



通信工程

质量监控与通病防治 全书

中国环境科学出版社

通信工程质量监控 与通病防治全书

(第三卷)

本书编委会

中国环境科学出版社

·北 京·

图书在版编目 (CIP) 数据

通信工程质量监控与通病防治全书/宋涛主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2002. 1

ISBN 7-80163-251-6

I. 通... II. 宋... III. 通信工程—质量控制 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 095937 号

中国环境科学出版社出版发行
(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)
北京忠信诚胶印厂
各地新华书店经售

*

2002 年 1 月第 一 版 开本 787×1092 1/16

2002 年 1 月第一次印刷 印张 158.75

印数 1-1000 字数 2000 千字

ISBN 7-80163-251-6/X.154

定价: 980.00 元 (全四卷)

目 录

第七篇 卫星通信系统

第一章 概述	(1261)
第一节 一般概念	(1261)
第二节 卫星通信系统的组成、网络形式和运行	(1269)
第三节 卫星通信的基本技术参数	(1274)
第四节 卫星通信使用的频率	(1284)
附录 I 微波波段的划分 ^[20]	(1294)
附录 II 模拟制信号传输的假设参考电路和国际卫星通信组织 IS—IV 系统的 噪声分配	(1295)
第二章 卫星通信的问题及对策	(1297)
第一节 卫星通信中的电波传播	(1297)
第二节 回波产生及控制	(1350)
第三节 同频段系统间的干扰与协调	(1352)
第三章 中、低轨道卫星通信系统	(1363)
第一节 概述	(1363)
第二节 中轨道 (MEO) 卫星移动通信系统	(1364)
第三节 低轨道 (LEO) 卫星移动通信系统	(1368)
第四章 VSAT 卫星通信网	(1395)
第一节 概述	(1395)
第二节 网的组成及工作原理	(1396)
第三节 VSAT 分类及特点	(1400)
第四节 VSAT 业务类型及典型应用	(1403)

第五节 VSAT 网络结构及组网形式	(1406)
第六节 VSAT 网络体系结构	(1410)
第七节 VSAT 数据网多址协议	(1420)
第八节 VSAT 系统信号传输技术	(1425)
第九节 VSAT 话音通信网	(1428)
第十节 VSAT 网中的网络管理	(1431)
第十一节 典型网络类型	(1435)
第十二节 VSAT 网系统设计	(1439)
第十三节 VSAT 网的总体设计	(1444)
第五章 地球站的工程设计	(1491)
第一节 概述	(1491)
第二节 地球站工程勘察	(1492)
第三节 地球站接地、供电与防雷	(1496)
第四节 地球站微波辐射防护	(1501)
第五节 地球站工程设计	(1504)
第六章 卫星移动通信系统与地面网的互联	(1508)
第一节 概述	(1508)
第二节 卫星移动通信系统和窄带 ISDN (N-ISDN) 的互联	(1510)
第三节 卫星移动通信系统和专用通信网的互联	(1512)
第四节 卫星移动通信系统和宽带综合业务网 (B-ISDN) 的互联	(1515)
第五节 卫星移动通信系统和局域/城域网 (LAN/MAN) 的互联	(1517)
第六节 卫星移动通信系统和公用数据通信网的互联	(1520)
第七节 卫星移动通信系统和公众交换电话网的互联	(1522)
第八节 卫星移动通信系统和公共陆地移动通信网 (PLMN) 的互联	(1526)
第七章 卫星通信系统展望	(1528)
第一节 卫星移动通信系统展望	(1528)
第二节 水利卫星通信网的建设与卫星通信的展望	(1532)

第八篇 微波通信系统

第一章 微波通信概述	(1539)
第一节 微波通信的频段范围和特点	(1540)

目 录

第二节 系统的构成及其工作原理	(1541)
第三节 数字微波通信的主要技术指标	(1546)
第二章 微波传播问题及其对策	(1551)
第一节 自由空间的电波传播	(1551)
第二节 地面反射对电波传播的影响	(1553)
第三节 对流层对电波传播的影响	(1563)
第四节 几种大气和地面效应造成的衰落	(1573)
第五节 频率选择性衰落	(1579)
第六节 抗衰落技术	(1583)
第三章 SDH 微波通信设备和系统设计	(1597)
第一节 STM-4 微波通信设备	(1597)
第二节 NEC 2000S SDH 微波通信设备	(1602)
第三节 SDH 微波中继通信系统	(1627)
第四节 微波收发信设备主要参数	(1631)
第五节 SDH 微波通信系统性能估算	(1633)
第六节 SDH 微波通信系统的网络管理	(1637)
第四章 系统中设备配置及接口	(1654)
第一节 系统中设备配置及接口技术	(1654)
第二节 系统进网时的全程损耗	(1659)
第五章 34Mb/s 数字微波设备	(1662)

第九篇 移动通信

第一章 移动通信概述	(1675)
第一节 移动通信的发展及蜂窝组网理论	(1675)
第二节 移动通信的特点	(1677)
第三节 移动通信系统组成	(1679)
第四节 移动通信工作频段	(1681)
第五节 无线电路工作方式	(1683)
第六节 移动通信网性能指标	(1685)
第七节 几种典型的蜂窝移动通信系统	(1687)
第八节 移动通信发展趋向	(1692)

第二章 无线寻呼系统	(1698)
第一节 概述	(1698)
第二节 无线寻呼网的结构和系统的组成	(1699)
第三节 寻呼系统处理方式	(1706)
第四节 信号及编码方式	(1707)
第五节 寻呼机的技术指标及性能比较	(1708)
第六节 寻呼机使用注意事项	(1711)
第七节 高速寻呼协议 (FLEX™)	(1712)
第三章 GSM 移动通信系统	(1719)
第一节 GSM 系统结构	(1719)
第二节 我国数字蜂窝式移动电话网络结构	(1722)
第三节 数字移动通信网的编号	(1725)
第四节 路由选择	(1728)
第四章 CDMA 码分多址蜂窝移动通信	(1730)
第一节 多址通信及方式	(1730)
第二节 码分多址的概念	(1730)
第三节 码分多址的基本原理	(1731)
第四节 扩频通信系统	(1734)
第五节 码分多址直接序列扩频通信系统	(1737)
第六节 双模式移动通信的概念	(1739)
第七节 码分多址蜂窝移动通信系统的网络结构	(1739)
第八节 采用 CDMA 技术的优点	(1741)
第五章 第三代移动通信	(1745)
第一节 第三代移动通信的基本概念	(1745)
第二节 第三代移动通信的发展历程	(1748)
第三节 第三代移动通信的关键技术	(1749)
第四节 第三代地面无线接口主要技术	(1752)
第五节 第三代移动通信提供的业务	(1764)
第六节 IMT-2000 的目标和要求	(1764)
第七节 第三代移动通信系统 UMTS 概况	(1765)
第八节 第二代向第三代过渡的方案	(1772)
第九节 移动通信的进展和预测	(1784)
第六章 移动通信中的问题及对策	(1786)

目 录

第一节 外部噪声及干扰	(1787)
第二节 邻道干扰	(1789)
第三节 近端对远端比干扰	(1795)
第四节 同频干扰	(1796)
第五节 同频干扰防护	(1798)
第六节 降低同频干扰的措施	(1800)
第七节 蜂窝移动通信网的同频干扰概率和同频复用保护距离的计算	(1801)
第八节 互调干扰	(1806)
第九节 移动台发射机的自动功率控制 (APC)	(1812)
第十节 干扰限制环境	(1813)
第十一节 无线寻呼常见 4 种干扰的产生及解决办法	(1814)
第十二节 GSM 网掉话、话务均衡及通话干扰的原因及解决方法	(1815)
第十三节 无线电通信技术中的电磁兼容问题及附户	(1819)
第十四节 屏蔽测量技术的发展	(1821)
第十五节 智能天线	(1831)
第十六节 多用户检测与多址干扰对消	(1841)
第十七节 发射分集与分集接收	(1848)
第十八节 信号功率控制	(1863)
第七章 数字蜂房移动通信系统设计	(1870)
第一节 蜂房移动通信系统的设计	(1870)
第二节 数字蜂房移动通信系统的设计	(1874)
第八章 CDMA 通信技术的应用	(1880)
第一节 通信系统的应用	(1880)
第二节 雷达测距的应用	(1884)
第三节 卫星定位的应用	(1887)
第四节 电子医学测量的应用	(1890)

第七篇

卫星通信系统

第一章 概 述

第一节 一般概念

一、卫星通信的含义及卫星通信系统的分类

1. 什么是卫星通信

卫星通信, 简单地说, 就是地球上(包括地面、水面和低层大气中)的无线电通信站之间利用人造卫星作中继站而进行的通信。

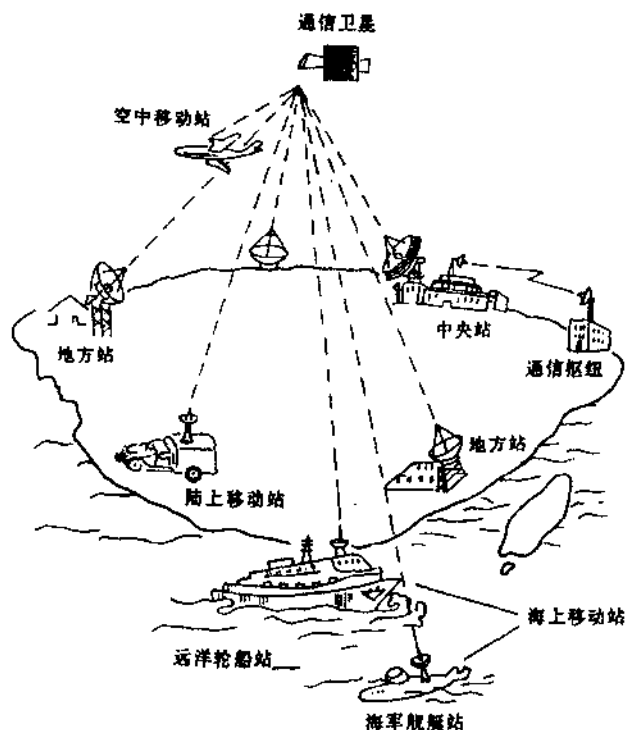


图 7-1-1 卫星通信示意图

图 7-1-1 中画出一种比较简单的卫星通信系统。它只用一颗通信卫星，卫星天线的波束，覆盖了全部通信站所在的地域，各通信站天线均指向卫星。这样各站都可通过卫星转发来进行通信。由此可见，卫星通信是地面微波接力通信的继承和发展，是微波接力通信的一种特殊形式。

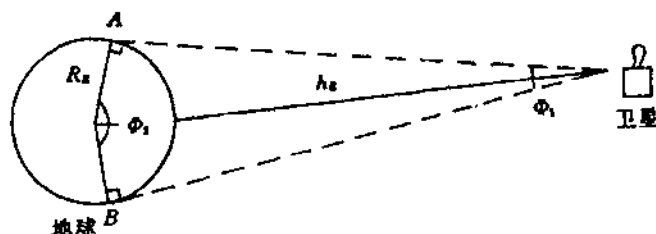


图 7-1-2 卫星作为中继站时通信最大距离的计算

大家知道，微波是直线传播的，微波接力通信是一种“视距”通信，即只在“看得见”的范围内才能通信。由图 7-1-2 可见，离地球表面高度为 h_E 的卫星中继站，“看到”地面的两个极端是 A 和 B 点，换句话说， $\widehat{AB}$ 长度将是以卫星为中继站所能达到的最大通信距离。利用几何学不难得知

$$\widehat{AB} = R_E \phi_2 = R_E (2 \cos^{-1} \frac{R_E}{R_E + h_E}) \quad (\text{km}) \quad (1-1)$$

式中： R_E 为地球半径， $R_E = 6378 \text{ km}$ ； ϕ_2 为 $\widehat{AB}$ 所对的圆心角（弧度）； h_E 为通信卫星到地面的高度（km）。让我们用两个例子说明卫星高度对地面上最大通信距离的影响：

【例】 $h_E = 500 \text{ km}$ ， $\phi_2 = 0.767 \text{ rad}$ ，按 (1-1) 式求得

$$\widehat{AB} = 6378 \times 0.767 = 4892 \quad (\text{km})$$

【例】 $h_E = 35800 \text{ (km)}$ ， $\phi_2 = 2.838 \text{ (rad)}$

$$\widehat{AB} = 6378 \times 2.838 = 18100 \quad (\text{km})$$

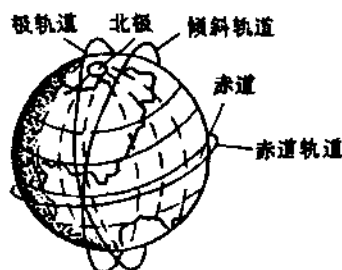


图 7-1-3 通信卫星的轨道

在后面我们将看到,地球卫星的轨道形状有椭圆形和圆形两种,地球的中心(简称地心)就处在椭圆的一个焦点或圆心上。按照轨道平面与赤道平面的夹角 i (称为轨道倾角)大小不同,如图7-1-3所示,地球卫星的轨道有赤道轨道($i = 0^\circ$)、极轨道($i = 90^\circ$)、倾斜轨道($0^\circ < i < 90^\circ$)之分。若卫星的轨道是圆形且在赤道平面上、卫星离地面35786.6公里,其飞行方向与地球自转方向相同,则从地面上任一点看去,卫星是“静止”不动的,这种对地静止的同步卫星简称为静止卫星。利用静止卫星作为中继的通信系统,称为静止卫星通信系统。

目前,几乎所有的通信卫星都是有源卫星,即卫星上装载电子设备,能将接收到的来自地球站发射的信号进行放大、频率变换和其它处理,再发回地球,是一种有增益的可以部分地补偿传播损耗的中继。在五、六十年代进行卫星通信试验时,曾利用过无源卫星。这种卫星是靠星体的金属表面对无线电波进行反射作为中继的。可以想到,由于自由空间的传播损耗、卫星表面的吸收损耗和反射的无规则性,通信质量是很差的。

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。不同于其它地面无线电通信方式,而属于宇宙通信的范畴。

随着航天技术的巨大进展,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*也随之发展起来。国际电信联盟(ITU)的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,不断提出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),为宇宙通信制定了规则,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),把分配的频带扩展到275吉赫;修订了有关的技术标准;并且对宇宙无线电的术语及其定义作了统一的规定。1979年WARC又作了新的规定:

宇宙(空间)无线电通信有三种形式:

- ①宇宙站与地球站之间的通信;
- ②宇宙站之间的通信;
- ③地球站相互间通过宇宙站的转发或反射而进行的通信。

这里,宇宙站是指设在地球大气层之外的宇宙飞行体或其它天体(如月球或别的行星等)上的通信站。地球站是指设在地球表面(包括陆地、水上和大气层中)的通信站。

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它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、地球探测卫星业务、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，必须防止与其它地面微波通信系统（如同频段的微波接力）以及其它卫星通信系统之间的相互干扰。

②移动卫星业务 这是指舰船、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参见后面内容）。

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，容易造成对其它卫星通信系统的干扰，因此更要严格遵守国际规定。

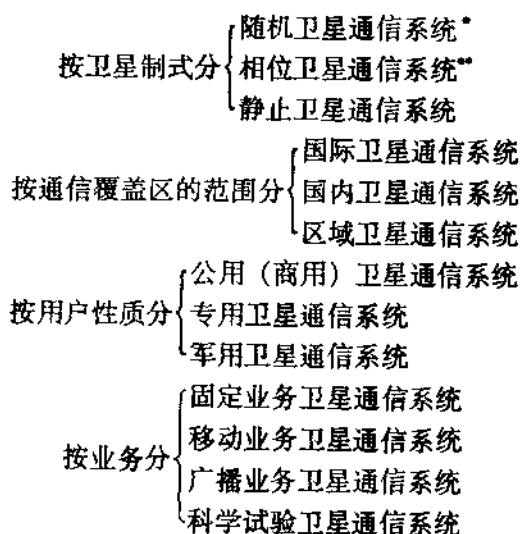
综上所述，可以看出：

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规则，工作频率必须在分配的频段中选取，以便和其它宇宙系统保持协调。

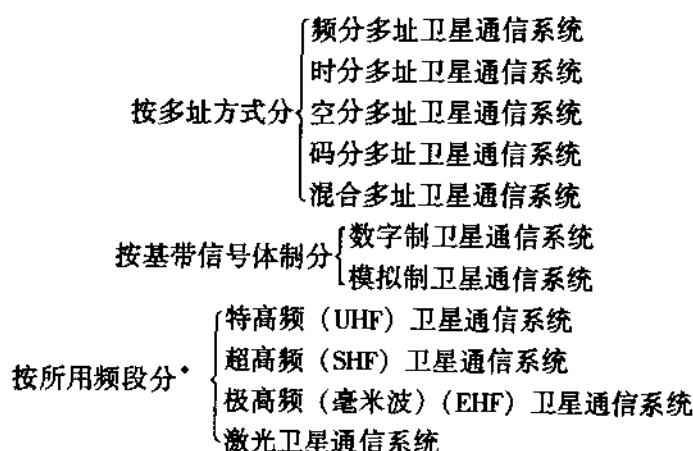
2. 卫星通信系统的分类

今天，世界上已建立了几十个卫星通信系统，将来还要更多。归纳起来，可从不同角度对它们进行分类：



* 随机卫星是指高度为数千至一万公里的不同随机轨道上的卫星。

** 轨道上有若干个卫星等间隔地运行。



从以上的分类可见, 它们都是从不同的侧面反映出卫星通信系统的特点、性质和用途。综合起来, 便可较全面地描绘出某一具体的卫星通信的特征, 这在研究系统时是要加以注意的。

表 7-1-1 列出了主要的卫星系统类型和具体的通信业务。

表 7-1-1 主要的卫星系统类型和具体通信业务

卫星系统类型	实 例	地球站特征	具体通信业务
国 际	· IS 系统 · 苏联的“闪电”、“静止”卫星	大型、昂贵、高可靠, 用来与各国电话管理局的电话互连	· 提供全球范围内的公用事业公司电话和数据线路 · 定点间的电视中继
国 内	· 加拿大的 ANIK · 美国的 WESTAR · SATCOM · COMSTAR	· 大型公用事业公司地球站 · 中等大小 (10 和 4.5 米天线) 的地球站 · 只接收电视的地球站	· 增加公用事业公司的电话网 · 提供出租长途通信电路 · 定点间电视中继 · 音乐广播 · 数据传播和电报
电视广播	· 日本广播卫星 (JBS) · 加拿大实验通信技术卫星 (CTS) · 美国的 ATS-6	· 大型发射站 · 廉价的只接收的地球站, 天线很小, 可在家庭和学校中使用	· 直接向家庭和学校广播电视

* 关于微波波段的具体划分, 可参见附录 I。

续表

卫星系统类型	实 例	地球站特征	具体通信业务
移动终端	·MARISAT ·MAROTS ·美国的“舰队卫星”	·很小的舰载或轻便的地球站, 利用 UHF, SHF 频段	·为舰船、车辆遥远地点或流动部队提供通信手段(电话、电报)等。
专 用	·美国的 ATS	·各类地球站	·研究试验更高频率的传播 ·研究新的卫星结构 ·研究卫星新的应用

二、卫星通信发展概况

让我们简要地回顾一下卫星通信的发展历史, 这对了解它的现状和研究它的未来是有益和必要的。

早在 1945 年 10 月, 英国空军雷达军官阿瑟·克拉克在《无线电世界》杂志上发表了《地球外的中继站》一文, 最先对利用静止卫星进行通信提出了科学的设想。大约 20 年之后, 这一设想变成了现实。

卫星通信的发展过程, 大致经历了以下两个阶段:

①卫星通信的试验阶段(1954~1964 年)

(A) 无源卫星通信试验 从 1954 年至 1964 年, 美国曾先后利用月球、无源气球卫星、铜针无源偶极子带等作为中继站, 进行了电话、电视传输试验, 由于种种原因, 接收到的信号质量不高, 实用价值不大。

(B) 有源卫星通信试验 主要有: (i) 低轨道延迟式试验通信卫星: 1958 年 12 月, 美国用阿特拉斯火箭将一颗重 150 磅的“斯柯尔”卫星射入椭圆轨道(近地点 200 公里, 远地点 1700 公里)。星上发射机输出功率 8 瓦, 射频为 150 兆赫。为使远离的甲乙两站通信, 卫星飞到甲站上空时先将甲站发出的信息(电话、电报)录音, 待卫星飞到乙站上空时, 再将录音信息转发。此外也试验了实时通信。卫星成功地工作了十二天, 因蓄电池耗尽停止工作。

1960 年 10 月, 美国国防部发射了“信使”通信卫星, 进行了与上述类似的试验。

(ii) 中、高度轨道试验通信卫星: 1962 年 6 月, 美国航空宇航局用德尔它火箭把“电星”卫星送入 1060~4500 公里的椭圆轨道; 1963 年又发射另一颗, 卫星重 170 磅, 输出功率 3 瓦, 上行射频 6 吉赫, 下行射频 4 吉赫, 用于美、英、法、意、日之间作电话、电视、传真数据传输试验。

1962年12月和1964年1月,美国航宇局又先后发射了“中继”卫星,进入1270~8300公里的椭圆轨道,卫星重172磅,发射机输出功率10瓦,上、下行射频分别为1.7吉赫和4.2吉赫。在美国、欧洲、南美洲之间进行了多次通信试验。

(iii) 同步轨道试验通信卫星:1963年7月和1964年8月,美国航宇局先后发射三颗“辛康姆”卫星。第一颗未能进入预定轨道;第二颗则送入周期为24小时的倾斜轨道,进行了通信试验;而最后一颗被射入似圆形的静止同步轨道,成为世界上第一颗试验性静止通信卫星。利用它成功地进行了电话、电视和传真的传输试验,并于1964年秋用它向美国转播了在日本东京举行的奥林匹克运动会实况。至此,卫星通信的早期实验阶段基本结束。

②卫星通信的实用与提高阶段(1965年—)

1965年4月,西方国家财团组成的“国际卫星通信组织”把第一代“国际通信卫星”(INTELSAT-I,简记为IS-I,原名“晨鸟”)射入静止同步轨道,正式承担国际通信业务。两周后,苏联也成功地发射了第一颗非同步通信卫星“闪电”-1,进入倾角为65度、远地点为40,000公里、近地点为500公里的准同步轨道(运行周期12小时),对其北方、西伯利亚、中亚地区提供电视、广播、传真和一些电话业务。这标志着卫星通信开始进入实用与提高、发展的新阶段。

二十多年来,在国际通信、国内通信、国防通信、移动通信、广播电视等领域内,卫星通信迅速发展。到目前为止,全世界已建成和正在建立的卫星通信系统有四十多个。在静止轨道上的通信卫星一百多个,地球站数以千计。

与此同时,人们对卫星通信的新体制、新技术、继续进行了广泛、深入的研究和试验,取得了很大的提高和发展。

三、卫星通信的特点及其在技术上带来的一些问题

卫星通信在无线电通信的历史上写下了崭新的一页,成为现代化的通信手段之一。与其它通信方式相比,卫星通信有其独到之处:

①通信距离远,建站成本与通信距离无关。在第一节中的式(7-1-1)计算举例中,我们已经看到,利用静止卫星,最大的通信距离达18000公里左右。实际上,卫星视区(从卫星“看到”的地球区域)可达全球表面积的42.4%。原则上,只需三颗卫星适当配置,就可建立除地球两极附近地区以外的全球不间断通信(参见图7-1-4)。

一个卫星通信系统中的各地球站之间,是靠卫星联接的。在卫星的视界内,所有地球站到卫星的距离,约40000公里左右。只要这些地球站与卫星间的信号传输满足技术要求,通信质量便有了保证,地球站的建设经费不因通信站之间的距离远近、两通信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,比微波接力、电缆、光缆、短波通信有明显的优势。除了国际通信外,在国内或区域通信中,尤其对边远的城市、农村和交通、经济不发达的地区,卫星通信是极其有效的。

②以广播方式工作,便于实现多址联接。通常,微波接力、散射、地下电缆等,都是“干线”或“点对点”通信。以微波接力为例,北京到武汉之间的通信线路,南京是