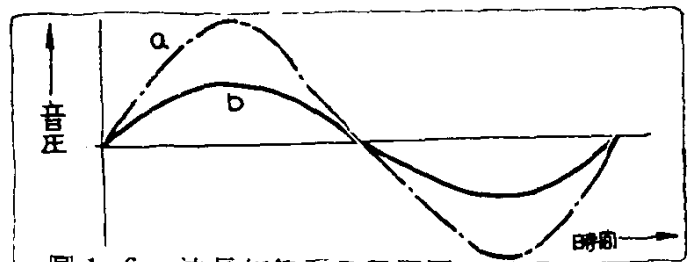


圖 1-6 波長相等而音壓不同

4 實用揚聲器技術

7. 相位 如圖 1-7 a、

b 所示的音波，若單獨收聽時不容易區別出來，但同時收聽時就發生奇妙的感覺，這乃因相位不同所致。

在圖 1-7 中，b 的相位較 a 遲後 90 度。

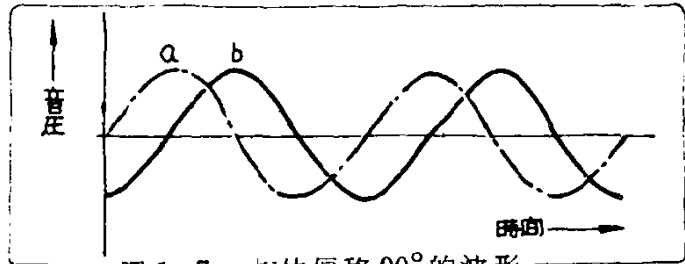


圖 1-7 相位偏移 90° 的波形

8. 同相 比較兩種音波時，若無相位的偏移，則稱為同相。

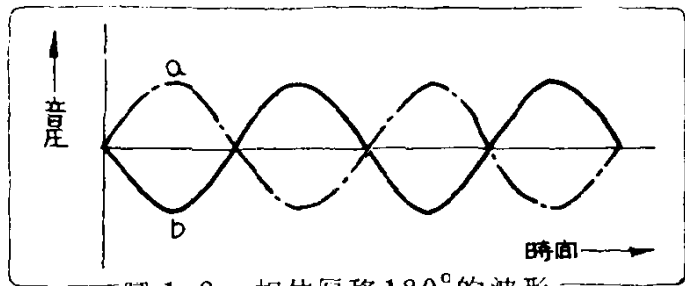


圖 1-8 相位偏移 180° 的波形

9. 逆相 如圖 1-8 所示，

若 a 與 b 的相位互相差 180°（前進或退後）時，就稱 a 與 b 互為逆相。

10. 正弦波 在以上的圖示中，最為單純的基本波形，稱為正弦波。

11. 純音 正弦波所產生的聲音稱為純音。音叉的聲音近似純音。

12. 嗒 嗒 (phon) 係表示聲音強度之單位，與音壓或音壓位準的物理性表示不同，乃係以人為中心的感覺單位。嗒大致與 dB 相對應，100 嗒為 100 dB。在中音域，嗒與 dB 大致相同；但在低音域及高音域，嗒與 dB 之間就稍有偏差，例如 80 dB 可能等於 40 嗒。這稱為響度效應 (loudness effect)。再次說明：嗒係適用於人類的感覺之單位。

13. dB dB 不僅使用於音壓位準，且亦使用於電壓。有以 1 v 為 0 dB，或以 1 mv 為 0 dB 的，通常大部份都是僅僅作比較之用而已。所謂放大器有 +3 dB 的音調控制；意思是說：對中音域而言，電壓將增高 $\sqrt{2}$ 倍。請記住以下的一些數字，對於計算將有所幫助：

$$+3 \text{ dB} = \sqrt{2} \text{ 倍}$$

$$-3 \text{ dB} = 1/\sqrt{2}$$