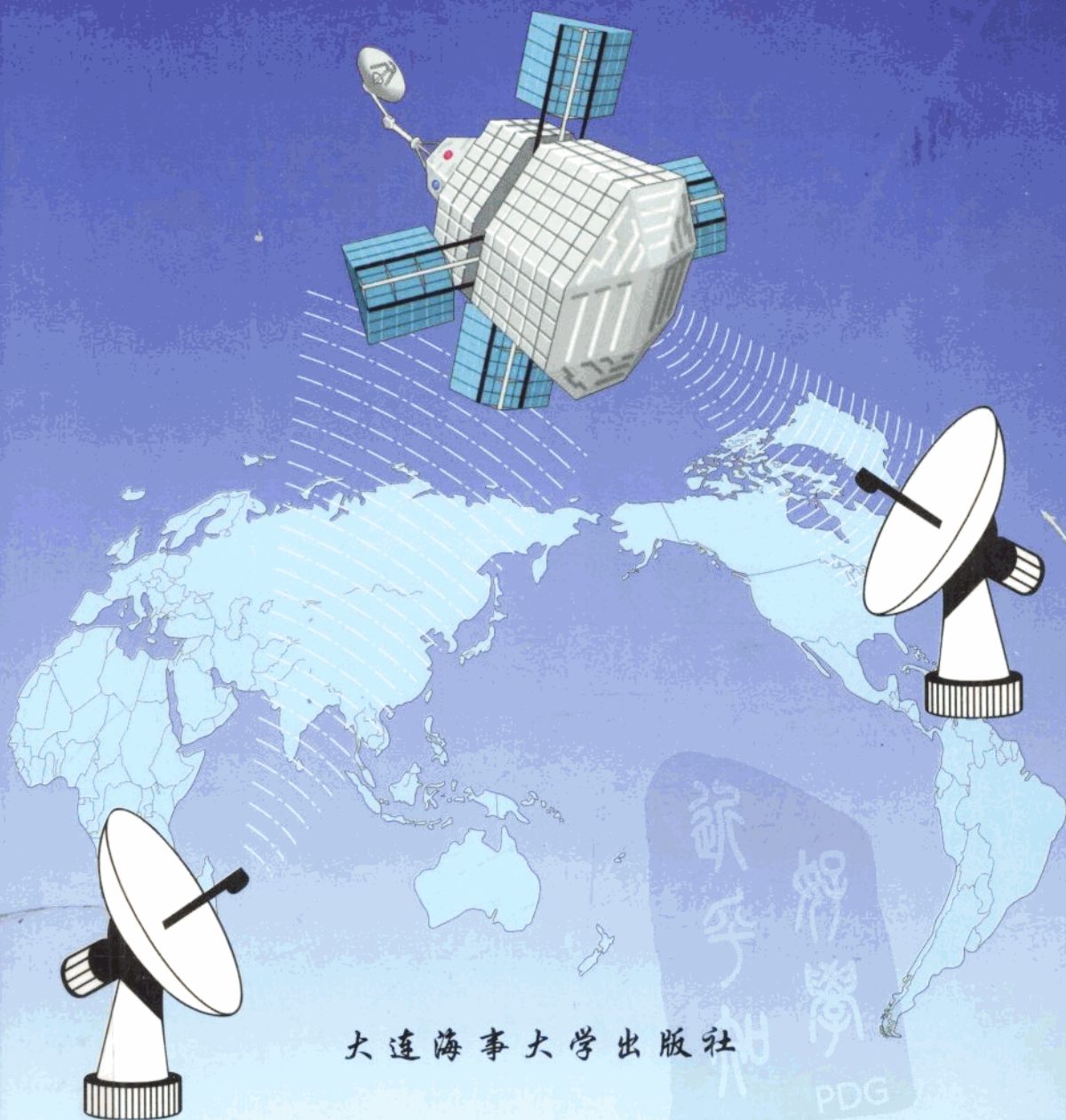


数字微波接力通信系统

房少军 栾秀珍 编著



大连海事大学出版社

数字微波接力通信系统

房少军 栾秀珍 编著

大连海事大学出版社

内 容 提 要

本书较全面的论述了数字微波接力通信系统的构成、特点及基本原理。讨论了数字微波接力通信的基带信号的构成；调制解调方法；微波收、发信设备；天馈线系统；微波传播与抗衰落方法；波道切换与监控系统。介绍了系统的主要技术指标以及测试方法。本书还以海岸电台的数字微波接力通信系统为例介绍了实际系统的组成。

本书理论联系实际，深入浅出地叙述了系统的概念和原理，计算举例简洁，具有较强的针对性。本书可作为大学本、专科电子类专业以及专业证书班、培训班的教材。也可作为有关的科研人员、工程技术人员和维修管理人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

数字微波接力通信系统 / 房少军, 栾秀珍编著. —大连: 大连海事大学出版社, 1999.7
ISBN 7-5632-1081-4

I. 数… II. ①房… ②栾… III. 数字微波接力系统 IV. TN925

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 29485 号

大连海事大学出版社出版

(大连市凌水桥 邮政编码 116026 电话 4727996)

大连海事大学印刷厂印刷

大连海事大学出版社发行

1999年8月第1版

1999年8月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 11.75

字数: 293千

印数: 001~800册

责任编辑: 樊铁成

封面设计: 张蕊

责任校对: 卫 国

版式设计: 张蕊

定价: 20.00元

前 言

随着信息化社会的到来,通信技术得到了迅速发展,国际上公认为最有发展前途的三大通信手段是:微波接力、光纤、卫星通信。微波接力通信具有通信容量大、传输质量高、投资少、建设快等优点,因而得到了广泛的应用。数字微波通信比模拟微波通信更加先进,所以数字微波通信系统占了绝大部分,并最终取代模拟微波通信。

本书是在《微波中继通信系统与原理》自编讲义的基础上,并结合作者参与科学研究的体会,作了较大的修改而成的。它可作为大学电子类专业的教材,参考学时为40~64学时不等,可根据需要选取。本书第一章介绍了微波通信的基本概念、原理和系统的构成;第二章讨论了微波收发信机的组成和技术指标,分析了噪声;第三章讲述了基带信号的产生和变换;第四章着重讨论了数字微波通信的相位调制解调技术、载波提取和位同步提取方法,分析了各组成部分的原理与性能;第五章介绍了微波通信天馈线系统和微波分路系统;第六章对微波传播及其余隙进行了分析和计算,并阐述了微波衰落及抗衰落方法;第七章和第八章介绍了数字微波通信的波道切换系统、数字微波接力通信的监控系统和公务单元;第九章对数字微波通信系统总体性能指标的估算进行了讨论;第十章介绍了系统测试方法;第十一章以Quadralink LC-2系统为例,介绍了一个实际系统的技术参数和构成。

由于数字微波接力通信是一种较新的传输手段,对于已建成或正在筹建数字微波接力通信系统的各个部门的管理人员、维护人员以及工程技术人员都面临着一个学习和熟悉的过程。本书理论联系实际,系统性强,便于自学,因此也可以作为维修、管理和工程技术人员的参考书或作为培训班的教材。

在本书的编写过程中得到了大连海事大学王百锁教授的大力支持和鼓励,得到了大连海监局通信处桑亦同志、孙秋生、曲圣同同志的帮助,在此表示衷心的感谢。特别感谢金红同志,该书的全部绘图工作和校对工作都是由她完成的。由于作者的水平有限,编写时间较短,书中难免有错误和不妥之处,殷切希望广大读者批评指正。

编著者

1999年3月30日

目 录

第一章 数字微波接力通信系统概述	1	第二节 PCM原理与设备	23
第一节 微波通信的基本概念	1	一、PCM简单原理	24
一、微波通信及其分类	1	二、A律PCM编译码器原理	28
二、微波通信的特点	3	三、单片集成PCM编译码器	30
第二节 数字微波中继通信		第三节 PCM时分多路复用	32
线路的构成	4	一、24路PCM/TDM系统的	
一、数字微波中继通信网框图	4	帧结构	32
二、站型的配置	5	二、30路PCM/TDM系统的	
三、微波站的基本设备	7	帧结构	33
第三节 微波线路的频率设置	7	第四节 PCM高次群复接	34
一、频率配置应考虑的原则	7	一、PCM二次群的复接和分接	35
二、单波道频率的设置	8	二、PCM三次群和四次群	37
三、多波道频率的设置	8	第五节 数字信号的基带传输	38
四、数字微波频率配置方案举例	9	一、基带传输模型	38
五、高站与低站	9	二、码间干扰和眼图	38
六、双极化	9	三、码间干扰的消除	39
第二章 微波收发信机	11	第六节 码型变换	42
第一节 微波发信机的组成及		一、概述	42
主要技术指标	11	二、常用码型	42
一、组成	11	三、微波信道设备接口	
二、发信机的主要性能指标	12	码型的变换	45
第二节 微波收信机的组成与		第四章 数字微波接力通信的调制	
主要技术指标	13	与解调	48
一、组成	13	第一节 概述	48
二、收信机的主要技术指标	14	第二节 二相调相与解调	48
第三节 热噪声与噪声系数	16	一、绝对移相和相对移相	48
一、热噪声的产生及其性质	16	二、调相方法	49
二、网络输入端热噪声的分析	16	三、二相调相信号的解调	50
三、网络组合对收信机噪声		第三节 四相调相系统	55
系数的影响	18	一、概述	55
第四节 高频段的微波接力机	20	二、四相信号的产生	56
一、概述	20	三、四相信号的解调	60
二、多芯电缆连接的微波接力机	20	第四节 数字微波通信的载波跟踪	63
三、单根电缆连接的微波接力机	21	一、同相—正交环法	63
第三章 数字基带信号	23	二、逆调制环法	64
第一节 引言	23	三、四相松尾环	65

第五节 数字微波通信中的位同步	67	二、非刃形障碍物的阻挡损耗	100
一、概述	67	三、工程上余隙的选定	101
二、从基带信号中提取位同步信号	68	四、计算举例	102
三、从中频信号中提取位同步信号	69	第六节 微波衰落	108
第六节 提高频谱利用率的调制解调技术	69	一、衰落的机理	109
一、八相 PSK 技术	70	二、多径传播与选择性衰落	111
二、16 进制正交调幅	73	三、衰落的统计特性	113
第五章 天馈线和分路系统	76	第七节 抗衰落技术	107
第一节 微波天线	76	一、空间分集	107
一、抛物面天线	76	二、频率分集	109
二、卡塞格伦天线	80	三、自适应均衡技术	109
三、格栅天线	81	第七章 数字微波通信基带倒换系统	122
第二节 馈线系统	82	第一节 数字基带倒换系统的基本要求	122
一、馈线的形式	82	一、倒换的特点	122
二、馈线元件	83	二、数字微波基带倒换系统的技术要求	123
三、馈线与天线的连接	83	第二节 数字微波基带倒换系统的构成	125
第三节 微波分路系统	83	一、1+1 倒换系统的构成	125
一、分路系统	83	二、N+1 倒换系统的构成	127
二、波道滤波器的安排顺序	84	第八章 数字微波接力通信的监控与公务系统	131
三、环行器与终端负载的作用	85	第一节 监控概述	131
第六章 微波传播与衰落	86	一、监控的必要性	131
第一节 微波在自由空间中的传播	86	二、监控的主要内容	131
第二节 微波在对流层大气中的传播	87	三、监控系统的组成和功能	131
一、大气折射率	87	第二节 监控线路	132
二、等效地球半径系数	88	一、监控线路类型	132
三、折射的分类	89	二、监控信号传送方式	133
第三节 地面对微波传播的影响	89	三、提高监控信号传输可靠性的常用方法	135
一、微波在光滑地面上的传播	90	第三节 监控信号的产生	136
二、微波在光滑球面上的传播	92	一、监控信号数字化	136
第四节 菲涅尔区与传播余隙	95	二、监控信号内容	138
一、菲涅尔区及其半径	95	第四节 公务信号的形成	139
二、传播余隙	96	一、公务电话及其实现方法	139
三、微波线路的分类	99	二、监控系统工作过程	140
第五节 各种复杂球形地面引起电波衰落的计算	99	第五节 微机监控系统设计要点	140
一、刃形障碍物的阻挡损耗	100		

一、硬件电路设计要点	140	三、馈线衰减的测量	159
二、软件程序设计要点	141	四、交叉极化鉴别率的测量	160
第九章 数字微波接力通信系统总体考虑及性能指标估算	143	第二节 发射机性能测试	160
第一节 数字微波信道的假想参考电路	143	一、输出功率的测量	160
一、数字微波高级假想参考电路	143	二、工作频率的测量	161
二、数字微波中级假想参考电路	144	三、中频—射频频率响应的测试	162
三、数字微波用户级假想参考电路	144	四、调制谱及杂散干扰的测试	162
第二节 数字微波通信系统的传输质量标准	144	五、中频输入端回波损耗的测试	162
一、传输容量	144	六、射频输出端驻波比的测试	163
二、对误码性能的要求	144	第三节 收信机的性能测试	163
三、误码率指标的分配	145	一、噪声系数的测试	163
四、数字微波通信系统可用性要求	146	二、自动增益控制特性的测试	164
第三节 数字微波通信信道噪声及其指标分配	147	第四节 系统误码特性的测试	165
一、各种噪声	147	一、室内误码测试	165
二、噪声指标的分配	149	二、现场误码测量	166
第四节 数字微波接力通信线路的性能估算	152	三、误码监视	166
一、理论门限载噪比	152	第五节 位同步性能的测试	167
二、实际门限载噪比的确定	153	一、同步门限测试	168
三、一个再生区间的噪声指标分配	154	二、抗连零能力测试	168
四、瞬断率指标的分配	155	三、对不同码密度的适应能力测试	168
五、中继段数的确定	155	四、位同步抖动性能的测试	169
六、衰落深度的计算	156	第十一章 数字微波接力通信系统举例	171
七、最低收信电平的 P_{\min} 计算	157	第一节 概述	171
第十章 数字微波接力通信系统的测试	158	第二节 海岸电台微波通信系统的构成	171
第一节 传播信道与天馈线系统测试	158	一、微波线路的组成	171
一、天线方位的对准和调整	158	二、频率的设置与极化方式	172
二、传播信道频率选择性衰落的观察与测试	159	三、基带信号的构成	172
		四、系统设备的配置及信号传输过程	172
		第三节 Quadralink LC-2 设备简介	174
		一、数字微波通信设备的组成	174
		二、天线及天线耦合单元	174
		三、微波收发信机	175
		四、复接器与数据插入	175

五、调制解调器.....	176
六、线路接口电路.....	177
七、无损伤倒换.....	177
八、控制单元.....	178
九、报警显示面板.....	178
参考资料	180

第一章 数字微波接力通信系统概述

第一节 微波通信的基本概念

一、微波通信及其分类

微波是电磁波频谱中无线电波的一个分支，它是频率很高或波长很短的一个无线电波段，通常它是指频率范围在 300 MHz 到 3 000 GHz 之间或波长范围在 1 m 到 0.1 mm 之间的无线电波。在微波波段中，通常又再划分为分米波、厘米波、毫米波和亚毫米波，其中以厘米波为目前发展最成熟

表 1-1 无线电波的波段划分

波段名称	频率	波长
长波	30~300 kHz	$10^3 \sim 10^4$ m
中波	300~3000 kHz	1000~100 m
短波	3~30 MHz	100~10 m
超短波	30~300 MHz	10~1 m
微波(包括分米、厘米、毫米波)	0.3~300 GHz	1m~1mm
亚毫米波	300~3000 GHz	1~0.1mm
红外波	$750 \sim 4 \times 10^5$ GHz	$0.4 \sim 7.6 \times 10^{-4}$ mm

和应用最广，所以它常被称作为微波的典型。亚毫米波又称为超微波或远红外波，由于它目前尚未得到很好的开发，因此，对于是否把它归入微波范围以及它所包括的波长下限都未有统一的意见。表 1-1 给出了电磁波频段的划分。

同一频段内电波有大致相同的传播特性，不同频段则差别较大。例如中长波绕射能力强，可沿地面传播；短波由电离层反射能力强，多利用电离层反射来进行远距离通信；而微波却只能在大气对流层中像光波一样作直线传播，即所谓的视距传播，其绕射能力弱，传播过程中遇到不均匀介质时，将产生折射与反射现象。

一般，各个频段的无线电波都可用于无线通信，因此有中长波导航、广播、通信，短波通信，超短波通信以及微波通信等。所谓微波通信(Microwave Communication)指的是利用微波频段的无线电波来传递消息的一种通信方式。目前微波通信所用频段主要是 L 波段(1.0~2.0 GHz)，S 波段(2.0~4.0 GHz)，C 波段(4.0~8.0 GHz)，X 波段(8.0~12.4 GHz)，Ku 波段(12.4~18 GHz)以及 K 波段(18~26.5 GHz)。

微波通信通常有地面微波接力通信、微波一点多址通信、卫星通信和微波散射通信。

1. 地面微波接力通信

微波在自由空间是以直线传播的，而地球是个椭球体，地面是个椭球面，两地距离大于视距(50 km)，就较难甚至接收不到对方发来的微波信号了。另外，微波在空间传播过程中，能量要不断受到损耗，相位亦要发生变化。因此，对于视距微波通信，为了获得比较稳定的传输特性，点到点的传输距离不要太远。为了实现地面上的远距离通信，就需要每隔 50 km

左右设置一个微波中继站（通常以 46 km 为一个标准段）。中继站把前一站传来的信号经处理后转发到下一站去，这样一个站接一个站地传递下去，直到终端站，构成一条中继通信线路，如图 1-1 所示，我们把这种通信称之为微波接力通信。

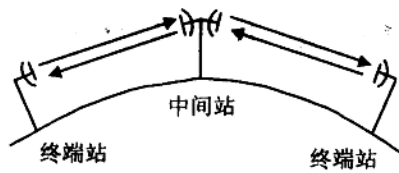


图 1-1 地面微波中继通信线路示意图

2. 微波一点多址通信

微波一点多址通信系统 (Point-to-multipoint Microwave Communication System) 是一种分布式的无线电系统，它是在空间中从一点到多点传输信息。这种系统由中心站（基地台）和次级站（用户）组成的通信网络，如图 1-2 所示。基地台应安装全向天线或能覆盖一部分区域的扇形天线，而用户一侧只要设置面对基地台方向的小型定向天线，这样就很容易地建立起通信线路。

该系统一般采用一点对多点的预定分配时分多址方式 (PA-TDMA)，许多用户共用一种载频和一个基地台设备。因此，无线频率得到有效利用，而且设备利用率亦高。基地台的监控系统可高效地监控每个用户线路的状态和设备状态，并且基地台能为用户进行维修。对于一些具有地址分散、业务量小的用户系统，采用这种通信方式是很合适的。

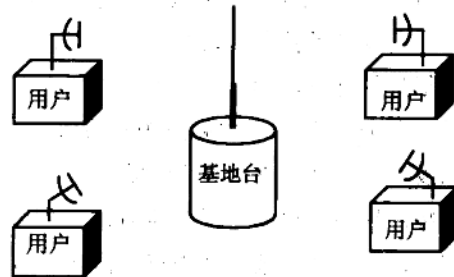


图 1-2 一点多址微波通信系统示意图

3. 卫星通信

微波卫星通信 (Microwave Satellite Communication) 是一种特殊的微波接力通信系统，它的中继站设在离开地面 36 000 km 的天空中。这种系统的通信卫星的运行方向与地球自转方向相同，且围绕地球一周的时间为 24 h。因此，从地球上看来这运行的通信卫星，相对是静止的，所以称为同步通信卫星。通信卫星上有微波转发设备，它把地面站发射来的微波信号接收下来，经变频放大等处理后，再转发给另一个地面站，完成中继通信任务。图 1-3 所示的是卫星中继通信线路示意图。

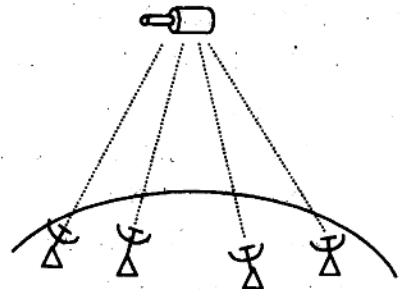


图 1-3 卫星微波中继通信系统示意图

4. 微波散射通信

这种通信系统是利用大气对流层不均匀团的散射作

用，使一部分微波信号返回地面，实现远距离微波通信。其一跳距离（一次跨越通信距离）可达数百公里。不过利用散射到达接收端的微波信号已很微弱了，为了实现可靠通信，需要采用大功率发射，以及高增益低噪声接收技术。同时，由于散射信号是不规则变化的，为了克服和减少这种变化的影响，还需要采用分集接收技术。

微波散射通信大多用于军事微波通信方面，一般较少用于民用通信。

微波通信还可以根据信道中所传输信号的形式来分类，通常可分为模拟微波通信和数字微波通信。前者是指信道中传输的是模拟信号，后者是指信道中传输的是数字信号。

二、微波通信的特点

微波通信之所以得到迅速发展，是因为它具有以下几个主要特点：

1. 微波频段的频带很宽，可以容纳更多的无线电通信设备同时工作。由表 1—1 可知，全部中、长、短波频段的总频带不足 30MHz，而微波仅厘米波段就占有 27 000 MHz，几乎是前者的 10^3 倍。显然，占有频带越宽，可容纳同时工作的无线电设备就越多，通信容量也就越大，而设备的相互干扰也可大大降低。

2. 微波通信设备工作频率高，因此收发信机的通频带很宽，多路复用可以容纳更多话路工作。与短波、超短波通信设备相比，在相同的相对通频带（即绝对通频带与载频的比值）条件下，载频越高，绝对通频带越宽。设相对通频带为 10%，当载频为 2 MHz 时，绝对通频带为 200 kHz；当载频为 2 GHz 时，绝对通频带为 200 MHz。所以一个短波通信一般只能容纳几十个话路，而一个微波设备可同时有成千上万个话路。

3. 传输质量高，通信稳定可靠。在微波波段受工业、天电和宇宙等外部干扰影响很小，所以其信道参数变化就很小。因此，微波信道的传输质量比较高，稳定性亦很好。

4. 天线增益高，保密性好。微波波段内波束以直线定向传播，故它可以采用高增益定向天线，来降低发射机输出功率，简化发信设备，并且提高了通信保密性。

5. 方便灵活，成本较低。微波通信与其它波长较长的无线通信以及电缆通信相比，能较方便地克服地形带来的不方便，有较大的灵活性，并且成本较低，可以节省有色金属，施工也较快。

数字微波与模拟微波相比，有以下特点：

1. 系统性能要求，质量评价标准不同。对于模拟微波传输系统，是按被传送基带信号波形的保真度高低来评价优劣的。而数字微波系统，则按对被传基带信号的取值（或状态）判断的正确与否来评价优劣。所以模拟微波传输质量是以噪声功率大小（或信噪比）作为衡量指标，而数字微波电路则以误码率作为传输质量指标。

2. 模拟微波系统主要考虑的是波形保真度，因此接收机的功能只是将基带信号检波出来。数字微波系统的接收机功能，不仅是要对基带信号进行检波，更重要的是对其取值（或状态）进行判别（如对二进制信号判别是“0”还是“1”）。所以解调器的构成也就不同，后者将增

加判决再生以及基带信号处理部分。

3. 数字微波传输信息可进行再生接力方式, 这样便可避免像模拟微波接力系统中的那种噪声积累。

4. 模拟微波多路通信系统通常采用频分多路复用方式, 而数字微波多路通信系统则采用时分多路复用, 所以信号同步系统将是数字微波设备中的重要组成部分, 并且便于中间站上下话路和采用加密措施。

5. 由于数字信号通常取离散的脉冲波形, 因此信号频谱较模拟信号宽。随着传输容量的增大, 信号所占频带更宽, 多径衰落影响将加剧, 对模拟系统的影响则较小。

6. 数字微波系统除抗干扰性能较模拟系统强外, 而且对基带信号便于根据需要进行处理, 有利于实现集成化和数字化电路以及综合业务数字网的建立。

第二节 数字微波中继通信线路的构成

图 1-4 所示的是一个专用数字微波中继通信线路, 其主干线长约 1 260 km, 共有 34 个微波站, 并有一些支线, 加上总站和各地区程控汇接交换机的信息迂回转接, 距离超过 2 500 km。此系统的主要任务是为这个专业部门提供生产调度, 行政电话以及各种自动化数据信息传输等通信业务。

一、数字微波中继通信网框图

图 1-5 所示的是一个典型的数字微波中继通信网的组成方框图, 它由以下几部分组成:

1. 微波站

它是利用微波作载波, 来传输数字信号的固定通信站。按其工作性质不同, 可分为四种类型: 微波终端站, 微波中间站, 微波主站和分路站。这些微波站上主要的高频系统设备有: 微波收发信机, 天线, 馈线等。

2. 数字终端复用设备

它有话音与非话音业务的数字终端设备。对电话业务而言, 数字终端设备的基本功能是把来自交换机的音频模拟信号变换成时分多路复用的数字信号, 将其送往高频系统设备去。另一方面, 把高频系统传送来的时分多路复用的基带数字信号, 变换成模拟电话信号, 送到交换机去(采用数字程控交换设备的地方, 终端设备可以进一步简化)。

数字电话终端复用设备主要包括脉码调制(PCM)基群终端机(有些系统还有采用增量调制数字电话方式)、高次群复接器和分接设备、保密机等等。

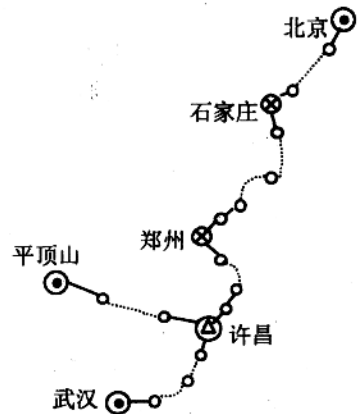


图 1-4 数字微波接力通信线路示意图

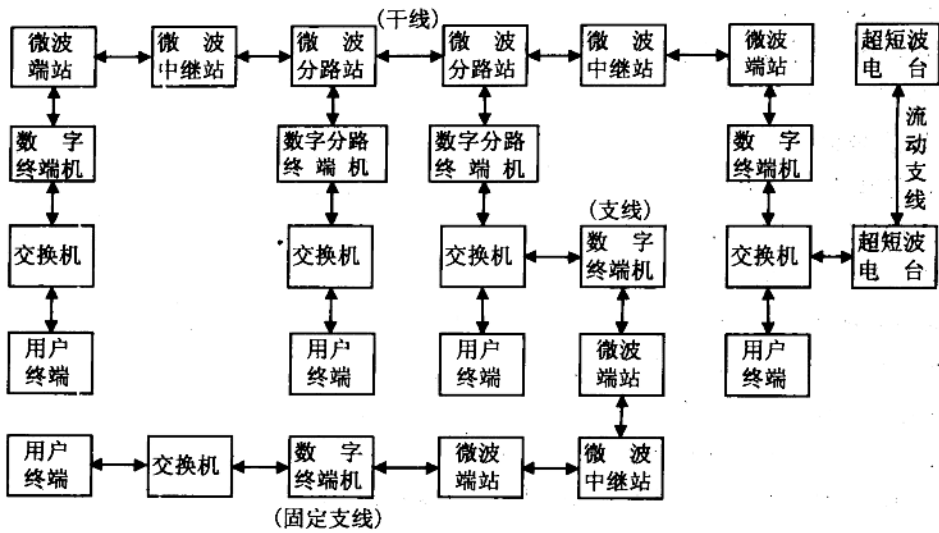


图 1-5 数字微波中继通信网组成方框图

3. 交换机

用于不同用户之间的电话交换。这种交换可以是模拟交换，也可以是数字交换。

4. 用户终端

指直接为用户所使用的终端设备，如自动电话单机、书写电话机、调度电话机、电传机。

5. 流动站

其用途是作为分散流动的业务点的通信联络，或作为干线发生故障时的一种应急手段。

一般可以利用超短波电台及微波车来组成流动站。

6. 监控系统

为使微波中继通信线路能保持正常运行以及提供全线或部分设备实现无人值守而设的一套进行维护管理的辅助设备。

二、站型的配置

数字微波线路的组成形式有多种，但大多是一条主干线，中间有若干分支（见图 1-4）。在图 1-4 中，我们用“⊙”表示终端站，用“⊗”表示分路站，用“⊕”表示主站（枢纽站），用“○”表示中间站。下面，我们就说明各种站的作用。

1. 终端站(Terminal Station)

处于线路两端或分支线路终点的站称为终端站。终端站的基本功能是：在发信时，通过终端机的发信支路将各用户信号进行多路复用后汇合成群路信号，由微波信道机的发信通道进行调制与上变频，使之成为微波信号，然后通过天线向对方站发射出去。收信时，由天线

接收对方站发射来的微波信号，由微波信道机收信通道进行下变频与解调，再经终端机收信支路分路，分出各用户信号。这种站上、下全部话路，配备数字微波传输系统的全套设备和 PCM 复用设备，可作为监控系统的集中监视站。

2. 中间站(Intermediate Relay Station)

中间站是线路中的中间转接站，如图 1-1 所示。它既可接收 A 向站发射来的微波信号，经过放大等处理后，向 B 向站转发出去；又可接收 B 向站发射来的微波信号，经放大等处理后，向 A 向站转发出去。简单地说，中间站对两个方向只管转发，本站不上（插入）下（抽出）话路，纯属中间转接，起“接力”作用。

中间站可分为再生中继（基带转接）站、中频转接站、射频有源转接站和无源转接站。再生中继站对收到的已调信号解调、判决、再生，转发至下一方向的调制器。这是数字微波线路上中继站的基本站型，经过它可以去掉传输中引入的噪声、干扰和失真，体现出数字通信的优越性。这种站不需要配置倒换设备，应有站间公务联络和无人值守的功能。在中、小容量系统中，若通信距离小于或等于标准站距，传播条件较好的区段上的中继站也可以不设调制解调机，直接在中频上转接。这样可以节省设备，但噪声、干扰和失真却逐站积累，所以中频转接站不宜连续配置超过 2~3 个。应当注意的是，若微波振荡源的频率稳定度不高时，不允许中频转接，只能逐站再生。

在两个站之间距离不大，但中间有障碍物阻挡时，根据距离的大小和阻挡物的位置，可以采用无源转接站或有源转接站。当两站之间距离很近，阻挡物靠近一端，这时可以采用两面天线背对背放置，直接用馈线连接，构成无源转接。这种转接法引入插入损耗较大，只有在两站的正常收电平偏离额定值不多时方可采用；否则，就应采用有源射频转接，有射频直接放大和移频两种方案。由于这种有源转接的设备简单，耗电少，一般均用太阳能电池供电，并配备蓄电池作备用。有源转接站应配备无人值守的监控设备。

3. 分路站(Channel-Group Control Switching Station)

处在线路中间，接收 A 向站（或 B 向站）发射来的信号，通过微波机收信通道进行下变频，经终端机从中分支出一部分话路（如 N 个话路）；并插入一部分新话路（如 N 个新话路），再经微波机发信通道上变频，由天线向 B 向站（或 A 向站）转发出去。总之，分路站既要完成信号的转发任务，还要分出和插入一部分话路。这种站也配备有数字微波传输系统的全套设备和 PCM 复用设备，而且设备的数量往往多于终端站。它可以作为监控系统的监控站，也可以作为被控站。

4. 主站或枢纽站

承担三个以上方向的信号转接任务的分路站称为主站(Main Relay Station)或枢纽站(Junction Center Station)。这种站一般设置在大城市附近。

三、微波站的基本设备

由于各种微波站所承担的任务不同，其设备的组成也有所不同。图 1-6 给出了微波站单方向的设备组成框图，虚线框内的设备是微波站的基本设备，无论是何种微波站都必须具备。终端站只需安装一套图 1-6 的设备，分路站则需要两套，主站还需更多；对于中间站来说，则需要安装两套虚线框内的设备。

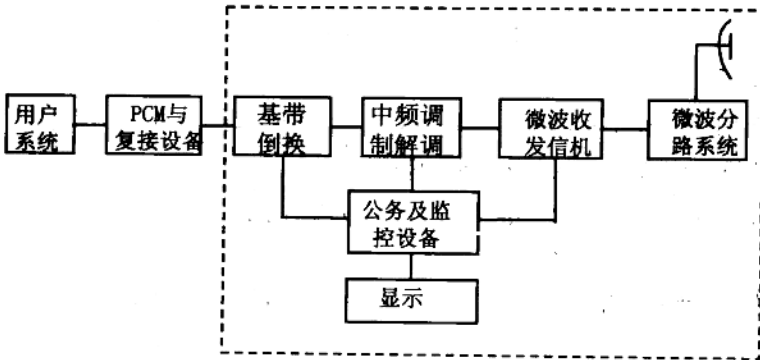


图 1-6 微波站单方向设备框图

数字微波设备随着微波集成电路、混合集成电路和大规模数字集成电路的发展，体积可以做得很小。目前国内的微波设备大都采用了国际上通用的条形结构，各组成部分自成单元，各单元可以很紧凑地排列，节省了空间，缩短了连线，便于维护。微波收发信机、调制解调机、倒换设备、公务及监控设备等组成若干个单元，具体组合方式各个厂家不完全一样。

第三节 微波线路的频率设置

在微波站，每一套微波收发信机都工作在自己的微波频率上，各自组成一条独立的中继信道，我们称每一条独立传输信道为一个射频波道。一条微波线路有多个波道，使频率的选择和分配比较复杂。

一、频率配置应考虑的原则

频率配置应包括各波道的收发信频率和收发本振频率。应考虑的最基本原则是使系统内的干扰最小及频谱利用率高。考虑因素有：

(1) 在一个中间站，一个单向波道的收信和发信必须使用不同频率而且有足够的间隔，以避免发送信号被本站的收信机收到，使正常的接收信号受到干扰。

(2) 多波道同时工作时，相邻波道频率之间必须有足够的间隔，以免互相发生干扰。

(3) 整个频谱安排必须紧凑, 使给定的通信频段能得到经济地利用。

(4) 因微波天线塔的建设费用很高, 多波道系统要设法共用天线。所以选用的频率配置方案应有利于天线共用, 降低天线建设总投资, 又能满足技术指标。

(5) 对于外差式收信机, 不应产生镜像干扰。

对于中、小容量数字微波波道, 如仍采用模拟微波波道配置方案时, 基本可以满足相邻波道的要求。在大容量数字微波系统中, 采用现有模拟波道排列, 要困难得多, 但总原则不变。

在数字微波中, 由于调制方式不同, 码元速率也不同, 频带宽度也不同。数字微波频率配置再考虑如下几点:

(1) 相邻波道间隔 $\Delta f_{\text{波道}} = X \cdot f_s$, 取 $1.5 < X < 2$, f_s 为码元速率。X 的下限取决于滤波器的选择性和允许的码间干扰量, 上限取决于射频频带利用率。

(2) 相邻收发间隔 $\Delta f_{\text{收发}} = Y \cdot f_s$, 取 $2 < Y < 4$ 。Y 的下限取决于滤波器的选择性和天线方向性, 上限取决于射频频带利用率。

(3) 频段边缘的保持间隔 $\Delta f_{\text{保护}} = Z \cdot f_s$, 取 $Z=1$ 。Z 的选取要考虑到和邻近频段的相互干扰因素。

若射频的中心频率为 f_0 , 则 N 个波道所占据的带宽为

$$\Delta f_{\text{带宽}} = 2(N-1) \Delta f_{\text{波道}} + \Delta f_{\text{收发}} + 2 \Delta f_{\text{保护}} \quad (1-1)$$

二、单波道频率的设置

在一条微波线路只有一个波道的情况下, 其频率分配大多采用二频制方案, 即在线路的一个双向波道上, 共使用两个不同的微波收发频率, 如图 1-7 所示。这样, 每个中间站两个方向的发信频率相同, 两个方向的收信频率也相同, 但收信和发信频率逐站更换一次。

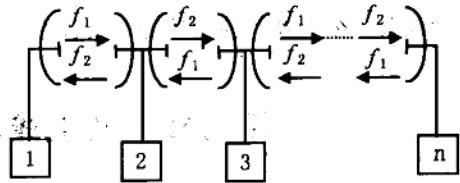


图 1-7 单波道设置的二频制方案

三、多波道频率的设置

采用二频制并多波道同时工作时, 射频频率的设置有两种方法: 一种是收发频率相间排列, 这种方法一般不采用; 另一种是收发频率集体排列, 目前大多采用这种方法, 这种方法也叫分割制。图 1-8 是六个波道收发频率集体排列的实例。由图可知, 每站的各个波道的发、收频率分别相对集中。频率 1, 2, ...6 集中在低频端; 频率 1', 2', ...6' 集中在高频端。每个站的半个频段用于发射, 而另半个频段用来接收, 在下一站则反过来。在集体排列的方案中, 相邻收 (或发) 信频率间隔可以小一些, 而收发频率间隔却可以选得大一些。这样安排, 六个波道所占用的频带仍较节省。更重要的是, 集体排列方案在共用天线问题上有显著

优点。当波道数小于3时（三个波道工作时可采用1, 3, 5波道或2, 4, 6波道），同一方向收信和发信可共用一副天线。这样每个中间站只需要采用两副天线。

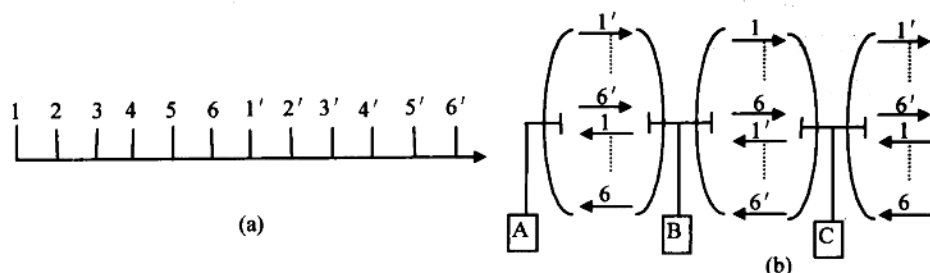


图 1-8 多波道分割制方案

四、数字微波频率配置方案举例

对于数字微波通信系统的频率配置，国际无线电咨询委员会 (CCIR) 正在逐步提出相应的建议书。为了使数字微波与模拟微波能在同一个频段上兼容传输，凡是某个频段上已有模拟微波频率配置方案的，数字微波基本上可按该方案的规定执行。表 1-2 给出了我国根据 CCIR 的建议，并考虑到我国的具体情况，制定的几种频率配置方案，供参考。

表 1-2 我国几种数字微波频率配置方案

工作频段 (GHz)	频段范围 (MHz)	基带速率 (Mb/s)	占用带宽 (MHz)	中心频率 f_0 (MHz)	Δf 波道 (MHz)	Δf 收发 (MHz)	工作波道数 (对)	同一波道收发间隔 (MHz)
2	1700~1900	8.488	200	1808	14	49	6	119
2	1900~2300	34.368	400	2101	29	68	6	213
4	3400~3800	2×34.368	400	3592	29	68	6	213
4	3800~4200	139.264	400	4003.5	29	68	6	213
6	6430~7110	139.264	680	6770	40	60	8	340
7	7125~7425	8.448	300	7275	7	28	20	161
8	7725~8275	34.368	500	8000	29.65	103.77	8	311.32
11	10700~11700	2×34.368 139.264	1000	11200	40	90	12	530

五、高站和低站

按照频率配置中收信频率和发信频率逐站更换的特点，微波线路上有两种站：一种是收信频率比发信频率高的站，称为“高”站；一种是收信频率比发信频率低的站，称为“低”站。高站和低站是以收信频率为标准来命名的，它们在微波线路上相间排列。

六、双极化

为了使更多的波道能够共用天线并减少系统内的干扰，现在微波天线大多采用双极化，