

563

TN927
G16

卫星通信系统

甘良才 杨桂文 茹国宝 编

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

卫星通信系统/甘良才,杨桂文,茹国宝编. —武汉:武汉大学出版社,
2002.3
ISBN 7-307-03350-X

I. 卫… I. ①甘… ②杨… ③茹… II. 卫星通信系统 IV.
TN927

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 069500 号

责任编辑:史新奎

责任校对:卢建

版式设计:支笛

出版:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

发行:新华书店湖北发行所

印刷:武汉理工大学印刷厂

开本:787×1092 1/16 印张:14.375 字数:341千字

版次:2002年3月第1版 2002年3月第1次印刷

ISBN 7-307-03350-X/TN·10 定价:20.00元

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

序

无线电通信技术自 1895 年问世以来，迄今不足 110 年，但已获得令人瞩目的惊人发展。目前，光纤通信与卫星通信已成为通信技术的两大主流。人们所期待的在任何时间、以任何形式、在任何地点与任何人通信的目标，必将由这两大通信系统来实现。

本书主要编者甘良才教授长期从事无线电通信技术的教学与科研工作，论著颇丰。现又根据历年来的授课讲义，与杨桂文、茹国宝同志合作，编写出《卫星通信系统》一书。本书全面详细地论述了卫星通信的概念、通信体制、通信网、地面站、性能设计、计算与测试等，讲解详尽、内容全面。此书的问世，必将为我国的电子通信教育作出应有的贡献。可以预期，此书将受到有关专业工作者和师生的欢迎。

张肃文

2001.11.

编者的话

卫星通信是一种新的通信方式，是现代通信技术的重要成果。而由卫星通信技术发展起来的卫星通信系统，则是近代通信系统中一种重要的通信系统之一。近二十多年来，它在国际通信、国内通信、国防通信、移动通信以及电视广播等领域得到了日益广泛的应用。卫星通信之所以成为强有力的现代通信手段之一，其原因是：它具有频带宽、容量大、远距离传输、适用于多种通信业务、覆盖能力强、性能稳定可靠、不受地理条件的限制、机动灵活、通信距离与其成本无关等特点。

卫星通信是在地面微波通信和空间技术的基础上发展起来的，它十分广泛地综合运用了各种通信领域及其他领域的理论和技术；反过来，它所形成的理论和技术又被其他通信领域所利用。目前，卫星通信的有关理论和技术还在继续发展，尤其是随着用户对各种业务不断提出新的要求，随着航天技术的进步以及数字技术、大规模集成电路和计算技术的发展，它正在向新频段、新体制、新业务以及卫星和地球站的新技术等方面进行探索，并进行各种现场的实验。

20世纪70年代初，我国对卫星通信进行了工程性的研究，研制出各种类型的地球站，并于1984年成功地发射了第一颗对地静止同步试验通信卫星，初步建立了我国卫星通信网。今后，随着我国通信及广播业务日益发展的需要，卫星通信一定会得到更进一步的发展和更广泛的应用，因此，它应作为高等院校电信类专业本科高年级学生必须掌握的专业基础知识。

鉴此，我校电子信息学院自1991年以来，在电子信息类专业设置了近代通信系统课程，作为本科高年级学生的指定选修课。在近代通信系统这门课程中，我们共讲授了四届（每届72学时），每届讲授两种通信系统：卫星通信系统、光纤通信系统或卫星通信系统、移动通信系统。自1995年以来，近代通信系统课程改为54学时，主要讲授卫星通信系统。本书就是根据编者多年授课的讲稿，并考虑到卫星通信技术近年来的新进展，在参阅了大量的国内外文献、资料的基础上，经过增删、调整编写而成的。

全书共分十章。第一章：绪论；第二章：卫星通信的一般概念；第三章：通信卫星；第四章：卫星通信的通信体制；第五章：通信地球站；第六章：卫星通信线路的设计计算与性能测试；第七章：卫星电视广播；第八章：INMARSAT通信系统；第九章：卫星通信网；第十章：卫星通信技术的发展。

在以上章节中，第一章至第六章是卫星通信系统的基本内容，也是重点讲授的内容。第七章与第十章可以酌情选择，重点讲授。本书每章末均配置了适量的思考题与习题，书末附有参考文献，供学生学习时参考。本书的第一章至第六章及第九章、第十章部分内容由甘良才同志撰写，第九章、第十章部分内容由茹国宝同志撰写；第七章、第八章由杨桂文同志撰写。甘良才同志负责全书的文字润色和统稿工作。

编者在本书的成稿过程中，始终力图遵循“打好基础、精选内容、逐步深入、利于教学”的原则来阐明基本概念，力求理论联系实际，使学生通过本课程的学习，掌握卫星通信系统的基本概念、基本原理和工程设计中应考虑的主要技术问题，建立卫星通信系统的完整概念，初步具备分析卫星通信系统的能力。

鉴于本课程是继信息论与编码、通信原理、锁相原理等课程之后的一门专业课，有关编译码与纠错技术、调制与解调技术等方面的内容，均已在上述课程中详细论述过，故本课程只是应用上述课程中的有关理论与技术，不再赘述这些内容。由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，殷切希望读者批评指正，以便进一步修订和提高。

值此本书付梓之际，对曾给予编者鼓励、关心和支持的武汉大学电子信息学院领导，武汉大学电子信息学院张肃文教授、孙洪教授及武汉大学出版社理科编辑室史新奎先生一并表示诚挚的敬意和衷心的感谢。

最后，我还要感谢对编者深夜伏案工作给予理解和支持的妻子及家人。

编 者

2001.7 于武大珞珈山

目 录

序	1
编者的话	1
第一章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 现代通信系统的任务和要求	2
1.3 通信技术发展的历史	3
1.4 国内外通信系统的现状	4
1.5 现代通信系统的发展趋势	5
1.6 现代通信系统中的关键技术	6
思考题与习题	7
第二章 卫星通信的一般概念	8
2.1 概述	8
2.2 卫星通信发展的历史回顾	12
2.3 卫星通信的特点及其存在的问题	16
2.4 卫星通信系统的组成	18
2.5 卫星通信线路的组成及工作原理	19
2.6 卫星通信的频段与电波传播的影响	21
2.7 卫星通信的技术参数及其概念	28
思考题与习题	30
第三章 通信卫星	31
3.1 概述	31
3.2 静止卫星的发射	36
3.3 卫星的运行轨道及主要参数	37
3.4 影响静止卫星轨道的因素	42
3.5 影响卫星通信的因素	43
3.6 通信卫星的覆盖区及传输迟延时间	46
3.7 静止卫星的制式	53
思考题与习题	54

第四章 卫星通信的通信体制	55
4.1 概述	55
4.2 频分多址(FDMA—Frequency Division Multiple Access)	60
4.3 非线性放大器的影响	68
4.4 频分多址方式的交调干扰与能量扩散	71
4.5 时分多址(TDMA—Time Division Multiple Access)	76
4.6 卫星交换-时分多址(Satellite Switched-TDMA)	86
4.7 码分多址(CDMA—Code Division Multiple Access)	87
4.8 ALOHA 方式	90
思考题与习题	91
第五章 通信地球站	92
5.1 概述	92
5.2 地球站的分类、组成及性能要求	92
5.3 地球站的天线和馈电系统	96
5.4 地球站的发射系统	99
5.5 地球站的接收系统	101
5.6 地球站的回波抑制和抵消设备	103
思考题与习题	106
第六章 卫星通信线路的设计计算与性能测试	107
6.1 概述	107
6.2 卫星通信线路的设计与计算	116
6.3 卫星通信系统性能的测试	126
思考题与习题	138
第七章 卫星电视广播	140
7.1 概述	140
7.2 电视信号的主要特性	140
7.3 卫星广播电视	141
思考题与习题	148
第八章 INMARSAT 通信系统	149
8.1 概述	149
8.2 INMARSAT 通信系统的组成	149
8.3 INMARSAT-A 通信系统	151
8.4 INMARSAT-C 系统	157
8.5 其它 INMARSAT 系统	158

思考题与习题.....	160
第九章* 卫星通信网	161
9.1 概述	161
9.2 卫星通信的网络结构	161
9.3 卫星通信网与地球通信网的连接	162
9.4 VSAT 卫星通信网	166
9.5 低轨道卫星移动通信网	188
思考题与习题.....	194
第十章* 卫星通信技术的发展	196
10.1 概述.....	196
10.2 VSAT 小天线地球站卫星通信系统.....	201
10.3 星上信号处理通信卫星.....	206
10.4 低轨道卫星移动通信系统.....	208
10.5 移动卫星通信.....	211
思考题与习题.....	216
参考文献	217

第一章 绪 论

1.1 概 述

1.1.1 基本概念

(1) 通信。是指带有信息的信号从一点传送到另一点的过程。随着通信技术的发展，现代通信也可以这样来定义：信息的信号从一点（或多点）传送到另一点（或多点）的过程；或者这样来定义：现代通信是指在任何时间、任何空间、任何地点、任何对象之间以任何方式进行信息交换的过程。例如人与人、人与机器之间信息的交换。

(2) 信息信号的形式。指语言、文字、数据、图像等。

(3) 信道。传输或交换信息信号所用的媒介（或媒质）称为通信的信道。

(4) 信道的分类。(1) 有线信道（明线、电缆、光纤）；(2) 无线信道（空间）。

(5) 通信的任务。克服信息源与受信者之间在地理（距离）上的障碍，经济、迅速而准确地传送信息。

(6) 通信系统。传递信息所需的一切技术、设备和信道的总称，即信息源的时空点向另一信宿的时空点（用户）传送信息所需的一切技术、设备、信道的总和。

1.1.2 通信系统的组成

通信系统的组成框图如图 1-1 所示。

模拟源：电话机、电报、电视、摄像机。

数字源：电传机、计算机。

1. 通信系统的分类

(1) 按信息的物理特征分：电报通信系统、电话通信系统、数据通信系统、图像通信系统。

(2) 按调制方式分：①基带传输通信系统——不经调制的信号直接在信道上传输的系统，即音频市内电话、数字信号的基带传输通信系统。②调制传输通信系统——对各种信号变换方式后进行传输的总称。

调制的目的：a. 将信息信号变换成便于在信道上传送的形式。如无线传输时，必须将信息信号载在高频上才能在自由空间发射出去。b. 提高通信的性能（可靠性和有效性），尤其是抗干扰能力。c. 有效地利用频带。

(3) 按传输信号的特征分：

①连续波模拟通信系统：AM、DSB、SSB、VSB、FM、PM。②连续波数字通信系

统：ASK、OOK、FSK、PSK、DPSK。③脉冲波模拟调制通信系统：PDM、PAM、PPM。④脉冲波数字调制通信系统：PCM、 ΔM 。

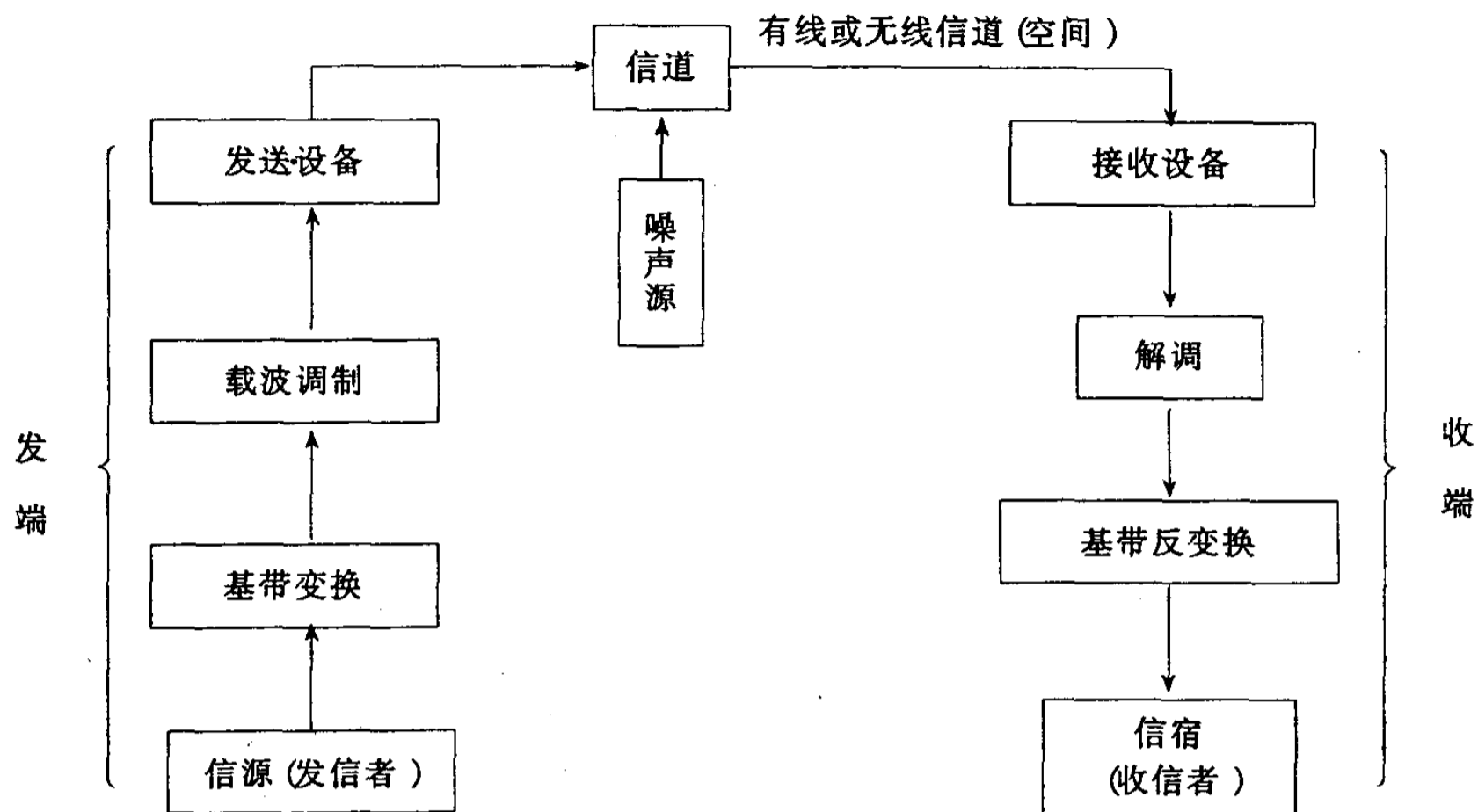


图 1-1 通信系统的组成框图

(4) 按传输信号的复用方式分：

- ①频分复用：用频谱搬移的方法，使不同信号占据不同的频率范围。
- ②时分复用：用脉冲调制的方法，使不同信号占据不同的时间区间。
- ③码分复用：用一组正交的脉冲序列分别携带不同的信号。

(5) 按传输媒介分：①有线通信系统（明线、电缆、光纤）。②无线通信系统（空间）。

(6) 按传输手段分：①电缆通信系统。②微波（中继）通信系统。③光纤通信系统。④卫星通信系统。⑤移动通信系统。⑥计算机通信系统。⑦扩频通信系统。

(7) 按传输频段分：①长波通信系统。②短波通信系统。③中波通信系统。④激光通信系统。⑤红外波通信系统。

2. 现代通信系统

以先进的通信手段、技术、设备组成的通信系统，称为现代通信系统，如光纤通信系统、卫星通信系统、移动通信系统、扩频通信系统、个人通信系统等。

1.2 现代通信系统的任务和要求

1. 主要任务

将愈来愈多的信息，通过经济的手段从某一地点传输到所需的任何地点（包括人类物质文明所能达到的，甚至远离地球的地点）。

2. 主要要求

随着人类精神文明和物质文明的日益进步，人们对通信的要求越来越高，尤其是随着

大规模和超大规模集成电路 (LSI、VLSI) 的迅猛发展及计算机技术的不断更新和广泛应用, 原有的多种通信手段 (如短波通信、模拟微波中继通信、同轴电缆载波通信、机电式市内电话交换机及移动调频台) 逐步表现出不能适应现代化通信的要求, 需要不断地对其进行改造或淘汰。其具体要求如下:

(1) 要求任何通信系统应能对大量的信息进行处理、传递和复现。在远距离传输信息 (无线) 时, 在一定带宽和功率范围内 (即在频带受限和功率受限的条件下) 能有效可靠地进行远距离的信息传输。

(2) 要求任何现代通信系统能在任何复杂的电磁环境中 (尤其是强电磁环境), 信息复现时失真最小, 即保证信息不受任何干扰, 能进行有效、可靠的传输。

(3) 要求现代通信系统不受地理地形环境的限制, 及时地、有效地、可靠地传输信息。尤其应使任何国与国之间的通信满足“及时、迅速、保密、可靠”的要求, 使国内各族人民, 不论城市、农村均能享受到现代通信对时空感觉带来的变化。

(4) 要求现代通信系统能使信息社会中的生活、办公、科研、生产、文教、卫生等活动形成一个生动活泼的整体, 高效率、高质量地提供经济、可靠的通信手段。

(5) 要求现代通信系统能将电话、电视 (TV)、图像和文字、数据等多种通信业务有机地结合起来, 实现综合业务通信。如现在正在兴起和发展的综合业务数字网 (ISDN), 尤其是宽带综合业务数字网 (B-ISDN)。

1.3 通信技术发展的历史

通信技术发展史上的重要事件如下: 1837 年莫尔斯发明有线电报, 至 1844 年已能传送 40 英里。1858 年大西洋海底电缆第一次解决了越洋通信问题, 但原始的电缆带宽极窄, 90 个字的电报需要用 67 分钟。1864 年麦克斯韦提出了著名的电磁辐射方程。1876 年贝尔发明电话。1887 年赫兹以卓越的实验证明了电磁波的存在。1895 年马可尼和俄国人波波夫分别进行了无线电通信试验, 并发明了无线电报, 1901 年马可尼首次完成了横渡大西洋的通信。1904 年弗莱明发明了真空二极管。1907 年李·德·福尔斯特发明了真空三极管, 1918 年 FM 无线广播、超外差接收机问世。1925 年开始采用三路载波电话、多路通信。1936 年调频无线广播开播, 1937 年发现了 PCM 原理, 1938 年电视 (TV) 广播开播。1940~1945 年第二次世界大战刺激了雷达和微波通信系统的发展。1948 年发明了晶体管, 仙农提出了信息论, 通信统计理论开始建立。1950 年时分多路应用于电话。1956 年建设了越洋电缆。1957 年发射了第一颗人造地球卫星。1958 年发射了第一颗通信卫星。1960 年发明了激光。1961 年发明了集成电路。1962 年发射了第一颗同步通信卫星, PCM 进入实用阶段, 1960~1970 年彩电问世, 阿波罗宇宙飞船登月, 数字传输理论和技术得到了迅速发展, 出现了高速数字计算机。1970~1980 年大规模集成电路出现和发展, 国际商用卫星通信建立, 程控交换机进入实用阶段, 1979 年第一代光纤通信系统投入运用, 目前, 光纤通信已进入第四代, 微处理机在通信领域的应用迅速发展。1980 年以后, 用 VLSI 制成了长波长光纤, 在通信系统广泛应用, 窄带综合业务数字网 N-ISDN 崛起, 向宽带综合业务数字网 B-ISDN 方向发展。1992 年美国人 Mitola 提出了软件无线电概念。1993 年法国人 Berrou 提出了 Turbo 码概念。1998 年出现了蓝牙技术。

1.4 国内外通信系统的现状

数字化、大容量、远距离、高效率、多信源及保密性、可靠性、智能化等成为现代通信系统的特点。

1. 有线通信系统（架空明线、对称电缆、中小同轴电缆和海缆）

它是各国国内长途干线的主要通信手段。目前，国外的有线通信系统主要是以光缆（光纤）通信为主导，无论是长途干线或市内局间均已用光缆更换（或取代）。国内近几年来也在迅速发展光纤通信系统，目前已建成各种光纤通信线路数千公里，并在研制各种类型的大容量光纤通信系统和光纤局域网。

2. 微波中继通信系统

在国内、外均是一种重要手段。目前国外在数字化、大容量、更高频段（接近毫米波）和无人管理等方面均已取得很大的进展，实现了在 40MHz 的标准频道间隔内传送 1920~7680 路 PCM 数字电话；实现了在 40MHz 带宽内传输 $4 \times 140\text{Mbit/s}$ 多路通信。而国内已新建了不少微波中继专用通信网，我国 5 万多公里的微波中继通信线路，其中 3/5 用于通信，2/5 用于广播 TV 节目传送，预计到 2000 年前还将新建 10 多万公里的微波中继线路。但我国数字微波通信系统目前仍比较落后，现正在大力发展。

3. 光纤通信系统

通信容量大、成本低，而且抗干扰能力强，与同轴电缆相比可以节省大量的有色金属和能源。自 1977 年世界第一个光纤通信系统在芝加哥投入使用以来，光纤通信发展极为迅速，世界各国广泛采用了光纤通信系统，大西洋、太平洋的海底光纤通信系统已开通使用。目前，某些发达国家长途电话及市话中继系统的光纤通信网已基本建成，今后将集中发展用户光纤通信网（即个人通信网）。

至今我国光纤通信系统累计光缆长度已达 10 万多公里。目前除了扩充、改造原有的同轴电缆载波线路，以充分发挥其作用外，已不再敷设同轴电缆，全部采用光纤通信的新技术，预计未来十年内光缆还将增加 10 万公里。

光纤通信的发展方向：大力开发单模、长波长、大容量数字传输光缆通信和相干光通信。

4. 卫星通信系统

自 1965 年第一颗国际通信卫星投入商用以来，卫星通信获得了迅速的发展。现在第七代国际通信卫星（IS-VII）即将投入使用，卫星通信的使用范围已遍及全球。仅国际卫星通信组织就拥有数十万条话路，80% 的洲际通信业务和 100% 的远距离 TV 传输，均采用了卫星通信，它已成为国际通信的主要传输手段，同时，卫星通信已进入国内通信领域，许多发达国家和发展中国家均拥有国内卫星通信系统。

我国自 20 世纪 70 年代起，开始将卫星通信用于国际通信，从 1985 年开始发展国内卫星通信，至今已发射了 7 颗同步通信卫星，连同租借的国际卫星转发器，已拥有 30 多个转发器，与 182 个国家和地区开通了国际通信业务，并初步组织了国内公用卫星通信网及若干专用网。

目前，卫星通信大量使用模拟调制及频分多路和频分多址，部分使用数字调制及时分

多址和码分多址。

5. 移动通信系统

现代通信系统中发展最为迅速的一种通信手段。它是随着汽车、飞机、轮船、火车等交通工具的发展而同步发展起来的。近十年来，在微电子技术和计算技术的推动下，移动通信从过去简单的无线对讲或广播方式发展成为一个有线、无线融为一体，固定、移动相互连通的全国规模的通信系统。在电信工业中，移动通信所占比例名列第三，仅次于电话、数据通信。

目前，欧美各国蜂房式公用移动通信系统的用户已有数百万，专用调度系统的移动用户亦有数百万。我国公用移动通信系统处于发展初期，专用移动通信系统及无线寻呼在近几年发展也极为迅速。目前广泛用于政府、军事、外交、气象等部门，尤其是军事部门。

6. 计算机通信系统（网）

计算机与通信的结合是通信网发展的一个新阶段。目前国外计算机通信网已相当发达，组成了全国性的大型计算机网，使信息得到充分的利用。国内也已开始建设数字网和计算机网。

7. 扩频通信系统

扩频通信是 20 世纪 70 年代中期迅速发展起来的一种新型的通信系统，它抗干扰能力、抗衰落能力、抗多径的能力是上述其他通信系统无法比拟的。目前国外扩频通信系统发展相当迅速，尤其是中长波和超短波技术相当成熟，已生产出各种类型的扩频通信系统，并广泛用于多个领域，资源探测、交通管理部门（如 GPS 系统）和军事部门（如海湾战争）均用到这种通信系统。短波跳频通信目前国外主要用在军事上。我国自 20 世纪 80 年代以来亦开展了扩频通信系统的研制工作，中长波和超短波的扩频通信已有产品用于军事通信上，而短波跳频通信正处于理论探讨和实验阶段，估计不久也会有这类产品问世。

1.5 现代通信系统的发展趋势

现代通信系统主要是朝着宽频带、大容量、远距离、多用户、高保密性、高效率、高可靠性、高灵活性的数字化、智能化、综合化的方向发展。具体如下：

(1) 数字通信系统是一个必然趋势，尤其是大容量的数字微波中继通信系统将成为近年来干线通信系统的发展方向。

(2) 卫星通信系统可以实现多址通信，它是最理想的通信手段，而数字卫星通信系统将是今后卫星通信系统的重要发展方向。

(3) 由于信息量的不断膨胀，尤其是信息源的种类不断增加，迫切要求实现宽频带、大容量。而光纤的频带极宽，一根头发丝那样细的光纤可以同时传输十亿路电话或 1 千万套 TV（这决不是只能传输几百路电话而用很粗的电缆所能比拟的），且成本低，可以节省大量宝贵的金属，因此，光纤通信系统将用于未来的干线通信和多种有线通信，这是必然的发展趋势。

(4) 由于移动通信具有灵活性、机动性，又可以实现多址及便于组网，故移动通信系统尤其是数字移动通信系统，也将是现代通信系统发展的主要方向之一。

(5) 为了实现多点对多点之间的网络通信,以数据传输为主的计算机通信网将成为通信自动化的一种重要手段,从而使基于这一重要手段的综合业务数字网(N-ISDN或B-ISDN)成为今后新型综合通信系统的重要发展方向。

(6) 除上述多种现代通信系统之外,还有一种抗干扰能力极强,能充分利用有限的无线电频谱资源的通信系统——扩频通信系统。它是军用战术通信的主要手段,在民用通信中亦有发展前途,将是今后的重要发展方向。

(7) 与扩频通信系统同等重要的,是能为实时和窄带的数据无线传输提供迅速而可靠的通信手段,非常适于军事指挥、工业控制及生产调度的一种最新型的通信方式——分组无线网,也将是今后着力发展的重要方向。

(8) 在上述通信系统或通信方式的基础上,正在迅速崛起,可以真正实现在任何时间、任何空间、任何地点、任何对象以任何方式进行信息交换的个人通信系统,也是现代通信系统的重要发展方向。

1.6 现代通信系统中的关键技术

现代通信的主要要求可以归纳如下:大容量、远距离、多用户、抗干扰、安全保密等。根据这些要求,在现代通信系统中必须解决如下各种关键技术问题:

1. 信道的利用率和纠错编码技术

从信道传输质量来看,希望在噪声干扰的情况下,编码的信息在传输过程中差错愈少愈好。为此,就要求传输码有检错和纠错的能力。欲使检错(纠错)能力强,就要求信道的冗余度大,从而使信道的利用率降低。信道传输的速率与信息码速率一般是不等的,有时相差很大,这是我们在设计通信系统时必须注意的问题。尤其是带限情况下更要认真考虑。

(1) 当码元速率相同时

$$R_{b2} = R_B \text{ (二进制)}$$

$$R_{bN} = R_{BN} \log_2 N \text{ (多进制)} \quad R_{bN} = R_{b2} \log_2 N$$

式中: R_{bN} 为信息速率, R_{BN} 为码元速率。

(2) 当信息速率相同时

$$R_{B2} = R_b$$

$$R_{bN} = R_b / \log_2 N \quad R_{B2} = R_{BN} \log_2 N$$

欲提高信道利用率,就要求采用性能优良的纠错码。如RS码与双K卷积码的纠错能力较强,而Turbo码与LDPC码的纠错能力最强。

2. 频谱利用率和调制解调技术

有效利用频谱是无线通信发展到一定阶段时所必须解决的问题。随着大容量和远距离的数字通信的发展,尤其是卫星通信和数字微波中继通信,其信道是带限的和非线性的,使传统的数字调制解调技术面临着新的挑战,这就需要进一步研究一种或多种新的调制解调方式来充分节省频谱和高效地利用有限的频带。如现代的恒包络的数字调制解调技术、扩展频谱调制解调技术等。

3. 复用技术

在同一信道内传输千百条话路需要利用信道复用技术。所谓信道复用就是将输入的从众多不同信息源来的信号，在发信端进行合并后，再在信道上传输，到达收信端后又将它们分开，恢复为原多路信号的过程（称之为复接和分接，简称复用）。理论上只要使多路信号分量之间相互正交，就能实现信道复用。常用的复用方式主要有频分复用、时分复用、码分复用等三种。数字通信中实现复用的关键是解决多种多样的同步问题。

4. 多址技术

现代通信采用多点间的通信方式（即多用户之间的相互通信方式）时，除了传统的交换方式外，人们在任何地点、任何时间与任意对象交换信息，往往采用多址方式来予以实现。例如卫星通信就是通过通信卫星与地球上任一个或多个地球站进行通信，而不需要专门交换机的多址方式。多址方式有：频分多址（FDMA）、时分多址（TDMA）、码分多址（CDMA）、空分多址（SDMA）等，扩频通信就是 CDMA 这种多址方式。

5. 通信标准

在当今的信息社会里，现代通信不仅仅是国内范围的，而往往是超越国界的，因此，在国内通信中需要规定统一的多种标准，以避免在通信过程中造成相互间的干扰或因通信线路（系统）的接口不同而无法进行通信。国际上成立了专门的机构——国际电报电话咨询委员会（CCITT）——或为国际电信联盟（ITU）和国际无线电咨询委员会（CCIR），这两个机构开展工作几十年来，分别制定了一系列各国必须遵守的国际通信标准，并制定了为世界各国通信工作者所公认的众多的协议和建议。随着目前通信体制日新月异的发展，还有许多新开发的领域需要制定新的标准，例如 ISDN 和多种网络的协议等。在设计各种通信系统时，这是我们必须注意的关键问题。

6. 其他技术

在设计一个通信系统时，除了上述一些关键技术外，还有一些对通信质量关系重大的技术，如纠错编码技术、交换技术、频率复用技术、网络监控和管理技术。随着现代通信事业的迅猛发展（尤其是在当前通信正从系统向网络过渡的发展时期），新技术层出不穷，有待我们加强学习、研究和不断开发。

思考题与习题

1. 何谓通信和通信系统？
2. 通信系统有哪些类型？
3. 现代通信系统的主要任务和要求是什么？
4. 试述目前国内外通信系统的现状怎样？
5. 试述现代通信系统的发展趋势如何？
6. 试述现代通信系统有哪些关键技术，你是如何理解的？

第二章 卫星通信的一般概念

2.1 概 述

2.1.1 什么是卫星通信

“卫星”原来是天文学上的一个名词，如月球是地球的卫星，地球是太阳的卫星等。这里所说的是人造地球卫星。

简单地说，卫星通信就是地球上（包括地面、水面和低层大气中）的无线通信站之间，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。卫星通信是宇宙无线通信的主要形式之一，也是微波通信发展的一种特殊形式之一。卫星通信的频率使用微波频段（300兆赫~300吉赫），其原因，除了可获得通信容量大的优点之外，主要是考虑到卫星处于外层空间（即在电离层之外），地面上发射的电磁波必须能穿透电离层才能到达卫星。同样，从卫星到地面上的电磁波也必须穿透电离层，而微波频段恰好具备这一条件。

由于作为中继站的卫星处于外层空间，这就使得卫星通信不同于其他地面无线电通信方式，而属于宇宙通信的范畴。

随着航天航空技术的巨大进展，人类的活动领域已扩大到地球大气层以外的空间。为了满足宇宙航行中传递信息的需要，宇宙（空间）无线电通信*也随之而发展起来。国际电信联盟（ITU）和国际无线电咨询委员会（CCIR）从1959年开始把宇宙（空间）通信列为新的课题，提出了许多重要的技术建议。1963年召开了世界临时无线电行政会议（EARC），为宇宙通信制定了法规，分配给10吉赫以下的频带。1971年又为宇宙通信召开了世界无线电行政会议（WARC），将分配的频带扩展到275吉赫；修订了有关的技术标准，并且对宇宙无线电通信的术语及其定义作了统一的规定。1979年WARC又作了新的规定：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。它包括三种形式：（1）地球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地球站之间的通信。通常人们把这第三种形式称为卫星通信。这里所说的地球站是指设在地球表面（包括地面、海洋或大气层）的通信站，而把用于实现通信目的的人造卫星称为通信卫星。

共同进行一定的宇宙无线电通信业务的一组地球站和宇宙站，叫做宇宙通信系统，简称为宇宙系统。

* 包括利用一个或多个空间电台或利用一个或多个反射卫星或空间中其他物体所进行的任何无线电通信（称为空间无线电通信）。

宇宙无线电通信业务包括宇宙研究业务、电波天文业务、卫星间业务、标准频率卫星业务、报时卫星业务、气象卫星业务、地球测控卫星业务、无线电导航卫星业务、无线电测位卫星业务、广播卫星业务、固定卫星业务、移动卫星业务等等。其中需要说明的是：

1. 固定卫星业务

它的基本特点是地球站固定不动。地球站架设时，必须防止与其他地面微波通信系统（如同频段的微波接力）以及其他卫星通信系统之间的相互干扰。

2. 移动卫星业务

它是指舰船、飞机、车辆等利用卫星进行通信的业务，包括舰船之间、飞机之间或它们与固定站之间的通信。总之，通信双方至少其中之一是移动的。移动站使用的无线电频率要遵守国际的有关规定。

3. 广播卫星业务

其业务包括电视广播和语言广播。在这种业务中，卫星上的发射机输出功率较大，信号的频谱（功率谱密度）较宽，容易造成对其他卫星通信系统的干扰，因此，更要严格遵守国际的有关规定。

综上所述，可以看出：

(1) 卫星通信属于宇宙无线电通信的第三种形式；通信卫星就是离地球最近的一种宇宙站；固定、移动和广播等卫星业务是宇宙通信业务的重要组成部分。正在发展的宇宙接力通信中，卫星通信将起着重要的作用。

(2) 卫星通信必须遵守 EARC 和 WARC 为宇宙通信制定的有关法规，工作频率必须在分配的频段中选取，以便和其他宇宙系统保持协调。

2.1.2 通信卫星

用于实现通信目的的人造地球卫星称之为通信卫星。

1. 通信卫星的分类

(1) 按结构分——有源卫星（目前主要发展或正在发展）和无源卫星（目前已淘汰）。

(2) 按运动方式分——运动卫星（非同步卫星）和静止卫星（同步卫星）。

运动卫星是有源的，它只适用于纬度很高的地区或为特殊目的服务的（军事上侦察、监视、预警系统）业务。运动卫星包括：①相位卫星（同一轨道上等高排列的多颗卫星）；②随机卫星（不同高度轨道上排列的多颗卫星）。

发射在赤道上空 35 860km 处的圆形轨道上，其轨道半径为 42 162km，运行方向与地球自转方向一致，绕地球旋转时间（公转周期）恰好是 24 小时，和地球的自转周期相等。从地球上看上去如静止一般，而事实上静止卫星并不是真正静止不动的。以静止卫星作为空间中继站的通信系统称之为静止卫星通信系统，或称同步卫星通信系统。

卫星通信示意图与静止卫星配置的几何关系如图 2-1 (a)、(b) 所示。

从图 2-1 (b) 可见：地球表面除南、北两极是盲区外，其余区域均在卫星覆盖区域内，且部分区域为两颗卫星的重叠地区，因此，借助于在重叠区内地球站的中继（跳跃），可以实现在不同卫星覆盖区域内地球站之间的通信。显然，从理论上讲，只要三颗卫星等间隔排列就可以实现全球通信，这是其他任何通信方式所不可能实现的。目前，国际卫星通信和绝大多数国家的国内通信大都采用静止卫星通信系统，例如：国际卫星通信组织