



无线电 收发信原理

姚桂祥 编

海洋出版社

内 容 简 介

本书是“渔业电子技术丛书”之一，专门介绍无线电通信设备的工作原理。全书分为十二章，分别介绍了各级电路、部件的工作过程及特点。在每章之后均有实际电路举例，介绍了目前我国渔船中常用的通信设备实例。为了帮助读者系统地理解概念，列举了不少复习题。

本书内容丰富、概念清楚、系统性强，适合于从事电信技术的工程技术人员和自学无线电通信课程的读者阅读，也可作为无线电类中专学生的教材。

责任编辑 陈泽卿

责任校对 刘兴昌

渔业电子技术丛书

无线电收发信原理

姚桂祥 编

海洋出版社出版(北京市复兴门外大街1号)

新华书店北京发行所发行 北京印刷一厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 25.875 字数: 500千字 插页: 1

1988年6月第一版 1988年6月第一次印刷

印数: 1—2400

统一书号: 15193·0924 定价: 7.00元

ISBN 7-5027-0187-7/TN·5

前 言

为了尽快提高广大渔业电信技术人员的理论水平和使用维修电子设备的实际技能，使之适应渔业生产发展和实现渔业科学管理的要求，我们组织水产系统的有关院校、科研单位、企业及行政管理部门的部分教师和工程技术人员编写了《渔业电子技术丛书》，拟作为水产系统培训中等电子技术专业人员的教材，并作为对从事通信、助渔、导航等技术人员进行技术考试和考核的统一参考资料。

众所周知，近代电子技术不仅在工业、农业、科学技术和国防方面获得了广泛应用，而且已深入到水产业的许多领域，并有日益发展的趋势。电子技术的发展及其在水产业各个领域的广泛应用，已成为水产业技术发展和科学管理的重要标志。为了加快水产系统科学技术发展的进程，普及电子技术是十分重要的。

电子技术包含的内容十分广泛，该丛书根据水产系统应用电子技术的现状，结合发展应用新技术的重点编写，力求实用。该丛书由《电工基础》、《无线电基础》、《无线电收发信原理》、《单边带通信原理》、《电波传播与天线》、《电源》、《无线电通信设备的维修》、《助渔和导航设备》等八个分册组成。

该丛书主要针对具有中等文化程度的电子技术人员，力求内容系统全面，且理论联系实际，以提高理论水平和使用

维修电子设备的实际技能为目的，而着重叙述电路的基本工作原理、物理概念和基本计算方法，并在此基础上介绍电子设备的测试、使用和维修的方法。为了学好这套教材，读者应具有初中以上程度的物理、数学和电工原理知识，在系统学习基础部分后，根据自己所从事的工作，选学有关的各个分册。在学习过程中，希望读者尽可能将学到的理论与实际结合起来，学以致用。

我们组织编写这套丛书是初步尝试，由于该丛书涉及面广，加上经验不足，时间匆促，不当之处难免，欢迎读者提出指正。

该丛书在编写过程中，得到了上海交通大学、福建省电子研究所、福建省广播电视厅、上海海运局、上海无线电二厂、海洋出版社，以及水产系统有关同志的大力支持。在此，我们对所有为该丛书出版付出辛勤劳动的同志一并致以谢意。

农牧渔业部渔政渔港监督管理局

一九八六年一月，北京

目 录

第一章 无线电通信概述	(1)
第一节 无线电通信设备的组成与作用	(1)
一、无线电通信设备的组成	(1)
二、无线电通信设备的作用	(2)
第二节 发信设备的组成	(3)
一、发信机的分类	(5)
二、对发信机的基本要求	(5)
第三节 收信设备的组成	(8)
一、收信机的分类	(12)
二、收信机的主要性能指标	(12)
第四节 实际收、发信机方框图举例	(25)
一、XC-D-50 型发射机和接收机方框图	(25)
二、红灯 747 型无线电话方框图	(27)
复习题	(31)
第二章 振荡器	(32)
第一节 常见的几种振荡电路	(32)
一、变压器耦合振荡电路	(32)
二、三点式振荡电路	(37)
三、电子耦合振荡电路	(53)
四、石英晶体振荡电路	(54)
第二节 振荡器振幅故障检查与振荡的判断	(59)
一、振荡振幅故障的检查	(59)

二、判断振荡的基本方法	(60)
第三节 振荡频率不稳、不准的原因与采取的稳 频措施	(62)
一、决定振荡频率的主要参数	(63)
二、引起振荡频率不稳的因素	(67)
三、提高频率稳定度的方法	(71)
四、振荡频率的准确度	(73)
第四节 寄生振荡与间歇振荡	(74)
一、寄生振荡	(74)
二、间歇振荡	(90)
第五节 实际电路举例	(95)
一、XC-D-50 型发射机的主振级	(95)
二、XF-D ₂ 型报话发射机的主振级	(98)
复习题	(100)
第三章 中间放大器	(102)
第一节 中间放大器的作用	(102)
第二节 中间放大器的分类	(104)
一、缓冲级	(105)
二、倍频级	(106)
三、激励级	(112)
第三节 级间耦合电路	(112)
第四节 宽频带高频功率放大器	(114)
一、传输线变压器的工作原理	(114)
二、传输线变压器的基本结构	(117)
三、传输线变压器的应用	(118)
第五节 实际电路举例	(122)
一、TC-401C 型短波发射机的激励器	(122)

二、红灯 747 型无线电话的宽带放大器	(126)
复 习 题	(129)
第四章 输出放大器	(130)
第一节 输出电路的概述	(130)
一、天线的输入阻抗	(130)
二、对输出电路的要求与输出电路的类型	(132)
第二节 复合输出电路的分析	(140)
一、能量的传输和天线获得最大功率的条件	(140)
二、滤波性能	(146)
三、波段内工作的平稳性	(148)
第三节 复合输出电路的调整	(152)
一、调谐特性	(153)
二、调整的步骤、方法与指示	(158)
三、天线电阻 R_A 很大时的调整方法	(161)
四、降压初调的必要性	(164)
第四节 输出管的并联与推挽电路	(168)
一、并联电路	(168)
二、推挽电路	(171)
第五节 输出管的安全保护	(176)
一、输出晶体管损坏的常见原因	(177)
二、输出晶体管的保护电路	(180)
第六节 宽频带功率合成器	(187)
一、功率合成器的由来	(187)
二、宽频带功率合成器电路	(189)
三、功率合成器的条件分析	(191)
四、两种功率合成电路的比较	(195)
第七节 实际电路举例	(196)
一、XC-D-50型发射机的倍频、功率放大与天线调谐部分	(196)

二、红灯 747 型无线电话的功率放大部分	(201)
复习题	(204)
第五章 调制与键控	(206)
第一节 调幅的一般原理	(208)
一、调幅波的数学表达式及其调幅度	(209)
二、调幅波的频谱与功率分析	(211)
三、对调幅的要求和实现调幅的方式	(219)
第二节 电子管调幅	(221)
一、栅极调幅	(221)
二、阳极调幅	(233)
三、帘栅极调幅和抑制栅极调幅	(242)
四、阳极和帘栅极同时调幅	(246)
第三节 晶体管调幅	(251)
一、基极调幅	(251)
二、发射极调幅	(260)
三、集电极调幅	(261)
四、组合调幅	(271)
第四节 调频与调相的一般原理	(275)
一、频率和相位间的关系以及瞬时频率的概念	(275)
二、调频及其数学表示式	(276)
三、调相及其数学表示式	(279)
四、调频与调相的比较	(282)
五、调频波的频谱分析	(283)
第五节 调频方法与调频电路	(288)
一、调频的基本方法	(289)
二、电抗管调频	(292)
三、变容二极管调频	(311)
四、输入动态电容调频	(321)

五、加重电路的采用	(323)
第六节 键控	(325)
一、等幅键控	(325)
二、调幅键控	(334)
三、频率键控	(336)
第七节 实际电路举例	(342)
一、XF-D 2 型报话发射机的调幅级	(342)
二、XC-D-50 型发射机的调制器与键控线路	(344)
三、红灯 747 型无线电话的话音压缩器、调频振荡器与 倍频器	(347)
复习题	(352)
第六章 输入电路	(355)
第一节 收信天线简述和常用的两种阻抗转换关系	(356)
一、收信天线简述	(356)
二、常用的两种阻抗转换关系	(357)
第二节 输入电路概述	(360)
一、输入电路的作用	(360)
二、输入电路的分类	(362)
三、对输入电路的要求	(362)
第三节 电感耦合输入电路	(365)
一、等效电路	(366)
二、谐振电压传输系数	(370)
三、选择性	(372)
四、天线引起次级回路的失谐程度	(373)
五、谐振电压传输系数在波段内的平稳度	(374)
第四节 电容耦合和电感、电容耦合输入电路	(377)
一、电容耦合输入电路	(377)
二、电感、电容耦合输入电路	(378)

第五节 磁性天线介绍	(379)
第六节 实际电路举例	(383)
一、XC-D-50 型接收机的天线输入回路	(383)
二、红灯 747 型无线电话的输入电路	(384)
复习题	(386)
第七章 高频放大器	(388)
第一节 高频放大器的作用	(388)
第二节 常见的几种高频放大器电路	(389)
一、电子管高频放大电路	(389)
二、晶体管高频放大电路	(398)
三、场效应管高频放大电路	(424)
第三节 高频放大器应达到的要求	(427)
第四节 实际电路举例	(430)
一、XC-D-50 型接收机的高频放大级	(430)
二、239-1 型收音机的高放级	(431)
三、红灯 747 型无线电话的高频放大级	(435)
复习题	(436)
第八章 变频器	(438)
第一节 变频器概述	(438)
一、变频器的作用	(438)
二、变频器的组成和分类	(439)
三、变频器的工作过程	(441)
四、对变频器的要求	(442)
第二节 电子管变频器	(444)
一、变频器的工作原理	(444)
二、变频器的指标	(455)
三、变频器工作状态的选择	(455)

四、变频电子管及变频电路	(460)
第三节 晶体管变频器	(463)
一、变频器的工作原理	(465)
二、变频器的主要指标	(469)
三、变频器工作状态的选择	(476)
四、场效应管变频器的介绍	(477)
第四节 波段划分与重叠	(479)
一、波段划分的原因	(479)
二、波段划分的方法	(481)
第五节 统调和跟踪	(483)
一、同频统调	(484)
二、跟踪	(484)
三、跟踪调整的方法	(493)
四、本机振荡回路频率的选择	(495)
第六节 超外差收音机中的干扰, 中频数值的选择与 二次变频	(496)
一、邻近干扰	(497)
二、超外差收音机中的特有干扰	(497)
三、交叉调制干扰(交叉失真)	(503)
四、互调干扰	(505)
五、阻塞干扰	(506)
六、中频数值的选择与二次变频	(508)
第七节 实际电路举例	(509)
一、XC-D-50 型接收机的变频级	(509)
二、239-1 型收音机的变频级	(511)
三、红灯 747 型无线电话的混频级与本机振荡级	(518)
复习题	(529)
第九章 中频放大器	(532)

第一节 中频放大器概述	(532)
一、中频放大器的作用	(532)
二、中频放大器的分类	(533)
三、对中频放大器的主要要求	(539)
第二节 电子管中频放大器	(542)
一、电感耦合双调谐中频放大器	(542)
二、电容耦合双调谐中频放大器	(551)
三、中频变压器	(555)
第三节 晶体管中频放大器	(557)
一、单级双调谐中频放大器	(557)
二、中和电路	(567)
三、多级中频放大器	(570)
第四节 具有集中选择性滤波器的中频放大器	(575)
一、组成和特点	(575)
二、集中选择性滤波器	(576)
第五节 实际电路举例	(582)
一、XC-D-50 型接收机的中频放大级	(582)
二、红灯 747 型无线电话的中频放大级	(584)
复习题	(588)
第十章 检波器与鉴频器	(590)
第一节 检波器的概述	(590)
一、检波器的作用	(590)
二、检波器的组成和分类	(592)
三、对检波器的要求	(592)
第二节 电子管检波器	(595)
一、二极管检波器	(595)
二、多级管检波器	(614)
第三节 晶体管检波器	(618)

一、二极管检波器的工作原理	(618)
二、晶体二极管检波器的性能指标分析	(629)
三、二极管检波器主要元件的选择原则	(636)
四、检波二极管工作点的选择	(637)
第四节 差拍检波器	(639)
一、差拍检波的必要性	(639)
二、差拍检波的工作原理	(640)
三、差频音调调节	(645)
四、对差频振荡器的要求	(647)
第五节 限幅器	(647)
一、限幅器概述	(648)
二、电子管栅漏偏压限幅器	(650)
三、双三极管限幅器	(655)
四、晶体三极管限幅器	(658)
五、晶体二极管限幅器	(661)
第六节 鉴频器	(662)
一、鉴频器概述	(662)
二、离谐鉴频器	(664)
三、相位鉴频器	(671)
四、比例鉴频器	(682)
五、陶瓷晶体鉴频器	(687)
六、调频制与调幅制的比较	(690)
第七节 实际电路举例	(694)
一、XC-D-50 型接收机的检波级与拍频振荡级	(694)
二、239-1型收信机的检波级与拍频振荡级	(696)
三、红灯 747 型无线电话的限幅级与鉴频级	(699)
复习题	(705)
第十一章 收发信机的附加电路	(708)

第一节 音量控制和增益控制	(708)
一、音量控制	(709)
二、增益控制	(710)
三、电子管自动增益控制	(715)
四、晶体管自动增益控制	(721)
第二节 自动频率微调	(728)
一、自动频率微调概述	(728)
二、自动频率微调系统的工作原理	(730)
三、带有自动频率微调的调频收、发信机方框图	(733)
四、使用自动频率微调的注意事项	(735)
第三节 实际电路举例	(737)
一、239-1 型收信机和 XC-D-50 型接收机的增益控制电路	(737)
二、56 型接收机和 239-1 型收信机的晶体校准器	(741)
三、56 型接收机的噪声抑制器和红灯 747 型无线电话的静噪抑制电路	(744)
复习题	(748)
第十二章 收信机的干扰噪声	(750)
第一节 干扰噪声的概述	(750)
第二节 收信机的外部干扰	(753)
一、天电干扰	(754)
二、工业干扰	(756)
三、电台干扰	(762)
第三节 收信机内部噪声	(764)
一、收信机的内部噪声源	(764)
二、噪声系数	(771)
三、降低收信机内部噪声的方法	(775)
复习题	(777)
附录 主要符号及定义	(778)

第一章 无线电通信概述

第一节 无线电通信设备的组成与作用

一、无线电通信设备的组成

无线电通信是利用电磁波在空间的传播来传递信息的，将某个地方的语言或电码传递到另一个地方去。完成这种无线电通信的主要设备有发信机、天线(包括发信天线与收信天线)、收信机、电源(包括发信电源与收信电源)，以及其他收发信附属设备，如图 1.1 是一个传递语言信息的无线电通信组成示意图。

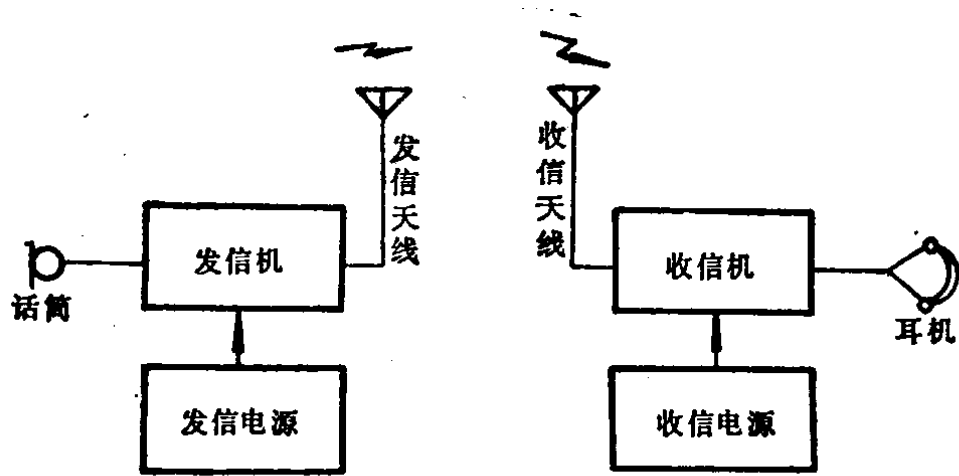


图 1.1 无线电通信的组成示意图

二、无线电通信设备的作用

1. 发信设备 该设备在无线电通信中的作用如下。

1) 产生具有一定功率的高频振荡。因为只有高频振荡才能被发信天线有效地辐射出去，只有一定功率才可能在空间建立一定强度的电磁场，并传播到较远的地方去。

2) 完成调制任务。通常，传递的信息转化成电信号后的频率都比较低，如语言音频信号，直接由天线辐射是无法实现的。要是将一个单纯的高频振荡信号辐射出去，是没有任何意思的。为了传递信息，必须把所要传递的信号“寄载”于高频振荡上，使高频振荡的某一参数(如振幅、频率或相位等)按所要传递的信号而变化，这种过程叫做调制。

3) 通过发信天线的作用，把发信机产生的，受信号调制的高频振荡变为电磁波，并有效地辐射到空间去。

2. 收信设备 该设备在接收无线电信号时必须完成如下任务。

1) 通过收信天线的作用，从空间电磁波中获取高频信号，并将它变成高频电势和电流，输送给收信机的输入端。

2) 通过收信机选择和放大信号。收信设备所接收的信号应是具体的指定对象的信号，然而在天线上收到的信号除所需的信号外，还有各种不同频率、不同强度的其他信号和干扰。收信设备必须从中选出所需要的信号，抑制掉不需要的信号和干扰。由于电磁波在传播过程中衰减大，天线接收到的信号一般都是很微弱的，所以收信设备不但具有选择性，还要有足够的放大能力。

3) 通过收信机和终端机件解调和还原。接收信号的目的

是要使我们了解发送信号的内容，信号在发送时调制了高频载波，因此收信设备应完成解调和还原信号的任务。解调就是把代表信息的电信号从高频载波信号中分离出来；还原就是把解调出的电信号变换为原来所传递的声音或图象信息。

3. 电源 它包括收信电源和发信电源，它是收、发信设备一切能量的总来源。

上述收信机、发信机、电源和天线等，都是无线电通信设备必不可少的组成部分，本书着重介绍发信机与收信机的原理，至于天线与电源部分请分别参阅《电波传播与天线》和《电源》等书。

第二节 发信设备的组成

在进行无线电通信时，发信设备的任务是产生高频振荡，并使高频振荡按照要传递的信息而变化，最后以电磁波的形式把高频振荡的能量发射到远方，这些任务由图 1.2 所组成的发信设备来承担。

发信设备中的发信机为了完成发信设备的任务，先后出现了单级发信机、主振放大式发信机和多级发信机。目前广泛使用的是如图 1.3 所示的多级发信机，它由振荡器、中间放大器、输出放大器、调制器和电源等组成。

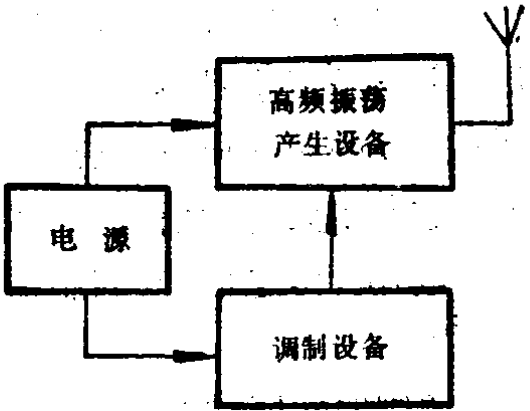


图 1.2 发信设备的基本组成

振荡器作为主振级是无线电发信机的第一级，是产生高