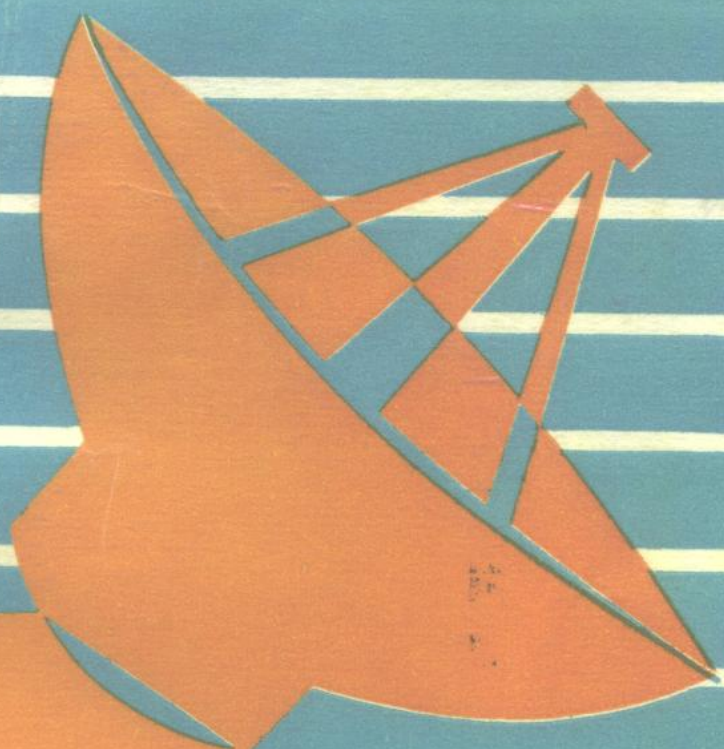


# 卫星通信

储忠岐 编著



上海交通大学出版社

# 卫 星 通 信

储忠歧 编著

上海交通大学出版社

## 内 容 提 要

本书较系统全面地阐述了卫星通信的基本理论和工程技术问题。内容包括：通信卫星及地球站基本概念、常用公式、工程计算。对近几年发展起来的新型卫星技术和系统，如TDMA、IDR、CDMA和VSAT等亦作了重点论述。

本书内容新颖，兼顾理论的完整性和工程的实用性，资料充实，叙述深入浅出，可作高等院校的教材和参考书，也可供从事相关专业的工程技术人员参考。

(沪)新登字 205 号

## 卫 星 通 信

出版：上海交通大学出版社

(上海市华山路 1954 号 邮政编码：200030)

发行：新华书店上海发行所

印刷：常熟文化印刷厂

开本：787×1092(毫米)1/16

印张：14 插页：作 6 页 字数：353000

版次：1995年1月 第1版

印次：1995年1月 第1次

印数：1—900

科目：341—278

ISBN 7-313-01407-4/TN·059

定 价：8.40 元

## 序

卫星通信是远距离无线电通信的重要方式，目前已成为国际通信的主要手段和最佳方法。

60年代中期，卫星通信就进入了实用阶段，国际通信卫星几乎覆盖全世界。在发展通信卫星的同时，卫星电视广播亦飞速发展，已进入了家庭个体接收。近年来，国内大城市，边远地区城市也普遍采用卫星通信。

本书全面系统的论述了卫星通信技术的基本原理、工程计算及有关卫星电视广播的最新技术，并对移动卫星通信、VSAT、个人卫星通信作了详细介绍。

全书内容新颖，叙述深入浅出。适用于通信类专业院校高年级学生作教材，也可成为从事卫星通信及卫星电视广播专业人员的参考书。

上海交通大学教授

中国科学院院士

张 煦

1994.4

## 前 言

卫星通信是无线通信主要方式之一。1965年开始实用的国际卫星通信,这一现代技术的成果,在经过长期使用和研究后,近年来又有了惊人的发展。因此,卫星通信技术已作为通信类院校的一门主要专业课程。本书是在总结近几年教学的基础上,结合实践及新近卫星通信发展的现状编写而成。

全书共分七章:第一章概论,介绍卫星通信的历史发展,现状及今后发展趋势。第二章通信卫星,简要介绍地球静止轨道、通信卫星的运动轨道和有关计算。最新卫星技术的使用及国内发展的概况。第三章地球站技术,论述包括天线馈源、高功放、低噪声放大器、地面设备及终端设备。第四章调频通信系统,介绍调频制在卫星通信中的应用,调频制传输电视信号及最新电视制式(MAC)的技术。第五章卫星信号的传输,论述大气、降雨及电离层对电波传输的影响。第六章数字卫星通信,讲述近年来使用的卫星通信新技术,包括 TDMA、IDR、DSI、ALOHA以及卫星和ISDN等。第七章VSAT和移动卫星通信,介绍VSAT的基本概念、海事卫星、个人卫星通信等。

本书参考资料来自作者教学及科研实践及上海卫星通信地球站。

在本书编写过程中,得到张煦教授和归绍升教授的热情指导和帮助,薛蔚芝大力协作,卫植贤、陈国良、胡献水提供了资料。在此,一并深表感谢。

由于作者水平有限,难免存在错误及不妥之处,希望读者批评指正。

编 者 1994年4月

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| <b>第一章 概 论</b>          | 1  |
| 1.1 卫星通信发展史             | 1  |
| 1.2 大型通信卫星              | 1  |
| 1.3 小型通信卫星              | 2  |
| 1.4 小型卫星通信地球站的发展        | 3  |
| 1.5 卫星电视                | 4  |
| 1.6 我国发展卫星通信概况          | 5  |
| 1.7 卫星通信系统网的组成          | 5  |
| 1.8 卫星通信使用的频段与电波传播特点    | 6  |
| 1.9 多址联接                | 7  |
| 1.10 卫星通信的特点和存在问题       | 8  |
| 1.11 卫星的种类及频段的划分        | 8  |
| 1.12 INTELSAT 系统及地球站的标准 | 9  |
| 1.13 卫星通信的展望            | 10 |
| <b>第二章 通信卫星</b>         | 12 |
| 2.1 卫星轨道                | 12 |
| 2.2 卫星姿态稳定方式            | 19 |
| 2.3 通信卫星的结构             | 21 |
| 2.4 卫星转发器的波束、频率配置与频率复用  | 25 |
| 2.5 静止轨道卫星的发射           | 31 |
| <b>第三章 地球站技术</b>        | 35 |
| 3.1 地球站的分类与要求           | 35 |
| 3.2 地球站的天线馈源系统          | 36 |
| 3.3 接收系统                | 44 |
| 3.4 卫星电视的接收             | 49 |
| 3.5 发射系统                | 54 |
| 3.6 地面通信设备(GCE)         | 58 |
| 3.7 终端设备(MUX)           | 59 |
| 3.8 回声的形成与消除            | 60 |
| <b>第四章 调频通信系统</b>       | 62 |
| 4.1 调频制在卫星通信中的应用        | 62 |
| 4.2 卫星调频多路电话线路的设计要求     | 67 |
| 4.3 调频制卫星电视的传送          | 71 |
| 4.4 调频载波的能量扩散           | 83 |
| 4.5 门限贮备量               | 85 |
| <b>第五章 卫星信号的传输</b>      | 86 |

|                                                 |            |
|-------------------------------------------------|------------|
| 5.1 电磁波的特性 .....                                | 86         |
| 5.2 大气的影响 .....                                 | 87         |
| 5.3 降雨的影响 .....                                 | 89         |
| 5.4 电离层的影响 .....                                | 92         |
| <b>第六章 数字卫星通信</b> .....                         | <b>94</b>  |
| 6.1 数字卫星通信系统 .....                              | 94         |
| 6.2 时分多址(TDMA)方式 .....                          | 94         |
| 6.3 数字话音内插(DSI)方式 .....                         | 109        |
| 6.4 纠错技术 .....                                  | 113        |
| 6.5 每载波单路(SCPC)系统 .....                         | 115        |
| 6.6 中速率数据(IDR)系统 .....                          | 118        |
| 6.7 INTEL SAT的新业务技术 .....                       | 124        |
| 6.8 卫星分组通信 .....                                | 127        |
| 6.9 按需分配多址联接(DAMA) .....                        | 129        |
| 6.10 码分多址(CDMA) .....                           | 133        |
| 6.11 卫星与综合业务数字网(ISDN) .....                     | 137        |
| 6.12 电视信号的数字传输 .....                            | 148        |
| 6.13 数字信号的能量扩散 .....                            | 153        |
| <b>第七章 甚小孔径终端(VSAT)和移动卫星通信</b> .....            | <b>156</b> |
| 7.1 甚小孔径终端(VSAT)系统的基本概念 .....                   | 156        |
| 7.2 扩展频谱VSAT网络 .....                            | 162        |
| 7.3 码分多址(CDMA)方式的VSAT .....                     | 167        |
| 7.4 采用TDM/TDMA方式的VSAT通信实例 .....                 | 169        |
| 7.5 通报式随机多址联接VSAT方案 .....                       | 173        |
| 7.6 目前常用的VSAT系统 .....                           | 183        |
| 7.7 移动卫星通信 .....                                | 184        |
| 7.8 海事卫星通信 .....                                | 190        |
| 7.9 个人卫星通信 .....                                | 193        |
| <b>附录1 30m孔径天线中速率数据地球站收、发系统框图</b> .....         | <b>206</b> |
| <b>附录2 13m孔径天线时分多址地球站收、发系统框图</b> .....          | <b>206</b> |
| <b>附录3 16m孔径天线中速率数据和频分复用/调频地球站收、发系统框图</b> ..... | <b>208</b> |
| <b>英文缩写名词</b> .....                             | <b>209</b> |
| <b>参考文献</b> .....                               | <b>215</b> |

# 第一章 概 论

## 1.1 卫星通信发展史

英国物理学家,作家A.C.克拉克于1945年10月在“无线电世界”杂志上发表一篇幻想文章,描述了一个以地球同步空间站构成的世界通信、广播系统。事隔12年后,1957年10月,前苏联发射了世界上第一颗人造地球卫星。到1965年4月,美国发射成功了世界上第一颗实用的地球同步轨道卫星供国际通信使用,定名为INTELSAT I (The International Telecommunications Satellite Organization国际电信卫星组织),亦叫晨鸟。经过20年的时间,使克拉克的幻想变成了现实。

卫星通信就是在空间建立一个无线电中继站。由地面向卫星发射信号,卫星将信号放大。变频后再发回地面。由于它能传送大量信息,并将这些信息传送到地球上的大部分地区,所以地球上空只要有三颗静止卫星就几乎可以覆盖地球上除极地外的全部地区。

目前,卫星通信已成为远距离、全球通信的主要手段。通信业务从简单的电报、电话,发展到电视、数据传输、传真、电传、综合业务数字网导航、定位、应急通信等新业务;站址从固定发展到移动;信号的特征从模拟到数字;用户从民用到军用。

随着人们对信息种类和容量的要求不断增长,卫星通信更显得是各种用户不可缺少的通信手段之一。90年代将是卫星通信突飞猛进的时代。

## 1.2 大型通信卫星

自从1965年发射INTELSAT I以来,至今已发射了近40颗国际通信卫星,目前已发展到INTELSAT VII (即从第I代发展到第VII代)。通信容量从50MHz的带宽(两个转发器)发展到3200MHz带宽(48个转发器),卫星的寿命从1.5年延长到14年,重量从38kg到1870kg,频段从C波段发展到C波段与Ku、Ka波段同时使用。1982年开始运行的国际海事卫星(INMARSAT International Maritime Satellite),是移动卫星通信,主要为海上航行的船舶提供电话、电传、数据通信业务。其标准A站主要传送用户电报,也可传送速率为9.6Kb/s的调频电话。标准C站(手提式)可传送600b/s的数据。新研制的B型和M型站采用数字技术。B站可以传送16Kb/s数字电话或数据,采用偏置四相相移键控(OQPSK—offset Quadrature Phase Shift Keying)调制。M站可以传送4.2Kb/s数字电话或低速数据、传真,也可采用OQPSK调制,其优点是价格低、重量轻。INMARSAT是1990年开始用于航空卫星通信业务,可以传送低速数据,也可传送9.6Kb/s数字电话,采用OQPSK调制。

目前,赤道上空的静止轨道上,已有近200颗卫星,卫星的间隔亦由 $3^{\circ}$ 改为 $2^{\circ}$ ,以便容纳更多的卫星。

### 1.3 小型通信卫星

大型卫星的造价及发射费用大,大约在1~2亿美元,研制周期长。近年来国际上开始发展低轨道小型通信卫星,所谓小型卫星是相对于大、中型卫星来定义的,重量大约在300kg以下,造价及发射费用小于几百万美元。其功能除作通信外,还可用于对地观察,预警、气象、海洋及空间探测、军事等。

美国摩托罗拉公司提出的规模宏大的“铱”(Iridium)系统是典型的由许多小卫星组成的通信网。该系统用原子序数为77的金属“铱”命名。实际上就是将77颗小卫星放在不同倾角的7个轨道面上,每个轨道布置11颗卫星,形成覆盖全球的个人通信网。后来总体设计更改,卫星由77颗改成66颗,轨道亦改为6个轨道面,每个轨道上布置11颗卫星,但仍称为铱系统,经营这系统的公司亦称为铱公司。

铱系统由空间段和地面段两个部分组成。空间段由6个极地、近地、近圆轨道形成。每个轨道面均匀地分布11颗卫星。由于铱系统卫星距地球只有400~500km,所以地面设备可简单到仅用一手提话机就可与全球任何地方、在任何时间内直接通话,所以又被称作个人移动通信,每话路仅占用8Hz的频带,可通4.8Kb/s的声码电话,也可通2.4Kb/s的数据,其他业务为传真、全球定位信息和无线寻呼信号等。

铱系统的地面段则由系统控制中心,关口站及终端设备组成,分布在各用户国家及地区。如图1.1所示。手提话机发射功率为0.6W,移动用户与卫星之间用L频段,关口站与卫星之

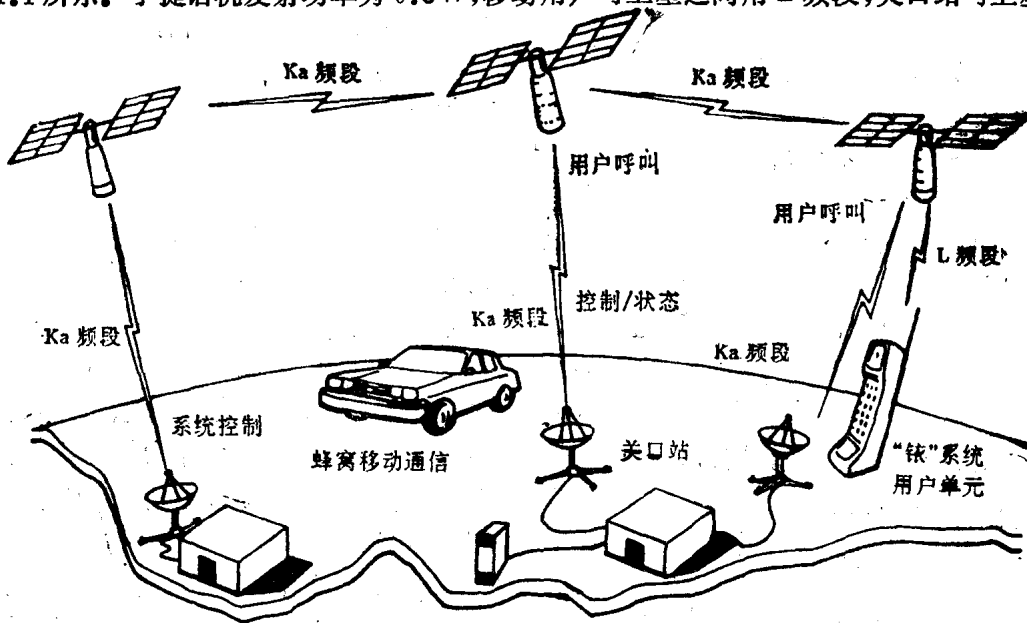


图1.1 铱星全球移动通信系统

间用Ka频段,卫星之间的链路用Ka频段。

摩托罗拉公司同中国长城工业总公司、美国麦道公司和俄罗斯克鲁切夫公司分别签订了铱星发射服务合同,1996年由中国开始首次铱星发射,然后由三个国家的发射公司交叉地进行密集发射,组成铱星系统空间网,并交付铱公司。该网于1998年投入经营,向全世界的用户提供服务。因此,可以说铱系统也是一项世界级的系统工程。

继铱系统之后,美国又有8家公司提出了类似的低轨道移动卫星通信系统。前苏联的国际创新联合公司也在1991年提出了一个采用32颗低轨道卫星群的全球空间通信系统。西欧的英、德、瑞典等国家在80年代亦先后发射了试验性的小型卫星用作通信。

## 1.4 小型卫星通信地球站的发展

由于大中型地球站造价高昂,70年代末首先在美国兴起甚小孔径终端(VSAT——Very Small Aperture Terminal),又称小型地球站。80年代初已有这类产品投放市场。由于VSAT站在通信上组网灵活、多址联结方便,设备简单、造价低廉,在国际上受到普遍重视,发展极为迅速,已成为卫星通信的一个重要组成部分,目前已广泛应用于旅游、新闻、金融、交通等部门。

自1981年美国率先用微型天线于数据通信以来,各国对开发小型站作了大量研究工作,并取得了很大进展。仅美国从1982年起就建立了四万个VSAT站,加拿大电信卫星公司亦组成了VSAT卫星通信网。欧洲各国相继建立了各自的小型地球站通信系统;德国于1988年中期,开始试验VSAT网的国内数据分配系统;意大利已经安装了一个非常大的VSAT网,并已进入商用;英国设计建立一个近海小型站通信网;俄罗斯建立了一种多功能的数字卫星通信小型地球站。亚洲及澳洲各国对VSAT站亦很重视,印度在边远地区建立84个小型卫星通信站,其电信部门已建立了上千个VSAT小站,推广专用和公用数据网,以便提供电子邮件及银行计算机网,为航空和工业部门开展业务。

我国于1986年建立了为新闻单位传送信息的VSAT系统,该系统采用码分多址载频和扩频技术,最高速率为19.2Kb/s。1987年7月中国通信广播卫星公司又建立并开通了另一个VSAT卫星通信系统,采用C频段,小站对主站采用每载波单路(SCPC——Single Channel Per Carrier)方式,主站到小站采用时分复用(TDM——Time Division Multiplex)方式。主站设在北京,天线直径为13m,小站天线直径为2.5m。这套设备提供如下业务:声码电话、交互式计算机信息传输和彩色静止图像传送。已为银行、煤炭、民航、铁道、国家计委、地震等部门提供了业务服务。并即将为海关、石油、化工、气象等部门应用。再有一个新的VSAT系统,其双向小站天线孔径为1.8m至2.4m,主站容量可同时与2000个小站相通,有些小站最多可开通两条话路,由主站至小站方向使用速率为512Kb/s的TDM外向载频,由小站至主站用若干个128Kb/s的TDM内向载频。目前我国已形成10个专用VSAT通信网。上海已建立了两个VSAT主站,天线孔径均为12m。

近年来,VSAT又出现了许多派生产品如:特小孔径终端、移动式VSAT、太阳能小孔径终端、低价格小型站、载波小孔径终端等。下一代的VSAT网将采用新技术,如多波束天线、星上中频或基带交换、合理的多址方式、星上的整体解调器、手提式地球站终端、伞状折迭高效天线、综合业务数字网等。

但VSAT系统,目前还存在一些不足之处,由于天线小型化,产生的波束宽,这样指向性就差,因此,使用VSAT系统的卫星轨道间隔不能过密,这问题有待今后作进一步研究。

总之,VSAT系统是具有一次性投资省、通信距离远、组网灵活、保密性好、体积小、便于机动和伪装等特点,因此VSAT系统具有广泛的发展前景。典型的VSAT网结构如图1.2所示,各小站之间的通信都通过主站。

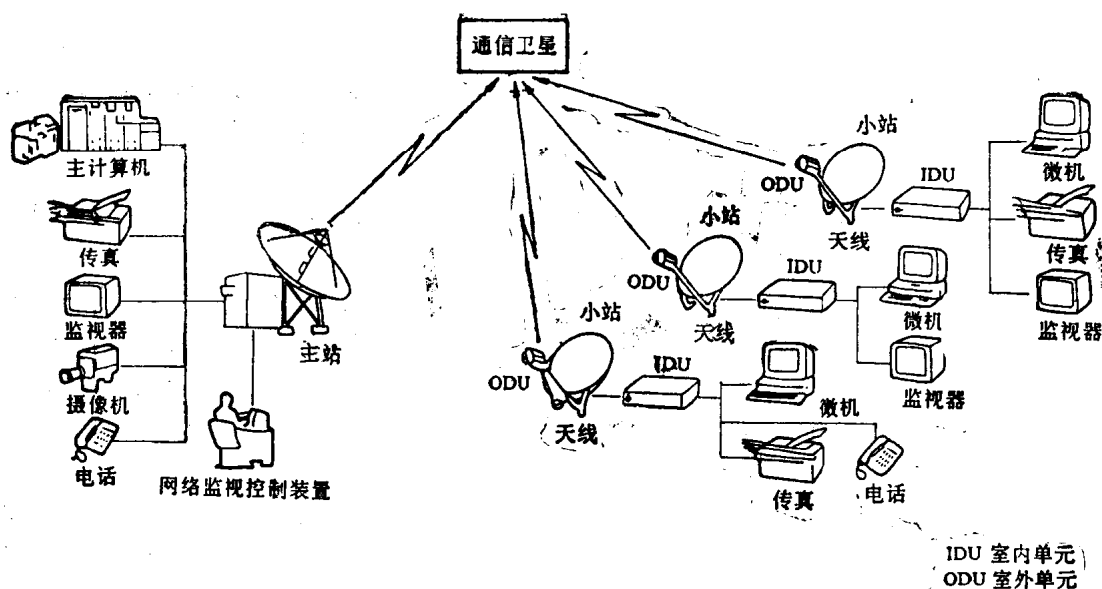


图1.2 典型的VSAT网结构

## 1.5 卫星电视

1963年,美国和日本进行了首次横跨太平洋的卫星电视转播试验,1964年又利用静止轨道卫星向全世界进行了在东京召开的奥林匹克运动会的实况电视转播。大量的直播卫星电视试验是从1974年5月30日由美国发射的“应用技术卫星6”(ATS-6)”开始的,是世界上最早进行专用的实验广播卫星。这颗卫星在美国国内采用2.6GHz频段的一个频道作实验广播,地面接收电视信号用2m直径天线,经过一年的国内试验后,于1975年8月租给印度(卫星移到印度上空),一年后,卫星又移到太平洋上空的静止轨道位置上。在卫星移动过程中,由美国宇航局和美国国际开发局合作,对亚洲、中近东、非洲和中南美洲等27个国家,进行了卫星广播的公开表演,使各国对卫星广播的效果得到了共识。

1976年1月,加拿大在美国帮助下发射了“通信技术卫星”,首次用12GHz频段进行了大功率(200W)直播卫星试验。1976年10月26日前苏联发射了荧光屏广播卫星,重约2吨,下行频段为714MHz,发射功率为200W,它向国内的西伯利亚、北极和远东地区大约九百万平方公里范围内传送电视节目。1978年4月8日,日本发射了百合花广播卫星,使用12GHz频段(100W)对国内广播,百合花系列卫星已发射了4颗。印度尼西亚亦于1976年7月依靠国外发射了帕拉帕系列卫星,对国内转播电视节目。欧洲各国大多在80年代中期发展各自的直播卫星。德国于1987年11月21日发射了TV-SAT 1卫星,1989年2月又发射了TV-SAT 2卫星,发射功率为230W。法国于1988年10月发射了TDF-1广播卫星。英国发射了BSB系列广播卫星。卢森堡发射了ASTRA-1A广播卫星。北欧三国(丹麦、瑞典、挪威)联合发射了SCANSAT广播卫星。

目前广播卫星的发展趋势是加大发射功率,使用更高频段,使地面接收用户能用更小口径天线和简单廉价的设备。技术发展的方向是采用数据压缩技术、高分辨率电视及立体声伴音。

## 1.6 我国发展卫星通信概况

我国于1970年4月24日发射成功“东方红1号”卫星,于1972年2月24日建成了第一个卫星通信地球站(建在上海虹桥机场内),到目前为止,我国已发射成功返回式遥感卫星14颗、科学实验卫星10颗、通信广播卫星5颗、气象卫星2颗、国外卫星3颗,共35颗卫星。

通信广播卫星首次发射成功是1984年4月8日,这是我国首次发射成功的地球静止轨道卫星。

1973年起我国先后在北京和上海建立了三个30m直径天线的标准地球站,80年代又在北京建立了32m直径天线的地球站。1992年在上海又建立了20m直径天线的地球站。至今已有5座大型地球站承担国际通信。国内卫星通信方面已建成了北京、上海、广州、乌鲁木齐、拉萨、呼和浩特、成都、西安、重庆、沈阳、哈尔滨、青岛、昆明、南宁、武汉、福州、厦门、兰州、海口等19个城市的地球站。表1.1为我国的静止轨道卫星(包括购买的及为国外发射的)。

表1.1 我国发射的地球静止轨道卫星

| 发射时间<br>(年,月,日) | 轨道位置<br>(东经) | 转发器数 | 用 途   | 名 称       | 运载火箭<br>(长征系列) | 备 注    |
|-----------------|--------------|------|-------|-----------|----------------|--------|
| 1984.4.8        | 125°         |      | 通 信   | STW-1     | LM-3           |        |
| 1986.2.1        | 103°         |      | 通信与广播 | 东方红2号     |                |        |
| 1988.3.7        | 87.5°        |      | 通信与广播 | 东方红2号甲    |                |        |
| 1988.12.22      | 110.5°       |      | 通信与广播 | 东方红2号甲    |                |        |
| 1990.2.4        | 98°          | 4    | 通信与广播 | 东方红2号甲    |                |        |
| 1990.4.7        | 105.5°       | 24   | 通信与广播 | 亚洲一号      |                |        |
| 1992.8.14       | 180°         | 48   |       | AUSSAT-BI | LM-2E          |        |
| 1993.7.5        | 115.5°       | 24   | 通信与广播 | 中国卫星5号    |                | 购买的美国星 |
| 1994.10(预计)     | 125°         | 24   | 通信与广播 | 东方红3号     | LM-3           |        |
| 1995(预计)        | 100.5°       |      | 通信与广播 | 亚洲2号      | LM-3A          |        |

## 1.7 卫星通信系统网的组成

根据卫星通信系统组网的要求,一条通信线路总是由甲地地球站向卫星发射信号(称上行线路),再由卫星转发至乙地地球站(称下行线路)接收。同样亦可由乙端发,甲端收。上行线路和下行线路就是电波传输的路径,为双向通信。每一个地球站均应包括发射和接收系统,由于收、发系统是共用一副天线,所以还需用双工器以便把收、发信号分开。地球站收发系统至市内通信线路,通常通过无线(微波)或有线(光缆)传送。卫星上转发器的作用是接收地球站发来的信号,经过变频、放大后再转发给其他地球站。它由天线、接收设备、变频器、发射设备和双工器组成。图1.3示出一卫星通信网方框图。

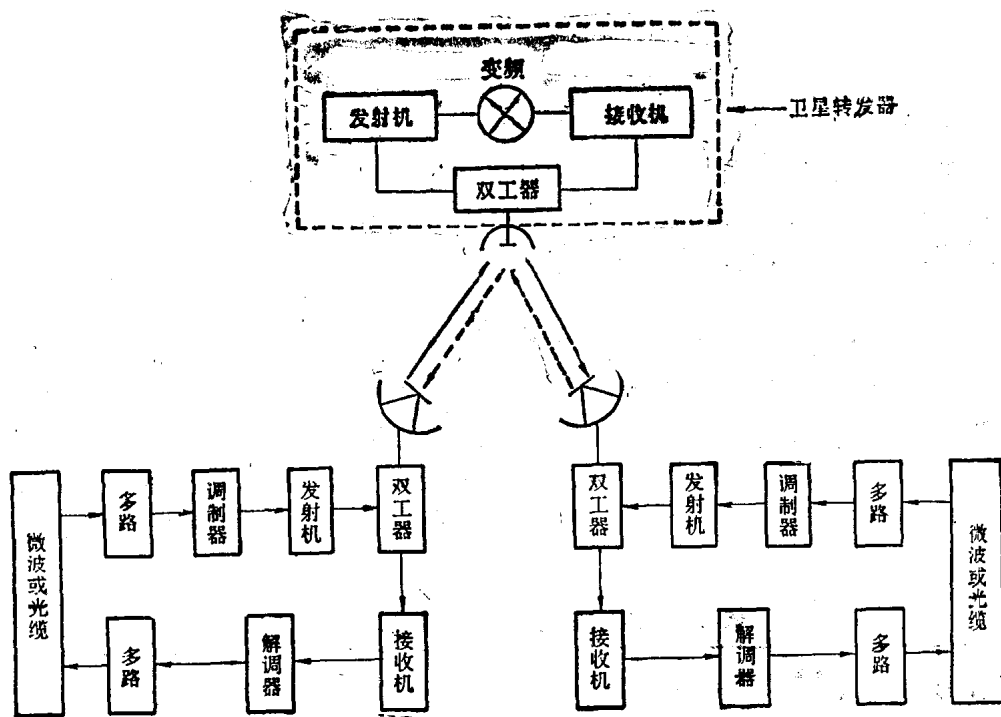


图1.3 卫星通信网方框图

## 1.8 卫星通信使用的频段与电波传播特点

### 1. 工作频段的选择

卫星通信频段的选用是十分重要的,它将影响到系统的传输容量、地球站和卫星转发器的发射功率、天线尺寸及设备的复杂程度等。

卫星通信的电波需要穿过地球上空的对流层和电离层。一般说,低频电波会受到电离层的吸收而衰减,临界频率以下的电波会被电离层反射。另一方面,10GHz以上的电波易被大气吸收,由于云、雾、特别是降雨而引起显著的衰减。频率低于100MHz时宇宙噪声将随频率的降低而迅速增加,所以卫星通信最低工作频率应高于100MHz。国际无线电话咨询委员会规定,卫星通信频率最合适的范围是1~10GHz。但由于该频段已显得很拥挤,而且频带不够宽以及其他许多原因,目前已向Ku、Ka、EHF更高频段发展,但频段愈高传输衰减愈大。

### 2. 电波传播的特点

包围地球的大气层,其厚度达5000km左右,根据其特征可把大气细分为5层(如图1.4所示):

对流层 0~10km; 同温层 10~50km; 中间层 50~70km; 热层 70~500km。外大气层 500~3000km。

距地面40~800km高度的大气层里是被电离的空气层,称为电离层,共有4层:

D层 60~80km; E层 100~140km; F<sub>1</sub>层 160~200km; F<sub>2</sub>层 220~400km。

电波在地球外层空间传播时要受到各层影响,具体如下;

(1) 对流层的影响。在对流层中传播的电波，受到氧气及水蒸气分子的吸收而产生衰减。在1~10GHz的频率范围内，当地球站天线仰角为 $3^\circ$ 时，其衰减量在1.5dB以下，仰角为 $0^\circ$ 时，其衰减在5dB以下，由于云雾而引起的衰减，在4GHz时为1dB以下，10GHz时为6dB以下。降雨所引起的衰减，频率为4GHz时，降雨量为2.5mm/h，其衰减量为0.3dB左右。

(2) 电离层的影响。电波穿过电离层的衰减随入射角而变化，垂直入射时，衰减量在 $[50/f(\text{MHz})]^2$ 以下。

(3) 外层空间的影响。卫星通信的电波，主要是在外层空间传播。大气层的衰减与外层空间传播衰减相比是很小的。在静止轨道卫星通信系统中电波传输的最远距离约在 $8.4 \times 10^4$  km，其衰减约在400dB左右。

## 1.9 多址联接

多个地球站通过同一卫星所建立的通信线路，叫做多址联接，它是卫星通信的主要特点。多址联接是借助卫星通信才能实现的制式，是一种新技术，并为建立国际卫星通信网创造了条件。

### 1. 频分多址(FDMA)

频分多址(FDMA—Frequency Division Multiple Access)是按频率来排列各地球站发射的信号，配置在指定的卫星频带内，即按频率区分站址。这种方式是国际卫星通信和国内卫星通信广泛采用的方式，如图1.5所示。

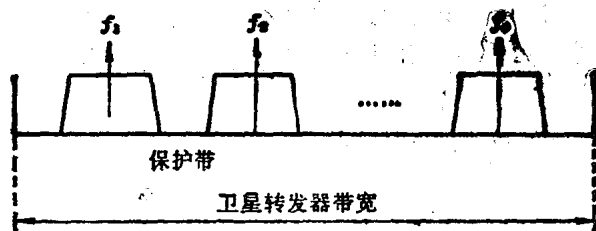


图1.5 频分多址各载波在卫星内的排列

在频分多址中，转发器的带宽分成一些较小的带宽，一个地球站的信号传输用一个或多个这种细分的带宽，为了各载波不相互干扰，它们的中心频率之间必须有足够的间隔，且在各载

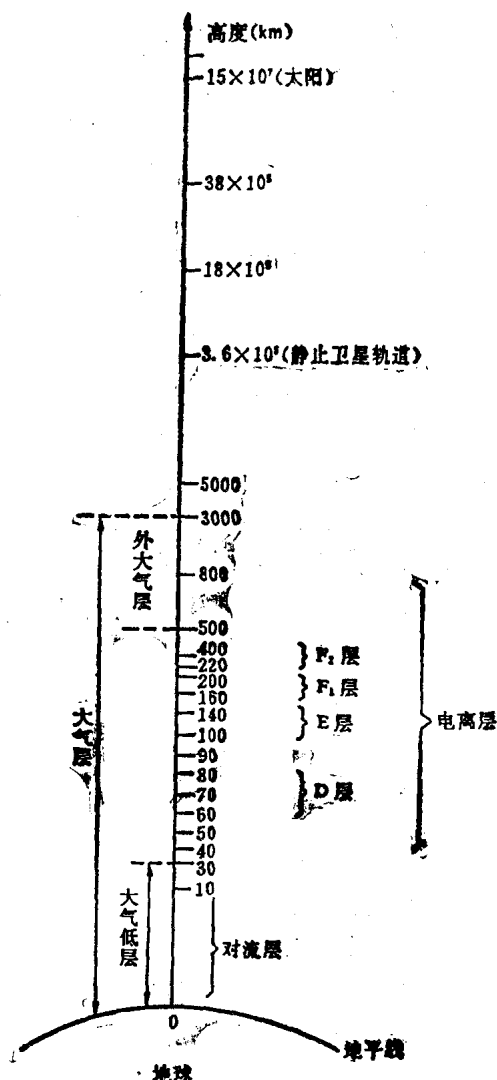


图1.4 地球外大气层分布

波所用频带间还应留有保护带。

## 2. 时分多址(TDMA)

时分多址(TDMA——Time Division Multiple Access)是按时间来排列各地球站发射的信号,即按时间来分割信号。各地球站的载波信号只有在规定的时隙内通过转发器,任何一个时间内只有一个地球站的信号通过转发器。因而允许卫星上行波管放大器工作在饱和状态。可以说相应地增加了卫星功率利用率和通信容量。

时分多址是为解决频分多址方式存在的交调干扰这严重问题而研制的,因而被认为是频分多址的替代方式。但造价过于昂贵。

## 3. 空分多址(SDMA)

空分多址(SDMA——Space Division Multiple Access)是在卫星上装有多副窄波束天线,其波束分别指向不同区域的地球站。由于各区域的地球站所发出的信号在空间互不重叠,因而各地球站在同一时间用相同的频率工作不会引起干扰,起到了频率复用的目的。

## 4. 码分多址(CDMA)

利用各地球站发射不同波形的信号(即不同的编码)来实现的多址通信称为码分多址(CDMA——Code Division Multiple Access)。这种方式适合某些容量小的移动站使用。如飞机、船舰、车辆等。

# 1.10 卫星通信的特点和存在问题

## 1. 卫星通信的特点

- (1) 能进行多址联接。
- (2) 覆盖范围广。
- (3) 能实现高质量的宽频带通信。
- (4) 适用于移动通信。
- (5) 经济效益高。

## 2. 存在问题

(1) 卫星线路中信号传送到卫星再返回地面最远距离为  $8.4 \times 10^4 \text{ km}$ ,所用时间为270 ms,对于传输电话来说需要540ms后才能听到对方的回音,如果再转接另一颗卫星通话音,则需要1080ms,时延较长。

(2) 每年春分和秋分季节由于地球对卫星的遮蔽而产生的卫星蚀,对静止轨道卫星来说太阳能电池无法使用。此时必须由卫星自带的蓄电池供电。

# 1.11 卫星的种类及频段的划分

卫星的种类大体上分为:通信、广播、气象、资源、科学研究、导航定位等。使用的频段如表1.2所示。

表1.2 卫星频段

| 频 段            | 范围(GHz)   | 用 途    |
|----------------|-----------|--------|
| P              | 0.225~0.4 | 移动卫星通信 |
| L              | 0.4~2     | 移动, 广播 |
| S              | 2~4       |        |
| C              | 4~8       |        |
| X              | 8~12.5    | 军 用    |
| K <sub>u</sub> | 12.5~18   | 通信, 广播 |
| K              | 18~26.5   |        |
| K <sub>a</sub> | 26.5~40   |        |
| EHF            | 40~300    |        |

## 1.12 INTELSAT系统及地球站的标准

INTELSAT 是一个国际卫星电信组织,共有 108 个成员国(截至 1984 年 2 月),总部设在美国首都华盛顿。它拥有和运营着一个供世界大多数国家使用的全球通信卫星系统。按照 INTELSAT 系统的章程,它向世界各地的成员国和非成员国一视同仁地提供多种国际公众电信服务,我国是成员国之一。表 1.3 列出该系统各代 INTELSAT 卫星的主要特性。从表中可看出,各代的功能及容量是不断增加的(IS-Ⅶ是例外)。

表1.3 INTELSAT卫星主要性能

| 序 号               | I         | II     | III     | IV                  | IV A                | V                   | VA                     | VI                     | VII                       |
|-------------------|-----------|--------|---------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|
| 首次发射<br>时间(年,月)   | 1965.4    | 1967.1 | 1968.12 | 1971.1              | 1976.1              | 1980.12             | 1985.3                 | 1989                   | 1993.10                   |
| 承包公司              | 休 斯       | 休 斯    | TRW     | 休 斯                 | 休 斯                 | 福 特                 | 福 特                    | 休 斯                    | 福 特                       |
| 发射火箭              | 德尔它       | 德尔它    | 德尔它     | 宇宙神-<br>人马座         | 宇宙神-<br>人马座         | 宇宙神-<br>人马座或<br>阿里安 | 宇宙神-<br>人马座或<br>阿里安    | 阿里安-4<br>或大力神          | 阿里安                       |
| 轨道重量<br>(kg)      | 38        | 86     | 152     | 700                 | 790                 | 811                 | 937                    | 1870                   | 1425                      |
| 寿命(年)             | 1.5       | 3      | 5       | 7                   | 7                   | 7                   | 7                      | 14                     | 15                        |
| 带宽 (MHz)          | 50        | 126    | 450     | 500                 | 800                 | 2144                | 2250                   | 3200                   | 2432                      |
| 话路容量(路)           | 240       | 240    | 1500    | 4000                | 6000                | 12000               | 15000                  | 24000<br>(可达120000)    | 18000<br>(可达90000)        |
| 电视通道              | 或 1       | 或 1    | 2       | 2                   | 2                   | 2                   | 3                      | 3                      | 3                         |
| 极化方式              | 线         | 线      | 圆       | 圆                   | 圆                   | 双                   | 双                      | 双                      | 双                         |
| C 波段              | 只有北半<br>球 | 几乎全球   | 全球覆盖    | 全球覆盖<br>两个可调<br>点波束 | 全球覆盖<br>两个可调<br>点波束 | 全球覆盖<br>两个可调<br>点波束 | 双极化全球<br>两个半球<br>区域点波束 | 双极化,全球<br>两个半球<br>四个区域 | 双极化全球两<br>个半球两个区<br>域一点波束 |
| L 波段              |           |        |         |                     |                     | 全球覆盖                |                        |                        |                           |
| K <sub>u</sub> 波段 |           |        |         |                     |                     | 两个可调<br>点波束         | 两个可调<br>点波束            | 两个可调<br>点波束            | 两次频率复用三<br>个可调点波束         |

【注】. TRW(Thompson Ramo Wooldridge, Inc)

INTELSAT系统有一个地球站的标准(1986年修订),按地球站的优值 $G/T$ ( $G$ 为地球站天线增益, $T$ 为噪声温度)值大小、频段和用途等划分为A、B、C、D、E、F、G、Z八类标准地球站;其中D、E、F三类又细分为 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ 、 $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 几种如表1.4所示。在INTELSAT这些标准中,把技术性能指标按其是否影响其他系统和扰乱其他站的工作,或仅影响本电路的某些性能和质量而划分为关键性和非关键性的两类。符合这些标准的称为标准地球站;这些标准中的某些项目不作要求的站称为非标准地球站。

表1.4 INTELSAT地球站标准

| 地球站标准 | 天线尺寸(m) | 业务类型             | 频段(GHz)     |
|-------|---------|------------------|-------------|
| A(现有) | 30~32   | 电话、数据、电视、IBS、IDR | 6/4         |
| A(修订) | 15~17   | 电话、数据、电视、IBS、IDR | 6/4         |
| B     | 10~13   | 电话、数据、电视、IBS、IDR | 6/4         |
| C(现有) | 15~18   | 电话、数据、电视、IBS、IDR | 14/11       |
| C(修订) | 11~13   | 电话、数据、电视、IBS、IDR | 14/11       |
| $D_1$ | 4.5~5.5 | VISTA            | 6/4         |
| $D_2$ | 11      | VISTA            | 6/4         |
| $E_1$ | 3.5~4.5 | IBS              | 14/11和14/12 |
| $E_2$ | 5.5~6.5 | IBS              | 14/11和14/12 |
| $E_3$ | 8~10    | IDR、IBS          | 14/11和14/12 |
| $F_1$ | 4.5~5   | IBS              | 6/4         |
| $F_2$ | 7~3     | IBS              | 6/4         |
| $F_3$ | 9~10    | 电话、数据、IDR、IBS    |             |
| G     | 全部尺寸    | 国际租用业务包括INTELNET | 6/4和14/11   |
| Z     | 全部尺寸    | 国内租用业务包括INTELNET | 6/4和14/11   |

[注]: IBS(INTELSAT Business Service)为INTELSAT商用业务,IDR(Intermediate Data Rate)为中速率数据;VISTA为国际、国内低密度电话业务。

如E标准地球站是为IBS、IDR业务而专门设计的一类地球站,其工作频段为14/11GHz和14/12GHz,天线尺寸为3.5~10m。

### 1.13 卫星通信的展望

卫星通信几乎具备各种通信手段所需的全部优点。它投资少、见效快、通信容量大、多址灵活,通信不受地形、地貌和距离的影响,所以发展很快,它将和数字微波通信、光纤通信等一起成为今后通信领域发展的一个主要方向。

卫星通信今后的发展趋势有如下几方面:

#### 1. 卫星轨道间距缩小

为了提高静止轨道卫星的容量,轨道间隔有进一步缩小的趋势,从而对地球站天线旁瓣的