

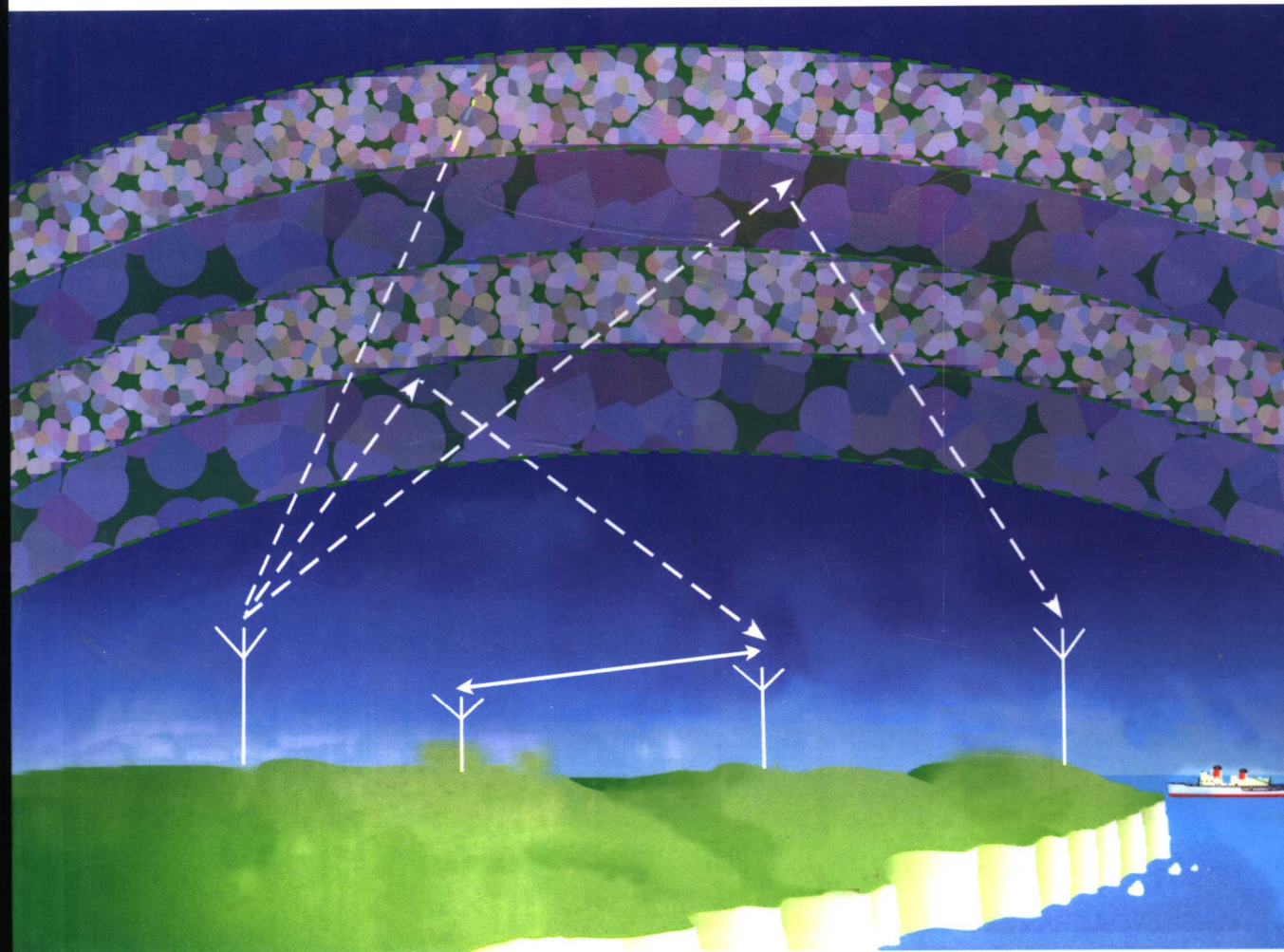
新编GMDSS普通操作员教程

——地面通信系统

主 编 王化民 刘红屏

副主编 柳邦声 韩光显

主 审 华 夏 杨庆勇



大连海事大学出版社

新编 GMDSS 普通操作员教程

——地面通信系统

主 编	王化民	刘红屏
副主编	柳邦声	韩光显
主 审	华 夏	杨庆勇

大连海事大学出版社

© 王化民 刘红屏 2005

图书在版编目(CIP)数据

新编 GMDSS 普通操作员教程:地面通信系统 / 王化民,刘红屏主编. —大连:大连海事大学出版社, 2005.6(2006.8 重印)

ISBN 7-5632-1854-8

I. 新… II. ①王… ②刘… III. 地面—通信系统—教材 IV. TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 036288 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路 1 号 邮编:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连交通大学印刷厂印装 大连海事大学出版社发行

2005 年 6 月第 1 版 2006 年 8 月第 2 次印刷

幅面尺寸:185 mm×260 mm 印张:16.25

字数:403 千字 印数:1501~3500 册

责任编辑:史洪源 王在凤 版式设计:海 韵

封面设计:王 艳 责任校对:枫 叶

定价:29.00 元

内容简介

本书共有九章,主要包括地面通信系统相关知识和技术;地面系统通信程序;船舶组合电台;数字选择性呼叫(DSC)终端设备;船用无线电传终端设备;甚高频(VHF)无线电通信设备;海上安全信息播发系统与设备;搜救雷达应答器;船用电源与天线等。

本书编写的特点是结合新颁布的“船员 GMDSS 适任证书考试大纲”对培训的要求,较以前出版的 GMDSS 培训教材,增加了地面系统的通信程序,内容充实新颖,信息量大,几乎涵盖了大部分的国内外航运企业常用的主流通信设备的操作程序,并应用大量的技术与实物图片,便于学习和掌握。

本书可作为 GMDSS 普通操作员证书培训和航海类院校船舶驾驶专业“GMDSS 通信设备与业务”课程的教材,也可作为现有船舶驾驶员、无线电电子员、航运公司相关管理人员和其他有关人员培训和业务学习的参考书籍。

前 言

根据国际海事组织与 SOLAS 公约的要求,全球海上遇险与安全系统(GMDSS)于 1999 年 2 月 1 日正式生效至今已经七年,在此期间我国相关的航海院校和海事培训机构培训了大批持有 GMDSS 普通操作员证书的航海专业毕业生和高级船员,保证了我国远洋航运业的安全运营,并基本符合国际港口国监督检查的要求。但是,随着航海通信新技术的发展与应用,船舶专职通信报务人员的逐步取消,已取得 GMDSS 普通操作员证书的船舶驾驶员面临航海通信新技术的知识更新和相关培训,船舶驾驶员和院校船舶驾驶专业需要适宜的 GMDSS 相关课程新教材。为此,我们根据船舶驾驶员和航海专业对 GMDSS 教学的要求,结合国家海事局新颁布的“船员 GMDSS 适任证书考试大纲”对培训的要求,特编写本书。相信读者通过此书,能够全面系统地了解 GMDSS 的组成和通信程序,正确灵活地运用船用 GMDSS 通信设备,保证船岸通信畅通和船舶的航行安全,有效地利用现代通信技术,高效经济地实现船岸信息的沟通与交换,使我国的海上通信进一步地符合国际规范,满足快速发展的海上运输的需要。

本书编写的特点是结合新的“船员 GMDSS 适任证书考试大纲”的培训要求,较以前出版的 GMDSS 培训教材,增加了地面系统的通信程序,内容充实新颖、信息量大,几乎涵盖了国内外航运企业常用的主流地面通信设备的操作程序,并应用大量的技术与实物图片,便于学习和掌握。

本书可作为 GMDSS 普通操作员证书培训和航海类院校船舶驾驶专业“GMDSS 通信设备与业务”课程的教材,也可作为现有船舶驾驶员、无线电电子员、航运公司相关管理人员和其他有关人员培训和业务学习的参考书籍。

本书由王化民负责统编;刘红屏参与本书编写设计和部分内容的编写;柳邦声、韩光显参与教材编写大纲和部分内容的编写;蔺克明编写了第七章的第三节;沈国昌编写了第九章的第二节;华夏和杨庆勇负责审校。

在本书的编写过程中,青岛远洋船员学院通信教研室全体教师为教材的编写提出许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

本书的出版得到大连海事大学出版社的积极支持,在此一并表示感谢。

由于时间仓促及作者水平有限,书中难免会有失误与不妥之处,敬请读者提出宝贵意见。您的意见或建议请发送到以下 E-mail 地址:

whm@public.qd.sd.cn;xxgcx@coscoqmc.com.cn

编 者

2005 年 2 月

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 无线电波的产生	(1)
第二节 频率的划分	(1)
第三节 无线电波的传播途径和特点	(2)
第四节 调制与解调	(7)
第五节 GMDSS 地面通信系统的组成	(14)
思考题	(16)
第二章 地面系统通信程序	(17)
第一节 概 述	(17)
第二节 遇险报警与遇险通信程序	(18)
第三节 紧急呼叫与紧急通信程序	(27)
第四节 安全呼叫和安全通信程序	(29)
第五节 常规呼叫和常规通信程序	(33)
思考题	(52)
第三章 船舶组合电台	(53)
第一节 概 述	(53)
第二节 收发信机的基本组成	(54)
第三节 组合电台的工作种类	(57)
第四节 JSS-710/720 型组合电台	(58)
第五节 SKANTI TRP7200 中/高频组合电台	(76)
第六节 T900 系列组合电台	(83)
思考题	(89)
第四章 数字选择性呼叫(DSC)终端设备	(90)
第一节 概 述	(90)
第二节 DSC 终端设备的组成和工作原理	(92)
第三节 数字选择性呼叫的编码与检纠错	(94)
第四节 数字选择性呼叫序列的组成	(95)
第五节 SKANTI MF/HF DSC 终端设备	(98)
第六节 NCT-60G DSC 终端设备	(111)
思考题	(126)
第五章 无线电传 NBDP 终端设备	(127)
第一节 NBDP 终端设备的组成和工作原理	(127)
第二节 XH5112 型 NBDP 设备	(128)
第三节 SCANCOMM 无线电传设备	(142)
思考题	(161)

第六章 甚高频(VHF)无线电通信设备	(162)
第一节 概 述	(162)
第二节 VHF 设备的组成和工作原理	(166)
第三节 VHF 发射机	(169)
第四节 海上 VHF 接收机	(171)
第五节 JHS-31 甚高频设备	(174)
第六节 NRE-63 值守机与 NKG-52 打印机	(184)
第七节 SKANTI VHF 3000 设备	(185)
第八节 SKANTI 3000 甚高频 DSC 终端设备	(187)
思考题	(196)
第七章 海上安全信息播发系统与设备	(198)
第一节 概 述	(198)
第二节 NAVTEX 系统与 NAVTEX 接收机	(201)
第三节 气象传真及气象传真接收机	(207)
思考题	(219)
第八章 搜救雷达应答器	(220)
第一节 概 述	(220)
第二节 搜救雷达应答器的工作原理及技术性能	(220)
第三节 SART 的使用和搜寻 SART 信号应注意的问题	(223)
第四节 JQX-10A 雷达应答器	(226)
第五节 SF4251 雷达应答器	(228)
第六节 “RESCUER”搜救雷达应答器	(230)
思考题	(232)
第九章 船用电源与天线	(233)
第一节 GMDSS 对船用电源的要求	(233)
第二节 船舶备用电源的维护与保养	(234)
第三节 船用天线介绍	(241)
思考题	(246)
附录 1 《无线电信号》介绍	(247)
附录 2 GMDSS 常见英文缩写和短语	(249)

第一章 绪 论

第一节 无线电波的产生

一、无线电波的产生

无线电波实质上是一种电磁波。

电荷周围有电场存在,电荷定向移动产生电流,在电流周围会产生磁场。如果电流大小与方向随时间变化,此交变电流在其周围将产生交变的电磁场。当交变频率足够高时,交变的电磁场将会摆脱电流的束缚辐射出去,这就是交变电磁场产生的基本原理。

无线电传播过程就是交变电磁场向前波动的过程。当交变的电流通过天线向空间辐射后,在天线附近空间形成交变的电场和磁场,变化的电场能产生磁场,交变的磁场又生成电场,如此反复,电磁场以光的速度向外辐射和传播。

二、频率、周期、波长和速度的定义以及相互关系

电波在 1 s 的单位时间内幅值大小与方向周期性重复变化的次数称为频率。

符号: f ; 单位:赫兹(Hz) 千赫兹(kHz) 兆赫兹(MHz) G 赫兹(GHz)

$$1\ 000\ \text{Hz} = 1\ \text{kHz} \quad 1\ 000\ \text{kHz} = 1\ \text{MHz} \quad 1\ 000\ \text{MHz} = 1\ \text{GHz}$$

电波幅值大小与方向变化一次所用的时间称为周期。

符号: T ; 单位:秒(s) 毫秒(ms) 微秒(μs)

$$1\ \text{s} = 1\ 000\ \text{ms} \quad 1\ \text{ms} = 1\ 000\ \mu\text{s}$$

电波在一个周期内传播的距离称为波长。

符号: λ ; 单位:米(m) 分米(dm) 厘米(cm) 毫米(mm)

$$1\ \text{m} = 10\ \text{dm} \quad 1\ \text{dm} = 10\ \text{cm}$$

$$1\ \text{cm} = 10\ \text{mm}$$

单位时间内无线电波传播的距离称为速度。

符号: v ; 单位:米/秒(m/s),千米/秒(km/s)。

$$T = 1/f; \quad v = \lambda \times f$$

$$\text{角速度 } \omega = 2\pi f$$

在真空中无线电波是以光速传播的。 $c = 3 \times 10^5\ \text{km/s}$ 。

第二节 频率的划分

现在无线电通信被广泛地使用于许多领域,为了更好地使用频率资源,减少相互间的干扰,国际无线电咨询委员会(CCIR)为不同行业指定使用不同的频段。无线电波一般按波段划分,划分后的波段名称、波长、频率范围,详情如表 1-2-1 所示。

表 1-2-1

波段名称		波长范围	频段名称	频率范围
极长波		10^5 m 以上	极低频(ELF)	3 kHz 以下
超长波		$10^5 \sim 10^4$ m	甚低频(VLF)	3~30 kHz
长波		$10^4 \sim 1\,000$ m	低频(LF)	30~300 kHz
中波		1 000~100 m	中频(MF)	300~3 000 kHz
短波		100~10 m	高频(HF)	3~30 MHz
米波(超短波)		10~1 m	甚高频(VHF)	30~300 MHz
微波	分米波	10~1 dm	特高频(UHF)	300~3 000 MHz
	厘米波	10~1 cm	超高频(SHF)	3~30 GHz
	毫米波	10~1 mm	极高频(EHF)	30~300 GHz

国际无线电咨询委员会(CCIR)给海上地面移动通信业务专门指配了通信频段和通信频率,其详情介绍如下:

中频(MF):415~4 000 kHz。其中,中频 I(MF I) 415~530 kHz

中频 II(MF II)2 MHz

高频(HF):4 000~27 500 kHz

甚高频(VHF):156~174 MHz

在高频(HF)频率范围内,CCIR 指定海上移动通信使用的频率为 4 MHz,6 MHz,8 MHz,12 MHz,16 MHz,18 MHz,22 MHz,25 MHz。同时,CCIR 还为无线电话(RT)、无线电传(TELEX)、数字选择性呼叫(DSC)、无线电报(WT)几种通信方式分别指配了工作信道。每一工作信道对应一对工作频率,分别供船岸电台和船舶电台通信使用。

CCIR 按通信方式、波段,分别划分通信信道。船岸通信信道的收/发频率通常是不同的;而指配用于船舶通信用的信道其收/发频率是相同的。指配用于遇险安全等一些重要频率,收/发频率相同。它们不仅用于船舶间通信,而且用于船岸间的通信。例如,上海海岸电台无线电传业务使用 828 信道,这一信道对应的岸台的发射频率(船台接收频率)是 8 430.0 kHz,接收频率(船台发射频率)是 8 390.0 kHz。

TELEX HF CH 828

↓ ↳指 8 MHz 频段的 28 信道

指 TELEX 的 8 MHz 波段

TELEX 的 MF 遇险安全通信频率其收发频率都为 2 174.5 kHz。VHF:156~174 MHz 海上移动业务使用 CH01~CH28、CH60~CH88。CH70 用于 DSC 呼叫,其他信道用于无线电话业务。船舶自动识别系统(AIS)工作在这一波段的 88B 信道和 87B 信道。

以上这些信道和频率划分详情,登载在英版无线电信号书第一卷后面附录中。岸台开放业务以及使用的信道详情,也可在英版无线电信号书第一卷中查到。

第三节 无线电波的传播途径和特点

了解无线电波的传播途径和特点,将有助于正确地使用频率,迅速建立通信链路。

一、无线电波的传播途径

无线电波从发射点到接收点,不同频率的无线电波有不同的传播途径,按照离开地面高度,传播途径可划分为地波传播、空间波传播、电离层波传播三种。

地波传播:是指电波沿地球表面传播,见图 1-3-1。

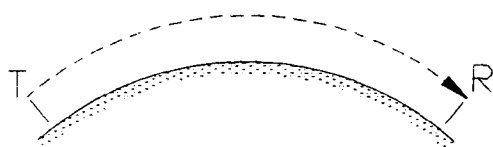
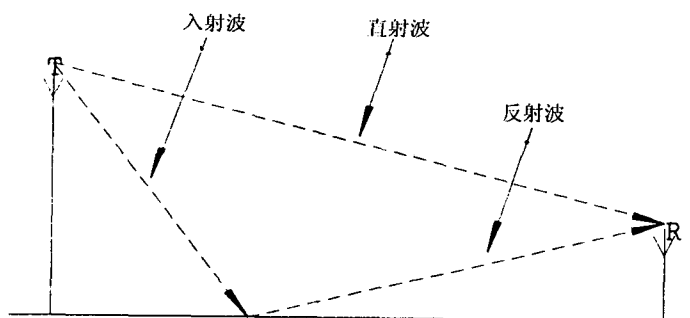
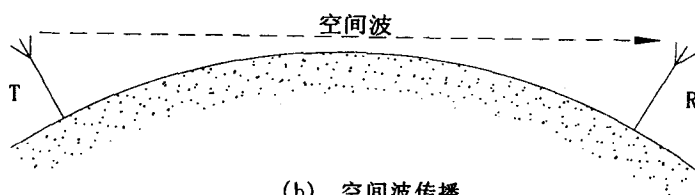


图 1-3-1 地波传播

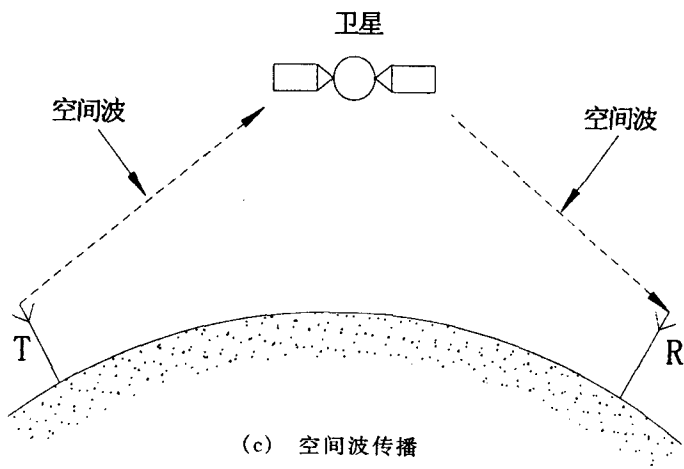
空间波传播:是指电波在空间传播,由入射波、地面反射波和直射波组成。超短波通信就是靠空间波传播的,接收点的场强是由地面反射波、空间直射波合成的,见图 1-3-2(a), (b), (c)。



(a) 空间波传播



(b) 空间波传播



(c) 空间波传播

图 1-3-2

电离层波传播:电离层波又称天波,电波由发射天线出发经电离层反射到达接收天线,我们称这种传播方式为电离层传播,见图 1-3-3。

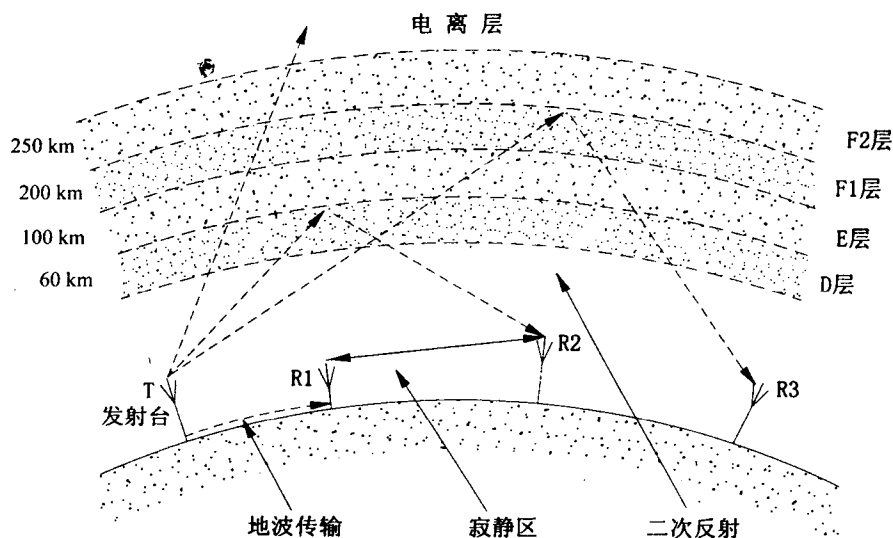


图 1-3-3 电离层分布与电波传播

二、各波段电波传播特点

1. 电离层

大气层由于太阳紫外线的辐射,气体分子被电离,形成正负离子和自由电子组成的电离层。距地面高度为 50~300 km。随高度不同电离程度不同,形成不同的浓度。根据电离层浓度可将电离层大致分为 D、E、F1、F2 层。高度越高,电子浓度越大,分布如图 1-3-3 所示,电波在穿越电离层时,会受到吸收和衰减。吸收和衰减大小与频率和电离层的浓度有关。D 层和 E 层变化最有规律中午浓度最强,上下午次之,晚上 D 层消逝。F 层在白天分为两层, F1 和 F2。F2 为较高层。F1 层在晚上消逝,晚上只剩 E 层和 F2 层。电离层极不稳定,受多种因素的影响,对电波传输影响较大。

2. 长波和超长波传播特点

超长波波长为 100 km~10 km,频率为 3~30 kHz,长波波长为 10 km~1 km,频率为 30~300 kHz。由于波长很长,故地面的凹凸及地质参数的变化对传播影响很小,在 300 km 以内传播基本上是地波传播。对于较远距离的通信可用电离层传播。由于长波和超长波频率低,电子浓度很小时就可能满足反射条件,因此穿入电离层很浅,电离层对其吸收也很小。白天,电波由 D 层反射,夜间由 E 层反射。电波传播是在地面与电离层之间来回反射进行的,好像电波在波导中传播一样,因此称地面与电离层之间形成的传播途径为地球波导。由于 D、E 层变化较有规律,而且地波场强也较稳定,因此长波和超长波传播比较稳定。这是它的优点。但它有以下主要缺点:

- (1) 由于地波衰减慢,发射台发出地波对其他收信台干扰大;
- (2) 天电干扰对长波接收影响严重,尤其是在多雷雨的夏季;
- (3) 收发设备笨重,需要庞大的天线。

海上通信不工作在此波段。

3. 中波传播特点

中波波长为 100 m~1 km,频率为 300~3 000 kHz。中波可经地波和天波传播,但中波

的地波传播和天波传播与长波相比具有许多不同之处。波长越短,沿地面绕射的能力越差。中波波长比长波波长短得多,因而它沿地面传播的能力比长波差得多。在山区,电波传播要受到地形的影响。长波和超长波的波长一般都比山峰的高度大得多,它们能绕过山峰如平地一样传播。中波波长较短,许多山峰的高度都接近甚至大于中波波长,因而对于沿地面传播的衰减增大,场强减小,传播距离相应减小。中波在电离层内传播时,由于其频率高于长波,故进入电离层较深。白天中波穿过D层时,受到强烈的吸收,天波信号微弱,甚至不能由电离层反射,接收信号几乎完全靠地波。夜间D层消失,由E层反射回来的天波强度大(因为晚间E层电离度减小,且E层位置也较白天高,气体分子比较稀薄,所以损耗较小)。传播信号有天波也有地波。总之,中波传播的特点是白天靠地波传播,而晚上则既靠地波又靠天波传播。在离开电台较远的地方,白天由于仅靠地波传播,地波场强不够,故收不到信号,但到晚上由于可经天波传播,因而可收到远处的中波信号。

白天传播距离近,主要靠地波传播,大约200 n mile;夜间传播距离远,靠地波和天波传播,能传播数百海里。这是中波传播的最大特点。

中波传播与长波传播的另一个显著的特点是,中波传播存在衰落现象。所谓衰落现象是指接收点信号强度无规则变化,忽大忽小。产生衰落的原因是由于信号的多径传播。夜间,在天波和地波同时存在的区域,由于天波的波程随电离层电子浓度或电离层高度变化而时刻变化,接收点天波的相位也随之变化;地波场强较稳定,接收点地波相位也较稳定。因此,天波和地波的合成场强将不断地变化,当地波同

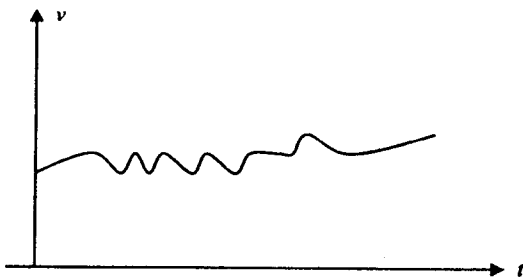


图 1-3-4 表示一个接收信号的衰落情况(衰落现象)

相时,合成场强最大,反相时,合成场强最小。如此便产生了信号忽大忽小的衰落现象。图 1-3-4 表示了一个接收信号的衰落情况(衰落现象)。

克服衰落有两种方法,一种是在接收机中加自动增益控制电路,另一种方法是采用抗衰老天线,即设法使天线的辐射能量集中在地面上,尽量减小天波的辐射。

4. 短波传播特点

短波波长为 100 m ~ 10 m, 频率为 3 ~ 30 MHz。像中波一样,短波也靠地波和天波来传播。但短波的地波传播,由于波长较短,沿地面绕射传播的能力差,且地面吸收强烈,衰减很快,在陆地的传播距离一般不超过 100 km;在海洋,最多也只有 150 km。天波传播时,由于频率较中波频率高,因而在电离层中的损耗相应地减小,可借助于电离层进行一次或多次反射,实现远距离通信。一般情况下,E层的电子浓度不足以将短波反射回来,而主要靠F层反射回地面。电波的损耗主要发生在E层。电波在电离层内衰减与频率有关,频率越高,衰减越小,当频率取得太高时,电波将会穿透电离层,辐射到外层空间,不再折回地面。

短波传播具有以下几个特点:

(1) 地波传播衰减很快,传播距离不远。

(2) 天波传播距离远,但信号不稳定。比起中波来,由于短波的频率高,它在电离层内传播时的衰减很小,能够容易实现远距离通信。但由于短波是比较深入电离层的,它所受电离层变化的影响较大,不同时间有不同的最佳工作频率。实际工作中,白天电子浓度大使用较高

的频率;夜间电子浓度小,使用较低频率。一般地讲,在高频的各频率中,较低的频率通信距离近,较高的频率通信距离远。

(3)有衰落现象

短波通常经 F 层进行反射,F 层不像反射中波的 E 层那样稳定,所以短波通信中的衰落现象比较严重。但与中波衰落不同,短波衰落不是由于天地波的叠加而引起的,而是由于电离层里不同路线的电波传输,到达接收天线时,电波相位差的不同所引起的衰落。

(4)存在寂静区

在海上通信时,常常遇到这样一种情况,即收听某一海岸电台的频率,在距离短波电台较近和较远地区都能收到信号,但在二者之间却有一个环形区收不到信号,我们通常称存在这一现象的地区为寂静区,又叫哑区。天波与地波之间的寂静区,见图 1-3-3 和图 1-3-5 所示。

对于地波来说,寂静区内因距发射台太远信号衰减而消失,不能收到。对于天波来说,由于存在跃距,而且跃距大于地波传播的最大距离,形成了一个天地波均不能覆盖的区域。地波传播的最远距离 r_1 为寂静区的内边界,天波传播的最近距离 r_2 为寂静区的外边界。

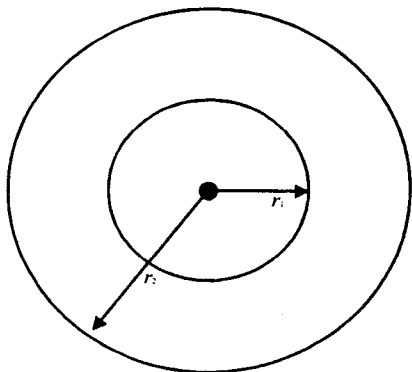


图 1-3-5 短波的寂静区

5. 超短波和微波的传播特点

超短波波长为 10 m ~ 1 m, 频率为 30 MHz ~ 300 MHz。

微波波长为 1 m ~ 1 mm 频率为 300 MHz ~ 300 GHz。

超短波和微波在传播特点上虽有些差别,但基本上是相同的。它们的频率比短波高得多,一般不能被电离层反射回来,而是穿透电离层奔向无边无际的太空,因而不能依靠电离层的反射实现远距离的传播。同时,由于它们的波长很短,地波衰减极大,也不能像长波、中波那样沿地面传播,主要靠空间波传播。由于受到地球曲率的影响,传播距离不会很远,在天线绝对高度(距海平面的高度)为几十米时,一般仅有几十海里。

海上 VHF 波段,通信距离一般为 30 ~ 50 n mile。

三、在主要航线上不同海区 and 国内主要海岸电台通信使用的频率

船舶在下述海区与上海台的通信白天和夜间所使用的最佳频率:

所在海区	白天最佳频率	夜间最佳频率
印度洋	16 MHz, 22 MHz	8 MHz, 12 MHz
红海	16 MHz, 22 MHz	8 MHz, 12 MHz
地中海西部	16 MHz(1530LT 左右)	8 MHz, 12 MHz 12 MHz(1630LT 左右)
大西洋东部	12 MHz(1630LT 左右)	8 MHz, 12 MHz

以上所列信息仅供参考。在上述海区与国内通信时,到底使用什么频率,应根据当时的情况确定。一般方法是先收听一下预通信海岸电台几个频段的信号,根据信号质量、强度和忙闲,选择一最佳频率。通常情况下,当你在某一海区收听某海岸电台工作信道信号质量好时,你在该信道岸台的接收频率上发射,该岸台也能较好地接收到你的信号。另外,还要注意到海

岸电台使用定向天线等情况。例如上海海岸电台根据业务情况,将某些频率的发射天线向某海区定向。总之,与其他海岸电台通信时,要注意不断积累经验。

第四节 调制与解调

一、为什么通信中要使用调制

人耳能听到的声音的频率范围大约在 $300 \sim 3\,000\text{ Hz}$ 间,通常把这一频率范围叫做音频。声波在空气中传播很慢,约为 340 m/s ,且衰减很快,不会传播很远。

如何才能把声音传远,开始人们常用的方法是把它变成电信号,这一任务通常由话筒完成,然后经过放大,经导线播送出去,再经喇叭还原成声音,这就是有线广播,如图 1-4-1 所示。



图 1-4-1 有线广播系统

怎样才能不用导线将声音传播出去呢?我们知道,交变的电磁场可以利用天线向天空辐射。但要做到有效的辐射,天线的尺寸应和电磁波的波长相比拟。音频的波长在 $10^6 \sim 10^5\text{ m}$,要制造尺寸相当的天线显然是不可能的,因此不能直接将音频信号辐射到空中。

将音频信号加到更高的频率上,然后由天线辐射出去,是一个可以实现的设想。因为高频的波长在 $10 \sim 100\text{ m}$ 间,天线尺寸可以做得比较小,同时,不同的电台可以使用不同的频率,这样就可以容纳很多电台工作。知道了这个道理,当船舶天线在航行中损坏时,可以用一根 $10 \sim 100\text{ m}$ 长的铜线临时代替,就可使电台继续工作。

在船上需要辐射出去的信号除了音频信号外,还有电传、数字等各种信号。这些信号必须要装载到高频上去才便于传送。这些要借助于高频传输出去的原始信号,称为控制信号或者调制信号。

把调制信号控制高频信号的过程叫做调制;该高频信号称为载波;经过调制后的高频信号称为已调信号;在接收端从已调信号中检取出原始信号的过程称为解调或者检波。

调制的方法是多种多样的,例如对连续波的调制方法有调幅、调频、调相、边带调制等;对于数字信号的调制有移频键控等。

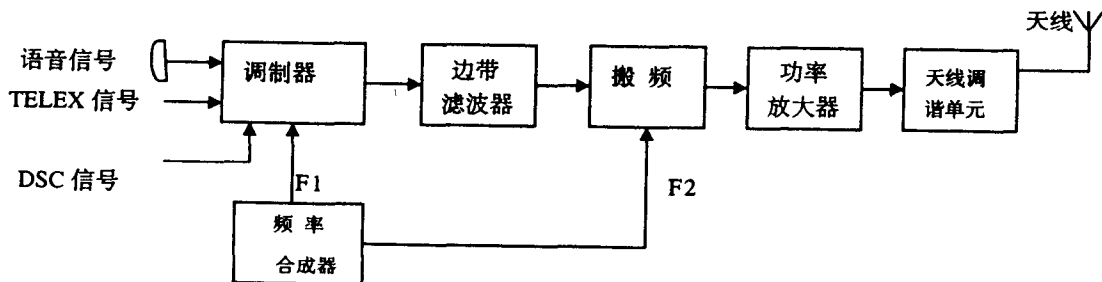


图 1-4-2 无线通信系统发射端

图 1-4-2 所示的是无线通信发射系统的大概组成,高频信号一般由频率合成器产生。在调制器产生调制信号,产生的调制信号还不足以达到工作频率,通常还要经过一次或者多次搬

频,再经过功率放大,经天线调谐单元把信号送到发射天线向空间辐射。

图 1-4-3 所示的是无线通信接收系统的大概组成,接收到的高频信号比较微弱,一般先进行高频放大,再经混频器把信号频率降低,经过一级或者多级中频放大,在解调器中解调出原始信号,经低频放大器放大后,送到喇叭或者 TELEX 终端或者 DSC 终端。下面就介绍调制原理。

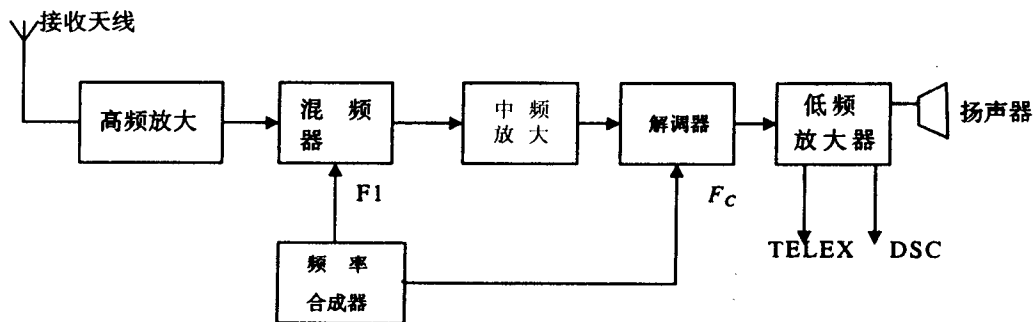


图 1-4-3 无线通信系统接收端

二、调幅制

单一音频信号调制的调幅波。

设高频振荡信号[载波]为正弦波,用下式表示:

$$u_c(t) = U_c \cos(\omega_c t + \varphi_c) \quad (1-4-1)$$

其中: $u_c(t)$ 是瞬时值, U_c 是振幅, ω_c 是角频率, φ_c 是初相位。

又设单一频率的音频信号也是一个正弦波,为研究方便起见,设其初相位为零,用下式来表示:

$$u_n(t) = U_n \cos \Omega t \quad (1-4-2)$$

用该音频信号去调制载波信号的幅度,当音频信号的瞬时值 u_n 为零时,载波的振幅 U_c 应不变。当 u_n 增大时,载波振幅应增大;当 u_n 减小时,载波振幅应减小。调幅波的瞬时值表达式为:

$$\begin{aligned} u(t) &= [U_c + u_n(t)] \times \cos(\omega_c t + \varphi_c) \\ &= U_c (1 + m \cos(\Omega t)) \times \cos(\omega_c t + \varphi_c) \end{aligned} \quad (1-4-3)$$

式中: m 为小于 1 的常数, $m = U_n/U_c$,叫做调幅系数。它应和音频信号的 U_n 成正比,调幅波才不失真。

调幅波的振幅应为:

$$U_c (1 + m \cos \Omega t) \quad (1-4-4)$$

将式(1-4-3)展开可得:

$$\begin{aligned} u(t) &= U_c \cos(\omega_c t + \varphi_c) + m/2 U_c \cos[(\omega_c + \Omega) t + \varphi_c] + \\ &\quad m/2 U_c \cos[(\omega_c - \Omega) t + \varphi_c] \end{aligned} \quad (1-4-5)$$

由式(1-4-5)可以看出,一个单音频调制的调幅信号已不是原来的音频信号,也不是单纯的载波信号,而是由三个不同频率的等幅振荡合成的,其振荡角频率分别是:载频 ω_c ,上边频 $(\omega_c + \Omega)$,下边频 $(\omega_c - \Omega)$ 。两个边频分量的振幅相等,都是 $m/2 U_c$;当 $m < 1$ 时,其振幅等于音频 U_n 振幅的一半;当 $m = 1$ 时,其振幅等于载频振幅的一半。载波、调制信号和已调信号

的波形图如图 1-4-4(a) 所示。

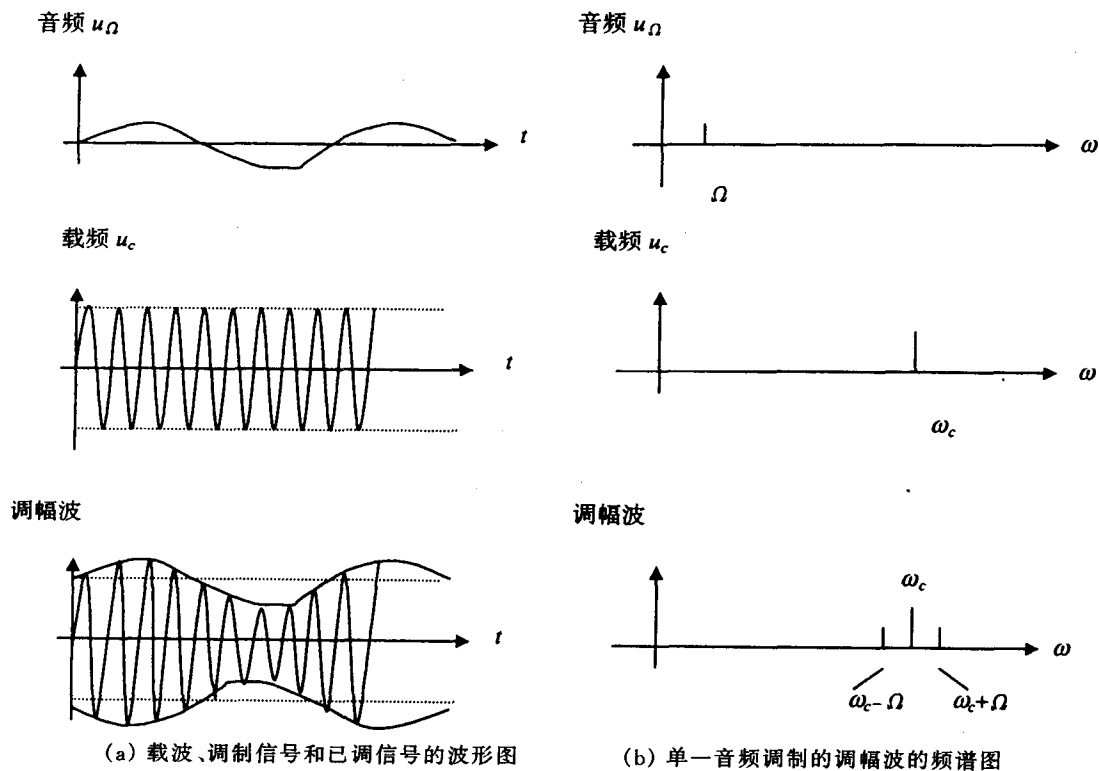


图 1-4-4 单一音频调制的调幅波的波形图和频谱图

图 1-4-4(b) 为组成该调幅波信号的各正弦分量按频率分布的情况,即用频率 F 或角频率作横坐标,用组成信号的各正弦分量的幅度作纵坐标而表示的图形,称为频谱图。由图 1-4-4(b) 可见,单一频率调制的调幅波的频带宽度 B_{AM} 等于调制信号角频率 Ω 的 2 倍,即:

$$B_{AM} = 2\Omega \quad (1-4-6)$$

实际的调制信号,不是单一的频率信号,如音频信号是由很多频率分量叠加而成的。现从图 1-4-5 可以看出,幅度大的载频中不包含任何信息,载频本身和调制信号无关,所要传递的声音信号只包含在两个边带之中,而且两个边带中包含着完全同样的信息。

另外,调幅波所占有的频带宽度是调制信号中最高频率的 2 倍,即:

$$B_{AM} = 2\Omega_{\max} \quad (1-4-7)$$

在调幅波的功率中,真正有用的是边带功率。由计算可知,当 $M = 1$ 时,两上边带的功率之和仅是载频功率的一半。

由以上分析可知,调幅制通信是一种低质量的通信方式,它的功率利用率不高,设备的利用率不高,占有的频带宽,这是调幅制通信最大的缺点。同时,从电波传播的角度来看,调幅制通信中还存在着选择性衰落现象,电波会产生严重的失真。

因为在调幅波的每一个边带中都含有所需传递的全部信息,所以理想的调制方式应当是:

- (1) 没有载频;
- (2) 只有一个边带。

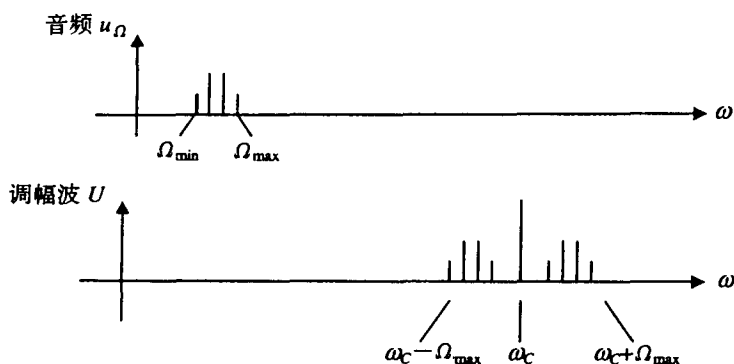


图 1-4-5 音频调制的调幅波的频谱

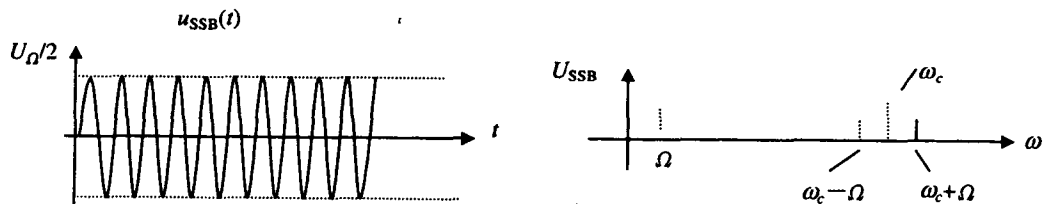
三、单边带(SSB) 通信

采用只传送一个边带,而抑制另一个边带和载频(或部分抑制载频)的通信称为单边带通信。为简单起见,我们以单音频调制为例分析单边带信号数学表达式、波形图、频谱图以及特点:

由单音频调制的调幅波中,见式(1-4-5),取出一个边频分量,就得到单音频调制的单边带信号。例如,取上边频分量,其表达式如下:

$$\begin{aligned} u_{SSB}(t) &= 1/2 m U_c \cos[(\omega_c + \Omega)t + \varphi_c] \\ &= 1/2 U_n \cos[(\omega_c + \Omega)t + \varphi_c] \end{aligned} \quad (1-4-8)$$

由式 1-4-8 看出,这是一个近似等幅的高频振荡,其振幅为调制信号振幅的一半,其角频率为 $\omega_c + \Omega$,初相位是 φ_c ,它们都与调制信号有关。其波形和频谱见图 1-4-6。



(a) 单音频调制的上边频信号的波形图

(b) 单音频调制的上边频信号的频谱图

图 1-4-6 单音频调制的上边频信号的波形和频谱

由图 1-4-7 可见,单边频信号的包络是一直线,单边频信号的频谱是调制信号的频谱(Ω) 在频域上的线性搬移($\omega_c + \Omega$)。

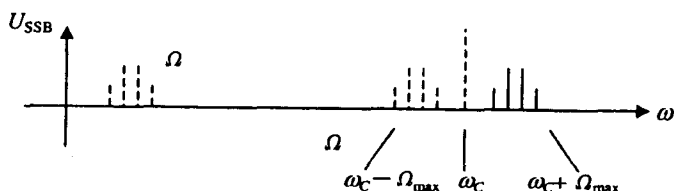


图 1-4-7 音频调制的上边带信号的频谱图

需要指出的是,单音频调制的单边频信号与载频都是等幅波,但两者有本质的不同。载频的幅度是常量,而单边频信号的幅度与调制信号的幅度 U_n 有关,无 U_n 时也就没有单边频信