



高等学校
电子信息类 规划教材

通信系统

• 王秉钧 王少勇 孙学军 编著

西安电子科技大学出版社

TN914

W13

高等学校电子信息类规划教材

通 信 系 统

王秉钧 王少勇 孙学军 编著

西安电子科技大学出版社

1999

内 容 简 介

本书以数字通信方式为主,讲解了正在迅速发展和广泛应用的几种典型的现代通信系统的构成原理,工程设计和系统测试等内容。

本书共分三篇。内容包括:卫星通信系统、光纤通信系统和计算机通信网。

本书取材新颖,注重实用。讲述由浅入深、概念清楚、重点突出,既便于教学,也有助于广大工程技术人员参考。

本书可作为高等院校通信工程、电子工程、计算机通信和其它相近专业本科生教材,也可供从事通信及有关工程技术的人员和科技工作者阅读和参考。

高等学校电子信息类规划教材

通 信 系 统

王秉钧 王少勇 孙学军 编著

责任编辑 戚文艳 李恩科

出版发行 西安电子科技大学出版社
(西安市太白南路2号)

邮 编 710071

电 话 (029)8227828

经 销 新华书店

印 刷 西安电子科技大学印刷厂

版 次 1999年3月第1版

1999年3月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 23.375

字 数 550千字

印 数 1~6 000册

定 价 24.00元

ISBN 7-5606-0708-X/TN·0128

*** 如有印制问题可调换 ***

出版说明

为做好全国电子信息类专业“九五”教材的规划和出版工作，根据国家教委《关于“九五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》和《普通高等教育“九五”国家级重点教材立项、管理办法》，我们组织各有关高等学校、中等专业学校、出版社，各专业教学指导委员会，在总结前四轮规划教材编审、出版工作的基础上，根据当代电子信息科学技术的发展和面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的要求，编制了《1996—2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划》。

本轮规划教材是由个人申报，经各学校、出版社推荐，由各专业教学指导委员会评选，并由我们与各专指委、出版社协商后审核确定的。本轮规划教材的编制，注意了将教学改革力度较大、有创新精神、有特色风格的教材和质量较高、教学适用性较好、需要修订的教材以及教学急需、尚无正式教材的选题优先列于规划。在重点规划本科、专科和中专教材的同时，选择了一批对学科发展具有重要意义，反映学科前沿的选修课、研究生课教材列入规划，以适应高层次专门人才培养的需要。

限于我们的水平和经验，这批教材的编审、出版工作还可能存在不少缺点和不足，希望使用教材的学校、教师、学生和其他广大读者积极提出批评和建议，以不断提高教材的编写、出版质量，共同为电子信息类专业教材建设服务。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材系按原电子工业部制订的《1996—2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划》，由通信与信息工程专业教学指导委员会编审、推荐出版。

本教材由天津大学王秉钧担任主编，主审冯玉珉，责任编审阮秋琦。

本教材的参考时数为 80 学时左右。其主要内容以最有生命力，最有发展前途的几种现代通信系统为典型，从工程实践角度讲述现代通信系统的具体构成原理、工程设计和系统指标测试等实际内容。全书共分三篇，第一篇讲述卫星通信的基本原理、多址技术、系统设计、卫星地球站、VSAT 卫星通信和移动卫星通信以及卫星通信网的网络建立、入网验证和系统测试等内容。第二篇讲述数字光纤通信系统的基本组成，光纤、光缆、光源、光检测器、光发射机、光接收机、光端机、电端机、光纤系统的设计和测试等内容。第三篇讲述计算机通信网的基本组成，数据传输、交换方式、网络体系结构与协议、局域网技术和网络互连技术等内容。由于本书所选系统具有典型性、先进性和系统性，代表了现代无线通信、有线通信和通信网的基本要点，为读者掌握其它通信系统奠定了良好的基础。

本书在编写方法上各篇保持相对独立性和完整性，以便部分院校根据具体情况选授。

本书由王秉钧编写第一篇，王少勇编写第二篇，孙学军编写第三篇，王秉钧统编全书。此外，参加编写工作的还有韩敏、王平、田宝玉等同志。

本教材 1990 年版在使用过程中得到本校和各兄弟院校广大师生的大力支持和帮助，并提出了许多宝贵意见。对此，我们表示诚挚的谢意。

对在本教材编写过程中教学指导委员会委员、责任编委、审稿人和责任编辑给予的指导、支持和帮助表示衷心感谢。由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和错误，恳请读者批评指正。

编 者

1998 年 4 月

目 录

第一篇 卫星通信系统

第 1 章 概 述	1
1.1 卫星通信的基本概念	1
1.2 静止卫星通信的特点	5
1.3 卫星通信系统的组成	6
1.4 通信卫星的组成和功能	8
1.5 通信卫星的轨道和发射	11
1.5.1 通信卫星的轨道	11
1.5.2 静止轨道通信卫星发射	12
1.6 卫星通信工作频段及电波传播特点	14
1.6.1 工作频段的选择	14
1.6.2 电波传播的特点	17
1.6.3 卫星通信线路噪声	22
第 2 章 卫星通信的通信体制	24
2.1 卫星通信体制概述	24
2.1.1 基带信号和复用方式	24
2.1.2 卫星通信调制方式	24
2.1.3 卫星通信数字语音编码方式	26
2.1.4 卫星通信中的差错控制与扰码	28
2.1.5 卫星通信多址联接方式和信道分配技术	30
2.2 频分多址(FDMA)方式	31
2.2.1 预分配一频分多址方式	31
2.2.2 单路单载波一频分多址(SCPC/FDMA)方式	31
2.2.3 按需分配一频分多址(SPADE)方式	32
2.2.4 数字制多路复用频分多址方式	33
2.2.5 频分多址方式的互调干扰与能量扩散	33
2.3 时分多址(TDMA)方式	36
2.3.1 TDMA 系统工作原理和帧结构	36
2.3.2 TDMA 方式的系统效率	38
2.3.3 TDMA 方式的系统同步	38
2.3.4 数字语音插空(DSI)	39
2.4 频分多址—时分多址(FDMA—TDMA)方式	40
2.5 卫星交换—时分多址(SS—TDMA)方式	40

2.6	码分多址(CDMA)方式	41
2.7	ALOHA 方式	44
2.8	几种常用多址方式比较	47
第3章	卫星通信系统线路的设计与计算	49
3.1	概述	49
3.2	卫星通信链路载波功率的计算	52
3.3	卫星通信线路噪声功率的计算	53
3.4	卫星通信线路载波功率与噪声功率比	56
3.5	数字卫星通信线路设计	62
3.5.1	SCPC 系统线路的计算	62
3.5.2	PSK 数字卫星通信线路的设计	67
第4章	卫星通信地球站	72
4.1	地球站的分类、组成及性能要求	72
4.2	天线馈线分系统	75
4.3	发射分系统	78
4.4	接收分系统	82
4.5	伺服跟踪分系统	85
4.6	监控分系统和电源分系统	86
4.7	回波抵消设备	87
4.8	地球站站址的选择	88
第5章	VSAT 卫星通信系统	91
5.1	VSAT 卫星通信网的基本概念及其特点	91
5.2	VSAT 网的组成及工作原理	92
5.3	VSAT 分类及特点	95
5.4	VSAT 业务类型及应用	97
5.5	VSAT 数据网的网络结构及组网形式	98
5.6	VSAT 网多址协议	101
5.7	VSAT 电话网	105
第6章	移动卫星通信系统	108
6.1	概述	108
6.1.1	移动卫星通信系统的分类	108
6.1.2	移动卫星通信系统的特点	110
6.1.3	移动卫星通信系统的关键技术及发展趋势	111
6.2	海事卫星通信系统(INMARSAT)	113
6.3	静止轨道(GEO)区域移动卫星通信系统	118
6.3.1	北美移动卫星通信系统——MSAT	119
6.3.2	亚太移动卫星通信系统——APMT	122
6.4	低轨道(LEO)移动卫星通信系统	125
6.4.1	概述	125
6.4.2	“铱”(Iridium)系统	127
6.4.3	“全球星”(Globalstar)	130
6.5	中轨道(MEO)移动卫星通信系统	133

第 7 章 卫星通信网络建立、入网验证和系统测试	136
7.1 新地球站入网运行程序	136
7.2 地球站的必备工作特性	138
7.3 验证测试项目与测试方法	140
7.3.1 G/T 值的测量	140
7.3.2 发射增益的测量	145
7.3.3 发射轴比的测量	145
7.3.4 发射旁瓣方向图的测量	147
7.3.5 EIRP 和频率稳定度的测量	147
7.4 卫星转发器主要参数的测量	147
习题	151

第二篇 光纤通信系统

第 8 章 概述	153
8.1 光纤通信系统的组成	153
8.2 光纤通信的特点	154
8.3 光纤通信的类型	155
8.4 光纤通信的发展方向 and 新技术	157
第 9 章 光纤和光缆	159
9.1 概述	159
9.2 光纤的传输特性	163
9.3 光路无源器件	169
9.4 光纤主要参数的测量	171
第 10 章 光源和光检测器	177
10.1 对光源的基本要求	177
10.2 半导体光源的发光机理	178
10.3 激光器	179
10.3.1 激光器的原理和结构	179
10.3.2 半导体激光器的特性	180
10.4 发光二极管	186
10.5 半导体光源与光纤的耦合	188
10.6 对光电检测器的基本要求	190
10.7 半导体光电检测器机理	190
10.8 半导体光电检测器的特性及参数	192
10.9 光电检测器与光纤的耦合	199
第 11 章 光发射机与光接收机	200
11.1 光发射机的基本组成及要求	200
11.2 光发射机的光调制技术	201
11.3 数字光发射机的驱动电路	203
11.4 数字光发射机的辅助电路	204
11.5 光发射机指标的测试	207

11.6	光接收机的基本组成及要求	209
11.7	光接收机的主要电路	210
11.8	光接收机的噪声	213
11.9	光接收机灵敏度的计算	217
11.10	光接收机主要技术指标的测量	221
附录	Personick 参数表	223
第 12 章	终端机和系统	228
12.1	光端机简述	228
12.2	光端机的作用和组成	230
12.3	光中继器的作用和组成	231
12.4	线路码型	233
12.5	光纤通信系统中的辅助系统	239
12.6	抖动容限和光端机告警功能的测量	245
第 13 章	光纤通信系统设计	247
13.1	光纤通信系统分类及应用场合	247
13.2	光纤通信系统设计考虑和主要指标分配	249
13.3	中继段传输距离的计算	255
	习题	261

第三篇 计算机通信网

第 14 章	计算机通信网概述	263
14.1	计算机网络的定义	263
14.2	计算机网络的组成	264
14.2.1	资源子网	264
14.2.2	通信子网	265
14.3	计算机网络拓扑的定义	266
14.3.1	计算机网络拓扑结构分类	266
14.3.2	点—点线路通信子网	266
14.3.3	广播信道通信子网	268
14.4	计算机网络的分类	268
14.5	计算机通信网的功能	269
第 15 章	数据传输	271
15.1	概述	271
15.2	数据传输及信道	272
15.3	传输介质	274
15.4	调制解调器	275
第 16 章	数据交换网络	278
16.1	电路交换网络	278
16.2	存储转发交换网络	279
16.2.1	报文交换网络	280
16.2.2	报文分组交换网络	280

16.3	通信交换技术的简单比较	283
第 17 章	计算机网络体系结构与协议	286
17.1	基本概念	286
17.2	OSI 参考模型	286
17.3	物理层	288
17.3.1	RS-232-D 标准	289
17.3.2	X.21 标准	291
17.4	数据链路层	291
17.4.1	数据链路层的基本概念	291
17.4.2	面向字符的数据链路控制协议	292
17.4.3	面向比特的数据链路控制 HDLC 协议	294
17.5	网络层	296
17.5.1	网络层的基本功能	296
17.5.2	网络层服务分类	297
17.5.3	路由选择	297
17.5.4	业务量控制	299
17.5.5	X.25 协议	301
17.5.6	帧中继	303
17.6	传输层	304
17.7	高层协议	305
17.7.1	会话层	305
17.7.2	表示层	306
17.7.3	应用层	307
第 18 章	局域网技术	308
18.1	局域网概述	308
18.2	局域网拓扑结构	308
18.3	局域网的传输介质	310
18.4	IEEE802 模型与协议	311
18.5	局域网介质访问控制方法	313
18.5.1	载波侦听多路访问 CSMA 方法	313
18.5.2	带有冲突检测的载波侦听多路访问 CSMA/CD 方法	314
18.5.3	带冲突回避的载波侦听多路访问 CSMA/CA 方法	316
18.5.4	令牌总线介质访问控制方法	316
18.5.5	令牌环介质访问控制方法	318
18.5.6	开槽环介质访问控制方法	319
18.5.7	寄存器插入介质访问控制方法	320
18.5.8	局域网介质访问控制方法的简单比较	321
18.6	Ethernet 基本工作原理	322
18.7	基带 Ethernet 组网方法	324
18.7.1	IEEE802.3 物理层标准	324
18.7.2	Ethernet 网络接口适配器	326
18.7.3	基带同轴电缆 Ethernet	327
18.7.4	基带双绞线 Ethernet	328

18.8	高速局域网标准	329
18.9	宽带局域网	330
18.10	光纤局域网	332
18.11	无线局域网	334
第 19 章	网络互连技术	341
19.1	网络互连的基本概念	341
19.2	网络互连设备	341
19.3	网络互连协议	344
19.3.1	X.75 协议	344
19.3.2	IP 协议	345
19.4	Internet 与 TCP/IP	348
19.4.1	Internet	348
19.4.2	Internet 使用的协议	349
第 20 章	通信网络技术新发展	353
20.1	ISDN 基本原理	353
20.2	带宽 ISDN (B-ISDN)	357
20.3	智能网络	359
	习题	361
	参考文献	362

第一篇

卫星通信系统

第 1 章 概 述

1.1 卫星通信的基本概念

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卫星叫作通信卫星。如图 1.1 所示。

利用无源通信卫星反射无线电信号构成的卫星通信方式，在目前的卫星通信中已被淘汰，因此我们只讨论利用有源通信卫星转发无线电信号构成的卫星通信系统。图 1.1 表示在一颗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，转发信号来进行通信的情况。因此，卫星通信实际上就是利用通信卫星作为中继站的一种特殊的微波中继通信方式。

卫星通信是宇宙无线电通信的形式之一。国际电信联盟(ITU)的世界无线电行政会议(WARC)通过的规定中，确定了有关卫星通信的术语和定义。通常，把以宇宙飞行体为对象的无线电通信统称为宇宙通信，但按照国际电联的规定，它被正式称为宇宙无线电通信。共同进行宇宙无线电通信的一组宇宙站和地球站叫作宇宙系统。这里宇宙站是指设在地球大气层之外的宇宙飞行体(如人造通信卫星，宇宙飞船等)或其它天体(如月球或别的行星)上的通信站。宇宙通信有三种基本形式，如图 1.2 所示。

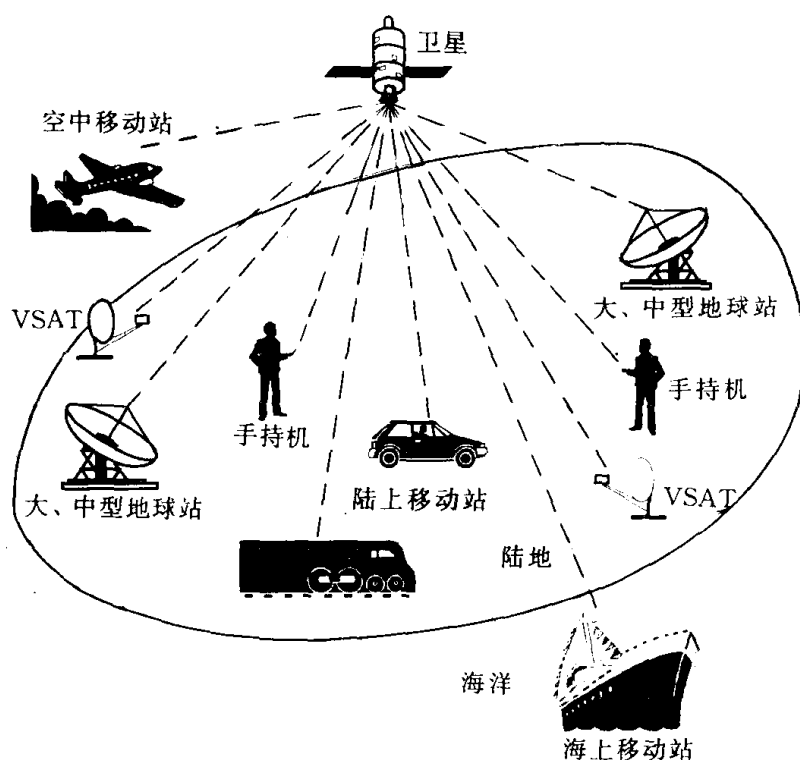


图 1.1 卫星通信示意图

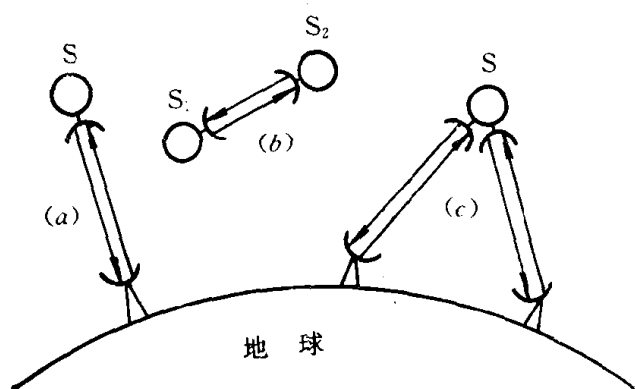


图 1.2 宇宙无线电通信的三种基本形式

- (a) 地球站与宇宙站之间的通信；(b) 宇宙站之间的通信；
(c) 通过宇宙站的转发或反射进行的地球站之间的通信

图 1.2(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卫星通信。利用卫星来传输电视时，常称为宇宙转播或卫星转播。

图 1.2 中三种基本形式的组合形成的各种星间通信系统如图 1.3 所示。

一般称同轨道卫星间的线路为星间链路——ISL (Inter Satellite Links)；而不同轨道宇宙站间的线路称为星际链路——IOL (Inter-Orbit Links)。

美国休斯通信公司正在开发的 SPACEWAY 毫米波全球卫星通信系统是利用静止轨道星间链路的典型例子。而美国摩托罗拉公司提出的“铱”系统是利用低轨道星间通信链路连接，构成全球通信网的典型实例。跟踪与数据中继卫星系统 (TDRSS) 是最具代表性的使用 IOL 的星间通信系统。其中航天飞机或低轨道卫星同地面之间保持连续通信的途径之一是以两颗跟踪和数据中继卫星 (TDRS) 作为中继站，在航天飞机或低轨道卫星和地面站之

间建立通信。

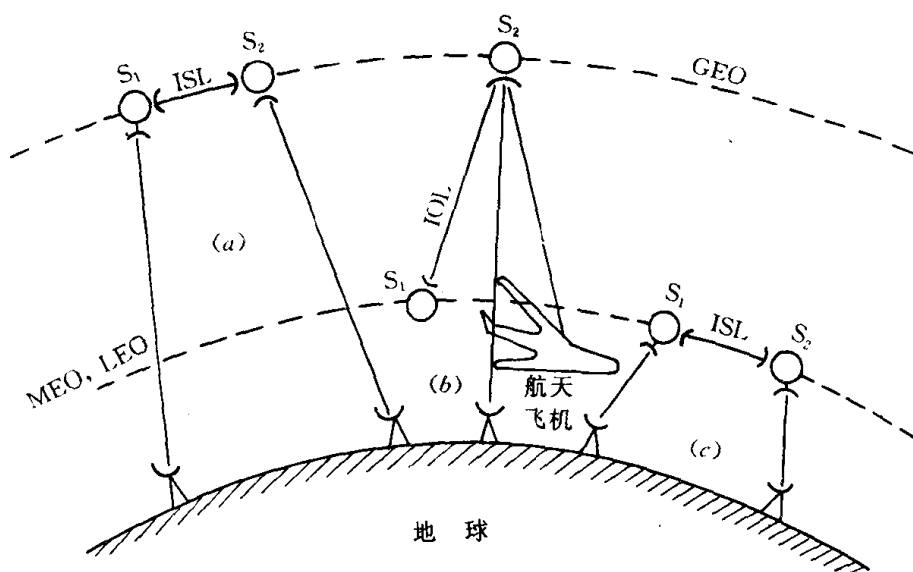


图 1.3 星间通信形态

(a) 静止轨道间(GEO - GEO)的星间通信；(b) 静止轨道与低、中轨道移动卫星和宇宙平台等飞行器间(GEO - LEO, GEO - MEO)的星间通信；(c) 静止轨道以外的多个宇宙飞行器间的星间通信

目前，绝大多数通信卫星是地球同步卫星(静止卫星)。这种卫星的运行轨道是赤道平面内的圆形轨道，距地面约 36 000 km。它运行的方向与地球自转的方向相同，绕地球旋转一周的时间，即公转周期恰好是 24 h，和地球的自转周期相等，从地球上看去，如同静止一般，故叫静止卫星。所以静止卫星并不是说卫星真的静止不动，而是与地球同步运行，故又叫同步卫星。由静止卫星作中继站组成的通信系统称为静止卫星通信系统或称同步卫星通信系统。

图 1.4 是静止卫星与地球相对位置的示意图。从卫星向地球引两条切线，切线夹角为 17.34° 。两切点间弧线距离为 18 101 km，可见在这个卫星电波波束覆盖区内的地球站均可通过该卫星来实现通信。若以 120° 的等间隔在静止轨道上配置三颗卫星，则地球表面除了两极区未被卫星波束覆盖外，其它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地区，因此借助于在重叠区内地球站的中继(称之为双跳)，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，这一特点是任何其它通信方式所不具备的。目前国际卫星通信组织负责建立的世界卫星通信系统(INTELSAT)，简称 IS，就是利用静止卫星来实现全球通信的，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转播。

除了上述能覆盖 $1/3$ 地球表面的全球波束(又叫覆球波束)之外，对于固定卫星业务和陆地卫星业务，事实上只要保证覆盖陆地即可，没有必要覆盖海洋。对于区域通信或国内通信，也只要求卫星能覆盖特定地区。因此，可以根据特定业务的需要来设计卫星天线，因而出现了半球波束、区域波束、国内波束、点波束以及形形色色的覆盖特定区域的成形波束，如图 1.5 所示。这样的波束较全球波束窄，可以提高卫星的有效辐射功率，从而增

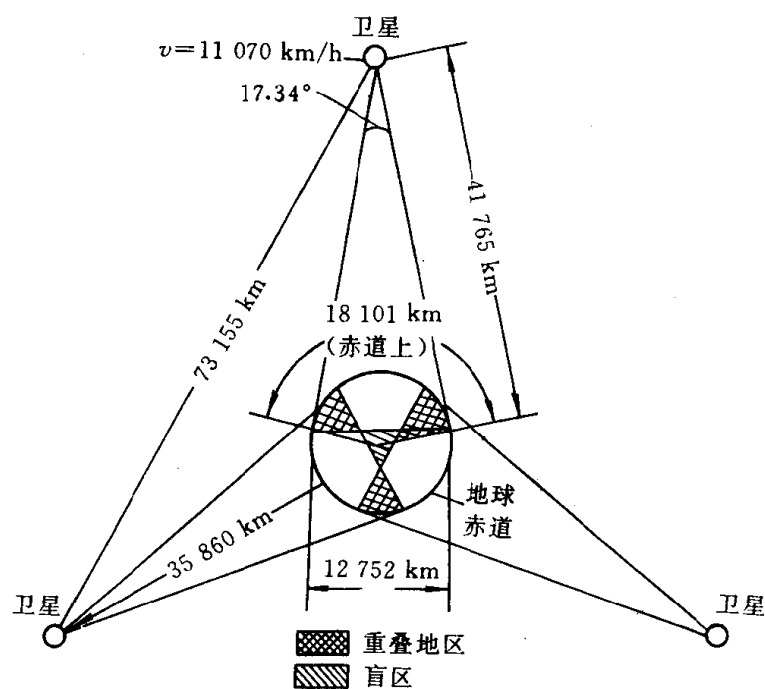


图 1.4 静止卫星配置的几何关系

加系统容量。或者说，在系统容量不变的情况下，可减小地球站天线口径，从而增加地球站的机动性和灵活性，使地球站更加接近用户或直接装于用户处，从而缩短或取消地球站与用户之间的引接电路。此外，利用点波束在地理位置上的分割、扫描等还可实现空分多址、频率再用以及其它特殊用途。

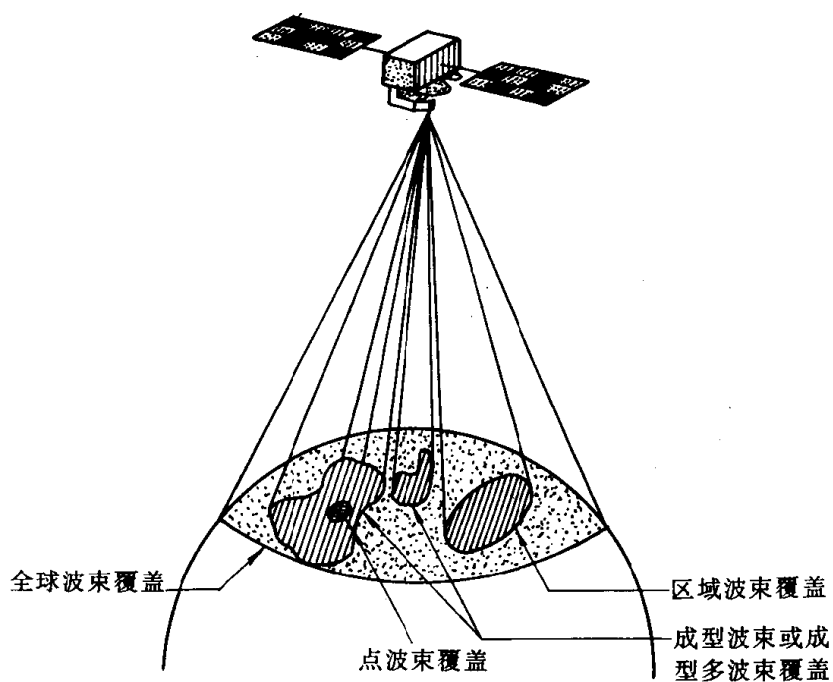


图 1.5 几种常见波束覆盖区域示意图

1.2 静止卫星通信的特点

与其它通信手段相比,采用静止卫星进行通信具有以下特点。

(1) 通信距离远,且费用与通信距离无关。由图 1.4 可见,利用静止卫星,最大通信距离达 18 000 km 左右。而且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。这在远距离通信上,比地面微波中继、电缆、光缆、短波通信等有明显的优势。除了国际通信外,在国内或区域通信中,尤其对边远城市、农村和交通、经济不发达地区,卫星通信是极有效的现代通信手段。

(2) 覆盖面积大,可进行多址通信。许多其它类型的通信手段,通常只能实现点对点通信。例如地面微波中继线路只有干线或分支线路上的中继站方能参与通信,不在这条线上的点就无法利用它进行通信。而卫星通信由于是大面积覆盖,在卫星天线波束覆盖的整个区域内的任何一点,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边或多边通信,即进行多址通信。

由于卫星覆盖区域很大,而且在这个范围内的地球站基本上不受地理条件或通信对象的限制。有一颗在轨道上的卫星,就相当于在全国铺设了可以通过任何一点的无形的电路,因此使通信线路具有很大的灵活性。

(3) 通信频带宽,传输容量大,适于多种业务传输。由于卫星通信使用微波频段,信号所用带宽和传输容量要比其它频段大得多。目前,卫星带宽可达 500 MHz ~ 1 000 MHz 以上。一颗卫星的容量可达数千路以至上万路电话,并可传输高分辨率的照片和其它信息。

(4) 通信线路稳定可靠,通信质量高。卫星通信的电波主要是在大气层以外的宇宙空间传输,而宇宙空间是接近真空状态的,可看作是均匀介质,电波传播比较稳定。同时它不受地形、地物如丘陵、沙漠、丛林、沼泽地等自然条件的影响,且不易受自然或人为干扰以及通信距离变化的影响,故通信稳定可靠,传输质量高。

(5) 通信电路灵活。地面微波通信要考虑地势情况,要避开高空遮挡,在高空中、海洋上都不能实现通信,而卫星通信解决了这个问题,具有较大的灵活性。

(6) 机动性好。卫星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,能在短时间内将通信网延伸至新的区域,或者使设施遭到破坏的地域迅速恢复通信。

(7) 可以自发自收进行监测。当收发端地球站处于同一覆盖区域内时,本站同样收到自己发出的信号,从而可以监视本站所发消息是否正确传输,以及传输质量的优劣。

由于卫星通信具有上述这些突出的优点,从而获得了迅速的发展,成为强有力的现代化通信手段之一。应用范围极其广泛,不仅用于传输话音、电报、数据等,且由于卫星所具有的广播特性,它也特别适用于广播电视节目的传送。

静止卫星通信存在的某些不足:

(1) 两极地区为通信盲区,高纬度地区通信效果不好。

(2) 卫星发射和控制技术比较复杂。

(3) 存在日凌中断和星蚀现象。每年春分和秋分前后数日，太阳、卫星和地球共处在一条直线上，当卫星处在太阳和地球之间时，地球站天线对准卫星的同时，也会对准太阳，这时因太阳干扰太强，每天有几分钟的通信中断。这种现象通常称为日凌中断。而当卫星进入地球阴影区时，造成了卫星的日蚀，称作星蚀。在星蚀期间，卫星靠蓄电池供电。由于卫星重量限制，星载电池除维持星体正常运转需要外，难以为各转发器提供充足的电能。

(4) 有较大的信号传播延迟和回波干扰。在静止卫星通信系统中，从地球站发射的信号经过卫星转发到另一地球站时，单程传播时间约为 0.27 s 。进行双向通信时，一问一答往返传播延迟约为 0.54 s 。通话时给人一种不自然的感觉。此外，如果不采取特殊措施，由于混合线圈不平衡等因素还会产生“回波干扰”，即发话者 0.54 s 以后会听到反射回来的自己的讲话回声，成为一种干扰。这是卫星通信的明显缺点。为了消除或抑制回波干扰。地球站要增设回波抵消或抑制设备。

1.3 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、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 1.6 所示。其中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，以便保证通信卫星的正常运行和工作。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。各部分的功能下边再作介绍。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。

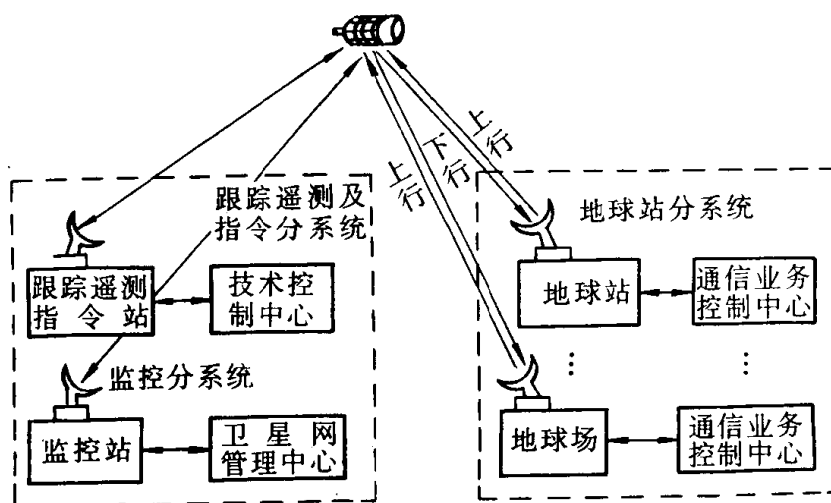


图 1.6 卫星通信系统的基本组成