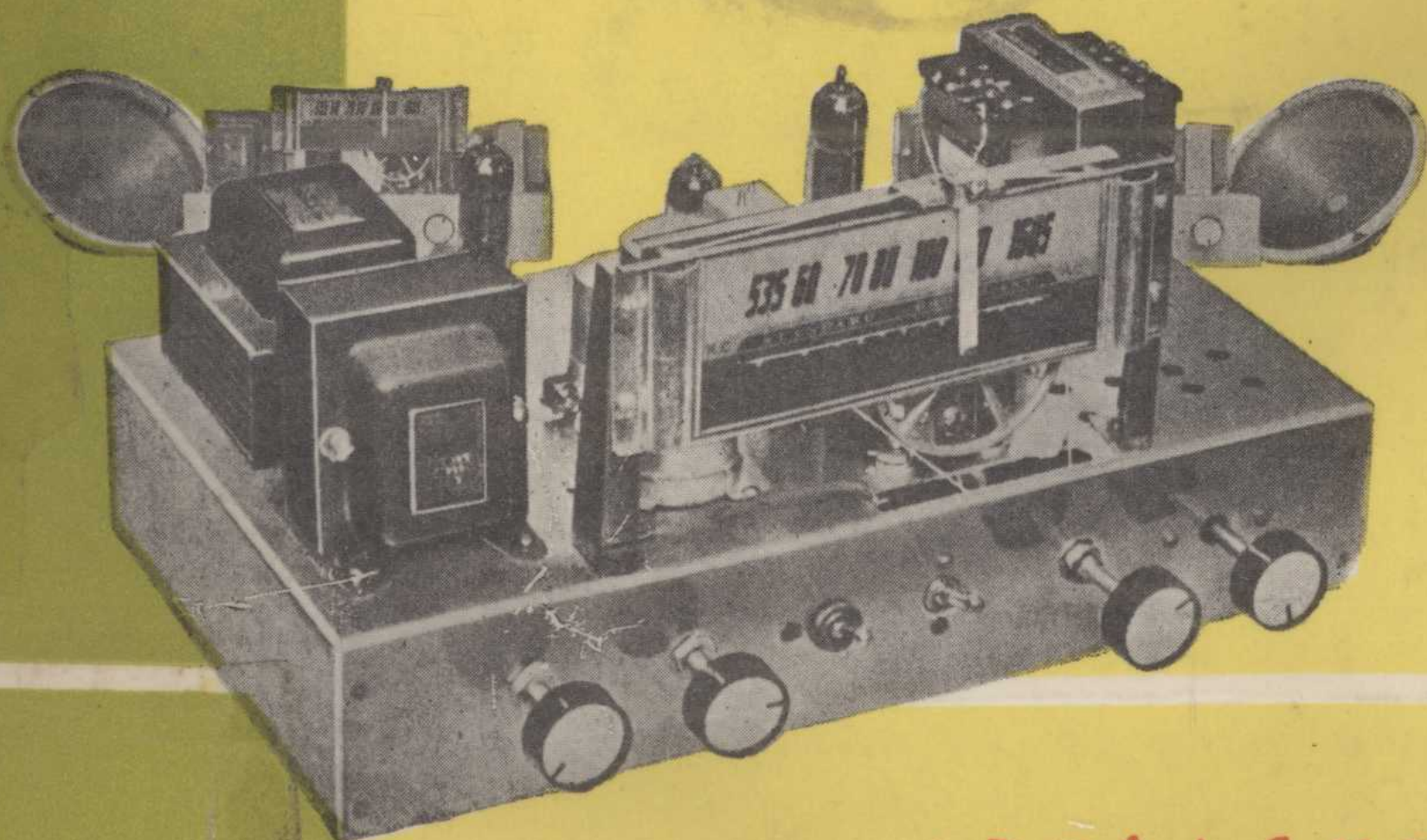




# HI-FI FM STEREO TR 收音機製作大全

· 上 册 ·

劉自平 何學松編著



香港 五育圖書文具公司 出版

工學社

江南大学图书馆

閱 03



91514968

HI-FI FM STEREO TR

# 收音機製作大全

· 上 册 ·

劉自平 何學松編著



香港 五育圖書文具公司 出版

HI-FI FM STEREO TR

收音機製作大全

• 上 冊 •

劉自平 何學松編著

定價 \$10.40

出版發行：五育圖書公司

香港九龍彌敦道五八〇號G

San Yu Stationery & Publishing Co.

580G Nathan Road Kowloon Hongkong

印刷：明基印刷公司

香港灣仔船街三十三號

一九七二年五月版

1/25

版權所有 · 翻印必究

# 前 言

隨着無線電和電聲學的迅速發展，近年來在收音機製作方面有了顯著的進步。收音機的傳真度，已經到達了相當高的水準。十年前，HiFi（高傳真度）這字眼對人們還很陌生，但現在，FM（超短波調頻廣播）和 Stereo（立體聲）已大行其道了。特別是晶體管（TR）廣泛應用以來，更為收音機的製作開闢了新天地，隨之而來的各種新綫路、新零件，真是琳琅滿目，美不勝收。這些令人興奮的新成就，對每一個無線電愛好者來說，都是一股很大的推動力量。

我們兩人也是業餘無線電愛好者，年前在朋友們的鼓勵下，不自量力地合編了一本“自製 HiFi 擴音機及立體聲擴音機”，出版以來，尚能獲得同好們的錯愛，行銷頗廣，這說明了無線電愛好者的日益衆多，以及人們亟需這類讀物。我們本來是不敢繼續動筆的，不過經不住朋友們的慫恿和出版者的催促，於是又合力編就本書，唯望能拋磚引玉，並懇切要求先進們予以指正。

本書分上下兩冊，上冊介紹 HiFi 收音機的製作，下冊介紹調頻收音機、立體聲收音機、晶體管收音機、收音調諧器和特種用途收音機的製作，原理與實驗並重。若能權供初學裝機朋友參考，則我們寫作的初衷，便算達到了。

劉自平 何學松

一九六二年六月於香港

# 目 錄

|     |                      |     |
|-----|----------------------|-----|
| 第一章 | 收音機的 HiFi 化 .....    | 1   |
| 1.  | 影響傳真度的幾種原因 .....     | 1   |
| 2.  | 頻率失真 .....           | 4   |
| 3.  | 非直綫性失真 .....         | 6   |
| 4.  | 減少失真的方法 .....        | 9   |
| 第二章 | 調整高放式 HiFi 收音機 ..... | 13  |
| 1.  | 高放式綫路的優點 .....       | 13  |
| 2.  | 標準 HiFi 四管高放機 .....  | 17  |
| 3.  | 交直流式四管高放機 .....      | 25  |
| 4.  | 特殊設計四管高放機 .....      | 35  |
| 5.  | 標準 HiFi 五管高放機 .....  | 39  |
| 6.  | 收擴兩用五管高放機 .....      | 45  |
| 7.  | 擬立體聲五管高放機 .....      | 53  |
| 第三章 | 標準五管超外差式收音機 .....    | 57  |
| 1.  | 超外差式收音機工作原理 .....    | 57  |
| 2.  | 標準五管廣播段超外差機 .....    | 62  |
| 3.  | 市售五管兩波段超外差機 .....    | 75  |
| 4.  | 使用綫圈組的兩波段超外差機 .....  | 86  |
| 5.  | 使用綫圈組的三波段超外差機 .....  | 94  |
| 6.  | 有波段展濶的兩波段超外差機 .....  | 98  |
| 7.  | 電眼指示五管超外差機 .....     | 103 |

|     |                   |     |
|-----|-------------------|-----|
| 8.  | 小型交直流五管超外差機 ..... | 108 |
| 9.  | 高級交直流五管超外差機 ..... | 113 |
| 10. | 音質優美的五管超外差機 ..... | 120 |

## 第四章 高級超外差式收音機 .....125

|     |                         |     |
|-----|-------------------------|-----|
| 1.  | 高放七管 HiFi 超外差機 .....    | 125 |
| 2.  | 推挽七管 HiFi 超外差機 .....    | 137 |
| 3.  | 單端推挽七管 HiFi 超外差機 .....  | 143 |
| 4.  | 雙頻帶七管 HiFi 超外差機 .....   | 148 |
| 5.  | 兩級中放八管遠程超外差機 .....      | 155 |
| 6.  | 收擴兩用八管 HiFi 超外差機 .....  | 166 |
| 7.  | 他勵式八管 HiFi 超外差機 .....   | 173 |
| 8.  | 推挽輸出九管 HiFi 超外差機 .....  | 182 |
| 9.  | 收擴兩用九管 HiFi 超外差機 .....  | 192 |
| 10. | 三極管推挽十管 HiFi 超外差機 ..... | 197 |

## 第五章 超外差收音機的校驗 .....207

|    |                |     |
|----|----------------|-----|
| 1. | 初步的檢驗和調整 ..... | 207 |
| 2. | 中頻放大級的調整 ..... | 211 |
| 3. | 變頻級的調整 .....   | 214 |
| 4. | 故障的檢修 .....    | 221 |

## 附錄參考線路廿五種 .....227

# 第一章

## 收音機的 HiFi 化

### 1. 影響傳真度的幾種原因

我們聽電話的時候，只要求聽懂對方說話的意思，就算達到了使用電話的目的了，但這樣的要求，對使用收音機來說，自然是遠遠不夠的。我們使用收音機除了收聽語言報告，還要用來欣賞音樂，因此我們對它的要求比較高，不僅要求它發出的聲音清晰和悅耳，而且還要求有藝術魅力，使我們收聽節目時，雖然身隔演奏地點幾百或幾千公里，但聽起來還宛似身歷其境一樣。這種要求，在二、三十年以前，是被認為過高的，因為那時候，整個廣播傳輸系統的各環設備（包括發送設備、電波傳播、接收設備），都比現在落後得多，從廣播電台到收音機，都只是 Lo Fi 而不是 Hi Fi，所以當時高級的收音機，也最多只能把低音頻部份儘量放大出來，即所謂低音出得壯一些而已。而現在却不同了，在第二次大戰期間擴展起來的龐大電子工業，戰後有一部份轉向民用電子器材發展，所以近十年來，用於收音機、擴音機和錄音機的 Hi Fi 器材，確是日新月異。這就使得整個電氣系統出現了一個前所未有的“HiFi 新時代”。就以收音機來說，以 Hi Fi 為標榜的高級產品才出現不久之後，FM（調頻廣播）和 STEREO（立體聲）便又隨之而起，這都顯示着電聲學正大步邁進！

不過，今天的廣播傳輸系統仍不是十全十美的，因為它只是高傳真度而已，並不是百分之一百的傳真（如果已經是百分之百的傳真，就根本無所謂“傳真度”了）。無線電台和收音機（特別是收音機），

仍然存在着不同程度的失真，因此，人們對傳真度的要求還一時無法完全得到滿足。

談到失真，大家也許常常見到過下面三種失真的名字，就是頻率失真、非直線失真和相位失真。這三種失真除相位失真外，是影響傳真度的主要因素。

從字面上我們會理解到所謂頻率失真，就是收音機不能對組成人們語言或音樂的各個頻率的電壓進行同樣的放大，不是對頻率高的電壓放大得過大或過小，就是對頻率低的電壓放大得過大或過小，爲了表示收音機的各種特性，我們通常用一種叫做頻率響應的特性曲綫來表示。圖1001便是這樣的一種特性曲綫，它表示低頻有下降特性，高頻有升高特性，

只有中間的一段對各個頻率的放大才比較均勻。從人們的聽覺來說，低頻下降會感到聲音刺耳，反過來低頻升高，就會感到沉悶、不嘹亮。如果高頻升高，聲音將變得很尖峭，使耳朵難受；高頻下降，又會覺

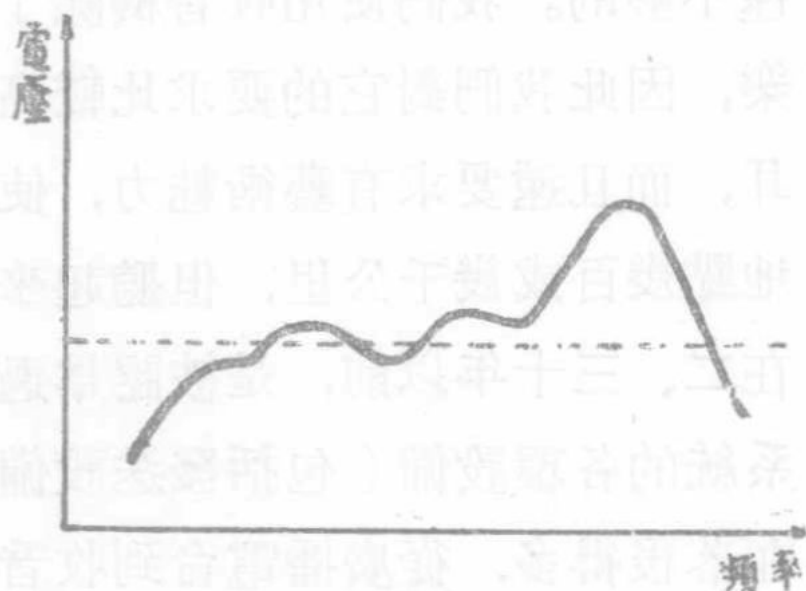


圖 1001 頻率響應特性曲綫

得低音太重，有深沉和聽不清楚的感覺。這些失真都破壞了語言或音樂的自然特性。

非直綫性失真是由於外來信號經過收音機後出現了許多新的頻率所引起的，這裏不但包括有整數倍的諧波頻率，還可能有危害最大的和頻及差頻，因此聽起來就特別使人感覺雜亂毛燥。爲了表示非直綫性失真程度的大小，通常採用一非直綫性系數來表示，它表示輸出諧波功率之和與基波功率之比，這個比越大，失真就越大。在一般的 Hi Fi 收音機中，通常要求不超過 1%，目前最高級的產品（低頻放大部份是用單端推挽式的），其技術標準是非直綫性失真在較小輸出時爲 0.03%，最大輸出時爲 0.3%。而十多年前較舊

式的 Lo Fi 收音機，則非直綫性失真在 5 — 15% 的範圍以內仍算合格，由此可見新舊之間相差之遠了。

至於相位失真，從實驗中告訴我們，它對人的聽覺是沒有什麼影響的，但對人的視覺影響則很大，如電視機有這種失真時，不是像面模糊就是圖形奇形怪狀。但我們這裏只準備談 Hi Fi 收音機，所以相位失真可以不管它。

由上可見，Hi Fi 當前的大患有二：一是頻率失真，一是非直綫性失真，必須設法克制它們，縮小它們的影響力，收音機的傳真度才能够有所提高。因此，我們就有必要再進一步研究一下這兩種失真，這樣，今後我們在設計和製作 Hi Fi 收音機時，才能知所避免。

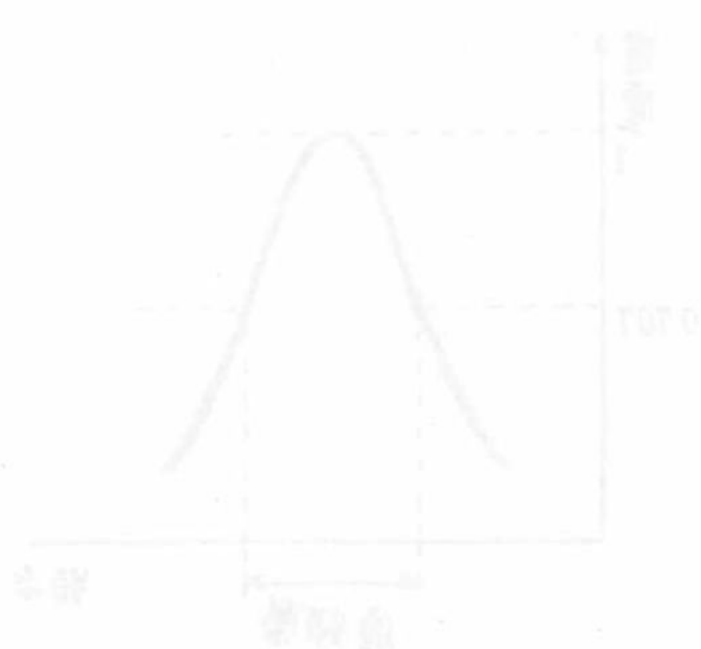


圖 100

## 2. 頻率失真

收音機的高頻和低頻都可能發生頻率失真。在高頻方面，頻率失真和通頻帶寬窄有關。人類語言是由很多頻率組成的，而人們可能聽到的頻率大概是16—20,000週，當然，完全使這些頻率通過頻率帶，就會保持語言的自然特性，可是要實現這種要求，高頻通頻帶的寬度要求達到幾十千週（2倍於高頻範圍），實際上一般廣播電台規定調幅廣播（AM）的頻帶最高為10,000週左右，超過這個範圍以外的各個頻率的電壓就被限止得很小或完全切除，而通頻帶以

內的各個頻率的電壓也不是完全同等放大的（圖1002），經過幾級高頻調諧回路後，這種不均勻性就更顯著，使檢波後音頻包絡綫的相對比例關係和輸入信號不一致，產生失真。也許我們這樣想，把通頻帶加寬那不是很好嗎？這與選擇性又有矛盾，收音機就有可能同時收到幾個電台的聲音，

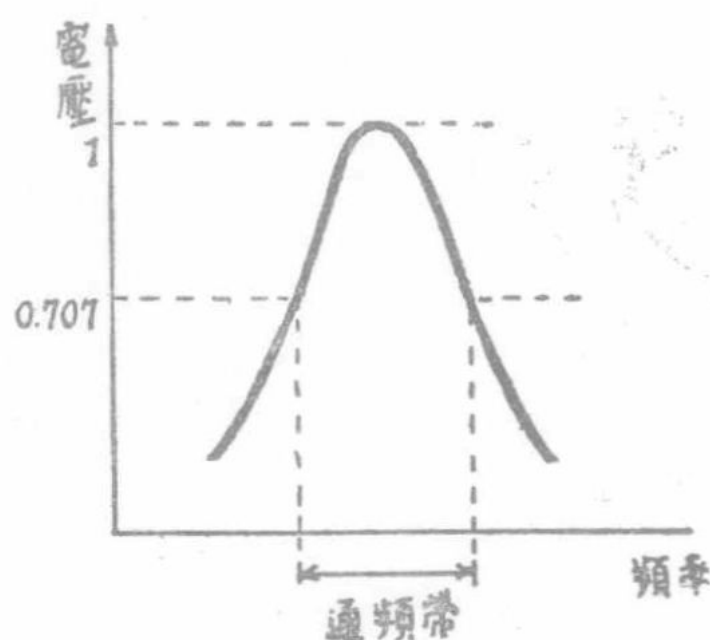


圖 1002

如果不讓幾個電台的聲音同時混進來，那只有使各個廣播電台的頻率隔得遠些，這樣在中段廣播波段（550—1500 千週）裏就容納不了多少電台，於是只好在不影響聽覺的範圍內儘量壓縮通頻帶。因此過去一般收音機的通過頻率範圍，大多規定從幾十週到5000—6000週左右，質量較差的實際只在3500週左右。這也是廣播電台的通頻帶為什麼規定為10,000週上下的道理。它不僅照顧到頻率失真對聽覺的影響，而且也達到了經濟利用通頻帶，在廣播波段內可以多容納一些廣播電台的目的。

在低頻方面，檢波級的頻率失真很小，這是由於檢波級的負荷和音頻關係不大的緣故。其次是音頻放大級和強放級如採用電阻耦合回路，在所規定的通頻帶內可以得到較平直的頻率特性，但輸出變壓器是有頻率失真的，它在高頻時放大得大(如圖1001)，因此，在收音機強放級的屏回路裏，通常採用加接電容器的辦法來加以校正。

低頻失真最大的地方是喇叭。一般喇叭的頻率不均勻性在規定的頻帶內都是在20分貝以上。所以一架收音機如果沒有一個好的喇叭，那儘管其他部份十全十美，也屬枉然的。

通常對頻率失真的測試方法是這樣的：在收音機輸入端接一假天綫（電阻電容組成），並加進一個用400週調幅的高頻信號（調制系數為0.3），高頻信號大小相當於收音機靈敏度的電壓的2—3倍，用音量控制器將輸出處電壓調整並保持在相當於0.1 W輸出功率的電壓，而在50週至6500週左右改變調制頻率（音頻），並量出各個頻率輸出電壓的大小，這樣便得到如圖1003曲綫。從圖中可以看出曲綫1喇叭的頻率特性比曲綫2的好，因為它代表復發的聲音頻帶寬。應該提一下，通常測頻率特性時不包括喇叭在內。

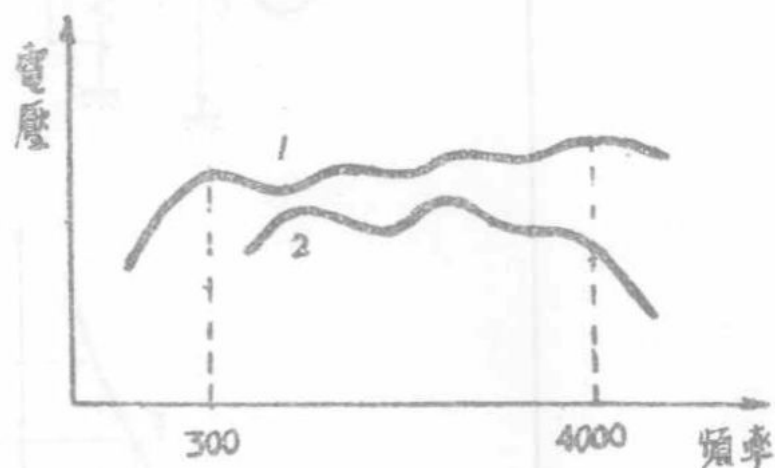


圖 1003 收音機頻率特性曲綫

### 3. 非直綫性失真

不論高頻或低頻，引起非直綫性失真的主要原因是綫路中存有非直綫性零件的緣故。所謂非直綫性失真，簡單的解釋便是輸出電壓和輸入電壓不成直綫關係（正比關係），像真空管和變壓器就是這樣的零件。在圖 1004 中，當真空管柵極加入一正弦電壓，由於

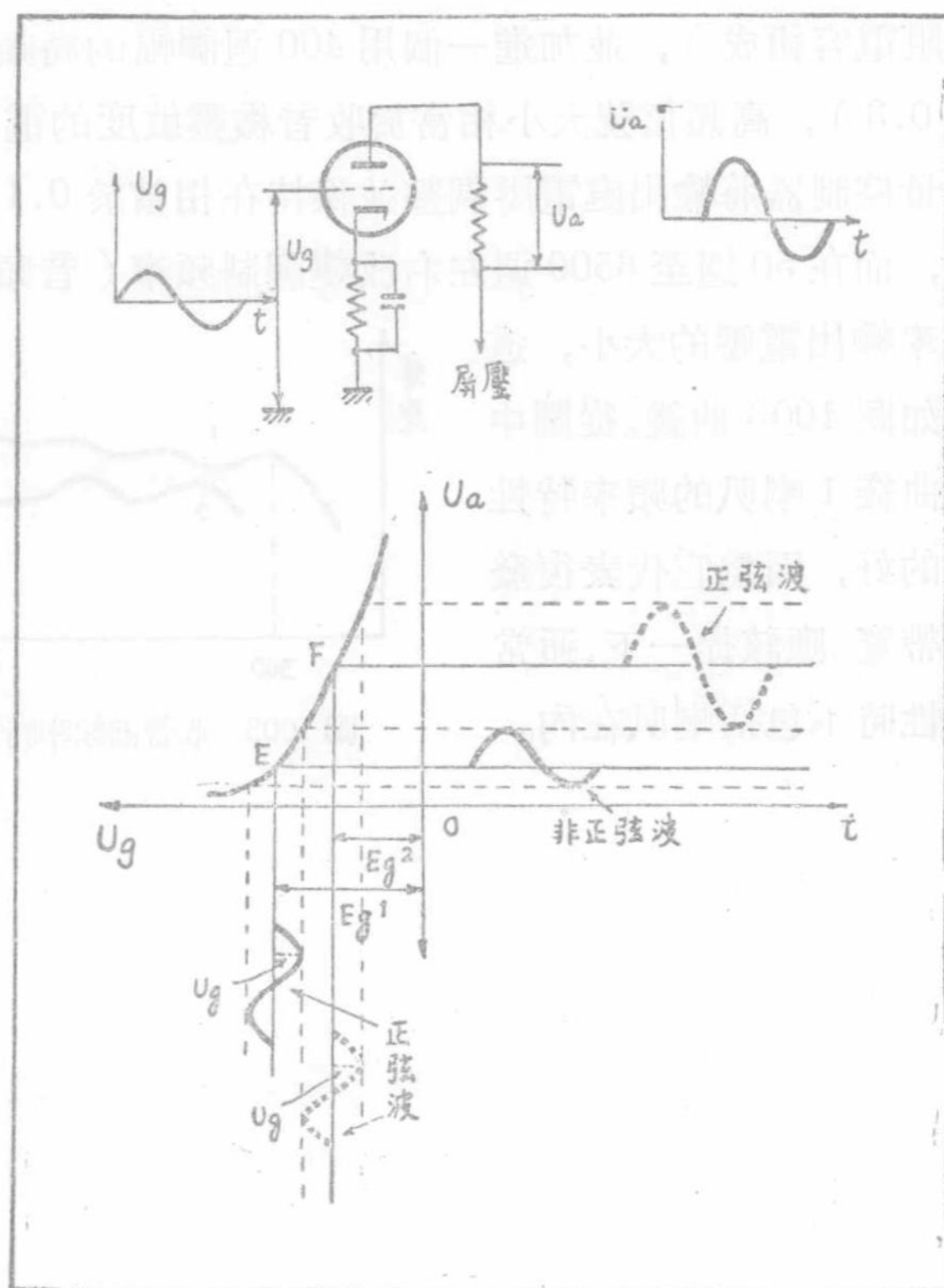


圖 1004 真空管的非直綫性失真

真空管工作範圍不在直線部份，輸出電壓就不是正弦波了。適當地移動工作點E到直線段的中心點F處，那麼輸出波形就與輸入波形一樣，如虛綫所示。

高頻和中頻引起的非直綫性失真，主要是以下兩種：由於採用自動音量控制（見圖 1005），真空管的柵偏壓  $E_{g0}$  將隨外來信號強弱在很大的一個範圍內變化，信號大時，檢波整流電壓大，加至前級高放或中放級的負壓大；信號小時，加至前級高放或中放級的負壓小，因此工作點E或F將隨着向曲綫的彎曲區域移動，自然就工作在非直綫性區域而產生失真。

另一種情形的失真叫做交擾失真，它是由於強力電台的干擾而產生的。因為真空管是非直綫性的零件，當同時加上兩個信號電壓時，就會發生調制，因此干擾電台的聲音也就會從喇叭裏發出來。

對於這兩種失真可以用一種叫做可變跨導的真空管（如 6SK7）加以克服。但在克服自動音量控制所引起的失真時，還應合理選用濾波零件的數值（圖 1005 中  $RC$ ）。

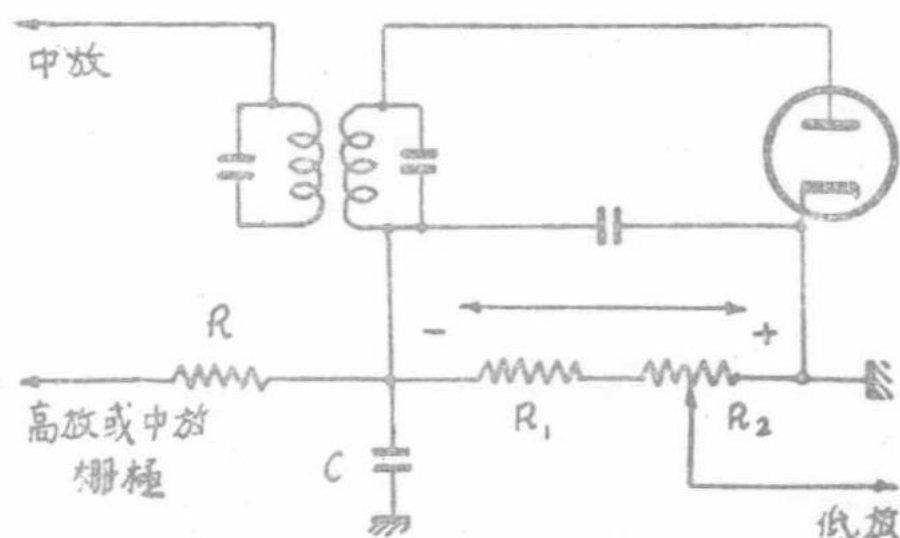


圖 1005 簡單自動音量控制整流綫路

在低頻方面，檢波級的非直綫性失真由於設計時可以選擇合適的負荷零件而避免。但電壓放大級和強放級在信號增強時，就會造成過荷引起失真。因此，差不多在所有收音機的檢波負荷（或輸出級柵路）上，都裝有音量控制器，以調節信號的大小，防止過荷失真。如圖 1005 的  $R_2$ 。

輸出變壓器同樣也會發生非直綫性失真。由於變壓器鐵心的非直綫性關係，使次級感應的電壓和初級的電壓不成直綫關係。但對收音機來說，信號不太大時，只要變壓器設計和製造得好，這種失真還不算很大。

最後還應提一下喇叭的非直綫性失真，喇叭的非直綫性系數一

一般在7—15%左右，不過目前對於這種失真還缺乏十分可靠的測量方法。

應該提出，非直綫性失真和調制系數、輸出功率、調制頻率、天綫輸入的信號強度以及收音機的調諧準確度等都有關係。一般來說，調制系數大和輸出功率大，非直綫失真就大，這是由於音頻電壓幅度過大的關係。輸入信號過強，會使低頻過荷，而調諧不準，工作點隨着不準，自然也有失真。



圖 1005 收音機電路圖

第一，用交流天綫兩端電壓（或電流）替空綫的電壓（或電流）來計算失真係數，這是不對的。因爲空綫的電壓（或電流）並不能代表天綫輸入的信號強度，而天綫輸入的信號強度是用天綫輸入的電壓（或電流）來計算的。第二，用天綫輸入的信號強度來計算失真係數，這是不對的。因爲天綫輸入的信號強度並不能代表收音機的工作點，而收音機的工作點是用收音機的輸出功率來計算的。第三，用收音機的輸出功率來計算失真係數，這是不對的。因爲收音機的輸出功率並不能代表收音機的非直綫失真，而收音機的非直綫失真是用收音機的非直綫失真係數來計算的。

## 4. 減少失真的方法

到此，我們便可以把為患 Hi Fi 的因素更具體地羅列出來了。這些有害的因素雖然至今仍未能一下子把它們除掉，但千千萬萬研究電聲學的專家們和玩 Hi Fi 的業餘愛好者們，也已想出了不少巧妙的對策來，這裏讓我們來逐一介紹一下：

(1) 為什麼至今我們仍不能在廣播傳輸系統中獲得百分之百的絕對傳真呢？上面已經提過，目前一般的調幅廣播（AM），高頻通頻帶的寬度在實用上只能達到 5000 週上下，這就把 5000 以上的高音頻全部切掉了。所以我們在 AM 收音機中收聽交響樂時，敲擊樂器發出的聲音總是嫌不夠顯著，這有什麼辦法改善呢？有，近年來世界各地相繼出現的超短波調頻廣播（FM），就可以解決這一問題。因為 FM 的高頻通頻帶寬度可達到 15,000 週，而且雜音少，又不會混台。只要我們收聽過 FM 廣播，便會覺得它的確比 AM 廣播高超得多，特別是收聽交響樂時，感覺最為明顯。它的高音頻雖然還未到最高限度（20,000 週），但 15,000 週已差不多了，因為 15,000 週以上的高音頻，並不是人人都能聽得到的，一般人大多只能感受到 16,000 週上下的高音頻而已。所以，有了 FM，廣播電台的傳真度癥結，算是已經解除了。

(2) 其次，我們如果收不到 Hi Fi 原音，也應該怪自己的收音機，因為一般收音機的通頻帶寬度比 AM 廣播電台放送出來的通頻帶寬度還窄一些（最高級的也只是 5000 週上下，有很多機實得 3500 週而已）。試問這怎能得到 Hi Fi 原音呢！這個問題在 AM 收音機中，的確是個頭痛的問題，因為選擇性生來就是傳真度的死對頭，比如在 AM 收音機中，只要將中頻變壓器的通頻帶放得寬一些，在

接收外地電台時，便免不了會產生混台現象。

可是，FM收音機（見圖1006），卻不會有這個毛病了，它可以把通頻帶選擇得十分寬濶，

而不必考慮它的選擇

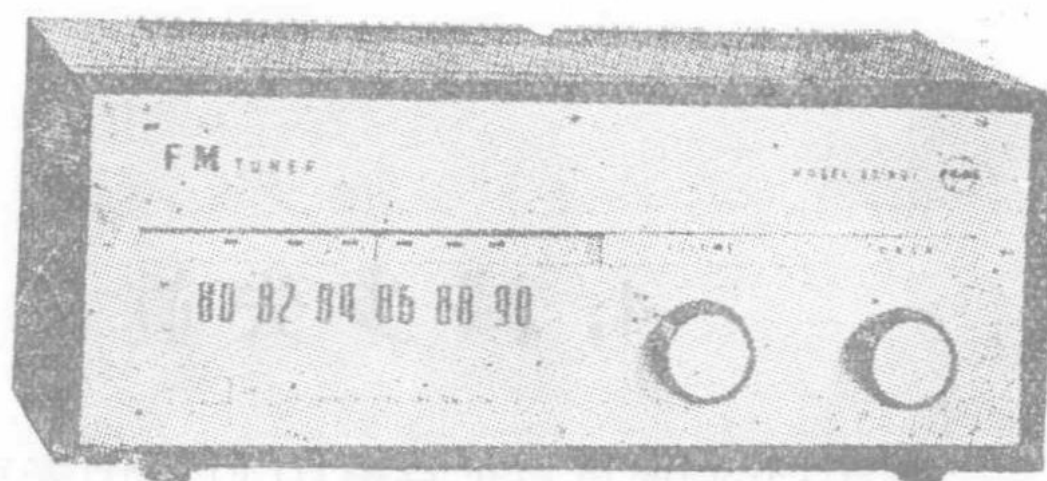


圖 1006 FM調諧器

性，因為在超短波的波段中，至今仍是一條康莊大道，足以容納很多很多的電台，兼且超短波又不能作遠距離傳播：FM收音機只能收聽本地電台，就算是近地有十幾個FM電台吧，彼此也決不會互相干擾，也不必擔心會有外地FM台來干擾。選擇性在FM的傳輸系統中，根本上很少顧慮的。所以，廣播傳輸系統中的選擇性與傳真度互相牽制的頭痛問題，到了FM手裏便迎刃而解了。不過，目前就是在AM收音機中也已有了一些折衷辦法，就是把中頻變壓器做成可變通頻帶方式，這辦法簡單來說就是在接收本地強力電台時，將中頻變壓器的通頻帶加寬，使能通過較多的高音頻，這時縱使有外地電台干擾，也會被本地電台的強大電波掩蓋下去；而當接收外地電台時，則將中頻變壓器的通頻帶收窄，以便提高選擇性。這方法雖然還不能徹底解決問題，但也總算解決過半了。

（3）造成失真的原因，喇叭應該負最大的責任。因為它既有頻率失真，又有非直線性失真，而且兩者的失真率都很大，所以喇叭至今仍是Hi Fi系統中最弱的一環。而這一環今天世界各國的喇叭製造廠都在費盡心思設法攻破它。喇叭的設計和製作工藝，近年來也確有了進步，但還不如理想。現在在一般Hi Fi收音機和擴音機中，還只能採用大小口徑不同的高音喇叭組和低音喇叭組來分別照顧較寬的頻率應用範圍。所以如何改進喇叭的質量，應該是今後進一步發展Hi Fi的前提。

（4）除了喇叭之外，輸出變壓器也是個大問題，近年這方面製

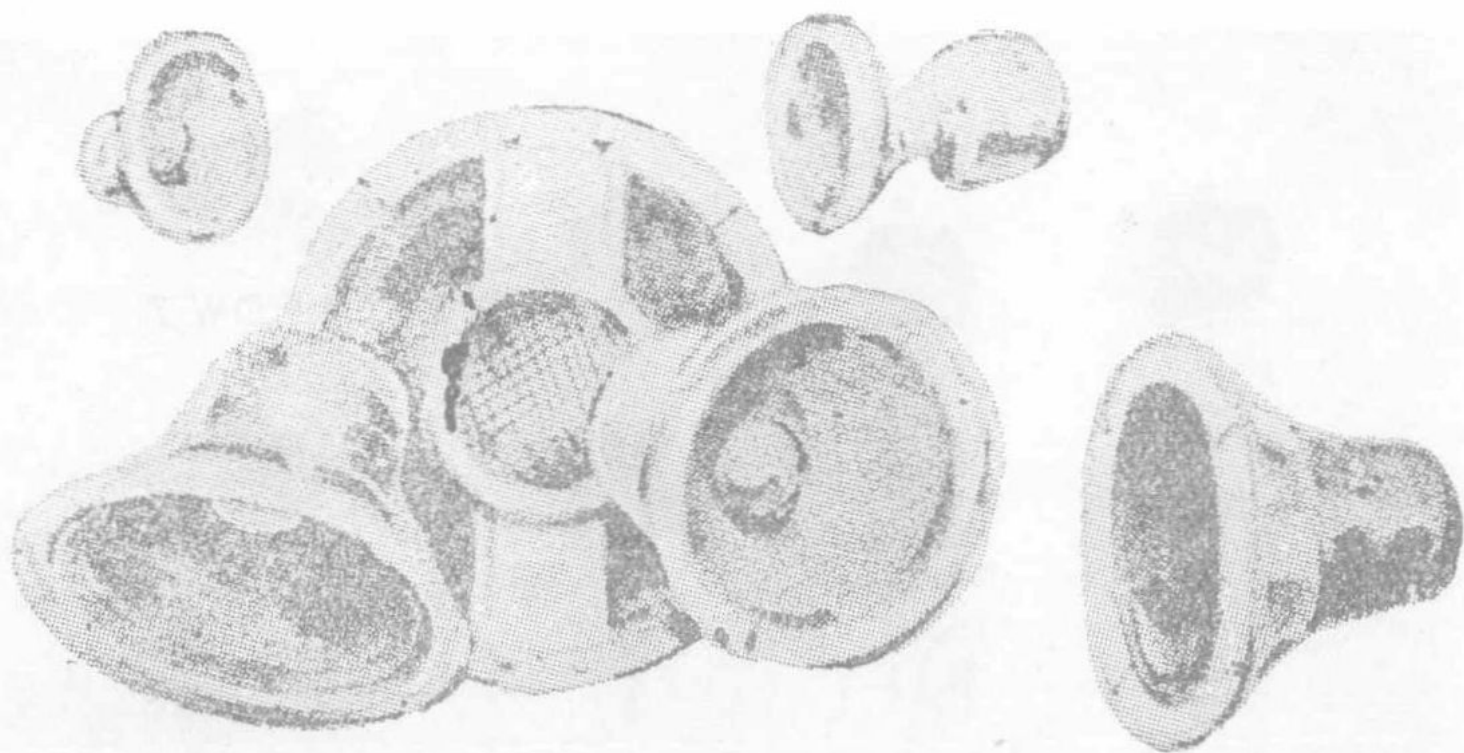


圖 1007 各種 HiF 高低音喇叭

作工藝有所提高，目前市面上已有種種式式的“Hi Fi Output”出售（見圖 1008），這些高級產品在鐵芯冶鍊及繞綫技術上，都頗見功夫，效能也確實比過去的令人滿意得多。但是若要做到一點也不失真，還是不可能的，所以最徹底的辦法就是索性把它廢而不用。最新式的單端推挽式綫路便是採取這一斷然措施，它直接把一個高阻音圈的喇叭連接到輸出管的輸出端，中間並無輸出變壓器。這種綫路設計能夠達到的水準是空前的，所以有人把它譽為“Hi Fi 時代的偉大貢獻”。



圖 1008 HiFi Output



圖 1008 HiFi Output

(5) 真空管也是造成非直線性失真的根源之一，這方面近年來已能較好地予以解決了。目前真空管的生產技術已經到達了一個相當高的水平，許多新型的真空管正逐步地代替了舊式的真空管，而這些新產品有不少是專為 Hi Fi 機而設計的，其特點就是失真率小和雜音小。比如目前一般收音機和擴音機喜歡採用的強放管 6BQ5，