

通信兵技师专业教材

无线电收信原理

中国人民解放军通信兵部

一九七三年十月

通信兵技师专业教材

无 线 电 收 信 原 理

中国人民解放军通信兵司令部编

*

中国人民解放军战士出版社出版发行

中国人民解放军第七二一八工厂印刷

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $6 \frac{1}{2}$ · 字数170000

1973年10月第一版(武汉)第一次印刷

前 言

《通信兵技师专业教材》是军委通信兵部、通信兵工程技术学校，共同组织各军区和通信兵直属单位的部分专业人员汇编的。主要目的是为了解决各军区培训通信兵技师的技术教材；同时，作为在职通信技术干部的业务学习材料。

这一套专业教材，包括基础理论教材和各种军用通信机教材两大类。属于共性的和一般原理性内容，集中写在基础理论教材中。各种军用通信机教材，侧重阐述各种机器本身的问题，使各本教材在内容上重点明确，避免过多的重复。各种基础理论教材的内容，还尽量考虑到各专业的不同要求，使之成为通用教材。

《通信兵技师专业教材》适用于具有初中毕业文化程度的技工、技师，并需补学部分高中数学知识（如指数、对数、三角函数、复数等）。在汇编教材中，主要着眼于技师应具有的专业知识，并力求教材内容尽可能全面一些，系统性强一些。各部队可根据培训对象、训练时间和要求等情况选用。

由于编写人员对毛主席无产阶级教育革命路线理解不深，对如何贯彻执行毛主席关于“教材要彻底改革”的重要指示缺乏经验，时间也比较仓促；所以，在教材的思想性、学术内容、深广度、文字等方面，都可能存在着一些缺点和错误。希望各单位通过训练实践，提出修改意见，以便将来进一步审修。

通 信 兵 部

一九七三年十月

你們是村裏的
手星服順友
耳月友

提高警惕
保卫祖国
毛泽东

目 录

第一章 无线电收信设备概述.....	1
§ 1—1 收信机的任务和分类.....	1
§ 1—2 收信机的组成和方框图.....	3
§ 1—3 收信机的主要质量指标.....	5
第二章 输入电路.....	9
§ 2—1 输入电路概述.....	9
§ 2—2 电感耦合输入电路.....	13
§ 2—3 电容耦合和电感、电容耦合输入电路.....	20
第三章 高频放大器.....	23
§ 3—1 高频放大器概述.....	23
§ 3—2 直接耦合放大器.....	28
§ 3—3 变压器耦合放大器.....	32
§ 3—4 自耦变压器耦合放大器.....	38
§ 3—5 调谐放大器的最大稳定放大量.....	40
第四章 中频放大器.....	46
§ 4—1 中频放大器概述.....	46
§ 4—2 电感耦合双调谐中频放大器.....	52
§ 4—3 外电容耦合双调谐中频放大器.....	60
§ 4—4 中频变压器.....	63
第五章 检波器.....	66
§ 5—1 检波器概述.....	66
§ 5—2 二极管检波器.....	69
§ 5—3 多极管检波器.....	85



§ 5—4 差拍检波器	88
第六章 变频器	95
§ 6—1 变频器概述	95
§ 6—2 变频器的工作原理	99
§ 6—3 变频器指标讨论和工作状态选择	108
§ 6—4 变频电子管及变频电路	112
第七章 超外差收信机	116
§ 7—1 超外差收信机中的干扰	116
§ 7—2 收信机的波段划分	121
§ 7—3 统调和跟踪	124
§ 7—4 中频的选择及二次变频	136
§ 7—5 音量控制和增益控制	138
§ 7—6 收信机的主要指标分析	147
第八章 无线电干扰及收信机的噪音	156
§ 8—1 无线电干扰概述	156
§ 8—2 各种干扰的来源、性质和抑制方法	158
第九章 调频收信机	167
§ 9—1 限幅器	167
§ 9—2 鉴频器	176
§ 9—3 自动频率微调	190
§ 9—4 调幅制和调频制的比较	197

第一章 无线电收信设备概述

在无线电通信中，无线电收信设备的任务就是接收、变换和利用无线电发信机所发出的高频电磁波的能量。

任何无线电收信设备都包含有三大部分，即收信天线、收信机和终端机件，如图 1—1 所示。

收信天线的作用是从空间无线电波中获取高频信号能量，并将它变成高频电势和电流，送给收信机的输入端。

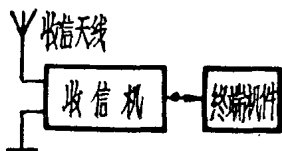


图 1—1 无线电收信设备组成方框图

收信机的作用是选择所需的高频信号，并进行放大和变换，最后用变成的低频信号电压和电流（即低频信号功率）推动终端机件工作。

终端机件是将低频信号功率，转变为原来的声音或图象。接收电话或听音电报的收信机，其终端机件为耳机或扬声器。接收图象的收信机，其终端机件为显示器。

对于不同用途的收信设备有不同的电路和技术指标，但所有的无线电收信设备的基本原理都是相同的。在无线电收信原理这门课程中，主要是讨论收信机中对无线电信号的选择、变换、放大等系统中各组成部分的物理过程、工作原理以及必要的计算等。

§ 1—1 收信机的任务和分类

一、收信机的任务

收信机在接收无线电信号的时候必须完成以下三个任务：

（一）选择信号——收信设备所接收的信号是指定对象的信

号，然而在收信天线上所收到的却是各种不同频率、不同强度的信号，它们包括别的发信机发出的信号和各种干扰信号，因此收信机需要有选择信号的作用。选择信号的任务由收信机中的谐振电路系统来完成；而抗干扰作用的好坏，往往还决定于无线通信时所采用的调制制度。采用调频比采用调幅有更好的抗干扰性能，这将在以后给以叙述。

(二) 变换信号——接收信号的最终目的是使我们了解发送信号的意思，因此收信机的一个作用就是还原调制信号。从高频已调波中还原为原调制信号的过程也就是变换信号的过程。在调幅收信机中这一过程称为检波，在调频收信机中这个过程称为鉴频。另外，在超外差收信机中也还有一种变换信号的过程，它是把载波频率较高的已调信号变换为载波频率较低的已调信号，变换过程中调制的性质仍然不变。这种信号载波频率的变换与上述检波、鉴频是有区别的，我们在收信设备中称它为变频。变频并不是任何一部收信机中都有的，具有变频器的收信机称为超外差收信机。信号经过变频后使得收信机在性能上具有某些重要的特点，这在以后的章节中分别叙述。

(三) 放大信号——无线电发信机发出高频振荡信号以后，由于电磁波在传播过程中的衰减，因而在收信机天线上感应的信号电动势是很小的。为了使收信机能完成工作任务和使终端机件工作正常，就必须把微弱信号加以适当的放大，放大信号的任务由收信机中各种放大器来完成。在收信机中，有的放大器是在信号频率还原为调制信号以前，这类放大就是已调波的高频放大；有的是在信号频率还原为调制信号以后的放大，这类放大器的目的是为了满足终端机件的要求，称为低频放大。总之，收信机应有很大的放大倍数，而且在放大过程中，不应该引起严重的失真。

二、收信机的分类

现代无线电收信机的种类，按照不同的分类方法，有以下几种：

按工作种类分成无线电报、无线电话、无线电传真、无线电视等收信机。

按收信机工作频率分成长波、中波、短波及超短波收信机。

按所接收信号的调制方式分成调幅和调频等收信机。

按工作程式分成直接检波式、高频放大式和超外差式收信机。

按收信机使用的管子分成电子管与晶体管收信机。

§ 1—2 收信机的组成和方框图

直接检波式和低频放大式收信机有很多缺点，目前已为超外差式收信机所取代，但是为了比较起见，现将它们的方框图结构系统作一简单介绍。

一、直接检波式收信机

图 1—2 是直接检波式调幅收信机的方框图及其各部分输出的电压波形。其中输入电路是由可调谐的 LC 回路组成的，它可以起选择和传输信号的作用。检波器把高频已调信号还原为低频信号，经过低频放大器，就得到所需要的输出功率来推动终端机件——耳机或扬声器工作。

这种收信机的电路是比较简单的，但是它具备了三个基本作用：即选择信号、变换信号和放大信号，所以它可以接收无线电信号。这种收信机的质量是很低的，首先由于它的谐振回路的数目很少，因而选择信号的能力不强；其次在检波以前没有放大器，检波器由于小信号检波引起的非线性失真较大，因此这种电路很少使用。

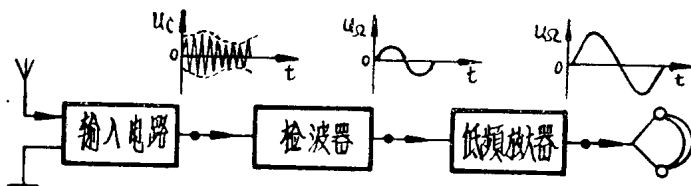


图 1—2 直接检波式调幅收信机方框图和各部分输出的电压波形

二、高频放大式收信机

图 1—3 为高频放大式调幅收信机的方框图及其各部分输出的电压波形。这里除了在直接检波式收信机中增加了高频放大器以外，其它组成是相同的。

高频放大器由电子管与可调谐的 LC 谐振回路组成，它一方面提高了收信机选择信号的能力，另一方面也放大了检波以前的高频信号。因此这种收信机的质量比直接检波式收信机有所提高。但是其性能仍不够好，因为在信号频率比较高的情况下，高频放大器的放大量和选择性都较差，所以高频放大式收信机目前也很少使用。

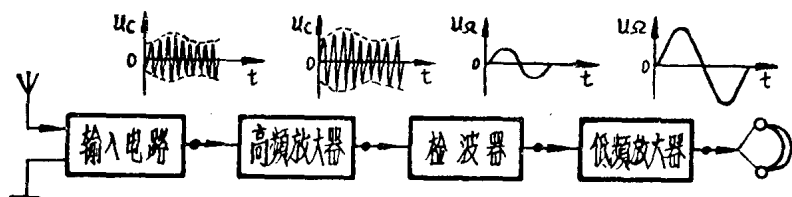


图 1—3 高频放大式调幅收信机的方框图和各部分输出的电压波形

三、超外差式收信机

图 1—4 是超外差式调幅收信机的方框图及其各部分输出的电压波形。它与高频放大式收信机不同的地方是在高频放大器与

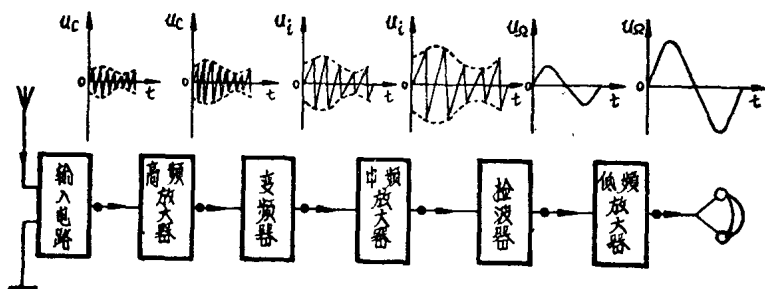


图 1—4 超外差式调幅收信机方框图和各部分输出电压的波形

检波器之间增加了两个部分——变频器与中频放大器。

变频器的作用是把外来的高频已调信号变为载频低于外来信号载频的已调波信号，且调制性质不变，我们称这种变换后的信号为中频信号。同时，当外来信号频率被变换以后，变频器应维持它输出的中频信号的频率固定不变。

对固定中频信号放大的放大器叫中频放大器。中频放大器的谐振回路在收音机使用过程中一般不必调整，因此就可以采用较理想较复杂的谐振回路，以提高收音机的选择性。同时中频放大器工作在较低的频率，它的放大作用也就较显著。

在超外差式收音机中，输入电路、高频放大器、变频器和中频放大器都具有谐振电路，因此它有很高的选择性，其中中频放大器的谐振回路对改善选择性起主要的作用。并且在超外差式收音机中，因中频放大器有足够的放大量，故接收微弱信号的能力也提高了。这就克服了前面二种类型收音机的缺点，故为现代收音机中应用最广泛的电路。

但是超外差式收音机除了上述的主要优点外，也存在一些缺点，这就是它容易受到一些特定频率信号的干扰，这些特定频率的干扰是由于变频以后引起的。这类干扰中有中频干扰（频率为中频频率附近的干扰信号）、镜像干扰（频率与接收信号相差二倍中频频率的干扰信号）以及组合频率干扰等。对于超外差式收音机的这几种干扰，我们可以采取各种措施，适当减小它们的影响，因此不妨碍超外差收音机的大量使用，这点以后讨论。

§ 1—3 收音机的主要质量指标

为了衡量一部收音机完成任务的好坏就必须对它提出一定的质量指标。收音机的主要质量指标有：灵敏度、选择性、保真度和工作稳定度。

一、灵敏度

一部收音机在接收信号的时候是不是灵敏，要看它能不能接

收到微弱的信号。如果一部收音机只能够接收到很强的信号，那么它是不灵敏的；如果它能够接收到很微弱的信号，那么它就是很灵敏的。因此收音机的灵敏度可以说明收音机接收微弱信号的能力。

收音机正常工作时（即在收音机的输出端有一定的输出功率和信号噪音比），天线上所需的最小信号感应电动势的微伏数，称为收音机的灵敏度。由于收音机的用途不同，对灵敏度的要求也不同，目前一般军用收音机的灵敏度约为几~十几微伏，最高的灵敏度可达1微伏以下。

收音机的灵敏度主要由总放大量和噪音来决定，因为在输出功率一定时，放大量愈大，天线上需要的感应电动势愈小，则灵敏度愈高。但是收音机在放大信号的同时，噪音也会加大，因此收音机的灵敏度受到噪音的限制。

收音机在一个波段内工作时，由于高频放大器对不同工作频率的放大作用不同，其灵敏度也不相同。

二、选择性

当收音机在接收某一信号时，在天线上除感应所接收的信号电压外，还将感应许许多多不同频率的干扰电压。收音机的选择性就是表示从许许多多不同频率的信号和干扰中选出所需信号的能力。

对军用收音机来说，选择性是很重要的指标。因为同时工作的无线电台是非常多的，这些电台的频率与架设位置常常受到某些条件的限制，不能相互离开得很远。所以收音机天线上的干扰信号电压很可能远大于有用信号的电压几百倍到几千倍，甚至几万倍，因此提高选择性就更有必要了。

选择性决定于检波以前各级的谐振回路，通常选择性的好坏可用高频系统的谐振曲线来表示。如图1—5的谐振曲线表示收音机在谐振系统不变、输入信号电压一定的情况下，离谐时输出电压与谐振时输出电压的比值和离谐量的关系曲线。当离谐量相同

时, 曲线愈陡, 输出电压愈小, 则选择性愈好。图 1—5 曲线 *a* 的选择性比曲线 *b* 的选择性要好。

但是, 选择性好, 必须满足所接收的信号有一定的通频带, 不然的话, 选择性曲线太尖锐了, 输出信号就要产生失真。

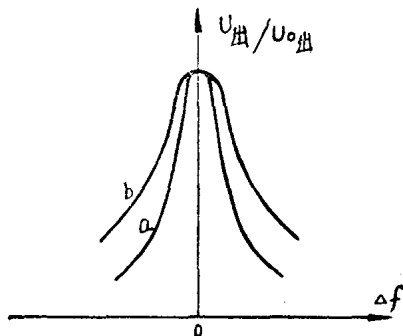


图 1—5 收音机的谐振曲线

三、保真度

收音机输出电压的形状

与输入端高频信号调制电压的形状相似的程度就叫保真度。相似程度愈好, 失真愈小。

收音机产生失真的原因是很多的, 其性质和低频放大器一样, 可分为频率失真、非线性失真和相位失真。

四、工作稳定性

收音机的性能必须非常稳定, 工作起来才可靠。工作稳定度的意义有两个方面: 一是在任何情况下, 收音机不应该产生自激振荡或者接近于自激振荡; 二是在工作过程中, 收音机的质量指标的变动不应该超出允许的范围。

除去上述的主要指标以外, 根据收音机的用途和使用条件的不同, 还有一些其它的指标。如频率稳定性和准确度、一定的工作频率范围、体积、重量、供电方式、操纵和维修的要求等。

以后章节的讨论, 就是围绕着对收音机提出的主要质量指标的要求而展开, 主要是研究各级的作用、工作原理和工作状态的分析。有关低频放大部分在基础课中讨论过了, 本书就不再叙述。

复习思考题

1. 无线电收音机应完成哪些任务? 这些任务由收音机哪些

部分来完成？

2. 画出超外差式调幅收信机的方框图。它与直接检波式、高频放大式收信机比较有些什么优点？为什么？

3. 对无线电收信机有哪些主要质量指标的要求？灵敏度、选择性、保真度与收信机的哪些因素有关？

4. 为了提高收信机的灵敏度，就要提高收信机的放大 量，能不能过高增加放大量？为什么？

5. 为什么不能过度地提高收信机的选择性？

第二章 输入电路

无线电收音机接收信号时，首先必须收下无线电发信机发出的电磁波能量，收信天线就是完成这个任务的。发信机发出的电磁波能量在收信天线中感应出与被传送信号相应的电压和电流。连接收信天线或其馈线的输出端至收音机第一个电子管输入端之间的电路称为输入电路。本章研究三种类型输入电路的有关问题，着重研究电感耦合输入电路。

§ 2—1 输入电路概述

一、输入电路的作用

输入电路的第一个作用是把天线上的信号电压传送到收音机第一个电子管的栅极上去；第二个作用是选择信号，减弱作用于第一个电子管输入端的干扰电压。

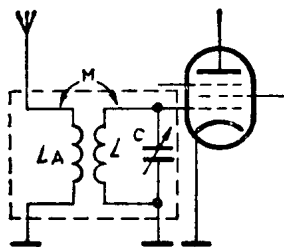


图 2—1 电感耦合输入电路

要完成第一个作用，收信天线和输入电路间应该有适当的耦合，以便于信号的传输。要完成第二个作用，输入电路应该由具有选择性的谐振电路组成。所以，输入电路一般是由耦合元件和谐振回路组成的。

二、输入电路的分类

根据天线与谐振回路耦合形式的不同，输入电路可分为下面三类：

天线与谐振回路之间的信号传输是以互感 M 来完成的，称电感耦合输入电路，如图 2—1 所示。

天线与谐振回路之间的信号传输是以耦合电容 C_c 来完成的，称电容耦合输入电路，如图 2—2 所示。

天线与谐振回路之间的信号传输，一部分由互感 M 完成，另一部分由耦合电容 C_c 完成的，称电感、电容耦合输入电路，如图 2—3 所示。

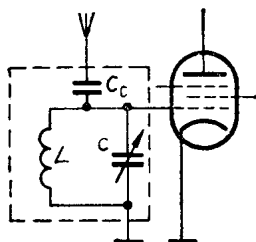


图 2—2 电容耦合输入电路

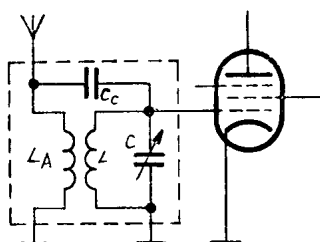


图 2—3 电感、电容耦合输入电路

三、对输入电路的主要要求

根据输入电路在收音机中所起的作用，对它有以下几个主要要求：

（一）电压传输系数要大

图 2—4 是输入电路与天线等效电路的方框图。 E_A 为天线内有有用信号的等效电动势， U 是输入电路的输出电压，亦即加到第一个电子管栅极上的信号电压。

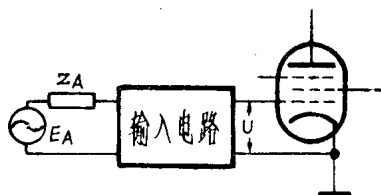


图 2—4 输入电路与天线等效电路的方框图

输入电路的电压传输系数 K 为