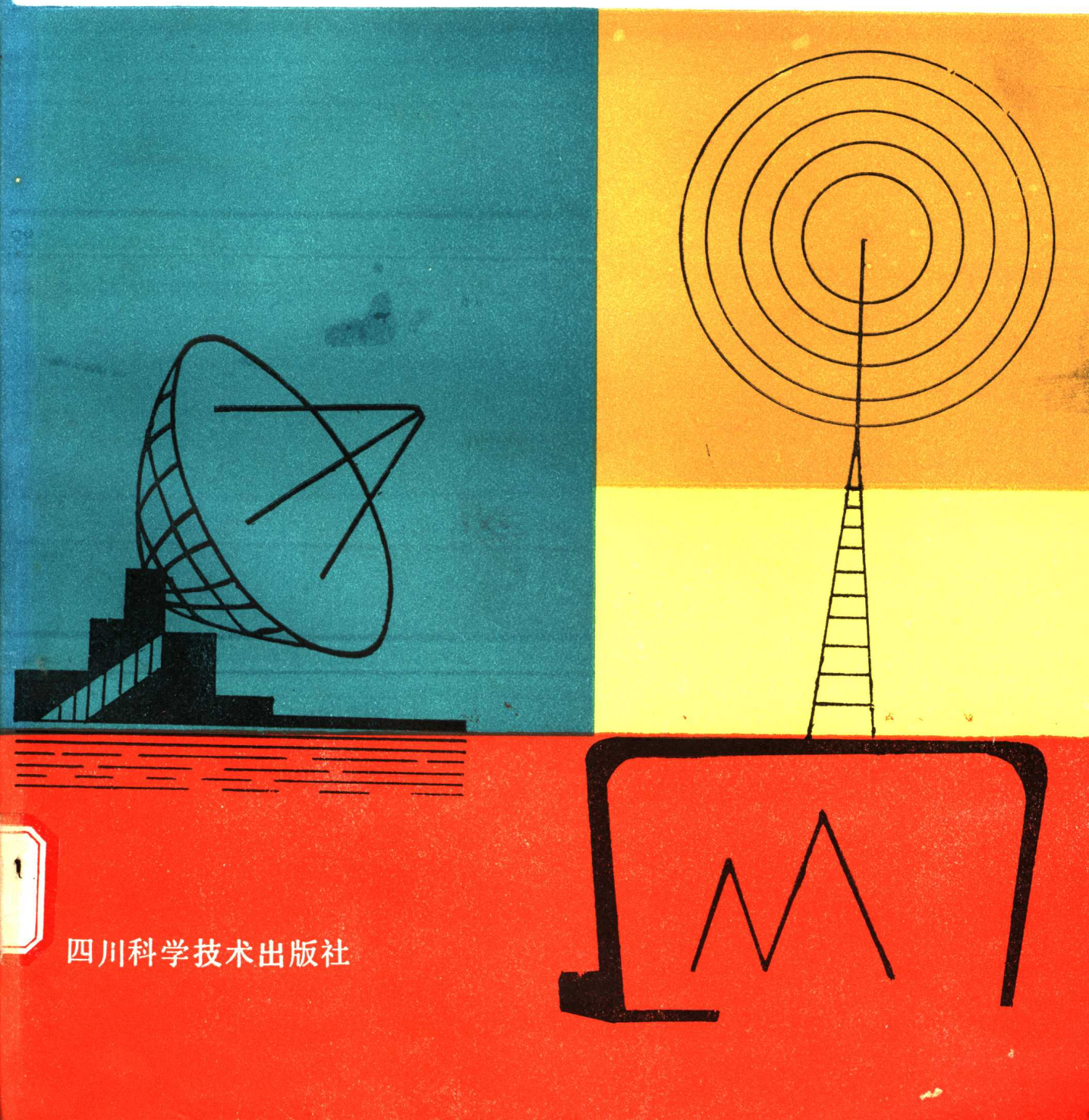


共用天线与 卫星电视接收技术

李大锡 邱文杰 曹子义 编著



四川科学技术出版社

共用天线与卫星电视接收技术

李大锡 邱文杰 曹子义 编著

四川科学技术出版社

一九八八·成都

责任编辑: 王蜀瑶

封面设计: 韩健勇

技术设计: 吴向鸣

共用天线与卫星电视接收技术

李大锡 邱文杰 曹子义 编著

四川科学技术出版社出版发行
(成都盐道街三号)

四川省新华书店 销经

隆昌县印刷厂 印刷

ISBN 7—5364—0829—3/TN·28

1989年1月第一版 开本787×1092mm 1/16

1989年1月第一次印刷 字数 407 千

印数: 1—10000册 印张 17.25

定价: 5.20元

前言

共用天线电视技术，通常也称为CATV，早在40年代问世于美国远离城市中心的一些边远地区。当时的目的是要使更多人能够比较满意地接收到电视广播。随着我国电视工业的迅速发展和电视广播的迅速普及，广大用户对电视接收质量的要求越来越高。近年来，大城市高层建筑密集林立，对电视信号的反射和屏蔽严重地影响电视节目的正常收看。另外，远离电视台的边远山村，山区电视信号的覆盖问题还没有得到合理的解决，广大人民迫切要求收看到电视节目。CATV由于具有传输质量高，图象稳定，可传送V频道（1~12），U频道（13~56）和调频广播的节目，因此，近年来发展很快。其应用范围已从传播电视节目为主，逐步扩展为卫星直播电视接收，微波中继，录象和摄像，自办节目，闭路电视以及电视教学，工业管理，经济行情传递等。显然，今天的CATV技术已把卫星接收，电视技术、通信技术和计算机技术溶为一体，组成一个综合信息网，成为信息社会的重要标志。

共用天线和卫星电视接收技术已在我国日益普及，全国有200多个厂、所研制和生产共用天线和卫星电视接收系统，已形成年产几百万户共用天线电视接收和成千个卫星电视接收站的规模。由于我国幅员广阔，而且多山，因此，广播电视发展的趋势是，共用天线接收和卫星电视接收紧密结合，把卫星接收作为共用天线接收前端的组成部分。

国内虽已出版过几种共用天线或卫星电视接收的书籍，但都是分别叙述这两种技术，而把两种技术结合起来论述的书籍尚未见到，特别是适用于工程设计，安装、调试和维修的更少。作者根据多年科研、教学和生产实践，总结了大量工程设计和制造方面的资料，还搜集了技术标准和各种国产产品的型号规格，并从工程应用出发编写本书，以满足共用天线和卫星电视接收技术发展的需要。本书的特点是基本理论与工程设计、安装维护相结合，着重于工程应用、适于从事该技术的专业人员和管理人员使用，对业余爱好者也适用，还可作为培训班教材。

本书在编写过程中，得到了国营七八三厂副总工程师王今中，成都宏声电子元件厂厂长黄绍荃、副厂长李振武，成都电讯工程学院教授文希理，国营七八四厂高级工程师马远慈、工程师齐树源的大力支持和帮助，书中计算公式还得到七八四厂子弟中学数学教师高彩玉的校订，全部插图由付联慧、胡瑞英同志描绘，在此一并表示感谢。编者识浅，书中错误难免，欢迎批评指正。

编 者

1987. 10 于成都

目 录

第一章 电视接收概述	(1)
第一节 信号的传播.....	(1)
第二节 信号的接收.....	(9)
第三节 卫星直播电视的接收.....	(20)
第二章 共用天线电视系统	(26)
第一节 概 述.....	(26)
第二节 共用天线电视系统组成.....	(28)
第三节 卫星电视接收.....	(29)
第四节 名词术语.....	(32)
第三章 共用天线电视系统部件	(36)
第一节 混合器.....	(36)
第二节 频道变换器.....	(41)
第三节 调制器.....	(43)
第四节 放大器.....	(47)
第五节 分配器.....	(60)
第六节 分支器.....	(69)
第七节 导频信号发生器.....	(83)
第八节 衰减器.....	(84)
第九节 传输线.....	(88)
第四章 共用天线电视系统工程设计	(98)
第一节 系统设计基础.....	(98)
第二节 信号电平的计算.....	(112)
第三节 载噪比计算.....	(117)
第四节 系统电平分配的设计与计算.....	(121)

第五节 典型工程设计实例	(125)
第六节 工程设计图及编制工程预算书	(142)
第七节 避雷设计	(146)
第五章 卫星直播电视接收站	(150)
第一节 电视图象质量与信噪比的关系	(151)
第二节 接收机输入的载波功率	(151)
第三节 接收系统的噪声功率	(154)
第四节 接收机的载噪比	(158)
第五节 接收机输出信噪比与系统特性参数的关系	(161)
第六节 K波段卫星直播电视接收站的总体性能	(162)
第六章 接收天线	(175)
第一节 天线的主要特性参量	(175)
第二节 共用天线电视常用的接收天线	(178)
第三节 卫星直播电视接收天线	(201)
第七章 共用天线电视系统和卫星电视天线安装	(209)
第一节 共用天线电视系统安装概述	(209)
第二节 主天线安装	(210)
第三节 VHF 频道天线组装	(211)
第四节 UHF 频道天线组装	(213)
第五节 组合天线组装	(214)
第六节 阻抗匹配器组装	(215)
第七节 天线杆加固	(217)
第八节 天线放大器安装	(217)
第九节 室内电气部件安装	(217)
第十节 电缆铺设	(220)
第十一节 卫星电视接收天线安装	(221)
第八章 系统的调试、测量及维修	(225)
第一节 常用仪器	(225)
第二节 系统调试	(231)
第三节 系统的测量	(233)
第四节 系统常见的故障及排除方法	(243)
第五节 系统验收	(248)
第六节 使用CATV设备注意事项	(249)

第九章 共用天线电视技术的发展趋势	(231)
第一节 概 述.....	(231)
第二节 双向传输.....	(253)
第三节 光纤传输.....	(257)
参考文献	(264)

第一章 电视接收概述

人们之所以能在电视接收机屏幕上欣赏五彩缤纷的图象，振奋人心的新闻和婉转动听的音乐，这是因为电视广播台，把制作的带有各种信息的强功率电视信号，用馈线送到又高又大的发射天线，经天线将电视信号以电磁波的形式发射到广阔的空间，人们便可通过接收天线收到电视信号。

电视发射台总是希望电视台周围有更多的人收看到和收看好电视节目。但怎样才能达到这样的目的呢？简单说来，它主要与电视信号的传播特性和接收点的电场大小有关。

第一节 信号的传播

一、无线电波的传播

电磁波的频谱很宽，按其频率从低到高可以分为无线电波、红外线、可见光、紫外线、 x 射线和 γ 射线等。它们都是电和磁的波动过程，因而有许多共同点。

无线电波的波长 λ 、频率 f 和传播速度 v 的关系为：

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

而无线电波的传播速度 v 等于：

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}} \quad (1-2)$$

式中， $\mu\epsilon$ 为传播媒质的导磁系数和介电常数。在真空中， $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 亨/米 (H/m)， $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9}$ 法/米 (F/m)。因此，无线电波在真空中的传播速度等于 3×10^8 米/秒，与光速相同。无线电波在空气中的传播速度

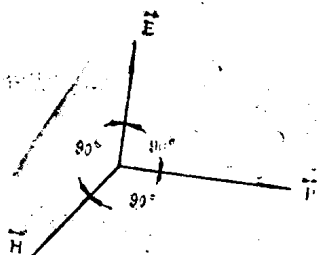
$$v' = \frac{v}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (1-3)$$

式中， ϵ_r 为空气的相对介电系数，略大于1。显然，无线电波在空气中的传播速度略小于真空中的传播速度。但是，工程上一般仍以 3×10^8 米/秒 (m/s) 计算。也就是说，只要知道

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	100~10km	3~30kHz	超低频VLF	地面波	电离层波	长距离通讯
长波	10~1km	30~300kHz	低频LF	地面波	电离层波	长距离通讯、导航
中波	1km~100m	300~3000kHz	中频MF	地面波	电离层波	广播、导航、海军通讯
短波	100~10m	3~30MHz	高频HF	电离层波	电离层波	中、长距离通讯、广播
超短波	10~1m	30~300MHz	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 1~0.1m	300~3000MHz	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、导航、中继通讯、卫星通讯
	厘米波 10~1cm	3~30GHz	超高频SHF	直接波	对流层散射	
	毫米波 10~1mm	30~300GHz	极高频EHF	直接波		

图1-1 $\vec{E}$ 、 $\vec{H}$ 和 $\vec{P}$ 的空间关系

了无线电波的频率 f ，便可由式(1-1)计算波长 λ 。按频率的高低，或波长的长短，可以划分成许多频段，如表1-1所示。但它们都具有下面的特点：

1) 无线电波是以电磁场的能量形式，用光的速度在自由空间传播。传播过程中，若不考虑近场的影响，电场 $\vec{E}$ 和磁场 $\vec{H}$ 在空间相互垂直、同时都垂直于坡印廷

矢量 $\vec{P}$ 的传播方向(图1-1)。每一瞬间，电场能量和磁场能量都在互相交换，电场和磁场在时间上是同相的，其间的关系很像电压和电流的关系。电场强度和磁场强度的比值称为空间的特征阻抗，用 W_0 表示，即：

$$W_0 = \frac{E_m}{H_m} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120\pi = 377(\Omega) \quad (1-4)$$

显然，无线电波的电场强度和磁场强度之间存在着完全固定的关系。也就是说，已知电场便可求磁场，或已知磁场也可求电场。工程上总是习惯于用电场强度的值来标定无线电波的强度。

2) 无线电波能在各种介质中传播，无线电波的传播线称为射线。

当无线电波在各向均匀的介质中传播时，它总是沿直线传播，即其传播路径为直线。

当其从一种介质进入性质不同的另一种介质时，也会像光波一样产生反射和折射，如图

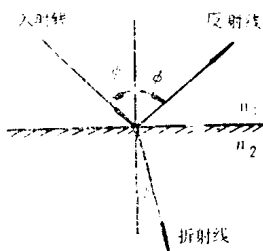


图1-2 无线电波的反射和折射

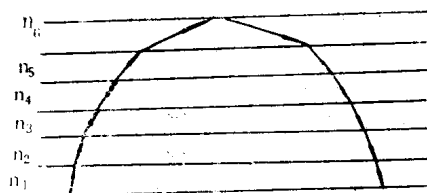


图1-3 无线电波在非均匀分层介质中产生的折射

1-2。

图中，入射角等于反射角，入射角 ϕ 与折射角 ψ 的关系为：

$$\frac{\sin \phi}{\sin \psi} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1-5)$$

式中， n_1 、 n_2 分别为介质Ⅰ和Ⅱ的折射系数。由式(1-5)不难看出，如 $n_2 < n_1$ ， ϕ 为某一值时， ψ 将等于 90° ，亦即电波不能进入第Ⅱ种介质，这种现象称为无线电波的全反射。

当无线电波在非均匀介质中传播时，其传播路径为曲线，这种现象是由无线电波在不均匀的分层介质中传播时产生多次折射造成的，如图1-3。

3) 无线电波在传播路径上遇到障碍物时，总是力图绕过这一障碍，这种现象称作绕射。当障碍物的几何尺寸与无线电波的波长可以相比拟时，绕射现象更为显著，如图1-4(a)。当障碍物的几何尺寸比波长大得多时，绕射很弱，以至在障碍物后面形成无线电波的寂静区，如图1-4(b)。

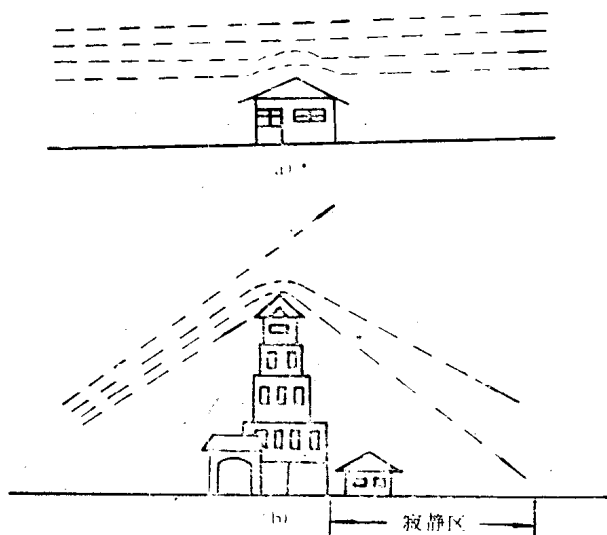


图1-4 无线电波的绕射

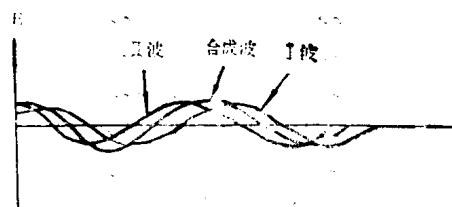


图1-5 无线电波的干涉

4) 当无线电波射向理想导体时，电波将被全部反射回来，这种现象称为镜面反射。

5) 由同一波源发出的无线电波，经过不同的传播路径后在某点相遇，或两个以上频率完全相同的无线电波在某点相遇，这时将产生波的叠加，结果使波有时增强、有时减弱，这种现象称为无线电波的干涉，如图1-5。

6) 各向同性(无方向性)天线发射的无线电波，以波动的形式均匀地向空间各个方向传播。无线电波在空间的等相位面是一球面，亦即无线电波是以球面波的方式传播的。但

表1-2

我国电视频道划分表

频道 序号	频率范围 (MHz)	波长范围 (cm)	中心频率 (MHz)	中心波长 (cm)
1	48.5~56.5	619~531	52.3	573
2	56.5~64.5	531~465	60.4	497
3	64.5~72.5	465~414	68.4	439
4	76~84	395~357	79.9	375
5	84~92	357~326	87.9	341
6	167~175	180~171	171	175
7	175~183	171~164	179	168
8	183~191	164~157	187	160
9	191~199	157~151	195	154
10	199~207	151~145	203	148
11	207~215	145~140	211	142
12	215~223	140~135	219	137
13	470~478	63.8~62.8	474	63.3
14	478~486	62.8~61.7	482	62.2
15	486~494	61.7~60.7	490	61.2
16	494~502	60.7~59.8	498	60.2
17	502~510	59.8~58.8	506	59.3
18	510~518	58.8~57.9	514	58.4
19	518~526	57.9~57.0	522	57.5
20	526~534	57.0~56.2	530	56.6
21	534~542	56.2~55.4	538	55.8
22	542~550	55.4~54.5	546	54.9
23	550~558	54.5~53.8	554	54.2
24	558~566	53.8~53.0	562	53.4
25	606~614	49.5~48.9	610	49.2
26	614~622	48.9~48.2	618	48.5
27	622~630	48.2~47.6	626	47.9
28	630~638	47.6~47.0	634	47.3
29	638~646	47.0~46.4	642	46.7
30	646~654	46.4~45.9	650	46.2
31	654~662	45.9~45.3	658	45.6
32	662~670	45.3~44.8	666	45.0
33	670~678	44.8~44.2	674	44.5
34	678~686	44.2~43.7	682	44.0
35	686~694	43.7~43.2	690	43.5
36	694~702	43.2~42.7	698	43.0
37	702~710	42.7~42.3	706	42.5
38	710~718	42.3~41.8	714	42.0
39	718~726	41.8~41.3	722	41.6
40	726~734	41.3~40.9	730	41.1

是, 当我们在远离发射天线的某处接收时, 所收到的电波只不过是整个球面上的一个极小部分, 这一小点上的球面波完全可以视为平面波, 正如我们可以把一小块地球表面看成平面一样。

二、电视信号的特点

电视信号除了具有无线电波的上述传播特性之外, 为了获得高的收看质量, 它还有其自身的特点:

1. 载波频率高、信号频带宽 为了保证电视图象细节清晰, 颜色逼真, 层次分明, 电视信号就要求很宽的频带宽度, 通常需要8MHz。因此, 电视信号的载波频率必须很高, 否则电视图象质量不好, 传输的电视频道也很少, 甚至给设备的制造带来很大困难。从前面表1-1无线电波频段的划分可以看出, 能供电视广播使用的频段只有甚高频(VHF)、特高频(UHF)和超高频(SHF)。按照我国的电视标准规定, 电视广播在VHF频段使用的频率范围是48.5~223 MHz, 分成12个电视频道(1~12), 在UHF频段使用的频率范围是470~958 MHz, 分成56个电视频道(13~68)。在1~68频道中, 每个频道均占8 MHz(见表1-2)。后面将介绍, SHF频段主要提供给卫

(续表)

频道 序号	频率范围 (MHz)	波长范围 (cm)	中心频率 (MHz)	中心波长 (cm)
41	734~742	40.9~40.4	738	40.7
42	742~750	40.4~40.0	746	40.2
43	750~758	40.0~39.6	754	39.8
44	758~766	39.6~39.2	762	39.4
45	766~774	39.2~38.8	770	39.0
46	774~782	38.8~38.4	778	38.6
47	782~790	38.4~38.0	786	38.2
48	790~798	38.0~37.6	794	37.8
49	798~806	37.6~37.2	802	37.4
50	806~814	37.2~36.9	810	37.0
51	814~822	36.9~36.5	818	36.7
52	822~830	36.5~36.1	826	36.3
53	830~838	36.1~35.8	834	36.0
54	838~846	35.8~35.5	842	35.6
55	846~854	35.5~35.1	850	35.3
56	854~862	35.1~34.8	858	35.0
57	862~870	34.8~34.5	866	34.6
58	870~878	34.5~34.2	874	34.3
59	878~886	34.2~33.9	882	34.0
60	886~894	33.9~33.6	890	33.7
61	894~902	33.6~33.3	898	33.4
62	902~910	33.3~33.0	906	33.1
63	910~918	33.0~32.7	914	32.8
64	918~926	32.7~32.4	922	32.5
65	926~934	32.4~32.1	930	32.3
66	934~942	32.1~31.8	938	32.0
67	942~950	31.8~31.6	946	31.7
68	950~958	31.6~31.4	954	31.4

星直播电视使用。

2. 电视信号的传播

电视信号从发射天线到接收天线可能经过多种传播途径,但由于载频很高,电波沿直线传播,绕射很弱,因此,主要是空间波传播。其传播途径是:

(1)地波传播:它是指波只沿地球表面的绕射传播(见图1-6)。当天线很低时,电波离地面很近,在其传播过程中不断被地面吸收而衰减,且衰减量与地面的导电系数,电波的极化方式和工作频率有关,一般说来,随频率升高衰减量加大。因此,这种波只在VHF频段的近距离上存在。

(2)空间波传播:它是当发射天线和接收天线都架高时在直视距离内的传播。此时,接收点的波是由直接波和地面反射波干涉而成(见图1-6),因此,接收点的电视信号场强应等于二者之和。VHF和UHF频段的电视信号在直视距离内的传播就是这种方式。

(3)对流层传播:从地球表面向上到离开地面大约10公里范围的大气层称为对流层。由于对流层中大气湿度、压力和温度的变化,使大气介电系数随高度改变。当电波遇到这些不均匀的大气层时,就会产生反射、折射和散射(见图1-6)。VHF频段的电视信号有可能利用对流层进行远距离传播。

(4)电离层传播:由于太阳和各种宇宙射线的辐射致使空气分子电离,在离地面60~900公里的高空形成电离层(见图1-6)。但在通常条件下,VHF频段的电波不能被电离层反射,也就是说,电视台发射的电视信号将穿过电离层,不能返回地面。但在异常情况下,VHF频段的电视信号也有可能被反射,不过信号很不稳定,很难实现正常接收。

(5)外球层传播:离地面900~1200公里的空间称为外球层。SHF频段的卫星通信、卫

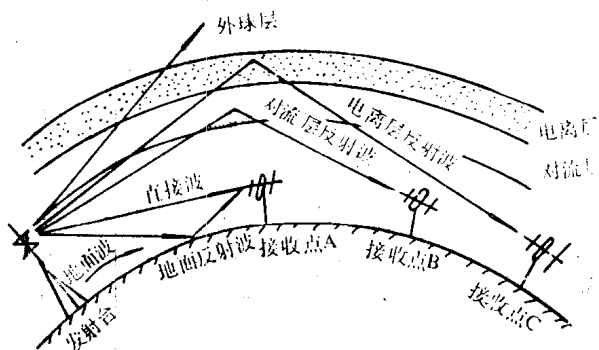


图1-6 电视信号波的传播途径

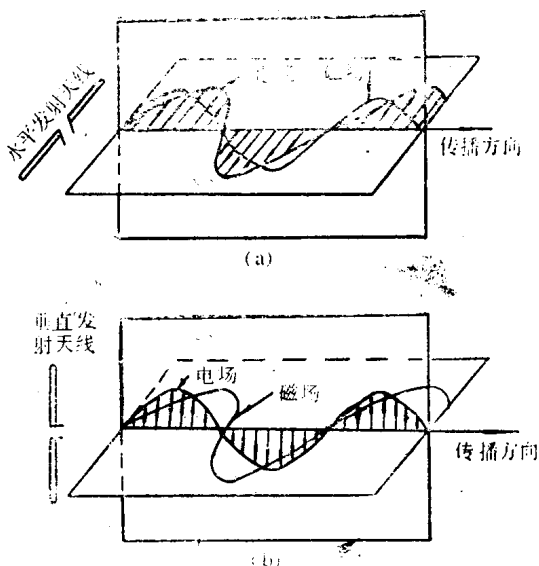


图1-7 电磁波的极化方向

星直播电视信号就是利用这种传播方式。

3. 水平极化波 电视台发射的几乎都是水平极化波。电磁波在传播过程中，电场矢量的变化始终保持其特定方向，这种现象称为极化，这种波称为极化波。若电场在水平面内变化，则称为水平极化波；若电场在垂直面内变化，则称为垂直极化波。波的极化方向是由发射天线的安装方向决定的。若安装发射天线使其上面的电流方向平行于地面，则它辐射的就是水平极化波，而使发射天线上的电流方向垂直于地面时，它就辐射垂直极化波，如图1-7。

目前，我国的电视发射天线几乎都是辐射的水平极化波。其主要原因是为了抗干扰，提高图象质量。以电火花为主的工业干扰，主要是以垂直极化波的形式出现。普通的广播电台也采用垂直极化波。对于垂直极化波，树木、电线杆和高层建筑也比较容易产生反射。另外，架设水平极化的室外接收天线也较架设垂直极化的接收天线更方便。因此，为了使电视接收天线能获得最大的感应电动势，室外接收天线也必须水平放置，如图1-8。天线A可以

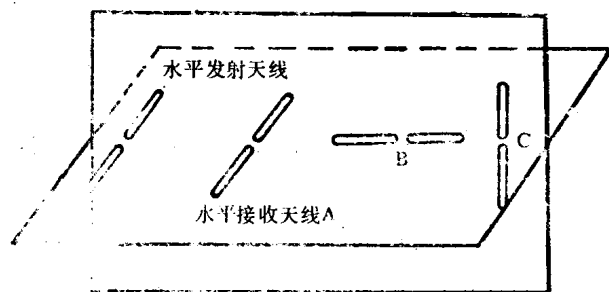


图1-8 接收天线的安装方向

最佳接收水平发射天线发射的水平极化波，而与发射天线相垂直的接收天线B和C都收不到水平极化的电视信号。不过，电视台发射的水平极化波经地面和障碍物反射后，极化将产生变化、出现垂直分量，因此，达到接收天线处的不是单一极化的电磁波。所以，我们在离发射台较近的距离使用室内接收天线收看电视时，接收天线的最佳位置往往不是水平的，这就是

因为电磁波在室内多次反射后已不是单一的水平极化之故。

除此之外，还有一种极化波的电场振幅不随时间变化，而电场矢量的方向以等角速度沿

顺时针或反时针方向旋转，前者称为右旋圆极化波，后者称为左旋圆极化波，如图1-9所示为左旋圆极化波的传播情况。值得注意的是，发射的是左旋或右旋圆极化波，接收时也应采用左旋或右旋圆极化天线，才能保证最佳接收。如用水平或垂直极化天线接收圆极化将有3分贝的功率损失，但能保证可靠地接收。所以，在卫星直播电视系统中便使用圆极化接收天线。

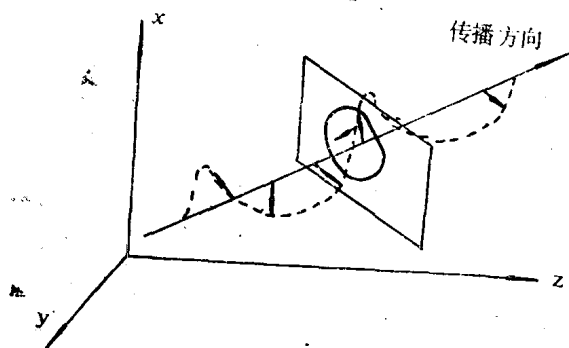


图1-9 左旋圆极化波

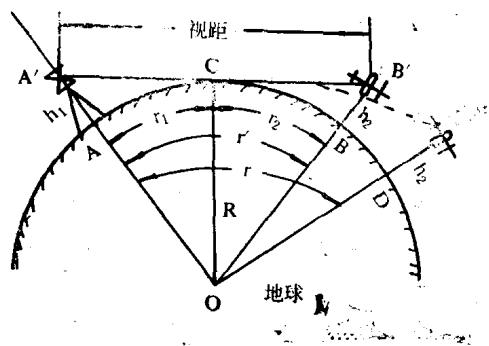


图1-10 视距的计算

三、电视发射台的服务区

由前面的分析已经知道，电视信号的载频采用VHF和UHF频段，所以，电视信号在空间基本上是沿直线传播的。而地球表面是弯曲的，弯曲的表面将影响信号的传播距离，也就是说，电视信号原则上只能在视距范围内传播。除非在某些特殊情况下，通过绕射、折射、散射或反射，才可能使传播距离大大超过视距。此外，电视台的服务区实际上还与发射功率、发射天线的方向性、气候、地形、电视机的接收灵敏度和接收天线的形式与架设高度等因素有关。但是，一般情况下，电视信号波能够传播到的区域，基本上就可认为是电视发射台的有效服务区。若以发射台为中心，电视信号波向周围传播所能达到的距离，即视距，便是电视发射台有效服务区的半径。下面介绍发射天线和接收天线的架设高度对视距的影响。

当发射天线架高 h_1 时，如图1-10所示，从地球上A点的电视发射天线发出的电视信号最远可以达到C点。如果把接收天线架高到 h_2 ，则直视距离可延长到B点。在直角三角形 $A'OC$ 中有：

$$A'C = \sqrt{(R+h_1)^2 - R^2} = \sqrt{2Rh_1 + h_1^2}。$$

式中，地球半径 $R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$ ，远远大于电视发射天线的高度 h_1 ，所以， h_1^2 与 $2Rh_1$ 相比可忽略不计，则：

$$A'C = 3.57 \sqrt{h_1 (\text{m})} \quad (\text{km})$$

考虑到实际上发射天线的高度 h_1 又远远小于距离 $A'C$ ，所以，可近似认为 $A'C$ 就等于 AC ，即 r_1 。

同样，利用上述方法，考虑到 $h_2 \ll B'C$ ，得到：

$$B'C=BC=3.57\sqrt{h_2(m)} \quad (\text{km})$$

因此，电视发射台的有效服务半径为：

$$\begin{aligned} r' &= r_1 + r_2 = AC + BC = A'C + B'C \\ &= 3.57 [\sqrt{h_1(m)} + \sqrt{h_2(m)}] \quad (\text{km}) \end{aligned} \quad (1-6)$$

由式(1-6)可见，要增大电视台的服务区，就必须尽量架高发射天线和接收天线。但对于一般的电视用户来讲，要架很高的接收天线是比较困难的，因而总是尽量设法增高发射天线。目前，我国已建成的电视发射天线高度大约在50m到250m之间。显然，在高山上建立发射天线也是增加视距，扩大服务区的有效办法。

需要说明的是，上述结果仅对空间大气层为均匀介质，电视信号波在其中沿直线传播时是正确的。实际上，大气的成分、压强、温度和湿度等都在随离地的高度不同而变化，所以，大气层是不均匀的介质。电视信号波在其中传播时存在着折射现象，在正常情况下，折射指数 $n=1.00038$ 。所以，电视信号波实际上不是直线传播，而是略有弯曲的传播，如图1-10的虚线所示。如果接收天线的高度仍然是 h_2 的话，那电视发射台的实际视距应该是从A到D，即距离 r 。 r 比 r' 大约增加了1.15倍，因此，电视台的实际有效服务半径应等于：

$$r=4.12 [\sqrt{h_1(m)} + \sqrt{h_2(m)}] \quad (\text{km}) \quad (1-7)$$

为便于确定电视台的实际视距，将式(1-7)绘成图1-11的曲线。根据已知的发射天线和接收天线高度 h_1 和 h_2 ，可以很方便地从图上查得 r 。例如， $h_1=100\text{m}$ ， $h_2=4\text{m}$ ，得到 $r=49\text{km}$ 。而 $h_1=100\text{m}$ ， $h_2=36\text{m}$ 时，得到 $r=66\text{km}$ 。

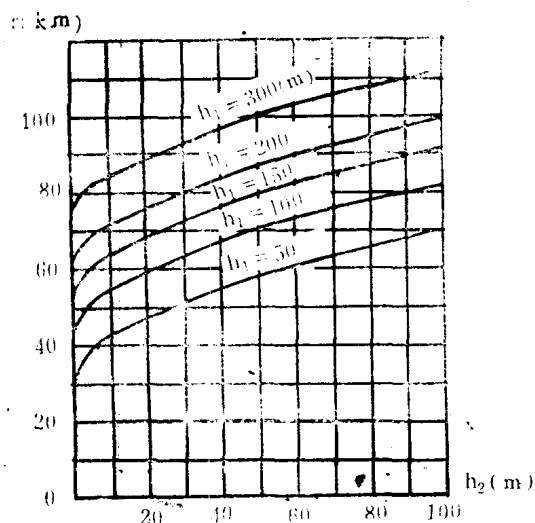


图1-11 电视台实际视距的计算图

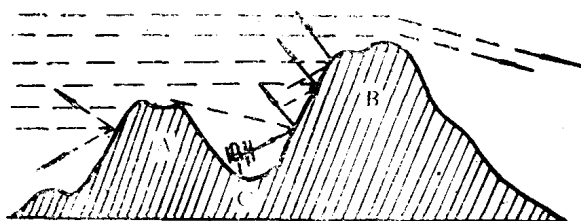


图1-12 电视信号的反射与绕射传播

分析所举例子不难看出，每一个电视接收点的接收天线都有一个最低的高度要求。如发射天线高度为100m时，在远离电视台49km处，接收天线的高度低于4m，即使发射台的电视信号有足够的强度，接收机的灵敏度很高也很难正常收看，而必须改架高于4m的接收天线才行。同时告诉我们，距电视台越远，为了

保证正常收看，电视接收天线也就必须架得更高。当然也有可能接收天线的高度虽已进入了电视台的视距范围，但还是不能正常收看。这很可能是由于发射台的功率不足或电视机的灵敏度不高，此时，用户可采用高增益的接收天线来实现正常接收。

电视信号波在传播路径上遇到高山时，在山后面会出现一个信号受到削弱的绕射区和一个紧贴山峰背面的完全无信号的寂静区，如图1-12。在绕射区内，当电视台采用大功率发

射, 如发射功率为10kW, 电视接收机又采用强方向性的高增益接收天线, 如接收天线的增益在20db以上时, 一般也有可能实现100~200km的电视接收。当然, 这是由于电波绕射作用出现的超视距传播。在寂静区C处(见图1-12), 因有从B山反射回来的信号, 因此, 只要将接收天线对准B山方向, 也有可能接收到电视信号。

第二节 信号的接收

电视接收天线上感应电动势的大小直接与该处的信号场强有关。场强越大, 感应电动势就越大, 电视机输入端的信号电压也就越大。当信号电压足够大时, 屏幕上便能获得满意的电视图象。所以, 为了在电视机输入端得到必要的输入电压, 必须首先知道电视机周围的场强大小, 然后, 再根据收看图象的要求对接收天线的方向性系数和共用天线与卫星电视系统的前端设备提出要求。

一、视距内电视信号场强的计算

当发射天线和接收天线都高出地面一个波长以上(在海面上应高出5~10波长)时, 即可忽略地面波的影响。此时接收点的电视场强

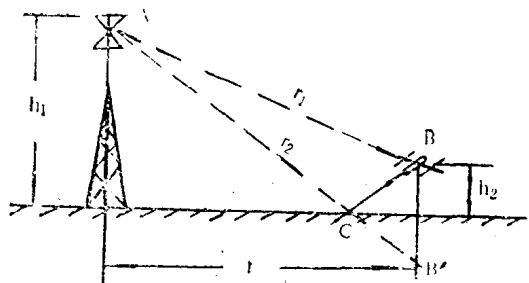


图1-13 视距内接收点场强的合成

可认为是仅由空间直接波和地面反射波干涉合成的(图1-13)。如果忽略电视信号波在传播过程中因大气的吸收和反射造成的损耗, 便可将直接波视为在自由空间的传播。

假设发射天线为各向同性天线, 其辐射功率为P, 显然在距发射天线A为r的B处的电视信号的能量密度p等于:

$$p = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (\text{W/m}^2)$$

已知 $\frac{E_m}{H_m} = 120\pi$

另据电磁场理论, 自由空间的能量密度与电场、磁场之间的关系为: $p = \frac{1}{2} E_m \cdot H_m$ 。

由此可得自由空间电场强度的有效值为:

$$E = \frac{\sqrt{30P}}{r} \quad (\text{V/m})$$

如果发射天线的方向性系数为D, 则由直接波在接收点建立的场强可写成:

$$E_1 = \frac{173\sqrt{P(\text{kW})D}}{r(\text{km})} \quad (10^{-3}\text{V/m}) \quad (1-8)$$

如前所述, 接收点B的场强应等于直射波和地面反射波之和。两个波的波程 r_1 和 r_2 长度

不等。由于波程差 $\Delta r = r_2 - r_1$ 便产生相位差，所以，B点的场强应为两个波的矢量和。从图1-13可得：

$$r_1 = \sqrt{r^2 + (h_1 - h_2)^2}; \quad r_2 = \sqrt{r^2 + (h_1 + h_2)^2}$$

所以
$$\Delta r = r_2 - r_1 = \sqrt{r^2 + (h_1 + h_2)^2} - \sqrt{r^2 + (h_1 - h_2)^2}$$

将 $(h_1 + h_2)^2$ 、 $(h_1 - h_2)^2$ 展开，考虑到 $h_1 \ll r$ ， $h_2 \ll r$ ，可略去平方项，再利用二项式展开，略去高次项，得到：

$$\Delta r = \frac{2h_1 h_2}{r}$$

由波程差 Δr 引起地面反射波的相位要比直射波的相位滞后 ϕ 角，即：

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta r = \frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda r}$$

对于水平极化的电视信号波，经地面反射后的振幅近似与反射前的振幅相等，而相位近似反相，则接收点B的地面反射波场强为：

$$E_2 = -E_1 \exp(-j\phi)$$

因此，接收点B的总场强应等于：

$$E = E_1 + E_2 = E_1 - E_1 \exp(-j\phi) = 2E_1 \sin\left(\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda r}\right)$$

因为实际的场强应为正值，所以，

$$E = 2E_1 \left| \sin\left(\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda r}\right) \right|$$

式中 r 为视距时，将式(1-8)的 E_1 代入得到视距内接收点场强的计算公式得：

$$E = 346 \frac{\sqrt{P(\text{kW})D}}{r(\text{km})} \left| \sin\left[\frac{2\pi h_1(\text{m})h_2(\text{m})}{\lambda(\text{m})r(\text{m})}\right] \right| \quad (10^{-3}\text{V/m}) \quad (1-9)$$

当发射天线高度 h_1 、接收天线高度 h_2 和视距 r 满足 $\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda r} \leq \frac{\pi}{9}$ ，或 $h_1 h_2 \leq \frac{\lambda r}{18}$ 条件时，

可用正弦的幅角值代替正弦值，则式(1-9)可简化为：

$$E = 2.18 \frac{\sqrt{P(\text{kW})D}}{\lambda(\text{m}) r^2(\text{km})} h_1(\text{m}) h_2(\text{m}) \quad (10^{-3}\text{V/m}) \quad (1-10)$$

此式称为维坚斯基公式。采用此式的条件有四个：

- 1) $h_1 \gg \lambda$ ， $h_2 \gg \lambda$ ，地面影响可略去不计；
- 2) $h_1 \ll r$ ， $h_2 \ll r$ ；
- 3) $h_1 h_2 \leq \frac{\lambda r}{18}$ ；

4) 未考虑地球弯曲的影响。

上述条件如不满足，只能用式(1-9)计算。

实际上地球的曲率将从两方面影响视距内的电波传播。首先影响地面波和直接波间的波