

电子工业出版社

电子工业出版社

郭福越等 编

戴金珍 审

# 电视接收天线 实用手册

# 电视接收天线实用手册

郭景越等 编

戴金珍 审

电子工业出版社

## 内 容 简 介

本书共分十二章：概述；电视接收天线的基础理论及主要参数；设计电视接收天线的主要原则；家用定向接收天线的设计；船用电视接收天线的设计；卫星直播电视接收天线的设计；几种新型电视接收天线；有源电视接收天线；家用电视接收天线；天线阻抗匹配器；天线参数的测量；天线的安装与调试。本书重点介绍了家用定向天线、船用天线、卫星直播天线、新型天线的设计，并有设计实例。对于天线的安装调试及阻抗匹配等问题也做了详细的介绍。

### 电视接收天线实用手册

郭景越等 编

赵金珍 审

责任编辑 王昌喜

电子工业出版社出版（北京海淀区万寿路）

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

北京燕文印刷厂印刷

开本：850×1168毫米 1/32 印张：13.25 字数：330千字

1989年4月第一版 1989年4月第一次印刷

印数：1—19,200册 定价：5.65元

ISBN7-5053-0499-2/TN·179

# 前 言

在我国电视事业蓬勃发展的新形势下，电视机已进入全国城乡亿万家庭，极大地丰富了人们的政治、文化生活。为了解决各种环境中收看好电视节目，我们根据多年来从事天线工程设计的实际经验，在搜集、消化国内外大量资料的基础上，编写了《电视接收天线实用手册》一书，供广大读者参考。

本书通俗易懂，理论与实用融为一体，既有理论知识，又有实用价值，从各种角度比较广泛地分析介绍了电视接收天线系统，尤其是对近几年发展起来的新型电视接收天线做了较详细的介绍，目的是使读者了解电视接收天线及其功能、天线的选用、制造和加工方法。此书集合了大量不同形式电视接收天线的数据和图表，可供有关专业工程技术人员参考；对于一般读者，此书可做为科普读物，了解天线的基础知识；对于拥有电视机的用户，根据实际情况，则可参考此书设计制作出性能优良、美观耐用的电视接收天线，并可参照此书自行安装、调试。

由于时间仓促，加之我们的水平有限，在编写过程中，难免有些不足之处，欢迎广大读者批评指正。

本书由郭景越同志担任主编，湖北省电子学会天线研究会副主任、高级工程师戴金珍同志担任主审，最后由北京邮电学院副教授白金榜同志阅改定稿。参加本书审阅工作的还有武汉船舶通信研究所所长、研究员张远槐同志和高级工程师张大奎同志。

郭景越同志编写第一、二、四、八、十章及第七章第二、

节；杨向阳同志编写第三章和第九章第一、二、三、五节及第七章第四、五节；李君祥同志编写第五、六章；刘新安同志编写第七章第一节和第九章第四节；韩庭樟同志编写第十一、十二章。

郭秀芳同志为本书绘制了大部分图表。

本书在编写过程中得到了王体浩同志的支持和帮助。他提出了很多有益的建议。特此致谢！

编 者 1988年9月

# 目 录

<b>第一章 概述</b> .....	( 1 )
§1.1 电视接收天线的地位和作用 .....	( 1 )
§1.2 电视接收天线的分类 .....	( 2 )
§1.3 对电视接收天线的要求 .....	( 4 )
§1.4 电视信号的传播 .....	( 5 )
<b>第二章 电视接收天线的基础理论及主要参数</b> .....	( 10 )
§2.1 电视接收天线的基础理论 .....	( 10 )
§2.2 电视接收天线的主要参数 .....	( 25 )
§2.3 某些常用术语的定义 .....	( 31 )
<b>第三章 设计电视接收天线的主要原则</b> .....	( 33 )
§3.1 接收频道的数目 .....	( 33 )
§3.2 接收点场强 .....	( 34 )
§3.3 接收电视图象的要求 .....	( 37 )
§3.4 良好的阻抗匹配 .....	( 39 )
§3.5 周围环境干扰源 .....	( 42 )
§3.6 电视接收天线所需的增益 .....	( 44 )
<b>第四章 定向天线的设计</b> .....	( 49 )
§4.1 引向天线的设计 .....	( 49 )
§4.2 对数周期天线的设计 .....	( 61 )
<b>第五章 船用电视接收天线的设计</b> .....	( 81 )
§5.1 船用电视接收天线的性能要求 .....	( 81 )
§5.2 全向全频道“组合型”船用电视接收天线的 设计 .....	( 81 )

§5.3	船用全向对数周期电视接收天线的设计 .....	( 96 )
§5.4	全向等角螺旋天线的设计 .....	( 103 )
§5.5	两种实用的全向等角螺旋天线 .....	( 113 )
<b>第六章</b>	<b>卫星直播电视接收天线的设计 .....</b>	<b>( 118 )</b>
§6.1	卫星直播电视接收天线的性能要求 .....	( 120 )
§6.2	接收天线的主要参数 .....	( 122 )
§6.3	天线增益的确定 .....	( 126 )
§6.4	几种天线的增益、优缺点的比较 .....	( 129 )
§6.5	螺旋天线的设计 .....	( 130 )
§6.6	背射天线的设计 .....	( 138 )
§6.7	新型背射螺旋天线的设计 .....	( 152 )
§6.8	抛物面天线的设计 .....	( 154 )
<b>第七章</b>	<b>几种新型电视接收天线的设计 .....</b>	<b>( 162 )</b>
§7.1	弯曲振子电视接收天线 .....	( 162 )
§7.2	新型宽频带高增益电视接收天线 .....	( 180 )
§7.3	新型VHF全频道电视接收天线 .....	( 185 )
§7.4	高增益窄波束电视接收天线 .....	( 191 )
§7.5	锯齿型天线 .....	( 197 )
<b>第八章</b>	<b>有源电视接收天线 .....</b>	<b>( 200 )</b>
§8.1	有源电视接收天线的特点 .....	( 200 )
§8.2	有源电视接收天线的设计 .....	( 204 )
§8.3	有源电视接收天线的设计举例 .....	( 213 )
§8.4	介绍几种有源电视接收天线 .....	( 215 )
<b>第九章</b>	<b>实用电视接收天线 .....</b>	<b>( 222 )</b>
§9.1	弱方向性天线 .....	( 222 )
§9.2	单频道定向接收天线 .....	( 231 )
§9.3	多频道电视接收天线 .....	( 259 )
§9.4	室内电视接收天线 .....	( 299 )

§9.5	国外电视接收天线介绍 .....	( 321 )
<b>第十章</b>	<b>天线阻抗匹配器</b> .....	( 334 )
§10.1	阻抗匹配器的作用 .....	( 334 )
§10.2	常用阻抗匹配器 .....	( 335 )
§10.3	匹配器与天线、馈线的连接方法 .....	( 347 )
<b>第十一章</b>	<b>电视接收天线参数测量</b> .....	( 351 )
§11.1	驻波比的测量 .....	( 352 )
§11.2	电视接收天线增益测量 .....	( 361 )
§11.3	电视接收天线方向图测量 .....	( 364 )
<b>第十二章</b>	<b>电视接收天线的安装与架设</b> .....	( 366 )
§12.1	电视接收天线的架设 .....	( 366 )
§12.2	电视接收天线架设场地的确定 .....	( 367 )
§12.3	电视接收天线的地面架设 .....	( 369 )
§12.4	电视接收天线的楼顶架设 .....	( 378 )
§12.5	电视接收天线的技术安全 .....	( 381 )
§12.6	传输线的作用和电视接收用传输线的常用 类型 .....	( 384 )
§12.7	天线常用材料 .....	( 390 )
<b>附录</b>	.....	( 394 )
附录一	常用量纲对照表 .....	( 394 )
附录二	无线电频段表 .....	( 395 )
附录三	我国电视频道划分表 .....	( 396 )
附录四	分贝与电压比、功率比换算表 .....	( 398 )
附录五	驻波比、反射系数模与反射损耗对照表 .....	( 406 )
附录六	常用电缆主要参数表 .....	( 409 )
附录七	世界电视制式 .....	( 410 )
<b>主要参考文献</b>	.....	( 414 )



# 第一章 概 述

## §1·1 电视接收天线的地位和作用

各种彩色、黑白电视机都需接收天线。虽然它们的形状各异，但是都是为了完成同一使命，即将分布在空间里载荷电视信号的电磁能量转换为射频电流，通过馈线送到电视机，再由电视机将此信号进行放大和变换，使显象管显示出图象，扬声器产生伴音。天线就犹如电视机的“耳目”，有了“耳目”电视机才能“看得清”和“听得见”。

通常，设计良好的电视接收天线，不但能有效地进行电磁能量的转换，保证电视机输入端得到足够的电视信号强度，以满足基带解调器对载波功率的要求，获得清晰、稳定的彩色、黑白的图象，而且也能满足体积小、重量轻、抗风力强、容易制造、廉价、安装方便等一般的技术要求。反之，电视机若没有接收天线或者有质量低劣的接收天线，即使在电视信号复盖区域内，仍然会收不到电视信号或者能收看到电视节目而图象、伴音的质量很差。方向性强的接收天线，当它的最大接收方向对准电视台方向时，它对电视台发射来的电视信号接收能力最强，而对其它方向传来的无线电波和干扰信号接收很弱或不接收，这样就可以抑制不需要方向的干扰信号，提高了抗干扰能力，亦可消除或改善多径反射的重影干扰。同时，值得提出，因为电视信号占用的频带宽，工作频率高，传播衰减大等特点，以致使不同地区、不同环境的场强分布大小不同，对电视接收天线的要求也不一样，如果对天线的选择使用不当，或安装不好，都会影响图象的质量，即使有了性能良好的接收天线，也

不一定能够得到好的收看效果，如果盲目追求高增益的接收天线，有可能会适得其反，造成不必要的浪费。设计性能良好的电视接收天线固然重要，而正确选择和安装电视接收天线也同样不可忽视。因此，如何选择、设计、制造和安装电视接收天线？如何消除和改善重影？如何进行远距离接收？等等问题，已成为千家万户收看好电视节目所关心的问题。

## §1.2 电视接收天线的分类

电视接收天线种类很多，分类方法也很多，常见的可按其使用场所，技术性能和频段来进行分类。若按其使用场所分类，可分为室内天线和室外天线；若按技术性能分类，可分为弱方向性天线和强方向性天线，窄频带天线和宽频带天线；若按其电视频段来分类，可分为VHF频段天线，UHF频段天线和全频段天线。下面就以上分类的天线进行简述。

### 一、室外天线

室外天线是指安装在室外的电视接收天线。它的特点是天线增益高，方向性能好，接收距离远。但体积大，安装比较复杂。适于电视信号较弱的城乡使用。对于单频道、高增益的室外天线，更适用于远离电视台的农村。常用的天线有八木天线，对数周期天线等。

### 二、室内天线

室内天线是指安装在室内的电视接收天线。它的优点是安装方便，所占体积小，但天线的增益较低，效果较差。适用于离电视台较近的地区使用。常用的室内天线有拉杆天线、羊角天线等。

### 三、单频道天线

单频道天线只能接收某一频道的电视节目。接收多频道电视节目的地区不适于用这类天线，常用的单频道天线有八木天线、基

半波振子天线、折合振子天线等。

#### 四、多频道天线

接收两个以上频道电视节目的天线称为多频道电视接收天线，比如在VHF频段，用以接收1~5频道电视节目，称为低频段电视接收天线，用以接收6~12频道电视节目，称为高频段电视接收天线。常用的天线有：复合天线，对数周期天线，X型天线，双折合天线等。

#### 五、全频道天线

能接收VHF~UHF频段的电视接收天线称为全频道天线。有时按波段划分，能接收全波段的天线也称为全频道天线。常用的天线有：对数周期天线，组合天线等。

#### 六、强方向性天线

强方向性天线是指增益很高，方向图尖锐，接收距离较远的天线。常用的天线有八木天线等。

#### 七、弱方向性天线

弱方向性天线是指增益较低、近距离接收的天线。如对称振子天线，折合振子天线等。

#### 八、全方向性天线

全方向性天线是指在任何方位角度均可接收到满意的电视信号的天线。这种天线常用于船舶，如全向全频道“组合型”船用电视接收天线，船用全向对数周期电视接收天线，全向等角螺旋电视接收天线等。

#### 九、按频段分类

按频段分类可划分为VHF频段用天线和UHF频段用天线。其中VHF频段全频道天线（1~12频道），频率范围为48.5~223MHz，低频道天线（1~5频道），频率范围为48.5~92MHz，高频段天线（6~12频道），频率范围为167~223MHz；UHF频段全频道天线（13~68频道），频率范围为470~958MHz，低频道天线（13~

24频道)，频率范围为470~566MHz，中频道天线（25~36频道），频率范围为606~702MHz，高频道天线（37~68频道），频率范围为702~958MHz。

### §1.3 对电视接收天线的要求

#### 一、天线的结构要求

在研制电视接收天线的过程中，一般天线的结构设计应首先考虑满足电气性能的要求，同时还要满足机械设计要求：

（一）使用方面的要求——尺寸和重量的限制；维修方便；调试简单；价格便宜。

（二）性能方面的要求——强度设计刚性好；耐腐蚀的表面处理；耐环境化（防水、防尘、耐老化）。

（三）制造方面的要求——工艺简单；易安装，包装美观。

（四）安全方面的要求——防雷等。

#### 二、其它考虑

除了上述要求，结构设计人员，对三种类型天线还须考虑如下问题。

（一）室外天线，由于建筑物高，方向性及接收信号强，故主杆设计不高；为使主杆形成一个牢固支座，对三米以上高度的天线都要加拉绳。主杆上水平放置由不同长度和不同形状的硬振子组成的多元多层的天线，此时还要加支承臂以防弯曲变形。

（二）室内天线，处于弱信号区，受外界屏蔽、吸收、辐射的影响很大，故要求天线结构设计能够克服上述影响，需要天线长度、方位、夹角均能任意方便调整或自动跟踪调整，同时要求天线轻便可移动并有一定的装饰性，所以结构设计比较复杂并有简易的传动装置。

如果处于距发射台近的地区，电视信号强，则可选用简易的拉

杆天线。

(三) 共用天线，在室外由一个天线系统接收来的电视信号合理地分配到各个电视机，它的组成部分有主杆、前端、干线和分配分支三个部分。主杆由于承担负荷、重力、风力影响，适当计算承受耐风的强度是必要的，以满足动态强度和刚性。主杆设计要克服风压载荷及支架附件的风压载荷的相加作为主杆的弯曲力矩。因此为使主杆能耐这些载荷，主杆要有一定的强度和地基承载力。当负载加大时，不单靠主杆本身，还要通过拉绳来加固，这种情况下主杆和拉绳的载荷比取9:1，为此一般主杆的垂直载荷能基本满足技术要求。

### 三、材料的选择和制造

能够传导电流的导体都可以制作天线的振子，导体应具有一定强度、重量轻、价格便宜的优点。一般选用铝管、板条、型材均可。

凡需要与主杆绝缘的地方，选用能承受一定拉力的条形的绝缘子，交叉地方采用十字形状固定振子，材料用胶木板、塑料板或防老化好的聚乙烯材料均可。

防止腐蚀及防水防尘措施一般采用电镀氧化处理（因为受到电气性能要求），特殊要求根据实践经验进行具体处理。

## §1.4 电视信号的传播

电视信号离开电视台的发射天线以后，以电磁波的形式向四面八方辐射。这种辐射，就象平静的湖水抛进一块石头出现的水波一样，一起一伏地向四面八方传播。在传播过程中，交变的电场在它的周围感应出交变的磁场，交变的磁场感应出交变的电场，依次不断地循环，使交变电磁场在空中快速扩散，由近及远把信号传播出去。

由于电视信号以电磁波的形式在自由空间传播，因此，必然具有电磁波的一般特点。电视信号传播的特点如下。

### 一、电视信号的传播速度

电视信号在真空中传播时，其传播速度为：

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (\text{米/秒}) \quad (1.1)$$

式中 $\epsilon_0$ ——介电常数；

$\mu_0$ ——导磁率。

真空中的 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$  法拉/米， $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  亨/米，代入上式有：

$$v = 2.998 \times 10^8 \text{ 米/秒} \approx 3 \times 10^8 \text{ 米/秒}.$$

从上式可以看出，电视信号在真空中的传播速度与光速是相同的。光速 $c$ 与电视信号的频率 $f$ ，电视信号波长 $\lambda$ 有如下关系：

$$\begin{cases} c = f \cdot \lambda \\ \lambda = c/f \\ f = c/\lambda \end{cases} \quad (1.2)$$

不同频率的电视信号其波长是不同的。频率越高，波长越短。但是，无论电视信号的频率（波长）如何变化，它们在自由空间传播的速度是不变的。因此，知道电视信号的频率 $f$ ，就可以直接算出电视信号的波长。

### 二、电视信号传播的特性

电视信号在空间传播的每一瞬间，电场能量与磁场能量频繁地进行交换。电场 $E$ 与磁场 $H$ 之间的关系，犹如电压与电流关系。因此，电场与磁场之比也称阻抗，这种阻抗称为“波阻抗”以 $\eta_c$ 表示：

$$\eta_c = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120\pi \text{ 欧姆} \quad (1.3)$$

在传播过程中的每一瞬间，电场能量与磁场能量相等。因此，天线接收电视信号波，实际上就是接收电视信号波的电场能量或接收电视信号波的磁场能量。

### 三、直射波

#### (一) 地波不能传播较远的距离

沿着地球表面传播的电磁波称为地波。地波传播的距离与大地损耗有密切的关系，而大地的损耗又与频率有关。频率越高则损耗越大。由于扩散引起的自然衰减和地面对电磁波的吸收损耗，使地波在传播过程中随着距离的加大而逐步衰减。也就是说，频率越高衰减越大，传播的距离也就愈近。对于频率较高的VHE、UHF波段，由于地波衰减很快，因此不能用它将电视信号传播到较远距离。

#### (二) 电离层反射波一般不能到达地面

由于发射天线向天空发射并经电离层反射传播到电视机的电磁波称为电离层反射波。距地面约100公里的高空厚约20公里的电离层称为E层，在夜间，它使中波反射而传向远方。距地面约200~400公里的电离层称为F层，短波经F层反射也能传播得很远。距地面约70~80公里的电离层称为D层（如图1-1所示）。由于电视信号频率比中、短波高，所以一般都穿透电离层而射向宇宙空间。但



图1-1 电离层的结构

在太阳活动激烈期间，F层电子浓度加大，有可能使电视信号反射，有些电视机在频率低端能收看到800~2000公里以外的电视信号。

电离层反射电磁波的物理过程，主要是电离层

介电常数的变化所引起的。

### (三) 直射波

直线传播的电磁波称为直射波（也称直接波）。直射波通常经两个途径到达接收点：一是直接从发射天线将信号传给接收天线；二是经地面反射到接收天线。在直视距离以内，电视信号强而稳定，接收质量比较可靠，这是电视信号传播的主要途径。由于地球是一个接近球形的大椭球，因此电视信号传播的直视距离会受到地球曲率半径的限制，如图1-2所示。

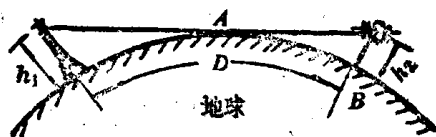


图1-2 直视距离与地球曲率的关系

由图可见，以地球表面为准直视距离只能到图中A点处，如果要在B点处收看电视节目，就必须把电视天线架高。考虑到大气层对电视信号的折射，最大直视距离 $r$ 可由下式近似计算：

$$r = 4.12 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \text{ 公里} \quad (1.4)$$

式中， $h_1$ ——电视发射天线的高度（单位米）；

$h_2$ ——电视接收天线的高度（单位米）。

由(1.4)式可见，要使直视距离加大，在发射天线高度一定时必须设法把接收天线架高。

必须明确指出，电视接收效果的好坏，不仅与天线架设的高度有关，还与发射台的发射功率、收发天线的性能、收发点之间的距离和接收天线的环境等因素有关。接收的范围及效果并不是只靠简单地架高天线能够解决的。在发射天线、接收天线之间的距离不变的情况下，接收功率与距离成反比。在距电视台较远，但仍然位于直视距离之内的接收点，往往需要用高增益定向天线，以便在电场很弱的情况下，使电视机仍然能从接收天线上得到足够大的电视信



号，以维持正常的收看效果。

总而言之，直射波的传播主要受天线高度、地球曲率半径，地理条件、气候等影响。天线越高，地形越平坦，传播距离越远。由于地球是圆形球体，显然，在一般情况下，直射波传播距离为直视距离，也称视线距离。

#### (四) 反射波

电磁波由一种媒质传播到另一种媒质时，由于两种媒质的介电常数不同，它的传播速度发生变化，其传播方向在两种媒质交界处也要改变，电磁波射线发生弯曲，一部分传到另一种媒质，另一部分又返回到原来的媒质中去，反射回来的电磁波叫反射波，由于直射波和反射波到达接收点的路径不一，存在着路径差 $\Delta r$ ，因此，某一接收点信号场强的大小，取决于直射波和反射波的矢量和，可能增强，也可能减弱。直射波与反射波的路径差与天线的高度成正比，和接收点与电视发射台的距离成反比。

$$\Delta r \approx \frac{2h_1 h_2}{d^2}$$

式中， $h_1$ 、 $h_2$ —收发天线高度，

$d$ ——接收点与电视发射台的距离。

因此，根据直射波和反射波的矢量和特性，移动接收天线的位置或改变天线的架设高度，都可以有效地改善接收电视信号的效果。