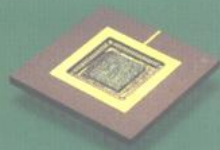


教育部规划教材

中等职业学校电子电器专业

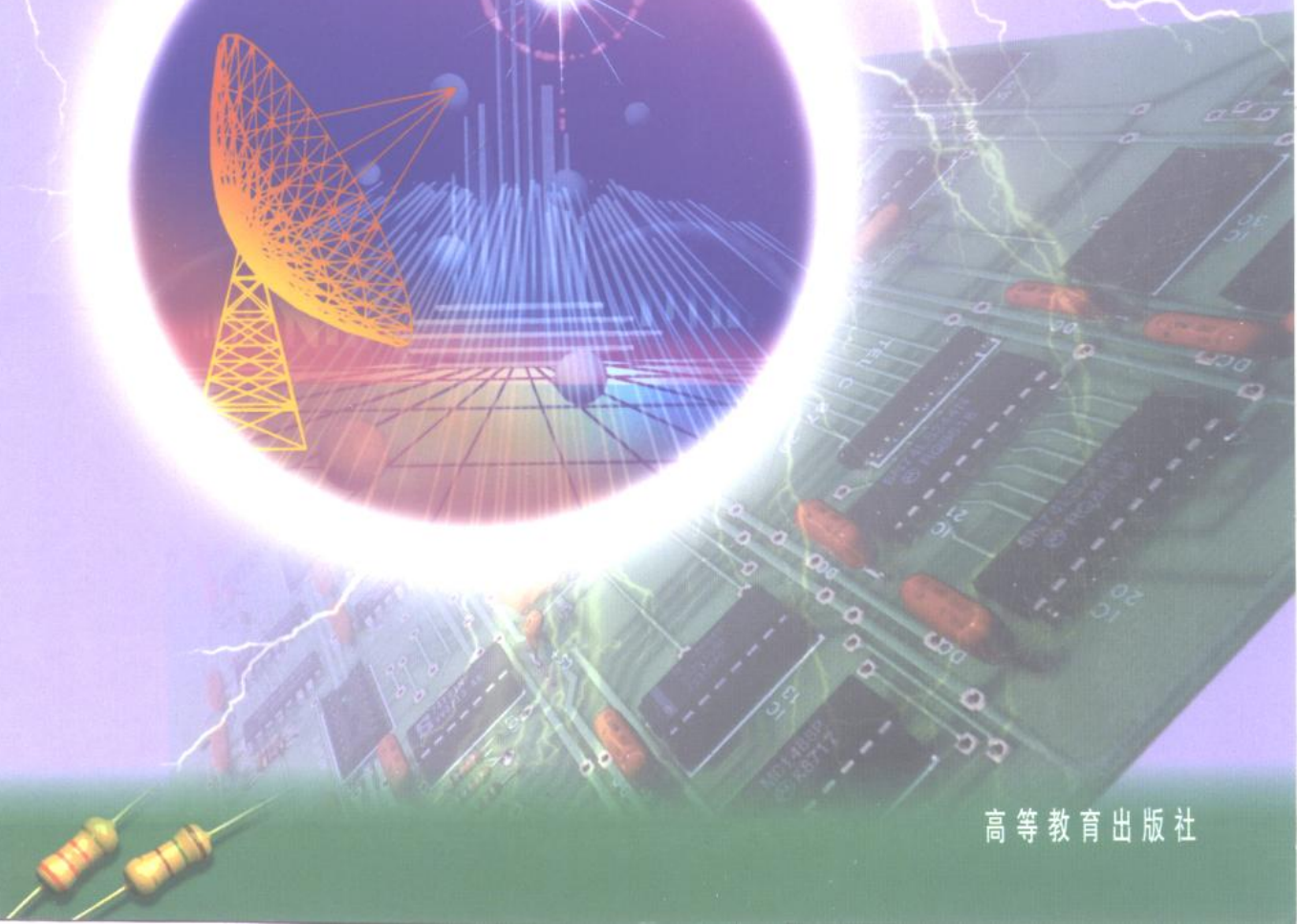
(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)



卫星电视接收与有线电视技术

全国中等职业学校电子电器专业教材编写组编

陈振源 主编



高等教育出版社

教育部规划教材
中等职业学校电子电器专业
(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

卫星电视接收与有线电视技术

全国中等职业学校电子电器专业教材编写组编
陈振源 主编

高等教育出版社

内 容 提 要

本书系中等职业学校电子电器专业系列教材之一,属教育部规划教材。全书共十二章,分为上、下两篇,上篇介绍卫星电视接收技术,下篇介绍有线电视技术。上、下篇内容相互衔接、呼应,并对目前广泛应用的电视广播网作了整体介绍。

上篇简要介绍了卫星电视广播系统的基础知识,分析了卫星电视主要设备(天线、高频头、接收机)的基本结构和基本原理,并着重介绍了卫星电视接收站的安装、调试及常见故障的排除。

下篇简要介绍了有线电视的基础知识,分析了有线电视的基本结构(前端、干线、分配网络)、技术指标及部件特性,并着重介绍了有线电视工程的安装、调试、检测与维护。此外,介绍了有线电视的一些新技术应用。

本书通俗实用,可供中等职业学校作为卫星电视接收与有线电视教材使用,也可供培训班或从事卫星电视与有线电视安装、维护的人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

卫星电视接收与有线电视技术 / 陈振源主编. —北京:
高等教育出版社, 1998. 6 (2000 重印)

ISBN 7-04-006548-7

I. 卫… II. 陈… III. ①卫星广播电视-接收技术-专业学校-教材②有线电视-专业学校-教材 IV. TN949

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 01007 号

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 北京外文印刷厂

开 本 787×1092 1/16

版 次 1998 年 6 月第 1 版

印 张 16.25

印 次 2000 年 5 月第 3 次印刷

字 数 390 000

定 价 15.60 元

插 页 1

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

随着广播电视事业的飞速发展,卫星电视接收与有线电视网络已逐渐成为电视节目传播的主要方式。目前,全国不仅大中城市,而且许多乡镇村庄都已经建立或正在筹建有线电视台和卫星接收站。为了适应这种发展形势的需要,国家教育委员会职业技术教育司组织编写了《卫星电视接收与有线电视技术》,作为中等职业学校电子电器专业的系列教材之一。

根据中等职业学校的教学要求,本书编写时力求做到深入浅出、实用,突出系统的整体性和设备的外部特性,对设备内部具体电路只作定性介绍。使用本书时,应着重于理解卫星电视接收和有线电视系统的整体结构和信号处理过程,掌握设备的选用、安装、调试与维护基本技能。全书各章均设有本章要点和思考题,以帮助学生加深理解基本概念和掌握教材的重点内容。为了培养和提高学生的专业技能,教学过程中应结合教学内容组织学生参观相关的工程。有条件的学校可筹建小型的有线电视实验系统,对学生进行规范性的实践技能训练,如:卫星接收天线的调整及信号电平测试,有线电视网络的工程安装及设备调试,有线电视网络技术指标测量及常见故障的排除。

上篇教学学时数为 48 学时,下篇教学学时数为 62 学时,课时安排可参考下表,带“*”号的章节为选学内容。

学时分配表(供参考)

上 篇	学时数	下 篇	学时数
第一章 卫星电视广播系统	5	第六章 有线电视基础知识	8
第二章 卫星电视接收天线	8	第七章 前端系统	12
第三章 高频头	7	第八章 干线传输系统	8
第四章 卫星电视接收机	18	第九章 分配网络	10
第五章 卫星电视接收站的安装与调试	8	* 第十章 有线电视新技术应用综述	6
机动	2	第十一章 有线电视系统的安装与调试	8
		第十二章 有线电视系统的检测与维修	10

本书第二、五章由陈忠编写,其余各章均由陈振源编写,并负责全书的统稿工作。全书由李耀荣副教授担任主审。厦门市教委职教处、厦门市电子职业中专学校的领导和其他同志对本书的编写给予了大力支持和帮助。厦门市电子职业中专学校的洪益、潘庆联老师对本书的编写大纲提出了宝贵意见,黄惠晖、李靖、郑源贞等同志参加了本书的绘图和文字处理工作,在此谨向上述单位和同志表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限和时间较仓促,书中错漏之处在所难免,欢迎广大师生批评指正。

编者

1997 年 6 月

目 录

上篇 卫星电视接收技术

第一章 卫星电视广播系统	1
第一节 同步卫星	1
第二节 卫星电视广播的特点与系统的组成	2
第三节 卫星电视广播频段划分	4
第四节 卫星电视广播的体制	6
第五节 卫星接收系统的组成及质量要求	11
本章要点	12
思考题	13
第二章 卫星电视接收天线	14
第一节 天线的作用和性能要求	14
第二节 常用卫星电视天线的结构与原理	16
第三节 馈源	19
第四节 极化与调整	22
第五节 天线的选择	26
本章要点	28
思考题	28
第三章 高频头	30
第一节 高频头的功能与组成	30
第二节 低噪声高频放大器	31
第三节 下变频器	32
第四节 第一中频放大器	36
第五节 镜频抑制滤波器	38
第六节 功率分配器	39
本章要点	41
思考题	41
第四章 卫星电视接收机	42
第一节 卫星电视接收机的组成	42
第二节 变频调谐电路	43
第三节 限幅器与解调器	49
第四节 视频处理电路	53
第五节 伴音处理电路	56

第六节 其它功能电路	59
第七节 东芝 TSR-C4 卫星接收机电路分析	64
本章要点	72
思考题	72
第五章 卫星电视接收站的安装与调试	74
第一节 卫星电视接收天线的安装	74
第二节 卫星接收系统的调试	79
第三节 国内收看卫星电视节目情况介绍	86
第四节 日常维护与常见故障排除	90
本章要点	94
思考题	95

下篇 有线电视技术

第六章 有线电视基础知识	96
第一节 有线电视系统的功能	96
第二节 有线电视系统的基本组成	97
第三节 有线电视系统的类型	100
第四节 有线电视频段及频道	103
第五节 有线电视系统常用图形符号	107
本章要点	110
思考题	110
第七章 前端系统	111
第一节 有线电视前端的作用与类型	111
第二节 前端的特性指标	114
第三节 地面电视接收天线	115
第四节 传输电缆线	121
第五节 前端信号放大器	126
第六节 频道转换器与邻频处理器	132
第七节 电视调制器	137
第八节 混合器	138
第九节 导频信号发生器	142

本章要点	144
思考题	145
第八章 干线传输系统	147
第一节 干线传输系统的构成与技术要求	147
第二节 干线电缆的选用及干放的工作状态	148
第三节 干线放大器	151
第四节 定向耦合器	159
第五节 均衡器	161
本章要点	162
思考题	163
第九章 分配网络	164
第一节 分配网络的作用与技术要求	164
第二节 分配器	165
第三节 分支器	170
第四节 分配网络使用的放大器	174
第五节 用户接线盒	178
第六节 分配网络的形式	180
本章要点	184
思考题	185
* 第十章 有线电视新技术应用综述	186
第一节 光纤传输	186
第二节 微波传输	189
第三节 双向传输技术	192
第四节 加扰技术	195

本章要点	200
思考题	200
第十一章 有线电视系统的安装与调试	202
第一节 接收天线的安装与调试	202
第二节 前端设备的安装与调试	206
第三节 干线系统的安装与调试	208
第四节 分配网络的安装与调试	210
第五节 有线电视系统质量的评价	214
本章要点	216
思考题	217
第十二章 有线电视系统的检测与维修	218
第一节 维护人员常用仪器	218
* 第二节 系统性能参数的测量	219
第三节 系统的日常维护与保养	232
第四节 有线电视系统常见故障的分析与维修	233
本章要点	239
思考题	239
附录	241
一、卫星电视地球接收站通用技术条件的技术要求	241
二、普及型卫星电视地球接收站技术要求	248
参考文献	250

上篇 卫星电视接收技术

第一章 卫星电视广播系统

利用卫星传送电视节目是 60 年代通信事业的重大突破,卫星电视广播具有宽广的辐射面,并能组成覆盖全球的电视广播系统。除此之外,它不容易受高山、海洋、沙漠、草原等地面障碍的阻挡,信号传输质量高。卫星电视节目已成为电视广播系统中不可缺少的重要节目源,具有广阔的发展前景。

第一节 同步卫星

一、同步卫星轨道

电视广播卫星可看作是设置在高空的一座电视转播台。为了使地面接收设备能够长时间稳定可靠地接收卫星传送来的电视信号,对卫星的要求是很高的,从地球上看来,要求卫星的位置在空中应该固定不动,即必须为静止的卫星。

实际上,这种“静止”是相对的,因为地球不停地自转,所以要求卫星飞行时,绕地球一周的时间正好与地球自转一周的时间相等,即卫星运行的角速度和地球自转的角速度相同,并且绕行方向也相同,这时从地球表面上任何一点看卫星,它好象是静止不动的。我们将这种相对于地面静止的卫星叫做同步卫星。

为了保证卫星与地球的“同步”,对同步卫星的轨道是有严格限制的,它必须处于离地面高度为 35 786 km 的赤道上空的圆形轨道上,如图 1.1.1 所示。

同步卫星在轨道上的位置如何表述呢? 如图 1.1.2,通常把同步卫星和地心的连线与地面相交的点 A 称为星下点, (星下点都在赤道上),用其所处的地理经度来表示同步卫星所在的轨道位

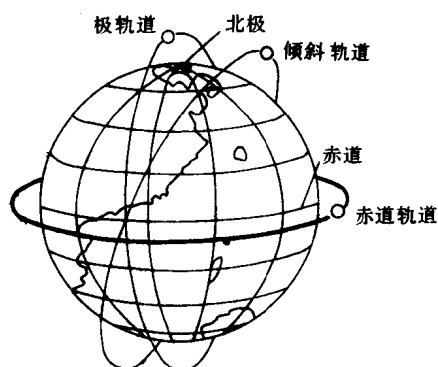


图 1.1.1 同步卫星轨道示意图

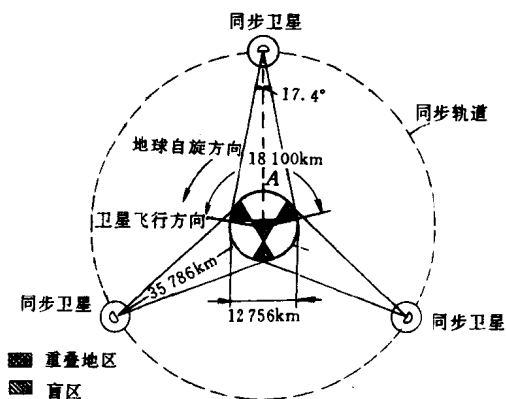


图 1.1.2 利用同步卫星建立全球通信

置。例如,“亚洲1号”卫星轨道位置为东经 105.5° ,通常记作 105.5°E 。为使赤道上的卫星互不干扰,国际电联(ITU)规定赤道上的卫星彼此间应有 3° 的间距。

二、卫星电视广播覆盖面积

根据图 1.1.2 所示,若卫星发射的波束与赤道相切,可推算出卫星发射电波的张角为 17.4° ,此时卫星辐射的赤道周长最大可达 18 100 km,能覆盖地球表面积的三分之一。只要在赤道上空等距离(120° 间隔)配置三颗同步卫星,就基本上能覆盖整个地球表面(除地球两极附近地区外),从而实现全球的卫星电视广播。

实际上有的卫星电视广播只是为本国或本地区服务,要求覆盖面积并不大,卫星的张角只要很小就行了。例如,德国卫星 TV-SAT 张角 $0.72^{\circ}\sim 1.62^{\circ}$,就可以覆盖其全国了。

第二节 卫星电视广播的特点与系统的组成

一、卫星电视广播的特点

卫星电视广播是采用卫星上的转发器来进行电视节目转播的,它与地面电视广播比较具有如下优点:

1. 覆盖面积大、传输距离远

一颗位于赤道上空同步卫星其电波能覆盖近三分之一的地球表面,它相当于要完成地面上成百上千个微波中继站的信号传输。另外,采用成型波束技术还能把电波远距离的、能量均匀的传送到需要覆盖的地区。

2. 传送电视信号质量高

因地面接收的只是卫星的一次转发信号,没经过众多的微波中继站的多次转接,所以信号失真小。卫星信号自上而下,不易受山峰或高层建筑的折射和反射,可避免发生重影。另外,卫星电视广播频率高,又采用调频制,因而抗干扰能力强。

3. 传送节目套数多,信息容量大

由于卫星电视广播频段宽,容纳的频道多,可以传送几十套节目。同时,利用卫星转发器还可实现高清晰度电视广播、静止画面广播、高保真的声音广播、传真和数据通信等。

4. 卫星电视广播不受地理环境因素影响

地面电视信号的传送与广播常受到地理条件和复杂地形的限制,例如,对边远山区、海洋、沙漠、岛屿无法实现良好的电视覆盖,而采用卫星电视广播,只要安装地面接收站就能很好收看电视节目。

同时,应当看到卫星电视广播也存在着一些困难和不足之处:

第一,一次性投资较高,卫星造价高,发射费用大。

第二,卫星难以进行维护和修理,一旦出现故障,其所覆盖的大面积区域就会受影响。

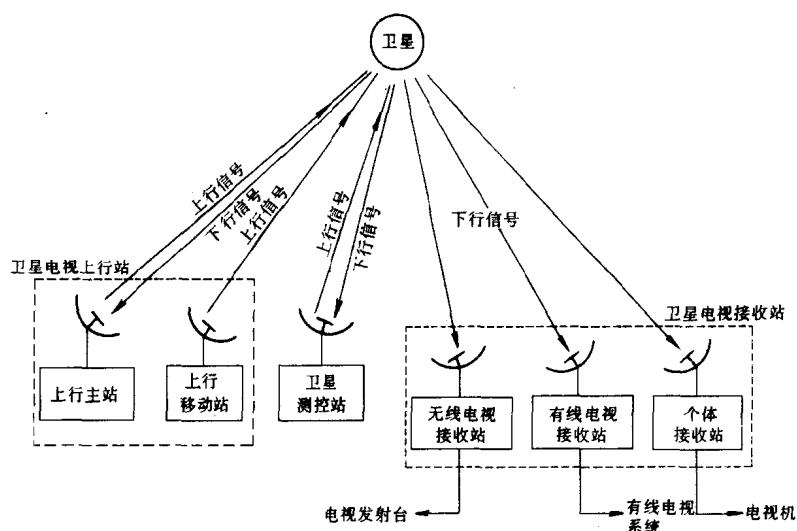
第三,卫星的研制、发射、控制和管理技术上要求甚高,难度大。

第四,卫星有一定的使用寿命,一般在 15 年以内。因为修正卫星位置和姿态的小型推动装置需要消耗燃料,而燃料的储备是决定卫星寿命的重要因素。

但随着科学技术水平的不断提高,以上问题正在不断得到解决。

二、卫星电视广播系统的组成

卫星电视广播系统主要由上行地球站、广播卫星、卫星接收站及卫星测控站四大部分所组成,如图 1.2.1 所示。



1. 上行地球站

上行地球站的主要任务是将电视广播中心的电视节目信号经调频、上变频和功率放大处理后,通过发射天线发射至电视广播卫星。通常将地面发送给卫星的信号称为上行信号,而将卫星传送回地面的信号称为下行信号。为避免信号间的相互干扰,每颗卫星的上行信号与下行信号频率是不同的。上行站可以是一个或多个,按功能不同可分为以下三类:

(1) 上行主站 它属固定的卫星电视信号发射中心,除具有发射电视节目给卫星的主要功能外,也能接收卫星转发回来的电视信号,用来监测和检验卫星电视信号的传输质量。

(2) 上行分站 上行分站与主站的主要功能是相同的,其主要差异是分站一般不具备卫星信号监测和遥控功能,它通常是作为主站的备份,当主站出现故障时,由分站完成将信号发送给电视广播卫星的任务。

(3) 上行移动站 常用于现场采访或实况直播。上行移动站一般安装在专用的卫星电视转播车上,它由便于安装和移动使用的设备组成。

2. 广播卫星

广播卫星是整个卫星电视广播系统的核心。卫星上的主要设备包括:转发器、天线、电源及控制系统,其主要作用是接收来自上行站的电视广播信号,然后由转发器将接收信号变频为下行频率,经放大后通过卫星天线定向发射给地球上预定的服务区域。

卫星上的天线通常是发射与接收共用的,它采用抛物面结构,最大直径可达 10 m。卫星发射升空时,为减少发射阻力,天线藏在卫星里面,当卫星定点后,通过星上控制装置将天线自动展开。为有效地利用广播卫星的辐射功率,要求天线波束的覆盖区与服务区的地理形状基本一致,因而卫星的广播天线多使用成型波束天线。

根据卫星的容量不同,其携带的转发器数量也不同,少的带2~3个,多的可带30多个,每个转发器可传送一路电视信号。例如,“亚洲1号”卫星带有24个转发器,“亚洲2号”卫星带有33个转发器。转发器的输出功率一般在几瓦至几百瓦量级,转发器越多,消耗的电能越大。卫星是靠庞大的太阳能电池板为设备供电,在卫星飞行中,太阳能电池板必须正对着太阳才能将太阳能转化为电能,所以卫星需要通过小型喷射器来纠正卫星的姿态。

3. 卫星电视接收站

卫星电视接收站的主要任务是接收广播卫星转发的电视节目信号,接收站按使用形式可分为以下几种类型:

(1) 个体接收站 它适于家庭个人接收,设备简单,安装方便,价格低廉。

(2) 有线电视接收站 采用大口径高增益天线和性能优良的接收设备接收卫星信号,然后将它转换成VHF或UHF射频信号,最后送入有线电视系统,供系统内众多用户收看。例如,各省市的有线电视用户就是通过这种方式收看中央电视台的多套节目及其它各省地方台的卫星电视节目的。

(3) 无线电视接收站 该站接收卫星的下行电视信号供无线电视台或转播台使用。

4. 卫星测控站

卫星测控站可以与上行站在一起,也可设在不同的地点,其主要的任务是测量卫星的空间轨道位置、姿态、各种工程参数及环境参数。必要时可以通过指令,遥控卫星的姿态和轨道位置,对卫星实施各种功能状态的切换,以保证卫星的正常工作。

第三节 卫星电视广播频段划分

1. 卫星通信频率使用的分区

国际电信联盟(ITU)在分配卫星通信使用频率时,按地理位置将世界划分为三个区域:

第一区:包括欧洲、非洲、前苏联的亚洲部分、蒙古以及伊朗西部边界以西的亚洲国家。

第二区:包括北美洲和拉丁美洲。

第三区:包括大洋洲和不在第一区内的亚洲大部分国家,我国属第三区。

2. 卫星电视广播频段划分

为了统一使用有限的频率资源,1979年国际电信联盟对卫星电视广播的频段进行分配,共分为六个频段,分配如表1.1所示。

卫星电视广播已使用的有L、S和 K_u 三个较低频段(或称波段), K_u 、Q和V三个较高频段在技术上尚未成熟,目前还未使用。

这里应当指出,C频段(3.7~4.2GHz)原属通信波段,主要用于地面通信、中继通信、微波通信与卫星通信,但目前我国和大多数亚洲国家仍使用C频段进行卫星电视广播。如“亚洲1号”卫星上有24个转发器,“中星5号”卫星上有5个转发器及“亚洲2号”卫星上有24个转发器,均采用C频段工作。为避免卫星电视广播对C频段地面通信的干扰,卫星转发器的功率不允许太大,一般在十几瓦以下。因C频段卫星接收站容易受微波干扰,故C频段的使用只是作为卫星电视广播的过渡阶段。 K_u 频段是目前卫星电视广播的优选频段,随着高频技术的成熟,应用 K_u 频段实现卫星电视广播的系统会越来越多。目前“中星5号”卫星上有6个 K_u 频段转发器、“亚洲2号”

表 1.1 卫星电视广播频段的划分

频段名称	频率范围 (GHz)	带 宽 (MHz)	地区分配	备 注
L (0.7GHz)	0.62~0.79	170	全球	与主管部门协商
S (2.5GHz)	2.5~2.69	190	全球	共同接收用
K _u (12GHz)	11.7~12.2	500	第三区	卫星广播业务优先使用
	11.7~12.5	800	第一区	卫星广播业务优先使用
	12.1~12.7	600	第二区	卫星广播业务优先使用
	12.5~12.75	250	第三区	共同接收用
K _a (23GHz)	22.5~23.0	500	第二区、第三区	与主管部门协商
Q (42GHz)	40.5~42.5	2 000	全球	卫星广播业务使用
V (85GHz)	84.0~86.0	2 000	全球	卫星广播业务优先使用

卫星上的 33 个转发器中有 9 个使用 K_u 频段。

3. 常用卫星电视频道的划分

(1) K_u 频段的频道划分 第一区和第三区 K_u 频段的下行信号频道分配情况见图 1.3.1, 根据该图可看出第三区 K_u 频段的几个重要参数。

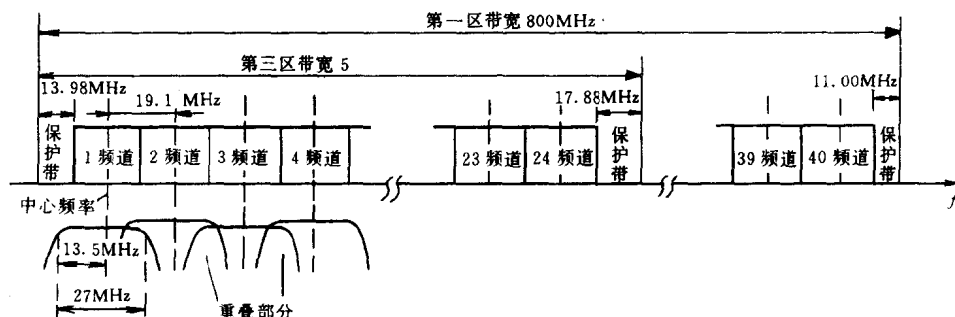


图 1.3.1 第一区、第三区 K_u 频段卫星电视频道

频段范围: 11.7~12.2GHz (频宽 500MHz)

频道数: 可划分为 24 个频道

单个频道宽度: 27MHz

频道中心频率: 处于各频道频率范围的中间, 又称频道载频。K_u 频段各个频道中心频率见表 1.2。

载频间隔: 19.18MHz

保护带: 下保护带为 13.98MHz, 上保护带为 17.88MHz。留出保护带的目的是保护相邻频段卫星通信不受干扰。

由以上参数可知, 频道的载频间隔小于频道宽度, 这样相邻频道共有 $27 - 19.18 = 7.82\text{MHz}$ 的重叠部分。为了减少相邻频道的相互干扰, 除间隔使用频道外, 还可利用相邻频道极化方式的不同, 把它们相互重叠的信号分离开来, 以避免相互干扰。如对于 1、3、5、7、9、11、13、15、17、19、21、22、24 共 13 个频道采用左旋圆极化波, 其余的 11 个频道则采用右旋圆极化波。

适用第一区 K_u 频段的下行信号的频率范围为 11.7~12.5GHz, 频宽为 800MHz, 可容纳 40 个频道, 各频道的中心频率见表 1.2。

表 1.2 K_u 频段卫星电视频道的中心频率

频道	中心频率 (MHz)	频道	中心频率 (MHz)	频道	中心频率 (MHz)	频道	中心频率 (MHz)
1	11 727.48	11	11 919.28	21	12 111.08	31	12 302.88
2	11 746.66	12	11 938.46	22	12 130.26	32	12 322.06
3	11 765.84	13	11 957.64	23	12 149.44	33	12 341.24
4	11 785.02	14	11 976.82	24	12 168.62	34	12 360.42
5	11 804.20	15	11 996.00	25	12 187.80	35	12 379.60
6	11 823.38	16	12 015.18	26	12 206.98	36	12 398.78
7	11 842.56	17	12 034.36	27	12 226.16	37	12 417.96
8	11 861.74	18	12 053.54	28	12 245.34	38	12 437.14
9	11 880.92	19	12 072.72	29	12 264.52	39	12 456.32
10	11 900.10	20	12 091.90	30	12 283.70	40	12 475.50

注：第三区只包含24个频道，第一区则包含40个频道。

(2) C 频段的频道划分 C 频段的频率范围为 3.7~4.2GHz, 频宽 500MHz, 各频道中心频率间隔为 19.18MHz, 可划分为 24 个频道, 各个频道的中心频率见表 1.3。

表 1.3 C 频段卫星电视频道的中心频率

频道	中心频率 (MHz)	频道	中心频率 (MHz)	频道	中心频率 (MHz)
1	3 727.48	9	3 880.92	17	4 034.36
2	3 746.66	10	3 900.10	18	4 053.54
3	3 765.84	11	3 919.28	19	4 072.72
4	3 785.02	12	3 938.46	20	4 091.90
5	3 804.20	13	3 957.64	21	4 111.08
6	3 823.38	14	3 976.82	22	4 130.26
7	3 842.56	15	3 996.00	23	4 149.44
8	3 861.74	16	4 015.18	24	4 168.62

为避免上、下行信号的相互干扰, 卫星广播系统的上、下行信号应采用不同频率, 对工作在 K_u 频段的卫星其上行频率是 14GHz, C 频段的卫星上行频率为 6GHz。

第四节 卫星电视广播的体制

一、基带信号的频谱

基带信号是指未经调制的电视信号, 即电视节目源在发射端未经调制的信号及卫星接收解调后的信号。卫星电视传送的 PAL-D 制基带信号的频谱分布如图 1.4.1 所示。

由图可见, 图像亮度信号带宽 $f_v = 6\text{MHz}$, 色度信号混叠在亮度信号之中, 彩色副载波频

率 $f_c = 4.43\text{MHz}$, 色度信号的带宽为 $\pm 1.5\text{MHz}$ 。伴音信号对伴音载波 $f_A (6.6\text{MHz})$ 调频, 伴音音频带宽 f_a 为 15kHz , 伴音调频信号的最大频偏 $\Delta f_A = 50\text{kHz}$, 整个电视基带信号的频带宽度 f_m 为:

$$f_m = f_A + f_a + \Delta f_A = 6.6 + 0.015 + 0.05 = 6.665\text{MHz}$$

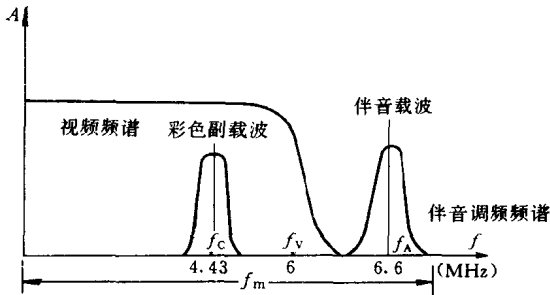


图 1.4.1 PAL-D制基带信号频谱分布图

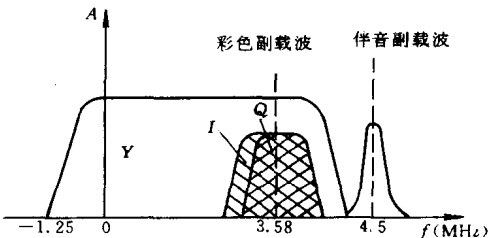


图 1.4.2 NTSC制频谱分布图

二、彩色电视的三种彩色制式

目前卫星电视广播所使用的彩色制式有多种, 最常见的是 PAL 制、NTSC 制和 SECAM 制三种, 它们的主要区别是对彩色信号的处理方式不同。

1. NTSC 制

NTSC 制是美国国家电视制式委员会的缩写, 也称正交平衡调幅制。NTSC 制主要应用于美国、日本等国及我国的台湾省。

NTSC 制是将代表彩色图像的两个色差信号 Q 、 I 分别调制在两个频率相同 (3.58MHz)、相位相差 90° 的副载波上, 成为色度信号, 再与亮度信号 Y 、复合同步信号叠加成全彩色电视信号。NTSC 制的频谱分布如图 1.4.2 所示。

2. PAL 制

PAL 制又称逐行倒相正交平衡调幅制, 它是在 NTSC 制的基础上发展起来的彩色电视制式。

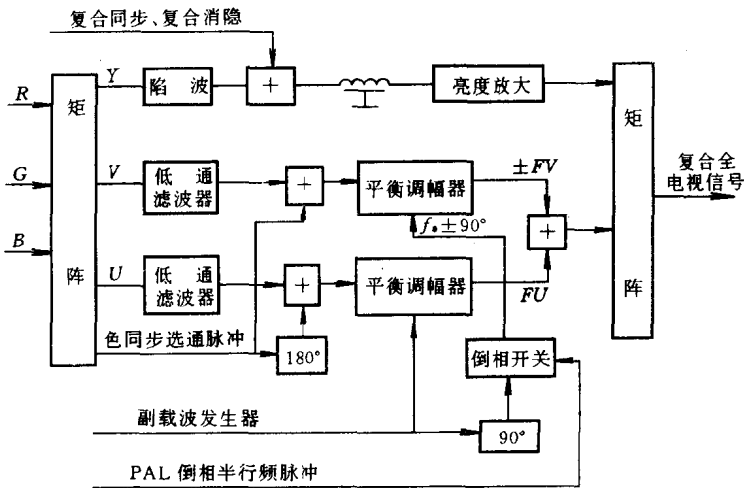


图 1.4.3 PAL制编码原理框图

它是将两个色差信号 U 和 V 调制在 4.43MHz 的副载波上,这两个副载波相位相差 90° ,且 V 的副载波是逐行倒相 180° 的。调制后的色差信号带宽为 1.5MHz,再与亮度信号 Y 、复合同步信号叠加成全彩色电视信号。PAL 制的编码原理如图 1.4.3 所示。

PAL 制与 NTSC 制的主要区别在于对其中一路色差信号增加了逐行倒相处理,提高了彩色信号的稳定度。但 PAL 制的解码电路较 NTSC 制复杂。采用 PAL 制式的国家主要有德国、英国、意大利、荷兰等欧洲国家,我国也是采用这种制式。

3. SECAM 制

SECAM 制的全称为顺序传送彩色与记忆制,或称为行轮换调频制。SECAM 制采用了逐行交替传送两个色差信号的方法,而且两个色差信号分别对两个不同的副载波 ($f_{0R} = 4.406\text{MHz}$, $f_{0B} = 4.250\text{MHz}$) 进行调频。SECAM 制中的亮度信号用宽带传送,色差信号限制在 1.5MHz 带宽内传送,其频谱分布如图 1.4.4 所示。采用 SECAM 制式的国家主要有俄罗斯和法国。

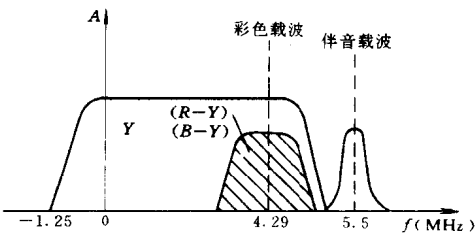


图 1.4.4 SECAM制频谱分布图

以上三种制式因对色度信号处理方法不同,故互不兼容,如用 PAL 制电视机接收 NTSC 彩色信号会有无色彩、场不同步、无伴音现象。为了便于对照比较,特将三种制式的主要技术参数用表 1.4 列出。

表 1.4 三种彩色电视制式技术参数

制式 技术参数	NTSC	PAL	SECAM
扫描行数	525	625	625
行频(Hz)	15 734.25	15 625	15 625
场频(Hz)	59.94	50	50
视频带宽(MHz)	4.2	6.0	6.0
色副载波频率(MHz)	3.58	4.43	$f_{0R} = 4.41$ $f_{0B} = 4.25$
彩色调制方式	正交平衡调幅	逐行倒相正交平衡调幅	两异频副载波逐行轮换调频

由于卫星上使用的各个转发器制式不同,为了能接收不同制式卫星电视节目,最好采用多制式彩色电视机。若采用单一制式彩色电视机收看,一般需在电视机前加上电视制式转换器。

三、卫星电视广播图像信号的调制方式

在地面电视广播中,图像信号是采用残留边带调幅制,伴音则采用调频方式。这种调制方式的优点是每个频道占用的频带宽度较窄,有利于提高频率资源的利用率,缺点是能量利用率不高、噪声性能差。由于卫星运载设备不能过于庞大,转发器功率也不可能太高,因此地面电视广播的图像调制方式不适合卫星电视广播。目前,卫星电视广播有三种调制方式:即调频-调频(FM-FM)制、复用模拟分量(MAC)制和全数字调制。其中 FM-FM制是目前卫星电视广播中应用最普遍的一种调制方式,下面着重介绍 FM-FM制的原理和特点。

1. FM-FM调制方式原理

因为卫星上的转发器无法提供足够大的发射功率,采用调频制的目的是通过适当增加带宽来换取较小的发射功率,所以卫星电视广播中不能再采用残留边带调幅制。换句话说,就是在卫星转发器发射同样功率的情况下,FM-FM制可通过增加信号的带宽,使接收到的信号质量得到明显提高,噪声和干扰显著减少。

FM-FM的调制方式见图 1.4.5。在发送端,首先将伴音信号对 6.6MHz 的伴音副载波进行调频,然后将调频后的伴音信号与图像信号混合后,对发射载波进行再调频,最后以微波频率发射出去。

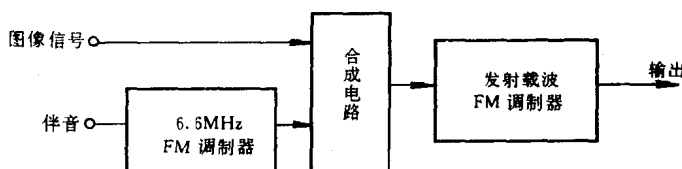


图 1.4.5 FM-FM调制方式原理图

2. 调频制的特性

(1) 调频波的数学表达式 调频是指载波信号的频率按照调制信号幅度变化的调制过程。调制信号、载波信号及调频波三者的波形如图 1.4.6 所示。从波形图可以看出,调频信号的频率是受调制信号 v_Ω 控制的,但幅度保持不变。对应调制信号电压最大值的时刻,调频信号的频率最高;反之,对应调制电压最小值的时刻,调频信号的频率最低。

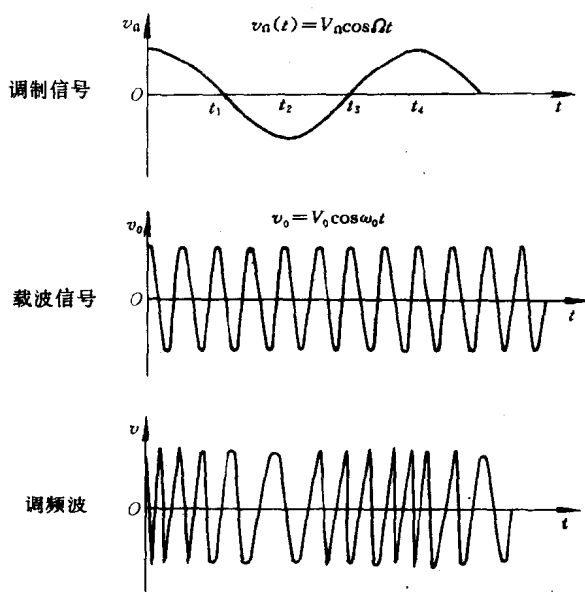


图 1.4.6 调制信号为连续波时的调频波形

设调制信号为余弦电压:

$$v_\Omega(t) = V_\Omega \cos \Omega t \quad (1.4.1)$$

载波信号为余弦电压:

$$v_0(t) = V_0 \cos \omega_0 t \quad (1.4.2)$$

载频 ω_0 随着调制信号 $V_0 \cos \Omega t$ 的变化而变化, 变化范围为 $\pm \Delta \omega$, 则 ω 可用下式表示:

$$\omega = \omega_0 + \Delta \omega \cos \Omega t \quad (1.4.3)$$

经过数学推导, 调制后的调频波表达式则为:

$$v = V_0 \cos(\omega_0 t + m_f \sin \Omega t) \quad (1.4.4)$$

式中 m_f 称为调频指数, 即调制信号峰值时载波最大频偏 Δf_0 与调制信号频率 f_Ω 的比值:

$$m_f = \Delta \omega_0 / \Omega = \Delta f_0 / f_\Omega \quad (1.4.5)$$

当 m_f 很大时 ($m_f \gg 1$), 则表明调频波的最大频偏 Δf_0 很大, 这种情况称为宽带调频, 英文缩写为 WBMF。

当 m_f 很小时 ($m_f \ll 1$), 则表明调频波的最大频偏 Δf_0 很小, 这种情况称为窄带调频, 英文缩写为 NBMF。

(2) 调频波的频谱宽度

调频波从理论上分析, 它有无穷多个边频分量, 其占用的频谱应为无限宽。但实际上边频分量的振幅随着谐波次数的增加而迅速下降。不同 m_f 的调频波频谱如图 1.4.7 所示, 如果仅考虑包含有 98% 能量的上、下边频, 则调频波的带宽为:

$$B = 2(m_f + 1)f_\Omega = 2(\Delta f_0 + f_\Omega) \quad (1.4.6)$$

考虑到卫星信号发射时, 采用了能量扩散处理技术所引入的附加频偏 Δf_c 的影响, 则卫星电视频道的带宽值应由下式估算:

$$B = 2(\Delta f_0 + f_\Omega) + \Delta f_c \quad (1.4.7)$$

根据 CCIR 的建议, 视频信号峰-峰值调频产生的最大频偏为 $2\Delta f_0 = 13.5\text{MHz}$, 并已知调制信号频率 f_Ω 的最大值即为电视基带信号的带宽 6.665MHz , 能量扩散处理所产生的频偏 $\Delta f_c = 0.6\text{MHz}$, 将已知的 Δf_0 、 f_Ω 、 Δf_c 代入 (1.4.7) 式, 即可得到卫星电视频道的带宽约为:

$$B = 2(\Delta f_0 + f_\Omega) + \Delta f_c = 13.5 + 2 \times 6.665 + 0.6 = 27.43 \approx 27\text{MHz}$$

3. 能量扩散

(1) 频率调制存在的问题 卫星电视信号采用调频制, 在没有电视基带信号或仅传送某一固定电平 (如全黑画面或全白画面时), 这时发送的调频波功率就不是均匀分布在频带内, 而是集中于载频或某几个固定的频率点上。这将带来两个问题: 第一, 在能量集中的频率点上会对地面共用频段上的微波通信等业务产生较大的干扰; 第二, 因某几个频率点上信号强度过大, 使得卫星上的放大器工作于非线性状态, 由此产生新的频率分量, 造成互调干扰。

(2) 能量扩散措施 为了克服无调制或单一电平调制, 造成功率集中于某一个或某几个频率点上的缺点, 通常是采用能量扩散措施。所谓能量扩散就是人为地在视频信号上叠加一个低频三角波, 形成一个复合的基带信号。在无电视基带信号时, 载波仍受该三角波的调制, 使能量扩散开来。图 1.4.8 为三角形能量扩散信号, 图 1.4.9 为受三角波调制后的频谱。由图可见在三角波调制的频偏范围 $\pm \Delta f_c$ 内, 功率密度分布均匀; 而在 $\pm \Delta f_c$ 之外, 功率密度迅速趋于零。

三角波通常与帧频同步, PAL 制的三角波采用 25Hz 帧频, 且要求三角波顶点与场消隐期的

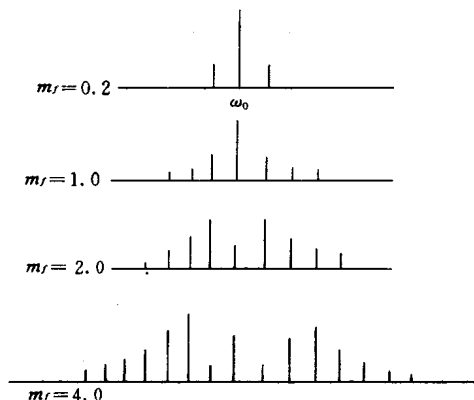


图 1.4.7 调频波频谱

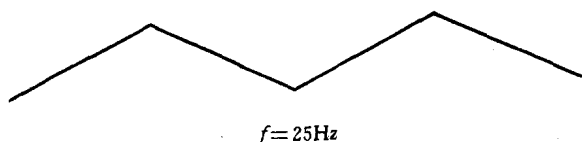


图 1.4.8 三角形能量扩散信号

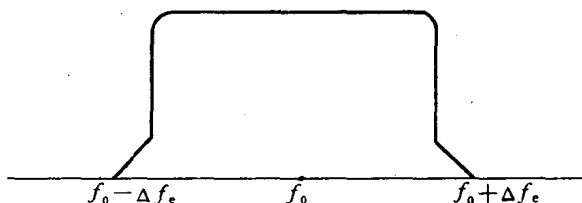


图 1.4.9 三角波调频频谱

中点对齐。

在卫星接收机解调之后,还需将基带信号中人为叠加的三角波去掉,以恢复原来的电视信号,这称为去能量扩散。去能量扩散的方法通常有两种:一种是叠加反向三角波的抵消法,另一种是视频箝位方法。如果三角波信号不消除,电视画面上会出现闪烁现象。

4. 预加重与去加重

在上行地球站的发射端,对调制前的基带信号进行高频分量提升的处理称之为预加重。

在卫星接收机的鉴频器后,对基带信号作降低高频分量的处理称之为去加重。

采用预加重和去加重的主要目的是为了减小接收机鉴频器噪声。因调频信号经卫星接收机的鉴频输出后会产生噪声,且噪声幅度与频率成正比。若在系统中接入预加重和去加重网络后,伴音与视频信号在传输过程中仍可恢复原来的频率特性,而鉴频输出后的高频噪声因只经过过去加重网络,要受到很大的衰减,从而提高了伴音与图像信号的高频信噪比。

第五节 卫星接收系统的组成及质量要求

一、卫星接收系统的基本组成

卫星电视接收系统通常由抛物面接收天线、高频头和卫星接收机三大部分组成,如图 1.5.1 所示。接收天线与高频头安置在室外,卫星接收机放置在室内为电视机提供接收信号,高频头与卫星接收机通过电缆线相连接。

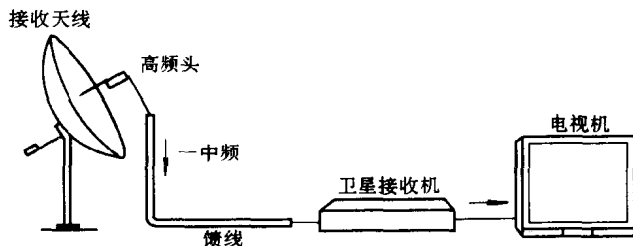


图 1.5.1 卫星电视接收系统的基本组成