

超外差式收音机原理及装置

房兆濂編譯



科学技術出版社

超外差式收音机原理及裝置

房兆濂 編譯

科学技術出版社

內 容 提 要

本書係根據蘇聯《Радио》雜誌 1954 年 10—11 月號中所刊載的 К. Шульгин: «Как работает супергетеродин», С. Воробьев, В. Коробозкин: «Простой супергетеродин» 及 Д. Марков, С. Дмитриев: «Батарейный супергетеродин» 三篇介紹超外差式收音機的專文編譯的。並對超外差式收音機調準法作了補充。

本書內容共分為三章: 超外差式收音機是怎樣工作的, 簡單超外差式收音機的線路及裝置, 和怎樣調準超外差式收音機。在第一章中, 通俗地敘述了超外差式收音機中各部分的工作。後二章除介紹了超外差式收音機的完整線路外, 並對收音機的裝置、結構和調準等問題作了說明。

超外差式收音機是目前最普遍通用的收音機, 故本書適合一般無線電愛好者閱讀。

超外差式收音机原理及裝置

編 譯 者 房 兆 瀛

*

科 学 技 術 出 版 社 出 版

(上海南京西路 2004 号)

上海市書刊出版業營業許可証出 079 号

科學出版社上海印刷厂印刷 新华書店上海發行所總經售

*

統一書号: 15119·51

(原机電版印 4,000 册)

开本 787×1092 耗 1/32·印張 1 15/16·字數 35,000

1953 年 3 月新 1 版

1953 年 9 月第 6 次印刷·印數 11,531—12,530

定價: (10) 0.26 元

目 錄

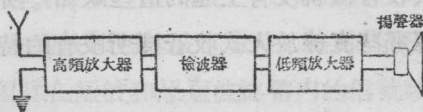
前 言	1
第一章 超外差式收音機是怎樣工作的	3
1. 超外差接收原理	3
2. 變頻	4
3. 超外差接收特點	9
4. 超外差式收音機方框圖	10
5. 共軸調諧	11
6. 實用變頻器線路	13
7. 中頻放大器	15
8. 檢波	20
9. 自動增益控制	23
10. 調諧指示器	28
第二章 超外差式收音機的線路及裝置	31
1. 六管交流超外差式收音機的線路及裝置	31
2. 四管電池超外差式收音機的線路及裝置	40
第三章 怎樣調準超外差式收音機	48
1. 調準儀器	49
2. 中頻變壓器的調準	50
3. 共軸校整	52
4. 不用儀器調準超外差式收音機	55

前 言

目前，超外差式收音機非常流行。無論是廣播收音機或是各種專用收音機，幾乎完全摒棄了直線放大式的接收線路*而採用了超外差式電路。我們現在來談談超外差式收音機究竟有什麼優越性而能將直線放大式收音機排擠掉。

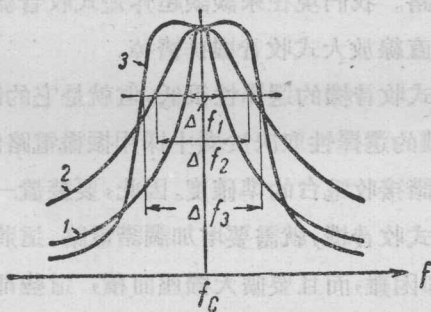
直線放大式收音機的選擇性很低，這就是它的缺點之一。我們知道：收音機的選擇性取決於機中採用振盪電路的多寡、收音機的質量和調諧接收電台的準確度。因此，要裝置一架高度選擇性的直線放大式收音機，就需要增加調諧電路。這將使構造格外複雜，調節尤加困難，而且要擴大機座面積，這些都給予裝置高度選擇性的直線放大式收音機帶來了很多困難。

* 直線放大式收音機——也叫做高放式收音機，這種收音機是將接收的高頻廣播信號，經一二級甚至好幾級高頻放大器，一直將高頻電壓放大到檢波，然後再經檢波器變換成低頻電壓。直線放大式收音機的方框圖如下：



尤其是接收短波波帶的電台，由於直線放大式收音機電路的選擇性隨接收振盪頻率的提高而迅速降低，高放級放大係數隨之減少的原因，使它的缺點格外顯著。因此，使用全波直線放大式收音機接收短波電台時，選擇性不佳，靈敏度也很低。

總之，直線放大式收音機很難同時獲得優良的選擇性和高頻系統的充份廣闊通帶。要使這種收音機的選擇性優良，則它的暢通頻帶愈狹（如圖 1 的曲線 1 及 2），將引起頻率畸變愈大。



〔圖 1〕 收音機頻率特性曲線：

1 及 2 — 高選擇性和低選擇性的直線放大式收音機的頻率特性曲線；3 — 超外差式收音機的頻率特性曲線； Δf — 通暢頻帶。

超外差式收音機就沒有上述的這些缺點，所以超外差式收音機能夠發揮那些直線放大式收音機所沒有的特長。

第一章

超外差式收音機是怎樣工作的

1. 超外差接收原理

超外差式收音機所不同於直線放大式收音機的，就是直線放大式將接收的信號頻率一直放大到檢波級，而超外差式則預先將每一接收的信號頻率變換成為本機固有的高頻，即所謂中頻。經中頻放大後，再輸至檢波級；而且中頻放大級是超外差式收音機的主要增益部分。此外，因中頻放大器調諧在固定中頻上，故具有諧振性質，能保證收音機的選擇性相當優良。超外差式收音機的中頻放大器之後，猶如直線放大式的高放級之後一樣，需要檢波級和低頻放大級。

超外差式收音機接收任何電台的頻率，皆使它變成同一中頻，而使它通過固定調諧電路的中頻放大器。這樣，即使收音機內裝置好多級中頻放大器，也不很複雜，並且具有 Π 形諧振特性曲線（如圖 1 的曲線 β ）。這就是說：具有高度選擇性，也不會引起頻率畸變。

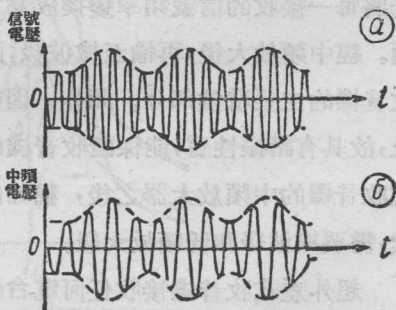
尤其是接收短波和超短波電台時，格外感覺到超外差式收音機的優點。因為在短波和超短波波帶內的信號頻率，要比中頻

高好多倍，所以一級中頻放大的增益和靈敏度，要超過高頻放大器放大短波或超短波信號的靈敏度和選擇性若干倍。又由於超外差式收音機增益充足，所以機內能裝置許多不同的自動控制。

2. 變 頻

變頻器的功用，就是把外面傳來的已調高頻電壓轉變為中頻電壓；中頻並不改變外來高頻的波形和調制特性。例如，高頻的信號電壓是用振幅調制的，則變換後的電壓也是用振幅調制，而且為了不使揚聲器發出的聲音帶有非直線性畸變，必須使變頻器輸出電壓的包跡曲線波形，恰巧和輸入信號的包跡曲線波形相符合（圖 2）。

頻率變換是藉收音機混頻級的混頻方法，將輸入的已調電波和本機產生的另一固定振幅電波發生拍頻，而變成中頻。

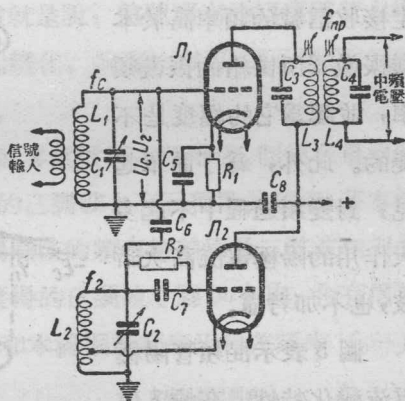


〔圖 2〕 a—變頻器輸入端的信號電壓；
b—變頻後的信號電壓。

變頻器的線路如圖 3 所示。電子管 $\mathcal{A}_2$ 用作本機振盪器，它是一只小功率電子管振盪器，產生高頻振盪 (f_1)；高頻振盪經電容器 C_0 輸至電子管 $\mathcal{A}_1$ 的柵極上。電子管 $\mathcal{A}_1$ 用作混頻器，同時將輸入的信號電壓也加在它的柵極上。因此，輸至混頻管 $\mathcal{A}_1$ 的

柵極上有兩種高頻電壓：

取自調諧在接收電台頻率上的諧振電路 L_1C_1 的輸入信號電壓 U_c ，和本機振盪器所產生的電壓 U_o 。在電阻器 R_1 上形成的電壓作為混頻管的柵偏壓，可見 R_1 的阻值大小和供給混頻管柵偏壓值有關。選擇 R_1 的阻值，能使陽極特



〔圖 3〕 變頻器線路

性曲線的工作點位於下面彎曲處，使混頻管工作在陽極檢波狀態（所以超外差式變頻器通常又叫做第一級檢波級）。

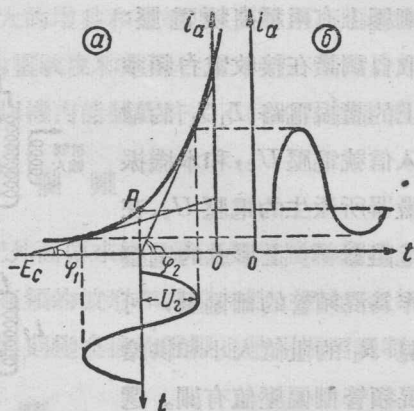
由於選擇電子管 111 特性曲線工作點的位置，所以在工作過程中，它的跨導*將隨柵偏壓增減而變動。當沒有接收信號輸入時，柵偏壓只隨着本機振盪器所產生的振盪頻率而變動。又由於電子管 111 特性曲線的跨導隨柵偏壓降低而增加、隨柵偏壓增高而減少，所以 111 特性曲線的跨導也隨着本機振盪頻率而變動（圖 4）。

現在，我們再來看看：當信號電壓和本機振盪電壓同時加至混頻管 111 柵極上，又會產生怎樣的情況？我們為了便於說明，假

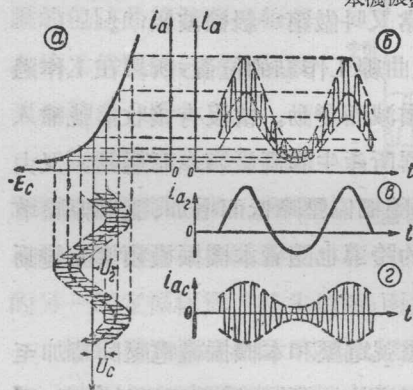
* 跨導的意義，即是當陽極電壓不變時，柵偏壓變動一伏而引起陽極電流變動幾毫安的參數。

定接收信號的頻率高於本機振盪器所供給的振盪頻率，並認為它的幅度是不變的。此外，為了簡單起見，對變頻過程中不起多大作用的陽極電流高次諧波，也不加考慮。

圖 5 表示混頻管陽極電流變化特性。在輸入信號電壓 U_c 影響下，從本機振盪器輸入電壓 U_i 為正



〔圖 4〕 α —電子管陽極特性曲線，特性曲線的跨導是用曲線的切線與依柵偏壓為轉移的垂直軸之間的角度 φ 來鑑定的； δ —依本機振盪器的輸出電壓為轉移的陽極電流。



〔圖 5〕 說明變頻過程的圖解： α —電子管陽極特性曲線； δ —隨 U_c 和 U_i 而變化的陽極電流； ϵ —陽極電流的本機振盪頻率成分； ζ —陽極電流的信號頻率成分。

半週時，所獲得的混有信號頻率的陽極電流交流成分幅度，要比本機振盪器輸入的電壓負半週時來得大（圖 5 δ ）。此外，又由於變頻管特性曲線的跨導是隨着 U_i 而起變化的，因此，當本機振盪電壓正半週時，信號頻率的交流成分幅度隨 U_i 而增長，在負

半週時，隨着 U_i 而減少。這就是說，信號頻率的幅度隨着本機振盪器輸出的頻率幅度而起變化。這樣一來，在電子管 A_1 的陽極上，就出現了中頻已調波。

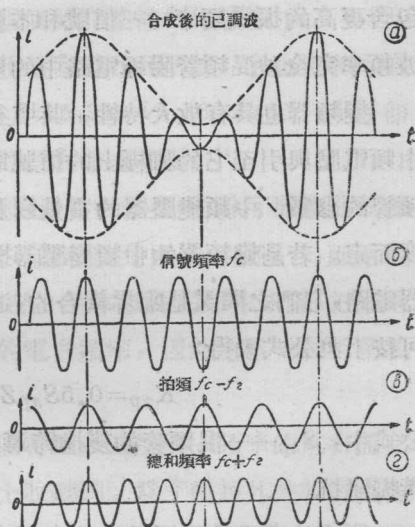
已調波是複雜的，它由許多電波頻率所形成。即使在最簡單的場合下，調制成一種頻率的已調波也有三種電波頻率：基本波（載波）頻率、基本波與調制波的頻率相差的及二電波相加的頻率。由此可知，我們所獲得的已調波（圖 6a）內，含有信號頻率（圖 6b）、信號頻率和本機振盪頻率的相差頻率 $f_c - f_i$ （圖 6c），以及信號頻率

和本機振盪頻率相加的頻率 $f_c + f_i$ （圖 6d）。

如果輸入信號為已調波，那末被這些頻率所形成的，也是已調波。

從所取得的許多高頻振盪中，只有拍頻 $f_c - f_i$ 是有用的，因為相加的頻率總是比信號頻率高，若是利用它就不會獲得良好的結果。拍頻振盪就從調諧在拍頻上的變壓器 C_3

$L_3 C_4 L_4$ （圖 3）輸至中



【圖 6】一種已調波的頻率是由三種電波頻率合成：信號基本波即信號頻率 f_c ，基本波和調制波的相差頻率 $f_c - f_i$ 即拍頻，及它們相加的頻率即總和頻率 $f_c + f_i$ 。

頻放大管。

這樣一來，混頻管輸入上饋給一種頻率電壓，而輸出電壓又是另一種頻率，這就是輸入信號的變頻。在本機振盪器輸出電壓的影響下，混頻管的跨導作週期性變化，這是變頻的必需條件。應當指出：頻率 f_i 可能比輸入信號頻率高，也可能比它低，但是它們之間的差額，必須等於所規定的中頻。

我們在研究變頻過程中，只講到基本振盪頻率。但是，因變頻管的陽極特性曲線是非直線性的，所以除了上述頻率以外，還包含更高的振盪頻率——信號和本機振盪的諧波頻率。這些諧波頻率完全被混頻管陽極電路中的變壓器所濾清。

變頻器也具有放大特性，其增益倍數取決於混頻管輸出的中頻電壓與引至它的柵極上的信號電壓之比。增益大小要看混頻管的參數、中頻變壓器的質量以及本機振盪器輸出電壓的幅度而定。若是變頻器的中頻變壓器採用雙諧振電路的通帶濾波器電路，它們之間又是臨界耦合的，這樣變頻器的放大係數 K_{np} 可按下列公式求得：

$$K_{np} = 0.5 S_{np} Z$$

公式中， S_{np} ——混頻管的變換跨導， Z ——通帶濾波器電路的諧振阻抗。

變換跨導乃是陽極電流的中頻成分的增量 ΔI_{np} 與信號電壓增量 ΔU_c 之比。對變頻管來說，跨導不是精確肯定的，而是要看變頻管的工作狀態，尤其是依本機振盪器所供給的振盪頻率

幅度而定。當這些電波為一定幅度時， S_{np} 達到最大值。 S_{np} 的最大值通常可從混頻管或變頻管的特性常數表中查出。

3. 超外差接收特點

超外差式收音機收聽廣播，有時可能帶來某些干擾，這是超外差式收音機的第一特點。假定收音機的中頻為 460 千週，接收廣播電台的頻率 $f_c = 5,000$ 千週，則本機振盪頻率須選擇比輸入信號頻率高些，即 $f_i = 5,000 + 460 = 5,460$ 千週。現在，我們除了所要接收的電台以外，假使另有某電台的頻率 $f_n = 5,920$ 千週，則不難想像，即使不接收這家電台的信號，它也會和本機振盪頻率一同構成拍頻 $f_n - f_i = 5,920 - 5,460 = 460$ 千週，即為中頻 f_{np} ，而給所要收聽的電台帶來干擾。

這樣，調諧超外差式收音機於某一波長上，除了所希望收聽的電台以外，在同一標度上還可能收聽到另外一家電台，而兩電台的頻率相差，即為中頻的二倍。對本機振盪頻率來說，這家電台的頻率對稱於所希望收聽的電台頻率，因此通常叫做對稱頻率，或稱為像頻。

超外差式收音機的第二個特點，乃是同一頻率的電台能在標度盤上的兩個不同的標度上收聽到。為了使超外差收音機從一種波長轉換到另一種波長時能隨時產生同一中頻，就必須變動本機振盪器所產生的振盪頻率，使它和收音機標度盤上的指針所指出的頻率之間的拍頻始終保持不變。假使再拿上面的例

子來說，當收音機收聽的電台頻率 $f_c = 3,460$ 千週，這時 $f_i = 3,460 + 460 = 3,920$ 千週。若收音機調諧在另一頻率 $f_s = 2,540$ 千週上，這時 $f_i = 2,540 + 460 = 3,000$ 千週，而與起先所收聽的電台頻率仍相差 460 千週，所不同的只在於現在本機振盪頻率比信號頻率低。可是，和第一次調諧一樣，所形成的中頻也是 460 千週。因此又能收聽到原先所收聽的電台。就是說，收音機調諧在所收聽的電台頻率 3,460 千週上，或者調諧在 2,540 千週上，都可以收聽到同一頻率的電台。前一種調諧叫做基本調諧，後一種通常叫做像頻調諧。

除了像頻以外，與中頻相等或隣近中頻的本地電台或遠地強力電台，也能產生干擾。這是由於收音機內所產生的中頻與中頻相等的電台信號頻率間的差拍，沒有經過變頻而潛入中頻放大級，從而發生嘯聲，以致干擾收音。

4. 超外差式收音機方框圖

要消除上述各種干擾，必須將混頻管控制柵上的干擾電壓值降至最低限度。要達到這一目的，就要在超外差式收音機中設置所謂預選器（前置選擇器）的輸入裝置。通常它是一只諧振電路，或是調諧在接收電台頻率上的耦合諧振電路裝置。此外，在收音機中增加一級或幾級有調諧電路的高頻放大器，也可消除這些干擾。

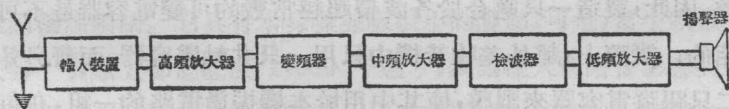
在收音機輸入處，如果裝上調諧於中頻上的濾波器，能夠消

除鄰近電台的干擾。

除像頻調諧以外，可將預選器或高頻放大級的調諧電路旋鈕和本機振盪頻率的控制旋鈕聯合在一起。在這種情況下，雖然仍有像頻調諧存在，但由於收音機已有了輸入裝置，也不致收聽到干擾的信號。

由於超外差收音機主要增益是由中頻放大器來完成的緣故，所以在這種收音機中不需要設置高頻放大器。可是也並不完全是這樣。因變頻器產生的噪聲級比遠地電台的信號級還大，要把信號級提高到變頻器本身噪聲級以上，必須增加收音機的有效靈敏度，因此超外差式收音機中最好設置一二級高頻放大器。

由此可見，高靈敏度的超外差式收音機應當包含有輸入裝置、高頻放大器、變頻器、中頻放大器、檢波器和低頻放大器（圖7）。此外，超外差式收音機中通常還用光調諧指示器，以及完成自動增益控制的裝置。



〔圖7〕 超外差式收音機方框圖

靈敏度不需要過高的超外差式收音機，可以不必裝置高頻放大級。

5. 共轭調諧

正由於超外差式收音機的本機振盪頻率與輸入諧振電路及

高頻放大器諧振電路的頻率具有一定的差數，即等於中頻，因此上述電路與本機振盪電路調諧在不同的頻率上，各有不同的頻率超越常數。例如，收音機的工作波帶是150—420千週（長波*），中頻 $f_{np} = 460$ 千週，則本機振盪電路應該調諧在610—880千週上。因為中頻必須大於長波波帶上任何頻率，所以選擇該波帶的本機振盪頻率決不能低於信號頻率。由此可見，輸入諧振電路的超越常數是：

$$K_{ex} = \frac{f_{max}}{f_{min}} = 420:150 = 2.8$$

而本機振盪電路的超越常數是： $K_1 = 880:610 = 1.45$ ，就是說，比輸入諧振電路的超越常數小得多。因此，在信號頻率諧振電路內的調諧電容器的電容量超越常數和本機振盪電路中的，也應當不同。

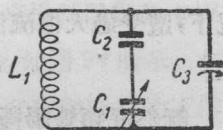
而且收音機各波帶的本機振盪電路的頻率超越常數也不一致。因此，製造一只適合於各波帶超越常數的可變電容器是不可能的。實際上，超外差收音機中只用一只共軸電容器，而藉另外二只跟蹤電容器來調整，使其中用於本機振盪電路的一組，在每

* 通常將無線電波波譜分成幾個具有不同特性的波帶：①長波——佔據波帶自30,000米至3,000米，即10千週至100千週；②中波——佔據波帶自3,000米至200米，即100千週至1,500千週；③中短波——佔據波帶自200米至50米，即1,500千週至6,000千週；④短波——佔據波帶自50米至10米，即6,000千週至30,000千週；⑤超短波——佔據10米以下的波帶，通常又將它劃分為米波、分米波、厘米波及毫米波。

一波帶上，都能被縮小到所要求的超越常數，這種跟蹤電容器的接法如圖 8。

電容器 C_2 和共軸可變電容器 C_1 串聯，減少調諧電路的最大電容量，而電容器 C_3 增加它的起初電容量。因此，減少

了調諧電路的頻率超越。這種方法就是點跟蹤，每一波帶上有三點——起點、中點和終點。換句話說，每一波帶在這三點上產生本機振盪頻率與調諧在信號頻率上的電路諧振頻率之間所需要的差數。至於其餘各點跟蹤不準確程度也不會過大，這樣可使整個波帶範圍內的靈敏度和選擇性保持相同。



〔圖 8〕 共軸電容器
用在本機振盪電路一
組的接線圖

6. 實用變頻器線路

圖 9a 表示以上所敘述的變頻器的實用線路。因為信號電壓和本機振盪電壓加至電子管的同一柵極上，所以這種變頻器叫做同柵注頻法。它具有本身噪聲級很小的優點。可是，當中頻很低時（實際上都是低於 1,000 千週），調諧輸入電路會影響到本機振盪器所發生的振盪頻率，以致發現牽引效應*。這種效應能使收音機工作不穩定。由於這個緣故，這種變頻線路只能用在中頻很高的短波收音機裏。電阻器 R_1 和電容器 C_3 的功用，是防止混頻管在本機振盪器輸出電壓的幅度大於偏壓的幅度情

* 牽引效應——當信號輸入時，影響到本機振盪器，使它發生的振盪頻率起了變化，這種效應叫做牽引效應。