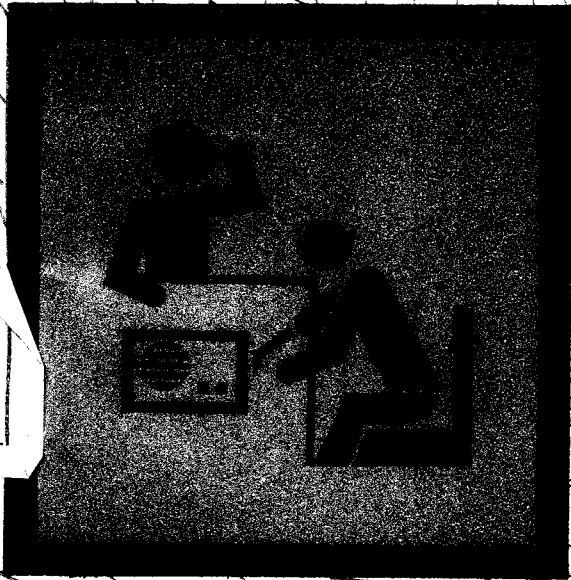


无线电爱好者丛书

# 无线电爱好者读本上

宋东生等 编著



## 内 容 提 要

本《读本》是供业余无线电爱好者自学无线电技术基础知识的普及读物。书中对“无线电爱好者丛书”其它专册中涉及到的、业余无线电活动所必需的无线电电子学基础知识，进行了比较系统而又深入浅出的阐述，内容包括电子元器件、各种无线电单元电路的介绍以及整机电路原理和分析方法等。

全书共分三册出版。上册主要包括无线电通信基础知识、电路基础和无线电元件、常用半导体器件、晶体管声频放大器和整流、稳压电路等内容。

### 无线电爱好者丛书 无线电爱好者读本

Wuxiandian Aihaozhe Duben

上 册

宋东生等编著

责任编辑：高坦弟

\*

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：9 4/32 页数：146 1983年11月北京第一次印刷

字数：208千字 印数：1—230,000册

统一书号：15045·总2776-无6255

定价：0.77元

## 前 言

广大的业余无线电爱好者常常有这样的体会：在通过制作收音机等简单无线电设备积累了初步实践经验之后，缺乏比较系统的理论知识，就成了进一步探索无线电世界奥秘的一大障碍。换句话说，理论基础薄弱羁绊了长足进取。为了向具有初中文化程度的广大无线电爱好者比较系统地介绍无线电电子学方面的基础知识和实用知识，进一步提高他们的理论水平，指导他们更好地从事业余无线电制作活动，我们编写了这本《无线电爱好者读本》。

本书是中国电子学会组织编写的“无线电爱好者丛书”中的一种。为了避免和其它专册重复，本书不涉及某种设备的制作工艺、调试、维修方法等内容，而是从各种无线电设备的共性出发，比较深入地阐述电子元器件和各种无线电单元电路以及整机电路的基本工作原理和分析方法。在写法上侧重讲清物理概念，尽量避免数学推导，力求深入浅出，通俗易懂。在取材上注意针对性，既考虑到我国当前业余无线电活动的水平，又考虑到无线电技术日新月异的发展，对新型元器件、新颖电路等也作了浅显通俗的介绍。

《无线电爱好者读本》分上、中、下三册出版。上册内容包括无线电通信基础知识、电路基础和无线电元件、常用半导体器件、晶体管声频放大器和整流、稳压电路等；中册内容包括晶体管高频放大器、正弦波振荡器、调制与解调电路、变频电路、电子管电路基础和数字电路基础知识等；下册内容包括扩音

机、收音机、磁带录音机、电视机、无线电遥控装置及天线等。

参加本书编写的同志是宋东生、王行国、李璜、张春元、赵锡禄、张序中，宋东生同志统编。由于我们水平有限，各章又是分别由几个同志执笔撰写的，在内容选取、体例风格等方面肯定会有不妥甚至错误之处，诚恳希望广大读者批评指正。

本书承中国电子学会科普读物编委会主编孟昭英教授审订，在此顺致诚挚的谢意！

编者

一九八二年十二月

# 目 录

前言	1
<b>第一章 无线电通信基础知识</b>	<b>1</b>
第一节 从烽火台到现代通信	1
第二节 充满电磁波的天空	4
第三节 波的画像	6
第四节 电磁波的“家族”和无线电波的传播	8
第五节 发送与接收	16
第六节 干扰与抗干扰	20
第七节 明天已经悄悄地来临	22
习 题	26
<b>第二章 电路基础和无线电元件</b>	<b>28</b>
第一节 直流电路	28
第二节 电磁与电磁感应	47
第三节 电容器与 $RC$ 电路	59
第四节 交流电路	71
第五节 谐振电路	81
第六节 变压器	89
第七节 声电转换器件	97
习 题	105
<b>第三章 形形色色的半导体器件</b>	<b>108</b>
第一节 奇妙的半导体	108
第二节 电流的逆止阀门——PN 结	113

第三节	电流分配器——晶体三极管.....	118
第四节	电压控制器件——场效应管.....	132
第五节	向强电冲击的先锋——可控硅.....	138
第六节	光电转换的桥梁——半导体光电器件.....	142
第七节	最灵敏的感温元件——热敏电阻.....	148
第八节	划时代的电子器件——集成电路.....	150
	习 题.....	154
<b>第四章</b>	<b>晶体管声频放大器.....</b>	<b>156</b>
第一节	放大器的基本常识.....	156
第二节	放大器是怎样放大电信号的.....	163
第三节	怎样分析简单的放大电路.....	170
第四节	稳定静态工作点的措施.....	185
第五节	阻容耦合多级放大器.....	191
第六节	放大器中的负反馈.....	201
第七节	射极跟随器.....	217
第八节	差动放大器.....	220
第九节	功率放大器.....	228
第十节	集成放大器简介.....	241
	习 题.....	245
<b>第五章</b>	<b>整流、滤波和稳压电路.....</b>	<b>250</b>
第一节	整流电路.....	250
第二节	滤波电路.....	256
第三节	倍压整流电路.....	260
第四节	简单的稳压电路.....	262
第五节	直流稳压电源电路.....	268
第六节	实用稳压电源.....	276
	习 题.....	281

# 第一章 无线电通信基础知识

## 第一节 从烽火台到现代通信

迅速和准确地传递信息，历来都是和社会生活“息息”相关的。用任何方法，通过任何媒介，将信息从一地传到另一地，都称为通信。古代我国的烽火台便是一种“光通信”设施，统治者借助它的缭绕狼烟和熊熊火焰来传递战事警报。至于那时平民百姓两地之间的信息往来，只有靠托人“捎信”，辗转传递，中途往往要经过成年累月的时日。有时因为事情被传得走了样，还造成了不少历史上悲欢离合的故事。

由于通信关系重大，历史上各个国家的统治者无不设立“御用邮政”。在中国从汉朝开始，就有了官方传递信件的机构——驿站。为了快速传递信件，当时的驿卒，头戴红色头巾，身穿红袖衣服；沿路的车马行人，远远看见飞马奔驰的驿卒，都要让路（邮政人员身着专门色彩服装的习惯，各国一直沿袭至今）。对一些十万火急的公事，往往还采取“加急”的办法传递，但即使“驿马如星流”，仍然是“日驰三百自嫌迟”。至于担负通信任务的劳力——驿卒们的劳顿和辛苦，更是可想而知了。各式各样以人工传递为主的通信方式，对于“老天爷”的捣乱都束手无策；面对高山恶水的阻拦，也都一筹莫展。

随着资本主义生产方式的产生和发展，通信方式发生了巨

大的变革，从“驿马邮政”发展到“火车邮政”、“航空邮政”，出现了为社会公众服务的邮政业务。之后，由于电和磁的被认识，人们开拓了通信方式的新途径——有线电通信和无线电通信。从那时开始，人类社会就进入了现代通信——电气通信的新纪元。

所谓电气通信(简称电通信或电信)，就是使用电或电子的设施传递信息的方式。按照传输媒质的不同，电气通信分为有线电通信和无线电通信。利用导线传输代表声音、文字、图象等信息的电信号的通信方式，称为有线电通信；利用无线电波在空间的传播来传送电信号的通信方式，称为无线电通信。

电通信技术自问世以来，便出人意料地得到飞速的发展，其发展速度之快和传递信息量之大，最近的百年时间超过了以往的几千年。现代电通信，广泛应用在政治、经济、军事、生产、科研和社会生活的各个领域，和我们每个人都结下了不解之缘。

让我们回顾一下现代通信史上几个激动人心的镜头吧！

1837年莫尔斯(1791~1872)发明了电报以后，1844年5月24日，他用激动得发抖的手，从华盛顿向40英里外的巴尔的摩城拍发了世界上第一份长途有线电报，电文是《圣经》上的一句话：“上帝创造了何等奇迹！”奇迹当然并非上帝创造的，而是人类智慧的成果。人类社会电通信的时代，便从此开始了。

电话的发展更加说明问题。1876年美国入贝尔(1847——1922)发明了电话，过了40年美国建成第一条横贯国土东西的长途电话线。这条线路的修建，足足耗费了2960吨铜和13万根电线杆。但是，仅仅又过了50多年的时间，电话这个当年的“科学玩具”，就已发展成为现代生活中不可缺少的通信工具



了。现在，世界上拥有近5亿部电话机。人们可以通过四通八达的电话网和远隔重洋的亲人互致问候，和异国的同行洽谈公务；可以通过可视电话“千里相会”，坐在屋子里到处“参观访问”。多功能的电话，将成为人们周到的“电子仆人”；人们还可以把甩掉了“尾巴”的移动式电话——无线电话——带在身上，随时随地和各处进行通信联系。

在有线电通信发明前后，1864年年轻的英国人麦克斯韦(1831~1879)提出了电磁波理论，成为无线电通信的报春人。1887年德国人赫兹(1857—1894)同样在他的青年时代第一次人工产生了电磁波。1896年，时值青春年华的俄国人波波夫(1859—1906)和意大利人马可尼(1874—1937)，在电磁波理论和实践的台阶上，分别成功地进行了无线电通信的实验，在电气通信史上写了光辉的一页。1901年，无线电信号跨越了大西洋。随后，人类便第一次听到了从无线电接收机里传出的话音和音乐。世界上第一次广播是1906年在美国的一个实验室里进行的，广播的内容是节日前夕的庆祝节目，听“众”只有一艘船上的几名报务员。而到了20世纪80年代的今天，利用无线电波传送声音和图象节目的广播和电视，已深入到社会生活的各个角落，成了亿万人的伴侣。

电子器件的发展，对无线电通信技术起着举足轻重的作用。电子器件经历了从电子管到半导体器件，再到集成电路的演变过程；具有功能组件化、遥控、自动调整特点的器件的出现，使无线电通信面貌大为改观。1963年第一颗同步卫星进入轨道，无线电通信发生了“天上人间”的变化。现在，卫星通信可以把各种信息“轻而易举”地传送到地球的各个角落。1970年制成了世界上第一根光导纤维，开始了通信技术史上又一场新的革命，吹响了向光通信时代迈进的号角。现代通信的发展正展

现着巨大的魅力。

在结束这一节的时候，我们想特别指出：在无线电通信事业的开创史上，许多灿烂的华章，都是由当时的年轻人书就的，同时，业余无线电爱好者的贡献也很突出。有志于无线电事业的青年朋友们，让我们踏着先人光辉的足迹，继往开来，一起来探索当代无线电的秘密，把未来的无线电事业推向新的高峰吧！

## 第二节 充满电磁波的天空

晴日仰望，是一望无际的天空。不过，人们用“空”来描述“天”，实在是一种误会，因为天并不空。在我们生存的空间，无处不隐匿着形形色色的电磁波：激雷闪电的云层在发射电磁波；无数的地外星体也辐射着电磁波；世界各地的广播电台和通信、导航设备发出的信号在乘着电磁波飞驰；更不用说还有人们有意和无意制造出来的各种干扰电磁波……这些电磁波熙熙攘攘充满空间，实在是热闹非凡。如果说人们是生活在电磁波的海洋之中，那是毫不夸张的。正因为这样，为了利用电磁波，人们不得不制定出各种“规则”，对电磁波加以管理，把无线电频谱进行科学的、细致的划分，就象在马路上划分出快车道、慢车道和人行道一样，使不同业务所发射的电波不致混淆。如果没有良好的“空中秩序”，不知道要发生多少“交通事故”呢！

在既往的几千年中，人们一直都没能“看见”电磁波。麦克斯韦谱写了电磁波历史的第一页。他不仅断定电磁波的存在，而且推导出电磁波有和光速一样的传播速度，揭示了光与电磁现象的本质的统一性。人们在“造出”了电磁波，从而“看到”了

电磁波，并且发明了发射和接收电磁波的装置以后，便驾驭它发展了无线电通信技术。神秘的电磁波从此给人类社会带来了难以预想的迅速而又巨大的变化。今天，电磁波把人们的“视线”深入到小于 $10^{-13}$ 厘米的基本粒子，扩展到200亿光年的大尺度的宇宙。它帮助人们增进对环境和自身的认识，缩短相互之间的距离，揭示千古之谜，探索未来秘密，改造生存条件，走向太空领域……人类文明的每一步前进，都伴随着电磁波的情影。

那么，电磁波到底是个什么样的东西，竟有如此之大的威力呢？

理论分析和实验研究都已表明，电磁波是在空间传播的交变电磁场，或者说，电磁波就是电和磁交变的振动和能量的传播形式。它占据空间，具有能量、动量、质量。电磁波和水波、声波、力学波很相象，所不同的是，电磁波不象水波那样能看得见，不象声波那样能听得到，不象力学波那样能感觉出来。正是电磁波的特殊“性格”，才给它蒙上了一层神秘的“面纱”，使人感到奥妙莫测。

电磁波的“个性”可以归纳为以下三点：

(1) 电磁波是高速运动着的物质，是物质世界的“长跑”冠军，它在真空中的传播速度每秒30万公里( $3 \times 10^8$ 米/秒)。电磁波一秒钟能绕地球7圈半，眨眼功夫，可以到月球上转个弯。

(2) 电磁波没有静止的质点，是一个看不见、摸不着、嗅不到的“隐身人”。

(3) 同一空间可以有无限多的电磁波同时存在，它“宽宏大度”而绝不“排斥异己”。

无线电波是频率较低的一种电磁波；光，是频率较高的一

种电磁波。它们是同一性质的物质。

要产生电磁波，必须有一个波源，由波源提供能量，在媒质中进行传播。实际上，只要有频率很高的电流流过导线，导线周围就产生变化的电场，同时在其附近还要产生一个变化的磁场；这个变化的磁场，又同时在其附近产生一个变化的电场；新产生的这个变化的电场，同时在附近产生变化的磁场……这样就形成一个辐射的电磁场四外传播开去。这种情况很象水的波纹一样，但是这种波是由电场和磁场构成的：交变电场产生交变磁场，交变磁场产生交变电场，二者同时存在，不可分割，所以这种波叫电磁波。在无限大的空间，电场、磁场和电磁波传播方向，三者是互相垂直的。

至于电磁波怎样传播的问题，下面还要专门讨论。

### 第三节 波的画像

人们在研究波的时候，总是要给它画一个看得见的“像”——波形

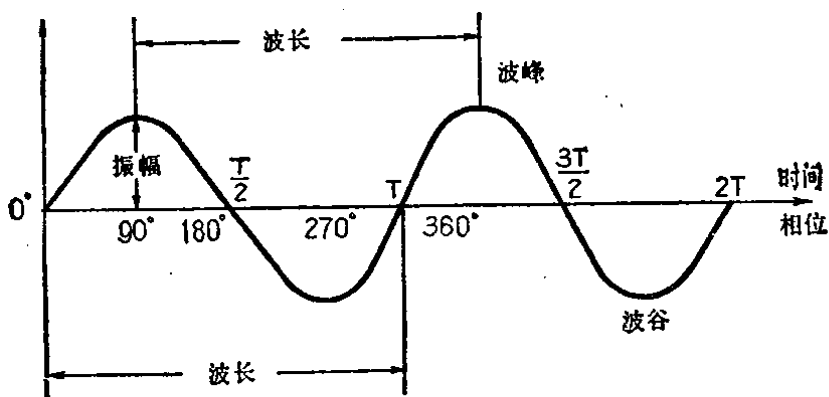


图 1-1 正弦波波形

图 1-1 画的是正弦波，它是一种规则的、起伏的、平滑的、形状不断重复的波。这种波随时间按正弦规律变化。

正弦波具有振幅、频率、相位三个要素。振幅是波峰（或波谷）到横座标的距离；频率是单位时间内完成振动的次数；相位用以表征波形上各点的相对位置，它是用角度的大小来表示的，从一个波峰（或波谷）到下一个波峰（或波谷）的一周为360度（ $2\pi$ 弧度）。

正弦波是最简单的波形，也是最重要的波形。它是研究各种无线电波的基础形式。但无论什么样的无线电波，都有频率和波长两个基本参数。频率用 $f$ 表示；单位为赫兹（简称赫），用Hz表示。实际应用中，常常需要使用更大的单位：千赫兹（KHz）、兆赫兹（MHz）。它们之间的关系是：

$$1 \text{ 千赫} = 1000 \text{ 赫}$$

$$1 \text{ 兆赫} = 1000 \text{ 千赫} = 1000000 \text{ 赫}$$

频率的倒数称为周期。显然，周期是波振动一次需要的时间，也就是从一个波峰（或波谷）到下一个波峰（或波谷）经过的时间，用 $T$ 表示，单位为秒。实际应用中，无线电波周期的数值往往比较小，需要使用更小的单位毫秒和微秒。它们之间的关系是：

$$1 \text{ 毫秒} = \frac{1}{1000} \text{ 秒}$$

$$1 \text{ 微秒} = \frac{1}{1000} \text{ 毫秒} = \frac{1}{1000000} \text{ 秒}$$

另一个基本参数是波长。波长指波在一个振荡周期内传播的距离，用希腊字母 $\lambda$ 表示，单位为米。波长决定于振荡的频率和波的传播速度：

$$\text{波长}(\lambda) = \frac{\text{波速}(C)}{\text{频率}(f)}$$

任何频率的无线电波，在真空中传播的速度均相同，波速

可视为一个常数，因此，波长和频率是成反比例的：波长越短的无线电波，它的频率越高；波长越长的无线电波，它的频率越低。

## 第四节 电磁波的“家族”和无线电波的传播

在电磁波“大家族”中，有无线电波和光波两个“支系”。它们有着共同的特点，如都是在空间传播的交变电磁场，都有极高的传播速度。它们只是波长、频率不同。

无线电波首先被人们认识，它的波长在 100 公里到 0.75 毫米之间。无线电波按波长可划分为超长波、长波、中波、短波、超短波（米波）和微波（包括分米波、厘米波、毫米波）几个波段。有些书上把米波也划在微波波段。

如果按频率划分。则分为甚低频、低频、中频、高频、甚高频、特高频、超高频和极高频几个频段。

无线电波的波段划分和应用见表 1-1。

波长在 0.75 毫米以下的电磁波，统称做光波。在可见光之外，人们又先后发现了红外线、紫外线、伦琴射线（x 射线）、丙种射线（ $\gamma$  射线）等看不见的“光”。光波的波长由于比无线电波更短，通常用微米和更小的单位“埃”。1 埃等于  $10^{-8}$  厘米。

光波的波段划分见表 1-2。

目前无线电广播、电视常用的无线电波的波段是：一般国内中波广播的波段，大致为 550 千赫——1600 千赫；短波广播的波段为 2 兆赫——24 兆赫；我国电视的波段为 48.5 兆赫——215 兆赫，划分为 12 个频道；国际上规定的卫星广播

表 1-1

波 段 (频段)	波 长	频 率	应 用 范 围
超长波 (甚低频)	10~10000米	3~30千赫	1. 海岸——潜艇通信 2. 海上导航
长 波 (低频)	10000米~1000米	30~300千赫	1. 大气层内中等距离通信 2. 地下岩层通信 3. 海上导航
中 波 (中频)	1000~100米	300千赫~3兆赫	1. 广播 2. 海上导航
短 波 (高频)	100~10米	3~30兆赫	1. 远距离短波通信 2. 短波广播
超短波 (甚高频)	10~1米	30~300兆赫	1. 电离层散射通信(30~60兆赫) 2. 流星余迹通信(30~100兆赫) 3. 人造电离层通信(30~144兆赫) 4. 对大气层内、外空间飞行体(飞机、导弹、卫星)的通信 电视、雷达、导航、移动通信
分米波 (特高频)	1~0.1米	300~3000兆赫	1. 对流层散射通信(700~1000兆赫) 2. 小容量(8~12路)微波接力通信(352~420兆赫) 3. 中容量(120路)微波接力通信(1700~2400兆赫)
厘米波 (超高频)	10~1厘米	3000~30000兆赫	1. 大容量(2500路,6000路)微波接力通信(3600~4200兆赫,5850~8500兆赫) 2. 数字通信 3. 卫星通信 4. 波导通信
毫米波 (极高频)	10~1毫米	30000~300000兆赫	再入大气层时的通信

电视有 6 个频段,主要频段是 12 千兆赫,在这个波段里,卫星广播电视业务受到保护。

无线电波是应用最早、最广泛的电磁波,我们有必要对它的传播情况作一番了解。

电波可以上天入地,穿墙越壁,神通广大,这是因为它既

表 1-2

名	称	波	长
红 外 线	远红外线	15~750	微米
	中红外线	1.5~15	微米
	近红外线	0.76~1.5	微米
可见光 (分为红橙黄绿青蓝紫七种)		0.76~0.4	微米
紫外线		0.4	微米~5000 埃
伦琴射线 (X射线)		5000~4	埃
丙种射线 ( $\gamma$ 射线)		4	埃以下

可以在真空中传播，也能在媒质中传播。电波从一种媒质进入另一种媒质时，会产生反射、折射、绕射和散射现象，速度同时要发生变化；不同媒质对一定频率的电波还具有吸收作用。电波的传播情况和电流不同，电流一般在导体中“流动”，而电波在理想导体中是不能传播的，金属壳体对电波能够吸收，起“屏蔽作用”；相反，电波在绝缘的介质中容易传播。电波在传播过程中，由于能量的扩散和媒质的吸收而逐渐减弱，离开波源越远电波的强度越小。

无线电波有地波、天波、空间波和散射波四种主要传播方式。下面分别对其特点加以介绍。

### 1. 地波

沿地面传播的无线电波叫地波，又叫表面波，参看图 1-2。电波的波长越短，越容易被地面吸收，因此只有长波和中波能在地面传播。地波不受气候影响，传播上比较稳定可靠，但在传播过程中，能量被大地不断吸收，因而传播距离不远。地





图 1-2 地波

波适宜在较小范围里的广播和通信业务使用。

## 2. 天波

经过天空中电离层的反射或折射后返回地面的无线电波叫天波，参看图 1-3。所谓电离层，是地球上空 40~800 公里高度

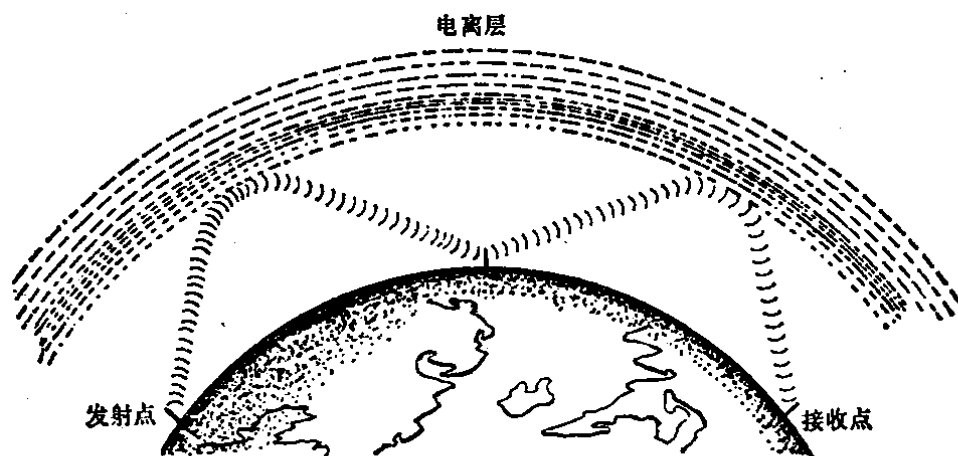


图 1-3 天波

电离了的气体层，包含有大量的自由电子和离子。这主要是由于大气中的中性气体分子和原子，受到太阳辐射出的紫外线和带电微粒的作用所造成的。电离层能反射电波，对电波也有吸收作用，但对频率很高的电波吸收得很少。短波无线电波是利用电离层反射传播的最佳波段，可以借助电离层象镜子一样地反射传播；被电离层反射返回地面以后，地面又把它反射到电离层，然后再被电离层反射到地面，经过几次反射，可以传播很远。