



# 电视接收天线

阎明敬 编著

48.52

黑龙江科学技术出版社

## 内 容 提 要

本书比较系统地叙述了电视接收天线的基本原理和各种常见电视接收天线的制作。全书共分五章：第一、二章简述了电视信号的传播特性和天线的基础知识——长线理论；第三章系统地讲述了电视接收天线的组成、分类、性能和工作原理，以及馈线的性能和匹配方法；第四、五章详细介绍了常见室外、室内电视接收天线的性能、特点和制作方法，以及电视机合用天线和消除各种干扰的技术措施。书末还附有电磁波波段的划分，我国电视频道频率划分，及我国主要城市电视频道等资料。

本书可供无线电、电视等专业技术人员及业余爱好者学习参考。

## 电 视 接 收 天 线

阎明敬 编著

---

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区分部街28号)

绥化印刷厂印刷 · 黑龙江省新华书店发行

开本787×1092毫米1/32·印张3 12/16·字数73千

1983年5月第一版·1983年5月第一次印刷

印数：1—48,000

---

书号：15217·073

定价：0.43元

## 前 言

随着我国四化建设的发展和人民生活水平的提高，电视机与日俱增，并将逐渐成为人民生活的主要消费品之一。电视机和收音机虽然都是依靠电磁波传送信息的，但由于它们工作频率的悬殊，因而对其接收天线的要求也不同。电视接收天线要求有较好的匹配和较高的接收能力。其性能的优劣，使用是否正确，直接影响到电视的接收效果。因此，怎样制作一副性能良好的天线，消除“雪花”、“重影”、“图象扭曲”、“图象翻滚”等现象，收看到稳定、清晰的电视节目，是广大电视观众极为关心的问题。

本书将向读者介绍电视接收天线的一般规律，为制作和改进现有天线奠定应有的理论基础。同时回答和解决诸如电视机为什么需要天线？电视节目是怎样传播和接收来的？不同的天线、不同的地区为什么接收效果不一样？怎样制作一副性能良好的天线，获得满意的效果等问题。

在编写过程中，得到了五五二〇七部队领导和同志们的大力支持帮助，在此表示感谢。由于水平所限，书中难免有不足和错误之处，-诚恳希望广大读者给以批评指正。

# 目 录

一、电视信号的传播 .....	( 1 )
1.电视信号的传播者——电磁波 .....	( 1 )
2.电磁波的传播方向 .....	( 3 )
3.电磁波的传播速度 .....	( 4 )
4.电磁波传播的一般特性 .....	( 6 )
5.电磁波的主要传播方式 .....	( 9 )
6.电视信号的传播特点 .....	( 13 )
二、电视接收天线基础知识 .....	( 17 )
1.长线 .....	( 17 )
2.长线上的电现象 .....	( 19 )
3.行波长线 .....	( 22 )
4.驻波长线 .....	( 23 )
5.行驻波长线 .....	( 26 )
三、电视接收天线的基本原理 .....	( 29 )
1.电视接收天线的组成和分类 .....	( 29 )
2.电视接收天线的基本特性 .....	( 31 )
3.基本半波振子天线 .....	( 36 )
4.折合振子天线 .....	( 38 )
5.多元振子天线 .....	( 40 )
6.馈线的主要性能 .....	( 45 )

7. 常用馈线.....	( 48 )
8. 匹配和匹配线.....	( 50 )
9. 匹配器.....	( 54 )
<b>四、室外天线</b> .....	( 58 )
1. 基本半波振子天线.....	( 58 )
2. 折合振子天线.....	( 61 )
3. 多元振子天线.....	( 63 )
4. 单频道组合天线.....	( 65 )
5. 多频道天线.....	( 75 )
6. UHF频段天线 .....	( 82 )
7. 电视机共用天线.....	( 83 )
8. 干扰的消除.....	( 89 )
9. 室外天线的制作.....	( 92 )
<b>五、室内天线</b> .....	( 100 )
1. 室内场强的特点.....	( 100 )
2. 室内天线的结构.....	( 101 )
3. 移动式室内天线.....	( 102 )
4. 固定式室内天线.....	( 108 )
<b>附录 I. 电磁波波段划分表</b> .....	( 109 )
<b>附录 II. 我国电视频道频率划分表</b> .....	( 110 )
<b>附录 III. 我国主要城市电视频道表</b> .....	( 112 )

# 一、电视信号的传播

## 1. 电视信号的传播者——电磁波

电视机把千百万观众“带入”同一“剧场”，而把这一“剧场”传送到各地去的工具，就是具有神奇功能的电磁波。

关于波的概念，我们并不生疏，比如，各种声音所产生的“声波”；光源发出的“光波”；江河湖海里产生的“水波”等。电磁波也是一种波，也具有波的一切特性。为了便于理解其特性，先观察一下常见的波——水波：在平静的水池中，用一根木棍上下连续地冲击水面，水面上就会出现许多以木棍的冲击处为中心，上下起伏、逐渐扩大的圆环，这就是水波。如图 1—1 所示。水面凸起的地方叫波峰；水面凹下去的地方叫波谷；相邻两波峰间的距离叫波长；水波起伏一次的时间称为一个周期，在一秒钟内水波起伏的次数叫频率；水波由中心（波源）向外扩展的速度，叫做水波的传播速度。

当高频电流通过天线时，也会在天线周围发生象木棍击水相类似的现象。高频电流通过天线，在其周围建立交变电场，交变电场又在它周围感应出交变的磁场，交变磁场再感

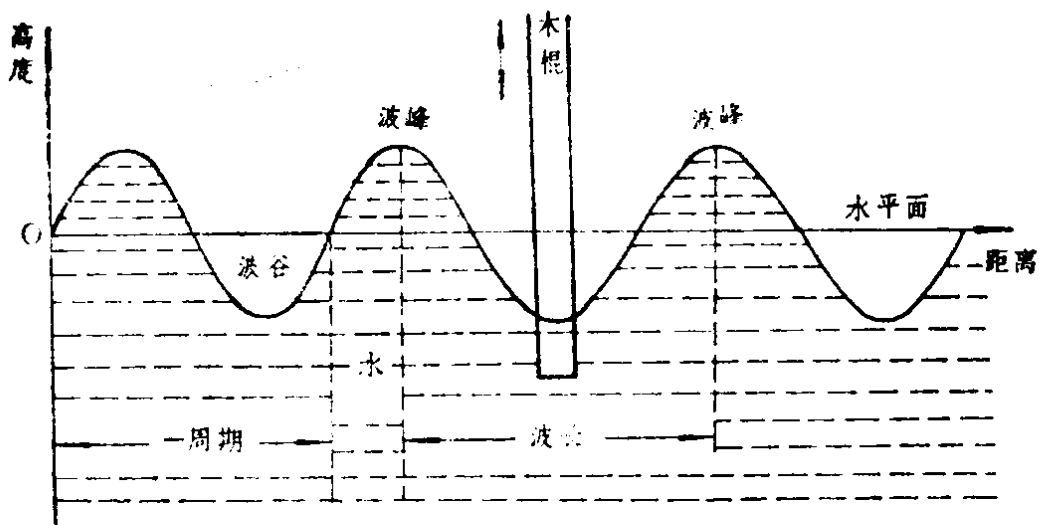


图 1—1 波峰、波谷和波长

应出交变电场……，这个作用反复进行，使交变电磁场在空间逐渐扩散开来（图 1—2），这种交变运动的电磁场就称为电磁波。它是电波和磁波的总称，通常简称电波。在电磁波里，电波和磁波是互相依存，相互转化，不可分割的两部分。只要有交变的电波，就有交变的磁波。

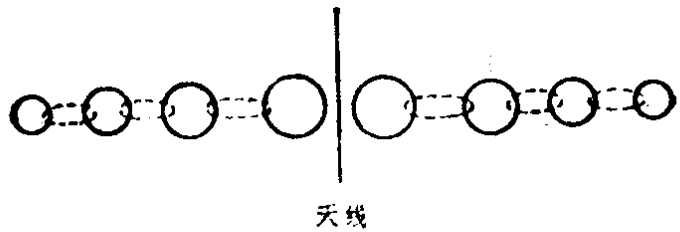


图 1—2 电磁波的传播

电场和磁场都是客观存在的特殊物质，通常用形象的力线（电力线、磁力线）表示其方向和强弱（图 1—3）。

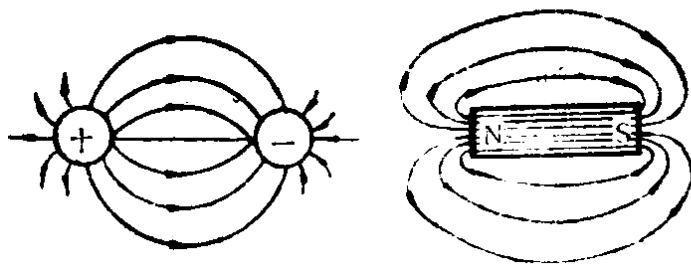


图 1—3 用电（磁）力线表示电（磁）场

(a) 电力线表示电场

(b) 磁力线表示磁场

## 2. 电磁波的传播方向

图 1—3 是电磁场的分布图，从图中可以看出，电力线在导线中总是从正电荷出发而终止于负电荷。根据安培右手定则，磁力线必然是环绕导线的圆环（闭合曲线）。这说明电场和磁场是互相垂直的。

生活中我们有这样的经验：用半导体收音机收听广播，只有收音机的磁棒垂直于广播电台传来的电磁波时，收听到的广播声音才最清楚，这说明，此时收音机磁棒接收到的电磁波最强。因为收音机之所以能收到广播，是由于电磁波中交变的磁场在磁棒天线线圈中产生了感应电流（信号电流）。只有当磁场垂直穿过磁棒天线线圈平面时，产生的感应电流才最大。半导体收音机的方向性，说明了电磁波中振荡的磁场的方向和电磁波的传播方向垂直。

类似的经验还告诉我们，用收音机的拉杆天线收听短波广播时，只有拉杆天线垂直向上时，收音机所收到的广播声音才最响。这说明，电磁波中振荡着的电场的方向也是垂直于电磁波的传播方向的。

观察空间任意一点，发现电磁波的电场方向、磁场方向和电磁波的传播方向三者总是互相垂直的，并且保持着左手定则的关系（图 1—4）。

图中姆指表示电场方向，中指表示磁场方向，食指表示电磁波的传播方向。

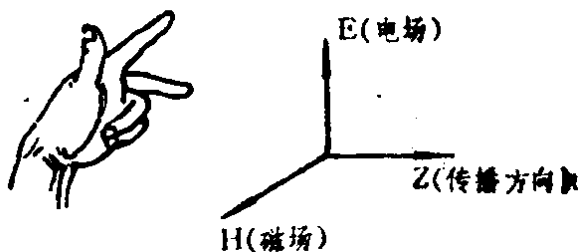


图 1—4 电磁波的传播方向

另外，电磁波有水平极



化波和垂直极化波之分。它的极化方向是由电磁波中的电场方向决定的。电磁波的电场方向取决于电台发射天线的放置方向。当发射天线水平放置时，电磁波中的电场方向也是水平的，这种电磁波称为水平极化波。如果发射天线垂直放置，电磁波中的电场方向也是垂直的，这种电磁波称为垂直极化波。显然，欲接收最大的电磁波信号，对于水平极化波，接收天线也必须水平放置；欲接收垂直极化波，接收天线必须垂直放置。一般，无线电广播采用垂直极化波，而电视广播为了减小建筑物的反射，减弱无线电广播和工业干扰，通常采用水平极化波。所以，室外电视接收天线的振子一般应水平放置。

### 3. 电磁波的传播速度

理论和实践证明：从发射天线辐射的电磁波的传播速度 $V$ 取决于介质的介电常数 $\epsilon$ 及其导磁率 $\mu$ 。电磁波在真空中传播时，其传播速度为

$$V = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (\text{米/秒})$$

真空的 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ 法拉/米， $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 亨/米，代入上式得

$$V = \frac{1}{\sqrt{8.854 \times 10^{-12} \times 4\pi \times 10^{-7}}}$$

$$= 2.998 \times 10^8 \text{ 米/秒} \approx 3 \times 10^8 \text{ 米/秒}$$

电磁波在真空中的传播速度与光速相等。

大气的介电常数和真空的介电常数极为相近，大气的导磁率和真空的导磁率相等，所以电磁波在大气中的传播速度也极接近于光速。通常用  $C$  来表示，为每秒30万公里，相当于绕行地球七圈半！因此，广播电台只要一广播，载有节目的电磁波便以光速向四方传播。各地的收音机几乎可以同时收到广播。如果广播电台在剧场转播，座席靠后的观众还没有听到声音时，而在远离剧场几千里的收音机旁的听众就已听到。

电磁波是交变运动的电磁场。所谓“交变”是指大小（强弱）和方向都按一定规律（正弦规律）变化的，换句话说，电场和磁场都按正弦规律振荡。电磁场每振荡一次，电磁波就向前传播了一个距离，这个距离，即相邻两波峰之间的距离，叫做电磁波的波长，用  $\lambda$  表示，单位是米。

电磁波每秒钟振荡的次数叫做电磁波的频率，用  $f$  表示，单位为赫芝。显然，对于频率为  $f$  的电磁波，在一秒钟内所传播的距离，应是频率  $f$  与波长  $\lambda$  的乘积。换句话说，电磁波的传播速度为  $C = f\lambda$

由于电磁波传播速度  $C$  是一个常数（ $3 \times 10^8$  米/秒），所以由上式可以看出，不同频率的电磁波其波长也是不同的。频率越高，波长越短。它们的关系是

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad f = \frac{c}{\lambda}$$

实验还证明，不论电磁波的频率（波长）如何，它们在相同的均匀媒质中传播的速度都是相等的。

## 4. 电磁波传播的一般特性

电磁波离开发射天线到达接收天线，往往要经很远的距离。而在这一段距离中间，虽然空间的大气、电离层，以及地面山河、建筑物等，都会影响电磁波的传播。然而实践证明，电台发射的电磁波仍能在很远的地方接收到。这主要是由于电磁波的传播具有下面的一些特性的缘故。

### (1) 直线传播

电磁波的传播具有光传播的特性，即俗话说“光走直线”。电磁波在均匀介质中也是沿直线传播的。它从波源（发射天线）出发，同时向各个方向传播，而且速度相等。其情形类似电灯发出的光。

### (2) 反射

电磁波由一种介质传播到另一种介质时，由于两种介质的介电常数不同，它的传播速度要发生变化，其传播方向在两种介质交界处也要改变，电磁波射线发生弯曲，一部分传到另一介质，另一部分又返回到原来的介质中，反射回来的电磁波叫反射波，这种现象叫反射。电磁波的反射服从著名的光学反射定律：反射线和入射线分居法线的两侧，反射角等于入射角（图1—5）。

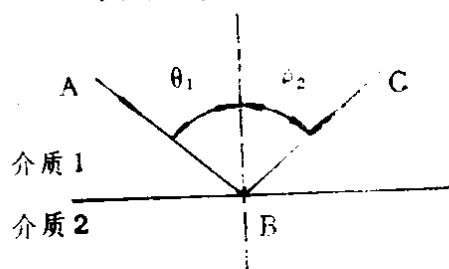


图1—5 电磁波的反射

图中虚线表示法线，AB线为入射线，BC线为反射线。入射线与法线的夹角称为入射角，以 $\theta_1$ 表示。反射线与

法线的夹角称为反射角，以 $\theta_2$ 表示。

### (3) 折射

电磁波由一种介质传播到另一种介质时，在两种介质交界处改变传播方向后，进入第二种介质中传播，这种现象称为折射。电磁波所以会发生折射，同样是由于两种介质的介电常数不同，使其传播速度和方向不尽一样所致。它服从著名的光学折射定律：折射线位于入射线和法线所决定的平面内，折射线和入射线分居法线的两侧（图 1—6）。入射角 $\theta_1$ 与折射角 $\theta_2$ 应满足

$$n_1 \cdot \sin\theta_1 = n_2 \cdot \sin\theta_2$$

式中  $n_1$ 、 $n_2$  是两种介质的折射率。

图中垂直虚线表示法线，A'B 线为入射线，BC 线为折射线。入射线与法线间的夹角叫作入射角，以 $\theta_1$ 表示。折射线与法线间的夹角叫作折射角，以 $\theta_2$ 表示。当电磁波沿 AB 方向从介质 1 进入介质 2 时，由于两种介质的介电常数不同，因而电磁波的传播速度发生改变。如果介质 2 的介电常

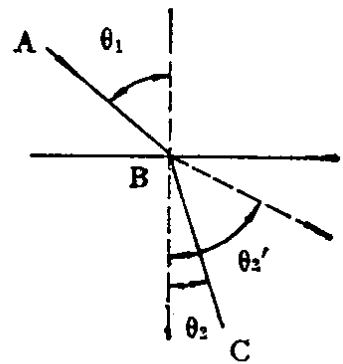


图 1—6 电磁波的折射

数 ( $\epsilon_2$ ) 大于介质 1 的介电常数 ( $\epsilon_1$ )，则电磁波在介质 2 中的传播速度小于在介质 1 中的传播速度，这时折射角 $\theta_2$ 小于入射角 $\theta_1$ ；反之，如果 $\epsilon_2 < \epsilon_1$ ，则电磁波在介质 2 中的传播速度大于在介质 1 中的传播速度，这时，折射角 $\theta_2'$ 大于入射角 $\theta_1$ ，如图中虚折线所示。

在电磁波直射不到的地方，之所以也能收到电视广播节

目，就是由于反射波和折射波等被电视接收天线接收了的结果。

#### (4) 干涉

同一波源所产生的电磁波，经过不同传播途径到达接收天线时，则接收天线所接收的电磁波是由不同途径传播的电磁波的合成。这种现象叫做波的干涉。它们的相位差决定着合成波的强弱（图1—7）。

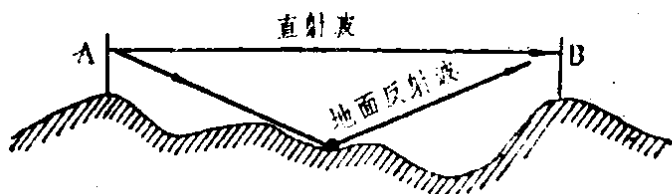


图1—7 电磁波的干涉

图中，A为发射天线，B为接收天线。接收天线上所接收的电磁波是直射波和地面反射波的合成波。

#### (5) 扩散

日常生活中的现象告诉我们，由波源向四周围扩散的水波，距离越远，水波越小，直至消失。同样，电磁波离开波源（发射天线）越远，能量越分散，因而场强就越弱，这种现象叫作电磁波的扩散。所以，如果不设电视转播站，在远离电台的地方就收不到图象讯号。从平时的经验也可以知道，离发射台较近处，电视图象就比远处清晰（当然是指在同样的环境下），其道理之一就在于电磁波的扩散。

#### (6) 吸收

电磁波在传播过程中，遇到导电媒质后，它的电场和磁场会使导电媒质中的自由电子运动起来，形成传导电流（感应电流）。这样就使一部分电磁波能量转化成电流所产生的热能，使电磁波的场强减小，这种现象叫做电磁波能量的吸收。这也是造成远离电视发射台的地方电视图象不如发射台

附近的电视图象清晰的原因之一。

### (7) 绕射

根据费涅尔原理：波在传播过程中，空间任意一点的辐射场，是包围波源的任意封闭曲面上各点的二次波源发出的波，在该点互相干涉迭加的结果。当电磁波在传播途中遇到山峰等障碍物时，由于不断振荡的电场和磁场的二次辐射（曲面上的电磁波是曲面外任意一点辐射场的波源），使电磁波具有绕过障碍物的能力。所以，不论在山区，还是平原，是室外还是室内，都能收听到无线电台的广播，收看到电视图象。电磁波在传播过程中绕过障碍物的现象，叫作电磁波的绕射(图1—8)。



图 1—8 电磁波的绕射

## 5. 电磁波的主要传播方式

自然空间是很复杂的。电磁波在自然空间中传播同光的传播很相似，同样发生着直射、反射、折射、绕射、扩散、吸收等现象。加之色散效应和多径效应，还会引起失真。然而，这些都与媒质和电磁波的波长有很大的依从关系，所以，每一频段的电磁波都有它主要的传播方式。

电磁波的传播方式主要有地波传播、天波传播和直接波传播等(图1—9)。

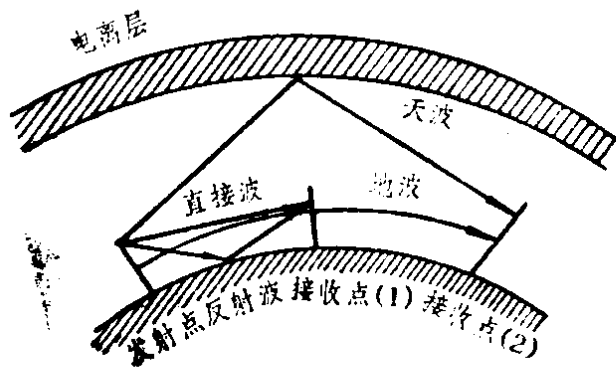


图 1—9 电磁波的传播方式

### (1) 地波

沿着地球表面传播的电磁波称为地波。长波（波长在1000米以上）和中波（波长1000~100米）主要采用地波的传播方式。地波传播的特点是稳定可靠，受气候的影响不大。但由于扩散引起的自然衰减和地面对电磁波的吸收，使地波在传播过程中随距离的加大而逐步衰减。同时，地形地物对地波的传播距离也有很大影响，产生了波的吸收和绕射。

**吸收现象** 地波沿地面传播或遇到地面上的障碍物时，在地面及障碍物中产生感应电流。由于地面和障碍物不是理想的导体，都有较大的电阻。所以，感应电流在地面流动时，要消耗能量，其能量的消耗是由电磁波供给的，因而使电磁波能量被其吸收而逐渐衰减。吸收越大，地波的传播距离就越近。其吸收大小取决于电磁波的频率及地面（物体）的导电性能。电磁波的频率越高，由于集肤效应，感应电流越趋于地表面流动，使流过电流的有效面积减小，地电阻增大，电流的损耗增大。所以，电磁波的频率越高，地的吸收越大。吸收与地面（物体）的导电关系，也要视电磁波是掠过

还是穿透该物体而有所不同。如果是掠过，则导电性能越好，地波的损耗越小。比如湿地比干燥地面吸收小，海洋比陆地吸收小。如果电磁波穿透该物体，则情况正好相反，即物体导电性能愈好，对电磁波的吸收愈大，地波的损耗也愈大。

**绕射现象** 由于地球表面有许多大小山川和各种建筑物，它们对电磁波的传播都有一定的阻碍作用。电磁波只有绕过这些障碍物，才能传播到接收机。电磁波的绕射能力与其频率有关，电磁波的频率越高，绕射能力越弱。因此，短波、超短波不能用地波传播方式。

## (2) 天波

由发射天线向天空发射并经电离层反射而传播到接收机的电磁波称为天波。短波（波长100米~10米）主要采用天波传播方式。离地面50~400公里的空间，称为电离层。电离层是由于大气中的气体被电离而产生的。气体是由分子组成的，分子又是由原子结合而成的。在太阳辐射的紫外线等电离源的作用下，气体原子就会分裂成许多带负电的电子和带正电的正离子，即所谓电离，形成层状分布的电离层。由于各种气体的层状分布，电离层可分为D、E、 $F_1$ 、 $F_2$ 四层（图1—10）。

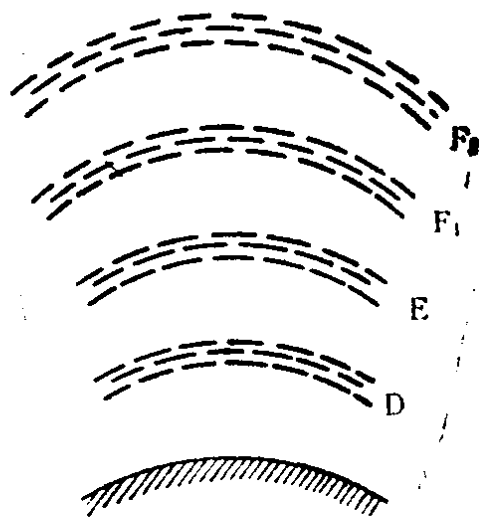


图1—10 电离层的结构

图中各层的电子密度是阶梯式增大的，随着高度的不同而变化（表1—1）。



表 1—1

电离层的平均数据

层	N (电子数/厘米 <sup>3</sup> )	高度 (公里)	附 注
D	$10^3 \sim 10^4$	70~80	夜间消失
E	$2 \times 10^5$	100~120	
F <sub>1</sub>	$3 \times 10^5$	160~180	主要在夏季白天存在
F <sub>2</sub>	$2 \times 10^6$	250~450	

电离层所以能反射电磁波，主要是电离层介电常数的变化引起的。电离层的介电常数与一般大气不同，根据分析的结果，其介电常数为

$$\epsilon = 1 - 80.8 \frac{N}{f^2}$$

式中 N 为电离层的电子密度，f 为电磁波的频率。

从上式可以看出，电离层的介电常数总是小于 1 的，所以电磁波在电离层中的传播速度大于光速。传播速度的变化必然导致传播方向的向下偏折，逐步偏折的结果，电磁波就被电离层反射回来，到达地球表面的接收点（图 1—11）。

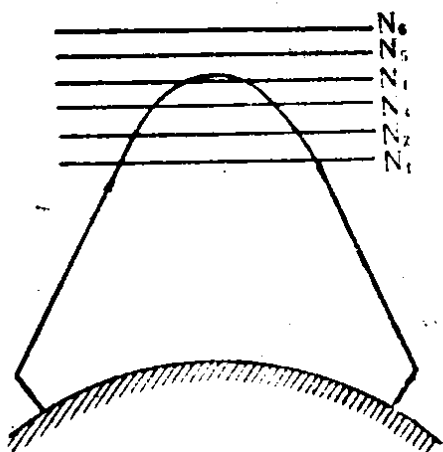


图 1—11 电离层对电磁波的反射

电离层的反射作用与电离层的电子密度、电磁波的频率有关。电子密度越大，电磁波传播速度变化越大，电磁波折射越严重，越易被反射回来；电磁波的频率越高，电磁波的传播速度越小，折射越小，越易穿透电离层，不易反射。

电离层除了对电磁波有反射作用外，还有吸收作用。电