

普通高等教育“十一五”规划教材

# 有线电视

## ——实用技术与新技术

(第二版)

主编 王慧玲



西安电子科技大学出版社  
XIDIAN UNIVERSITY PRESS

普通高等教育“十一五”规划教材

# 有线电视——实用技术与新技术

(第二版)

王慧玲 主编

西安电子科技大学出版社

## 内 容 简 介

本书全面系统地讲述了有线电视领域的实用技术与新技术。全书共分7章,包括有线电视技术基础,有线电视系统的主要部件及设备,有线电视系统的工程设计,有线电视的安装、调试、验收与维护,双向有线电视系统,光纤有线电视系统,有线电视新技术。

本书内容丰富详实、实用性强。每章之后附有练习题,以便于读者思考和巩固学习内容。

本书可供高等学校电子技术专业、通信专业、广播电视专业、有线电视工程专业等教学使用,也可作为电子工程师继续教育及电视台技术人员岗位培训的教材,还可供广播电视、有线电视网络建设和网络维护从业人员阅读参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

有线电视:实用技术与新技术/王慧玲主编. —2版. 西安:西安电子科技大学出版社,2010.6

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2418-1

I. 有… II. 王… III. 有线电视—技术—高等学校—教材 IV. TN949.194

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 052554 号

策 划 马乐惠

责任编辑 张 媛 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2010年6月第2版 2010年6月第6次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 16.5

字 数 385千字

印 数 22 001~25 000册

定 价 24.00元

ISBN 978-7-5606-2418-1/TN·0561

**XDUP 2710002-6**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

# 前 言

《有线电视——实用技术与新技术》第一版出版之后受到广大读者的欢迎，特别是对高等院校的学生学习有线电视技术，了解该领域的实用技术和新技术，提高有线电视工程实施能力等起到了很好的促进作用。

进入 21 世纪以来，信息技术发展更加迅猛，信息服务的形式和种类也更加多样化。有线电视作为电视广播的一种方式，以其信号稳定、频带宽等优势得到了更多的应用。以同轴电缆、光缆、微波、卫星通信等介质为载体的有线电视网络，正在融合电信网和计算机网而形成宽带化、数字化、智能化、综合化的现代电视网络。正因为如此，《有线电视——实用技术与新技术》第一版面世之后，历经十余年仍然受到读者的喜爱。但是，考虑近年来有线电视技术的新发展，为了使该书内容适应当前技术工作的需要，我们对原书进行了修编。修编后的第二版保留了第一版实用性强的特点，补充了先进技术，删除了相对滞后的内容，并适当减少了繁琐的理论分析，方便更多的读者阅读。

本书共由 7 章内容构成：第 1 章为有线电视技术基础，介绍了与有线电视技术相关的基础理论，有线电视技术的发展，有线电视系统的组成、功能、频率配置和相关指标；第 2 章为有线电视系统的主要部件及设备，介绍了有线电视系统部件及设备的功能、原理电路和性能指标；第 3 章为有线电视系统的工程设计，详细讨论了系统的设计方法，并给出了设计实例；第 4 章为有线电视的安装、调试、验收与维护；第 5 章为双向有线电视系统，介绍了双向有线电视系统的原理、组成及实际系统；第 6 章为光纤有线电视系统，深入讨论了光纤有线电视系统的传输原理、设备、网络结构及设计等问题；第 7 章为有线电视新技术，讲述了加扰和解扰技术、多媒体技术、数字电视技术、交互电视技术，并介绍了机顶盒和电缆调制解调器等设备。书中打“★”号的为选讲内容。

本书编者力图科学、系统、完整地介绍有线电视技术的发展和應用。通过阅读本书，读者可以较全面地了解有线电视技术，基本掌握中、小型有线电视系统的设计和维护技术。

本书由王慧玲担任主编，易兴俊、武祥、刘泽瑞、魏玉敏、李鹏、赵玉娟、刘卫东等参加了编写工作。全书由王慧玲统稿。周永金老师仔细审阅了全书，提出修改意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 2 月

# 第一版前言

有线电视(Cable Television——CATV)在我国已获得了极大发展和广泛应用,越来越多的用户通过有线电视系统来收看众多高质量的电视节目。随着社会的发展和科技进步,特别是交互电视网的建成,有线电视网已成为中国信息高速公路的组成部分。有线电视已经并将极大地改变人们的工作方式和生活方式。

本书是为了适应有线电视技术的发展而编写的,除了介绍有线电视的实用技术外,还用大量篇幅介绍了有线电视的新技术。全书共分八章。第一章概述,介绍了与有线电视相关的基本概念。第二章介绍有线电视系统的主要部件及设备,给出了有线电视常用有源、无源器件及设备的原理、电路和性能指标。第三章详细讨论了有线电视系统的工程设计并给出了设计实例。第四章叙述有线电视系统的安装、调试、验收与维护问题。从第五章起介绍有线电视的新技术。第五章双向有线电视系统,介绍了双向有线电视系统的原理、组成及实际系统。第六章讲述并介绍了电视信号的加密技术及付费电视问题。第七章光纤CATV系统,深入讨论了光纤CATV系统原理、设备、网络结构及设计、设备选择等问题。第八章介绍交互电视网及CATV系统与信息高速公路的关系。本书取材丰富,内容详实,选题新颖。读者阅读本书后,基本上能掌握中、小型有线电视系统的设计和维修能力,并对未来若干年内有线电视技术的发展有相当深入的了解。

本书由王慧玲主编,胥凌、易兴俊参编,并由王慧玲对全书文稿进行了统一的修改、编辑和终审。

由于编者水平所限,错误、疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。参考文献未一一列出,在此对其著作者一并致谢。

编 者

1998年8月

# 目 录

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| <b>第 1 章 有线电视技术基础</b>      | <b>1</b>  |
| 1.1 有线电视基础理论               | 1         |
| 1.1.1 无线电波                 | 1         |
| 1.1.2 射频电视信号的传输特点          | 6         |
| 1.1.3 噪声的理论基础              | 11        |
| 1.1.4 非线性失真的理论基础           | 16        |
| 1.1.5 反射的理论                | 19        |
| 1.1.6 系统的性能参数              | 21        |
| 1.2 有线电视系统的概念              | 25        |
| 1.2.1 有线电视系统发展概述           | 25        |
| 1.2.2 现代有线电视系统特点           | 25        |
| 1.3 有线电视系统的组成              | 26        |
| 1.4 广播电视的频道划分与频率配置         | 30        |
| 1.4.1 无线广播电视的频道划分与频率配置     | 30        |
| 1.4.2 有线电视系统的频率配置          | 32        |
| 练习题 1                      | 35        |
| <b>第 2 章 有线电视系统主要部件及设备</b> | <b>36</b> |
| 2.1 接收天线及自办节目设备            | 36        |
| 2.1.1 电视接收天线概述             | 36        |
| 2.1.2 电视接收天线的馈电系统          | 40        |
| 2.1.3 常用接收天线               | 42        |
| 2.1.4 自办节目设备               | 47        |
| 2.2 传输线                    | 48        |
| 2.2.1 传输线的种类、构造及主要技术参数     | 48        |
| 2.2.2 传输线的选择               | 52        |
| 2.3 前端设备                   | 52        |
| 2.3.1 天线放大器                | 52        |
| 2.3.2 频道转换器                | 55        |
| 2.3.3 卫星电视接收系统及卫星接收机       | 57        |
| 2.3.4 滤波器                  | 63        |
| 2.3.5 调制器                  | 65        |
| 2.3.6 混合器                  | 66        |
| 2.3.7 导频信号发生器              | 71        |
| 2.4 信号分配系统部件设备与其他部件设备      | 72        |
| 2.4.1 分配器                  | 72        |

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| 2.4.2 分支器 .....                       | 75         |
| 2.4.3 信号分配系统内的放大器 .....               | 77         |
| 2.4.4 MMDS 系统 .....                   | 85         |
| 2.4.5 其他设备部件 .....                    | 95         |
| 练习题 2 .....                           | 100        |
| <b>第 3 章 有线电视系统的工程设计 .....</b>        | <b>102</b> |
| 3.1 有线电视工程设计基础 .....                  | 102        |
| 3.1.1 系统设计的依据 .....                   | 102        |
| 3.1.2 系统指标的工程计算方法及系统指标的分配 .....       | 107        |
| 3.2 天线系统的工程设计 .....                   | 111        |
| 3.2.1 接收天线的选择 .....                   | 111        |
| 3.2.2 接收天线位置、高度、方向的确定 .....           | 112        |
| 3.3 前端系统的工程设计 .....                   | 113        |
| 3.3.1 前端系统设计的任务 .....                 | 113        |
| 3.3.2 前端的类型 .....                     | 115        |
| 3.3.3 前端系统设计举例 .....                  | 118        |
| 3.4 信号传输与分配系统设计 .....                 | 125        |
| 3.4.1 传输干线的工程设计 .....                 | 125        |
| 3.4.2 分配网络的工程设计 .....                 | 131        |
| 3.5 系统的供电与防雷 .....                    | 136        |
| 3.5.1 系统供电设计 .....                    | 136        |
| 3.5.2 系统避雷装置设计 .....                  | 137        |
| 3.6 系统设计实例 .....                      | 139        |
| 3.6.1 小城镇有线电视系统的规划设计实例 .....          | 139        |
| 3.6.2 省级 CATV 系统的设计 .....             | 144        |
| 练习题 3 .....                           | 147        |
| <b>第 4 章 有线电视系统的安装、调试、验收与维护 .....</b> | <b>149</b> |
| 4.1 有线电视系统的安装 .....                   | 149        |
| 4.1.1 系统安装前的准备工作 .....                | 149        |
| 4.1.2 天线系统的安装 .....                   | 151        |
| 4.1.3 前端系统的安装 .....                   | 155        |
| 4.1.4 干线系统的安装 .....                   | 155        |
| 4.1.5 分配系统的安装 .....                   | 157        |
| 4.2 有线电视系统的调试 .....                   | 159        |
| 4.2.1 天线系统的调试 .....                   | 159        |
| 4.2.2 前端系统的调试 .....                   | 159        |
| 4.2.3 干线和分配网络的调试 .....                | 160        |
| 4.2.4 系统的统调 .....                     | 161        |
| 4.3 有线电视系统工程的验收 .....                 | 162        |
| 4.3.1 施工和结构验收 .....                   | 162        |
| 4.3.2 系统的电气性能验收 .....                 | 162        |

|              |                              |            |
|--------------|------------------------------|------------|
| 4.3.3        | 系统安全的验收 .....                | 163        |
| 4.3.4        | 验收应具备的文件 .....               | 163        |
| 4.4          | 有线电视系统的日常维护及常见故障检修 .....     | 165        |
| 4.4.1        | 系统的日常维护 .....                | 165        |
| 4.4.2        | 系统常见故障分析与排除 .....            | 166        |
| 4.4.3        | 系统常见故障及查找方法 .....            | 173        |
| 练习题 4        | .....                        | 175        |
| <b>第 5 章</b> | <b>双向有线电视系统 .....</b>        | <b>176</b> |
| 5.1          | 双向有线电视系统 .....               | 176        |
| 5.1.1        | 双向有线电视系统的发展 .....            | 176        |
| 5.1.2        | 双向传输技术 .....                 | 176        |
| 5.2          | 双向有线电视系统的组成和上行信号的处理及传输 ..... | 179        |
| 5.2.1        | 双向有线电视系统的组成 .....            | 179        |
| 5.2.2        | 上行信号的处理 .....                | 179        |
| 5.2.3        | 双向传输的有关问题 .....              | 180        |
| 5.3          | 双向有线电视系统设计及部分设备介绍 .....      | 183        |
| 5.3.1        | 双向有线电视系统设计 .....             | 183        |
| 5.3.2        | 双向有线电视系统的双向传输设备 .....        | 184        |
| 5.4          | 实际双向有线电视系统及应用 .....          | 187        |
| 5.4.1        | 日本 27 路双向有线电视系统 .....        | 187        |
| 5.4.2        | 在双向有线电视系统中实现监警系统的数据通信 .....  | 189        |
| 练习题 5        | .....                        | 192        |
| <b>第 6 章</b> | <b>光纤有线电视系统 .....</b>        | <b>193</b> |
| 6.1          | 光纤传输原理 .....                 | 193        |
| 6.1.1        | 光纤传输的基本原理 .....              | 193        |
| 6.1.2        | 光纤的损耗 .....                  | 196        |
| 6.1.3        | 光器件 .....                    | 196        |
| 6.1.4        | 调制方法及复用方法 .....              | 197        |
| 6.2          | 光纤有线电视系统及设备 .....            | 198        |
| 6.2.1        | 光纤有线电视系统 .....               | 198        |
| 6.2.2        | 光纤有线电视网络拓扑结构及设计 .....        | 203        |
| 6.2.3        | 光纤有线电视中外调制光发射机 .....         | 215        |
| 6.2.4        | 光纤有线电视接收机 .....              | 218        |
| 6.2.5        | 光放大器及其在有线电视系统中的应用 .....      | 219        |
| 6.3          | 光纤设备的选择 .....                | 223        |
| 6.3.1        | 各种光纤结构特点及选用原则 .....          | 223        |
| 6.3.2        | 光纤设备的选择 .....                | 224        |
| 6.4          | 光纤传输系统的安装、调试及维护 .....        | 226        |
| 6.4.1        | 光纤传输设备安装及调试 .....            | 226        |
| 6.4.2        | 光纤传输线路及传输系统测试 .....          | 227        |
| 6.4.3        | 光纤传输系统常见故障及防范措施 .....        | 229        |

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 6.4.4 光纤传输系统的维护 .....            | 230        |
| 6.5 光纤有线电视网络设计举例 .....           | 232        |
| 6.5.1 光纤有线电视网 .....              | 232        |
| 6.5.2 光发射机与光接收机的估算 .....         | 233        |
| 练习题 6 .....                      | 236        |
| <b>第 7 章 有线电视新技术</b> .....       | <b>237</b> |
| 7.1 加扰和解扰技术 .....                | 237        |
| 7.1.1 付费电视 .....                 | 237        |
| 7.1.2 有线电视信号加扰和解扰技术 .....        | 238        |
| 7.1.3 数字电视的条件接收等技术 .....         | 240        |
| 7.1.4 有线电视加解扰系统的应用 .....         | 240        |
| 7.2 多媒体技术 .....                  | 242        |
| 7.2.1 多媒体技术概述 .....              | 242        |
| 7.2.2 多媒体技术的研究内容 .....           | 242        |
| 7.3 数字电视技术 .....                 | 244        |
| 7.3.1 数字电视的概念 .....              | 244        |
| 7.3.2 数字电视的基本原理 .....            | 244        |
| 7.3.3 数字电视的分类 .....              | 245        |
| 7.3.4 数字电视的优点 .....              | 245        |
| 7.4 交互电视技术 .....                 | 246        |
| 7.4.1 交互电视概述 .....               | 246        |
| 7.4.2 交互电视系统原理与功能 .....          | 247        |
| 7.4.3 视频点播 .....                 | 248        |
| 7.5 有线电视其他设备 .....               | 249        |
| 7.5.1 机顶盒(Set Top Box) .....     | 249        |
| 7.5.2 电缆调制解调器(Cable Modem) ..... | 249        |
| 练习题 7 .....                      | 250        |
| <b>附录 电平转换表</b> .....            | <b>251</b> |
| <b>参考文献</b> .....                | <b>253</b> |

# 第 1 章

## 有线电视技术基础

### 1.1 有线电视基础理论

在讨论有线电视系统之前,这里首先介绍与其相关的一些概念和基础理论,以便于理解与分析有线电视的技术问题。

#### 1.1.1 无线电波

人们在日常生活和生产的过程中,经常会接触到各种各样的波,如水波、光波、声波、无线电波等。无线电波虽然不能被直接感觉到,但它确实是客观存在的物质。广播、电视、通信以及所有的无线电系统,都利用无线电波来传递信息,都涉及无线电波传播的问题。

无线电波是电磁波中波长最长的部分,是电和磁的波动过程,是向前传播的交变电磁场。电磁波频谱范围极宽,按波长从长到短可分为无线电波、红外线、可见光、紫外线、X射线、 $\gamma$ 射线等。

#### 一、无线电波的形成

如图 1-1(a)所示,在平行放置的两块平板电极上施加直流电压,因两块极板相距较近,正极板带正电荷,负极板带负电荷,在两个电极间产生静电场,电力线从正极板发出终止于负极板。若在两个极板上施加交变电压,极板上的电荷正负交替变化,电场的强度和大小也交替改变。这样,变化电场产生变化磁场,磁场的大小和方向也交替改变。图 1-1(b)、(c)所示为极板间加交流电压时的情况。其中,图 1-1(b)所示为极板间电压为正且为峰值时的情况;图 1-1(c)所示为极板间电压为负且为峰值的情况。

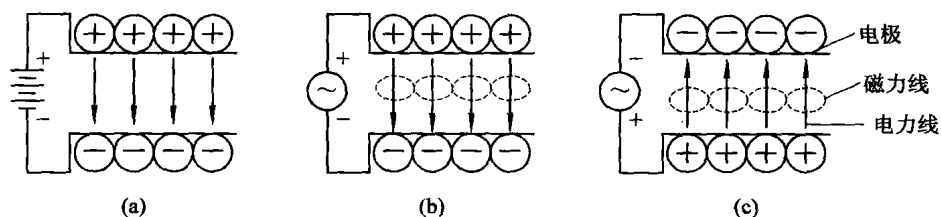


图 1-1 在平行板电极间产生的电场和磁场

(a) 极板间加直流电压; (b)、(c) 极板间加交流电压

如果将两个电极张开，电磁场依然存在；将两个电极改为导线，其结果也是一样的。图1-2的导线电极张开，就是电视天线最简单的形式。它周围的交变电场产生交变磁场，交变磁场又产生交变电场，如此一环一环地向四周空间发射出去，就形成了电磁波，即无线电波。

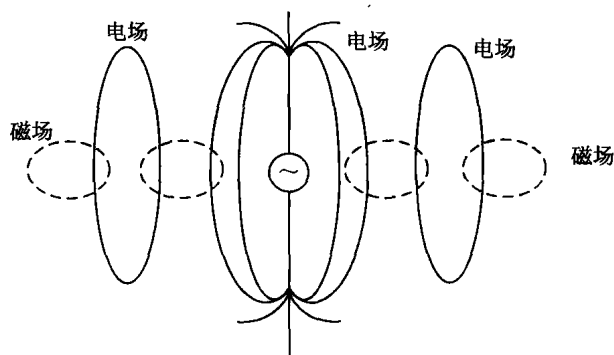


图1-2 电极张开辐射电磁波

平板电极间的电场强度与两电极上聚集的电荷多少有关，电荷越多，电场强度越强；电荷越少，电场强度越弱。在交流的情况下，不断对两极板正、反向充电，两极板的电荷不断变化，电路中就有电流通过。

两根导线之间的电容量很小，提高交变电压的频率可提高电路中的电流，进而提高电磁场的强度。当频率高到某一程度时，两根导线电感不可忽略，这时再提高频率，电流反而下降。也就是说，当电源频率与天线结构所决定的谐振频率相一致时，电路中的电流最大，向外辐射的电磁场强度也最大，这就是不同频道的天线尺寸不同的原因。

## 二、无线电波的极化

无线电波在空间传播时，是有一定规律的，其电场与磁场方向始终保持垂直，并向着与二者都垂直的方向传播。一般用电场的方向来描述这个规律。我们把电场方向按一定规律变化的现象称为无线电波的极化（在垂直于传播方向的平面上，由电场矢量端点的轨迹呈线状、圆形或椭圆形，极化分为线极化、圆极化、椭圆极化）。通常，在工程上，以地面为参考，当无线电波的电场方向平行于地面时，称为水平极化；当无线电波的电场方向垂直于地面时，称为垂直极化，如图1-3所示。

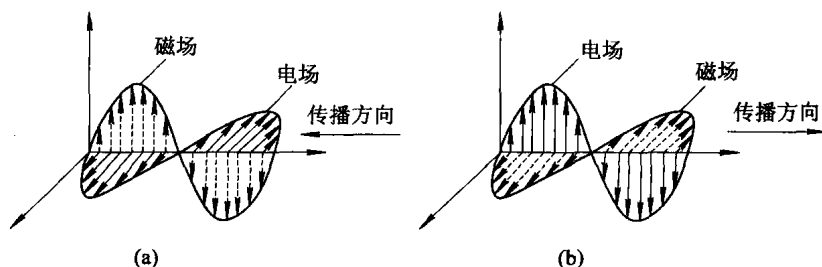


图1-3 水平极化波与垂直极化波

(a) 水平极化波；(b) 垂直极化波

无线电波的极化与发射天线的架设方向有关。当发射天线垂直架设时,发射的电磁波为垂直极化波;当发射天线水平架设时,发射的电磁波为水平极化波。考虑到无线电波的传播特点,电视广播信号发射一般采用水平极化波。一般工业干扰(噪声)和电台广播主要以垂直极化波的形式发射,采用水平架设的接收天线可以减少其干扰。另外接收天线的水平架设也比较容易。

上述电视广播信号为水平极化波,是指当发射台的发射天线为水平架设,而且在传播路径上无阻挡和反射情况而言。在城市或室内,由于建筑物和墙壁的多次反射,使各处的电场不仅大小不同,而且极化方向也不同,所以在调整天线时,要考虑到这些。

### 三、无线电波的波段

无线电波与光波一样,也是以 300 000 km/s 的速度传播,其速度( $v$ )、波长( $\lambda$ )与频率( $f$ )三者之间的关系为

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (1-1a)$$

或

$$f = \frac{v}{\lambda} \quad (1-1b)$$

因此,对无线电波可以按波长来划分波段。

随着电子技术的发展,无线电广播与通信事业日新月异,雷达、通信、导航、遥测、遥控、射电天文等都有很大发展。许多电台和其他电子设备各自发射的无线电波在空间自由传播,不受疆域的限制,它们工作的时间、地点、频率重叠交叉,如果相互之间没有一定的约束,不可避免地要产生相互影响。因此,世界上对无线电波的使用有一个统一的规定,各个电台都以一定的规范工作,以使相互之间的影响最小。表 1-1 列出各波段的名称、波长范围、电波名称等,表 1-2 列出各波段的主要用途与传播方式等。由表可见,传播电视的无线电波若从波段名称上看,为超短波和微波中的分米波;若从电波名称上看,则为甚高频(VHF)和特高频(UHF)。在以后的章节中,传播电视信号的无线电波通称为射频信号。

表 1-1 各波段的名称划分

| 波段名称 |     | 波长范围/m                    | 电波名称     | 频率范围         |
|------|-----|---------------------------|----------|--------------|
| 极长波  |     | $1 \times 10^5$ 以上        | 极低频(ELF) | 3 kHz 以下     |
| 超长波  |     | $1 \times 10^5 \sim 10^4$ | 甚低频(VLF) | 3~30 kHz     |
| 长波   |     | $1 \times 10^4 \sim 10^3$ | 低频(LF)   | 30~300 kHz   |
| 中波   |     | $1 \times 10^3 \sim 10^2$ | 中频(MF)   | 300~3000 kHz |
| 短波   |     | 100~10                    | 高频(HF)   | 3~30 MHz     |
| 超短波  |     | 10~1                      | 甚高频(VHF) | 30~300 MHz   |
| 微波   | 分米波 | 1~0.1                     | 特高频(UHF) | 300~3000 MHz |
|      | 厘米波 | 0.1~0.01                  | 超高频(SHF) | 3~30 GHz     |
|      | 毫米波 | 0.01~0.001                | 极高频(EHF) | 30~300 GHz   |

表 1-2 各波段的主要用途及传播方式

| 波段名称   | 主要用途         | 传播方式                         |
|--------|--------------|------------------------------|
| 超长波和长波 | 远洋导航通信等      | 近距离通过地面波；远距离(几千千米)靠天波        |
| 中波     | 导航、通信、广播等    | 白天天波衰减大，主要靠地面波；晚上二者均可传播      |
| 短波     | 广播、通信、导航等    | 极近距离(几十千米)用地面波；远距离靠天波        |
| 超短波    | 电视、雷达、通信、导航等 | 地面波衰减太大，天波因频率过高穿出电离层，故靠空间波传播 |
| 微波     | 雷达导航、电视、天文等  | 近距离靠空间波；远距离靠对流层传播            |

#### 四、无线电波的场强、分贝和电平

##### 1. 场强

电磁波在某点的电场强度称为该点的场强，它的单位是  $\text{mV/m}$  或  $\mu\text{V/m}$ ，通常用分贝微伏( $\text{dB}\mu\text{V}$ )来表示电视信号的强度，并规定  $1 \mu\text{V/m}$  的场强为  $0 \text{ dB}\mu\text{V}$ ，这样，场强的其他数值便可换算为分贝微伏，如表 1-3 所列。

表 1-3 部分场强的分贝微伏值

| 分贝微伏值/ $\text{dB}\mu\text{V}$ | 电场强度/ $(\mu\text{V/m})$ | 分贝微伏值/ $\text{dB}\mu\text{V}$ | 电场强度/ $(\mu\text{V/m})$ |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 0                             | 1.0                     | 6                             | 2.0                     |
| 1                             | 1.1                     | 7                             | 2.2                     |
| 2                             | 1.3                     | 8                             | 2.5                     |
| 3                             | 1.4                     | 9                             | 2.8                     |
| 4                             | 1.6                     | 10                            | 3.1                     |
| 5                             | 1.8                     | 20                            | 10.1                    |

在电视接收中，根据接收地点场强的大小，一般可分为四个电场区域，即强电场区、中电场区、弱电场区、微电场区。表 1-4 列出其分类与用途。

表 1-4 电场强度的分类与用途

| 分 类   | 电场强度/ $\text{dB}\mu\text{V}$ |        | 用 途   |
|-------|------------------------------|--------|-------|
|       | VHF                          | UHF    |       |
| 强 电 场 | 94 以上                        | 106 以上 | 发 射 区 |
| 中 电 场 | 74~94                        | 86~106 | 服 务 区 |
| 弱 电 场 | 54~74                        | 66~86  |       |
| 微 电 场 | 54 以下                        | 66 以下  | 边 远 区 |

电视机的图像质量与它接收到的电视信号的强弱的关系如表 1-5 所示。在建立有线电视系统的时候，必须了解该地区的场强，以利于天线的选择和安装。要使用户满意地收看，必须满足电视机对接收场强的要求。

表 1-5 图像质量和接收场强之间的关系

| 图 像 质 量        | 需要电场强度/dB $\mu$ V(VHF) |
|----------------|------------------------|
| 完全没有干扰, 图像清晰   | 60 以上                  |
| 多少能辨认些干扰, 图像良好 | 54~60                  |
| 能看出干扰, 图像一般    | 47~54                  |
| 干扰很明显, 尚可见到图像  | 40~47                  |
| 不能接收           | 34 以下                  |

## 2. 分贝

在无线电技术中, 分贝用来表示两个电量间相对大小的比率。如功率、电压、电流、信噪比等, 都可以用分贝来表示。如某个网络的输入、输出功率值为  $P_i$ 、 $P_o$ , 则该网络的功率增益的分贝由式(1-2)表示; 网络的输入、输出电压为  $U_i$ 、 $U_o$ , 则该网络的电压增益的分贝由式(1-3)表示。

$$G_p = 10 \lg \frac{P_o}{P_i} \quad (1-2)$$

$$G_U = 20 \lg \frac{U_o}{U_i} \quad (1-3)$$

使用分贝主要有以下几个优点:

- (1) 采用分贝值表示时, 可以把较大的数字化为较小的数字。
- (2) 在多级放大电路中, 如果每级输出与输入的比值用分贝表示, 那么总的输出与输入的比值就可以用求和的简单方法来进行计算。
- (3) 人耳对声音响度的感觉不是与声音的强度成正比, 而是与声音变化量的对数成正比。用分贝值表示电声性能更符合人们听觉上的特征。

## 3. 电平

用分贝表示电量的相对大小, 即电平。这时需要规定某一电量的数值作为参考基准值, 任何电量的电平即是这个电量数值与参考基准值之比的对数值与某一系数的乘积, 这个参考基准电量叫基准电平, 也叫零电平或 0 dB。凡是比基准电平大的电平为高电平, 用正(+)dB 表示; 比基准电平小的电平为低电平, 用(-)dB 表示。

分贝用来表示电平时, 一般在 dB 字母后面要加上所表示电量的单位, 这时是把 dB 视为一个量值。在我国习惯选 1  $\mu$ V 为参考电压, 这样电平就可以表示为 dB $\mu$ V。在有线电视工程中为了方便, 通常将标注  $\mu$ V 略去, 只要记住参考电压为 1  $\mu$ V 就行了。常用仪器如场强仪、信号发生器及放大器都是取 1  $\mu$ V 作为参考电压, 来标出电平数值的。

读者要注意, 有些国家习惯用 1 mV 作为参考电压。采用 1 mV 和采用 1  $\mu$ V 作参考电压, 得到的电平差为 60 dB。例如 70 dB $\mu$ V 相当于 10 dBmV, 115 dB $\mu$ V 相当于 55 dBmV<sup>†</sup>, 等等。电平与电压的关系可参见附录 A。

表 1-6 列出了在射频和音频情况下, 某些电量的参考基准值。根据这些参考基准电量可以求出不同情况下各种电量的电平。

表 1-6 射频和音频情况下,某些电量的参考基准值

| 射 频(RF) |                           | 音 频(AF) |                                                     |
|---------|---------------------------|---------|-----------------------------------------------------|
| 功 率     | 1 mW(测定处阻抗 600 $\Omega$ ) | 功 率     | 1 mW(测定处阻抗 600 $\Omega$ )                           |
| 电 压     | 1 $\mu$ V                 | 电 压     | 0.775 V(测定条件 600 $\Omega$ , 1 mV)                   |
| 场 强     | 1 $\mu$ V/m               | 电 流     | 1.29 mA(测定条件 600 $\Omega$ , 1 mW)                   |
| 电 流     | 1 A                       | 话 筒     | 10 V/P <sub>s</sub>                                 |
|         |                           | 扬声器     | $2 \times 10^{-5}$ P <sub>s</sub>                   |
|         |                           | 声 压     | $10^{-3}$ dyn/cm <sup>2</sup> (1 dyn = $10^{-5}$ N) |

### 1.1.2 射频电视信号的传输特点

#### 一、信号的组成

##### 1. 电视信号的组成

将一幅画面分成许多细小的像素,而后由左到右,由上到下地将像素一个个地送出去,便形成了电视信号。在荧屏上,光点按像素的次序进行扫描,由左到右称为行扫描,由上到下称为场扫描。光点的亮度则决定相应像素的亮度。行、场扫描的逆程,即行、场的回扫过程(从右到左、从下到上)是被消隐的,它在荧光屏上不发光。

关于扫描时间,我国电视制度规定:行周期为 64  $\mu$ s,其中行正程 52  $\mu$ s、行逆程 12  $\mu$ s;场周期为 20 ms,其中场正程 18.4 ms、场逆程 1.6 ms;每两场合成一帧,即一幅画面。由此可算出一场包含 312.5 行,一帧包含 625 行,所以称为 625 行制度。

亮度取决于信号的电平,如果信号电平高表示亮或呈现白色,电平低则表示暗或呈现黑色。在消隐过程中,信号电平比黑色电平还要低些,所以不会在荧光屏上呈现出来。与此同时,色度信号也相应按每个像素送出。在接收端复原图像时,色彩正好在原处叠加在黑白图像上,形成彩色图像。色度信号是用一个频率为 4.43 MHz 的副载波传送的。

图像传送时,为了能恢复原图像,接收端必须同发射端完全同步,因而信号中要有传送同步信息的信号,包括行和场的同步信息。对这些同步信号我们称为行同步和场同步信号,它们是用一些负的脉冲来实现的。图 1-4 表示出一个典型的行信号。在行同步脉冲的后面,行消隐上有一个 4.43 MHz 的色同步信号,它是为了接收端再现彩色时作为基准信号用的。色度信号则按照像素的位置叠加在亮度信号上。这样一个完整的电视信号,我们常称它为全电视信号,在有线电视系统中也常称为视频信号或图像信号,以区别于系统中的射频信号。有时候视频信号中还包括有伴音信号,它是调制在伴音副载波上的伴音信号;伴音副载波的频率为 6.5 MHz。我国的电视信号宽度规定为 6 MHz,所以 6.5 MHz 的伴音副载波已经不会干扰图像,可以和图像信号混在一起传送。到达接收端后可以用滤波器将它们分开。

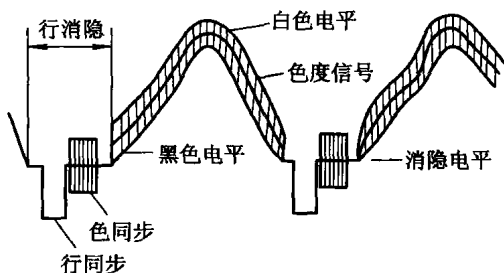


图 1-4 行信号的组成

## 2. 射频信号的组成

将视频信号用射频传给用户接收机时,首先要将电视信号调制在射频上,这个射频信号我们称为图像载波。加上调制后,图像载波信号的振幅随电视信号而变动,如图1-5(a)所示,它的包络在图上用虚线表示,其波形和电视信号一致。电视的调幅波和普通的调幅波波形很相似,但并不相同,因为普通的调幅波具有两个侧边带,而电视的调幅波则采用了残留侧边带,即其中的一个侧边带保留,另一个侧边带只保留了一部分低频分量。

为清楚起见,我们可在电视射频信号的频谱分布上来看它的边带情况。图1-5(b)画出了电视射频信号的频谱分布图。图中频率轴上的 $f_v$ 为图像载波频率。一般的调幅波如虚线所示有两个侧边带,电视信号的最高频率成分为6 MHz,所以,侧边带的总频谱占 $\pm 6$  MHz。残留侧边带调幅波有一部分边带不使用,它将 $(f_v - 1.25) \sim (f_v - 6)$  MHz的侧边带滤去,形成图中实线所表示的频谱。这样做一方面可节约频谱,另一方面也便于接收。调制后的载波规定以同步信号的顶部电平为100%,如图1-5(a)上所标。残留的载波为12.5%,定义这样的调幅波调制度为87.5%。在电视上的调制度和普通正弦波调制度不相同,这是需要我们注意的。国家标准对发射台的标准调制度定为87.5%,但在有线电视台的发送中往往放宽到80%,即残留载波为20%。这种射频信号的电平定义为同步信号顶部处载波电平的有效值。

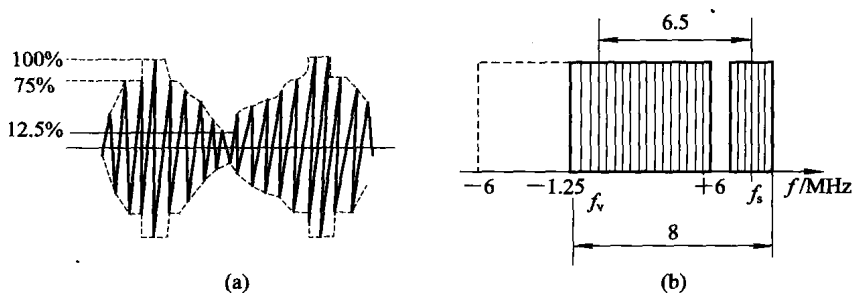


图1-5 射频信号

(a) 图像调制波; (b) 电视射频信号的频谱

伴音的载波频率在图1-5(b)上用 $f_s$ 代表。伴音调制时采用了普通的调频方法,因为调频的声音质量比较好。调频信号所占带宽要比调幅宽,所以对最高频率成分为15 kHz的伴音来说要占有0.25 MHz的频谱。伴音载波和图像载波相差6.5 MHz,而且伴音载波的频率高于图像载波,因此,图像和伴音的射频信号混合后形成一个总带宽为8 MHz的电视发射频道。电视机接收到这个频道的信号后先将图像载波和伴音载波用滤波器分开,再分别解调恢复成视频信号和伴音信号。

## 二、射频电视信号的传播特点

### 1. 绕射、反射与散射

(1) 绕射 无线电波在传播途径上遇到障碍时,总是力图绕过这一障碍,这种现象叫做绕射。当障碍物的几何尺寸能够与无线电波的波长相比拟时,这一现象表现得尤为显著;当障碍物的几何尺寸大大超过无线电波的波长时,绕射变得十分微弱,以致会在障碍物的后面形成没有电磁波的寂静区。在无线电波中,长波和中波的波长较长,绕射能力较强,建筑物、高山对它的影响不大。射频电视信号波长较短,碰到建筑物时的绕射能力较

差。所以，位于高大建筑物后面的收音机可以收到长波、中波信号，而电视机则很难收到满意的信号。

(2) 折射与反射 无线电波是一种波动，严格的描述要用到波动方程，但在某些条件下，可以用几何光学的方法，也就是用射线的概念来表达。这是一种近似的方法，采用这种近似方法后，在均匀介质中，电波传播的路径就可以用一根直线来表示。图1-6所示为电波经过两种介质交界面的情况。

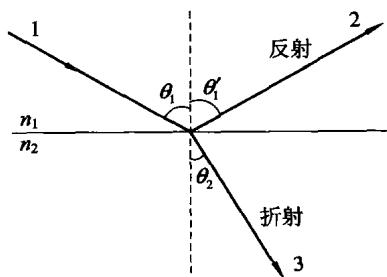


图1-6 电波的反射与折射

假定上面的介质为干燥空气，下面的介质为半导体。当有一射线1，与法线成角 $\theta_1$ 投射到分界面时，将要分成反射射线2与折射射线3。

折射波与入射波的关系，服从费涅尔折射定律。若上半面介质的折射指数为 $n_1$ ，下半面介质的折射指数为 $n_2$ ，则存在如下关系：

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1-4)$$

反射波与入射波具有以下关系：

① 反射角等于入射角，即 $\theta_1 = \theta'_1$ 。

② 入射线、反射线和分界面的法线在同一平面内。

③ 反射波的幅度和相位随着电波的极化和反射面参数的不同而有所不同。当入射角很大，即电波以很小的仰角入射到光滑面时，两种极化波的反射系数都近似等于-1。也就是说，反射波的幅度与入射波的幅度差不多相等，相位相差 $180^\circ$ 。

短波无线电波在碰到电离层时，有少部分穿过电离层，折射入宇宙空间，大部分被反射回地面。但射频电视信号有穿透电离层的能力，其绝大部分穿过电离层射向宇宙空间，所以地面上接收不到它的反射波，它只在视距范围内传播。

(3) 散射 对光滑的界面讨论的是反射与折射问题。但当界面粗糙时就要产生散射，此时反射波不是向一个方向，而是向很多方向，甚至向四面八方反射，其波的振幅大大降低。在大气中，各处的温度、湿度不同，射频电视信号在传播时会发生散射现象，使得在视距范围以外的某些地方也会有微弱的电视信号。

注意，反射面的光滑或粗糙是与波长相比较而言的，同样起伏不平的界面，波长愈长，电波投射的仰角愈小，就显得愈平滑。

图1-7所示地面的平均起伏为 $h$ ，入射波与地面的夹角(即仰角)为 $\Delta$ 、电波波长为 $\lambda$ 。一般取

$$h \sin \Delta < \frac{\lambda}{16} \quad (1-5)$$

作为判断反射面是否光滑的准则，称为瑞利准则。

另外，无线电波在空间传播的过程中存在着衰减和损耗，如：大气中的雨和云雾使其被衰减，衰减量的大小与雨和云雾的浓度及电波的频率有关。浓度越大、电波频率越高，衰减量越大。