

红灯733-1型14管5波段半导体收音机

王恭行

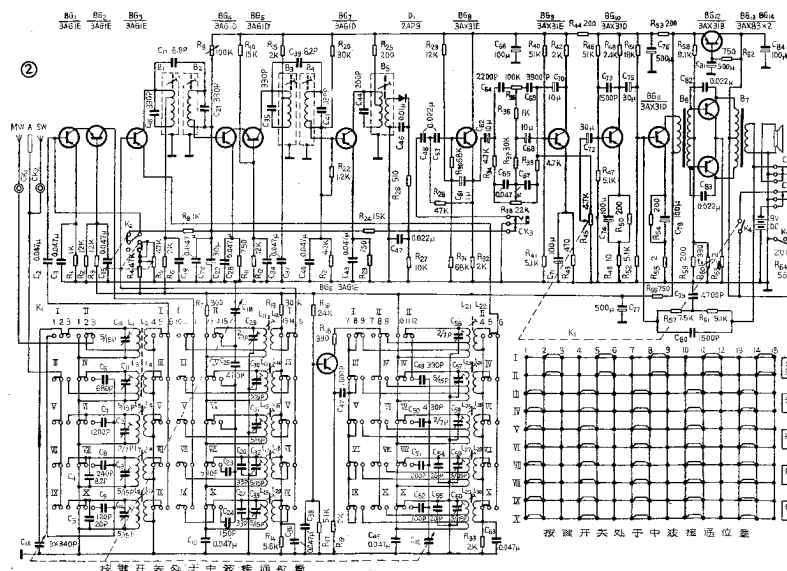
本机是为边远地区使用的收音机 灵敏度高 选择性好 有较好的音质和较大的输出功率 共有一个中波段和四个短波段 电路采用调谐式高放 独立振荡 混频 二级双调谐中放 低放电路采用分别调节的高 低音提升音调网络 变压器耦合推挽功率输出

一 主要性能指标

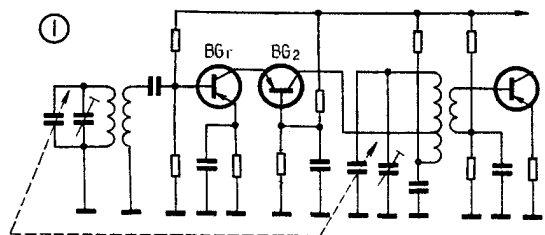
频率范围 中波535 1605千赫 短波 2 4.5兆赫 短波 4.5 10兆赫 短波 10 16兆赫 短波 16 22兆赫
 中频频率 465千赫
 灵敏度：中波 短波 不劣于0.5毫伏 米 实测0.2毫伏 米 6分贝信噪比时为0.05毫伏 米 短波 不劣于50微伏 实测20微伏 6分贝信噪比时为5微伏
 选择性 36分贝
 额定功率 500毫瓦 实测 1瓦
 高低音调作用范围 12分贝
 电源消耗 零信号时 25毫安 额定功率时不大于170毫安

二 电路特点简介

总电路原理图见图2 其主要特点如下



1 调谐式高频放大器 高频放大一般分成二类 一类是不调谐式 用电阻作负载 能提高接收机的灵敏度和信噪比 但它实际上是宽频带放大器 不能提高高频选择性 与无高放机相同 另一类高放就是本机采用的调谐式高放 其负载形式与天线回路相同 也是一个调谐回路 见图1 它对高放级放大的信号又进行一次选择 所以不仅提高了灵敏度 信噪比 而且提高了高频的选择性 如象频指标 虽然如此 但由于它放大的信号频率高 处理不当很易自激 造成自激的原因有如下几种 因晶体管本身内反馈 引起正反馈而造成自激 其次 由于调谐回路负载线圈的发射 反馈至输入端 被天线线圈接收 也会造成自激 此外 通过布线 转换开关等的分布电容耦合而引起的正反馈 也会造成高放的不稳定 严重时也会自激 所以高频放大器如设计不当 会得不偿失 灵敏度非但不能提高 反而引起不稳定 轻者噪声增加 重则使收音机无法工作



本机采取如下措施使高放工作稳定

1 采用共发共基串接式放大电路 BG₁接成共发 BG₂接成共基 在共发电路主要引起自激的是管子的内电容 过渡电容 C_{bc} 而在共基电路中引起自激的则是电容 C_{ce} 它要比C_{bc}小得多 而C_{bc}在共基电路中是输出电容 与内反馈无关 所以共基电路要比共发电路稳定得多 此外 第一个共发管子的负载是第二个共基管的输入阻抗 我们知道 共基管的输入阻抗是很低的 一般只有几十欧 故串接以后 第一共发管的增益很低 故引起正反馈的电压也低得多 高频放大器工作也就稳定得多 从上述分析可以看出 串接放大器中 共基管起了隔离作用 而共发管又比平常接法稳定 所以串接放大电路是很稳定的 稳定系数约比共发放大提高一个数量级 内反馈几乎可看作消除了

串接放大电路的增益比共发放大高一点 因为串接放大第一个共发管是电流放大器 而第二个共基管是电压放大器 其电流增益 ≈ 1 所以串接电路总电流增益基本上等于共发管的, 我们知道 共发放大增益 $K_v = R_{out} / R_{in}$ 而共基管的输出阻抗要比共发大许多 所以从上式可看出电压增益K_v也大

串接放大电路的优点是稳定 放大量比共发电路大 由于R_{out}大 对高放回路影响也小 缺点是多用了一个管子和几个电阻 电容

串接放大还有一个优点是 由于它的输出阻抗比共发接法高 对高放回路影响少 使得高放回路有载Q值比共发高 因此高频选择性得以提高

2 采用五档十刀按键开关作为波段转换开关 高频放大器引起正反馈的途径 除了内电容反馈外 还有高放输出端调谐回路与输入端天线回路之间的耦合 主要是高放线圈与天线线圈之间的耦合 另外各高频元件 引线之间的耦合也都会引起正反馈导致自激 必须尽量减少上述这些有害的耦合 为此选定波段开关是很重要的 最理想的转换开关是鼓形开关 它各级之间容易装屏蔽隔离 而且波段转换引线很短 各波段的分布容量很小也很一致 但成本太贵

采用一般的收音机波段开关成本最低 但高频性能最差 它必然有一束很长的引线 而且绕在一起耦合很紧 分布容量很大 一致性也必然很差 不利于作为带高放电路的波段转换

按键开关的优缺点和价格介于上述两种开关之间 用于本机比较合适 本机将天线线圈与高放线圈放在开关的二端 离得最远 让振荡线圈夹在中间 减少了回路间的耦合 同时考虑到天线线圈与高放线圈的磁场方向 接得使其相位相反 破坏了自激的相位条件 有效地提高了高放稳定性 本机高频放大器各波段的平均增益约为12分贝 高频选择性约为10-15分贝

2 输入回路 本机中波和短波 的天线回路共用一根中波磁棒 MX400 10 200 短波 采用1.45米长的拉杆天线 输入回路采用直接耦合 提高了短波接收效果 具有较平稳的波段覆盖和灵敏度

短波 的频率是2-4.5兆赫 中波磁棒在4.5兆赫时的Q约是1.5兆赫时的1/3 我们用11股0.07毫米丝漆包线绕制的短 天线线圈套在上述磁棒头上测得2兆赫时Q=120 4.5兆赫时Q=55 但另一方面 在波段低端频率时可变电容器容量最大 高端频率时容量最小 所以不同接收频率时调谐回路的谐振阻抗是不同的 回路谐振阻抗 $R_e Q = Q \sqrt{L/C}$ 频率高端C, $R_e Q$ 频率低端 $R_e Q$ 高放回路是高频放大器的负载 高放的增益与高放回路的 $R_e Q$ 成正比 所以频率高端的增益要比低端高

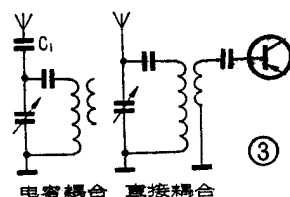
我们知道自激是与增益有关的 增益越高 越易发生自激 所以高放自激往往发生在波段的高端

本机短波 使用中波磁棒正好解决了上述问题 由于磁棒线圈在频率高时Q下降 使天线回路增益下降 这正好与高放回路在频率高端的增益上升相抵消 可得到较平稳的波段覆盖灵敏度 同时也减小了回路间的耦合 不易自激 同时 天线回路的 $R_e Q$ 下降 使得高放级输入阻抗下降 减小了高放级的反馈系数 对稳定也有好处

当然如果短波频率再高就不能用中波磁棒了 因为Q下降太多将严重影响增益 也影响高频选择性

本机短波 实测灵敏度0.2毫伏/米 6分贝信噪比时为0.03毫伏/米 象频 46分贝 2兆赫与4.5兆赫的灵敏度相差 3分贝

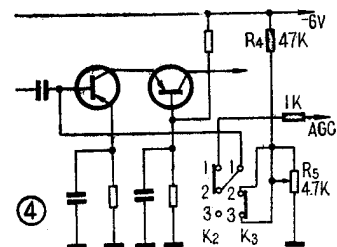
短波 采用直接耦合的输入回路 它与电容耦合的原理相同 实际上当电容耦合的天线耦合电容C₁取得很大 见图3 对高频信号可视作短路 就成了直接耦合



电容耦合输入回路的传输系数与 C_1 有关 C_1 越大 传输系数越高 所以直接耦合能得到最大的传输系数 尤其是波段的低端提高得更多 另外 由于直接耦合 使得拉杆天线的等效电容 等效电阻直接接入输入回路 增加了回路的损耗 影响了回路的Q值 而对频率高端的影响要比低端影响大些 所以高端的传输系数没有低端提得高 而且高频选择性要比电容耦合差 但由于本机具有调谐式高放 高频选择性主要由高放回路来补偿 天线回路主要考虑增益 可不考虑选择性 所以用直接耦合还是可行的 本机象频指标还是比较好的 短波 大于20分贝 短波 大于15分贝

直接耦合接法只适用于覆盖范围较窄的波段 因为覆盖范围宽的波段 天线回路的微调电容必然容量不大 直接耦合时将天线等效电容全部并在输入回路上 如果等效电容大于微调电容 该波段高端将无法统调了

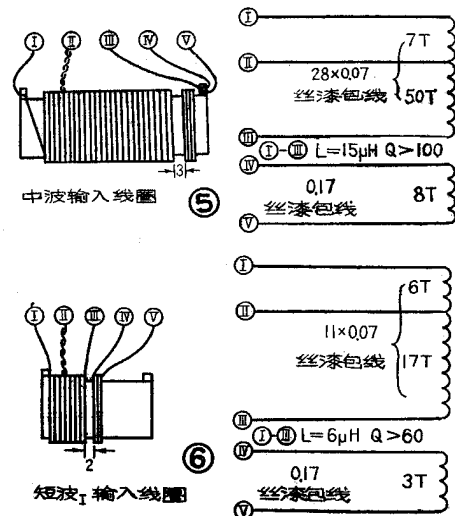
3. 高频增益控制器(RFC) RFC就是人工控制高放管的工作点来控制高放级增益 以免收音机在收近地强电台时发生阻塞而使声音严重失真 如图4所示 在正常场强下收听时 开关 K_2 的1 2接通 K_3 的2 3接通 高放偏压是由自动增益控制 AGC 电路提供 高放增益由AGC控制 RFC不起作用 当在强场强下收听时 打开RFC开关 即将 K_2 的2 3接通 K_3 的1 2接通 此时高放管与AGC电路断开 高放管的偏压由 R_4 和电位器 R_5 分压 由 R_5 上取出 人工调节 R_5 即可随意控制高放管的增益 达到满意地收听 高放管电流 I_c 可从0.5毫安调到零 但此时只剩下一中放受AGC控制 所以AGC性能变差

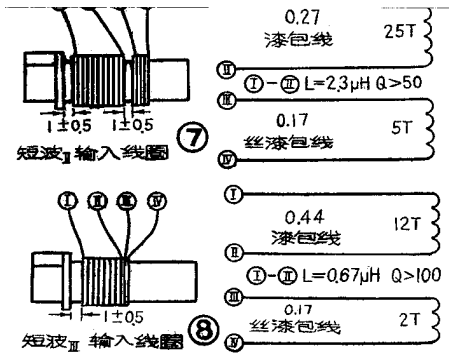


4 本机采用独立振荡的混频电路 中波和短波 用基波振荡 短波 用倍频振荡 以减少牵扯现象和人体感应

5 中放采用二级双调谐 第一中放采用串接放大器 原理同高放 可以不加中和 R_{22} 的作用是因中放增益较高 中周采用现成系列产品 当 $KQ=1$ 时出现双峰现象 调试化较困难 加了 R_{22} 可以降低回路Q值 使 $KQ=1$ 达到临界耦合 克服双峰现象

本机高频各波段线圈的绕制数据请看图5到图18 待续 (上海无线电二厂设计一组 王恭行)



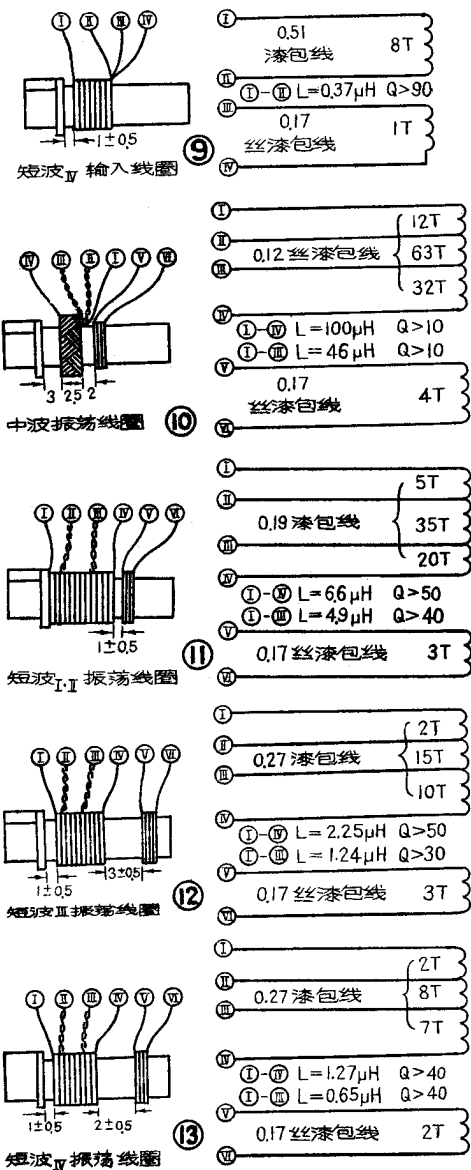


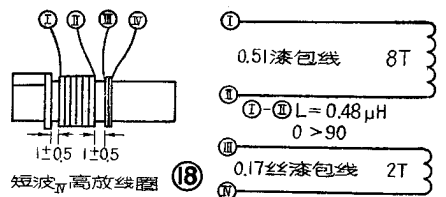
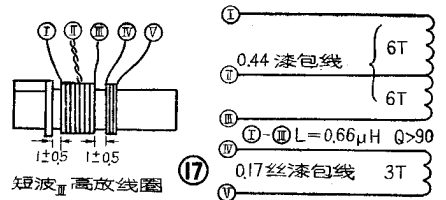
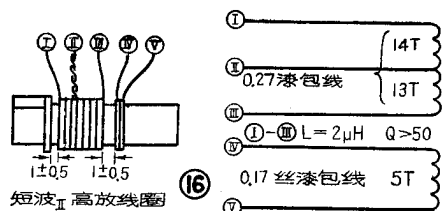
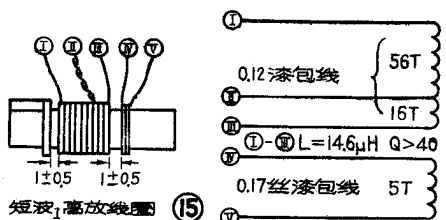
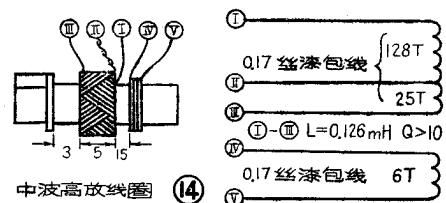
红灯733 1型14管5波段半导体收音机(续)

王恭行

6.低放部分 采用典型的变压器耦合推挽功率输出 提升高音 补偿中频曲线和检波网络损失的一部分高音

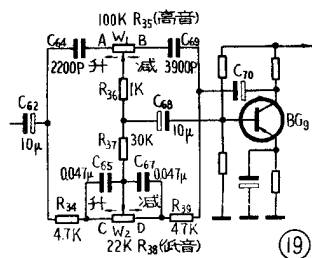
BG₁₀是前置放大器 BG₁₁是激励级 BG₁₃ BG₁₄是功放级 R₅₇ R₆₁ C₈₀ C₇₉是低音提升负反馈网络 用以改善失真 C₈₂ C₈₃是低音负反馈电容 解决大信号偏调啸叫声





7. 音调控制电路 衰减 负反馈混合式高低音分别调节 不过是对所需要提升的频率衰减得比其他频率的衰减少而已

见图19 可以有较大的作用范围和较小的失真 对于任何一种音调控制电路来讲 实际上都是衰减电路 只本电路也是如此 W₁是高音控制电位器 W₂是低音控制电位器



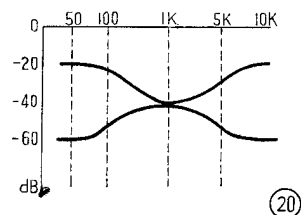
先看提升情况 当W₁调到A端 W₂调到C端时 高音通过C₆₄ R₃₆ C₆₈送到BG₁₄的基极放大 由于C₆₄设计时 其数值选得使对高音频的容抗很小 相当于短路 所以衰减最小 增益最高 对中 低音信号 由于C₆₄容抗增大 可视为开路 中 低音只能从R₃₄ R₃₇经衰减后加到BG₉的基极 这样 电路衰减部分R₃₄ R₃₇ C₆₄就组成了高音提升网络 对中 低音有一定衰减

另一方面 设计时将C₆₅ C₆₇的数值选得使它们的容抗对高 中音视为短路 而对低音看作开路 因此 线路中反馈网络部分R₃₉ R₃₇对高 中音有较深的负反馈 受到衰减 而对低音则几乎无负反馈 因C₆₇对低音为开路 低音反馈信号必须通过W₂反馈 反馈量大大减少 因此R₃₉ R₃₇一路可看作低音提升线路 另一反馈支路C₆₉ W₁ R₃₆与BG₉的输入电阻并联反馈 因W₁阻抗很大 反馈量很小 可视为无反馈

从以上分析可看出 当W₁ W₂位于提升最大 A C点 时 低音受到R₃₄ R₃₇一次衰减 高音也受R₃₉ R₃₇负反馈的一次衰减 而中音同时受上述二次衰减 结果高 低音得到了提升

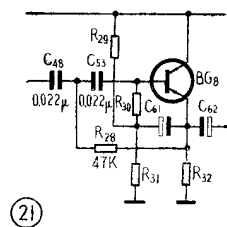
当W₁的中心滑臂移向B点时 高音因W₁的阻值增大而衰减增大 同时C₆₉支路的负反馈也逐渐起作用变大起来 C₆₉对中 低音不起作用 当W₁中心滑臂移到B点时 高音得到最大程度的衰减 而且负反馈也最深 于是高音衰减达到最大 当W₂的滑臂移向D端时 与高音情况相反 低音受到增大的W₂阻值的衰减 同时低音负反馈也因W₂阻值的减小而逐渐大起来 高 中音因C₆₇的作用而保持不变 当W₂中心抽头移到D端时 低音受到最大程度的衰减 而且负反馈最深 此时便形成低音衰减最大

总的频率响应曲线见图20



8 射极跟随器与高通滤波器 见图21 BG₈是射极跟随器 特点是输入阻抗高 输出阻抗低 高输入阻抗有利于接电唱机时和高阻抗唱头匹配 对检波负载影响小 使交 直流负载接近 改善调制失真 本机输入阻抗约为100千欧 C₄₈ C₅₃ R₂₈与BG₉接成高通滤波器 其转折频率为

$$f = \frac{1}{2RC}$$

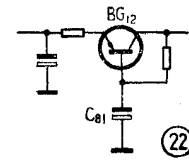


式中 $C=C_{48} C_{53}$ $R=R_{28}R_{\text{入}}$ R_{28} $R_{\text{入}}$ $R_{\text{入}}$ 是BG₉的输入阻抗 代入电路元件数值计算得f 110赫

电路中为何要加高通滤波器呢 由于本机采用4 6椭圆形内磁式扬声器 扬声器的谐振频率为100 110赫 实测 而电路中采用了高 低音提升网络 如不加高通滤波器 低频响一直可提升到50赫 而扬声器在谐振频率以下的频段上声音是不能正常发出的 如果有很大分量的低音频送进扬声器 不仅发出的低音很难听 还会破坏正常的发音 带来严重失真 往往是一种破壳声 所以收音机的电频响必须与扬声器的声频响匹配起来 并不是电频响越宽 声音越好听 所以本机加了高通滤波器使110赫以下的信号被削减 和未加滤波器前相比 对50赫低音衰减了10分贝 从而得到了丰满的音质

9 电子滤波器 见图22 本机电源采用了有源滤波器 由于本机输出功率有1瓦 在用于电池的收音机中功率是比较大的 而且低频响较宽 考虑到降压后因干电池内阻增大而引起的啸叫声 就必须加大滤波电容 而滤波电容用得大 成本增高 所以我们采用有源滤波器 它用较小的电容达到大电容的滤波效果 成本较低 在此电路中 将滤波电容接在BG₁₂的基极电路上 所起的滤波效果相当于BG₁₂发射极与地之间接了一个 $\frac{1}{C_{81}}$ 的电容 C₈₁取500微法 如果BG₁₂的 $\beta=10$ 则

1 $C_{81} = 10 \times 500 = 5500$ 微法



这相当于在电源上接了一个5500微法的大电容 因此本机具有良好的降压性能 电源电压从9伏降到6伏还能工作 不会发生啸叫声

本机功放级输入变压器用XE6 10铁心 初级用0.1高强度漆包线平叠绕1900圈 次级用同号线双线并绕600圈 接作两个线圈 输出变压器用XE6 10铁心 初级用0.27高强度漆包线双线并叠绕190圈 接作两个线圈 次级用0.35高强度漆包线平叠绕110圈

本机中波和短波I天线线圈套在MX 400Y10 200磁棒上调节 中振 中波高放线圈用M4 3 12磁心调节 其他短波线圈用NI 3 12高频铁心调节 (上海无线电二厂设计一组 王恭行)

