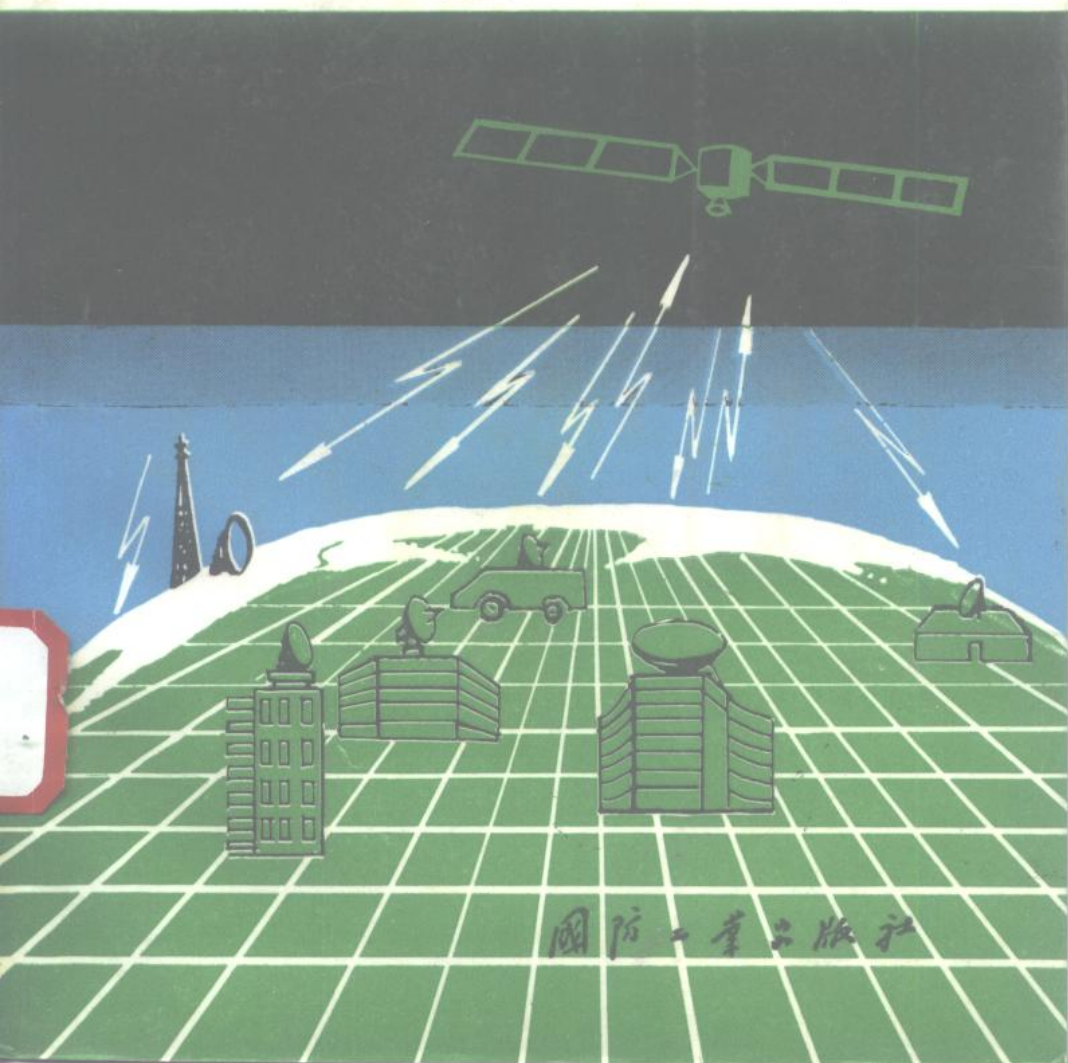


卫星电视 接收与转播技术

张言荣 主编



国防工业出版社

TN 949.2

Z 28

369188

卫星电视接收与转播技术

张言荣 王新华 编著
王庆洪 杜科礼

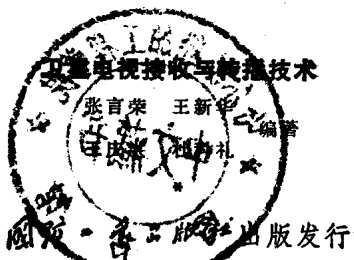


国防工业出版社

(京) 新登字106号

0295/02
内 容 简 介

本书系统地介绍了卫星电视的接收与转播技术。全书简介了卫星电视接收与转播技术的发展情况和基本知识,重点介绍了卫星电视接收与转播系统的设计、安装、调试、维护、使用及性能指标的测量等技术,突出介绍了适合我国国情并正迅速发展中的卫星电视闭路转播系统、卫星电视开路转播系统和卫星电视教育系统及有关的实用技术。本书的特点是集知识性、技术性、实用性、通俗性于一体,理论联系实际。可供具有中等以上文化程度从事电视接收、转播方面工作的工程技术人员、管理人员和电视技术爱好者阅读,也可作为大专院校有关专业师生的教学参考书。



(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店经营

北京市飞龙印刷厂印刷

850×1168毫米 32开本 印张12³/₄ 332千字

1993年5月第一版 1993年5月第一次印刷 印数: 0001—4000册

ISBN 7-118-01030-8/TN·170 定价: 12.40元

序

卫星电视是发展广播电视的一项新技术。目前，卫星电视已成为世界许多国家解决国内电视覆盖及进行国际信息交流的主要手段和最佳方法。

60年代中期，卫星电视就进入了实用阶段。70年代，包括第三世界国家在内的一些国家，积极发展卫星电视。由美国等组成的“国际通信卫星组织”现有成员国118个，有30多个国家租用了它的星上转发器用于广播电视和通信。80年代，卫星直播电视(DBS)、高清晰度电视(HDTV)、数字电视等进入了实用阶段；兼容制式在竞争中发展很快，新方案不断出现；卫星电视多功能综合利用也正在发展，例如已实现了文字广播、静止图像、电视双伴音及立体声广播、传真等。可以预料，未来10~20年以及更长的时间，将是卫星电视繁荣发展的时期。

我国自1985年开始使用卫星电视广播。目前，除中央电视台一、二套节目和中国教育电视台一、二套节目覆盖全国外，新疆、云南、贵州和西藏等省、区也使用卫星电视，实现了省（区）电视覆盖。我国发展卫星电视要分两步走，第一步就是现在使用的C频段集体接收，现在集体接收正在迅速发展和普及，已建成一万多个卫星地面接收站和转播台，地面接收站已向乡镇发展，电视人口覆盖率达77.6%。到本世纪末，我国城乡都能接收5套以上电视节目，电视人口覆盖率可达95%。第二步是利用K_u频段的家庭个体接收，对此，90年代做好技术上的准备，21世纪初将走向大普及的时代。

随着卫星电视事业的迅速发展和普及，广大卫星电视收、转台（站）的工作人员和爱好者，渴望得到介绍这方面理论知识和专业技术的书籍，而国内尚未见到全面而系统地介绍这项新技术

的著作。《卫星电视接收与转播技术》一书的出版，及时地适应了卫星电视技术发展的社会需求，将会有很好的社会效益；它对我国卫星电视广播事业的发展和普及，必将起到应有的推动作用。

本书全面而系统地介绍了卫星电视接收与转播系统的技术；既介绍了卫星电视新技术所涉及的基本知识，又重点介绍了卫星电视接收转播系统的有关设计、安装、调试、测试、验收等环节的技术，并且提供了详细的技术数据和性能指标，从而使读者可以得到卫星电视这一系统工程的理论和技术知识。

本书可谓理论与实际密切结合的范例，体现出了知识性、技术性、实用性、通俗性等特点。

全书反映了当代广播电视及电子技术新的发展和应用的憧憬。

全书编排合理、重点突出、内容新颖、文字通俗易懂。

本书是一本很值得出版的卫星电视方面的著作，它将成为从事卫星电视工作的专业人员和爱好者的良师益友。

何华生

前 言

卫星电视已在国内外被广泛应用,很多国家都把它作为解决全国电视覆盖的最佳方案之一。我国自1985年推出国产卫星电视地面接收站以来,卫星电视接收与转播台、站如雨后春笋般地发展起来,有效地解决了全国电视覆盖问题。我们在工作实践及社会调查中,看到社会上迫切需要这方面的技术书籍,而目前还没有全面而系统地介绍卫星电视接收与转播技术的书。为适应这一社会需求,我们撰写了此书。

本书共分十章。第一、二、三、四、十章及附录由张言荣撰写;第五章由杜科礼撰写;第六、八章由王庆洪撰写;第七、九章由王新华撰写。全书由张言荣主编。

卫星电视接收与转播是一个复杂的系统。我们以系统的观点来指导本书的编写工作,让读者从这项技术的发展概况、基本原理知识到有关设计、安装、调试、维修,以及工程验收等整个过程系统地了解全过程,并力求恰当地介绍其具体的有关技术。

我们在总结卫星电视接收与转播技术方面的实践经验的基礎上,又多次到航空航天工业部、机械电子工业部及大专院校等地面站设备的生产、科研单位和已建收转台(站)的单位进行考察,还到广播电视部门及大专院校等多个图书馆搜集、查阅了大量的有关文件、资料,使得本书的内容更加丰富和系统化。

本书全面地介绍了建立及使用卫星电视接收转播闭路、开路系统的实用技术,并介绍了正在运行的闭路、开路接收、转播台、站,以期适应全国广大城乡建立台、站及使用的需求。

在撰写过程中,作者注意处理了系统的工程技术与基本原理的关系,在介绍系统的工程技术的同时,适当地介绍了有关基本原理,在选材方面,注意处理好系统性与追逐新技术的关系,既

保证系统性又力求反映新的技术成果。

感谢国务院顾问、原电子工业部副部长何华生教授为本书作了序。感谢国防工业出版社原副社长、神剑文学艺术学会副秘书长方云助对本书的出版给予了热情的关怀和支持，并为本书题签了书名。

在本书编写过程中，北方交通大学蒋忠涌副教授在百忙之中详细地审阅了全部书稿，并提出了许多宝贵的意见；山东省广播电视科学技术研究所、卫星电视研制生产的部分单位及山东省广播电视有关单位也给予了大力支持。在此一并表示衷心的感谢。

由于我们水平有限，时间仓促，错误和不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

作 者

1991年4月

目 录

第一章 卫星电视接收与转播	1
§ 1-1 卫星电视及其发展概况	1
一、什么是卫星电视	1
二、卫星电视发展概况	2
§ 1-2 卫星电视的优点	13
§ 1-3 卫星电视接收转播系统	15
一、卫星电视广播系统	15
二、适合我国情况的卫星电视接收转播系统	16
§ 1-4 卫星电视的频段	20
一、卫星电视的频段分配	20
二、频道划分	22
三、上行频率	24
§ 1-5 卫星电视信号的传输	25
一、卫星电视为什么采用调频制	25
二、卫星电视图像信号传输的主要特点	26
三、卫星电视调制方式的种类及特点	29
四、我国国内卫星电视传输制式	38
§ 1-6 卫星电视的主要技术指标和参数	39
一、有效全向辐射功率和地面功率密度	39
二、载/噪比(C/N)、信/噪比(S/N)	40
三、品质因数(G/T)	41
四、接收天线的增益G、仰角和方位角	41
第二章 卫星电视电磁波的传播特点	45
§ 2-1 卫星电视电磁波的传输信道	45
§ 2-2 卫星电视电磁极化波的特性	45
一、电磁波的极化形式	45
二、极化匹配	47
§ 2-3 卫星电视电磁波的传播损耗和影响	49
一、电波在自由空间的传播损耗(即衰减)	49
二、大气吸收引起的传输损耗	50

三、降雨引起的传播损耗 L_R	50
第三章 卫星电视天线及馈线、馈源	52
§ 3-1 馈线	52
一、馈线的作用和种类	52
二、对馈线的要求	56
§ 3-2 馈源	56
一、馈源的作用和基本组成	56
二、馈源的种类	58
三、矩圆变换器和移相器	60
四、对馈源的要求	62
§ 3-3 卡塞格伦天线	64
一、单反射面天线和双反射面天线	64
二、卡塞格伦天线	65
§ 3-4 卫星电视接收天线主要性能指标及测量	70
一、卫星电视接收天线的主要性能指标	70
二、天线主要性能指标的测量	70
§ 3-5 天线的安装调整及维护使用	81
一、安装前的准备工作	81
二、天线的安装架设	82
三、接收站天线的现场调整	84
四、天线的维护使用	91
第四章 卫星电视接收机系统	92
§ 4-1 卫星电视接收机系统的作用和组成	92
一、卫星电视接收机系统的作用和特点	92
二、卫星电视接收机系统的组成	93
§ 4-2 室外单元——高频头	95
一、高频头的作用、组成及要求	95
二、低噪声前置放大器（高放）	98
三、第一混频器	100
四、第一本振	101
五、前置第一中频放大器	104
§ 4-3 室内单元——接收机	106
一、选频解调分系统	106
二、图像信号处理和再调制分系统	112
三、伴音信号解调分系统	115
四、功率分配器	117

§ 4-4 卫星电视接收机系统的主要性能指标及测量	120
一、高频头性能指标的测量	120
二、接收机的性能指标及测量	122
§ 4-5 卫星电视接收机系统的安装及维修使用	133
一、安装	133
二、使用和维修	135
§ 4-6 卫星电视接收系统的统调	147
一、统调前的检查	147
二、统调	148
第五章 卫星电视的地面转播技术	151
§ 5-1 卫星电视转播系统基本原理及特点	151
一、典型的电视转播系统	151
二、卫星电视转播系统的原理	152
三、卫星电视转播系统的分类及特点	154
四、图像转播的特点	155
五、电视伴音转播的特点	156
§ 5-2 残留边带中频调制技术	157
一、图像中频调制器	157
二、变频器	169
三、伴音中频调制器	170
§ 5-3 中频双工器	174
一、基本工作原理	174
二、中频双工器实际电路	175
§ 5-4 高频功率放大器	176
一、高频功率晶体管	176
二、调谐高频功率放大器	179
三、宽频带高频功率放大器	181
§ 5-5 电视发射机	183
一、电视发射机的种类和特点	183
二、电视发射机通道运行技术指标	187
§ 5-6 卫星电视转播系统的主要技术指标及测试	188
一、图像转播机的主要技术指标及测试	188
二、伴音发射机的主要技术指标	195
第六章 卫星电视闭路转播系统 (CATV系统)	197
§ 6-1 CATV系统的主要部件及作用	198
一、CATV系统的天线与馈线	198

X

二、CATV系统的前端设备	202
三、传输分配系统部件	206
§ 6-2 CATV系统的工程设计	211
一、设计原则及设计前的调查	211
二、前端的设计	213
三、传输分配系统的设计	221
四、计算机在设计中的应用	234
§ 6-3 CATV系统的安装、调试	249
一、天线的安装	249
二、前端设备和分配系统的安装	252
三、CATV系统的调试	256
§ 6-4 CATV系统主要性能指标及测量	258
一、CATV系统主要性能指标	258
二、CATV系统主要性能指标的测量	260
第七章 卫星电视开路转播系统	267
§ 7-1 卫星电视开路转播系统的类型	267
一、转播和差转	267
二、中频调制转播和高频调制转播	268
三、直接变换方式	269
四、中频调制器和差转机配合使用	269
§ 7-2 卫星电视转播台(差转台)的性能要求及工程设计	270
一、转播台(差转台)的性能要求	270
二、发射机功率和发射机(差转机)的选定	272
三、发射频道的选定	276
四、发射天线系统的设计	280
五、卫星电视开路转播系统的避雷和接地	296
§ 7-3 卫星电视开路转播系统的安装调试及维护使用	304
一、发射天线的安装与调试	304
二、发射机与差转机的安装与开通	309
三、转播台的使用、维护及运行监视	310
第八章 卫星电视教育系统	315
§ 8-1 卫星电视教育系统的特点、组成及选用	315
一、卫星电视教育系统的特点	315
二、卫星电视教育地面接收站的组成	316
三、卫星电视教育地面接收站的选用	318
§ 8-2 卫星电视教育闭路转播站	320
一、卫星电视教育闭路转播站的组成	320

二、卫星电视教育闭路转播站设备配置实例	325
§ 8-3 小型卫星电视教育开路转播台(站)设备配置举例	329
第九章 卫星电视接收转播系统工程设计概要	332
§ 9-1 筹建系统时基本情况的调研	332
一、服务项目、服务对象的调研	332
二、台(站)址环境、气象条件的调研	333
三、电磁干扰的调研	334
四、已建系统及设备市场的调研	335
§ 9-2 系统的工程选型配套	335
一、系统类型的确定及台(站)址的选择	335
二、收转设备的选型配套	339
三、工程计算	345
§ 9-3 场地、机房的布置	352
一、天线场地的布置及周围环境的要求	352
二、机房的布置及要求	354
第十章 卫星电视接收转播系统技术性能评价和验收	358
§ 10-1 主观评价	358
一、电视图像五级标准	358
二、主观评价方法简介	359
§ 10-2 系统指标的客观测试	360
一、测试依据和测试项目的选择	360
二、接收系统的验收测量	360
三、闭路转播系统的验收测量	363
四、开路转播系统的验收测量	363
附录	372
附录一 卫星电视地面接收站技术要求	372
一、标准型卫星电视地面接收站技术要求	372
二、普及型卫星电视地面接收站技术要求	382
附录二 地面站天线的仰角、方位角曲线图	385
附录三 本书公式中的主要符号及单位	386
附录四 卫星电视部分测试仪器简介	390
参考文献	395

第一章 卫星电视接收与转播

§ 1-1 卫星电视及其发展概况

一、什么是卫星电视

卫星电视是通过设置在地球赤道上空的地球同步卫星接收来自地面电视台播放的电视信号后（称上行），再转发到地球上指定区域（称下行）这一新的电波传播方式而实现的电视广播。因此，同步卫星实际上是一个电视信号空间转播站。

同步卫星设置在地球赤道上空高度为 35786km 的轨道上（这个高度通常称为 36000km 高空），它绕地轴旋转一周时间为 23 时 56 分 4 秒，与地球同步旋转，故称同步卫星。同步卫星与地球处于相对静止状态，所以又称静止卫星。因此在地球上用固定天线对准同步卫星就可以接收卫星电视。

卫星电视分为两种。一种是不经地面接收站转播，个体用户可直接收看广播卫星电视信号，这种电视信号的传播方式叫卫星直播电视（简称 DBS），专门转播电视用的同步卫星叫广播卫星，地面所用的接收机叫卫星直播接收机。另一种是经过地面接收站转播，用户用普通电视机才能收看卫星电视节目。目前，人们常把后一种称为卫星电视，本书中若不加说明，所说的卫星电视就是指这一种。

卫星电视同卫星通信是有区别的。虽然它们都是利用同步卫星传递信息的，但它们的传输任务、地面接收设备、卫星转发器等方面是不同的。卫星通信的主要任务是用于各种通信业务，实现地面 A 点—同步卫星—地面 B 点间的“点”对“点”通信。星上转发器数量较多，转发器功率较小，一般为数瓦至十瓦，到达地面电波场强较弱，每米仅有数微伏。卫星电视的一种空中转

播方式，就是利用通信卫星的转发器在C频段来传送电视信号。为此，地面接收站必须设置较大口径的抛物面天线和低噪声接收机来接收该种信号。

卫星直播电视是实现地面发送点--广播卫星--地球某一区域的“点”对“面”的电视信号传输。因此，广播卫星转发器功率要大，一般在100W以上，地面接收场强可达 $10\sim 100\mu\text{V}/\text{m}$ 。地面用1m左右口径的抛物面天线和普通低噪声放大器构成的卫星直播接收机就可直接收看卫星电视节目。设备造价低，有利于普及到个体接收。

二、卫星电视发展概况

1. 卫星电视国际发展简况

卫星电视是在卫星通信的基础上发展起来的，可分为两个阶段，第一个阶段为转播方式阶段，就是使用通信卫星上的转发器来转发电视信号，这是卫星电视发展的初级阶段。第二阶段为直播（DBS）方式阶段。世界各国发展卫星电视一般先经第一个阶段而后过渡到第二个阶段，比如美国、日本等，有的国家则直接发展直播电视。

（1）转播方式阶段

卫星电视是卫星通信发展的产物，因此，卫星电视的发展史在初级阶段可以说是卫星通信的发展史。

早在1945年10月英国学者克拉克（A.C.Clark）在《无线电世界》（wireless world）杂志上发表了地球静止卫星的设想，他提出可以利用宇宙站进行电视中继或广播。1957年原苏联发射了世界上第一颗人造地球卫星，1958年12月美国发射了“斯科尔”（SCORE）世界上第一颗实验通信卫星。30多年来，卫星通信和卫星电视在迅速地发展着。

1965年以前可认为是卫星通信的实验时期。开始人们对射电天文学的研究成为卫星通信的先驱，尔后进行了利用月球表面反射作中继的通信实验，进行了无源中继卫星及有源中继卫星通信实验；还用低轨道卫星进行初级通信实验。一直到1964年8

月 19 日美国发射了“同步 3 号”同步卫星，成功地进行了东京奥林匹克运动会的电视实况转播，使卫星通信和卫星电视进入了实用阶段。由此可以说卫星通信和卫星电视是一对孪生兄弟。经过前述约 20 年的实验比较，肯定了同步卫星的实用性和优越性，积累了发射同步卫星和研制通信卫星及地面站设备的经验。

1964 年 8 月 20 日由美国等 11 个国家组成的世界商用卫星临时组织宣告成立。该组织于 1965 年 4 月 6 日发射了第一颗商用通信卫星——“晨鸟”(Early bird)，首先在大西洋地区开始应用同步卫星进行商用通信业务。因此人们就以 1965 年作为同步卫星通信走向实用阶段的起点。1973 年 2 月 12 日，该组织更名为“国际通信卫星组织”(INTELSAT)，现有成员国 118 个。该组织已发射了六代同步通信卫星 (IS-I ~ VI)，约 34 颗，其中 IS-V 开始实现了 C-K_u 频段共星转发和频率复用；IS-VI 率先提供星上交换/时分多址 (SS/TDMA) 服务，它能在六个覆盖区之间进行动态交换，它有 48 个转发器 (C 波段 38 个，K_u 波段 10 个)，总容量达 12 万话路，传输速率达 1.2 亿 bit/s，每个卫星还有 3 个电视信道。目前，该组织负责全部洲际电视的转播，承担全球 2/3 的国际电话和数据通信业务，已为 170 多个国家和地区提供各种通信业务。自 1975 年开办出租卫星转发器业务以来，已有 30 多个国家 (包括我国) 租用了该组织的转发器，用于通信和电视广播。

为满足各国通信和电视传输的需要，不少国家还发射了自己的国内卫星。原苏联 1965 年 4 月 23 日发射了通信卫星“闪电”1 号，4 月 25 日在莫斯科与海参崴之间进行了第一次电视传输试验。此后又发射了“闪电”2 号、“闪电”3 号卫星用于通信和传输电视，但“闪电”卫星不是同步卫星。1976 年 10 月 26 日发射“荧光屏”(静止-T) 卫星，转发器功率为 200W，下行频率为 702~726MHz (统称 714MHz)，在西伯利亚已建 3000 多个地面站。“荧光屏”卫星转发前苏联的两套电视节目 (714/754MHz) 和两套调频广播，我国部分地区也可接收到。1978 年 12 月 19 日

发射了地平线-莫斯科卫星电视分配系统, 共有四颗卫星分别定点在 14°W 、 53°E 、 90°E 、 140°E ; 电视信道中心频率为 3675MHz , 星上发射机功率为 40W 。

70 年代, 加拿大、美国先后发射了国内卫星, 如美国已有 8 种不同类型的卫星传送 70 多路电视信号, 这些节目经地球站接收后进入当地有线电视系统 (CATV)。发展中国家也开始建立国内卫星通信系统和卫星电视广播系统。例如, 印度的 InSat 系统可向全国提供电报电话通信、电视广播、气象观测等服务, 做到了一星多用。星上有 2 个电视转发器 (2.6GHz), 最大等效全向辐射功率 (EIRP) 为 45dBW , 可播两套电视节目和五路声音广播节目。又如巴西的 Brasil Sat 系统, 有 24 个转发器, 等效全向辐射功率为 34dBW , 地面站有 15m 、 10m 、 $6\sim 7.7\text{m}$ 、 3.6m 四种不同口径天线的类型。

(2) 卫星直播电视的发展

卫星直播电视可供个体接收和集体接收。1971 年世界无线电管理会议 (CCIR) 第一次分配了广播卫星业务用的频率。1977 年世界卫星广播无线电行政管理大会 (WAR-BS-77) 做了有关规定。对于一年中不利月份的 99% 时间内的有关规定见表 1-1。

表1-1 WAR-BS-77的有关规定

接收种类	区①	Φ ② (dBW/m^2)	EIRP (dBW)	G/T③ (dB/K)
个体	一、三	-103	60	≥ 6
个体	二	-105	58	≥ 6
集体	全球	-111	52	≥ 14

① 国际电信联盟 (ITU) 把全世界分成三个区, 一区包括非洲、欧洲、原苏联亚洲部分、蒙古、伊朗西部边界以西国家; 二区包括美洲; 三区包括亚洲大部 (除原苏联亚洲部分)、大洋洲。

② Φ ——地面功率通量密度。

③ G/T——地面站品质因数, 要求图像质量达到 4 级。

另外还规定了家庭接收 12GHz 频段卫星电视广播的频道和卫星轨道位置分配。

表1-2 部分广播卫星系统概况

卫星名称	发射国家	发射日期 (年、月、日)	转发 器数	转发器 功率 (W)	全向辐 射功率 (dBW 边缘)	下行频率 (GHz)	总带宽 (MHz)	轨道位置 (经)	寿命 (年)
ATS-6	美国	1974.5.30	2	15/80	55/52.6	2.667/0.86	30/40	94°W, 35°E	2
英光屏(静止-T)	前苏联	1976.10.26	1	200	57	0.714	24	99°E	2
BSE	日本	1978.4.8	2	100	55	12	25	110°E	2
Anik-C1, 3	加拿大	1982	16	15×16	48	11.7~12.2	864	107.5W 112.5W 117.5W	8
BS-2A	日本	1984	3	100	55	11.7~12.2	70	110°E	4~5
BS-2B	日本	1986	3	100	46~55	11.95764~11.996	70	110°E	4~5
Aussal-1-3	澳大利亚	1985, 1986	4		47	12	675	156°E 160°E 164°E	7
TV-SAT1, 2	西德	1986, 1987	3	230	65.6	12	81	19°W	7
TDF-1, 2	法国	1986, 1987	3	230	63.9	12	81	19°W	7
STC-1, 2	美国	1986, 1987	3	200	57	12.2~12.7	72	101°W 148°W	7
L-Sat	欧洲空间组织	1986	2	230	63	UHF12.2	27	19°W	5
BS-3b	日本	1991(预计)		100	55	11.7~12.2		110°E	