



北京高等教育精品教材

BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

普通高等院校

电子信息类系列教材

Weibo Yu
Weixing Tongxin

微波与 卫星通信

(第二版)

© 孙学康 张政 编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TN925
2=2



北京高等教育精品教材

BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

普通高等院校电子信息类系列教材

微波与卫星通信

(第二版)

孙学康 张 政 编



人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

微波与卫星通信/孙学康, 张政编. —2 版. —北京: 人民邮电出版社, 2007. 3

普通高等院校电子信息类系列教材

ISBN 978-7-115-14369-3

I. 微... II. ①孙... ②张... III. ①微波通信—高等学校—教材 ②卫星通信—高等学校—教材 IV. TN925 TN927

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 153882 号

内 容 提 要

本书包括了数字微波和卫星通信两方面的内容, 共分七章。内容包括长途微波通信、移动通信与卫星通信概述, 信号的调制与解调, 卫星通信中的多址技术, 电波传播, 编码与信号处理, 长途微波与移动通信及卫星线路噪声分析及线路参数计算等。除此之外, 还根据国际上以及我国在微波和卫星通信方面的最新技术发展现状, 介绍了 SDH 微波通信系统、卫星移动通信网、VSAT 卫星通信系统、宽带 IP 卫星通信网和 WiMax 无线城域网接入网。

本书为高等院校通信工程、无线电技术及计算机通信网专业本科生的专业教材, 也可供从事通信、计算机方面工作的工程技术人员参考。

普通高等院校电子信息类系列教材

微波与卫星通信 (第二版)

◆ 编 孙学康 张 政

责任编辑 滑 玉

执行编辑 蒋 亮

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京铭成印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 19

字数: 460 千字

2007 年 3 月第 2 版

印数: 1-3 000 册

2007 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-14369-3/TN

定价: 29.00 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223

第二版前言

21 世纪是通信信息时代, 整个社会信息量正在飞速地发展, 因此信息传输技术将在人类社会发展中起着重要的作用。

本书着重介绍无线通信领域的传输技术, 它是一本用于通信专业本科学习的教材, 也可供从事通信方面工作的工程人员参考。

本书共分七章, 具体内容如下。

第 1 章主要介绍长途微波通信与移动通信以及卫星通信的基本概念、特点、系统组成及频率配置等。

第 2 章着重介绍长途微波通信与移动通信以及卫星通信中的调制、解调技术原理、特点和应用种类。

第 3 章主要讨论了卫星通信的多址技术与信道分配技术的概念。

第 4 章主要针对长途微波通信与移动通信以及卫星通信中的电波传播的特性进行了分析。

第 5 章介绍微波与卫星通信中常用编码和处理技术的原理及特点。

第 6 章分别就长途微波通信与移动通信以及卫星通信中的主要链路参数进行介绍。

第 7 章是根据国际上以及我国在微波和卫星通信方面的最新技术发展现状, 具体地介绍了 SDH 微波通信系统、卫星移动通信网、VSAT 卫星通信系统和宽带 IP 卫星通信网。

本书的第 1、4 章由张政编写, 第 3、6、7 章由孙学康编写, 第 2、5 章由李文海教授提供主要文稿, 由张政、孙学康共同参与整理, 全书由张政教授统编和审稿。

由于时间仓促, 学识有限, 书中难免存在不足之处, 请不吝指正。

编 者
2006 年 6 月

第一版前言

21 世纪是通信信息时代, 信息传输技术将在人类社会发展起着重要的作用。

本书着重介绍无线通信领域的传输技术, 是一本用于通信专业本科学习的教材, 也可供从事通信方面工作的工程技术人员参考。

本书共分七章, 具体内容如下:

第 1 章主要介绍微波与卫星通信的基本概念、特点、系统组成及频率配置等。

第 2 章着重介绍微波与卫星通信中的调制、解调技术原理、特点和应用种类。

第 3 章主要讨论了卫星通信的多址技术与信道分配技术的概念。

第 4 章主要针对微波与卫星通信中的电波传播的特性进行了分析。

第 5 章介绍微波与卫星通信中常用编码和处理技术的原理及特点。

第 6 章分别就微波与卫星通信中的主要链路参数进行介绍。

第 7 章是根据国际上以及我国在微波和卫星通信方面的现状与最新技术发展, 具体地介绍了 SDH 微波通信系统、卫星移动通信网和宽带 IP 卫星通信网。

本书第 1、4 章由张政编写, 第 3、6、7 章由孙学康编写, 第 2、5 章由李文海教授提供主要素材, 由张政、孙学康共同整理, 全书由张政教授统编和审稿。

由于时间紧迫, 学识有限, 书中难免有不足之处, 请不吝指正。

编 者
2003 年 6 月

目 录

第 1 章 微波与卫星通信概述	1
1.1 微波与卫星通信的基本概念与特点	1
1.1.1 微波与卫星通信	1
1.1.2 微波与卫星通信的频率配置	4
1.2 长途微波通信系统的组成	7
1.2.1 系统组成	7
1.2.2 微波收发信设备的组成	8
1.2.3 微波通信的天线馈线系统.....	12
1.3 移动通信系统的组成.....	15
1.3.1 系统组成.....	15
1.3.2 基站.....	17
1.3.3 移动台.....	22
1.4 卫星通信系统的组成.....	23
1.4.1 系统组成.....	23
1.4.2 地球站的组成及其工作原理.....	26
1.4.3 静止卫星的运行轨道与观察参数.....	32
1.4.4 通信卫星的组成及其工作原理.....	36
1.4.5 通信卫星的天线系统.....	40
1.4.6 地球站的天线馈线系统.....	41
小结	43
习题	43
第 2 章 数字信号的调制与解调	45
2.1 微波与卫星通信中的调制、解调技术的特点和应用种类	45
2.1.1 微波通信中的调制、解调技术的特点和种类	45
2.1.2 卫星通信中的调制、解调技术的特点和应用种类	45
2.2 频分复用与模拟信号的调制.....	46
2.2.1 频分复用原理.....	46
2.2.2 模拟信号的调制.....	46
2.3 时分复用与数字信号的调制与解调.....	50
2.3.1 时分复用与数字调制.....	50
2.3.2 PSK	50
2.3.3 QAM	60
2.3.4 MSK,GMSK	64
2.3.5 调制信号的传输特性.....	67
2.4 相干解调的载波跟踪技术.....	70
小结	72

习题	74
第3章 卫星通信的多址方式	75
3.1 多址技术与信道分配技术的概念	75
3.1.1 信道分配方式	75
3.1.2 多址技术	77
3.2 频分多址技术	78
3.2.1 频分多址技术原理与应用特点	78
3.2.2 FDMA 的分类	79
3.2.3 SCPC 系统	82
3.3 时分多址技术	91
3.3.1 时分多址的概念及其应用特点	92
3.3.2 TDMA 地球站设备	93
3.3.3 SDMA-SS-TDMA 方式	101
3.3.4 多载波 TDMA	107
3.4 随机多址和可控多址访问方式	108
3.4.1 随机多址访问方式	109
3.4.2 可控多址访问方式	112
小结	114
习题	117
第4章 微波传播	118
4.1 电波传播模式	118
4.2 长途微波通信系统中的电波传播	119
4.2.1 自由空间的电波传播	119
4.2.2 地面反射对电波传播的影响	120
4.2.3 对流层对电波传播的影响	127
4.2.4 几种大气和地面效应造成的衰落	135
4.2.5 频率选择性衰落	139
4.3 移动通信系统中的电波传播	142
4.3.1 移动通信中电波传播的特点	142
4.3.2 移动通信中电波传播特性	143
4.3.3 移动通信中电波传播所产生的几种效应	145
4.3.4 移动通信环境下的场强计算	147
4.4 卫星通信电波传播的特点	153
4.4.1 影响卫星通信中电波传播的因素	153
4.4.2 地球站天线仰角与通信距离的关系	153
4.4.3 自由空间传输损耗及环境影响	154
4.4.4 卫星通信常用的分集接收方式	156
4.4.5 卫星通信中的多谱勒效应	157
4.5 抗衰落技术	157

4.5.1 概述	157
4.5.2 微波通信常用的空间分集接收方式	159
4.5.3 自适应均衡技术	162
小结	164
习题	167
第5章 编码与信号处理技术	168
5.1 信源编码技术	168
5.1.1 微波与卫星通信系统对信源编码的要求	168
5.1.2 微波与卫星通信采用的信源编码方式及特点	169
5.2 信道编码技术	169
5.2.1 信道编码的目的	170
5.2.2 分组编码与交织技术	171
5.2.3 循环码与 BCH 码	174
5.2.4 卷积码与维特比译码	179
5.2.5 Turbo 码	183
5.2.6 纠错编码与调制——格型编码调制(TCM)	184
5.3 信号处理技术	185
5.3.1 数字语音内插技术	185
5.3.2 回波控制	188
小结	190
习题	192
第6章 微波与卫星通信的线路噪声及线路参数计算	193
6.1 数字微波通信的假想参考通道与误码性能指标	193
6.1.1 SDH 体制下的数字微波通信	193
6.1.2 误码性能规范	196
6.2 数字微波的信道噪声与噪声指标分配	197
6.2.1 噪声的分类	197
6.2.2 噪声指标的分配	199
6.3 数字微波信道线路参数计算	200
6.3.1 信道的基本性能和主要线路参数计算	200
6.3.2 改善误码性能的措施	203
6.4 移动通信系统中的无线链路计算	206
6.4.1 陆地移动通信系统中的噪声与干扰	206
6.4.2 功率预算	208
6.4.3 GSM 移动通信系统中的干扰影响计算	209
6.4.4 CDMA 移动通信系统中的 C/I 计算	212
6.5 卫星接收机载噪比与 G/T 值的计算	216
6.5.1 卫星系统中存在的噪声与干扰类型	216
6.5.2 接收机载噪比与地球站性能因数 G/T 值	219

6.6 卫星通信线路的 C/T 值	220
6.6.1 热噪声影响下的上下行链路中的 C/T 值	220
6.6.2 交调噪声影响条件下的 C/T 值	222
6.6.3 卫星链路的总 C/T 值	222
6.6.4 卫星链路的 C/T 门限余量	223
6.7 FDM/FM/FDMA 系统中的卫星线路参数设计	223
6.8 TDMA 系统中的卫星线路参数设计及容量计算	224
小结	226
习题	228
第7章 微波与卫星通信新技术及其通信网	229
7.1 SDH 微波通信系统	229
7.1.1 运用于微波通信中的 SDH 技术的应用特点	229
7.1.2 主要应用技术	230
7.1.3 SDH 微波通信设备	235
7.1.4 SDH 微波通信系统	239
7.2 卫星移动通信系统	243
7.2.1 卫星移动通信系统的概念及其分类	243
7.2.2 卫星移动通信的特点和面对的技术问题	245
7.2.3 卫星移动通信技术	246
7.2.4 卫星移动通信原理	249
7.2.5 卫星移动通信系统中的交换方式	258
7.2.6 卫星移动通信系统与地面网的互联	260
7.3 VSAT 卫星通信系统	266
7.3.1 VSAT 的概念、特点及通信业务类型	266
7.3.2 VSAT 卫星通信系统组成及工作原理	267
7.4 宽带 IP 卫星通信技术	274
7.4.1 宽带 IP 卫星通信及其特点	274
7.4.2 现有宽带 IP 卫星通信系统	275
7.5 微波与卫星通信技术的发展展望	284
7.5.1 无线移动通信的发展	284
7.5.2 卫星通信技术的发展	289
小结	291
习题	291
参考文献	293

第 1 章 微波与卫星通信概述

微波与卫星通信的工作频率都属于微波频率，所以它们既有共同的特点，又各自具有本身的特点，且组成单独的通信系统。

本章的主要内容有微波与卫星通信的基本概念与特点、微波通信系统的组成、卫星通信系统的组成、微波与卫星通信的天线馈线系统、微波与卫星通信的频率配置。

1.1 微波与卫星通信的基本概念与特点

1.1.1 微波与卫星通信

1. 微波与卫星通信

微波是指频率为 300MHz~300GHz 的电磁波。

微波通信是指用微波频率作载波携带信息，通过无线电波空间进行中继（接力）通信的方式。常见的典型地面微波通信系统包括长途微波通信系统和移动通信系统。

卫星通信是指利用人造地球卫星作为中继站，转发或反射无线电波，在两个或多个地球站之间进行的通信。这里所指的地球站是指设在地球表面，包括地面、海洋和大气中的通信站。实际上，卫星通信可以看作是利用微波频率，把通信卫星作为中继站而进行的一种特殊的微波中继通信。

卫星通信又是宇宙无线电通信形式之一，而宇宙通信是指以宇宙飞行体为对象的无线电通信。它有三种形式：

- (1) 宇宙站与地球站之间的通信；
- (2) 宇宙站之间的通信；
- (3) 通过宇宙站转发或反射而进行的地球站间的通信。

上面所指的宇宙站是指设在地球大气层以外的宇宙飞行体（如人造卫星、宇宙飞船等）或其他天体上的通信站。

卫星通信属于宇宙无线电通信的第三种形式。

2. 长途微波通信的特点

根据所传输基带信号的不同，微波通信又分为两种制式。

用于传输频分多路-调频制 (FDM-FM) 基带信号的系统叫做模拟微波通信系统; 用于传输数字基带信号的系统叫做数字微波通信系统。后者又进一步分为 PDH 微波通信和 SDH 微波通信两种体制。

不管是模拟微波通信还是数字微波通信, 其微波通信最基本的特点可以概括为 6 个字: “微波、多路、接力”。

“微波”是指微波工作频段宽, 它包括了分米波、厘米波和毫米波三个频段。这个工作频段宽度几乎是长波、中波、短波及特高频各频段总和的 1 000 倍, 所以它可容纳较其他频段多得多的话路。

由于微波频率高, 故其波长短。微波通信一般使用面式天线, 当面式天线的口面积给定时, 其增益与波长的平方成反比, 故微波通信很容易制成高增益天线。

此外, 在微波频段, 天电干扰和工业干扰及太阳黑子的变化基本上不起作用, 所以微波通信的可靠性和稳定性可以做得很高。

“多路”是指微波通信的通信容量大, 即微波通信设备的通频带可以做得很宽。例如对 4GHz 的设备而言, 其通频带按 1% 计算, 可达 40MHz, 其所提供的带宽正符合 ISDN 的宽带传输链路要求。

“接力”是目前广泛使用于视距微波的通信方式。由于地球是圆的, 加之地面上的地貌 (山川) 所限, 使得地球上两点 (两个微波站) 间不被阻挡的距离有限, 为了可靠通信, 一条长的微波通信线路就要在线路中间设若干个中继站, 采用接力的方式传输末端的信息。

近些年来, 由于通信技术的发展及通信设备的数字化, 数字微波设备与模拟微波设备相比, 占了绝对多的比重。而数字微波除了具有上面所说的微波通信的普遍特点外, 还具有数字通信的特点:

- (1) 抗干扰性强、整个线路噪声不累积;
- (2) 保密性强, 便于加密;
- (3) 器件便于固态化和集成化, 设备体积小、耗电少;
- (4) 便于组成综合业务数字网 (ISDN)。

数字微波的主要缺点是要求传输信道带宽较宽, 因而产生了频率选择性衰落, 其抗衰落技术比模拟制微波复杂。

3. 移动无线通信的特点

移动通信是指通信双方或至少一方在运动状态中进行信息传递的通信方式。它不受时间和空间的限制, 可以灵活、快速、可靠地实现信息互通, 因而目前被认为是实现理想通信的重要手段之一, 它是信息交换的重要物质基础。移动通信与固定通信方式不同, 它具有如下特点。

(1) 电波传播环境极其恶劣

由于移动台处于运动状态之中, 无线电的多径传输会造成接收信号瑞利衰落, 使所接收场强的幅度和相位呈现快速变化的现象。其变化速度由移动台的运动速度和使用的频率决定, 一般信号电平起伏可达 40dB 以上。另外移动台的通信质量还会受到地理环境的影响。不同的地理条件, 多径传播所造成的时延或时间展宽不同, 会使得同一移动台的通信效果也出现不同, 严重时会导致移动通信传输信号出现畸变, 直接影响移动通信质量。

(2) 移动台受到多种干扰影响和噪声影响

在移动通信系统中,由于多个移动台是同时使用多个频道进行信息通信的,因而常受到来自其他移动台的信号干扰,如同频干扰、邻道干扰和互调干扰等。除此之外,还会受到环境噪声的影响,因此必须采用相应的措施来抵消这些干扰和噪声的影响。

(3) 应采用动态范围大的移动接收设备

由于移动台位置不固定,接收机与发射机之间的距离经常发生变化,使得所接收的信号电平随之发生变化,因而要求使用动态范围大的接收机。

(4) 频谱资源非常珍贵

随着移动通信市场的不断扩大,用户数急剧增加,使得可利用的频率资源更为可贵。因此在开发新的频段之外,应采用必要的技术手段来提高频道的利用率,如缩减波道间隔、频率复用和多波道共用等技术。

(5) 组网技术复杂

在整个移动通信区域内,移动台是自由运动的,因而交换中心必须随时确定移动台的位置。这样当需建立呼叫时,交换中心才能够快速地确定哪些基站可与之进行联系,并可为其进行波道分配。在进行不间断通信时,必须采用相应的越区切换和跟踪交换技术。

4. 卫星通信的特点

(1) 静止卫星通信的优点

① 通信距离远,且费用与通信距离无关

利用静止卫星,地面上两点最大的通信距离可达 18 000km 左右,其建设费用和运行费用不会因通信两点之间的距离和地貌而变化。就这点而论,卫星通信比地面微波通信和电缆、光缆通信有明显的优势。

② 覆盖面积大,可进行多址通信

由于在静止轨道上,三颗卫星即可覆盖全球,因此在一颗卫星大面积覆盖的区域内,任何地方都可设置地球站。这些地球站可共用一颗通信卫星来实现双方或多方通信,即多址通信。与其他只能进行点对点通信的通信手段相比,卫星通信显然具有很大的优越性。

③ 通信频带宽,传输容量大

卫星通信使用的也是微波频段,其提供的带宽和传输容量要比其他频段大得多。一个中频转发器带宽一般为 36MHz,微波射频频转发器带宽一般为 500MHz,卫星的总带宽可达 3 000MHz 以上,一颗卫星的通信容量已达到 30 000 路电话,并可传输高分辨率照片和其他信息。

④ 信号传输质量高,通信线路稳定可靠

因为卫星通信的电波主要是在大气层以外的宇宙空间传输,这种宇宙空间可以看作是均匀介质,故电波传播比较稳定。而且电波传播不受地形、地物等自然条件的影响,也不易受自然或人为干扰的影响,所以传输质量高。

⑤ 建立通信电路灵活、机动性好

地面微波通信的建站要受到地势条件的严格限制。而卫星通信既能作为大型地球站之间的远距离干线通信,又可以在车载、船载、地面移动地球站间进行通信,甚至还可以为个人移动终端提供个人通信业务。

(2) 静止卫星通信的缺点

- ① 静止卫星的发射与控制技术比较复杂。
- ② 地球的两极地区为通信盲区, 而且地球的高纬度地区通信效果不好。
- ③ 存在星蚀和日凌中断现象。

当卫星、地球和太阳处在一条直线上, 并且卫星进入地球的阴影区时, 会出现星蚀现象。在星蚀期间, 卫星只能靠蓄电池供电。

而当每年春分和秋分前后数日, 当卫星处在太阳和地球之间 (仍为一条线上) 时, 因卫星在对准地球站天线的同时, 也对准了太阳, 因此受到了太阳的辐射干扰, 进而造成了每天有几分钟的通信中断, 这种现象称为日凌中断。

- ④ 有较大的信号传输时延和回波干扰。

假定地球站与卫星间的通信距离为 40 000km, 发端地球站信号经卫星转发到收端地球站 (信号一上、一下), 单程传输时间约为 0.27s, 当进行双方通信 (一问一答) 时, 就是 0.54s。在进行语言通信时, 这种信号的传输时延就会给人带来一种不自然的感觉。

与此同时, 由于收发双方的话音回路都有混合线圈, 因为不平衡等原因, 易产生回波干扰。如果不采取回波抵消器等特殊措施, 就会使发话者在 0.54s 后, 又听到了自己讲话反馈回来的回音, 造成干扰。

1.1.2 微波与卫星通信的频率配置

1. 微波通信的射频频率配置

一条微波通信线路有许多微波站, 每个站上又有多波道的微波收发信设备。为了减小波道间或其他路由间的干扰, 提高微波射频频带的利用率, 对射频频率的选择和分配就显得十分重要了。

(1) 频率配置的基本原则

无论是模拟微波还是数字微波, 其频率配置都应符合下面的基本原则。

- 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, 而且有足够大的间隔, 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, 使给定的频段能得到经济地利用。
- ④ 因微波天线和天线塔建设费用很高, 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, 达到天线建设费用低, 同时又能满足技术指标的目的。
- ⑤ 对于外差式收信机, 不应产生镜像干扰, 即不允许某一波道的发信频率等于其他波道收信机的镜像频率。

根据上述频率配置原则, 当一个站上有多个波道工作时, 为了提高频带利用率, 对一个波道而言, 宜采用二频制。即两个方向的发信使用一个射频频率, 两个方向的收信使用另外一个射频频率。图 1-1 所示为多波道工作时二频制的集体排列方案。

(2) 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, 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,

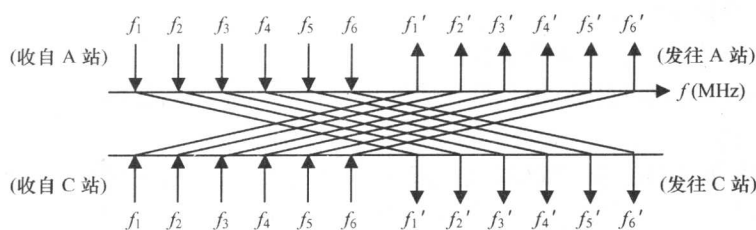


图 1-1 多波道二频制的频率配置方案

数字微波基本上可按该方案的规定执行。表 1-1 给出了我国根据 CCIR 的建议，并考虑到本国的具体情况，制定的几种频率配置方案，供参考。

表 1-1 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 Mbit/s	占用带宽 (MHz)	中心频率 f_0 (MHz)	$\Delta f_{\text{波道}}$ (MHz)	$\Delta f_{\text{收发}}$ (MHz)	工作波道数 (对)	同一波道收发间隔 (MHz)
2	1 700~1 900	8.488	200	1 808	14	49	6	119
2	1 900~2 300	34.368	400	2 101	29	68	6	213
4	3 400~3 800	2×34.368	400	3 592	29	68	6	213
4	3 800~4 200	139.264	400	4 003.5	29	68	6	213
6	6 430~7 110	139.264	680	6 770	40	60	8	340
7	7 125~7 425	8.448	300	7 275	7	28	20	161
8	7 725~8 275	34.368	500	8 000	29.65	103.77	8	311.32
11	10 700~11 700	2×34.368 139.264	1 000	11 200	40	90	12	530

表 1-1 中所列的各种频率间隔如图 1-2 所示。

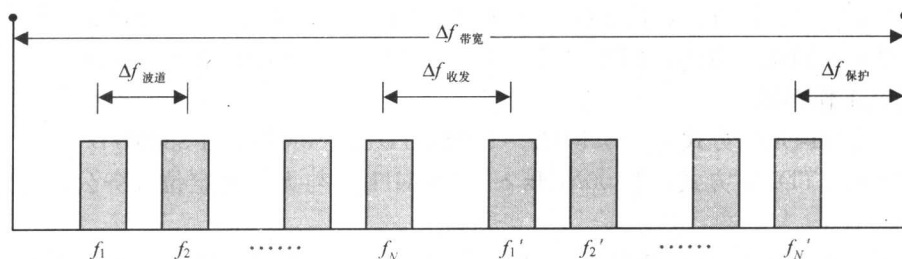


图 1-2 多波道的频率配置间隔

2. 移动通信系统频段的分配

由于在移动台与基站之间采用无线通信方式，因此频谱资源是十分宝贵的。为了能够有效地使用有限的频率资源，频率分配和使用必须服从国际和国内的统一管理，否则便会造成互相干扰和资源浪费。因此移动通信系统的工作频段选择应从以下几方面考虑：

- (1) 电波传播特性，天线尺寸；
- (2) 环境噪声的干扰影响；
- (3) 服务区域范围、地形和障碍物大小以及对建筑物的侵透性能；

(4) 设备小型化要求;

(5) 与现有使用频率的协调和兼容性。

我国无线电委员会根据国际电信联盟发布的规定, 制定出陆地移动通信使用的频段。

(1) GSM 频段

GSM 系统将 900MHz 和 1 800MHz 频段按 FDMA 方式划分成多个载波频道, 具体频道分配如下。

① GSM900 频段

890 MHz ~ 915MHz (移动台发、基站收)

935 MHz ~ 960MHz (基站发、移动台收)

其中相邻频道间隔为 200kHz, 每个频道采用时分多址接入方式共分为 8 个时隙, 即为 8 个信道, 可见每个信道占用带宽为 $(200\text{kHz}/8) = 25\text{kHz}$ 。GSM 系统采用等频道间隔配置方式, 共 124 个频道。

② GSM1 800 频段

1 710 MHz ~ 1 785MHz (移动台发、基站收)

1 805 MHz ~ 1 880MHz (基站发、移动台收)

(2) CDMA 频段

中国联通数字 CDMA 系统频率安排如下。

825 MHz ~ 835MHz (移动台发、基站收)

870 MHz ~ 880MHz (基站发、移动台收)

其中载频间隔为 1.25MHz。

(3) 3G 频段

为满足移动通信系统的发展, 中国 3G 系统频段使用安排如下。

① 主要工作频段

频分双工 (FDD) 方式: 1 920MHz ~ 1 980MHz / 2 110MHz ~ 2 170MHz

时分双工 (TDD) 方式: 1 880MHz ~ 1 920MHz / 2 010MHz ~ 2 025MHz

② 补充工作频段

频分双工 (FDD) 方式: 1 755MHz ~ 1 785MHz / 1 850MHz ~ 1 880MHz

时分双工 (TDD) 方式: 2 300MHz ~ 2 400MHz, 与无线电定位业务公用, 共用标准另行制定。

③ IMT-2 000 卫星移动通信系统的工作频段: 1 980MHz ~ 2 010MHz / 2 170MHz ~ 2 200MHz。

目前已规划的公众蜂窝移动通信系统的工作频段包括 825MHz ~ 835MHz / 870MHz ~ 880MHz、885MHz ~ 915MHz / 930MHz ~ 960MHz 和 1 710MHz ~ 1 755MHz / 1 805MHz ~ 1 850MHz 频段, 同时规划作为第三代公众移动通信系统 FDD 方式的扩展频段。

3. 卫星通信频段的选取

(1) 考虑的主要因素

卫星通信使用的工作频段虽然也属于微波频段 (300MHz ~ 300GHz), 但由于卫星通信电波传播的中继距离远, 从地球站到卫星的长距离传输中, 既要受到对流层大气噪声的影

响,又要受到宇宙噪声的影响。因此,卫星通信工作频段的选取将影响到系统的传输容量、地球站发信机及卫星转发器的发射功率、天线口径尺寸及设备的复杂程度等。选取卫星通信的工作频段时,考虑的主要因素有:

- ① 天线系统接收的外界干扰噪声要小;
- ② 电波传播损耗要小;
- ③ 适用于该频段的设备重量要轻,且体积小;
- ④ 可用频带宽,以便满足传输信息的要求;
- ⑤ 与其他地面无线系统(雷达系统、地面微波中继通信系统等)之间的相互干扰要尽量小;
- ⑥ 尽可能地利用现有的通信技术和设备。

(2) 卫星通信的无线电窗口

由于大气层中的对流层中的氧和水蒸气会对电波有吸收作用,雨、雾以及雪也会对电波产生吸收和散射衰耗(详见微波传播一章),资料显示,在 $0.3\text{GHz}\sim 10\text{GHz}$ 频段,大气吸收衰耗最小,称为“无线电窗口”。此外,在 30GHz 附近也有一个衰减的低谷,称为“半透明无线电窗口”。因此,选择工作频段时,应选在这些“窗口”附近。

目前大多数卫星通信系统选择了如下频段:

- ① UHF(超高频)频段—— $400\text{MHz}/200\text{MHz}$;
- ② 微波 L 频段—— $1.6\text{GHz}/1.5\text{GHz}$;
- ③ 微波 C 频段—— $6.0\text{GHz}/4.0\text{GHz}$;
- ④ 微波 X 频段—— $8.0\text{GHz}/7.0\text{GHz}$;
- ⑤ 微波 Ku 频段—— $14.0\text{GHz}/12.0\text{GHz}$ 和 $14.0\text{GHz}/11.0\text{GHz}$;
- ⑥ 微波 Ka 频段—— $30\text{GHz}/20\text{GHz}$ 。

随着通信业务的迅速增长,人们正在探索应用更高频段的可能性。1971 年的世界无线电行政会议已确定将宇宙通信的频段扩展到 275GHz 。

在实际应用中,国际卫星通信的商业卫星和国内区域卫星通信中大多数都使用 $6\text{GHz}/4\text{GHz}$ 频段。其上行频率为 $5.925\text{GHz}\sim 6.425\text{GHz}$,下行频率为 $3.7\text{GHz}\sim 4.2\text{GHz}$,卫星转发器的带宽可达 500MHz 。为了不与上述的民用卫星通信系统干扰,许多国家的军用和政府用的卫星通信系统使用 $8\text{GHz}/7\text{GHz}$ 频段。其上行频率为 $7.9\text{GHz}\sim 8.4\text{GHz}$,下行频率为 $7.25\text{GHz}\sim 7.75\text{GHz}$ 。

由于卫星通信业务量的急剧增加, $1\text{GHz}\sim 10\text{GHz}$ 的无线电窗口日益拥挤, $14\text{GHz}/11\text{GHz}$ 频段已得到开发和使用。其上行频率为 $14\text{GHz}\sim 14.5\text{GHz}$,下行频率为 $10.95\text{GHz}\sim 11.2\text{GHz}$ 和 $11.45\text{GHz}\sim 11.7\text{GHz}$ 等。

1.2 长途微波通信系统的组成

1.2.1 系统组成

一条微波中继信道是由终端站、中间站和再生中继站、终点站及电波空间组成,如图 1-3(a)所示。

终端站的任务是将复用设备送来的基带信号或由电视台送来的视频及伴音信号, 调制到微波频率上并发射出去; 或者反之, 将收到的微波信号解调出基带信号送往复用设备, 或将解调出的视频信号及伴音信号送往电视台。线路中间的中继站的任务是完成微波信号的转发和分路, 所以中继站又分为中间站 (不能上、下话路)、分路站和枢纽站 (能上、下话路), 如图 1-3 (b) 所示。

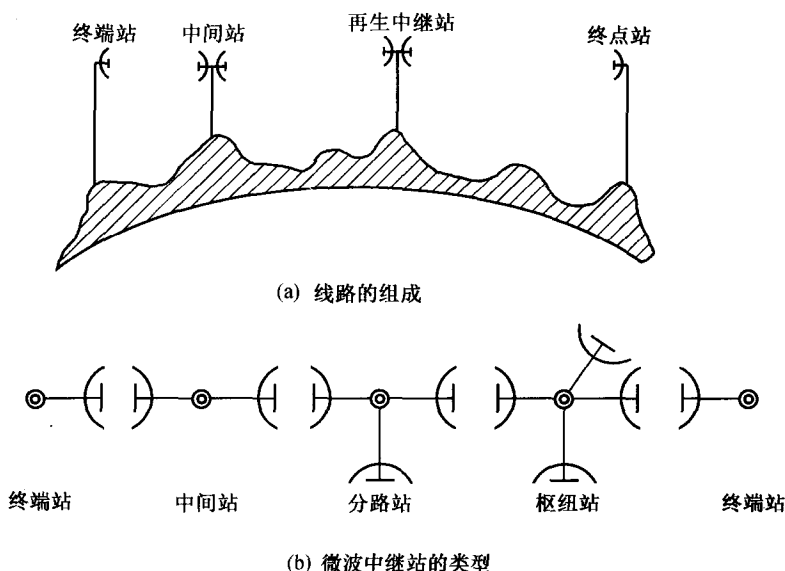


图 1-3 微波通信的信道构成

1.2.2 微波收发信设备的组成

1. 发信设备的组成

从目前使用的数字微波通信设备来看, 分为直接调制式发信机 (使用微波调相器) 和变频式发信机。中小容量的数字微波 (480 路以下) 设备可用前一种方案。而中大容量的数字微波设备大多采用变频式发信机, 这是因为这种发信机的数字基带信号调制是在中频上实现的, 可得到较好的调制特性和较好的设备兼容性。

下面以一种典型的变频式发信机为例加以说明, 如图 1-4 所示。

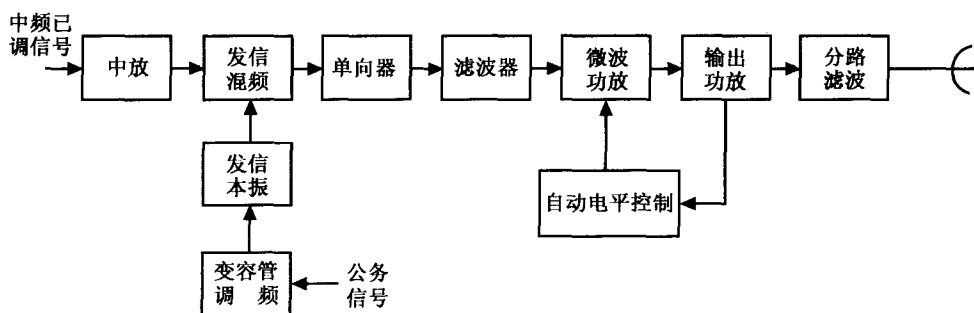


图 1-4 变频式发信机方框图