

图解电子技术要诀丛书

TUJIE DIANZIJI SHU

YAOJUE CONGSHU

刘修文 编著

图解

无线电技术要诀



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

TN014

4

✚ 图解电子技术要诀丛书

图解

无线电技术要诀

刘修文 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是一本通俗、新颖、实用的科普读物,适合零起点的无线电及电子技术爱好者、中小學生与广大青少年阅读;可作为电子技校、职业学校、中等专业学校的电子技术基础教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

(图解电子技术要诀丛书)

I. 图... II. 刘... III. 无线电技术 - 图解
TN014-64

中国电力出版社出版、发行

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 6 印张 241 千字

印数 0001—4000 册 定价 12.00 元

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

电子技术是研究电子器件、电子电路及其应用的科学技术。现已渗透到人们生产生活的各个领域，因此，广大电子爱好者迫切需要一套学习电子技术的入门丛书。而如何引导广大青少年及电子爱好者轻松跨入电子技术世界，是众多科普工作者都十分关心和考虑的问题，也是作者多年的心愿。学习电子技术首先必须学会电子元器件的识别与检测；其次要从基本电路起步，学会识图、读图、绘图，学会分析基本电路工作原理；并做到边学边用，学用结合，动手制作，动手维修。作者曾组装过半导体与电子管收音机，维修过家用电器及广播电视设备，曾为初学者举办过各种类型培训班，他根据自己的亲身体验和多年从事各种培训班的教学经验，参考有关资料编写了这套初学者的入门读物。

本丛书在编写时，力求将科学性、新颖性、实用性与通俗性融为一体，在内容选择上既有电子技术基础知识，又有专业电子技术知识。在写作上坚持以读者为本，采用人性化写作，将要诀与图文相结合，要诀与图文同页，把电子知识或电子技术编写成要诀形式，琅琅上口，易懂好记。

本丛书第一次出版了《图解电子元器件检测和选用要诀》、《图解电子电路要诀》、《图解电子产品维修要诀》、《图解电子制作技术要诀》、《图解影音技术要诀》、《图解有线电视技术要诀》、《图解无线电技术要诀》和《图解单片机应用技术要诀》八本。根据读者的需要，本丛书今后还将陆续增加。

本丛书适合零起点的电子技术爱好者、中小學生及广大青少年阅读，也可作为职业学校相应专业及业余技术培训班的教材，还可供广大电工、电器维修人员参考。

我们衷心希望广大电子科学技术工作者、专家、学者和电子技术爱好者，对这套丛书提出宝贵的意见和建议。

编者

2005年12月

前言

图解电子技术要诀丛书

为适应我国电子技术的迅速发展和广大初级电子技术爱好者的需要,最新出版了本套图解电子技术要诀丛书,《图解无线电技术要诀》是本丛书之一。

无线电技术发展十分迅速,应用十分广泛。卫星广播与通信、广播电视、无线电遥控等都是无线电技术的发展和应⽤。在工业生产、医疗卫生、文化教育、家用电器等方面也离不开无线电技术。无线电技术的发展和应⽤不仅渗透到国民经济的各个领域,也深入到人们的日常生活之中。

无线电技术涉及的内容十分广泛。无线电发射技术和无线电接收技术是其中的两大基础技术,前者的主要内容有信号的产生、放大、变换处理,调制放大后变成无线电载波,经无线电波的进出口——天线发送出去。在接收技术中,又涉及到无线电波的传输、混频、放大、信号的解调处理及数据显示等技术。

为满足广大电子爱好者在新形势下学习无线电技术的需求,作者采用人性化写作,尝试把无线电技术编写成要诀形式,将要诀与图文相结合,要诀与图文同页,使读者通过念口诀来掌握无线电技术。具有琅琅上口,易懂好记的特点。全书内容共8章:第1章电波与天线;第2章无线电发送与接收的基本原理;第3章调幅与调频广播;第4章数字音频广播;第5章地面电视广播;第6章地面数字电视广播;第7章移动通信;第8章无线电遥控技术。

本书在编写过程中,为及时掌握国内无线电技术的发展动态,作者参考或引用了国内无线电书刊中的相关资料,在此谨向这些技术资料的原作者及出版者表示诚挚的谢意!

本丛书适合零起点的无线电及电子技术爱好者、中小⽣及广大青少年阅读,也可作为职业学校相应专业及业余技术培训班的教材,还可供广大电工、家用电器维修人员参考。

由于作者水平有限,在本书介绍的无线电技术难免有错误及不妥之处,恳请专家和广大读者不吝赐教。

电子邮箱: hnyxlxw@126.com

编著者

2005年12月

丛书前言

前言

第一章 电波与天线 1

1.1 无线电波 1

1.1.1 无线电波 1

1.1.2 无线电波的传播 2

1.1.3 无线电波的强度 3

1.1.4 无线电波的极化 4

1.2 天线 5

1.2.1 天线的主要参数 5

1.2.2 拉杆天线 7

1.2.3 引向天线（八木天线） 8

1.2.4 全频道天线 10

1.2.5 卫星接收天线 11

第二章 无线电发送与接收 13

2.1 无线电发送与接收的基本原理 13

2.1.1 无线电发送 13

2.1.2 无线电接收 14

2.1.3 调幅与调频 15

2.2 谐振回路 16

2.2.1 串联谐振回路 16

2.2.2 并联谐振回路 17

2.2.3 调谐放大器 18

2.2.4 单调谐放大器 19

2.2.5 双调谐放大器 20

2.2.6 集成中频放大器 21

第三章 调幅广播与调频广播

本章主要介绍调幅广播和调频广播的基本原理、发射和接收电路、调制和调频电路、解调电路、鉴频电路、自动频率控制电路、限幅器、鉴频器、比例鉴频器、自动频率控制(AFC)电路等。

3.1 调幅广播

- 3.1.1 调幅波的性质
- 3.1.2 超外差式调幅收音机
- 3.1.3 输入调谐电路
- 3.1.4 变频器
- 3.1.5 中频放大器
- 3.1.6 检波器
- 3.1.7 自动增益控制电路
- 3.1.8 低频放大电路

3.2 调频广播

- 3.2.1 调频波的频谱与带宽
- 3.2.2 调频广播的形式
- 3.2.3 预加重与去加重
- 3.2.4 单声道调频广播接收机
- 3.2.5 立体声调频广播接收机
- 3.2.6 限幅器
- 3.2.7 鉴频电路
- 3.2.8 斜率鉴频器
- 3.2.9 相位鉴频器
- 3.2.10 比例鉴频器
- 3.2.11 自动频率控制(AFC)电路

第四章 数字音频广播

本章主要介绍数字音频广播的基本原理、发射和接收系统、数字音频广播的调制和调频电路、解调电路、鉴频电路、自动频率控制电路、限幅器、鉴频器、比例鉴频器、自动频率控制(AFC)电路等。

4.1 音频信号数字化

- 4.1.1 数字音频基本参数
- 4.1.2 声音的掩蔽效应
- 4.1.3 频谱掩蔽效应
- 4.1.4 时间掩蔽效应
- 4.1.5 MPEG 音频编码
- 4.1.6 AAC 音频编码
- 4.1.7 AC-3 音频编码

4.2 地面数字音频广播

- 4.2.1 数字音频广播发射系统

4.2.2	数字音频广播的传输模式和工作频段	59
4.2.3	信源编码	60
4.2.4	信道编码	61
4.2.5	COFDM 调制	62
4.2.6	同步网	63
4.2.7	数字多媒体广播系统	65
4.2.8	DAB/DMB 接收机	67
4.2.9	新一代 DAB 接收机	69
4.3	卫星数字音频广播	73
4.3.1	数字卫星广播 (DSR)	73
4.3.2	阿斯特拉卫星数字声音广播 (ADR)	74
4.3.3	世广卫星数字声音广播 (DSB)	75
4.3.4	我国 32 路卫星数字音频广播	77
4.3.5	卫星电视数字伴音和广播节目的接收	78
第五章 地面电视广播		80
5.1	彩色电视广播的发送	80
5.1.1	电视摄像和显像	80
5.1.2	隔行扫描与逐行扫描	81
5.1.3	彩色三要素	83
5.1.4	三基色原理	84
5.1.5	彩色全电视信号	86
5.1.6	电视信号的调制	88
5.1.7	电视频段和频道的划分	91
5.2	数字化彩色电视接收机	92
5.2.1	数字化彩色电视接收机的组成	92
5.2.2	高频调谐器	93
5.2.3	图像/伴音中频信号处理电路	95
5.2.4	I ² C 总线	98
5.2.5	梳状滤波器亮/色分离电路	100
5.2.6	黑电平扩展电路	102
5.2.7	延迟型勾边校正电路	103
5.2.8	数码倍频扫描电路	105
5.2.9	环绕声电路	107

第六章 地面数字电视广播 108

6.1 视频图像信号的数字化	108
6.1.1 视频信号数字化的三个步骤	108
6.1.2 全信号和分量信号编码	110
6.1.3 PAL 信号亮、色信号数字分离	111
6.1.4 图像数据压缩的可能性	112
6.1.5 图像数据压缩的方法	113
6.1.6 图像压缩的主要国际标准	115
6.2 数字电视地面传输	120
6.2.1 地面传输的主要问题	120
6.2.2 地面传输的国际标准	122
6.2.3 HDTV 地面传输的数字调制与解调技术	126
6.3 地面数字电视信号的接收	129
6.3.1 地面数字电视接收机	129
6.3.2 数字 HDTV 接收技术	131
6.3.3 数字电视机顶盒	133
6.3.4 有条件接收	135

第七章 移动通信 137

7.1 移动通信概述	137
7.1.1 移动通信概念	137
7.1.2 移动通信的特点	138
7.1.3 移动通信系统的组成	139
7.1.4 移动通信无线覆盖区结构	140
7.2 GSM 系统	142
7.2.1 GSM 系统的组成	142
7.2.2 GSM 无线覆盖区域结构	144
7.2.3 移动用户的 ISDN 号码 (MSISDN)	145
7.2.4 GSM 移动台的方框图	146
7.2.5 多址技术	147
7.2.6 频分多址方式	148
7.2.7 时分多址方式	149
7.2.8 码分多址方式	150

7.3 IS-95CDMA 系统	151
7.3.1 IS-95CDMA 系统网络结构	151
7.3.2 码分多址技术的基本原理	152
7.3.3 扩频通信基本原理	153
7.3.4 IS-95CDMA 系统下行链路组成	155
7.3.5 IS-95CDMA 系统上行链路组成	156
7.4 个人通信接入系统 (PAS) ——小灵通	157
7.4.1 PAS 系统的组成	157
7.4.2 PAS 的频率使用与多址技术	159
7.4.3 无绳电话系统	160
第八章 无线电遥控技术	161
8.1 超再生式无线电遥控电路	161
8.1.1 超再生式无线电接收器工作原理	161
8.1.2 电话振铃提醒器	162
8.2 无线电长波遥控电路	164
8.2.1 无线电长波收发组件	164
8.2.2 母子远离报警器	165
8.3 无线电微波遥控电路	167
8.3.1 微波控制组件	167
8.3.2 微波防盗报警器	170
8.4 无线电超短波遥控电路	171
8.4.1 超短波遥控组件	171
8.4.2 无线电遥控照明灯	172
附录 A 卫星数字广播节目的 PID 码和使用声道	173
附录 B 我国模拟电视频道划分	177
参考文献	179

1.1 无线电波

1.1.1 无线电波

无线电属电磁波，波段划分要掌握，
频率、波长与波速，三者关系莫弄错。



说明 频率从几十千赫兹到几万兆赫兹的电磁波都属于无线电波。信号(声音、图像等)在空间的传播靠的是无线电波。无线电波是一种看不见、摸不着的波，它的形式与日常生活中见到的水波相似。若向平静的湖面上扔入一小块石头，水面上就会出现以石头落水处为中心并以波浪的形式向四面八方传播的水波，如图(a)所示。若将水波形状画出来，其剖面如图(b)所示，从图中可看出每个水波有波峰和波谷之分，两个相邻波峰之间的距离称为波长，用字母 λ 表示。在 $1s$ 内经过某点波峰的个数叫波的频率，用字母 f 表示。若将波长乘以频率即为波速，用 C 表示。

无线电波的形式与水波的形式相类似。不同的是水波的传播速度(波速)远远小于无线电波的传播速度。无线电波的传播速度与光的传播速度相当，即 $3 \times 10^8 m/s$ 。频率 f 、波长 λ 和波速 C 三者之间的关系如下：波长等于电磁波传播速度除以频率，或波速等于波长乘以频率，即 $C = \lambda f$ 。

无线电波虽然有很多共同的特点，但频率不同时，电子器件、电路的特点以及无线电电波的传播方式等就会有所区别，特别是无线电波的传播特点就更不相同。因此，将无线电电磁波的频率范围划分为若干个区域，这些区域被称为频段，也称为波段。下表列出了按波长划分无线电波的波段名称及相应的波长范围。

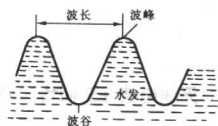
无线电波段的划分

波段名称	波长范围 (m)	频段名称		频率范围 (Hz)
		名称	代号	
极长波	$10^8 \sim 10^7$	极低频		3 ~ 30
超长波	$10^7 \sim 10^6$	超低频		30 ~ 300
特长波	$10^6 \sim 10^5$	特低频	ULF	300 ~ 3k
甚长波	$10^5 \sim 10^4$	甚低频	VLF	3 ~ 30k
长波	$10^4 \sim 10^3$	低频	LF	0.03 ~ 0.3M
中波	$10^3 \sim 10^2$	中频	MF	0.3 ~ 3M
短波	$10^2 \sim 10$	高频	HF	3 ~ 30M
超短波	$10 \sim 1$	甚高频	VHF	30 ~ 300M
微波	分米波	特高频	UHF	300 ~ 3000M
	厘米波	超高频	SHF	3000 ~ 30000M
	毫米波	极高频	EHF	30000 ~ 300000M
	亚毫米波	至高频		300000 ~ 3000000M

图解



(a) 水的波形



(b) 水波形状剖面图

第一章 电波与天线

1.1.2 无线电波的传播

无线电波要传播,天波、地波、空间波,电视、调频视距传,天波传播中,短波,频率较低的电波,传播方式为地波。



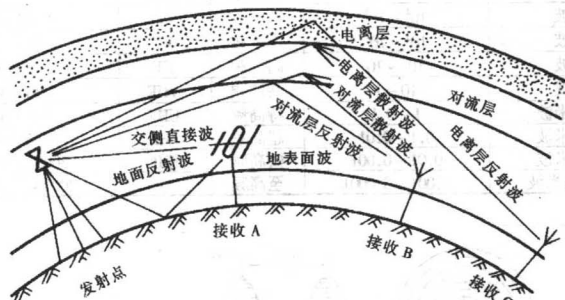
说明 无线电波在空间传播的基本方式主要有以下几种:

(1) 视距传播。电波沿直线传播的方式,又称为视距传播。视距传播的范围,取决发射和接收天线的有效高度,调频广播、电视、微波主要靠视距传播,理论计算和实践经验表明,当发射和接收天线的有效高度为 50m 时,直线传播的距离约为 50km。如果把天线安放在卫星上,则直线传播距离可以大大增加。由于这种电磁波在空间传播,通常又称空间波。

(2) 天波传播。借助于电离层的反射作用来传播电磁波的方式称为天波传播。因为在离地面 55~1000km 以上的高空,大气被太阳辐射中的紫外线和 X 射线所电离,形成一层电离层,它除了对电磁波有一定的吸收作用外,还能把频率小于某一最高频率的电磁波反射回地面,这就使电磁波能传播较远的距离。由于频率较低的电磁波强烈地被电离层吸收,频率太高的电磁波要穿透电离层而不能反射,所以只有中波、短波波段能利用天波传播的方式来传播。由于电离层的密度在白天和晚上不同,晚上对中波、短波甚至长波信号的吸收大大减少,因而在晚上能够接收到很多中波、短波电台的节目。

(3) 地表面波传播。当电磁波遇到障碍物时,会绕过障碍物向前传播。由于绕射现象,可以使电磁波绕着地球的弯曲表面(如山坡、建筑物等)沿地面向前传播,这就是地表面波传播。电波沿地面传播时,将有一部分能量被消耗掉。这种损耗与电波波长及其他一些因素有关。波长愈长,损耗愈小,波长愈短,损耗愈大。因此,一般只有长波、中波等频率较低的电波才主要通过地表面波传播。由于地面的电性能在较短时间内变化不会很大,电波沿地面的传播比天波传播要稳定得多。无线电波在空间传播的三种方式如图所示。

图解



无线电波在空间传播的方式

1.1.3 无线电波的强度

电波强度怎测量,标准天线测场强,
不同场强分四区,强、中、弱与微电场。



说明 为了描述电磁波的强度,需要引入能流密度的概念。能流密度也是一个矢量,其大小等于单位时间内垂直于传播方向单位面积的能量,其方向就是电波传播的方向。在工程技术中常用电场强度(简称场强)的大小来代表电磁波的能流密度,即电磁波的强度。单位是 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ (微伏分贝/米)。在实际测量空间某点的场强时,常用场强仪所带的标准天线来测量,测出来的值加上仪器给出的修正值就是实测场强值。场强为 $40\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 相当于 $100\mu\text{V}/\text{m}$,场强为 $100\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 相当于 $100\text{mV}/\text{m}$ 。离电视发射台越近,电视信号场强越大。根据接收点场强的大小的不同,一般将其分为四个区域。

图解

四种场强

分 类	电场强度($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)	
	VHF	UHF
强 电 场	> 94	> 106
中 电 场	$74 \sim 94$	$86 \sim 106$
弱 电 场	$54 \sim 74$	$66 \sim 86$
微 电 场	< 54	< 66

MEMO 卫星下行信号的场强用 EIRP 覆盖图表示,EIRP 是指卫星通过其发射天线将微波信号发射到地球表面上覆盖区内的任何地方,其下行信号的等效全向辐射功率,计量单位为 dBW 。将具有相同 EIRP 值的点连接起来,就形成了等值线。这些等值线一般是封闭的,并由较小数值的等值线套着较大数值的等值线,图中心为最大值。由等值线构成的图就是 EIRP 覆盖图,又称卫星信号的场强图。

第一章 电波与天线

1.1.4 无线电波的极化

电波传输分极化,椭圆、圆极、线极化,
线极化有V与H,圆极分为L与R。



说明 在均匀无限空间中传播的电磁波是一种横波,其电场强度矢量 E , 磁场强度矢量 H 和波的传播方向三者之间,两两相互垂直。极化是指与电磁波传播方向垂直平面内瞬时电场强度矢量 E 的方向。

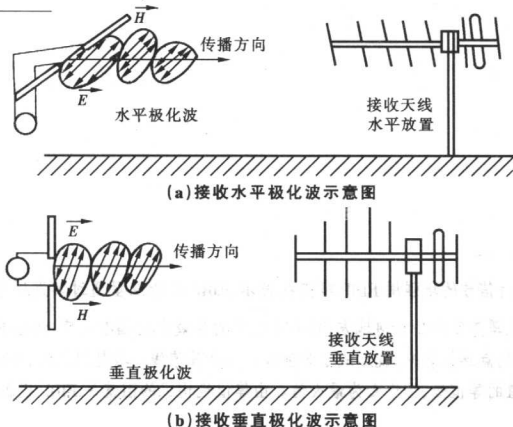
极化波是指在空间传播过程中其电场矢量方向保持固定或按照一定规律旋转的电磁波,它可分为线极化波、圆极化波和椭圆极化波。

如在电磁波传播方向的任意一点,电场矢量始终在一条直线上,这种电磁波称为线极化波;如果这条直线与地面平行,则称水平线极化波,用 H 表示。如果垂直地面,则称为垂直线极化波,用 V 表示。如果每个周期内,电场矢量端点在垂直于电磁波传播方向平面上的轨迹是一个圆,则该电磁波称为圆极化波。同理,如果轨迹是椭圆,则该电磁波称为椭圆极化波。圆极化波和椭圆极化波都有左旋、右旋之分,如右旋圆极化波。

考虑到发射天线的架设、无线电波的传播特点等,我国无线电声音广播多采用垂直极化波,即发射天线是垂直安装的,而电视广播采用水平极化波,发射天线是水平安装的。这样,一方面可以避免相互干扰,另一方面由于甚高频及特高频信号在建筑物、树木、山丘上反射大,接收天线的水平方向性有助于减少重影,并可减弱主要以垂直极化形式出现的工业干扰。

在亚太 1A 卫星上,中央电视台的卫星数字电视节目是水平极化,四川、山东等卫星数字电视节目是垂直极化。在接收广播电视节目时,应特别注意极化匹配问题。所谓极化匹配,就是接收天线与发射天线处理的极化波类型必须相同。采用水平极化的发射天线,就一定要用水平极化的接收天线接收,否则产生极化失配,是不能接收电视信号的。接收水平极化波与垂直极化波的示意图如图 (a)、图(b)所示。

图解



1.2 天线

1.2.1 天线的主要参数

天线好坏分清楚,主要参数来描述,
方向、增益与阻抗,还有驻波、带宽度。



说明 天线是无线电设备中用以辐射或接收电磁波的部件。根据作用不同可以分为发射天线和接收天线。前者的任务是把发射机输出的高频电流转换成能向空间辐射的电磁波;后者的任务则是把空间的电磁波转换成高频导波,再经传输线馈送给接收设备。根据“天线互易原理”,一副天线既可作为发射天线,也可作为接收天线,其性能参数完全相同。

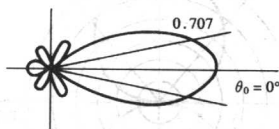
衡量一副天线的好坏,要用天线的参数来描述。天线的主要参数包括方向性、增益、输入阻抗、辐射阻抗、频带宽度等。

(1) 天线的方向性。天线的方向性是描述天线在不同方向的不同特性。对于发射天线,它在不同方向上辐射电磁波的能量不同,对于接收天线,它对来自空间不同方向、强度相同的电磁波相对接收的能力不同。不同形式的天线,其方向性也不相同。天线的方向性可用方向性图、方向系数或波瓣宽度(辐射宽度)来表示。

由于天线在水平面和垂直面的方向性不同,因此,表示一副天线的方向性,必须有水平面和垂直面两个方向图。引向天线和半波振子天线的方向性图如图(a)、图(b)所示。

(2) 天线的增益。天线的增益与放大器的增益不同,它不是把输入信号放大,而是描述定向天线辐射或接收电磁波的能力比标准天线大的程度。定向天线的增益定义为,在电磁波场强相等的条件下,定向天线在最大接收方向(即主瓣最大值方向)向匹配负载输出的有用电视信号功率与放在该处的无损耗全向天线(标准天线)向匹配负载输出的有用电视信号功率之比,或两者电平之差,常用符号 G 来表示,定向天线的增益越大,它的方向性越强。

图解



(a) 引向天线水平方向性图

第一章 电波与天线

(3) 输入阻抗。天线的输入阻抗定义为天线两馈电点(即天线输入端)的高频电压与高频电流之比。不同天线的输入阻抗一般是不同的。

一般来说,输入阻抗是由电阻和电抗组成的复阻抗。由于电抗中会储存一部分能量,使天线输出的电视信号功率减少。但当天线处于谐振状态时,输入阻抗为纯电阻。这就是电视接收天线(八木天线)的尺寸与接收电视频道有关的原因。八木天线中的有源振子,一般采用折合半波振子,振子的上下两导体长度为 $\lambda/2$ 时,折合振子的输入阻抗是纯电阻。在设计、制作电视接收天线时,天线振子的长度比半波长要短,约为 0.48λ 。

用馈线连接天线时,要选用馈线的特性阻抗与天线的输入阻抗相同,也称匹配,才能有效地传输天线上接收到的信号能量。

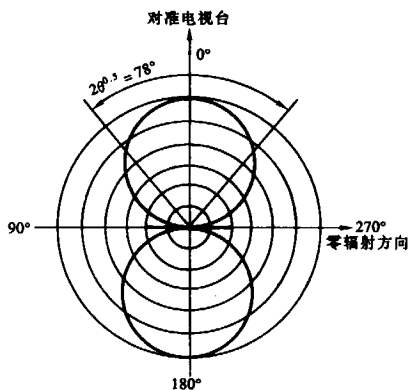
(4) 频带宽度。天线的频带宽度是指天线的增益、方向性系数、输入阻抗等电气特性满足规定要求时,向馈线输送的功率为中心频率处输出功率的 $1/2$ 时所对应的两个频率之差,也称为天线的通频带。

有线电视台接收 VHF 频段信号使用的单频道八木天线,要求其频带宽度为 8MHz ,接收 $13 \sim 24$ 频道的多路微波天线,接收频率范围为 $470 \sim 566\text{MHz}$,频带宽度应为 96MHz 。

(5) 电压驻波比。当天线与馈线不匹配时,从接收天线向馈线传输能量中就有一部分被反射,在天线中形成驻波,这个驻波的最大电压与最小电压之比称为天线的电压驻波比,它决定于天线的输入阻抗与电缆特性阻抗的匹配程度。当天线输入阻抗严格等于电缆特性阻抗时,实现完全匹配,驻波比为 1,从天线向电缆传输的信号能量最大。电压驻波比越大,阻抗越不匹配,天线向电缆传输的效率越低。

天线的电压驻波比不仅同天线本身的性质有关,也同使用的电缆和阻抗匹配器的性质有关。天线系统匹配越好,电压驻波比越接近 1。

图 1-1



(b) 半波振子的水平方向性图

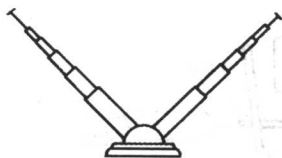
1.2.2 拉杆天线

拉杆天线装机上,随意转动调方向,
天线缩短频率高,频率越低天线长。



说明 拉杆式天线是固定在电视机上或收音机上的室内天线,有对称的双鞭拉杆和不对称的单鞭拉杆天线两种,如图所示。天线杆可作 180° 的倾斜和 360° 的转动,并可固定在空间的任意位置上。天线长度全长为 120cm 左右,由 4~5 节组成。单鞭拉杆天线的输入阻抗约为 75Ω ,可与 75Ω 同轴电缆直接相接,接收的频率越高,其工作长度越短,天线长度可调节(伸长或缩短),双鞭拉杆天线的输入阻抗也约为 75Ω ,它一般是与 300Ω 的平行扁线匹配后才引出使用。两拉杆间的角度影响带宽,角度越大则带宽越宽。每杆长度约为 $1/4\lambda$ 。使用中接收 1~3 频道节目信号时,天线应拉至最长位置;4~5 频道时,使用全长的 80%;6~9 频道时,为全长的 40%;10~12 频道时为 $1/3$ 左右。其实,在实际应用中,由于室内墙壁和安置位置的影响,天线的角度、长度应根据实地收看图像的好坏反复调整,以选择信号最佳的位置点。

图解



对称的双鞭拉杆



不对称的单鞭拉杆天线