

卫星电视



顾龙翔 编著



华东师范大学出版社

卫星电视

顾龙翔 编著

华东师范大学出版社

卫星电视

顾龙翔 编著

华东师范大学出版社出版

(上海中山北路 3663 号)

新华书店上海发行所发行 复旦大学印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张 13.75 字数: 360 千字

1991 年 5 月第一版 1991 年 5 月第一次印刷

印数: 0001—3,000 本

ISBN 7-5617-0637-5/T·004 定价: 4.25 元

序 言

在卫星通信基础上迅速发展起来的卫星电视，能及时为人们提供各种信息，进行国际和国内的电视节目交换，使人们从中获取知识，增长才干。它的实用价值已为人们所公认，世界各国都非常重视其发展。

目前国内已有成千上万个集体接收的卫星电视站，分别收看定点在 179°E 的国际通信卫星 V(IS-V) 号、 87.5°E 的 Chinasat-1 卫星、 110°E 的日本 BS-2 卫星传送的电视节目，集体与个体还接收 99°E 的苏联 EK-RAN 卫星的电视节目和 110.5°E 卫星传送的教育节目。1990 年定点在 105.5°E 的亚洲一号卫星的发射成功，又为传送与交换亚洲和国内电视节目提供了条件。现在，已经形成了以通信和广播卫星为中心的卫星电视接收网。卫星电视的迅速发展，更加引起人们的普遍关注。

许多读者希望有一本阐明卫星电视的基本原理及其工程应用的专业书，作为高等院校的通信、广播、电视、电子工程等专业的教学用书，并作为从事卫星通信、卫星电视接收站工作的广大工程技术人员的专业参考书。为此，作者将近年来从事卫星电视教学用的教材和国家自然科学基金资助的“卫星电视接收网的系统分析”项目的研究成果，进行整理、补充，编著成本书。

本书采用理论分析、计算机运算和工程应用的统一方法，阐述卫星电视的基本原理、系统分析方法、工程技术的规范设计及其实际应用。

全书共分六章，其主要内容为，第一章概述卫星电视的基本特点、系统构成、信号传输方式及发展前景。第二章讨论通信广播卫星的运行轨道、发射、定点、保持、波束覆盖、传输时延和

观察参数。第三章对卫星电视的传输信道进行系统分析，阐述影响传输质量和收看效果的主要因素，给出综合分析的数学模型及其应用。第四章从信号分析角度出发，讨论在现行卫星电视中传输的模拟电视信号、数字声音信号和复用模拟分量信号。第五章讲述卫星电视接收系统的原理、工程设计、门限扩展解调、基带信号处理和系统性能监测。第六章详细分析了卫星地面接收站的信号发生日凌中断规律及其预测方法。

作者感谢国家自然科学基金委员会对“卫星电视接收网的系统分析”及“日凌中断的研究”项目的资助，使作者取得一些研究成果，并在本书中得以反映。宋协榕、顾宁江为本书编制了部分计算机程序，作者在此表示谢意。最后，热忱希望读者对本书的不足之处提出宝贵意见，以便进一步修改提高。

顾 龙 翔

1989.12. 于华东师范大学

目 录

序 言	1
第一章 绪 论	1
§ 1.1 引 言	1
§ 1.2 系统简化模型	15
§ 1.3 频段与频道	20
§ 1.4 卫星电视的教育应用	25
§ 1.5 卫星通信广播现状	32
第二章 静止卫星	53
§ 2.1 静止卫星轨道	53
§ 2.2 静止卫星的发射	61
§ 2.3 定点与保持	64
§ 2.4 通信广播卫星的构成	67
§ 2.5 覆盖区	74
§ 2.6 静止卫星的观察参数	79
§ 2.7 时 延	92
§ 2.8 卫星蚀	99
第三章 卫星通信广播的空间线路	101
§ 3.1 电波强度	101
§ 3.2 接收功率	107
§ 3.3 噪声干扰	112
§ 3.4 载噪比	122
§ 3.5 G/T 值	124
§ 3.6 综合载噪比	125
第四章 卫星电视信号传输	130
§ 4.1 彩色活动图像的特征描述	130
§ 4.2 图像的空间与时间分解	132
§ 4.3 图像信号带宽	139
§ 4.4 消隐与同步信号	141

§ 4.5 视频全信号频谱	143
§ 4.6 彩色图像信号传输	149
§ 4.7 数字信号	184
§ 4.8 数字声音信号传输	199
§ 4.9 多路复用模拟分量信号	217
§ 4.10 双视频信号传输	230
§ 4.11 调频传输	232
第五章 卫星电视接收	239
§ 5.1 概 述	239
§ 5.2 抛物面天线	241
§ 5.3 低噪声下变频	257
§ 5.4 调谐与解调	263
§ 5.5 基带信号处理	273
§ 5.6 视频信噪比	292
§ 5.7 视觉加权	309
§ 5.8 图像质量	313
§ 5.9 接收系统设计	315
§ 5.10 接收系统的主要性能监测	329
第六章 日凌中断	342
§ 6.1 预测日凌中断的数学描述	343
§ 6.2 日凌中断日期与时刻	345
§ 6.3 日凌中断持续时间与天数	348
§ 6.4 日凌中断的微机预测	350
§ 6.5 日凌中断规律	352
§ 6.6 日凌中断的预测值	355
附 录	404
一、世界各国及地区采用的电视制式	404
二、世界各国及地区的电视频道	411
三、6 米(标称)卫星电视接收站主要技术要求(暂行)	422
四、常用略语	428
五、主要参考文献	431

第一章 绪 论

§ 1.1 引 言

现在人们能在家里收看由通信广播卫星转发、经电视台播出的电视节目，它不仅使人们能及时了解到今日世界上发生的重大事情，而且使人们具有“耳闻目睹，身临其境”之感。

卫星电视就其含义而言，是指用通信广播卫星的电视频道传送彩色活动图像与声音信号，供覆盖区内的广大用户观看与收听，它包含卫星电视信号的取得、存储、传输、接收再现的全过程。

一、特 点

当今的卫星电视之所以为人们关注，是由于它具有以下几个特点。

1. 它的覆盖范围大，费用省，效益高，无距离限制。它能解决全覆盖问题。在卫星通信广播系统出现以前，地面上解决电视广播覆盖问题的办法，主要是增加电视台数量，架高发射和接收天线，提高发射功率和接收灵敏度，设立数目众多的差转站，通过地面微波传输网络，传送交换电视节目，在大城市发展有线电视(Cable Television——CATV)系统等等。所有这些手段都存在着设备庞大，经济代价高，信号传输分配环节多，图像质量下降，信号传输受到高山、海洋、河流等地理条件限制等问题。而卫星电视是一种点对面的信息传输，从网络拓扑来看，卫星处在星形拓扑结构中心，电视信号由卫星向覆盖区内的广大用户播发。定点在静止卫星轨道上的通信广播卫星，离地球赤道表面高度为35786.014km，其波束对地面覆盖区是居高临下，不受高山、河流、江湖，海洋等地理条件限制。一颗国际通信卫星能覆盖三

2012.6.18

分之一地球表面，一颗国内通信广播卫星能覆盖全国。

2. 卫星电视信号传输质量高。通常是一次转发，在波束覆盖区内的场强比较均匀，位于下行功率通量密度等值线上的地面站，尽管地面距离和地理经纬度相差甚远，能量扩散损失和接收仰角有差异，但因等效全向辐射功率相同，故能同时收到高质量的电视信号。

此外，由于卫星传输用的载波频率高，电波波束窄，接收仰角高，不受高楼大厦等建筑物和高山树林等的反射波影响，因此，图像不会出现重影。

3. 传输容量大，分配给通信广播卫星用的频段频率高，频带宽，便于扩展电视频道。如卫星通信和广播用的C频段的下行频段为3.7~4.2GHz，Ku频段为11.7~12.2GHz，都具有500兆赫带宽，24个电视频道。国际通信卫星V号（Interlast-V），星载27个转发器，能同时传送12000路电话和2路彩色电视，中国Chinasat-I号的通信广播卫星，星载四个转发器，能同时传4路彩色电视。

4. 卫星电视信道的传输频带宽，是数字电视和高清晰度电视的重要传输手段，便于传输数字多路声音广播和立体声伴音及数据。

5. 卫星电视灵活可靠，对临时发生的事情能及时向全国或全世界播发。

6. 卫星电视的信息量大，保持率高。在研究人们获取信息与保持率时发现，由视听觉获取的信息量约为总信息量的90%，听看同时作用的保持率比单看、单听的保持率高50%左右。由于卫星电视能同时传送活动的彩色图像和声音，使语言描述与彩色图像变化在时间、空间上完全一致，能同时作用于视听觉，因此，它使人们获取的信息量和保持率最大。

二、分类

卫星因其用途、信号、频段和服务范围的不同而异。从用途

着，有通信、广播、海事、气象、陆地、军事等卫星之分。电视信号通常由通信和广播卫星传输。

通信卫星 (Communications Satellite) 是以宇宙无线电波的方式，传送电话、电报、电传、传真、数据传输、专用信息、无线电广播与电视等多种通信业务的对地静止卫星。它以点对点的通信方式，转发来自地面的各种通信信号，即用户的信息传递是通过由卫星地面站、通信卫星构成的卫星通信的系统网络实现的。星载多个转发器，每个信道的功率较小，通常为 $8\sim 20\text{W/ch}$ ，地面站天线视等效全向辐射功率大小和用途而异，可以由 4 米到 30 米，通常大天线的地面站，因波束窄，需要跟踪系统。

广播卫星 (Broadcast Satellite, 又叫直播卫星 DBS——Direct Broadcast Satellite) 是专门用于传送语言广播和电视信号的静止卫星。每个信道的等效全向辐射功率大，覆盖区内的广大用户可用直径为 0.7 米到 3 米天线的卫星接收站，直接收看广播与电视节目。其信息以点对面的方式传输。通常星载多个转发器，供用户选择。

按卫星传输的信号性质分，有数字和模拟卫星之别。数字卫星是指被传送的信号在时间和幅度取值方面是离散的，多路信号按时分复用进行 PCM 编码和移相键控调制传输，信道按时分多址方式划分。模拟卫星是指被传输的信号，在时间和幅度取值上是连续的，多路信号按频率复用（又叫频分制）调频方式传输。

从卫星电波下行波束的覆盖范围看，有国际、国内、区域通信卫星之分。国际通信卫星的波束覆盖范围大。用三颗定点在大西洋、印度洋、太平洋上空的国际通信卫星，能实现全球通信。星载多个转发器，以国际通信为主。国内（或区域）卫星通常用于国内（或区域）通信和广播。

按指配频率分，有 C 和 Ku 频段通信广播卫星，C 频段以通信为主，Ku 频段以广播为主，同一个卫星可兼有 C、Ku 两个频段，如 Interlast-V 卫星，就同时用两个频段。

以上分类并非绝对，根据实际需求，可以一星多用。

三、发 展

当今的卫星通信成就，在 20 多年前是难以想像的，它经历了人们长期的艰苦的研究、试验、探索过程。

早在 1687 年，牛顿建立的惯性运动理论，为宇宙飞行器在大气层以外空间绕地球进行惯性运动指明了方向。后来，德国的冈斯宾特提出用火箭作为飞行器的运载工具。与此同时，俄国齐奥尔科夫斯基全面阐述了宇宙飞行理论，他在 1903 年证明了，把宇宙飞行器送到大气层外，使它像月球一样，永远绕着地球运行，是完全可能的。他还指出，运载火箭的燃料采用液态氧和氢。

1945 年 2 月，英国的克拉克 (Arthur C. Clark) 在《无线电世界》(Wireless World) 杂志上指出：向赤道上空 36000 公里的静止轨道发射三颗相互间隔 120° 的卫星，有可能实现全球通信。

随着科学技术的发展，经过一系列的试验，在实践中，逐步解决了卫星通信的重要技术和理论问题，使克拉克的卫星通信设想变为现实。

1957 年 10 月 4 日，苏联发射了世界上第一颗人造卫星。它标志着人类开始了宇宙航行时代。从此，卫星通信被提到议事日程上了。三个月后 (1958 年 1 月)，美国发射了斯科尔 (Score) 卫星，进行卫星通信试验。这颗卫星重为 68 公斤，沿椭圆轨道运行，周期为 101.5 分钟，用蓄电池作能源，寿命只有 13 天。这一试验使人们认识到，实现卫星通信必须解决卫星上的能源问题。

1962 年 7 月，美国发射横跨大西洋的电星 (Telstor) 1 号卫星，进行了电视、电话、电报、传真通信试验。1962 年 12 月，美国又发射了中继 (Relay) 卫星。1963 年 11 月 23 日，利用这颗卫星在美国和日本之间进行电视转播试验。在开始前 2 小时，发生肯尼迪遇刺事件，卫星及时转播了这条新闻，使人们看到了通

信卫星传送电视新闻的优越性。

以上这些试验卫星都是椭圆轨道，高度也只有几千公里，在相距很远的两地，要同时看到卫星、进行通信的时间很短，仅有20~30分钟。

卫星高度与通信时间的关系，如表1.1所示。

表 1.1 卫星高度与通信时间的关系

卫星高度 (km)	每天通过某一点上空的次数 (次)	每次最长可见时间 (分)
320	16	9
1600	12	24
8000	4	126
36000	相对静止	连续

由表1.1可见，由于地球的自转，卫星绕椭圆轨道在地球上空不断变动，这样，利用卫星进行通信的时间，每天只有几次，每次又不固定，通信时间也很短。因此，这种移动式的低中高度卫星，不能用于卫星通信。

随着火箭运载能力的提高，人们在实践中又掌握了静止轨道的发射技术和卫星的姿态控制技术，有能力把卫星保持在同步轨道的位置上。1963年美国把辛康(Syncom)2号卫星送入同步轨道。1964年8月美国向太平洋上空的静止轨道发射辛康3号卫星，及时向全世界大部分地区转播了在东京举行的奥林匹克运动会的电视实况，使人们认识到卫星通信的实用价值。

1964年8月20日，在美国由十一个国家参加签署成立了临时国际商业通信卫星组织，1965年正式命名为Intelsat(1973年2月，最后定名为国际通信卫星组织——International Telecommunications Satellite Organization)。从此，就由该组织发射管理国际通信卫星。1965年4月6日发射国际通信卫星1号，使通信卫星经过二十年(1945~1965)的试验后，正式进入实用阶段，从

1965~1980年，共发射I~V代的国际通信卫星，计33颗（包括失败七颗），它的通信容量在不断增长，如表1.2所示。

表 1.2 国际通信卫星的通信容量

时 间 (年)	卫 星 名 称	带 宽 MHz/ch	总 带 宽 MHz	容 量 ch
1965	Intelsat-I	25×2	50	240
1966	Intelsat-II	126×2	252	240, or, TV
1968	Intelsat-III	225×2	450	500, or, 4TV
1971	Intelsat-IV	36×12	432	3750+2TV
1975	Intelsat-IVA	36×20	720	6250+2TV
1980	Intelsat-V	27个独立转发器	2280	12000+2TV

表 1.2 中的第五代国际通信卫星的寿命为 7 年，它在太平洋、印度洋和大西洋的定点位置分别是 179°E, 174°E, 66°E, 63°E 和 320~345°E。它的转发器接收频率为 5925/6425MHz (6 GHz 频段) 和 13750/14500MHz (14 GHz 频段)，向地面发射频率为 3.7~4.2GHz (4 GHz 频段) 和 10.95~11.7GHz (12 GHz 频段)。

国际通信卫星组织(INTELSAT)拥有 100 多个成员国，经营商用全球性卫星通信系统，它为各成员国提供高质量的电话、电视、传真、电报、电传、计算机数据通信、电子邮件、新闻广播、会议电视、医疗应急业务、交通、金融、市场信息、气象、陆上监视、船舶与飞机的航行数据等现代通信业务。1979 年 12 月 31 日前已在 INTELSAT 网络中工作的地面站如下。

大 西 洋 地 区

阿尔及利亚：拉克达利亚 3*

安哥拉：卡夸科

*这里所列地球站为截止 1979 年 12 月 31 日正式工作的那些。当一个地球站有一副以上天线时，所标的数字代表特定天线或在该地区提供业务的天线。

阿根廷：巴尔卡塞 1 和 2
奥地利：阿弗伦兹
巴巴多斯：巴巴多斯
比利时：莱锡夫
伯利兹：贝尔莫潘
玻利维亚：铁瓦纳库
巴 西：纳塔尔，坦瓜 1 和 2
喀麦隆：扎门哥 1
加拿大：德罗兰蒂得，米尔维莱奇 1 和 2
智 利：隆戈维洛 1 和 2
哥伦比亚：乔孔塔 1
刚 果：穆 贡
古 巴：卡里贝
丹 麦：戈德霍普
多米尼加共和国：坎比塔
厄瓜多尔：基 多
埃 及：马阿迪
萨尔瓦多：伊查尔科
埃塞俄比亚：苏卢塔
法 国：贝尔赛奈·昂·渥特 1
 普勒默·博杜 1 和 2
法属圭亚那：特鲁比兰
马提尼克：特鲁瓦齐莱
加 蓬：恩科尔唐
冈比亚：班 珠
德国西部：赖斯廷 2 和 3
希 腊：塞莫皮莱 2
圭亚那：乔治敦
海 地：杜瓦利尔维里

伊 朗：阿萨达巴德 1
伊 拉 克：杜杰勒 2
以 色 列：埃默克海拉 1
意 大 利：福齐诺 1，拉里奥
象牙海岸：阿比让 1
牙 买 加：普罗斯佩克特半岛 1
约 旦：巴 卡 2
科 威 特：乌姆艾什 2
利比里亚：辛 科 尔
利 比 亚：的黎波里 1
马 里：苏里门博古 1
墨 西 哥：图兰辛戈 1
摩 洛 哥：塞霍尔斯
莫桑比克：博 阿 内
荷 兰：布鲁姆 1
荷属安的列斯群岛：凡尔登堡
尼加拉瓜：马 那 瓜
尼日利亚：兰拉特 2
巴 拿 马：乌 提 别
巴 拉 圭：阿 雷 瓜
秘 鲁：卢 林
葡 萄 牙：辛 特 拉
亚 速 尔：蓬图德尔加达
罗马尼亚：谢 亚 2
沙特阿拉伯：塔 伊 夫
塞内加尔：甘 杜 尔
塞拉利昂：威尔伯福斯
南 非：比勒陀利亚 1 和 3
西 班 牙：布伊特拉戈 1 和 3

阿圭梅斯

- 苏 丹：乌姆哈拉兹
苏 里 南：巴尔特，圣博马
瑞 典：塔努姆*
瑞 士：洛伊克 1
多 哥：卡卡维里
特立尼达和多巴哥：马图拉角
土 耳 其：安卡拉
阿拉伯联合酋长国：阿布扎比
英 国：阿森松岛，直布罗陀，贡希利 1, 2 和 3
百 幕 大：德文郡
美 国：安多佛 2, 3, 埃汤 1 和 2
上沃尔特：松根德
乌 拉 圭：曼加
苏 联：利澳夫，莫斯科
委内瑞拉：卡马塔瓜 1
南斯拉夫：南斯拉夫
扎 伊 尔：恩塞勒

印度洋地区

- 阿尔及利亚：拉克达利亚 1
澳大利亚：塞纳封 1
巴 林：阿布贾朱尔角
孟加拉国：贝特巴尼亚
文 莱：特莱塞
緬 甸：仰光
中 国：北京 2
台 北 2

*Tanum 地面站是由丹麦、芬兰、挪威和瑞典共同负责的。

法 国：普勒默·博杜 4
德国西部：赖斯廷 1
希 腊：塞莫皮莱 1
印 度：艾哈迈德，维克拉姆
印度尼西亚：查蒂卢胡尔 2
伊 朗：阿萨达巴德 2
伊 拉 克：杜杰勒 1
意 大 利：福齐诺 2
日 本：山 口 1
约 旦：巴 卡 1
肯 尼 亚：隆 戈 诺 1
南 朝 鲜：锦 山 2
科 威 特：乌姆阿什 1
黎 巴 嫩：阿巴尼耶 1
马达加斯加：菲利伯特·齐拉纳纳
马 拉 维：坎 基 扎
马来西亚：关 丹 1
马尔代夫：马尔代夫
马 里：苏里门博古 2
毛里求斯：卡 西 斯
荷 兰：布 鲁 姆 2
尼日尔：尼亚美 |
尼日利亚：兰 拉 特 1
阿 曼：哈 贾 尔 1
巴基斯坦：德曼德罗
菲 律 宾：皮 努 加 2
卡 塔 尔：多 哈
罗马尼亚：谢 亚 1
沙特阿拉伯：利雅得 1