

GONG YONG TIAN XIAN



余兆明 等 编著
李 林

共用天线 电视原理和设计

中国广播电视出版社

共用天线电视原理和设计

余兆明 李 林 徐向群 编 著
朱新民 许作民

中国广播电视出版社

共用天线电视原理和设计

余兆明 李 林 徐向群 编 著
朱新民 许作民

中国广播电视出版社出版
北京市新源印刷厂
新华书店北京发行所经销

787×1092毫米 1/16 503(千)字 21.25印张

1988年8月第1版 1991年1月第4次印刷

印数 25001—35100册 定价: 8.50 元

统一书号: ISBN-5043-0103-5/TN.21

前 言

共用天线电视 (CATV) 系统是一种用同轴电缆进行宽频带传输的图像信号系统, 它最初是为了解决城乡“难视地区”接收电视而设置的。该系统先利用共用高增益天线接收电视信号, 然后通过CATV传输系统送给千家万户。

早在40年代末期, 美国的一些远离城市中心的地区 (弱场强区) 首先使用 CATV系统后来在许多国家得到了推广应用。随着工业化的发展, 由于高层建筑、高架桥梁等雨后春笋般建立, 城市噪声等高频干扰而引起电视图像信号质量下降, 城乡居民接收电视信号日趋困难, 为解决这一困难, CATV是改善接收电视信号, 提高图像质量的必备设施。

目前, 国外的CATV系统正向多路传输、双向传输、光缆传输的方向发展, 并与广播卫星、通信卫星和计算机通信结合, 构成综合通信网。

为了适应我国CATV技术发展的需要, 我们根据长期工作的实践, 参考了国内外有关资料, 并结合国内的实际需要编写了这本书。

本书较全面、较系统地介绍了共用天线电视系统的原理、系统的设计方法、双向传输原理以及各典型部件的设计制作。全书的编写既注意到了一定的理论深度, 又注意到了理论与实践相结合。书中还介绍了多路传输、双向传输和大系统的设计原理和方法, 并列举了实例。另外, 也介绍了系统的安装和调测方法。

本书由余兆明同志主编。李林同志编写了第四章和第八章, 徐向群同志编写了第二章和第三章, 许作民同志编写了第一章和第五章的放大器部分, 朱新民同志编写了第五章的用户分配系统和第七章, 余兆明同志除编写了第六章和第九章以外, 还对其余各章进行了审改。

可以预计, CATV系统在解决“难视地区”的收看问题上, 将起越来越大的作用。希望本书的出版将进一步促进我国CATV技术的发展, 使它的功能更加完备、用途更加广泛起来。

由于编者水平有限, 错误与不当之处, 敬请广大读者批评指正。

编者

1988年4月18日

目 录

第一章 概论	(1)
1.1 共用天线电视系统的发展过程	(1)
1.2 CATV系统的作用与功能	(3)
1. 解决电视“弱场强区”和“阴影区”的信号接收	(3)
2. 抗干扰性能强	(4)
3. 美化市容, 节省大量金属材料和确保人身安全	(5)
4. 扩大电视节目的信号源	(5)
5. 综合应用	(6)
1.3 CATV系统的传输方式	(6)
1. VHF传输方式	(6)
2. 光纤-同轴电缆传输方式	(8)
3. HF传输方式	(8)
4. 视频传输方式	(9)
5. UHF传输方式	(9)
6. 光纤传输方式	(9)
1.4 CATV系统的组成	(9)
1. 简易的小型CATV系统	(10)
2. 大型的CATV系统	(10)
3. 具备演播功能的CATV系统	(11)
4. 全频道CATV系统	(13)
5. 综合宽带网络CATV系统	(15)
1.5 CATV系统的发展动态	(15)
第二章 电视接收的基本知识	(17)
2.1 电视信号的发射和接收	(17)
1. 电视广播信道的组成	(17)
2. 电视广播使用的频率范围	(18)
2.2 电视信号的传播方式	(19)
1. 电磁波的辐射和极化	(19)
2. 电视信号的传播	(22)
2.3 天线的基本原理	(26)
1. 天线的作用	(26)
2. 天线辐射电磁波的基本原理	(27)
3. 天线的主要参数	(29)
2.4 电视接收用的传输线(馈线)	(36)
1. 馈线的种类	(36)

2. 对馈线的要求	(39)
3. 馈线的分析	(40)
4. 馈线的选择	(48)
5. 馈线的匹配	(48)
6. 平衡装置(平衡-不平衡变换器)	(51)
第三章 电视接收天线	(57)
3.1 电视接收天线的分类和指标	(57)
1. 电视接收天线的分类	(57)
2. 电视接收天线的指标	(58)
3.2 对电视接收天线的要求	(59)
3.3 接收场强和接收电平的计算	(59)
1. 接收场强的计算	(59)
2. 接收电平的计算	(67)
3.4 半波振子天线	(70)
1. 基本半波振子天线	(70)
2. 折合半波振子天线	(77)
3.5 引向天线(八木天线)	(81)
1. 引向天线的结构	(81)
2. 引向天线的工作原理	(81)
3. 引向天线尺寸的确定	(83)
4. 引向天线加宽工作频带的方法	(85)
5. 使用引向天线注意事项	(86)
6. 引向天线的调整	(89)
3.6 对数周期天线	(89)
1. 对数周期天线的结构	(89)
2. 对数周期天线的工作原理	(90)
3.7 组合天线(天线阵)	(92)
1. 天线的组合	(92)
2. 双层五单元天线阵	(94)
3. 四层五单元天线阵	(94)
4. 双层双列五单元天线阵	(94)
5. 天线阵的馈电	(94)
3.8 重影和抗重影天线	(97)
1. 重影及其产生的原因	(97)
2. 抗重影天线	(97)
3.9 电视接收天线的选择和馈线的连接	(101)
1. 电视接收天线的选择	(101)
2. 电视接收天线与馈线的连接	(102)

3. 电视天线的避雷·····	(103)
第四章 前端设备·····	(106)
4.1 前端系统的组成及技术要求·····	(106)
4.2 天线放大器·····	(107)
1. 天线放大器的分类·····	(107)
2. 天线放大器的噪声特性·····	(108)
3. 天线放大器典型电路·····	(108)
4.3 混合器·····	(109)
1. 混合器的主要性能指标·····	(110)
2. 混合器电路·····	(111)
4.4 频道转换器·····	(120)
1. 一次变频的基本原理·····	(120)
2. 二次变频式频道转换器的基本原理·····	(121)
3. 频道转换器的典型电路简介·····	(122)
4.5 调制器·····	(125)
1. 调制器典型电路分析·····	(125)
2. 调制器的性能·····	(128)
4.6 导频信号发生器·····	(128)
第五章 用户分配系统和放大器·····	(130)
5.1 用户分配系统·····	(130)
1. 分配网络的分类·····	(130)
2. 分配系统的无源器件·····	(131)
5.2 分配器·····	(132)
1. 分配器的电性能·····	(132)
2. 分配器的原理和实际电路·····	(133)
3. 分配器的设计·····	(134)
5.3 分支器·····	(145)
1. 分支器的电性能·····	(146)
2. 分支器的原理和实际电路·····	(147)
3. 常用分支器举例·····	(149)
4. 分支器的设计·····	(153)
5.4 放大器·····	(156)
1. 放大器的分类·····	(156)
2. 放大器的特性和功能·····	(159)
3. 放大器电路·····	(160)
4. 干线放大器·····	(167)
5. 分支(分配)放大器·····	(168)
6. 线路放大器·····	(170)

第六章 CATV系统的工程设计	(172)
6.1 设计基础	(172)
1. 电压增益和功率增益	(172)
2. 电平单位	(172)
3. 重影及其分析	(173)
4. 弱信号输入级的噪声问题	(176)
5. 载噪比	(185)
6. 载噪比和信噪比的关系	(185)
7. 系统载噪比的计算	(186)
8. 系统的非线性失真	(201)
9. 回波值	(211)
10. 信号交流声比 (HM)	(212)
11. 系统输出口的相互隔离度 (MI)	(212)
6.2 设计步骤	(213)
1. 接收场强的计算	(213)
2. 天线馈线输出电平的计算	(214)
3. 前端设备的设计计算	(217)
4. 传输部分的设计计算	(221)
5. 分配系统的设计	(237)
第七章 CATV系统的安装与维护	(247)
7.1 工程预算和安装准备	(247)
1. 项目调查	(247)
2. 统计核算	(247)
3. 安装准备	(247)
7.2 天线的安装和施工	(248)
1. 接收天线的选择	(248)
2. 天线安装的位置、高度及方向	(249)
3. 天线的架设与装配	(251)
4. 天线的避雷和系统接地	(256)
7.3 前端设备的安装	(258)
1. 天线放大器的安装	(258)
2. 前端共用箱 (或柜) 的安装	(258)
7.4 电缆的明线架设与暗线敷设	(260)
1. 电缆架设的高度及张弛度的调整法	(260)
2. 建杆的施工	(260)
3. 电缆线的预埋	(262)
7.5 分配系统的明线安装与暗线敷设	(263)
1. 明装布线	(263)

2. 暗装布线	(263)
3. 分配系统的设备安装	(265)
7.6 系统的维护、检修及安全要求	(270)
1. 系统的维护和检修	(270)
2. 安全要求	(271)
3. 交流电源设备	(272)
4. 安全接地端	(272)
5. 与交流电源的连接	(272)
6. 用户安全的有关要求	(272)
7. 馈线	(273)
8. 防护	(273)
第八章 系统调试和测量	(274)
8.1 系统的调试	(274)
1. 调整天线系统	(274)
2. 调试前端设备	(274)
3. 调试干线系统	(274)
4. 调试分配系统	(275)
8.2 系统的测量仪器	(275)
1. 高频信号发生器 (国产XFC-16型)	(275)
2. 扫频仪 (BT-3B, BT-15)	(276)
3. 场强仪 (RR-3)	(276)
4. 高频示波器	(276)
5. 其他测试仪器	(276)
8.3 系统的测量方法	(277)
1. 信号电平 的测量	(277)
2. 频道内幅频响应特性的测量	(277)
3. 载噪比 (C/N) 的测量	(278)
4. 载波互调比 (IM) 的测量	(280)
5. 交扰调制比 (CM) 的测量	(281)
6. 信号交流声比 (HM) 的测量	(283)
7. 回波值 (E) 的测量	(284)
8. 微分增益(DG) 和微分相位 (DP) 的测量	(284)
9. 色/亮度时延差 ($\Delta\tau$) 及其增益差 (ΔG) 测量	(287)
10. 系统输出口之间的相互隔离度 (MI)	(288)
8.4 系统电视图像质量的主观评价	(291)
第九章 共用天线电视系统各种传输方式	(293)
9.1 CATV的多路传输	(293)
1. 日本CATV系统多路传输的频率分配	(293)

2. 美国 CATV多路传输系统的频率分配	(294)
9.2 CATV的 双向传输	(295)
1. 频率分割多路双向传输方式	(298)
2. 频率分割多路传输滤波器	(298)
3. 多路双向传输系统举例	(300)
4. 日本多摩CCLS双向CATV系统	(304)
5. 双向传输中的设备	(306)
6. 双向干线放大器实例	(306)
7. 双向CATV的设计考虑	(314)
8. 拨号选台式共用天线电视	(315)
9. 教育电视系统	(316)
10. 付费电视	(317)
9.3 CATV的光纤传输	(319)
9.4 卫星接收CATV系统	(321)
1. 卫星电视广播频带和广播卫星的轨道位置	(321)
2. 卫星电视广播的主要技术指标	(324)
3. 上行发射机和星载转发器的组成	(324)
4. 下行接收机的组成	(325)
5. K _u 波段广播卫星的重要性能	(326)
6. C波段卫星电视广播概况	(328)
7. 卫星电视广播接收机与CATV系统的连接	(329)

第一章 概 论

共用天线电视 (Community Antenna Television简称CATV) 系统是一种新兴的电视接收、传输、分配系统。由于它是一个通过电缆的有线分配系统, 故又可称为有线电视 (Cable Television) 或有线电视。若在CATV系统的前端增添一些专用的电视摄像、录像、编辑及切换等设备, 又可以演变成为闭路电视(Closed Circuit Television)系统。早在40年代, 国外出现CATV系统时, 主要解决离电视台较远的偏僻山村及高层建筑物密集的大城市难以接收电视信号的问题。随着电视广播事业和通讯技术的发展, CATV系统的规模逐渐扩大, 进而与闭路电视、通讯、计算机、光缆技术等溶为一体, 它可包括电视广播、电视传真、电视文字广播、电视电话、计算机联网、家用终端和数据库应用、卫星广播或直接从微波中继和电缆交换点上取得电视节目以及进行数据通讯等等。其应用范围已远远超过早期的CATV系统。它已成为一个能处理多种信号和信息的综合性的系统工程之一。

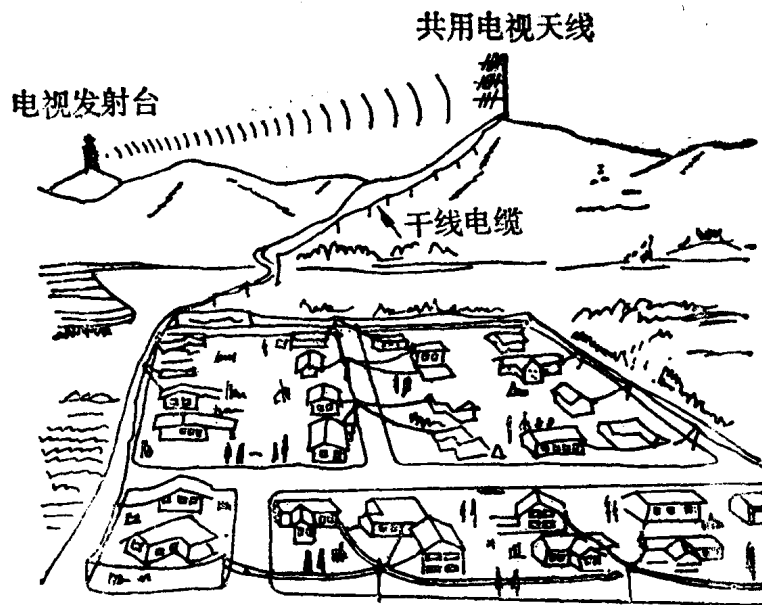
目前, 我国的CATV系统正处于开发阶段。用于接收电视信号和进行电化教育, 或重放磁带录像等自办小型节目为主; 大型的CATV系统正在发展之中。

1.1 共用天线电视系统的发展过程

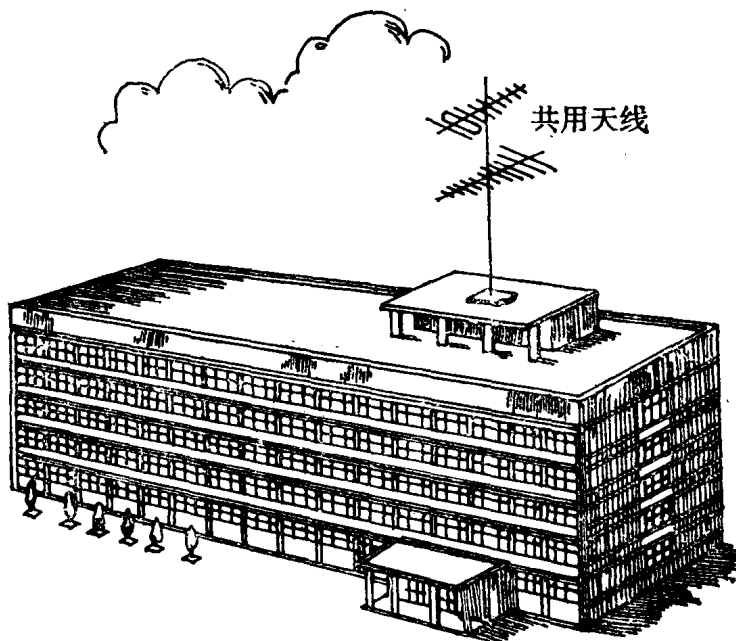
在电视广播初期至60年代中期前后, 当时电视广播的频道数较少, 接收环境也比较单纯, 一般使用电视机上的拉杆天线或安装简单的室外天线, 供一台或数台电视机使用, 已能满足收看的效果。随着电视广播事业的发展, 电视机用户不断地增加。在城市地区, 由于高层建筑物剧增对电视信号的传播影响较大, 将产生信号的反射和衰减, 造成电视机的图像画面上出现重影和雪花状干扰。同时, 城市和工矿区由于射频干扰源的存在, 将造成收图像上出现射频干扰而影响图像的质量。

为了解决电视广播的远郊区和山村的弱场强区及电视覆盖的边缘地区、高楼耸立和射频干扰的市区接收电视信号所遇到的困难, 开发了一种共用天线电视系统, 如图1-1所示。它是利用有利位置 (一般在高楼楼顶上) 架设一付或一组性能优良的高增益、强方向性的接收天线, 把接收到的一套或几套电视节目的信号经放大、均衡混合及分配、分支器的处理, 分送到各用户的终端盒, 供各用户的电视机使用, 使楼群中的每一个用户都能获得高质量的电视节目。

我国的共用天线电视技术于70年代初期开始发展, 80年代迎来了蓬勃发展的新高潮, 简单的CATV系统可供几十户或一栋大楼用户使用; 复杂的CATV系统可供上万户、甚至几十万户使用; 其传输距离可达10多公里或更长, 并可同时传送多路信号。该系统由各种天线放大器、专用频道放大器、各种分配器、分支器、干线放大器、线路延长放大器、



(a) 受高山阻挡的电视信号弱场强处使用共用天线示意图



(b) 使用共用天线的大楼

图 1-1 共用电视天线的设施图

调制器、信号处理器以及各种传输线（高频同轴电缆或光缆）和其他附属设备组成。其复杂程度随系统规模的大小而异，我国CATV系统已进入解决远距离、弱信号、多频道、大容量的新阶段，同时相继攻克了船用全频道电缆电视系统、火车用的闭路电视系统及UHF信号的接收、变换和传输、卫星接收等技术难关。

目前，工业发达国家正努力开拓CATV系统的新能力，扩大系统的规模，使它与通

讯、电子计算机、光缆技术相结合,正在发展成为社会中不可缺少的先进的综合系统工程。因此, CATV系统的发展前途是无可限量的。

1.2 CATV系统的作用与功能

目前,如何扩大电视的接收范围、增加电视节目的套数以及提高图像质量、处理传输数据、信息等,均有待于CATV系统进一步发挥其作用和功能。概括起来,主要有以下几点:

1. 解决电视“弱场强区”和“阴影区”的信号接收

(1) “弱场强区”和“阴影区”

弱场强区和阴影区的位置如图 1-2 所示。

弱场强区:电视发射台所发射的高频电视信号是以一定的功率向空中辐射电磁波能量,随着传播距离的增加而逐渐减弱,当信号场强低于电视机的接收灵敏度时,接收图象的效果就会变差,甚至完全收不到信号,处于这一地区的电视场强便称为弱场强区。

阴影区:目前,电视频道采用甚高频(VHF)和超高频(UHF)频段,其频率范围为48~958兆赫。电磁波是直线传播的,当遇到障碍物的阻挡时,即产生电磁波的反射与

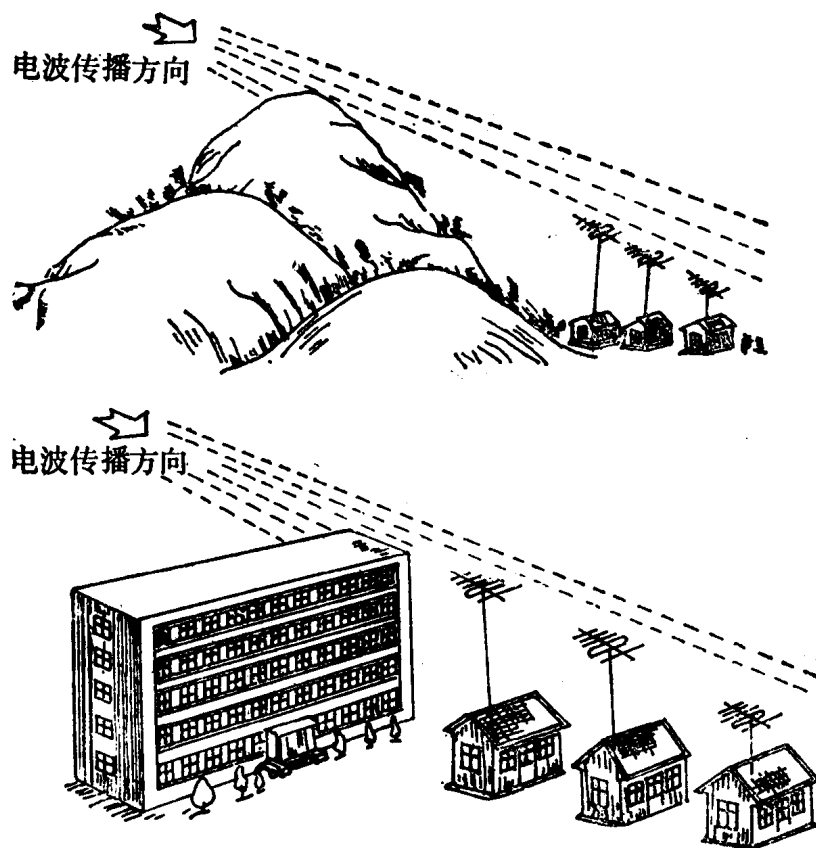


图 1-2 高山及高层建筑物阻挡造成“弱场强区”和“阴影区”

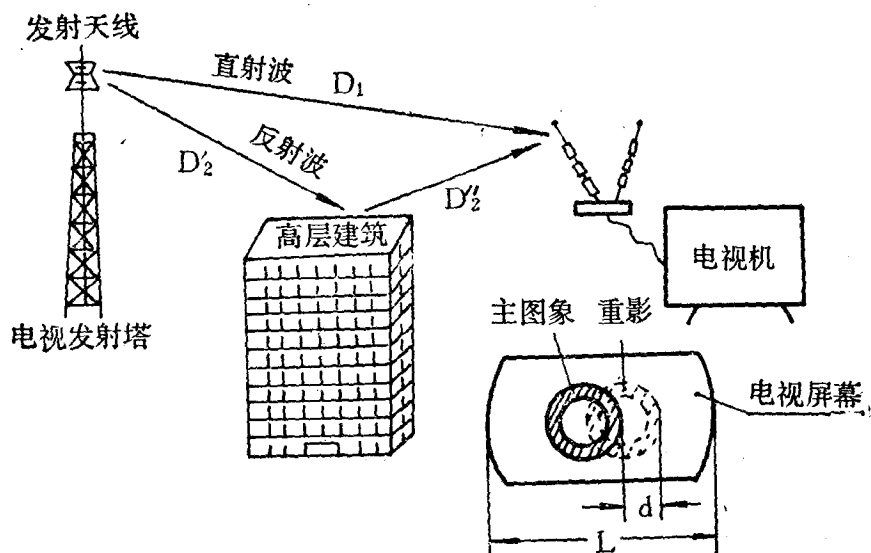


图 1-3 重影图象的形成

吸收，即使电视收看距离与发射台很近，其收看效果也会很差，这种接收区域称为“阴影区”。障碍物有时是高山阻挡，有时是高层建筑阻挡，因为城市高层楼房都采用大模板、钢筋混凝土框架结构，而且其钢筋都接地，因而对电波有屏蔽作用，导致电视信号的场强在大楼内急剧下降，特别在背离电视台发射方向的一面或大楼底层内，一般场强均低于标准接收场强，使电视机无法正常接收，这些区域也称为“阴影区”。

(2) 解决“弱场强区”和“阴影区”接收电视的方法

解决“弱场强区”和“阴影区”收看好电视的方法，可采用高增益的天线，调整其架设高度和位置，一般架设在楼顶上或制高点上，以提高接收信号的增益，或可接入专用频道放大器将信号场强电平值提高后，通过CATV系统的电路而分配到各用户，使各接收机都能获得标准电视场强而提高收看质量。

2. 抗干扰性能强

(1) 重影干扰和电气杂波干扰

一般在城市收看电视时，要比农村或旷野地区所受的干扰为多，主要为重影干扰（图 1-3）和电气干扰。重影干扰的产生，是由于超高频的电视信号在传播过程中，当遇到建筑物或高山等的反射将会产生反射波。由于反射波与直射波不同时到达接收天线，反射波要滞后一段时间，因而在电视机的屏幕上图像的右侧会出现一个比图像亮度稍低的图像，这就是“重影”。它是由反射波滞后于直射波所引起的，城市高层建筑多，电波传播会反复地受到阻挡而形成反射波，使“重影”干扰日趋严重而无法避免。

另一种电气干扰是由于城市使用高频电气设备而造成的。如高频电炉、高频热合机、电机、汽车点火装置等。这些干扰的存在也将影响电视图像的正常收看。

(2) 解决重影干扰和电气干扰的方法

对于“重影”干扰，CATV系统可采用高增益、方向性强的天线，还可采用抗重影天线来消除重影干扰；对于电气干扰，CATV系统内可采用各种滤波器，大大减小其影响，

从而使电视图像清晰、稳定，获得较好的收看效果。

3. 美化市容，节省大量金属材料和确保人身安全

目前，随着电视广播的迅速发展，电视机数量愈来愈多，同时彩色电视机的用户也增加很快，由于彩色电视的接收条件要比黑白电视机为高，对于同一城市或地区，同时播放几套彩色电视节目时，则用户在收看几套彩色电视节目，很难达到完全理想的效果，即使每台电视机在室外楼顶上架设一付室外天线，也很难同时解决几套电视节目的收看效果。相反却造成城市楼顶天线林立（如图 1-4），不仅影响市容美观，而且还将耗费大量金属材料 and 资金，并对建筑物的承重、风压及避雷等安全问题均不能妥善解决。另外，天线靠近的几台电视机，还因电视机本地振荡寄生辐射造成相互干扰而影响收看电视节目。

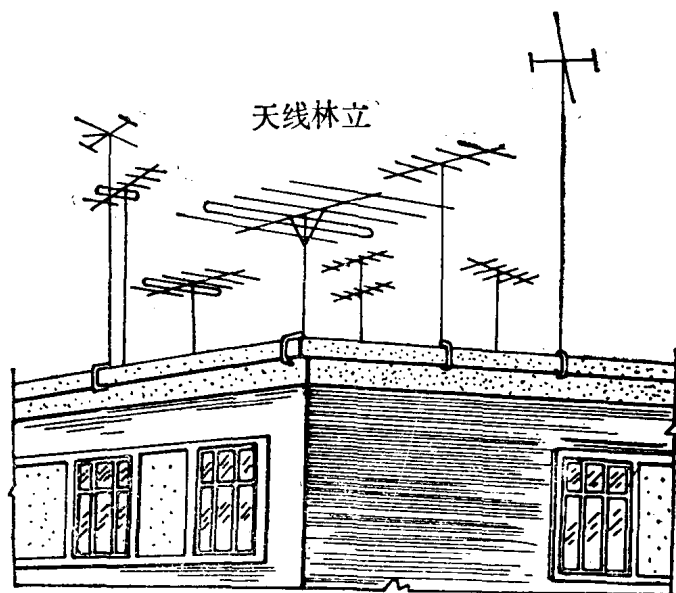


图 1-4 不使用共用天线的大楼—天线林立

安装CATV系统后，只需在几百户、几千户或上万户的居民区中安装一付或几付天线，不再需要成千上万付天线。这样既节省了大量金属材料，又能安装必要的避雷设施，以确保用户的安全，还美化了市容。

4. 扩大电视节目的信号源

CATV系统不仅能用完整的信号分配网络，把数量众多的用户电视机联系起来，使它既能直接接收电视广播的电视节目，又可以利用差转设备来接收其它地区电视台的节目，向观众提供当地无法收看的电视节目；而且还可以在不干扰邻频道的情况下，在VHF波段的空频道中发射或接收自办电视广播节目，把本地区自办节目的电视信号分配给用户以扩大电视节目源。同时，在前端设备中加入摄像机、录像机、电视电影设备以及由微波或卫星直播接收装置来的视频、音频信号，经调制器调制后和各单频道进入的信号经混合、分配、分支后进入用户终端，供用户收看更多的节目。此外，通过增加一付调频接收天线、调频放大器，亦可使调频广播信号通过混合器而进入CATV系统，由于调频发射频率正处在VHF频段内，因而在分配网络保持不变的情况下，用户可以收听音质优美的调频立体声

广播。在电视广播发展进入UHF波段后,同样可使UHF电视信号进入CATV系统,一种方法是通过U/V转换器将收到的UHF信号转换成VHF频段的空频道上,保持用户分配网络不变时也能收看;另一种方法是使分配网络工作在48~958兆赫的较宽频段,即设计新的使用超高频放大器的UHF波段的CATV系统。综合上述增加电视节目源的方法,若在CATV系统中再配置电视演播室或电教室,则系统还可以播送由摄像机摄录的现场电视节目或电教节目,可使CATV系统形成完整的独立的电视广播系统。

5. 综合应用

早期的CATV系统仅满足于接收电视信号,以收看到清晰图像为主要目的。目前,已扩展成为收看节目与自办节目并举,并将发展成为一个综合性、多功能的系统工程,具备以下的多种功能:如进行双向通讯传输;可传递可视电话;可进行数据传输;可进行多工文字广播;可进行单路载波电话通讯;可进行电视购货、防盗、报警;可传递各种信息并使家用终端进入CATV系统;可进行电视双伴音以满足各国之间节目的交流,等等。

1.3 CATV系统的传输方式

1. VHF传输方式

VHF(甚高频)频段是常用的1~12频道,其频率范围为48~223兆赫。其中87~108兆赫为调频广播频段;108~167兆赫为无线电通讯频段。电视广播的第五频道,其频率范围为84~92兆赫,正好落在调频广播频段内,容易产生干扰,一般不用第五频道。同一城市或同一地区应尽量避免相互重叠使用频道,以减少相互干扰,VHF传输方式有以下五种:

(1) 导频AGC—自动增益传输方式

在规模较大的CATV系统中,由于干线电缆较长,需增加干线放大器(宽带放大器)的串联级数。由于干线电缆因昼夜和季节温度变化,将引起干线电缆损耗的变化,它对信号传输质量会产生较大的变化。为了补偿温度变化引起干线电缆损耗的影响,常采用图1-5所示的导频传输方式,这是一种宽带放大方式,它除了传送电视信号以外,还传送一

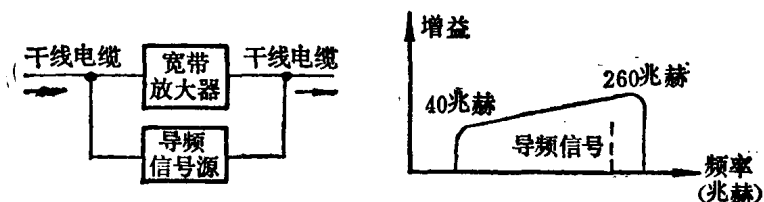


图 1-5 导频传输方式

个特定频带的导频信号,导频信号的频率可使用73.5MHz或246MHz或其他频率。当环境温度变化时,通过导频信号检出随温度而变化的量,使AGC(自动增益控制)电路工作,以实现对电缆损耗的自动补偿。使用这一传输方式后,使系统的放大器串联级数可增加到20级左右,串联级数愈多,CATV系统的规模就愈大。

(2) 相邻频道传输方式

在VHF频段内,一般CATV系统仅使用1、3、5、6、8、10、12等相邻的空频道

方式进行传输，称为相邻频道传输方式，如图1-6所示。而2、4、7、9、11等频道是不使用的空闲频道。

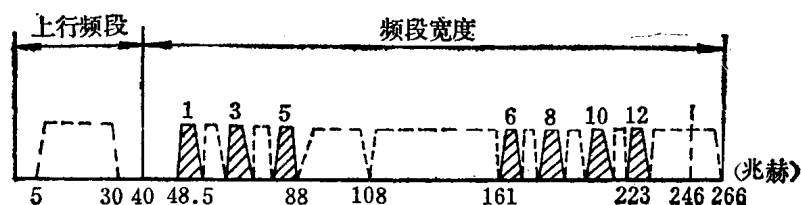


图 1-6 相邻频道传输方式

（3）非电视广播频带传输方式

在VHF频段内，由于受频道数目的限制不可能传播较多的节目源。因而可利用非电视广播频段，如108兆赫~167兆赫或223兆赫~470兆赫或第一频道以下的频段传送节目，如图1-6中所列出的部分非电视广播频段（以虚框表示），由此而提供较多的频道为用户服务。

（4）双向传输方式

双向传输方式有复线方式、频率分割方式和时间分割方式三种。目前常用的为频率分割方式（又称为单线方式），如图1-7所示。此方式使用上行、下行双方向进行传输，下行线路使用48兆赫~223兆赫的频段。上行线路使用5兆赫~30兆赫的频段。

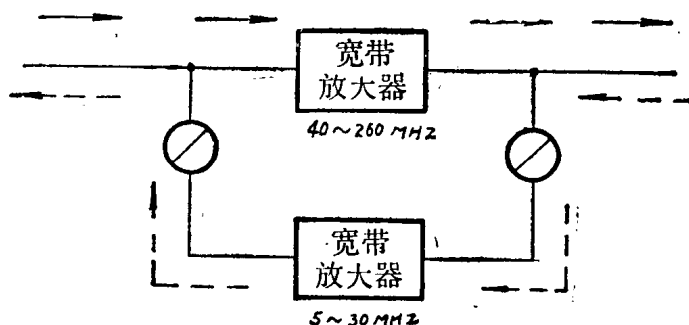


图 1-7 双向传输方式

（5）双同轴电缆传输方式

采用两条同轴电缆传输电视信号的方式称为双电缆传输方式，如图1-8所示。由于系统中使用了①、②两条电缆，使线路工程费用增加，但可以提高系统的可靠性，因为当①系统发生故障时，可以转换成②系统进行服务，只需在用户处装一个转换开关对①、②两电缆进行转换，不需要特殊的转换器。双同轴电缆方式能将现有CATV系统改造成为双向传输的方式。

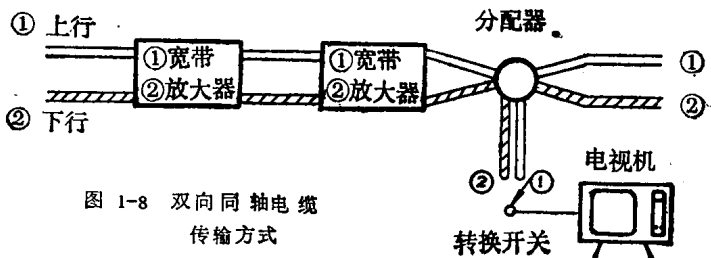


图 1-8 双向同轴电缆传输方式