



JIEXISHENMIDIANBO

# 解析神秘电波

电能与人类生活息息相关，是推动现代社会发展的极其重要的能源之一，本书介绍了有关于电的基本常识，从电的产生、电的基本特性、电能在生活及生产方面的应用，为青少年读者展示了一个神奇强大的电的世界，是一本极好的科普读物。



中国出版集团

现代出版社



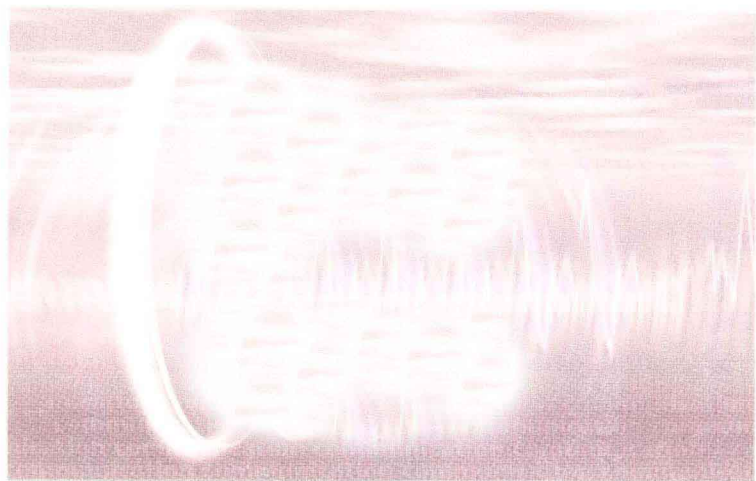
物理能量转换

图文并茂，具有趣味性、知识性

JIEXISHENMIDIANBO

# 解析神秘电波

编著◎吴波



中国出版集团

现代出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

解析神秘电波 / 吴波编著. —北京: 现代出版社,  
2013. 1

(物理能量转换世界)

ISBN 978 - 7 - 5143 - 1039 - 9

I. ①解… II. ①吴… III. ①电学 - 青年读物②电学  
- 少年读物 IV. ①O441. 1 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 292895 号

解析神秘电波

---

|      |                                     |
|------|-------------------------------------|
| 编 著  | 吴 波                                 |
| 责任编辑 | 刘春荣                                 |
| 出版发行 | 现代出版社                               |
| 地 址  | 北京市安定门外安华里 504 号                    |
| 邮政编码 | 100011                              |
| 电 话  | 010 - 64267325 010 - 64245264 (兼传真) |
| 网 址  | www. xdcbs. com                     |
| 电子信箱 | xiandai@ cnpitc. com. cn            |
| 印 刷  | 大厂回族自治县祥凯隆印刷有限公司                    |
| 开 本  | 710mm × 1000mm 1/16                 |
| 印 张  | 12                                  |
| 版 次  | 2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 次印刷 |
| 书 号  | ISBN 978 - 7 - 5143 - 1039 - 9      |
| 定 价  | 23. 80 元                            |

---

版权所有, 翻印必究; 未经许可, 不得转载



## 前言

电磁波无所不在，从你的身边到浩瀚的宇宙。太空中没有空气，却有电磁波；深海中进不去空气，却进得去电磁波；其实，站在地球上的你，就身处于地球的磁场之中。电磁波，又称电磁波或电磁辐射，肉眼看不见，耳朵听不着。它是能量存在的一种形式，凡是能够释放出能量的物体，都会发出电磁波。

电磁波的发现经历了一个漫长的时期。摩擦能产生电，天然磁石能吸铁，这些原始的电磁现象早已为人类所发现。可是，一直到19世纪20年代，人们才开始逐步找到电与磁之间的关系。1820年，丹麦物理学家奥斯特发现，当导线中有电流流过时，放在它附近的磁针会发生偏转；学徒出身的英国物理学家法拉第明确指出，奥斯特的实验说明了电能生磁。他还通过艰苦的实验，发现了导线在磁场中运动时会产生电流，这就是所谓的“电磁感应”现象。著名的科学家麦克斯韦用数学公式表达了法拉第等人的成果，而且把法拉第的电磁感应理论推广到了空间，认为在变化磁场的周围，能产生变化的电场，如此推演下去，交替变化的电磁场就会像水波一样向远处传播。于是，麦克斯韦在人类历史上首先预言了电磁波的存在。那么，又是谁证实了电磁波的存在呢？这个人就德国青年物理学家赫兹。赫兹通过实验验证了麦克斯韦的预言，电磁波的确存在，它就像我们身边的桌椅一样是实实在在的。

赫兹的发现具有划时代的意义，它不但证明了麦克斯韦理论的正确性，更重要的是导致了无线电的诞生，开辟了电子技术的新纪元，标志着从“有线



电通信”向“无线电通信”的转折点。各国的学者纷纷开始研究如何利用电磁波作为无线传输信息的工具。1894年，电磁波进入了通信领域，开创了无线通信的新时代。

随着马可尼发明无线电通信，人们对于电磁波的应用渐渐广泛起来。不仅应用于军事领域中，更方便了人们的日常生活，譬如早期的收音机、电视、广播等等，到后来的电子计算机，丰富了我们的世界，开拓了我们的视野。

现代工业的不断进步和现代科学技术的飞速发展，推动着各种家用电器和电子设备的广泛应用。一方面为人们的工作、学习和生活带来了极大的便利，同时也给人们的身体健康带来了隐患。

科学证明，这些家用电器和电子设备在使用过程中，都会不同程度地产生不同频率的电磁波。这些电磁波无色无味，看不见、摸不着，且穿透力强，令人防不胜防。它们已经成为一种新的污染源，悄悄地侵蚀着人们的机体，影响着人们的健康，引发各种各样的疾病。在加强电磁防护的同时，对电磁波污染问题也应采取科学的态度，客观分析、严肃对待，切不可人云亦云，不负责任地盲目夸大，造成人们认识的混乱。

在本书中，我们用通俗、流畅的语言，图文并茂，把看不见、摸不着的神秘电磁波，生动地呈现在你的眼前。



# 目 录

## 认识电磁波

|                   |    |
|-------------------|----|
| 什么是电 .....        | 1  |
| 什么是电磁波 .....      | 6  |
| 波的内涵 .....        | 11 |
| 无线电电磁波 .....      | 14 |
| 微 波 .....         | 18 |
| 可见光 .....         | 21 |
| 红外线 .....         | 25 |
| 紫外线 .....         | 28 |
| X 射线 .....        | 31 |
| $\gamma$ 射线 ..... | 34 |
| 宇宙射线 .....        | 38 |

## 电磁波的发现

|                |    |
|----------------|----|
| 电的发现 .....     | 45 |
| 电磁感应现象 .....   | 50 |
| 莫尔斯的电报机 .....  | 54 |
| 贝尔的电话 .....    | 57 |
| 预言电磁波的存在 ..... | 61 |
| 无线电的先驱者 .....  | 65 |
| 伦琴射线的来历 .....  | 69 |



|               |    |
|---------------|----|
| 贝可勒尔现象 .....  | 72 |
| 闪电的谜底 .....   | 77 |
| 从莱顿瓶到天线 ..... | 80 |
| 解读脑电磁波 .....  | 84 |

## 电磁波的应用

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 海洋深处探秘 .....      | 90  |
| 无线电话 .....        | 93  |
| 无线电广播 .....       | 96  |
| 电视机 .....         | 101 |
| 微波炉的使用 .....      | 104 |
| 电子计算机 .....       | 108 |
| 红外线眼镜 .....       | 112 |
| 人造通信卫星 .....      | 115 |
| 雷 达 .....         | 121 |
| 天文观测的运用 .....     | 124 |
| 英德“导航战” .....     | 134 |
| GPS 在军事中的应用 ..... | 141 |
| 电磁波与战争 .....      | 149 |
| 电磁波在医疗上的发展 .....  | 156 |

## 电磁波与人类健康

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 电磁辐射的危害 .....             | 162 |
| 不可忽视的电磁污染 .....           | 166 |
| 如何预防电磁辐射 .....            | 171 |
| 离手机远一些 .....              | 174 |
| 如何预防电脑辐射 .....            | 177 |
| 脑电磁波与人们疾病的关系 .....        | 181 |
| 如何防止电气火灾事故，发生火灾后怎么办 ..... | 185 |



## 认识电磁波

RENSHI DIANCIBO

在神奇的电世界里，电磁波起着巨大的作用，它为人做了数不清的好事。电磁波围绕在我们的周围，但我们也并不察觉电磁波的存在，就好像人们生活在空气中，眼前却看不到空气那样。电磁波不需要依靠介质传播，各种电磁波在真空中速度固定，速度为光速。

在这个世界上，只要是本身温度大于绝对零度的物体，都可以产生电磁辐射，而世界上并不存在温度等于或低于绝对零度的物体。因此，人们周边所有的物体时刻都在进行电磁辐射。但是，只有处于可见光频域以内的电磁波，才是可以被人们看到的。

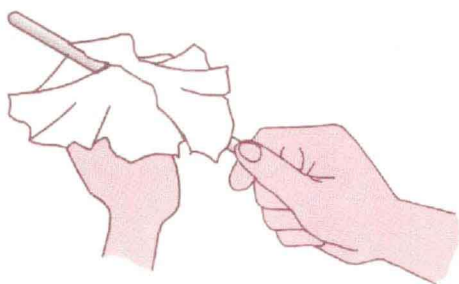
电磁波分很多种，按照频率分类，从低频到高频，包括无线电磁波、微波、红外线、可见光、紫外线、X射线和 $\gamma$ 射线等等。人眼可接收到的电磁辐射，波长大约在380~780纳米之间，称为可见光。

## 什么是电

电是能的一种形式，包括负电和正电两类，它们分别由电子和质子组成，也可能由电子和正电子组成，通常以静电单位（如静电库仑）或电磁单位



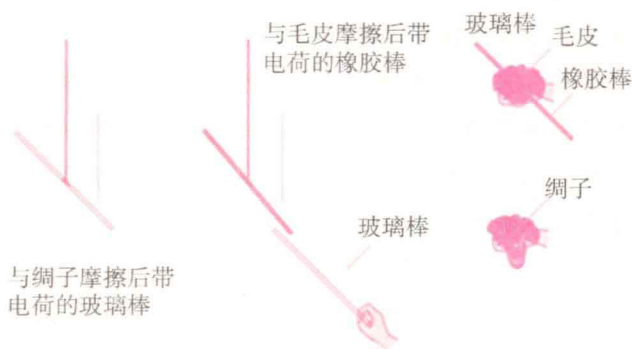
(如库仑)度量,从摩擦生电所致的物体的吸引和排斥上可以观察到它的存在,在一定自然现象中(如闪电或极光)也能观察到它,通常以电流的形式得到利用。



摩擦生电

国际上规定:丝绸摩擦过的玻璃棒带正电荷;毛皮摩擦过的橡胶棒带负电荷。

电是一种自然现象。电是像电子和质子这样的亚原子粒子之间的产生排斥和吸引力的一种属性。它是自然界4种基本相互作用之一。电或电荷有两种:我们把一种叫做正电,另一种叫负电。通过实验我们发现带电物体同性相斥、异性相吸,吸引或排斥力遵从库仑定律。



电荷相互作用

电不能制造,只能转化。要说电不能制造,小朋友们会觉得奇怪,老师在讲常识课时,不是用玻璃棒和头发互相摩擦就起电了吗?再说点亮电灯的电是哪里来的呢?

世界上的物体,比如水、树木甚至人体里都有电,但是电是无法制造的。以前有这么一个人,他想用人体与物体相撞的办法试一试电是怎么回事,于是就用头去碰一根柱子,碰得眼里直冒金星,他以为这就是电的现象,便使劲碰,最后碰休克了。这是一件很滑稽的事,实际上头碰得再厉害,也感受不到电。

我们所说的起电是使物体带电的过程，这里所说的“电”也叫“电荷”，“带电”和“带电荷”是一个意思，在习惯上把带电的微粒叫电荷。

电能跑多快？

有人说：“孙悟空一个筋斗就能翻出去十万八千里。”我们还是用老办法——先算算账。

十万八千里等于5.4万千米，算它是6万千米吧。翻一个筋斗大约要1秒钟，那就是说，孙悟空1秒钟能“走”6万千米。这算得了什么？由高频电流产生的电磁波1秒钟能走30万千米，等于孙悟空的5倍。你信不信？

在输电线路中，电子做定向有序流动时，电子的迁移速度称为“电子漂移速度”。可以这样理解，好比有一根管子，里面装满黄豆后，再从一头塞进去一粒黄豆，另一头马上就出来一粒，这相当于电流传播速度；而你单独看管子里的某一粒豆时，它的移动速度是很小的。光的传播速度就是光子的移动速度，而电的传播速度是指电场的传播速度（也有人说是电信号的传播速度，其实是一样的），不是电子的移动速度。导线中的电子每秒能移动几米（宏观速度）就已经是很高的速度了。电场的传播速度非常快，在真空中，这个速度等于光速。“电”的传播过程大致是这样的：电路接通以前，金属导线中虽然各处都有自由电子，但导线内并无电场，整个导线处于静电平衡状态，自由电子只做无规则的热运动而没有定向运动，当然导线中也没有电流。当电路一接通，电场就会把场源变化的信息，以大约光速的速度传播出去，使电路各处的导线中迅速建立起电场，电场推动当地的自由电子做漂移运动，形成电流。那种认为开关接通后，自由电子从电源出发，以漂移速度定向运动，到达电灯之后，灯才能亮，完全是对电的这种本领的误解。

## 知识点

### 静电现象

在日常生活中，我们用梳子在梳头的时候，常常会发现毛发在静电场力的作用下形成射线状。我们在每天夜晚脱衣服的时候，也常常会发现一种闪



光效应和噼里啪啦的声响。有时，我们在触摸猫或狗的皮毛时，你会受到微量的“电击”。还有，你用梳子梳一下你的头发，你就可以将碎纸屑吸引起来，这就是我们常说的“电”现象。有很多种物体在运动中，都可生成两边的端点带有正负电荷的电场效应，当电荷量聚集达到数万伏的高压时，它就会向四周的其他物体产生电荷放电，这就是物体的摩擦起电状态。

静电现象是由点电荷彼此相互作用的静电力产生的。在氢原子内，电子与质子彼此相互作用的静电力远大于万有引力，静电力的数量级大约是万有引力的数量级的40倍。

静电现象包括许多大自然例子，像塑料袋与手之间的吸引、似乎是自发性的谷仓爆炸、在制造过程中电子元件的损毁、复印机的工作原理等等。当一个物体的表面接触到其他表面时，电荷集结于这物体表面成为静电。虽然电荷交换是因为两个表面的接触和分开而产生的，只有当其中一个表面的电阻很高时，电流变得很小，电荷交换的效应才会被注意到。因为，电荷会被陷于那个表面，在那里度过很长一段时间，足够让这个效应被观察到的一段时间。



## 延伸阅读

### 摩擦起电机的发明

古希腊著名诗人荷马所著的史诗《奥德赛》中记载有这样一个故事：福尼希亚商人将琥珀项链献给西拉女王。人们发现琥珀经摩擦会发出光，并吸引纸屑，感到十分神奇，就视琥珀为珍宝。这是关于静电的最早记载。人们正是从静电这一现象入手，开始将电作为一门科学来研究的。

人工简单摩擦起电来使物体带电是很有局限性的，要对电现象做进一步研究，必须用有效的方法来获得较多的电荷及电流。

大约在1660年，德国的一位酿酒商和工程师格里凯（1622—1686）发明

了第一台能产生大量电荷的摩擦起电机。他用一个球状玻璃瓶盛满粉末状的硫黄，用火烧玻璃瓶直至硫黄全部熔化，等其冷却下来硫黄呈球状，再将玻璃瓶打掉，在硫黄球上钻一孔并将其支在一根轴上，使硫黄球可以自由转动。格里凯在1672年描述了这架仪器的构造及其使用情况。起电时，他用一只手握住手柄摇，使硫黄球不停地转动，另一只手紧贴在硫黄球面上摩擦，结果使人体和硫黄球带上了电荷。格里凯还发现由摩擦而生的电可以通过一支金属杆传给其他物体；有时候，即使带电体没有与一个不带电物体接触，只要接近到足够近的程度，就可以使该物体带电，这就是我们现在称为的感应起电现象。1709年，德国人豪克斯比（1688—1763）制造了一台用抽去空气的玻璃球代替硫黄球的起电机，并在实验中发现，玻璃球由摩擦带电时，产生了类似磷光的现象。1750年还有人用巨大的飞轮带动很大的玻璃柱转动，通过皮带与玻璃柱摩擦起电。这种基于摩擦起电原理的起电机，已经不再是简单地摩擦一些材料令其起电，而是不断获得改进的摩擦起电机，在实验中起了重要作用。一直到19世纪，才由效率高得多的感应起电机所代替。

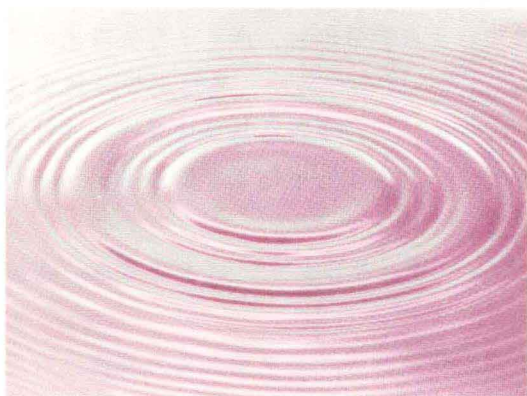
克莱斯特于1645年也发现盛水的瓶中插入导体通电，瓶子能贮电。在德国就把有贮电性的瓶子叫克莱斯特瓶。

当时所进行的电实验表演中，有用莱顿瓶作火花放电杀老鼠的表演，有用电火花点酒精和火药的表演。其中最为壮观的一次表演是诺莱特在巴黎一座大教堂前做的，诺莱特邀请了法王路易十五的皇室成员临场观看，他让700个修道士手拉手站成一行，形成长达近300米的队伍，然后让排头的修道士用手握住莱顿瓶，让排尾的修道士用手握莱顿瓶的引线（引线另一端插入瓶内水中），准备就绪后，诺莱特令人用起电机通过引线向莱顿瓶送电。瞬间，700名修道士因受电击同时跳了起来，在场观众无不为之目瞪口呆，诺莱特以事实表明了电的威力。1746年英国物理学家考林森通过邮寄向美国费城的本杰明·富兰克林（1706—1790）赠送了一只莱顿瓶，并介绍了使用方法。富兰克林对此极有兴趣，用这只莱顿瓶进行了一系列实验，对电的本质及电现象的规律开始了一系列深入的研究，得到了许多重要成果。



## 什么是电磁波

电磁波，也称电磁波或电磁辐射，从科学的角度来说，电磁波是能量的一种，凡是能够放出能量的物体，都会发出电磁波。电与磁可说是一体两面，变动的电会产生磁，变动的磁则会产生电。电磁的变动就如同微风轻拂水面产生水波一般，因此被称为电磁波，而其每秒钟变动的次数便是频率。



水 波

当电磁波频率低时，主要是由有形的导电体才能传递；当频率逐渐提高时，电磁波就会外溢到导体之外，不需要介质也能向外传递能量，这就是一种辐射。举例来说，太阳与地球之间的距离非常遥远，但在户外时，我们仍然能感受到和煦阳光的光与热，这就好比是“电磁辐射藉由辐射现象传递能量”的原理一样。

电磁辐射是传递能量的一种方式，辐射种类可分为3种：

1. 游离辐射。
2. 有热效应的非游离辐射。
3. 无热效应的非游离辐射。

当高能量电磁波把能量传给其他物质时，有可能撞出该物质内原子、分子的电子，使物质内充满带电离子，这种效应称为“游离化”，而造成这种游离化现象的电磁波就称为游离辐射，包括 $\gamma$ 射线、X射线、紫外线等。进入可见光频率以内的电磁波及红外线均无法造成游离化效应，称为非游离辐射。这里必须澄清一个概念，辐射伤害是指游离辐射（游离辐射会与身体内的物质抢夺电荷，产生离子破坏生理组织），非游离辐射则不具游离化能力，不会产生有害人体的自由化离子，大量非游离电磁波只会造成温热效应。

这就好像做日光浴或站在灯泡下方一般，只要不在短期内传太多能量给人体，生理组织就能加以调控，所以在安全范围内长期接受非游离电磁波，并不会产生累积性伤害。

光波和 X 射线都属电磁波。电磁波是一系列的横波：它由两种垂直的横波构成，其中一个组成部分是一个振动的电场，而另一个部分是相对应的磁场。

所有的电磁波都以光速进行传播，每种电磁波能用它们的频率或波长来表示。电磁波与其他横波决定性的区别在于它们传播时并不需要类似空气、水或者钢铁这样的媒介物。无线电波、 $\gamma$  射线和可见光波都能在真空中传播。

电磁波是怎样产生的呢？

电磁波是由原子中运动的电荷产生的，这些运动的电荷产生一个电场，同时产生一个对应的磁场。来自运动电子的能量辐射到（不需要是均匀的）电子周围的区域。

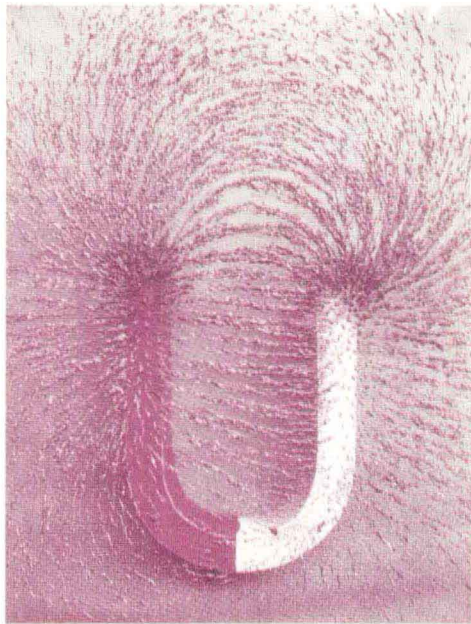
什么是电磁波谱？

电磁波谱把电磁波按照频率从低到高的顺序编列成表。光谱从频率最低的无线电波一直排列到频率非常高的  $\gamma$  射线。在电磁光谱中间的一小部分包含了可见光的频率。

我们日常生活中会接触什么样的电磁波？

我们的生活环境中，“电”和“磁”的现象无所不在，除了大自然的太阳光和闪电外，举凡各种电器产品，如电视、微波炉、电灯泡、计算机等，甚至广播电台、电视台、业余无线电台、警用无线电台或卫星通信等的无线电波，都存在于我们的生活环境中。

电磁波分很多种，比如红外线、紫外线、 $\gamma$  射线、可见光等等，这些都有



磁 场



什么区别呢？如何去理解呢？变化电磁场在空间的传播与弹性波不同，电磁波的传播并不依赖任何弹性媒质，它靠的是电磁场的内在联系和相互依存，即变化的磁场激发有旋电场、变化的电场（位移电流）激发磁场，因此，电磁波在真空中也能传播。

电磁波的传播速度等于光速，光就是一种电磁波。无线电磁波、红外线、可见光、紫外线、X射线、 $\gamma$ 射线等构成了不同频率和波长的电磁波谱。电磁波的传播伴随着能量和动量的传播，这不仅是电磁波的重要性质，也为电磁场的物质性提供了证据。电磁波是横波，其电矢量、磁矢量和传播方向构成右手螺旋。作为一种波动，电磁波有自身的反射、折射、散射以及干涉、衍射、偏振等现象。电磁波及其一系列性质是麦克斯韦电磁场理论的预言，已为包括赫兹实验在内的大量实验所证实。它们的区别就是波长和频率不同。

## 知识点

### 电磁波就是无线电磁波吗

可以说是的，也可以说不只是。

电磁波可以由多种方式产生，特性和所起的作用各不相同，但都有一定的波长和频率，如按波长从短到长来看，一般是 $\gamma$ 射线、X射线、紫外线、可见光、红外线、无线电磁波。其中，可以用肉眼觉察到的常称作“光波”；可以使用天线辐射能量的称作“电磁波”。我们常用的无线电磁波只是电磁波的一种，常见的灯光、烛光、激光等也都是电磁波，X射线、 $\gamma$ 射线等也是电磁波。电磁波虽然手摸不到，但在自然界里普遍存在，是一种具有质量、动量和能量的物质，只不过存在的形式不同而已。

延伸阅读

## 电磁波的“身长”

我们先拿根绳子来做个试验，抓住绳子的一端，把它的另一端钉在墙上，然后急剧地把手抖动起来，瞧瞧吧，你看到了什么？

这时候你会很清楚地看到一个一凹一凸的波浪，迅速地向前面传去。抖得越快，凹部与凹部之间的距离就隔得越近。

像这种波浪形成的时候，两个相邻的凹部或者凸部之间的距离，就是波的“身长”。人们把它叫做“波长”。

电磁波也是这样，在它传播的时候，也有个波长。正像绳子抖得越快，绳子上的波长就越短一样，当电路里电荷来回地奔走越快的时候，电磁振荡的频率也就越高，那么，它的波长就越短。反过来说，振荡的频率越低，它的波长就越长。

电磁波的波长，最长的有3万米，最短的只有1米的几万分之一。万米波的“个儿”确实是很长的了，人们把它叫做“甚长波”。依此类推，千米波就是“长波”，百米波是“中波”，十米波是“短波”，米波就是“超短波”。波长在1米以下的分米波、厘米波、毫米波，以及波长比毫米更短的亚毫米波，总起来叫做“微波”。

波长不同的电磁波，它们的脾气也大不相同，长的比较会转弯抹角，能沿着地面跑一段距离。可是地面会吸收掉它的一部分能量，所以如果要让它跑得远些，就要大大增加发射它的电力。短的波只会向前直闯，在地面上几次东碰西撞之后，它就无影无踪地消失了。

这样看来，沿着地面上跑的主要是长波。那么向天空奔去的那一路又怎样呢？天空的情况可就更复杂了。

据说有一年，罗马近郊的一座城镇失了火，大火烧坏了和城市相连的电话线，看来已经没有希望请求城里的消防队援助了，可是不知是谁竟用无线电向空中发出了呼救，电磁波传到了丹麦的哥本哈根，哥本哈根的人立刻再用无线



电告诉罗马。这样，罗马城边的事情竟在地球上兜了老大的一个圈子，才又传到罗马。奇怪的是近在咫尺的城里，却没有一个人直接收到呼救的无线电信号！

问题的原因在哪里呢？这就是因为天波的传播有着它自己独特规律的缘故。谁都知道，包着地球的是厚厚的一层空气，越往上去，空气越稀薄，但是即使到了几百千米的高空，空气可还存在着。地球周围的空气，经过阳光一晒，在紫外线的作用下，就变成了带有电荷的气体，这种现象，叫做“电离”。越接近地面，空气的密度越大，正电荷跟负电荷发生碰撞的机会就越多，它们很快地又会自动中和，所以越接近地面，电离的程度越弱，特别到了晚上太阳下山之后，低空的电离就很微弱了。在几百千米的高空，那儿空气很稀薄，正、负电荷很难得有机会相遇，所以电离的情况在日落之后仍然保持着。

这种电离的空气层，叫做“电离层”。根据电离程度的不同，人们把它分作4层，最低的一层从离开地面30千米开始，一直到80千米为止，最高的一层大约在离开地面280~400千米的地方。电离层有一个古怪的脾气，它会吸收电磁波。波长愈长的电磁波，愈容易被它“吃掉”。当然多少总有一部分电磁波，虎口余生地逃回来，这就是被反射回来的天波。

所以难怪中午的时候，收音机里很难听到远处的长波、中波的电台。因为这时候烈日当空，连离开地面最近的那一层也强烈地电离了，它大口大口地“吞没”着长波和中波，因此就只有一点微弱的电磁波反射回地面来。等太阳下山，离地较近的电离层逐渐消失，长波和中波的较大部分能够被反射到地面，于是天空中又活跃起来。因此，我们在晚上就能听到比较多的电台。短波却不同，它不容易被电离层吃掉，因此从天空中反射回来之后，就像个皮球一样，又从地面跳起，这样连续几跳之后，就传播了很远的距离。功率不大的短波电台，正是由于这个缘故，才传到了比长波要远得多的地方。从罗马城郊发出的求救信号，显然用的是短波。所以哥本哈根听见了，罗马却没有人知道。

但是，波长很短的电磁波，往往会从不同的电离层上反射回来，再经过一跳再跳，才传到某个地方。由于电磁波经过了不同的传播途径，所以时而彼此加强，使短波台的声音响亮一些，时而相互抵消，声音就弱一点。这种像潮水般时涨时落的现象，要求人们根据季节、日夜和地理环境，去选用最合适的波