

卫星电视 接收系统的 制作与安装

洪涛 李银花 编著



人民邮电出版社

277925

1447

卫星电视接收系统的 制作与安装

洪 涛 李银花 编著

人民邮电出版社

登记证号(京)143号

内 容 提 要

本书简述了卫星广播电视的发展概况,对家庭卫星电视接收设备的原理作了概略性的介绍,并着重描述了天线、馈源、高频头、接收机各部分的制作方法,最后,详细介绍了家用卫星接收系统的安装、调试方法及抗干扰技术。

读者对象:广大无线电爱好者,家用卫星电视接收系统销售商及用户,卫星电视接收系统安装调试人员。

卫星电视接收系统的制作与安装

洪 涛 李锦荪 编著

责任编辑:刘君胜

人民邮电出版社出版发行

北京朝阳门内大街竹杆胡同111号

北京密云春雷印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本:787×1092 1/32 1994年6月 第 一 版

印张:4.375 1994年6月 北京第1次印刷

字数:97 千字 插页:5 印数:1—4 000 册

ISBN7-115-05210-7/TN·695

定价:5.00 元

目 录

第一章 概述

第一节 卫星广播电视的发展概况	1
第二节 我国上空广播电视卫星的分布	4
第三节 卫星电视系统的结构	5

第二章 天线和馈源的制作方法

第一节 天线的基本概念	7
第二节 天线的特性参数	8
第三节 抛物面天线的制作	12
第四节 单螺旋天线的制作	22

第三章 高频头与馈线

第一节 卫星电视接收系统的噪声来源	26
第二节 高频头	27
第三节 馈线	41

第四章 卫星电视接收机的制作

第一节 接收机方案的选择	46
第二节 L波段接收机的制作	48
第三节 C波段卫星电视接收机的制作实例	55
第四节 Ku波段的接收机简介	73

第五章 卫星电视接收系统的附属电路

第一节 功率分配器	75
第二节 射频调制器	77
第三节 调谐指示器	83
第四节 彩色制式转换器	85

第六章 如何正确安装一个卫星电视系统

第一节 概论	98
第二节 天线支撑装置的安装	105
第三节 馈线电缆布局	113
第四节 抛物面天线、馈源和高频头(LNB)的安装	114
第五节 调整天线	118
第六节 电系统的微调及编程	123
第七节 防水	124
第八节 与附加设备的连接	125
第九节 冬季安装的注意事项	127
第十节 简易卫星电视接收系统的安装实例	128

附录 几种接收机的原理图

1. 东芝 TSR-C₂ 型卫星电视接收机电原理图
2. 东芝 TSR-C₃ 型卫星电视接收机电原理图
3. 东芝 TSR-C₄ 型卫星电视接收机电原理图
4. CRC-020 型卫星电视接收机电原理图
5. 熊猫 WG3-85 型卫星电视接收机电原理图
6. GCI-8300 型卫星电视接收机电原理图
7. VS-8000 全功能遥控卫星电视接收机电原理图

第一章 概 述

第一节 卫星广播电视的发展概况

在人类历史上卫星通信系统给人们带来的益处是极为突出的。在几年前,电视节目及其传播方法还很有限。而今天,高技术已经对“看电视”的模式进行了彻底的革命,技术发展几乎是在瞬间完成的。

现代卫星通信是空间技术和微波技术相结合的产物。每年都有更复杂,重量更大的卫星被发射进入轨道。卫星通信是 80 年代增长最快的业务之一。

卫星广播的概念,早在 1945 年 10 月出版的美国杂志《WIRELESS WORLD》上,就由小说家 Authur C. Clarke 提出了。他的描述相当简单,信号波束通过“上行”天线射入天空,被在空间旋转的卫星接收、处理后通过“下行”天线发向地球,就可以被卫星覆盖面内的地球上任何地方的接收站接收了。

大多数的通信卫星是分布在赤道平面上距地球 35786 公里的同步轨道上。这个轨道是唯一的,因为只有在这个圆环上,卫星的公转角速度和其正下方地球表面的旋转角速度才能相同,这样,地球上的天线就能够对准任何一颗同步卫星。

早期的通信卫星是被放在更低、更复杂的椭圆轨道上,因为那时候还没有能把卫星推入遥远的同步轨道的发射火箭。例如,人类的第一颗通信卫星 Telstar 就不得不利用装在钢轨上的非

常昂贵和繁重的设备来跟踪其运动。今天,一些通信卫星还被发射到极难跟踪的椭圆轨道上,多数是为了保密的目的,如美国的军事卫星等。

到了本世纪 60 年代,出现了可以传送电视节目的卫星,这是电视广播通信事业的重大突破。传送电视节目既可以用通信卫星,也可以用广播卫星。通信卫星和广播卫星的最主要区别在功能上。通信卫星传输信号种类多样,如:电报、电话、传真等。而广播卫星主要用来传送广播、电视信号。表 1-1 是通信卫星和广播卫星的性能比较。

表 1-1 通信卫星和广播卫星比较

通信卫星	广播卫星
下行功率小	下行功率大
体积小	体积大
传输信息多样(电报、电话)	传输信息单一(广播、电视)
波束覆盖面不受限制	波束集中性好
接收天线大(2m 以上)	接收天线小(0.45~1m)
多数工作在 C 波段	多数工作在 Ku 波段
受地面微波干扰	无地面干扰
不利于个人接收	个人接收容易

从表 1-1 中可以看出,利用通信卫星传送电视广播存在一些问题:

- (1) 传送电视频道数目有限。
- (2) 受地面微波干扰严重。
- (3) 辐射功率小。
- (4) 接收站天线口径较大。

因此,用通信卫星传送电视广播节目不利于家庭接收,而采用广播卫星转播电视节目可以大大提高电视覆盖面,大大增加家庭接收电视节目的频道数。1977年,世界无线电管理会议把L、S、Ku和Ka频段划为广播卫星业务可以使用的频段,C波段也可以用于传播电视节目,但主要供电视收转站、共用天线电视系统和电视台使用。广播卫星业务使用的频段中L、S波段由于受带宽的限制而无法多路化,而且频率低、天线波瓣宽、易受干扰,故不是广播卫星发展的重点。统计资料表明,80年代的广播电视卫星,大多数工作在Ku频段,而90年代发射的卫星中,工作频段将向Ka频段过渡。

我国卫星广播电视事业是从七十年代开始的。这一阶段,主要利用德法联合研制的“交响乐”卫星进行电视传输实验,取得了大量的实验数据,当时的地面站天线大约在10米左右。直到1984年4月8日,我国发射了第一颗试验卫星,该卫星工作在C波段,定位在 125°E ,通过这颗星进行了中央电视台节目对新疆、西藏、内蒙等边远地区的传送实验。1985年,我国租用国际卫星INTELSAT—VF1传送电视节目,之后转租了INTELSAT—VF7上的转发器。1986年2月1日,我国又成功地发射了第二颗试验通信卫星,定点于 103°E ,用于进行多种信息的传输实验;直到1988年3月7日,我国发射了第一颗实用通信卫星,同年12月,又发射了第二颗实用通信卫星,分别定位于 87.5°E 和 110.5°E ,这两颗卫星的发射,大大提高了我国的电视覆盖率,使得中央电视台的第一、二套节目和新疆、云南、贵州、西藏4省区的电视节目,可以在全国范围内利用卫星地面站接收,并开办了教育节目。这两颗卫星的发射极大地推动了我国卫星电视单收站和共用电视系统的发展。

1990年4月7日,我国又成功地发射了由中、港、英合资经

营的 ASIASAT-1 (亚洲一号) 卫星, 该星目前共有 8 套电视节目。内容包括体育、音乐、财经、新闻、娱乐节目等。

1993 年 8 月 16 日, 我国的“中星 1 号”卫星(定点在 115.5°E) 已正式启用。它有 24 组转发器, 目前已播送包括中央台 1、2、3 套节目、新疆台、(四)川(西)藏台和广州台等 6 套电视节目。我国广大地区都可以收到该同步卫星传送的电视节目。东方红 3 号不久也将发射升空。据有关资料介绍, 这两颗卫星均带有 Ku 波段转发器。此外, ASIASAT-2(亚洲二号)发射也在计划中。同时, 海蒙特管低噪声放大器的出现, 使卫星单收站的天线尺寸大大减小。所有这些成果已为卫星单收站进入家庭铺平了道路, 扫除了技术障碍。一个接收卫星电视节目的热潮正在我国悄然兴起。

第二节 我国上空广播电视卫星的分布

广播电视卫星或通信卫星一般分布在同步轨道上。卫星的位置是用卫星与地心的连线同赤道的交点的经度标志的。由于各国都想把卫星发射到对本国有利的位置, 而同步卫星轨道上的容量是有限的, 为了解决卫星轨道位置的相互冲突, 各国卫星轨道必须向国际电联(WARC)申请, 我国除目前已有的几颗同步卫星外, 还申请到了 92°E , 80°E 和 62°E 共三个直播卫星轨道。

在我国上空, 同步卫星很多, 如图 1-1 所示。

其中, 容易收到广播电视节目的有: INTELSAT-VF7、东方红-2 号甲、Palapa-B1、Palapa-B2、静止 6 号、静止 T2、亚洲一号、中星 1 号等。其中, 亚洲一号、静止 6 号、 87.5°E 和 110.5°E 工作在 C 波段, 在我国大部分地区用 1.5 米左右的卫星天

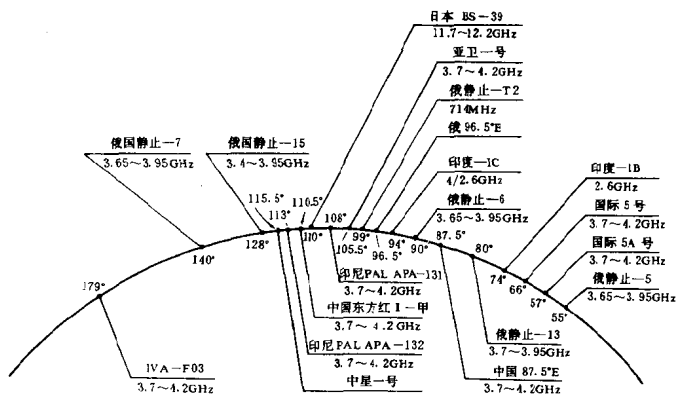


图 1-1 我国上空(从东径 55°~179°)现有的同步卫星分布情况

线接收,可达到令人满意的效果。静止 T2 工作在 L 波段,用自制的螺旋天线很容易接收到其节目。Ku 波段的卫星目前只有一颗,必须在我国东南沿海用 4.5 米以上的天线接收,这颗星是日本的 Bs-3a。

第三节 卫星电视系统的结构

卫星广播电视系统由上行站、卫星和无数地面接收站组成,如图 1-2 示。卫星广播电视的优势在于它突破了地理位置的限制把广播电视信号送到千家万户。上行站是一个把好几百瓦的微波波束射向空中非常小的目标的复杂系统。上行站使用的天线象汽车大灯一样有一个抛物面型的反射面,并且在焦点有一个辐射源,大功率的微波射向天线表面,反射成一束直射太空的电波。

同步广播卫星接收由上行站发射的上行频率信号,经变换后就把它发回地球。下行天线若使用全球波束可覆盖地球表面

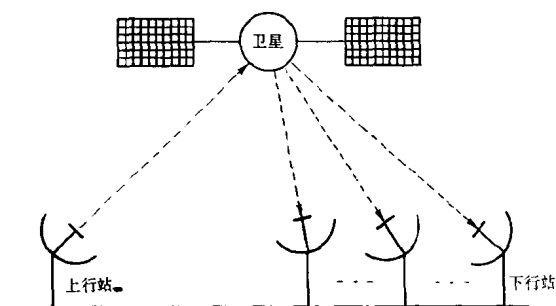


图 1-2 卫星电视信号传播示意图

的 40%，若使用点波束则只对一个很小的地区进行广播。

地面接收站包括一个把下行信号尽可能地集中在焦点上的天线。馈源被准确地安装在焦点上。天线反射到焦点的下行信号经馈源送入第一个有源部件——低噪声放大器（LNA），经放大后进入将频率变低的下变频器，下变频器变换信号后，通过电缆送入室内的卫星（广播）电视接收机，经处理后，形成可以被电视和立体声设备接收的信号。

卫星地面接收站又分地面转发站、集体接收站和单收站。一个典型卫星接收系统的配置如图 1-3 所示。

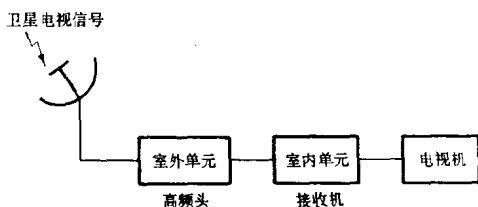


图 1-3 一个典型的卫星电视接收系统

在以后的各章里，我们将陆续介绍卫星电视接收系统的各部分的原理及制作方法。

第二章 天线和馈源的制作方法

第一节 天线的基本概念

各种无线电设备,如无线电广播、电视、导航、雷达、通讯、遥感、遥测等都是靠空间传播的无线电波来传递信息的,而无线电波的辐射和接收是靠天线来完成的。因此,天线就成为各种各样无线电设备中一个不可能缺少的重要组成部分。

天线是用金属,或其它材料构成特定形状,架设在一定空间位置的装置。发射天线将发射机馈给的射频功率转换为电磁波向一定空间方向传播,被接收天线截获后又转换为接收机输入端的功率。天线的主要作用是能定向辐射或接收电磁波,从理论上讲,发射天线可以当作接收天线使用,接收天线也可当作发射天线使用,同一副天线,无论是用作发射天线或接收天线,其基本参量保持不变。

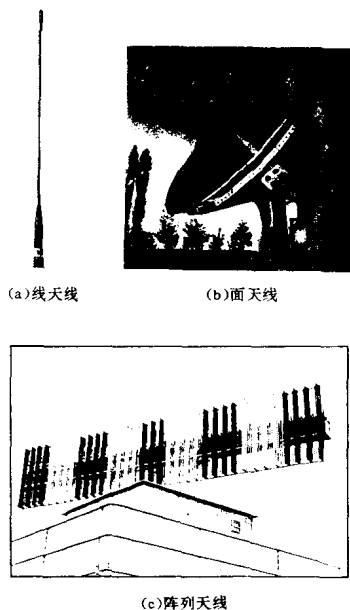


图 2-1 线天线、面天线、阵列天线

天线的形式很多,有多种分类方法。一般按波长可分为长波天线、中波天线、短波天线、超短波天线和微波天线;按用途可分为无线电通信天线、电视天线、卫星天线、雷达天线等;按结构可分为线天线、面天线和阵列天线。线天线是由导线组成的,导线的长度比截面大得多,一般用在长波、中波、短波波段。面天线则是由金属板或金属网组成的天线面,它的面积比波长的平方大得多,一般用在微波波段。阵列天线是用多个相互分离的独立天线单元按一定规律排列组成的,主要用于雷达系统中。

卫星电视接收系统工作在微波波段,因而,卫星接收天线是微波天线。天线是卫星电视接收系统的主要组成部分之一,接收效果的好坏在很大程度上取决于天线的性能。因此,天线设计是否合理对卫星电视接收系统的整体性能有很大的影响。

第二节 天线的特性参数

天线的性能,主要是通过方向图、主瓣宽度、副瓣电平、增益等特性参数表征的。下面,对这些主要参数作一介绍。

一、方向图

方向图是研究天线特性的重要手段之一。天线的辐射是有方向性的,要求在目标方向辐射最强,而在不需要的方向则尽可能减弱。天线的方向性是指天线朝空间指定方向集中辐射电磁波的能力。方向图则是天线方向性的直观表示法。它可以用天线的方向函数来描绘,也可以由离开天线一定距离处,测试不同方向上的辐射场强或功率密度来绘制,这种方向图是立体的(如图2-2所示),称为立体方向图,但难以绘制。工程中,通常采用最大辐射方向上两个相互垂直的平面方向图,即垂直方向图和水平方向图来表示。有时这两个平面是指辐射电场和磁场所在

的平面,相应的方向图分别称为电场平面(E平面)方向图和磁场平面(H平面)方向图。一个直角坐标系下的平面方向图如图2-3所示。方向图中场强或功率密度的大小采用分贝数表示,其优点是可以表示出相对辐射强度十分悬殊的情况。

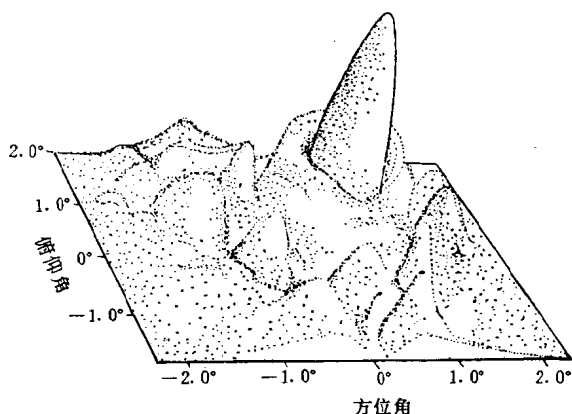


图 2-2 天线立体方向图

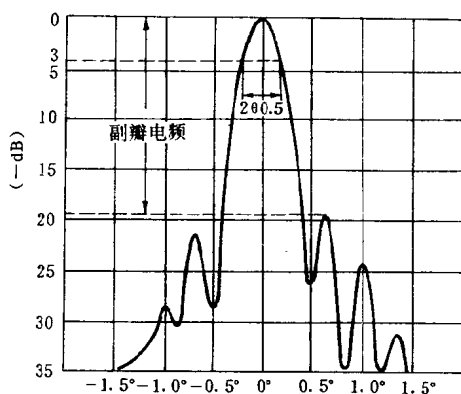


图 2-3 直角坐标方向图

由于直角坐标下的平面方向图呈花瓣状,因此它又称为波瓣图,最大辐射方向的波瓣称为主瓣,其它方向的波瓣称为副瓣或旁瓣,定量地说明天线的方向性能常用波瓣宽度(或称波束张角)和副瓣电平表示。

波瓣宽度一般指的是方向图的主瓣上两个半功率点方向之间的夹角,以 $2\theta_{0.5}$ 表示。天线辐射的电磁能量主要集中在范围。副瓣电平是指副瓣最大值和主瓣最大值之比(或其 dB 值之差),通常副瓣的最大值是处于主瓣两侧的第一个副瓣上,天线的副瓣不但分散了辐射功率,而且对于接收天线来讲,还容易引入外界的噪声,因此,要求天线的副瓣电平尽可能小。

二、天线增益和效率

天线的增益反映了天线会聚和辐射信号功率能力的大小。增益的定义是:在相同输入功率下,有方向天线在最大辐射方向上某一点的功率密度 $P'_{\max}$ 与无方向天线在同一点的平均密度 P'_0 之比,即

$$G = \frac{P'_{\max}}{P'_0} \quad (\text{相等输入功率})$$

同样, G 也可以定义为:在同一点产生相等电场强度下,无方向性天线需要的输入功率 P_{i0} 与有方向性天线需要的输入功率 P_i 之比,即

$$G = \frac{P_{i0}}{P_i} \quad (\text{相等电场强度})$$

天线的效率是天线的辐射功率与输入功率之比。

$$\eta = \frac{P_s}{P_i}$$

三、阻抗特性

天线通过馈线系统与发射机或接收机相连,无论是用作发

射天线或接收天线,都存在着阻抗匹配的问题,匹配状况是由天线的阻抗特性来决定的。实际工作中,常用驻波系数反映阻抗特性,驻波系数(又称驻波比)是指传输线上电压的最大值与最小值之比,用 $VWSR$ 表示:

即

$$VWSR = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma}$$

其中, Γ 是电磁波的反射系数,表征的是反射波与入射波之间的关系。

天线阻抗的匹配对系统工作时的影响很大,如圆驻波系数太大,会影响输入功率或输出功率,也会引起发射机或接收机工作不稳定,通常要求在工作频带内,天线驻波系数在 1.5 以下。

四、频带宽度

当天线的工作频率改变时,天线的特性参数会发生变化。因此,天线的特性参数符合所规定的技术指标时,天线所能工作的频率范围称为天线的带宽或通频带。显然,它没有严格的定义,而决定于采用此天线系统的要求。

五、极化特性

天线接收或辐射的电磁场都是有一定极化的,而所谓极化就是电场矢量在空间的取向。天线的极化就是在最大辐射方向上电场矢量的取向。通常有线极化、圆极化和椭圆极化(椭圆极化极少应用,这里不作介绍)。当以地平面为参考时,线极化又分为垂直极化和水平极化两种。在最大辐射方向,电磁波的电场垂直于地面的称为垂直极化;与地面平行的称为水平极化。圆极化则是由其所辐射的电磁波是左旋或右旋来定的。接收天线的极化必须与空间电磁波的极化方式匹配。

六、等效噪声温度 T_a

接收天线的等效噪声温度 T_a 是天线工作于接收微弱信号状态时的一个重要参数,它是表征噪声功率大小的一个参数。 T_a 愈高,送至接收机的噪声就愈大,反之就愈小;它一方面取决于周围空间的噪声源的强度和分布,另一方面取决于天线的方向性。

七、天线的品质因数 G/T_a

衡量接收天线的质量应看天线对接收机提供的信号功率和噪声功率的相对大小。在来波的辐射强度一定时,信号功率就取决于天线的增益 G ,而噪声功率则由 T_a 给出,因此,通常用增益 G 和噪声温度 T_a 之比来评价天线的优劣。这就是天线的品质因数。

在卫星电视接收系统中,常将天线、高频头、馈线归为天线系统,这时的品质因数中的 G 是去掉馈线损耗后的 G ,而 T_a 则是包括馈线和高频头的天线系统的等效噪声温度。

第三节 抛物面天线的制作

在卫星地面站接收天线中,常用抛物面天线,又称碟形天线。这时天线增益 G 反映了碟形天线截获微波能量并将其集中至馈源的能力。增益受三个因素的影响:

一是天线的尺寸,天线的口径越大,截获的微波功率越多,增益也就提高了。因此,天线的面积和增益呈相同的倍率增大。

其二,增益随频率的增高而增大,因为高频率的微波不会发生散射,而如同光束一样呈直线传播。这是 Ku 波段广播电视卫星工作在 12GHz 而不是 4GHz 的原因,也为地面接收天线的减小创造了条件。