

# 数字卫星电视

## 接收技术

苏凯雄 郭里婷 编著



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOMMUNICATIONS PRESS

# 数字卫星电视接收技术

苏凯雄 郭里婷 编著

人民邮电出版社

人民邮电出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

数字卫星电视接收技术/苏凯雄, 郭里婷编著. —北京: 人民邮电出版社, 2002.6

ISBN 7-115-10217-1

I. 数... II. ①苏...②郭... III. 数字电视: 卫星广播电视—电视接收机—接收技术  
IV. TN949.197

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 022654 号

## 内 容 提 要

本书简要介绍了数字卫星电视广播系统的基本组成、信号传输方式和相关的国际标准, 较详细地介绍了卫星接收天线、室外接收单元和室内接收单元的电路组成、主要技术、集成电路和整机结构方案, 最后还讲述了卫星电视接收系统的性能分析、设计方法、安装调试和多用户系统结构等内容。

本书可作为广播、通信、信息、电子和多媒体等专业的大中专学生、研究生的学习参考资料, 或作为与广播、电视相关的企事业单位的工程技术人员和无线电爱好者的学习和培训资料。

## 数字卫星电视接收技术

- 
- ◆ 编 著 苏凯雄 郭里婷  
责任编辑 杨 凌
  
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
读者热线 010-67180876  
北京汉魂图文设计有限公司制作  
北京顺义向阳胶印厂印刷  
新华书店总店北京发行所经销
  
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 15.75  
字数: 379 千字 2002 年 6 月第 1 版  
印数: 1-4 000 册 2002 年 6 月北京第 1 次印刷

---

ISBN 7-115-10217-1/TN · 1866

定价: 26.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

# 前 言

数字卫星电视是现代广播电视技术发展成果的结晶，是卫星技术、通信技术、数字压缩技术和大规模集成电路技术相互结合的产物。目前，数字卫星电视蓬勃发展，并得到广泛应用。

本书以数字卫星电视接收技术为核心，在回顾卫星电视发展历程的基础上，简要介绍了数字卫星电视广播系统的基本组成、信号传输方式和相关标准；围绕卫星电视接收系统的构成，详细介绍了卫星接收天线、室外接收单元和室内接收单元的电路组成、主要技术、集成电路和整机结构方案；最后，在引入系统的技术性能要求之后，介绍了卫星电视接收系统的性能分析与质量评价方法，给出了卫星电视接收系统的设计方法、计算步骤、安装调试和多用户系统结构等内容。

作者通过多方收集最新资料，并结合十多年来在本领域中的实际教学、科学研究和应用开发等工作的经验体会而写成此书。书中内容系统全面、新颖实用，重点突出了近年发展起来并广泛采用的新技术，并辅助以实际电路举例，较好地处理了全面与重点、理论与实践的关系。作者写作时，力求文字简练、通俗易懂，并给出了大量实用的技术资料。因此，它不但可以作为广播、通信、信息、电子和多媒体等专业的大中专学生、研究生的学习补充教材，还可作为广播电视相关单位的工程技术人员进行学习和培训的教材，也是卫星电视和有线电视设备生产企业技术开发人员、设备维修人员和无线电爱好者的参考资料。

全书内容共分8章，第1章、第3~6章和第8章由苏凯雄编写，第2章和第7章由苏凯雄、郭里婷合作编写。李辉、彭开通和郑秋香等参与了插图的绘制。由于作者水平有限，编写仓促，书中难免有不妥，甚至错误之处，恳请读者指正。

苏凯雄

# 目 录

<b>第 1 章 卫星电视广播系统概述</b> .....	1
1.1 卫星电视广播的发展概况 .....	1
1.2 卫星电视广播的基本规定 .....	3
1.2.1 同步轨道 .....	3
1.2.2 频段的划分与分配 .....	6
1.2.3 频道的划分 .....	7
1.3 卫星电视广播系统的组成 .....	12
1.3.1 上行发射站 .....	12
1.3.2 星载转发器 .....	13
1.3.3 地面接收站 .....	14
<b>第 2 章 卫星电视的信号传输方式</b> .....	16
2.1 模拟卫星电视的信号传输方式 .....	16
2.1.1 图像信号的传输方式 .....	16
2.1.2 单路伴音信号的传输方式 .....	19
2.1.3 多路伴音的传输方式与 PANDA-I 伴音系统 .....	20
2.1.4 模拟信道的数字伴音传输方式 .....	22
2.1.5 载频的调制方式 .....	29
2.2 数字卫星电视的相关标准简介 .....	31
2.2.1 信源编码标准的发展 .....	31
2.2.2 MPEG-2 标准简介 .....	32
2.2.3 DVB 标准简介 .....	33
2.3 图像信号的数字传输方式 .....	34
2.3.1 视频信号的取样和编码 .....	34
2.3.2 视频压缩编码方法简介 .....	36
2.3.3 视频压缩编码器的构成 .....	38
2.3.4 视频码流的帧结构 .....	43
2.4 伴音信号的数字传输方式 .....	45
2.4.1 常用的音频编码方法 .....	45
2.4.2 MPEG 音频标准的组成 .....	48
2.4.3 MPEG 音频编码器结构 .....	48
2.4.4 MPEG-2 音频码流结构 .....	51

2.5	MPEG-2 系统的传输流复用方式 .....	52
2.5.1	MPEG-2 传输流结构 .....	52
2.5.2	MPEG-2 的系统时序模型 .....	54
2.5.3	节目特殊信息(PSI)和服务信息(SI) .....	55
2.5.4	MPEG-2 传输流的复用过程 .....	56
2.5.5	有条件接收技术 .....	58
2.6	信道编码与数字调制方式 .....	60
2.6.1	信道编码的基本原理 .....	61
2.6.2	DVB-S 信道编码技术 .....	63
2.6.3	数字调制方式 .....	68
<b>第 3 章</b>	<b>卫星接收天馈线系统 .....</b>	<b>70</b>
3.1	卫星接收天线的的作用与分类 .....	70
3.2	面天线的工作原理 .....	70
3.2.1	普通抛物面天线 .....	70
3.2.2	偏馈天线 .....	72
3.2.3	卡塞格伦天线 .....	73
3.3	反射面天线的馈源 .....	74
3.3.1	平面开槽喇叭 .....	75
3.3.2	多模喇叭 .....	77
3.3.3	圆锥波纹喇叭 .....	78
3.4	极化转换器 .....	79
3.4.1	电波的极化特性 .....	79
3.4.2	极化转换器原理与结构 .....	81
3.4.3	矩圆过渡波导 .....	84
3.5	天线的主要技术指标 .....	85
3.5.1	天线的方向图 .....	85
3.5.2	天线的增益 .....	86
3.5.3	天线的噪声温度 .....	87
3.5.4	天线的阻抗与驻波比 .....	87
<b>第 4 章</b>	<b>卫星电视室外接收单元 .....</b>	<b>88</b>
4.1	高频头的基本组成与技术要求 .....	88
4.1.1	高频头的基本组成 .....	88
4.1.2	高频头的技术要求 .....	89
4.2	波导—微带转换器 .....	90
4.3	微波低噪声放大器 .....	92
4.3.1	微波场效应管 .....	92
4.3.2	微波场效应管的 S 参数 .....	94

4.3.3	单级放大器的构成 .....	96
4.3.4	多级放大器的设计 .....	99
4.4	本机振荡器 .....	100
4.4.1	本机振荡器的工作特点 .....	100
4.4.2	微波振荡器的稳频方法 .....	100
4.4.3	微波介质谐振器 .....	101
4.4.4	采用介质谐振器稳频的 FET 振荡器 .....	103
4.5	微波混频器 .....	104
4.5.1	二极管单端混频器 .....	104
4.5.2	二极管平衡混频器 .....	105
4.5.3	栅极注入式 FET 混频器 .....	105
4.5.4	自振式 FET 混频器 .....	106
4.6	前置中频放大器 .....	106
4.6.1	分立元件前置中放电路 .....	107
4.6.2	集成电路前置中放电路 .....	108
4.7	室外单元的电源电路 .....	110
4.7.1	过压/极性反接保护电路 .....	110
4.7.2	二次稳压器 .....	111
4.7.3	DC-DC 变换器 .....	111
<b>第 5 章</b>	<b>模拟卫星电视接收机的信号处理电路 .....</b>	<b>115</b>
5.1	模拟卫星电视接收机的基本组成 .....	115
5.2	电子调谐器电路 .....	116
5.2.1	第一中频放大器 .....	116
5.2.2	跟踪滤波器 .....	117
5.2.3	压控振荡器 .....	118
5.2.4	第二混频器 .....	119
5.3	中频放大与解调电路 .....	119
5.3.1	中频 AGC 放大器的作用与组成 .....	119
5.3.2	中频带通滤波器 .....	120
5.3.3	中频 AGC 放大电路 .....	121
5.3.4	门限扩展调频解调器 .....	123
5.4	图像信号处理电路 .....	125
5.4.1	视频去加重网络 .....	126
5.4.2	低通滤波器 .....	127
5.4.3	能量去扩散电路 .....	128
5.4.4	极性转换与视放电路 .....	129
5.5	伴音信号处理电路 .....	130
5.5.1	锁相环直接调谐式伴音解调电路 .....	131

5.5.2	超外差式伴音调谐解调电路 .....	132
5.5.3	PANDA-I 伴音的接收解调电路 .....	132
5.6	射频调制电路 .....	141
5.6.1	VHF 调制器 .....	141
5.6.2	UHF 调制器 .....	143
<b>第 6 章</b>	<b>微处理器控制电路与电源电路 .....</b>	<b>146</b>
6.1	微处理器在卫星接收机中的地位 .....	146
6.2	微处理器的基本控制电路 .....	147
6.2.1	前面板键控矩阵电路 .....	147
6.2.2	红外遥控入电路 .....	149
6.2.3	存储器控制电路 .....	151
6.2.4	LED 显示电路 .....	152
6.3	微处理器的应用电路 .....	153
6.3.1	电压合成式频率调谐电路 .....	153
6.3.2	频率合成式频率调谐电路 .....	157
6.3.3	常用单片微处理器简介 .....	161
6.4	电源电路 .....	162
6.4.1	串联型晶体管稳压电源 .....	162
6.4.2	三端集成电路稳压电源 .....	163
6.4.3	开关型稳压电源 .....	165
<b>第 7 章</b>	<b>数字卫星电视接收机 .....</b>	<b>171</b>
7.1	数字卫星电视接收机的基本组成 .....	171
7.2	电子调谐解调器 .....	173
7.2.1	两种方案的电路结构 .....	173
7.2.2	零中频集成解调器 .....	173
7.2.3	频率合成器 .....	175
7.3	数字解调与信道解码电路 .....	178
7.3.1	匹配滤波 .....	178
7.3.2	QPSK 数字解调 .....	178
7.3.3	信道解码 .....	179
7.3.4	数字解调与信道解码集成电路 .....	181
7.4	解多工复用电路 .....	183
7.4.1	解多工复用的工作过程 .....	184
7.4.2	解多工复用器与 CPU 控制器芯片 .....	184
7.5	视频解码器与音频解码器 .....	187
7.5.1	视频解码器 .....	187
7.5.2	音频解码器 .....	189



7.5.3	视、音频解码器集成电路 .....	190
7.6	数字视频编码器和音频数模转换器 .....	193
7.6.1	数字视频编码器 .....	193
7.6.2	音频数模转换器 .....	195
7.7	数字卫星电视接收机整机方案 .....	197
7.7.1	几种常见的整机结构方案 .....	197
7.7.2	整机电路实例 .....	202
7.7.3	数字卫星接收机的软件控制系统 .....	207
<b>第 8 章</b>	<b>卫星电视接收系统的设计 .....</b>	<b>210</b>
8.1	卫星电视接收系统的主要技术要求 .....	210
8.1.1	系统部分 .....	210
8.1.2	天线部分 .....	214
8.1.3	室外接收单元部分 .....	216
8.1.4	室内接收单元部分 .....	218
8.2	卫星电视质量与系统性能指标的关系 .....	220
8.2.1	图像质量的评价方法 .....	220
8.2.2	图像质量与系统性能指标的关系 .....	221
8.3	卫星电视接收系统的性能分析 .....	221
8.3.1	模拟卫星电视接收系统性能分析 .....	221
8.3.2	数字卫星电视接收系统性能分析 .....	222
8.4	卫星电视接收系统的设计与设备选择 .....	225
8.4.1	模拟卫星电视接收系统的设计 .....	225
8.4.2	数字卫星电视接收系统的设计 .....	228
8.4.3	设备的选择 .....	231
8.5	卫星电视接收系统的安装与调整 .....	233
8.5.1	接收站点的选择 .....	233
8.5.2	设备的安装 .....	236
8.5.3	系统的调试 .....	237
8.6	卫星电视的多用户接收 .....	237
8.6.1	卫星电视的开路转播 .....	238
8.6.2	共用卫星天线系统 .....	239
8.6.3	有线电视闭路转播系统 .....	240
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>242</b>

# 第 1 章 卫星电视广播系统概述

## 1.1 卫星电视广播的发展概况

电视广播技术以电的方式、光的速度，将活动彩色图像和声音同时呈现于千里之隔的电视观众面前。人们足不出户，就能耳闻目睹天下大事，这使得古代人们“千里眼与顺风耳”的梦想成为现实。如今，电视在工业、农业、科学、文化、新闻、医疗、空间及国防等领域得到愈来愈广泛的应用。

由于超高频电磁波具有类似光线的传播特性，其传播距离受到地球表面曲率的限制和高山的阻隔。因此，在卫星系统出现以前，人们解决地面广播电视覆盖问题的主要办法，是架高发射和接收天线、设立为数众多的电视差转台以及建立微波中继传输网等。所有这些手段，都存在设备数量庞大、经济代价高昂，而且信号传输分配环节繁多、图像质量下降等问题。

为了克服地面无线电广播覆盖率低的缺点，早在 1945 年 10 月，英国人克拉克就提出了在地球赤道上空约 36 000km 的静止轨道上，放置三个相互间隔 120° 的人造地球卫星，通过它们实现全球通信的设想。但由于受当时科学技术水平的限制，这一设想在很长一段时间内未能变成现实。

1957 年 10 月，前苏联发射了世界上第一颗人造地球卫星，它标志着人类开始了征服空间的时代。三个月后，美国发射了第一颗低轨道通信试验卫星。该卫星以蓄电池作为能源，寿命虽然只有 13 天，但它开创了卫星通信的新篇章。1962 年 7 月和 12 月，美国又相继发射了两颗低轨道卫星，分别进行了电视、电话、电报和传真等通信试验。由于这些试验卫星都运行于椭圆轨道，高度仅几千公里，卫星与地球处于相对运动中，可进行的通信时间很短，一般仅能达到数十分钟。

随着火箭运载能力的提高、静止轨道发射技术和卫星姿态控制技术的发展，人们终于有能力将卫星发送并保持于静止轨道上。1964 年 8 月，美国经过两次失败之后，终于成功地发射了世界上第一颗静止通信卫星。该星定点于太平洋上空，成功地转发了东京奥林匹克运动会的电视实况，使人类利用静止卫星进行远距离传送电视节目的梦想真正成为现实。

随着空间技术的发展，在通信卫星的基础上，人们进一步开展了电视广播卫星的研制。它利用大功率的星载转发器，实现对其服务区内的广大用户直接传送电视节目。1974 年 5 月，美国成功发射了第一颗试验广播卫星。该卫星用 2.6GHz 频段的一个电视频道，向没有电视台的落基山脉和阿拉斯加等地区进行了教育电视的实验广播。1976 年 10 月，前苏联向东经 99° 的赤道上空同步轨道上发射了一颗实验广播卫星(命名为荧光屏号)，该星采用 714MHz 下行频率传送一套电视节目，覆盖区域的总面积达到 10 000 000km<sup>2</sup>。

由于卫星直播电视具有覆盖面广、节目容量大、图像质量好及接收设备体积小等优点，受到了世界各国的广泛重视。自 20 世纪 70 年代末开始，各发达国家纷纷制定卫星广播计划，并积极投入实施。迄今为止，运行于同步轨道上的卫星数量已达一百多颗，转播的卫星电视

节目已达数千套。

我国于 1976 年参加了国际通信卫星组织，并于 70 年代和 80 年代初，利用德、法联合研制的“交响乐”等卫星进行了电视传输试验，取得了大量试验数据。1984 年 4 月，我国发射了第一颗试验通信卫星，实现了对新疆、西藏、内蒙等边远地区传送中央电视台电视节目。从 1985 年 8 月开始，我国试用了国际 5 号卫星传送电视节目，随后租(购)了该卫星的 4 个卫星转发器，专供电视传输之用。1988 年 3 月，我国成功地发射了两颗实用通信卫星(东方红二号甲)，又增加了 6 个国内转发器，从而开始了中央电视台两套节目和新疆、云南、贵州、西藏 4 个省(区)的地方电视台节目，以及两套中央教育电视节目的卫星转播，并建立了数以千计的卫星地面接收站，这标志着我国卫星电视广播开始步入了迅速发展的阶段。

1990 年 4 月，由我国参与投资经营，并采用长征 3 号火箭发射成功并投入使用的“亚洲一号”卫星，是我国卫星通信事业的又一个里程碑。该卫星拥有 24 个转发器，波束覆盖了亚洲及其邻近的 40 多个国家和地区共 27 亿多人口。我国租用了其中的 6 个转发器，用于电视节目转播、电话通信和数字传输等。鉴于“东二甲”卫星的寿命即将到期，我国于 1993 年 6 月向美国 GTE 空间网络公司购买了一颗在轨卫星，命名为“中星五号”。该卫星除了替代“东二甲”卫星传送中央一、二套电视节目和四川、新疆、西藏电视节目外，还增加了中央三套、浙江和山东三个电视节目，成为当时国内的主力卫星。1994 年 7 月，以中资为主的亚太通信卫星公司，利用中国长征 3 号火箭成功地发射了“亚太一号”卫星，该卫星也拥有 24 个转发器，波束覆盖整个亚太地区。我国租用了其中 8 个转发器，其中 3 个用于转发 3 套教育电视节目，其余用于通信。此时，我国卫星地面接收站的数量已发展到数十万个。1996 年，“亚太一号 A”卫星发射成功并投入运行。此时，“中星 5 号”卫星的使用寿命已到，该星上的所有节目全部转移到“亚太一号 A”卫星上。目前，该卫星传送的国内电视节目有中一、中二、中七、浙江、山东、云南、西藏、四川和新疆等 10 套模拟电视节目。

然而，由于同步卫星资源和频率资源有限，随着上星节目数量的增多，卫星转发器的供求关系日趋紧张，导致转发器的使用费用不断上涨。而采用传统的模拟传输方式，每套电视节目需要占用一个卫星转发器。这种模拟传输方式所存在的资源利用率低和成本费用高等问题，制约了卫星广播电视事业的进一步发展。

随着科学技术的进步，特别是计算机技术、数据编码与压缩技术、数字调制技术和超大规模集成电路技术的发展，全球迎来了电子信息产业数字化的新时代。尤其在广播电视领域，自美国宣布到 2006 年将全部废除目前的模拟制式电视广播和接收系统以来，广播电视领域的数字化浪潮以不可阻挡之势向前推进，世界各发达国家纷纷加入开发数字式广播电视系统和设备的行列。

数字化电视传输方式带来的好处主要表现在三个方面：其一，可以采用数字压缩技术和高效的调制方式，能够有效地减少传输频带宽度，从而提高传输信道和无线电频率资源的利用率。在相同的画面质量下，采用数字方式传输电视节目所需的带宽仅约为模拟方式的五分之一；其二，可以采用前向纠错编码等抗干扰技术和信号再生技术，能够有效抗击各种信道干扰，并消除信号失真和噪声的积累，从而大大提高图像质量；其三，可以采用多工复用技术，实现图像、语音和数据等多媒体信息的兼容传输，从而有利于促进有线电视网、电信网和计算机网“三网”合一的进程。

数字传输方式所具备的上述优越性，为卫星电视广播事业的发展带来新的生机，同时也

使卫星电视广播领域成为接受数字化技术的先驱。采用目前国际通用的活动图像压缩标准(MPEG-2),能将每路电视的数码率从每秒 200 多兆比特压缩到 3~15Mbit,再加上 QPSK 数字调制技术,使得一个卫星转发器可以同时传输 4~10 套高质量的数字电视节目。1994 年底,美国的 DBS 系统采用数字传输方式,为用户传送 100 多套卫星电视节目。同一时间,欧洲也出台了由 170 个组织共同制订的 DVB(数字视频广播)标准(如 ETS300421、ETS300429、ETS300744 等),这些标准目前已为 ITU(国际电信联盟)所认可,成为数字卫星电视(DVB-S)、数字有线电视(DVB-C)和数字地面电视(DVB-T)的国际性标准。该项标准的建立大大推进了数字视频广播技术在各个领域的应用进程。

为了紧跟国际广播电视数字化新潮流,同时解决我国卫星转发器的供求紧张状况,我国中央电视台于 1995 年底,在国内率先采用数字传输技术,通过中星 5 号卫星的一个 C 频段转发器同时传输 5 套数字电视节目(中三、电影、文艺、体育、少儿农业科技)。1995 年发射成功的“亚洲二号”卫星对我国的卫星电视事业有特殊的意义,该星装有 24 个 C 频段转发器和 9 个 Ku 频段转发器,覆盖了 53 个国家和地区,人口达 35 亿。我国租用其中的 3 个 Ku 转发器,上述的中央电视台 5 套数字电视节目已于 1996 年 6 月转到该星的一个 Ku 转发器上,另一个用于转播中四模拟节目,还有一个用于数字声广播及数据广播节目。这一举措为我国卫星广播业务从 C 频段向 Ku 频段过渡、从模拟方式向数字方式过渡开创了良好的开端。从 1997 年 1 月起,我国先后已有湖南、湖北、广东、广西、河南、福建、江西、辽宁、内蒙古(2 套)、青海、陕西、黑龙江、安徽、江苏、新疆(3 套)、北京等 16 个省(区)、直辖市的 19 套电视节目采用数字方式通过该卫星进行传送。

此外,1998 年,我国还成功地发射了“中卫一号”卫星和“鑫诺一号”卫星,它们各有 24 个转发器。前者主要用于邮电通信,后者主要用于“三金工程”,并成为国内首个 Ku 频段卫星电视直播平台。目前,我国上星的电视节目已达 40 多套,形成了覆盖全国、天地联网的电视广播系统,并逐步向卫星电视直播到户的时代迈进。

## 1.2 卫星电视广播的基本规定

### 1.2.1 同步轨道

为了使卫星地面接收站能够采用方向性很强的高增益天线,长时间稳定地接收来自卫星的微弱电视信号,就必须使卫星运行于同步轨道,运行于该轨道的卫星称为同步卫星。同步卫星在这一轨道上绕地球运转的角速度与地球自转的角速度相等,二者相对静止不动,故同步卫星有时又称为静止卫星。

如图 1-1 所示,要使卫星处在同步轨道运行,必须使卫星绕地球作圆周运动产生的离心力等于地球对卫星的万有引力,即:

$$\frac{mv^2}{r+h} = \frac{mgr^2}{(r+h)^2} \quad (1-1)$$

式中,  $m$  为卫星的质量,  $v$  为卫星运动的线速度,  $r$  为地球赤道半径,  $h$  为卫星与地球表面(赤道)的距离,  $g$  为重力加速度。由此可得:

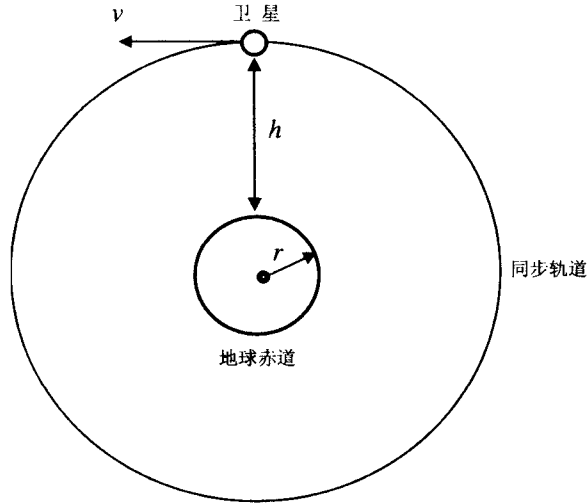


图 1-1 卫星运行轨道与地球表面相对时的位置

$$v = r \sqrt{\frac{g}{r+h}} \quad (1-2)$$

而卫星绕地球运转的周期等于地球自转的周期  $T$ ，即：

$$\frac{2\pi(r+h)}{v} = T$$

或

$$v = \frac{2\pi(r+h)}{T} \quad (1-3)$$

由此可得同步卫星与地球赤道的距离为：

$$h = \left( \frac{rT}{2\pi} \sqrt{g} \right)^{\frac{2}{3}} - r \quad (1-4)$$

表 1-1 亚太地区上空主要电视广播卫星分布情况

名称	代号	定点位置	运营商	用途	C 频段转发器数量	C 频段转发器功率(W)	Ku 频段转发器数量	Ku 频段转发器功率(W)
泛美四号	PANAMSAT-4	68.5°E	泛美卫星公司	通信用及电视广播	16 个, 含 4 个备份	34	24 个, 含 6 个备份	60
亚太 2R	APSTAR-2R	76.5°E	亚太卫星公司	通信用及电视广播	28 个, 含 8 个备份	60	16 个, 含 8 个备份	110
中卫一号	CHINASTAR-1	87.5°E	中国东方卫星公司	通信用及电视广播	18	45	20	85(36MHz 时) 135(72MHz 时)
亚洲二号	ASIASAT-2	100.5°E	亚洲卫星公司	通信用及电视广播	24	55	9	115

续表

名称	代号	定点位置	运营商	用途	C 频段转发器数量	C 频段转发器功率(W)	Ku 频段转发器数量	Ku 频段转发器功率(W)
亚洲 3S	ASIASAT-1	105.5°E	亚洲卫星公司	通信用及电视广播	28	41dBW	16	53dBW
日本广播卫星	BSAT-1A	110°E	日本电信卫星公司	电视直播 HDTV 播放			4	106
鑫诺一号	SINOSAT-1	110.5°E	中国鑫诺卫星公司	通信用及电视中继	24	21	14	97
帕拉帕 C2	PALAPA-C2	113°E	印尼 PT Satelindo	电视广播	24	36		
中星八号	CHINASTAR	115.5°E	中国通广卫星公司	通信用及电视广播	36	37	16	125
日本通信卫星三号	JCSAT-3	128°E	日本通信卫星公司	通信用及电视中继	12	34	28	60
亚太 1A	APSTAR-1A	134°E	亚太卫星公司	通信用及电视中继	24 个, 含 6 个备份	16		
亚太一号	APSTAR-1	138°E	亚太卫星公司	通信用及电视广播	24	16		
马布海卫星	AGILA-2	146°E	菲律宾马部海卫星公司	通信用及电视中继	30	27	24	220(8 台) 110(16 台)
日本通信卫星二号	JCSAT-2	154°E	日本通信卫星公司	通信用及电视广播			32	20
超鸟 B1	SUPERBIRD-B1	162°E	日本空间通信卫星公司	电视广播			23	36
泛美二号	PANAMSAT-2	169°E	泛美卫星公司	通信用及电视广播	16		16	60

将  $T=23\text{h } 56\text{min } 4\text{s}=86\ 164\text{s}$ ,  $r=6\ 378\text{km}$ ,  $g=9.8\text{m/s}^2$  代入式(1-3), 可得:

$$h=35\ 786\text{km}$$

由以上分析结果可知, 同步轨道是位于地球上空距赤道约 35 786km 处, 与赤道平面处于同一平面的一条圆形轨道。

由于地球上空的同步轨道只有一条, 为了避免同步轨道上的卫星信号相互之间产生干扰, 国际电信联盟(ITU)曾规定每两颗同步卫星之间至少要有 3° 的间隔, 这样, 整个同步轨

道最多只能同时容纳 120 颗同步卫星。为了提高同步轨道的利用率，现在采用 2° 的间隔，故可同时容纳 180 颗同步卫星。

为了合理分配和使用同步轨道这一人类的共同资源，在 1977 年国际电信联盟举行的世界无线电行政大会上，对卫星广播业务频段上各国使用的卫星轨道位置做出了统一的分配。我国分配到的 3 个 Ku 频段的轨道位置分别为东经 62°、东经 80° 和东经 92°。随着世界政治形势和经济的发展，各国已充分认识到卫星轨道资源和频率资源是人类的宝贵财富，从而使得对这一资源的争夺更为激烈。我国正加快步伐，利用现有的直播卫星轨道资源，开展我国的卫星直播业务。

表 1-1 列出了亚太地区上空主要用于卫星电视广播和信号传输的同步卫星的分布情况。

### 1.2.2 频段的划分与分配

为了防止卫星电视广播信号对地面通信产生干扰，1971 年国际电信联盟在日内瓦举行的世界无线电行政大会上，对卫星广播业务所使用的频率进行了分配，并明确了卫星广播业务的定义和技术标准。按照规定，卫星广播的专用频率共分为 6 个频段，见表 1-2。目前已使用的频段有 L、S 和 Ku 三个较低频段，三个较高频段在技术上尚未成熟，故暂未使用。另外，国际电信联盟还规定，用于地面微波通信和卫星通信的 C 频段 (3.7~4.2GHz) 也可用于卫星电视传输，但对转发器的发射功率做出了限制(一般为 8~16W)，故 C 频段的卫星转发器只能用于地面电视的收转。

表 1-2 卫星电视广播的使用频段

频段名称 (GHz)	频率范围 (GHz)	分配区域	使用范围
L (0.7)	0.62~0.79	全球范围	与其他业务共用
S (2.5)	2.50~2.69	全球范围	供集体接收使用
Ku (12.0)	11.7~12.2	第二、三区	卫星广播优选
	11.7~12.5	第一区	
Ka (23.0)	22.5~23.0	第三区	与其他业务共用
Q (42.0)	40.5~42.5	全球范围	卫星广播专用
E (85.0)	84.0~86.0	全球范围	卫星广播专用

国际电联还从频率使用角度出发，将全世界划分为三个区域：第一区包括欧洲、非洲、俄罗斯的亚洲部分、蒙古及伊朗西部以西的亚洲地区；第二区包括南、北美洲；第三区包括亚洲的大部分地区和大洋洲，我国属于第三区。对于卫星电视广播优选频段的 Ku 频段，第二区和第三区使用的频率范围为 11.7~12.2GHz，第一区使用的频率范围为 11.7~12.5GHz；第三区还使用 22.5~23.0GHz 的 Ka 频段。

### 1.2.3 频道的划分

#### 1. 模拟卫星电视广播系统的频道划分

为了充分利用卫星电视广播频段内的有限带宽，而又不至于使各个节目信号之间产生相互干扰，通常需要将每个频段再细分为若干个频道，相邻频道之间留有一定的保护间隙。对于模拟卫星电视广播系统而言，相邻频道间隔通常取为 19.18MHz(也有采用 20MHz 的频道间隔)。同时，为了保护相邻频段的通信业务不受干扰，通常在频段的上、下边沿留出一定的保护带，一般规定上沿保护带为 11MHz，下沿保护带为 14MHz。这样，Ku 频段中各频道的中心频率可按式(1-5)计算：

$$f_n = 11\,708.30 + 19.18N \quad (\text{MHz}) \quad (1-5)$$

对于 C 频段，各频道的中心频率可按式(1-6)计算：

$$f_n = 3\,708.3 + 19.18N \quad (\text{MHz}) \quad (1-6)$$

按照上述计算方法，Ku 频段(11.7~12.2GHz)和 C 频段(3.7~4.2GHz)分别可容纳 24 个电视频道，各频道的中心频率见表 1-3。

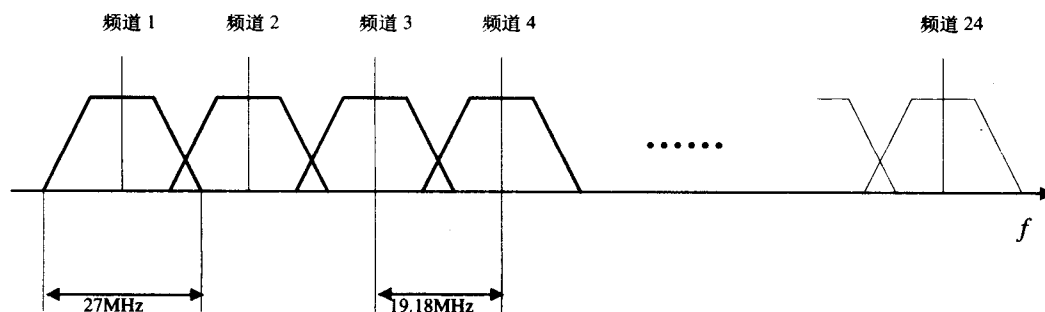


图 1-2 卫星电视频道的划分示意图

由于每个卫星电视节目经调制后占用的频带宽度为 27MHz，两个相邻频道之间的间隔小于每个已调电视频道所占用的频带宽度，因而相邻频道之间有 7.82MHz 的重叠，如图 1-2 所示。为了避免相邻频道之间产生干扰，通常采用两种措施：其一，采用频率分隔使用法(或称为隔频使用法)，即在同一个地区使用 1, 3, 5, ……等频道，而在另一地区使用 2, 4, 6, ……等频道；其二，采用电波极化分隔法，即在同一地区，对于 1, 3, 5, ……等频道，可采用水平极化波(或左旋圆极化波)，对于 2, 4, 6, ……等频道，则采用垂直极化波(或右旋圆极化波)，利用不同极化波之间的隔离特性来克服邻频道干扰。第二种方法可使卫星频谱资源得到充分的利用，故目前使用最广泛。表 1-4 列出了我国上空部分模拟卫星电视节目的下行频率和极化方式。



表 1-3

C 频段卫星电视频道的划分

频道号 <i>N</i>	C 频段各频道中心频率 (MHz)	Ku 频段各频道中心频率 (MHz)
1	3727.48	11727.48
2	3746.66	11746.66
3	3765.84	11765.84
4	3785.02	11785.02
5	3804.20	11804.20
6	3823.38	11823.38
7	3842.56	11842.56
8	3861.74	11861.74
9	3880.92	11880.92
10	3900.10	11900.10
11	3919.28	11919.28
12	3938.46	11938.46
13	3957.64	11957.64
14	3976.82	11976.82
15	3996.00	11996.00
16	4015.18	12015.18
17	4034.36	12034.36
18	4053.54	12053.54
19	4072.72	12072.72
20	4091.90	12091.90
21	4111.08	12111.08
22	4130.26	12130.20
23	4149.44	12149.44
24	4163.62	12168.62

表 1-4

我国上空部分模拟卫星电视节目的下行频率和极化方向

卫星名称	轨道位置	节 目	频 段	下行频率(MHz)	极 化	制 式
亚太 1A	134° E	山东教育	C	3820	V	PAL
		中央 1	C	3860	V	PAL
		教育 2	C	3900	V	PAL
		贵州卫视	C	3960	H	PAL
		教育 1	C	3980	V	PAL
		云南卫视	C	4000	H	PAL
		浙江卫视	C	4020	V	PAL
		四川卫视	C	4080	H	PAL
		山东卫视	C	4100	V	PAL
		中央 7	C	4160	H	PAL
		中央 2	C	4180	V	PAL