

有线电视系统的工程设计 施工与调试

周家瑞 编著



48.3
6

广东科技出版社

有线电视系统的工程设计、施工与调试

周家瑞 编著

广东科技出版社

粤新登字 04 号

图书在版编目 (CIP) 数据

有线电视系统的工程设计、施工与
调试/周家瑞编著. —广州: 广东科技
出版社, 1995. 6

ISBN7-5359-1475-6

I. 有……

II. 周……

III. 电视系统

IV. TN948

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

经 销: 广东省新华书店

印 刷: 肇庆新华印刷厂

规 格: 787×1092 1/32 7 印张 字数 140 千

版 次: 1995 年 6 月第 1 版

1995 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 0001—5500 册

ISBN 7-5359-1475-6

分 类 号: TN·60

定 价: 7.50 元

新书信息电话: 16826202

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

前 言

自从 40 年代末期,世界上第一个共用天线系统在美国问世以后,经过 40 多年的发展,现已发展成为综合性的、功能齐全的城乡有线电视系统。

为了适应我国城乡有线电视的发展,作者根据长期的工作实践,参考了国内外有关技术资料,并结合国内的实际需要编写了这本书。

本书主要从系统的概念介绍有线电视系统的工程设计、施工与调试。同时也介绍了系统的维护检修、升级改造以及在有线电视系统中采用的新技术,如邻频传输、双向传输、光缆、微波、加密等在系统中的应用,以及系统的主要技术指标和测量方法。在编写过程中,着重讲述系统的概念、原理、方法等,尽量避开高深的数学推导,因此本书比较适应于从事设计、安装有线电视系统的工程技术人员阅读,也可以作为培养维护、检修等工程人员的培训教材。

编著者

目 录

第一章	概述	(1)
1.1	有线电视系统的基本组成形式	(2)
1.2	接收天线	(2)
1.3	前端	(11)
1.4	干线传输	(27)
1.5	分配系统	(38)
1.6	有线电视系统的几种参考模式	(48)
1.7	双向传输系统	(53)
1.8	加密调制与付费电视	(59)
1.9	光缆与微波在有线电视系统中的应用	(62)
第二章	有线电视系统的工程设计	(78)
2.1	天线系统的工程设计	(79)
2.2	前端系统的设计	(84)
2.3	干线系统的工程设计	(99)
2.4	分配系统的工程设计	(110)
第三章	有线电视系统的工程施工	(116)
3.1	天线系统的施工	(116)
3.2	前端系统的安装	(127)
3.3	干线系统的安装	(130)
3.4	分配系统的安装	(133)
3.5	系统的避雷措施	(136)

第四章	有线电视系统的调试	(141)
4.1	天线系统的调试	(142)
4.2	前端系统的调试	(143)
4.3	干线系统的调试	(145)
4.4	分配系统的调试	(148)
第五章	有线电视系统的工程验收	(150)
5.1	施工和结构验收	(150)
5.2	系统的电气性能验收	(150)
5.3	安全验收	(153)
5.4	验收应具备的文件	(153)
第六章	系统参数的测量	(156)
6.1	信号电平测量	(156)
6.2	频道内幅度/频率响应的测量	(159)
6.3	载噪比 (C/N) 的测量	(161)
6.4	载波互调比 (IM) 的测量	(164)
6.5	交扰调制比 (CM) 的测量	(166)
6.6	信号交流声比 (HM) 的测量	(169)
6.7	回波值 (E) 的测量	(170)
6.8	微分增益 (DG) 和微分相位 (DP) 的测量	(173)
6.9	色/亮度时延差 (ΔT) 和色/亮度增益差 (ΔG) 的测量	(176)
6.10	系统输出口之间相互隔离值 (MI) 的测量	(179)
第七章	有线电视系统的维护与检修	(181)
7.1	有线电视系统的维护	(181)

7.2	有线电视系统的检修	(184)
第八章	有线电视系统的升级改造	(191)
8.1	VHF 隔频系统的升级改造	(191)
8.2	300MHz 邻频系统的升级改造	(193)
附录 1	中华人民共和国国家标准——30MHz ~1GHz 声音和电视信号的电缆分配系 统频率配置 GB××××—88	(198)
附录 2	中华人民共和国国家标准——30MHz ~1GHz 声音和电视信号电缆分配系统 项目种类的字母代码 GB××××—89	(201)
附录 3	中华人民共和国电子工业部部标准—— 声音和电视信号的电缆分配系统图形 符号 SJ 2708—86	(203)
参考文献		(209)

第一章 概 述

有线电视亦叫电缆电视，英文为 Cable Television，缩写为 CTV 或 CATV。早期形式为共用天线电视，英文为 Community Antenna Television，缩写为 CATV，后来为了区别于有线电视，国外已把它改称为 Master Antenna Television，缩写为 MATV，即共用一组优质天线通过电缆传输把接收到的开路电视信号分配到各个用户，主要解决开路电视接收质量问题，而信号源从广播电视的开路接收到同时接收卫星电视，所以又出现了 Satellite Master Antenna Television，缩写为 SMATV（卫星和地面广播共用天线电视），由于科学的进步和社会的发展，突破了共用天线的传统概念，在传输开路电视信号的同时，传输录像节目、自办新闻等电视信号，而且主要采用电缆传输构成闭路系统。因此，又被人们称之为闭路电视，英文为 Closed Circuit Television，缩写为 CCTV，或有线电视 CATV。随着科学的进一步发展和社会的需要，CCTV 已自成体系，成为主要用于特列场所的监视系统。而有线电视则包括了开路接收、卫星接收、微波传输、录像放映、自办节目等多种节目源方式，和发展为电缆、光缆、微波，等多种媒体互相结合的多渠道传输方式，在国外，有线电视已从广播业务向非广播业务延伸，成为家庭中不可缺少的第三根线（第一根为电灯线，第二根为电话线），在我国，有线电视系统大致分为三种规模形式：

1. 共用天线系统。接收、传输开路电视信号，报当地县、

市广播电视局备案。

2. 有线电视站。同时加放各种录像带节目。由省级广播电视厅或文化厅审批。

3. 有线电视台。除了放映各种录像带节目外，还可以自办新闻节目。由广播电影电视部审批。

从技术上讲，三者并无原则区别，都是通过电缆网络将电视信号处理后分配传输给用户。

1.1 有线电视系统的基本组成形式

有线电视系统一般由天线、前端、线路分配、用户分配等部分组成，其基本系统原理方框图如图 1.1 所示。

1.2 接收天线

天线是互易的，因此在这里只介绍接收天线。接收天线的主要作用是解决开路信号源的问题，要想得到较理想的信号源，必须先解决好接收天线的问题。接收天线的概念是：把空中传播来的带有电视信号的电磁波转换为与天线相联接的馈线中的导行波的无线电接收装置。

接收天线的性能可从以下几个方面来说明。

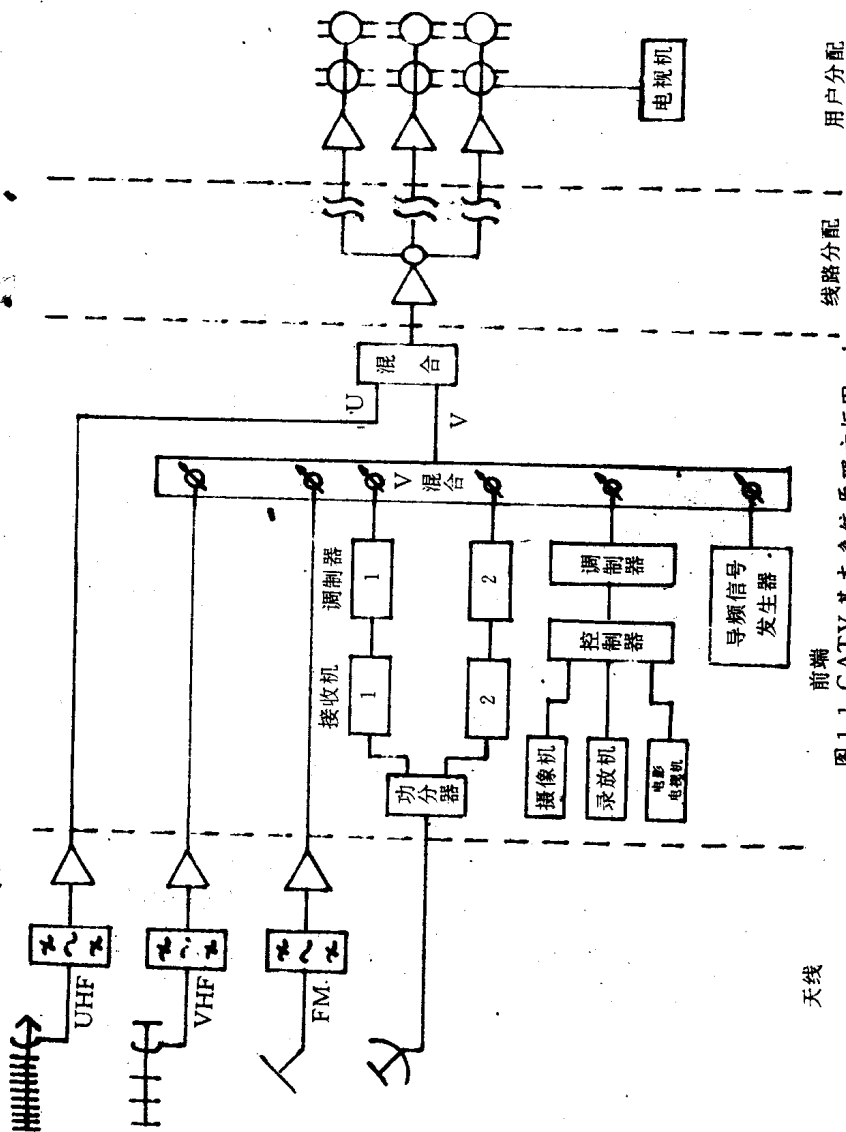


图 1.1 CATV 基本系统原理方框图

1.2.1 方向性

方向性的概念是：在电磁场作用下在天线中所感应的电动势的大小与来波方向（空间的角度的）关系的平面图形。如图 1.2.1 波瓣图所示。一般说来，主波瓣愈窄，方向性越强，抗干扰也越好。

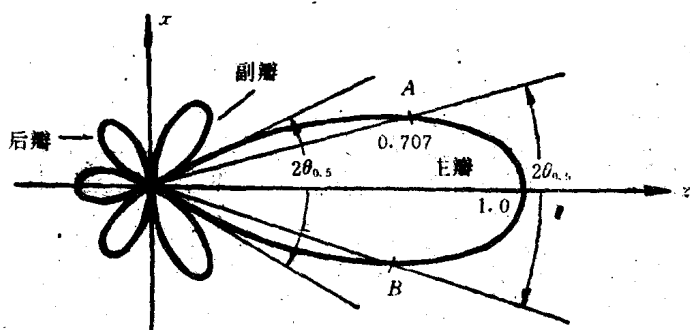


图 1.2.1 天线方向波瓣图

1.2.2 前后比

前后比的概念是：定向天线的主瓣的最大功率通量密度与后瓣的最大功率通量密度之比值，一般用分贝 (dB) 表示，如图 1.2.2 半功率波束宽度示意图所示。

前后比 K 的测量为，测量出主瓣最大方向（零度）天线输出电压和天线后向 $180^\circ \pm 60^\circ$ 范围天线最大输出电压后，可从下式求得天线前后比 K ：

$$K = 20 \lg \frac{E_f}{E_b}$$

式中： K ——天线前后比 (dB)；

E_f ——天线主瓣零度方向输出电压 (mV/m)；

E_b ——天线后向最大输出电压 (mV/m)。

一般要求前后比越大越好。

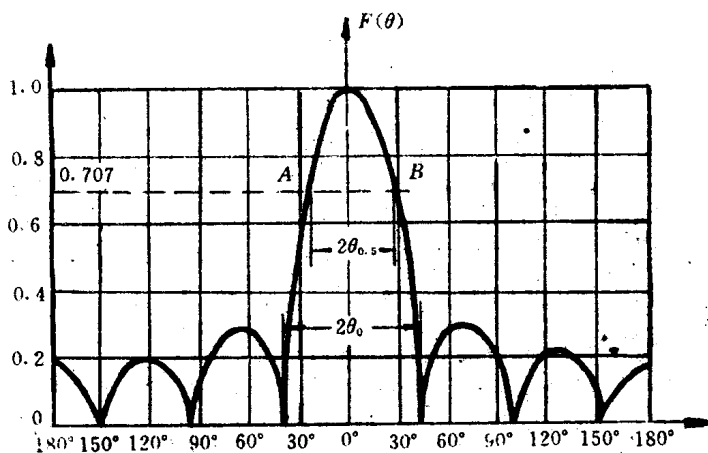


图 1.2.2 半功率波束宽度示意图

1.2.3 输入阻抗

输入阻抗的概念是：天线馈电点的高频电压和电流的比值，由图 1.2.3 可见：

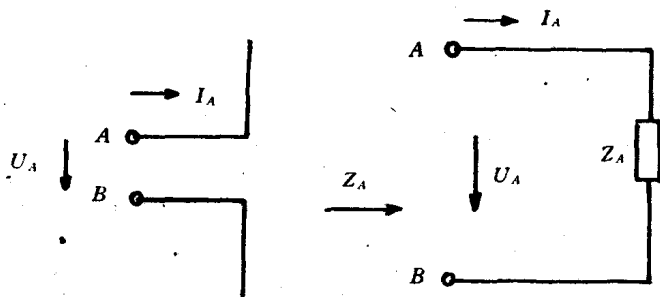


图 1.2.3 天线的输入阻抗

$$Z_A = \frac{U_A}{I_A}$$

通常天线的输入阻抗 Z_A 由电阻 R_A 及电抗 X_A 组成, 即:

$$Z_A = R_A + jX_A$$

当天线处于谐振状态时, 它在结构上类似行波馈线, 输入端的电流和电压同相, 天线的输入阻抗等于馈线的特性阻抗, 即 $X_A = 0$, $Z_A = R_A$, 即输入阻抗为纯电阻, 但在一般情况下, 天线为非谐振工作状态, 它在结构上类似于驻波馈线, 其输入阻抗不再等于馈线的特性阻抗, 而且随工作频率变化。这时, 天线的输入阻抗既有电阻分量也有电抗分量, 从而导致被传输信号能量的损耗。

理论与实践均证明, 对于对称天线, 当其长度接近接收信号频率的 $\lambda/2$ 或波长的整数倍时, 天线处于谐振工作状态。对于不对称天线, 当天线长度接近接收信号频率时 $\lambda/4$ 或波长的整数倍时, 天线也处于谐振工作状态。

实际上天线的长度总是略短于 $\lambda/2$ 或 $\lambda/4$ ，这是由于振子的末端效应所引起，在振子末端，电感减小，电容增大，相当于使振子增长了，而且振子直径愈粗，末端电容越大。

测量时可用电桥法、测量线法或直接用阻抗图示仪进行测量。阻抗匹配时，导行波最大，即增益最大，阻抗不匹配时，或大或小都会导致驻波增大，接收天线增益下降，甚至产生重影等。半波振子的天线输入阻抗一般为 75Ω 、折合振子的天线输入阻抗一般为 300Ω 。

1.2.4 反射系数

如果以 Z_a 表示联接天线的馈线的特性阻抗， Z_e 表示天线的输入阻抗，则反射系数 R 的定义为：

$$R = \frac{Z_a - Z_e}{Z_a + Z_e}$$

1.2.5 驻波比

在传输线中，分别在相邻的波节和波腹所测得的电流，电压，或电场的最大幅值对最小幅值之比。电压驻波比的定义公式为：

$$VSWR = \frac{V_{\max}}{V_{\min}}$$

显然， $VSWR \geq 1$ ， $VSWR$ 越大，天线特性与匹配程度越差。

驻波比与反射系数的关系为：

$$S = \frac{1 + |R|}{1 - |R|}$$

测量时可用驻波比测量线测量，驻波比要求越小越好，一般不要超过 2.5。

1.2.6 增益

天线在电磁波均匀场中供给负载的功率 P 同在相同条件下,半波振子所供给的功率 P_1 之比值为该天线的增益 G_d ,单位为分贝(dB)。

$$G_d = 10 \lg (P/P_1)$$

除非特别说明,天线增益泛指在主瓣最大方向上的增益,而且均指相对增益。

测量时,将标准天线指向电视台方向,记下所测得的分贝数 G_s (dB),换上被测天线放置于同样位置,记下所测得的分贝数 G_D (dB),被测天线增益为:

$$G_d = G_D - G_s$$

1.2.7 带宽

带宽亦称通频带,指天线可以正常工作的频率范围。大多数天线的工作频带与其阻抗特性有关。即工作频率偏离中心频率时输入阻抗的变化会引起天线与馈线的失配,从而导致驻波系数增大,天线增益下降。所以,任何天线都有其较为理想的工作带宽。

1.2.8 场强的测量及天线的选用

在选用天线前,首先用标准天线测量信号源电场强度,为了减少测量误差,要求测试场地是空旷的,尽量减少地面反射的影响,而且要求地面反射波的影响在 $1\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ 以内。测试用的标准天线在基准点前后上下移动约 $1/2\lambda$ 的距离,天线的增益变化在 1dB 以内,可以认为该基准点是合适的,请参见下面电场强度的分类表(表1.2.8.a)。

表 1.2.8.a 电场强度的分类

分类	电场强度		发射区
	VHF (dB μ V)	UHF (dB μ V)	
强电场	94 以上	106 以上	服务区
中电场	74~94	86~106	
弱电场	57~74	65~86	
微电场	57 以下	65 以下	边远区

有时,在系统工程还未进入实质性设计时,可以用较为简便的估算的方法获得场强的数据。下面是国际无线电咨询委员会推荐的场强数据(表 1.2.8.b),供场强估算时参考。

表 1.2.8.b 电场强度估算表

距离 (km)	$h_1=75$ (m)			$h_1=150$ (m)			$h_1=300$ (m)		
	VI	VII	V	VI	VII	V	VI	VII	U
10	70dB μ V	79dB μ V	69dB μ V	78dB μ V	87dB μ V	77dB μ V	84dB μ V	93dB μ V	85dB μ V
15	62	71	60	69	78	68	76.5	85.5	76.5
20	56	65	53.5	63	72	61.5	70.5	79.5	70
25	51.5	60.5	48	58	67	56	66	75	65
30	47.5	56.5	43.5	54.5	63.5	51.5	62.5	71.5	60
35	44	53	40	51	60	47.5	59	68	56.5
40	41	50	36.5	48	57	44	55.5	64.5	52.5
45	38	47	34	45.5	54.5	41	53	62	49.5
50	35.5	45	31	43	52	38	50	59	46
60	32	40.5	26	38	47	32.5	45	54	40
70	28	37	22.5	34	43	28	40.5	49.5	35
80	24.5	33.5	19	30	39	23.5	36	45	30
90	21.5	30.5	16	26.5	35.5	20	32.5	41.5	26
100	19	28	13	23	32	16.5	29	38	22

注:①发射天线有效辐射功率为 1kW。如不是 1kW,则要加系数 $10\lg P$ (dB μ V), P 单位为 kW。

②接收天线高度为 10m。

③表中数据是在 $\Delta h=50m$ 得出的,如 Δh 不是 50m,应加修正系数。修正系数见表 1.2.8.c。

另外,因地形与建筑的起伏程度与气候的影响,表 1.2.8.c 给出了电场强度估算环境修正值,可在实际应用中参考。

测量或估算出场强后,可根据天线的特性来选择接收天线。接收天线的一般特性如表 1.2.8.d 所示。

表 1.2.8.c 电场强度估算环境修正表

Δh (m)		10	20	35	50	75	100	200	500
VHF I	收发间距离 (d)								
	$d < 100\text{km}$	+7	+4	+2	0	-3	-5	-10	-18
	$d > 100\text{km}$	+3	+2	+1	0	-1	-3	-5	-9
UHF	$d < 100\text{km}$	+10	+6	+3	0	-4	-6	-14	-27
	$d > 100\text{km}$	+5	+3	+2	0	-2	-3	-8	-14

表 1.2.8.d 接收天线一般特性

频带	振子数	频道	增益 (dB)	驻波比	半功率波瓣宽度 (度)	前后比 (dB)
VHF 宽频段	3	1~5 6~12	2.5~5	≤ 2.0	≤ 70	≥ 9
	5	1~5 6~12	3~7	≤ 2.0	≤ 65	≥ 10
	8	6~12	4~8	≤ 2.0	≤ 55	≥ 12
VHF 单频道 专用	3	I 波段	≥ 5	≤ 2.0	≤ 70	≥ 9.5
	5	I 波段	≥ 6	≤ 2.0	≤ 65	≥ 10.5
	8	II 波段	≥ 9.5	≤ 2.0	≤ 55	≥ 12
U 波段 低频道	25 以上	13~24	≥ 12	≤ 2.0	≤ 45	15
U 波段 高频道	25 以上	25~68	≥ 12	≤ 2.0	≤ 45	15