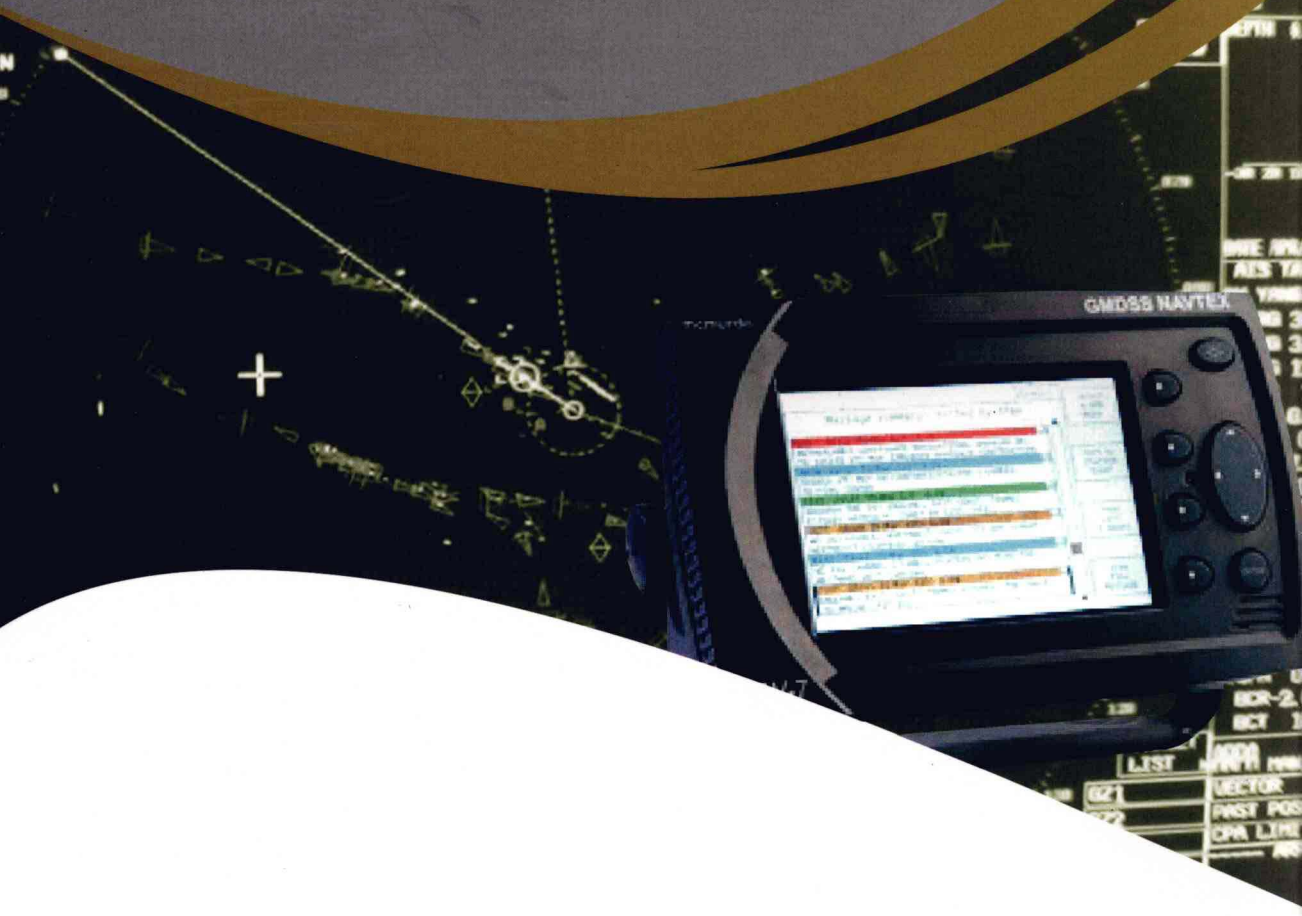


高等学校航海类专业教材
海船船员GMDSS适任证书考证必备教材

GMDSS系统与设备

主编 胡卫东 谢斌 主审 陈伟 朱金发



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

高等学校航海类专业教材

海船船员 GMDSS 适任证书考证必备教材

GMDSS 系统与设备

主编 胡卫东 谢 斌

主审 陈 伟 朱金发

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

内 容 提 要

本教材共分十三章,从 GMDSS 系统的形成、各分系统构成原理到对应的船用通信设备全面介绍了 GMDSS。内容包括:电波传播与 GMDSS、单边带通信原理及发信设备组成方案、单边带发信机电路、单边带接收机组成与电路、VHF 通信设备、地面系统数字终端之 NBDP、DSC、搜救雷达应答器、卫星通信技术概论、国际海事(移动)卫星通信系统、INMARSAT 船站终端技术、EPIRB 及搜救卫星系统、船用电源与天线。

本教材结合最新“海船船员 GMDSS 适任证书考试大纲”和全日制航海技术专业本科“GMDSS 设备”课程教学大纲要求,从 GMDSS 系统的构成、船用通信设备的工作原理与性能要求、操作规范的角度全面介绍了海船 GMDSS 操作员履行岗位职责所必须掌握的系统与设备知识。本书为海船船员 GMDSS 适任证书考试培训教材,也是普通高校航海技术专业“GMDSS 设备”课程教材。为兼顾学生修学分与考海证的双重需要,特在教材后附加对应各章的习题,以巩固学习效果。本教材还可作为 GMDSS 船岸无线电人员、航运企业通信导航管理及相关人员的海上无线电通信技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

GMDSS 系统与设备/胡卫东,谢斌主编. — 武汉:武汉理工大学出版社,2010. 1

高等学校航海类专业教材

海船船员 GMDSS 适任证书考证必备教材

ISBN 978-7-5629-3086-0

I. G… II. ①胡… ②谢… III. 全球海上遇险与安全系统 IV. U676.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 212223 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮政编码:430070)

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:武汉理工大印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:29.75

字 数:762 千字

版 次:2010 年 1 月第 1 版

印 次:2010 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~3000 册

定 价:60.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87397097 87394412

E-mail:quswwutp@163.com wutp2005@126.com

船 员 培 训 教 材

编审委员会名单

主任委员：严新平 李玉华

副主任委员(以姓氏笔画排列)：

邓跃进	王 克	王同庆	王当利	王吉春
王燕辰	季永青	林承志	郭国平	胡耀兵
黄 明	梁世翔	韩雪峰	谢西洲	雷绍锋
解 超	熊仕涛	魏智勇		

委 员(以姓氏笔画排列)：

方 磊	王宏明	王威娜	刘伯宁	刘乾英
陈云胜	陈 平	陈 刚	陈艳才	何永林
李红民	李启敏	李毓江	吴小兰	吴建华
杨 晓	杨 斌	余长春	余 谦	张亚冲
张 劲	张祖平	张 哲	范耀天	金 科
胡卫东	郭党华	郝 勇	柯响林	祝建国
翁建军	夏守云	徐 元	徐江波	徐周华
盛 君	黄志英	章 波	程 兵	谭 箭
熊锡龙	黎冬楼			

秘 书 长：杨学忠 杨 帆

总责任编辑：曲生伟

出版说明

进入 21 世纪以来,经济全球化和国际航海业的发展促进了世界远洋船舶数量的急剧增加,对船员的需求量也急剧增大,出现了海运专业人才的严重短缺。为此,2006 年 7 月,交通部徐祖远副部长在河南新乡召开的“推进中西部海员发展工作座谈会”上,提出了推进我国中西部海员发展工作的“海员战略配套工程”策略,以服务地方经济发展。2008 年 4 月 16 日,交通部海事局常务副局长刘功臣在深圳召开的我国首届“船员发展大会”上表示,当前以及今后一段时期推进我国船员科学发展的总体思路是:以科学发展观为指导,以市场为导向,以企业为主体,以院校培养为基础,以专业培训为补充,坚持改革创新,加快队伍发展,推进结构调整,规范有序流动,争取到 2020 年成为船员劳务输出大国,实现我国从船员大国到船员强国的目标。为此,要重点做好六项工作:第一,扩大培养规模,提高培养质量;第二,提升船员素质,优化船员结构;第三,加强在职培养,健全考评机制;第四,保障合法权益,营造发展环境;第五,推进电子政务,构建船员服务平台;第六,宣扬航海文化,增强航海意识。

在世界航运事业快速发展和国际海员市场需求急剧增大的背景下,组织出版一套反映当前航运业发展现状、适合我国船员培训教育特点的高质量的船员培训教材就显得尤为重要。武汉理工大学出版社在华中、华东、西南地区众多航海类院校的大力支持下,组织了 10 余所航海类院校、培训机构中长期从事船员培训工作的 60 余位专家、教师共同编写了本套“船员培训教材”。本套教材在编写过程中得到了长江海事局、江苏海事局、浙江海事局的大力支持,有关海事局的领导及职能部门高度重视并结合船员培训及船员日后船上工作提出了许多指导性意见,从而保证了本套培训教材的权威性和先进性。

本套船员培训教材具有以下特点:

1. 与时俱进,体现行业最新进展

本套培训教材把最新的国际公约、国内法规、规范、指南、国家标准等内容以及最新的《中华人民共和国海船船员考试大纲》的要求融入其中,是一套知识内容最新、实操内容科学系统、紧跟国际航运事业发展的船员培训教材。

2. 定位准确,服务船员培训

本套培训教材依据培养具有一定理论水平、有较强实际操作技能的复合型专业人才的船员培训目标,改变过去重视知识的传授,强调学科体系的严密、完整的做法,精选船员能够实际应用的基础知识和基本技能,重在提高船员的实际操作能力和应对突发事件的能力,充分体现了行业需要、实际应用和船员身心发展三者有机

的统一。

3. 可读性强，体例新颖

针对船员培训特点，结合船员考证，本套培训教材设置了基本理论、实操训练、练习与测试等内容，保证理论知识够用，实操部分结合实际，练习与测试贴近船员考试，同时，使教材从内容到体例、从栏目到版式上耳目一新。

4. 应用性强，强调技能训练

将实操内容纳入课程体系是海员培训教学模式的特点。本套培训教材力争做到：基本理论、实操训练、练习与测试相配套；实操内容的设置与理论知识以及海员的实际作业相吻合；同时，考虑到航海设备的不断更新，实操内容及设备也进行了相应的更新，并考虑其应用性及可操作性。

5. 与时俱进，实现教学手段现代化

本套培训教材配备了“海员专业知识培训教学片”，实现了课堂教学与实训操作的同步，为提高船员培训质量奠定了良好的基础。

本套培训教材在 2008 年春季出版后，我们于 2008 年下半年进行了审读和订正。同时，我们将依据学科发展观的现实要求，不断补充、完善；我们的编审者、出版者一定会高度重视，兢兢业业，按最高的质量标准满足广大读者的需求。

教材建设是我们共同的事业和追求，也是我们共同的责任和义务，我们诚恳地希望大家积极选用本套教材，并在使用过程中给我们多提意见和建议，以便我们不断修订、完善全套教材。

船员培训教材编审委员会

武汉理工大学出版社

2009 年 6 月

前 言

进入 21 世纪以来,随着我国海员劳务外派的规模不断扩大,中国籍高级船员已广泛地任职于悬挂各种国旗的船舶。他们面临充满竞争的海员技术服务市场,不断问世的新型船舶,复杂多变的海上交通形势,日新月异的信息技术,因而需要有随时适应变化的素质,始终满足职业需要的能力。

全球海上遇险和安全系统(GMDSS)的实施,使船舶无线电通信的职责、岗位、设备配备要求发生了根本性的变化。STCW78/95 公约中将海洋船舶驾驶人员的职责分为四大功能块,船舶无线电通信属于其中的一个重要功能块,它反映了 GMDSS 的要求,同时规定了达到无线电通信功能适任标准的最低知识水平与操作技能。GMDSS 全面实施 10 年来,随着无线电通信技术的日新月异,GMDSS 系统与设备也在不断更新,原有教材已不适应这些变化。根据最新“海船船员 GMDSS 适任证书考试大纲”和新修订的全日制航海技术专业本科“GMDSS 设备”课程教学大纲要求,整合 10 年来在我国航海类院校、各 GMDSS 培训机构使用的相关教材内容并充实 GMDSS 系统新技术、新设备内容,编写本教材,以保证广大从事海上无线电通信的人员和在校生尽快了解和掌握 GMDSS 系统构成、各分系统的功能及对应的船用通信设备原理和性能指标及操作程序,满足履行岗位职责所必须掌握的系统与设备知识。

本教材共分 13 章,从 GMDSS 系统的形成、各分系统构成原理到对应的船用通信设备全面介绍了 GMDSS。内容包括:电波传播与 GMDSS、单边带通信原理及发信设备组成方案、单边带发信机电路、单边带接收机组组成与电路、VHF 通信设备、地面系统数字终端之 NBDP、DSC、搜救雷达应答器、卫星通信技术概论、国际海事(移动)卫星通信系统、INMARSAT 船站终端技术、EPIRB 及搜救卫星系统、船用电源与天线。

本教材第 1、2、4 章由武汉理工大学胡卫东编写,第 3、5、13 章由武汉理工大学刘克中编写,第 6 章及第 1、6、7、8、9、10、13 章习题由武汉航海职业技术学院谢斌编写,第 7、8、9 章由武汉理工大学熊雷编写,第 10、11 章由武汉理工大学庄元编写,第 12 章及第 2、11 章习题由武汉理工大学研究生丁肖编写,第 3、4、5 章习题由烟台海事局赵鹏编写。教材部分由胡卫东统稿,习题部分由谢斌统稿。全书由胡卫东、谢斌主编,武汉理工大学陈伟教授、中国交通通信中心朱金发高级工程师主审。

由于编者水平和资料来源有限,加之时间仓促,书中难免存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者提出宝贵意见。

编 者

2009 年 11 月

目 录

第 1 篇 基本理论

1	电波传播与 GMDSS	(3)
1.1	电磁波的发现与应用	(3)
1.2	电波的辐射与传播途径	(4)
1.3	各波段电波传播特点	(7)
1.4	从海上无线电通信到 GMDSS	(9)
1.5	GMDSS 的基本概念	(11)
1.6	GMDSS 中使用的通信系统	(15)
1.7	船用 GMDSS 设备配备要求	(17)
1.8	关于 GMDSS 的实施	(18)
2	单边带通信原理及发信设备组成方案	(21)
2.1	单边带通信的机理	(21)
2.2	单边带信号和波形	(23)
2.3	单边带通信的特点	(26)
2.4	船用单边带通信的工作种类	(30)
2.5	船用单边带发射机组成规律及框图	(31)
3	单边带发信机电路	(37)
3.1	单边带调制器	(37)
3.2	边带滤波器和 LC 滤波器	(42)
3.3	发射机的键控	(46)
3.4	工作种类的控制	(47)
3.5	高频宽带前置放大器	(48)
3.6	传输线变压器在高频宽带功率放大器中的应用	(52)
3.7	自动天线调谐器	(59)
3.8	船用单边带发信机的主要技术指标	(63)
3.9	船用单边带发信机的正确使用与维护保养	(64)
4	单边带接收机组成与电路	(65)
4.1	单边带接收机的主要技术指标	(65)
4.2	单边带接收机的组成方案	(69)
4.3	单边带接收机典型电路	(76)

5	VHF 通信设备	(94)
5.1	VHF 通信原理与特点	(94)
5.2	VHF 通信的工作种类与方式	(100)
5.3	VHF 电台的组成与主要技术指标	(101)
5.4	VHF 调频发射机	(106)
5.5	VHF 调频接收机	(110)
5.6	双值守原理	(113)
5.7	救生艇筏双向甚高频无线电电话	(114)
6	地面系统数字终端之一——NBDP	(117)
6.1	NBDP 终端的一般组成	(117)
6.2	FSK 调制器原理	(120)
6.3	与 SSB 通信设备的连接方法	(123)
6.4	检纠错措施和业务信息符号与字组	(125)
6.5	ARQ 方式的基本工作程序	(129)
6.6	FEC 方式的基本工作程序	(136)
6.7	特殊的 NBDP 单频只收终端——NAVTEX	(139)
7	地面系统数字终端之二——DSC	(145)
7.1	DSC 终端的一般组成	(145)
7.2	DSC 与通信设备的连接方式	(147)
7.3	DSC 编码和检纠错措施	(148)
7.4	DSC 呼叫序列的组成	(151)
7.5	船用 DSC 终端分类	(159)
7.6	VHF EPIRB	(159)
7.7	AIS	(160)
8	寻位系统终端——搜救雷达应答器	(161)
8.1	SART 的组成和工作原理	(161)
8.2	SART 的使用和搜寻 SART 信号应注意的问题	(166)
8.3	JQX-10A 雷达应答器	(168)
8.4	SF4251 雷达应答器	(171)
8.5	RESCUER 搜救雷达应答器	(173)
9	卫星通信技术概论	(176)
9.1	卫星通信的基本概念	(176)
9.2	卫星通信系统的组成	(179)
9.3	通信卫星	(182)
9.4	卫星通信的频段及电波传播	(187)
9.5	卫星通信线路噪声	(191)

9.6	多路复用	(196)
9.7	多址连接	(198)
9.8	分组通信方式	(202)
9.9	信道分配方式	(206)
10	国际海事(移动)卫星通信系统	(208)
10.1	海事卫星通信系统概述	(208)
10.2	INMARSAT 信令系统	(217)
11	INMARSAT 船站终端技术	(234)
11.1	INMARSAT-F 船站的基本结构	(234)
11.2	模拟电话电路	(236)
11.3	数字电话电传电路	(238)
11.4	语音压缩编码	(243)
11.5	差错控制措施	(247)
11.6	天线控制系统	(252)
11.7	EGC 系统及 EGC 接收机	(257)
11.8	船舶保安报警系统	(262)
11.9	INMARSAT 外围设备及增值业务应用	(264)
12	EPIRB 及搜救卫星系统	(273)
12.1	陆上搜救通信网	(273)
12.2	COSPAS-SARSAT 系统	(274)
12.3	406 MHz EPIRB 的信号格式	(280)
12.4	406 MHz EPIRB 设备	(283)
12.5	INMARSAT-E 系统	(290)
12.6	L 波段 EPIRB	(291)
13	船用电源与天线	(295)
13.1	GMDSS 对船用电源的要求	(295)
13.2	船舶备用电源的维护与保养	(296)
13.3	船用天线介绍	(304)

第 2 篇 练习与测试

1	电波传播与 GMDSS	(313)
2	单边带通信原理及发信设备组成方案	(326)
3	单边带发信机电路	(340)
4	单边带接收机组成与电路	(351)
5	VHF 通信设备	(364)
6	地面系统数字终端之一——NBDP	(370)

7 地面系统数字终端之二——DSC (386)

8 寻位系统终端——搜救雷达应答器 (397)

9 卫星通信技术概论 (403)

10 国际海事(移动)卫星通信系统 (407)

11 INMARSAT 船站终端技术 (411)

12 EPIRB 及搜救卫星系统 (442)

13 船用电源与天线 (450)

参考答案 (457)

参考文献 (462)

1 电波传播与 GMDSS

1.1 电磁波的应用

1820 年,丹麦物理学家奥斯特发现,当金属导线中有电流通过时,放在它附近的磁针便会发生偏转。接着,学徒出身的英国物理学家法拉第明确指出,奥斯特的实验证明了“电能生磁”。

著名的科学家麦克斯韦进一步用数学公式表达了法拉第等人的研究成果,并把电磁感应理论推广到了空间。他认为,在变化的磁场周围会产生变化的电场,在变化的电场周围又会产生变化的磁场,如此一层层地像水波一样推开去,便可把交替的电磁场传得很远。1864 年,麦氏发表了电磁场理论,成为人类历史上预言电磁波存在的第一人。

1877 年某日,亨利希·鲁道夫·赫兹在一间暗室里做实验:在两个相隔很近的金属小球上加上高电压,随即便产生一阵阵“噼噼啪啪”的火花放电声;在他身后放着一个没有封口的圆环,当赫兹把圆环的开口调小到一定程度时,便看到有火花越过缝隙。通过这个实验,他证实了电磁能量可以越过空间进行传播的结论。电磁波的单位因此被命名为“赫兹(Hz)”。

俄国一位从事电灯推广的青年亚历山大·波波夫获悉赫兹发现电磁波的消息,兴奋地说:“用我一生的精力去装电灯,对广阔的俄罗斯来说,只不过照亮了很小的一角,要是我能指挥电磁波,就可飞越整个世界!”1894 年,波波夫改进了无线电接收机并为之增加了天线,使其灵敏度大大提高。1896 年波波夫成功地用无线电进行莫尔斯电码的传送,传送距离为 250 m,电文内容为——“海因里斯·赫兹”。

在 1897 年 5 月 18 日,另一位研究无线电的年轻人——古列尔莫·马可尼,改进了无线电传送和接收设备,在布里斯托尔海峡进行了无线电通信实验并取得成功,把信息传播了 12 km。1898 年,英国举行了一次游艇赛,终点设在离岸 20 mile 的海上。《都柏林快报》特聘马可尼为信息员。他在赛程的终点用自己发明的无线电发报机向岸上的观众及时通报了比赛的结果,引起了很大的轰动,这被认为是无线电通信的第一次实际应用。

1899 年,在美国邮轮“圣·保罗”上第一次装配无线电台,并收到了相距 100 km 外的怀特岛上发出的电报。后来沿海岸线陆续建立了海岸无线电台。海上无线电通信接二连三地在援救海上遇险船只的行动中发挥了重要作用。

可以说,电波传播——无线电通信实质上是从海上开始的。

1.2 电波的辐射与传播途径

1.2.1 电波的辐射

什么是无线电波呢？无线电波实质上是一种电磁波。它的传播过程就是交变电磁场向前波动的过程，换句话说，无线电波的传播就是交变电磁场的传播。

那么这种交变的电磁场是如何产生的呢？我们知道，电荷周围有电场存在，当电荷作定向运动时产生电流，在电流周围会产生磁场。若电流大小方向随时间变化，这种交变电流会在其周围产生交变的电磁场，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简单原理。

实际的无线电波发射台让高频交变电流通过发射天线，从而产生向外辐射的交变电磁场。

无线电波频段很宽，按其特点可划分为几个波段，常用的划分方法如表 1-1 所示。

表 1-1 无线电波的波段划分

频率范围	波 长	中文波段名	英文波段缩写
300 k~3 000 kHz	1 000~100 m	中 频	MF
3 M~30 MHz	100~10 m	高 频	HF
30 M~300 MHz	10~1 m	甚高频	VHF
300 M~3 000 MHz	100~10 cm	特高频	UHF
3 G~30 GHz	10~1 mm	超高频	SHF
30 G~300 GHz	10~1 mm	极高频	EHF
300 G~3 000 GHz	1~0.1 mm	至高频	

1.2.2 电波的传播途径

无线电波从出发点到接收点，由于其频率的不同而有不同的传播途径，按照离开地面的高度可划分为三种主要的传播途径。

1. 地波传播

地波传播是指电波沿地球表面传播。通常波长越长，绕射距离越远，这是因为无线电波具有当其波长与障碍物尺寸相比拟时才能发生绕射的特性。由图 1-1 可以看出，由于地球曲率的存在，使收发两点 T 、 R 之间有高度为 h 的障碍物，若 TR 弦越长（即传播距离越远）， h 越高，则产生绕射要求的波长越长。可见只有长波、超长波和极长波可绕过地球表面较远的地方，可达几千甚至几万千米。中波可以沿地面传播几百千米。短波沿地面传播不超过 100 km。当然，

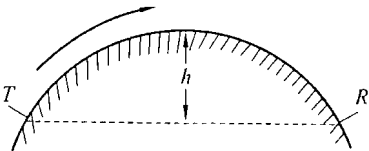


图 1-1 地波传播

由于地球曲率的存在，使收发两点 T 、 R 之间有高度为 h 的障碍物，若 TR 弦越长（即传播距离越远）， h 越高，则产生绕射要求的波长越长。可见只有长波、超长波和极长波可绕过地球表面较远的地方，可达几千甚至几万千米。中波可以沿地面传播几百千米。短波沿地面传播不超过 100 km。当然，

这只是大概而言,具体的距离取决于波长、功率及土壤电性能参数等因素。

超短波和微波沿地面绕射传播的能力很差,地波一般不是其主要的传播方式。但是,工作于超短波的小型移动电台,天线是拿在手上的,天线离地面的高度并不比波长大得多,所以电波从发射天线到接收天线是沿地面传播或者靠建筑物的反射,通信距离一般只有几千米。

地波传播是有衰减的,原因主要有两个:一是无线电波扩散而引起的自然衰减;另一原因是,随着传播距离的加大,电波传播受大地吸收(主要是地面的电性能参数和地形地物)的影响很大,且波长越短影响越大。因为地面的电性能参数和地形地物随时间的变化一般不大,地波传播稳定可靠,且受太阳照射状况变化的影响很小,所以它随昼夜和四季的变化都很小,同时也不受核爆炸的影响。我们在白天收听中波电台的广播就是沿地面传播来的,如果把自动音量控制电路断开,声音大小变化也不很大。

2. 空间传播

在超短波波段,当发射天线和接收天线均高出地面一个波长以上(在海面为5~10个波长),即可忽略地面的作用,这时接收点场强是由地面反射波和空间直射波合成的,称这两个波组成的相干传播为空间波传播,如图1-2所示。

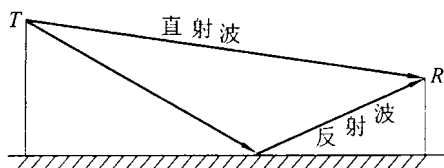


图 1-2 空间波的传播

图1-2表示当发射和接收天线相距不远,地面可看成平面的情况。当发射和接收天线间距离加大时,则必须考虑地球曲率影响,地球曲率对空间波传播的影响是使空间波传播的最远距离受到视距的限制。所谓视距是指由于地球曲率的存在,当天线的高度一定时,由天线顶端所能看到地面的最远距离,如图1-3(a)所示。因为收发双方均采用架高天线,所以通常视距为图1-3(b)所示。空间波主要是直射传播的,收发天线高度越高,视距越远,传播距离也越远,当收发距离超出视距时,由于地球曲率的存在,将空间波挡住,收不到信号。可见,空间波传播的最远距离就是视距。

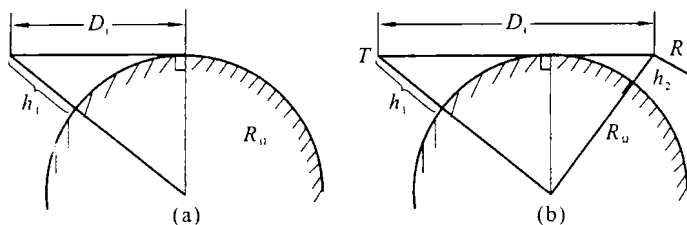


图 1-3 视距波的传播

实际上,空间波传播时,由于大气介质是不均匀的,其折射系数随高度增加而减小,这导致电波的射线变弯曲,使实际空间波传播距离会大于视距,称之为超视距。在考虑超视距影响后,空间波传播视距为:

$$D_1 = \sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}$$

式中, h_1 、 h_2 分别为收发双方天线的高度,单位 m。

3. 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,称这种传播方式为电离层波传播。经电离层反射一次叫单跳传播,反射两次叫双跳传播,其余类推。图 1-4 所示为双跳传播。

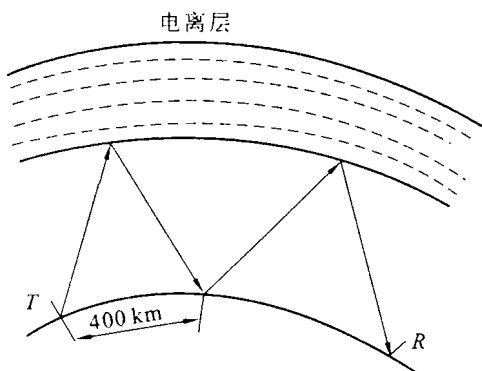


图 1-4 电离层双跳传播

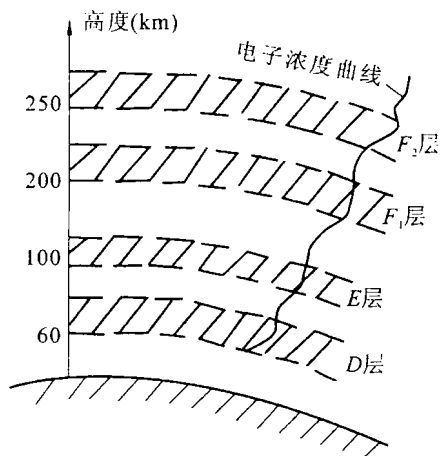


图 1-5 电离层结构概况

电离层是极不平静的,受多种因素的影响,经常发生剧烈的运动变化。只有掌握了电离层的运动变化规律,才能更好地了解电波的传播。

(1) 电离层的形成及其结构

在高空中,由于太阳的紫外线辐射,大气中的一些气体分子电离,形成正离子、负离子及自由电子,这些含电离子的气体组成了电离层。电离层距离地面的高度为 60 ~ 300 km,在这个区域内,随其高度不同,分子电离程度也不同。电离程度常常用电子浓度即单位体积内空气中所含的自由电子数来表示,单位是自由电子数/cm³。

根据实测,电离层大致可分为 D、E、F₁、F₂ 层,其结构情况如图 1-5 所示。

由图中可见,电子浓度大小随高度变化。一般讲,高度越高,电子浓度越大。

(2) 电离层的衰减作用及电离层的变化

由前面讨论知道,电离层是由一些游离的正、负离子,自由电子及分子组成。当电波进入电离层后,游离的电子在电波电场作用下产生振荡运动,做振荡运动的自由电子不可避免地要与分子或离子碰撞,将其从电场中获得的能量传给离子,从而将电波电场一部分能量转变为热能,使电波在电离层中传播受到衰减,称该衰减为电离层的吸收。理论分析表明电波频率越低,衰减越大。

由于电离层的形成是太阳辐射而引起的,显然随日光照射的强弱变化将会导致电离层发生变化。中午日照最强,电子密度也最大,上午下午相对中午对应下降,到夜晚,因为空气比较稠密,电子复合机会较多,D 层就消失了。F 层在夏天的白天分为两层,较低的一层称为 F₁ 层,较高的一层称为 F₂ 层。F₁ 层的变化和 D 层一样较有规律,到晚上即行消失。在夜间整个电离层只存在 E 层和 F₂ 层了。

(3) 电波在电离层中的反射

天波是通过电离层的反射进行传播的。那么是否所有电波均能通过电离层的反

射进行传播呢?

一般地讲,电离层可反射短波以下频率的电波,当电波的频率超过短波以上时,电离层不再能将其反射回地面。

1.3 各波段电波传播特点

1.3.1 中波传播

中波波长为 $1\,000 \sim 100\text{ m}$, 频率为 $300 \sim 3\,000\text{ kHz}$ 。中波可经由地波和电离层波传播。

前面已经说过,波长越短,沿地面绕射传播的能力越差。中波波长比长波短得多,它沿地面传播能力也比长波差得多。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;中波波长较短,许多山峰的高度都接近甚至大于中波的波长,因而沿地面传播的衰减增大,场强减小,传播距离也减小。中波在电离层内传播时,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,接收信号几乎完全依靠地波;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,而晚上则既可靠地波又可靠天波传播。

在离电台较远的地方,白天地波场强不够但到晚上却可收到经由天波传播的远处的中波信号,但并不是夜间一定能收到远处中波信号。中波传播的另一个显著的特点是,中波传播存在一定衰落现象。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造成的。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,接收点的天波相应也随之变化,而地波场强较稳定,接收点地波相位也较稳定,因此天波和地波的合成场强在不断改变。当地波同相时,合成场强最大;反相时,合成场强最小,这样便产生了信号忽大忽小追随起落的现象。图 1-6 表示一个接收信号的衰落情况。

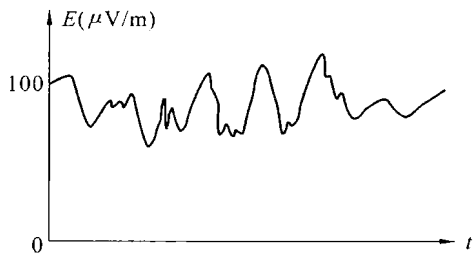


图 1-6 衰落现象

克服信号衰落有两种方法: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落天线,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。

1.3.2 短波传播

短波波长为 $100 \sim 10 \text{ m}$, 频率为 $3 \sim 30 \text{ MHz}$, 和中波一样, 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, 最多也只能有 150 km 。作为天波传播时, 由于频率提高, 天波在电离层中损耗减小, 可借助于电离层进行一次或多次反射, 进行远距离通信。一般情况下, 短波穿过 E 层的电子浓度不足以将电波反射回来。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; 当然频率取得太高时, 电波将会穿透电离层, 辐射到外空间, 不再折回地面。

为了减小电波的衰减, 发射频率通常采用使电波恰好能折回地面的频率, 称之为最高可用频率。但是, 由于电离层电子浓度不是固定不变的, 为保证通信的连续进行, 实际使用频率为最高可用频率的 $80\% \sim 90\%$ 。

短波传播具有下面几个特点:

- (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, 这样使距离远的通信可以不需要很大的发射设备和天线馈线系统。但由于短波是比较深入通过电离层的, 它所受电离层变化的影响也较大, 使最佳工作频率发生了变化。在实际工作中, 白天电子浓度大, 使用较高频率; 夜间电子浓度小, 使用较低频率。

- (3) 有衰落现象

短波是在 F 层进行反射的。因为, 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叠加而引起的, 而是由于电离层里不同路线的天波所引起的。它产生的原因较多, 图 1-7 所示是两种主要的原因。

图 1-7(a) 是两路电波引起的衰落。电离层的变化导致两路电波相位差的变化, 接收点产生了衰落。图 1-7(b) 是产生衰落的主要原因。当电波入射到电离层上时, 产生漫反射现象。不同入射的射线经电离层漫反射后形成多径反射波, 由于电离层的变化, 多径反射波在接收点相位差随之变化, 产生衰落现象。

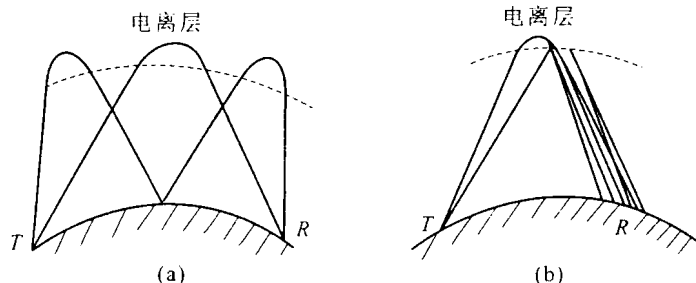


图 1-7 衰落的原因

(a) 反射次数不同引起的衰落; (b) 漫反射引起的衰落