

超外差收音机的跟踪和统调

引言：不可不知的几个前提

一、跟踪和统调是什么？

我们拿到一台收音机，能收到强台信号，就是灵敏度低，原因在哪里？

超外差收音机，收到强台信号就说明机器的正常工作状态基本具备：电源电压正常，静态电流正常，本级振荡能起振，中频回路大体正常了。

这样的机器，往往是跟踪统调失谐，电路没有工作在最佳状态，没有发挥出电路的能力，绝大多数经过调整就能大幅度提高它的灵敏度，而调整的内容就是：调整中频、跟踪和统调。

调整中频到设计值是做好跟踪和统调的前提。调整比较简单，也不是本文的重点。

二、超外差收音机的精髓

超外差收音机的精髓是----中频放大器，如此设计的原因有是：放大单一频率(确切说是较小范围频率)的放大器，可以设计成高增益的，反之，要想放大较宽范围频率的信号，增益一定比单一频率的低得多。这是由于任何一个放大器件，其增益-----带宽的乘积是确定值决定的。

这种现象的原因是有两个：

- 1、放大器在最佳的输入、输出阻抗时，能有较高增益。
- 2、信号在前后级之间传递，同样是阻抗匹配时才能达到设计的传输效率。

但问题在于，不论是电感线圈、电容器和电阻器的单个器件还是组合回路，他们在不同的频率下，呈现的阻抗会有较大的差别，LC 回路的谐振阻抗可能比非谐振状态相差几十上百倍。

所以，直接放大的收音机，检波之前的高频放大部分总是不能兼顾接收频段的高低端。一般地，频段低端增益合适，高端已经自激；调整到高端合适，低端又放大不足。多级高频放大时，总增益是各级增益的乘积，这个问题更加突出到不可调和的地步(比如，单级放大，电压增益高端是 36 倍，低端是 24 倍，相差 1.5 倍，如果三级相同的放大器，高端是 $36*36*36=46656$ 倍，低端是 $24*24*24=13824$ 倍，总增益相差 $46656/13824=3.375$ 倍)。

三、频率转换，变频或者混频

为了解决上述问题，1918 年，阿姆斯特朗发明了超外差接收原理并于次年制成了接收机，不论哪一个接收频率，第一步先转换到一个固定的频率(频段)----中频，进行放大，可以设计出较高增益的放大器，辅之以精心设计的选频回路，加上超外差电路的优势，还可以得到优良的选择性。

为此，专门设计一个复杂的频率转换电路，也是得大于失的。顺便说一下，一般频率转换电路也有一定的增益。为此增加的镜像频率干扰等问题，不在本文讨论范围。

频率转换电路由两部分组成：本级振荡器，频率混合器。振荡器有一个谐振回路，混合器有两个谐振回路输入端谐振于输入信号，输出端谐振于中频。

振荡和混频可以分别使用一只电子管(或晶体管)，也可以简化电路，使用一只电子管(或晶体管)完成，称作变频。

第一篇 相关的理论知识

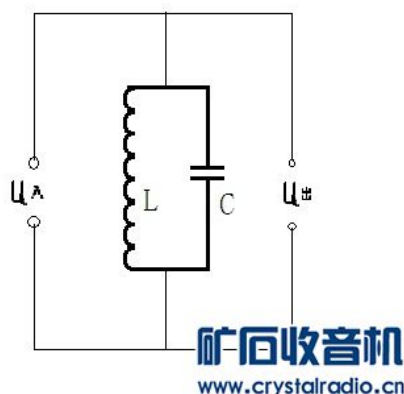
一、有关谐振

一个 LC 回路(我们主要讨论并联回路，不作特殊说明，均指并联回路)，在谐振时候阻

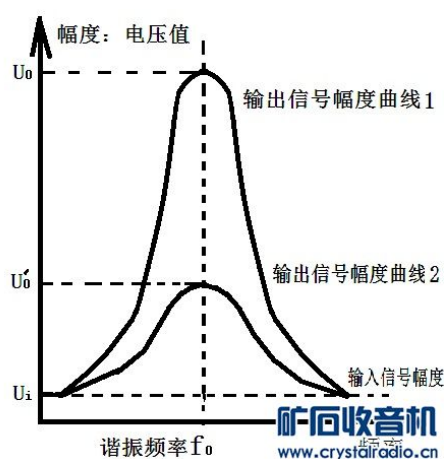
此文为矿坛坛友 wjyzy110 根据《矿石收音机》论坛连载进行整理，原文有点凌乱，不便阅读。

坛友 wjyzy110 联系邮箱: wjyzy110@sina.com，此邮箱专门用于对电子管的讨论，欢迎联系

抗呈现最大值，是它电阻值的几十几百倍，这时输出信号可以是输入信号的几十几百倍，这个倍数由元件的品质决定，这个参数称为 Q 值，如下图，

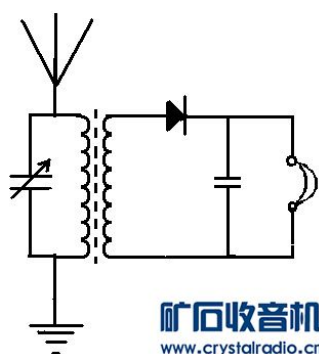


假定有两个 LC 回路，谐振频率相同但是回路 1 的 Q 值=150，回路 2 的 Q 值=30，输入 10 mV 信号，回路 1 输出 $U_0=1500\text{mV}=1.5\text{V}$ ，回路 2 输出 $U_0'=500\text{mV}=0.5\text{V}$ 。



如果 L 的数值或者 C 的数值是可变化的，那么这个回路谐振频率就是一个变化的数值。这是我们讨论的基础。收音机的输入回路、振荡回路、中频选频回路都是可变化的谐振回路。

下图是最简单的收音机的原理图，左边就是电容变化的选频回路。



电子管收音机使用的电容 C 数值是 12—365Pf

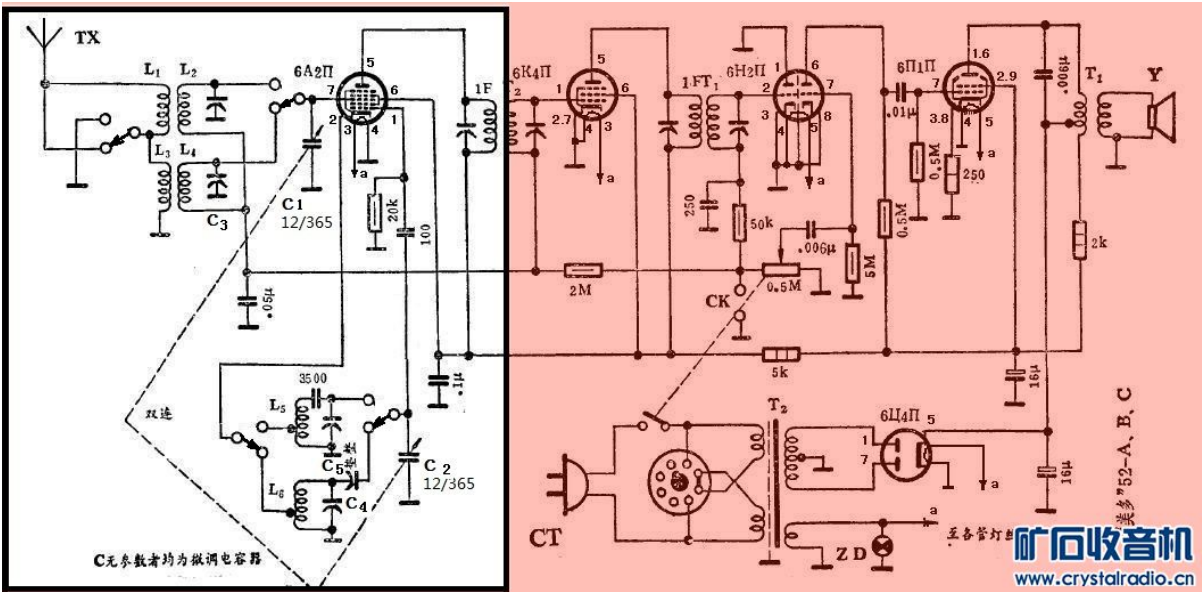
晶体管收音机使用的电容 C 数值是 7—270Pf

附加说明：坛友 wjyzy110 热衷于修复老电子管收音机，恢复电子管产业以及电子管收音机，欢迎同好联系

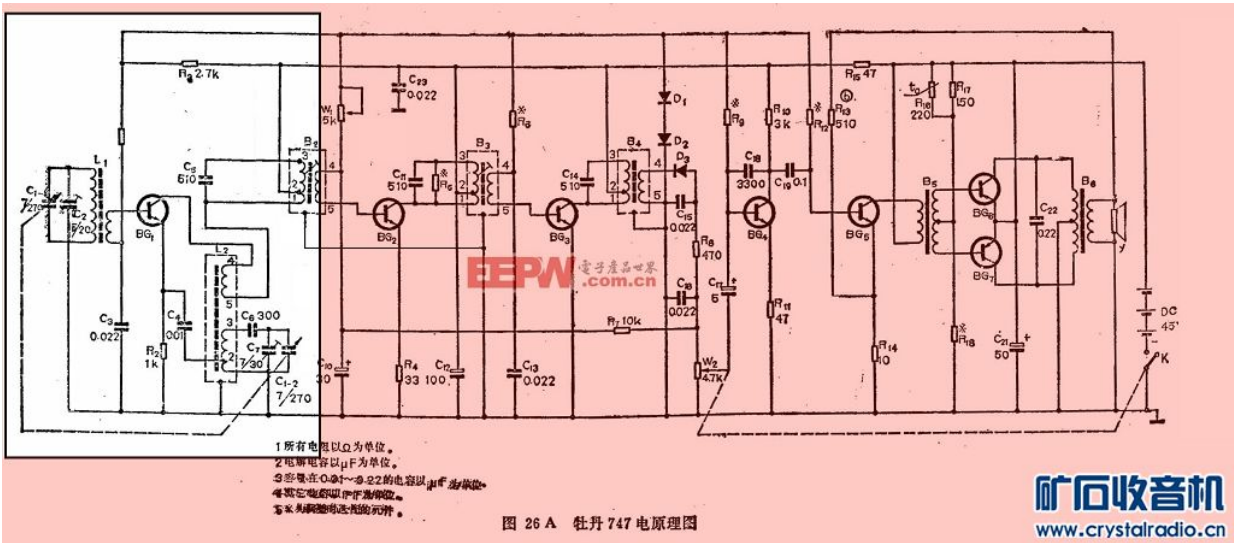
这种回路谐振频率的数值符合下面规律----谐振频率公式

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

二、具体收音机变频部分的三个谐振回路
下面图中方框内就是变频部分，



电子管收音机



晶体管收音机

在上图所示电子管收音机电路中，输入谐振回路由 L4、C1、C3，振荡谐振回路由 L6、

附加说明：坛友 wjzy110 热衷于修复老电子管收音机，恢复电子管产业以及电子管收音机，欢迎同好联系

C2、C4、C5，输出谐振回路是 IFT1 内含谐振电容。

其中，C1、C2 是空气介质同轴双联可变电容器，容量 12—365pf，

C3、C4 是微调电容，容量 10---40pf，

C5 是中波垫整电容，使用 250---600pf 可变电容，这几个都能调整容量；

L4 是天线谐振线圈，

L6 是中波振荡线圈，一般是固定值(后期机器 C5 使用 370pf 固定电容，

L4、L6 使用磁芯线圈可以调整容量)。

在上图所示的晶体管收音机电路中，输入谐振回路由 L1 初级、C1-1、C2 组成，振荡谐振回路由 C1-2、C6、C7 组成，输出谐振回路由 B2 初级、C5 组成。

其中，C1-1、C1-2 是有机密封同轴双联可变电容器，容量 7—270pf，

C2、C7 是微调电容，容量分别为 5---25/7---30pf，

C6 是中波垫整电容，使用 250---300pf 范围的固定电容。

L1 初级是天线谐振线圈，

L2 初级中波振荡线圈，都有一定的电感量调整范围。

电感电容各一只不就能谐振了吗？为什么弄得这样复杂，又是串并联，又是可调电容，还有可调电感量的线圈？下面通过实例的计算来回答这个问题。

三、实际的输入谐振回路

(一)谐振的一般计算，

根据谐振计算公式，我们知道电容量、电感量乘积越大，谐振频率越低，反之越高。改变谐振回路频率的方法有两种，改变电感量或者改变电容量。收音机使用改变电容量的占绝大多数(早期汽车收音机使用调感方式)，所以我们的计算以同轴双联电容的规格为基础，计算什么样的电感量数值能够正好谐振到我们希望的频率上。

我们以电子管收音机常用的 12—365pf 空气介质双联可变电容器为例，分别计算以下数值：

1、计算电容量为最大值 365pf 时，谐振频率为接收波段低端 535KHz，需要的电感数值。

公式变形

$$L(H)=1/(2\pi f)^2 * C(F)$$

带入数值进行计算

$$L=1/(2*3.14*535000)^2 * 365*10^{-12}=0.0002427H=242.7\mu H$$

2、同一电感，电容为最小值 12pf 时谐振频率的计算

$$F=1/(2*3.14*(0.0002427*10^{-3}))^{0.5}=2950630.6=2956.6KHz$$

显然，这一谐振频率远高于中波高端 1605KHz

3、换一个角度考虑问题，计算当电感不变，电容为多少 pf 时，谐振频率为 1605KHz？

公式变形

$$C(F)=1/(2\pi f)^2 * L(H)$$

代入数值进行计算。

$$C=1/(2\pi\cdot 3.14\cdot 1605000)^2\cdot 0.0002427=40.555\cdot 10^{-12}\text{f}=40.555\text{pf}$$

结果是同一个电感, 12----365pf 可变电容可以谐振于 535----2956.6KHz 范围, 大大超出了中波的需要。

后果有二,

一是可变电容旋转 180 度, 开始电台密集不容易区分, 然后到 40.5---12pf 部分没有电台了, 浪费一部分旋转角度。

二是其他元件的分布电容会影响回路电容, 而且不同的机器分布电容会有差异, 不利于调整。

(二)频率变化和电容变化的关系

针对上面的问题, 我们分析其中的规律, 看如何能避免两个后果。

根据谐振公式分析, 频率平方与 LC 乘积成反比例, 如果 L 为固定值, 频率平方则与 C 成反比例。那么当频率从 535----1605KHz 升高到原来的 3 倍时

如果电感量保持 242.7μH。使与之谐振的电容从 365pf 降低到 40.555pf, 数值是原来的 1/9, 变化了 9 倍。这样采用容量变化 9 倍的可变电容就可以满足实际要求。

电容元件设计成 12----365pf, 变化 30 倍有很大余量, 给设计留了许多余地。

(三)解决方法:

在可变电容两端并联一个小电容 C3, 使 $(365 + C3)/(12 + C3) = 9$

解方程得: $C3 = 32\text{pf}$

如此一来

回路最小电容: $12 + 32 = 44\text{pf}$,

回路最大电容: $365 + 32 = 397\text{pf}$

$$397/44 = 9$$

下面以回路最小电容: $12 + 32 = 44\text{pf}$, 最高频率 1605KHz 为条件计算谐振回路的电感量

$$L=1/(2\pi\cdot 3.14\cdot 1605000)^2\cdot 44\cdot 10^{-12}=0.0002237\text{H}=223.7\mu\text{H}$$

再以此电感量和回路最大电容 $365 + 32 = 397\text{pf}$ 计算最低谐振频率

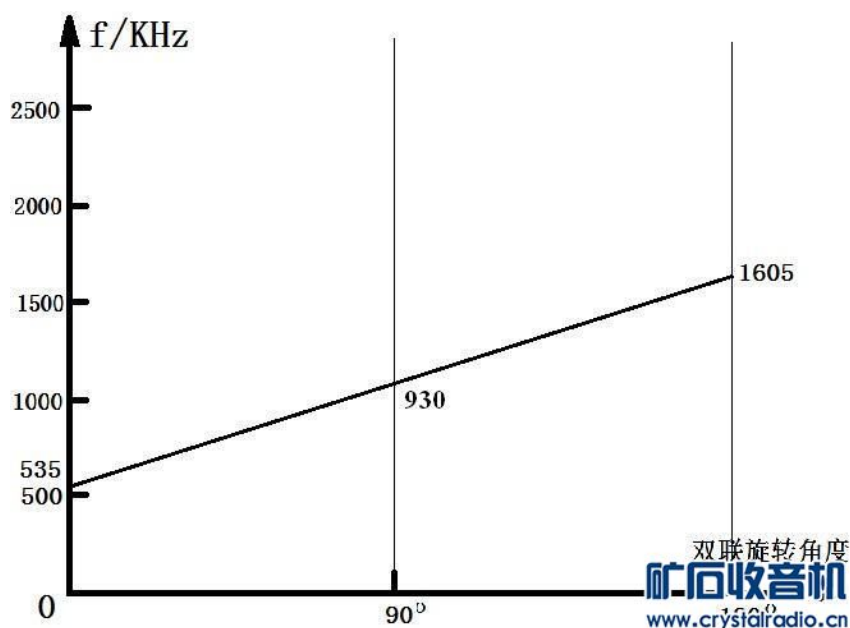
$$F=1/(2\pi\cdot 3.14\cdot (0.0002237\cdot 397\cdot 10^{-12})^{0.5})=534333.6=534.3\text{KHz}$$

结论: 符合要求。

但是, 上面计算的并没有考虑分布电容及其差异, 实际上, C3 使用一只 10----40pf 的微调电容, 调整到适当容量使 C3 和分布电容之和等于刚才的计算值 32pf。

就这样, 我们就可以得到一个符合要求的谐振回路, 双联转动角度从 0----180 度, 输入谐振回路的谐振频率为 535----1605KHz, 双联电容

可变电容旋转角度和频率的关系如下图曲线所示。(示意图 930KHz 的精确数值应该是 926.65)



这按照是直线波长式可变电容器与固定电感组成的谐振回路变化规律绘制的曲线，双连旋转 90 度角，频率是几何平均值

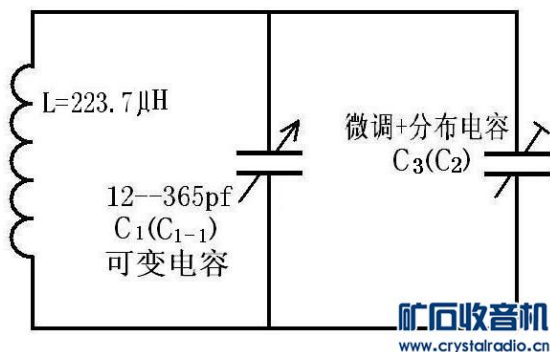
中心频率= $(535 \times 1605)0.5 = 926.65\text{KHz}$ （取整数 930KHz）

双联旋转角度与容量变化关系规律有以下几种形式：

- 1) 直线电容式
- 2) 直线波长式
- 3) 直线频率式
- 4) 对数式

我们常见的 250/290 空气介质双联是最简单的直线电容式，因此收音机刻度盘 1000KHz 往低端，刻度越来越稀疏，往高端，刻度越来越密集。直线波长式要好一些，最好的是直线频率，双联的叶片形状是近似压扁了的阿基米德螺线形状，又窄又长，一端很尖，现在很少见了。

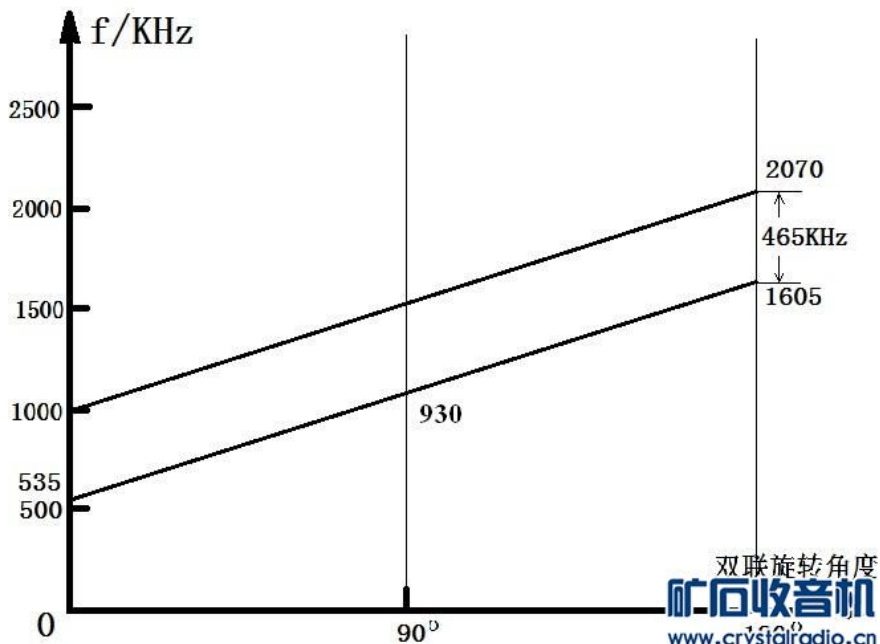
实际上收音机的输入谐振回路就是这样子，不过高、低端都有 2—4%的余量，比如红灯 711 的 L 值是 243 μH 。



四、关于振荡谐振回路的计算

(一)理想振荡回路:

双联转动角度从 0 度变化到 180 度,振荡谐振回路对应的谐振频率为 1000 至 2070KHz。
在双联的任何一个角度,两个回路的谐振频率都相差 465KHz, 如下图:



上图中,双联转动角度从 0 度变化到 180 度,输入谐振回路的谐振频率从 535 变化到 1605KHz,振荡回路产生振荡的频率可以比输入回路高(或者低),混频后输出两者的差(和)。

如果要求混频输出一个固定值 465KHz,那么振荡回路的谐振频率有两个选择(此数值为超外差接收中的中频,选择这个数值的原因及优缺点不在本文讨论范围,历史上中频曾经选择过 175KHz):

- 1) $535+465$ 变化至 $1605+465$, 谐振频率变化范围 1000 至 2070KHz
- 2) $535-465$ 变化至 $1605-465$, 谐振频率变化范围 70----1140KHz

这两种选择都能经过混频元件,产生包含 465KHz 的中频信号的许多谐波频率信号,但是工程师们不约而同地选择了前者:振荡频率高于接收频率的方案,

这种选择的原因:振荡回路和输入回路相同,使用固定电感器,配合可变电容器的基本方案,那么,我们根据频率变化和电容变化的关系可以知道,频率变化 n 倍,需要电容量变化 n^2 倍。

方案 1, $n=2070/1000=2.07$, $n^2=2.07*2.07=4.2849$

方案 2, $n=1140/70=16.28571$, $n^2=16.28571*16.28571=265.2245$

制造容量变化 265 倍的可变电容器,成本高多了,所以都选择振荡频率高于接收频率的方案。

(二)差容双联，

因为输入回路频率变化率是 3，振荡回路是 2.07，要求可变电容量变化倍数为 9 和 4.3，所以 AM 只接收中波广播的接收机可以使用差容双联，两个电容最大容量不同，经过并联微调电容修正后，正好符合 9 倍和 4.3 倍的变化率。

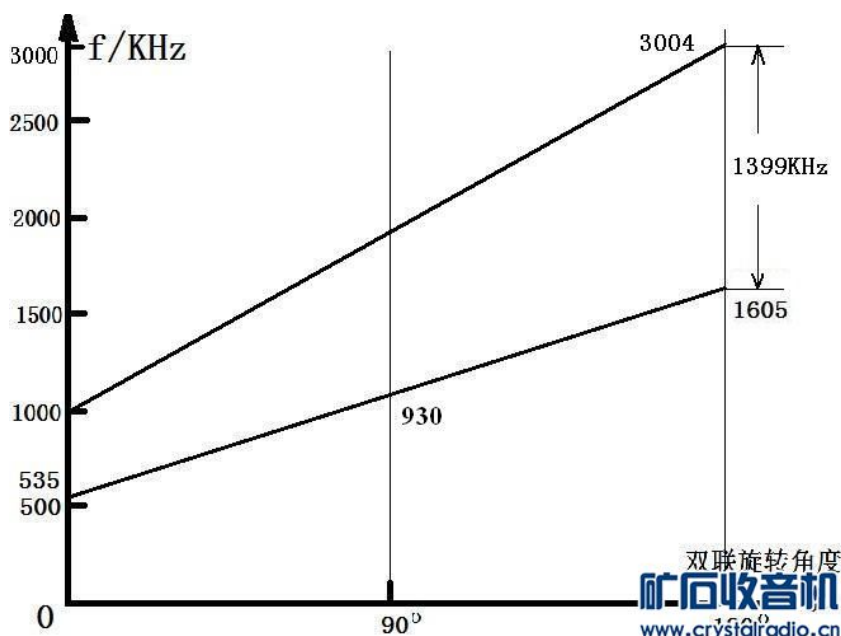
常见的袖珍机中波段使用的 CBM223 可变电容量是 140/60pf，而且直接附带并联的微调电容。

使用差容双联设计电路，调整跟踪很简单，不像本文讨论的这样复杂，您可以参考相关书籍。

(三)等容双联

事实上更多机器使用等容双联，很老的机器使用空气介质 2x490pf，我们见到大多数电子管收音机使用空气介质 2x365pf

早期晶体管机器使用空气介质 250/290 pf，容量有不大的差别，仍然和等容类似，后来广泛使用的 2x270pf 有机介质密封 CBM202，都存在等容双联问题。



前面我们分析输入回路时，已经有了调整容量变化为 9 倍的方案，经过并联微调电容，最小容量 44 pf，最大容量 397 pf。分别依据最大、最小容量和波段中心频率容量求出电感量，有以下三个结果。

结果 1、按最大容量计算

最大容量取 397pf、最低频率取 1000KHz，计算电感量，以及此电感量在最小容量 44pf 时的谐振频率：

$$L=1/(2*3.14*1000000)*(2*3.14*1000000)*397*10^{-12}=0.00006386H=63.86\mu H$$

$$F=1/(2*3.14*(0.00006386*44*10^{-12})0.5)=3003997.6Hz=3004.0KHz$$

结果 2、按最小容量计算

附加说明：坛友 wjzy110 热衷于修复老电子管收音机，恢复电子管产业以及电子管收音机，欢迎同好联系

此文为矿坛坛友 wjyzy110 根据《矿石收音机》论坛连载进行整理，原文有点凌乱，不便阅读。

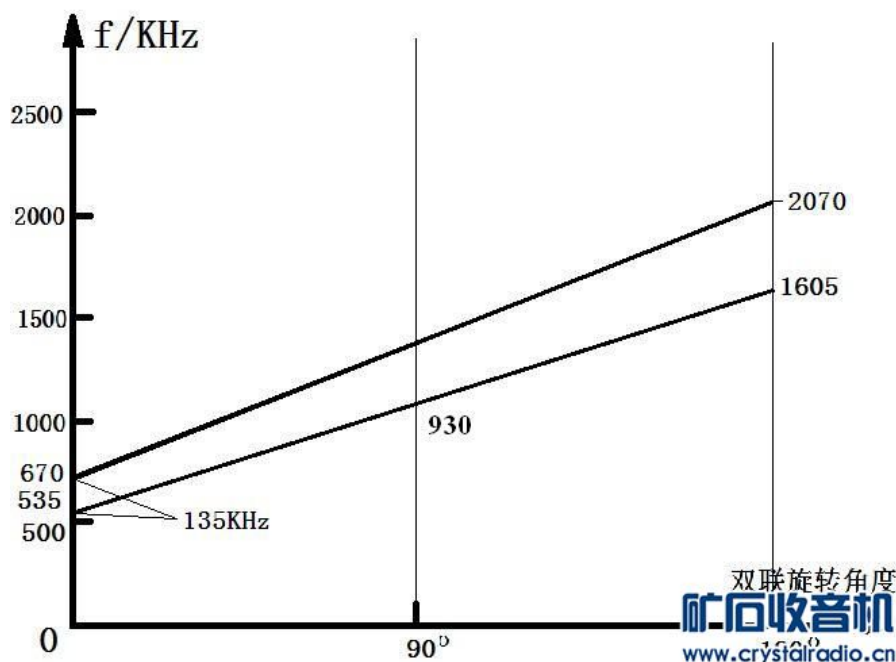
坛友 wjyzy110 联系邮箱: wjyzy110@sina.com，此邮箱专门用于对电子管的讨论，欢迎联系

最小容量取 44pf、最高频率取 2070KHz，计算电感量，以及此电感量在最大容量 397pf 时的谐振频率：

$$L=1/(2*3.14*2070000)*(2*3.14*2070000)*44*10^{-12}=0.0001344888H=134.4888\mu H$$

$$F=1/(2*3.14*(0.00006386*397*10^{-12})^{0.5})=689131.4Hz=689.13KHz$$

根据两个计算结果，我们得到了两条振荡回路谐振频率与双联可变电容转角关系曲线，如上图和下图等两幅图所示。



在上面两幅图的第一幅图中，

前面图的方案在波段低端频率差为 465KHz，高端为 1399 KHz，最大误差在高端为 1399-465=934 KHz，相对误差 934/465=200.86%

后面图方案在波段低端频率差为 135 KHz，高端为 465 KHz，最大误差在低端为 465-135=330 KHz，相对误差 330/465=70.97%

结果 3、中心频率计算

以波段中心频率 930KHz 处对应的振荡频率 1395KHz 作为标准计算电感量。

先用输入回路电感量来计算输入回路 930KHz 时候的可变电容容量。

回路总电容

$$C=1/(2*3.14*930000)*(2*3.14*930000)*0.0002237=13105*10^{-12}f=131.05pf$$

$$\text{可变电容}=\text{回路总电容}-32pf=99.05 pf$$

因为两连相同，可以依据此数值计算振荡回路的电感量。

$$L=1/(2*3.14*1395000)*(2*3.14*1395000)*99.05*10^{-12}=0.00013154H=131.54\mu H$$

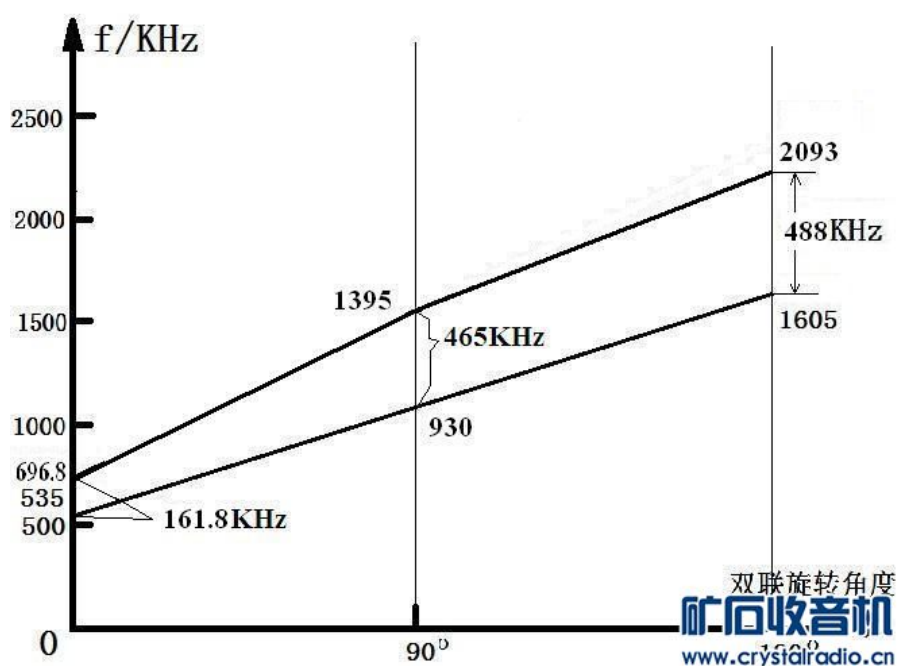
附加说明：坛友 wjyzy110 热衷于修复老电子管收音机，恢复电子管产业以及电子管收音机，欢迎同好联系

再计算双联最大、最小容量时候的谐振频率:

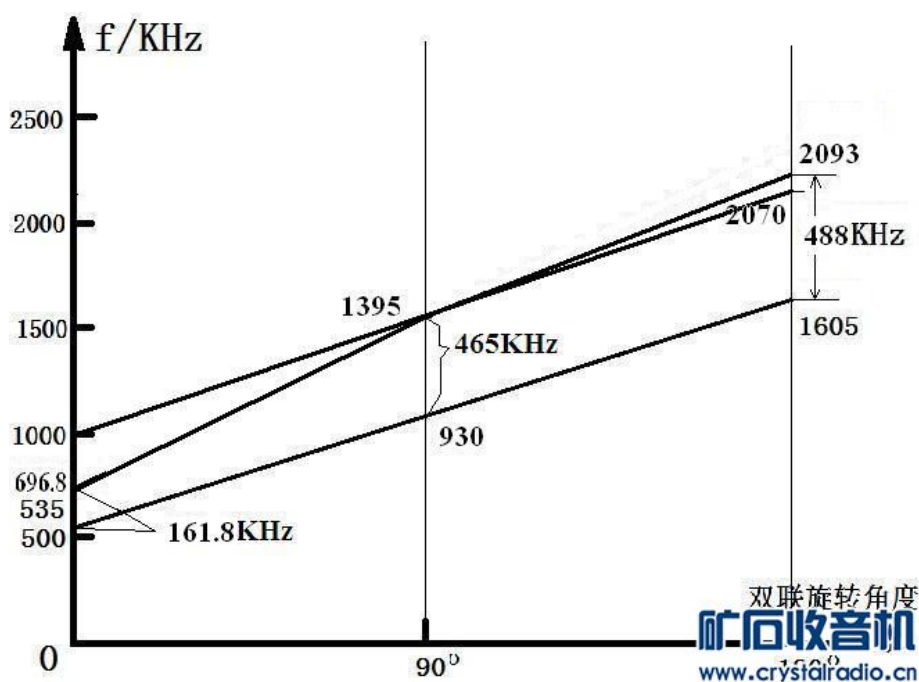
$$F=1/(2*3.14*(0.00013154*397*10^{-12})^{0.5})=696813\text{Hz}=696.8\text{KHz}$$

$$F=1/(2*3.14*(0.00013151*44*10^{-12})^{0.5})=2093076\text{Hz}=2093.076\text{KHz}$$

于是,我们又得到一条误差小于上述方案的振荡回路谐振频率与双联可变电容转角关系曲线,如下图所示。



和理想曲线叠加以后,得下图



在波段低端频率差为 $696.8-535=161.8\text{KHz}$ ，与中频的频率差为 $465-161.8=303.2\text{ KHz}$ ，相对误差 $303.2/465=65.2\%$

在波段高端频率差为 $2093-1605= 488\text{KHz}$ ，与中频的频率差为 $488-465=23\text{ KHz}$ ，相对误差 $23/465=4.95\%$ 。

为什么此曲线高、低端误差相距如此巨大，好像曲线也不是直线，原因是像输入回路一样并联微调电容，已经实行了高端的改进措施了，而低端没有改进措施。

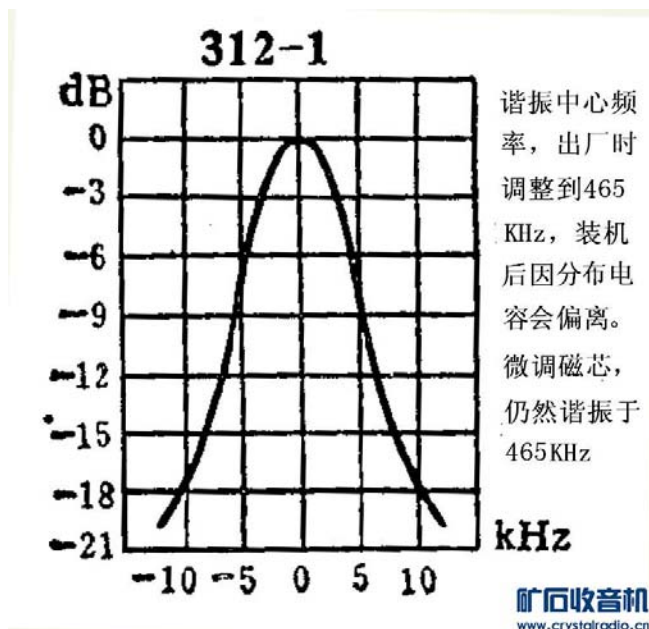
(四) 混频输出端的状况

这样的误差是否影响信号的放大传输呢？

本机振荡信号和天线感应来的输入信号经过电子管(晶体管)的复杂作用，产生了许多新的谐波信号，其中有本机振荡信号、输入信号本身，二者的和、差，其他更加复杂的组合频率等等很多，越往后，信号的幅度变得越小。

这些信号同时送到混频输出端-----中频变压器初级，中频变压器所在回路谐振于中频频率 465KHz ，只有本机振荡信号与输入信号的差是 465KHz 的中频信号，与中频变压器谐振回路形成谐振，使其幅度放大到原来的 Q 倍。而其他个各频率信号由于与谐振频率相距甚远，不能形成谐振，相对来说就变得越来越小了。

比如，接收 1000KHz 信号，本机振荡频率 1465KHz ，输出端的信号群中有 1000KHz 、 1465KHz 、 $1000+1465=2465\text{KHz}$ 、 $1465-1000=465\text{KHz}$ 及其他许许多多幅度更小的组合频率。我们对照 312-1 型中频变压器的特性曲线分析一下数据，就可以直观认识到为什么其他频率不能传送到下一级，中频误差有多大影响了。312-1 型中频变压器的特性曲线如下图。



当频率偏离中心频率 5KHz 时，信号幅度比中心频率衰减 7.5dB ，偏离 10KHz ，衰减了 17.5 dB ，换算成倍率分别为中心频率信号幅度的 0.42 和 0.13 。

我们按中心频率设计，低端距离标准值 465KHz 偏离了 303.2KHz ，输出信号微乎其微

附加说明：坛友 wjyzy110 热衷于修复老电子管收音机，恢复电子管产业以及电子管收音机，欢迎同好联系

此文为矿坛坛友 wjyzy110 根据《矿石收音机》论坛连载进行整理，原文有点凌乱，不便阅读。

坛友 wjyzy110 联系邮箱: wjyzy110@sina.com，此邮箱专门用于对电子管的讨论，欢迎联系

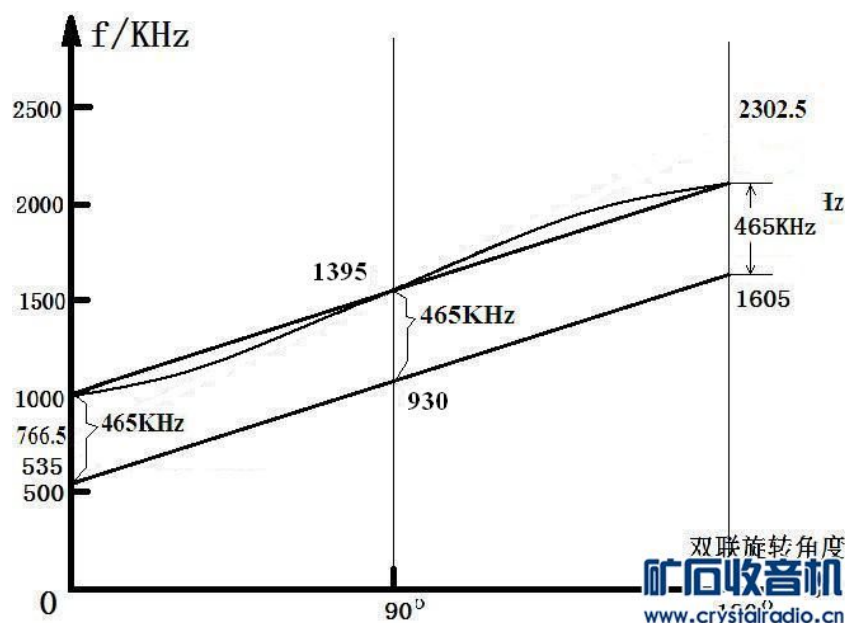
了，这就是等容双连问题。

(四)解决等容双联问题的方法。

在方案 3 的基础上，我们设法减小最大容量，提高谐振频率使曲线下端上抬达到 1000KHz，增加最小容量，降低谐振频率使曲线上端下压达到 2070KHz，在接收频率为 535、930、1605KHz 三个点时，振荡频率等于 1000、1395、2070KHz，其他各个频点，有些许误差。这就是我们常说的“三点跟踪”。

相关计算：电感量使用方案 3 数值 131.54 μ H

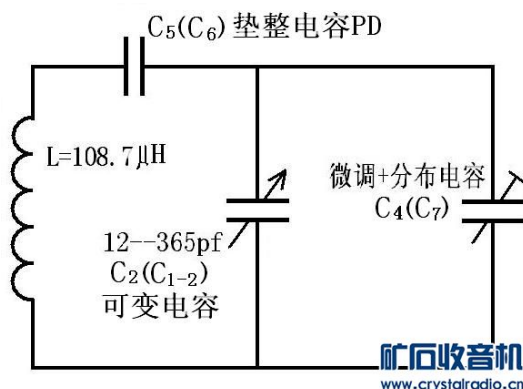
频率为 1000，2070KHz 需要的电容量分别是：192.75 pf 和 44.98pf。我们称之为方案 4，这样我们得到了新的曲线。如下图



为了让最小容量上升到 44.98，调整并联微调电容即可，

微调电容+分布点容=44.98-12=32.98pf。

最大容量要下降到 192.75，我们在可变电容和微调电容并联基础上，串联一个电容，以达到要求。这个电容被称作垫整电容或者配定电容 PD。如下图。



附加说明：坛友 wjyzy110 热衷于修复老电子管收音机，恢复电子管产业以及电子管收音机，欢迎同好联系

有的电路 C4 并联接在 L 两端，计算公式是先串后并，公式有变化。

$$C5 \cdot (365 + 32.98) / (C5 + (365 + 32.98)) = 192.75 \text{ pf}$$

$$C5 = (365 + 32.98) \cdot 192.75 / ((365 + 32.98) - 192.75) = 376.46 \text{ pf}$$

这个计算不是很严谨，实际上前后计算结果有相互影响，当年工程师们是使用多次逼近的方法找到最佳数值的。

至此，问题已经基本解决。

这样设计，在波段的 1/4、3/4 处，曲线与理想曲线距离最远，误差最大。我们计算误差的大小。

1/4 处接收频率为：

$$(535 \cdot 930) 0.5 = 705 \text{ KHz},$$

3/4 处接收频率为：

$$(930 \cdot 1605) 0.5 = 1222 \text{ KHz}$$

仍然以输入回路电感量不变来计算输入回路 802.5KHz 和 1337.5KHz 时的可变电容应该调整到的容量（要减去并联的微调电容）。

$$C = 1 / (2 \cdot 3.14 \cdot 705000) \cdot (2 \cdot 3.14 \cdot 705000) \cdot 0.0002237 = 228 \cdot 10^{-12} \text{ f} = 228$$

$$228 - 32 = 196 \text{ pf}$$

$$C = 1 / (2 \cdot 3.14 \cdot 1222000) \cdot (2 \cdot 3.14 \cdot 1222000) \cdot 0.0002237 = 75.9 \cdot 10^{-12} \text{ f} = 76 \text{ pf}$$

$$76 - 32 = 44 \text{ pf}$$

因为两连相同，依据 196pf、44pf 这两个数值加上垫整电容 376.46pf、微调电容 32.98pf，求出振荡回路的综合电容量

$$C = 376.46 \cdot (196 + 32.98) / (376.46 + (196 + 32.98)) = 142.38 \text{ pf}$$

$$C = 376.46 \cdot (43.9 + 32.98) / (376.46 + (43.9 + 32.98)) = 66.92 \text{ pf}$$

计算当可变电容分别取这两个数值时，与振荡回路的电感 131.54μH 的谐振频率

$$F = 1163.55, \text{ 减去接收频率 } 1163.55 - 705 = 458.55 \text{ KHz}$$

$$F = 1697.2, \text{ 减去接收频率 } 1697.2 - 1222 = 475.2 \text{ KHz}$$

与 465KHz 的绝对误差为：

$$458.55 - 465 = -6.45 \text{ KHz}$$

$$475.2 - 465 = 10.2 \text{ KHz}$$

与 465 的相对误差为：

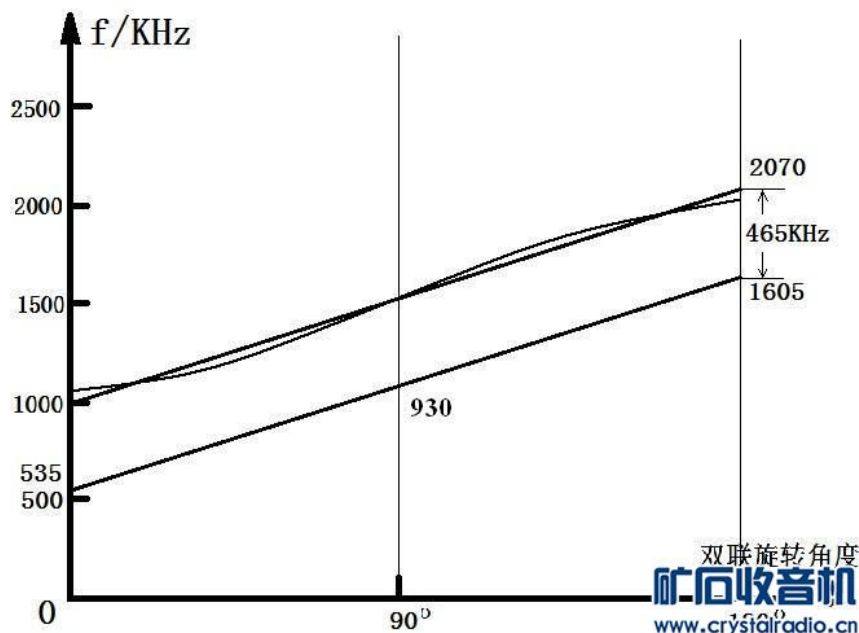
$$(458.55 - 465) / 465 = 0.014 = 1.4\%$$

$$(475.2 - 465) / 465 = 0.022 = 2.2\%$$

曲线上误差最大处就是这个位置上

实际上，串联垫整电容比上述值稍大一些，因此，曲线左端段再稍稍上抬，在 600KHz 达到准确跟踪。

而并联的微调电容同样稍大，曲线右端更加下压，在 1450 KHz 达到准确跟踪，这样做可以分散误差，得到如下图曲线，曲线上面任意一点的误差均小于 2.2%，效果更好。



至此，我们把使用等容双联可变电容的输入回路、振荡回路的跟踪问题分析完了。

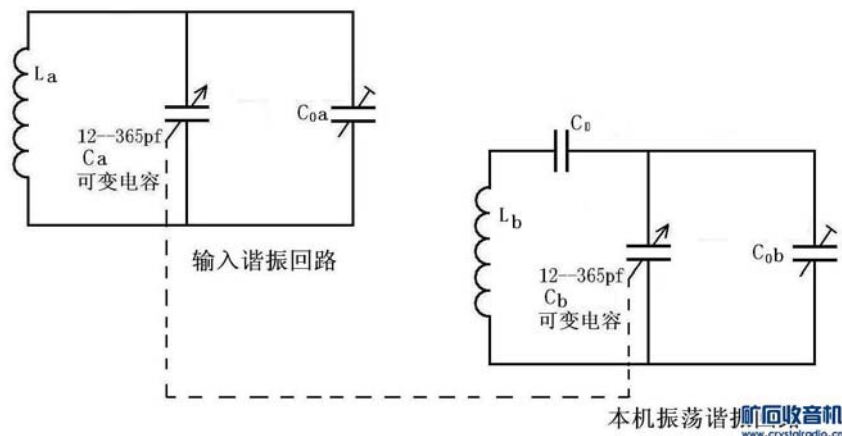
上述数据及计算只考虑了谐振、跟踪，其他问题忽略。实际设计电路时，情况比上述计算更加详细、具体、复杂。使用逼近法计算出的各组数据请见链接文件《超外差收音机天线、本振回路参数计算》

（其它内容请见下页开始的第二篇）

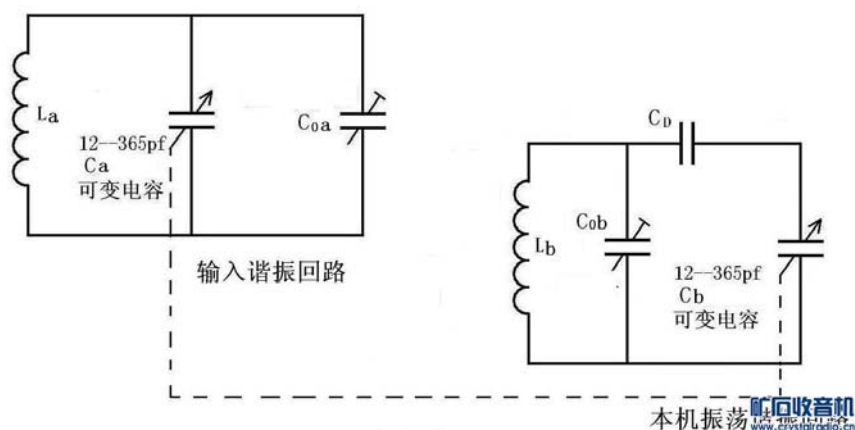
第二篇 具体收音机中的两个谐振回路

一、两个谐振回路的理想模型

通过上面的分析, 我们得到了两个谐振回路的组成结构, 如下图所示



为了说明方便, 我们重新定义各个元件的编号, 由此可得到下图。



其中:

- La: 输入回路谐振电感
- Ca: 输入回路可变电容,
- C0a: 输入回路微调电容,
- Lb: 振荡回路谐振电感,
- Cb: 振荡回路可变电容,
- C0b: 振荡回路微调电容,
- Cd: 垫整电容

有时候振荡回路的微调电容与电感线圈并联, 二者等效

补充内容 (2014-12-17 15:02):

此帖丢掉了很文字, 在图片 007.jpg ----024.jpg 中间, 请看《超外差收音机的统调和跟踪》--2 和--3。从 025.jpg----038.jpg 就是连续的图片, 没有文字。

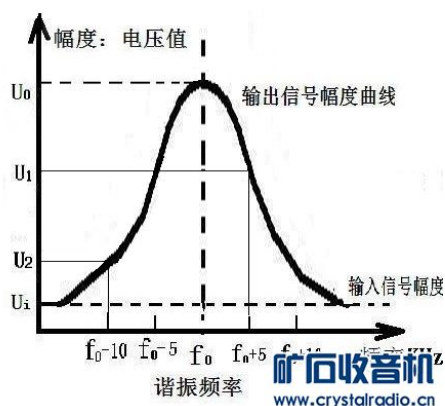
附加说明: 坛友 wjzy110 热衷于修复老电子管收音机, 恢复电子管产业以及电子管收音机, 欢迎同好联系

007.jpg

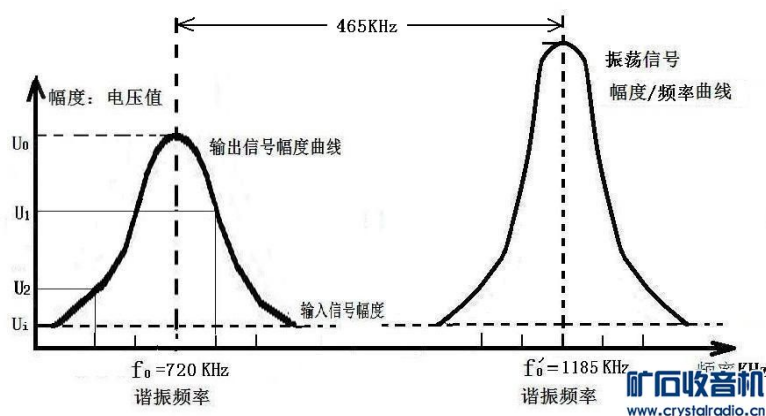
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

矿石收音机
www.crystalradio.cn

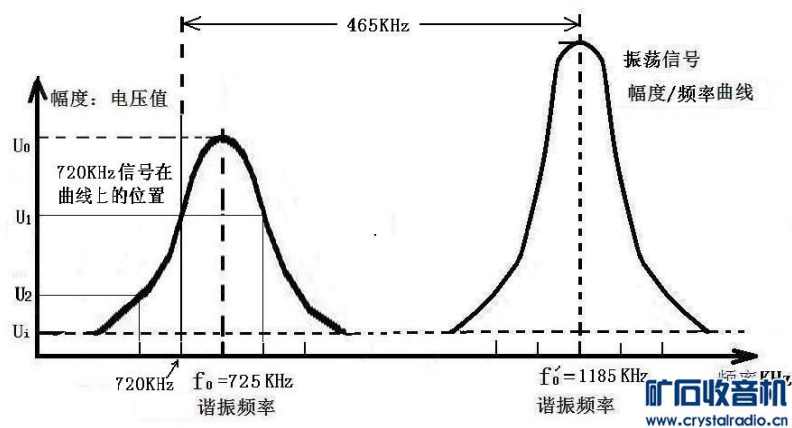
021.jpg



022. jpg

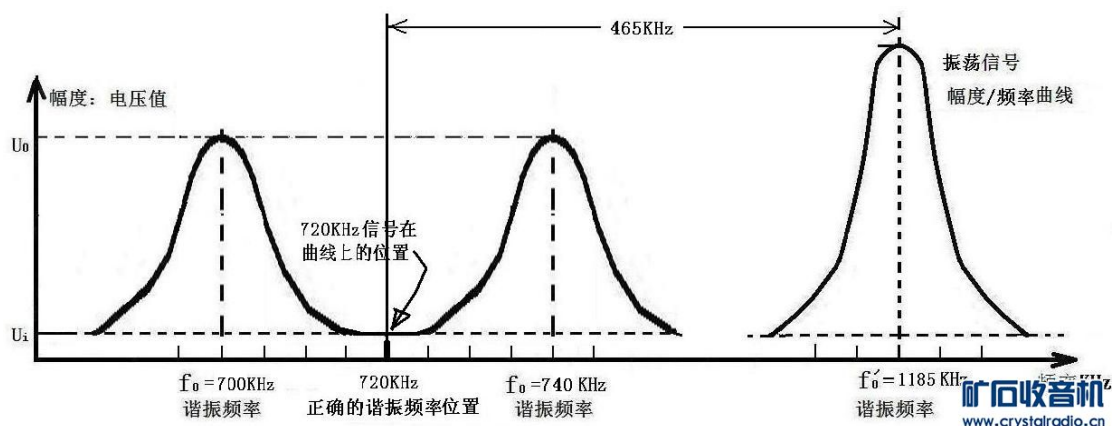


023.jpg



附加说明: 坛友 wjyzy110 热衷于修复老电子管收音机, 恢复电子管产业以及电子管收音机, 欢迎同好联系

024.jpg



(补充内容完, 下面开始又一次进入正文)

二、在收音机电路中如何辨识两个谐振回路

知道了它们在收音机中与前后级的相互作用、它们与周围元件的联系分别是什么? 就容易找到与上面每一个元件了对应的那个了。

(一)电子管收音机, 常见机器均有一或二个短波波段, 因此波段开关参与其中

1、输入回路

La: 输入回路谐振电感, 上端经过波段开关静触点, 动触点接到 Ca 上端和变频管信号栅极。6A2 的 7 脚, 6U1 的 2 脚, 大八脚电子管 6SA7 的 8 脚。下端经过 0.05μF 电容 (此电容为 AVC 自动音量控制滤波)接地, 对于 535---1605KHz 信号来说, 此电容呈现容抗为 5.95---1.98 欧姆, 可以忽略。

La 与相关元件的关联及作用: La 是天线线圈的次级。天线感应到各种频率的无线电波, 经过天线线圈初级, 感应到 La, La 与 Ca、C0a 组成输入谐振回路, 等于回路谐振频率的输入信号产生谐振, 输出最大信号进入电子管栅极, 与振荡信号进行混频、放大后输出到电子管屏极。

Ca: 输入回路可变电容。上端接到变频管信号栅极, 同时接波段开关刀位动触点, 经过波段开关通 La 上端, 下端接地。

Ca 与相关元件的关联及作用: 调整到一定数值, 与 C0a 并联后, 与 La 组成谐振回路, 谐振于特定的频率, 从许多信号中选出要收听的电台信号。

C0a: 输入回路微调电容, 并接在 La 两端。

C0a 与相关元件的关联及作用: 调整到一定数值, 使 C0a 与分布电容之和=设计值, 增加回路最小容量, 降低回路可变电容最大值/最小值的比值, 使之等于输入最高频率与最低频率比值的平方。

(以上接法属于最常见的串联 AVC 方式, AVC 电压经过 La、波段开关触点加到变频管信号栅极。另有一种并联 AVC 方式, La 上端经波段开关接 Ca 上端后, 经过一个 200pf 左右的电容接到变频管信号栅极, La 下端接地)

附加说明: 坛友 wjzy110 热衷于修复老电子管收音机, 恢复电子管产业以及电子管收音机, 欢迎同好联系

2、振荡回路

Lb: 振荡回路谐振电感。这个元件有两种常见形式，分别称作 S 型和 K 型振荡线圈，配不同类型的变频管，S 型用于 6A2 和 6SA7 七极变频管，K 型用于 6U1 三级/七极变频管和更老式的 6K8 三级/六极变频管。

S 型是抽头式线圈，只有一个线圈三个引脚。在距接地端 1/8 左右位置有一个抽头。

K 型是回输型线圈，谐振和回输分别是一个独立的线圈，四个引脚，谐振线圈就是我们说的 Lb，回输线圈与本文讨论内容无关。

(1) S 型振荡线圈:

上端和 C0b 振荡回路微调电容并联后，经过 Cd 垫整电容(或者先接 Cd 再接 C0b)接到波段开关静触点，动触点接到 Cb 上端串 100—200pf 电容后 (有的电路无此电容)变频管振荡栅极。6A2 的 1 脚，6SA7 的 5 脚。

抽头端，通过波段开关静触点，动触点接变频管阴极 6A2 的 2 脚，6SA7 的 6 脚。下端接地。

(2) K 型振荡线圈:

上端和 C0b 振荡回路微调电容并联后，经过 Cd 垫整电容接到波段开关静触点，动触点接到 Cb 上端串 100—200pf 电容后 (有的电路无此电容)变频管振荡栅极。6U1 的 7、9 脚。下端接地。

Lb 与相关元件的关联及作用

(1) S 型振荡线圈的两个作用，1、是振荡回路的谐振电感元件，与 Cb、C0b、Cd、共同组成谐振回路，因为 Cb、Ca 同轴共同变化且容量相等，经过电路设计，使频率始终高于输入回路 465KHz。2、通过抽头形成反馈产生振荡，送到变频管相应管脚进行混频。

(2) K 型振荡线圈的作用：初级是是振荡回路的谐振电感元件，与 Cb、C0b、Cd、共同组成谐振回路，因为 Cb、Ca 同轴共同变化且容量相等，经过电路设计，使频率始终高于输入回路 465KHz。次级形成反馈产生振荡。

Cb: 振荡回路可变电容。上端通过波段开关的动触点，静触点后，先通过 Cd 垫整电容，接到 C0b 微调电容和 Lb 的上端或者先接到 C0b 微调电容通过 Cd 垫整电容再接到 Lb 的上端。下端接地。

Cb 与相关元件的关联及作用: 调整到一定数值，与 C0b 并联再与 Cd 串联后，与 Lb 组成谐振回路，谐振于高于输入回路 465KHz 的频率，送到变频管相应管脚进行混频。

C0b: 振荡回路微调电容，并联在 Lb 两端或者通过波段开关并联 Cb 两端。

C0b 与相关元件的关联及作用: 调整到一定数值，使 C0b 与分布电容之和=设计值，增加回路最小容量，降低回路可变电容最大值/最小值的比值，和 Cd 共同作用使之等于振荡最高频率与最低频率比值的平方。

Cd: 垫整电容，串接在振荡线圈 Lb 和可变电容 Cb 上端之间，先接 C0b 还是 Lb 上端都可以，有时串联接在 Lb 与地之间。

Cd 与相关元件的关联及作用: 调整到一定数值，使 C0b 与分布电容之和=设计值，大幅度减小回路最大容量，降低回路可变电容最大值/最小值的比值，使之等于振荡最高频率与最低频率比值的平方。

(二)晶体管收音机，我们以只有中波一个波段的收音机为例，多波段参考前面电子管机

1、输入回路

La: 输入回路谐振电感，上端接到 Ca 上端，下端接地。

La 与相关元件的关联及作用: La 是天线线圈的初级，与 Ca、C0a 组成输入谐振回路。天线线圈的初级、次级都绕在磁棒上，称作磁性天线。磁棒感应到各种频率的无线电波，等于回路谐振频率的输入信号产生谐振，天线线圈初级输出最大信号感应到天线线圈次级进入晶体管基极，与振荡信号进行混频、放大后输出到晶体管集电极回路。

Ca: 输入回路可变电容。上端接到 La 上端，下端接地。

C0a: 输入回路微调电容。并接在 La 两端。

Ca、C0a 的关联及作用于电子管收音机相同

2、振荡回路

Lb: 振荡回路谐振电感。上端和 C0b 振荡回路微调电容并联后，经过 Cd 垫整电容(或者先接 Cd 再接 C0b)接到 Cb 上端。

抽头端，通过 0.0068----0.01μF 电容，接到变频管发射极。

下端接地。

Lb 与相关元件的关联及作用: 借用电管收音机的名词，晶体管收音机的振荡线圈都是回输式的。一般是初级为谐振线圈，中间有一个抽头用来送出振荡电压，次级为独立的回输线圈，产生反馈形成振荡。

Cb: 振荡回路可变电容，上端通过 Cd 垫整电容，接到 C0b 微调电容和 Lb 的上端(或者先接到 C0b 通过 Cd 再接到 Lb 的上端)。下端接地。

C0b: 振荡回路微调电容，并联在 Lb 两端或者并联 Cb 两端。

Cd: 垫整电容，串接在振荡线圈 Lb 和可变电容 Cb 上端之间，先接 C0b 还是 Lb 上端都可以，有时串联接在 Lb 与地之间。

Cb、C0b、Cd 的关联及作用于电子管收音机相同

三、各个元件数值变化对收音机的影响，讨论每个元件变化时，以其它元件均无变化为前提。

La: 输入回路谐振电感: 偏大, 输入回路谐振频率整体变低; 偏小, 输入回路谐振频率整体变高。

混频后的输出频率将偏离中频数值的两个后果, 后果是 1、因为离开了中频变压器的谐振曲线高峰部分, 随着偏差的增大, 输出幅度急剧变小, 收音机灵敏度下降很大。2、混频后的输出频率将偏离中频数值, 频谱不再对称, 选择性急剧变坏。

Ca 输入回路可变电容: 一般不会有数值变化, 当它有灰尘聚集和潮湿时, 介电常数下降, 回路的 Q 至降低, 造成输入信号谐振电压变小, 收音机灵敏度下降。

C0a 输入回路微调电容, 容量变化时, 对输入回路高端谐振有很大影响, 同时对低端有较小影响。主要影响波段高端跟踪统调, 对波段高端灵敏度有很大影响。

Lb 振荡回路谐振电感: 偏大, 振荡回路谐振频率整体变低; 偏小, 振荡回路谐振频率整体变高。混频后的输出频率将偏离中频数值, 后果有三个: 后果 1、电台位置偏移以至消失。后果 2、收音机灵敏度下降很大。后果 3、有效信号频率将偏离输入回路曲线中央, 频谱不再对称, 选择性急剧变坏。

Cb 振荡回路可变电容, 一般不会有数值变化, 当它有灰尘聚集和潮湿时, 介电常数下降, 回路的 Q 至降低, 造成振荡谐振电压变小以至停振, 收音机灵敏度下降, 停振后不能收台。

C0b 振荡回路微调电容, 容量变化时, 对振荡回路高端谐振有很大影响, 同时对低端有较小影响。主要影响波段高端跟踪统调, 对波段高端灵敏度有很大影响。

Cd 垫整电容, 容量变化时, 对振荡回路低端谐振有很大影响, 同时对高端有较小影响。主要影响波段低端跟踪统调, 对波段低端灵敏度有很大影响。

(接下来的内容见下页开始的第三篇)

第三篇 良好跟踪对接收的作用

一、振荡频率和中频频率决定了收音机接收的信号频率

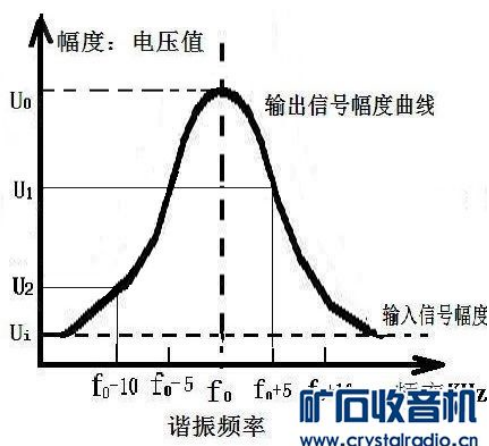
我们先假定输入端没有谐振回路以便于说明这个问题，打算接收 720KHz 中央人民广播电台信号，本机振荡回路谐振在 $720+465=1185\text{KHz}$ ，混频器输出端第一中频变压器初级谐振频率是 465 KHz，那么从天线感应了许许多多频率的信号，只有两个信号 720KHz、1650 KHz 能经过混频器的变换作用，产生了 465 KHz 频率($1185-720=465\text{ KHz}$ ， $1650-1185=465\text{ KHz}$)，能通过第一中频变压器初级的选择，进入下一级放大。其他频率信号与振荡频率不能产生中频信号，被拒之门外了。(FM 接收，就经常设计成输入端没有谐振回路。)

输入端设计了谐振回路，将 1650 KHz 频率信号排除在外，且由于谐振，增大 720 KHz 频率信号的幅度为原来的 Q 倍。

理想状态下，接收 720KHz 信号，本机振荡回路谐振在 $720+465=1185\text{KHz}$ ，输入回路谐振在 720KHz，只有 720KHz 信号在输入回路谐振产生最大值，经过电子管/晶体管的复杂作用，有 1185 KHz、720 KHz、 $1185 + 720=1905\text{ KHz}$ 、 $1185 + 720=465\text{ KHz}$ 等信号送到混频器输出端第一中频变压器，因为谐振频率是 465 KHz，1185 KHz、720 KHz、1905 KHz 距离谐振频率很远，幅度很小被排除。只有 465 KHz 信号进入下一级放大。

720KHz 输入信号在输入回路谐振增大为原来的 Q_1 倍，在电子管/晶体管中放大 K 倍，产生的新信号符合中频数值，在混频器输出端又一次谐振，又增大为原来的 Q_2 倍。总的放大变数为 $Q_1 \cdot K \cdot Q_2$ 。其他频率的信号只有 K。

假定输入回路曲线如下图。 $Q_1=10$ ，一般实际为 30—80。



例如按照我们前面计算，振荡回路电感量为 $131.54\mu\text{H}$ 。可变电容 C_b 旋转 180 角度，本身容量 365pf 变化到 12pf，经过并联 C_{0b} 串联 C_d 容量从 192.75 pf 到 44.98pf，组成的回路谐振频率从 1000 变化到 2070KHz，各个电台在标准位置。

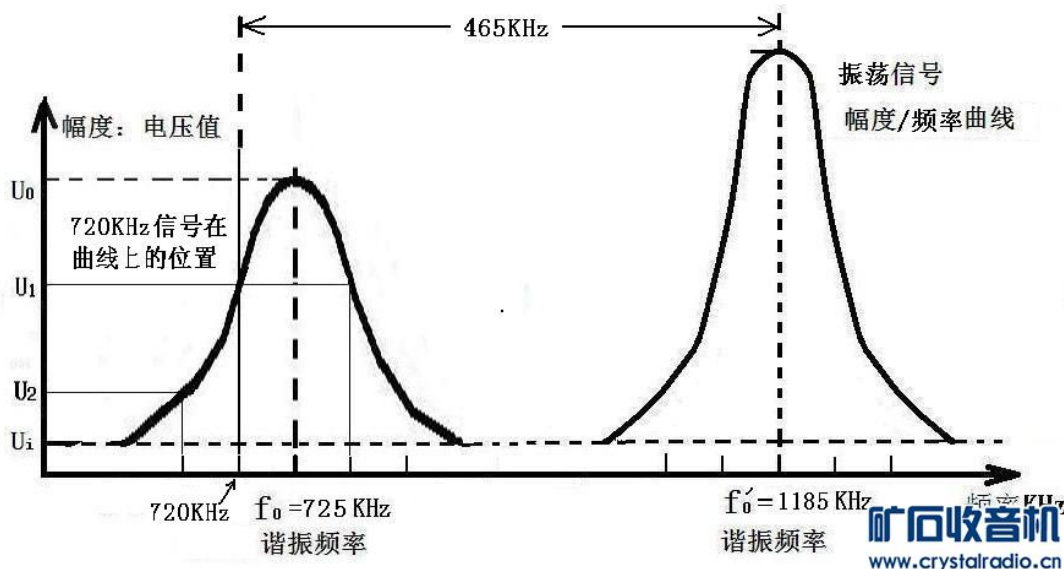
假如转动 70 度角，对应指针位置在度盘 720KHz 处。 C_b 本身容量 183pf，综合容量 137.24pf，谐振于 1185 KHz 接收 720KHz 信号。

输入回路 C_a 容量（也是 183pf 通过调整可变电容外侧的“花片”使之成为 186.5pf），综合容量 218.5 pf，与 $L_a=223.7\mu\text{H}$ 谐振频率为 720.KHz。

二、当其中一个回路偏离理想状态的情况

我们计算两种情况来看变化的影响

(一) 假定 L_b 偏大为 $132.5\mu\text{H}$ ，它与 136.27 pf 谐振于 1185 KHz ，用于接收 720KHz 信号。要达到 136.27 pf 综合电容量， C_b 值应该是 180.6pf ，这时双联转动角度是 73 度，指针在刻度盘上要超过 720KHz 位置，这时输入回路 C_a 容量（也是 180.6pf 因为“花片”调整实际是） 183.5pf ，综合容量 215.5pf 与 $L_a=223.7\mu\text{H}$ 电感谐振频率在 725.2KHz 处。

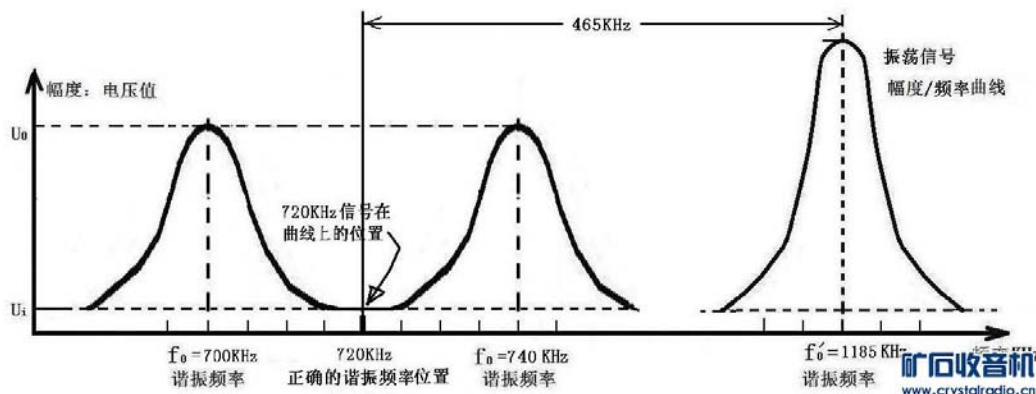


反映在收音机上的现象。

第 1、输入回路送出的信号幅度从 $U_0=10$ 下降为 $U_1=7$ ，后面的所有放大倍数都将变成原来的 0.7 倍。灵敏度下降为原来的 0.7 倍，音量减小了。

第 2、正常时如理想状态曲线图表示，当频率指针从 710KHz 移动到 730KHz 位置过程中，音量和音质都呈现从小逐渐变大，再逐渐变小的规律，以 720KHz 为中心对称分布，现在同样的移动过程，音量和音质变化不再对称分布，音量音质最佳点出现在稍稍超过 720 位置，然后突然消失。

(二) 假定 L_b 偏大(或偏小)更多，致使当振荡回路谐振于 1185 KHz 时，输入回路的谐振频率为 $740(700)\text{KHz}$ 。情况如下图曲线表示。



附加说明：坛友 wjyzy110 热衷于修复老电子管收音机，恢复电子管产业以及电子管收音机，欢迎同好联系

此文为矿坛坛友 wjyzy110 根据《矿石收音机》论坛连载进行整理，原文有点凌乱，不便阅读。

坛友 wjyzy110 联系邮箱: wjyzy110@sina.com，此邮箱专门用于对电子管的讨论，欢迎联系

结果是 720KHz 信号送到混频管栅极(基极)的幅度不足，不能与振荡信号产生作用，465KHz 频率上没有输出，结果不能收台。

不论哪一个回路与标准状态有了较大的了偏差，都会产生上面的结果，由此可以看出跟踪统调队超外差收音机的影响是多么重要。

(请看下页开始的第四篇)

第四篇 不同类型机器的操作方法

我们以输入回路、振荡回路元件特征为依据分类，讲几种有代表性的机器，讨论各种机器跟踪统调的设计思路 and 操作方法。

我所说的调整的前提是：

- 1、中频在 465KHz 基本正确。如果中频偏差太多，你会发现下面的调整总是顾此失彼，不能达到较好的状态。
 - 2、机器有正确的刻度盘，这样可以发现中频的偏差。
 - 3、本机振荡工作正常。
- 有了上述这三个前提条件，收音机至少能收到几个强台。

一、早期电子管收音机，低端调垫整电容，高端调振荡微调电容，使电台位置与度盘相符；调整输入回路微调电容，使高端电台声音最大，低端不调。

上海 152、新时代 106(早期型号)、红星 503/504、美多 1958 年以前各型号，熊猫 506 等，大多使用 6SA7GT、6SK6GT、6SG7GT、6V6GT(6P6P)、5Y3GT 大八脚电子管。冯报本前辈的书《超外差收音机》讲的就是这个年代的电路结构。

(一) 这些机器与跟踪统调相关元件的特征是：

天线谐振线圈 La: 200 μ H

振荡线圈 Lb: 130 μ H

(上海 152 数据)均使用空心线圈，电感量不能调整；

垫整电容 Cd 使用 300---600pf 半可变电容，便于调整；

微调电容 C0a、C0b 使用 10---40pf 云母介质微调，可调整；

可变电容 Ca、Cb 使用 2*365pf 空气介质双联电容器，容量变化范围 12—365pf。

(二) 调整思路

天线输入回路中，谐振线圈 La 不能调整，低端谐振范围由 La 电感量与 Ca、C0a 并联的电容量决定，其中 C0a 影响比较小。在高端，C0a 影响相当大，决定高端的谐振范围。高、低端会相互影响，所以要高、低端反复调整几次才好。

振荡谐振回路中，谐振线圈 Lb 同样不能调整，低端谐振范围由 Lb 电感量与回路综合电容量决定，回路综合电容量是 Cb、C0b 并联再与 Cd 串连的得到的，Cd 使用 300---600pf 可调电容，综合电容量最大值主要由 Cd 决定，调整它的大小使振荡频率低端为 1000KHz，数值在与可变电容最大值相仿时，基本符合要求。在高端，C0b 影响相当大，决定高端的谐振范围。高、低端会相互影响，所以要高、低端反复调整几次才好。

(三) 调整方法

抄录前辈冯报本《超外差式收音机》(人民邮电出版社 1956 年)211—214 页。

1、调整振荡回路

“调整时先找一个接近 550 千周一段的电台，我国大部分地区可以用中央人民广播电台 640 千周，即是，将，将垫整电容器左右旋动至声音最大和没有差频叫声(通过改变 Cd 大小，

附加说明：坛友 wjyzy110 热衷于修复老电子管收音机，恢复电子管产业以及电子管收音机，欢迎同好联系

此文为矿坛坛友 wjyzy110 根据《矿石收音机》论坛连载进行整理，原文有点凌乱，不便阅读。

坛友 wjyzy110 联系邮箱: wjyzy110@sina.com，此邮箱专门用于对电子管的讨论，欢迎联系

使振荡频率为 $640+465=1105\text{KHz}$ ，(本人注)，假如广播声音不能增大，而要将可变电容器旋偏离大于或小于 640 千周才有较大声音，那是变频器输出的中频和中频变压器的谐振频率不相符。……指针度数大于 640 千周，降低中频 10 千周左右……小于 640 则升高中频，调整中频时，可变电容器旋在指针指着 640 千周的位置不动。这些方法无效，就是振荡线圈电感量偏差过多了，用铜铁棒检验，调整到铜铁端都使声音减小，电感量合适为止。”

“其次找一个近 1500 千周的电台校准这一段，例如在北京可以用 1280 千周的河北台作标准，将转盘旋到指针指在 1280 千周的地方，收到这个电容，将振荡线圈并联的微调电容旋到播音声最大，单一中波的收音机，这个电容附在可变电容器上。校准这段时，不要再动垫整电容器，它对这段频率影响较小，相反会弄乱原来已经校准的电台。”

“再旋回到 640 千周电台上，可能会有些改变，得又将垫整电容器再调整一下，这样在两个电台上依法反复调整，到刻度盘上接近它们的频率为止。”

“垫整电容器的调整，可以使 550---900 千周一段的电台在读盘上的位置移动，它对这一段频率的影响很大，旋紧时(C_d 增大)频率向高端移动(较小的 C_b 值达到同样的结果)，放松时则向频率低的一端移动。要使 900---1500 千周一段电台的位置在度盘上移动，则要在振荡线圈上的微调电容器(C_{0b})进行,旋紧(容量变大)移上，放松则移下。”

2、 调整天线输入回路

关于天线回路，冯老前辈没有讲不用仪器的调整，只是在该书 219---220 页讲了使用仪器调整方法。

输入回路的低端一般不用调整。因为低端谐振点是由 L_a 电感量和可变电容 C_a 电容量决定的，成品收音机的谐振线圈 L_a 电感量不会有偏差。(检验 L_a 电感量可以在低端接收一个电台，比如 639/640 使用铜铁棒检验，铜铁端都使声音减小，就说明电感量合适)。

输入回路高端调整，接收 1000---1605 频段的一个电台，比如北京的 1476KHz，调整输入回路微调电容器 C_{0a} 使声音最强，输入回路高端就调整好了。

“调整高频部分时，要将自动增益控制系统通地，暂时使它们不发生作用，以免影响讯号的增益。”

二、 中晚期电子管收音机，低端调振荡线圈磁芯，高端调振荡微调电容，使电台位置与度盘相符；分别调整输入回路天线线圈磁芯和微调电容，使低端、高端电台声音最大。

我们常见电子管收音机都是这一类，红旗 581、上海 144、上海 160—163 各型号、红灯 711 系列及许多衍生型号，使用 6A2、6K4、6N2、6P1、6Z4，经常还有调谐指示管 6E1 或 6E2。其中有些型号中波使用磁性天线，调整略有差别。

(一) 这些机器与跟踪统调相关元件的特征是：

天线谐振线圈 L_a 、 L_b 均使用可调磁芯线圈，电感量有较大的调整范围；垫整电容 C_d 使用 360pf 固定电容器，不能调整；微调电容 C_{0a} 3--10 pf、 C_{0b} 使用 7--30pf 瓷介质微调，可调整；可变电容 C_a 、 C_b 使用 $2 \times 365\text{pf}$ 空气介质双联电容器，容量变化范围 12—365pf。(红灯 711 数据)

根据本人《超外差收音机天线、本振回路参数计算》，波段两端各取 2%余量，当 L_a 、 $L_b=243\mu\text{H}$ ， $L_b=140\mu\text{H}$ ， C_{0a} 、 C_{0b} 调整到与分布电容的和为 27pf、34.3pf 时，达到比较理想的跟踪状态。

(二) 调整思路

天线输入回路中，谐振线圈 L_a 有磁芯，有较大调整范围，低端谐振范围由 L_a 电感量

附加说明：坛友 wjyzy110 热衷于修复老电子管收音机，恢复电子管产业以及电子管收音机，欢迎同好联系

与 C_a 、 C_{0a} 并联的电容量决定, 其中 C_{0a} 影响比较小。在高端, C_{0a} 影响相当大, 决定高端的谐振范围。高、低端会相互影响, 所以要高、低端反复调整几次才好。

振荡谐振回路中, 谐振线圈 L_b 同样有磁芯, 有较大调整范围, 低端谐振范围由 L_b 电感量与回路综合电容量决定, 回路综合电容量是 C_b 、 C_{0b} 并联再与 C_d 串连的得到的, C_d 使用 360pf 固定电容, 综合电容量最大值主要由 C_d 决定。调整 L_b 电感量大小使振荡频率低端为 1000KHz, 数值在 140 μ H 达到最佳。在高端, C_{0b} 影响相当大, 决定高端的谐振范围。高、低端会相互影响, 所以要高、低端反复调整几次才好。

(三) 调整方法, 抄录《电子管收音机、录音机电路》图集 43—44 页

“7、校准刻度盘(又叫调整频率范围或调整频率覆盖)。首先应正确装好拉线盘拉线及指针, 使双连调谐从 0—1800 时, 指针也从低端起始位置滑到高端终止位置。……”

“中波段将刻度盘指针对准低端已知电台刻度数, 调中波振荡线圈磁芯, 使之能收到该已知电台; 指针移动到高端并对准已知高端的电台频率, 调中波振荡器的补偿电容, 并使之能收到该已知电台。然后重复上述过程, 到调动时无明显变化为止。”

“8、统调(即同步、跟踪)。收音机装好, 中频、覆盖都调好以后, 先在低端收到一个电台, 调节输入回路天线线圈的磁芯(磁棒天线则调节输入线圈在磁棒上的位置), 使声音最大。然后调谐收音机, 在高端也收到一个电台, 调节输入回路补偿电容, 使声音最大。再用铜铁棒靠近线圈(或磁棒), 声音都应该减小, 返回地段找到刚才的电台, 再次调整, 也用铜铁棒检验, 如此反复几次, 就基本上能达到统调。”

三、台式晶体管收音机和后期带磁性天线的电子管收音机类似, 参照第二类

四、便携晶体管收音机, 低端调振荡线圈磁芯, 高端调振荡微调电容, 使电台位置与度盘相符; 分别调整输入回路天线线圈磁芯和微调电容, 使低端、高端电台声音最大。

(一) 这些机器与跟踪统调相关元件的特征是:

天线谐振线圈 L_a 、为磁性天线电感量 μ H, 改变线圈在磁棒上的位置, 可以调整电感量; 振荡线圈 L_b μ H 使用标准系列振荡线圈, 有磁芯和磁帽构成闭合磁路, 调整磁帽与磁芯距离改变电感量; 垫整电容 C_d 使用 240--300pf 固定电容, 不能调整; 微调电容 C_{0a} 使用 5--20pf 瓷介质微调; C_{0b} 使用 5--200pf 瓷介介质微调, 后期机器普遍改用 5—20pf 拉线微调电容, 只能减少容量; 可变电容 C_a 、 C_b 使用 CMB223 有机薄膜介质双联电容器 2*270, 容量变化范围 7—270pf。

早期机器(约 1970 年以前)有的使用 250/290 空气介质双联可变电容器, 有的使用开放式磁芯振荡线圈。

(二) 调整思路, 与“二、中晚期电子管收音机”相同。

(三) 调整方法, 在《晶体管收音机修理与调试》(上海科技出版社 1979 年版)一书中, 第 387—393 页介绍得非常详细, 截图如下。

第四节 统调外差跟踪——校准频率 刻度和调整补偿

收音机的中波段通常规定在 535~1605 kHz 的范围内, 它是

矿石收音机
www.crystalradio.cn

通过双连可变电容器，从容量最大旋到最小来实现这种连续调谐的。在大量生产中，为了满足规定的频率覆盖，都把收音机的中波段频率范围设计在 520~1620 kHz 的范围内，比规定的要求略有余量。

一般，我们把整个频率范围中 800 kHz 以下，即双连可变电容器旋在容量最大或较大的位置称为低端，1200 kHz 以上，即双连可变电容器旋在容量最小或较小的位置称为高端，800~1200 kHz 的位置称为中间。对于没有调整过的新装收音机或者调乱了的旧收音机，往往其频率范围是不准的。例如，频率不是正好从 535~1605 kHz，而是从 700 kHz~2.1 MHz，从 500~1500 kHz，我们分别称为频范偏高或者偏低。另外从 535~1500 kHz 或者 600~1605 kHz 的，我们分别称为高端频范不足或低端频范不足。因此，对于新装收音机和调乱了的旧收音机必须进行统调以达到应有的指标。

我们知道，超外差式收音机的调谐回路共有三种：

矿石收音机
www.crystalradio.cn

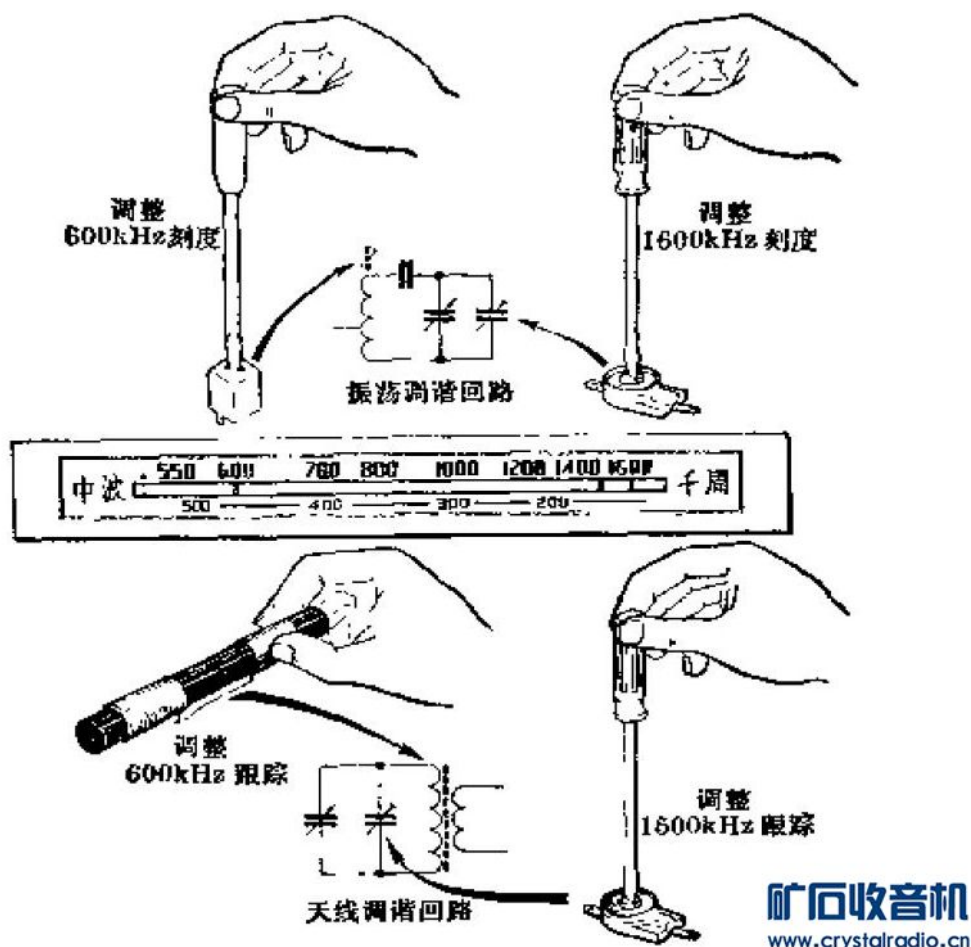
1. 中频调谐回路：它固定地调整在 465 kHz，调好后，使用时无须进行调整。

2. 本机振荡调谐回路：它调整在比收音机频率刻度盘的指示频率高 465 kHz 的位置上，调好后，使用时调节可变电容器，可连续改变本机振荡频率，以达到外差接收的目的。

3. 输入回路：它调整在比本机振荡的频率低 465 kHz 的频率位置。其中，低端、中间以及高端，应有三点正好与频率刻度盘的指示值相对应（其他各点也应尽可能接近）。

必须强调指出：在超外差式收音机中，决定接收频率的（也就是决定频率刻度的）是本机振荡频率与中频频率的差值，而不是输入回路的频率（直放式收音机的接收频率是输入回路决定的），因此校准超外差式收音机频率刻度的实质是校准本机振荡器频率和中频频率之差值。第 3 章里介绍过，在本机振荡回路里，改变振荡线圈的电感量（即变化磁芯）可以较为显著地改变低端的振荡频率（但对于高端也有较大的影响）。改变振荡微调的电容

矿石收音机
www.crystalradio.cn



同步或跟踪。但实际上,要使整个波段内每一点都达到同步是不易实现的,为了使整个波段内都能取得基本同步,在设计振荡回路和输入回路时,要求它在中间频率处(如中波 1000 kHz)达到同步,并且在低端通过调整磁性天线的电感量,在高端通过调整天线微调的容量,使低端和高端也达到同步,这样一来即使是其他各点的频率也就相差不太多了,所以在超外差式收音机的整个波段范围内有三点是跟踪的。故也称三点同步或三点统调。

综上所述,校准频率刻度的目的,是使收音机在整个波段范围内收听电台时都能正常工作,指针所指出的频率刻度与接收到的电台频率相对应。以应适应输入回路的跟踪点,调整补偿的目的,是使接收灵敏度、整机灵敏度的均匀性以及选择性等达到最好的程度,并适应振荡回路的跟踪点。本书把它们分别称为校准频率刻度和调补偿,而把这两种调整统称为统调外差跟踪。

一、利用接收外来广播电台进行统调

矿石收音机
www.crystalradio.cn

(一)校准频率刻度

当收音机基本上能收听,中频已初步调准,就可以开始校准频率刻度。

校准前先将收音机的双连调到容量最大位置,即指针拨到起点的位置。来回调节刻度盘的走线一次,检查指针走线从头到尾是否扎牢、不稳、滑脱等不良现象。

校准时,先在低端(600kHz)接收一个电台,例如中央人民广播电台的 640kHz,调准以前,核对一下被调收音机所指出的频率刻度数是偏高了还是偏低。例如 640kHz 的电台,收音机的指针指到 640kHz 以上的,称为指示值偏高,指在 640kHz 以下的,称为指示值偏低。接着将收音机调到高端。接收一个高端频率的电台,也核对一下指针所指出的频率刻度,并记住高端和低端,是偏高还是偏低。以便决定对策。

下面我们分别介绍各种情况下的校准方法:

1. 低端偏高时,应适当减小振荡线圈的电感量,一



振荡线圈的磁芯。反之低端偏低时,应适当增加振荡线圈的电感量,即旋进振荡线圈的磁芯。

2. 高端偏高时,应适当减小振荡微调电容器的容量(对于拉线微调电容就是要再拉掉些),反之高端偏低时,应适当增大振荡微调电容器的容量(对于拉线的微调拉脱后,就不能再绕上去使用,所以还要特别注意不要拉过头)。

3. 整个频率刻度都是偏高或偏低时,先调整振荡线圈的磁芯,然后再根据实际情形进行调整。另外还要注意检查指针的起点位置是否对准。

必须指出,调高端时(微调电容)对低端也有牵制,调低端时,对高端也有牵制且较大。因此校准时,应先调低端,后调高端。接着由低端到高端反复多次,直到高低两端基本上调准了为止。

4. 当高、低端频率刻度指示准确以后,一般来说,中间部分也误差不大了,但也可以在中间收听一个电台来核对一下频率刻度。如果偏差较大,应着重检查一下双连可变电容器和垫整



否良好。指针的起始位置是否与双连可变电容器容量最大位置一致。

对于一般收音机来说，低端、中间和高端三点都校准了刻度，其他频率位置的误差也就不致过大了，对频率刻度准确性要求较高的收音机，常采用空气的可变电容器，这种电容器的动片组的最外一片开了槽，称做花片，拨动这个花片，可以改变可变电容器的所在位置容量，因此分别拨动不同部位的花片，可以修正双连在这个旋转角的容量，从而使收音机的频率指示在整个接收频率的范围内都较为准确。因为输入回路对振荡频率略有影响，特别是高端影响较大(短波的高端更大)，所以频率刻度初步校准后，就要进一步调整输入回路的补偿，调输入回路的同时，还要进一步校准(微调)频率刻度。并反复核对和调整。

(二)调整输入回路——补偿

调补偿时，仍旧把指针旋到低端 600kHz 附近，收听一个电台的广播，并调准这个电台到最响，转动磁性天线方向，使

矿石收音机
www.crystalradio.cn

频讯号较小，接着移动天线线圈在磁棒上的位置，使声音达到最响。这样就算低端初步调好了。再把指针旋到高端 1500kHz 附近，收听一电台广播，调节天线微调，使声音最响，这样高端也就初步调到同步了。同振荡回路一样，由于低端和高端也要互相牵制，例如先调准了低端，接着再调准高端后，低端又有些偏离，因此要反复调整几次，调整时和调中频一样，输入的讯号要小，峰点才比较明显准确，同调中频时一样，也可以在整机电路内接上电流表，仔细观察峰点。

(三)跟踪点的检查

校核跟踪是否良好，可用一根测试棒来检验。测试棒是一根长绝缘棒或塑料套管其一端装一个闭合铜环(铜板或铜梗都可以)作为铜头，另一端装一段磁芯(用一段磁性天线棒)作为铁头，如图 7-15 所示。

矿石收音机
www.crystalradio.cn

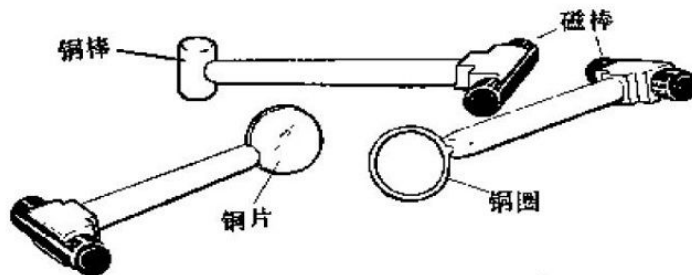


图 7-15 几种铜铁棒的外形

检查时，把指针调到统调点（即进行补偿调谐的频率上，一般中波段 600kHz、1000kHz、1500kHz 三个位置），用测试棒铜头靠近被测收音机的磁性天线。在靠近的过程中，若输出有所增大的，则为铜升，说明天线线圈电感量大了些，输入回路的谐振频率已经比外来讯号频率低了，需要将线圈从磁棒里往外拉出一点，使回路正好不再铜升为止；接着，再将铁头去靠近磁性天线，若在靠近的过程中，输出有所增大则为铁升，说明天线线圈的电感量小了些，输入回路的谐振频率偏高于外来讯号频率，需要将天

磁棒中心位置移动，直到铜、铁棒两头，分别靠近磁性天线时，输出均有所减小，则说明输入回路的谐振频率正好谐振在外来讯号频率

频率，达到了最好的补偿或跟踪。高、低端校验好后，再检查一遍中间位置的跟踪。应当指出，中间位置的跟踪点（指频率）可能有些偏差，不能过于严格要求，例如，在 1000kHz 的附近能找到跟踪点的，就说明已经有三点跟踪了。或者在 1000kHz 位置时

棒检验时，有些失谐，但并不严重（指铜升或铁升较小）就可以了。

如果由于选择性指标的不良，需要中间位置的 1000kHz 处跟踪良好，但双连可变电容器又是选用有机密封双连或无花片可拨的，则应调换双连可变的电容器一试。当高端的灵敏度和假象波道选择性较好时，可将高端的天线微调正对 1000kHz 的位置略微补偿一下，此后应重复检查高端是否因失谐而达不到灵敏度指标的规定。一般来说，凡配套的磁芯天线、天线线圈、刻度盘、拉线盘、双连、振荡线圈、垫整电容器以及结构和布线并无异状的，只要对准指针起点。调准刻度、低端和高端的跟踪点也按原设计规定调好的，则中间一个跟踪点是不致失谐过多的。



铜铁棒实物照片

很不错的贴子！

楼主能不能有时间介绍一下短波的统调，虽然在理论上和中波是一样的，但其中有些特殊性，不好解决。

比如最近，给一台海燕 B321 换了同型号的短波磁棒和线圈（原本是一套），换后发现灵敏度不如以前，由于短波线圈是固定在磁棒上的，不可移动，而且，原短振已蜡封，补偿电容也不易再调，所以换后不是很好调整。

楼主介绍一下这样的短波段，怎么能合理，迅速进行统调。

楼主答复：

蜡封一定要全破开.这是不必手软的.最好对相关电容全部用热风筒加热驱潮

L 和 C 中 C 损坏漏电受潮占大部分.L 驱潮后很少有问题

您好，短波难一些。

- 1、镜像频率比中波严重得多。
- 2、调整时频率变化范围比中波大很多。
- 3、要使用仪器，否则盲人摸象。
- 4、您的机器天线最好不要动了，振荡线圈参数比微调电容变化的可能性小。
- 5、必要的话破坏振荡线圈的蜡封，调满意后再封上。
- 6、有心理准备，老机器有的很难恢复接近出厂的性能。

具体方法，有两点统调和三点统调。三点的与中波一样，两点的只调整两端或频率范围前后 1/4 处。

文章太细致了！我年轻时教技校学生，收音机中波统调总结为原理、方法和步骤，其中统调步骤为：

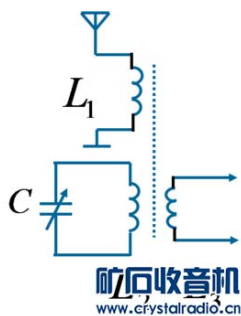
- 1、调中放，从后往前，用信号注入法，保证中周的调谐和带宽；
- 2、调覆盖，低端调振荡线圈，高端调本振补偿电容，保证波段覆盖；
- 3、调跟踪，低端调磁棒线圈，高端调天线补偿电容，保证高低端灵敏度。

这样总结学生容易记住。

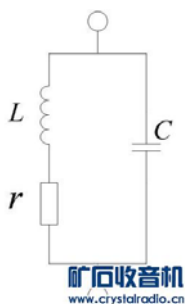
短波天线线圈是间绕，工厂调整时，是用直接在线圈上焊接导线来调节电感，不移动线圈
短波基本使用 2 点统调

你使用的电子管收音机电路图的天线谐振回路，晶体管收音机的磁棒谐振回路电路图根本不是并联谐振
而是串联谐振

在电阻、电感及电容所组成的串联电路内，当容抗 X_C 与感抗 X_L 相等时，即 $X_C = X_L$ ，电路中的电压 U 与电流 I 的相位相同，电路呈现纯电阻性，这种现象叫串联谐振。当电路发生串联谐振时电路的阻抗 $Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2} = R$ ，电路中总阻抗最小，电流将达到最大值。



并联谐振：在电阻、电容、电感并联电路中，出现电路端电压和总电流同相位的现象，叫做并联谐振，其特点是：并联谐振是一种完全的补偿，电源无需提供无功功率，只提供电阻所需要的有功功率，谐振时，电路的总电流最小，而支路电流往往大于电路中的总电流，因此，并联谐振也叫电流谐振。



电子管收音机的中频变压器，
初级是并联谐振，次级是串联谐振
天线回路是串联谐振
晶体管收音机天线回路是串联谐振
晶体管收音机中频变压器初级是串联谐振