

晶体管收音机

修理与调试



上海人民广播电台

晶体管收音机

修理与调试

上海无线电三厂编

上海人民广播电台

毛主席语录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

努力办好广播，为全中国人民和全世界人民服务。

0551/21

内 容 提 要

《晶体管收音机——修理与调试》是一本适合于从事晶体管收音机生产和修理工作的工人和工农兵业余无线电爱好者阅读的科技普及读物。

本书从晶体管收音机的电路分析着手，深入浅出地阐明了修理和调试技术的理论依据；从理论与实际操作结合的角度出发，详细地介绍了修理与调试的方法、技巧以及逻辑检修的原则。

本书还收集了若干种晶体管收音机产品的线路与一定数量的数据和表格，可供修理与调试时参考。

前 言

遵循伟大领袖毛主席关于“努力办好广播,为全中国人民和全世界人民服务”和“要认真总结经验”的教导,我们组织编写了《晶体管收音机——修理与调试》一书。本书采用了领导干部、工人、专业人员三结合的形式写书、编书和审书,这使书稿在政治上和技术内容上都达到了一定的要求,并在理论联系实际方面也取得了较好的效果。本书是大协作的成果,集体智慧的结晶。

《晶体管收音机——修理与调试》一书力求内容详细,文字通俗,插图清晰,以适合从事于晶体管收音机生产和修理工作的工人以及广大工农兵业余无线电爱好者阅读。本书从电路分析着手,深入浅出地阐明了修理与调试的理论根据,具体、详细地介绍了修理、调试的方法和技巧以及逻辑检修的原则,以期提高修理与调试工作的主动性与针对性,克服盲目性与片面性,从而达到多快好省的检修效果。由于本书篇幅较长,且各章自成系统,因此阅读时不必按本书目录顺序,可根据需要,择章选读。

我们殷切期望广大工农兵读者提出宝贵的意见,以便进一步提高本书质量,为宣传马列主义、毛泽东思想作出应有的贡献。

本书系由我厂沈宜孙同志执笔整理。

上海无线电三厂

1974年5月

目 录

第 1 章 超外差式收音机概述

第一节	超外差式收音机的工作概况	1
第二节	超外差式收音机的基本性能指标	3
第三节	超外差式收音机的使用和试听	21

第 2 章 晶体管收音机电路元件

第一节	电阻器	30
第二节	电容器	40
第三节	输入和输出变压器	53
第四节	天线线圈和振荡线圈	68
第五节	中频变压器	79
第六节	晶体管	87
第七节	喇叭、话筒和耳机	99
第八节	开关	108

第 3 章 超外差式收音机典型电路分析

第一节	七管超外差式收音机概述	110
第二节	电路元件及其局部电路的作用	115
第三节	整机的直流回路分析	133
第四节	整机电路逐级分析	140
第五节	整机讯号回路分析	171
第六节	整机各级讯号电压	180

第 4 章 检查收音机电路故障的基本方法

第一节	检修收音机的方法	182
第二节	检修时要注意什么	184

第三节	整机电压、电流的检查方法	186
第四节	集电极电流的测量方法	191
第五节	整机电流小的检查方法	193
第六节	整机电流大的检查方法	196
第七节	输出回路的故障检查方法	203
第八节	用万用表检查故障的方法	207
第九节	用讯号发生器检查故障的方法	211
第十节	用故障寻迹器检查故障的方法	219

第 5 章 超外差式收音机各类故障的检修

第一节	电路元件的故障图示	231
第二节	完全无声和有噪声无广播	236
第三节	有广播音轻	243
第四节	噪声	247
第五节	哨叫	251
第六节	失真	257
第七节	广播声时有时无、时轻时响	266
第八节	串台——选择性差	267
第九节	高频机震	269
第十节	其他故障	271
第十一节	逻辑的故障检查程序	276

第 6 章 常用测试仪表

第一节	万用表	289
第二节	音频毫伏表	296
第三节	高频毫伏表	300
第四节	音频讯号发生器	303
第五节	高频讯号发生器	307
第六节	示波器	312
第七节	失真度测量仪	317
第八节	高频 Q 表	321
第九节	稳压电源(整流器)	332
第十节	统调仪	334

第十一节	中频图示仪	342
第十二节	收音机故障寻迹器	345
第十三节	简易音频、高频两用讯号发生器	351

第 7 章 收音机的调整与测试

第一节	仪表的设置、布局和连线	364
第二节	调测各级晶体管的工作点和开口试听	371
第三节	调整中频	377
第四节	统调外差跟踪——校准频率刻度和调整补偿	387
第五节	修理后的重新调试	405

第 8 章 晶体管收音机试验方法

第一节	晶体管收音机的逐级调试与测试	409
第二节	晶体管收音机电、声性能的测量	432

第 9 章 产品晶体管收音机介绍

第一节	春雷 401 型四管一波晶体管收音机	461
第二节	春雷 503 (502) 型五管二波晶体管收音机	475
第三节	春雷 607 型六管二波晶体管收音机	488
第四节	春雷 605 型六管三波交直流两用晶体管收音机	499
第五节	春雷 705 (703) 型七管三波晶体管收音机	511
第六节	春雷 804 型八管三波晶体管收音机	525
第七节	春雷 805 型八管三波晶体管收音机	533
第八节	春雷 3P2 型九管三波晶体管收音机	540

附录一	分贝及分贝表	555
附录二	晶体管收音机输出功率、电压、阻抗换算表	564
附录三	晶体管调幅广播收音机分类与基本参数	565

超外差式收音机概述

超外差式收音机具有灵敏度高而工作稳定, 选择性好而失真度小等优点, 深受广大工农兵群众的欢迎。本章将简明地叙述超外差式收音机的工作特点, 着重介绍判别超外差式收音机性能的各项技术指标, 并具体地说明试听超外差式收音机的一般方法。

第一节 超外差式收音机的工作概况

晶体管收音机在电路结构上一般可分为高放式和超外差式两类。现分别简要介绍如下:

一、高放式收音机

高放式收音机有时也称为直放式收音机, 它的电路方框图如图 1-1 所示。

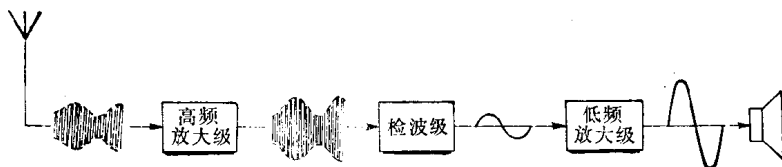


图 1-1 高放式收音机的电路方框图

图中, 接收天线将由广播电台播发出的高频调幅波接收下来, 经高频放大级放大后由检波级检出音频讯号, 再经低频放大级放大, 最后推动喇叭将音频讯号转变为声音。

必须指出的是: 高放式收音机进入检波级的讯号频率, 就是接收天线接收下来的高频调幅波讯号频率。这也就是说, 如果收听到中波段低端的 640 kHz 的中央人民广播电台的播音时, 进入检

波级的讯号频率就是 640 kHz ; 同样, 如果收听到高端的 1420 kHz 的上海人民广播电台的播音时, 进入检波级的讯号频率就是 1420 kHz 。我们就将这种被送到检波级去检波的讯号只是将外来讯号直接进行放大而并不经过频率变换的接收方式称为高放式或直放式接收。高放式收音机名称的由来就在这里。这种收音机的优点是简单易制, 缺点是收听波段内的低端和高端的音量不均匀, 而且电路的稳定性、选择性较差, 失真度较大。由于稳定性差, 所以整机的增益受到限制, 灵敏度也就很难进一步提高。

二、超外差式收音机

超外差式收音机的电路方框图如图 1-2 所示。

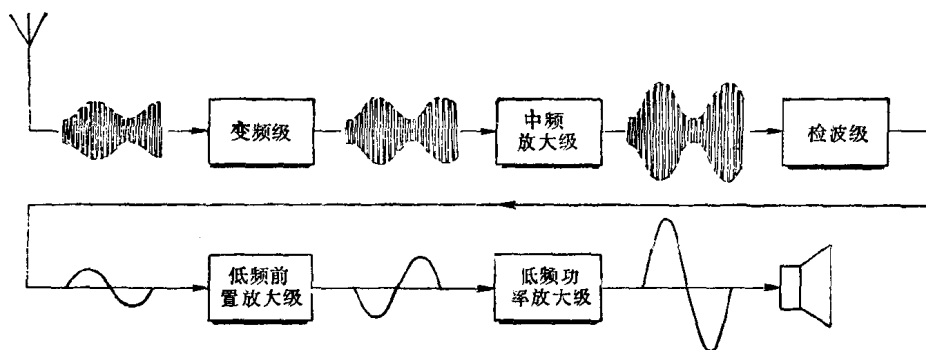


图 1-2 超外差式收音机的电路方框图

图中, 接收天线将由广播电台播发出的高频调幅波接收下来, 通过变频级把外来的高频调幅波讯号频率变换成一个较低的、介于低频与高频之间的固定频率—— 465 kHz , 称为中频。这就是说: 当接收 640 kHz 的广播电台时, 变频级把 640 kHz 的高频调幅波讯号变换成 465 kHz 的中频调幅波讯号; 当接收到 1420 kHz 等其他广播电台的高频调幅波广播时, 也同样都把这些外来讯号频率变换成 465 kHz 的中频讯号。然后, 由中频放大级将变频后的中频讯号进行放大, 再经检波级检出音频讯号。同高放式接收一样, 为了获得足够大的输出音量, 也需经低频前置放大级和低频功

率放大级放大以推动喇叭。

由于超外差式收音机是经变频后以固定的中频频率来进行放大的,因此在整个接收范围内的高端和低端的灵敏度就比较均匀,它适合安装多波段,而且收音机的灵敏度高,选择性好,工作较为稳定,另外失真度也可做得很小。当然,事物都是一分为二的。超外差式收音机的电路要比高放式繁复,而且还出现了超外差式收音机较难避免的象频干扰和中频干扰(下一节将解释这两种干扰)。

通常,我们将从天线到检波为止的电路部分称为高频部分(或前级),而将从检波到喇叭为止的电路部分称为低频部分(或后级)。根据不同的收听要求,超外差式收音机的电路型式是多种多样的。图 1-3 所示的是简易型三管超外差式收音机的电路方框图,它是由一级变频、一级来复式中、低放和一级功放组成的。图 1-4 所示的则是七管超外差式收音机的电路方框图,它是由一级变频、二级中放、三级低放组成的。

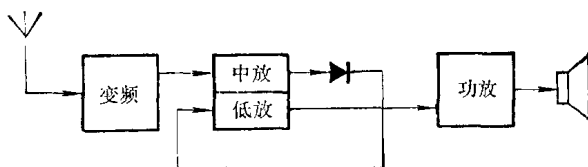


图 1-3 简易型三管超外差式收音机的电路方框图

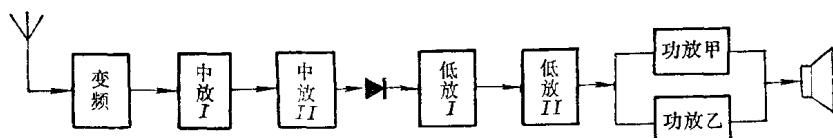


图 1-4 七管超外差式收音机的电路方框图

第二节 超外差式收音机的基本性能指标

一架收音机的收音效果怎样?能否清晰地收听电台的广播?广

播声中是否有夹音？音质是否正常？要回答象这样一类表示收音机性能好坏的问题，就应当知道收音机有哪些指标。晶体管收音机有特、一、二、三等四级之分，级别愈高，对它提出的要求也愈高。本书附录三列出了各种级别的晶体管调幅收音机的基本性能指标，可供读者参考。

收音机的性能指标，有时也称为“参数”或“特性”。它包括最基本的“电性能”与“声性能”两种。翻开晶体管收音机手册，可以看到列出的各种收音机的主要性能指标，这些性能指标可供选购和检修时参考。例如，晶体管收音机手册中列出的春雷 804 型收音机的主要电性能如下：

1. 频率范围：中波 535~1605 kHz
短波 I 2.3~5.5 MHz
短波 II 5.5~12 MHz
2. 灵敏度：中波 $<1\text{ mV/m}$ (实际在 $0.2\sim0.3\text{ mV/m}$)
短波 $<1.5\text{ mV/m}$ (实际在 $0.2\sim0.5\text{ mV/m}$)
3. 选择性： $>20\text{ dB}$ (实际 $\geq 30\text{ dB}$)
4. 假象波道衰减：中波 $>26\text{ dB}$
短波 I $>10\text{ dB}$
短波 II $>6\text{ dB}$
5. 中频波道衰减： $>14\text{ dB}$
6. 自动增益控制：输入电压变化 26 dB ，输出电压变化 $\geq 12\text{ dB}$
7. 输出功率：额定 $>100\text{ mW}$ (实际约 200 mW)
8. 整机频率特性： $300\sim3000\text{ Hz}$
9. 整机非线性失真： $<10\%$ (实际 $<5\%$)
10. 电源消耗：静态约 10 mA
最大输出时约 80 mA

如果我们理解了上面所列出的这些指标的意义，并对这些指标的数量级概念有一定的认识的话，那么，在看到了这些性能指标后，就能知道这架收音机的性能好到什么程度。对于一般装修调试的同志来说，了解各种电性能指标的意义、这些性能指标的测试方法，定性地对整机进行试听比较，估计它的性能是否基本正常

等,都是十分重要的。本节主要介绍各种性能指标以及与这些性能直接有关的参数的意义和简略的辨别方法。至于一架收音机总共有几项性能指标与这些指标的测试方法将在第8章内详细介绍。为了便于读者理解,我们以如下次序一一介绍。

一、整机谐波失真度

整机谐波失真度又称为整机非线性失真度,简称失真(或畸变)。它是用来衡量收音机输入讯号(波形或频率)经过放大后所失去的真实程度的一个指标。失真度小的收音机,音质优美动听;失真度大的听上去有闷塞、嘶哑,很不自然的感觉;失真严重的收音机那就完全失去了原来讲话或乐曲的音调,听上去就十分难听。这也就是说,收音机的失真越小,说明它的保真度(逼真度)越高。

整机谐波失真度若以电讯号来说,称为整机电压谐波失真度;若以声讯号来说,则称为整机声压谐波失真度。

造成电压谐波失真的主要原因是由于收音机内的晶体管、变压器等非线性元件的影响,它们使输出讯号的波形中不但有调制讯号的基波频率,还产生了许多新的谐波分量,如基波的二次谐波(称二次倍频)和三次谐波等。我们就以这些新产生的谐波电压(或电流)的总和,占基波电压(或电流)的百分比来表示失真的程度,这就是电压谐波失真度。如果在整机的天线端输入调幅讯号,而从喇叭的音圈上测其音频电讯号中的谐波失真度时,那就是整机电压谐波失真度;由于喇叭也会产生失真,因此,如包括喇叭、机箱等放音系统,从发出的声音中测其音频声讯号中的谐波失真度时,那就是整机声压谐波失真度。在一般的测试中,因为只测电压失真,不测声压失真(通常产品说明书中所指的失真度均指电压失真),所以,在修理和调试中对于喇叭的响度和音质也须注意监听,以免疏忽了喇叭的质量。

由于普通的晶体管收音机的频率响应较窄(一般在 $300\sim 3000$ Hz),使用的喇叭口径也较小,所以只要电压失真度小于10%,就不会明显地感觉到闷塞、嘶哑。可是频率响应较宽的高传真度收

音机, 由于它采用了多种口径的喇叭, 它可将高、低音($50 \sim 15000$ Hz)基本上重现出来, 而人的耳朵对它的非线性失真的敏感性也愈大(一般, 这时要求其失真度在1%以下), 否则就会感到声音含糊不清, 当然也就谈不上音质的优美动听了。

在试听收音机的失真情况时, 应该分别将音量电位器调节在音量较轻、音量中等和音量最响三个不同的响度来试听。一般地说, 音量较轻时失真度应当较小; 音量调节得超过额定时, 失真就会显著地增加。值得注意的是, 在试听收音机失真的情况时, 必须将电台调准, 否则也要失真。

二、输出功率

输出功率是指收音机输出的音频电讯号强度的特性, 通常以毫瓦(mW)、瓦(W)或伏安(VA)为单位。音频电讯号通过电声换能器(喇叭、耳机)转变成音频声讯号, 从而使人耳能听到声音。一般来说: 0.1 mW 的电讯号用一般效率的耳机放音、 5 mW 的用一般效率的舌簧喇叭放音都已有足够的音量; 输出功率有 20 mW 的用一般效率的动圈喇叭放音, 就可供 20 m^2 的房间内正常收听; 输出功率 50 mW 的在 20 m^2 的室内已有足够的音量; 500 mW 的可供五十多人的教室内集体收听广播。但是对于一般专门收听音乐的高传真度的收、扩音机来说, 往往需要较大的输出功率, 如在 $5 \sim 20\text{ W}$ 左右。那么, 为什么普通收音机 20 mW 的输出音量就已足够一般使用, 而高传真度的收、扩音机却需要 $5 \sim 20\text{ W}$ 的输出呢? 那是因为:

1. 输出功率大些, 可以将音量适当开小些, 以使失真度更小。
2. 实践说明, 音量的响度和人耳的听觉是成近似的对数关系的, 即音量在比原来增大 10 倍的情况下, 人耳听觉上只感到比原来增强了 1 倍; 音量比原来增大 100 倍的情况下, 人耳听觉上只感到比原来增强了 2 倍, 所以 10 W 输出音量比 1 W 输出音量, 听起来响度只增强了 1 倍, 当然这也就不会嫌太响了。

3. 因为人的听觉和喇叭的发音对高音和低音的衰减很大, 只

有对中音才比较敏感,所以,5~20 W 的输出功率,对于几十赫的低音、万赫以上的高音来说,听上去也并不使人感到太响。而且,高传真收音机一般都适用于听音乐。通常,音乐中各种频率的音调相差很大,既有最低音约 30 Hz 左右低沉浑厚的大提琴声,又有最高音达一万多赫清脆激越的竹笛声。为了弥补人耳听觉上的特点,除应增加高、低音提升电路外,还须相应地增大输出功率。而且,音乐乐曲的轻、响幅度变化亦很大,因此为要逼真地反映出音量的强弱也要求输出功率大些。

由于输出功率和失真有密切的关系,同样一个收音机,输出功率愈大时,失真也大。因此,输出功率分为最大输出功率、最大不失真功率和额定功率等三种。

(1) 最大输出功率:即不考虑失真情况,开足音量能达到的输出功率最大值。

(2) 最大不失真功率:即逐步开大音量使失真度正好增大到 10% 时(或该收音机规定的失真度时)的输出功率值,也称最大有用功率。

(3) 额定功率:即不失真功率标称值,是指输出保证一定的失真度范围内时的输出功率标称值。例如,某批产品收音机在输出为 100 mW 时,失真度均可小于 10%,则此批产品收音机的不失真功率标称值可定为 100 mW (失真度不大于 10%)。

因此,比较两台收音机的额定功率大小时,必须同时比较它们的失真度指标,在失真度相等的条件下,一般额定功率愈大愈好。关于收音机额定输出功率的要求通常是以体积来分类的,请读者参见本书附录三。

三、接收频率范围

接收频率范围一般简称波段,即收音机所能接收的频率范围。普及型收音机仅有中波,其频率范围为 535~1605 kHz。有的收音机除中波外,还有一至二个短波段。只有一档短波的收音机,频率范围一般在 4~12 MHz 之间;两档短波的则分别在 2.3~5.5

MHz 和 5.5~12MHz 或 4~8MHz 和 8~16MHz 之间。高级收音机甚至有好几个波段,并有波段展阔。超短波段的调频、调幅两用收音机,具有超高频频道,可以收听超短波的调频广播和电视台的伴音。

在一个波段内频率范围的高端和低端的比例常数通常称为“频率覆盖系数”,简称“频率覆盖”。例如,中波的频率覆盖系数为 $1605/535=3$ 。

如果自制的收音机接收频率范围为 500~1400kHz,则 1400~1600kHz 范围内的电台就无法收到,这是高端频率范围不够和低端过头的情形。

四、噪声电平

喇叭里出现的杂声通称噪声。在检修中把收音机调到没有外来讯号的空档,此时收音机发出的“沙沙”噪声称为静态噪声;调到电台,而电台正停止播音时的噪声称为动态噪声。如果将音量电位器关小,则所出现的一些“沙沙”声主要是由音频放大部分产生的;而当音量开足,调到没有外来讯号的空档时所出现的“沙沙”声则是整机和外界环境所产生的。若调准一个本地电台,音量调在一般响度的情况下,当电台正停止播音时,如果距离收音机一米左右已听不出明显的“沙沙”声,则此收音机的噪声性能是能满足一般使用的了。

收音机和放大器的噪声常用噪声电平来表示,一般有两种表示方式:

1. 以标准电压 0.775 V 或标准功率 1mW 为零电平计算噪声电平:

$$\text{噪声电压电平} = 20 \log \frac{\text{噪声电压(V)}}{\text{标准电压 0.775(V)}} \quad (\text{dB})$$

$$\text{噪声功率电平} = 10 \log \frac{\text{噪声功率(mW)}}{\text{标准功率(mW)}} \quad (\text{dB})$$

2. 以讯号电平为参考标准计算噪声电平:

$$\text{噪声电压电平} = 20 \log \frac{\text{噪声电压(V)}}{\text{讯号电压(V)}} \quad (\text{dB})$$

$$\text{噪声功率电平} = 10 \log \frac{\text{噪声功率(mW)}}{\text{讯号功率(mW)}} \quad (\text{dB})$$

上述第二种方法表示时就称为讯噪比(常用 S/N 来表示)。一般广播中心用增音设备要求噪声比讯号低 60 dB(即 -60 dB), 也就是说, 噪声电压比讯号电压要小 1000 倍, 较高级的扩音设备要求噪声比讯号低 50~60 dB。

五、灵 敏 度

灵敏度是指收音机接收微弱电台讯号的能力。灵敏度高的收音机, 能够收到远地的电台或微弱的讯号, 当然就比灵敏度低的收音机能收到的电台多些。

如果有两架收音机, 同时收听上海人民广播电台, 甲机的声音比乙机声音响, 可是将甲、乙两机带到距离较远的外地, 甲机只能收听当地的几个电台, 声音倒也很响, 却收不到原来能收到的那只上海台, 而乙机除了同样能收听到当地的电台外, 上海台却仍能收听。这表明甲机的输出功率比乙机大些, 但灵敏度却没有乙机的高。如果在一般城市内, 只能收听当地几个强力电台, 而收不到远地电台, “方向性”亦显得明显, 对准电台方向时声音响, 偏移一角度时很轻, 甚至无广播, 这就是灵敏度低的现象。

晶体管收音机多半是依靠磁性天线来接收讯号的。通常以输入讯号的电场强度来表示其灵敏度的, 单位是: $\frac{\text{毫伏}(\text{mV})}{\text{米}(\text{m})}$ 。而有些收音机若依靠外接天线或拉杆天线接收讯号的, 则是以输入讯号电压的大小来表示其灵敏度的, 单位是微伏(μV), 这些数值愈小, 则表示灵敏度愈高。

普通单管来复再生式收音机的灵敏度可达 10mV/m 左右, 它不但能收听本市电台的广播, 甚至距离电台 30~40 km 的地方也能收听。如加接室外天线, 晚间可收到更远的电台。普及型超外差式收音机的灵敏度一般可达 3mV/m 以上, 它能接收到本市和本省电台的广播。普通具有两级中放的超外差式收音机的灵敏度可达 1mV/m 以上, 它能收听较远和讯号较弱的电台。更为高级的高灵敏度收音机就可以接收极为微弱(0.1mV/m 以上)的讯号。

必须指出, 各收听地点因距离电台的远近不同, 接收时间的不