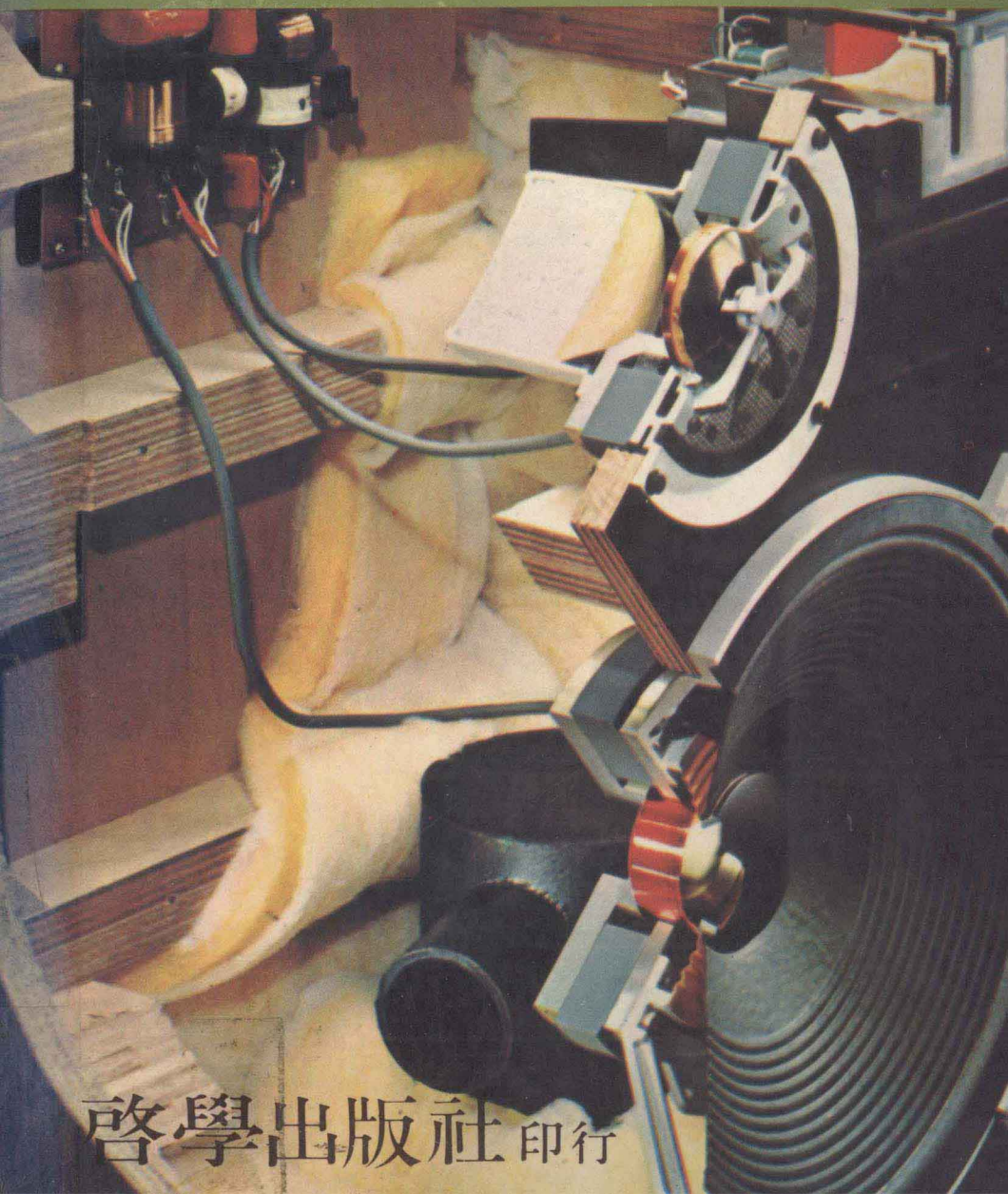


揚聲器之設計與製作

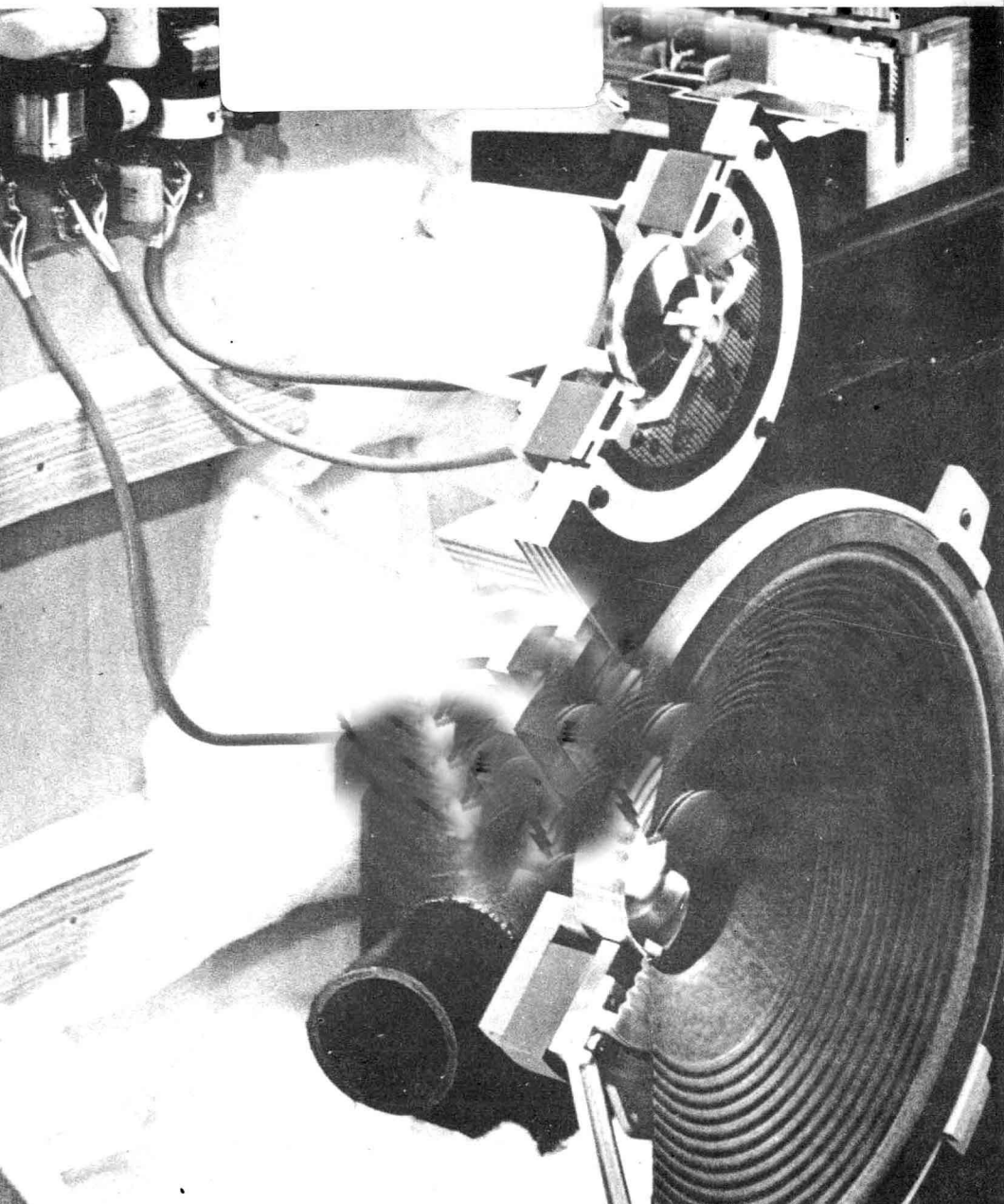
賴耿陽編譯



啓學出版社 印行

揚聲器之設計與製作

賴耿陽編譯



版權所有
翻印必究

中華民國六十八年四月三十日初版

揚聲器之設計與製作

精裝特價：叁佰元整 整

平裝特價：貳佰捌拾元整

編譯者：賴 耿 陽

發行人：陳 憲 雄

出版者：啓學出版社

新聞局出版登記證局版臺業字第0133號

臺北市忠孝東路5段524巷5弄3之1號

郵政劃撥帳戶第19959號 (2樓)

電話：7619468

印刷者：達陽印刷廠

發行處：啓學出版社台南分社

台南市四維街83巷59號

電話：377205

經銷處：全省各大書局

序

去年剛好是愛迪生發明留聲機滿 100 年，世界各地都以各種方式紀念，在這 100 年間，音響機器的發展不如飛機、火箭、電子工業等，但仍頗有進展，從蠟管錄音式變成圓盤式，又因二次大戰後塑膠技術發達，1948 年出現 LP 唱片，1957 年以 1 音溝錄下左右信號，發售立體唱片。

此期間，揚聲器的發展很慢，只到今天可適應 Hi-Fi 再生的程度，揚聲器的原型為電話的收話器，後來用為收音機收訊機，起先以收話器聽礦石收音機的音，為了使更多的人聽到而發明各種揚聲器，這是揚聲器稱為 loudspeaker 的由來。

1900 年代後盛行研究音響機器—今天揚聲器設計所用的理論及應用這些理論的機器等在 1930 年代大都已完成，萊斯和凱洛格在 1925 年發明現在動圈型動電式揚聲器的原型，布拉特哈勒在 1927 年發明平面驅動型的動電形揚聲器，振動板全面以同相驅動，不易分割振動，音質良好，1870 年代，羅得雷星已解明平面遮斷板，現在也常用的巴斯烈夫形音箱的基礎在 1930 年由沙拉斯確立，威布斯塔在 1919 年發表喇叭的基本理論。

可見，今日的揚聲器似為 1930 年代以前的遺產，不過其後約 40 年間的發展不小—1930 年代以前只解明基本原理，今天的揚聲器已大量生產，普及世界各地各階層人士。

最近揚聲器技術的發達托福於實際設計技術的發達及振動板、永久磁鐵、接着劑等材料方面的發達，所以最近 Hi-Fi 揚聲器改善音質，並大幅提高容許輸入，適應最近需要大音壓的爵士樂、搖滾樂等。

但是，Hi-Fi 要素中，左右音質的最大角色仍是揚聲器，事實

上，變換揚聲器，確會使音質兩樣，揚聲器以外的要素大都可以物理特性判斷良否，揚聲器却常被評為「物理特性良好，音質却不理想」，這有很多原因，第一是測定揚聲器物理特性的條件與揚聲器實際使用的條件不同，導致物理特性未必代表音質，實際聽到的音質要加上室內的音響特性，表示揚聲器音質細部的物理特性尚未能測定也是事實，判斷音質時，也不得不依賴個人的記憶，易有個人誤差。

那麼，選擇揚聲器時有無基準可循？物理特性良好乃揚聲器的必要條件，所以要選物理特性良好的揚聲器，在可分細品的條件試聽後決定，試聽時的判斷基準應是「可得與現場演奏同感性的程度」。

揚聲器開發，設計技術者的多年課題在究明揚聲器的物理特性與音質的關係，最近已應用計算機技術測定特性，更可測定表現音質的物理量，一旦解明物理特性與音質的關係，將可設計音質更好的揚聲器。

本書的編輯目的在回答上述的各道疑問，對欲攻音響工學的學生，欲專職設計揚聲器的技術者及欲進一步詳知揚聲器內涵的業餘票友，都是有用的參考書，因而一部份使用大學程度的數學，不過，只想知物理意義的讀者可跳過數學式，只看圖表說明，即可瞭解。

第1章到第4章解說瞭解本書的基本理論或概念，第1章解說音場、機械、音響振動後、電系音響變換器的理論；第2章解說聽覺生理、音響心理、實驗結果、音色表現語；第3章敘述揚聲器的輸入信號—程式信號的性質，第4章主要敘述Hi-Fi揚聲器必要的性能，以及揚聲器的物理特性與音質的關係。

第5章、6章、7章分述圓錐形、圓頂形、喇叭形揚聲器的構造、動作原理、特性等，可當成選用揚聲器的指針。

第8章敘述音箱的構造、動作原理、特性、設計法。

第9章為以網路結合低音、中音、高音，作成揚聲器系統的手法

，可當成選擇Hi-Fi揚聲器系統的指針。

第10章為監聽揚聲器、第11章為其他揚聲器的構造、動作原理、特性。

第12章、第13章為使用揚聲器系統時必要的知識，諸如放大器與揚聲器的關係，揚聲器與室內音響特性的關係。

第14章敘述與室內音響最密切的擴音用揚聲器設計法、配置法等。

第15章為頭戴收話器的構造、動作原理、特性。

第16章為揚聲器的特性測定法，由此可較易看懂商品目錄。

以上為本書的骨幹，讀者若因而釋清對揚聲器系統的疑問，實屬至幸！

1978年11月

Pioneer 株式會社常務董事
音響研究所長・工學博士

山本武夫 謹識

揚聲器之設計與製作目錄

第 1 章 音響再生物理

1.1	音 波	2
1.1.1	音	2
1.1.2	音的三要素	3
1.2	音場的理論	5
1.2.1	表示音場的方程式	5
1.2.2	速 位	9
1.2.3	平面波音場	11
1.2.4	定位波	13
1.2.5	球面波音場	15
1.2.6	音波的屈折	17
1.2.7	音波的回折	19
1.3	音響放射系	19
1.3.1	圓形活塞振動板形成的音場	20
1.3.2	放射音的指向性	24
1.3.3	放射阻抗	30
1.3.4	遮斷板附近點音源的放射音響功率	35
1.4	機械振動系	37
1.4.1	單一自由度振動系	38
1.4.2	膜的振動	40
1.4.3	板的振動	42
1.5	音響振動系	43

2 目 錄

1.5.1	音響管中傳播的音波	43
1.5.2	音響元素	44
1.5.3	音響變成器	46
1.6	電學、機械、音響系的對應	47
1.6.1	機械系的等值電路	48
1.6.2	音響系的等值電路	49
1.6.3	電學、機械、音響系的對應	51
1.7	電氣音響變換器	54
1.7.1	動電形變換器	54
1.7.2	靜電形變換器	58

第 2 章 聽覺心理

2.1	耳朵與聽覺	65
2.1.1	耳朵的構造	65
2.1.2	聽覺機構	67
2.2	音的屬性	68
2.3	可聽範圍	69
2.4	音的高度	70
2.4.1	影響音高度的要因	70
2.4.2	音高度的尺度	71
2.5	音的大小與等響度曲線	72
2.5.1	音的強度與大小	72
2.5.2	等響度曲線	72
2.5.3	音響單位 (sone)	74
2.5.4	音的大小與長度	75
2.6	噪 音	75

2.6.1	噪音大小的表示法	76
2.6.2	NRN 曲線	76
2.7	掩蔽 (masking)	78
2.7.1	掩蔽現象	78
2.7.2	純音間的掩蔽	78
2.7.3	掩蔽所致音色的變化	80
2.7.4	臨界帶域寬度	80
2.8	對音變化的知覺	81
2.8.1	辨別限	81
2.8.2	周波數的辨別限	82
2.8.3	音強度的辨別限	83
2.8.4	周波數調變的偵測限	83
2.8.5	振幅調變的偵知限	85
2.8.6	周波數特性變化的偵知限	85
2.8.7	變形 (失真) 的偵知限	86
2.8.8	相位變化的偵知限	87
2.9	音色的知覺	90
2.9.1	何謂音色	90
2.9.2	左右音色的要因	91
(1)	成分音構造	91
(2)	時間構造	92
2.9.3	音色表現語	93
(1)	音色表現語的必要性	93
(2)	音色表現語的分類與尺度化	93
2.9.4	音色表現語與物理特性的關係	97
2.10	2 聲道再生音的方向定位	98

4 目 錄

2.10.1	方向定位能力	99
2.10.2	拜諾拉爾式方向定位	100
2.10.3	拜諾拉爾再生	101
2.10.4	有關立體音場的牧田理論	102
2.10.5	音像的質	103
2.11	多聲道再生音的方向定位	105
2.11.1	相對於實音源的水平面內方向定位	106
2.11.2	對合成音源的水平面內方向定位	110
2.11.3	多聲道立體用的揚聲器配置	111
2.11.4	聲道間相位差與壓迫感	112
2.11.5	音場的擴大感	113

第 3 章 程式音的性質

3.1	音源的性質	117
3.1.1	音源性質的表示法	117
3.1.2	周波數帶域	118
3.1.3	動力範圍	118
3.1.4	指向性	119
3.2	程式音的性質	120
3.2.1	程式音的性質表示法	120
3.2.2	周波數頻譜	121
3.2.3	位準分佈	122
(1)	音 聲	123
(2)	管弦樂團音	123
(3)	唱片音	123
(4)	調整所致位準分佈的變化	124

3.2.4	頻譜、位準分佈	125
3.2.5	立體及 4 頻道信號	125
3.3	試聽用程式音的選擇	127

第 4 章 Hi-Fi 揚聲器要求的性能

4.1	音響再生裝置的構成與揚聲器的功能	130
4.1.1	音響再生裝置的構成	130
4.1.2	左右再生音音質的要因	130
4.2	輸出音壓位準	132
4.2.1	輸出音壓位準與效率	132
4.2.2	額定輸入與最大輸入	134
4.2.3	最大輸出音壓位準	135
4.3	變形(失真)	136
4.3.1	高調波變形	136
4.3.2	混調變變形	136
4.3.3	異常音	137
4.4	輸出音壓周波數特性	137
4.4.1	再生周波數帶域	138
4.4.2	輸出音壓周波數特性	138
4.4.3	功率響應(Power response)	139
4.5	指向特性	142
4.5.1	Hi-Fi 揚聲器的指向性	142
4.5.2	擴音用揚聲器的指向性	143
4.6	電阻抗特性	144
4.7	過渡特性	145
4.8	相位特性	148

6 目 錄

4.9	揚聲器系統的形狀與設計	150
4.10	立體再生用揚聲器要求的性能	151
4.10.1	周波數特性	151
4.10.2	相位特性	153
4.10.3	指向性	154
4.11	Hi-Fi揚聲器要求的音色	154
4.12	揚聲器系統的物理特性與總合良好性	157

第5章 圓錐形揚聲器

5.1	圓錐形揚聲器的構造與動作	163
5.1.1	圓錐形揚聲器的構造	163
5.1.2	圓錐形揚聲器的動作	166
5.2	振動系的等值回路	167
5.2.1	機械系的等值回路	168
5.2.2	電系的等值回路	170
5.3	低音域的特性	172
5.3.1	低音共振	172
5.3.2	低音域的特性	173
5.3.3	低音域的電阻抗特性	174
5.4	中音域的特性	175
5.4.1	錐緣的共振	175
5.4.2	錐體的分割振動	176
5.5	高音域的特性	178
5.5.1	高音再生界限	179
5.5.2	高音域的特性	181
5.5.3	高音域的指向特性與其改善	182

5.6	效 率	184
5.7	圓錐形揚聲器的變形(失真)	185
5.7.1	起因於驅動力的變形	185
(1)	磁束分佈不均勻	185
(2)	透磁率的非直線性	186
5.7.2	支持部之非直線性所致的變形	190
5.7.3	錐體所致的變形	191
5.7.4	Doppler 變形及其他變形	191
5.8	過渡特性	194
5.8.1	音爆波所致的過渡波形	194
5.8.2	過渡變形特性	195
5.8.3	用脈衝的過渡特性	197
5.9	相位特性	200
5.10	圓錐形揚聲器的一般特性	203
5.10.1	輸出音壓周波數特性及指向周波數特性	203
5.10.2	公稱阻抗及阻抗特性	204
5.10.3	高調波失真特性	206
5.10.4	輸出音壓位準	207
5.11	圓錐形揚聲器的構成零件	208
5.11.1	錐體及支持部	209
(1)	錐體的形狀	209
(2)	雙錐體	209
(3)	錐體的材料	211
(4)	錐體的構造	213
(5)	錐 緣	215
(6)	中央罩(center cap)	216

(7) 阻尼器 (damper)	217
5.11.2 音 圈	218
(1) 導線及捲線軸	218
(2) 音 圈 的 卷 法	219
5.11.3 磁 路	219
(1) 永 久 磁 鐵	220
(2) 磁 路 的 形 狀	221
5.11.4 框 架	221

第 6 章 圓頂揚聲器

6.1 圓頂揚聲器的構造與動作	223
6.1.1 圓頂揚聲器的構造	223
6.1.2 圓頂揚聲器的動作	225
6.1.3 硬圓頂揚聲器與軟圓頂揚聲器	226
6.2 圓頂揚聲器的輸出音壓周波數特性	228
6.2.1 圓頂揚聲器的低音域特性	228
6.2.2 圓頂揚聲器的中音域特性	229
6.2.3 圓頂揚聲器的高音域特性	230
6.3 圓頂揚聲器的一般特性	233
6.3.1 輸出音壓指向周波數特性	233
6.3.2 電阻抗特性	234
6.3.3 圓頂揚聲器的失真特性	236
6.4 圓頂揚聲器的構成零件	237
6.4.1 振動板與支持材料	238
6.4.2 音 圈	240

6.4.3	磁 路	241
6.4.4	等化器	243
6.4.5	後 室	243

第 7 章 喇叭形揚聲器

7.1	喇叭形揚聲器的構造與動作	246
7.1.1	喇叭形揚聲器的構造	246
7.1.2	機械阻抗的匹配	249
7.1.3	喇叭形揚聲器的種類	250
(1)	驅動器的種類	250
(2)	喇叭的種類	252
7.2	喇 叭	253
7.2.1	喇叭內音波的方程式	253
7.2.2	指數形喇叭	254
7.2.3	喇叭長度	257
7.2.4	雙曲線喇叭	260
7.3	振動系的等值回路與效率	261
7.3.1	振動系的等值回路	261
7.3.2	喇叭形揚聲器的變換效率	263
7.4	喇叭形揚聲器的特性	265
7.4.1	振動板的速度周波數特性	265
7.4.2	輸出音壓周波數特性	269
7.4.3	指向特性	273
(1)	方形喇叭	275
(2)	輻向喇叭	275
(3)	複室喇叭	275

(4) 扇形喇叭	275
7.4.4 空氣的非直線性所致的失真	275
7.4.5 容許輸入	279

第8章 音 箱

8.1 音箱的種類	281
8.2 障 板	282
8.2.1 平面障板	283
8.3 密閉形音箱	285
8.3.1 裝入密閉形音箱的揚聲器之等值回路	288
8.3.2 設計音箱時必要的揚聲器常數	289
(1) 最低共振周波數 f_0 [Hz]	289
(2) 等值質量 m_0 [Kg]	289
(3) 等值勁度 s_a [N/m]	290
(4) 振動系的 Q_0	290
(5) 錐體的實效振動半徑 a [m]	291
8.3.3 密閉形音箱的設計	291
(1) 再生到揚聲器之 f_0 時的設計法	293
(2) 使 f_{0c} 為揚聲器 f_0 之 n 倍時的設計法	294
(3) 已知 Q_{0c} 值時的設計法	294
8.3.4 書架形音箱	295
8.4 低音回復形音箱	297
8.4.1 裝入低音回復形音箱的揚聲器等值回路	297
8.4.2 低音回復形音箱的理想條件	300

8.4.3	隔離理想條件時的特性	304
8.4.4	低音回復形音箱的優點	306
8.4.5	低音回復形音箱的設計	307
(1)	以理想條件設計	308
(2)	考慮音箱的制動電阻時的設計	311
(3)	揚聲器的等值 Q_0 小於 $1/\sqrt{3}$ 時的設計	312
(4)	揚聲器的等值 Q_0 大於 $1/\sqrt{3}$ 時的設計	312
(5)	設計例	314
8.5	特殊障板	316
8.5.1	低音回復形音箱的變形	316
(1)	單調低音錐體方式音箱	317
(2)	R-J 形 音 箱	318
(3)	卡爾松形 音 箱	319
(4)	音響抵抗制動形低音回復形 音 箱	320
(5)	各種導管	321
8.5.2	前負荷喇叭音箱	322
8.5.3	反負荷喇叭音箱	324
8.5.4	無指向性音箱	335
8.6	音箱的外形	337
8.6.1	外形所致低音特性的位置	338
8.6.2	音箱的尺寸比	338
8.6.3	安裝孔與安裝法	340
8.7	音箱用材料	342
8.7.1	板 材	342
(1)	木質材料	342
(2)	無機質材料	343