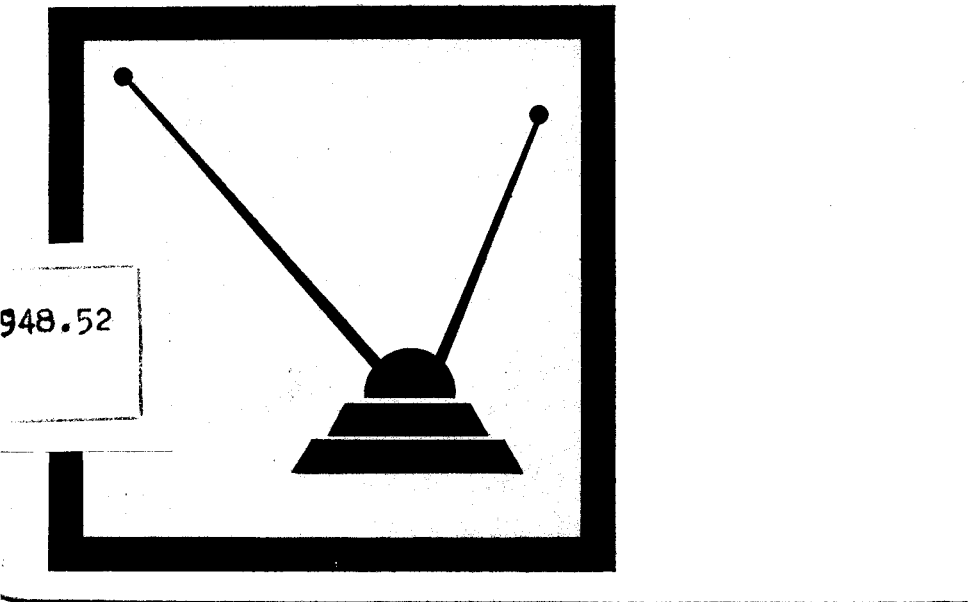


无线电爱好者丛书

简易电视接收天线

房增田 编著



内 容 提 要

合理选择和正确使用电视接收天线可以提高电视接收质量。

本书是无线电爱好者丛书之一。它通俗地介绍了简易电视接收天线的选择、制作、架设、使用等。本书着重于实用，不在理论方面作过多的叙述。

可供无线电爱好者及电视用户阅读参考。

无线电爱好者丛书 简易电视接收天线

房增田 编著

责任编辑：胡美霞

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本：787×1092 1/32 1983年11月第一版

印张：4 页数：64 1983年11月北京第一次印刷

字数：87千字 印数：1-140,000册

统一书号：15045·总2775-无6254

定价：0.36元

前 言

随着广播电视事业的发展和人民生活水平的提高，电视机越来越普及。用户不仅希望自己的电视机稳定可靠，还希望看到的图象清晰逼真、听到的声音宏亮悦耳。对彩色电视机还要求颜色稳定、鲜艳。这首先要由电视机本身的质量来决定。但使用方法是否得当，电视安放位置是否合理，尤其是接收天线的选择和使用，往往起着关键的作用。本书就大家最为关心的天线的选择、制作、架设、使用等方面的问题，以通俗的方式，联系实际，给无线电爱好者和一般电视机用户提供一些基本知识。

限于作者的水平和经验，对于书中的缺点、错误，敬请读者指正。

作者

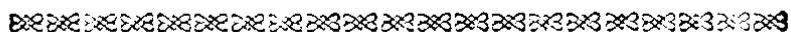
目 录

一、电视的接收效果与天线	1
1.1. 电视广播能传多远	1
1.2. 谈谈电视台的服务区	5
1.3. 重影与干扰	10
1.4. 选择合适的天线	15
二、室内天线	22
2.1. 本机天线	22
2.2. 半波振子天线	25
2.3. 折合振子天线	27
2.4. 导线型天线	29
2.5. 卷尺型天线	30
2.6. 圆环形天线	31
2.7. 缩短型天线	32
2.8. 带电抗元件的环形天线	34
2.9. 蝶形天线	35
2.10. “试管”型天线.....	35
三、弱增益天线	37
3.1. 二单元天线	37
3.2. 三单元天线	38
3.3. 三角形天线	39
3.4. 矩形天线	40
3.5. 双环天线	41

3.6. 网状反射器天线	43
四、高增益天线	45
4.1. 五单元天线	45
4.2. 七单元天线	46
4.3. 双层和双列五单元天线	47
4.4. 四层和双层双列五单元天线	48
五、多节目天线	50
5.1. X型天线	50
5.2. 扇形天线	51
5.3. 环状分列天线	52
5.4. 双菱形天线	53
5.5. 两个折合振子式双频道天线	54
5.6. 双层(或双列)双频道天线	55
5.7. 两个半波振子式双频道天线	56
5.8. 全频道天线	58
5.9. 鱼刺形全频道天线	59
六、超高频天线	61
七、馈线、匹配器、衰减器和插头	64
7.1. 馈线	64
7.2. 匹配器	68
7.3. 衰减器	85
7.4. 插头	86
八、天线的架设和安装	88
8.1. 天线制作常识	88
8.2. 室内天线的安装	92
8.3. 室外天线的架设和安装	93
九、避雷装置	98

9.1. 雷电与避雷装置	98
9.2. 避雷器的安装	100
9.3. 注意事项	102
十、重影的消除及干扰的抑制	103
10.1. 由反射波造成的重影的消除	103
10.2. 抑制干扰的方法	106
十一、附录	114
附表 1 我国各电视频道频率及中心波长一览表	114
附表 2 我国主要城市广播电视频道表	115

一、电视的接收效果与天线



电视机的用户遍布四面八方，在使用中会遇到各种各样的问题。比如说，某地买了电视机，只能收到声音却收不到图象；某处的电视机收看节目时，屏幕上有很多不规则的黑白点，俗话说“麻子”电视，我们通称为雪花噪波；能接收到两个以上电视台节目的电视机，有的台很清晰，有的台却模糊不清；某处的电视机出现多重幻影或外界干扰很厉害，影响正常收看；有的彩色电视机收不到彩色或彩色时有时无；某某的电视机响雷时被打坏了；某家的电视机天线“麻电”伤了人；某家的电视机图象飘忽不定……。以上这些现象，往往与电视接收天线有关。接收天线是从周围空间收集电磁波能量的设备。为了帮助你更好地制作、架设、使用天线，先介绍一些基本知识。

1.1 电视广播能传多远

电视信号是以电磁波的形式在空间传播的。电磁波传播的速度是每秒 30 万公里，传播的距离与辐射功率、波长等因素有关。

我国电视广播标准规定，使用的波段为甚高频（VHF）和超高频（UHF），频率范围分别为 48.5~223 兆赫和 470~958 兆赫。VHF 划分为 1~12 频道，UHF 划分为 13~68 频道。

各频道的频率及中心波长一览表见附表 1。

从表中可以看出，1 频道的中心波长为 5.71 米，12 频道的中心波长为 1.37 米，UHF 各频道的波长都小于 1 米，所以又称 VHF、UHF 频段的无线电波为超短波。超短波的传播象光线一样作直线传播。这是因为频率高，波长短，电波沿地面传播衰减很大；向前传递遇到障碍时，绕射的能力很弱；投射

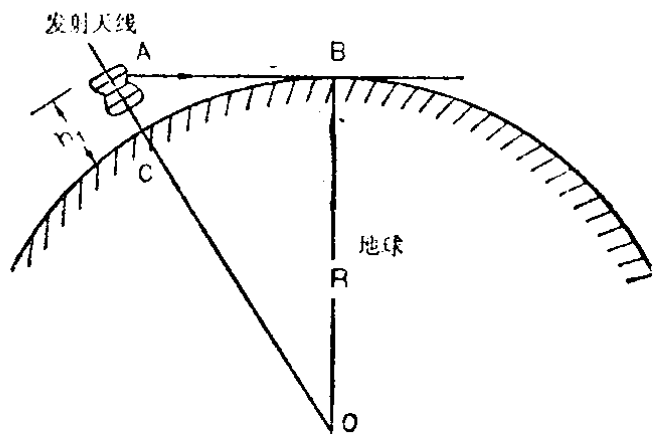


图 1.1 “视线距离”

到高空时，大部分将跑到宇宙空间去。所以电视的收发天线之间的电波信号主要依靠直线传播。

由于电视的电波信号作直线传播，而地面实际上又是一个球面，因此电视广播到达的范围只限于“视线距离”以内。如图 1.1 所示。

图中，在 C 点设有高 h_1 的发射天线，在 B 点收看。弧 \widehat{CB} 即为视线距离。R 为地球半径，约为 6.37×10^6 米。发射天线处为 A 点，OBA 构成直角三角形。 $AB = \sqrt{(R + h_1)^2 - R^2} = \sqrt{2Rh_1 + h_1^2}$ ，因为 $h_1 \ll R$ ，可忽略 h_1^2 项，所以 $AB = \sqrt{2Rh_1} = \sqrt{2R} \cdot \sqrt{h_1} = 3.57\sqrt{h_1}$ (公里)。式中 h_1 的单位为米。又因为 $h_1 \ll AB$ ，可近似认为视线距离 $\widehat{CB} = AB = 3.57 \cdot \sqrt{h_1}$ (米)(公里)。本式说明发射天线越高，信号传得越远。正如“站得高，望得远”的道理一样。

如果将接收天线也架高，设为 h_2 ，如图 1.2 所示。可根据上面同样方法，求出发射天线到接收天线的距离为 $3.57 \cdot (\sqrt{h_1}(\text{米}) + \sqrt{h_2}(\text{米}))$ 公里。这说明电视信号传播距离不但与

发射天线高度有关，还随着接收天线的架高而增加。

上述的分析是假设空间大气层为均匀介质。实际上，离地面不同高度的空气，其密度、温度、湿度、压强等均不相同，因而使得超短波的传播方向稍稍向地面弯曲，这就是所谓“空气的折射作用”，

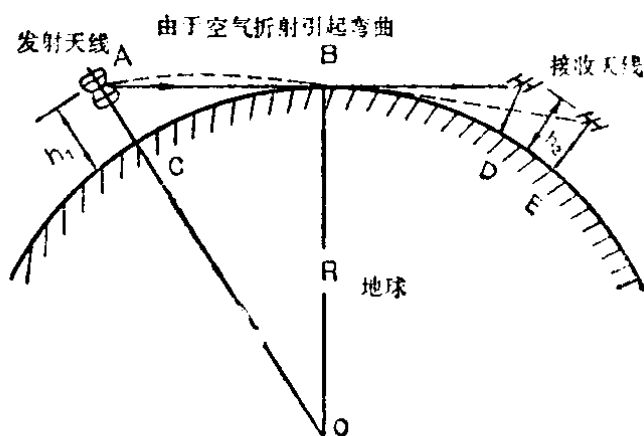


图 1.2 传播距离

如图 1.2 虚线所示。从而

电波可传至 E 点，约比上面的计算值大 15% 左右。所以实际上电视广播传播距离为 $4.11(\sqrt{h_1(\text{米})} + \sqrt{h_2(\text{米})})$ 公里。

例如，某地电视发射台天线高 200 米，接收处若不架高天线，电视广播传播距离为 $4.11\sqrt{h_1(\text{米})} = 4.11 \times \sqrt{200} = 58.1$ (公里)，若用 5 米高的接收天线，电视广播传播距离为 $4.11 \times (\sqrt{200} + \sqrt{5}) = 67.3$ (公里)

根据上面的分析可知，每一台电视的接收天线，有一个最低的高度要求，视发射天线的高度和收看地点距发射天线的距离而定。如上例，发射天线高 200 米，若在 67 公里远的地方收看，接收天线的高度要不低于 5 米。

上面谈的电视广播传播的距离是指一般情况而言。在特殊情况下，即使在距电视台数百公里，甚至上千公里的地方也能收到电视节目。

例如在距地面约 12~16 公里的大气层内（称为对流层）各处的密度、温度等有大范围不均匀时，对电波产生弯向地面的折射，电波碰到地面又会反射出去，因而可以传播较远，如图 1.3(a) 所示。当对流层内有小范围不均匀时，电波会产生散

射，如图 1.3(b)所示。

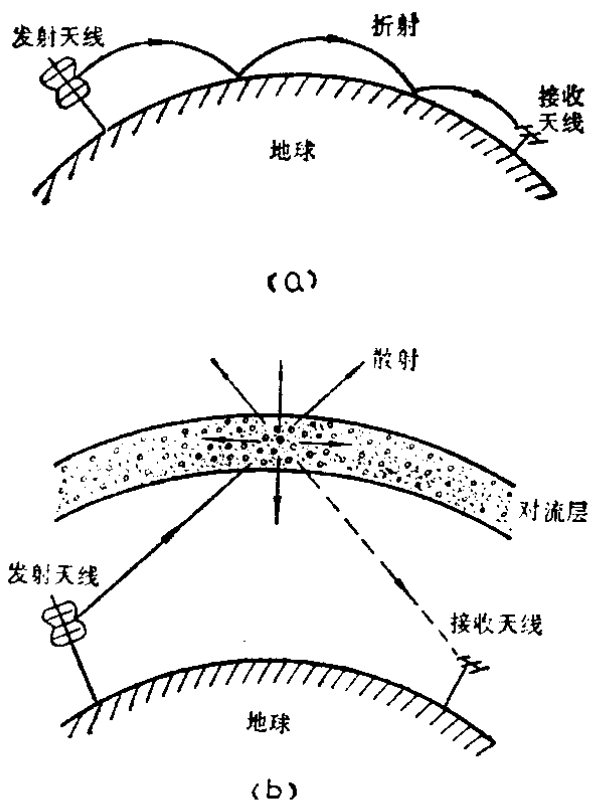


图 1.3 对流层的折射和散射

而变化。一般说来，夏季平均信号较强，接收范围较大，但变化也大。冬季接收范围小些，但较稳定。就日夜来说，夜间和早晨信号稍强，中午和傍晚前较弱。

电磁波在传播途径上遇有高山时，一方面由于山峰的阻挡作用，在山背后产生阴影区，在这里收不到电视节目。另一方面，有时电波呈现较强的绕射能力，可以绕过几座楔形山峰，在更远的地方却收到了电视节目，甚至比没有山峰存在

另外，地球表面的大气层由于受到太阳的照射，大气层上部的气体将发生电离而产生自由电子和离子，形成电离层。一般电离层能反射的电波频率最高为 20~40 兆赫，当太阳黑子增多时，可以反射 100 多兆赫的无线电波，当出现这种情况时，能在上千公里外收到电视广播，见图 1.4。

很显然，靠对流层、电离层的作用而传播的电视信号，会随时间和天气

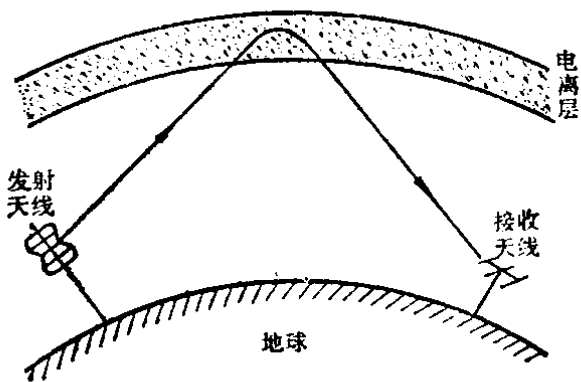


图 1.4 电离层的反射

时距离更远，见图 1.5。

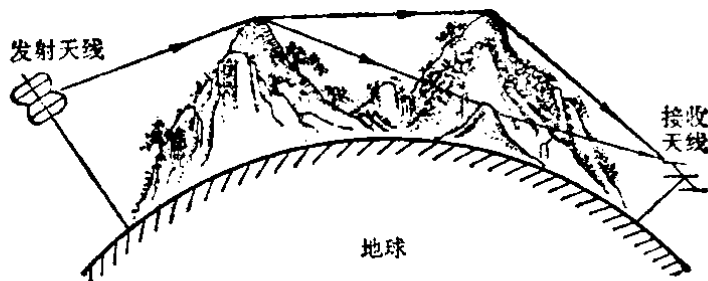


图 1.5 山岳的作用

1.2 谈谈电视台的服务区

上面讨论了电视广播能传到多远的地方，但并不是说所有这些地方都会满意收看。我们把能正常收看的区域，称为电视台的覆盖范围，又称电视台的服务区。服务区的大小不但与发射天线、接收天线的高度有关，还和发射天线的辐射功率、电波频率、收发两点之间的地形特点、接收机的灵敏度等因素有关。

我们知道，在视距内，高频电视信号以电磁波的形式由发射天线向外辐射时，既有直射波到达接收天线，又有反射波到达，如图 1.6 所示，呈现多径传播的特点。

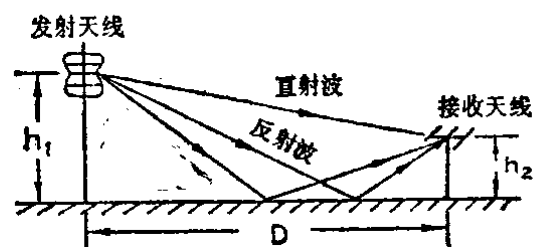


图 1.6 多径传播

接收天线收集到的电磁波信号强度到底有多大呢？为了说明问题方便起见，我们假设：收、发天线均为半波振子式天线，发射天线高度为 h_1 ，接收天线高度为 h_2 ，收发之间无直接障碍物，两者距离为 D ，并且 D 远远大于 h_1 和 h_2 ，那么到

接收天线的信号强度 E 可由经验公式算出。 E (伏/米) = 88.1

$$\frac{h_1(\text{米})h_2(\text{米})\sqrt{P(\text{瓦})}}{\lambda(\text{米})D^2(\text{米}^2)}$$

式中， P 为发射天线有效辐射功率，

λ 为电磁波波长。

从式中可以看出，直视距离内无障碍地区的信号强度与收、发天线的高度成正比；与发射天线的有效辐射功率的平方根成正比；而与波长和收发之间距离的平方成反比。

例如，某发射台，天线有效辐射功率 $P=1$ 千瓦， $h_1=100$ 米，接收天线高 $h_2=4$ 米，收发间距 $D=50$ 公里，现接收八频道广播，问接收点的信号强度是多少？

由附表 1 查出八频道中心波长 = 1.6 米，所以 $E=88.1$

$$\frac{h_1 h_2 \sqrt{P}}{\lambda D^2} = 88.1 \frac{100 \times 4 \times \sqrt{1000}}{1.6 \times (50000)^2} = 0.28 \text{ (毫伏/米)}。$$

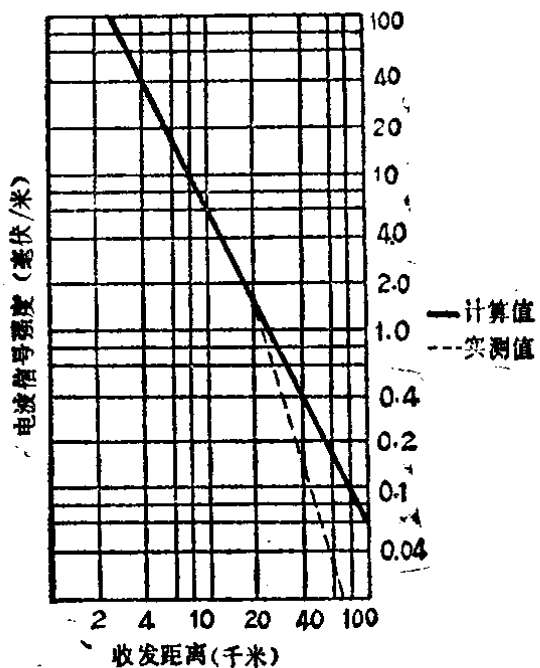


图 1.7 收发距离与信号强度的关系

根据以上计算方法可绘出当发射功率为 1 千瓦，发射天线高 100 米，接收天线高 4 米情况下，第八频道收发距离和信号强度的关系曲线，如图 1.7 所示。其它情况可根据同样方法算出。

实际上，由于发射天线都采用高增益天线（将发射机送至天线的功率再乘以天线增益系数即可得天线有效辐射功率），收发之间障碍物也很多，

接收点的情况又各不相同，因此上面计算只给出一个基本的数

据。

对于电视用户来说，要想知道接收点的信号强度，最理想的方法是用场强仪实地测量。但一般又不具备实测条件，下面介绍几种较实用的方法。

1. 用先收伴音的方法判断当地的信号强度

只要当地第一台电视机能用本机天线收到伴音，即使收不到图象，也说明电视信号传至该地已有足够强度，只要架设一副较好的室外天线，就可收看。如果该地有第五频道的电视广播(伴音载频 91.75 兆赫)，若用国产调频收音机(频率范围88~108 兆赫)能收到电视伴音，则说明该地能正常接收电视广播。

2. 根据收发距离判断信号强度

电视机使用地点距发射天线的距离以及发射功率都是不难知道的。进而可粗略判断该点的信号强度。如表 1.1 (不考虑收发之间的障碍物)。

表 1.1

收发 间距(公里) 发射 机功率(千瓦)	信号强度 (毫伏/米)	强 信 号	较强信号	弱 信 号	微弱信号
		(50以上)	(5 以上)	(0.5以上)	(0.5以下)
1		3以内	10以内	30以内	30以外
5		7	21	50	50
10		10	28	60	60

3. 根据附近电视收看情况估计信号强度

由工厂正式生产的电视机，采用本机天线接收时，收看效

果与信号强度的关系如表 1.2 所列(在低噪音区主观感觉)。

表 1.2

收 看 效 果	信 号 强 度(毫伏/米)	
	VHF	UHF
完全无噪声, 图象非常好	大于1	大于4.5
噪声能辩认, 图象良好	0.7	2.2
噪声看得出, 图象可用	0.22	0.9
噪声很明显, 可看到图象	0.1	0.125

从以上分析可以看出, 电视机只有在足够强的电视信号强度地区, 才能正常收看。通常我们将能在半波振子式天线(它的增益系数为1)上感应出1毫伏/米的信号强度的所有地区称为电视台的服务区。很明显, 发射台的功率越大, 天线架得越高, 电视台的服务区就越大。在服务区之外, 虽然还能接收, 但图象质量不能保证。

在服务区内, 情况也有很大不同。

1. 在离发射天线 1~2 公里的地方为近台区。由于接收距离很近, 信号强度可达每米几十毫伏至几百毫伏。在这地区的用户, 电视机本机天线可以不用, 只要随便给电视机接一段小导线, 就可使电视机收到足够大的信号而获得稳定的图象。但由于不匹配等原因, 用这种方法很少能得到良好的图象。为了获得良好效果, 还必须使用室内或室外天线。但接上天线后又会使信号过强, 对自动增益控制能力弱的电视机, 会使电视机的输入电路发生过载, 甚至失去同步或图象扭曲。过载后的电视机将出现两种畸变: 一种是图象如木刻, 白的部分过白, 黑的部分过黑, 中间层次不清。另一种是图象上出现随伴音而变化

的水平黑色条纹，伴音出现强烈蜂音。这时可将电视机后部的衰减器开关搬动一下使其接入。如果电视机没有此开关，可按7.3节“衰减器”中给出的方法自制。

2. 远台区是服务区的边缘地带，信号相对较弱，要想满意收看，必须架设较好的室外天线。

3. 中间区是电视台服务的主要对象。这里用户集中，各种建筑物很多，还存在各种工业干扰。

首先，由于各种建筑物的反射、阻挡、屏蔽作用，离电视台同样远的不同地方，信号强度相差很大。甚至在一个小地区内信号强度也有很大不同。这是因为，每一个接收点，既有从发射天线来的直射波，也有从地面和建筑物来的反射波。在某些点，电波是相加的，在另外一些点，电波是相减的，就象大江里的波浪有波峰和波谷一样。

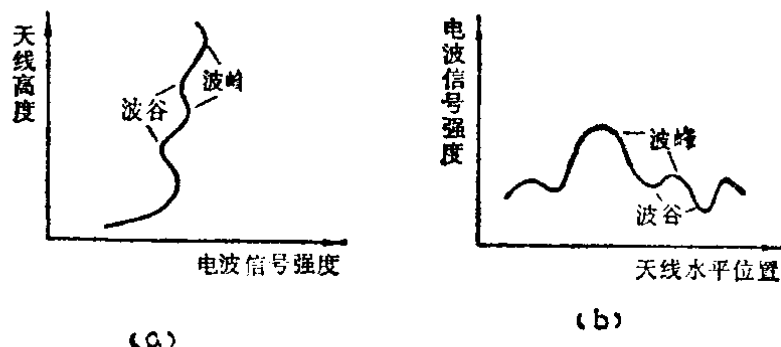


图 1.8 波峰和波谷

图 1.8(a)为电波信号强度随垂直高度变化的情况，图 1.8(b)为电波信号强度随水平位置变化的情况。

另外，由于电视信号的频带很宽（我国规定为8兆赫），直射波和反射波相加或相减的结果，有时会在某一接收地点引起信号频率特性的不均匀，即在信号频带内，某些频率的信号变强，某些则变弱，这样就会引起电视图象的失真。特别在彩色电视中，有时会收不到颜色，而只有黑白图象。

其次，在同一座大建筑物内，楼下和楼顶的电波信号强度差别也很大。一般说来，楼下只有楼顶的几分之一，在建筑物稠密区，甚至只有二十分之一到三十分之一。可见，在建筑物稠密区的底层，窗子又不朝向电视台的用户，接收电视广播是有困难的。

采用室内接收天线还有一个特点，就是由于墙壁的吸收作用，室内的电波信号强度明显比室外小；由于屋内各种金属构件、照明线、电话线等的影响，室内天线有时需要倾斜或垂直放置。由于室内电波信号强度分布不均匀，室内天线的位置（如果使用电视机的本机天线，室内天线的位置也就是电视机的放置位置）需要通过实验来决定。

在服务区内，由于电波信号较强，它随天气和时间的变化可以忽略。

需要说明，把 1 毫伏/米的信号强度作为服务区标准，只是就一般情况而言。实际上，城市和农村，彩色电视和黑白电视，实现满意收看所要求的信号强度并不一样，为此我国制定了一个暂用标准，如表 1.3 所列。

表 1.3

	VHF		UHF	
	城 市	农 村	城 市	农 村
黑白电视	3 毫伏/米	0.5 毫伏/米	3 毫伏/米	1.5 毫伏/米
彩色电视	4.5 毫伏/米	0.7 毫伏/米	4.5 毫伏/米	2.2 毫伏/米

1.3 重影与干扰

1. 电视机屏幕上出现图象之后，接着又出现一个或数个连

续的、同样形状的虚图象称为重影。造成重影的原因主要有以下两个方面：

(1) 由于电波反射造成的重影

前面已经谈到，高频电视信号以电磁波的形式向四面八方传播时，既有直射波到达接收天线，又有反射波到达。显然它们各自走的路径不同，这种行程差在电视屏幕上就会造成重影，如图 1.9 所示。

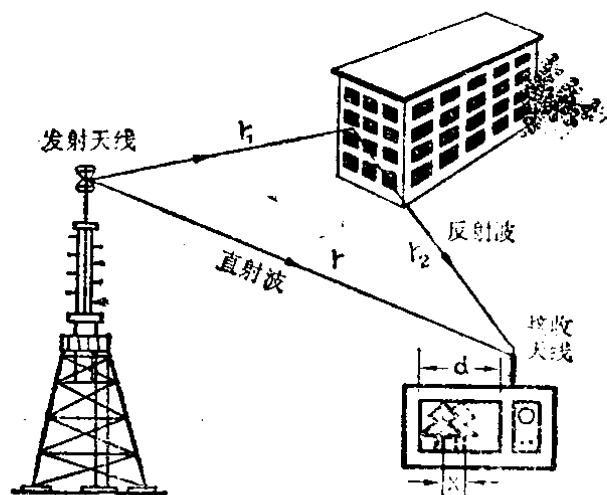


图 1.9 电波反射形成的重影

从图中可以看出，直射波的行程为 r ，反射波的行程为 $r_1 + r_2$ ，两者行程差 $\Delta r = (r_1 + r_2) - r$ ，直射波和反射波到达接收天线的的时间差 $\Delta t = \frac{\Delta r}{c}$ (c 为电磁波传播速度)。

另一方面，电视机荧光屏光栅的出现是电子扫描的结果，当电子束从左至右扫过荧光屏的时候，所用的时间约为 50 微秒(因水平扫描周期 64 微秒，逆程约为 12~14 微秒)。设荧光屏的宽度为 d ，那么在 Δt 时间内荧光屏上重影位移 $x = \frac{d}{50(\text{微秒})} \times \Delta t$ ，将 $\Delta t = \frac{\Delta r}{c}$ (c 为 30 万公里/秒) 代入，所以 $x = \frac{d}{50 \times 10^{-6}(\text{秒})} \times \frac{\Delta r}{3 \times 10^8(\text{米/秒})} = 0.067 \Delta r d$ ，式中， Δr 和 d 的单位为米， x 的单位为毫米。

例如常用的 12 英寸电视机，屏幕宽度 $d = 0.254$ 米，当反射波与直射波的行程差 $\Delta r = 100$ 米时，重影位移 $x = 0.067 \times 100 (\text{米}) \times 0.254 (\text{米}) = 1.7 (\text{毫米})$ 。