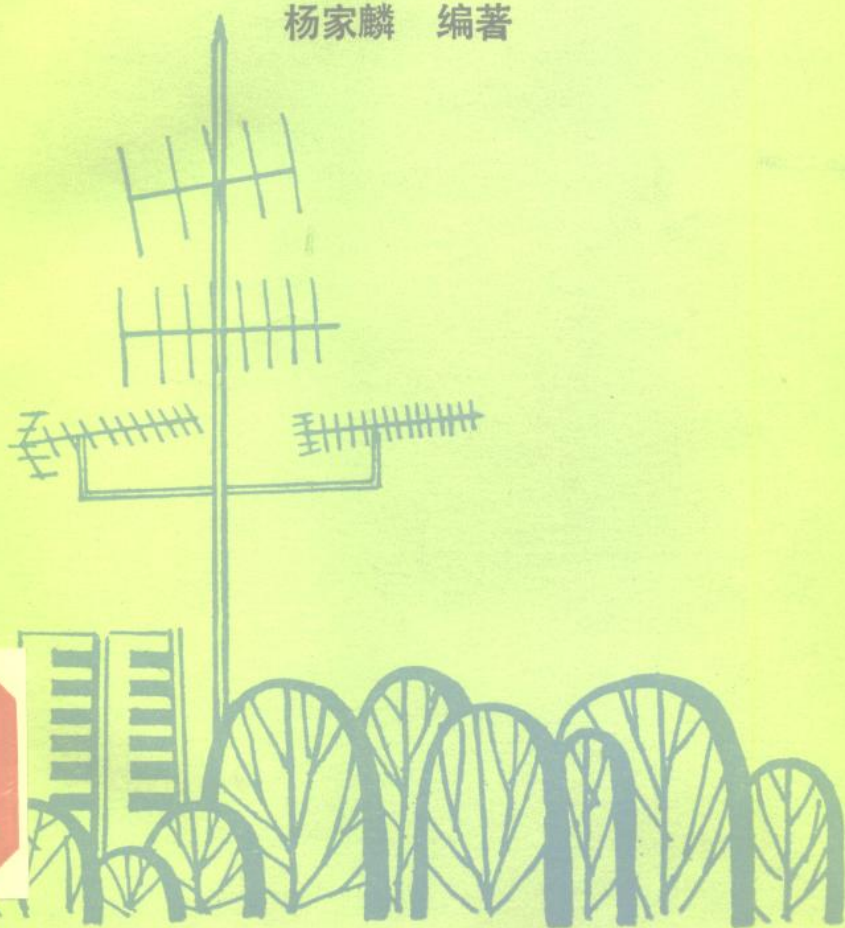


共用天线电视系统

杨家麟 编著



上海科学技术文献出版社

共用天线电视系统

杨家麟 编著

上海科学技术文献出版社

共用天线电视系统

杨家麟 编著

*

上海科学技术文献出版社出版发行
(上海市武康路2号)

全国新华书店经销
江苏宜兴第二印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 3.5 字数 84,000

1991年7月第1版 1991年7月第1次印刷

印数: 1—7,000

ISBN 7-80513-801-X/T·194

定 价: 1.35 元

《科技新书目》243-273

前 言

近年来,随着电视广播事业的发展和城乡建设的发展,出现了越来越多的电视机用户收视环境变差,难以享受到高质量的电视节目的矛盾。世界上从四十年代末期开始发展起来的共用天线电视系统(CATV)是解决这一矛盾的有效手段。

本书仅介绍用于电视广播的共用天线电视系统的工作原理和系统的构成,并提供一些实用电路。

作者主要想通过本书帮助读者了解共用天线电视系统及其部件“是什么”和“怎么用”,故本书省略了对电路的详细分析和计算,仅给出有用的结论。另外也简单介绍了系统的设计和调试。

希望通过本书对读者了解和使用共用天线电视系统提供有益的帮助。

由于编者水平有限,错误与不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

一九九〇年九月

目 录

第一章 概 论	1
1.1 电视信号的传播	1
1.2 电视信号的传播距离	2
1.3 电视信号的场强	3
1.4 闭路电视与共用天线电视系统	4
第二章 共用天线电视系统	6
2.1 接收天线的设置	6
2.2 系统的前端	7
2.2.1 直接放大式前端.....	8
2.2.2 变频式前端.....	12
2.3 传输干线	14
2.4 用户分配	15
2.5 系统供电和防雷	18
2.5.1 系统供电.....	18
2.5.2 防 雷.....	19
第三章 系统部件	20
3.1 共用天线电视系统的天线	20
3.1.1 基本振子.....	20
3.1.2 单频道多元定向天线.....	22
3.1.3 宽频带天线.....	30
3.1.4 CATV 系统天线的架设	37
3.2 天线放大器	39

3.2.1	天线放大器的基本性能	39
3.2.2	天线放大器的工作原理	40
3.2.3	天线放大器的选择与使用	44
3.3	衰减器	47
3.4	频道放大器	48
3.5	混合器和混合放大器	49
3.5.1	混合器	49
3.5.2	混合放大器	50
3.5.3	混合器和混合放大器的使用	51
3.6	宽频带功率放大器	52
3.7	滤波器	53
3.8	干线放大器	54
3.9	分配器	56
3.9.1	分配器的工作原理	56
3.9.2	分配器的使用	58
3.10	分支器	59
3.11	电 缆	61
3.11.1	对电缆的要求	61
3.11.2	电缆的品种规格	62
3.12	均衡器	63
3.13	调制器	64
3.14	避雷装置	65
第四章	CATV 系统的工程设计	67
4.1	设计前的资料准备	67
4.2	设计步骤	67
4.3	CATV 系统的工程设计	68
4.3.1	CATV 系统设计基础知识	68
4.3.2	天线部分的设计	71

4.3.3	前端的设计	72
4.3.4	传输部分的设计	73
4.3.5	分配部分的设计	76
第五章	CATV 系统的安装与调试	80
5.1	CATV 系统的安装	80
5.1.1	干线电缆的架设	80
5.1.2	分配系统的安装	81
5.1.3	天线的安装	82
5.1.4	前端设备的安装	83
5.2	系统的调试	84
5.2.1	系统调试用仪器	84
5.2.2	系统的调试	86
5.3	CATV 系统工程质量的验收标准	88
第六章	CATV 系统使用中的若干问题	89
6.1	CATV 系统中重影的产生与消除	89
6.1.1	电波传播过程中产生的重影	89
6.1.2	系统内部产生的重影	90
6.2	CATV 系统终端使用中应注意的问题	91
6.3	CATV 系统的维护	92
6.4	CATV 系统常见故障及排除方法	92
6.5	CATV 系统的双向传输	94
附录一	场强计算时的校正系数	96
附录二	我国的电视频道划分	98
附录三	电平微伏与分贝关系表	101
附录四	噪声叠加系数表	102

第一章 概 论

1.1 电视信号的传播

自从电磁波被发现以来,人们利用无线电波传递各种信息。我们可以从收音机听到悦耳动听的音乐和国内外发生的大事。从电视机中看到阿波罗登月和中、苏、美联合攀登珠穆朗玛峰。人们从雷达显示器看到了高速飞行的飞机和远航的船舰以及绕地球飞行的人造卫星。从射电天文望远镜发现距地球千万亿亿公里以外的星体。

无线电波一般通过以下六种传播途径进行传播;

1. 通过地表面波传播长波和中波;
2. 通过电离层传播短波和中波;
3. 通过地面大气层作视距传播超短波和微波;
4. 通过对流层和电离层散射传播超短波和微波;
5. 通过地下传播长波、超长波和极长波;
6. 通过磁层传播超长波和极长波。

长波、超长波和极长波传播以及短波电离层反射传播虽然可以传播得很远,但是,它们的频率都低于几十兆赫,通信设备的通频带都较窄,不能传递电视信号(通频带需6—8兆赫)。超长波和极长波甚至不能通话而只能通电报。电视信号只能利用超短波和微波来传播。而广播电视信号在41兆赫到958兆赫频率范围内(我国是48到958兆赫),是通过大气层作视距传播。所以除受大气层影响外,还要受到地形地物的影响,主要

是反射和阻挡作用。当然也可以利用对流层的散射传播电视信号。

1.2 电视信号的传播距离

电视信号是通过大气层作视距传播，因有大气的折射和衰减，地形地物的阻挡和反射，电视信号的传播距离没有精确的计算公式。但地面视距传播的最大距离是可以确定的。由于地球是球形的，当地面收发两天线的高度确定以后就有一一对应的最大视线距离。通常视距传播都有几十公里甚至上百公里。而

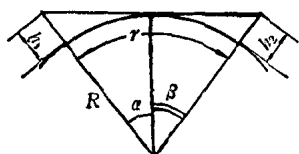


图 1.1 视距

天线只有十几米、上百米高，因此收发天线的高度比起传播距离来说是很小的。最大视距可以把收、发天线的连线和地球面相切后用收发两站之间的地球弧长 r

表示，如图 1.1 所示。视线距离的大小取决于地球半径和两天线的高度。

图中， h_1 、 h_2 是发射和接收天线的高度， R 是地球半径(6370 公里)。

由简单的几何关系可得最大视距

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{2R} (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \\ &= 3.57 (\sqrt{h_1(\text{m})} + \sqrt{h_2(\text{m})}) \quad \text{km} \end{aligned} \quad (1)$$

由此可见，天线越高，视距越远。

实际的电波传播的视线距离往往比由公式所算的值要大一些，这是由于电波受大气的折射弯曲的缘故。

若大气对流层的折射为标准折射，则最大视距为：

$$r = 4.12 (\sqrt{h_1(\text{m})} + \sqrt{h_2(\text{m})}) \quad \text{km} \quad (2)$$

1.3 电视信号的场强

人们通过传声器把声音变成音频电信号，通过电视摄像机把活动图象变成视频电信号，同时用这两种信号对高频振荡器进行调制，把已调制的高频信号经过放大，通过天线发射出去，就在天线周围空间激起了载有信号的无线电波向远处传播出去。由于大气的折射和地面反射，在距发射天线 r 处的场强 E 的计算公式为：

$$E = \frac{2.18 \times 10^3 \sqrt{P_r D} h'_1 \cdot h'_2}{r^2 \lambda} \cdot m (\mu V/m) \quad (3)$$

式中， P_r ：天线辐射功率[kW]

r ：接收天线距发射天线的直视距离
[km]

h'_1 ：发射天线的折合高度[m]

h'_2 ：接收天线的折合高度[m]

λ ：电磁波的波长[m]

D ：发射天线的方向系数

m ：校正系数

从图 1.2 可以算出天线的折合高度 h'_1, h'_2 。

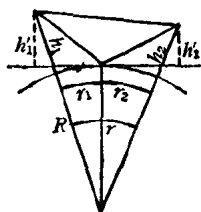


图 1.2 天线折合高度

$$h'_1 = h_1 - \frac{r_1^2}{2R}$$

$$h'_2 = h_2 - \frac{r_2^2}{2R}$$

在接收距离比视距小时：

$$r_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} \cdot r$$

$$r_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} \cdot r$$

在接收距离接近视距时:

$$r_1 = \frac{\sqrt{h_1}}{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}} \cdot r$$

$$r_2 = \frac{\sqrt{h_2}}{\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}} \cdot r$$

校正系数 m 是因地球曲面反射电磁波时有能量扩散现象, 电磁波经球面反射后的电场强度比平面上反射的要小。校正系数 m 值可查阅附录一的表 1.1 至表 1.4。

公式(3)是一个近似公式, 条件是:

$$\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda D} \leq \frac{\pi}{9} \quad \text{或是} \quad h_1 \cdot h_2 \leq \frac{\pi r^2}{18}$$

一般条件下该条件是可以满足的。

工程上用公式(3)能够计算电视场强。从公式(3)可以得出如下结论:

1. 发射天线愈高, 接收到的场强愈大, 也就是服务半径愈大。所以一般电视台的发射天线高度都较高, 达百米以上或建立在山顶上。上海电视台要在浦东新建的电视塔达五百多米, 将使电视用户大大改善接收效果。

2. 接收天线愈高, 接收到的场强愈大。这就是共用天线电视系统的产生原因之一。

3. 天线辐射功率愈大, 接收到的场强愈大。

4. 距电视发射天线愈远, 接收到的场强愈小。所以一个电视发射台的服务范围是有限的, 要增加服务范围可以采用接力的方式。

1.4 闭路电视与共用天线电视系统

由于电视发射天线高度、发射功率有限, 再加上城市高层建

筑不断矗起，对电视信号的阻挡和反射使电视用户的接收环境大大恶劣，甚至于无法满意地收看。而采用共用天线电视系统可以使用户获得高质量的电视信号。

共用天线系统 Community Antenna Television 缩写为 CATV。它是在城市大楼装置共用天线，将多个调制在不同频率的高频频道上的电视信号混合在一起，通过一根高频电缆传送和分配到各个接收用户去。同样，在接收条件很差的处于山谷处的村庄，也可以在附近的高山上架设高效的天线，然后通过电缆网分配到用户，以获得高质量的接收。

共用天线电视系统是一个闭路的高频电缆传输系统。这种电缆电视的图象干扰比一般的电视接收减少了很多，也避免了高层建筑的反射影响，可以保证高质量的接收。用于电缆电视的同轴电缆其传输容量大约是电话电缆的一千倍，一根同轴电缆可供许多家庭同时使用，它的成本还不到电话电缆的一半。一根电视电缆可以有 20 个电视频道甚至有 36—40 个电视频道或更多些。

闭路电视 Closed Circuit Television 缩写为 CCTV，一般指闭路的视频传输系统，现在也称应用电视。最早用于工业方面，而且用量比较大。

一般来说，多个视频信号不能同时通过一根电缆来传输，而要用多根电缆分别进行传输，所以在 CCTV 系统中信号的控制切换比较复杂，不象 CATV 系统那样，每个接收点只要通过电视接收机的频道选择器就可以随意地选看各自所需的电视节目。

在不少的情况下，CATV 和 CCTV 可以结合在一起组成一个综合的电视系统。

第二章 共用天线电视系统

早期的共用天线电视系统是 VHF 频段的 CATV 系统。随着广播电视事业的发展, UHF 频道的电视节目不断开播, 广播通信卫星的上天, 使边远地区的居民可以看到中央电视台的电视节目。所以现在的共用天线电视系统是包括 VHF 频段和 UHF 频段的电视系统。

我国的电视频道划分见附录 2 的表 2.1、表 2.2。

典型的全频道共用天线电视系统如图 2.1 所示。它由接收天线、前端、传输干线、用户分配和系统防雷及供电五大部分组成。

2.1 接收天线的设置

天线的设置要根据系统所处的环境, 电视信号的强弱, 电视信号的方向以及接收频道的多少来选择。

1. 每一个频道一般设置一副专用频道接收天线。这样天线方向性可以做得强些, 对干扰、重影的抑制有利。

2. 场强较低的频道要采用高增益的天线或天线阵。

3. 天线应架设在信号较强, 面对电视发射天线方向无高大建筑物阻挡, 同时也要考虑天线架设处后方无高大建筑物反射(即电视信号传播路径单一)。天线的架设还要避开风口, 天线的抖动要影响系统信号的质量。为了减少干扰天线的架设应远离会产生电火花的电气设备和高压供电线。

4. 反射波较大的电视频道要采用方向性强、前后比大的天

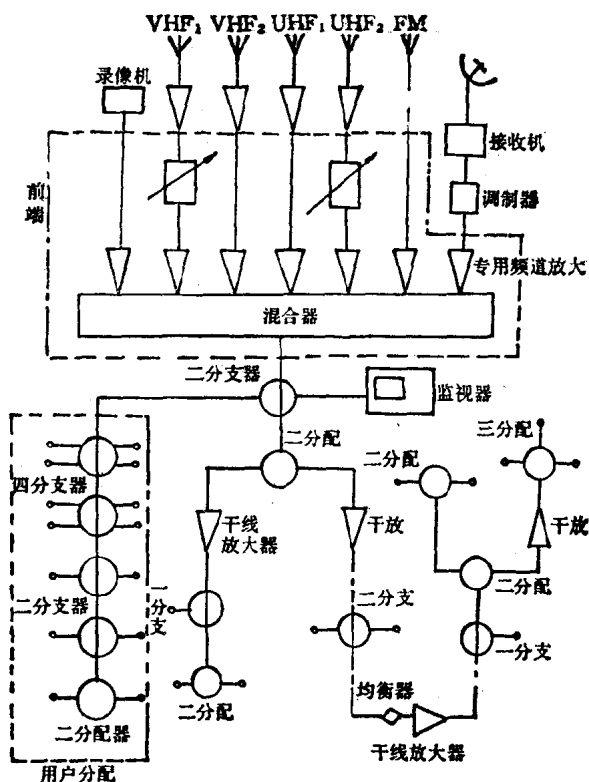


图 2.1 典型 CATV 系统图

线。

5. 若要接收的电视信号都在一个方位上,而且各频道在天线架设处的场强相差不多且满足技术要求情况下,可以架设一副宽频带天线接收两个以上的电视信号。

2.2 系统的前端

共用天线电视系统前端的作用是对电视台发出的电视信号

进行选择、放大、均衡和混合。它是将天线上得到的质量比较差的电视信号变成质量比较好的电视信号,通过它分配、传输到各用户。因此前端是共用天线电视系统的核心,是决定系统质量的主要环节。衡量系统质量的主要指标是信号噪声比 S/N , 主要取决于前端的输出信号的信噪比。

2.2.1 直接放大式前端

直接放大式前端因其不要对接收的电视信号进行频率变换,因而简单可靠。在接收频道受干扰不很严重的情况下能获得比较好的效果。

直接放大式可分为以下三种方式:

(一) 简易宽频带前端

简易宽频带前端由宽频带天线、宽频带放大器构成。图 2.2 是只有 VHF 频道的情况。

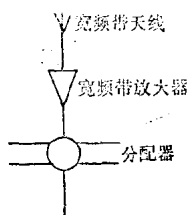


图 2.2 简易宽频带前端

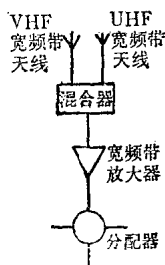


图 2.3 V/U 简易宽频带前端

图 2.3 是有 VHF 频道节目,同时又有 UHF 频道节目的情况。

采用这种前端应满足如下条件:

(1) 进入宽频带放大器的各频道信号电平要适中,约为 $57\text{dB}\mu\text{V}$ 至 $73\text{dB}\mu\text{V}$ 。

(2) 各频道信号电平相差不大,约几个 dB。

(3) 要接收的几个频道信号的发射天线大致在一个方向上。

(4) 天线附近应无高大物体的反射。

这种前端的特点是：

(1) 简单、经济。

(2) 因其使用频带宽，宽频带放大器又无选频作用，因此频带内的任何干扰信号都能进入前端，使前端输出信号的噪声电平增大，当接收的电视信号较弱时这种噪声干扰就更大。

(3) 由于使用了宽频带放大器，当接收的几个不同频道信号电平相差较大时（由电视信号传播时衰落引起），由于放大器的非线性而引起交调或互调，产生了许多新的频率成分，落入接收频道内产生干扰。

互调表现为在电视机屏幕上出现一条竖带且左右移动。交调表现为在画面里出现网格和干扰信号的负象及伴音干扰。

图 2.4 给出了另一种简易宽频带前端。

三副天线收到的电视信号进入宽频带放大器后经分频器分成三个频段 (V_L 、 V_H 、 U)，分别经过各频段的衰减和放大，最后

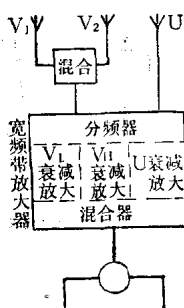


图 2.4 带内部分频放大的简易宽带前端

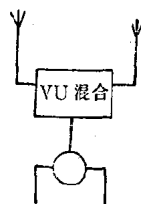


图 2.5 直接混合分配式前端

经混合后成一路输出加至分配器。该前端的输出信号噪声比比图 2.2、2.3 的高,但克服不了交、互调干扰。

此类宽频带放大器有国产的 DXF 1740 A 等,国外的 BW-25 AS、BW-35 AS、BW-40 AS、MZ-4 AER、Pa 144/231 N、PA146/331 N 等。

当接收地区信号很强,天线接收电平在 $85\text{dB}\mu\text{V}$ 以上时,也可采用图 2.5 所示的前端。

UHF 和 VHF 频道信号经混合后直接分配到用户,这种前端就没有交、互调干扰。

(二)放大—混合—放大式前端

为了提高前端输出信号的信噪比,减小交、互调干扰,目前采用比较多的是一种放大—混合—放大式前端。

图 2.6 是 VHF 频段使用的情况。

该前端是分别用单频道天线接收一个频道信号,经过单频道天线放大器、可调衰减器使进入混合器的信号相差不大,再经过混合器选频混合送入宽频带放大器,放大到较高信号电平($\geq 100\text{dB}\mu\text{V}$),再分配传输到各用户去。

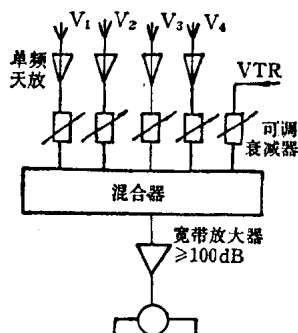


图 2.6 放大—混合—放大式前端

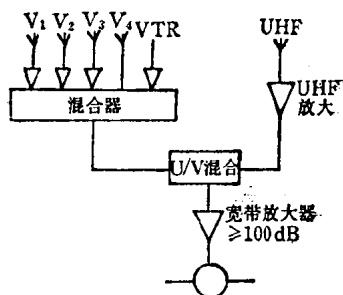


图 2.7 带 U 频段的放大—混合—放大式前端