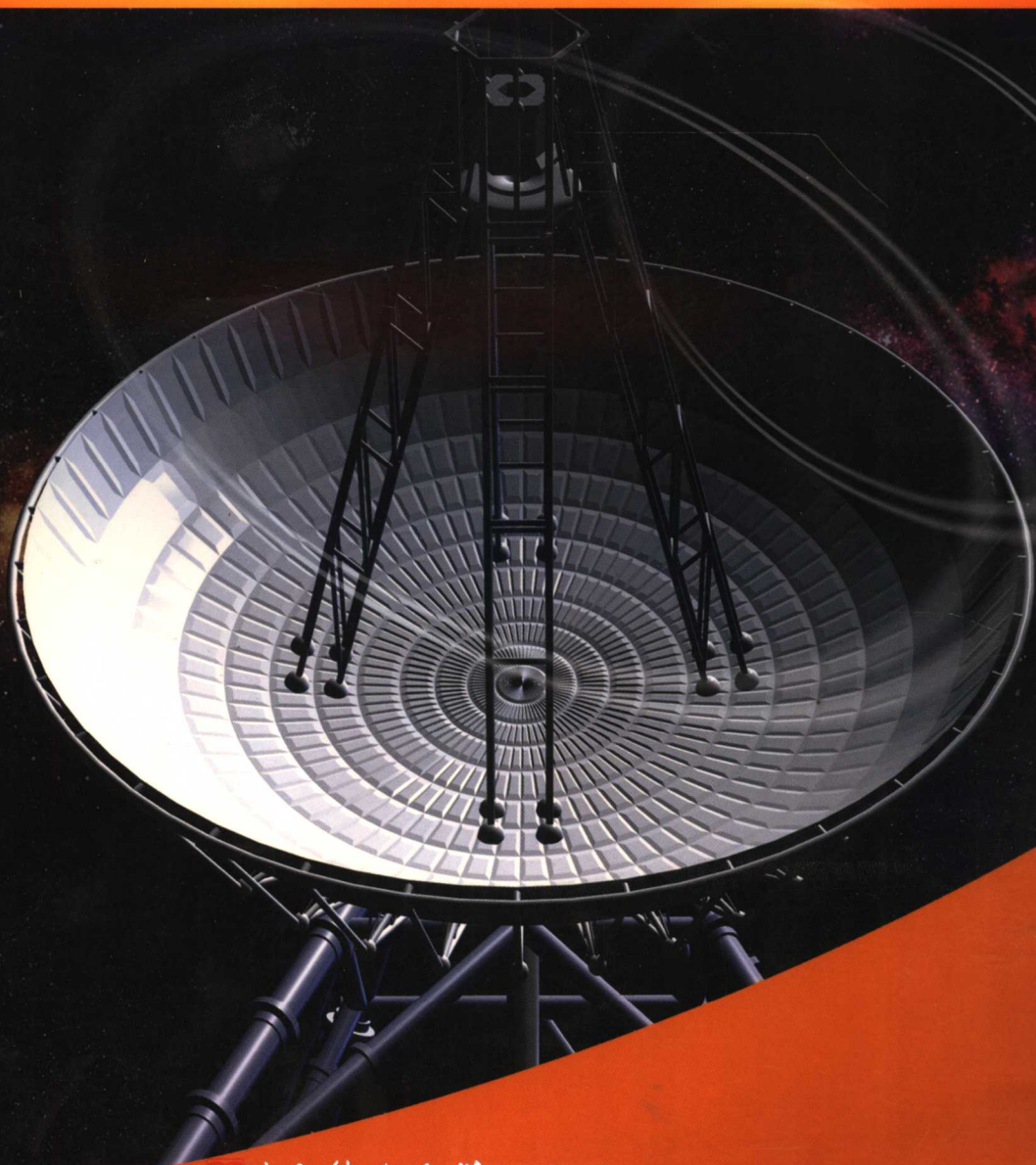


卫星电视接收机

使用与维修

《家电维修》工作室 王秀军 编著
古达祥 主审



电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

卫星电视接收机使用与维修/《家电维修》工作室,王秀军编著.—成都:电子科技大学出版社,2006.8

ISBN 7-81114-154-X

I.卫... II.①家...②王... III.卫星广播电视—电视接收机—基本知识
IV.TN948.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 083849 号

内 容 提 要

本书是为迎接我国直播卫星电视的开播,普及卫星电视接收知识而编写的。主要包括:广播卫星的相关知识,卫星电视接收机的工作原理,卫星接收设备和双汉卡的安装与调试方法,以及卫星接收设备的日常维护和检修技巧。此外,还附有卫星电视的相关资料,供读者参考。

本书的特点是:内容新颖、详实,通俗易懂,具有较强的针对性和可操作性,适合于从事卫视工作人员及爱好者学习参阅。

卫星电视接收机使用与维修

《家电维修》工作室 王秀军 编著
古达祥 主审

出 版: 电子科技大学出版社(成都市建设北路二段四号 邮编:610054)

责任编辑: 张 俊

发 行: 电子科技大学出版社

印 刷: 北京新丰印刷厂

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张 20 字数 551 千字

版 次: 2006 年 10 月第 1 版

印 次: 2006 年 10 月第 1 次印刷

书 号: 7-81114-154-X/TN·7

印 数: 1—4000 册

定 价: 30.00 元

目 录

第 1 章 有关卫星广播电视的基本知识	(1)
1.1 同步卫星的相关基础知识	(1)
1.1.1 同步卫星的构想	(1)
1.1.2 同步卫星的基础知识	(2)
1.1.3 卫星电视广播的特点	(3)
1.1.4 广播卫星的轨道位置要求	(5)
1.1.5 卫星电视广播频段划分	(6)
1.1.6 天气和季节对卫星信号的影响	(8)
1.2 我国卫星广播电视事业的发展	(9)
1.2.1 我国试验通信卫星的介绍	(9)
1.2.2 我国发展广播卫星的规划	(9)
1.2.3 我国租、买 C 波段通信卫星介绍	(10)
1.2.4 我国目前卫星节目传送情况介绍	(10)
1.2.5 新一代直播卫星鑫诺 2 号介绍	(11)
1.2.6 我国高清晰度电视的进展情况	(15)
1.2.7 我国卫星电视节目(亚太地区)接收参数	(17)
1.2.8 鑫诺 1 号卫星 CBTv 平台境外及我国港、澳、台节目频道表	(21)
1.2.9 国内卫星广播电台节目表	(22)
1.2.10 中国长城(亚洲)平台简介	(26)
1.2.11 全国数字付费频道介绍	(29)
1.2.12 我国卫星广播电视的新发展	(31)
第 2 章 卫星接收机的基本原理	(34)
2.1 模拟卫星接收机的组成和原理	(35)
2.1.1 变频调谐解调电路	(35)
2.1.2 视频信号处理电路	(36)
2.1.3 伴音信号处理电路	(37)
2.1.4 微处理器控制电路	(37)
2.1.5 电源电路	(38)
2.1.6 模拟卫星接收机中的其他几种电路	(38)
2.2 数字卫星接收机的组成和原理	(41)
2.2.1 数字卫星接收系统简介	(42)

2.2.2	数字卫星接收机中的调谐器	(44)
2.2.3	数字卫星接收机中的 QPSK 解调器	(47)
2.2.4	解复用器和解码器	(51)
2.2.5	视频编码器和音频 D/A 转换器	(52)
2.2.6	系统控制电路和各方案比较	(55)
2.2.7	数字机的电源电路	(59)
2.3	卫星电视接收机的技术要求	(61)
2.3.1	模拟卫星电视接收机的技术要求	(61)
2.3.2	数字卫星电视接收机的技术要求	(61)
2.3.3	对于技术标准的简单理解	(64)
2.4	数字广播电视技术的最新进展	(64)
2.4.1	DVB-S2 数字技术标准	(64)
2.4.2	AVS 数字技术标准	(66)
2.4.3	H.264 数字技术标准	(67)

第3章 卫星接收系统的安装与调试

3.1	卫星接收抛物面天线	(70)
3.1.1	前馈式抛物面天线	(70)
3.1.2	后馈式抛物面天线	(71)
3.1.3	偏馈式抛物面天线	(72)
3.1.4	天线的馈源与极化	(72)
3.1.5	卫星接收天线的主要性能要求	(75)
3.1.6	如何选择合适的卫星接收天线	(79)
3.2	高频头	(81)
3.2.1	高频头的组成	(81)
3.2.2	高频头的功能	(81)
3.2.3	高频头的主要性能指标	(82)
3.2.4	几种高频头简介	(83)
3.2.5	几种高频头产品的技术参数	(84)
3.2.6	自制 C / Ku 复合高频头	(86)
3.2.7	如何合理选购高频头	(87)
3.3	天线的安装调试	(88)
3.3.1	天线安装位置的选择	(88)
3.3.2	天线的安装	(89)
3.3.3	天线的对星调试	(90)
3.3.4	极轴天线的安装与调试	(96)
3.3.5	一锅双星和一锅多星	(98)
3.3.6	用 Ku 小天线接收 C 波段节目	(100)
3.3.7	偏馈天线的倒装	(100)
3.3.8	圆极化波的接收	(102)

3.3.9	其他配件和多星切换的连接	(103)
3.3.10	图像质量的主观评价方法	(105)
3.4	双汉卡的安装与调试	(106)
3.4.1	双汉卫星接收卡的基本知识	(106)
3.4.2	Free DEC/John Dec 软件的实际应用	(109)
3.4.3	WinDTV 软件的实际应用	(112)
3.4.4	DVBTN 软件的实际应用	(117)
3.4.5	ProgDVB 软件的实际应用	(122)
3.4.6	DVB IP Data 软件的实际应用	(128)
3.4.7	EzDVBxL / MyTheatre 软件的实际应用	(133)
3.4.8	DiaVloB 软件的实际应用	(140)
3.4.9	DVB Dream 软件的实际应用	(144)
3.4.10	RitzDVB 软件的实际应用	(152)
3.4.11	最新双汉卡应用软件——HawkDVB	(157)
3.4.12	DVB EXPLORER 软件和几种实用小工具	(161)
3.4.13	用双汉卡接收央视高清频道	(167)
3.4.14	双汉卡的最新进展及软件新应用	(170)
第4章	卫星接收设备的维护和检修	(179)
4.1	卫星接收设备的常规维护	(179)
4.1.1	接收天线的日常维护	(179)
4.1.2	天线的防雷与接地	(180)
4.1.3	高频头的日常维护	(180)
4.1.4	卫星接收机及其他部件的日常维护	(181)
4.2	卫星接收设备的检修	(181)
4.2.1	高频头的故障维修	(181)
4.2.2	模拟接收机常见故障分析	(183)
4.2.3	数字机检修思路及实例	(186)
附录	卫星电视相关实用资料	(195)
附录1	亚太地区主要卫星电视节目接收资料	(195)
附录2	我国主要城市接收38颗卫星的三大角度速查表	(253)
附录3	市场流行卫星接收机的选择与使用说明	(281)

第 1 章 有关卫星广播电视的基本知识

1.1 同步卫星的相关基础知识

1.1.1 同步卫星的构想

卫星是什么?卫星为什么不会掉下来?我们不妨先来做一個有趣的实验:我们站在地面上,用力扔出一个物体,它会在你的远方落地,而扔物体的轨迹是一个抛物线。如果我们用的力大一些,扔出的距离会远一些,如果用力再大一些,那么距离会更远一些。我们可以试想,如果我们用的力足够大,那么扔出的物体就会足够远,以至于不会掉到地面上。那掉到哪里去了呢?因为地球是圆形的,卫星会与地面保持一定距离,当然它也不是静止的,而是围绕地球运行的,这就是人造地球卫星。到底用多大的力,才能使从地面发出的物体不会落到地面上呢?当然人是不可能有这么大力的,所以发射卫星用的都是大推力火箭。在地球表面运动的物体,只有达到一定的速度(7.9km/s),才能脱离地球的吸力范围,成为地球卫星,这个速度就称为第一宇宙速度。当物体运动速度达到 11.2km/s 时,物体就可以成为太阳系的一颗行星(如地球、金星、火星等),这个速度便是第二宇宙速度。当物体运动速度达到 16.7km/s 时,就可以飞出太阳系,这个速度称为第三宇宙速度。

接着,我们再来看一下早期地面电视的传送方式。我们早期买的电视机都带有一副拉杆接收天线(现在买的电视机都不带接收天线了,因为现在接收的是闭路的有线电视信号,是由电缆传输的),收看电视时要把天线拉出,并仔细调整好天线的方向,这时收到的电视节目才是清晰无雪花点的。我们接收的是电视台发射的电视信号,并且有方向性。而电视台的电视信号是由发射塔发射的,电视塔(发射天线)越高,功率越大,电视信号覆盖的范围就越大。在农村或偏远山区的朋友可能更有体会,因为他们都远离城市,电视信号(电磁波)又都是沿直线传播的,在电视发射塔(发射天线)高度一定的情况下,提高接收天线的高度,也能提高电视信号的接收能力。但最好、最经济、最有效的办法莫过于提高发射天线的高度,所以一般大城市的电视发射塔都有几十米高,有的高达一百多米,但其覆盖范围还是十分有限的。试想如果发射天线足够高,那么它的有效服务区也就足够大了。哪里有那么高的天线呢?利用卫星!

事实上早就有人想到这一点了。早在 1945 年人造卫星还没有上天,英国小说家克拉克就在其著作中指出,利用人造卫星便可以轻而易举地实现人们梦寐以求的全球通信,而不必在地面建立众多的中继接力站。

克拉克的幻想是:以 3 个间隔为 120° 的人造卫星,等距离地放在赤道上空大约 36000km 的轨道上,即可实现全球通信。从地球表面来观看这些卫星时,它们就像永远静止在太空中的物体,而且当地球自转时,这些卫星也同样绕地球转,可以分秒不差地与地球同步(即同步卫星),如

图 1-1 所示。

这是一个划时代的、大胆的构想，一个通信卫星被置于如此高度，就犹如树立起一个约 36000km 的高大天线，居高临下，几乎覆盖地球表面的 40%，虽然电波微弱，但天涯海角无所不及。直到 1957 年 10 月前苏联成功地发射了第一颗人造卫星，克拉克的幻想才变为了现实。

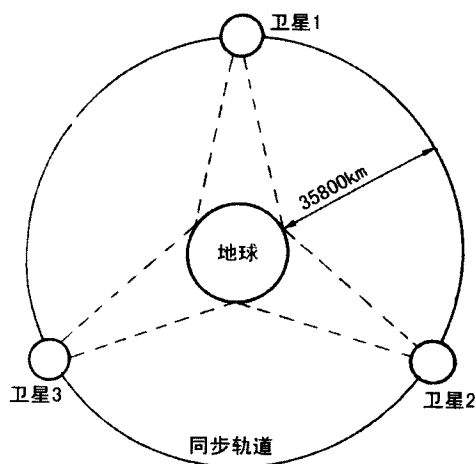


图 1-1 利用 3 颗人造卫星实现全球通信的构想

1.1.2 同步卫星的基础知识

图 1-2 是同步卫星示意图。卫星公转与地球自转同步，在地面接收点只要把接收天线对准卫星，就可以收到卫星信号(通信或电视信号)。由于各国都在不断地发射同步卫星，而同步卫星只能在地球赤道平面上空距赤道 35786km (即 35800km) 这条唯一的同步轨道上运行，运行速度为 3.07km/s，故卫星之间不能靠得很近，必须保持一定距离，否则将会互相干扰。为此，国际电信联盟(WARC)规定了这个距离为 3° 。因此，卫星轨道上的容限为 120 个同步卫星(国际电信联盟还规定 12G 频段广播卫星的轨道间隔是 6°)。另外，各国都想把卫星发射到对本国有利的位置。除太平洋上空外，卫星轨道位置常常相互冲突，或靠得很近。在东半球轨道上最拥挤的弧段为 $70^\circ\sim 140^\circ\text{E}$ (我国的卫星也几乎都在这个范围内)。各国的同步轨道位置和使用频段分配都由国际电联卫星组织决定

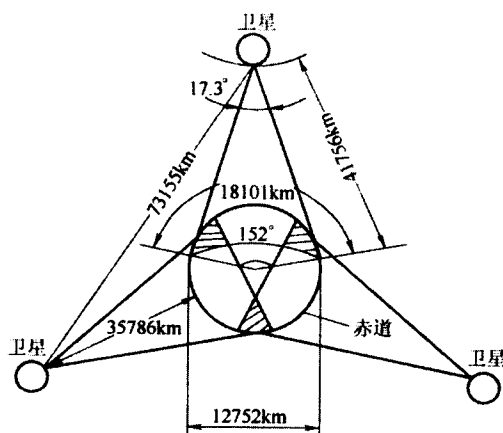


图 1-2 同步卫星示意图

和批准。但近年来随着空间资源的日益紧张,在同一轨道位置或非常相近的位置上,也发射了多颗卫星,这是通过它们使用不同的工作频段或不同极化来进行协调的,实在不行,只能关闭干扰严重的若干转发器,这种现象近年来时有发生。

卫星电视广播系统由上行发射站、星体本身、接收网三大部分组成,如图 1-3 所示。

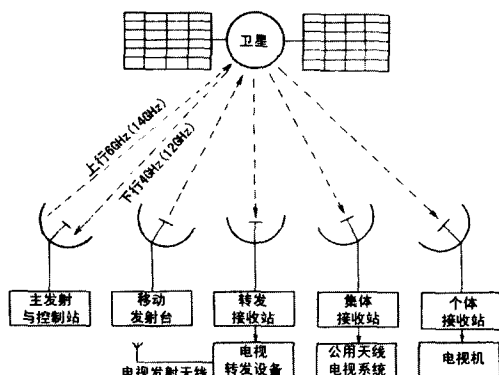


图 1-3 卫星电视广播系统

(1) 上行发射站和控制站

把电视中心的节目送给广播电视卫星,同时接收卫星转发的广播电视信号以监视节目质量,是上行发射站的主要任务。上行发射站可以是一个(如中央台的节目)或多个(各省台的节目在不同地发射于同一颗卫星),其中主发射站是固定的发射中心,其他则可以是固定的或移动的,移动的发射站一般用于现场实况转播,如现在的电视采访车。

控制站一般与主发射上行站设置在一起,它的任务是使卫星在轨道上正常工作。控制站随时了解卫星在轨道上的位置和工作状态,必要时发出遥控指令,改变卫星姿态、调整天线或切换设备等。如亚洲 2 号在 2004 年底发生的故障,就是靠香港的主控中心来调整修复的。

(2) 星体本身

星体是卫星电视广播的核心,也是技术难度最大的一环。星体对地面应当是静止的,这就要求它的公转能精确地与地球的自转保持同步(故广播或通信卫星又称同步卫星),且保持正确的姿态。卫星的星载设备包括天线、太阳能电源、控制系统和转发器等。转发器是电视广播的专用设备,它把上行信号经过频率变换及放大后,由定向天线向地面发射,以供给地面接收卫星信号。这里的太阳能电源是最重要的,如果没有它,则其他设备都不会正常工作,同时也是决定卫星在轨寿命的重要因素。

(3) 接收网

集体或个体的卫星电视接收是卫星电视广播的目的,卫星电视广播中的接收部分必然是一个广大的接收网。我国幅员辽阔,人口众多,不久的将来卫星地面接收站必然会遍布全国。

1.1.3 卫星电视广播的特点

广播卫星由通信卫星发展而来,是一种专用的通信卫星,但二者又有区别。通信卫星主要用于电话、电报电传和电视传输等电信业务,连接两座或多座具有收、发功能的卫星通信地球站实现点对点的双向通信,它的通信转发器数目较多。为了避免对地面微波中继线路共用频段的干扰,每个通信转发器的输出功率一般为 5~10W,发射到地面的电波较微弱,需用口径较大的高增益天线、复杂昂贵的低噪声接收设备和跟踪系统来接收。通信卫星虽然也能转播电视节目,但要经过卫星通信地球站接收,然后传送到地面电视台再转发给公众。广播卫星不需要任何中转就可向地面转播或发

射电视广播节目,供集体或个体直接接收,实现点对面的广播,因此又称直播卫星(DBS)。按照国际电信联盟(ITU)的规定,直播卫星一般属于卫星广播业务(BSS)范围,采用广播专用的 Ku 和 Ka(待开发)频段。而通信卫星点对点的节目传输则属于固定卫星业务(FSS),它使用通信的 C 频段和 Ku 频段。

看待任何事物都应采取一分为二的观点,既要看到它的优点,又要看到它的缺点,这样看问题才能全面。卫星电视广播的优点如下:

(1)可以覆盖全国领土

在使用卫星转播电视节目以前,解决电视覆盖问题的办法是增加发射台的数目,加大功率及尽可能在高山上或 100 米以上的高塔上修建发射天线,建设大量的差转台,增加微波中继站等等。但是,对于地形复杂的高山、沙漠、海岛等地区来说,由于自然条件限制和视距波传播的特点,即使大量建设电视台,也不可能解决 100%的领土覆盖问题。卫星转播电视则不同,一颗处于 35800km 高空且位置合适的同步卫星(相当于一个高空差转台),就可以覆盖我国全部领土(可覆盖地球表面积 40%),这对于发展中国家发展电视广播事业是极为重要的。所以我国选用卫星作为广播电视的传媒手段,是唯一的,也是最好的选择。

(2)电磁波能量利用率高

地面广播方式浪费了大量的电磁波能量,广播效率低。且服务区中心处的场强已超过接收场强的需求,而在服务区边沿处的场强却很难满足要求,也就是说分布得很不均匀的。根据计算,一座 50kW 的大型电视发射台,大约只有十分之一的功率是有效的。卫星广播则不同,其转发器的波束都是指向地面的,且比较均匀地辐射到整个服务区内,中心区与边远区的场强仅差 3~4dB,所以电磁能量利用率很高。

(3)图像质量好,稳定性高

一座发射台覆盖面积很有限,若靠微波中继站传送电视节目,每隔 50km 左右就需建一座中继站。以北京到广州为例,约需建 50 座中继站。这样传输环节多,显然影响图像质量。卫星广播则是直接接收,仰角大,反射小,电波穿过大气层行程短,受气候和大气影响小,信号稳定,图像质量好。尤其是现在采用的是数字方式传输,几乎对图像质量无任何影响。

(4)节省基建时间,减少基建投资

我国幅员辽阔,要覆盖 100%领土,就要建设 2 000 多座电视发射台,还要建数倍于此的微波中继站。这样的工程除需庞大的投资以外,还大大地延长了基建时间,再加上技术人员、管理人员、维修人员及维修费用等问题都是十分棘手的。即使解决了这些问题,也很难解决山区及沙漠地区的覆盖问题。所以,根据亚洲广播联盟提供的资料,对于幅员辽阔的国家来说,采用卫星广播电视比建地面电视广播网将节约 60%以上的经费。

(5)传送容量大

由于卫星广播工作频率高,频带宽,容量大,便于增加电视传输的信道。一个 36MHz 带宽的转发器可以传输一路模拟电视信号,而采用数字压缩方式,则可传送 5~10 套的节目,大大提高了转发器的利用率,而现在的大容量卫星至少都有 24 个 C 波段转发器和 24 个 Ku 波段转发器,其传输数量就可想而知了。

但是,卫星广播也存在以下一些缺点:

①因 C 波段为非广播频段,故对于作为广播电视卫星地面接收站的 C 波段系统,尚未有明确的具体干扰标准。但 C 波段和地面 4GHz 的微波传输是在同一频段内,因而会产生卫星地面站受到地面微波传输干扰的问题。为了减少干扰,卫星地面站应远离微波接力线路。

②广播卫星由于在其广播频段内信号较强,必须严格控制其波束方向,使其辐射在本国本地区

范围内。漏场强不得超过有关的国际规定,否则会严重干扰邻国的电视广播。

③雨雾天气损失较大。在 Ku 波段,暴雨时信号有可能中断,从而使本来口径较小的接收天线(如 1 米左右)要加大口径(在全年保证图像质量要求情况下要用 2.6 米的天线)。

④卫星体积重量大,研制、发射费用高。

⑤卫星定点漂移引起地面接收信号衰减较大,因此要求卫星上天线定向精度高。

目前,各国发射的通信卫星、广播卫星,主要是 C 波段(通信广播)和 Ku 波段(广播)。此外还有 L 波段(俄罗斯)、S 波段(印度通信、广播)。但它们受到频带宽度的限制而无法多路化。加之由于频率低、波瓣宽、易受干扰等因素,所以不是各国重点发展的广播频段。

对于卫星数字电视传送而言,卫星数字直播业务是 20 世纪 90 年代初刚刚在全球兴起的新兴高技术产业,它是全球数字化、信息化和网络化的产物。与卫星模拟电视相比,卫星数字电视有以下几个显著优点:

①数字方式有较低的接收门限,其传输节目质量高,图像质量比较稳定。

②提高了频谱利用率,传输一路模拟电视节目的卫星通道可传 4~8 路数字电视节目,传输节目数量多,可满足观众日益增长的需求。

③可灵活地组合多种业务传输,既能进行电视广播传输,也能进行声音和数据广播传输。

④传输方式灵活,可以用单路单载波(SCPC)方式,也可用多路单载波(MCPC)方式。

⑤降低每套电视节目传送运行的成本。传送一套数字电视节目的成本只有一套模拟电视节目的几分之一(近年来,一个卫星转发器的年租金已高达 200~300 万美元,C 波段约 200 多万美元,Ku 波段约 300 多万美元)。

⑥容易实现加扰加密,实现条件接收和对用户的授权管理。

卫星数字电视直播除具有上述优点外,还具有如下特点:一是采用大功率行波管转发器(120~240W)直接向地面转播,等效全向辐射功率(EIRP)比一般通信卫星高数十倍。二是采用数字压缩技术,可将上百套模拟电视节目转换并压缩成数字信号发往一颗广播卫星上,直接下行发至卫星电视覆盖区的无数家庭卫星接收机(机顶盒),将数字信号解压并转换成模拟信号送至普通电视机。三是卫星节目直接发送到家庭,卫星接收机的天线口径一般为 0.45m 左右,可安装在室内面向卫星“视线”的窗台上。四是卫星采用 Ku 频段是国际电信联盟(IES)规定的卫星广播专用业务频段,不允许其他业务使用此频段。同时由于邻频段频率高,基本上不存在无线电噪声干扰。五是有条件接收。所有卫视节目都经过加密处理,用户无法接收其他卫星电视节目,只有向指定的公司购买付费收视的智能卡才能收视该公司发送的节目,而且每个公司的用户管理中心可以随时关闭某一地区、某一频道甚至某一用户的卫视节目。这种高度智能化、网络化管理的卫星直播系统,使用户几乎不可能用同一接收机收看其他境外或境内公司发送的卫视节目。

1.1.4 广播卫星的轨道位置要求

为了覆盖指定的服务区,每颗广播卫星必须固定停留在同步轨道的某一个位置上。由于同步轨道同地球赤道是一个同心圆,所以卫星的位置是用卫星与地心的连线同地球表面的交点(称星下点)的经度标志的。为了缩短卫星与服务区的距离,星下点应与服务区在同一经度上。因为卫星是靠太阳能电池供电的,为使夜间广播时间不停止供电,卫星的位置要比服务区偏西一些经度。这是因为每年的春分和秋分前后,在星下点上(当地时间)午夜前后卫星、地球、太阳几乎处于一条直线上,地球挡住了太阳射向卫星的光线,从而造成了“星蚀”。一年内约有 90 天发生“星蚀”,星蚀时间长达一小时。必须将卫星西移,使星蚀发生时间推迟在夜间广播结束之后。卫星西移一度,星蚀发生时间推迟 4 分钟。卫星西移后,从服务区观看卫星的仰角降低了,来自卫星的电波容易受高山的阻挡。另

外,电波斜着穿越大气层传播的距离加大,电波损失增加。仰角很小时,电波在大气层内还将受到一定影响。因此,除了高纬度地区外,应保持接收仰角大于 20° 。所以卫星西移不能过大(不超过 30°),以满足服务区对仰角的要求。

同步卫星对于地面应当是相对静止的,但很多因素会使卫星偏离原来的位置。为了使卫星保持这种相对“静止”的状态,在卫星上装有辅助推进装置。当卫星位置发生偏离时,由地面控制推进器使卫星回到原来位置。辅助推进器工作需要燃料,当燃料用完时就再无法控制卫星的位置。此时虽然卫星转发器设备尚能正常工作,但因卫星偏离正常轨道而无法恢复,其寿命也只好宣告终止。

由此可见,卫星轨道位置的选择还是很重要的,我国直播卫星选在 110° 的位置是比较合适的。现在鑫诺 1 号的位置位于我国的中心地带,接收仰角高,但它不是法定的直播卫星位置。而我国真正意义上的直播卫星鑫诺 2 号,则定点于 92.2° ,是世界无线电行政大会(WARC)分配给我国的轨道位置,是 4 个法定轨道中最佳的直播卫星位置。后面的章节我们会详细介绍这颗卫星。

1.1.5 卫星电视广播频段划分

为了更好地开展电视广播工作,1971 年,国际电信联盟在日内瓦举行了世界无线电行政会议,第一次对卫星广播业务使用的频率进行了分配。1977 年世界无线电行政大会进一步确定了卫星广播的频道分配,1979 年世界无线电行政大会对此作了修改。WARC 于 1977 年对广播卫星业务可使用的频段分配作了相关的规定,如表 1-1 所示。

表 1-1 广播卫星使用频率表

频 段	频率范围(GHz)	频带带宽(MHz)	使用范围
L	0.62~0.79	170	全世界
S	2.5~2.69	190	全世界
	2.5~2.535	35	第二区
	2.655~2.69	35	第三区
Ku	11.7~12.2	500	第二、三区
	12.5~12.75	250	第三区集体接收
	11.7~12.5	800	第一区
Ka	22.5~23	500	第三区
Q	41~43	2000	全世界
W	84~86	2000	全世界

根据 WARC 的规定,将全世界划分为 3 个区域:第一区包括欧洲、阿拉伯半岛、土耳其、前苏联亚洲部分及蒙古;第二区为南北美洲;第三区为亚洲(阿拉伯半岛、土耳其、前苏联亚洲部分及蒙古除外)和大洋洲。因为卫星电视广播是借用原先运行的通信卫星进行的,通信卫星采用 C 频段,上行为 6GHz,下行为 4GHz。C 频段和 Ku 频段卫星电视频道划分见表 1-2 和表 1-3。节目信号经过广播电视中心的一系列处理后,经微波中继线路(光纤线路)传送到上行发射站。节目信号经放大和频率调制后,变成 14GHz 的载波即发射给广播卫星的一束上行波,卫星上的转发器接收到这一上行波束后,将其放大并转换成 12GHz 的载波信号,再通过卫星上的天线转变成覆盖一定地区的下行波束。卫星地面接收站收到 12GHz 的载波信号后,从中解调出节目信号,经当地转播台或有线电视台播出,供用户接收。也可利用卫星广播电视接收机直接接收卫星上的广播电视节目信号,这就是所谓的卫星直播到户。

表 1-2 C 波段卫星电视频道频率表

频道号	中心频率(MHz)	频道号	中心频率(MHz)	频道号	中心频率(MHz)	频道号	中心频率(MHz)
1	3720	7	3840	13	3960	19	4080
2	3740	8	3860	14	3980	20	4100
3	3760	9	3880	15	4000	21	4120
4	3780	10	3900	16	4020	22	4140
5	3800	11	3920	17	4040	23	4160
6	3820	12	3940	18	4060	24	4180

表 1-3 Ku 频段卫星电视频道频率表

频道号	中心频率(MHz)	频道号	中心频率(MHz)	频道号	中心频率(MHz)	频道号	中心频率(MHz)
1	11727.48	7	11842.56	13	11957.64	19	12072.72
2	11746.66	8	11861.74	14	11976.82	20	12091.90
3	11765.84	9	11880.92	15	11996.00	21	12111.02
4	11785.02	10	11900.10	16	12015.18	22	12130.26
5	11804.20	11	11919.28	17	12034.36	23	12149.44
6	11823.38	12	11938.46	18	12053.54	24	12168.62

根据 WARC 在 1979 年的规定,12GHz 即 Ku 波段广播卫星主发射站发射的上行频率,欧洲为 10.7~11.7GHz,其他地区为 14.5~14.8GHz。另外还规定 7.3~18.1GHz 为全世界通用。至于 L 波段与 S 波段的上行频率,规定一律都用 6GHz。12GHz 频段既适合于地面 UHF 电视广播的普遍建立,也适合于地面各频段通信密集的工业发达国家使用。现在美国、加拿大、日本、英国、德国、韩国等使用这个频段,我国也将 12GHz 频段作为卫星电视广播之用。

卫星电视广播的一个频道带宽应为 27MHz,而实际只有 19.18MHz。因此相邻频道频带重叠,有效辐射区将会产生相邻频道干扰。为了防止这种干扰,采用了改变电波极化的方法,即邻国之间采用不同的频道、不同的极化进行卫星电视广播。由于现在卫星轨道越来越紧张,在同一轨道位置或相邻位置有多颗卫星并存是常见的现象,由此引发的问題只能由各国或各卫星公司间进行协调解决。

2000 年世界无线电行政大会的一个重要内容,就是对第一区和第三区广播卫星业务(BSS)重新进行了规划。规划的主要技术依据:一是 BSS 频段的划分。下行频率为 11.7~12.5GHz(第一区)和 11.7~12.2GHz(第三区),上行频率为 17.3~18.1GHz(第一区)。第三区国家有两个频段,频率分别为:17.3~17.8GHz 和 14.5~14.8GHz。二是转发器带宽为 27MHz。三是接收天线极化方式采用圆极化。四是频道数目、频道安排方式与频道间隔。第三区每个国家有 1 个波束和 12 个模拟频道,使用 500MHz 连续频段;第一区每个国家有 1 个波束和 10 个模拟频道,使用 400MHz 连续频段等。

我国属于第三区,在重新规划中获得 4 个广播卫星轨位资源,每个轨位有两个下行波束,每个波束有 12 个频道,共计 96 个模拟频道资源。我国现有 4 个轨位资源,分别为 62°E、92.2°E、122°E 和 134°E。其中 62°E 有两个国家(中国与阿尔巴尼亚)使用;92.2°E 为我国专用,该轨位在我国地面天线的接收仰角较高,对我国开展卫星电视广播业务极为有利;134°E 为我国与瑙鲁(南太平洋一个岛国)及巴布亚新几内亚共用;122°E 为我国香港特别行政区和澳门特别行政区使用,使用该轨位的还有美国托管的关岛、北亚里亚纳以及老挝。

1.1.6 天气和季节对卫星信号的影响

(1) 雨雾天气对卫星信号的影响

卫星信号受雨、雾、云、雪、霜天气的影响较大,这是因为电磁波在空间传播时一部分能量被雨、雾、云、雪、霜吸收或散射而引起损耗。损耗的大小与电波的频率、穿过的路径、雨雪的大小以及云雾的浓度等因素有关。

在雨中传播的卫星电视信号受雨滴的吸收和散射影响而产生的衰减叫做降雨衰减,简称雨衰。在 3GHz 以上的频段,随着频率的升高,雨衰增大。在 10GHz 频段以下,必须考虑中雨(雨量为 4mm/h)以上天气的影响;在毫米波段,中雨以上的降雨衰减相当严重。在中雨情况下,对于 C 波段下行信号的衰减为 0.4dB 左右;在暴雨(雨量为 100mm/h)情况下,虽然每公里的损耗强度较大,但是雨区高度一般小于 2km,对于 C 波段下行信号每千米的衰减为 0.2dB,总的衰减值为 0.4dB 左右。根据国际电联(ITU)提供的资料可知,Ku 波段信号在大雨或暴雨时,每千米衰减 1~10dB。

降雨也会产生降雨噪声,这种降雨噪声折合到接收天线输入端就等效为天线热噪声。降雨噪声对接收信号的载噪比有很大的影响,影响的程度与衰减量的大小和天线结构有关。根据测算,每衰减 0.1dB,噪声温度增加约 6.7K。一般情况下,天线的仰角越高,对降雨噪声的影响就越小,这是因为电磁波穿过降雨路径较短,衰减量就小一些。

(2) 星蚀与日凌对卫星信号的影响

静止卫星除了围绕地球运转外,还随地球一起绕太阳公转。每年在春分(3月21日)及秋分(9月23日)前后 23 天中,“星蚀”天文现象出现,如图 1-4 所示。

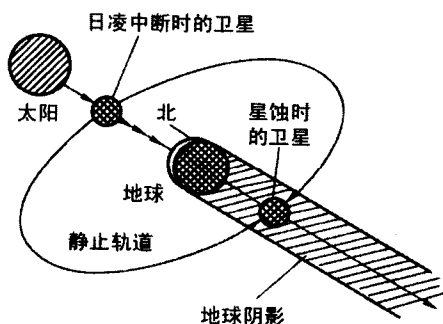


图 1-4 星蚀示意图

星蚀每次连续出现 45 天,共计 90 天,而且春分和秋分这两天星蚀的时间最长,为 72 分钟。在星蚀期间,卫星上的太阳能电池不能正常工作,整个卫星所需的能源由星载蓄电池来供给。为了减轻蓄电池的负荷,可以通过卫星在轨道上定点位置的设计,使星蚀发生在服务区内通信业务量最低的时间里。

日凌中断发生在每年春分和秋分前后连续数天,在静止卫星星下点进入当地中午前后的一段时间里,卫星处于太阳、地球之间(见图 1-4),太阳、卫星、地球在同一条直线上,这种天文现象称为“日凌”。当日凌发生时,地面站天线在对准卫星的同时有可能同时对准太阳,从而使大量的太阳噪声进入地面接收设备,严重时将导致信号中断,这种现象称为“日凌中断”。日凌的主要影响是增加下行传输线路的噪声温度,因而使地面站电视信号的品质因数(用接收天线增益 G 与系统噪声温度 T 的比值表示,单位为 dB/K)下降,甚至使卫星信号中断。每年在春分和秋分时这种现象可持续数日,每日持续约几分钟。日凌持续的时间与地面站的纬度及天线口径等因素有关。日凌中断的影响

一般是难以避免的,除非使用两颗不同时发生日凌中断的卫星,在日凌中断出现前将地面站天线转换到接收另一颗卫星的信号。

根据天线聚焦原理,天线的口径越大,受日凌中断的影响越小(约几秒钟);反之,口径越小,中断时间越长。表 1-4 给出北纬各纬度日凌中断发生时间表,供读者防止日凌中断影响时参考。

表 1-4 北半球发生日凌时间表

北纬	春季时间		秋季时间	
	月	日	月	日
0°	3月	18~24 日	9月	20~26 日
10°	3月	14~20 日	9月	24~30 日
20°	3月	9~15 日	9月 29 日~10 月 5 日	
30°	3月	5~11 日	10月	2~8 日
40°	3月	2~8 日	10月	6~12 日
50°	2月 27 日~3 月 5 日		10月	9~15 日
60°	2月 25 日~3 月 3 日		10月	9~17 日
70°	2月 24 日~3 月 2 日		10月	12~18 日

注:除南沙群岛外,我国其余大部分地区均位于北纬 15°~55° 之间。

1.2 我国卫星广播电视事业的发展

1.2.1 我国试验通信卫星的介绍

1970 年 4 月 24 日,在酒泉卫星发射中心,用长征 1 号火箭成功发射了我国第一颗卫星——东方红 1 号科学实验卫星,并在 1975 年 11 月 26 日成功发射了我国第一颗返回式卫星。我国是 1976 年 6 月开始进行卫星通信研究的,到 1978 年建立了南京、石家庄等试验地面站。1978 年 5 月至 1979 年 7 月,我国利用这些地面站和德法合制的“交响乐”卫星进行了电话、电视传输实验。1984 年 4 月 8 日,我国用长征 2 号火箭成功地发射了一颗试验通信卫星 STW-1,揭开了我国卫星通信史上新的一页。这颗卫星在同月 16 日成功地进入轨道位置,定点于 125°E。1986 年 2 月 1 日我国发射了第二颗试验通信卫星 STW-2,定点于 103°E。成功的发射证明了我国可以自行设计、生产卫星和地面设备,也大大地改善了我国通信系统的状况,对于提高我国广播电视覆盖状况起到了极大的作用,使新疆、西藏、内蒙等边远地区能通过卫星转播收看到中央电视台的节目。但是,这颗试验通信卫星是一颗专门传输多种信息的实验卫星,当然也包括在一定时间传送一路占用较宽频带的电视节目。但它不具备对全国进行电视广播的功能,即不是专门的电视广播卫星。我国在 1988 年 3 月 7 日发射了 C 波段实用通信广播卫星——东方红 2 号,定点于 87.5°E,用来对全国进行的电视广播,EIRP(等效全向辐射功率)达到 36dBW,可转发三路电视节目(中央电视 1、2 台,云南、贵州、新疆共用一个转发器)。在 1990 年 4 月 7 日亚洲 1 号卫星的成功发射,才进入了真正意义上的卫星大面积广泛接收。

1.2.2 我国发展广播卫星的规划

要覆盖 960 万平方公里的辽阔国土,只有通过卫星广播才是有效可行的,所以我国对卫星广播

事业的发展十分重视。自 1978 年以来,中央有关部门曾先后多次组织全国性的技术交流会、展览会、实际收看与性能测试评比会、技术论证会等,为推动我国卫星广播事业的发展进行了大量的工作和不懈的努力。

中国广播卫星公司,根据国际规划(WARC 会议)以及长远战略观点,拟定了用 Ku 频段覆盖全国,并制定了如何实施这一计划的具体步骤和措施。当时对 Ku 频段广播卫星的招标工作进入开标阶段(由联邦德国的 MBB 公司、法国的 MATRA 公司和美国的 RCA 公司等进行投标)时,由于日本 Ku 频段 BS-2 卫星转发器连续损坏,加之当时我国财力有限,中央决定“租用 C 波段通信卫星传送中央电视台节目”,作为过渡措施。

1.2.3 我国租、买 C 波段通信卫星介绍

1985 年 8 月 1 日我国先由上海虹桥地面站通过国际通信 V 号星的转发器向全国转播中央电视台第一套节目,使第一批 53 个地面站接收获得成功,图像和伴音都比较满意。经过 3 个月的试验,从 11 月 1 日起改用新建成的北京地面站发送。又经过半年的使用,各地接收地面站都能正常接收,且电视图像稳定。以后一段时间里,我国先后租用了前苏联的一些卫星传送中央电视台的节目,并在卫星转发器青黄不接之时,购买了一颗美国在轨卫星作为临时应急过渡,这就是定点在 115.5°E 的中星 5 号。

1995 年 11 月 30 日,中央电视台采用数字压缩技术,使用中星 5 号(向国外廉价购买)C 频段转发器播出体育、文艺、电影、中央 7 台 4 套数字压缩加扰收费的电视节目。当时采用的是美国 GI 公司的 Digicipher-I 制式的压缩设备,解码器使用 GI 公司生产的 DSR-3100。Digicipher-I 是美国 GI 公司研制的一种数字压缩编码标准,与 MPEG-1 类似但不兼容,信号质量相当于 VHS 格式录像机水平,图像质量不高。

1996 年 5 月 30 日,中央电视台的几套数字压缩频道的节目改由亚洲 2 号卫星 Ku 频段转发器发射,节目也从 4 套增至 5 套,多了一套中央 3 台(戏曲、音乐)节目。转星后,这 5 套中央台数字压缩频道的节目采用了美国 GI 公司研制的 Digicipher-II 数字压缩编码,解码器使用 GI 公司生产的 DSR-4400。Digicipher-II 的传输数据包同 MPEG-2,伴音为杜比 AC-3 系统,其传输质量可达到广播级水平。但由于 Digicipher-II 为企业标准,在很多地方与 MPEG-2/DVB-S 通用标准不同,因而只能使用 GI 公司生产的解码器。现在亚太 1A 卫星上播出的中央加密节目采用的就是 DVB-S 标准系统。

中央电视台为了将节目向海外传送,1996 年 8 月 1 日租用了美国泛美卫星系列的 C 频段卫星转发器,用 MPEG-2/DVB-S 标准制式传送中央电视台第三、四、九套节目。其中第九套为英语版节目(现在第三套节目已不传送,并于 2004 年 10 月 1 日起新增一套西班牙、法语频道),解码器采用美国 SA(科学亚特兰大)公司的条件接收(现在已完全免费接收)。

1.2.4 我国目前卫星节目传送情况介绍

1997 年 1 月以后,省级电视台陆续试用 MPEG-2/DVB-S 数字压缩标准上星播出,现在所有省、自治区和直辖市电视台均采用数字压缩播出(部分省台采用数字、模拟并发),其中北京、山西、河北、天津、西藏的电视节目用 Ku 频段播出,其他用 C 频段播出。1999 年 1 月 1 日,一项利用卫星直播手段以扩大广播电视的人口覆盖,被称为“村村通广播电视”的工程开始实施。第一阶段通过鑫诺 1 号卫星 Ku-2A 转发器传送 CCTV 8 套数字压缩电视节目以及 8 套中央广播节目,第二阶段(1999 年 10 月 1 日)全国 31 家省级台部分广播电视节目被集中送上鑫诺 1 号卫星 CBTB(中国广播电视)直播平台,与 8 套中央电视台的节目及 8 套中央广播节目“汇聚一堂”,同时向中国及邻近地区播出。CBTB 直播平台启用下行中心频率分别为 12 380MHz、12 440MHz、12 500MHz、12 560MHz 的

4个 Ku 频段转发器,每个带宽 54MHz 的转发器各安排传输 10 套电视节目,共可传输中央和省级电视节目、广播节目各 40 多套。这些数字直播卫星节目的其他接收参数是:视频制式符合 MPEG-2/DVB-S 标准,符码率为 41.530Mb/s,前向纠错 1/2,垂直极化。由于采用有条件接收技术,因而用户必须使用带智能卡的 CBTV 专用卫星解码器(IRD),并经授权才能接收到平台的节目,个体接收天线口径约为 0.7~0.9m,实际小至 0.45m 也可正常接收。

现在的鑫诺 1 号 CBTV 平台已有了很大变化:现仅 12 380MHz、12 440MHz 两个转发器传送国内节目,其中 12 380 组(2A)转发器传送中央台的 10 套节目,12 440 组(3A)转发器传送省台的 10 套节目,而其余的两个转发器(4A、5A)和新增的 12 320 组(1A)转发器,共传送在国内经批准落地的 31 套境外频道,仅供符合接收条件的单位统一收视。而作为对原 CBTV 国内节目用户的补偿,他们可以继续收看国内的 20 套节目而每年不用再交收视费。

1.2.5 新一代直播卫星鑫诺 2 号介绍

SINOSAT-2 广播卫星是鑫诺卫星通信有限公司旨在发展我国卫星数字电视广播事业、加快推动我国卫星通信、广播产业化进程、保护我国仅有的几个广播卫星轨道资源的一项新举措。SINOSAT-2 是基于我国新一代卫星“东方红 4 号”平台研制的一颗满足国内用户需求的高性能广播电视专用卫星,为国家直播卫星项目的实施做好先期准备,完全满足我国直播卫星系统空间段的技术要求。

SINOSAT-2 广播卫星是按照国际电信联盟 (ITU)AP30 和 AP30A 文件所规范的各项系统要求进行设计、制造的。由于该卫星使用的是广播专用频段,因此,它具有一般通信卫星所不具备的、更有效的抗干扰能力,并且完全满足我国直播卫星系统空间段的要求。该卫星包含有 22 个 150W 行波管放大器、54MHz 或 36MHz 带宽的广播转发器,5 副卫星天线波束覆盖整个中国大陆及港、澳、台地区。同时按照中国人口密度的分布和雨区降雨衰减的分布,对波束覆盖进行了优化设计,覆盖区内卫星 EIRP 最大可达到 57dBW 以上。在满足 99.9%可用度、采用 0.45m 小口径天线接收的条件下,每个转发器至少可传输 6~10 套电视节目,整个卫星可以传输 150~200 余套电视节目。

SINOSAT-2 卫星是我国第一颗在星上采用抗干扰安全措施的宣传卫星。通过 SINOSAT-2 号广播卫星已采取的有效、可行的抗干扰方案,SINOSAT-2 广播专用卫星的设计将能完全满足国家广播电视信息传输的安全要求。这是该卫星一个最基本的要求和特点。

按照国家广电总局的要求,国家直播星系统空间段包括两颗卫星,即 SINOSAT-2 广播卫星主用星和中星 9 号广播卫星备份星。两颗卫星将按照同频、同轨位、同覆盖、同容量的“四同”要求进行研制,并均放置在 92.2°E 轨位。作为国家直播星系统的主用星的 SINOSAT-2,计划于 2006 年发射,作为国家直播星系统备用星的中星 9 号将于 2007 年 4 月发射。

按照国际电联的要求,我国广电部门已于 2003 年初向国际电联申报了 62.2°E、92.2°E、134°E 轨道位置广播卫星电联申报修改资料,卫星波束覆盖中国和周边国家、地区,卫星极化为线极化或圆极化,卫星转发器为 4 个 54MHz 转发器和 18 个 36MHz 转发器。规划中的 92.2°E 轨位,有两个复合波束,覆盖我国中部地区。每个波束有 12 个单极化模拟频道,共计可容纳 24 个转发器,总带宽 500MHz。另外覆盖中国大陆的轨道位置有 3 个,即 62°E、134°E、122°E。综合分析、优化,启用 92.2°E 规划轨位对我国的覆盖、使用应是最佳的、可行的。

(1) 对 SINOSAT-2 广播卫星的基本要求

SINOSAT-2 广播卫星是依据国际电信联盟(ITU)APS30 和 AP30A 文件所规范的各项广播卫星系统资料要求,并完全按照我国向国际电联申报的广播卫星修改资料规定的频率配置、波束、极化要求进行设计、制造的。该广播通信卫星将成为目前亚洲地区上空的在轨优质卫星之一。在系统可

用度 99.9% 的条件下,满足终端用户使用 0.45m 天线直接接收卫星广播电视、数字电影、直播电视和数字宽带多媒体业务的要求;也是我国第一颗在星上采用抗干扰措施的广播通信卫星。通过在卫星上采取有效的抗干扰方案,以有效避免境外非法信号的恶意干扰,满足国家广播电视信息传输的安全要求。服务对象为中国大陆、港、澳、台地区及周边国家的广播电视、数字电影、直播电视和数字宽带多媒体系统用户,满足国内卫星直播业务的实验和使用需求、低风险要求,在技术上最大限度地加大国际合作的力度,采用现有的成熟技术和成熟部件,以减少技术风险和进度风险;在项目管理上遵循国际规则,按照商业项目实施管理。

(2) SINOSAT-2 卫星平台

SINOSAT-2 广播卫星将由中国空间技术研究院总承研制。卫星平台采用东方红 4 号 (DFH-4)。DFH-4 公用卫星平台是中国空间技术研究院在国家的支持下,在九·五期间重点开展的一项重点工程,并取得了突破性进展。DFH-4 卫星较好地继承了 DFH-3 卫星平台的设计方法、技术,同时开展了各项重点技术的攻关,如大型中心承力筒技术、大容量贮箱技术、卫星电源及控制技术、星上综合数据管理技术、大型静止轨道卫星公用平台机械太阳翼及二次展开机构的研制等项关键技术,且均已完成。2001 年 1 月完成了预发展阶段任务,并已通过国家组织的专家评审,2002 年初通过了国家组织的转阶段评审。目前正处于 SINOSAT-2 卫星的正样星研制阶段。

中国空间技术研究院研制的新一代大型静止轨道卫星公用平台的技术水平和卫星的能力与目前国际上通信卫星公用平台 A2100AX、HS601HP、FS1300 和 SB3000 等的水平相当,具备了开发同等容量通信卫星的技术基础和能力。卫星总重可达 5 000kg,由于采用了高效率的砷化镓电池片,可提供 10kW 的直流功率。卫星的寿命大于 15 年,可满足目前各种通信、广播电视、数字电影和数据跟踪卫星的要求。

(3) 对 SINOSAT-2 卫星有效载荷的要求

SINOSAT-2 广播卫星有效载荷由 22 路大功率 Ku 转发器和 5 副天线组成。天线包括 3 副接收天线和 2 副发射天线。

发射天线 1 采用 Ku 频段双偏置主面赋形的格里高利反射面天线,安装在西墙板上,产生覆盖 Ku 一个发射频段赋形波束。工作频率为 11 700~12 000MHz,对应的 12 路转发器是 1A~5A 及 1B~5B。发射天线 2 采用 Ku 频段双偏置主面赋形的格里高利反射面天线,安装在东墙板上,产生覆盖 Ku 一个发射频段赋形波束。工作频率为 11 900~12 200MHz,对应的 12 路转发器是 6A~11A 及 6B~11B。

为满足国家信息传输安全的要求,接收天线波束包括:一个华北椭圆点波束(覆盖北京和呼和浩特)、双线极化、对应右旋圆极化(1A~11A)11 个转发器和对应左旋圆极化 5 个转发器(2B、4B、6B、8B、10B)。一个机械可移动点波束天线,采用 Ku 频段对称单反射面,产生一个 2.5 度的可移动的圆波束,可覆盖范围为 $\pm 8.5^\circ$,即相当于一个全球波束的覆盖范围(33%的地球表面)。对应左旋圆极化 6 个转发器(1B、3B、5B、7B、9B、11B)。一个全国波束接收天线,采用 Ku 频段正馈单馈源赋形抛物面天线,产生覆盖中国的上行全国区域赋形波束,频率范围为 17.3~17.8GHz,对应左旋圆极化 11 个转发器(1B~11B)。上行波束的转发器配置为:

华北椭圆点波束: 右旋圆极化 11 个固定转发器

左旋圆极化 0~5 个转发器

可移动点波束: 左旋圆极化 0~6 个转发器

全国区域波束: 左旋圆极化 0~11 个转发器

转发器由 2 组 16:11 环备份组成,每路行波管放大器输出功率为 150W,采用线性化技术提高系统线性性能;接收机为 4:2 备份方式,通过冗余技术保证工作寿命期内的可靠性。地面可控制有源设备的通/断、转发器的增益调节、冗余设备的选择、ALC 或 FGM 工作模式的选择等。