

高等学校电子信息类专业
“十三五”规划教材

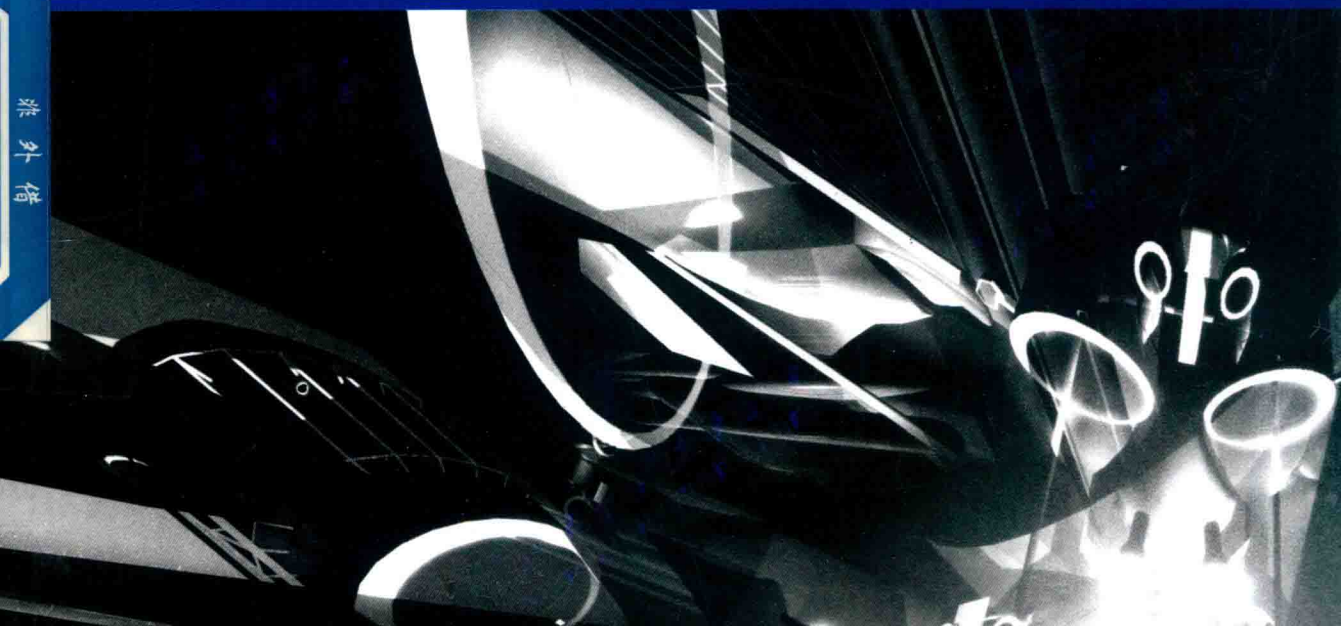
ELECTRONIC
INFORMATION SPECIALTY

微波与卫星通信

(第二版)

主 编 姚 军 李白萍
副主编 刘 健 李 荣

 西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



高等学校电子信息类专业“十三五”规划教材

微波与卫星通信

(第二版)

主 编 姚 军 李白萍
副主编 刘 健 李 荣



西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书对微波与卫星通信技术的基本原理、系统组成、工作特点以及相关应用和今后的发展进行了论述。

全书共分8章,内容包括:概述、微波与卫星通信传输通道、微波与卫星通信的通信体制、通信卫星的发射及轨道、卫星通信中的多址方式、微波通信系统设计、卫星通信系统设计、卫星通信技术的应用。特别是结合目前卫星通信的发展重点介绍了卫星通信技术及相关应用,并结合航天技术介绍了通信卫星的发射及轨道。

本书可作为高等院校通信、测控、导航专业本科学生的教材,也可作为从事相关工作的技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

微波与卫星通信/姚军,李白萍主编. —2版. —西安:西安电子科技大学出版社,2017.11

高等学校电子信息类专业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-4665-7

I. ① 微… II. ① 姚… ② 李… III. ① 微波通信 ② 卫星通信 IV. ① TN925 ② TN927

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 269116 号

策 划 云立实

责任编辑 杨 薇

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2017年11月第2版 2017年11月第7次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 12

字 数 278千字

印 数 10 001~13 000册

定 价 28.00元

ISBN 978-7-5606-4665-7/TN

XDUP 4957002-7

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

卫星通信作为 21 世纪的三大通信技术之一，是人们实现个人通信一个必备的基础平台，微波通信与卫星通信在使用频道上是相同的，技术上是相似的，本书以微波技术为基础，着重对卫星通信的发展、技术及应用进行了全面的阐述，力求将目前较新的技术及应用介绍给读者。

全书共分 8 章。第 1 章概述：简单介绍微波与卫星通信的基本概念、特点以及相关的系统组成，并在本章的最后对微波与卫星通信今后的发展方向进行了介绍。第 2 章微波与卫星通信传输通道：介绍无线电波的传输特性，微波传播的特性及外界环境对它的影响以及采取的措施。第 3 章微波与卫星通信的通信体制：介绍微波与卫星通信中应用到的信号传输方式、复用方式、调制方式、编码技术以及信号处理技术等。第 4 章通信卫星的发射及轨道：介绍通信卫星遵循的基本规律，发射中所涉及的概念、原理以及卫星轨道的相关知识。第 5 章卫星通信中的多址方式：介绍卫星通信中的多址技术以及各种多址技术的特点及应用。第 6 章微波通信系统设计：重点介绍微波通信系统的组成以及在设计时涉及的内容及指标。第 7 章卫星通信系统设计：重点介绍卫星通信系统的组成以及在设计时涉及的内容及指标。第 8 章卫星通信系统的应用：主要介绍卫星通信系统几种主要的应用，包括卫星通信系统在 Internet 中的应用、在定位系统中的应用、在航天系统中的应用以及卫星电视系统，并在最后对卫星通信的发展进行了展望。

本书第 1 章、第 3 章由李白萍教授编写，第 4 章、第 5 章由姚军编写，第 2 章、第 6 章由刘健编写，第 7 章、第 8 章由李荣编写，全书由李白萍教授进行统稿和审稿。

本书的编写得到陕西省通信工程特色专业建设点(No. [2011] 42)和陕西省通信工程系列课程教学团队项目(No. [2013] 32)的大力支持。

在本书编写和修订过程中，参阅了大量文献、技术标准和图书资料，在此谨向这些文献资料的原作者表示衷心的感谢。

由于微波与卫星通信技术发展速度快，加之编者的水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，敬请读者批评、指正。

编者

于西安科技大学

2017 年 4 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 微波与卫星通信的基本概念	1
1.1.1 微波通信	1
1.1.2 卫星通信	1
1.2 微波与卫星通信的特点	4
1.2.1 微波通信的特点	4
1.2.2 卫星通信的特点	4
1.3 微波通信系统	5
1.3.1 数字微波中继通信系统的组成	5
1.3.2 微波中继站的中继方式	6
1.4 卫星通信系统	7
1.4.1 卫星通信系统的组成	7
1.4.2 卫星通信线路的组成	8
1.5 微波与卫星通信的频率配置	9
1.5.1 微波通信的频率配置	9
1.5.2 卫星通信的频率配置	11
1.6 微波与卫星通信的发展	12
1.6.1 微波通信的发展	12
1.6.2 卫星通信的发展	13
本章小结	13
习题	14
第 2 章 微波与卫星通信传输通道	15
2.1 自由空间的电波传播	15
2.1.1 无线电波的传播特性	15
2.1.2 自由空间的微波传播	16
2.2 微波传播的影响因素	16
2.2.1 地面反射对微波传播的影响	16
2.2.2 大气对微波传播的影响	22
2.2.3 微波传播中的衰落特性	27
2.2.4 抗衰落技术	31
2.3 卫星通信的电波传播特性	37
2.3.1 卫星通信中存在的电波传播问题	37
2.3.2 卫星通信中通信电波的传播噪声	38
2.3.3 卫星通信中的多普勒效应	39
2.4 移动卫星信道	39
2.4.1 移动信道传播	40

2.4.2 窄带信道	41
2.4.3 宽带信道	42
本章小结	43
习题	44
第3章 微波与卫星通信的通信体制	45
3.1 信号传输方式与复用方式	45
3.1.1 信号传输方式	45
3.1.2 多路复用方式	45
3.2 调制方式	46
3.2.1 微波与卫星通信中的调制方式	46
3.2.2 模拟调制——宽带 FM	48
3.2.3 数字调制	50
3.3 编码技术	65
3.1.1 信源编码技术	65
3.1.2 信道编码技术	66
3.4 信号处理技术	77
本章小结	82
习题	82
第4章 通信卫星的发射及轨道	83
4.1 卫星发射的基本理论	83
4.1.1 开普勒定律	83
4.1.2 宇宙速度	84
4.2 卫星发射	85
4.2.1 运载火箭	85
4.2.2 卫星发射窗口	86
4.2.3 静止轨道卫星发射	86
4.3 通信卫星的轨道	87
4.3.1 人造卫星的轨道分类	87
4.3.2 卫星轨道的基本参数	89
4.3.3 移动通信卫星的星座系统	90
本章小结	93
习题	93
第5章 卫星通信中的多址方式	94
5.1 多址方式的基本概念	94
5.1.1 多址方式的概念及分类	94
5.1.2 多址方式中的信道分配技术	95
5.2 频分多址技术(FDMA)	96
5.2.1 FDMA 的原理及分类	96
5.2.2 FDM/FM/FDMA 方式	97

5.2.3 SCPC 方式	98
5.3 时分多址技术(TDMA)	105
5.3.1 TDMA 的基本原理及工作过程	105
5.3.2 TDMA 系统的帧结构及帧效率	106
5.3.3 TDMA 地面终端设备的功能及组成	109
5.3.4 TDMA 系统的定时与同步	111
5.3.5 TDMA 系统的特点	115
5.4 码分多址技术(CDMA)	115
5.5 空分多址技术(SDMA)	117
5.5.1 SDMA 的工作原理	117
5.5.2 多址技术的比较	118
5.6 卫星分组通信中的多址技术	119
5.6.1 基本概念	119
5.6.2 纯 ALOHA 方式	120
5.6.3 S-ALOHA 方式	121
5.6.4 R-ALOHA 方式	122
本章小结	123
习题	123
第 6 章 微波通信系统设计	124
6.1 微波通信系统的组成	124
6.1.1 发信系统	124
6.1.2 收信系统	125
6.1.3 天馈线系统	128
6.2 数字微波通信系统设计	138
6.2.1 系统的主要性能指标	138
6.2.2 信道设计	138
6.2.3 微波信道线路参数计算	144
6.2.4 微波通信站的防雷、接地	145
6.3 大容量微波通信系统	147
6.3.1 SDH 技术的应用特点	147
6.3.2 主要应用技术	147
本章小结	152
习题	153
第 7 章 卫星通信系统设计	154
7.1 卫星通信系统的组成	154
7.1.1 通信卫星	154
7.1.2 卫星通信地球站	157
7.1.3 卫星通信线路	159
7.2 卫星通信系统设计	160
7.2.1 卫星通信系统的总体设计原则	160
7.2.2 卫星通信线路设计	160

7.2.3 卫星通信地球站的设计	163
7.3 卫星移动通信系统	165
7.3.1 卫星移动通信系统的基本结构及分类	165
7.3.2 卫星移动通信系统的关键技术	166
7.4 卫星通信网的网络结构	167
7.5 VSAT 卫星通信系统	168
7.5.1 VSAT 卫星通信网的基本概念	168
7.5.2 VSAT 卫星通信网的组成及其工作原理	169
本章小结	172
习题	172
第 8 章 卫星通信技术的应用	173
8.1 卫星通信技术在定位系统中的应用	173
8.1.1 卫星定位的基本概念	173
8.1.2 北斗卫星导航系统简介	173
8.2 卫星通信技术在 Internet 中的应用	174
8.2.1 宽带 IP 卫星通信及其特点	174
8.2.2 现有宽带 IP 卫星通信系统	175
8.3 卫星通信技术的新应用	179
8.3.1 卫星光通信的应用	179
8.3.2 先进的通信卫星 (ACTS)	180
8.3.3 宽带多媒体卫星移动通信系统	180
本章小结	182
习题	182
参考文献	183

第1章 概 述

1.1 微波与卫星通信的基本概念

微波与卫星通信的工作频率都在微波频段，它们有共同的特点，但各自又具有自身的特点，可以单独组成通信系统。

1.1.1 微波通信

微波是指频率为 300 MHz 至 300 GHz 范围内的电磁波，是无线电波中一个有限频带的简称，即波长为 1 m~1 mm 的电磁波，是分米波、厘米波、毫米波和亚毫米波的统称。

微波通信则是指利用微波携带信息，通过电波空间进行传输的一种通信方式。当两点之间的通信距离超过 50 km 时，只要在传输路径上建立中继线路，就构成了微波中继通信。

微波的传播与光波类似，具有似光性、频率高、极化特性等传输特性，因此微波在自由空间中只能沿直线传播，其绕射能力很弱，且在传播中遇到不均匀的介质时，将产生折射和反射现象。正因为如此，在一定天线高度的情况下，为了克服地球的凸起而实现远距离通信就必须采用中继接力的方式，如图 1-1 所示，否则 A 站发射出的微波射线将远离地面而根本不能被 C 站接收。微波采用中继方式的另一个原因是，电磁波在空间传播过程中因受到散射、反射、大气吸收等诸多因素的影响，而使能量受到损耗，且频率越高，站距越长，微波能量损耗就越大。因此，微波每经过一定距离的传播后就要进行能量补充，这样才能将信号传向远方。由此可见，一条上万千米的微波通信线路是由许多微波站连接而成的，信息是通过这些微波站逐站由一端传向另一端的。

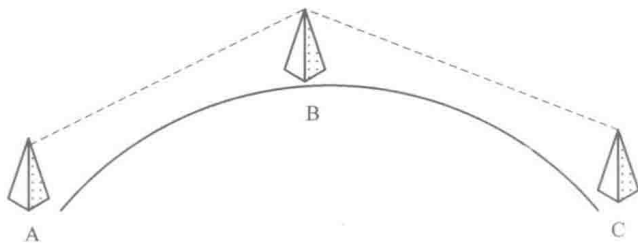


图 1-1 微波中继示意图

1.1.2 卫星通信

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信号，在两个或多个地球站之间进行的通信。这里，地球站是指设在地球表面(包括地面、海洋和大气中)上的无线电通信站。而用于实现通信目的的这种人造地球卫星叫做通信卫星，如图 1-2 所示。

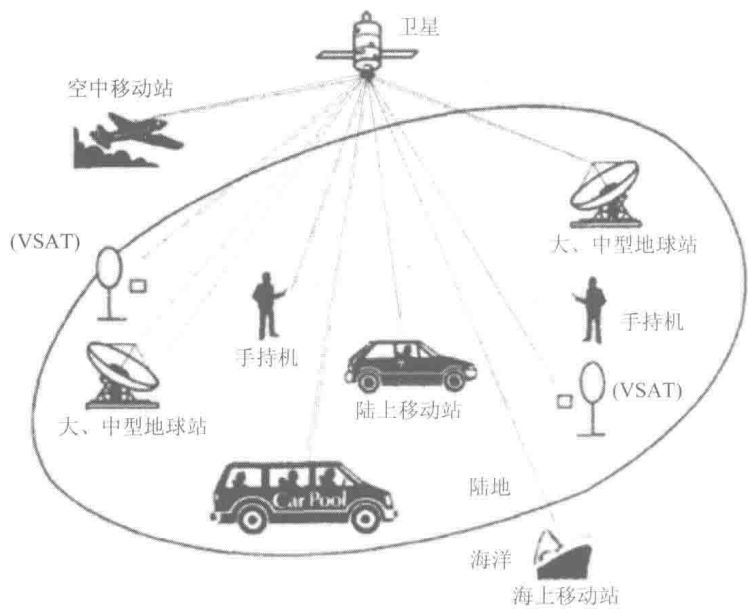


图 1-2 卫星通信示意图

可以看出，在通信卫星天线波束覆盖的地球表面区域内，各种地球站通过卫星中继站转发信号来进行通信。卫星通信实际上就是利用通信卫星作为中继站而进行的一种特殊的微波中继通信。

卫星通信是宇宙无线电通信的形式之一，国际电信联盟(ITU)规定，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(如月球或其他行星)上的通信站。把以宇宙飞行体为对象的无线电通信统称为宇宙通信，它有三种基本形式，如图 1-3 所示。

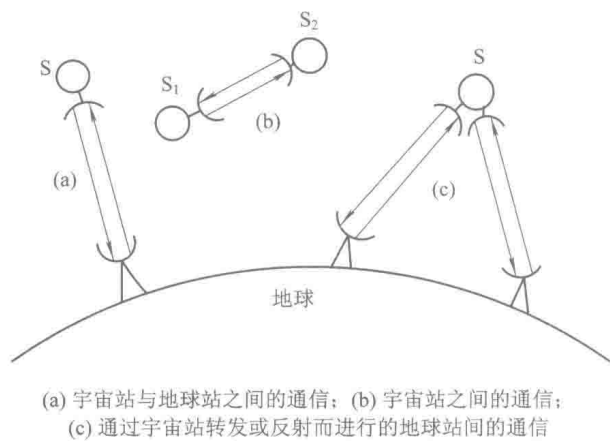


图 1-3 宇宙无线电通信的三种基本形式

图 1-3(c)所示的通信方式通常称为卫星通信。当卫星是静止卫星时，称为静止通信卫星。利用卫星来传输电视信号时，常称为宇宙转播或卫星转播。

目前,绝大多数通信卫星是地球同步卫星(静止卫星),图1-4是静止卫星与地球相对位置的示意图。若以 120° 的等间隔角度在静止轨道上配置三颗卫星,则地球表面除了两极区没有被卫星波束覆盖外,其他区域均在覆盖范围之内,而且其中部分区域为两个静止卫星波束的重叠区域,因此借助于重叠区域内地球站的中继(称为双跳),可以实现在不同卫星覆盖区内地球站之间的通信。由此可见,只要用三颗等间隔配置的静止卫星就可以实现全球通信,这一特点是其他任何通信方式所不具备的。静止卫星所处的位置分别在太平洋、印度洋和大西洋上空,它们构成的全球通信网承担着绝大部分的国际通信业务和全部国际电视信号的转播,如图1-5所示。

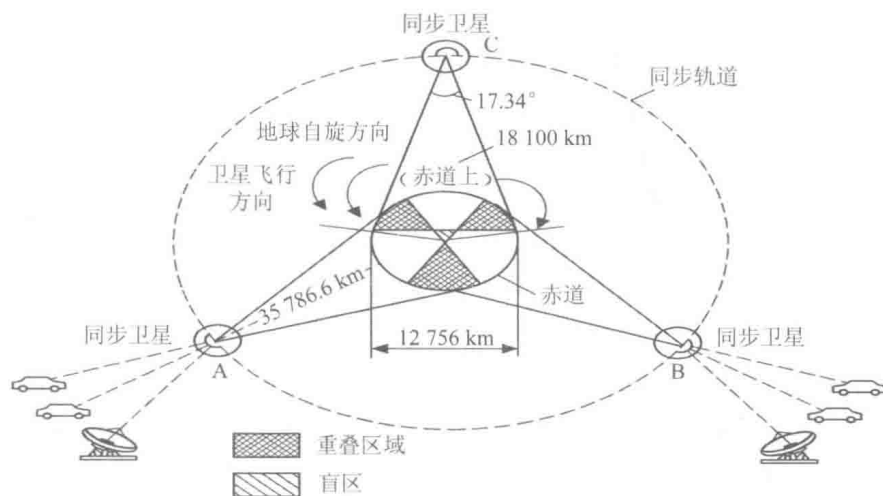


图 1-4 静止卫星配置的几何关系

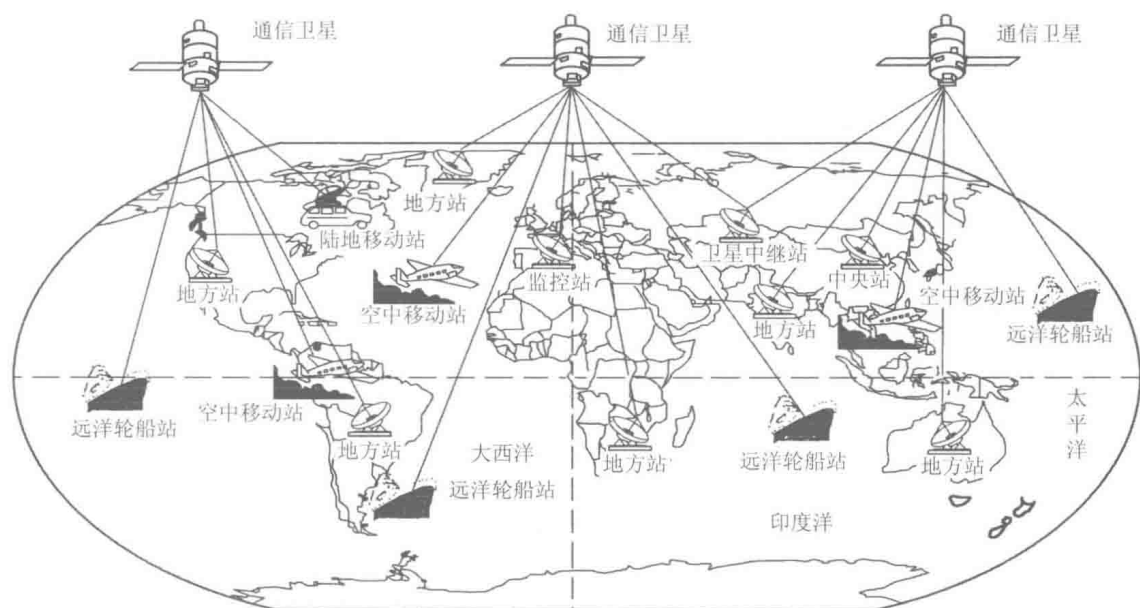


图 1-5 全球通信网

1.2 微波与卫星通信的特点

1.2.1 微波通信的特点

根据所传基带信号的不同,微波通信分为两种制式。

用于传输频分多路-调频制(FDM-FM)基带信号的系统称为模拟微波通信系统;用于传输数字基带信号的系统称为数字微波通信系统,数字微波通信系统又可细分为准同步数字系列(PDH)微波通信系统和同步数字系列(SDH)微波通信系统。

“微波、多路、接力”是微波通信最基本的特点。

“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,可容纳较其他频段多得多的话路。微波频率高,波长短,易制成高增益天线。此外,微波通信的可靠性和稳定性可以做得很高,因为基本不受天电干扰、工业干扰和太阳黑子变化的影响。

“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4 GHz的设备而言,其通频带按1%计算,可达40 MHz,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需要在线路中间设若干个中继站,采用接力的方式传输发端的信息。

近年来,由于通信技术的发展以及通信设备的数字化,数字微波占据了绝对的比重。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)。

和模拟微波通信相比,数字微波的主要缺点是:

- (1) 要求传输信道带宽较宽,因而会产生频率选择性衰落;
- (2) 抗衰落技术复杂。

1.2.2 卫星通信的特点

与其他通信手段相比,静止卫星通信具有以下优点:

(1) 通信距离远,且费用与通信距离无关。国际国内通信中,只要最大通信距离不超过18 100 km,均可以利用静止卫星进行通信。因此,建站费用和运行费用不因通信站之间的距离远近及两站之间地面上的自然条件恶劣程度而变化,在远距离通信上占有明显的优势。特别对边远地区,卫星通信是有效的现代通信手段。

(2) 覆盖面积大,可以进行多址通信。在卫星天线波束覆盖的整个区域内的任何一点均可设置地球站,覆盖区域内的这些地球站基本上不受地理条件或通信对象的限制,可以共用一颗通信卫星来实现多址通信。

(3) 通信频带宽, 传输容量大, 适于多种业务传输。卫星通信使用微波频段, 信号所用带宽达 500~1000 MHz 以上, 传输容量可达几千至上万路电话, 并可以传输高分辨率的照片和其他信息。

(4) 通信质量高, 通信线路稳定可靠。卫星通信的电波主要是在大气层以外的宇宙空间传输的, 接近真空状态, 电波传播稳定; 同时, 由于卫星通信不受人为干扰以及通信距离变化的影响, 不受地形及自然条件的影响, 所以, 通信质量高, 通信线路稳定可靠。

(5) 通信电路灵活、机动性好。卫星通信不用考虑地势情况, 在高空中、海洋上都可以实现通信, 不仅能作为大型地球站之间的远距离通信干线, 而且可以为车载、船载、地面小型机动终端以及个人终端提供通信, 能够根据需要迅速建立同各个方向的通信联络, 在短时间内将通信网延伸至新的区域, 或者是使设施破坏的地区迅速恢复通信。

(6) 可以自发自收地进行监测。当收发端地球站处于同一覆盖区内时, 本站也可以收到自己发出的信号, 因此可以了解传输质量的优劣, 以及监测本站发出信息的可靠性。

卫星通信的应用范围极其广泛, 不仅用于传输话音、电报、数据等, 还特别适用于广播电视节目的传送。

但是, 静止卫星通信还有一些缺点:

(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。

假设地球站与卫星间的通信距离为 40 000 km, 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 0.27 s, 当进行双方通信(一问一答)时, 就是 0.54 s。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话音不自然的感觉。

(5) 具有广播特性, 保密措施要加强。保密系统要从防窃听和信息加密两方面考虑。

1.3 微波通信系统

1.3.1 数字微波中继通信系统的组成

一条数字微波中继通信线路由终端站、中间站和再生中继站、终点站及电波的传播空间所构成, 如图 1-6(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

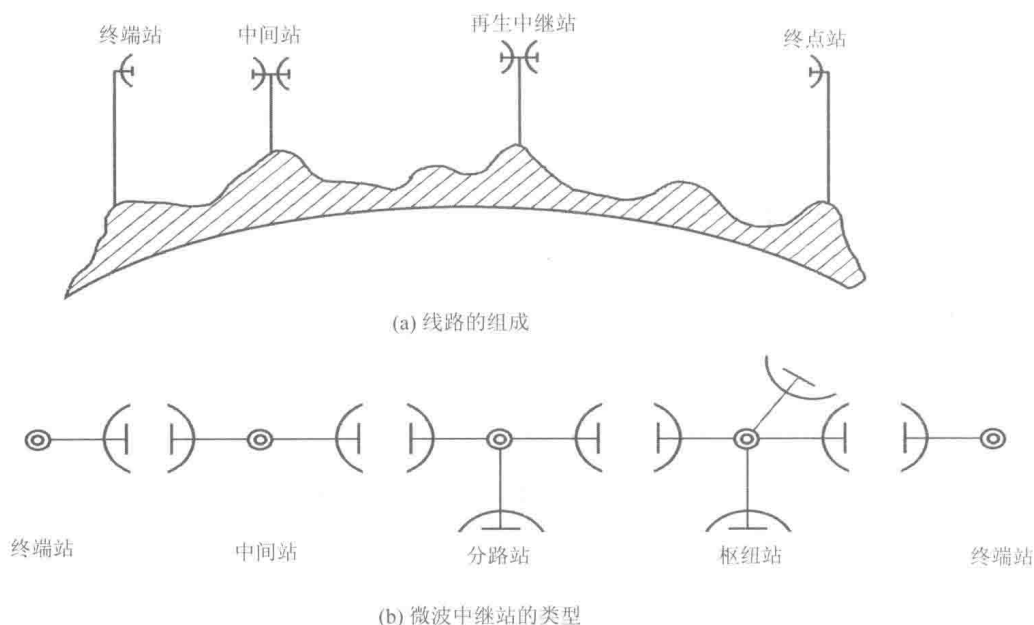


图 1-6 数字微波中继通信线路的组成及微波中继站的类型

的转发和分路，所以中继站又分为中间站、分路站和枢纽站，如图 1-6(b)所示。中间站不能发送、接收话路信号，即不能上、下话路，而枢纽站能上、下话路。

1.3.2 微波中继站的中继方式

微波中继站的中继方式可以分成直接中继(射频转接)、外差中继(中频转接)、基带中继(再生中继)三种中继方式。不同的中继方式的微波系统构成是不一样的。中继方式可以是直接中继和中频转接，枢纽站为再生中继方式且可以有上下话路。

直接中继最简单，只是将收到的射频信号直接移到其他射频上，无需经过微波—中频—微波的上下变频过程，因而信号传输失真小。这种方式的设备量小，电源功耗低，适用于无需上下话路的无人值守中继站，其基本设备如图 1-7 所示。



图 1-7 直接中继方式

外差中继是将射频信号进行中频解调，在中频进行放大，然后经过上变频调制到微波频率，发送到下一站，其基本设备如图 1-8 所示。

基带中继是三种中继方式中最复杂的，如图 1-9 所示。它不仅需要上下变频，还需要调制解调电路，因此基带中继可以用于上下话路中，同时由于数字信号的再生消除了积累的噪声，传输质量得到保证。因此基带中继是数字微波中继通信的主要中继方式。一般在一条微波中继线上，可以结合使用三种中继方式。

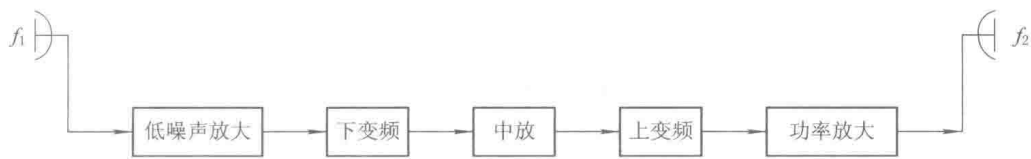


图 1-8 外差中继方式

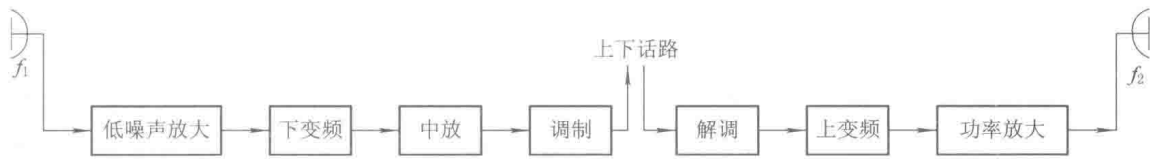


图 1-9 基带中继方式

1.4 卫星通信系统

1.4.1 卫星通信系统的组成

卫星通信系统由空间分系统、通信地球站分系统、跟踪遥测及指令分系统和监控管理分系统等四大功能部分组成，如图 1-10 所示。空间分系统是指通信卫星，主要由天线分系统、通信分系统(转发器)、遥测与指令分系统、控制分系统和电源分系统组成。通信地球站分系统由天线馈线设备、发射设备、接收设备、信道终端设备等组成。各部分的功能后面再作介绍。跟踪遥测及指令分系统对卫星进行跟踪测量，控制其准确进入静止轨道上的指定位置，并对在轨卫星的轨道、位置及姿态进行监视和校正。监控管理分系统对在轨卫星的通信性能及参数进行业务开通前的监测和业务开通后的例行监测与控制，以保证通信卫星的正常运行和工作。地面跟踪遥测及指令分系统、监控管理分系统与空间相应的遥测及指令分系统、控制分系统并不直接用于通信，而是用来保障通信的正常进行。

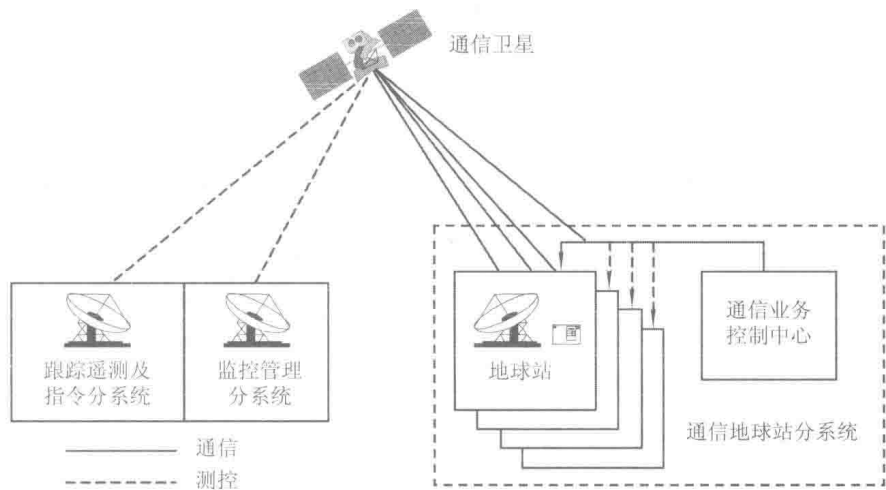


图 1-10 卫星通信系统的组成

1.4.2 卫星通信线路的组成

一个卫星通信系统包括许多通信地球站。卫星通信线路由发端地球站、上行线传输路径、卫星转发器、下行线传输路径和收端地球站组成,可直接用于通信,其构成框图如图 1-11 所示。

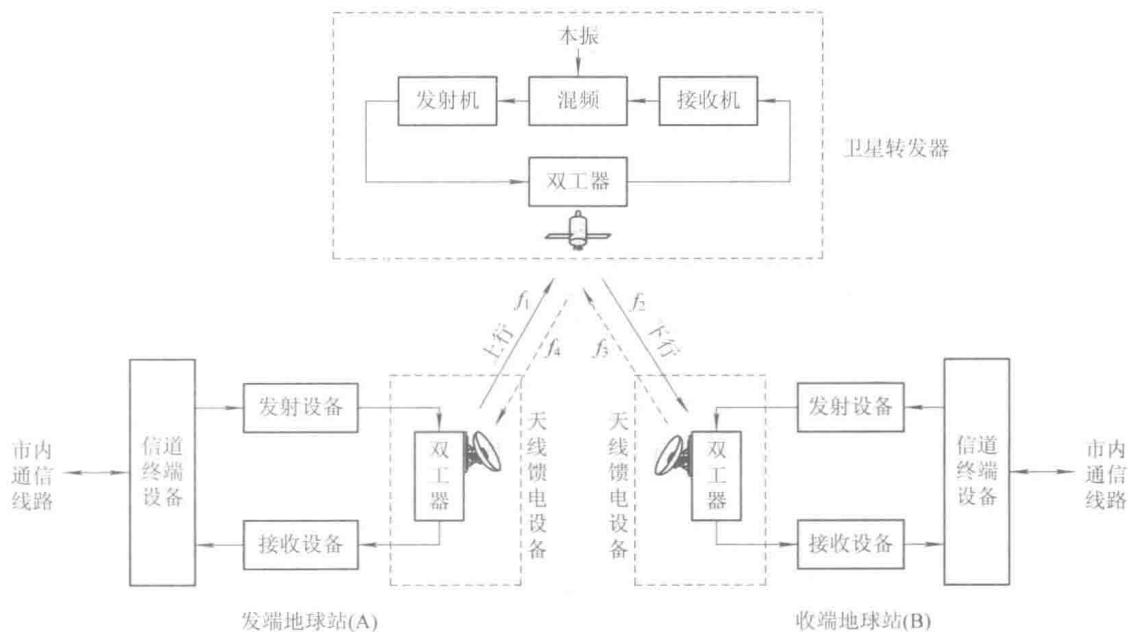


图 1-11 卫星通信线路的基本组成

1) 卫星转发器

通信卫星是一个设在空中的微波中继站,卫星中的通信系统称为卫星转发器,其主要功能是:收到地面发来的信号(称为上行信号)后,进行低噪声放大,然后混频,混频后的信号再进行功率放大,然后发射回地面(这时的信号称为下行信号)。卫星通信中,上行信号和下行信号的频率是不同的,这是为了避免在卫星通信天线中产生同频率信号干扰。

一个通信卫星往往有多个转发器,每个转发器被分配在某一工作频段中,并根据所使用的天线覆盖区域,租用或分配给处在覆盖区域内的卫星通信用户。

2) 通信地球站

通信地球站由天线馈线设备、发射设备、接收设备、信道终端设备等组成。

(1) 天线馈线设备。天线是一种定向辐射和接收电磁波的装置。它把发射机输出的信号辐射给卫星,同时把卫星发来的电磁波收集起来送到接收设备。收发支路主要是靠馈源设备中的双工器来分离的。

根据地球站的功能,天线口径可大到 32 m,也可小到 1 m 或更小。大天线一般要有跟踪伺服系统,以确保天线始终对准卫星;小天线一般采用手动跟踪。

(2) 发射设备。发射设备的任务是将信道终端设备输出的中频信号(70 ± 18 MHz)转换成射频信号(6 GHz 左右),并把这一信号的功率放大到一定值。功率放大器可以单载波工作,也可以多载波工作,输出功率可以从几瓦到数千瓦。业务量大的大型地球站常采用速调管功率放大器,输出功率可达 3000 W。中型地球站常采用行波管功率放大器,功率等

级为 100~400 W。随着微波集成电路技术的发展, 固态砷化镓场效应管放大器(又称固态功放)在小型地球站中被广泛采用, 功率等级从 0.25 W 到 125 W 不等。例如, TES 地球站属小型地球站, 它采用了 10 W、20 W 两种固态功率放大器, 其固态功放设备很小, 可直接放在天线的馈源中心筒里。

(3) 接收设备。接收设备的任务是把接收到的极其微弱的卫星转发信号首先进行低噪声放大(对 4 GHz 左右的信号进行放大, 而放大器本身引入的噪声很小), 然后变频到中频信号(70 ± 18)MHz, 供信道终端设备进行解调及其他处理。

早期的大型站常采用冷参量放大器作为低噪声放大器, 噪声温度低到 20 K; 中等规模的地球站常采用常温参量放大器作为低噪声放大器, 噪声温度低到 55 K; 小型的地球站大多采用砷化镓场效应管放大器, 噪声温度从 40 K 到 80 K 不等。

(4) 信道终端设备。对发送支路来讲, 信道终端的基本任务是将用户设备(电话、电话交换机、计算机、传真机等)通过传输线接口输入的信号加以处理, 使之变成适合卫星信道传输的信号形式。对接收支路来讲, 则进行与发送支路相反的处理, 将接收设备送来的信号恢复成用户的信号。

对用户信号的处理, 可包括模拟信号数字化、信源编码/解码、信道编码/解码、中频信号的调制/解调等。目前, 世界上有各种卫星通信系统, 各种通信系统的主要特点主要集中在信道终端设备所采用的技术上。

1.5 微波与卫星通信的频率配置

1.5.1 微波通信的频率配置

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。波道是指频分制微波通信系统中的不同射频通道。在数字微波接力通信系统中, 为了提高射频频谱利用率, 减小射频波道间或其他路由间的干扰, 必须很好地解决射频波道的频率配置问题。

频率配置应包括各波道收发信频率的确定, 并根据选定的中频频率确定收、发本振频率。在选择频率配置方案时, 应遵循以下基本原则:

(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, 以避免电平很高的发送信号被本站的收信机收到, 使正常的电平极低的接收信号受到干扰。

(2) 多波道同时工作, 相邻波道频率之间必须有足够的间隔, 以免发生邻波道干扰。

(3) 整个频谱安排必须紧凑合理, 使给定的通信频段能得到经济的利用, 并能传输较高的信号速率。

(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, 达到既能降低天线建设总投资, 又能满足技术指标的目的。

(5) 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