

卫 星 通 信

刘国樑
荣昆壁 编
任华生

黑 龙 江 科 学 技 术 出 版 社

1987 年 · 哈 尔 滨

内 容 简 介

本书全面系统地论述了卫星通信的基本原理。

全书共分六章，即绪论、通信卫星、调频通信方式、数字通信方式、卫星通信线路的计算和地面站设备。书后附有一定量习题及参考文献。

本书系高等院校工科电子类专业的统编教材，供通信专业学生作专业课教材用，也可供从事这方面工作的科技人员参考。

卫 星 通 信

刘国樑 荣昆壁 任华生 编

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街 35 号)

黑龙江新华印刷厂附属厂印刷·黑龙江省新华书店发行

787×1092毫米 16 开本 13 印张 286 千字

1987 年 6 月第 1 版，1987 年 6 月第 1 次印刷

印数：1—4,000 册

书号：15217·235 定价：2.75 元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校工科电子类专业课教材的编审、出版的组织工作。从一九七七年底到一九八二年初，由于各有关院校，特别是参与编审工作的广大教师的努力和有关出版社的紧密配合，共编审出版了教材 159 种。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应社会主义现代化建设培养人才的需要，反映国内外电子科学技术水平，达到“打好基础、精选内容、逐步更新、利于教学”的要求，在总结第一轮教材编审出版工作经验的基础上，电子工业部于一九八二年先后成立了高等学校《无线电技术与信息系统》、《电磁场与微波技术》、《电子材料与固体器件》、《电子物理与器件》、《电子机械》、《计算机与自动控制》，中等专业学校《电子类专业》、《电子机械类专业》共八个教材编审委员会，作为教材工作方面的一个经常性的业务指导机构。并制定了一九八二~一九八五年教材编审出版规划，列入规划的教材、教学参考书、实验指导书等共 217 种选题。在努力提高教材质量，适当增加教材品种的思想指导下，这一批教材的编审工作由编审委员会直接组织进行。

这一批教材的书稿，主要是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中评选择优和从第一轮较好的教材中修编产生出来的。广大编审者，各编审委员会和有关出版社都为保证和提高教材质量作出了努力。

这一批教材，分别由电子工业出版社、国防工业出版社、上海科学技术出版社、西北电讯工程学院出版社、湖南科学技术出版社、江苏科学技术出版社、黑龙江科学技术出版社和天津科学技术出版社承担出版工作。

限于水平和经验，这一批教材的编审出版工作肯定还会有许多缺点和不足之处，希望使用教材的单位、广大教师和同学积极提出批评建议，共同为提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材由工科电子类无线电技术与信息系统教材编审委员会无线电通信编审小组审定，并推荐出版。

该教材由西北电讯工程学院刘国樑（主编）、荣昆壁、任华生编写。书中第一、二、六章由任华生执笔，第四章由荣昆壁执笔，第三、五章由刘国樑执笔。本书由北京邮电学院易锺炳教授担任主审。

本课程的参考教学时数为 50 学时，其主要内容为：第一、二两章介绍卫星通信的基本概念、卫星通信的组成及多址方式等（建议实施 8 小时）。第三、四、五章是本书的重点，介绍调频通信方式和数字通信方式的主要技术问题及卫星线路的计算（建议实施 38 小时）。第六章介绍卫星通信地面站设备，并给出了实例（建议实施 4 小时）。书中有“※”号的内容，可根据教学情况决定取舍。

本书是无线电通信专业高年级学生学习“卫星通信”课的教材。除基础课外，学习本书的先修课程是“电子线路（含微波电子线路）”和“通信原理”等。希望读者通过本书的学习，熟习卫星通信的基本原理，卫星通信系统与地面站的组成，初步掌握 FDMA 和 TDMA 方式的主要技术问题与卫星通信线路的计算，并建立通信系统的完整概念。

由于编者水平有限，书中难免还存在一些缺点和错误，希望广大读者批评指正。

编者 1986 年 6 月

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 卫星通信的基本概念与特点.....	(1)
1.1.1 卫星通信的基本概念.....	(1)
1.1.2 卫星通信的特点及发展概况.....	(2)
1.2 卫星通信系统的组成.....	(3)
1.2.1 卫星通信系统的组成方框图.....	(3)
1.2.2 卫星通信系统的工作过程.....	(4)
1.3 卫星通信的多址方式与信道分配技术.....	(5)
1.3.1 频分多址 (FDMA) 方式.....	(5)
1.3.2 时分多址 (TDMA) 方式.....	(7)
1.3.3 空分多址 (SDMA) 方式.....	(9)
1.3.4 码分多址 (CDMA) 方式.....	(10)
1.3.5 信道分配技术.....	(11)
1.4 卫星通信用的频段与电波传播特点.....	(11)
1.4.1 工作频段的选择.....	(11)
1.4.2 电波传播的特点.....	(14)
1.5 传播方程与载波噪声比.....	(14)
1.5.1 传播方程.....	(14)
1.5.2 卫星通信线路的噪声.....	(15)
1.5.3 载波噪声功率比与地面站性能指数.....	(17)
第二章 通信卫星	(18)
2.1 卫星的运动轨道.....	(18)
2.1.1 运动轨道.....	(18)
2.1.2 摄动.....	(19)
2.2 静止卫星.....	(20)
2.2.1 静止卫星的观察参数.....	(20)
2.2.2 确定静止卫星通信范围的因素.....	(22)
2.3 通信卫星和转发器的组成.....	(23)
2.3.1 通信卫星的组成.....	(23)
2.3.2 转发器的分类及组成.....	(25)
2.4 通信卫星举例.....	(27)
2.4.1 IS—V 的任务及系统特性.....	(28)
2.4.2 频率再用与波束配置.....	(29)
2.4.3 通信分系统.....	(29)

第三章 调频通信方式	(34)
3.1 FDM/FM 方式.....	(34)
3.1.1 频分多路复用.....	(34)
3.1.2 多路电话信号的主要特性.....	(36)
3.1.3 多路电话调频波的特性.....	(41)
3.2 FDM/FM 系统话路中的噪声.....	(43)
3.2.1 话路中噪声的分类.....	(44)
3.2.2 话路噪声标准与噪声分配.....	(45)
3.3 FDM/FM 方式的热噪声信噪比.....	(46)
3.3.1 热噪声信噪比 S/N_0	(46)
3.3.2 信噪比 S/N_0 的加权值.....	(48)
3.3.3 加重与加重系数.....	(49)
3.3.4 门限电平.....	(51)
3.3.5 门限扩展解调器.....	(53)
3.4 FDM/FM 方式的失真噪声.....	(58)
3.4.1 非线性失真噪声.....	(58)
3.4.2 线性失真串噪声.....	(64)
3.4.3 回波引起的失真.....	(66)
3.5 SCPC/FM 方式.....	(67)
3.5.1 SCPC/FM 方式的特点.....	(67)
3.5.2 SCPC/FM 方式的热噪声信噪比.....	(71)
3.6 FDMA 方式的交扰调制与能量扩散.....	(72)
3.6.1 输入、输出特性的非线性引起的交调分量.....	(72)
3.6.2 调幅/调相转换所引起的交调产物.....	(75)
3.6.3 减少交调产物的方法.....	(78)
3.6.4 能量扩散.....	(79)
3.7 卫星频带的利用和通路容量.....	(82)
3.8 电视信号的传输.....	(83)
3.8.1 电视信号的主要特性.....	(83)
3.8.2 电视信号的传输.....	(85)
第四章 数字通信方式	(94)
4.1 时分多路复用.....	(94)
4.1.1 原理.....	(94)
4.1.2 复用体制.....	(95)
4.1.3 数字多路复接.....	(95)
4.2 调制方式.....	(98)
4.2.1 QPSK 方式.....	(98)
4.2.2 OK—QPSK 方式.....	(102)

4.2.3 MSK 方式	(104)
4.2.4 数字信号的解调	(111)
4.3 SCPC 方式	(115)
4.3.1 预分配的 SCPC 方式	(115)
4.3.2 SPADE 方式	(119)
4.4 TDMA 方式	(124)
4.4.1 地面站的组成与工作原理	(124)
4.4.2 系统定时与同步	(130)
4.4.3 帧结构与系统效率	(137)
4.4.4 数字语音内插 (DSI)	(140)
4.4.5 SDMA/SS/TDMA 方式	(142)
4.4.6 ALOHA 系统	(145)
※4.5 CDMA 方式	(147)
4.5.1 概述	(147)
4.5.2 基本原理	(148)
4.5.3 伪随机序列	(150)
4.5.4 系统性能	(152)
第五章 卫星通信线路的计算	(155)
5.1 地面站接收系统的输入端信噪比 $[C/N]_E$ 与下行线路信噪比 $[C/N]_D$ 的关系	(155)
5.2 卫星通信线路传输信号时所需的 C/T 值	(156)
5.2.1 热噪声 C/T (C/T_F 和 C/T_D) 值	(157)
5.2.2 对交扰调制的 C/T 值	(160)
5.2.3 卫星线路的 C/T 值	(161)
5.2.4 门限余量与降雨余量	(162)
5.3 卫星线路计算举例	(163)
5.3.1 FDM/FM/FDMA 方式	(163)
5.3.2 SCPC/FM/FDMA 方式	(165)
5.3.3 TDMA 方式	(167)
5.3.4 SCPC/PSK/FDMA 方式	(169)
第六章 地面站设备	(172)
6.1 地面站的分类、组成及要求	(172)
6.1.1 地面站的分类及组成	(172)
6.1.2 对地面站的要求	(172)
6.1.3 地面站站址的选择	(173)
6.2 地面站各分系统	(174)
6.2.1 天线系统	(174)
6.2.2 大功率发射机分系统	(176)

6.2.3 低噪声接收机分系统.....	(178)
6.3 地面站设备举例.....	(179)
6.3.1 DW—10 型同步卫星通信地面站.....	(180)
6.3.2 MARISAT 船载地面站.....	(186)
习题.....	(194)
参考文献.....	(197)

第一章 绪 论

1.1 卫星通信的基本概念与特点

1.1.1 卫星通信的基本概念

卫星通信是宇宙无线电通信的形式之一。它是利用人造地球卫星作为中继站转发无线电波，在两个或多个地面站之间进行的通信。

在国际上，以宇宙飞行体或通信转发体为对象的无线电通信称为宇宙通信。它可分为三种形式：(1) 地面站与宇宙站之间的通信；(2) 宇宙站之间的通信；(3) 通过宇宙站的转发或反射进行的地球站之间的通信。通常，人们把第三种形式称为卫星通信。上面所说的宇宙站指的是设在地球大气层以外的宇宙飞行体（如人造卫星和宇宙飞船等）或其他天体（如月球、行星等）上的通信站；地球站是指设在地面、海洋或大气层中的通信站，习惯上把它称为地面站。本书讨论的是利用人造卫星转发的地面站之间的通信。

卫星通信是在地面微波中继通信和空间技术的基础上发展起来的。通信卫星的作用相当于离地面很高的中继站。这种通信的过程可用图 1—1 来说明。例如图中 A 和 B 分别表示地球上的两个地面站，只有当 A 和 B 两地面站都能够同时“看”到卫星时，才

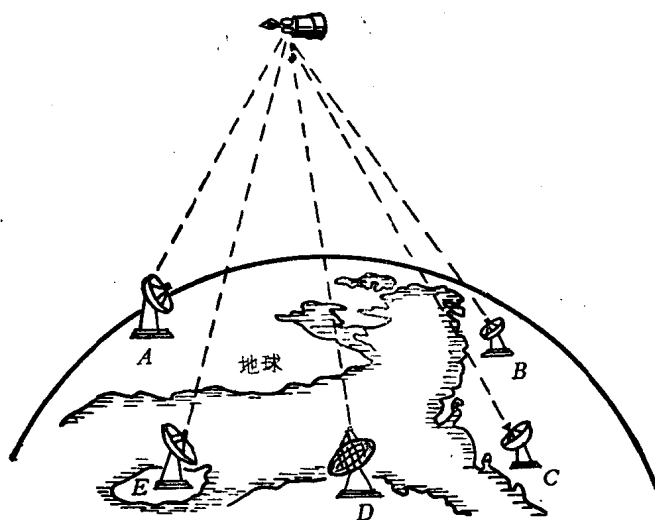


图 1—1 卫星通信的示意图

能经卫星转发进行通信。如果卫星的运行轨道属于低轨道，那么距离较远的 A、B 两站便不能同时“看”到卫星了。这时，从 A 站发出的信号是不能经卫星立即转发给 B 站

的, 必须采用贮存迟延转发方式。当卫星飞经 A 站上空时, 卫星上的转发器接收 A 站发来的信号并贮存起来, 等到卫星运行到 B 站上空时, 由 B 站发出指令信号, 启动卫星上的发射机, 把贮存的信号再发给 B 站。这是早期使用的迟延转发式卫星通信系统。

当卫星运行轨道较高时, A、B 两站便可同时“看”到卫星了; A 站发出的信号就可被卫星转发器接收, 经变频、放大等处理后, 立即转发给 B 站。这种系统称为立即转发式卫星通信系统。

当卫星的轨道在赤道平面内, 其高度约为 36000 公里时, 它的运行周期恰好与地球自转周期相同, 它的位置相对地面站来说呈静止状态, 这种卫星称为对地静止卫星, 简称静止卫星, 有时也叫同步卫星。利用这种卫星进行通信的系统称为同步卫星中继通信系统。目前国际和国内的卫星通信大多采用这种通信系统。

为了保证通信卫星的正常运行和工作, 必须通过遥测和遥控系统对卫星的轨道、姿态和有关部分的工作进行监视和校正, 这就要求设置通信卫星监控站。另外, 为了对通信业务进行协调和技术管理, 还要设置卫星通信管理站。这两部分统称为卫星通信控制中心。因此, 通信卫星、地面站群和控制中心这三部分便构成了一个完整的卫星通信系统。由于第三部分已超出本书的范围故未加叙述。

1.1.2 卫星通信的特点及发展概况

卫星通信与其他微波中继通信等方式相比, 它有如下一些特点:

(1) 卫星通信覆盖区大, 通信距离远。

因为卫星离地面距离远, 一颗卫星可以覆盖地球三分之一的表面积, 因而利用三颗同步卫星即可实现全球通信, 所以目前它是远距离越洋通信和电视转播的主要手段。

(2) 卫星通信具有多址联接能力。

地面微波中继通信系统的服务区域基本上是一条线, 而在卫星通信中, 卫星所覆盖的区域内, 所有地面站都能利用这一卫星进行相互间的通信, 即多址联接(见图 1-1)。

(3) 卫星通信的频带宽、容量大。

卫星通信采用微波频段, 而且一颗卫星上可设置多个转发器, 故通信容量很大。如 IS-V 通信卫星, 可同时传输 12000 路电话和两路电视; 一种利用频率再用技术的卫星通信系统, 可传输 14400 路电话或 24 路电视。

(4) 卫星通信机动灵活。

卫星通信的建立不受地理条件的限制, 地面站可以建立在边远山区、岛屿、汽车、飞机和舰艇上, 只要建立起地面站, 就可以与同一系统内的其他站通信。

(5) 卫星通信的质量好, 可靠性高。

卫星通信的电波主要在自由空间传播, 而且通常只经过卫星一次转接, 噪声影响小, 故通信质量好。就稳定性而言, 据统计, 正常运转率达 99.8% 以上。

(6) 卫星通信的成本与距离无关。

微波中继或电缆载波通信系统, 其建设投资和维持使用费用都随距离而增加, 而卫星通信的地面站至空间转发器这一区间并不需要线路投资, 因而对国际通信或远程通信

而言,按每话路、每公里的费用比较,卫星通信系统是最便宜的。

现在卫星通信大都采用同步卫星通信。国际通信卫星组织(INTELSAT)成立于1964年,先后发射了第一代至第五代国际通信卫星(IS-I,IS-II,IS-III,IS-IV,IS-IVA,IS-V),该组织的成员已增加到140多个国家和地区,参加工作的地面站已有1000多个。在国际通信中,卫星通信承担了三分之一以上的远洋通信业务。此外,它向20多个国家出租了转发器作国内卫星业务用,还提供了几乎世界上所有的远洋电视。

除国际卫星通信系统外,世界上已有许多国家和地区建立了国内或地区内卫星通信系统。不仅技术发达国家建立了自己的国内卫星通信系统,而且第三世界国家也已开始或正在建立国内卫星通信系统,如巴西的Brasilsat系统;阿拉伯国家的Arabsat系统;印度的Insat系统等。

卫星通信系统除用于商用电话外,卫星直播电视也在大力发展,如日本的BS-2系统现已投入使用。此外,军事方面的应用也极为广泛。美、苏等国都建立了自己的军事卫星通信系统,如美国的Milstar系统,就是为海、空军服务的。同时,卫星通信技术已扩大到气象、导航、资源探测、计算机通信以及载人宇宙飞船的话音、图象和数据传输方面。

我国从七十年代初开始建立和发展卫星通信。1972年初,在上海虹桥建立了第一个卫星通信地面站,天线直径为10米。1973年后,在北京、上海等地建立了三个30米天线的标准地面站,并开展了国际卫星通信业务。1975年试制成功DW-10型同步卫星通信地面站,天线直径为10米,工作频率为6/4 GHz,并分别在上海、南京和石家庄等地建立了卫星通信试验站,利用IS-IV通信卫星和“交响乐”通信试验卫星成功地进行了电话和电视等传输试验。

1984年4月,我国成功地发射了第一颗国内试验同步通信卫星STW-1,可传送彩色电视和15路电话,设计寿命为3年。经北京、乌鲁木齐和拉萨等地的联试,证明系统性能良好,达到了设计要求。为我国卫星通信开辟了新前景。预计不久还将发射电视广播卫星和其他同步卫星,以满足日益增加的通信要求。

1.2 卫星通信系统的组成

1.2.1 卫星通信系统的组成方框图

根据卫星通信系统的任务,一条通信线路总要有发端地面站、上行线路、卫星转发器、下行线路和收端地面站组成,如图1-2所示。其中上行线路和下行线路就是无线电波的传播路径。为进行双向通信,每一地面站均应包括发射和接收系统。由于收、发系统一般是共用一副天线,故要用双工器以便将收、发信号分开。地面站收、发系统的终端,通常都是与长话局或微波线路连接的。地面站规模的大小视通信系统的用途而定。转发器的作用是接收地面站发来的信号,并经变频、放大后再转发给其它地面站,

它由天线、接收设备、变频器、发射设备和双工器组成。

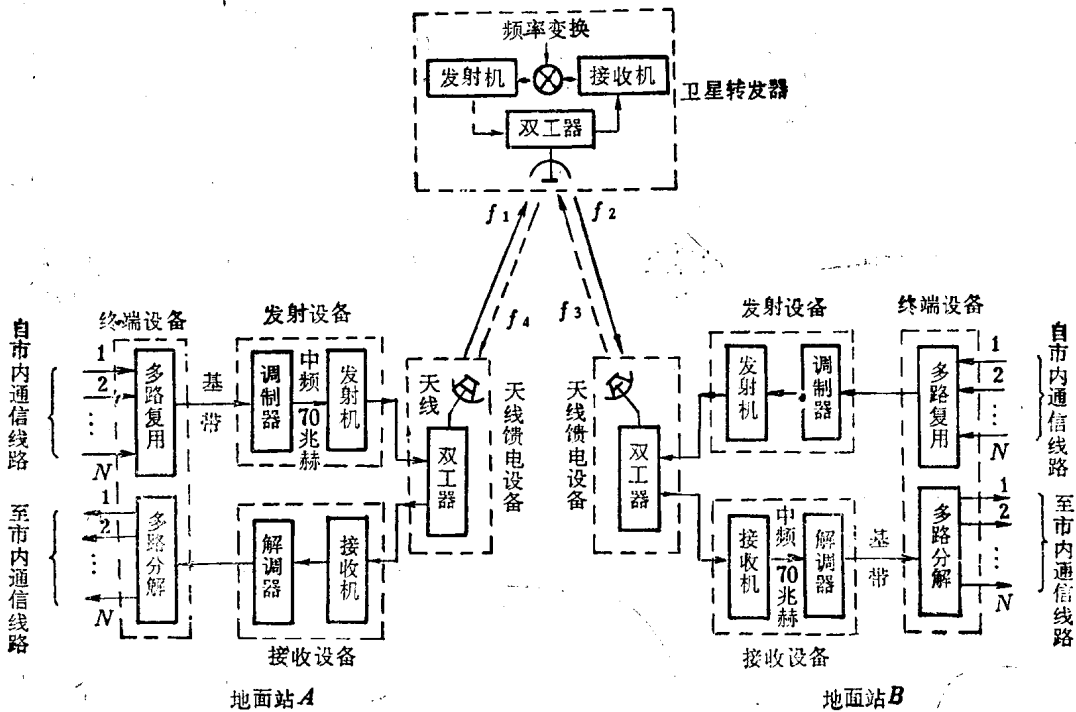


图 1—2 卫星通信系统的组成方框图

1.2.2 卫星通信系统的工作过程

卫星通信系统的工作过程可用频分多路电话信号的传输来说明。由市内通信线路送来的电话信号，在地面站A(见图 1—2)的终端设备内经多路复用后，输出的是多路电话的基带信号，带宽依话路数而定。基带信号被送至调制器对 70MHz 或频率更高的副载波进行调制成为中频信号。目前，在模拟式卫星通信系统中多采用调频制，故中频信号为调频波，此信号经上变频为微波信号，再经功率放大和天线向卫星发射出去。

由地面站 A 发到转发器去的信号，经大气层和自由空间的传播，要受到很大的衰减并引入一定的噪声，最后到达卫星转发器。在转发器中，将载波频率为 f_1 的上行信号，经接收机将频率变换成较低的中频信号，并经放大，然后再变换成载波频率为 f_2 的下行信号。最后经输出级放大，再由天线发向各地面站。

由转发器发射的频率为 f_2 的信号，经自由空间和大气层传播，最后到达 B 站。因转发器的功率小，天线增益低，到达 B 站的信号是很微弱的，必须用高增益天线和低噪声接收机进行接收。被天线接收的信号经双工器、低噪声放大器和下变频器变成中频信号，再送到解调器输出基带信号。最后，利用多路分解设备进行分路，并通过市内通信线路送到各用户。

由 B 站向 A 站传送信号时与上述过程相同，只是上、下行的频率分别为 f_3 、 f_4 。

将频率分开是为了避免通信过程中的相互干扰。

多个地面站间的相互通信、工作过程与上述情况相似，只要选择不同的上、下行频率即可。

1.3 卫星通信的多址方式及信道分配技术

多个地面站通过共同的卫星，同时建立各自的信道，从而实现各地面站相互间的通信称为多址联接。多址联接和多路复用都是信道复用问题。不过，多路复用是指一个地面站把送来的多个信号在群频即基带信道上进行复用，而多址联接则是指多个地面站发射的信号，在卫星转发器中进行射频信道的复用。它们在通信过程中都包含多个信号的复合、传输和分离这三个过程，如图 1-3 所示。其中关键问题是如何在接收端从混合的信号中选出所需要的信号。

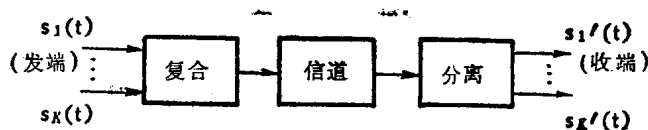


图 1-3 信号的复合与分离模型

目前，卫星通信中应用的多址方式有：频分多址（FDMA）、时分多址（TDMA）、空分多址（SDMA）和码分多址（CDMA）等方式。下面只对它们的基本原理作简单的介绍。以后各章将给予详细讨论。

1.3.1 频分多址(FDMA)方式

频分多址方式是按频率高低，把各地面站发射的信号配置在卫星频带内的某个位置上。这种方式是目前国际卫星通信和国内卫星通信广泛采用的方式。虽然它有一些缺点，但可直接采用现有微波中继通信的成熟技术。在 IS-V 和未来的 IS-VI 系统中频分多址也仍然是一种主要的多址方式。

FDMA 方式的一种简化框图如图 1-4 所示。图中只画出了发射系统，其中 $f_1, f_2, \dots, f_K$ 是各地面站发射的载波频率， B_{sat} 为转发器带宽。

每个地面站传送多路信号时有两种方法，一是把各路信号先进行多路复用，而后对副载波进行调制，最后经上变频到指定频率上，因此经卫星转发的每个载波，所传送的是多路信号。通常，每个载波传送的有 12 路、24 路或更多的话路信号。即频分复用/调频（FDM/FM）方式。此外，针对要传输的话路数较多，但每个话路的业务量较小的情况，提出了第二种传输方式，它是每个话路分配一个载波，这就是通常所说的每载波单路（SCPC）方式。

在采用频分多址的前提下，根据多路复用和调制方式的不同，又可分为下列几种方式：

(1) FDM/FM/FDMA 方式 这种方式是先将要传送的各话路信号进行频分复用，然后对载波进行调频。各地面站发射的载波频率是不同的，但都在卫星转发器的频

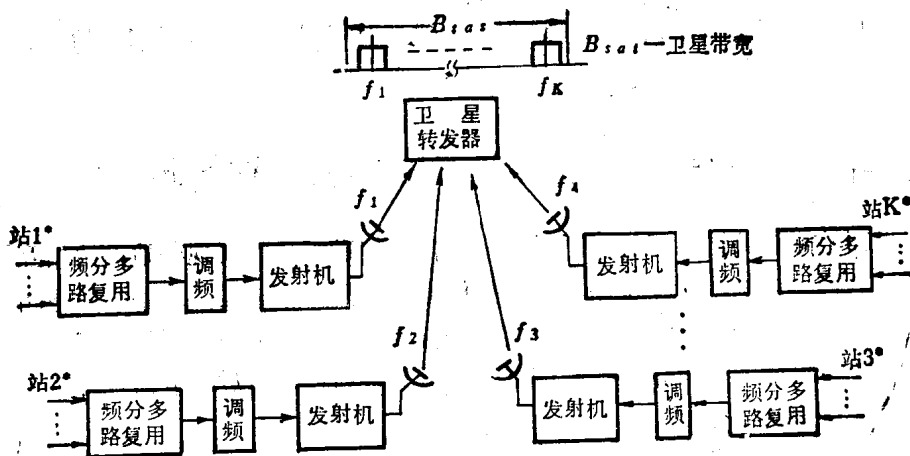


图 1—4 频分多址方式原理图

带内。

(2) SCPC/FDMA 方式 这种方式是每一话路使用一个载波。至于调制方式可以采用 PCM/PSK 方式、 $\angle$ M/PSK 方式，也可以采用 FM 方式。

(3) PCM/TDM/PSK/FDMA 方式 这种方式是先将话路信号进行脉码调制 (PCM)，经时分复用 (TDM) 后，再对载波进行移相键控 (PSK)，并根据载波频率的不同区分站址。

当然，还可以采用其他的调制方式。至于选用哪种方式，这要根据系统的用途和要求确定。下面介绍一下 FDM/FM/FDMA 的概念及其特点。

(一) 频分复用

这种系统是在多路复用部分把各话路的频谱搬移到基带的不同位置上，组成一个各话路频带按频率高低排列的基带信号。最常用的是单边带频分复用制。

(二) 调频

要传输上述基带信号，必须把它调制到射频上去。为了利用现有的技术和得到宽带增益，不少系统还是采用调频方式。为了便于滤除调制过程中的各次谐波，一般是在较低的中频上进行调频，而后把它上变频到微波频率发向卫星。

(三) 多址联接

为了建立频分多址通信，可采用两种方法，一是每个地面站向其他各地面站分别发射一个不同频率的载波。如果地面站数为 n 个，则每个地面站发向卫星的载波数为 $(n-1)$ 个。 n 个地面站同时向卫星发射的载波数为 $n(n-1)$ 个。因此，发射地面站和转发器的功率放大器，因非线性特性而产生的交调噪声将是严重的，只有在地面站数目不多时才会采用。

另一种方法是把一个站要发送给其他各站的电话信号，分别复用到基带的某一指定频段上，而后调制到一个载波上。其他各站接收时，经解调后，利用带通滤波器只取出与本站有关的信号。这样，每个地面站只发射一个载波，通过转发器的载波数就大大减少了。各载波之间应有一定的间隔，以容纳所要传送信号的频带。而且各频带之间还应

留有保护频带，以免各站信号彼此干扰。图 1—5 是此种方法的示意图。图中表示的是 A 站向 F 站发送信号的情况。首先，A 站把要发送的多路信号复用到基带中，若整个基带有 5 个基群，每个基群预分配给一个对方站，例如将各个基群依次分配给 B、C、D、E、F 各站。当 A 站的用户与 F 站的用户通话时，就把各个话路复用到发给 F 站的基群内，然后用基带信号对 A 站的发射载波 f_A 进行调频，并向卫星发射。F 站收到经卫星转发的载频为 f'_A 的信号后，通过接收机的解调器和滤波器，选出发给本站的基群，再经长话局将各电话信号送到被呼叫的用户。

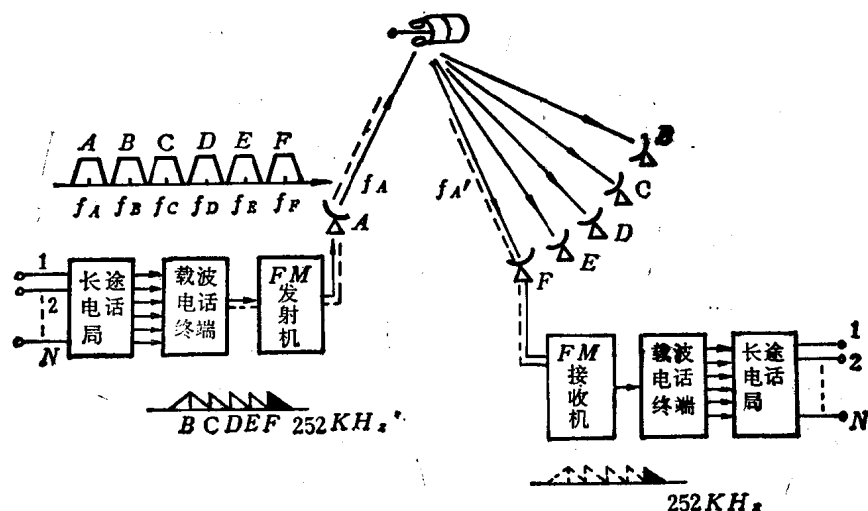


图 1—5 FDM/FM/FDMA 方式原理图

当 F 站的用户回答 A 站的呼叫时，通话过程与上述情况相似。必须指出，不管 A 站与 F 站有无用户通话，A 站与 F 站的载波 f_A 和 f_F 都是一直在工作的。

其他各站之间的工作情况与上述基本相同，只是载波频率有所不同。可以看出，任一地面站为了接收其他地面站的信号，必须具有除本站以外的所有下行频率的电路。

1.3.2 时分多址(TDMA)方式

在频分多址系统中，转发器的输出行波管工作在多载波状态，由于其非线性特性，将存在严重的交调干扰，为此提出了一种无交调的多址联接方式，即 TDMA 方式。

在时分多址方式中，分配给各地面站的已不再是一个特定的载波频率，而是一个特定的时隙。各地面站在定时、同步信号（由基准站发出）的控制下，只在规定的时隙内向卫星发射信号，而卫星转发器就将这些信号按时间顺序转发出去，如图 1—6 所示。图中共有四个地面站，以 4 号站为基准站，它周期地发射射频突发信号，但不作闭环控制。其他各站则以此基准信号作为时间基准，分别使各站发射的射频突发信号在分配的时隙内通过转发器。

TDMA 系统的组成如图 1—7 所示。图中只画出了上行线路的工作情况。若有 K 个地面站，它们所发射的信号在转发器内所占的时隙分别为 $\Delta T_1, \Delta T_2, \dots, \Delta T_K$ 。为

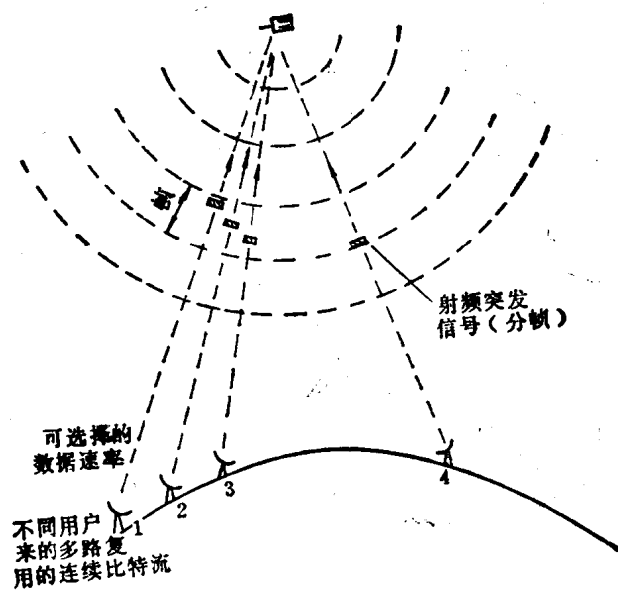


图 1-6 TDMA 方式的工作示意图

了充分利用卫星的工作时间，而各站又互不干扰，各站时隙的排列应既紧凑又不重迭。在时分多址卫星通信系统中，把所有地面站的信号在转发器中占用的时段叫做一个时帧，而把每站所占的时隙叫做分帧。通常帧长取 $125\mu\text{s}$ （相应于 8kHz 的取样频率）或 $125\mu\text{s}$ 的整数倍。应该指出，由于各站与卫星的距离并不相等，因此，它们发射的时间要严格控制，才能按指定的时隙通过卫星，而不致互相干扰。

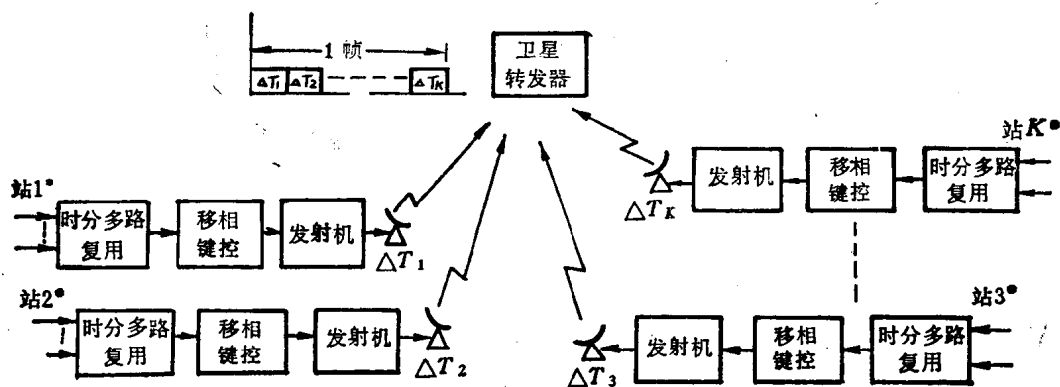


图 1-7 TDMA 系统的组成

为了进一步了解时分多址的工作原理，下面以典型的 TDM/PCM/PSK/TDMA 系统为例作一介绍。图 1-8(a) 是这种系统的原理方框图，其工作过程如下：

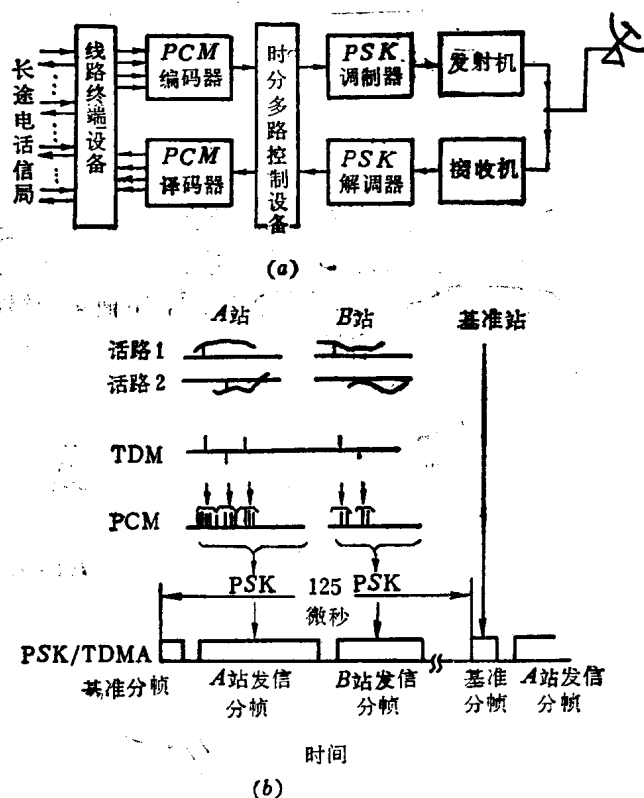
从长话局送来的多路电话信号，首先在地面终端装置内取样，并经时分复用(TDM)后，用 PCM 编码器变换成多路数字电话信号，然后把它们贮存在时分多址控制装置中，它们与该装置产生的“报头”合在一起后，送到调制器中对载波进行移相键控

(PSK)。最后经发射机上变频器和功率放大器发向卫星。至于发射的开始时间,应以基准信号为标准,使它在指定的时隙内进入卫星转发器。每站传送信号的波形变化过程与帧结构图,示于图 1—8(b)中。

在接收端,先经放大、下变频得到中频的移相信号,再利用解调器便得到 PCM 信号,根据“报头”可以判断是哪个站发来的信号,再根据分帧同步电路选出所需要的 PCM 信号,经译码器还原为模拟信号。最后经长话局送至用户。

TDMA 方式有以下几个特点:第一,各地面站发射的信号是周期性的间歇信号;第二,由于各站只能在某一时隙周期性地发送本站的信号,所以需要提高发射信号的速率,即

要进行变速。速度变化的大小,根据时帧与分帧长度之比来确定;第三,为使各站信号按一定的时序准确排列,以便收端接收,需要精确的系统同步和解调同步。



1.3.3 空分多址(SDMA)方式

空分多址方式是在卫星上装有多副窄波束天线,它们分别指向不同区域的地面站,由于各区域的地面站所发出的信号在空间上互不重叠,即使各地面站在同一时间用相同的频率工作,也不会相互干扰,因而起到了频率再用的目的。当然,天线的指向应该十分准确,否则达不到上述目的。

在站数较多,业务量大,卫星频带严重不足的情况下,如果卫星转发器的功率足够,可以利用空分多址方式实现频带再用,从而可以成倍地扩展卫星(增多转发器)的通信容量。