

卫星电视广播接收设备



中央广播事业局地方广播处

卫星电视广播接收设备

编 译：赵 越 赵金梁
 针孟光 周才夫
校 对：王孟宗 付效忠
 景保未 徐景春
 黄幸福

前 言

卫星电视广播是七十年代的新技术，它的出现将使电视广播系统发生根本性的变革。广播系统广大工程技术人员希望对这方面的技术有比较全面的了解，要求我们提供一些资料，供技术业务学习中参考。为不久将来，我国的电视广播卫星发射后，在全国各地建立卫星电视广播地面接收站作技术理论上的准备。为此，我们组织翻译编写了《卫星电视广播接收设备》一书。

这本资料是以日本小西良弘著《放送用SHF受信机的设计》为主，同时参考了一些其他资料翻译编印的。在编译过程中，得到了山西省运城地区广播局的大力支持，不仅抽调主要工程技术人员参加编译工作，而且在印刷方面也做了大量工作。对运城地区广播局以及参加本资料编译工作的全体同志表示感谢！

这是一本广播系统内部的技术业务参考书。它不仅对从事广播工作的工程技术人员适用，而且对从事其他无线电工程的广大工程技术人员也有参考价值。

由于我们编译水平的限制，时间也较短促，错误在所难免，请读者予以指正。

一九八一年七月

目 录

第一章 绪论

1.1 卫星电视广播系统	1
1.2 卫星广播的可用频段	2
1.3 卫星电视广播的部分技术标准	4
1.4 卫星电视广播接收设备	4
1.5 卫星电视广播地面接转站	6
1.6 卫星电视广播接收设备的信噪比问题	7
1.7 我国电视标准	7

第二章 接收机的系统设计

2.1 计算接收机输入载波接收功率的方法	8
2.1.1 用发射机输出、天线增益及传播损失表示接收功率	8
2.1.2 雨中的电波传播损失	11
(1) 雨中电波传播损失的物理意义	11
(2) 雨中电波传播损失中吸收和散射的比例	11
(3) 地波的降雨衰减量	12
(4) 卫星电波的雨中传播损失	14
2.1.3 大气中的衰减量	18
2.1.4 由地物及树木引起的衰减	18
2.2 接收机输入端的噪声功率	18
2.2.1 噪声功率的表示方法	18
2.2.2 接收系统中噪声的种类和特性	19
(1) 天线噪声	19
(2) 由传输线路产生的噪声	19
(3) 由接收机产生的噪声	20
(4) 接收系统的综合噪声特性	20
2.2.3 接收天线的噪声温度	21
2.3 接收信号的 CN 比	25
2.3.1 发射机与接收端的 CN 比与综合 CN 比的关系	25
2.3.2 接收端的 CN 比	26
2.3.3 CN 比的下限	27
2.4 接收机输出端的 SN 比与 CN 比的关系	27
2.4.1 载波的噪声振幅调制和频率调制	27
2.4.2 调幅接收机中 CN 比与 SN 比的关系	28
(1) 双边带调幅方式与残留边带调幅方式的说明	28

(2) 残留边带调幅方式中 CN 比与 SN 比的关系	30
(3) 双边带调幅方式中 CN 比与 SN 比的关系	34
2.4.3 调频接收机中 CN 比与 SN 比的关系	36
(1) 用电视信号调频时 CN 比与 SN 比的关系	36
(2) 用正弦信号调频时 CN 比与 SN 比的关系	39
2.4.4 人的视觉特性对 SN 比的改善度	40
2.4.5 予加重对 SN 比的改善度	42
2.5 电视接收机的输出 SN 比与传输参数的关系	44
2.6 电视图象质量与 SN 比的关系	46
第三章 微波接收机的构成及各构成部分的作用	
3.1 微波接收机的构成	48
3.2 微波接收机各构成部分的作用	48
3.2.1 接收天线	48
3.2.2 微波带通滤波器	48
3.2.3 微波前置放大器	50
3.2.4 变频器	53
3.2.5 中频放大级	55
(1) 中频放大级的作用	55
(2) 前置放大器必须具有的性能	55
(3) 自动增益控制电路的作用	56
(4) 限幅器的作用	57
3.2.6 信号处理电路	63
第四章 接收天线	
4.1 关于评价天线特性的基础知识	65
4.1.1 表示天线特性的各种参数	65
(1) 有效开口面积	65
(2) 天线效率	65
(3) 方向增益	65
(4) 辐射效率	66
(5) 功率增益	66
(6) 开口面照射效率	67
(7) 天线噪声温度	67
4.1.2 天线特性各参数之间的关系	68
(1) 有效开口面积 A_{eff} 与功率增益 G 、天线效率 η 的关系	68
(2) 功率增益 G 与辐射效率 η_r 、方向增益 G_0 的关系	68
(3) 主瓣半值角 ϕ 与功率增益的关系	68
(4) 天线噪声温度与 η 的关系	69
4.2 天线的种类和构造	70

4.3 各种天线的功率增益及效率	72
4.4 各种天线的优缺点	73
第五章 微波带通滤波器	
5.1 带通滤波器的种类	74
5.1.1 波导管型带通滤波器	74
5.1.2 微带线路型带通滤波器	76
5.1.3 立体平面电路带通滤波器	78
5.1.4 介质谐振器型带通滤波器	79
5.2 各种带通滤波器的特性	81
第六章 变频器	
6.1 关于变频器设计的必要知识	83
6.1.1 用变频二极管进行变频的原理	83
6.1.2 降频变频器的变换损失与变频二极管特性的关系	84
(1) 变换损失的定义	84
(2) 变频二极管的构造和等效电路	84
(3) 把变频二极管的等效电路假定为简单可变电导单元时的变换损失	85
(4) 变频二极管中串联电阻和势垒电容的影响	89
6.1.3 低变换损失二极管的设计原理	102
6.1.4 降频变频器的噪声特性	107
(1) 镜象还原方式的噪声温度比	110
(2) 镜象匹配时的噪声温度比	113
6.2 降频变频器的电路结构	114
6.3 降频变频器的构造	115
6.3.1 使用波导管电路的构造举例	115
6.3.2 使用介质基板微带电路的构造举例	116
6.3.3 使用立体平面电路的构造举例	117
(1) 实例 I	117
(2) 实例 II	119
第七章 中频放大级和信号处理电路	
7.1 低噪声晶体管放大器现有的特性	121
7.2 限幅器	123
7.3 信号处理电路	125
7.3.1 从鉴频器到调制器之间的电路	125
7.3.2 调频——调幅直接变换电路	126
7.4 其它	129
第八章 12 GHz_z频带卫星广播接收机设计实例	
8.1 关于系统设计的考虑	133
8.2 接收机的构成	134

8.3 接收机的构造和特性	137
8.3.1 降频变频器的构造和特性	137
8.3.2 中频放大器和限幅器	140
8.3.3 信号处理电路	140
8.3.4 综合特性	140
附录(一) 各种带通滤波器的设计公式、设计顺序及设计举例	
(1) 波导管感应腔型带通滤波器的设计公式	142
(2) 微带分布耦合线路型带通滤波器的设计公式	146
(3) 感应片型带通滤波器的设计公式	151
(4) 介质谐振器型带通滤波器的设计公式	154
附录(二) 我国电视频道的划分	158
附录(三) 我国彩色电视暂行制式试用技术标准(节录)	159
引 索	163

第一章 绪 论

1.1 卫星电视广播系统

七十年代中期，随着卫星技术和电子技术的发展，出现了能直接作大面积电视广播覆盖的新技术，这就是广播卫星技术，或称电视广播卫星技术。从卫星通信到卫星广播，是卫星技术、无线电电子技术的进一步发展。

广播卫星是在地球赤道上空的同步卫星上安装电视广播转发器，向地面传送电视广播信号。精确地说，广播卫星位于地球赤道上空35786公里，通常叫做36000公里高的园形同步轨道上。卫星围绕地轴旋转一周的周期恰好等于地球自转的周期，即23小时56分4秒。也就是说，卫星是与地球同步旋转的，从地面上看，它被固定在地球表面上空的某一点静止不动。因而在地面可以用固定的天线接收卫星电视广播，不必要使用复杂的无线电跟踪系统，降低了接收设备的造价，有利于普及。因为广播卫星从高空用扇面形波瓣向地球发送电波，可以覆盖地球表面积的大约三分之一，所以，只要有这样的三颗广播卫星，放在地球赤道上空的同步轨道上，经度相距120度，就能把地球全部覆盖。

广播卫星虽然也是广义的通信卫星，但它与通常所说通信卫星不同。广播卫星有较大的发射功率，提供较强的电波，直接为广大电视广播用户服务，要求用户接收设备简单、价格低廉，属普及型的民用设备。通信卫星的发射功率较小，并且提供的信道又非常多，传送到地面的电波非常微弱。接收这种信号，必须使用庞大而复杂的地面接收系统，由这种系统将接收到的信号经过变换之后，再通过地面通信网转接到各个电信用户。

现在的卫星电视广播系统大体包括三个部分：即上行发射站和测控站、星体、接收网。上行发射站把电视广播节目发送给星体，它由固定的主站和可移动的小型上行站组成。测控站对卫星上各种设备的运行情况进行遥测，对卫星的位置及其姿态进行跟踪测定，并将测得的数据作记录显示，并送给计算机进行处理，根据计算结果，给卫星发出相应的指令，校正卫星的姿态或进行其他操作。

星体是系统的核心，也是技术难度最大的一环，上设电视广播转发器，将上行站发送来的电视广播节目信号转发到指定地点。为星载转发器提供能源的是星载太阳能电池。由于太阳能电池的体积不能太大，所能提供的功率不大，所以转发器的功率还不能做得太大，目前大体上只能在200瓦左右。

为了节省投资，有的国家也把电视广播业务、通信业务、气象业务等结合在一颗卫星上，进行综合传输。

星载转发器的发射功率不同，地面所能接收到的电波场强也不同。如果功率较大，电波较强，则对接收天线和接收机的性能要求较低，接收天线的体积可以缩小，接收机结构可以简单，从而使造价降低。对我国来说，卫星广播接收机价格在1000元以下时，各电视用户才能有购买能力，个体接收才能推广。相反，若星载转发器发射功率较小，电波较弱，则接收转换设备就复杂，天线体积就较大，造价较高，只适宜于集体接收。这种接收形式将接收到的信号

进行变换以后，经转发，各用户才能收看。

卫星广播接收机提供给电视接收机的电视广播信号，可以是视频信号，也可以是能与接收机天线插孔直接连接的甚高频（VHF）或特高频（UHF）频段的调幅电视信号。

卫星广播与地面广播相比，它具有以下三个优点：

第一，覆盖面积大，电视广播服务区可以一举达到100%。在地面广播中，对于遥远的地区，采用电视中继的办法，电波从一个电视中继站传送到下一站，经过多次转发，才能到达接收单位。如象日本，截止1977年底，就建立了6000余个电视中继站。我国幅员辽阔，若用地面传送，所需的中继站数量将是惊人的。就是建立了这样数量巨大的中继站，边远和人烟稀少地区，仍然难以看到电视。若发射了广播卫星，情况将有根本的变化，覆盖区将迅速扩大到100%。根据粗略的研究，只要卫星仰角大于30度，能够直接接收卫星广播的人数，就可以达到全部人口的99%。

第二，达到100%的覆盖所用的投资少。象印度、巴西那样地面电视广播传输系统还没有建立起来的国家，利用卫星广播可使覆盖区一举达到100%。若用其他方法，这两个国家的经济力量，就无法实现。根据亚洲广播协会对各成员国的估算，国土面积接近一千万平方公里的国家，利用卫星广播比利用地面广播网广播可节约60%以上的投资。

第三，向全国各地广播的节目，画面质量高，而且均匀统一。前述在幅员辽阔或多山的国家，地面电视广播要经过很多的中继站，一站接一站的转播，必然使信号质量逐渐下降，噪声干扰逐渐增多，使电视画面质量劣化。卫星广播的转播层次少，因而画面质量好，全国各地画面均匀统一，这一点是地面广播网所望尘莫及的。

卫星广播也有它的缺点，如需要集中投资和可能造成信号电波溢出国外的情况。但与其优点相比较，可以说是微不足道的。

卫星广播的优越性很大，但若认为卫星广播可以完全取代地面广播，这种看法也是不正确的。卫星广播的覆盖面积大，但可能使用的信道数目有限，它只适合于全国性广播，而不适合于局部地区的广播。例如，我国的省一级广播就还需要地面广播。地面广播与卫星广播的作用有所不同，是相辅相成的。

1.2 卫星广播的可用频段

国际电信联盟在一九七一年举行的空间通信世界无线电行政会议上，给卫星广播使用的频段进行了划分。这个划分，已在一九七七年初召开的关于广播卫星业务频率的世界无线电行政会议上初步确定。频率分配如下：

620~790	MHz	第一、二、三区
2.5~2.69	GHz	第一、二、三区
11.7~12.2	GHz	第二、三区
11.7~12.5	GHz	第一区
22.5~23	GHz	第三区
41~43	GHz	第一、二、三区
84~86	GHz	第一、二、三区

上述“区”指电联把全世界划分成的三个区域：第一区包括非洲、欧洲、苏联的亚洲部分、蒙古、伊朗西部边界以西的亚洲国家等；第二区包括南北美洲；第三区包括亚洲的大部分和大洋洲。

由于划分给卫星广播的三个较高频段在技术上尚未成熟，所以现在讨论的卫星广播可用频段，一般只涉及700 MHz、2.6 GHz和12 GHz三个较低的频段。

以上划分可供卫星广播使用频段，还存在有频段共用问题。620~790 MHz这一频段可用于采用调频制的卫星电视广播，但必须事先同有关国家及其电信业务可能受到影响的国家的电信主管部门达成协议。在他国的领土上，卫星广播的地面功率密度必须符合下列暂行限额：

- 129d B (瓦/米²) —— $\varphi \leq 20^\circ$ 时
- 12.9 + 0.4d B (瓦/米²) —— $20^\circ < \varphi \leq 60^\circ$ 时
- 113d B (瓦/米²) —— $60^\circ < \varphi \leq 90^\circ$ 时

其中， φ 是以地平线为准的电波入射角（即接收仰角）。

这个频段不包括第三区，而我国属于第三区。

2.5~2.69 GHz频段，只可用于国内或区域性的集体接收式卫星电视广播系统，并须事先同有关国家及其电信业务可能受到影响的国家的电信主管部门达成协议。为了保护地上通信，卫星广播的地面功率密度限额为：

- 152d B (瓦/米²) —— $\varphi \leq 5^\circ$ 时
- 152 + 0.75d B (瓦/米²) —— $5^\circ < \varphi \leq 25^\circ$ 时
- 137 d B (瓦/米²) —— $25^\circ < \varphi \leq 90^\circ$ 时

11.7~12.2 GHz频段，规定有现存的和将来的地面固定通信、移动通信和地面广播业务，不得对按照赋有职权的卫星广播规划会议的决定而工作的卫星广播造成干扰。卫星广播会议规定的地面功率密度限额是：

- 103 d B (瓦/米²) —— 第一、三区个体接收方式
- 105 d B (瓦/米²) —— 第二区个体接收方式
- 111 d B (瓦/米²) —— 第一、二、三区集体接收方式

以上限额适用于覆盖区边缘、传播条件最不利月份的99%时间。

以上叙述了三个可供选择的频段，对我国来说，上述第一个频段不能使用，而就第二、第三个频段考虑，由于下述原因：

1. 在11.7~12.2 GHz频段，制作具有尖锐方向性的天线，比在2.5~2.69 GHz频段制作具有同样方向性的天线体积可以减小到1/4左右，从而可以降低造价，也适宜于在直径约为1~2米的广播卫星星体上安装。

2. 关于无线电噪声干扰（射频杂波）的影响，在2.6 GHz尤其是在700 MHz频段内，各种工业设备、汽车点火火花、输电线、电器、电信设备等造成的人为噪声干扰较为严重。12 GHz频段则比以上两频段所受的人为噪声干扰为轻。但在此频段，由大气吸收和降雨所造成的无线电噪声干扰较为严重。

由于上述各种情况，我国卫星电视广播准备采用12 GHz频段。所以，在以后各章的讨论中，以12 GHz频段卫星电视接收设备的讨论为主。

1.3 卫星电视广播的部分技术标准

1.3.1 调制方式

12 GHz₂频段卫星电视广播的调制方式规定为：视频信号和一路调频伴音信号共同对12 GHz₂载波进行调频。在不增加干扰的情况下允许用多路方式在一个电视频道内传送一组声音广播节目。调制信号的这个规定，其目的是为了简化接收转换设备，使鉴频后可以直接得到一般电视接收机能够使用的基带信号。这种方式的缺点是伴音信噪比稍低，约在50 dB左右。

采用调频方式，在目前工艺条件下是比较合适的，这已为过去已经发射的通信卫星和几个实验性广播卫星所证实。

另一种可供选择的调制方式是与地面电视广播相同的残留边带调幅方式。但是，由于调幅方式所需卫星广播转发器的功率过大，所占的频带较宽和对接收机变频级的本机振荡频率稳定度要求很高，在目前的工艺条件下是难以实现的。

1.3.2 地面功率密度

卫星广播会议规定，对于第一、三区12 GHz₂频段的卫星电视广播，在覆盖区边界上，在传播条件最不利月份的99%时间内，个体接收的地面功率密度上限值是-103 dB（瓦/米²），集体接收的地面功率密度上限值是-111 dB（瓦/米²），相应的地面场强是42.8和34.8微伏/米，覆盖区边界的地面功率密度比中心区的地面功率密度低3 dB。此外，为了保证互相干扰不超过规划中确定的值，还规定卫星广播转发器的发射功率，在使用期内，不得超过规定值0.25 dB以上。

1.3.3 频道带宽

卫星广播会议规定：第一、三区内625/525行卫星电视广播系统的频带宽度为27 MHz₀。

1.3.4 接收天线

第一、三区12 GHz₂频段，个体接收天线主瓣功率半值幅规定为2°，集体接收天线的主瓣功率半值幅规定为1°。个体接收天线的最小直径为0.9米，集体接收天线的最小直径为1.8米。

为了节省卫星的发射功率，减少地面物体的遮挡影响，降低地面通信业务对卫星电视广播接收的干扰，在卫星电视广播的规划中，最小仰角按20°考虑。当然在纬度高于60°的地区，仰角必须低于20°。山区应大于30°才能保证良好接收，大雨地区的仰角应在40°以上。

关于卫星电视广播的技术标准，当然还有其他许多规定，因为本书只讨论卫星电视广播的接收设备，所以这里只列举了以上有关的一些数据。

1.4 卫星电视广播接收设备

卫星电视广播接收设备，包括接收天线、卫星广播接收机，一般电视接收机。若接收信

号做为转发使用,则也要有一般电视接收机作为监视装置。本书对一般电视接收机不作讨论。卫星广播接收机方框图如图1.1所示。

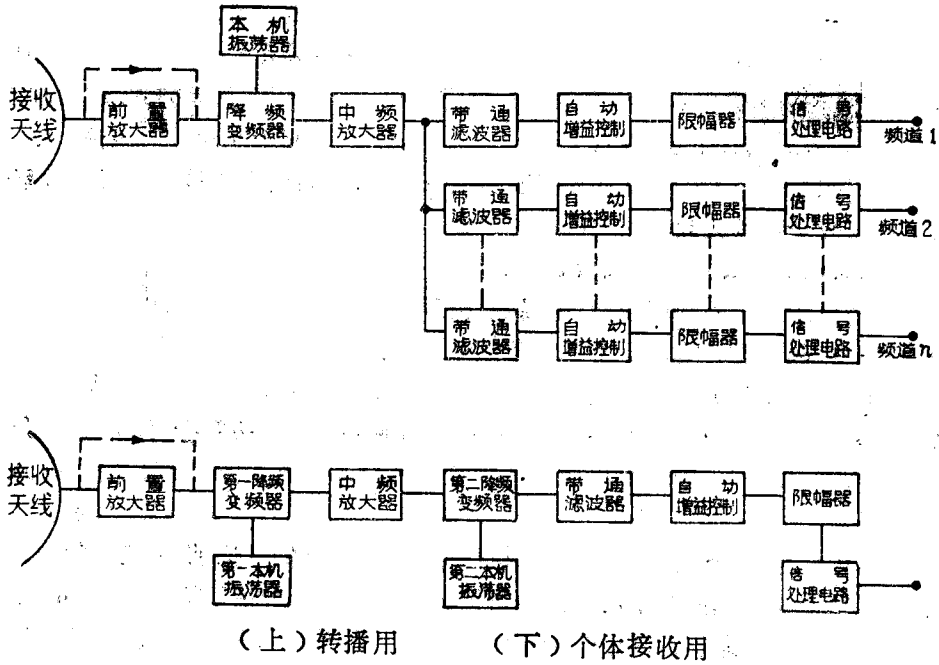


图1.1 卫星广播接收机方框图

卫星广播接收天线,几乎全部采用抛物面天线。对于抛物面天线及其他形式的天线本书中有详细叙述。

接收天线直径的选取要考虑加工、安装和费用诸因素,要考虑天线的技术性能,如主瓣功率半值幅。主瓣功率半值幅太窄时,指向卫星的精度不易保证。因此对标准天线的直径规定有上限值,当频率为 700MHz 、 2.6GHz 和 12GHz 时,对于集体接收来说分别为3.4米、3米、1.5米;对于个体接收来说分别为2米、1米、0.7米。

天线决定后,整个接收系统的性能就完全取决于接收机的性能。

接收机中“超高频头”的前置放大器,使用参量放大器、场效应管或隧道二极管放大器。如果接收机的第一变频器的噪声电平很低,则也可省去前置放大器。

在现阶段, 12GHz 频段的前置放大器采用隧道二极管放大器或直接使用低噪声降频变频器。日本广播协会综合研究所的研究结果表明,用肖脱基势垒二极管混频器,也能获得低噪声的性能,综合噪声指数可以做到 $4.5\sim 5\text{dB}$ 。 2.6GHz 频段一般以双极型晶体管为好,这种前置放大器的综合噪声指数可以做到 $5\sim 6\text{dB}$ 。美国斯坦福大学和美国宇航局共同研制的 2.6GHz 频段的接收机,直接用肖脱基势垒二极管混频器,噪声指数可以做到 7dB 。 700MHz 频段的晶体管前置放大器常使用结栅型场效应晶体管和离子注入式晶体管,目前其综合噪声指数可以做到 $4\sim 5\text{dB}$ 。

在与接收天线一次辐射器连接的波导管中,插入一块金属板,金属板上根据需要制作若

于一定形状的图案，由这些图案与波导管一起构成带通滤波器、本机振荡器等，这就是所谓的立体平面电路形式。这种金属板及其图案可以冲压切割成形，批量生产，降低成本。

美国菲利浦研究所使用微波传输带技术（微带技术），在 3×3 厘米的基板上用肖脱基势垒二极管制作变频部分，使用噪声指数为4 dB的特高频放大器，综合噪声指数可以做到6.5 dB。

接收机有两种变频方案：二次变频超外差方式与一次变频超外差方式。这两种方式比较，二次变频超外差方式具有下述优点：

(1) 第二次变频的本机振荡器频率较易控制，还可以用它校正第一本振荡频率的误差。

(2) 输入级是宽带放大，固定调谐的。由于输入级通常装在天线上，可以减少馈线损耗；固定调谐给制造、使用带来很大方便。

(3) 在较低的第二中频能较为容易地滤出所要接收的信号。

(4) 第一中频较高，有利于抑制镜像频率干扰。

(5) 在较低的第二中频上，较容易实现良好的限幅作用。

在700 MHz和2.6 GHz频段，变频使用的本机振荡器采用双极晶体管微波集成电路和晶体管振荡器；在12 GHz频段可用耿氏二极管、肖脱基崩越二极管振荡器或阶跃恢复二极管倍频式振荡器。

由于调频传输与调幅传输相比较，调频传输具有传输效率高，抗干扰性能强，在接收机中又可利用限幅器减轻或消除干扰，提高信噪比等优点，同时在目前工艺条件下也容易实现，所以，各国已发射的或计划中的电视广播卫星，大都采用调频方式。在这情况下，卫星广播接收机除必须有低噪声和有接收微弱的卫星电波的能力外，还必须有把这种电波变换成适应于现有电视接收机频道和调制方式能力的变换器。

根据美国斯坦福大学的研究结果，把调频波解调成视频图象信号后，可再调制成现在的甚高频（VHF）和特高频（UHF）频段中使用的调幅波。这种解调——再调制形式，适用于与现有电视标准制式不同的声音调制情况。但是，在采用与现在电视标准制式相同的方式播送声音信号时，采用从调频直接变为调幅方式最为有利。日本广播协会综合技术研究所研制成的调频——调幅直接变换器，具有超小型的特点，可安装在天线支架附近。

1.5 卫星电视广播地面接转站

卫星电视广播接收分为三种形式：个体接收、集体接收、接收转发。卫星地面接转站就是指接收转发这种形式，简称地面站。这种地面站使用比集体接收规格更大的接收天线和较为复杂的性能较好的卫星电视广播接收机，以保证电视节目质量。地面站将收到的卫星电视广播节目信号，经变换放大后，重新转发出去，供电视广播用户接收。这种形式，对电视广播用户来说，不增加附加设备，只要有普通电视接收机就可以了，可以不增加用户的经济负担。对于我国的情况来说，这种形式较为适宜。地面站一般是自动接转的，所以可以无人值班。

本书介绍的卫星电视广播接收设备的原理和具体设计计算，无论对哪一种接收形式都是适用的。卫星电视广播接收示意图如图1.2所示，图中有个体接收、集体接收、公用天线接

收 (CATV) 和地面接转站 (即专用卫星电视转播台) 等。

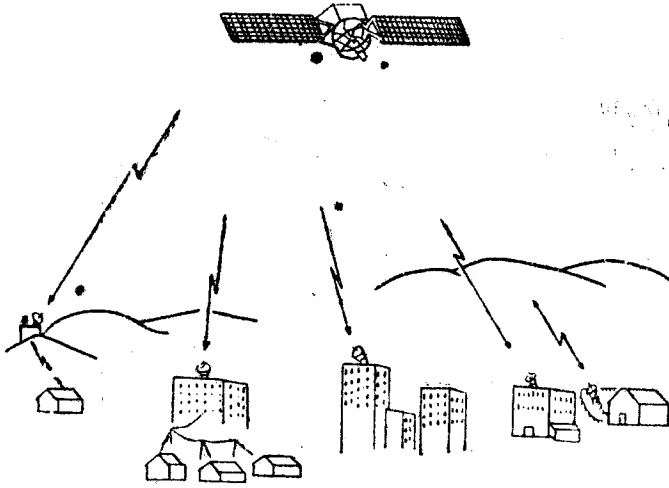


图1.2 卫星电视广播接收示意图

1.6 卫星电视广播接收设备的信噪比问题

如前所述,对于卫星电视广播的地面功率密度规定有上限值,这就是个体接收时为 $103\text{ dB}(\text{瓦}/\text{米}^2)$,集体接收时为 $-111\text{ dB}(\text{瓦}/\text{米}^2)$ 。与此相应的信号场强,分别为 42.8 微伏 和 $34.8\text{ 微伏}/\text{米}$ 。可以看出,场强是非常微弱的。又由后面第二章和第八章可以知道,要使电视图象质量达到CCIK(闭路测试)五级标准中的一级标准,评价SN比(鉴频器输出视频信噪比)必须达到 45 dB 。

由接收信号的非常微弱,决定了卫星电视广播接收设备必须具有高增益及低噪声的性能,信噪比的问题在设计中显得非常突出,是一个重要而有困难的方面,所以在后面的许多章节中,都着重讨论了这方面的问题。

1.7 我国电视标准

当前世界上存在三种彩色电视广播制式,即NTSC制, PAL制和SECAM制,和数种电视标准,我国使用的彩色电视广播制式属PAL制,同时也规定了我国自己的电视标准。因为本书是根据有关外文资料编译的,其中的一些数据来自各种不同的电视标准,与我国的电视标准不尽相同。若把推导中的全部数据,根据我国电视标准进行改动,则有关的叙述文字亦需修改。如此工作量很大,又可能引进错误,所以我们仅把我国电视标准以附录的形式放在书末,供阅读时对照参考。

第二章 接收机的系统设计

2.1 计算接收机输入载波接收功率的方法

2.1.1 用发射机输出、天线增益及传播损失表示接收功率

如图2.1的左侧所示,在把 P_T 瓦的发射机输出功率,由发射机送到增益为 G_T 的天线上时,计算电波在空中传播了距离 d 时的功率密度。

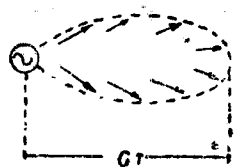


图2.1用接收机接收由发射机发射的电波系统图

为了简单,我们不仿首先假设由发射机输出的电波,如图2.2(b)所示,被均匀地向各个方向发射,这样的天线称为无方向性天线。在这种情况下,在以发射点为中心的另一球面上,电场强度相同,而且从球面向外发射的功率,其总和应当与发射机的输出功率 P_T 相等。这样的话,若球的半径为 d 米,其表面积为 $4\pi d^2$ 米²,则表面上 1 米² 面积上通过的电波功率,即为功率密度,由下式表示:

$$\frac{P_T}{4\pi d^2} \quad (\text{瓦/米}^2) \quad (2.1)$$

所以从发射天线发射的电波,经过距离 d 用接收天线接收时,在接收天线的位置 1 米² 面积上通过的电场强度也为(2.1)式的值。



(a) 方向增益为 G_T 的天线



(b) 无方向性天线

图2.2天线增益说明图

以上是发射天线以均匀的电场强度向各个方向发射时的情况。而图2.2(a)所示,是仅在特定的方向有很强发射的天线。在这种情况下,由于发射机输出功率 P_T 全部集中在特定的方向上,当然在这个方向的电场强度很强。因此与图2.2(b)的情况相比较,在图2.2(a)的情况下,电场强度在特定的方向加强了 G_T 倍。这时,把图2.2(a)中具有方向性的天线增益称为 G_T 。

若把功率为 P_T 的电波,送到增益为 G_T 的天线上,在天线发射电波最强的方向,距离为 d 处放置接收机天线,则这时在接收天线的位置,垂直于电波方向的 1 米² 切面上通过的电波功率,是(2.1)式的 G_T 倍,为:

$$\frac{G_T P_T}{4\pi d^2} \quad (\text{瓦/米}^2) \quad (2.2)$$

若用图2.2(b)中的无方向性天线进行接收,而这时接收天线给其负荷电阻提供的功率,即接收功率 C 为(2.2)式的 A_0 倍,则 A_0 称为这个无方向性接收天线的有效开口面

积。

如图 2.3 (b) 所示, 在垂直于电波方向放置面积为 A_0 米² 的吸收体时, 吸收体所吸收的电波功率, 与图 2.3 (a) 中无方向性接收天线的负荷电阻吸收的电波功率将相等。所以无方向性天线的输出功率是 (2.2) 式值的 A_0 倍。即:

$$\frac{G_T P_T}{4 \pi d^2} A_0 \text{ (瓦)} \quad (2.3)$$

为了计算 A_0 的值, 通常是先把半波长天线的有效开口面积 A_0' 进行计算后, 由换算得到无方向性天线的 A_0 值。

A_0' 可以由基本天线金属棒中的感应电动势求出, 我们知道其为:

$$A_0' = \frac{\lambda^2}{8} \quad (2.4)$$

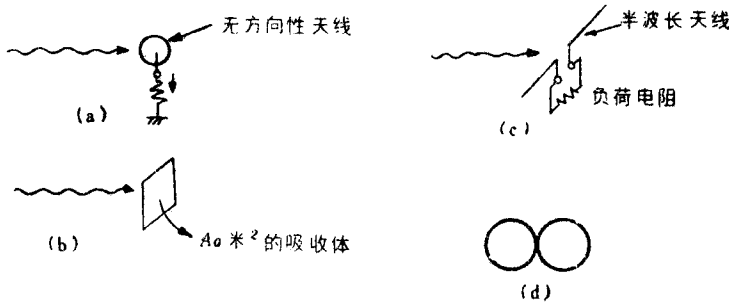


图 2.3 接收天线有效开口面积说明图

半波长天线的方向性, 为图 2.3 (d) 所示的 8 字形, 因为已知其增益为 $-\frac{\pi}{2}$, 所以 A_0 可

用 (2.4) 式的 A_0' 乘以 $\frac{2}{\pi}$ 得到, 为:

$$A_0 = \frac{\lambda^2}{8} \cdot \frac{2}{\pi} = \frac{\lambda^2}{4 \pi} \quad (2.5)$$

另外, 若把图 2.2 (a) 所示有尖锐方向性的发射天线作为接收天线使用, 设天线增益为 G_R , 则接收功率也成原先的 G_R 倍。

这一点可以由已知的电子电路可逆定理得到证明。图 2.4 (a) 中的虚线表示由发射天线, 接收天线及传播空间组成的系统, 而以发射天线端子 11' 与接收天线端子 22' 为四端网络的四个端子。

设在四端网络的端子 11' 及 22' 上, 分别连接与天线阻抗相等的电阻。如图 2.4 (b) 所示, 当在 11' 端子上串联一个 V 伏特的电动势时, 在 22' 端子的负荷电阻 R 上产生 I 安培电流。如果象图 2.4 (c) 中那样, 把上述电动势串联到端子 22' 上时, 端子 11' 上也有 I 安培电流的话, 则说明是可逆的。

因为在发射天线与接收天线增益相同的情况下, 上述四端网络左右对称, 所以是可以理解的。

而在发射天线与接收天线增益不同的情况下, 上述四端网络是非对称性的, 前述情况也

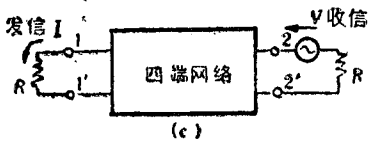
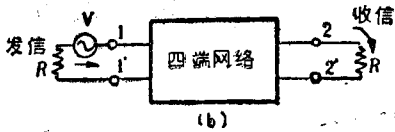
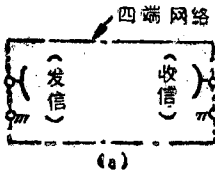


图2.4收发天线增益的可逆性说明图

仍然成立，这就是可逆定理。

若图2.4(a)中的发射天线使用增益为G倍的 天线，则如图2.2表示的那样，图2.4(b)中的接收功率 ($I^2 R$) 也变为G倍。把这样增益为G的天线用作接收天线时，就成为图2.4(c)所示的那样，由前述的可逆定理知道，接收功率仍为G倍。

这就说明，关于天线的灵敏度，用作发射天线也好，用作接收天线也好，都有同样的功率增益。因为使用无方向性天线时的接收功率，可以由(2.3)式表示，所以，若使用增益为 G_R 的接收天线，则其接收功率由(2.5)式可以得到，为：

$$(P_T G_T) \cdot \left(\frac{1}{4 \pi d^2} \right) \cdot \left(\frac{\lambda^2}{4 \pi} G_R \right) \quad (2.6)$$

式中最前面的括号内，是发射天线的发射功率，中间的括号内是在空间传播中，由于散射而减弱的比例，右面的括号内，是接收天线的有效开口面积。同时，(2.6)式也可以表示为下面的形式：

$$P_T G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4 \pi d} \right)^2 = P_T G_T G_R \frac{1}{L_f} \quad (2.7)$$

其中：

$$L_f = \left(\frac{4 \pi d}{\lambda} \right)^2$$

一般称为自由空间传播损失。这里希望注意的是，因为在传播损失中有 λ 项存在，所以总认为任何在自由空间中的衰减量，波长越短衰减也越严重。然而这是错误的。因为

$$\left(\frac{4 \pi d}{\lambda} \right)$$

中的 λ ，是把(2.6)式中接收天线有效开口面积项整理成(2.7)式的形式时的情况，仅与有效开口面积有关，与功率密度无关，计算时先整理成上面的形式，由(2.7)式进行会非常便利，这是通常使用的方法，因为在(2.7)式中除 P_T 外全部都是无量纲的增益。

以上是对自由空间传播损失的初步说明，也就是电波在真空中传播的情况。而实际上电波是在大气中，或在雨雪中传播的。特别是在雨雪中传播时，由于受到的衰减很大，在实际设计中成为最重要的一项。这种由气象条件而产生的传播损失用 L_R 表示，而由于在空气中被吸收所产生的传播损失用 L_A 表示。

这是大气中的全部衰减。在接收卫星广播的情况下，除 L_f 以外最好也能考虑 L_R 及 L_A 。另外，在电波沿着地面传播时，由于地上的森林和建筑物的折射等也产生衰减。关于这一点，由于卫星广播是从空中发射的，所以不存在这个问题，而在地面广播时则必须考虑。若这种传播损失用 L_G 表示，则全部传播损失 L_S 可以表示为：

$$L_S = L_f \cdot L_R \cdot L_A \cdot L_G \quad (2.8)$$