

舰艇通信装备

(士官班教材)

中国人民解放军
海军大连舰艇学院

一九九〇年十二月

目 录

第一章 舰艇通信基本知识	1
§1.1 舰艇通信概述	1
一、通信的概念	1
二、通信系统模型	2
三、通信系统中的基本问题	4
四、主要性能指标	4
五、无线电信号的传播	5
六、干扰与噪声	11
§1.2 调幅通信的概念	12
一、调幅通信系统框图	12
二、调幅的概念与电路	14
三、调幅信号的解调	21
§1.3 单边带通信的概念	23
一、单边带通信系统框图	23
二、单边带通信的基本概念	25
三、单边带调制与解调	30
§1.4 调频通信的概念	33
一、调频通信系统的框图	33
二、调频通信的基本概念	35
三、调频与鉴频实现方法	36
第二章 舰用 74 型短波单边带电台的性能与调整使用	38
§2.1 电台的组成	38

一、HF—440型发信机的组成与结构·····	38
二、HS—401型收信机的组成与结构·····	40
三、收、发信机天线·····	41
§2-2 电台的主要性能指标·····	43
一、频率范围·····	43
二、工作种类·····	44
三、电源供给·····	45
四、连续工作时间·····	46
五、发信机主要性能指标·····	46
六、收信机主要性能指标·····	48
§2-3 电台的调整与使用·····	48
一、发信机的调整·····	48
二、发信机的使用·····	52
三、收信机的调整·····	54
四、收信机的使用·····	56
习题与复习思考题·····	59
第三章 HF—440型发信机·····	60
§3-1 发信机的方框图介绍·····	60
一、讯道部分·····	60
二、激励器部分·····	61
三、强放部分·····	62
四、电源部分·····	62

§3-2 讯道部分·····	63
一、中音频部件·····	63
二、移频部件·····	67
三、讯道控制电路·····	77
§3-3 激励器部分·····	92
一、激励器框图·····	92
二、标准频率产生部分——5MHz 晶振·····	93
三、正弦分频部件·····	95
四、KHz 部件·····	96
五、MHz 部件·····	102
六、度盘的刻法·····	111
七、宽频带放大器·····	117
八、激励器的控制电路·····	117
§3-4 强放部件·····	124
一、推动级·····	124
二、强放级·····	129
三、天调级·····	132
四、强放部分控制线路·····	134
§3-5 发信机电源·····	140
一、低压电源·····	141
二、高压电源·····	145
习题与复习思考题·····	152
第四章 HS-401 收信机·····	154
§4-1 收信机总体介绍·····	154
一、方框图·····	154

二、各部分的作用·····	154
三、简单工作原理·····	156
四、收信机的频率组合关系·····	157
§4-2 标准频率产生与三本振·····	164
一、标准频率产生·····	164
二、KHz 稳频单元·····	165
三、三本振的频率组合关系·····	167
四、收信机的度盘刻度·····	172
§4-3 收信机的射频信道·····	179
一、输入电路·····	179
二、高频放大器·····	181
三、一、二本振·····	183
四、混频及放大电路·····	184
五、增益控制系统·····	189
六、波段转换与统调·····	190
§4-4 收信机终端·····	195
一、单边带话信号接收·····	195
二、等幅信号的接收·····	196
三、调幅话信号的接收·····	197
四、移频报信号的接收·····	198
五、终端开关及正确使用·····	205
六、各种工作种类时控制关系的转换·····	211
§4-5 收信机电源·····	217
一、60 V 电源·····	219

二、28 V 电源	220
三、18 V 电源	222
四、短路保护电路工作原理	223
习题与复习思考题	224
第五章 舰用其它电台介绍	226
§5.1 RT-502 型电台	226
一、电台的性能指标	226
二、电台框图及各部分作用	229
三、电台使用与注意事项	236
§5.2 舰用扩大器	241
一、性能	241
二、工作原理	244
三、收音	250
四、使用方法与注意事项	253
五、设备的保养	257
六、检修方法	257

第一章 舰艇通信基本知识

§1.1 舰艇通信概述

一、通信的概念

我们海军，舰与舰之间、舰艇与陆地之间、上下级之间，经常要互通情报，交换信息。这种信息交换的过程我们就称为通信。

随着科学技术的发展，我们舰艇通信的方式越来越多。就目前海军舰艇通信情况来说，一般在近距离范围内，使用超高频电话进行通信，也可以使用手旗或灯光进行通信，而在较远距离的情况下，一般使用短波通信、超短波通信，微波中继通信，人造卫星中继通信、流星余迹通信、散射通信（电离层散射或对流层散射）等等。

在电通信（以下简称通信）中，传递的信号有各种不同的形式，例如：符号、文字、语言、音乐、数据、图片、活动画面等等。根据所传递的信号形式不同，把它们归结为两类：一类称为模拟信号，另一类称为数字信号。所谓模拟信号即为对时间和幅值都是连续的信号。例如，幅度连续变化的声音信号、亮度连续变化的图像信号等等，都是模拟信号。所谓数字信号即为时间与幅值都为离散的信号。例如，符号、文字、数据等等都属数字信号。由于传递信号的形式不同，我们常把传递模拟信号的通信称为模拟通信，把传递数字信号的通信称为数字通信。

按照传递信息的媒质不同，通信又可分为有线电通信和无线电通信，所谓有线电通信，即传递信息是用导线来完成的通信方式。这里的导线可以是架空明线、电缆及波导等等。所谓无线电通信，是一种传输信息不用导线的通信方式，它是利用无线电波在空间传播来传递信息的，这种通信方式对海军舰艇来说，非常重要，因为当舰艇在远离陆地的大海

中航行时候，无线电通信是舰艇与陆地传递信息的唯一的通信手段。由此可知，在未来的海战中，对保证战争的胜利，无线电通信所起的作用就不言而喻了。

二、通信系统的模型

所谓通信系统就是信息从信息源发出到受信者的信息传递系统。其基本模型如图 1—1—1 所示。

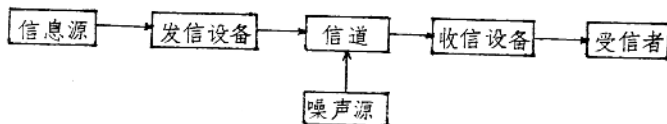


图 1—1—1 通信系统的模型

在通信系统中，信息从信息源（也称发信者）发出，经过发信设备对信息进行加工处理（统称为变换），使其适合信道传输。信道就是电信号传输的通道与媒质，在有线电通信中信道就是导线、电缆、波导；在无线电通信中信道就是无线电波传播的空间；在接收端，收信设备的功能与发信设备相反，它将信息进行与发端相反的变换，恢复原来的信息，送到受信者，从而完成信息传递任务。图中的噪声源是信道中的噪声及通信系统内部各处噪声的集中表示。这种表示对分析问题带来方便。

在现代通信中，信源和受信者可以是人，也可以是机器（如计算机等），它们分别是信息的发出者和接收者；信息的变换和反变换分别在发信设备与接收设备中进行，通常包括对信息处理的终端设备和调制解调设备，在发信终端处理设备中要进行能量变换，把其它形式的能量变换为电能，即非电信号变换为电信号，然后要对信号进行加密和编码处理；在接收终端设备要进行相反的变换，先译码解密，然后再进行能量

变换,把电信号转变为非电信号,供接收者接收。信号的调制也是一种变换过程,它的主要作用是使信号宜于在给定的信道上传输。例如,当用短波信道传送信号时,就需要把信号的频谱搬移到指定的短波频段上。这种信号频谱搬移的过程就是调制。模拟信号的调制方式通常有:调幅(AM),单边带调制(SSB),调频(FM),调相(PM)等;数字信号调制方式有:幅度键控(ASK),频率键控(FSK),相移键控(PSK)以及一些新的数字调制方式,如参差正交相移键控(SaPSK),连续相位移频键控(CPSK)及最小键控(MSK)等。

在通信系统中,传输模拟信号的系统称为模拟通信系统。传输数字信号的系统称为数字通信系统。

模拟通信系统模型如图1-1-2所示

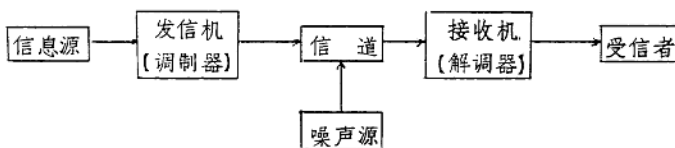


图1-1-2 模拟通信系统模型

数字通信系统模型如图1-1-3所示

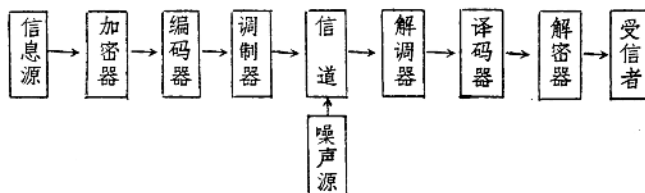


图1-1-3 数字通信系统模型

三、通信系统中的基本问题

对于模拟通信系统，要包含两种重要变换，一种是能量变换，在发送端把非电信号变为原始电信号，接收端的原始信号要变为非电信号。这种变换设备是换能器，它把声能、光能转变为电能，或者进行相反的变换。第二种变换是调制与解调。这样看来，模拟通信研究的基本问题应该包括：(1)收发两端的换能过程及基带信号的特性；(2)调制与解调原理；(3)信道与噪声的特性及对信号传输的响应；(4)存在噪声条件下的系统性能等等。

数字通信系统中，基带信号仍是调制前和解调后的信号。经过加密器或编码器变换后的信号，仍属于基带信号。数字通信系统中，要研究的基本问题有：(1)收发两端的换能过程、模数转换、数字式基带信号特性；(2)抗干扰编码、解码（差错控制编码）问题，(3)数字调制与解调问题；(4)信道和噪声的特性及其对信号传输的影响；(5)同步问题；(6)保密通信问题等等。

通信的基本目的就是传递信息。因此，人们对通信提出两个基本要求：一方面要求通信系统传输信息的速率愈大愈好，也就是要求单位时间内传输的信息数量愈大愈好，即提高通信的有效性问题。另一方面，要求信息在传输过程中，由于受到干扰和噪声的影响所产生的畸变和错误愈小愈好，也就是要求通信系统有抗干扰能力，以保证正确无误的传递信息，这就是通信的可靠性问题。通信的有效性与可靠性二者之间是矛盾的，又是统一的。人们总是希望在满足可靠性的基础上尽量提高通信的有效性。

四、主要性能指标

我们评价一个通信系统时，就要涉及通信系统的性能指标问题，

否则就无法说明通信系统质量的优劣。系统的主要性能指标，又称主要质量指标。

对模拟通信系统来说，主要质量指标有：(1)信号传输的速度：用单位时间内传送的信息量来衡量；(2)均方误差最小：发送连续信号与接收复制的连续信号之间的均方误差越小，说明复制的信号越逼真。(3)输出信噪比：接收机输出的信号平均功率与噪声平均功率之比。系统的输出信噪比越高，该系统抗信道噪声（干扰）的能力越强。

对数字通信系统，主要性能指标有两个，(1)传输速率，它通常以码元传输速率来衡量。

码元传输速率：即每秒钟传输码元的数目。也可以用信息速率来衡量，信息速率即每秒钟传递的信息量。(2)误码率：它是指错误接收的码元数在传送的总码元数中所占的比例。也可用误信率来衡量，误信率即错误接收的信息量在传送信息总量中所占的比例。或者说，它是码元的信息量在传输系统中被丢失的概率。

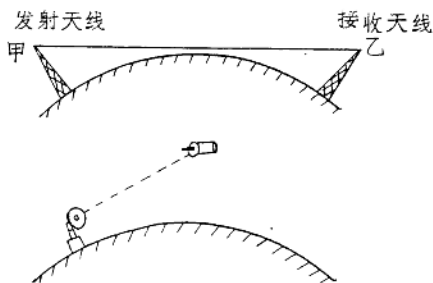
五、无线电信号的传播

无线电信号的传播，是无线电通信系统的一个重要环节。信号经过调制后，传送到天线，由天线辐射出去，以电磁波的形式在空间传播。电波在传播过程中和光波一样，具有直射、绕射、反射、折射等现象，而且不同的波长的电波其特点和传播方式也不同，在这里我们不能详细讨论电波传播问题。仅对电波传播方式和特点作简单叙述。

(一) 电波传播的基本方式

1、空间波：无线电波能够在空间直射传播。如图 1-1-4 所示，叫空间波。

从发射天线甲发出的电波沿直线传播到接收天线乙。传播距离为直线范围。由于地球是一个曲面，如果天线太低，对于只能直线传播的电波，将受到地面的阻挡，因此天线必须架高。



实践经验表明：当收发天线高度各为 50 米时，直线传播距离

图 1-1-4 电波直线传播
(空间波)

约为 50 公里，如果天线乙放在卫星上，则通信距离可以大大增加。

2、地面波：可以沿着地球弯曲的表面绕射传播的电波称为地面波。如图 1-1-5 所示。

因地球表面不是理想的导体，无线电波沿地球表面传播时，将有一部分能量被消耗掉，这种损失与电波的波长和其它一些因素有关。波长越长，损耗越小，波长愈短，损耗愈大。



图 1-1-5 电波绕射传播
(地面波)

3、天波：利用电离层折射与反射传播的电波称为天波如图 1-1-6 所示。我们知道，在地球表面有一层大气层，由于受太阳照

射，大气层上部的气体电离，形成电离层。电离层中的电子与离子的密度与高度有关，还随昼夜、季节、太阳活动的周期和经纬度而变化。电离层大致分为四层：离地面 60~80 公里的为 D 层；离地面 100~150 公里为 E 层；离地面 250~400 公里为 F 层，其中 F 层在白天分为 F₁ 和 F₂ 两层，到晚上又合并为 F 层，对天波有显著影响的是 E 层和 F 层。

当无线电波由发射天线发出，传播到电离层时，一部分电磁波的能量被电离层吸收，一部分能量被折射、反射回地面形成天波。电离层电离的程度越大，对无线电波的折射、反射与吸收作用就越强；电波的波长越短（频率越高），电离层吸收电波

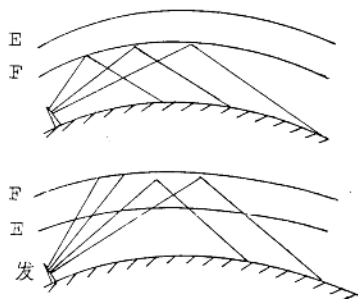


图 1-1-6 电离层折射反射传播
〔天波〕

能量就越少。从这点来看，利用电离层通信宜采用较高的频率。但频率高到一定值（临界值）后，电磁波会穿透电离层，不再返回地面；电波的波长越长，越容易从电离层反射回地面但波长越长，电离层对电波能量的吸收作用也增强。

（二）不同波段的电波传播特点

1、波段的划分

我们知道，频率从几十千赫到几万兆赫的电磁波属于无线电波。在这样宽广范围内的无线电振荡，虽然具有很多共同的特点，但是频

率不同时，高频振荡的产生、放大和接收方法等就不太一样，特别是无线电波的传播点更不相同。为了便于分析和应用，习惯上将无线电的频率范围划分为若干个区域，叫做频段，也叫做波段。

无线电波在空间传播的速度是每秒30万公里。电波在一个振荡周期内传播的距离叫做波长，用符号“ λ ”表示。

$$\lambda = CT = \frac{C}{f} \quad 1-1-1$$

式1-1-1中， f 是频率， T 是周期， C 是电磁波传播的速度。若知道频率 f ，则可算出波长 λ 。如果 C 的单位是“米/秒”， f 的单位是“赫芝”，则波长的单位是“米”。

无线电波段可以按频率划分，也可以按波长划分。表1-1-1列出了按波长划分的波段名称和相应的波长范围。

表 1-1-1

波段名称	波 长 范 围	频 率 范 围	频段名称、符号
超长波	10·000—100·000m	30—3KHz	甚低频 VLF
长 波	1·000—10·000m	300—30KHz	低 频 LF
中 波	200—1·000m	1500—300KHz	中 频 MF
中短波	50—200m	6000—1500KHz	中高频 IF
短 炸	10—50m	30—6MHz	高 频 HF
米 波	1—10m	300—30MHz	甚高频 VHF
分米波	10—100cm	3000—300MHz	特高频 UHF
厘米波	1—10cm	30—3GHz	超高频 SHF
毫米波	1—10mm	300—30GHz	极高频 EHF
亚毫米波	1mm	300GHz	超极高频

米波和分米波有时合称为超短波，波长小于30厘米的分米波厘米波称为微波。

上述各种波段的划分是相对的，因为波段之间并没有明显的分界线，不过各个不同波段的特点仍然有明显的差别。因此粗略地把无线电波分成上述各种波段，对问题的讨论将带来很大的方便。例如从使用的元件、器件以及线路结构与工作原理等方面来说，中波、短波和米波波段基本相同，但它们和微波波段则有明显地区别。前者大都采用所谓集中参数的元件，如通常的电阻器、电容器和电感线圈，后者则采用所谓分布参数的元件，如同轴线和波导等。在器件方面，中、短波主要采用一般的晶体管、线性组件和电子管，而微波波段除了上述器件外，还要用特殊的器件如速调管、磁控管以及其它的固体器件。它们在作用原理上与通常的晶体管也不一样。

2、不同波段的电波传播的特点

长波在低电离层中受到较强的反射作用。从地面上的天线以一定角度辐射出去的长波，受到电离层的反射，折回地面以后，又将受到地面的反射作用，又一次射向天空的电离层。这样反复多次反射的结果，可以使长波传播到很远的距离。长波在海水中传播时损耗较小，它可以穿透海水一定的深度进行传播，所以长波波段主要用于对潜艇通信、无线电导航和传送标准时间信号，也可用于长距离无线电报。

中波的传播特性和长波相似，它在电离层中要受到较强的吸收，特别是白天这种吸收更厉害，所以中波在白天基本上不能依靠电离层的反射来传播，另一方面，地面对中波的影响也比长波大，沿地面传播的中波，衰减较快。因此中波在白天的传播距离不可能很远，一般只有一百公里左右。晚上电离层的作用减弱，中波的吸收作用减小。可以借天波传播到较远的距离。我们在听中波广播时有这样的经验，

某些位于远处的电台，白天听不到，晚间都听得很清楚，就是这个缘故。中波波段主要用于中近距离的无线电广播。常用的中波广播的频率范围是535—1605千赫。

短波波段的特点是，地面吸收比较严重，因此短波沿地面传播所能到达的距离，通常不超过几十公里。远距离短波通信都依靠电离层的反射来实现。采用短波时，有两个突出的特点。第一、短波地面波传播不能很远，利用天波传播又不能太近。因此，离开短波发射台一定距离的范围内，有一段区域信号无法到达，这个区域叫静区。如图1—9(b)中A B段所示。静区随波长的缩短而扩大，一般在一、二百公里至几百公里之间。第二，短波天空传播受电离层的影响很大，而电离层的物理特性又是经常变化的，所以短波的传播很不稳定。通常在接收短波信号时有时强时弱的现象，这种现象叫做衰落。它是短波通信的严重问题。特别是在日出和日落时，电离层变化很大，这时利用短波通信会遇到很大困难，通常在两个固定地点利用短波通信时，必须根据电离层的情况，经常更换工作波长，才能保证较好的通信。短波是国际无线电广播的主要手段，也是远距离军用无线电通信的重要频段。

超短波和微波，在电离层中折射很小，它们的绕射能力也不强，所以通常是靠直线传播，它的作用距离大致限制在直线范围之内。这些波段目前主要用来进行中继通信，调频广播、电视、雷达、卫星通信，遥测等系统中，海军舰艇用作编队内部通信。

超短波和微波的传播还有一种重要方式，就是对流层散射。所谓散射通信就是利用这种传播方式。对流层是指距地面约12到16公里之间的大气层。这个大气层物理特性不是均匀、恒定的，它的压力、温度和湿度等各处都有所不同，因而折射能力也不一样。波长较短的

无线电波照射到这种不均匀的介质时，将发生杂乱反射，这种现象叫做散射。散射的超高频无线电波可以避免地球曲面的限制，传播到直线传播时所不能到达的地方如图 1-1-7 所示，利用这种传播方式，可以使超短波和微波通信的距离大大增加，一般可达几百公里。不过由于散射的能量小，因此散射通信的发射机功率必须较大，一般要有几千瓦，接收机的灵敏度也要求较高。

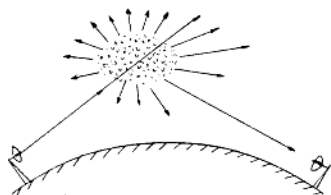


图 1-1-7 无线电波的散射

利用电离层的不均匀性，也可以进行散射通信，

叫做电离层散射通信。此外，利用流星进入大气层时所形成的电离现象，也可以反射无线电波，实现远距离通信。

六、干扰和噪声

无线电通信过程中，我们总希望在接收端收到的信号与发信端的原始电信号完全相同，但是这种理想情况实际上是很难达到的，接收的信号总是多多少少与发信端的信号有点差别，其原因是信号在传输过程中总要混入一些有害的干扰和噪声。

所谓干扰，一般指迭加在被传送信号上的各种有害的电磁场。如：电台干扰、工业干扰、天电干扰和宇宙干扰。

所谓噪声，一般指设备内部产生的热噪声、散弹噪声。

电台干扰是指其它无线电台发射电波所产生的干扰。这是由于电台数目日益增多，使得空间电磁波非常“拥挤”，如果接收机选择能力不强，就会造成干扰。