

家用卫星电视与有线电视 技术及维修

徐安玉 编

电子科技大学出版社

内 容 提 要

本书介绍了卫星电视及有线电视的发展过程, 简要的叙述了卫星电视接收系统的工作原理, 系统地介绍了业余卫星电视系统的安装过程, 详细地介绍了目前国内九种卫星电视系统的故障排除及业余维修 61 例, 全书图文表并茂, 读者面宽, 内容浅易懂, 可作为广播电视专业的教学用书, 也可作为广播电台工作人员、无线电爱好者、维修人员的培训教材及自学用书。

声 明

本书无四川省版权防盗标识, 不得销售; 版权所有, 违者必究, 举报有奖, 举报电话: (028) 6636481 6241146 3201496

家用卫星电视与有线电视技术及维修

徐安玉 编

出 版: 电子科技大学出版社 (成都建设北路二段四号, 邮编: 610054)
责任编辑: 舒 标 李 林
发 行: 新华书店
印 刷: 四川建筑印刷厂
开 本: 787/1092 1/16 印张 18.875 字数 456.3 千字
版 次: 1998 年 3 月第一版
印 次: 1998 年 3 月第一次
书 号: ISBN 7—81043—919—7/TP·403
印 数: 1—5000 册
定 价: 25.00 元

前 言

自 80 年代以来,卫星通信技术在我国得到迅速的发展,卫星电视也由原来的仅对省市大电视台的转播业务扩展到对各地区小型卫星差转站和个人接收。在短短的数年内,小型卫星电视接收系统星罗密布地在全国的边远农村、山区显示出它的巨大作用。随之而来的是有线电视(CATV)也得到了迅速的发展,其普及率达 25% 左右,并且每年大约以 30% 的速度递增,光纤传输电视也因其损耗低、传播效果好而逐步在各大城市采用。卫星电视和有线电视之所以能在世界范围内迅速地得到发展,其原因在于它具有不可估量的社会效益和经济效益;它改变了以往电视只能在短距离半径内的直线传播方式,使收看质量得到了有效的改善;并为长距传播节省大量的开支;有线电视的使用,可以使频道资源得以充分利用,实现多个频道传输;有线电视还能提供交互式的双向服务;还可以通过与卫星系统有效的配合,利用互联网络踏上信息高速公路的旅程,其发展是时代的需要。

近年来,我国的卫星地面站多达 30 000 余个,每年以 45% 以上的速度增长,各种大大小小的卫星电视接收系统达 40 余万套,它们与有线电视系统为国内的教育事业和工农业发展起到巨大的作用。但是在使用过程中,需要对系统设备进行维护、检修,其中有许多技术问题需要解决。鉴于此,笔者从快捷、实用、新颖、有效的原则出发,面向工程人员,业余爱好者,根据近年来搜集到的资料,应运而生的编译出版了本书。全书共分八章:第一章介绍了卫星电视与有线电视的由来和现状,光纤在有线电视中的应用,双向传输有线电视和与有线电视密切相关的信息高速公路;以及我国卫星电视的发展和现状。第二、三、四章详细介绍了个卫星电视系统的原理,电路及相关的公式,并介绍业余爱好者安装家用卫星接收系统的具体过程。第五章针对当前有线电视系统的加密问题,介绍了付费电视系统各类加解扰系统的原理,第六、七章介绍了目前国内九种卫星电视接收系统的故障排除方法及单元电路的调整。最后,第八章搜集了目前国内卫星电视和有线电视系统故障的发现与排除方法,供读者参阅。书中第一章的 1.1~1.3、1.4.1、1.8、1.9 节,第二章的 2.8~2.10 节和第四章系译文^[1~8]。

编 者
1998 年 1 月

目 录

第一章 卫星电视与有线电视

1.1 概 述	(1)
1.2 卫星的发射与克拉克同步地球轨道	(2)
1.3 无线电波和电视卫星	(4)
1.4 有线电视系统发展概况	(13)
1.4.1 有线电视系统的由来和现状	(13)
1.4.2 光缆在有线电视中的应用	(21)
1.4.2.1 光缆传输的优缺点及几种应用模式	(21)
1.4.2.2 光缆传输系统	(23)
1.5 与有线电视密切相关的信息高速公路	(26)
1.6 双向传输有线电视	(30)
1.6.1 双向系统的组成	(30)
1.6.2 双向系统的网络结构	(31)
1.6.3 一些功能的实现	(32)
1.6.3.1 干线放大器工作状态的自动监控	(32)
1.6.3.2 用户的交互式电视服务	(33)
1.6.3.3 防火、防盗保安监测报警系统	(33)
1.6.3.4 电话通信业务	(34)
1.6.3.5 交互式信息网	(34)
1.7 我国卫星电视的现状与发展	(35)
1.8 从卫星电视信号中分离出携带的附加信息	(37)
1.8.1 载波与副载波	(37)
1.8.2 卫星“携带”信号的解调	(40)
1.8.3 垂直消隐间隔和电视文字广播	(41)
1.9 家用卫星电视系统的组成简述	(42)
1.9.1 家用卫星电视系统的组成	(42)
1.9.2 家用卫星电视地面接收终端	(43)
1.9.3 家用卫星电视地面接收系统的连接	(49)
1.9.4 卫星主天线电视系统与小型有线电视系统	(51)

第二章 卫星电视接收天线

2.1 天线的基本概念	(57)
2.2 天线的主要参量	(57)

2.2.1	方向图、主瓣宽度与副瓣电平	(57)
2.2.2	天线增益 G	(58)
2.2.3	极化天线	(58)
2.2.4	电压驻波比	(59)
2.2.5	G'/T 值与效率 η	(59)
2.3	天线系统的种类及组成	(60)
2.4	抛物面天线	(61)
2.4.1	前馈式抛物面天线	(61)
2.4.2	后馈式抛物面天线	(62)
2.4.3	偏馈式抛物面天线	(63)
2.4.4	三种天线的特点比较	(63)
2.4.5	天线设计和加工的基本精度要求	(64)
2.5	抛物面天线传动装置与支架结构	(65)
2.6	馈源	(66)
2.6.1	波导口馈源	(67)
2.6.2	纹波喇叭馈源	(67)
2.7	极化的基本概念与实现	(70)
2.7.1	圆极化的实现	(70)
2.7.2	天线极化的调整	(71)
2.8	抛物面天线直径的计算	(73)
2.8.1	抛物面天线直径的考虑因素	(73)
2.8.2	系统增益的计算	(73)
2.8.3	电视图像的主观质量	(76)
2.9	如何用抛物面天线跟踪太空中的卫星	(77)
2.9.1	轨道结构介绍	(77)
2.9.2	天线的定位调整	(78)
2.9.3	计算天线的指向角	(81)
2.10	自己动手制作家用天线	(82)
2.10.1	家用球面天线的装配	(82)
2.10.2	家用抛物面天线的装配	(84)
2.10.3	轨道极架的装配	(89)

第三章 卫星电视系统的原理叙述

3.1	卫星电视接收机的基本电路框图	(96)
3.2	室外单元组件	(98)
3.2.1	天线	(98)
3.2.2	低噪声放大器 (LNA)	(99)
3.2.2.1	微波场效应放大器的特点	(99)
3.2.2.2	GaAs 场效应晶体管放大器	(100)

3.2.2.3 场效应晶体管放大器实例分析·····	(101)
3.2.3 第一变频器·····	(103)
3.2.3.1 平衡混频器·····	(104)
3.2.3.2 镜频抑制滤波器·····	(105)
3.2.3.3 本 振·····	(106)
3.2.4 第一中频放大器 (970 MHz~1 470 MHz) ·····	(107)
3.2.5 室外部分 (LNB) 电路实例介绍 ·····	(108)
3.2.6 室外部件使用注意事项·····	(108)
3.3 室内单元组件·····	(108)
3.3.1 第一带通滤波器·····	(108)
3.3.2 第一中放·····	(110)
3.3.3 第二变频器·····	(111)
3.3.4 第二中频处理电路·····	(115)
3.3.5 鉴频器·····	(118)
3.3.6 视频信号处理电路·····	(120)
3.3.7 伴音处理电路·····	(122)
3.3.8 电源电路·····	(123)
3.4 特殊电路·····	(124)
3.4.1 彩色制式转换器·····	(124)
3.4.2 射频调制器·····	(130)
3.4.3 遥控电路·····	(132)
3.4.4 极化调整·····	(135)

第四章 国外家用卫星电视接收机的组装

4.1 用单元组件组装的卫星电视接收机·····	(136)
4.2 装配与调整方法·····	(139)
4.3 调整与最后的装配·····	(142)

第五章 付费电视的加解扰系统

5.1 加解扰的分类·····	(144)
5.2 有线电视加解扰系统的特点·····	(144)
5.3 对加扰的要求·····	(147)
5.4 付费电视传输系统的加解扰方法·····	(149)
5.4.1 射频同步压缩法·····	(149)
5.4.2 射频相位调制法·····	(151)
5.4.3 视频极性反转法·····	(151)
5.4.4 视频同步压缩法·····	(152)
5.4.5 陷波器法·····	(153)
5.4.6 干扰波叠加法·····	(154)

5.4.7	行搅乱法	(156)
5.4.8	行逆向扫描法	(157)
5.4.9	行抖动(行移位)法	(157)
5.4.10	行分段(行旋转)法	(158)
5.4.11	时基压缩数字传输法	(164)
5.4.12	可寻址干扰闭锁(非扰频)法	(165)
5.4.13	音频加扰处理法	(165)
5.5	加解扰管理	(166)
5.5.1	加解扰控制信息	(166)
5.5.2	用户管理系统	(167)
5.5.3	智能卡(IC卡)密钥	(168)
5.5.4	变换器/解扰器	(169)
5.6	可寻址加解扰系统的组成	(169)
5.7	有线电视加解扰系统的应用	(170)
5.7.1	加解扰系统的应用框图	(170)
5.7.2	用户端设备配置的改进方向	(172)

第六章 卫星电视接收系统的故障判别

6.1	卫星电视接收系统安装考虑的因素	(175)
6.2	设备的选用原则	(177)
6.3	设备的调试	(178)
6.4	卫星电视接收系统使用时的注意事项	(181)
6.5	卫星电视接收系统的故障判断	(182)
6.5.1	故障检查的基本方法	(182)
6.5.2	故障的简易判断	(184)
6.6	卫星电视接收系统故障判别流程	(189)
6.6.1	卫星电视接收系统故障判别流程图	(189)
6.6.2	卫星电视接收系统各种常见故障及原因	(189)
6.6.2.1	常见故障及原因	(189)
6.6.2.2	常见故障的分离方法	(193)

第七章 九种卫星电视接收机的检修

7.1	SR-4900 卫星电视接收机故障的排除	(195)
7.1.1	工作一段时间后接收不到卫星信号故障的排除	(195)
7.1.2	图像清晰度差、干扰严重故障的排除	(195)
7.1.3	噪声点大故障的排除	(195)
7.1.4	频飘故障的排除	(196)
7.1.5	伴音故障的排除	(196)
7.1.6	接收机场强表指示不正常故障的排除	(196)

7.1.7	信号波动大故障的排除	(196)
7.1.8	天线位置数码显示混乱故障的排除	(196)
7.1.9	天线东西限位失灵的排除	(196)
7.1.10	天线驱动失灵故障的排除	(196)
7.2	DSB-600A 卫星电视接收机故障的排除	(196)
7.2.1	电源部分故障的排除	(198)
7.2.2	视放电路故障的排除	(198)
7.2.3	音频电路故障的排除	(199)
7.2.4	中放通道故障的排除	(199)
7.2.5	其他故障的排除	(200)
7.3	WS-1000 卫星电视接收机的故障排除	(200)
7.3.1	有伴音、有图像,但在图像背景上有较大的噪声故障的排除	(200)
7.3.2	图像亮度闪动、行扯动、行扭、图像顶部呈弯曲状故障的排除	(202)
7.3.3	伴音小、且失真故障的排除	(202)
7.3.4	高频头无+18 V 电压输入故障的排除	(203)
7.4	SRE-80L 卫星电视接收机的故障排除	(203)
7.4.1	图像通道故障的排除	(203)
7.4.2	伴音通道故障的排除	(204)
7.4.3	其他故障的排除	(205)
7.5	DSB-700S 卫星电视接收机的故障排除	(205)
7.5.1	射频电路常见故障的排除	(205)
7.5.2	视频电路常见故障的排除	(211)
7.5.3	音频电路常见故障的排除	(211)
7.5.4	电源电路常见故障的排除	(213)
7.5.5	DSB-700S 卫星电视接收机常见故障排除表	(215)
7.6	TSR-C₂ 卫星电视接收机的故障排除	(215)
7.6.1	射频电路故障的排除	(218)
7.6.2	视频电路故障的排除	(221)
7.6.3	音频电路故障的排除	(222)
7.6.4	电源电路故障的排除	(226)
7.6.5	其他电路故障的排除	(231)
7.6.6	TSR-C ₂ 卫星电视接收机常见故障排除汇总表	(233)
7.7	TSR-C₃ 卫星电视接收机的故障排除	(236)
7.7.1	故障排除总流程图	(237)
7.7.2	视频电路故障排除流程图	(238)
7.7.3	伴音电路故障排除流程图	(238)
7.7.4	显示屏及信号电平电路故障排除流程图	(240)
7.7.5	存储器电路故障排除流程图	(240)
7.7.6	微处理器故障排除流程图	(240)

7.7.7	电源电路故障排除流程图	(242)
7.7.8	关键测试点直流工作电压、重要测试点波形及故障排除表	(243)
7.8	TSR-C ₄ 卫星电视接收机的故障排除框图	(245)
7.8.1	无声和电源不通故障排除流程图	(246)
7.8.2	视频电路故障排除流程图	(247)
7.8.3	音频电路故障排除流程图	(247)
7.8.4	电源电路故障排除流程图	(248)
7.8.5	极化器电路故障排除流程图	(248)
7.8.6	微处理器电路故障排除流程图	(248)
7.8.7	信号电平电路故障排除流程图	(253)
7.9	TSR-C ₅ 卫星电视接收机的故障排除	(253)
7.9.1	一体化调谐器(公共电路第二变频部分)故障的排除	(254)
7.9.2	视频电路故障的排除	(255)
7.9.3	音频电路故障的排除	(255)
7.9.4	微处理器(CPU)和显示电路(LED)故障的排除	(259)
7.9.5	电源电路故障的排除	(261)
7.10	卫星电视接收系统室外单元(高频头部分)的故障排除	(264)
7.10.1	故障及排除方法	(264)
7.10.2	部分高频头故障排除的参考数据	(267)
7.11	故障排除后的整机调整	(267)
7.11.1	鉴频器基准频率的调整	(268)
7.11.2	AGC 电路的调整	(268)
7.11.3	AFC 电路的调整	(268)
7.11.4	信号场强指示大小的调整	(269)
7.11.5	视频电平的调整	(269)
7.11.6	音频输出电平的调整	(269)
7.11.7	调整后的一般检查	(269)

第八章 卫星及有线电视系统业余维修 61 例

例 1	一台 SR-4900 卫星电视接收机, 工作一段时间后接收不到卫星信号	(270)
例 2	一台 SR-4900 卫星电视接收机, 天线位置数码显示混乱, 且部分数码时有时无	(270)
例 3	SR-4900 卫星电视接收系统的东西限位失灵	(270)
例 4	SR-4900 卫星电视接收系统的天线驱动失灵	(270)
例 5	一套新选置装配好的卫星电视接收系统, 收看时节目噪声很大, 节目质量不高	(270)
例 6	一台新安装的卫星电视接收系统, 一段时间后接收质量逐渐下降	(270)
例 7	一台新安装的卫星电视接收机系统, 使用时信号波动大	(270)
例 8	雨季中, 一台卫星电视接收机的输出信号不稳定, 图像时好时差	(270)

例 9	一台 TSR-C ₂ 卫星电视机输出图像噪波大, 质量差	(270)
例 10	DX 和 TSR 系列接收机, 由于高频头故障引起无图像和无伴音	(270)
例 11	CATV 系统中区域性用户出现左重影	(270)
例 12	CATV 系统中个别用户出现左重影	(272)
例 13	CATV 系统中, 部分电视机有重影, 部分电视机无图像或图像很淡, 且 雪花点多	(272)
例 14	CATV 系统中, 一个频道或 n 个频道都有重影	(272)
例 15	CATV 系统所有频道出现右重影	(272)
例 16	CATV 系统某一开路电视频道出现右重影	(272)
例 17	一套新安装的卫星电视接收系统, 接收时图像中经常有强干扰条纹, 影 响收看质量	(273)
例 18	图像清晰度差、干扰严重	(273)
例 19	一套 CATV 系统的电视图像上出现网络、条纹干扰	(273)
例 20	CATV 系统出现重影干扰与满屏明暗相间的水平白条带干扰	(273)
例 21	CATV 系统出现斜网纹干扰	(274)
例 22	CATV 系统的屏幕上出现木纹状网纹干扰, 并伴有彩色条纹干扰	(274)
例 23	CATV 系统出现斜条纹波或网状横条纹波干扰	(274)
例 24	CATV 系统出现图像无彩色, 画面有缓慢移动的网纹干扰	(275)
例 25	CATV 系统出现水平移动的垂直白条	(275)
例 26	CTAV 整个系统中都有某个频道的图像背景	(275)
例 27	CATV 系统出现水平黑白滚道干扰	(275)
例 28	一套卫星电视系统, 图像时有时无, 经常有脉冲性杂波干扰	(276)
例 29	CATV 整个系统所有频道均无信号	(276)
例 30	整个系统收不到某一频道的电视信号	(276)
例 31	在串接分支分配方式中, 某几户都收不到所有频道的电视信号	(277)
例 32	在分支分配方式中, 某个分支器后面的用户都收不到电视信号	(277)
例 33	某户接收不到所有电视信号	(277)
例 34	时间久了收不到卫星电视节目	(278)
例 35	系统内区域性的出现整个频道画面上雪花干扰	(278)
例 36	某单元几户反映在全部频道的图像上雪花点增多, 而其他单元正常	(279)
例 37	某放大器后, 在低频端频道雪花干扰大, 高频端频道图像正常	(280)
例 38	整个系统接收某一开路电视频道的电视信号弱, 画面上雪花干扰严重	(280)
例 39	整个系统接收某一卫星电视频道的电视信号弱, 画面上雪花干扰严重	(280)
例 40	夏季, 整个系统画面噪声点增加, 冬季画面噪声点减少	(281)
例 41	使用数年后, 整个系统的画面噪声点增加	(281)
例 42	自办节目的播出频道出现严重的雪花干扰, 且彩色异常	(281)
例 43	画面上出现黑白, 点状和线状噪声干扰	(281)
例 44	用户接收机接收开路电视时画面正常, 接收有线电视信号时出现画 面扭曲	(281)

例 45	画面彩色淡, 甚至无彩色	(282)
例 46	彩色镶边、错位和套色不准	(282)
例 47	图像呈浮雕现象	(282)
例 48	接收卫星电视节目的频道时, 图像正常但声音阻塞、沙哑	(282)
例 49	接收卫星电视节目的频道时, 图像清晰度差、彩色失真	(283)
例 50	接收卫星电视频道时, 图像很暗淡	(283)
例 51	在接收端无光功率	(283)
例 52	接收光功率过低	(283)
例 53	接收机信号量级不当	(283)
例 54	光纤传输的图像失真	(284)
例 55	一台长虹 WS5231/A 卫星电视接收机电源电路无直流输出电压	(284)
例 56	长虹 WS5231/A 卫星电视接收机电源烧保险丝	(285)
例 57	长虹 WS5231/A 卫星电视接收机电源 +5V, +12V, +18V, +28V 四组电压中有一组或几组电压无输出	(285)
例 58	WS-1000 型卫星电视接收机, 使用一段时间后, 图像亮度出现闪动	(285)
例 59	一台卫星电视接收系统, 由接收“东方红二甲”(东经 87.5°E) 改接 收“中星五号”(东经 115.5°E) 的电视信号后, 接收信号不稳定, 即 早、中、晚的不同时间里信号相差大	(285)
例 60	一台百胜 P-350 卫星电视接收机, 无画面、无声音, 前面板“DECODE” 灯亮, 频道显示器不能调谐	(285)
例 61	一台 TSR-C ₃ 卫星电视接收机, 接收不到图像, 屏幕一片白色, 并伴有 网纹	(286)

参考文献

第一章 卫星电视与有线电视

1.1 概 述

卫星技术的起源可以追溯到公元前 2000 多年前的古代中国,还在那时,我国古代工匠就已经发射了最早期的雏形火箭——烟火,节庆时人们常常把欢乐的烟火发射到离地面几百米左右的高空去。这种艺术性的“卫星发射”技术一直延续到 17 世纪末,直至牛顿开创近代天体力学之前,它没有任何变化。微积分的出现和天文科学的进展,为人造卫星的发射提供了必要的理论工具。但是在研制出具有足够推力用以验证这些理论的火箭之前,又过去了 250 年。1903 年,俄国物理学家特索科夫斯基发表了一篇关于应用高能液态燃料火箭的文章。1926 年,美国科学家罗伯特·戈德达德发射了世界上第一枚液体燃料火箭,于是揭开了空间竞赛的序幕。第二次世界大战期间,德国人首先认识到火箭在军事上的重要意义,曾经制造了数千枚给伦敦以重创的“V-2S”火箭。50 年代,美国和苏联都利用德国火箭专家研制出了真正的洲际导弹。

在 1957 年,苏联把一个形如足球大小的人造卫星 Sputnik 1 号送入轨道而率先步入太空。尽管它仅仅携带了一台只工作了几天的小型无线电发射机,然而人造地球卫星的影响之大,远远超过了它的微不足道的能力。几个月以后,美国发射了探索者 1 号卫星,上面装备了更为复杂的设备,卫星上的仪器探测到以前不曾知道的冯·阿伦辐射带。空间竞赛更激烈地展开。

到了 60 年代初期,美国和苏联都在为人类飞行做准备。宇航员约翰·格伦首次完成了“水星计划”的环球宇航飞行。这一系列飞行很快导致了“双子星”计划和“阿波罗”计划,并且制造了世界上最大的液体燃料火箭:土星 V-1B。苏联人通过 Vostok, Salyut 和 Soyuz 几项宇航计划来同时发展他们的宇航技术。但是,在当时他们还不能制造足够大推力的火箭和维持生命的系统让人们在月球上着陆。

在国防与经济建设两个方面,卫星技术都显示出了异乎寻常的优点:军队需要比超音速飞机飞得更高更快的的侦察装置;因为那时人们尚不知道地球表面地形的精确形状,测绘专家希望精确绘制地图;海军则要求建立一种完善的全球导航系统为海上航行使用;而气象学者梦寐以求的是能有半球和全球性气象鸟瞰图;地质学家对利用卫星上的摄影机和探测器来绘制地下油层和矿层分布很感兴趣;农业专家期望用红外照相技术分析农作物生长状态以及研究预测庄稼收成的方法。

像世界各国政府一样,世界电信界的权威们和一些国际通信公司都在关注着通信卫星革命。

所有这些梦想都很快的实现了,到 90 年代中期,发射了上千颗卫星,包括美国、苏联、法国、中国、日本、印度和意大利等等国家和地区都有自己的卫星系统。卫星作为国家骄傲的诱惑力很快就让位于经济上发展的需要,因为发达国家和“第三世界”都把卫星技术视为一种新的财富与富有的象征。

1.2 卫星的发射与克拉克同步地球轨道

如何把重达一吨带有电子设备、燃料室、方位控制发动机和传感器的卫星送到空间呢？又如何在地面控制器的操纵下使其进入精确的地球轨道？

问题的解决基于1687年牛顿所提出的重力和轨道力学定律。地球对物体的引力称之为重力，通常以重量单位例如磅和千克来度量。欲把一个900kg的物体送入地球轨道，火箭发动机必须提供连续的推力。将该物体发射到几百公里或更高的高空（垂直高度），只要足以克服 9.8m/s^2 的向下的地球重力加速度就可以了。

火箭发动机必须加速到每小时上万公里的速度才能完成这一使命。当速度大约达到 11km/s 时（大致 $40\,233\text{km/h}$ ），从地面发射的火箭才足以脱离地球的引力，进入空间永远在宇宙中旅行（图1-1）。

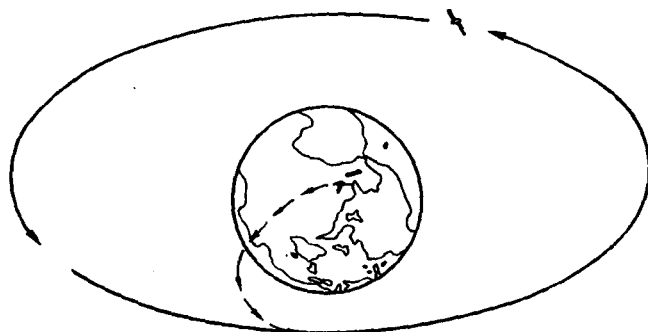


图1-1 速度大约 $40\,233\text{km/h}$ 的卫星轨道

低轨道卫星运行速度每小时上万公里，每天绕地球几十圈，比地球自转速度快得多。位于 160km 上空的军事侦察卫星，绕地球轨道一圈约需90分钟。高度在 $37\,014\text{km}$ （ $23\,000$ 英里）以上的卫星，绕地球一周需要24小时以上。与地球自转周期一致的轨道，称之为同步地球轨道或克拉克轨道。它是为纪念科幻小说作家阿瑟克·克拉克而命名的。这一圆形轨道，位于地球赤道平面，在离地面大约 $35\,888\text{km}$ （ $22\,300$ 英里）高空。发射同步地球卫星的过程是非常复杂的，图1-2示出了这一发射过程。

1945年，克拉克在为英国刊物“无线电世界”所撰写的文章中，第一次描述了这种特殊的轨道。他在文章中概述了利用在同步地球轨道上等距离配置的三个卫星，建立全球通信系统的可能性。克拉克注意到，这三个卫星对在地球上的观察者看来，是完全静止在空间的（见图1-3）。当地球在他们下面旋转时，卫星也将绕着地球同向飞行，并与地球每天24小时的自转周期保持精确的同步。

因为克拉克是一位科幻小说作家，当时科学界的大部分人仅把这种思想当作是一种有趣的幻想而已。在那时，长途电话线路的通信质量是十分粗糙的，从欧洲到北美的长途电话是利用电离层来回反射高频无线电信号来中继传输，既不可靠又有天电干扰。横跨大西洋的第一条电话电缆直到1956年才敷设，这已经是克拉克的文章发表十年后的事了。

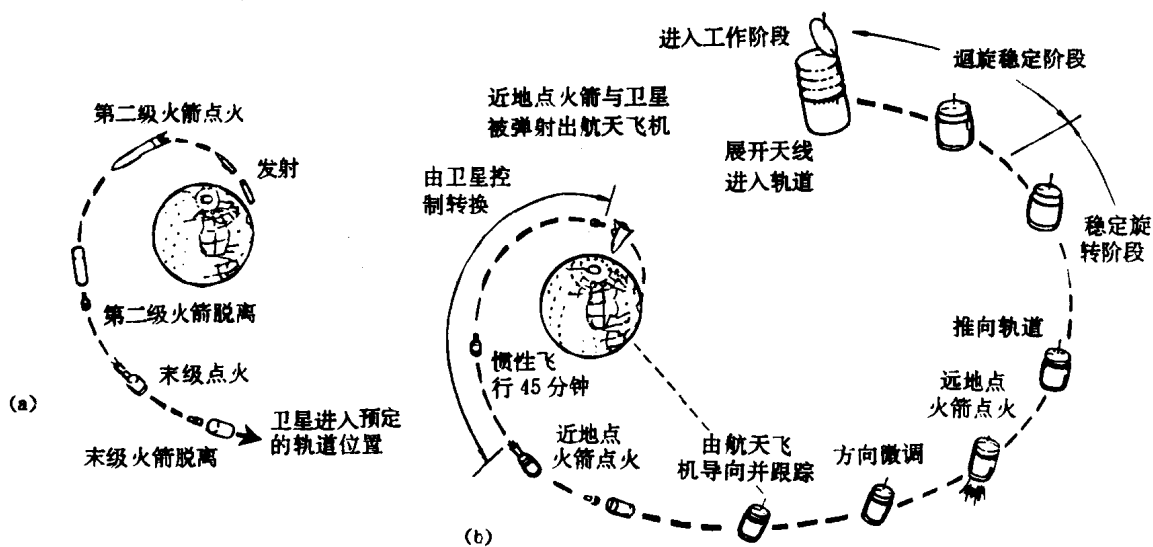


图 1-2 同步通信卫星的发射

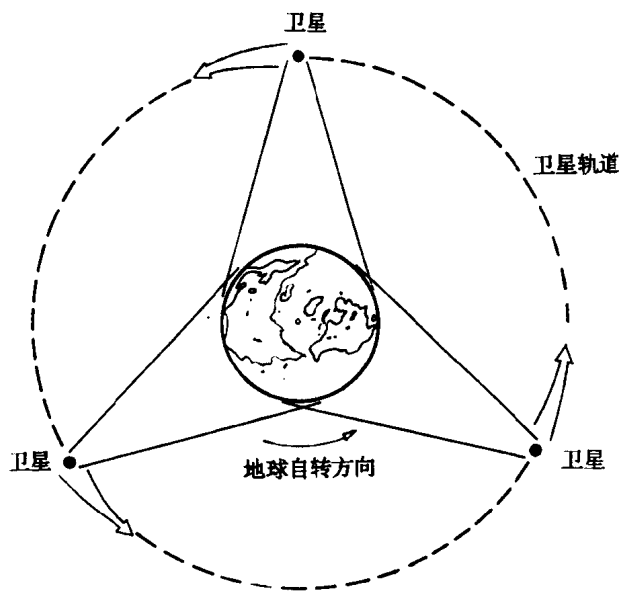


图 1-3 克拉克同步地球轨道平面

贝尔电话实验室里的一些科学家，受到了应用卫星来通信的主张的鼓舞和启发。他们开始研制一种非同步地球卫星通信系统。在 1962 年 7 月 10 日，从佛罗里达州的卡拉维拉尔角发射了一颗很小的通信卫星 Telstar 1 号，其重量只有几十公斤，用改进型的 Thor-

Delta 火箭送入高空。卫星的轨道很低，当从头顶呼啸而过时，需要庞大的地面站天线来跟踪它。但是通信卫星 Telstar 号首次实现了从英国到美国的电视实况转播。由于 Telstar 号卫星按极轨道运行，因此它飞越大西洋上空的有效位置每次只有几分钟，这样可用于传送图像的时间就非常有限了。

Telstar 号卫星的成功使约翰·肯尼迪总统受到巨大的鼓舞，并博得了国会的关注。由于 Telstar 号卫星的成功，使国会立即通过了“通信卫星法”。基于“通信卫星法”，当时创建了一家发展通信卫星系统的私营企业——康赛特通信卫星公司。它的 Intelsat (IS) 系列卫星是采用美国研制的火箭，由美国国家航空和航天管理局在肯尼迪角实验场发往同步地球轨道。在设于华盛顿哥伦比亚特区的 L'Efant Plaza 的 IS 国际通信卫星控制中心的控制下，IS 国际卫星被发射到太平洋、大西洋和印度洋上空的关键位置上。目前，几十枚 IS 国际通信卫星在为地球表面各个区域的私人 and 公家提供电话、电传、电视等通信服务。

1.3 无线电波和电视卫星

通信卫星是从空间某特定点面向地球的一种电子“反射镜”。卫星采用工作于微波频段的无线电波来中继从地球向卫星的上行信号和返回地球的下行信号。

所有实际的物质，都是按照一定的频率在振动。量子力学定律指出，即使最小的亚原子粒子，其运动也是永恒的。振动波为全人类和电子通信奠定了基础。一种被称之为正弦波的最普通的波形，其形状是一系列重复的几何图形，它表征了（物质）运动状态。乐器和人的声带产生一系列正弦波的波峰和波谷（见图 1-4a）。在人的听觉范围内，这些波的频率范围是从 20Hz 的最低音调到 20 000Hz 的最高音调。另一方面，无线电波（见图 1-4b）可扩展到数兆赫兹。

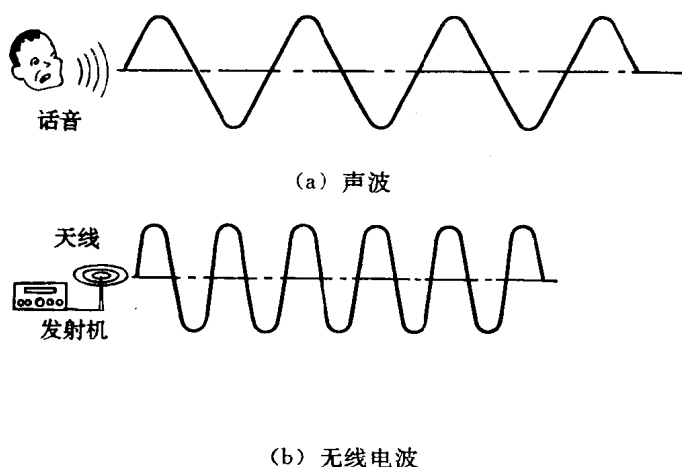


图 1-4 正弦波形

正弦波的幅-频特性如图 1-5 所示。频率是每秒内出现的完整的振荡或周期数（称为声波的音调）。幅度描述正弦波的功率电平（称为声波的响应）。相位描述两个同频等幅度的

正弦波在时间上所存在的相互关系，相位从 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 之间变化。通过系统地控制这三个参数，就可以把有用信息发往远方。这种处理的过程叫做“调制”。

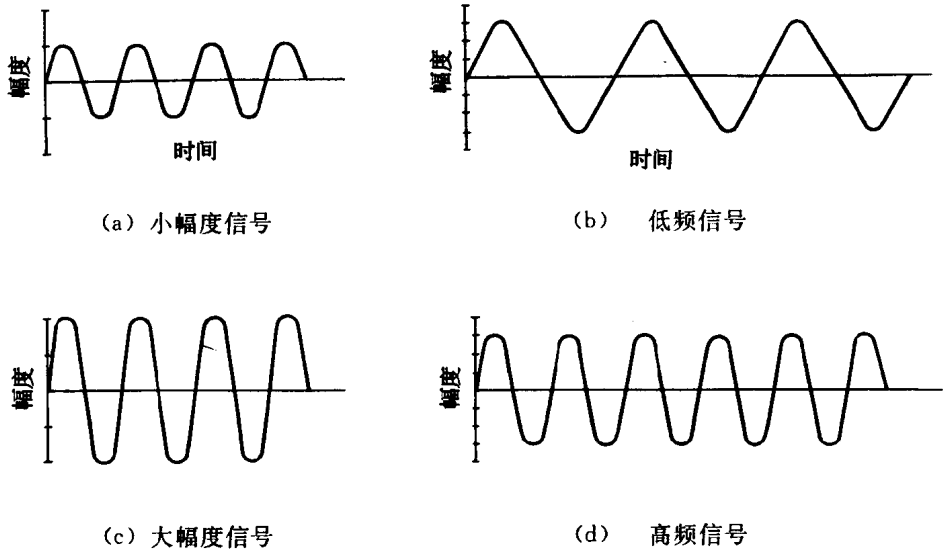


图 1-5 正弦波的特性

无线电波是由相互垂直的磁场和电场的互相作用而产生的正弦波，被称之为无线电发射机的振荡器/放大器系统产生出无线电波，并借助于天线将其辐射到空间中。波长很长的低频无线电波通常用来进行水下通信，它能在海面下穿透数百米。中频无线电波能传送标准调幅广播电台的信号，发射机信号输出幅度或功率电平与播音员或乐器声音大小成正比的变化。调频广播电台使用甚高频，所发射的无线电波的频率随播音室音频节目的忽高忽低而改变。

目前的电视节目是通过甚高频和超高频频段来传输的，传送的频道分别为 2~13 频道及 14~70 频道。地面上的电视广播电台一般都采用改变发射信号的幅度和频率的调制方式。每个电视台使用二台不同功能的发射机。图像发射机对图像信号进行幅度调制，伴音发射机对相应的音频信号进行调频。在数兆赫频率上，最常见的噪声是脉冲干扰，它们会影响发射质量。然而，调频制相对而言可抗大气和人为噪声。因此，在电磁暴期间，电视调频伴音可免受天电干扰，而调幅的图像在闪电瞬间会跳动和被破坏。

调幅无线电工作在 535kHz 到 1 600kHz 频段，调频频段从 88MHz 到 108MHz。甚高频电视的 2 频道在 54MHz 到 60MHz 之间，与之相邻的是甚高频 3 频道。每一电视频道占据 6MHz 带宽，也就是传送色彩丰富的彩色图像信息所需要的频谱宽度。在北美甚高频电视波段中的 6 频道与 7 频道之间有一段很宽的频段被电台所用了。超高频电视频段从 470MHz 开始（14 频道）一直到 958MHz（83 频道）。其中的 69 频道到 83 频道（在许多电视接收机中仍然保留了这些频道）已重新分配给移动无线电话和其他非电视行业使用。在北美，美国国家电视标准委员会制定了商业电视系统的指标，这种系统被称为 NTSC 制式。这种制式在频道间隔和调制技术方面与其他洲的 PAL 和 SECAM 制式是不兼容的。

微波频段大约从 1 000MHz (1GHz) 开始，一直延伸到电磁波谱的光波波段。随着波

长愈来愈短，它们就开始出现愈来愈多的可见光特性。微波频率可由镜面反射，易受雨水衰耗。微波信号按直线视距传播。微波在沿地球表面传播时，不易发生散射、发射或折射等现象。通信卫星工作在微波频率范围，频率从 3.5GHz 到 6GHz（称作“C 波段”）和从 12GHz 到 14GHz（称作“Ku 波段”）。通信卫星是位于 35 888km 处的一个简单的电子转发器，用望远镜能清楚地看到它，其微波信号可用抛物面天线来接收。

医用透热设备、微波炉和世界上的雷达系统也采用微波频率。电话公司在微波线路上传送大量的长途电话，贝尔电话网络采用每 64km 一个接力站的地面微波中继传输网。由于这一庞大的微波系统的使用，人们的周围将充斥着微波辐射。这些杂散信号可能互相干扰，也可能干扰本地卫星电视，所幸的是只要将天线移动不到几公尺或转动某一方向，通常就可消除这样的干扰。表 1-1 给出了电磁波频谱一览表。电视信号的传输主要在特高频（UHF）和甚高频（VHF）频段，而卫星电视信号的传输则主要在超高频（SHF）频段。

表 1-1 电磁波频谱的划用

频段	频率范围	用途	分配国家和地区	备 注
甚低频 (VLF)	50kHz~ 100kHz	水下通信	全球范围进行分配	远洋导航、通信
低频(LF)	100kHz~ 535kHz	导航、通信、广播	全球范围进行分配	
中频(波) (MF)	535kHz~ 1 600kHz	调幅广播	全球范围进行分配	
高频(HF)	1. 6MHz~ 50MHz	导航、通信、广播	全球范围进行分配	
甚高频 (VHF)	60MHz~ 230 MHz	地面电视	全球范围进行分配	
特高频 (DHF) ^①	470MHz ~ 958MHz	地面电视、通信、导航	全球范围进行分配	(1) 与其他业务共用； 地面与卫星电视共用； (2) 必须征得有关国家和可能受影响国家的主管部门同意； (3) 广播卫星对地面辐射的功率通量密度应予以限制，以保护地面业务。
S 波段	2. 5GHz ~ 2. 69GHz	卫星电视、通信	全球范围进行分配	(1) 与其他业务共用； (2) 限国内和区域生集体接收系统。