



常用

电视接收天线

俱新德 谷深远 编著

常用电视接收天线

俱新德 谷深远 编著

国防工业出版社

内 容 简 介

本书共分八章，即：电视接收的基本知识；VHF电视接收天线；UHF电视接收天线和VHF、UHF共用电视接收天线；天线放大器；共用天线电视系统；电视天线的选用、制造、架设及馈电；电视图象不佳的原因及其消除；天线测量。重点介绍了VHF、UHF电视接收天线及与馈线的阻抗匹配和连接，对如何消除电视重影等人们所最关心的问题也作了详细介绍。

本书通俗易懂，适于具有中等文化程度的广大电视机用户阅读，也可供从事广播、电视业务，研制、生产和使用各种通信天线的广大工程技术人员和大专院校有关专业的师生参考。

常用电视接收天线

俱新德 谷深远 编著

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张9 229千字

1983年8月第一版 1983年6月第一次印刷 印数：00,001—53,000册

统一书号：15034·2504 定价：1.15元

前 言

随着我国广播电视事业的发展和城乡人民生活水平的普遍提高，目前除西藏外，电视发射台已遍及全国各省市和自治区；许多县和地区都建立了电视差转台，购买电视机的人越来越多，收看电视节目已成为人民生活中不可缺少的一部分。由于采用新技术、新工艺，并直接引进国外产品，电视机的质量已有明显的提高，但有了质量很好的电视机并不一定能得到好的电视收看效果，要得到好的收看效果，还需要一副性能较好的电视接收天线。电视接收天线犹如电视机的“耳目”，如何选用、制造和安装电视接收天线？如何消除电视重影？如何在远距离接收电视？如何检测天线的性能等问题急待解决，而且许多问题都需要用户独立地去处理，为了帮助大家解决这些问题，我们在收集国内外大量资料的基础上，深入浅出地编写成《常用电视接收天线》这本小册子。在写法上，力图既能使具有初中以上文化程度的无线电爱好者看懂，能照着小册子上给出的天线尺寸和方法制造、安装和架设天线，又能使从事电视广播、VHF、UHF 通信天线研制、生产和使用的广大工程技术人员了解天线的机理。本书图文并茂，既有实用性，又有理论性。全书附有 500 余幅图表，可供使用时参考。

全书重点介绍了 VHF、UHF 电视接收天线的工作原理、尺寸和性能；对天线放大器、共用电视天线系统、电视重影的消除、天线与馈线的阻抗匹配及连接、天线测量等问题也作了较详细的叙述。

由于时间仓促，加之我们水平有限，难免有不当之处，欢迎广大读者批评指正。

在本书编写过程中，得到毛乃宏高级工程师的大力支持和帮助。他编写了第四章，并对全书的构思、内容安排作了具体指导，他所领导的天线实验室，为本书提供了大量有价值的实验。汪茂光副教授通读了全书，并提出了不少改进意见。本书在编写过程中，还得到彭军、姚珍榕以及西北电讯工程学院天线实验室有关同志的支持和帮助，特此致谢。

编 者

目 录

| | | |
|-------|------------------------------|-----|
| 第一章 | 电视接收的基本知识 | 1 |
| § 1.1 | 电视信号的发射与接收 | 1 |
| § 1.2 | 电视频道的划分 | 2 |
| § 1.3 | 电视广播信号的传播特点 | 3 |
| § 1.4 | 电视接收天线的主要参数 | 7 |
| § 1.5 | 电视接收天线的分类和指标 | 12 |
| § 1.6 | 接收点的场强和电视机输入端的电压 | 13 |
| 第二章 | VHF 电视接收天线 | 23 |
| § 2.1 | 单频道—单元电视接收天线 | 23 |
| § 2.2 | 单频道多元八木天线 | 30 |
| § 2.3 | 单频道高增益背射天线 | 42 |
| § 2.4 | 远距离单频道接收天线 | 44 |
| § 2.5 | 双频道和多频道电视接收天线 | 48 |
| § 2.6 | 全频道电视接收天线 | 72 |
| § 2.7 | 调频广播接收天线 | 95 |
| § 2.8 | 室内电视天线 | 96 |
| 第三章 | UHF 电视接收天线和 VHF、UHF 共用电视接收天线 | 108 |
| § 3.1 | 对 UHF 电视接收天线的要求 | 108 |
| § 3.2 | 由角形反射器和宽频带振子组成的 UHF 全频道电视天线 | 110 |
| § 3.3 | 带有 X 形振子的 UHF 天线 | 115 |
| § 3.4 | V 形天线 | 116 |
| § 3.5 | 带有扇形有源振子的 UHF 电视天线 | 117 |
| § 3.6 | 带有折合振子和复合振子的 UHF 电视天线 | 120 |
| § 3.7 | 带有双线式振子的 UHF 电视天线 | 123 |
| § 3.8 | 其他 UHF 电视天线 | 128 |
| § 3.9 | VHF、UHF 共用电视天线 | 129 |

| | | |
|------------|-------------------------|-----|
| 第四章 | 天线放大器 | 142 |
| § 4.1 | 天线放大器的功用 | 142 |
| § 4.2 | 天线放大器的主要指标 | 143 |
| § 4.3 | 天线放大器的分类及指标 | 149 |
| § 4.4 | 天线放大器举例 | 150 |
| 第五章 | 共用天线电视系统 | 160 |
| § 5.1 | 概述 | 160 |
| § 5.2 | 共用天线电视系统的一般要求 | 161 |
| § 5.3 | 共用天线电视系统的组成与设计方案的选择 | 162 |
| § 5.4 | 共用天线电视系统中的部件 | 165 |
| 第六章 | 电视天线的选用、制造、架设及馈电 | 176 |
| § 6.1 | 怎样选用电视接收天线 | 176 |
| § 6.2 | 电视天线的制造 | 178 |
| § 6.3 | 电视天线的馈线 | 180 |
| § 6.4 | 电视天线的阻抗匹配 | 183 |
| § 6.5 | 电视天线与馈线的连接 | 194 |
| § 6.6 | 电视天线的安装与架设 | 216 |
| 第七章 | 电视图象不佳的原因及其消除 | 227 |
| § 7.1 | 电视图象不佳的原因 | 227 |
| § 7.2 | 脉冲干扰及其消除 | 228 |
| § 7.3 | 差频干扰及其消除 | 231 |
| § 7.4 | 飞机和火车引起的干扰及其消除 | 231 |
| § 7.5 | 产生重影的原因及重影的消除 | 232 |
| 第八章 | 天线测量 | 253 |
| § 8.1 | 天线测试场地的选择 | 254 |
| § 8.2 | 天线输入阻抗或电压驻波比的测量 | 259 |
| § 8.3 | 方向图测量 | 270 |
| § 8.4 | 增益测量 | 273 |
| § 8.5 | 场强测量 | 277 |

第一章 电视接收的基本知识

§ 1.1 电视信号的发射与接收

电视是一种用电的方法连续传送活动图象的技术。它与人们熟悉的声音广播相似,但电视的传送过程要比声音广播复杂得多。电视广播一般要经过三个过程(见图1.1)。

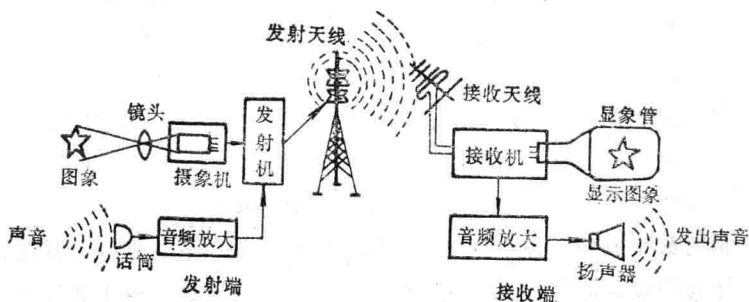


图1.1 电视信号的发射与接收

(1) 把图象信号变为电信号(主要由摄像机完成)。

(2) 进行传送——把由摄像机关入的图象电信号和由话筒送进来的经音频放大器放大后的伴音信号一起送进电视发射机,再经过馈线送到电视发射天线上。发射天线又把这些高频电视信号以电磁波的形式传向远方。

(3) 电视接收天线把从远方传来的带有电视信号的电磁波转换成在它的输出端产生的电动势,此电动势就通过馈线传到电视机,电视机再把电信号还原成图象信号。

由上述过程看出:电视接收信号的好坏,除了与电视发射台发射的质量密切相关外,还与电视信号的传播条件、电视接收天

线的位置、高度和性能以及电视机的接收好坏等有关。

发射条件，一般用户无法改变；电视接收机一旦买到，它的基本性能也就确定。唯一有选择余地的就是正确选用和架设接收天线系统。要达到这个目的，必须首先了解电视频道的划分、电视信号的传播特点、电视接收天线的主要参数及对电视天线的要求。下面将对这些问题分别加以介绍。

§ 1.2 电视频道的划分

电视信号包含图象信号和伴音信号。我国电视标准规定：伴音信号的载波比图象信号的载波高 6.5MHz，一个电视信号总的占用频带宽度为 8MHz，如图 1.2 所示。我们叫它们为“频道”。在电视广播中，每一套电视节目必须单独使用一个频道。如果一个地区要同时播送几套电视节目，就得使用好几个电视频道。例如上海电视台就使用了 5、8 和 20 三个频道，同时播送三套黑白或彩色电视节目。我国电视频道划分见表 1.1。我国各省、市、自治区主要城市目前所用的电视频道见表 1.2。各个国家的电视制度及频道划分各不相同，了解了国外电视频道的划分，就能指导我们购买适合我国电视频道用的电视接收天线。表 1.3 列出了日本、苏联和美国电视频道划分，仅供参考。

按照我国无线电、电视频率划分标准（见表 1.4），电视广播中的 1~12 频道属甚高频段，常用英文缩写字母 VHF 表示。电视广播中的 13~68 频道属特高频段，常用英文缩写字母 UHF 表

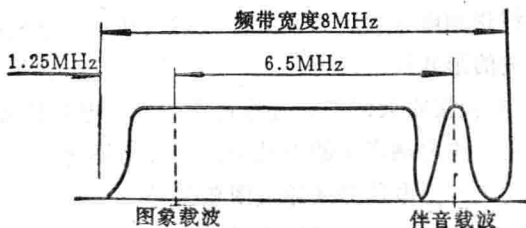


图 1.2 电视的频道宽度

示。为了满足我国电视广播事业发展的需要，中央广播电视部已作出决定：1981年后投产定型的新电视机必须具备VHF、UHF两个频段。

§ 1.3 电视广播信号的传播特点

电视台发射的电视信号有可能经过五种途径到达接收点，如图 1.3 所示。

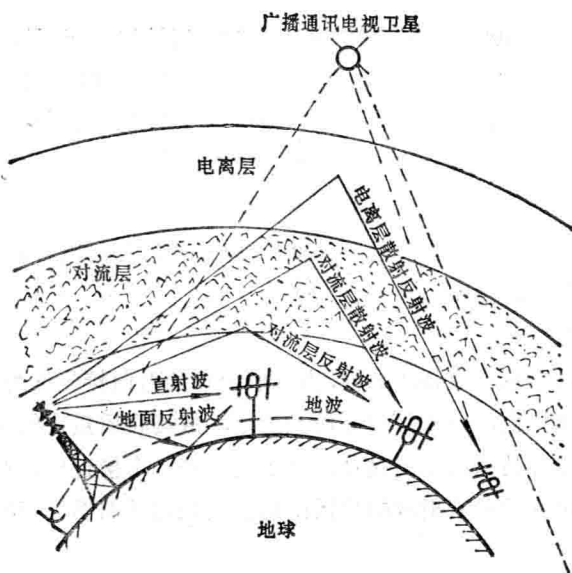


图1.3 电视广播信号的传播途径

地波

无线电地面波是指沿地面传播的波（简称为地波）。地波的传播距离与大地损耗有密切关系，而大地的损耗又与频率有关，也就是说，频率愈高，衰减就愈大，传播距离也就愈近。由于VHF、UHF的频率较高，所以地波衰减很快，因此不能用它传送较远距离的电视信号。

对流层的散射和折射波

对流层距地面约 12km，由于对流层的温度、压力和气流速度都随高度变化而变化，从而使电波信号产生散射和折射。这种散射和折射可以使电视信号传播距离达 600~700km，而且与天线的高度及气象条件关系甚小。但因为大气层单位面积反射能量很小，为得到可靠的电视接收，需要大功率发射，采用强方向性天线接收。这是一般民用所办不到的。

电离层的散射、反射

距地面约 100km 高空厚约 20km 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 200~400km 的电离层称为 F 层。短波经 F 层反射也能传得很远。由于 VHF 的频率比中短波高，所以一般都穿透电离层而射向宇宙空间。但在太阳活动激烈期间，F 层电子浓度加大，使 VHF 电视信号反射，使有些电视机在 1 或 2 频道能收看到 800~2000km 以外的电视信号，但信号衰落较大，图象质量不佳。

直射波

直射波是指在直视距离内，由发射台直接射向接收点的信号。在直视距离以内，电视信号强而且稳定，故接收质量比较可靠，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圆，因而电视信号直射波的传播距离会受到地球曲率半径的限制。参看图 1.4。

由图可见，直视距离只能到图中的甲处，如果要在乙处收看

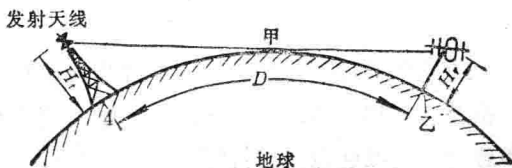


图 1.4 直视距离与地球曲率的关系

直射电视信号，就必须把电视接收天线架高。考虑到大气的折射，最大直视距离 D 可由下式近似计算。

$$D = 4.12(\sqrt{H_e} + \sqrt{H_r}) \text{ km} \quad (1.1)$$

式中 H_e ——电视发射天线的高度（单位m）；

H_r ——电视接收天线的高度（单位m）。

由式（1.1）可见，要使直视距离加大，必须设法把收发天线架高。这就是为什么各省市地区为扩大服务面积，克服重重困难利用高山建台，或在平原建造高塔的道理。例如陕西省电视台为扩大服务面积，就把电视发射台架设在海拔三千多米高的秦岭山顶上。

必须明确，正常接收范围并不是只靠简单地架高天线就能无限地增大。这是因为接收点信号电平的大小还与发射台的发射功率、收发天线之间的距离及其增益等有关。在发射功率、收发天线距离不变的情况下，接收功率与距离的平方成反比。在距电视台较远，但仍然位于直视距离的区域内，往往需要用高增益定向接收天线，以便在电场微弱的情况下，使电视机仍能从接收天线上得到足够大的电视信号，以维持正常收看。

超短波具有光的特性，而光波遇到障碍物就会产生反射。由于电视台传到接收天线处的VHF电磁波与光波相似，在传播途中遇到高大建筑物、山丘、树木等障碍物也会产生反射，通常把电视机收到的不是直接来自电视台的其他电视信号称“多路径”反射信号。由于直射信号与多路径反射信号经过不同路径、不同相位到达接收点，产生了干涉现象。干涉的结果，其合成信号在某些接收点上可能增强，在另外一些接收点上则可能减弱。在一小范围内，场强甚至相差几十倍。因此在选择接收点位置时，应仔细调整，把接收天线尽可能安装在合成信号最强的地方。前边我们已经说过，为增大直视距离，原则上应把接收天线架高，而且越高越有利，但考虑到合成信号随高度的起伏变化，故应实际调整。另外由于电视信号占有很宽的频带，直射信号与反射信号

干涉的结果，可能使图象清晰，但声音不佳。干涉现象对彩色电视机的影响要比对黑白电视机大得多，它可以使颜色减退或消失。室内的干涉现象要比室外显著，这是因为电视信号可能经地面、天花板、四周墙壁和室内其他物体多次反射，因此室内的场通常是最大值和最小值均很明显的驻波场。由于直射波的绕射能力比较弱，再加上建筑物的屏蔽和吸收作用，室内场强有时可能比室外低 20dB 左右。有的楼上和楼下信号就可能相差 20~40dB。当室内天线不能满足接收要求时，应架设室外电视接收天线。

多路径反射信号除与直射信号在接收点产生干涉外，由于它经过的路径要比直射信号到达接收天线经过的路径长，或者说反射信号比直射信号迟到达电视机，还会产生电视的重影现象。如何消除重影详见第七章。

卫星电视广播

卫星电视广播是把电视发射及收转设备装在同步卫星上，直接向地面播送电视节目。用于电视广播的卫星叫做电视广播卫星或电视直播卫星，它不同于普通通信卫星。通信卫星转发的内容多，功率小，服务范围大（约覆盖地球表面的三分之一），信号弱，对接收设备要求严格，接收设备昂贵。例如“国际通信卫星 IV A”号，波束张角为 17° ，服务面积 1.7 亿 $(\text{km})^2$ ，带有 20 部 6W 转发器，到达地面的场强只有 $1 \sim 5 \mu\text{V}/\text{m}$ 。要接收这么微弱的信号，只能用直径为 30m 的抛物面天线。电视广播卫星一般只用于本国或本地区的电视转播，要求覆盖面积小，发射功率大，如目前正在使用的一种电视广播卫星，波束张角只有 3° ，服务面积为 380 万 $(\text{km})^2$ ，发射功率可达 200W，服务区边界场强约为 $70 \mu\text{V}/\text{m}$ 。因此只要安装一副直径为一米的抛物面天线就有可能直接收看电视节目。

按国际规定：用于卫星电视广播的频段正在使用的有三个，即 700MHz 频段（620~790MHz）；2.5GHz 频段（2.5~2.69GHz）和 12GHz 频段（11.7~12.2GHz）。还有三个频段没有使

用。各国选用的频段也不相同，目前，加拿大、日本等国使用12 GHz 频段；苏联使用 700MHz 频段，我国将使用 12GHz 频段发展卫星直播业务。

由于调频波抗干扰性能好，利用效率高，接收设备比较简单，目前使用卫星电视广播的国家都采用调频方式进行转发，每个频道所占频带宽度约 27MHz。现在生产的电视机都是接收调幅广播的，由于调制方式及频率范围不同，所以不能直接接收卫星电视广播，但只要增加一个抛物面天线及一个接收头（包括调频放大、变频、调频-调幅转换三个主要部分）就可以接收卫星电视广播了。

§ 1.4 电视接收天线的主要参数

如果没有天线，就是有最优良的电视接收机也很难（甚至无法）收看那些优美的图象和动听的音乐，所以电视接收天线犹如电视机的“耳目”一样重要。如果你有一台高质量的电视接收机，再配一副高性能的电视接收天线，那你收看电视节目一定称心如意。那么，到底根据什么原则说这一副电视天线性能好，而另一副不好呢？在回答这个问题之前，我们先介绍接收天线的主要参数。

电视接收天线的性能包括电性能和机械性能，二者相比，通常电性能又是主要的。

电视接收天线的主要参数有：方向图、增益、驻波比、极化及其频带特性。

方向图

接收天线的方向图就是表示在电磁场的作用下在天线中所感应电动势的大小与来波方向（空间的角度）的关系。根据互易原理，天线在发射状态下的电参数与在接收时的相同（不包括有源或铁氧体天线）。故我们以发射天线为例来说明天线的主要参数。说得通俗一点，天线的方向图就是表示天线所辐射的能量在空间

(方位和俯仰角)的分布情况。把天线所辐射的能量与空间角度的关系描绘成曲线,把这些曲线就叫做天线的方向图。由天线的方向图就能明显看出能量在空间的分布情况。由于天线的立体方向图不好表示,所以通常只给出两个主平面^①方向图。图 1.5 就是半波振子归一化水平面场强方向图。

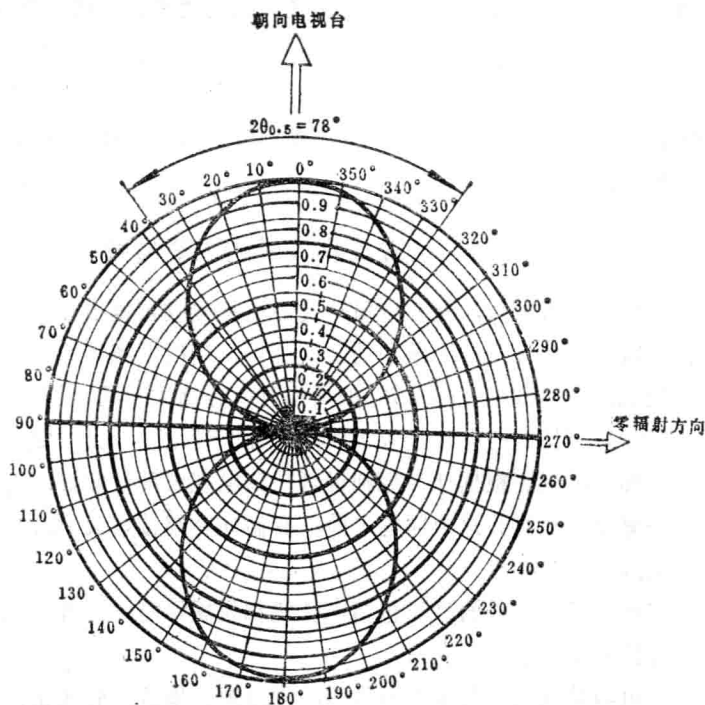


图 1.5 半波振子归一化水平面场强方向图

由图可见,沿振子的轴线辐射为零,在垂直振子的两个方向上为最大辐射方向,即我们常说的“8”字方向图。显然,要收

① 由于电视塔发射的是水平极化波,为保证收发天线极化一致,接收天线也应水平架设。通常把电矢量和磁矢量所在平面称为天线的主平面,把电矢量和磁矢量所在平面内的方向图称主平面方向图。

看电视节目应该使振子与电台方向垂直，如果振子与电视台方向一致，就接收不到电视信号。

对电视接收天线，又常用半功率波束宽度和前后辐射比来衡量方向图的好坏。

半功率波束宽度

按照天线中的定义，在功率方向图中，把相对最大辐射方向功率下降到一半时的波束宽度叫做半功率波束宽度^①。本书规定用 $2\theta_{0.5}$ 表示半功率波束宽度。可见不同的 $2\theta_{0.5}$ 就代表了天线辐射方向图尖锐程度的不同。 $2\theta_{0.5}$ 越小，天线的定向接收能力就越强，受多路径反射信号的影响也就越小；在指向安装精度允许的情况下， $2\theta_{0.5}$ 愈小愈好。

前后辐射比

通常把天线功率方向图（或场强方向图）朝向电视台 0° 方向的前向幅度与背向电台方向 $180^\circ \pm 60^\circ$ 内最大后向幅度之比定义为前后辐射比。本书规定用 F/B 表示前后辐射比。习惯上用 dB 单位表示前后辐射比。

对功率方向图， F/B (dB) = $10\lg F/B$;

对场强方向图， F/B (dB) = $20\lg F/B$;

例如半波长振子，由于前后辐射能量一样大，即 $F/B=1$ ，或 $F/B=0$ dB，如果 $F/B=20$ dB，则表示前向辐射功率比后向大 100 倍。

前后辐射比越大，排除后方来的干扰能力也就越强。可见，对单一方向接收， F/B 越大越好。

增益

增益是天线极为重要的参数，用它可以衡量天线辐射能量的集中程度。按照电视标准规定，电视天线的增益均以半波振子作为比较标准。即把半波振子的增益视为 1 或看作 0 dB。本书规定

① 对场强方向图，把相对最大辐射方向场强下降到 0.707 倍时的波束宽度亦叫半功率波束宽度。如图 1.5 所示。

用 G 表示天线增益，而且所给增益均是相对半波振子定义的。例如某天线的增益为6dB，就意味着该天线的增益比半波振子高6dB。天线的增益与天线的方向图有关，天线的半功率波束宽度越窄，后瓣旁瓣越小，天线的增益就越高。例如全波振子的半功率波束宽度($2\theta_{0.5}=47^\circ$)比半波振子窄($2\theta_{0.5}=78^\circ$)，因而它的增益比半波振子约高1.6dB。

为了提高前向接收能力和抗干扰能力，显然在满足频带特性的前提下，天线的增益越大越好。

电压驻波比

在接收天线系统，如果天线的输入阻抗与馈线的特性阻抗不一致（通常把这种现象称为不匹配或失配），就会产生反射，使接收天线得到的信号功率不能全部送进电视机而影响收看效果，当馈线足够长且严重失配时，还会产生重影现象。

根据传输线理论，入射波和反射波在馈线中干涉会形成驻波。参看图1.6。

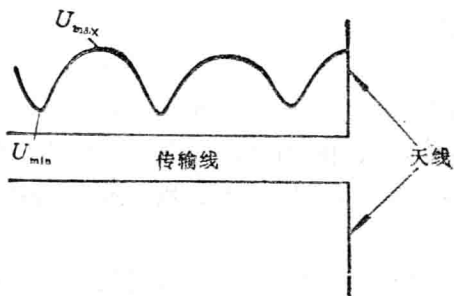


图1.6 传输线中的驻波

把电压最大值(U_{max})（波腹电压）与电压最小值(U_{min})（波节电压）之比定义为电压驻波比（简写成VSWR）。本书规定用 S 表示电压驻波比。驻波比用公式可表示成

$$S = \frac{U_{max}}{U_{min}} \quad (1.2)$$

显然 $S \geq 1$ ，可见 S 的大小就表示了天线和馈线匹配程度的好坏。