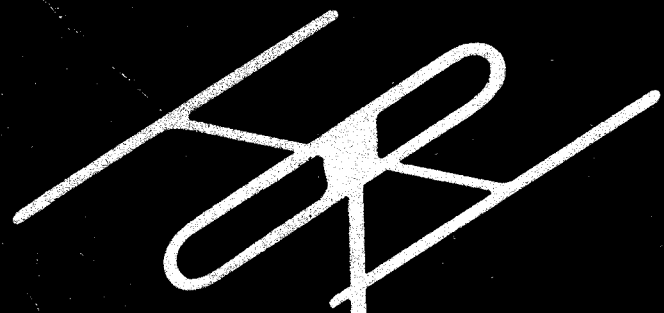


王 国 强 编 著



实用电视接收天线

1948.52

上海科学技术文献出版社

实用电视接收天线

王 国 强 编著

*

上海科学技术文献出版社出版
(上海市武康路2号)

新华书店上海发行所发行
上海商务印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 7.125 字数 172,000

1983年10月第1版 1983年10月第1次印刷

印数: 1—59,000

书号: 15192·269 定价: 0.74 元

《科技新书目》57-256

前 言

电视机在我国已比较普遍,在农村及边远地区,购买电视机的人也越来越多。但是,由于这些地区离电视台较远,选用什么样的天线来接收电视就成了十分突出的问题。另外,在城市接收电视信号,也还存在着图象重影和图象模糊等与天线有关的问题。由于以上这些原因,作者总结了本人近几年的实践及教学经验,并参考了一些国内、外的有关资料写成此书,意在普及一点电视机天线方面的知识。

本书共有七章。书中首先简要介绍了电视信号波传播的基本特点、电视接收点场强的计算方法、天线性能参数的测试方法以及馈线的选择,然后,重点介绍了各类天线的原理、设计和制作。如改善重影的接收天线、室外定向接收天线和特高频接收天线等。考虑到电视天线的实践性较强,本书对数学运算进行了适当的处理,具有中学文化程度的人就能看懂。

为方便电视机用户选择和安装天线,本书附有各类天线的实例。为便于电视接收天线设计人员参考,本书还收集了一些有关图表。

在本书的编写过程中,得到了周佳俊、张建先、李放和潘同卫等同志的很多帮助,在此表示衷心的感谢。

作 者

1982.12.

目 录

第一章 电视接收概述	1
第一节 信号的发射、传播和接收	1
第二节 天线的基础知识	20
第三节 电视接收中的馈线	62
第二章 半波天线(附羊角天线)	71
第一节 半波天线的性能	71
第二节 半波天线的应用与制作	80
第三节 半波天线的改进	83
第三章 室外定向接收天线	96
第一节 概述	96
第二节 定向接收天线的原理与实现方法	98
第三节 定向接收天线的设计	103
第四节 定向接收天线的调整与安装	110
第五节 双频道天线	114
第四章 远程接收天线	120
第一节 组合天线	120
第二节 双向双频道天线	132
第五章 改善重影的接收天线	138
第一节 图象重影的判别与反射物的确定	138
第二节 可变方向性天线	147
第三节 小型化定向天线	161
第六章 特高频接收天线	169
第一节 特高频电视广播特点	169
第二节 抛物线形反射器定向天线	174

第三节	角形反射器定向天线·····	184
第四节	圆环天线·····	190
第七章	共用天线电视接收系统 ·····	198
第一节	CATV 系统的应用·····	198
第二节	CATV 系统的组成和部件·····	201
第三节	共用天线的简易方法·····	209
附录	·····	217
1.	我国电视频道划分表·····	217
2.	放大倍数与分贝数对照表·····	219
3.	驻波系数与反射损耗关系表·····	221
4.	互阻抗曲线图·····	222

第一章 电视接收概述

本章围绕电视接收的需要，介绍一下电视信号的发射、传播、接收，以及接收天线的基本特点与概念。

第一节 信号的发射、传播和接收

一、信号的发射

在电视广播站里，电视信号通过馈线由发射机输送到发射天线，然后再通过发射天线把电视信号发射到空间。电视信号在馈线上传输时，就像电流在导线上传输一样。不过，电视信号的调制频率很高，它是以高频电流的形式进行传输的。电视发射天线的主要作用，就是把电视信号从高频电流的形式变换成电磁波的形式，然后射向空间。

此外，电视发射天线必须居高临下，架设在铁塔或高山上，以便把电视信号传播到远方，让更多的居民收看到电视节目。另外，还要求发射天线能够把辐射出去的电视信号尽可能地集中在平行于地面的水平面内，这样可以使电视信号能量不集中在电视台的附近，同时又不让电视信号能量射向天线的上方空间而浪费掉。为了实现这个要求，电视发射天线通常都由多层天线组合而成。层数越多，天线增益越高(天线增益的意义，参阅本章第二节)。发射天线增益越高，电视信号传播的距离就越远。一般电视发射天线都由四层或六层蝙蝠翼形天线组成。

其次，要求电视发射天线能够尽可能均匀地向四面八方辐

射电视信号。也就是说，要使距离电视台同样远的那些居民——无论他们处于哪一方——接收到的电视信号强度相等。电视发射天线的这种特性，在天线技术上称为“在水平面内具有均匀的辐射”。实现这种均匀辐射，才能使电视台获得最大的有效服务区域。因而，理想情况下的电视信号能量分布状态如图 1-1(a) 所示，圆心就是电视发射天线。但是，实际上发射天线向外辐射电视信号时能量是不均匀的。能量的分布状态犹如梅花形，如图 1-1(b) 所示。由 (b) 图可以看出，电视发射天线在 OA 方向上辐射能量多，在 OB 方向上辐射能量少。因此，在这两个方向上的居民，即使距离电视台同样的远，他们采用的电视接收天线却可能完全不同。比如，大家都离电视台 30 公里远时， OA 方向的居民采用室内电视接收天线就可以获得稳定、清晰的电视图象，而 OB 方向的居民，却需要采用室外电视接收天线才能获得稳定、清晰的电视图象。

再有，发射天线还必须按照需要，产生一定形式的极化波（有关极化波的概念详见本章第二节）。

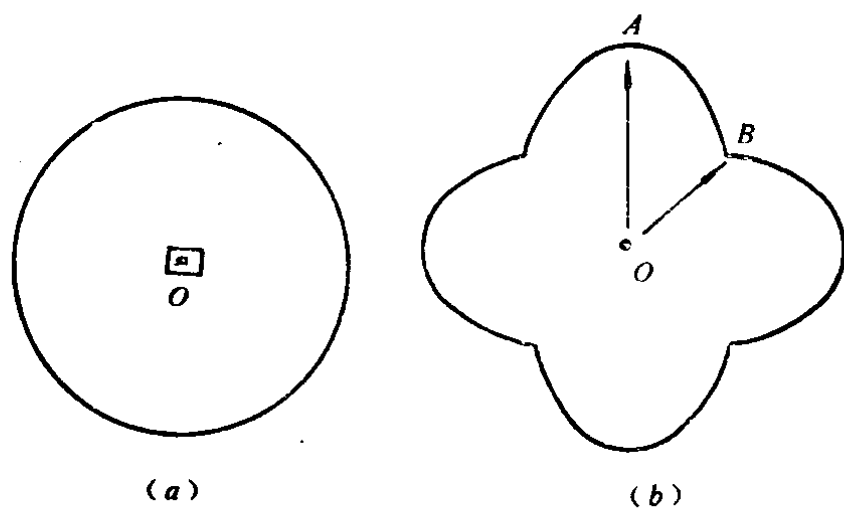


图 1-1

二、信号的传播

1. 信号的传播特点 电视信号离开发射天线之后，以电磁

波的形式向四面八方辐射(以下简称电视信号波)。这种辐射,犹如把一块小石头抛进平静的水池,激起水波,一起一伏地向四面八方传播。在传播过程中,电场随着时间变化激发产生磁场,磁场又随着时间变化,激发产生电场。依此不断循环,由近及远地把电视信号传播出去。

电视信号以电磁波的形式在自由空间传播。因此,它必然具有电磁波的一般特点。这些特点如下:

第一,电视信号以光速(3×10^8 米/秒)在空间传播。光速 c 与电视信号频率 f 、电视信号波长 λ 的关系如下:

$$c = f \cdot \lambda$$

或

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

因此,知道电视信号频率 f ,就可以根据(1-1)式计算出电视信号波长 λ 。比如 8 频道电视信号频率范围 $f_1 \sim f_2$ 为 183~191 兆赫,根据(1-1)式算得电视信号波长范围 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ 为 1.63~1.57 米。

第二,在空间电视信息由电场和磁场共同携带,它们在空间的相互关系是电场垂直于磁场,而电场、磁场共同垂直于电视信号传播的方向,即符合通常所说的右手定则。电场、磁场、传播方向三者间的关系如图 1-2 所示。

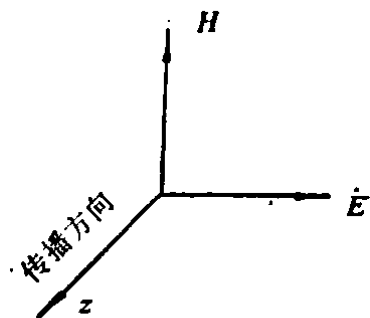


图 1-2

第三,电视信号在空间传播过程中的每一瞬间,电场能量 $\left(\frac{1}{2} \varepsilon |\dot{E}|^2\right)$ 与磁场能量 $\left(\frac{1}{2} \mu |\dot{H}|^2\right)$ 频繁地进行着交换。而电场 \dot{E} 与磁场 \dot{H} 之间的关系,犹如电压、电流的关系。因此,电场与磁场之比也称阻抗。不过这个阻抗叫

做“波阻抗”以 Z 表示:

$$Z = \frac{|\dot{E}|}{|\dot{H}|} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = 120\pi \approx 377 \text{ } (\Omega) \quad (1-2)$$

式中, μ 是自由空间的导磁系数, $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ 亨/米; ϵ 是自由空间的介电系数, $\epsilon = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9}$ 法/米。

由上式可以看出, 在传播过程的每一个瞬间, 电场能量等于磁场能量, 即 $\frac{1}{2} \epsilon |\dot{E}|^2 = \frac{1}{2} \mu |\dot{H}|^2$ 。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。目前采用的金属棒状天线只接收电视信号的电场能量。当然, 可以设法选用磁性天线接收电视信号的磁场能量。不过, 目前市售的中短波磁性天线, 由于它们的应用频率低, 不适宜用来接收电视信号。关于用磁性天线接收电视信号的技术问题, 有关单位正在研究之中。

除上述一些特点之外, 电视信号波还具有一些本身固有的特点。这些特点是:

第一, 载波频率高, 信号频带宽。为了保证图象细节的清晰度和颜色的层次分明, 一般电视频带宽度选为 8 兆赫。因此从无线电波段划分表(见表 1-1)中可以看出, 能够供电视广播使用的波段, 只有 VHF(甚高频)、UHF(特高频)及 SHF(超高频)三个。

根据我国的电视标准规定, 我国电视广播使用的 VHF 波段的频率范围是 48.5~223 兆赫, UHF 波段的频率范围为 470~958 兆赫。VHF 波段划分为 12 个电视频道, UHF 波段划分为 56 个电视频道。电视频道的划分见附录一。

第二, 电视信号波由发射天线到接收天线, 主要以空间直接波的方式传播, 如图 1-3 所示。由图可以看出, 电磁

表 1-1 无线电波频段划分表

按波长划分的 名称	波长范围	频率范围	按频率划分的 名称	电波传播方式		主要应用
				近距离	远距离	
超长波	100~10 km	3~30 kHz	超低频 VLF	地面波	电离层波	长距离通讯
长波	10~1 km	30~300 kHz	低频 LF	地面波	电离层波	长距离通讯、导航
中波	1 km~100 m	300~3000 kHz	中频 MF	地面波	电离层波	广播、导航、海军 通讯
短波	100~10 m	3~30 MHz	高频 HF	电离层波	电离层波	中、长距离通讯、 广播
超短波	10~1 m	30~300 MHz	甚高频 VHF	直接波 地面反射波	对流层散射、 电离层散射	短距离通讯、电视、 雷达、宇宙研究
微波:分米波	1~0.1 m	300~3000 MHz	特高频 UHF	直接波 地面反射波	对流层散射	超高频:通讯、雷 达、电视、气象卫 星、宇宙研究雷 达、导航、中继通 讯卫星通讯、电 视通讯、宇宙研究
厘米波	10~1 cm	3~30 GHz	超高频 SHF	直接波	对流层散射	
毫米波	10~1 mm	30~300 GHz	极高频 EHF	直接波		

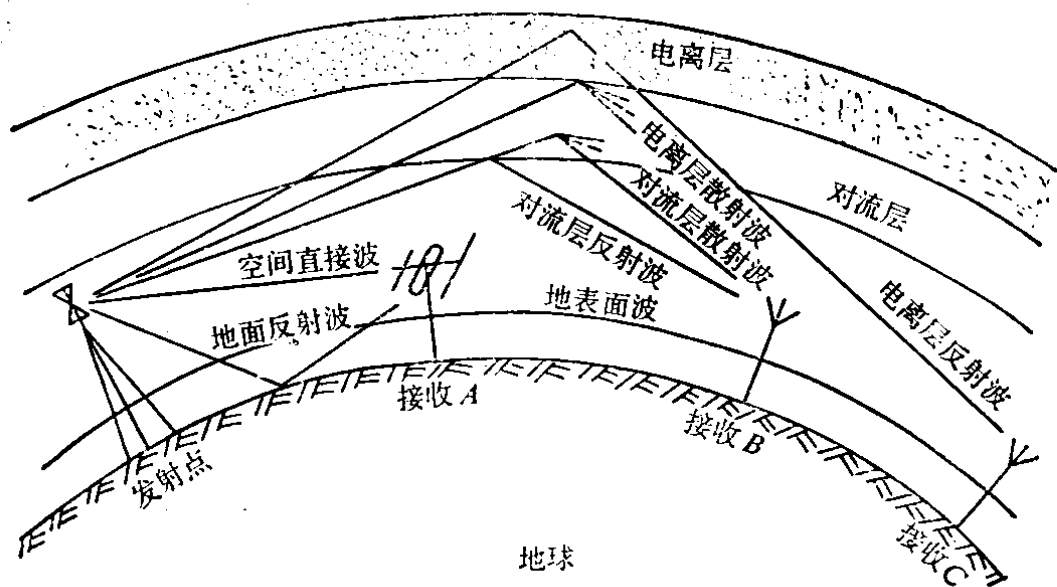


图 1-3 电波传播方式

波在空间传播的方式很多，但是，对于电视信号波来说，因为它的载波频率高，相应的波长很短，因此地面上的房屋、树木、电线杆、铁塔等等都成了它的传播障碍物。当这些障碍物的尺寸可以与电视信号波的波长相比较时，信号波的绕射能力变得很弱。这样一来，电视信号波沿地面传播时，衰减就很大。所以，电视信号波不能依靠这种地面上的表面波传播。另外，因为电视信号的频率很高，不能被电离层反射回地面，所以也不能依靠天波传播电视信号。再有，电离层、对流层的散射传播，虽然可以将超短波、微波信号传播到远方，但是，由于散射损耗较大及传输频带窄，只适用于通信，而不适用于传播宽频带的电视信号。所以，VHF、UHF 和 SHF 三个波段的电视信号，主要依靠空间的直接传播，简称为直接波传播。在这三个波段中，频率越高，其传播特点越接近光的传播特性。比如，在一座楼房后面，收看 VHF 电视节目比较清楚，但是接收 UHF 电视节目时，由于大楼的影响，图象模糊或同步不稳定。因此，必须把天线架高，使发射台传来的 UHF 电视信号波不被遮挡。

• • •

第三，大多数电视台发射的信号是水平极化波。所谓电波的极化，就是指电磁波在传播过程中，电场变化轨迹所构成的平面。比如，电场在水平面内变化(也就是与地面平行的平面)称为水平极化波。若电场在传播过程中在垂直于地面的平面内变化，这种波称为垂直极化波。与电场相对应的磁场，分别对应地处于垂直平面内或水平平面内，如图 1-4 所示。发射天线产生水平极化波还是产生垂直极化波?根据磁场与电流有关，电场与电位有关的原理，波的极化方向由发射天线的物理位置所决定。安装发射天线时，若使其上面的电流流动方向垂直于地面，那么，该天线辐射的电磁波就是垂直极化波;若使发射天线上的电流流动方向平行于地面，那么，该天线辐射的电磁波就是水平极化波。普通的语言广播，由于频率低波长长，相应的发射天线尺寸大，考虑到发射天线的架设，以及电波传播特点等等，一般都采用垂直极化波。在电视广播中，大多数电视台选用水平极化

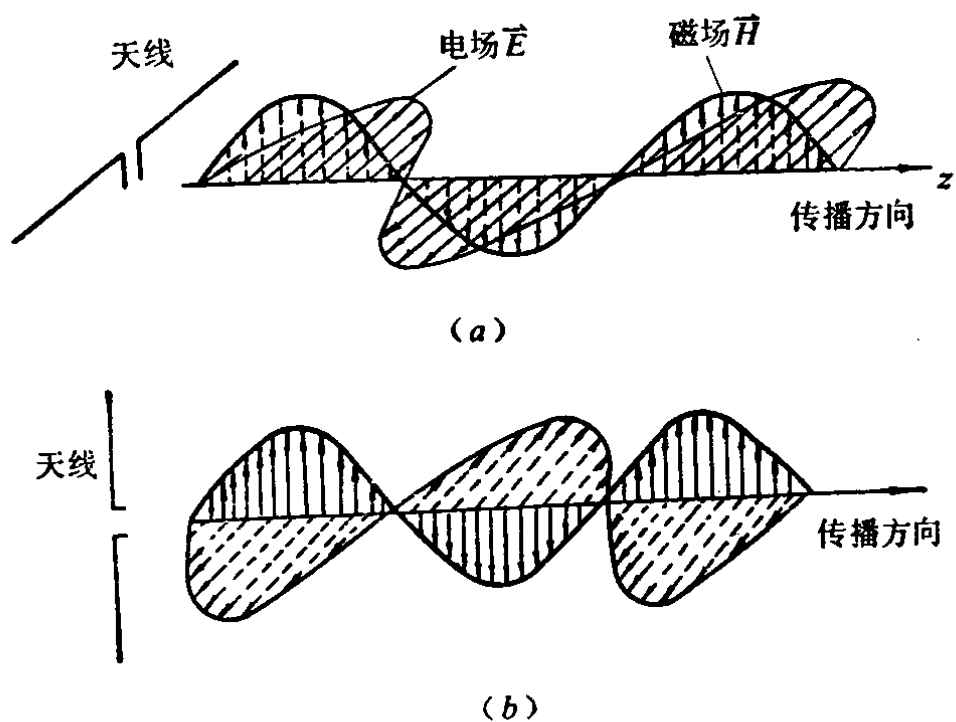


图 1-4 (a)水平极化波和(b)垂直极化波

波。这是因为以电火花为主的工业干扰，主要以垂直极化波的形式出现。为了减少干扰，电视台选用水平极化波。

其次，无线电广播(即上面所讲的普通语言广播)也是一种垂直极化的干扰波。另外，树木、电线杆和建筑物等对垂直极化波比较容易产生反射。因此，如果电视广播采用垂直极化波，图象重影会更加严重。

此外，架设水平极化波的室外接收天线，比架设垂直极化波的接收天线容易。综合考虑以上这些因素，电视广播选用了水平极化波。为了使电视接收天线能获得最大的感应电动势，室外接收天线必须水平放置。

顺便说明一下，如果在同一地区有两个频率相近的电视台，为了减少两台电视节目相互干扰，可以使一个电视台辐射垂直极化波。一般说来，水平安装的接收天线不会接收垂直极化波。而垂直安装的接收天线也不会接收水平极化波。这种情况对于工矿、企业、学校开展电视教学也很有用。

但是必须指出，水平极化波从地面或障碍物上反射时，其中一部分会转化成垂直极化波。同样，如果电视台发射垂直极化波，经地面反射后，会产生水平极化波。此时采用水平天线也能接收到发射垂直极化波的电视台信号。不过信号的强度比较弱。电视信号频率越高，反射损耗越大。因此，上面所提到的利用辐射不同极化波的方式，来提高电视机的频道选择性，比较更适用于 VHF 频段的高端频道，或 UHF 频段。

2. 电视发射台的服务区域 电视信号波在空间是沿直线方向传播的，而地球表面是弯曲的。弯曲的表面就影响了电视信号波传播的距离。电视发射台的有效服务区域除了受弯曲的地表面影响之外，还与许多其它因素有关，如发射功率、发射天线的方向性，以及气候、地形、电视机的接收灵敏度等等。除此

之外,还与电视机是否采用高架的接收天线有密切的关系。

电视信号电波所能传播到达的区域,基本上就是电视发射台的有效服务区域。若以电视发射台为中心,那么,电视信号波直线传播所能达到的距离,就是这个有效服务区域的半径。这个半径在电视专业上简称“视距”。下面介绍一下发射天线、接收天线的高架程度对视距的影响。

(1) 不采用高架的接收天线 不采用高架接收天线的情况

如图 1-5 所示。图中 B 点为电视发射天线, C 点为电视收看点; AO 长度即为电视台所能服务的最大区域半径(即视距), R 是地球的半径,它等于 6.37×10^6 米; h_1 为发射天线的高度。因此,在直角三角形 OOB 中,

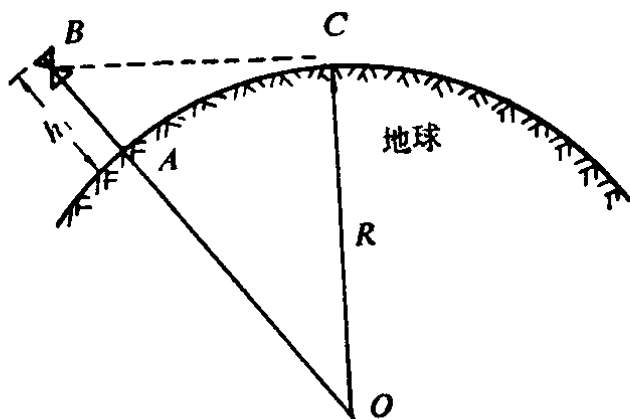


图 1-5 接收天线不架高的视距范围

$$\begin{aligned} \overline{BC} &= \sqrt{(h_1 + R)^2 - R^2} \\ &= \sqrt{2Rh_1 + h_1^2} \end{aligned}$$

由于 h_1 大大小于地球的半径 R , h_1^2 项与 $2Rh_1$ 相比较时可以忽略。这样,

$$\overline{BC} = 3.57\sqrt{h_1}(\text{米}) \text{ 千米。} \quad (1-3)$$

又因为 h_1 大大小于 \overline{BC} (即 $h_1 \ll \overline{BC}$), 所以可以认为 \overline{BC} 近似等于 \widehat{AC} (即 $\overline{BC} \approx \widehat{AC}$)。也就是说,在接收天线不高架的情况下,电视台服务区域半径为 $3.57\sqrt{h_1}(\text{米})$ 千米。由此公式可知,电视发射功率足够大时,发射天线架设得越高(即 h_1 越大),它的服务区域就越大。当发射天线的高度 h_1 增加两倍时,电视台服务区域的半径扩大 $\sqrt{2}$ 倍,因而服务区域的面积增加 2 倍。

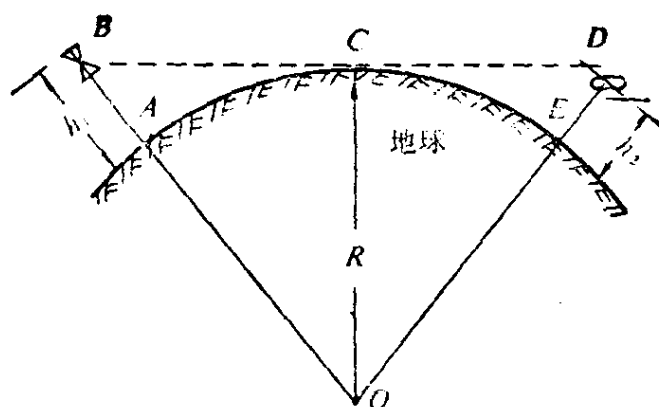


图 1-6 收、发天线同时架高的视距范围

(2) 采用高架的接收天线 采用高架接收天线的情况如图 1-6 所示。图中 B 点为发射天线, D 点为高架的接收天线, C 点是空间直接波与地面相切之点。按照上述相同的方法, 可以求得

$$\overline{DC} = 3.57 \sqrt{h_2} (\text{米}) \text{ 千米}$$

式中 h_2 为接收天线的高度。

所以, 发射天线到接收天线之间的直线距离为

$$\overline{BD} = \overline{BC} + \overline{CD} = 3.57 (\sqrt{h_1} (\text{米}) + \sqrt{h_2} (\text{米})) \text{ 千米} \quad (1-4)$$

\overline{BD} 就是接收天线高架之后, 电视台所能实现的服务区域半径。由上式可以看出电视台的服务区域, 不仅随着发射天线的高度增加而扩大, 而且也随着接收天线的高度增加而扩大。

现在需要指出一点, 上述的分析与计算方法, 是假设空间大气层为均匀介质的情况下进行的。实际上, 大气的成分、压强、温度以及湿度等等都随着高度的不同而变化, 大气层是不均匀的

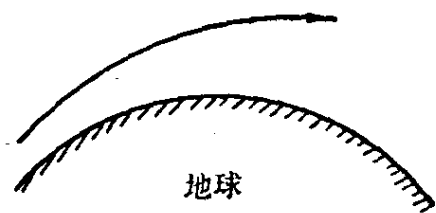


图 1-7 电波传播示意

的介质。因此, 电磁波在空间传播就存在着折射现象 (折射系数 $n > 1$), 在正常的情况下 $n = 1.00038$ 。所以, 电磁波 (也就是电视信号波) 实际上不是直线传播, 而是略有弯曲

地传播,如图 1-7 所示。因此,按照上述公式计算得到的电视台服务区域半径,小于实际上的服务区域半径。考虑到电磁波在空间传播时受到的大气层折射影响,电视台的实际视线距离 \overline{BD} 之长应该是

$$\overline{BD} = 4.12(\sqrt{h_1(\text{米})} + \sqrt{h_2(\text{米})}) \text{千米} \quad (1-5)$$

但是,必须说明,由图 1-6 可见, \overline{BD} 之长是发射天线到接收天线的直线距离。而电视台的服务区域半径 S 是以电视台为中心,沿地表面计算的。因此,电视台的服务区域半径 S 应该是图 1-6 中的 \widehat{AE} 。然而,因为 $h_1 \ll \overline{BC}$, $h_2 \ll \overline{CD}$, 所以

$$S = \widehat{AE} \approx \overline{BD} = 4.12(\sqrt{h_1(\text{米})} + \sqrt{h_2(\text{米})}) \text{千米} \quad (1-6)$$

比较(1-4)式和(1-6)式可以看出,若发射天线高度 h_1 和接收天线高度 h_2 保持不变,那么由于大气层对电视信号波存在折射,将使电视台的有效服务区域半径增加 8% (考虑大气层折射因素所确定的电视台最远的接收点,在图 1-6 中未标出)。当已知某一个电视台的发射天线高度以后,就可以根据(1-6)式估算出能够接收到该电视台发射出来的电视信号的最大区域半径。

例如,已知某电视台发射天线的高度为 200 米,若选用 5 米高的接收天线,试求能够收看该电视台节目的最远距离是多少?

解: 设能收看该电视台节目的最远距离为 S , 则根据(1-6)式可得

$$S = 4.12(\sqrt{200} + \sqrt{5}) \approx 67.5 \text{ (公里)}。$$

根据上式的分析可以看出,每一个电视接收点的接收天线有一个最低的高度要求。如上例中,当发射天线的高度为 200 米时,在远离电视台 67 公里处,若使用 2 米的天线(即居住底楼,而且天线不架设到楼顶上),那么即使发射机有足够的功率,

接收机有很高的灵敏度，也很难正常收看。这时必须改用 5 米高的接收天线才能正常收看。如果电视机距离电视台 50~60 公里，那么只须采用 3 米高的接收天线就可以正常收看了。这告诉我们，距离电视台越远，电视接收天线所必须架设的高度也就越高。如果接收天线的高度已经进入了电视台的视距范围，但还不能正常收看，这可能是由于电视发射机的功率不大和电视机的灵敏度不高，但电视机用户还可以采用高增益的接收天线来实现正常收看。

另外，电视信号波除了存在折射的现象之外，还存在着绕射现象，也就是说，电视信号波在传播途中，能够绕过地球的隆凸表面。

因此，当电视台采用大功率发射(比如发射功率为 10 千瓦)，电视机又采用强方向性、高增益接收天线(比如接收天线增益在 20 分贝以上)时，一般说来，可以实现 100~200 公里的电视接收。

(3) 接收地点的场强计算 在电视信号波的传播过程中，信号有强弱的变化。电场强度越大，接收天线所能获得的信号感应电动势就越大，电视机的输入信号电压(或者说信号功率)就越大。当电视机输入信号电压足够时，屏幕上便能获得满意的电视图象。所以，为了保障电视机必要的输入电压，首先必须了解电视机周围的场强大小，然后再对接收天线的增益系数指标提出要求。

一般来说，当发射天线、接收天线都处于高架的情况下，接收地点的电视场强总是由空间直接波和地面反射波相互干涉合成，如图 1-8 所示。因此，接收地点的场强有效值可按下式计算：

$$E = 2180 \frac{\sqrt{P(\text{千瓦}) \cdot G \cdot h_1(\text{米}) \cdot h_2(\text{米})}}{r^2(\text{公里}) \cdot \lambda(\text{米})} \cdot m \text{ (微伏/米)} \quad (1-7)$$