

苏联
无线电丛书

〔苏联〕Г. А. 斯尼采烈夫著 俞明译

超外差式收音机调整法

上海科学技术出版社

苏联业余无线电丛书

超外差式收音机调整法

〔苏联〕Г. А. 斯尼采烈夫著

俞 明 译

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书是苏联业余无线电丛书之一，主要供初次着手于調整超外差式收音机的无线电业余者参考之用。

本书首先叙述超外差式收音机的結構和工作原理，包括各部分的线路和总的线路。然后，介绍了应用一些简单的测试仪器来調整超外差式收音机的方法，而这些方法都是切实可行的。

НАЛАЖИВАНИЕ СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО РАДИОПРІЁМНИКА

Г. А. Спирцев

Связьиздат, 1952

超 外 差 式 收 音 机 調 整 法

俞 明 譯

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)
上海市书刊出版业营业许可证出 093 号

上海市印刷六厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/32 印张 2 12/32 排印字数 45,000
(原交流、科技版共印 27,500 册 1954 年 5 月第 1 版)
1958 年 12 月第 1 版 1964 年 8 月第 8 次印刷
印数 77,001—92,000

統一書號 15119·269 定價(科四) 0.26 元

原 序

隨着我國國民經濟的增長及勞動人民生活的提高，工廠中正在生產出愈來愈多的品質優良的無線電收音機及電視機供給人民需用。現今在使用中的無線電收音機為數已達數百萬架，且還在繼續不斷地增加起來。在頗大的程度上促進這種發展的，是積極地從事於設計和裝置收音機和積極地參加着城鄉無線電化工作的無線電業餘者*。

無線電業餘家一般的創造路線是從裝配礮石機或直接放大式收音機開始，進一步就是裝製和調整超外差式收音機。

這本小冊子主要是供初次着手於調整超外差式收音機的無線電業餘者參考之用。本書開頭敘述超外差式收音機內的各級結構，如果對這些沒有一個清楚的理解，無論機器裝得怎樣好，也不可能調整好收音機。其後介紹了應用一些測試儀器來調整超外差式收音機的方法，這些儀器是初學的無線電業餘家力能製造的。

* 編者註：原文係[無線電愛好者]，唯在我國通稱無線電業餘者，本書為了適應習慣，統用[無線電業餘者]。

目 錄

原序	1
第一章 超外差式收音機是怎樣工作的	1
超外差接收法的原理	1
超外差式收音機對接收頻率的調諧方法	3
像頻干擾	8
調諧電路的同步	10
第二章 超外差式收音機的部份線路和總線路	14
變頻器	14
中頻放大器	22
檢波器及自動音量控制	25
音頻放大器	33
超外差式收音機的全部線路	34
第三章 超外差式收音機的調整方法	37
調整收音機所需要的測量儀器	37
調整收音機時的工作步驟	42
檢查裝接情況	43
檢查電源部份及各真空管的工作情況	44
調整音頻放大級	56
檢查檢波級	60
調整中頻放大級	60
調整混頻器和本地振盪器	64
調諧電路的整步	70

第 一 章

超外差式收音機是怎樣工作的

超外差接收法的原理

在收到無線電台發出的訊號時，能把它變為某一個固定頻率(叫做中間頻率)的收音機稱為超外差式收音機。進行了變頻作用之後，中頻波的調幅和所接收的訊號相同。

由於變頻的結果，所得到的中頻調幅波經過放大，然後再藉檢波而分出音頻波。音頻經普通的放大之後，就送到揚聲器上。

這樣看來，超外差式收音機的特點是：它的音頻波不是直接從接收訊號中分出來（不像直接放大式收音機那樣），而是從跟接收訊號頻率無關的、經變頻所得的固定中頻中得到的。因此，如在超外差機中選定 460 千週為中頻，則所有電台的訊號均將變成這個頻率，並將這 460 千週的中頻檢波後而得到音頻波。

超外差接收法的原理說明如圖 1 所示。

變頻過程的實質，就是將收到的訊號與收音機內本地振盪器所產生的、跟訊號頻率不同的另一個頻率混合起來。這兩個頻率不同的電波在一個專門的變頻管內互相作用，而產

生出新的頻率。

中頻波可以用調諧於本地振盪頻率與接收頻率的差頻上的調諧電路來分隔出來。例如，當接收頻率是 600 千週，本地振盪頻率是 1000 千週時，所得的中頻是 $1000 - 600 = 400$ 千週，故分隔中頻的電路這時應該調諧於 400 千週。

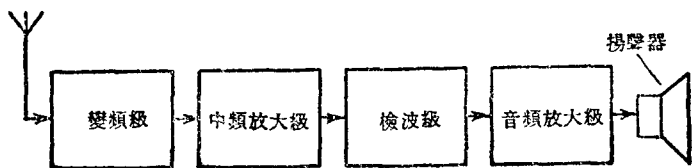


圖1 外差接收原理的說明簡圖。

適當地選定一個本地振盪頻率，總能改變任一接收頻率到固定的中頻。明顯得很，本地振盪頻率應該調節到使它與接收頻率的差頻等於選定的中頻。因此，振盪頻率往往是比接收頻率高一個中頻或低一個中頻。假如要將接收頻率 600、800 及 1000 千週變為 450 千週的中頻，則將振盪頻率調節得比接收頻率高或低 450 千週時，就能得到 450 千週的中頻。如將振盪頻率調節得高於接收頻率，則對 600 千週的頻率而言，振盪頻率應調節到 $600 + 450 = 1050$ 千週，同時對於 800 及 1000 千週則各為 1250 及 1450 千週。在取振盪頻率低於接收頻率時，對接收 600 千週說，振盪頻率應等於 $600 - 450 = 150$ 千週，對 800 及 1000 千週則各為 350 及 550 千週。振盪頻率選取比接收頻率高或低，在原則上並無區別，但實際應用

上一般均採取高於接收頻率的辦法。

超外差式收音機對接收頻率的調諧方法

超外差式收音機的線路中將接收頻率變為中頻的這部份稱為頻率變換器或簡稱變頻器。變頻器包括混合接收頻率及本地振盪頻率的混頻器、本地振盪器及分出中頻的電路（如圖

2）。這個被叫做中頻變壓器*的電路固定調諧於收音機所採用的中頻上。在這種情形下，外差式收音機調節接收頻率的過程，是在於調節到一個能與接收頻率合成一個中頻的本地振

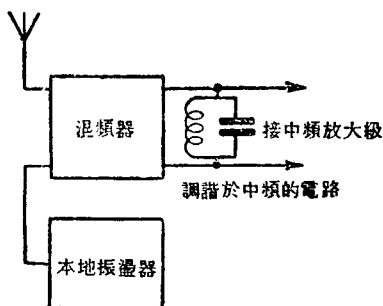


圖2 變頻器簡圖。

盪頻率。為此，振盪頻率應比接收頻率總是高或低一個中頻的數值。如果有一個電台發出一個與本地振盪頻率恰巧相差一個中頻的訊號，這訊號就能變成中頻，而其他電台的訊號與振盪頻率混合後所產生的中頻，則與機中選定的中頻不等，由於中頻變壓器是調諧於固定的中頻，因此其他差頻或被完全濾去，或減得很弱。例如在變頻器輸入端同時接收到三個頻

* 編者註：「中頻變壓器」在本書中，照文字直譯應是「中頻濾波器」。為了適合我國習慣，本書統稱中頻變壓器。

率為 700、800 和 900 千週的訊號，當本地振盪器調諧於 1250 千週時，800 千週的訊號就變為 450 千週的中頻，其餘兩電台的訊號則各變為 550 千週及 350 千週的差頻，這時因中頻變壓器調諧於 450 千週，就只能通過 800 千週電台的那個訊號了。

音頻一般是將射頻調幅波用檢波器來檢波的。爲了在檢波過程中不產生失真，故送到檢波器的射頻調幅波要相當大（大約是 1—2 伏特）。

爲了使檢波器在接收微弱訊號時也能獲得這樣的電壓，也就是要使收音機靈敏，必須將接收的訊號加以放大。

大家都知道，頻率愈高愈難放大，因此在直接把接收頻率放大的收音機（直接放大式收音機）中，接收波段的短波部分（就是高射頻端）的靈敏度要比長波部分來得低些。

在超外差式收音機中，高射頻和低射頻的接收訊號都同樣變為不太高的中頻（通常是 450—470 千週，亦有用 110 千週的），於是它的放大就不太困難了。

因此，超外差式收音機對於整個接收波段都具有較高而均勻的靈敏度。

超外差式收音機除了有較高的靈敏度外，由於變頻的工作原理，它還具有較高的選擇性。

爲了取得較高的選擇性，送到檢波級的訊號應當只有一個要由此分出音頻的調幅波。

在超外差式收音機中，是把放大過的中頻進行檢波。爲

了提高選擇性，必需將經過變頻的需要接收電台訊號（即中頻訊號）由中頻放大級放得很大，而其他電台經變頻後的訊號則不加放大或放大得很少。舉例說明如下：如超外差式收音機的中頻定為 465 千週，進行接收一個 700 千週的電台，同時另有其他的 710 及 690 千週的電台在工作。當本地振盪器調諧於 $700 + 465 = 1165$ 千週時，則這個 700 千週的訊號就被變為 465 千週的中頻，經過中頻放大後再送到檢波級去。

其他電台發出的 690 及 710 千週的訊號，與本地振盪頻率混頻後得到的差頻，分別是 $1165 - 690 = 475$ 千週，和 $1165 - 710 = 455$ 千週。

如中頻變壓器電路不能把 465 千週與 455 及 475 千週分開，則這三個訊號將都送到檢波級，結果將同時聽到三個電台的聲音。因此為使只聽到所需要的電台，中頻放大級只應當很好地放大 465 千週的訊號。

換言之，超外差式收音機的選擇性就是它的中放級能從其他接收訊號中分出所需訊號的能力，也就是中放級的選擇能力。

為了保證所需要的選擇性，每一中放級各須接入調諧在中頻的中頻變壓器。

為了產生良好而無頻率失真的接收波形，放大級除應放大規定的中頻外，尚應很好地放大中頻兩側各約 4000 週的頻帶（如圖3）。因此中放級應放大整個一段波帶，故此中頻變壓

器也應該能通過不止一個中頻，而是一段頻帶。彼此耦合的電路具有能通過整段頻帶的性能。因此超外差式收音機中常應用的中頻變壓器，是由兩個調諧於中頻的耦合電路所組成的。這樣的中頻變壓器電路稱為帶通濾波器，採用得最普遍的是用電感耦合的濾波電路。

這種中頻變壓器一次調諧於中頻上後，就不再變動了。

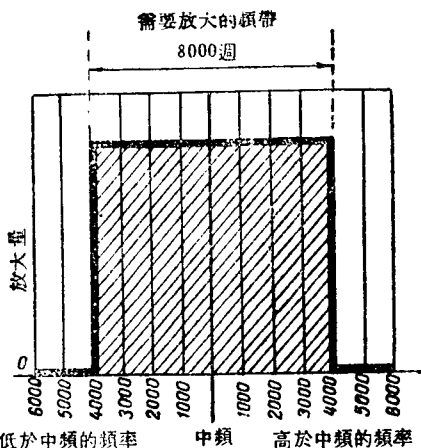


圖3 中頻放大器所應放大的頻帶。圖上的是一種理想情況，即凡是高於或低於中頻 4000 週的頻率，一些也不放大，而距中週兩側 4000 週以內的頻率應當有同樣的放大量。

應當指出，在接收訊號高於中頻的波段部分，超外差式收音機所以能有較高的選擇性，不但是由於帶通濾波器的存在，而且也因為它所放大的頻率比接收訊號為低。舉例說明之，如需要接收的電台是 5000 千週，同時有另一個 5050 千週的

電台在工作；這樣一來，干擾訊號與接收訊號只差 50 千週或 1%。這兩個頻率如用調諧電路（像直接放大式收音機中所用的）來分隔開來是很困難的，因為這裏必須要求調諧電路有很高的品質。但超外差式收音機接收 5000 千週訊號時，如中頻定為 500 千週，本地振盪器這時就調諧於 $5000 + 500 = 5500$ 千週，而干擾訊號在變頻後則是 $5500 - 5050 = 450$ 千週。在中放級放大時，因為差頻的比率已非 1% 而是 10%，故 450 千週的干擾訊號就能被濾掉。

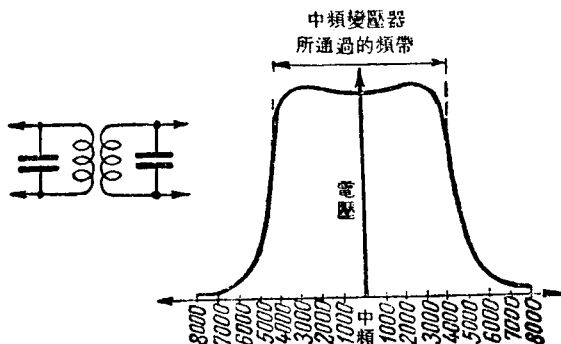


圖4 電感耦合的帶通濾波電路的線路圖及其頻率特性曲線。

如中頻選得愈比接收頻率低，則選擇性愈高。例如接收訊號是 20 兆週，而干擾訊號是 20.1 兆週時，差頻的比率將只有 0.5%，唯用 500 千週中頻變頻時，差頻的比率高達 100%。這種超外差式收音機所特有的性質，尤其因為在短波段要分開接收訊號與干擾訊號的不容易，而顯得特別重要了。

所需的外差頻率是調整振盪電路而得到的。因此超外差式收音機的調諧，就是由調整本地振盪器的電路來決定的。圖5所示振盪器的調節電路是唯一的調節電路，其餘的電路只要一次調節到中頻之後，就不必再在調諧過程中調整了。但是即使像圖5那樣的收音機，它的工作仍是不能令人滿意的。

像 頻 干 擾

通常在超外差式收音機中，也採用調節接收訊號的調諧電路，它的主要目的是在於抑制產生所謂「像頻干擾」的訊號。

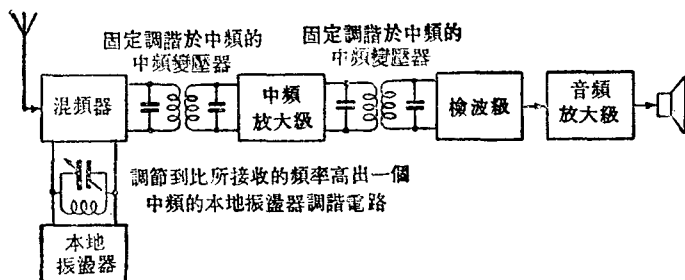


圖5 超外差式收音機的簡圖。

所謂像頻干擾，我們可用例子來說明它。假定收音機的中頻是 110 千週，而接收訊號是 1000 千週，則本地振盪器這時應調諧於 1110 千週。這時可能還有另一個 1220 千週的電台在工作。這訊號輸入到收音機的變頻器上，經變頻而得到 $1220 - 1110 = 110$ 千週的差頻。這差頻也等於中頻，因此將

被中頻放大級放大。結果同時便能聽到兩個電台的播音：即所需的訊號及高於所需訊號兩倍中頻值的訊號，因為接收訊號與干擾訊號經常是在本地振盪頻率的兩旁對稱地分佈着，故這種干擾稱為像頻干擾或對稱干擾。

為使只接收所需電台的訊號，必需設法減弱產生像頻干擾的訊號。這一步工作須得在變頻之前做，因為干擾電台的訊號就是在變頻之後混入中頻的。因此在收音機的輸入端必須接上一個調節到所需訊號的電路，用它來分隔接收訊號及減弱包括產生像頻干擾在內的其他電台的訊號。加上這個電路後，不但可以抑制像頻干擾，而且還能增加一些靈敏度和選擇性。

有時收音機的輸入端不只接一個調節電路，而是接上一個用以分隔接收頻率及減弱干擾頻率的整個一部分電路。例如在複雜的收音機中，就有射頻放大級。由於加入了射頻放大級，調節電路的個數是增多了，抑制干擾的效能也能提高。

如上所述，較低的中頻利於得到較高的靈敏度及選擇性。通常選擇 450—470 千週為中頻，這對於各方面都比較適宜。這中頻可以在較長的波段內完全免除像頻干擾，而在短波段則抑制干擾的效用較小。在簡單的收音機中，中頻常採用 110—120 千週，它能保證有好的靈敏度及選擇性，但不能保證充分地抑制像頻干擾。

調諧電路的同步

圖6所示是具有輸入電路的超外差式收音機簡圖。在這收音機中要調節兩個電路：輸入電路和振盪電路。輸入電路應調諧於接收訊號的頻率，振盪電路則同時應調諧於比接收訊號高一個規定中頻值的頻率。

爲了便於使用，輸入電路與振盪電路用同軸電容器來統一調諧。當旋軸轉到任一角度時，振盪電路與輸入電路的差頻，都應該一直等於規定的中頻值。換句話說，輸入電路與振盪電路是應當同步的。

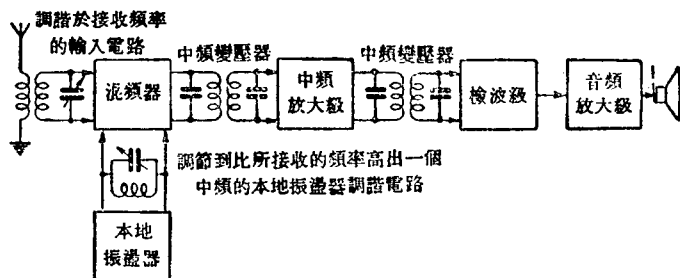


圖6 具有輸入電路的超外差式收音機簡圖。

圖7的圖表表示在長波收音機採用110千週中頻時的電路同步曲線。轉動多聯電容器的旋軸從0到180°就能包括整個波段。電容量在0點位置時是最大。這時輸入電路應調諧於本波段的最低頻率150千週。要接收上面所說的訊號，振盪電路應當調節到高於它110千週，亦即調節到 $150 + 110 = 260$ 千週。旋軸轉到任一角度時，振盪頻率總應該比輸入電

路調諧到的頻率高 110 千週。

圖中的虛線表示不正確的同步曲線，這時各調諧電路的頻率的差額是隨旋軸旋轉角度的不同而變的。

在這時，收音機只能用來收聽 150 千週的電台，因為僅在電容器軸是在零的位置時，它的兩個諧振電路的差頻才是選定的 110 千週的中頻。

在其他任何位置時，差頻均大於 110 千週。如

果在這種同步曲線的情況下，要想接收一個比方是 300 千週的電台，則振盪電路應調節到 $300 + 110 = 410$ 千週，故電容器的軸應當轉到 60° 。但這時輸入電路却諧振在 240 千週，而不是 300 千週，於是非但不能分隔出 300 千週，而且反而減弱它，結果不能接收這個訊號。當旋軸轉到 100° 時，輸入電路諧振在 300 千週，而能將它分隔出來，但振盪電路將諧振在 500 千週。因此接收訊號經變頻後，將要得到 $500 - 300 = 200$ 千週的差頻，由於收音機的中頻變壓器是調諧在 110 千週的，但接收訊號却變頻為 200 千週而通不過去。因之，在上述情況下也就不能收音了。

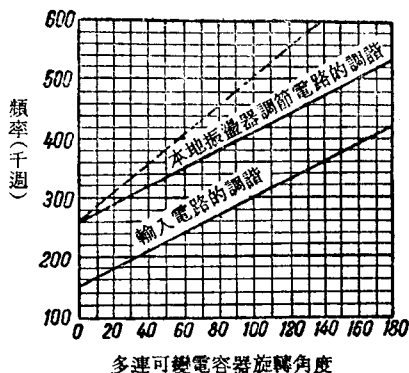


圖7 長波段中頻是 110 千週時的同步曲線。虛線表示同步不正確的情形。

根據上面的例子，可見調諧電路的同步是何等重要了。

超外差式收音機的調諧部分的特點，就是輸入電路與振盪電路須經常調整在彼此不同的頻率，因此須各包括不同的頻帶。例如在長波波段（150—420 千週），輸入電路的頻率比是 $\frac{420}{150} = 2.8$ ，但振盪電路的頻率比，在中頻用 110 千週時，則是 $\frac{420 + 110}{150 + 110} = 2.03$ ，也就是小於輸入電路。

超外差式收音機中用作同步調節的同軸電容器，在構造上是完全相同的，亦就是電容器的電容量及片子的形狀都是一樣的。要使用同樣的可變電容器而能得到所需的頻率比，在振盪電路中常接入附加電容器（如圖 8 的 C_3 及 C_4 ）。不

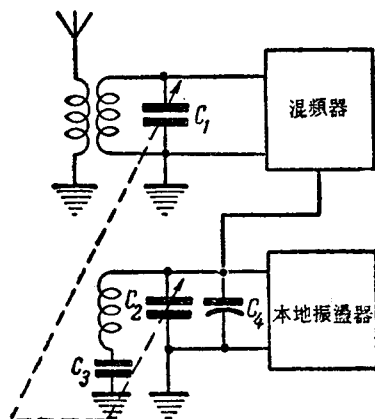


圖8 輸入電路與振盪電路的同軸調諧，爲了取得所需的頻率比，在振盪電路中接入了墊整電容器 C_3 及補償電容器 C_4 。