



水情无线数据通信

王义忠 编著

中国科学技术出版社

水情无线数据通信



中国科学技术出版社

• 北京 •

图书在版编目(CIP)数据

水情无线数据通信/王义忠编著. —北京:中国科学技术出版社,1997

ISBN 7-5046-2422-5

I. 水… II. 王… III. 水情-数据通信:无线电通信 IV.
TN919.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 16560 号

中国科学技术出版社出版

北京海淀区白石桥路 32 号 邮政编码:100081

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京北七家印刷厂印刷

*

开本:850 毫米×1168 毫米 1/32 印张:14 字数:376 千字

1997 年 5 月第 1 版 1997 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 7-5046-2422-5/PN·12

印数:1—15000 册 定价:30.00 元

序 言

近十多年水情数据通信发展很快,这是正在发展中的新技术,尚未形成完整的体系,所以至今综述水情数据通信系统的书还不多。在水情数据通信已发展到实用阶段之际,对于从事通信技术的工作者来说,有一本通俗易懂的参考书是很需要的。本书尽量做到:①内容衔接的梯度小,易于理解;②内容的取舍可深可浅,适应面广,重在基础;③重视实际中的应用,尽可能反映近年来国内外在这一学科领域的成果与动向,以利开阔思路,为进一步开拓新的应用领域打下基础。

本书共分八章由四个单元组成。第一单元由第一章和第二章组成,简要介绍了通信系统发展史概况,频率划分及无线电波传播;第二单元由第三章和第四章组成,分析了通信系统设计的几个理论问题和数据通信中的关键技术;第三单元由第五章和第六章组成,介绍了通信线路设计和实用水情遥测系统;第四单元由第七章和第八章组成,讨论了通信网络及通信设备组成及各环节功能并对天线效率的测量进行了论述。

由于编著者水平所限,全书内容欠充实,可能存在不妥之处,诚恳欢迎读者批评指正。

在编写过程中得到了谭春香同志的热忱帮助,在此谨致衷心的感谢。

王义忠

1997年2月于北京

目 录

第一章 通信系统概述

第一节 通信发展简史	(1)
第二节 通信频段	(2)
一、无线电频率划分的术语、业务分类、台站及其定义	(2)
二、通信使用的频段	(5)
第三节 通信系统组成	(7)
第四节 衡量通信系统的质量要求	(10)

第二章 无线电波传播

第一节 无线电波传播路径	(14)
一、地波传播	(14)
二、电离层无线电波传播	(14)
三、视距传播	(15)
四、散射传播	(18)
五、地下传播	(18)
六、磁层传播	(18)
第二节 电离层与银河系	(19)
一、电离层	(19)
二、银河系	(20)
第三节 短波传播	(21)
一、概述	(21)
二、短波在电离层中的传播	(22)
三、短波电离层传播特点	(24)
第四节 超短波和微波的地面视距传播	(34)
一、概述	(34)
二、对流层的折射指数	(35)
三、对流层的折射	(36)

四、电波在自由空间的传播	(42)
五、地面视距传播最大距离的确定	(43)
六、地面视距传播中的地面反射波	(46)
七、地面视距传播的干涉场	(48)
八、传播电路的余隙	(50)
九、超短波的地表面波传播	(52)
十、电波的绕射传播及其场强计算	(52)
第五节 超短波和微波的远距离传播	(54)
一、概述	(54)
二、对流层散射通信	(54)
三、流星余迹通信方式——临阵通信法	(56)
四、地面——卫星电波传播	(58)
五、大气对电波的吸收衰减	(60)
第三章 无线数据通信系统设计的几个理论问题	
第一节 信号带宽和功率谱密度	(63)
一、FSK 频移键控	(64)
二、PSK 移相键控	(64)
三、FSOQ 频移交错正交调制	(65)
四、GMSK 调制前高斯滤波的 MSK	(65)
第二节 带外辐射与匹配滤波	(66)
第三节 噪声	(67)
一、外部噪声	(67)
二、内部噪声	(71)
第四节 调频波的传输带宽	(94)
第五节 同频干扰	(97)
第六节 发信机的寄生辐射和收信机的寄生灵敏度	(100)
第七节 收发信机互调和收发不同频率配置方法	(102)
一、发信机互调	(102)
二、收信机互调	(104)
三、收发不同频率配置方法	(106)
第八节 移动通信中同频干扰电平计算	(107)
一、绕射损耗衰落因子 V 值	(107)

二、允许干扰电平的门限值 $V_{\min}$ 的概率 $T_o(V_m)$ 值 (用 $T_o(V_{\min})$ 表示)	(110)
三、干扰电平 P_i 值	(111)
第四章 无线数据通信的关键技术	
第一节 水情无线电路质量参数的选择	(114)
一、前言	(114)
二、无线电路参数分析	(115)
第二节 水情无线数据网的抗干扰	(123)
一、前言	(123)
二、互调干扰	(124)
三、阻塞干扰	(125)
四、邻信道干扰与灵敏度抑制	(126)
五、水情无线数据网抗干扰措施	(126)
第三节 移动通信无三阶互调频率的选择	(130)
一、列表检查三阶互调频率的方法	(131)
二、列表筛选法	(132)
三、相邻频距顺序排列	(134)
四、实例	(135)
五、几点结论	(137)
第四节 科学分配和使用超短波无线电话频率	(138)
一、科学地分配,运用无线电频率	(139)
二、提高频率利用率的技术手段	(143)
第五节 检验互调干扰的程序设计	(147)
一、存储器分配	(149)
二、程序框图	(149)
三、程序	(150)
四、使用说明	(153)
五、计算实例	(154)
第六节 数据通信中的防雷接地系统	(155)
一、概述	(155)
二、接地系统	(156)
三、通信天线避雷	(164)

第七节 水情遥测系统中的太阳能电源设计	(167)
一、前言	(168)
二、太阳能电源的设计	(168)
三、太阳能电池安装使用中注意的问题	(178)
四、结语	(178)
第五章 通信线路设计	
第一节 短波通信线路设计	(180)
一、短波通信线路设计的任务和步骤	(180)
二、频率预测	(184)
三、短波信道的传播损耗	(198)
四、接收端的噪声功率	(209)
五、接收机输入端的最小平均信噪比	(213)
六、天线型式和天线增益	(216)
七、设计实例	(222)
第二节 用诺模图确定 VHF、UHF 段的参数值	(226)
一、概述	(226)
二、自由空间场	(227)
三、接收功率和辐射功率之间的关系	(228)
四、平面地面上的传输	(230)
五、衰落现象	(236)
六、视线以外的对流层传输	(237)
七、远离地平线的实验数据	(246)
八、山丘附近的效应	(250)
九、建筑物和树木的效应	(250)
十、可容许的最小输入功率	(251)
十一、小结和举例	(251)
第三节 水情数据传输信道质量的测量计算与改善	(255)
一、信道质量测量举例与计算方法	(255)
二、信道质量的改善	(261)
第四节 微波通信线路设计	(264)
一、概述	(264)
二、微波传播	(264)

三、设计实例	(285)
第六章 实用水情无线数据通信系统	
第一节 70年代高频(HF)水情无线电遥测系统	(294)
一、水情无线电遥测系统的几个部分	(295)
二、水情遥测系统工作原理	(303)
三、传输线上无线电波传播分析	(304)
四、传输线的阻抗匹配	(306)
五、驻波电桥	(308)
第二节 80年代国内超短波(VHF)水情数据通信系统	(309)
一、前言	(309)
二、水文站网论证	(309)
三、系统功能	(311)
四、系统各部分工作原理及其组成	(311)
五、系统存在的问题及改进措施	(318)
第三节 90年代水情气象遥测系统	(321)
一、气象卫星通信数据处理系统	(322)
二、同步卫星通信的水情遥测系统	(326)
第七章 通信网	
第一节 水情测报系统的无线通信网	(329)
一、概述	(329)
二、建网效益及建网情况	(329)
三、通信网形式、组成与功能	(331)
四、通信网在水情测报系统中的应用	(331)
五、中国电力梯级防洪调度网	(334)
六、通信网稳定性分析	(338)
第二节 移动通信网	(345)
一、移动通信网的主要功能	(345)
二、网络结构	(346)
三、频段的选择和利用	(348)
四、信令系统	(349)
五、移动通信的发展	(350)

第三节 电信网络	(351)
一、公众电话网	(351)
二、移动通信网	(352)
三、数据通信网	(352)
四、智能网	(352)
五、综合业务数字网	(352)
第四节 卫星站及网络	(353)
一、VSAT 简述	(353)
二、公众 VSAT 网	(355)
三、系统简要技术指标和提供的业务	(355)
四、VSAT 优点	(356)
五、用户主机、终端采用 VSAT 网构成数据通信系统的方法	(357)
六、VSAT 小站可以提供通话功能	(363)
七、中国卫星通信	(363)
第五节 水情通信网设计步骤及水情测报系统总体方案设计步骤	(364)
一、通信组网设计步骤	(364)
二、水情测报系统总体方案设计步骤	(365)
第八章 通信设备组成、工作原理及天线效率的测量方法	
第一节 天线系统	(367)
一、天线的作用	(367)
二、基地台天线	(368)
三、移动台天线	(381)
四、天线共用器	(382)
五、馈线	(386)
第二节 无线设备	(388)
一、概述	(388)
二、基地台发信机	(390)
三、基地台收信机	(398)
四、移动无线台	(406)
第三节 测量仪器	(412)
一、信号发生器	(412)

二、场强计.....	(413)
三、功率计.....	(413)
四、线性检波器.....	(415)
五、频率调制度测量仪.....	(415)
六、综合测试仪.....	(415)
第四节 测量天线效率的两种方法	(419)
一、引言	(419)
二、惠勒法.....	(421)
三、Q 因子法.....	(424)
四、结论.....	(428)
后记	(429)
水情遥测 22 年.....	(429)
编后语	(433)

第一章 通信系统概述

水情无线数据通信系统是通信系统的一个分支,在研究水情无线数据通信之前,首先要了解通信发展简史,通信使用的频段,通信系统的组成及衡量通信系统的质量指标等,这样对水情无线数据通信的深化将起到先导作用。

第一节 通信发展简史

人们在长期的社会生产实践中频繁地传递信息,逐渐地形成了一门独立的学科,这就是通信。通信也和其他学科一样随着科学技术进步不断地更新和发展,成为当前国民经济和文化交流中不可缺少的一个部门。

19 世纪 30 年代电报的发明标志着通信发展史的起端,70 年代利用电磁感应的原理发明了电话机,这样加快了通信速度,丰富了通信内容。19 世纪末期无线电报的发明,为无线通信开辟了道路。20 世纪初电子管的发明,它为无线电话提供了基础。本世纪 20 年代出现了广播、传真等技术,开展了点对面的单向通信。30 年代实现了频率复用,在一对导线上可提供上万个话路,同时还发明了电视和调频技术。30 年代中期出现了脉冲编码技术,使模拟信号数字化,实现了数字通信。本世纪 40 年代出现了晶体管和电子计算机,进而突破了人与人之间通信的概念,而扩展到人与机器、机器与机器之间的通信,实现了近代通信。近代通信领域包括:电报、电话、传真、广播、电视、数据等。50 年代提出了信息论,即通信的有效性和可靠性问题,在此基础上形成了接收理论、编码理论、信号和噪声理论等。60 年代出现了光通信和卫星通信,与此同时出现了大规模集成电路,使空间通信高速发展。

由以上通信发展史来看,通信是研究传递各种信息的学科,与通信非常邻近的学科如雷达、遥控遥测、无线电天文等都与信息处理和传递有关。把它们综合起来就是一门完整的信息学科,而通信学科则成为其中的一个组成部分。

第二节 通信频段

无线电频率是一项有限的自然资源,为了充分合理地利用无线电频率,防止各种无线电业务、无线电设备间的互相干扰,需要对频率的分配和使用实行国际、国内的管理。为此国际上成立了国际电信联盟(ITU)。关于国际频率分配方案已在国际电信条例无线通信规则中有明确规定,并用分配表固定下来。这种分配方案允许随着技术的发展和用电波的需要,通过国际会议进行修改。按照现行的无线电通信规则,对于 10kHz~40GHz 频带,将世界划分为三个区域。第一区是欧洲和非洲,第二区是南美洲和北美洲,第三区是亚洲和大洋洲。并将频率分配给下面几种业务:固定业务,陆上移动业务,海上移动业务,航空移动业务,业余爱好业务,广播业务,气象业务,无线导航业务,测向定位业务,标准频率业务,射电天文等方面的通信业务。其中,有些频率交叉于两种业务之间。全国无线电管理委员会根据国务院、中央军委颁发的《无线电管理规则》的有关规定,于 1982 年 9 月 28 日颁发了《无线电频率划分规定》在全国试行。原 1965 年 7 月 14 日颁发试行的《无线电频率使用管理规定》的“无线电频率划分表”即行作废。全国范围内各系统、各部门,凡研制、生产、试验而设置使用的各种无线电设备(包括国外引进的设备),均应以本《规定》作为选用和指配频率的依据,并按着《无线电管理规则》的规定,办理审批手续。

一、无线电频率划分的术语、业务分类、台站及其定义

1. 无线电波

频率在 3000GHz 以下,不通过导线、电缆或人工波导等传输媒介在空间辐射传播的电磁波。

2. 无线电通信

利用无线电波发射或接收符号、信号、书写、图像、声音和其他种类的信息。

3. 无线电通信业务和台站

无线电台站是置于一处,为从事无线电通信业务所必须的一部或多部发射机或接收机,或发射机与接收机的结合,以及附属设备。

(1) 固定业务

固定台站之间的无线电通信业务。

固定台站:设置在指定地点的台站。

(2) 航空固定业务

为保证航空器安全航行的固定台站之间的无线电通信业务。

航空固定站:设置在陆地与航空器台站进行无线电通信的固定台站。

(3) 移动业务

移动台站和固定台站之间或移动台站之间的无线电通信业务。

移动台站:移动过程中或暂时停留后工作,属于移动业务的台站。

(4) 陆地移动业务

陆地移动台站和固定台站之间或陆地移动台站之间的移动业务。

陆地移动台站:在陆地上移动,属于陆地移动业务的台站。

(5) 水上移动业务

船舶台站和江海岸台站之间或船舶台站之间的移动业务,救生器台站也可参与此业务。

船舶台站:设置在船舶上的移动台站。

江海岸台站:设置在陆地与船舶台站进行无线电通信的固定台站。

救生器台站:为营救目的而设置在救生艇、救生筏或其他救生

器上的移动台站。

(6)航空移动业务

航空器台站和航空固定台站之间或航空器台站之间的移动业务,救生器台站也可参与此业务。

航空器台站:设置在航空器上的移动台站。

(7)广播业务

向公众广泛传播声音或图像信息,供公众直接接收的无线电通信业务。

广播电台:进行广播业务的电台。

(8)无线电定位业务

利用无线电波的传播特性测定某一物体的位置或获得与物体位置有关的信息的无线电通信业务。

无线电定位台站:进行无线电定位业务的台站。

(9)无线电导航业务

利用无线电波向航空器、船舶提供航行引导信息的无线电通信业务。

无线电导航台站:进行无线电导航业务的台站。

(10)水上无线电导航业务

引导船舶的无线电导航业务。

(11)航空无线电导航业务

引导航空器的无线电导航业务。

(12)气象辅助业务

用于气象、水文观测和探测的无线电通信业务。

(13)标准频率和时间信号业务

为科学技术和其他目的发射的具有固定、高精度的指定频率和时间信号的无线电通信业务。

(14)射电天文业务

接收宇宙源无线电波的无线电通信业务。

(15)业余业务

经过正式批准的单位和个人,为开展业余无线电活动,试验收

发信设备,进行技术探讨、通信试验和比赛的无线电通信业务。

(16) 空间业务

空间台站和地球台站之间或空间台站之间的无线电通信业务,包括空间固定、空间移动、空间水上移动、空间航空移动、空间广播、空间无线电导航、空间标准频率和时间信号、空间气象辅助、空间地球探测等业务。

空间台站:设置在地球大气层主要部分以外的台站。

地球台站:设置在地球表面或地球大气层主要部分以内与空间台站进行无线电通信的台站。

二、通信使用的频段

为了较全面地将通信中所使用的频段有所了解,下面列出了表1-1作为参考。但根据具体情况和科学技术的不断发展也可灵活运用。表中对频率和波长的转换关系可应用熟知的公式

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (1-1)$$

式中 λ —波长;

f —频率;

v —在自由空间中电磁波的传播速度,它接近于光速
 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。

表 1-1 通信使用的频段

频 段	符 号	名 称	波 长	主 要 用 途
30~300Hz	ELF	特低频	$10^4 \sim 10^3 \text{ km}$	海底通信、电报
0.3~3kHz	VF	音 频	$10^3 \sim 10^2 \text{ km}$	数据终端、实线电话
3~30kHz	VLF	甚低频	$10^2 \sim 10 \text{ km}$	导航、电报电话、频率标准
30~300kHz	LF	低 频	$10 \sim 1 \text{ km}$	导航、电力通信
0.3~3MHz	MF	中 频	$10^3 \sim 10^2 \text{ m}$	广播、业余无线电通信、移动通信
3~30MHz	HF	高 频	$10^2 \sim 10 \text{ m}$	国际定点通信、军用通信、广播
30~300MHz	VHF	甚高频	$10 \sim 1 \text{ m}$	电视、调频广播、移动通信
0.3~3GHz	UHF	超高频	$10^2 \sim 10 \text{ cm}$	电视、雷达、遥控遥测
3~30GHz	SHF	极高频	$10 \sim 1 \text{ cm}$	卫星和空间通信、微波接力
30~300GHz	EHF	特高频	$10 \sim 1 \text{ mm}$	射电天文、科学研究

在表 1-1 中,民用广播占两个频段,即 MF 和 HF 频段,它们均为调幅制。民用调频广播频带宽,占用 VHF 频段。电视占用 VHF 和 UHF 频段,目前 VHF 有 12 个频道,UHF 有 70 个频道,伴音采用调频制。长距离无线通信(尤其是国际定点通信)过去占用 HF 频段,但通信质量不高,现在改用微波接力或卫星通信,占用 SHF 频段。移动通信过去采用调幅制,占用 MF 频段,现在改用调频制,占用 VHF 频段,要求通信距离不长。海底通信使用 ELF 频段,利用电磁波在水中传播的有利条件,虽然频率低,也能远距离传输。

由于甚低频(VLF)信号的频率稳定度很高,适合于作导航或频率标准用。雷达需要方向性好,可采用 VHF 频段。这个频段内容易做到方向性好而且尺寸合适的天线。光通信所用的频段已经超出 EHF 频段的范围。

频率分配在国际上由国际电信联盟(ITU)来完成,国内频率分配由国家无线电管理委员会来完成。国家无线电管理委员会对于无线电频段和波段的命名见表 1-2 所示。

表 1-2 无线电频段和波段命名

段号	频段名称	频率范围 (含上限,不含下限)	波段名称	波长范围 (含下限,不含上限)
1	极低频	3~30Hz	极长波	$(100\sim10)\times10^3\text{km}$
2	超低频	30~300Hz	超长波	10000~1000km
3	特低频	300~3000Hz	特长波	1000~100km
4	甚低频(VLF)	3~30kHz	甚长波	100~10km
5	低频(LF)	30~300kHz	长波	10~1km
6	中频(MF)	300~3000kHz	中波	1000~100m
7	高频(HF)	3~30MHz	短波	100~10m
8	甚高频(VHF)	30~300MHz	米波	10~1m