

王敏著

东北师范大学文库

有线电视原理 与设计

YUOXIAN DIANGSHI
YUANLI YU SHEJI

东北师范大学出版社



东北师范大学文库

有线电视原理与设计

王 敏 著

东北师范大学出版社
长 春

(吉)新登字 12 号

东北师范大学文库

有线电视原理与设计

YOUXIAN DIANSHI YUANLI YU SHEJI

王 敏 著

责任编辑: 杨明宝 封面设计: 李冰彬 责任校对: 杨易敏

东北师范大学出版社出版 东北师范大学出版社发行
(长春市人民大街 138 号) 东北师范大学出版社激光照排中心制版
(邮政编码: 130024) 吉林省吉新月历公司印刷分公司印刷

开本: 850×1168 1/32 1999 年 12 月第 1 版

印张: 10.125 1999 年 12 月第 1 次印刷

字数: 245 千 印数: 001—400 册

ISBN 7 - 5602 - 2522 - 5/TN · 2 定价: 20.00 元

前 言

有线电视是满足时代发展需要的产物,是一种新兴的传播媒体。随着社会物质文化水平的日益提高,人们普遍希望能收视到内容丰富、图像清晰、色彩鲜艳、伴音悦耳的电视节目。有线电视因其具有传输频道多、图像质量高、投资少、见效快等优势,深受用户欢迎,成为广播电视的重要组成部分。天上卫星传播,地面有线电视覆盖将成为 21 世纪广播电视的发展趋势。

有线电视成本低,覆盖面广,尤其适合发展中国家。在我国,经过短短的十几年时间,在国家基本不投资的情况下,已经建成 2000 多家有线电视台,用户达 5000 多万,覆盖了城市和较富裕的乡镇,从简单的共用天线电视系统迅速向厂矿企业局部联网,整个城市联网,跨城市大型联网,乃至全国联网的超级规模有线电视系统方向发展。

现代光学技术、微电子技术、数字压缩技术的介入,使有线电视的新技术、新设备、新器材层出不穷,有线电视从传统的全同轴电缆传输方式,逐步过渡为电缆、光缆、微波、卫星等多种传输媒体相结合的传输方式,今天正致力于发展光缆和卫星相结合的传输方式,以满足信息高速公路大信息量传输的要求。经过 50 年的发展,世界有线电视已经成为信息时代不可缺少的综合信息网。

我国有线电视起步较晚,但起点并不低,引进、吸收国外先进科学技术,从设备研制、生产到工程设计积累了一定经验,将逐步发展光缆传输,改造现有网络为具有双向传输能力的多功能网络。

2 有线电视原理与设计

而且,有线电视网与计算机网、电信网的“三网合一”工程建设已经启动,“三网合一”业务开通后,有线电视将充分发挥其宽频带传输能力,加快社会信息化的步伐,产生巨大的社会效益和经济效益。

本书力图贯彻有线电视原理与设备选型、工程设计相结合的原则,全面介绍有线电视电缆、光缆和微波传输系统,主要包括有线电视系统的组成、特点、技术指标,电视天线、射频同轴电缆、放大器、分配器、分支器等器件,前端的选型与设计、电缆传输干线的设计原理、分配网络的设计原则与设计实例,光缆传输器件、光缆传输系统设计,微波传输和加扰技术等。

本书可供广播电视工程技术人员和从事有线电视器件设计的技术人员参考,也可作为大专院校有关专业的教学用书和教学参考书。

限于作者的水平、经验,又因时间仓促,书中难免存在不妥和误漏之处,敬请读者批评指正。

作 者

1999年9月

目 录

第一章 有线电视的发展与系统组成	(1)
§ 1—1 CATV 系统的含义及发展	(1)
§ 1—2 有线电视的特点	(3)
§ 1—3 有线电视系统的组成	(6)
§ 1—4 有线电视系统的分类	(11)
第二章 有线电视系统主要技术指标	(15)
§ 2—1 电视频道配置	(15)
§ 2—2 分贝表示法	(20)
§ 2—3 有线电视系统的技术标准	(22)
§ 2—4 噪声系数和载噪比	(23)
§ 2—5 非线性失真	(31)
§ 2—6 线性失真	(41)
§ 2—7 交流声调制比	(46)
§ 2—8 信号电平	(46)
§ 2—9 系统输出口的相互隔离	(47)
§ 2—10 有线电视的指标分配和叠加	(48)
§ 2—11 有线电视系统质量的主观评价	(50)
第三章 电视天线与同轴电缆	(52)
§ 3—1 天线的辐射原理和主要参数	(52)
§ 3—2 半波振子天线	(58)
§ 3—3 引向天线	(64)
§ 3—4 传输线上的波	(72)

§ 3—5	同轴电缆传输线的结构	(76)
§ 3—6	同轴电缆的主要性能	(78)
§ 3—7	常用同轴电缆的性能	(81)
§ 3—8	平衡变换	(88)
第四章	前端设备	(95)
§ 4—1	天线放大器	(95)
§ 4—2	频道放大器	(100)
§ 4—3	频道处理器	(102)
§ 4—4	调制器	(109)
§ 4—5	混合器	(114)
§ 4—6	导频信号发生器	(119)
第五章	前端的选型与设计	(123)
§ 5—1	前端类型及其组成	(123)
§ 5—2	前端性能要求	(140)
§ 5—3	前端选型	(145)
§ 5—4	前端设计	(172)
第六章	传输系统设备	(180)
§ 6—1	干线放大器	(180)
§ 6—2	干线站	(190)
§ 6—3	分配器	(193)
§ 6—4	分支器	(199)
§ 6—5	系统输出口	(206)
第七章	电缆干线设计	(208)
§ 7—1	干线载噪比	(208)
§ 7—2	电缆干线的最大长度	(212)
§ 7—3	干线交调比	(215)
§ 7—4	干线的载波互调比	(221)
§ 7—5	干线的组合差拍比	(224)

§ 7—6	干线放大器的输入电平范围·····	(225)
§ 7—7	干线放大器增益的选取·····	(226)
§ 7—8	干线放大器的级间距离·····	(229)
第八章	用户分配系统的设计·····	(231)
§ 8—1	分配网络结构·····	(231)
§ 8—2	分配网络有源部分设计·····	(232)
§ 8—3	电平分配方式·····	(236)
§ 8—4	无源分配线电平的计算原则和方法·····	(238)
§ 8—5	无源分配线电平计算实例·····	(241)
§ 8—6	可带用户数的估算·····	(249)
第九章	光缆传输器件与光缆传输设计·····	(251)
§ 9—1	光缆传输的特点·····	(251)
§ 9—2	光缆传输系统和光器件·····	(253)
§ 9—3	控制末端载噪比的设计计算·····	(260)
§ 9—4	光分路器分光比的确定·····	(265)
§ 9—5	光缆传输系统的设计实例·····	(267)
§ 9—6	光缆架设·····	(276)
第十章	微波传输与加扰技术·····	(278)
§ 10—1	多频道微波分配系统·····	(278)
§ 10—2	MMDS 传输的特点·····	(284)
§ 10—3	调幅微波链路(AML)的应用·····	(285)
§ 10—4	微波传输设计计算·····	(288)
§ 10—5	有线电视加扰技术·····	(291)
附录 1	常见有线电视图形符号·····	(296)
附录 2	常见有线电视术语·····	(297)
附录 3	中英文有线电视名词术语对照·····	(302)

第一章 有线电视的发展与系统组成

有线电视(CATV)是相对于无线电视而言的一种实用电视传播方式,也是无线电视的延伸与发展。有线电视采用现代光学技术、微电子技术和数字压缩技术等多种技术的最新成果,具有频道多、容量大、传输质量高、视听效果好等特点,将成为 21 世纪广播电视覆盖的主要技术手段。而且有线网作为与电信网、计算机网并存的三大支柱网络之一,有入户率高,频带宽的独特优势,也将成为“信息高速公路”的基础框架。上海市率先开通“三网合一”业务,将带动全国的“三网合一”工程建设。而“三网合一”实现后,有线电视的发展前景会更加广阔。

§ 1—1 CATV 系统的含义及发展

1949 年,美国俄勒冈州阿斯特利亚小镇由于远离电视台,收看电视困难,在山顶上架设了增益较高的大型天线,多个用户共用一套天线。这是最早出现的共用天线电视(Community Antenna Television, 缩写为 CATV)系统。

早期的 CATV 系统,主要是改善远离电视台地区和高层建筑密集的城市地区接收效果的问题。此类 CATV 系统只用于接收开路电视信号,其结构比较简单。那时,CATV 系统的含义为多个用户通过分配网络共用接收天线。随着技术水平的提高,CATV 系统不断增强功能,用户越来越多,当初的共用天线含义只能体现局

部功能,不够贴切。人们根据系统主要用电缆传输的特征赋予 CATV 系统广泛的含义,称为有线电视(Cable TV,简称 CATV)。广播电视通过向空间中发射无线电波将电视信号传给用户,采用开路传输方式。而 CATV 是将电视信号用闭路网络传给用户,即采用闭路传输方式,所以国内对小规模的 CATV 系统亦有闭路电视系统之称。

我国的广播电视机构已将 CATV 定名为有线电视。界定有线电视是指单独或混合利用电缆、光缆或者微波的特定频段,传送电视节目的公共电视传输系统。有线电视包含了共用天线、卫星接收、自办节目及其他信息服务。有线电视具有更广泛的含义。

国际上的 CATV 系统在发展过程中,频道的数目越来越多,由当年 12 个频道增加到近百个频道。功能则从单一的文艺节目播放,过渡到利用双向技术回传电视、自动检测和开办各种非广播业务等。有线电视已被视为现代化城市必备的设施。其发展趋势是扩大覆盖面积,增大容量,加多功能,成为信息社会中家庭必备的信息传送系统。

我国的有线电视从 80 年代初期至 80 年代中期是共用天线电视的成长与企业有线电视的兴起时期;从 80 年代中期至 80 年代末期是企业有线电视成长与城镇有线电视的兴起时期;90 年代初期是行政区域有线电视台的兴起时期;目前正处于大发展时期,不仅城市有线电视网建设速度加快,逐步升级,而且县、乡镇有线电视网建设也迅速铺开。

我国有线电视的发展方面,借鉴了发达国家的经验教训,少走了弯路,起点并不低。在技术手段上,有全同轴电缆网、光缆和同轴电缆混合网、多路微波分配和电缆混合网三种形式。建立较早的有线电视系统大多数采用“全同轴树枝网”。随着光纤技术的发展,光缆的性能价格比逐渐高于同轴电缆,一些大城市甚至有些中小城市先后建成以光缆为主干的有线电视网。而多路微波分配系统在

离节目源较远的地区,人口稀疏的地区有明显的优势,易于实现联网,作为城市有线电视传送的补充和过渡手段可能在较长时间内存在。

目前我国电视机社会拥有量 3 亿多台,有线电视入户达 5000 万户以上,而且将以每年新增用户 800 万户的速度增长,是入户率最高的信息工具。我国的入户频带宽度绝大多数是 450 MHz 以上系统,为综合信息应用提供了良好条件。

本世纪末,我国有线电视频道将增加到 60 个左右,而且要逐步开展远程教育、远程医疗、视频点播、会议电视、安全监控等扩展服务项目。互联互通,互传信号,节目源会更加丰富,逐步推进局域网同全省、全国联网,社会效益和经济效益不断提高,实现良性循环发展,在信息传递中有线电视会发挥广阔的作用。

§ 1—2 有线电视的特点

目前,我国有线电视系统还只限于传送电视和调频广播节目,但它与无线电视相比较,具有容量大,节目套数多,图像质量高,不受无线电视拥挤和干扰的限制,又有开展多功能的优势,深受广大用户的欢迎。其特点概括如下:

(1)有线电视改善电视节目的收视质量,安全可靠。

由于无线电视的发射限制和空间介质对电视信号传播的影响,距离电视台发射塔较远的地区信号强度大幅度减弱,单个用户难以收看到清晰的图像。而有线电视台则可通过本身的高架天线,并采取一定的技术措施,使距离电视台较远的地区收到清晰的图像,再通过系统传输给用户,从而改善了用户的收看效果。由于无线电视的电波在空间的传播具有直线性,很容易受到空间电波的干扰,风雨雷电的影响,以及城市一幢幢高楼的遮挡,使传播的电视信号大为减弱。另外,建筑物不仅能阻挡电波,还能反射电波形

成图像重影或干扰。有线电视是由电缆将电视信号送入每一用户,采用的是闭路传输方式,不受地形的制约和高楼建筑的影响,能够消除电视图像的重影、不稳定、失彩色、雪花干扰、滚道干扰等令人讨厌的现象,从而保证广大用户能够看到高质量的电视节目。

有线电视具有防雷功能。安装天线的同时,都安装避雷针和接地线,还在放大器、电源等部件上加装防雷器件,可以保证收视安全。

(2)有线电视能充分利用频谱资源,节目套数多。

我国的无线电视台是按行政区域覆盖范围建立的,即按中央、省(市)、地区、县四级布局。为了尽量避免当地电视台发射信号的相互干扰,各级电视台的发射功率和发射频率必须按全国统一规划进行指配。一般来说,省级台的发射功率较大,约为数十千瓦量级,而县级台就较小,约为数百瓦量级。发射频率通常在甚高频频段(VHF)的1~12频道和超高频频段(UHF)的13~56频道范围内指配,并采用隔频发射设备,一般在VHF频段要隔一个频道;在UHF频段要隔6个频道设置。譬如:在北京地区的VHF频段内,中央电视台指配在2频道和8频道,北京电视台指配在6频道,在UHF频段内,北京电视台指配在21和27频道,中央电视台指配在15和33频道。由此可见,尽管规划给无线电视的频道数量不少,但实际可指配使用的并不多,频谱资源的利用率较低。而有线电视的前端设备对邻频信号采取了特殊的处理方式,使有线电视的频道大大增加。另一方面,有线电视用了开路预留给其他领域的频段来增补频道。这样,使用一套设备可以传输数十套电视节目,多通道同时广播,有条件使自办节目专业化。90年代,一些有线电视发达国家,有线电视台的发送频道已多达上百个。

(3)有线电视能大量节约建台费用。

无线电视要办一套电视节目(即播出一个频道)就需一台发射机,甚至为了保证播出正常,还要设置备用机。而发射机的费用是

相当昂贵的。有线电视台则彻底地抛弃了上述传统的发射方式,只要采用一套既简单又廉价的前端设备,就能够同时发送数十套电视节目,而且通过同轴电缆或光纤进行封闭式的多频道传播,将不受公共频谱的限制。所以,建设有线电视台的费用远低于建立无线电视台的费用。

(4)有线电视能大幅度提高卫星电视节目的普及率。

随着卫星电视技术的发展,我国利用地球同步卫星在C波段进行广播电视传播的技术已经成熟。所以,中央电视台的多套电视节目和各省市电视台的节目都通过卫星传送,解决了边远地区收看电视节目质量差的问题。但是对于单个用户来说,要设置一套完整的卫星接收系统是有困难的。所以,我们这样的发展中国家,卫星广播电视系统以集体接收为主较为适宜。而有线电视台以卫星广播电视为节目源,用精良的设备把卫星电视信号接收下来,通过前端和传输线送给用户,大幅度提高卫星电视的收视率。

(5)有线电视能够提供交互式的双向服务。

由于有线电视频谱的扩展和双向传输技术的成熟,有线电视的经营者为了满足社会和经济发展的需要,在有线电视系统中利用剩余的带宽开展双向服务。其主要内容有:①干线放大器工作状态的自动监控;②电视和声音信号的回传,如电视会议、可视电话等;③用户的交互式电视服务——付费电视;④保安监测、报警等;⑤数据通信;⑥娱乐业务、资料查询、电子购物等。在一些开展有线电视较早的国家,先把家庭电话与有线电视网连接,形成简易的双向服务。例如:可以选择你喜爱的节目进行点播,灵活地支配自己的时间。

(6)有线电视能够实现有偿服务。

我国广播电视事业的经费一直是靠政府拨款,尽管投入逐年递增,但这些经费往往连现有的设备维修、更新费用都难以满足,致使一些电视台寻求广告、赞助来增加收入,弥补国家拨款的缺

口。而有线电视广播易于收费管理,改变了纯投入式的无线电视广播的方式,可以成为广播电视部门经济收入的重要来源。有线电视系统的有偿服务,就是用户要向有线电视台交付一定的费用,才能获得观看有线电视节目的权利。因而在国外CATV的费用种类很多,除初装费外,有按月交费收看基本频道节目的,也有按节目频道交月金的,还有按节目内容和按小时交纳附加费的等等。随着我国有线电视的发展与完善,也必将实施合理的有偿服务。

在有偿服务的有线电视系统中,为了防止不交费的用户收看付费节目或普通用户收看特定的节目,就要对节目信号进行加密(加扰)处理。为了确保已付费的用户能够正常收看自己喜欢的节目,要将加密的节目信号进行解密处理。

(7)有线电视容易解决模拟、数字、高清晰度电视并存的问题。

有线电视系统的多通道,能比较好地解决无线电视难以解决的模拟、数字以及高清晰度电视(HDTV)并存的问题。

虽然有线电视的优越性是显而易见的,但无线电视在很长一段时间内是不会被完全取代的。目前有线电视只是无线电视的补充、延伸和发展,但有线电视的发展对无线电视是一个挑战,促使无线电视在播出内容、播出质量上必须有所突破。由于有线电视有各种各样的功能,因而有线电视在幅员辽阔、人口众多的我国无疑有着良好的发展环境。从长远看,很有可能无线电视成为有线电视的补充,这种局面在有线电视发展较早的国家已经得到证实。

§ 1—3 有线电视系统的组成

有线电视系统主要由接收天线、自办节目制作设备、前端、干线传输线路和用户分配网络组成,如图 1-1 所示。

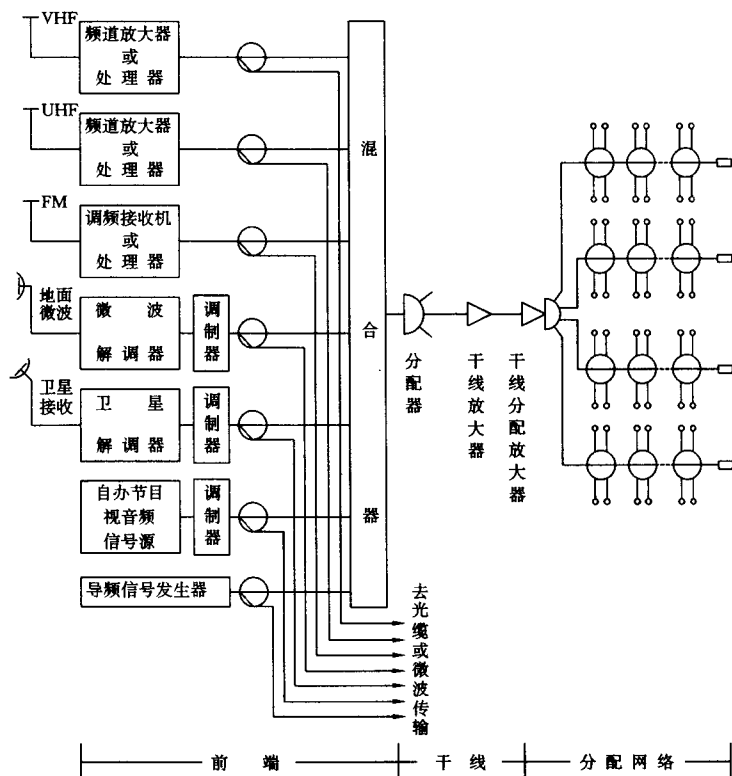


图 1-1 典型 CATV 系统的组成

1. 接收天线

接收天线为获得地面无线电视信号、调频广播信号、微波传输电视信号和卫星电视信号而设立。对 C 波段微波和卫星电视信号大多采用抛物面天线；对 VHF、UHF 电视信号和调频信号大多采用八木天线。天线性能的高低对系统传送的信号质量起着重要的作用，因此常选用方向性强、增益高的天线，并将其架设在易于接收、干扰少、反射波少的位置。

2. 自办节目制作设备

自办节目系指非直接转播的节目,可以有有线电视系统的主办单位自己摄制或播放的电视节目。例如本单位的电视新闻,召开电视会议,现场实况转播体育、文艺节目,播放录像节目等。目前的有线电视台,都具有自办节目的频道,乡镇有线电视站也有播放录像节目的频道。

自办节目的设备可视系统的规模和所开展的工作而定,可以是整套摄、录、编设备,最简单的可以是一台放像机。

3. CATV 系统前端

前端是接在天线或其他信号源与传输分配系统之间的设备的统称,用以处理需要分配的信号。它主要由天线放大器、频道放大器、信号处理器、调制器、混合器和导频信号发生器等组成。

(1)前端系统的作用。

①将天线接收的各频道电视信号或调频广播信号分别放大到一定电平;

②必要时将电视信号变换成另一频道的信号,然后按这个频道信号进行处理;

③将卫星地面接收站解调后的视频和音频信号,送到调制器,调制成为某一频道的电视信号后,再送到混合器的相应输入端;

④自办节目的信号经过调制,变换成为某一频道的电视信号,再送到混合器;

⑤向干线主放大器提供用于自动增益控制和自动斜率控制的导频信号;

⑥将各频道大致相等电平的信号混合成一路后,送入干线;

⑦如 CATV 系统有特殊服务项目,像付费电视、烟火检测、防盗报警等,则前端也需送入相应的信号,并且接收从被测点送来的上行信号作相应的处理。

(2)前端系统的分类。CATV 系统的前端大致可以划分为以

下三类,但也可以根据需要将不同种类型结合起来建立综合型前端,而目前许多大型有线电视系统前端就是综合型前端。

①直接放大型前端。这类前端系统主要用于接收地面无线电视信号,不经变频,直接放大、混合后送入传输分配网络。这种方式虽很经济,但缺点较多,如抗干扰能力差,电视频道间容易引起交调、互调失真等。因此,这类系统只适用于小型的共用天线系统。

②解调—调制型前端。在接收地面微波信号和卫星电视信号或其他无线电视信号时,先用解调器将电视信号解调成视频信号和音频信号,然后送入调制器,调制到所需要的电视频道,最后与其他电视频道混合后输出。输入调制器的视频、音频信号,还可以是来自本地台站演播室制作的自办节目信号,如摄像机、录像机输出的视音频信号。

电视调制器可分为直接调制和中频调制两种。中频调制方式,是将视频、音频信号先调制到图像中频 38 MHz、伴音中频 31.5 MHz 上,然后再经上变频至射频电视频道。中频调制器在技术性能和生产维护方面有许多优点,因而常用于大型系统或要求比较高的前端中。直接调制方式电路简单、性能单一,属于简易调制器,只适用于小型系统或要求比较低的前端中。

解调/调制方式成本较高,微分增益、微分相位失真较大,主要在需要视频处理的情况下使用。

③频道处理型前端。频道处理型前端主要是使用频道处理器将输入的电视频道加以变换处理后,以新的频道形式输出,即输入、输出频道是不相同的。

变换频道是前端系统的重要功能之一。如当地场强很强的电视频道容易造成直射波干扰,产生重影,可变换频道避开;再如对开路的 UHF 超高频电视信号可以采用 U/V 频道转换器,转换到较低的 VHF 频段;当然也可将低频道转换至高频段,即 V/U 变换或 V/V 变换。这一功能对实现频道的合理配置、提高系统接收