

有线电视原理与新技术

吴应龙



陕西科学技术出版社

序

近年来有线电视（或称电缆电视）发展非常迅速，不仅在大中城市的居民楼、宾馆饭店、学生宿舍等范围内使用，而且不少经济较为发达的乡镇区域也大量地建网将多路电视信号送至用户家中。

随着卫星传输技术的发展，加密的数字压缩的电视节目日益增多，而增长的趋势极为迅猛，在这项技术的推动下，有线电视的优越性更充分地体现出来。

计算机网络技术的发展和日益普及，使最为广泛使用的有线电视网络索求兼容传送计算机网络的上、下行信号的出路，专家们一致认为这将是一条可行的道路。

基于以上诸点理由有线电视技术已经得到极为广泛的应用。吴应龙同志的新作系统地详细地讲解了有线电视的原理，及系统内各个部件的分析。由于吴应龙同志具有十几年从事此项工作的实际经验，所以本书具有不少实例的介绍，使本书的实用性大为增强。

本书的第五章介绍了有线电视的新技术，如邻频传输技术、双向传输技术以及电缆电视的加扰和解扰等的介绍，讲述的扼要简炼并抓住了要点。

本书适用于从事本专业的设计人员，施工人员，维护管理人员以及大专学校电子类的师生。

清华大学 刘世偕（研究员）

1998. 2

前 言

有线电视是用电缆传输电视图像的系统，因此亦称为有线电视系统 CATV(Cable TV)。

CATV 系统是本世纪 40 年代末，为解决弱场强地区收视困难，而首先在美国诞生的。早期的 CATV 是共用天线电视系统。随着经济的发展 CATV 在世界各国都得到了广泛应用。特别是城市的现代化，使 CATV 成为市政建设的一个必备设施。近年来信息时代的到来，CATV 的双向传输，多路传输，光缆传输，卫星传送以及上国际互联网(Internet)使得节目更丰富，系统更庞大，功能更健全，技术也更复杂。这早已超出了共用天线的范畴。如今我们所说 CATV 就是指有线电视。

我国的 CATV 自 70 年代以来也有了很快的发展，特别是改革开放后，许多企业，单位，学校都建立了自己的闭路电视系统。从 80 年代起城市有线电视台的建立，并像雨后春笋般的发展。如今我国已有 1 千多个有线电视台，有条件的闭路电视系统也都入了网，有线电视的新技术也都在应用和研究，越来越多的地区，单位和个人都在关注有线电视的发展，有线电视的发展前景既诱人又广阔。

根据自己多年来的工作实践，参考引用了国内外的有关资料，结合我市有线电视台的具体设备，在原来培训班讲稿的基础上编写了这本书。要说明的是除了书后的主要参考书外，本书在编写过程中，还查阅并引用了近年来“无线电”“计算机世界”等报刊上有关有线电视的资料，在此特表示诚恳的感谢。

由于本人水平有限，错误与不当之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

作 者

1998 年 3 月

目 录

序

前言

第1章 有线电视(CATV)概述	(1)
1.1 CATV的发展史	(1)
1.2 CATV的作用与功能	(3)
1.3 CATV系统的组成	(4)
第2章 有线电视系统的前端设备	(7)
2.1 电视接收天线	(7)
2.2 滤波器	(14)
2.3 混合器	(19)
2.4 放大器	(23)
2.5 频道转换器	(28)
2.6 调制器	(33)
2.7 导频信号发生器	(43)
2.8 卫星电视接收设备	(45)
第3章 有线电视的传输系统	(49)
3.1 干线放大器	(49)
3.2 传输线	(58)
3.3 分配放大器	(61)
3.4 分配器	(63)
3.5 分支器	(69)
第4章 有线电视系统的设计	(73)

4.1 设计的基础知识	(73)
4.2 设计前端	(76)
4.3 传输系统的设计	(85)
第5章 有线电视系统中的新技术	(93)
5.1 邻频道传输系统	(93)
5.2 双向传输系统	(98)
5.3 光纤传输技术	(103)
5.4 微波传输技术	(112)
5.5 CATV 系统中的卫星广播电视接收技术	(116)
5.6 有线电视的加扰与解扰技术	(120)
5.7 计算机在有线电视系统中的应用	(130)
5.8 有线电视网与国际互联网	(133)
附录 1: 30 MHz~1 HGz 声音和电视信号的电缆分配系统 GB 6510-86	(141)
附录 2: 声音和电视信号的电缆分配系统图形符号 SJ 2708-87	(174)
附录 3: 工业企业共用天线电视系统设计规范 GBJ 120-88	(182)
附录 4: 30 MHz~1 GHz 声音和电视信号电缆分配系统 验收规则 SJ 2846-88	(201)
附录 5: 民用建筑电缆电视系统工程技术规范 GBJ	(208)
附录 6: 有线电视广播系统技术规范 CY 106-93	(241)
主要参考书	(261)
编后语	(262)

第 1 章 有线电视(CATV) 系统概述

1.1 CATV 的发展史

一、CATV 的由来

本世纪四十年代末期,在美国的一个小镇上,为了解决因远离电视台收视困难,就在山顶上架设了世界上第一个多用户共用的一副高增益天线。这就是最早出现的共用天线系统(Community Antenna Television)。

该系统的关键是共用一个天线接收电视台发射的信号,采用电缆传输,通过分配网络传送到各个用户。因此电缆电视系统(Cabel Television)这个定义也包含了共用天线系统的基本特点。所不同的是共用天线系统主要是指接收电视台及卫星的射频信号,再用电缆传送给用户,它一般属开路传输方式。而电缆电视系统除了开路传输外,还包括闭路传输方式,即用电缆传输本系统自制节目,自成一体。它们的缩写都是CATV。因此人们把这两种系统习惯都称为CATV系统。又为了与无线传输区别,这种系统也称为有线电视系统。

二、国外CATV系统的发展

1949年美国俄勒岗洲阿斯特利亚小镇建起了世界上第一个共用天线系统(CATV)系统。到了1952年世界上已建立起约70个这样的系统,用户数达1400多户,共接收信道最多达12个。

随着无线电电子学的发展,CATV系统的设备不断完善,技

术日趋先进，系统的容量不断扩大，信道多达几十个。一个大系统用户可达几十万个。到了 80 年代中期，美国 CATV 用户已达三千万，节目传输容量超过四十个频道，传输距离达几十公里。特别是传输内容有了更大发展，不仅有电视信号，还有数据传输，图像传真尤其是与计算机联网更丰富了信息内容。

除美国之外，其它发达国家也大力发展 CATV 技术。如加拿大就有 600 多个闭路电视系统，用户达 450 万，而且都是双向传输，一个系统就可传输多达 50 个节目，一个大系统就拥有 50 万个用户。日本，法国也不甘落后，政府重视开发了大型光纤电视网。就连比利时这样的小国家几乎全国电视用户都进入了闭路电视网。

三、我国 CATV 系统的发展

我国的 CATV 研究使用是从本世纪 70 年代初开始的。1974 年 10 月在北京饭店安装了国内第一套闭路电视系统。改革开放以来，随着电视事业的发展，CATV 系统从宾馆进入到企事业，从学校到家庭，又从大中城市走到了集镇农村。

目前全国有线电视台已超过 1000 座，终端用户超过 6000 万。最大的 CATV 系统用户达到了几十万，信道容量也多达卅个，传输距离也达几十公里。除了传输电视节目外，也在向数据传输，双向传输，计算机联网等方面努力。特别是 90 年代以来，各大中城市的有线电视台蓬勃发展，边疆，山区的卫星电视处处开花。尤其是在 1995 年 11 月 30 日中央 4 套加密频道的开通，并与全国几十个省市台联网，实现了付费收看，建成了具有中国特色的，世界上最大的有线电视网。

我们相信，随着我国通讯技术，计算机技术，光纤技术的发展，必将会促进 CATV 技术的飞速发展，多功能，多信道，高质量的 CATV 系统定会遍地开花，连结千万家。

1.2 CATV 的作用与功能

一、提高电视信号的场强

电视发射台以一定功率向空间发射的高频电视信号，随着传输距离的增加而减弱。但是，电视接收机的灵敏度是有限的。信号太弱屏幕上就会出现雪花点式的杂波干扰，影响了正常收视。如果架设高增益的公共天线，并加上低噪声的天线放大器，就能使远离电视台的弱场强区收到清晰的图像，获得满意的收视效果。而且对于城市中高楼林立所造成的阴影区（即使收视地与发射台相距很近，但高大建筑物阻挡，反射，并吸收了高频电视信号的电磁波，也使该地处于弱场强区，影响了收视效果），也会因公用天线高，传输功率大、而得以克服。

二、增强抗干扰能力

电视信号传播过程中，主要遇到是“重影干扰”和空中其它高频电气设备所产生的“脉冲干扰”。重影的产生是由于对电视接收机来讲，周围入射波形成了反射波，而反射波由于滞后入射波一段时间后，又都进入接收机，结果在屏幕上就形成了“重影干扰”。

有线电视采用共用天线，电缆传输。一，可以通过选择天线的位置和高度，增加天线的方向性。就可以消除重影。二，可以用电缆屏蔽杂波干扰，对于当地特定的高频脉冲源还可以增加滤波器加以滤除。从而使图像清晰稳定。

三、美化环境，节约费用

一幢大楼如果每个电视机都各自装一付室外天线，不但费用贵，而且楼顶天线林立，馈线乱如蛛网，既增大了建筑物的负荷，又造成了诸多不安全因素，还影响了市容美观。就是每个单位都架天线（包括抛物面的卫星天线）也有以上的问题。因此在城市采用有线电视系统既节约又美观还安全。

四、增多电视节目源

一个有线电视系统可以通过自己的前端部分,把开路电视,卫星电视,自制节目等各种电视节目信号源混合在一起,由分支分配网络,传送到各个用户终端。并且把这些节目源有规律的分配在每个电视频道上。它们各自独立互不干扰。这样每个电视用户就可根据自己的需要爱好,任选电视节目。

五、多功能的系统工程

过去的 CATV 系统主要是为了接收满意的电视信号。而现代的 CATV 系统正向着:收看电视与自办节目并举,卫星电视与陆地电视并举,信息传输与数据传输并举,单向与双向传输并举,地方系统与联网并举等多功能的信息服务工程发展。大型化,自动控制,多功能,综合应用,计算机联网已成为新的方向。显而易见,现代的 CATV 系统已成为一个较完善的系统工程。

1.3 系统的组成

CATV 系统一般可由前端设备,干线部分,分支分配网络三个部分组成。如图 1-1 所示。

一、前端设备

前端设备主要由公用天线,天线放大器,滤波器,调制器,频率变换器,混合器以及传输电缆组成。有线电视系统还有自制节目设备(包括摄,录像设备等),播控台(往往由计算机所控制)。

前端设备的设计合理,选件正确直接影响到整个系统的质量。因为前端在整个系统中起到了以下的作用。

1. 把各路信号都放大到一定的电平,然后经混合器混合后送到干线中。
2. 对某些频道的信号进行变频,以便合理安排所有信号的频道。
3. 对自制节目或卫星接收机所提供的视频和音频信号,通过

调制器使之成为某一频道的全电视信号，并与其它电视信号以大致相等的电平一齐进入混合器。

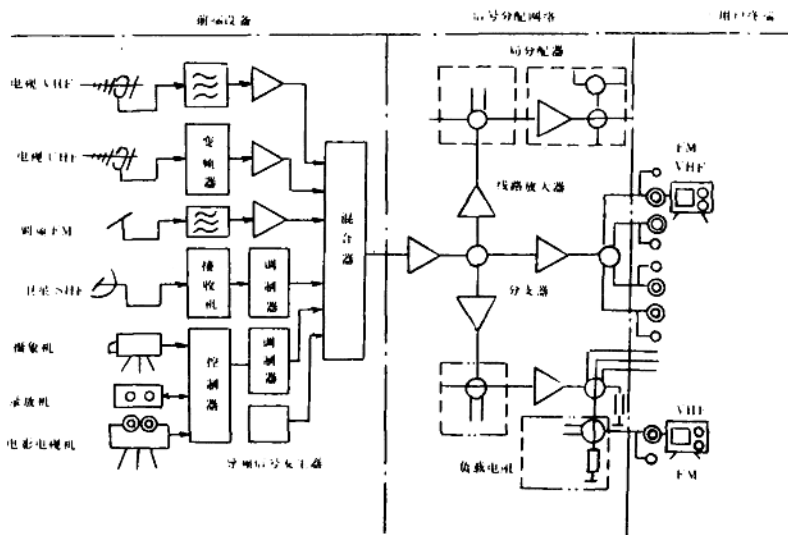


图 1-1 大型 CATV 系统

二、干线部分

干线是指连接信号中心与远距离建筑群的传输线路。由于距离过长，信号衰减大，尤其在野外温度变电缆衰减量也变。为此，现代有线电视系统干线常用光纤电缆，既使用一般电缆也常在干线中引入干线放大器，以补偿信号电平衰减。

又因为电缆对不同频率的信号衰减量不等，大体上与其频率的平方根 $\sqrt{f}$ 成正比。所以在干线中还要引入均衡器，以补偿干线的频谱特性。另外，在干线放大器中加入自动斜率控制特性，都用来保证干线末端各频道信号电平基本相等。

三、分配分支网络

分配分支网络主要由分配放大器，分支器，用户终端与电缆组成。其作用是：

1. 将干线送来的信号放大到足够电平。
2. 向所有用户提供大致相等的电平信号。既保证用户端有足够的电平，达到满意的收视效果，又不使电平过高而产生交扰调制。
3. 隔离各个用户使其不互相干扰。
4. 由于分支分配器与接收机的良好匹配，保证了系统与终端之间良好的匹配，从而减少反射。

第 2 章 有线电视系统的前端设备

2.1 电视接收天线

天线是一种既能辐射，又能接收高频电磁波能量的装置。我们这里主要讲的是，天线接收高频电磁波的能力。接收天线不仅能改善收视效果，而且可以依其定向的特点，提高抗干扰能力。从而，可以选择所需的电视信号加以接收。

一、天线的接收原理

天线可以看成是 LC 并联振荡回路中贮存电能的电容，当其两极板张开而成的。如图 2-1 所示。

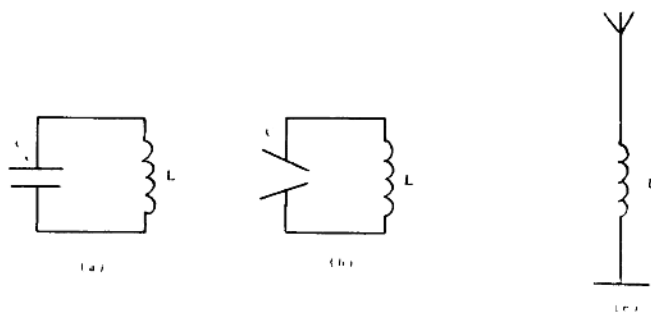


图 2-1 天线的工作原理

如果极板不张开，贮存在回路中的能量，只能在电感与电容之间，以磁场能和电场能的形式进行交换而无法辐射。如果极板张开电场能就可向空间辐射。根据天线的互易原理，接收天线同样能把空中辐射的高频电磁波接收进来，耦合送至接收机。

二、天线的主要参数

1. 波瓣宽度

以半波振子的水平方向性图为例。如图 2-2 所示。当辐射功率降至一半时（即降低 3 dB）所对应的两点与辐射点连线的夹角 2θ 。称为波瓣宽度或半功率点宽度。由图可见波瓣宽度越窄，辐射能量越集中。若它作为接收天线，主方向上的灵敏度就高，对其它方向的抗干扰能力就强。

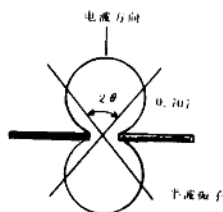


图 2-2 半波振子的水平方向性图

2. 天线增益

在辐射功率相同的条件下，某一定向天线在最大接收方向上接收到的电视信号能量（或功率 P_1 ）与标准天线（无方向天线）在同一点所接收到的电视信号能量（或功率 P_2 ）之比值。

其表达式如： $G = 10 \lg (P_1/P_2) \text{ (dB)}$ (2-1)

显然，天线增益是一相对值，它还是描述天线方向性的一个重要指标。

3. 输入阻抗与辐射阻抗

天线的输入阻抗就是天线馈线相连的两点间的高频电压与其间的高频电流之比。

$$Z_i = U_i / I_i = R_i + jx_i \quad (2-2)$$

显然，它是一个复数。但当天线处于谐振时，可视为 $x_i = 0$ 。这时，天线的输入阻抗就是馈线的特性阻抗。把天线向外辐射的功率 P_Σ 视为在一等效阻抗上的损耗，这个等效阻抗就称为天线的辐射阻抗。它取决于天线本身的长度和工作波长。对于基本半

波振子，在忽略振子本身的损耗电阻时，辐射阻抗与输入阻抗相等。

4. 频率特性

当输入信号频率偏离天线的谐振频率时， Z_i 呈电抗性，匹配变坏，损耗加大。而一副天线总是工作在一定的频段内，因此用通频带这个概念来描述天线的频率特性。我们取天线最大输出功率（对应谐振点 f ）两侧的一 3 dB 点（半功率点），设其频率分别为 f_1, f_2 则通频带 $\Delta f = f_2 - f_1$ 。一般天线的直径越粗，通频带越宽。

此外，驻波比 S ，前后辐射比 F/B 也是公用天线的指标参数。

三、天线的类型

作为接收天线种类很多。按其使用场所来分，可分为室内天线和室外天线。室内天线常用的是拉杆天线的羊角天线。CATV 系统用室外天线。常用的有：

1. 八木天线——这是一种高增益定向天线。它是由引向振子，反射振子和有源振子所构成的多元振子天线。如图 2-3 所示。这里有源振子是一个折合振子，它是由半波振子折合而成，其输出端可与 $300\ \Omega$ 的平行馈线直接连接。如果与特性阻抗为 $75\ \Omega$ 的同轴电缆相连接，就须加阻抗变换，如图 2-4 给出了用 $\lambda/2$ 长度的 U 型电缆进行阻抗变换。这样，长度为 $\lambda/2$ 的折合振子就可与同

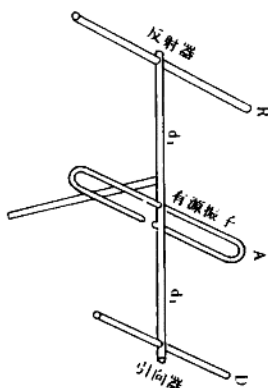


图 2-3 三单元引向天线

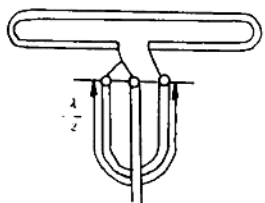


图 2-4 折合振子与同轴电缆的连接

轴电缆相连接。把引向振子，反射振子与有源振子加起来的数目就是天线的单元数。表 2-1，2-2，2-3，分别列出了三单元，五单元，七单元天线的尺寸。

表 2-1 1~12 频道折合式半波振子型三单元引向天线各部分尺寸

电视频道	各部尺寸 (mm)				
	2l ₀	2l _r	2l ₁	d _r	d ₁
1	2760	3350	2340	900	600
2	2400	2910	2050	780	520
3	2110	2570	1810	690	460
4	1790	2200	1550	590	395
5	1620	2000	1400	535	355
6	850	1030	720	280	190
7	815	990	690	270	180
8	780	950	660	255	170
9	745	905	630	240	160
10	720	870	610	230	155
11	690	840	585	225	150
12	665	805	560	220	145

表 2-2 1~12 频道折合振子型五单元引向天线各部分尺寸

电视频道	各部尺寸 (mm)								
	2l ₀	2l _r	2l ₁	2l ₂	2l ₃	d _r	d ₁	d ₂	d ₃
1	2760	3130	2510	2490	2430	1200	730	700	740
2	2400	2720	2180	2150	2110	1050	630	605	640
3	2110	2400	1930	1900	1860	930	560	535	565
4	1790	2060	1650	1630	1600	790	480	460	485
5	1620	1870	1500	1485	1450	720	430	420	440
6	760	880	750	750	730	340	220	520	440
7	730	840	720	720	700	325	210	500	420
8	690	820	680	680	660	310	210	530	365
9	680	800	660	660	650	300	210	490	370
10	660	760	640	610	610	290	200	450	380
11	605	710	610	610	610	260	190	445	315
12	580	700	580	580	570	260	190	390	350

表 2-3 6~12 频道折合振子型七单元引向天线各部分尺寸

频道	21 ₀	21 _r	21 ₁	21 ₂	21 ₃	21 ₄	21 ₅	d _r	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅
6	762	888	728	746	728	728	710	533	311	433	408	280	294
7	700	840	695	710	695	685	670	500	295	420	400	265	280
8	670	800	660	670	660	650	640	475	280	400	380	250	270
9	645	770	640	650	640	625	615	455	270	385	370	245	260
10	620	740	615	620	615	600	590	435	260	370	355	235	250
11	595	710	585	595	585	575	565	420	250	355	344	225	240
12	575	685	570	580	570	560	550	405	240	345	330	220	230

八木天线常用在通带不太宽的场合。特别是单一频道接收常被采用，而对于频段或全频道接收，则多采用对数周期天线或 X 形天线。

2. 对数周期天线——把许多长短不等的振子按一定规律组合起来，就构成了宽频带对数周期天线。它可以作为在很宽的频带范围内，当中间任一振子作为有源振子时（即信号频率与其谐振频率相等），此时短于它的振子就成为引向振子，长于它的就成为了反射振子。形状如图 2-5 所示。

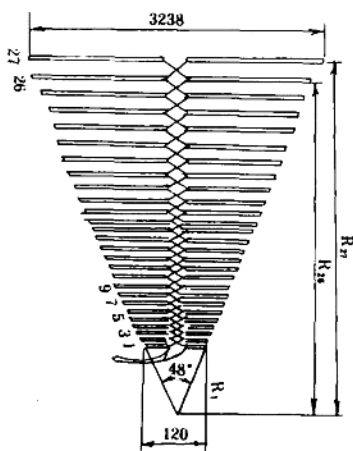


图 2-5 全频道 (1~45 频道)
对数周期天线
(长度单位, mm)

这里安装时要注意：每个对称的金属管要装在同一条绝缘板上，各单元的馈电是交叉连接，馈电点在天线的最前端，面向电视台。

X 形天线也是由半波振子天线演变而来，但增益低因此不常被采用。