

WEIXING DIANSHI JIESHOU SHIYONG JISHU

# 卫星电视接收 实用技术

赵兴涛 编

数字卫星广播电视接收系统的组成和原理、  
卫星电视接收器材、  
卫星电视接收技术和方案、  
卫星电视接收系统的安装调试、  
CA加密卫星电视节目的接收技术等



化学工业出版社

卫星电视接收技术(CIP) 国家标准

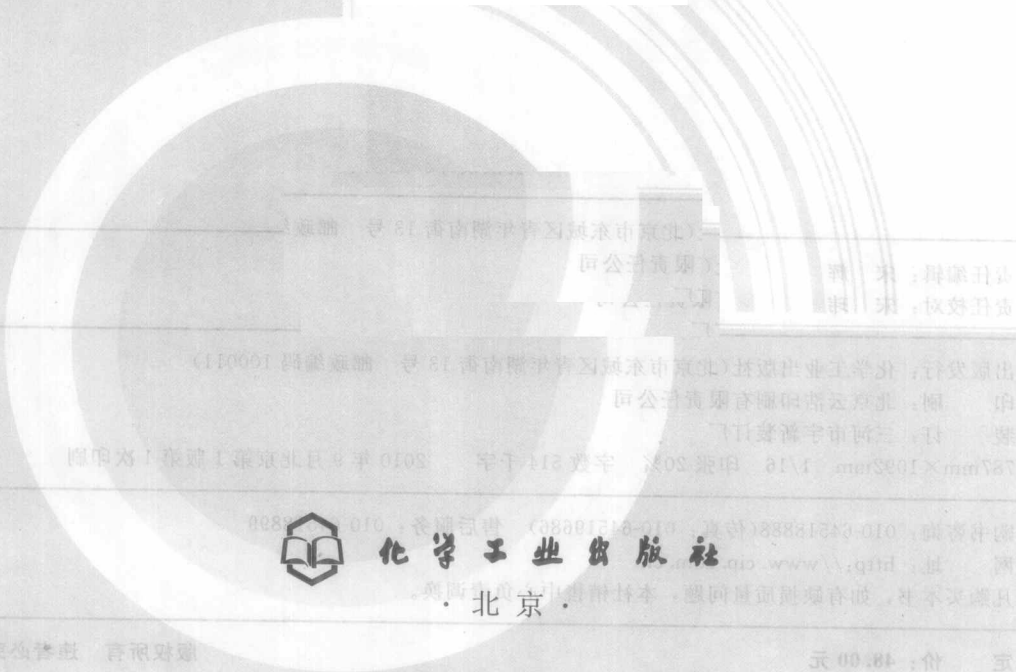
WEIXING DIANSHI JIESHOU SHIYONG JISHU

卫星电视接收技术(CIP) 国家标准

工业出版社, 2010.9

# 卫星电视接收 实用技术

赵兴涛 编



化学工业出版社

北京

定价: 48.00元

定价: 48.00元

图书在版编目 (CIP) 数据

卫星电视接收实用技术/赵兴涛编. —北京: 化学工业出版社, 2010. 9

ISBN 978-7-122-08974-8

I. 卫… II. 赵… III. 卫星广播电视-接收技术  
IV. TN948.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 121822 号

卫星电视接收实用技术

---

责任编辑: 宋 辉  
责任校对: 宋 玮

文字编辑: 孙 科  
装帧设计: 王晓宇

---

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 20 $\frac{3}{4}$  字数 514 千字 2010 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

# 前言



随着地球赤道上空地球同步卫星的不断增加，能覆盖中国地区的地球同步卫星已达 52 颗，而卫星电视广播就是由设置在赤道上空的地球同步卫星传输的。卫星电视广播已经从早期的模拟卫星电视广播发展到数字卫星电视广播，数字卫星电视广播具有覆盖区域大、传输距离远、受众面广、传输信息量大、抗干扰性强、信号质量高、不受地理条件限制等优点，因此更适合于我国幅员辽阔、地形复杂、人口居住分散的特点。

随着广播电视村村通工程的深入开展，基层从事卫星电视广播的专业技术人员和爱好者越来越多，渴望了解和掌握卫星电视广播接收技术的愿望越来越强烈。本书在对数字卫星电视接收技术理论进行系统分析和阐述的基础上，对数字卫星电视接收器材和接收调试实战技法进行了系统性介绍。

全书共分为 11 章，第 1 章和第 2 章分别介绍了数字卫星电视广播系统的技术原理及中国地区上空的主要地球同步卫星的广播电视节目；第 3 章~第 6 章分别介绍了包括卫星天线、馈源和高频头、辅助器材和 FTA、CA、CI 数字卫星电视接收机、多媒体数字卫星电视接收机、数字电视接收卡和高清数字卫星电视接收机在内的卫星电视接收器材；第 7 章介绍了卫星地电视接收系统的安装和调试技术；第 8 章介绍了具有 CA 条件接收系统的卫星电视节目接收技术和方法；第 9 章介绍了 GPRS 无线网络配合 DM500S 实现卫星电视节目无线网络共享的接收技术和方法；第 10 章介绍了 1020 双汉卡配合电脑实现卫星电视节目接收的技术和方法；第 11 章介绍了数字卫星电视接收过程中所遇到的问题及其解决方法。在附录部分，汇编了我国主要县市的经纬度数据及流行数字卫星接收机恢复盲扫功能的操作方法，供读者参考。

本书力求深入浅出、通俗易懂，用最为简单的语言把相对复杂又专业的理论知识讲得通透和深入。本书得到了许多专业人士的支持和帮助，赵成林、王凤敏、赵子豪、张爱梅、邢森森提供了部分图片资料及其帮助，在此一并表示感谢。

必须指出，本书的宗旨是从专业和技术的角度来介绍数字卫星电视接收的相关知识，并无任何主观的行为导向目的，因此希望广大读者注意，个人和家庭接收卫星电视必须遵守国家有关法规。

由于时间仓促和编者水平所限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。  
联系邮箱：dzyzxt@sohu.com

编者



# 目录

# CONTENTS



第1章 广播电视节目的“上”天和“落”地——卫星电视广播系统	1
1.1 数字卫星上行站发射控制系统——节目上星、上行传送	2
1.2 卫星转发系统——节目转发、下行传输	4
1.2.1 星载转发器的功能	4
1.2.2 星载转发器的特性参数	6
1.3 卫星地面接收系统——节目接收	6
1.4 卫星节目的传输方式	8
1.5 卫星广播电视信号传输标准	8
1.5.1 DVB-S 标准	10
1.5.2 DVB-S2 标准	11
1.5.3 我国卫星直播专用广播电视信号传输标准 ABS-S	11
1.6 卫星广播电视信源压缩编码技术	12
1.6.1 MPEG-2 信源压缩编码标准	12
1.6.2 MPEG-4 信源压缩编码标准	19
1.6.3 AVS 信源压缩编码标准	20
1.7 卫星电视节目接收参数解析	21
第2章 我国上空主要地球同步通信卫星及其传输广播电视节目	28
2.1 我国上空主要地球同步通信卫星及其传输的固定卫星广播电视节目	29
2.1.1 “亚太”系列通信卫星	29
2.1.2 “亚洲”系列卫星	40
2.1.3 “中星”系列通信卫星	46
2.1.4 125°E “鑫诺三号”通信卫星	60
2.1.5 88.0°E 中新一号通信卫星	62
2.1.6 108.2°E 新天 11 号通信卫星	63
2.1.7 128.0°E 日本通信 3A 卫星	69
2.1.8 146.0°E 马布海二号通信卫星	70
2.2 我国上空主要地球同步通信卫星 SNG 中继频道和数据多媒体频道	75
2.3 我国卫星电视广播的最新运营状况	79
第3章 卫星接收天线	81
3.1 卫星接收天线的类型和结构	81
3.1.1 抛物线天线	81
3.1.2 平板天线	83
3.1.3 车载卫星移动接收天线系统	84
3.1.4 卫星电视多星自动跟踪接收天线——极轴天线	85
3.2 卫星接收天线的主要特性参数	91
3.3 卫星接收天线的选购	95

<b>第4章 卫星电磁波束的“聚能”和信号转换——卫星电视接收馈源和高频头</b>	97
4.1 馈源	97
4.1.1 前置馈源	97
4.1.2 过渡波导馈源	100
4.2 高频头	101
4.2.1 高频头的特性参数	102
4.2.2 高频头的类型	104
4.2.3 高频头的极化角调整	109
4.2.4 几种品牌高频头的特性参数	110
<b>第5章 卫星电视中频信号切换开关和功率分配器件</b>	114
5.1 卫星中频信号切换开关	114
5.1.1 0/22kHz 开关	114
5.1.2 DisEqC 数字中频切换开关	116
5.1.3 13/18V 切换开关	117
5.2 卫星中频信号分配器件——功分器	118
5.3 卫星同轴电缆连接器件	119
<b>第6章 卫星电视信号接收、处理和声像重现——数字卫星电视接收机</b>	121
6.1 数字卫星电视接收机的工作原理和硬件组成	121
6.1.1 数字卫星电视接收机的工作原理	121
6.1.2 数字卫星电视接收机的硬件功能	123
6.2 数字卫星电视接收机的主要类型	127
6.2.1 FTA 免费接收机	127
6.2.2 CA 条件接收机	129
6.2.3 数字卫星接收卡	153
6.2.4 数字卫星接收盒	154
6.2.5 高清数字卫星电视接收机	154
<b>第7章 卫星电视地面接收系统的设计、安装和调试</b>	163
7.1 卫星电视地面接收系统的设计	163
7.1.1 工程计算方法	163
7.1.2 经验公式设计方法	168
7.1.3 图表速查法	169
7.2 卫星电视地面接收方案	170
7.2.1 一锅一星接收方案	170
7.2.2 一锅多星接收方案	173
7.3 卫星接收天线系统的安装和调试	180
7.3.1 卫星电视地面接收天线系统的安装	180
7.3.2 卫星电视地面接收天线系统的调试	184
7.4 卫星接收机的设置和操作	189
7.4.1 卫星接收机的系统安装和升级	189
7.4.2 卫星接收机的寻星操作和使用	204

7.5	卫星电视接收系统调试的辅助寻星器材	226
7.5.1	便捷辅助寻星器材组合——USB2.0 DVB-S QBOX 1020 卡接收盒 + 笔记本电脑	227
7.5.2	辅助寻星器材 DIY	227
<b>第 8 章 具有 CA 条件接收系统的卫星电视节目接收</b>		231
8.1	正版智能卡实现加密节目的条件接收	231
8.2	CAS 条件接收的破解与反制	232
8.2.1	基于 IC 卡的破解——D 卡	233
8.2.2	通过改变 PID 码方法实现条件接收	236
8.2.3	修改 Key 码实现条件接收	237
8.2.4	通过宽带 CA 共享方式实现条件接收	240
<b>第 9 章 GPRS 无线网络配合 DM500S 实现卫视节目无线网络共享接收</b>		247
9.1	GPRS 的接入方式	247
9.2	利用手机 GPRS 上网配合 DM500S 实现网络共享加密卫视节目的接收	248
9.2.1	手机基于 GPRS 方式上 Internet 的设置	248
9.2.2	手机与 DM500S 的硬件连接	248
9.2.3	DM500S 的 GPRS 网络配置	248
9.3	使用 CLink GPRS 外置无线上网模块配合 DM500S 收看加密卫视节目的方法介绍	251
9.3.1	CLink 简介	251
9.3.2	使用 CLink GPRS 外置无线上网模块配合 DM500S 收看加密卫视节目的设置方法	251
9.3.3	DM500S CLink GPRS 模块使用注意事项	253
<b>第 10 章 1020 卡配合电脑实现卫星电视节目接收</b>		254
10.1	1020 卡简介	254
10.2	1020 卡的软件安装	256
10.2.1	1020 卡自带的免费卫星节目播放软件 ViSionDTV 的安装和配置	257
10.2.2	第三方软件及解密插件的安装、配置方法	264
10.3	新一代 1020 双汉卡——PCI DVB-S2 接收卡 TBS8920 简介	280
10.4	USB2.0 DVB-S QBOX 1020 卡及 USB2.0 DVB-S2 Q-Box II 接收盒简介	281
10.4.1	USB2.0 DVB-S QBOX 1020 卡接收盒	281
10.4.2	USB2.0 DVB-S2 Q-BOX II 接收盒	283
<b>第 11 章 卫星电视接收常见问题及解决方法</b>		286
11.1	卫星电视接收设备安装和维护常规注意事项	286
11.2	气候因素对卫星电视接收的影响与解决方法	287
11.2.1	雨(雪)衰	287
11.2.2	雨水渗入 F 头和积雪覆盖锅面	287
11.2.3	太阳黑子的影响	287
11.3	劣质杂牌天线对卫星电视接收的影响	288
11.4	中频切换开关异常对卫星电视接收的影响	293

11.5	卫星节目 CA 系统升级对加密卫星电视接收的影响	295
附录 1	我国主要市县经纬度数据表	307
附录 2	流行数字卫星接收机恢复盲扫功能操作一览表	316
参考文献		322
第 8 章	具有 CA 条件的接收系统的卫星电视节目接收	331
8.1	正版智能卡实现加密节目的条件接收	331
8.2	CA 条件接收的解密区制	335
8.2.1	基于 IC 卡的条件接收——D 卡	338
8.2.2	通过改变 PID 码方式实现条件接收	338
8.2.3	修改 Key 码实现条件接收	340
8.2.4	通过宽带 CA 共享方式实现条件接收	340
第 9 章	GPRS 无线网络配合 DM502 实现卫星节目无线网络共享接收	347
9.1	GPRS 的接入方式	347
9.2	利用手机 GPRS 上网配合 DM502 实现网络共享加密卫星节目的接收	348
9.2.1	手机基于 GPRS 方式上 Internet 的设置	348
9.2.2	手机与 DM502 的硬件连接	348
9.2.3	DM502 的 GPRS 网络配置	348
9.3	使用 Clink GPRS 外置无线上网模块配合 DM502 收看加密卫星节目的方法介绍	351
9.3.1	Clink 简介	351
9.3.2	使用 Clink GPRS 外置无线上网模块配合 DM502 收看加密卫星节目的设置方法	353
9.3.3	DM502 Clink GPRS 模块使用注意事项	354
第 10 章	1020 卡配合电脑实现卫星电视节目接收	354
10.1	1020 卡简介	354
10.2	1020 卡的软件安装	358
10.2.1	1020 卡自带的免费卫星节目插卡软件 VisionDTV 的安装和设置	364
10.2.2	第三方软件及解密插件的安装、设置方法	380
10.3	新一代 1020 双芯片——PCI DVB-S2 接收卡 TR28920 简介	381
10.4	USB2.0 DVB-S QBOX 1020 卡及 USB2.0 DVB-S2 Q-Box II 接收盒简介	381
10.4.1	USB2.0 DVB-S QBOX 1020 卡接收盒	383
10.4.2	USB2.0 DVB-S2 Q-BOX II 接收盒	388
第 11 章	卫星电视接收常见问题及解决方法	388
11.1	卫星电视接收设备安装和维护常规注意事项	388
11.2	干扰因素对卫星电视接收的影响与解决方法	387
11.2.1	雨(雪)天	387
11.2.2	雨水渗入天线和锅盖背面	387
11.2.3	太阳黑子的影响	387
11.3	劣质零件对卫星电视接收的影响	388
11.4	中频切换开关异常对卫星电视接收的影响	388



# 第1章

## 广播电视节目的“上”天和“落”地 ——卫星电视广播系统

在1945年英国人在科幻小说中首先提出卫星通信的设想后的19年，美国就在1964年成功发射了世界上第一颗可以接收和发射广播电视信号的地球同步通信卫星，终于将这一幻想变为现实。地球同步卫星，顾名思义这些卫星是与地球同步运转，因此卫星对地球来说是相对“静止”的，从而保证稳定可靠地接收卫星电视信号。这些卫星均定位于地球赤道上空3.6万千米的地方，在赤道上空，多颗同步卫星以相互间隔 $2^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 不等的经度距离绕地球一圈形成一卫星带，因为3.6万千米的定点位置恰好是地球地心引力与卫星离心力相等的地方，因此卫星仅需要较少的能量便可保证其不飘移到太空或由地心引力吸引到地球，24小时夜以继日地与地球同步运转（见图1-1）。

自地球同步通信卫星问世以来，由于卫星技术长时间处于C频段、低功率和中功率通信卫星发展阶段，卫星转发器的等效全向辐射功率（EIRP）较小（C波段33dBW，Ku波段47dBW），卫星覆盖场强低，必然要求卫星地面接收站点的天线的口径很大，从而导致个人和家庭因空间和成本的限制而无法接收。直到近几年来，通过采用大功率的星上转发器提高EIRP的技术而研制、生产的大功率直播卫星不断投入运营，地球同步轨道上的卫星数量增多、定位角度间隔缩小，从而使卫星地面接收站点的天线的口径大幅减小，C波段天线可减小到1~1.5m，Ku波段天线用0.6m甚至0.25m天线都可以顺利接收，其中中星9号直播星在中国全境的覆盖场强达46~56dBW，从而创造了在中部地区仅用0.25m最小口径天线便可正常接收的新纪录，使普通用户接收卫星电视可以像以前用天线接收电视发射塔发射的地面电视信号那样简便易行，从而逐步掀起了一个直播卫星电视接收的热潮，卫视发烧友的队伍也不断壮大，卫视发烧友和基层卫星电视基层技术人员都渴望了解最新卫星电视接收的相关知识。

卫星电视广播系统从硬件组成来看，由上行发射地球站、星载转发器和地面接收站三大部分构成。其工作原理是：上行发射地球站将节目商送来的电视信号（图像与伴音）进行一定的处理和调制后，上变频为上行微波频率后用定向天线向太空的卫星发射电视信号，并接收卫星发出的电视信号及信标信号以实现对其工作状态进行监测和控制；星载转发器则将上行发射地球站送来的上行微波信号进行变频和再放大处理后成为下行微波信号，发射到地面服务区内，覆盖区内的地面接收站则将接收到的下行微波信号经

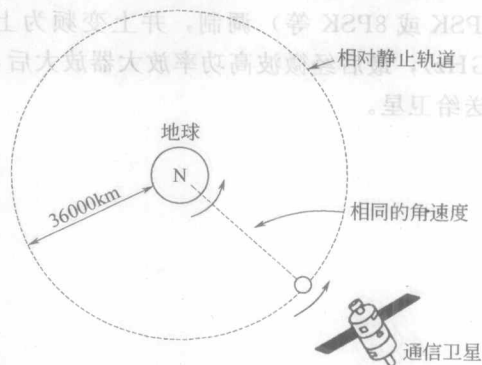


图1-1 高地球轨道上的通信卫星



下变频、解调和处理后，重新恢复出原电视信号（图像与伴音），并将它送给电视机，或由电视台站再进行地面转发或有线传送。

## 1.1 数字卫星上行站发射控制系统——节目上星、上行传送

数字卫星上行发射站，又称地面站，包括上行站发射系统和地面测控站两大部分。

上行站发射系统的主要任务是，把电视节目商制作的节目传送给通信卫星，并监视节目质量。卫星地球上行发射站及其与卫星间的微波通信见图 1-2。MCPC 方式数字卫星电视上行发射站的工作框图见图 1-3。工作原理：按照某种卫星电视系统标准（如欧洲的 DVB-S、DVB-S2 标准或中国的 ABS-S 标准），对多个电视节目的视频和音频以及交互式多媒体业务数据分别进行数字化（采样、量化）、压缩编码（按 MPEG-2、MPEG-4 或中国 AVS 信源压缩标准），输出压缩后的数字信号，分别被打成一定格式的数据包即打包处理，然后送往复用器进行复用，通过复用器将多套节目和交互式多媒体业务数据复用到一个信道上进行传输，按一定规律组合在一起形成单一的传输流（TS），对于加密节目需要经过加扰（加密）处理，然后把多路复用过的信号进行抗干扰的信道编码后，进行中频（QPSK 或 8PSK 等）调制，并上变频为上行微波频率（C 波段的 6GHz 或 Ku 波段的 14GHz），最后经微波高功率放大器放大后，稳定输出大功率高频信号，由上行发射天线发送给卫星。

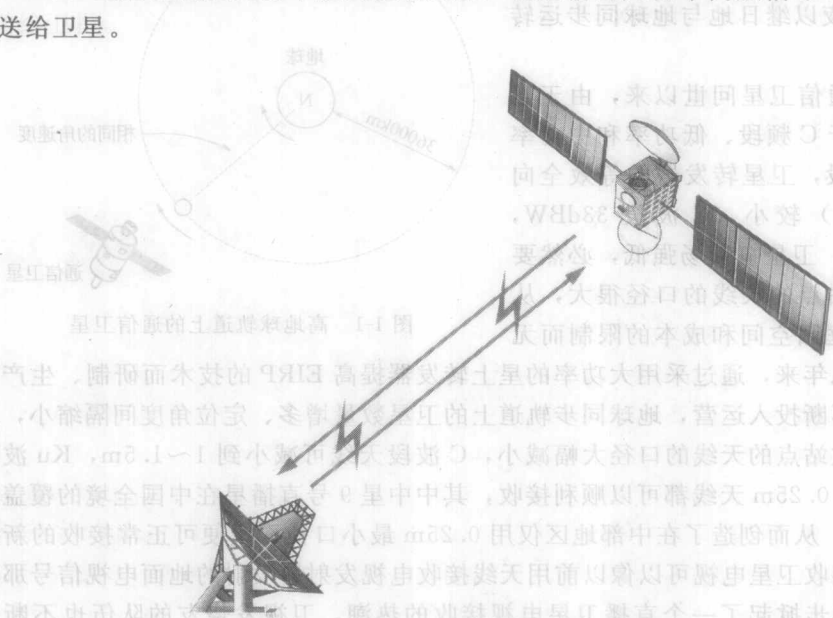


图 1-2 卫星地球上行发射站及其与卫星间的通信

在卫星电视系统的信号传输过程中，希望将节目源全数字编码的电视信号原始总码率在高带宽的通道内无损传输，这样所接收的卫星信号是最完美的，但这种高带宽、非压缩的传输必然付出高昂的成本代价，必然使卫星电视通信事业的发展失去了市场和经济价值，因此要实现数字编码的电视信号在有限的通道带宽内传输，并保证信号质量的同时提高传输通道的利用率，数字电视必须进行频带压缩，方能在合理的成本下实现电视信号的传输。因此采用了音视频（信源）压缩编码处理技术，即把该数字信号进行压缩，降低其

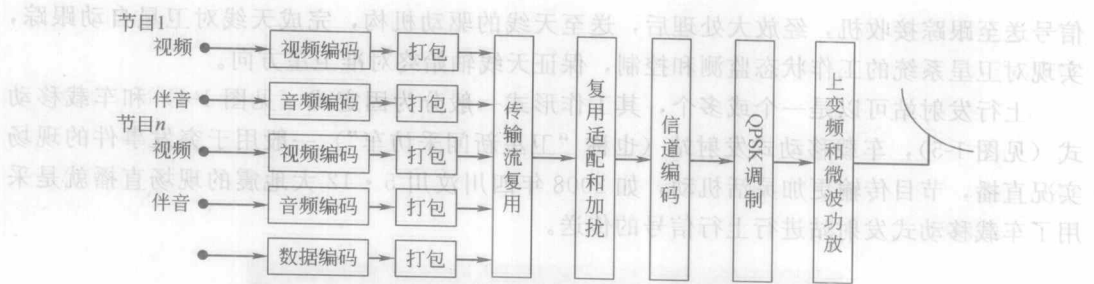


图 1-3 MCPC 方式数字卫星电视上行发射站的组成框图

码率，使常规的一条模拟传输通道可传输多路数字电视信号。例如常提到的 MPEG-2、MPEG-4 就属于这种信源压缩编码标准。

对于目前的标清卫星电视系统而言，主要采用 DVB-S 标准（除中星九号直播星采用自主产权的 ABS-S 标准外）、MPEG-2 信源压缩编码标准，数据流的调制采用 QPSK 调制方式；对于目前的高清卫星电视系统而言，由于需要用较窄的带宽提供更高传输容量，用更高的压缩比提供最佳的图像质量，高清卫星电视节目传输除中星 6B 的第一代高清频道 CCTV-HD 和 CHC 高清电影仍采用的 DVB-S 标准、MPEG-4 信源压缩编码标准和 QPSK 调制方式外，其他均采用 DVB-S2 标准、MPEG-4 信源压缩编码标准和具有更高频带利用率的调制方式的 8PSK 调制方式。

信道编码的作用是首先通过高效的编码和附加一些数据信息以实现最大的检错和纠错能力，提高信源的抗干扰能力；其次通过数据流的频谱特性适应传输信道的通频带特性，以求信号在通道传输时能量损失最小，从而提高载噪比和降低发生误码的可能性。

为提高上行站的抗干扰能力，上行发射站的中频调制采用了调频（FM）调制方式。地球上行发射站发射系统中，采用被称为上变频器的将较低的频率变换到较高的频率的变换设备进行频率变换。上变频器可分一次变频和二次变频两种方式。一次变频是将中频（如 70MHz 或 140MHz）直接变换为微波射频（C 波段的 6GHz 或 Ku 波段的 14GHz）；二次变频是先将中频（如 70MHz 或 140MHz）变换为 700MHz，然后再将 700MHz 变换为微波射频（C 波段的 6GHz 或 Ku 波段的 14GHz）。在目前的上行站中，普遍采用的是二次变频方式的上变频器。它的优点是调整方便、易于实现宽带要求，而缺点则是电路较为复杂。

上行发射站的天馈系统一般采用主瓣波束较窄的大口径发射天线向卫星传送一路或多路信号，采用卡塞格伦天线（后馈式抛物面天线），把经微波高功率放大器放大后的大功率微波信号以微波的形式向卫星方向辐射，微波信号是通过将馈源口辐射的球面波会聚成平面波的方式辐射向卫星的，具有馈电波导较短，大地反射噪声较小的优点。同时天馈系统接收卫星转发的微波信号（下行信号和信标信号），信标

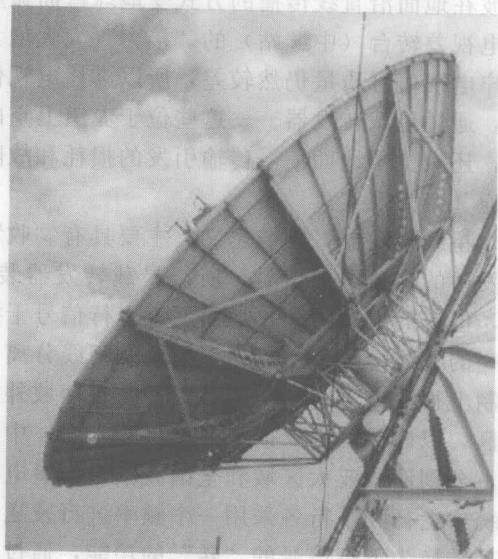


图 1-4 固定式卫星地球上行发射站

信号送至跟踪接收机，经放大处理后，送至天线的驱动机构，完成天线对卫星自动跟踪，实现对卫星系统的工作状态监测和控制，保证天线轴始终对准卫星方向。

上行发射站可以是一个或多个，其工作形式一般分为固定式（见图 1-4）和车载移动式（见图 1-5），车载移动式发射站（也称“卫星新闻采访车”）一般用于突发事件的现场实况直播，节目传输更加灵活机动，如 2008 年四川汶川 5·12 大地震的现场直播就是采用了车载移动式发射站进行上行信号的传送。



图 1-5 车载移动式上行发射站——卫星新闻采访车

## 1.2 卫星转发系统——节目转发、下行传输

### 1.2.1 星载转发器的功能

早期各地在接收无线地面电视广播都是靠地面差转台的转播来实现的，由于这种通过微波在地面沿直线传播的方式受地球弯曲弧度的影响，一般传播距离较短，虽然设在各地的电视差转台（中继站）的“接力”大大增大了传播距离，但远离中心城市的农村地区的用户电视信号质量仍然较差，所以广播电视信号的覆盖范围受到限制，而采用卫星电视广播，通过星载转发器——这些位于赤道上空的中继站，不但使信号的覆盖地域范围空前扩大，还减少了地面信号传输引发的损耗和故障，提高了信号的传送质量，使电视广播“村村通”变为现实。

星载转发器，顾名思义，主要具有“收”、“转”、“发”功能，但首先要接收来自上行站发射的广播电视信号，所以星载转发器装有可用于收发双工天线，集收发功能于一体，但有的卫星为防止地面恶意上行信号干扰，将传统的上行和下行信号接收、发射合二为一的天线，改为上行、下行收发天线分离、上行波束与下行波束分别覆盖的方法，从而控制上行波束天线的覆盖范围，防止区域外上行信号的恶意干扰。下行波束覆盖整个亚太地区，以确保国内广播电视节目的安全。中星 6B 星上配置 1 副 1.4m 天线和两副 2.4m 天线，分别形成亚太区域和全国波束。卫星电视广播系统为防止上行和下行频率重叠干扰，系统中上行和下行各采用一个频率进行发送，所以星载转发器具有将接收的上行信号进行处理转换为下行信号的“转”的功能，通过对上行信号的低噪声放大和变频处理，转换为与上行频率不同的下行信号频率，下行信号通过功率放大器的功率放大和天线的发射功能



完成信号发射功能,对地面服务区域完成下行信号的覆盖,实现“发”的功能。星载转发器要完成这些功能当然离不开能源(电能)的供给,所以包括太阳能电池板和蓄电池在内的卫星能源系统则提供星载转发器正常工作的根本保障。太阳能电池板所获得的电源是卫星的主要能源。平时太阳能电池板为星载转发器提供电源,同时也给蓄电池进行浮充电;在出现地星蚀或月星蚀、卫星进入太阳阴影区、电池板因无光照射而无法供电时,备用蓄电池便开始工作。太阳能电池板的寿命决定了卫星的使用寿命。图1-6为88.0°E中新一号通信卫星结构图,图中显示了卫星太阳能电池板、分离的C波段上行接收/下行发射天线及集收发功能于一体的Ku波段(K1、K2)天线。

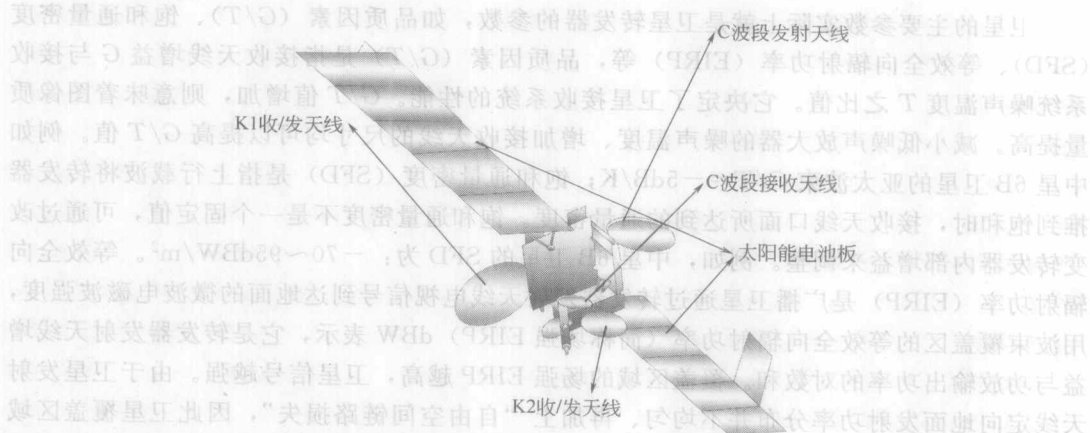


图1-6 88.0°E中新一号通信卫星结构图

星载转发器的信号转换处理电路结构一般有两种方式：一是直接变频式，它将上行的微波频率经过一次变频，变为下行微波频率；另一种为二次变频式，它将上行的微波频率变化为中频，经放大后再变频为下行频率。直接变频式电路简单，但由于工作频率高，因而对元器件要求高。二次变频式电路工作于中频，对元器件要求不高，容易实现高增益和AGC控制。

每个转发器处理的信号都有一个中心频率及一定的带宽，星载转发器在工作频率上，目前主要分为C波段转发器和Ku波段转发器两种。C波段工作频率4~6GHz，带宽36MHz；Ku波段为12~14GHz，带宽54MHz。在工作带宽上，根据需要设计成36MHz、54MHz和72MHz三种带宽。

一颗卫星上一般装有24个C波段转发器和24个Ku波段转发器，由于目前有的卫星已将C波段的下限频率由3.7GHz变为3.4GHz（例如134°E的亚太6号），因此C波段的总带宽已从原来的500MHz（3.7~4.2GHz）扩展到800MHz（3.4~4.2GHz），所以理论上就可以安排40个36MHz带宽的转发器（C波段转发器频道间隔取40MHz，多出的4MHz是为防止频道间干扰，再考虑极化复用，则转发器数=800/40×2=40）。例如134°E的亚太6号上就有38个C波段转发器（主要是其中采用了50MHz和54MHz带宽转发器各2个）和12个Ku波段转发器。105.5°E的亚洲3S卫星的C波段的总带宽也扩至3.62~4.2GHz。

“中星九号”直播卫星（DTH）载有22个Ku频段大功率转发器，总功率10700W。“中星九号”通信卫星装载38个转发器，每个转发器带宽为36MHz，覆盖中国、东南亚、太平洋及大洋洲，可传送三百套电视节目。直播卫星（例如中星九号）发射和开通的目的





是通过以大功率信号辐射地面某一区域, 传送电视、多媒体数据等信息的点对面的广播, 实现直接到用户 (DTH) 卫星电视接收, 所以要求转发器功率大, 卫星覆盖区域场强度高且分布均匀, 电波利用率高, 以方便使用小口径天线接收, 所以多使用 Ku 波段, 家庭可用 0.6m 以下小口径的天线接收, 适用于个人接收和村村通工程。中星九号采用赋形波束天线以成型多波束覆盖全国, 将天线辐射波束的方向覆盖图设计成与服务区 (中国地图) 的地理形状相似。

### 1.2.2 星载转发器的特性参数

卫星的主要参数实际上就是卫星转发器的参数, 如品质因素 ( $G/T$ )、饱和通量密度 (SFD)、等效全向辐射功率 (EIRP) 等, 品质因素 ( $G/T$ ) 是指接收天线增益  $G$  与接收系统噪声温度  $T$  之比值。它决定了卫星接收系统的性能。 $G/T$  值增加, 则意味着图像质量提高。减小低噪声放大器的噪声温度、增加接收天线的尺寸均可以提高  $G/T$  值。例如中星 6B 卫星的亚太波束  $G/T = -5\text{dB/K}$ ; 饱和通量密度 (SFD) 是指上行载波将转发器推到饱和时, 接收天线口面所达到的通量密度。饱和通量密度不是一个固定值, 可通过改变转发器内部增益来调整。例如, 中星 6B 卫星的 SFD 为:  $-70 \sim 95\text{dBW/m}^2$ 。等效全向辐射功率 (EIRP) 是广播卫星通过转发器发射天线电视信号到达地面的微波电磁波强度, 用波束覆盖区的等效全向辐射功率 (简称场强 EIRP) dBW 表示, 它是转发器发射天线增益与功放输出功率的对数和。覆盖区域的场强 EIRP 越高, 卫星信号越强。由于卫星发射天线定向地面发射功率分布并不均匀、再加上“自由空间链路损失”, 因此卫星覆盖区域中心位置的功率要大于其边缘位置的功率。在实际调试接收实践中, 虽然在特定地点所接收的某颗卫星覆盖场强是固定的, 但由于发射天线增益随频率而变, 不同转发器的功放输出功率略有不同, 这就是为什么在接收同一颗星上的卫星电视节目中总有信号最强和最弱之分。一颗广播卫星随着接收地点的改变而改变, 为方便地面接收系统的工程设计, 通过将卫星的 EIRP 标注在地图上就构成了常看到的卫星波束图或卫星的覆盖区域场强图, 它是选择天馈接收系统特别是天线口径大小的依据。

为充分利用宝贵的频谱资源, 在卫星数字压缩广播电视系统中, 增加了转发信号的数量, 广泛采用了频率复用技术, 即不同的转发器在同一频带内利用不同极化波束传送两路电视信号。两者之间存在极化隔离, 因此互不干扰。例如中星 6B 的 S7、S9 转发器下行为水平极化, 中央 1、2、7、10、11、12 和音乐台共用 S7 转发器, 节目下行频率为 3840MHz, 中央 3、5、6、8 和新科动漫、幼儿教育、文物宝库、说文解字、中学生、央视少儿频道共用 S9 转发器, 下行频率分别为 3880MHz 和 3920MHz, S8、S10 转发器下行为垂直极化, 山西、河南、宁夏卫视共用 S8 转发器, 节目下行频率分别为 3846MHz、3854MHz、3861MHz, 陕西、陕西农林、山东教育、江西、江苏卫视共用 S10 转发器, 节目下行频率分别为 3871MHz、3885MHz、3892MHz、3900MHz, 显而易见, S7 和 S8、S9 和 S10 两种极化的转发器频带分别有重叠部分。

## 1.3 卫星地面接收系统——节目接收

数字卫星地面接收站主要由室外接收单元 (卫星接收天线、高频头) 和室内接收单元 (卫星电视接收机和电视机) 等部分组成。根据用途和服务对象不同, 卫星地面接收站可分为个体站、集体站和转播站。这三种类型接收站对卫星电视信号的接收与解调部分都是

相同的，不同的仅在于对信号质量的要求和信号的输出形式。若信号输出端直接与用户电视机或监视器连接（DTH），就构成个体接收站（见图 1-7），可提供卫星直接到户的用户授权和加密管理。而集体站和转播站需要对接收信号进行再调制传输。集体接收站的系统（有线数字电视系统）在对卫星电视信号的接收与解调后，其输出的图像和伴音信号不是直接送给电视机，而是经过信源编码、复用、信道编码和 64QAM 调制及上变频形成射频信号在同轴电缆网中传输，在数字机顶盒解码恢复模拟音视频信号供有线电视用户收看（见图 1-8）。卫星地面转播站是将卫星接收解调后的图像与伴音信号按地面电视标准被重新调制到地面电视频道上，并通过功率放大后，从天线上再发射出去，让用户的电视机能直接从空中接收到转发来的卫星电视节目（见图 1-9）。

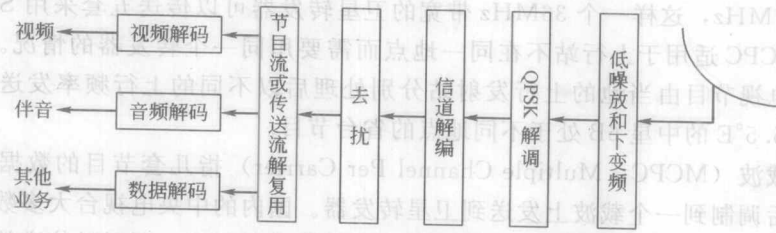


图 1-7 数字卫星电视接收站的组成框图

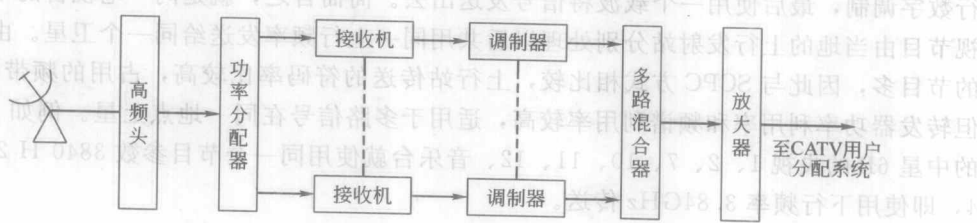


图 1-8 公共卫星有线电视系统

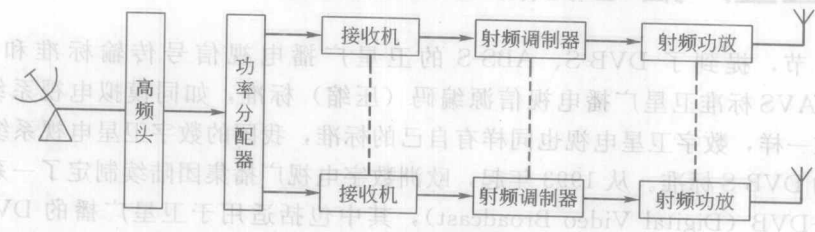


图 1-9 卫星地面转播站系统

图 1-7 为数字卫星电视接收站的组成框图。天线接收来自卫星的下行信号，经低噪声放大和下变频得到中频信号，再经 QPSK 解调后输出数字码流，该数字码流被送到信道解码电路进行去扩散和前向纠错差错等处理，再经过多路解复用，分离出视频、音频和数据码流，分别送到视频解压缩电路、音频解压缩电路和数据输出电路进行处理，恢复出数字视频信号和数字音频信号。该数字视频信号和数字音频信号可再分别经过视频编码器和音频 A/D 变换器输出模拟视音频信号，以便直接送给模拟电视机或监视器，重现彩色图像和声音。

卫星数据接收卡（如 1020 卡）的作用是将高频头变频下来的中频信号进行放大并变换到基带，进行解调和信道解码，得到所需要的数据并还原成 IP 数据包，最后通过 PCI 总线送入计算机。卫星数据接收卡实现数据接收，必须要安装随机带的驱动软件和应用软

件以及接收软件。

## 1.4 卫星节目的传输方式

卫星节目的传输方式可分为单路单载波和多路单载波两种。

单路单载波 (SCPC; Single Channel Per Carrier) 是对每一路信号分配一个载波的传送方式, 它表示每个载波只传送一套电视节目。SCPC 方式适用于仅仅传送一套卫星电视节目的电视台, 我国每个省级电视台就属于这种情况。由于仅传送一套节目, 因此卫星上行地面站传输的符号率就比较低, 典型数值为  $4\sim 7\text{MS/s}$ , 同时占用的频带也就比较窄, 通常不超过  $7\text{MHz}$ , 这样一个  $36\text{MHz}$  带宽的卫星转发器可以传送五套采用 SCPC 方式的电视节目。SCPC 适用于上行站不在同一地点而需要用同一个转发器的情况。简而言之, 就是不同的电视节目由当地的上行发射站分别处理后以不同的上行频率发送给同一个卫星。例如  $115.5^\circ\text{E}$  的中星 6B 处于不同地点的省台节目。

多路单载波 (MCPC; Multiple Channel Per Carrier) 指几套节目的数据流合成一个数据流, 然后调制到一个载波上发送到卫星转发器。国内的中央电视台大多数节目以这种方式传输, 在上行站内首先对要传送的多套数字信号进行复接, 再通过信道编码环节后进行数字调制, 最后使用一个载波将信号发送出去。简而言之, 就是同一电视台的不同的电视节目由当地的上行发射站分别处理以后共用同一上行频率发送给同一个卫星。由于传送的节目多, 因此与 SCPC 方式相比较, 上行站传送的符号率比较高, 占用的频带也较宽, 但转发器功率利用率和频谱利用率较高, 适用于多路信号在同一地点上星。例如  $115.5^\circ\text{E}$  的中星 6B 的央视 1、2、7、10、11、12、音乐台就使用同一个节目参数  $3840\text{H } 27500\text{ } 3/4$ , 即使用下行频率  $3.84\text{GHz}$  传送。

## 1.5 卫星广播电视信号传输标准

在 1.1 节, 提到了 DVB-S、ABS-S 的卫星广播电视信号传输标准和 MPEG-2、MPEG-4、AVS 标准卫星广播电视信源编码 (压缩) 标准, 如同模拟电视系统的 PAL、NTSC 标准一样, 数字卫星电视也同样有自己的标准, 我国的数字卫星电视系统目前主要采用欧洲的 DVB-S 标准。从 1993 年起, 欧洲数字电视广播集团陆续制定了一系列数字电视标准——DVB (Digital Video Broadcast), 其中包括适用于卫星广播的 DVB-S 标准。欧洲的 DVB-S 标准在亚洲、澳洲及美国都得到了响应, 我国在 1996 年颁布广播电视数字传输技术体制, 决定采用符合 DVB-S 标准的数字电视卫星广播系统作为固定卫星业务 (FSS) 转发电视信号的标准, 所谓固定卫星业务 (FSS) 即为全国各地广播电台、电视台、无线发射台和有线电视网等机构提供高质量、高可靠性的广播电视节目上行传输和地面接收服务。而对于直接供广大用户接收 (DTH) 直播卫星 (DBS; Direct Broadcasting Satellite), 为保证国家安全和拥有完全自主知识产权, 我国自主研发了 ABS-S 直播卫星专用信号传输技术标准, 可以适应包括数字广播电视信号及交互式应用在内的多种业务需求。

数字卫星电视系统创建的的目的主要有两个, 一是通过数字化压缩编码技术实现在有限的带宽通道内传输更多的节目信息和数据信息, 二是通过数字传输方式提高信号的抗干扰能力。所以对每一个数字卫星电视标准来讲, 必须通过统一的数字化、标准化处理技术将

不同格式、不同标准的信号变换为单一的、可以进行压缩处理的数字信号，然后采用统一的信源（音频及视频）编码压缩标准（如欧洲 DVB-S 的 MPEG2、中国 ABS-S 的 AVS）实现数字信号压缩，以降低其码率；在基本不降低信号质量的同时实现多路数字电视信号传输；“信源”是信息的“源头”，信源编码技术解决的重点问题是数字音视频海量数据（即信源）的编码压缩和保存问题，故也称数字音视频编码技术，信源编码是为了提高数字通信传输效率而采取的措施，是通过各种编码尽可能地去掉信号中的冗余信息，以降低传输速率和减少传输频带宽度。经过信源编码压缩后的多路音、视频及辅助数据形成基本的数据码流（ES 流），基本码流 ES 是不分段的连续码流。把基本码流分割成段，并加上相应的包头文件打包形成打包基本码流 PES（Packetised Elementary Streams），PES 流的包和包之间可以是不连续的，每个 PES 都有一个 PID（包识别符）。为实现将数字压缩处理多路的节目和数据信息在单一通道内传输，就必须采用节目复用技术，因此在传输时将多个 PES 流加入服务信息（SI）、节目专用信息 PSI（对加密节目还需要加入加扰信息）经系统复用后形成一路传输码流 TS 流。因为传输流中包括多个不同的节目源，为了区分这些信号，在系统复用器上需要加入服务信息，使接收端可以识别不同的节目。PES 只是 PS 转换为 TS 或 TS 转换为 PS 的中间桥梁。

由于卫星信道中信号衰减很大，信噪比较低，因此必须牺牲一定的频谱利用率来换取数字通信传输的可靠性。信道编码即为为纠正信道中由噪声引起的误码而采用的编码，因此也称纠错编码。为了能在接收端检测和纠正传输中出现的错误，在发送的信号中增加一部分冗余码，因此信道编码增加了发送信号的冗余度，以牺牲信息传输的效率来换取可靠性。通过纠正传送的数据流中所产生的误码，使接收端不产生图像跳跃、不连续和马赛克等现象。信道中由噪声引起的误码一般分为两类：一类是由随机噪声引起的随机性误码；一类是由冲击噪声引起的突发性误码。在实际通信信道中出现的误码是混合型误码，是随机性误码和突发性误码的混合。纠正这类混合误码，要设计既能纠正随机性误码又能纠正突发性误码的码。而性能最好、最有效、最常采用的是级联码。所以，无论何种数字卫星电视标准，均采取了级联的信道纠错编码方案；通过在原信源编码序列中以某种方式加入某些作为误差控制用的数码（即纠错码），以实现自动纠错，从而提高信号传输的可靠性和防止误码；级联方式可以使信号得以充分利用。

采用高阶的数字调制方式使之更适合于卫星传输信道，使传输效率更高，抗误码性能更优。

所以一套数字电视系统标准的优劣关键在于其是否拥有先进的数字图像压缩技术、数字信号纠错编码技术和高效的数字信号调制技术。图 1-10 所示为卫星广播电视上行信号传输流程。

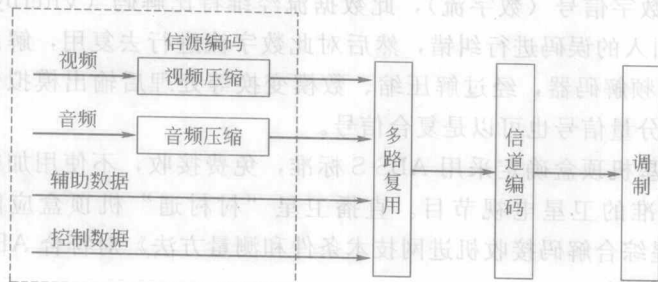


图 1-10 卫星广播电视上行信号传输流程