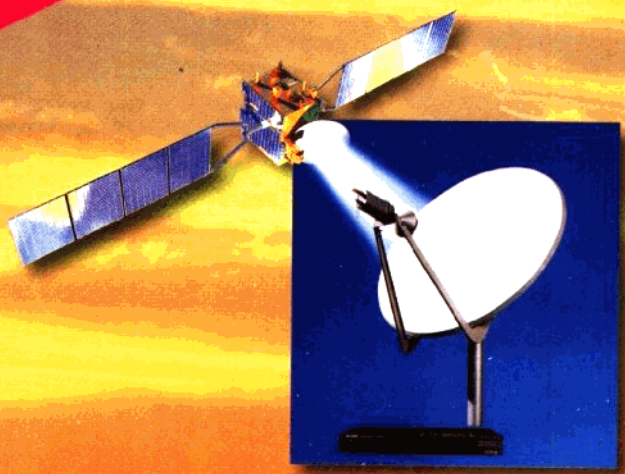




电视系列丛书

# 卫星电视

吴立勋 编著



复旦大学出版社

电视系列丛书

# 卫星电视

吴立勋 编著

复旦大学出版社

## 卫星电视

---

编 著 吴立勋

责任编辑 林溪波

责任校对 刘燕芬

装帧设计 赵丽丽

出版发行 复旦大学出版社 <http://www.fudanpress.com>  
上海市国权路579号 200433  
86-21-65102941 (发行部) 86-21-65642892 (编辑部)  
[fupnet@fudanpress.com](mailto:fupnet@fudanpress.com)

经 销 新华书店上海发行所

印 刷 复旦大学印刷厂

开 本 850×1168 1/32

印 张 4.5

字 数 116千

版 次 1998年12月第一版 1998年12月第一次印刷

印 数 1—5 000

ISBN 7-309-02153-3/T·211

定 价 7.80元

---

本版图书如有印装错误,可向出版社随时调换。

## 内 容 提 要

《卫星电视》是《电视系列丛书》的一种。本书介绍了卫星广播电视系统的组成及工作原理,重点介绍卫星电视接收系统,并且对各组成部分分别作了较详细的阐述,对家用卫星电视接收系统的安装调试作了专门的介绍,最后描述了卫星电视发展的动向和前景。

全书共分七章。第一章主要介绍广播电视卫星系统;第二章介绍卫星电视接收系统;第三章介绍卫星电视接收天线系统;第四章介绍卫星电视接收室外单元;第五章介绍卫星电视接收机;第六章介绍卫星电视接收站选址、天线的安装和调试;第七章介绍卫星电视发展趋势;最后,附录列出了我国卫星电视接收站的主要技术标准。

全书理论联系实际,集技术性、实用性、知识性于一体,内容丰富多采,可作为本行业工程技术人员的参考书;还可供广大业余电视爱好者和卫星电视用户阅读使用。

## 前 言

20世纪60年代,随着通信技术、空间技术的发展,通过卫星传输电视已成为现实。人们可以坐在家里,用一个1m左右的抛物面天线,对准相对地球静止轨道上的电视广播卫星,通过卫星电视接收机,收看丰富多彩的电视节目,真正实现了“秀才不出门,尽知天下事”的梦想。

数字压缩技术的出现,使在一颗卫星上即可传输100多套节目。无线电视将替代现在的有线电视。卫星电视的前景不可估量。

有人预计,21世纪将是“空间电子”的世纪。通过卫星传输图像、语音和数据,电视机将与电脑相结合成为互联网的终端,将会为人类的意识、社会活动、生活方式、工作方式带来一次革命。它的前奏就是卫星电视。

利用地球同步轨道卫星来传送电视节目,始于1964年8月,美国用辛康-3号卫星转播东京奥林匹克运动会的电视实况,使人们认识到了卫星通信的实用价值。

起初人们用C波段通信卫星传送电视节目,后又发展利用Ku波段的广播电视卫星。目前我国只用C波段通信卫星转播电视节目,正在发展Ku波段广播电视卫星。鉴于Ku波段的优点,Ku波段被国际公认是传送卫星电视广播节目最合适的工作频段。

亚洲1号卫星的上天,曾掀起卫星电视的高潮。随着亚太1号、亚洲2号、中星5号、东方红3号、亚太2号卫星的相继升空和投入使用,可以预计在2000年左右,将会在我国掀起又一次卫星电视应用的高潮。而且,新的数字传输电视、高清晰度电视,作为互联网终端的网络电视将会得到新的重大发展。

本书介绍了卫星广播电视系统的组成及工作原理,重点介绍

卫星电视接收系统。对各组成部分分别作了较详细的阐述,对家用接收系统的安装调试作了专门的介绍。最后谈谈卫星电视的发展动向与前景。

全书理论与实际相结合,集技术性、实用性、知识性于一体,内容丰富,可作为从事该行业工程技术人员、大专院校有关专业师生的参考书。还可提供给广大业余爱好者阅读使用。

鉴于本人水平所限,书中不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

**编者**  
**1998. 8.**

# 目 录

## 第一章 概 述

1.1 静止卫星 .....	1
1.2 通信卫星与电视广播卫星 .....	1
1.3 卫星电视广播系统的组成 .....	2
1.4 转发器 .....	3
1.5 彩色电视机的制式选择 .....	4
1.6 卫星电视的波段、频道的划分 .....	5
1.7 C 波段卫星电视 .....	8

## 第二章 卫星电视接收系统

2.1 电波传输特性 .....	9
2.2 接收系统噪声 .....	13
2.3 载噪比 $C/N$ .....	15
2.4 卫星电视地面接收站的品质因素 $G/T$ .....	17
2.5 图像评价信噪比 $S/N$ .....	18
2.6 图像质量评价及信噪比的关系 .....	26

## 第三章 卫星电视接收的天馈系统

3.1 概述 .....	27
3.2 抛物面天线 .....	30
3.3 馈源 .....	33
3.4 圆极化及其实现方法 .....	36
3.5 微带天线 .....	39
3.6 单轴天线 .....	40
3.7 Ku 和 C 波段兼容的天馈系统 .....	42

## 第四章 室外单元

4.1 高频头组成及其性能	45
4.2 低噪声放大器	48
4.3 下变频器	53

## 第五章 卫星电视接收机

5.1 卫星电视接收机构成方案	59
5.2 中频放大器	61
5.3 信号处理电路	65
5.4 卫星电视接收机电源	75
5.5 极化调整电源	76

## 第六章 选址、安装与调试

6.1 系统考虑	77
6.2 站址的选择	78
6.3 天线的安装与调试	78
6.4 卫星电视接收设备的选购	80
6.5 卫星电视接收站的调试、维护	81
6.6 极轴天线接收	85

## 第七章 卫星电视技术的发展趋势

7.1 MAC 制电视	90
7.2 高清晰度电视	93
7.3 数字电视	97
结束语	113
附录 我国卫星电视接收站的主要技术标准	115
参考文献	135



# 第一章 概 述

卫星电视广播是在卫星通信的基础上发展起来的,所谓卫星电视广播是利用静止卫星向服务区转发功率较大的广播电视信号,使该地区内的广大用户能直接收看电视节目的新型广播方式。

## 1.1 静止卫星

静止卫星:又称地球同步卫星,该卫星处于地球赤道上空,距地球表面约 36 000 公里的位置(高度)上,其围绕地球一周的周期与地球自转的周期相等,与地球作同步旋转。它在轨道上运行时,相对于地球的某一固定点或观察者来说是静止不动的。

早在人造地球卫星问世之前,英国人克拉克在 1945 年 10 月就曾预言,在地球赤道上空 36 000 公里的相对静止轨道上,相距  $120^\circ$  处,各置一颗人造地球卫星,作为无线中继站,进行地面远距离通信,就可实现全球通信。其构想原理见图 1-1。

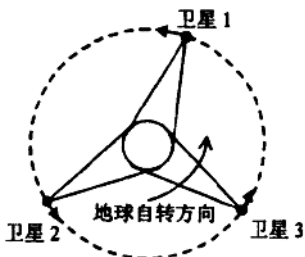


图 1-1 克拉克构想

## 1.2 通信卫星与电视广播卫星

卫星电视广播是从卫星通信发展来的,即先有通信卫星,后用其部分转发器转发电视信号,再发展到专门传输电视信号的电视广播卫星,频段也从 L、S、C,发展到 Ku。

卫星电视与卫星通信比较,通信卫星的转发器输出功率较小,可提供的信道又非常多,传送到地面的电波非常微弱。要接收这样微弱的信号并达到较高的信/杂比,必须使用能自动跟踪卫星的直径很大、增益很高的接收天线,而且地面站设备复杂,价格昂贵。因此,通信卫星只适用于点对点的通信和电视广播节目的分配。为了使观众使用小口径天线和较简单的接收设备直接收看卫星电视广播,必须提高到达地面的电波强度。为此,电视广播卫星的发射机输出功率约为几十瓦至上百瓦。而通信卫星的发射机的输出功率只有几瓦至几十瓦。

### 1.3 卫星电视广播系统的组成

一个完整的卫星电视广播系统的组成主要由节目制作中心、上行发射站、电视广播卫星、卫星地球接收站、卫星测控站五个部分组成。卫星电视广播系统如图 1-2 所示。

1. 节目制作中心:通常由电视中心录制提供节目,以录像带或视频信号方式输送给上行发射站。

2. 上行发射站:其作用是将欲传输的电视信号及附加信号通过上行信道发往轨道上的电视卫星或通信卫星。调制方式通常采用“调频”。

3. 电视广播卫星:一般备有多个转发器,天线收发是公用的,天线对准地球上指定的区域,它将接收到的上行信号进行频率变换、功率放大处理,然后再经天线发送给地球接收站。

4. 卫星地球接收站:可以是集体用的大型接收站,也可以是个体接收的简易站,因为卫星电视接收一般都是单向接收,故简称单收站(TVRO)。

5. 卫星测控站(TTC 站):其作用是通过遥测遥控跟踪测量控制卫星的位置和姿态及调整卫星转发器的工作状态。它是与卫星对话,并管理卫星的地球站。它接收卫星发来的遥测信号并进行分析、判断卫星上各系统的工作情况。然后根据需要,或启动卫星

上控制系统纠正卫星以恢复其“静止”位置,或调整卫星转发器的工作状态。实际上要完成这一任务,地面站是个庞大的测控网。

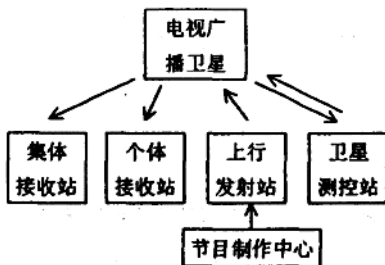


图 1-2 卫星电视广播系统

#### 1.4 转发器

转发器是电视广播卫星的核心。它的形式与性能,在极大程度上决定了整个电视广播卫星的质量。

转发器也称中继器。它接收来自地面发射站的信号,将其变换为广播频率,并把功率放大到所要求的大小发射到地面,以保证地面接收设备得到满意的收看效果。

电视广播卫星以小型地面接收设备为对象,为保证接收质量,转发器应有很大的射频发射功率。若以集体接收设备为服务对象,则每一信道需数十瓦以上的发射功率;若以个体接收设备为服务对象,则需要百瓦以上的发射功率。

转发器的结构目前通常使用的一种为中频变换式转发器,其原理方框图见图 1-3。

从图 1-3 可以看出,来自地面站的信号经接收天线接收经前置放大器放大后,送到下变频器,晶振信号经倍频 1 倍频后作为接收机本机振荡信号在下变频器中将接收到的射频信号变为中频信号。此信号进入中频放大器进行放大,为使中频放大器的增益接

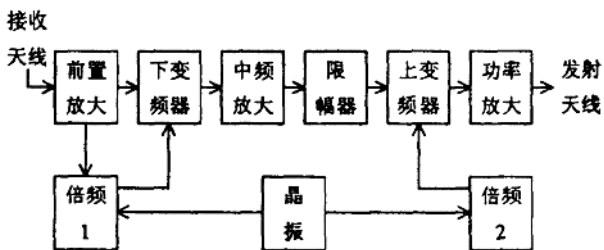


图 1-3 中频变换式转发器原理方框图

近常数，通常加入自动增益控制电路。经放大的中频信号进入限幅器，以去掉加在信号上的干扰和寄生调幅。限幅器的输出信号再送入上变频器中与晶振信号经倍频 2 倍频的信号进行混频，混频后输出的下行射频信号经功率放大器放大后由天线发射到地面。

### 1.5 彩色电视机的制式选择

经过多年的发展，地面电视广播形成 3 种彩色电视制式，这就是 NTSC 制（西方、欧美国家用）、PAL 制（中国、德国、部分亚洲地区国家用）、SECAM 制（前苏联及东欧国家用），它们都能与黑白电视兼容。在卫星电视的发展中，各国、各地区都在原有彩色电视制式的基础上进行同制式的卫星电视广播。这样，用户的电视机只用一种制式便能分别适应地面电视台广播和卫星电视广播。由于卫星电视广播覆盖面往往超出国界和地区界限，因而逐步走向国际化。这就研制出了多制式彩色电视机，满足用户的收看要求，一般单制式的彩色电视机就不能满足收看国外卫星电视的要求。比如我国东方红 II 甲卫星广播的中央电视台节目为 PAL/D 制信号，而日本 BS-II 卫星广播的是 NISC 制信号。当用 PAL/D 制电视机收看 NTSC 制信号时，只能得到黑白电视图像，所以，要收看卫星电视，必须使用多制式彩色电视机。

## 1.6 卫星电视的波段、频道的划分

卫星电视广播这项技术具有世界性,如卫星轨道位置的分配、频率及波束的分配、电视制式、制式的转换等。有些国家不希望邻国的卫星电视广播节目溢出到自己的国土,影响自己的国民;而有的国家保护本国的电视节目版权,提出电视节目不能被截获的问题;发展中国家想开展目前又无力发展自己的卫星电视问题,以及保留卫星轨道位置等。这些问题有必要进行世界范围内的协调并做出相应的规定。

鉴于此,1972年联合国政治委员会曾通过一项“关于广播卫星使用指导原则宣言”,国际电信联盟(ITU)于1971年~1979年主持召开了三次国际性会议,对卫星电视广播的波段、频段、卫星的轨道位置、卫星国防等做出了规定。

1977年在日内瓦召开的国际无线电行政会议(WARC-77)上,我国争得了三个卫星轨道位置,即东经 $62^{\circ}$ 、 $80^{\circ}$ 和 $92^{\circ}$ ,其轨道经度与频道安排列于表1-1(共55频道35个波道)。

表 1-1 我国广播电视卫星轨道位置和频道表

卫星经度 \ 频道号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
$62^{\circ}\text{E}$	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
$80^{\circ}\text{E}$	V				V				V	V		V		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
$92^{\circ}\text{E}$	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V

注：“V”表示有此频道。

WARC-77会议还对卫星电视广播溢出、各国直播卫星使用的频率、波道数、星上EIRP值、地面功率通量密度及天线极化、星上和地球站天线的波数宽度、指向误差、 $G/T$ 值等,都做出了相应的规定,以使所有的卫星系统和国家遵守一个共同的技术规范。

## 1. 频段分配

WARC-77、WARC-79 会议对不同区域使用的卫星电视广播业务的波段和频道进行了划分,并首次确认 12GHz 波段作为直播卫星使用的波段,如表 1-2 所示。

表 1-2 频段分配表

波段(GHz)	L(0.7)	S(2.5)	Ku(12)	Ka(23)	Q(42)	E(85)
频段(GHz)	0.62~0.79	2.5~2.69	11.7~12.2 11.7~12.5	22.5~23	41~43	84~86
带宽(MHz)	170	190	500 800	500	2 000	2 000
使用区域	全世界	全世界只供集体接收	第二、三区 第一区	第三区	全世界	全世界

WARC-77 会议将全世界分为三个区域:第一区包括非洲、欧洲、原苏联的亚洲部分、伊朗边界以西的国家;第二区为南美洲、北美洲;第三区包括亚洲大部分和大洋洲。我国属于第三区。

L 波段可用于卫星电视广播,又可用于地面电视台 UHF 电视广播和其他电信业务。

S 波段也是卫星电视广播和地面通信业务共用。

Ku 波段被规定为与地面广播、移动通信业务共用,但卫星广播又优先采用,主要用于个体接收。

Ka、Q 和 E 波段的卫星电视直播技术尚未成熟,正处于实验阶段。随着波长的减小,卫星接收天线和装置更趋小型化,安装更方便。

## 2. 频道划分

一般规定相邻频道间留有 18MHz~20MHz 的间隔,每个频道的频带为 27MHz。此外,为了保护相邻频段的卫星通信业务不受干扰,还必须留有一定的保护带。规定上沿保护带为 11MHz 左

右,下沿保护带为 14MHz 左右。

现以我国所在第三区 11.7GHz~12.2GHz 为例,频带宽度为 500MHz,划分 24 个频道,下保护带取 13.98MHz,上保护带取 17.88MHz,按 24 个频道计算,则它实际频道间距为

$$f = (500 - 13.98 - 17.88 - 2 \times 13.5) / (24 - 1) \\ = 19.18(\text{MHz})$$

卫星直播的 12GHz 频段第一区、第三区的电视广播频道的示意图,如图 1-4 所示。

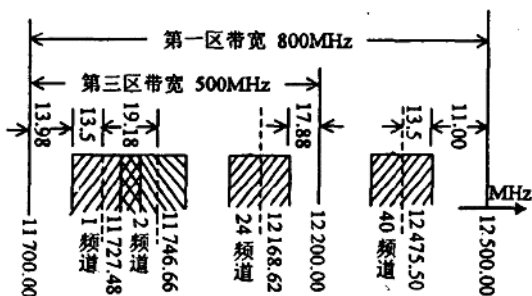


图 1-4 Ku 波段第一区、第三区卫星电视广播频道

Ku 频段第一区、第三区的第一频道载频均为

$$f_1 = 11700 + 13.98 + 13.5 = 11727.48(\text{MHz})$$

第  $n$  频道的载频为

$$f_n = f_1 + (n - 1)\Delta f = 11727.48 + (n - 1) \times 19.18(\text{MHz})$$

在图 1-4 中,频道间隔小于频带宽度,相邻频道带宽有 7.82MHz 重叠,这样可增加频道数,提高频率资源的利用率。为了避免邻近频道干扰,采用频率分隔和极化分离相结合的方法,即下行线路 1、3、5、7...21、22 和 24 共 13 个频道采用左旋圆极化波,

2、4、6…频道采用右旋圆极化波。

### 1.7 C 波段卫星电视

在 WAR-79 规定卫星电视广播频段的 6 个波段上,没有 C 波段,这是因为 C 波段(3.7GHz~4.2GHz)被国际电信联盟传统地规定用于地方微波通信、中继通信和卫星通信。为避免频段使用过于拥挤和对通信的干扰,C 波段不作为卫星电视直播频段,但通信卫星可以传输电视。

根据国内外情况,我国把发展卫星电视分为两步走,第一步用 C 波段实现集体接收、家庭接收;第二步用 Ku 波段实现个体接收、家庭接收。本世纪末以普及 C 波段卫星电视为主,并为下世纪发展 Ku 波段卫星电视直播打下技术基础(作技术准备)。

通信卫星采用 C 波段,上行为 6GHz,下行为 4GHz。对 C 波段的电视频道也作了相应划分,见表 1-3。

表 1-3 C 波段频道分配表

频道	1	2	3	4	5	6
频率(MHz)	3 727.48	3 746.66	3 765.84	3 785.02	3 804.20	3 823.38
频道	7	8	9	10	11	12
频率(MHz)	3 842.56	3 861.74	3 880.92	3 900.10	3 919.28	3 938.46
频道	13	14	15	16	17	18
频率(MHz)	3 957.64	3 976.82	3 996.0	4 015.18	4 036.36	4 053.54
频道	19	20	21	22	23	24
频率(MHz)	4 072.72	4 091.9	4 111.08	4 130.26	4 149.44	4 168.62



## 第二章 卫星电视接收系统

### 2.1 电波传输特性

#### 一、电波传输损耗

卫星天线向地面发送无线电波的传输过程如图 2-1 所示。

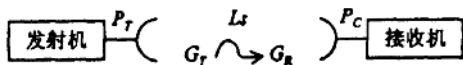


图 2-1 电波传输过程

$P_T$  表示发射机输出功率。 $G_T$  表示发射天线增益。发射机的输出功率  $P_T$ ，馈送到增益为  $G_T$  的天线上，电波在自由空间传输一定距离  $d$  后到达接收点，该点所具有的功率密度  $\varphi$  和接收机所得到的接收功率  $P_C$ ，接收天线的增益为  $G_R$ ，传输损耗为  $L_S$ 。

假设天线为全向天线，每平方米通过的电波功率即功率密度为

$$\varphi = \frac{P_T}{4\pi d^2} (\text{W/m}^2)$$

如果天线不是全向天线，而是定向天线，如图 2-2 所示向特定方向发射电波的天线，由于发射机输出功率被集中在特定方向，所以这个方向上的电场强度  $E$  很强，而在其他方向则很弱。与无方向性天线相比较，在特定方向上的电场强度  $E$  增强了  $G_T$  倍，即天线的增益为  $G_T$ 。

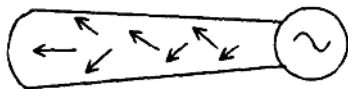


图 2-2 方向增益为  $G$  的天线