

# FM 立體音響原理 與 故障分析

游 金 湖 編著



# FM 立體音響原理 與故障分析

游 金 湖 編著

文 笙 書 局 總經銷

---

## FM立體音響原理分析

---

編著者：游金湖  
出版兼發行：文笙書局

澳門大馬路348號二樓F座

印刷者：振興印刷公司  
澳門龍崙街152號地下

---

定價港幣

---

---

## FM立體音響185種故障分析

---

---

### 內容包括

FM，AM 收音機的故障分析  
電唱機動作的故障分析  
前置放大器與主放大器的故障分析  
喇叭與錄音機的故障分析

## 本書的使用法

於發生某種故障時，首先請參考檢查開始做檢查，然後於□中判斷，其結果產生有2種可能發生（譬如 yes 或 no），得到兩種不同的答案，接着由可能發生的情況，順序找到流程圖中的□部分，並做修理確認即可，其間如有必要時，可隨書中⇒頭所指，參考故障多少項目做檢查。並且在流程圖中，常有特殊的提示，用註來補助說明的情形，則請參考流程圖外的圖形或文字說明即可明瞭。尤其在修理終了(ok)之後，常需加熱使用一段時間試驗，以防止毛病再出，這樣才能算圓滿的修理。

# 目 錄

## FM立體音響原理分析

### [一] FM Stereo廣播所需的知識及調變方式

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| ● 1 - 1 : FM Stereo 廣播           | 1  |
| ● 1 - 2 : FM 與 AM 的不同            | 3  |
| ● 1 - 3 : MW 的 Stereo 廣播         | 5  |
| ● 1 - 4 : FM Stereo 廣播所需的條件      | 6  |
| ● 1 - 5 : FM Multiplex Stereo 廣播 | 7  |
| ● 1 - 6 : FCC 方式                 | 8  |
| (a) FCC 的意義                      | 8  |
| (b) 何謂 L - R                     | 9  |
| (c) 何謂 SCA                       | 10 |
| ● 1 - 7 : FM multiplex 多工的輸出端子   | 10 |
| (a) 取出合成波信號的方法                   | 10 |
| (b) 何謂解強調電路                      | 11 |

### [二] FM Stereo的原理 ( 如何分離Stereo )

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| ● 2 - 1 : FM stereo adaptor 的原理 | 13 |
| (a) matrix 方式的方塊圖               | 13 |
| (b) switching 方式的方塊圖            | 14 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| (1) matrix 的基本原理 .....            | 14 |
| (2) mpx switching 方式 .....        | 15 |
| ● 2 - 2 : FM調諧器的構成與MPX原理 .....    | 17 |
| (1) 調諧器的構成 .....                  | 17 |
| (2) 天線和輸入電路 .....                 | 18 |
| (3) FM 前端電路 .....                 | 20 |
| (4) FM IF 放大 .....                | 21 |
| (5) FM 檢波電路 .....                 | 23 |
| (6) FM multiplex 電路 .....         | 25 |
| (a) piloton stereo 的頻譜 .....      | 25 |
| (b) FM stereo 發射機 .....           | 26 |
| (c) D. S. B 的做成 .....             | 26 |
| (d) ring 調變器和輸出 .....             | 26 |
| (e) L 和 R 不同信號的合成 .....           | 27 |
| (f) matrix 方式 ( 頻率分割方式 ) .....    | 27 |
| • matrix 方式的解調原理 .....            | 27 |
| • matrix 方式的基本電路 .....            | 28 |
| (g) switching 方式 ( 時間分割方式 ) ..... | 30 |
| • switching 方式的解調原理 .....         | 30 |
| • switching 方式的基本電路 .....         | 31 |
| ● 2 - 3 : FM stereo 的附屬電路 .....   | 31 |
| (1) 調諧指示電路 .....                  | 31 |
| (a) 由中頻取出方式 ( S 電表 ) .....        | 32 |
| (b) 由檢波電路取出方式 ( T 電表 ) .....      | 32 |
| (c) S 電表和 T 電表之不同 .....           | 32 |

|               |    |
|---------------|----|
| (2) 靜音電路..... | 33 |
|---------------|----|

### [三] matrix方式的實際線路分析

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| ● 3 - 1 : matrix Mpx 的方塊圖.....         | 37 |
| ● 3 - 2 : 合成信號放大與分配電路.....             | 37 |
| ● 3 - 3 : 指引信號倍頻產生電路.....              | 38 |
| ● 3 - 4 : 通帶濾波電路.....                  | 39 |
| ● 3 - 5 : 補助信號檢波及 matrix 電路.....       | 40 |
| ● 3 - 6 : 雙 T 型濾波器 ( 並聯 T 型濾波器 ) ..... | 41 |
| ● 3 - 7 : 立體信號指示及 switching 電路.....    | 42 |
| ● 3 - 8 : 立體單音自動切換電路.....              | 43 |

### [四] Switching方式的實際線路分析 ( A )

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| ● 4 - 1 : switching Mpx 的方塊圖.....     | 46 |
| ● 4 - 2 : 合成放大分配電路.....               | 46 |
| ● 4 - 3 : 指引信號倍波放大電路.....             | 48 |
| ● 4 - 4 : switching 電路.....           | 48 |
| ● 4 - 5 : switching 電路的詳細動作分析.....    | 50 |
| ● 4 - 6 : 有關 switching 電路的詳細波形解說..... | 53 |

### [五] Switching方式的實際電路分析 ( B )

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| ● 5 - 1 : 合成波放大分配電路.....          | 55 |
| ● 5 - 2 : 指引信號倍波放大電路.....         | 55 |
| ● 5 - 3 : SCA 濾波電路.....           | 56 |
| ● 5 - 4 : 立體信號指示電路.....           | 58 |
| ● 5 - 5 : FM 單音 - 立體信號自動切換電路..... | 59 |

## FM立體音響185種故障分析

### 立體 ( Stereo ) 部分

|                                |    |                                                            |    |
|--------------------------------|----|------------------------------------------------------------|----|
| (1) 無聲.....                    | 60 | (10) 有廣播干擾.....                                            | 69 |
| (2) 聲音失真.....                  | 61 | (11) 提高音量旋鈕時有衝擊聲                                           | 70 |
| (3) 有雜音.....                   | 62 | (12) 聲音完了時有〔 $\frac{\ll}{\angle}$ 、 $\frac{\ll}{\angle}$ 、 |    |
| (4) 聲音時有時無.....                | 63 | 〕的聲音.....                                                  | 71 |
| (5) 聲音不大.....                  | 64 | (13) 人走路時會使聲音中斷...                                         | 72 |
| (6) 聲音不小.....                  | 65 | (14) 單邊的聲音小.....                                           | 73 |
| (7) 有〔吸...〕聲.....              | 66 | (15) 左右聲音的加入不對.....                                        | 74 |
| (8) 聲音中夾有小的〔嘆...〕<br>聲.....    | 67 | (16) 左右的相位不對.....                                          | 75 |
| (9) 什麼也沒有聽到只聽到〔<br>嘆...〕聲..... | 68 |                                                            |    |

## 唱機部分

|                              |    |                            |    |
|------------------------------|----|----------------------------|----|
| (17) 無聲.....                 | 76 | (26) 聲音不完美.....            | 86 |
| (18) 聲音失真(單邊).....           | 78 | (27) 有拖着〔ㄣ・ㄤ・ㄜ・ㄝ〕的尾音.....  | 87 |
| (19) 有雜音.....                | 79 | (28) 人走路時會使聲音中斷.....       | 88 |
| (20) 聲音時有時無.....             | 80 | (29) 單邊的聲音小.....           | 89 |
| (21) 聲音不大(小).....            | 81 | (30) 左右的聲音不對.....          | 90 |
| (22) 有〔吸...〕(嘔...)聲.....     | 82 | (31) 保險絲馬上熔断.....          | 91 |
| (23) 無其他聲音只有〔嘆...〕<br>聲..... | 83 | (32) 機器中冒煙.....            | 92 |
| (24) 有廣播干擾.....              | 84 | (33) 壓扣開關(壓下)無法恢<br>復..... |    |
| (25) 聲音不良.....               | 85 |                            |    |

|                      |     |                         |     |
|----------------------|-----|-------------------------|-----|
| 復.....               | 93  | (44) 聲音上下跳動.....        | 106 |
| (34) 無電.....         | 94  | (45) 馬達轉動比正常時慢.....     | 107 |
| (35) 馬達不轉動.....      | 95  | (46) 電源 off 時馬達不停止..... | 108 |
| (36) 馬達於中途停止.....    | 96  | (47) 唱臂無法平衡.....        | 109 |
| (37) 轉數不變.....       | 97  | (48) 唱頭會共鳴.....         | 110 |
| (38) 轉數異常.....       | 98  | (49) 唱片內周聲音失真.....      | 111 |
| (39) 有異音.....        | 99  | (50) 串音不良.....          | 112 |
| (40) 唱臂不動.....       | 100 | (51) 移動唱臂時有大的哼聲.....    | 113 |
| (41) 多工唱機自動機構故障..... | 101 | (52) 雖然無聲然而紙盤會搖動.....   | 114 |
| (42) 交換唱頭後無聲.....    | 104 | (53) 大鼓的聲音有裂聲.....      | 115 |
| (43) 接觸唱臂時有「吱」聲..... | 105 |                         |     |

## 調 諧 器

|                            |     |                                 |     |
|----------------------------|-----|---------------------------------|-----|
| (54) 無聲.....               | 116 | (67) 左右加入的聲音不對.....             | 129 |
| (55) 聲音失真.....             | 117 | (68) 聲音漸漸變小.....                | 131 |
| (56) 聲音時有時無.....           | 118 | (69) 由於霓虹燈點滅發出「カ<br>カ・カカ」聲..... | 133 |
| (57) 有「吸」聲.....            | 119 | (70) 指示燈不亮.....                 | 134 |
| (58) 有小的「嘆」聲干擾.....        | 120 | (71) 電表不動.....                  | 135 |
| (59) 聽不到其他聲音只聽到嘆<br>聲..... | 121 | (72) 旋鈕很快脫落.....                | 136 |
| (60) 有無線(廣播)干擾.....        | 122 | (73) 轉動音量時發出「哇咧<br>咧」聲.....     | 137 |
| (61) 聲音不良.....             | 123 | (74) 音量旋鈕的靜止器無法靜<br>止.....      | 138 |
| (62) 中音域閉塞.....            | 124 | (75) 機器中冒煙.....                 | 139 |
| (63) 聲音產生裂聲.....           | 125 | (76) 接觸選台鈕時會發出「嘆<br>」聲.....     | 140 |
| (64) 提高音量旋鈕時有衝擊聲.....      | 126 |                                 |     |
| (65) 單邊聲音小.....            | 127 |                                 |     |
| (66) 聲音逐漸變小最後完全無<br>聲..... | 128 |                                 |     |

- (77) 開關不能切換.....141
- (78) 溫度下降時工作不穩定...142
- (79) 雖然電源 on 但仍無聲...143
- (80) 無電.....144
- (81) 有電視的〔嘆...〕聲.....145
- (82) 有電源變壓器的〔哼...〕  
聲.....146
- (83) AM 廣播無聲.....147
- (84) 只聽到雜音 AM 廣播收不  
到.....148
- (85) 只聽到雜音 FM 廣播收不  
到.....149
- (86) AM 廣播時聲音小.....150
- (87) AM 廣播時有混頻干擾...151
- (88) 白天和夜間所接收的信號  
不同.....152
- (89) FM 立體無法分離.....153
- (90) 汽車通過時有〔ㄅㄅㄅ〕  
聲.....154
- (91) 接收電台節目時有〔嘆...  
〕聲.....155
- (92) 於 FM 廣播調諧的兩側有  
雜音.....156
- (93) 在收聽立體時有〔撥！  
撥！〕聲.....157
- (94) 頻率和指針標示不合...158
- (95) 雖然轉動選台旋鈕但指  
標指針仍不移動.....159
- (96) 於接收 FM 立體信號時  
指示燈不亮.....160
- (97) 遠的 FM 電台接收困難161
- (98) 無 FM 電台的位置收到  
信號.....162
- (99) 飛機飛過時聲音變化...163
- (100) 人走路的時候聲音會變  
化(FM).....164
- (101) 所接收的聲音逐漸變小165
- (102) 於接收 FM stereo時無  
聲.....166
- (103) AFC 時收不到信號...167
- (104) FM 廣播無聲.....168
- (105) FM 廣播的聲音小.....169
- (106) AM 調諧器的檢查.....170
- (107) FM-MPX 電路的檢  
查.....171
- (108) FM 前端電路的檢查...172
- (109) FM-I F 級的檢查...173

## 前置放大器

- 110) 無聲.....174
- 111) 聲音失真.....176
- 112) 有雜音.....177
- 113) 聲音時有時無.....178

- (114) 聲音不大..... 179
- (115) 聲音不小..... 180
- (116) 有〔吸...〕聲..... 181
- (117) 有小的〔嘆...〕聲..... 182
- (118) 沒有其他聲音只有〔嘆...〕聲..... 184
- (119) 有無線（廣播）干擾... 185
- (120) 聲音不良..... 187
- (121) 低音不足..... 188
- (122) 中音域聲音閉塞（人聲）..... 189
- (123) 聲音有裂聲..... 190
- (124) 提高音量旋鈕時有衝擊聲..... 191
- (125) 連接麥克風時有〔吱...〕聲..... 192
- (126) 單邊聲音小..... 193
- (127) 高頻時聲音失真..... 194
- (128) 保險絲很快熔斷..... 195
- (129) 漸漸聲音變小..... 196
- (130) 有〔嘆！嘆！〕聲..... 197
- (131) 電源開關 on-off時有衝擊聲..... 198
- (132) 氣溫下降時電路動作不穩..... 199
- (133) 有小的〔嘶...〕聲..... 200
- (134) 切於 PHONO時〔喳...〕聲大..... 201
- (135) 雖然切於 PHONO但仍收到電台信號..... 202
- (136) 把 Tape Monitor 切於 on 時無聲..... 203
- (137) 不管轉動 Bass, treble 聲音皆無變化..... 204
- (138) 把音量旋鈕迅速提高時聲音瞬間消失..... 205
- (139) 響度控制無效..... 206
- (140) DIN 連接器不能錄音（再生）..... 207
- (141) 串音不良..... 208
- (142) 前置放大部份及功率放大部份的檢查..... 209

## 主放大器

- (143) 無聲..... 213
- (144) 聲音失真..... 215
- (145) 有雜音..... 216
- (146) 聲音時有時無..... 217
- (147) 聲音不大..... 218
- (148) 有〔吸...〕聲..... 220
- (149) 有小的〔嘆...〕聲..... 221
- (150) 聽不到其他的聲音只有〔嘆...〕聲..... 222
- (151) 有無線（廣播）干擾... 223

- (152) 有拖着 [  $\dot{\Delta} \cdot \dot{\Delta} \cdot \dot{\Delta} \cdot$   
 $\dot{\Delta} \cdot \dot{\Delta}$  ] 的尾音..... 224
- (153) 單邊的聲音小..... 225
- (154) 左右信號相反..... 226
- (155) 有 [ 嘆! 嘆! ] 聲..... 227
- (156) 電源 on-off 時有衝擊聲 228

- (157) 電表不動..... 229
- (158) 把插鞘插入耳機插孔時  
 喇叭聲音斷掉..... 230
- (159) 聲音急速變小..... 231
- (160) 有 [  $\dot{\Delta} \dot{\Delta} \dot{\Delta} \dot{\Delta}$  ] 的聲音 232

## 喇叭

- (161) 無聲..... 233
- (162) 聲音失真..... 234
- (163) 有雜音..... 235
- (164) 聲音不大..... 236
- (165) 聲音不良..... 237
- (166) 左右的相位相反..... 238
- (167) 機器中冒煙..... 239
- (168) 不論高音、中音、低音  
 喇叭皆無聲..... 240
- (169) 隨着接收地點不同會有  
 聽不到聲音的情形..... 241

## 錄音機

- (170) 無聲..... 242
- (171) 聲音失真..... 243
- (172) 有雜音..... 244
- (173) 有 [ 吸... ] 聲..... 245
- (174) 在聲音中夾雜小的 [ 嘆  
 ... ] 聲..... 246
- (175) 聽不到其他聲音只有 [ 嘆  
 ... ] 聲..... 247
- (176) 聲音不良..... 248
- (177) 單邊的聲音小..... 249
- (178) 轉數無法切換..... 250
- (179) 串音不良..... 251
- (180) 磁帶不能快捲..... 252
- (181) 磁帶不能倒捲..... 253
- (182) 錄音聲音小..... 254
- (183) 不能錄音..... 255
- (184) 殘留前面的聲音..... 256
- (185) 再生聲音小..... 257

## 共通項目

|                                     |                                      |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| (33) 壓扣開關(壓下)不能恢復..... 93           | (75) 機器中冒煙..... 139                  |
| (52) 雖無聲但紙盆仍會搖動 114                 | (77) 開關不能切換..... 141                 |
| (70) 指示燈不亮..... 134                 | (79) 開關 on 後也無聲..... 143             |
| (72) 旋鈕迅速脫落..... 136                | (80) 無電..... 144                     |
| (73) 轉動音量旋鈕時有〔哇<br>喇哇喇〕的聲音..... 137 | (82) 電源變壓器有〔哼...〕<br>聲..... 146      |
| (74) 音量旋鈕的靜止器無法<br>停止..... 138      | (128) 保險絲迅速熔斷..... 195               |
| (133) 有小的〔吱...〕聲..... 200           | (130) 有〔噗! 噗!〕聲..... 197             |
|                                     | (140) 用 DIN 連接器不能錄音<br>〔再生〕..... 207 |

## 參考資料

|                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| 衝擊吸收裝置範例..... 72       | 各種高頻用的接觸器..... 164             |
| 手提工具袋的範例..... 74       | RIAA 再生特性表..... 200            |
| 信號介入器及簡單振盪器..... 81    | 電阻變化特性圖..... 205               |
| 零件箱的範例..... 87         | 準互補對稱式和純互補 OCL 方<br>式..... 225 |
| 修理工具的範例..... 92        | 金氏曲線..... 226                  |
| 自動回轉機構的範例..... 102     | AC out LET..... 231            |
| 烙鐵組..... 108           | 控制喇叭位準的範例..... 235             |
| 夾器..... 132            | 多工放大器系統..... 239               |
| 用調整棒調整 AM 的方法..... 138 | 馬達式錄音機機構的範例..... 250           |
| 匹配元件..... 140          | 主驅動軸的加油..... 254               |
| 匹配器..... 142           | 簡單手推工具的範例..... 255             |
| MPX 振盪器波形的看法..... 145  | 錄音機的系統圖..... 257               |
| FM 特有的調諧曲線..... 156    |                                |
| 各種衰減器..... 163         |                                |

# [一] FM Stereo 廣播 所需的知識及調變方式

## ◎1-1: FM Stereo 廣播

世界性的 FM 立體聲歷聲 (Frequency stereo) 方式，於 1961 年美國的 FCC 聯邦通信委員會制定，而屬於 Ge Zenth 自然統一的方式，但於日本稱其為 piloton 方式的 stereo 廣播。雖然表面上說明不同，但內容則完全相同。也就是說，如果是單音廣播的話，即接收單音信號；反之如為立體廣播時，即為接收立體 stereo 分離的信號。但調頻之早期發現，還應追溯於美國阿姆斯特少校 (Major Edvin Armstrong) 發明了調頻的方式，至 1953 年克羅斯畢 (Murray G. Grosby) 申請專利，創立多工 (multiplex) 方式，為 FM 的廣播。這樣一直到 1961 年初美國聯邦通信委員會才批准立體聲廣播的標準。

當初美國 FCC 設定標準時，為顧慮到當時市場上大約壹仟六、七百萬台 AM 收音機不致於作廢，且又不致於失掉單音 (monophonic) 接收的內容，故理想上採用左右兩聲道混合，構成單聲等效信號頻率響應 (由 50 Hz ~ 15 KHz)，且又能完全分離左右的兩個聲道，這是 FCC 設立時第一個考慮的重心。其次考慮的對象，為對於私家業務，在 1955 年美國頒佈了補助通信法案 (Subsidiary Communication Authorization 即 SCA) 准許多工制 (multiplex) 傳送這種業務。

大約於 1961 年美國開始做 FM 多工的立體廣播並逐年改善。日本方面則於 1957 年 12 月 24 日由 NHK 開始實驗廣播。且於 1963 年 12 月 24 日正式 stereo 的立體廣播。

# 序 言

「音響」這兩個字，近年來已如秋風掃落葉般的橫掃着香港市場。音響的產品，今後將隨着電視之後，普遍着存在着每一個家庭之中，尤其是年輕的這一代，追求狂熱的音響效果，更是與日俱增，但對於音響的技術，每每由於音響所涉及範圍之廣濶，包括有 FM Stereo（調頻立體聲），FM Mono（單音），AM（調幅），電唱機，擴大器，以及錄音機等知識，對於一位學習音響技術與修理的人，實在是一大障礙，因此筆者參考數本日本音響技術，參與線路分析，以及實際修理音響的經驗編寫本書。

同時為使讀者對於音響的修理與理論能夠配合應用起見，特別將已出版之「FM 立體音響 185 種故障分析」一書，重新修訂加入 FM 立體音響原理，並舉出最新的實際線路做分析，內容簡明實用，希望給予讀者更加一層的瞭解。

本書之編輯校對，多於公餘之暇，雖經多次校對錯誤之處仍將難免，敬請先進不吝指正。

游 金 湖 謹識

## ◎1-2：FM與AM的比較

### (1) AM與FM的不同

#### ● AM（調幅）方式（Amplitude Modulation）

音頻信號經載波調變後，當信號 $\oplus$ 的時候，電波強； $\ominus$ 的時候，電波弱，由此電波信號強弱變化由電台發射出去。

#### ● FM（調頻）方式（Frequency Modulation）

音頻信號雖經載波調變，但電波信號的強度都仍維持恆定，信號只以載波做中心，做疏密高低頻的變化。由此可知，調變側的AM與FM之不同說明於下：

(i) AM 頻率一定，振幅高低表示信號的強弱。

(ii) FM 振幅一定，頻率疏密表示信號的強弱。

有關FM與AM之不同，以及調變波形請參考第1表及第2圖所示

| 各種條件 | F M 廣 播    | A M 廣 播     |
|------|------------|-------------|
| 到達距離 | 比AM小       | 比FM大（地表面波）  |
| 雜音干擾 | 少          | 多           |
| 檢 波  | 稍微複雜       | 簡 單         |
| 頻 帶  | 寬（200 KHz） | 普通（10 KHz）  |
| 音 質  | 好（適合於LP唱片） | 普通（適合於SP唱片） |
| 混 頻  | 無          | 有           |
| 接收情形 | 無變化        | 有變化         |
| 立體廣播 | 能          | 不能          |

第1表 FM與AM的比較

#### ● 第2圖為FM與AM調變波形的比較（請參考第4頁）

### (2) AM，FM與雜音的關係

於FM電路中，設有限制電路，可將外來的雜音強弱，維持一定振幅大小的信號輸出（如第3圖所示），不像AM容易受雜音干擾。其最主要的原因，是因雜音與振幅成正比變化，恰與AM採用振幅調