



实用电子技术丛书

实用电视接收天线技术

徐中庸 编著 · 上海科技教育出版社

实用电子技术丛书

实用电视接收天线技术

徐中庸 编著

上海科技教育出版社

(沪)新登字 116 号

内 容 提 要

本书共分五章:电视接收天线基础知识;常用电视接收天线;有源电视接收天线;消重影电视天线;电视接收天线的测量。全书在讲解电视接收天线基本知识的基础上,系统地叙述了各种实用接收天线的选用、制作、架设、馈电、组合、匹配以及避雷措施和测量方法等,并对近年来所出现的电视天线新技术:有源天线、消重影天线等亦作了详细介绍。是达到改善电视接收质量目的所必备的工具书。

本书力求理论与实践密切结合,文字深入浅出,通俗易懂,资料丰富,突出实用。本书适合于从事电视天线工作的工程技术人员和无线电爱好者参考,也可供大专院校有关专业的师生们学习。

实用电子技术丛书

实用电视接收天线技术

徐中庸 编著

上海科技教育出版社出版发行

(上海冠生园路 393 号)

各新华书店均有代售

江苏太仓印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6.875 字数 225000

1992 年 7 月第 1 版 1992 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—5700

ISBN 7-5428-0566-5

TN·2

定价: 2.80 元

前 言

电视接收的质量与电视接收天线有着密切的关系。随着广播电视事业的迅速发展,电视机正进入千家万户,因此怎样才能收看到稳定、清晰的电视节目是广大电视用户所极为关心的问题。

本书向读者介绍了与电视接收质量有关的电视接收基础知识。帮助读者了解接收点的电视信号质量,如何排除干扰,如何正确选择和使用电视接收天线。在电视全频道内,由简单到复杂地指导读者制作各种实用的电视接收天线、天线混合器、有源网络、移相器、避雷器等,以及解决各种天线与馈线、电视机的匹配、组合、避雷、测量等问题。

全书突出实用性,利于无线电爱好者按书中所给出的天线尺寸和方法进行制作和架设天线,同时对电视接收天线的工作原理、设计方法、调试程序、重影消除、天线测量等也作了较详细的叙述。在写法上力求深入浅出,每一章节之间既相互联系、承上启下,又各自有相对的独立性。全书还附有300余幅图表,可供读者参考。

本书在编写过程中得到了吴延祺同志的大力支持和帮助,特此致谢。
编者水平有限,对书中的缺点和错误,殷切期望读者批评指正。

编者

目 录

第一章 电视接收天线基础知识	1
一、电视信号和电视频道的划分	2
二、电视接收天线的分类	5
三、分贝表示法	5
1. 分贝与场强、电压的关系	5
2. 分贝与增益、衰减倍数的关系	7
四、接收电视广播的特点	7
1. 电视信号的视距传播	7
2. 电视信号的超视距传播	9
3. 电视信号的其他传播途径	9
4. 卫星电视广播	10
五、电视接收天线的主要参数	10
1. 方向图,主瓣宽度与前后比	10
2. 增益	11
3. 极化	12
4. 输入阻抗与电压驻波比系数	12
5. 天线的工作频带	13
六、对电视接收天线的要求	14
1. 良好的频率特性	14
2. 较好的方向性	14
3. 天线增益	14
七、电视天线的输出电压和接收点的场强	15
1. 电视天线的有效长度和输出电压	15
2. 接收点的电场强度的计算	16
八、电视馈线及连接器	20
1. 平行传输线	20
2. 同轴电缆	22

3. 同轴电缆连接器	25
九、电视接收天线的选择与使用	27
1. 室内电视接收天线的选择	27
2. 室外电视接收天线的选择	29
3. 正确使用电视接收天线	32
十、电视接收天线的避雷	32
1. 避雷器的结构	33
2. 避雷器的设施	34
3. 装配要点	35
4. 辅助避雷方法	35
第二章 常用电视接收天线	38
一、单频道电视接收天线	38
1. 引向天线	38
2. UHF 定向接收天线	51
3. 返射天线	59
二、宽频带电视接收天线	61
1. VHF 宽频带定向接收天线	61
2. 四一八频道定向接收天线	65
3. X 型宽频带电视天线	67
4. 加载宽频带天线	69
5. 高性能 VHF 宽带电视天线	74
6. 交叉馈电的宽频带接收天线	74
7. UHF 宽频带电视接收天线	76
三、全频道电视接收天线	83
1. 超小型、全频道电视接收天线	84
2. 兼容型 UV 多频道接收天线	90
3. 组合型 UV 电视接收天线	95
4. 复合型 UV 电视接收天线	96
5. 带分支线的 UV 电视接收天线	98
四、室内电视接收天线	98
1. 简易室内天线	99

2. UV 复合型室内天线	101
3. 可变接收方向的室内电视天线	101
4. 螺旋振子天线	104
5. 负载圆环天线	104
五、电视接收天线的馈电方法	107
1. 双孔磁芯阻抗变换器	107
2. 带状线阻抗变换器	109
3. U 形弯管对称变换器	111
4. 串联 U 形管对称变换器	112
5. $\lambda/4$ 平衡变换器	114
6. 半波振子与扁馈线的连接	115
六、电视接收天线的组合	115
1. 全频道电视天线的组合	116
2. 多频道天线的组合	121
七、叠层电视接收天线	129
1. UHF 叠层天线	129
2. VHF 叠层天线	134

第三章 有源电视接收天线 138

一、有源天线的工作原理	138
1. 有源天线的优点	139
2. 有源天线的频带特性	139
3. 有源天线的噪声特性	140
4. 有源电视天线的使用条件	141
二、室外有源电视接收天线	142
1. 超小型全频道有源电视接收天线	142
2. 高增益全频道有源电视接收天线	146
3. 全方向、全频道有源电视接收天线	143
4. 小型全向、全频道电视接收天线	160
5. UV 兼用型有源电视接收天线	163
三、室内有源电视接收天线	163
1. 室内全频道有源电视接收天线	165

2. 小型全频道有源电视天线	167
四、有源天线电源	170
第四章 消重影电视天线	173
一、重影产生的原因	173
二、重影消除方法	174
1. 改变天线的架设高度	175
2. 改变接收天线的指向	176
3. 叠加法消重影	177
三、消重影天线	178
1. LC 相位控制器	180
2. 二极管电控移相器	184
3. 小型单方向性天线	188
第五章 电视接收天线的测量	192
一、电视天线测试方法的一般规定	192
1. 测试频率点	192
2. 测试场地的要求	192
3. 减弱地面反射的方法	194
4. 标准天线	194
5. 辅助测量天线	196
6. 阻抗平衡器	196
二、增益测量	197
1. 比较法测增益(被测天线作发射天线)	197
2. 比较法测增益(被测天线作接收天线)	198
3. 比较法测增益(利用广播电视信号)	199
三、方向图特性测量	199
1. 方向图的测量和绘制	199
2. 半功率波束宽度 $2\theta_{0.5}$	200
3. 前后比(F/B)	200
四、驻波比系数(V. S. W. R)的测量	202
1. 扫频长线法测驻波	202

2. 测量线法测驻波.....	204
3. 扫频反射电桥测量驻波比.....	205

第一章 电视接收天线基础知识

电视台的图象和伴音是通过发射机送到电视发射天线上的，它的高频能量向周围空间的各个方向辐射出去，在周围空间中产生了电磁场。电视信号的传播具有波的性质，通常称为无线电波。无线电波的波长 λ 、频率 f 和传播速度 v 有如下关系：

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

在电视频段， f 取 MHz 单位， $v = 3 \times 10^8$ m/s，则 λ (米)由下式求出。

$$\lambda(\text{米}) = \frac{300}{f(\text{MHz})}$$

电波是以电磁场的能量形式运动的，存在着电场 E 和磁场 H 两个相互垂直的分量。表征电波强弱的电场强度和磁场强度之间存在着固定的关系。它们的比值称为空间特性阻抗，用 W 表示：

$$W = \frac{E}{H}$$

空间的特性阻抗恒等于 120π ，即 377Ω 。在实际使用中通常总习惯于用电场强度来表明接收点信号的强度。电场强度 E 的单位是伏特/米。但由于伏特/米的单位过大，常用毫伏/米和微伏/米来计算，使用符号分别为 mV/m 及 $\mu\text{V/m}$ 。在工程上则用 dBmV 或 $\text{dB}\mu\text{V}$ 来表示。

在电波传播时，电场矢量的振动总维持其特定的方向，这种现象称为极化。电波的电场只具有水平或只具有垂直于地面方向的分量，分别称为水平极化波和垂直极化波。我国电视台的发射天线大多是发射水平极化波的。卫星直播电视系统发射的是圆极化波。

在接收点，由于电磁场的作用，接收天线感应出电流，并在天线输出端产生电动势。由接收天线接收到的电视信号通过馈线送入到电视接收机中。电视接收机则将这一信号电压放大，并使其产生图象及伴音。

因此，电视接收质量的好坏，除了与电视台发射的质量相关外，还与电视信号的传播条件、电视接收天线的使用以及电视机的接收情况好坏等有关。要做到高质量接收电视信号，必须首先了解电视频道的划分、电视信号

的传播特点、接收点场强的大小,电视接收天线的主要性能参数以及如何正确选择、架设电视天线等。

一、电视信号和电视频道的划分

电视信号包含图象信号和伴音信号。按我国电视标准规定:伴音信号的

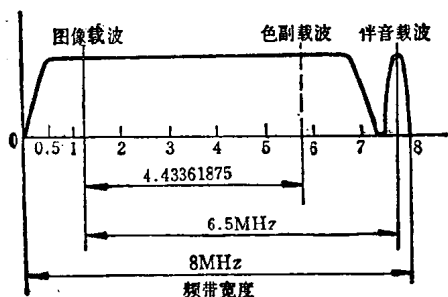


图 1-1

的载波比图象信号的载波高 6.5 MHz, 一个电视信号总的占用频带宽度为 8 MHz (如图 1-1 所示), 称之为频道。在电视广播中, 每一套电视节目只使用一个频道。如果一个地区要同时播送几套电视节目, 就得使用几个电视频道。对于电视接收天线, 要求其工作频带宽度至

少达到 8 MHz, 并能与相应的电视频道谐振。在多频道电视广播地区就要求有相应的多频道或宽频带电视接收天线。我国的电视频道划分情况见表 1-1。

表 1-1

频段	频道	频带 (MHz)	图象载频	伴音载频	中心频率
I	DS-1	48.5-56.5	49.75	56.25	52.5
	-2	56.5-64.5	57.75	64.25	60.25
	-3	64.5-72.5	65.75	72.25	68.5
	-4	76-84	77.25	83.75	80
	-5	84-92	85.25	91.75	88
II	DS-6	167-175	168.25	174.75	171
	-7	175-183	176.25	182.75	179
	-8	183-191	184.25	190.75	187
	-9	191-199	192.25	198.75	195
	-10	199-207	200.25	206.75	203
	-11	207-215	208.25	214.75	211
	-12	215-223	216.25	222.75	219

(续表)

频段	频道	频带(MHz)	图象载频	伴音载频	中心频率
IV	DS-13	470-473	471.25	477.75	474
	-14	478-486	479.25	485.75	482
	-15	486-494	487.25	493.75	490
	-16	494-502	495.25	501.75	498
	-17	502-510	503.25	509.75	506
	-18	510-518	511.25	517.75	514
	-19	518-526	519.25	525.75	522
	-20	526-534	527.25	533.75	530
	-21	534-542	535.25	541.75	538
	-22	542-550	543.25	549.75	546
	-23	550-558	551.25	557.75	554
	-24	558-566	559.25	565.75	562
V	-25	606-614	607.25	613.75	610
	-26	614-622	615.25	621.75	618
	-27	622-630	623.25	629.75	626
	-28	630-638	631.25	637.75	634
	-29	638-646	639.25	645.75	642
	-30	646-654	647.25	653.75	650
	-31	654-662	655.25	661.75	658
	-32	662-670	663.25	669.75	666
	-33	670-678	671.25	677.75	674
	-34	678-686	679.25	685.75	682
	-35	686-694	687.25	693.75	690
	-36	694-702	695.25	701.75	698
	-37	702-710	703.25	709.75	706
	-38	710-718	711.25	717.75	714
	-39	718-726	719.25	725.75	722
	-40	726-734	727.25	733.75	730
	-41	734-742	735.25	741.75	738
	-42	742-750	743.25	749.75	746
-43	750-758	751.25	757.75	754	

(续表)

频段	频道	频带(MHz)	图象载频	伴音载频	中心频率
V	-44	758-766	759.25	765.75	762
	-45	766-774	767.25	773.75	770
	-46	774-782	775.25	781.75	778
	-47	782-790	783.25	789.75	786
	-48	790-798	791.25	797.75	794
	-49	798-806	799.25	805.75	802
	-50	806-814	807.25	813.75	810
	-51	814-822	815.25	821.75	818
	-52	822-830	823.25	829.75	826
	-53	830-838	831.25	837.75	834
	-54	838-846	839.25	845.75	842
	-55	846-854	847.25	853.75	850
	-56	854-862	855.25	861.75	858
	-57	862-870	863.25	869.75	866
	-58	870-878	871.25	877.75	874
	-59	878-886	879.25	885.75	882
	-60	886-894	887.25	893.75	890
	-61	894-902	895.25	901.75	898
	-62	902-910	903.25	909.75	906
	-63	910-918	911.25	917.75	914
	-64	918-926	919.25	925.75	922
	-65	926-934	927.25	933.75	930
	-66	934-942	935.25	941.75	938
	-67	942-950	943.25	949.75	946
	-68	950-958	951.25	957.75	954

按照我国无线电、电视频率划分标准,电视广播中的1~12频道属甚高频段、常用英文字母缩写成VHF表示;电视广播中的13~68频道属特高频段,用英文字母缩写成UHF表示。在卫星直播电视系统中,采用频率从2.5~12GHz,称为SHF频段,属超高频段。VHF频段中的调频立体声广播,频率则从88~108MHz,用FM表示。

二、电视接收天线的分类

电视接收天线可以根据其工作频段、结构、架设场所等进行分类。

按照电视频道的划分,电视接收天线可相应地被分为VHF电视接收天线和UHF电视接收天线,进一步则可分为单频道电视接收天线、宽频道电视接收天线和UHF/VHF全频道电视接收天线。

按架设场所可简单地将其分为室内电视接收天线和室外电视接收天线。

按结构形式分,可分为V形天线、引向天线、背射天线、对数周期天线等。

此外,还可简单地把它分为有源电视天线或无源电视天线,以及按增益分的高增益、中增益或低增益接收天线。

三、分贝表示法

在电视接收技术中,常用分贝(dB)表示场强的大小、电压的高低以及各种电视接收天线的电性能参数(如增益、前后比等)。实际应用中,使用dB作计量单位可以简化运算,迅速方便地算出接收天线的各种电参数,从而正确地评价接收系统的接收质量。

1. 分贝与场强、电压的关系

电场强度以伏/米(V/m)来计量。常用的场强单位为毫伏/米和微伏/米,分别用mV/m及 $\mu\text{V}/\text{m}$ 表示。它们有如下关系:

$$1\text{ V}/\text{m}=10^3\text{ mV}/\text{m}=10^6\mu\text{V}/\text{m}.$$

电压的计量单位用V、mV、 μV 表示。

在电视接收技术中,用分贝表示场强与电压值。规定:

$$0\text{ dB}=1\mu\text{V}/75\Omega$$

即在 75Ω 的电阻上具有 $1\mu\text{V}$ 的电压值为0dB。同样0dB也可表示为

1 $\mu\text{V}/\text{m}$ 的场强值,也可写作 $\text{dB}\mu\text{V}$ 。它们之间的换算关系由下式给出:

$$\text{dB}\mu\text{V} = 20 \lg \mu\text{V}$$

$$\mu\text{V} = 10^{\frac{\text{dB}}{20}}$$

表 1-2 给出了 $\text{dB}\mu\text{V}$ 与 μV 、 mV 的转换关系。

表 1-2 (0 $\text{dB} = 1 \mu\text{V}/75 \text{m}$)

	0 $\text{dB}\mu\text{V}$	1 $\text{dB}\mu\text{V}$	2 $\text{dB}\mu\text{V}$	3 $\text{dB}\mu\text{V}$	4 $\text{dB}\mu\text{V}$
0 $\text{dB}\mu\text{V}$	1.00	1.12	1.25	1.41	1.59
10 $\text{dB}\mu\text{V}$	3.16	3.55	3.98	4.47	5.01
20 $\text{dB}\mu\text{V}$	10.0	11.2	12.5	14.1	15.9
30 $\text{dB}\mu\text{V}$	31.6	35.5	39.8	44.7	50.1
40 $\text{dB}\mu\text{V}$	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16
50 $\text{dB}\mu\text{V}$	0.32	0.36	0.40	0.45	0.50
60 $\text{dB}\mu\text{V}$	1.00	1.12	1.25	1.41	1.59
70 $\text{dB}\mu\text{V}$	3.16	3.55	3.98	4.47	5.01
80 $\text{dB}\mu\text{V}$	10.0	11.2	12.5	14.1	15.9
90 $\text{dB}\mu\text{V}$	31.6	35.5	39.8	44.7	50.1
100 $\text{dB}\mu\text{V}$	100	112	125	141	159
110 $\text{dB}\mu\text{V}$	316	355	398	447	501
120 $\text{dB}\mu\text{V}$	1000	1122	1259	1413	1585

	5 $\text{dB}\mu\text{V}$	6 $\text{dB}\mu\text{V}$	7 $\text{dB}\mu\text{V}$	8 $\text{dB}\mu\text{V}$	9 $\text{dB}\mu\text{V}$	
0 $\text{dB}\mu\text{V}$	1.78	2.00	2.24	2.51	2.82	μV
10 $\text{dB}\mu\text{V}$	5.62	6.31	7.08	7.94	8.91	μV
20 $\text{dB}\mu\text{V}$	17.8	20.0	22.4	25.1	28.2	μV
30 $\text{dB}\mu\text{V}$	56.2	63.1	70.8	79.4	89.1	μV
40 $\text{dB}\mu\text{V}$	0.18	0.20	0.22	0.25	0.28	mV
50 $\text{dB}\mu\text{V}$	0.56	0.63	0.71	0.79	0.89	mV
60 $\text{dB}\mu\text{V}$	1.78	2.00	2.00	2.51	2.82	mV
70 $\text{dB}\mu\text{V}$	5.62	6.31	7.08	7.94	8.91	mV
80 $\text{dB}\mu\text{V}$	17.8	20.0	22.4	25.1	28.2	mV
90 $\text{dB}\mu\text{V}$	56.2	63.1	70.8	79.4	89.1	mV
100 $\text{dB}\mu\text{V}$	178	200	224	251	282	mV
110 $\text{dB}\mu\text{V}$	562	631	708	794	891	mV
120 $\text{dB}\mu\text{V}$	1778	1995	2239	2512	2818	mV

2. 分贝与增益、衰减倍数的关系

电视接收天线的性能参数是用分贝表示的，利用仪器测试到的天线特性及馈线的衰减特性也可用分贝表示。正分贝表示增益，负分贝表示衰减。分贝与增益或衰减系数 K 的关系如下：

$$\text{dB} = 20 \lg K \quad K = 10^{\frac{\text{dB}}{20}}$$

表 1-3 给出了从 0~70 dB 内的增益及衰减系数的关系。

例如：某天线的增益为 8 dB，前后比为 14 dB。则表示该天线的电压增益是半波天线的 2.5 倍，前向接收能力比后向接收能力强 5.056 倍。 $F/B = 14 \text{ dB} = 10 \text{ dB} + 4 \text{ dB} = 3.16 \times 1.60 = 5.056$ (倍)。

表 1-3

	增益	衰减		增益	衰减		增益	衰减
0 dB	1.00	1.00	4.5 dB	1.67	0.60	9.0 dB	2.82	0.35
0.5 dB	1.06	0.94	5.0 dB	1.78	0.56	9.5 dB	3.00	0.33
1.0 dB	1.12	0.89	5.5 dB	1.88	0.53	10.0 dB	3.16	0.3285
1.5 dB	1.19	0.84	6.0 dB	2.00	0.50	20.0 dB	10.00	0.1000
2.0 dB	1.25	0.80	6.5 dB	2.12	0.47	30.0 dB	31.60	0.03165
2.5 dB	1.33	0.75	7.0 dB	2.24	0.45	40.0 dB	100	0.10000
3.0 dB	1.41	0.71	7.5 dB	2.37	0.43	50.0 dB	316	0.003165
3.5 dB	1.50	0.67	8.0 dB	2.50	0.40	60.0 dB	1000	0.001000
4.0 dB	1.60	0.63	8.5 dB	2.66	0.38	70.0 dB	3160	0.0003165

四、接收电视广播的特点

电视广播的频道划分和发射距离是与电视信号的传播特性直接相关的。全频道电视划分成甚高频(VHF)和特高频(UHF)两个超短波段，电视信号基本上是按视距传播的。在某些特殊情况下，通过绕射、折射、散射或反射，也可能使接收距离大大超过视距。

1. 电视信号的视距传播

视距传播是指由电视发射台在直视距离内直接将信号射向接收点。通过视距传播的电视信号强而且稳定，接收质量比较可靠，这是电视信号传播的主要途径。视距传播的距离会受到地球曲率半径的限制，它还与发射天

线和接收天线的架设高度有关。如已知接收、发射天线的架设高度 h_1 和 h_2 , 就可以通过式(1.1)确定视距传播的距离 D :

$$D=4.12(\sqrt{h_1(m)} + \sqrt{h_2(m)}) \text{ (km)} \quad (1.1)$$

要增大电视直视距离, 电视发射天线和电视接收天线都要尽量架高。除高山建台外, 电视直视距离一般不超过 100 km。

例: 上海电视台的发射天线高约 200 m, 当接收天线高 20 m 时, 直视距离为:

$$D=4.12(\sqrt{200} + \sqrt{20})=76.7 \text{ km}$$

即在距电视台 76 km 内, 能实现稳定的电视接收。

电视信号的传播还与地形有关, 在线路起点附近, 地势平坦, 场强均匀减弱, 而且场强随地形增高而增强。在山峰后面, 场强会急剧减小, 形成寂

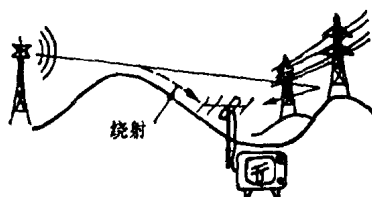


图 1-2

静区。更远时, 地势又趋平坦, 场强保持稳定不变。在传播途径中, 电磁波绕过障碍物继续传播的现象称为电磁波的绕射(图 1-2)。电磁波频率越低, 绕射的能力越强。由电视发射天线直接

到达接收天线的电磁波称直射波。而当电磁波射向高楼等建筑物, 部分被吸收, 部分被反射, 这种现象称为信号的吸收和反射。反射后到达天线的电磁波称为反射波。

市内接收的特点: 在市区, 距电视台很近的地方, 往往是强信号地区, 场强可达 80 dB 以上。使用简单的室内天线就可获得较满意的图象质量。但是这类地区往往高楼林立, 环境复杂, 因此各个接收点的场强是从电视台发射天线的直射波和大量从地面和建筑物上反射的波相互干涉(相加或相减)的结果。在小范围内, 场强甚至相差几十倍。在室内需要调整电视天线的安放位置、天线的长度和方向等。电磁波在传播途径中遇有高层建筑时, 建筑物后面会出现一个信号受到削弱的绕射区和一个紧贴建筑物背面的无信号的寂静区。若电波的吸收、反射造成室内信号过弱或重影干扰严重(图 1-3), 那就应该使用室外天线了。

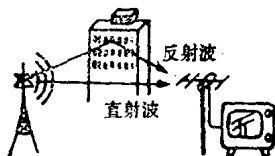


图 1-3

在这种情况下, 可以选择价廉、小型、便于架设的天线, 即使是负增益