

短波电台的天线选用

空军学院训练部

一九八〇年三月

编写单位	通信雷达教研室
编写者	周艾生
审查单位	
印刷份数	400
全书共计：30,480字 附图 41 幅 附表 7 张	

目 录

第一节 电波传播	(1)
一、无线电波的波段划分	(1)
二、地波和天波传播	(2)
三、短波传播的特点	(7)
第二节 馈 线	(9)
一、长线的基本概念	(10)
二、馈线的工作状态	(11)
三、馈线的特性阻抗和功率容量	(14)
四、馈线的传输效率和阻抗匹配	(15)
五、提高馈线的传输质量	(18)
第三节 天 线	(21)
一、天线的主要性能要求	(21)
二、常用短波天线介绍	(24)
三、天线选用和场地布置	(36)
四、坑道电台的天线架设	(39)
第四节 地 线	(42)
一、地线对通信的影响	(42)
二、影响接地电阻大小的因素	(43)
三、减小接地电阻的措施	(45)
四、坑道电台的地线安装	(48)

第一节 电波传播

无线电波在空间的传播情况，不仅影响信号的传递质量和无线电设备的工作效果，而且和天线的原理结构有密切关系。因此，先简要介绍无线电波的波段划分，天、地波的传播方式和特点，作为学习短波天线的预备知识。

一、无线电波的波段划分

(一) 无线电波的波速、频率和波长

在空间传播的交变电磁场，称为电磁波。通常将频率在300,000兆赫以下的电磁波称为无线电波，简称电波。

电波传播的速度非常快，在空气中近似等于光速，即每秒钟30万公里。

电波每秒钟变化的周数称为频率。它实际上就是产生电波的高频电源的频率。电波在每变化一周的时间内所传播的距离称为波长。所以，频率与波长的乘积就是波速。用公式表示：

$$V = f \cdot \lambda$$

式中， λ ——表示波长，单位为米；

f ——表示频率，单位为赫；

V ——表示波速，单位为米/秒。

在空气中传播，如果频率以兆赫为单位，波长以米为单位，则上式可变换为：

$$\lambda = \frac{300}{f}$$

(二) 无线电波的波段划分

电波的波长不同，其传播特性相差很大。为了便于研究和应用，一般将电波分成若干个波段。波段划分通常如下表所示：

波段名称		波长范围	频率范围	
超长波		长于10,000米	低于30千赫	
长波		10,000—1,000米	30—300千赫	
中波		1,000—100米	300—3,000千赫	
短超		100—10米	3—30兆赫	
超短波	米波	10—1米	30—300兆赫	
	微波	分米波	1—0.1米 (10—1分米)	300—3,000兆赫
		厘米波	0.1—0.01米 (10—1厘米)	3,000—30,000兆赫
		毫米波	0.01—0.001米 (10—1毫米)	30,000—300,000兆赫

二、地波和天波传播

电波根据传播途径的不同，分为地波、天波、空间波以及散射波等多种传播方式。这里仅讨论地波和天波的传播特性。

(一) 地波传播

沿地球表面传播的电波，叫地波，如图1—1所示。

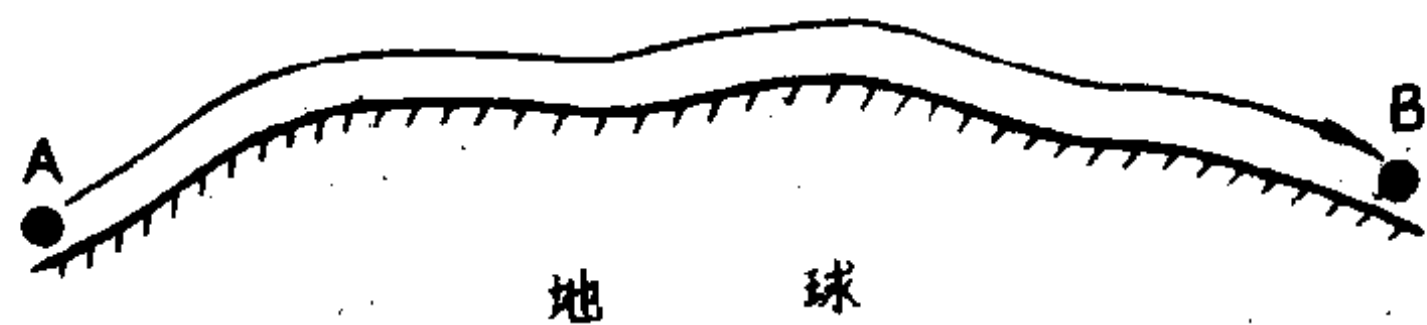


图 1—1

1、地面对地波传播的影响

地波在传播过程中主要受地面的影响，这种影响表现为衰减和绕射。

(1) 地波的衰减

地波沿地面传播，在地面引起感应电流。感应电流在地表面流动时，要产生能量消耗。地波能量被地面吸收而逐渐减弱，这就是地波的衰减。

地波衰减的大小，首先取决于地面的导电性能。导电良好的地面，损耗比较小，如海水导电性能好，对电波的吸收甚小。因此地波传播在海洋上优于陆地，潮湿地优于沙地。

频率越高，地的电阻越大，地面对电波的衰减作用越严重。因此利用地波通信时，同样的发射功率，长、中波的通信距离比短波的远。

(2) 地波的绕射

电波在传播途中，遇到障碍地物时，能绕过障碍继续前进，这种现象称为绕射。电波的频率愈低，绕射能力愈强。在无线电通信中，长波绕射能力最强，中波次之，部分短波波段也有一定的绕射能力。所以，上述波段中的电波可以传播到地球视线距离以外或障碍物后面的接收点。超短波的绕射能力极弱，几乎只能作直线传播。

2、地波通信的特点

地波通信与天波通信相比较，有二个特点：

(1) 信号稳定

地波沿地面传播，不经过电离层的反射，不受气候、季节的影响，日夜可以使用同一频率工作，信号比较稳定可靠。

(2) 通信距离近

由于地面的衰减作用，地波通信的距离一般比较近。小功率电台

通信距离一般不超过几十公里。通信时，要注意选择地形，尽可能将电台架设在面向通信方向的开阔地或山坡上。

(二) 天波传播

靠电离层反射而传播的电波，叫做天波，如图 1—2 所示。

1、电离层对电波传播的影响

(1) 电离层的形成

在距离地面约60公里以上的大气层中，气体受阳光中的紫外线照射后，电离成自由电子和正离子，这种电离化的大气层称为电离层。阳光越强，气体密度越大，电离程度和电子密度越大。

由于不同高度上大气的成分不同，温度不等，各种气体电离的条件也不一样，因此，电离层中的电子密度是不均匀的。实测证明，夏季白天，在不同的高度上有四个电子密度最大的区域，分别称为D层、

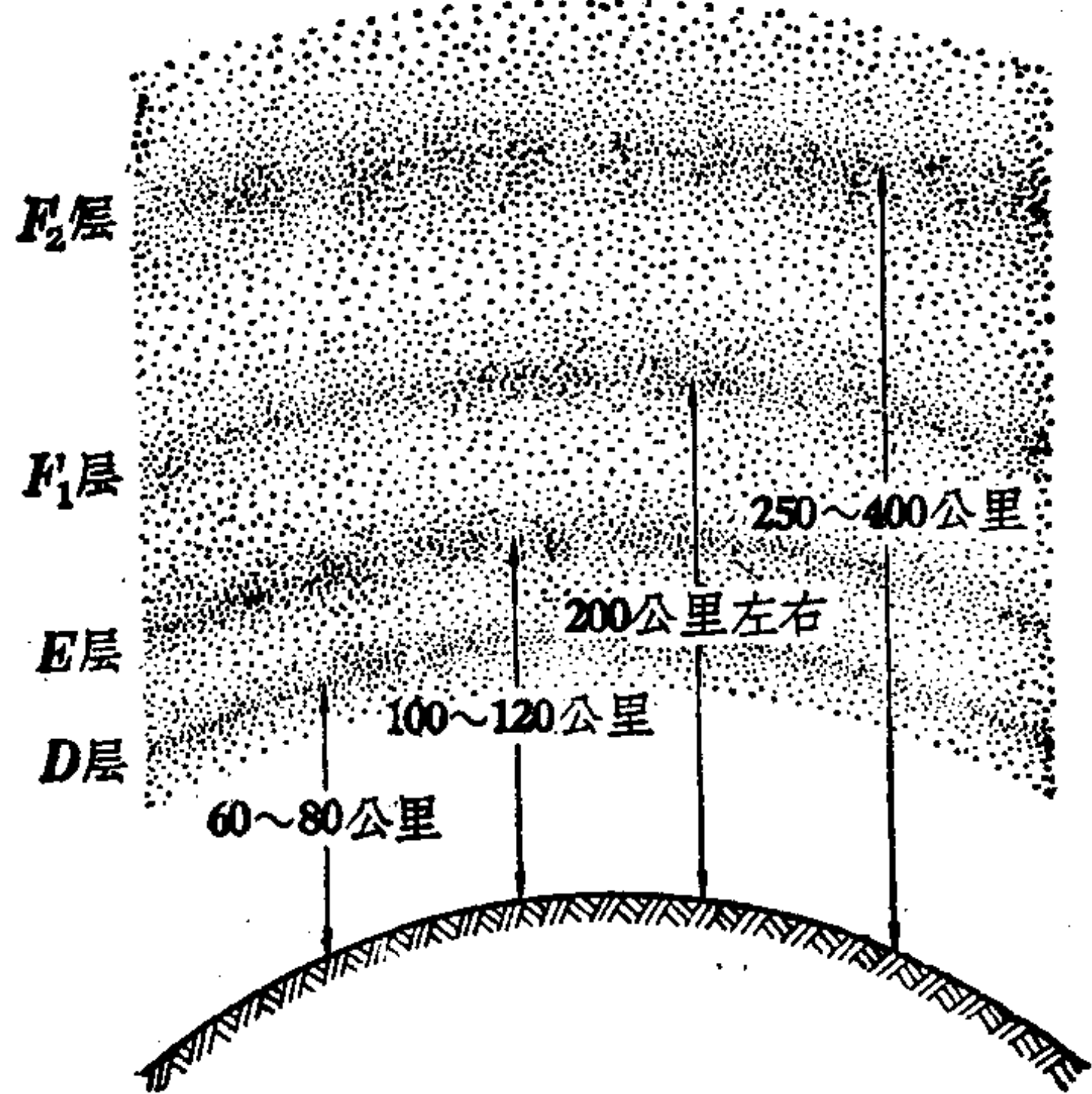


图 1—3

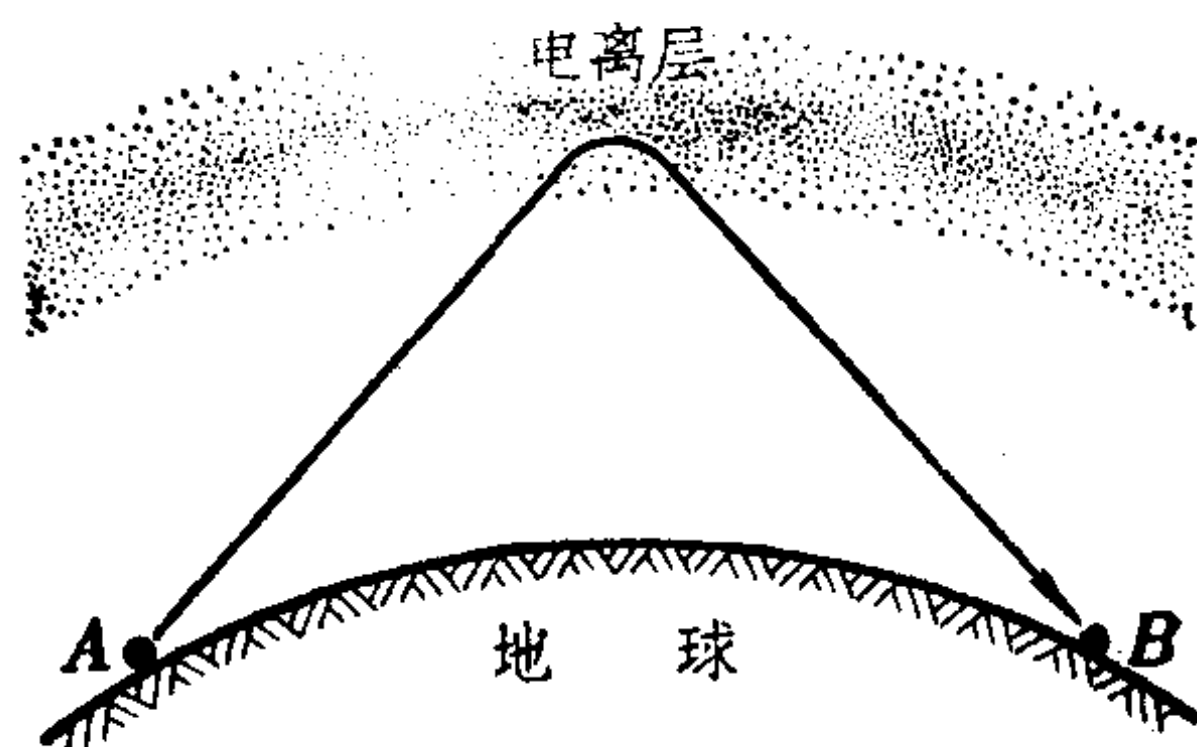


图 1—2

E层、F₁层和F₂层，如图 1—3 所示。其中F₂层电子密度最大，F₁层、E层、D层逐渐减小。

(2) 电离层的变化规律

电离层的变化与阳光照射等条件密切联系着。而阳光的强弱，不仅同地理纬度有关，还随昼夜、季节和年分而变化，因此，电离层的电子密度也随着这些因素变

化。

纬度越高的地区，电离层的电子密度越小；纬度越低，电子密度越大。

在一天中，白天阳光强，电子密度大；夜间电子密度小，D层和F₁层入夜后很快消失。

夏季阳光强烈，电子密度大，冬季电子密度最小。

就年份来说，阳光强弱的变化周期大约是11年左右，因此，电离层的电子密度的年分变化规律也是以11年左右为一周期。

电离层的电子密度除了上述大致有规律的变化之外，尚有无规律的突然变化，这也是由于太阳活动的突然变化引起的。

(3) 电离层对电波传播的影响

① 电离层对电波的折射和反射

电波进入电离层后，就会产生折射。连续折射的结果，可能使电波穿透电离层而进入宇宙空间；也可能产生全反射，使电波返回地面，参看图1—4。有时候，电波从电离层返回地面后，又从地面反射到电离层，再从电离层反射回来，这就是天波传播的多次跳跃现象，如图1—5所示。

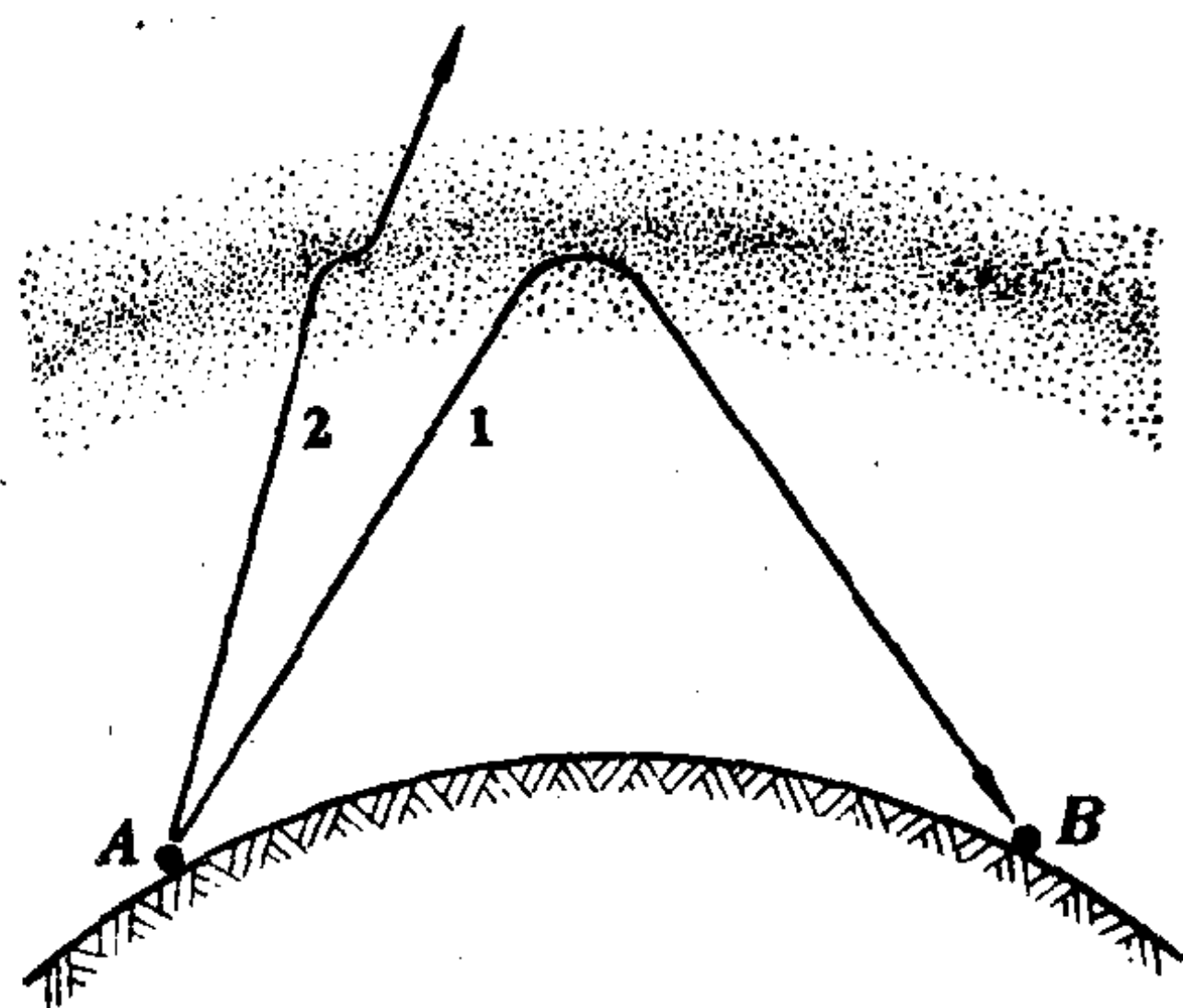


图1—4

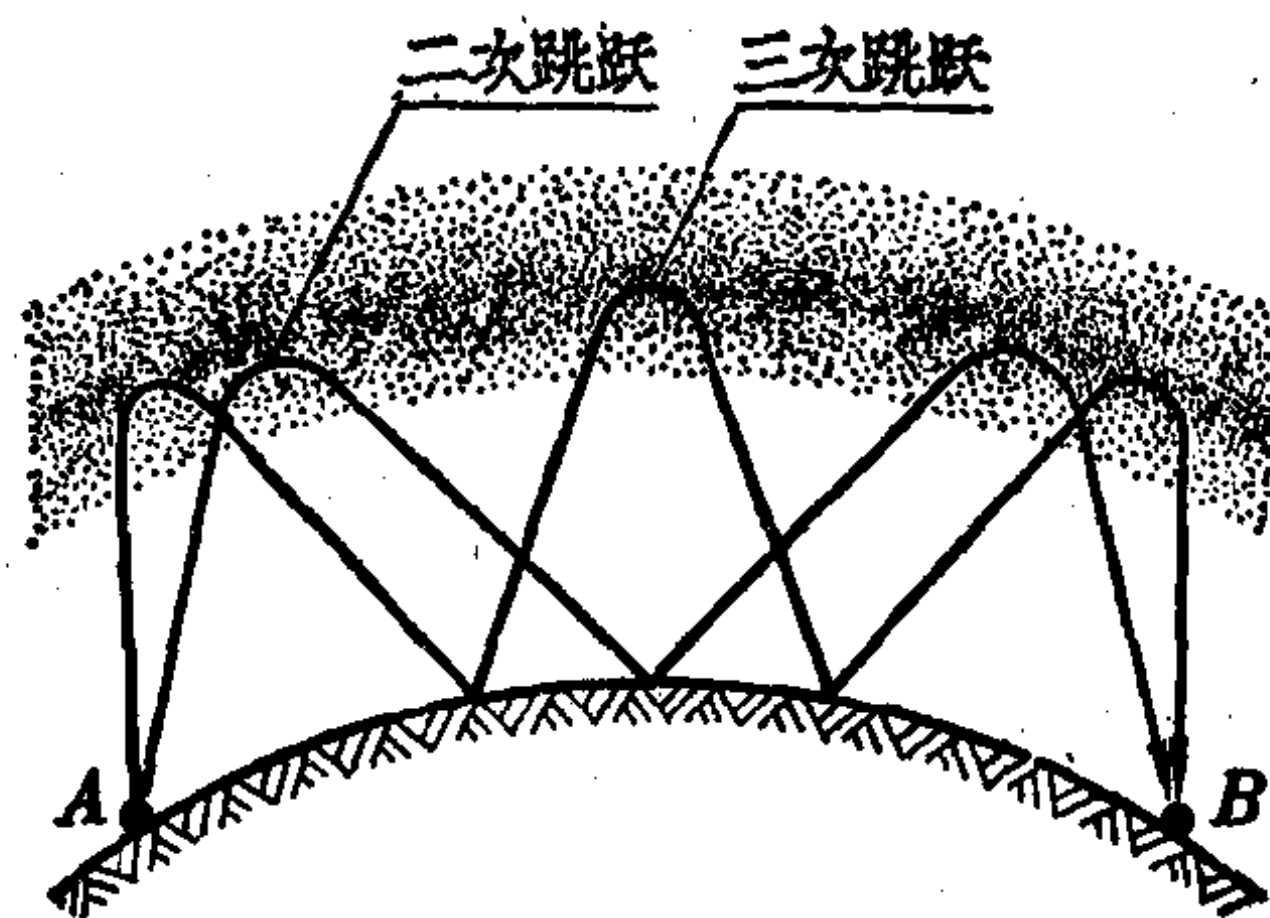


图1—5

电波在电离层连续折射后能否返回地面，同电波的发射仰角、频率和电离层的电子密度三个因素有关。

电波的频率一定，其发射仰角越小，就越容易返回地面；仰角越大，越不易反射。

在发射仰角不变的情况下，电波的频率愈低，愈容易反射；反之，频率愈高，愈容易穿透电离层。

电离层的电子密度越大，电波弯转程度越大，越容易返回地面；反过来，电子密度越小，电波越不容易反射。

② 电离层对电波的吸收

电波在电离层中传播时，电离层中的自由电子在电波的作用下发生振动和碰撞而发热，因而吸收电波的能量。

吸收作用的大小与电子碰撞机会的多少有关。

电波在电离层中经过的距离愈长，其中电子和气体密度愈大，则电子碰撞机会愈多，吸收作用越大；反之，距离愈短，密度愈小，吸收越小。

电波的频率越高，则电场作用力的方向改变得越快，电子越难产生大的振动，因而碰撞机会越少，吸收作用越小；反过来，频率越低，则吸收作用越大。

2、天波通信的特点

(1) 受电离层影响大

电离层电子密度的变化，将直接影响天波的传播途径和能量损耗，从而使接收点的信号强度发生变化。因此要使天波传播得好，就必须根据电离层随昼夜、季节和年分等的变化规律，正确选用电波的频率。确定天波天线的架高时，也要参照电离层的大致高度。

(2) 衰落现象比较重

接收到的信号时强时弱，甚至时有时无的现象，称为衰落。

接收点收到两个或两个以上途径传来的电波，而反射这些电波的电离层经常在变化，结果电波有时互相增强，有时又互相抵消，就会产生衰落现象，见图 1—6。

衰落的影响可用自动音量控制和分集接收等办法减轻。

(3) 出现越距和静区

天波传播当使用频率较高时，只有发射仰角较小的电波才能在较远距离上反射回地面，如图 1—7 所示。在地波达不到而天波又越过

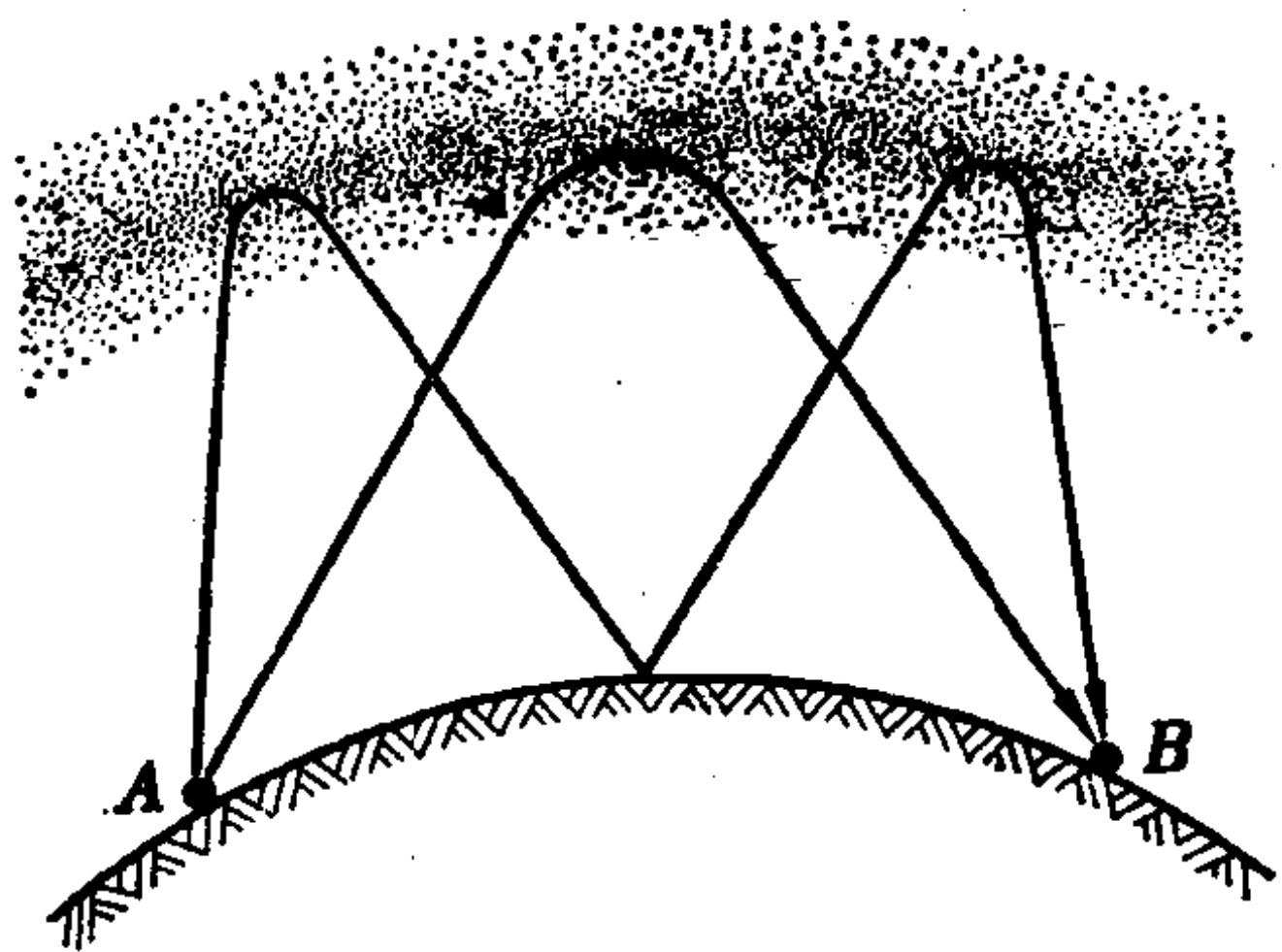


图 1—6

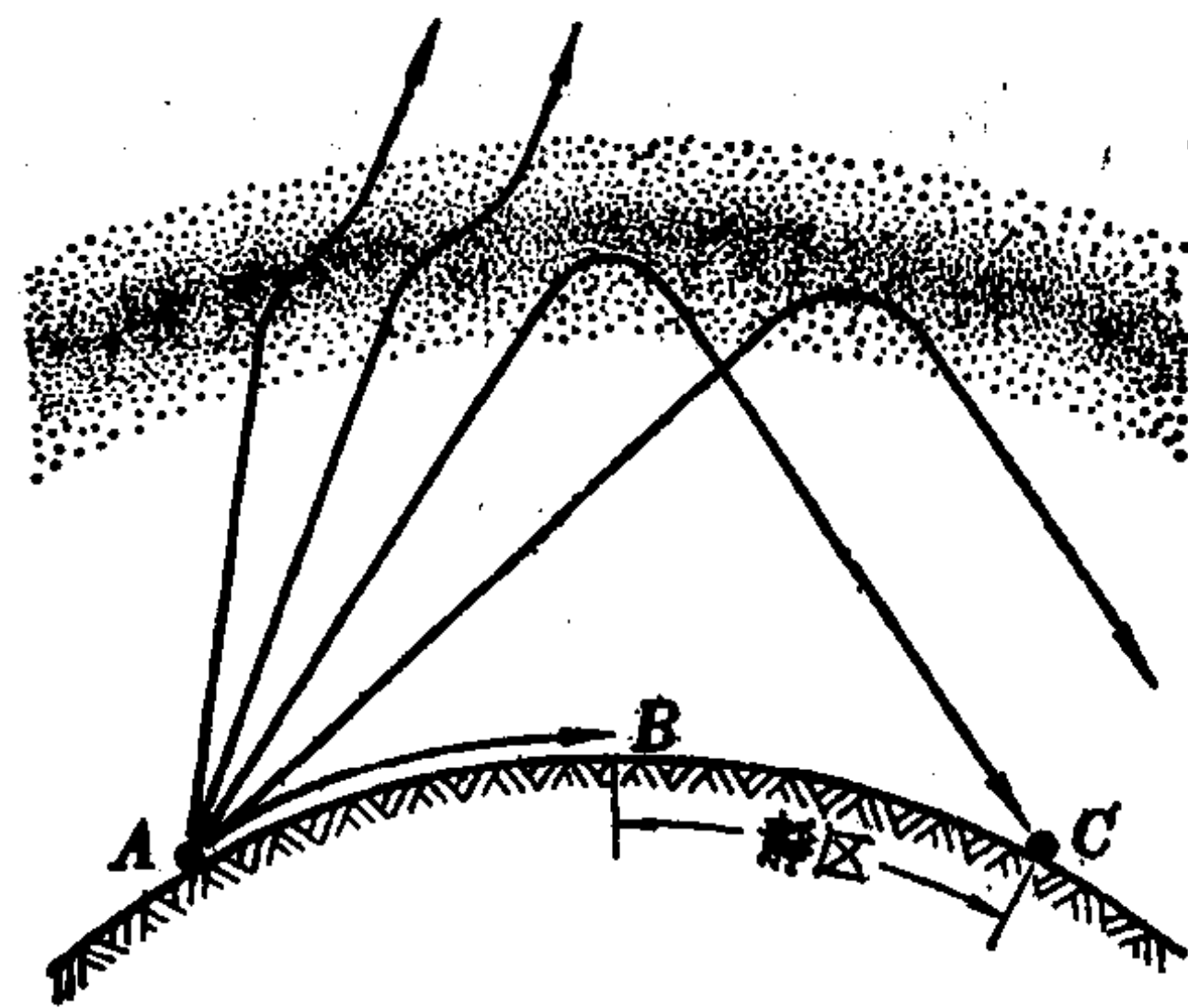


图 1—7

了的BC距离上，收不到信号，这种现象称为越距，收不到信号的区域称为静区。

克服越距现象，可从加大地波的传播距离和缩小天波的传播距离两方面入手。

三、短波传播的特点

短波通常能被电离层反射，电离层对短波的吸收比较小，而地面对它的吸收比较大。因此，短波传播以天波为主，可作几百公里至数

千公里的远距离通信；也可利用地波，进行几十公里的近距离通信。

使用短波的天波天线进行天波传播时，主要靠 F_2 层反射。在实际工作中，低仰角辐射的电波，经电离层一次反射最远即可达4,000公里。天波传播信号不稳定，易受自然条件的影响。使用地波天线利用地波传播方式作近距离通信，既稳定可靠，又比较保密。

* * *

* * *

* * *

复 习 思 考 题

- 1、地波和天波传播各有哪些特点？
- 2、针对传播特性，组织短波通信应注意什么事情？

第二节 馈 线

馈线是一种高频传输线。把高频电能从发射机送到发射天线或者从接收天线送到接收机的传输线，叫做高频馈线或简称馈线。馈线的工作情况对天线有很大影响，而且馈线的一些基本特性是学习天线的基础，因此在介绍天线之前先讨论馈线。

馈线有平行线、屏蔽线和同轴线等多种，如图 2—1 所示。目前应用最广的是空气绝缘平行线和同轴线。

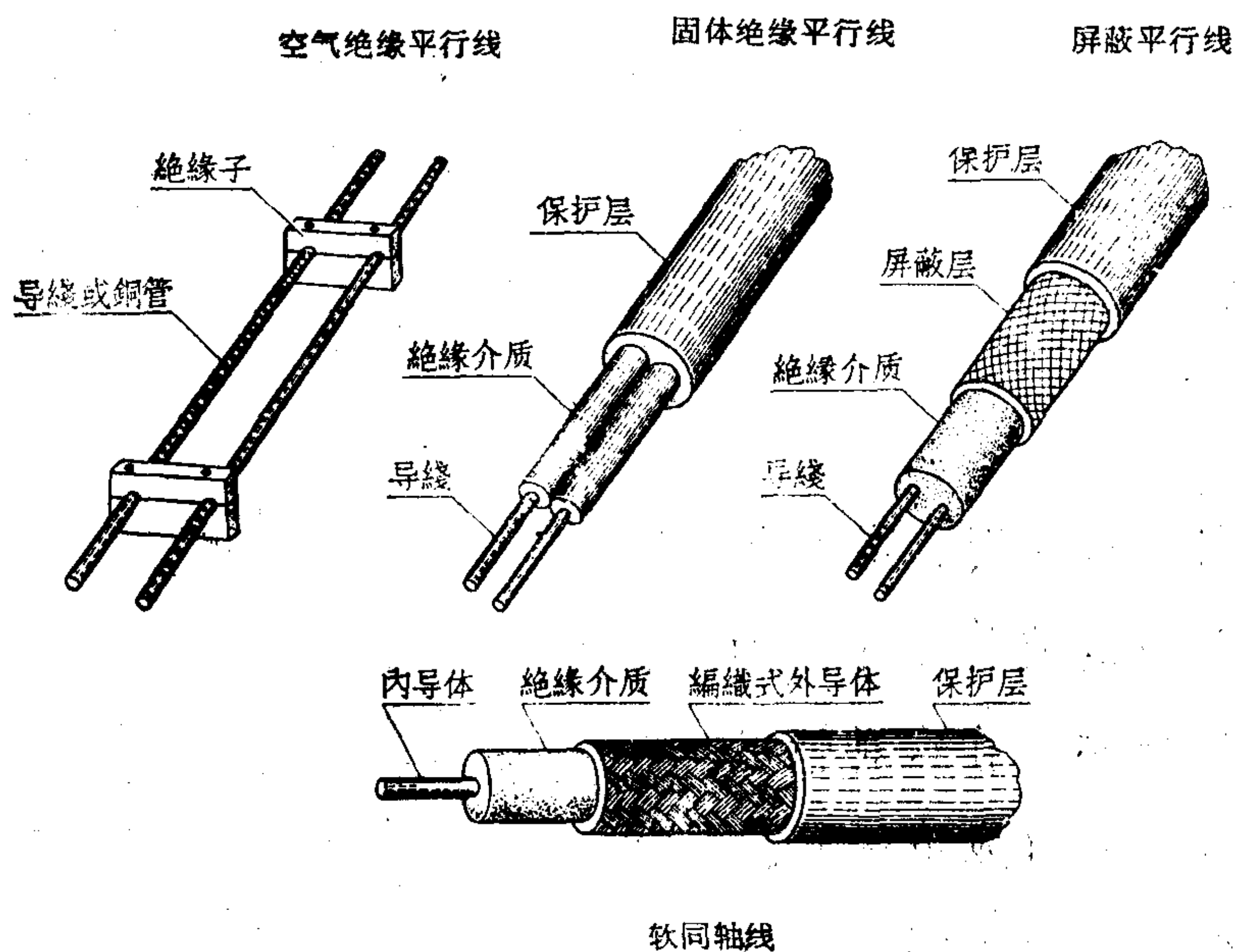


图 2—1

空气绝缘平行线又称明馈线，结构简单，介质损耗比较小，但其参数易受周围环境和自然条件的影响。

同轴线（电缆）的介质损耗大，价格贵；但使用方便，受环境影响小。

一、长线的基本概念

在图 2—2 所示的一段线上，加上交流电源。当电源是低频时，通常导线的长度只占一个波长的极小部分。线上各点的电压（或电流）可以认为只随时间变化，而与空间的位置无关，即在同一时刻，线上各点的电压（或电流）处处相等，如图 2—3 (a) 所示。

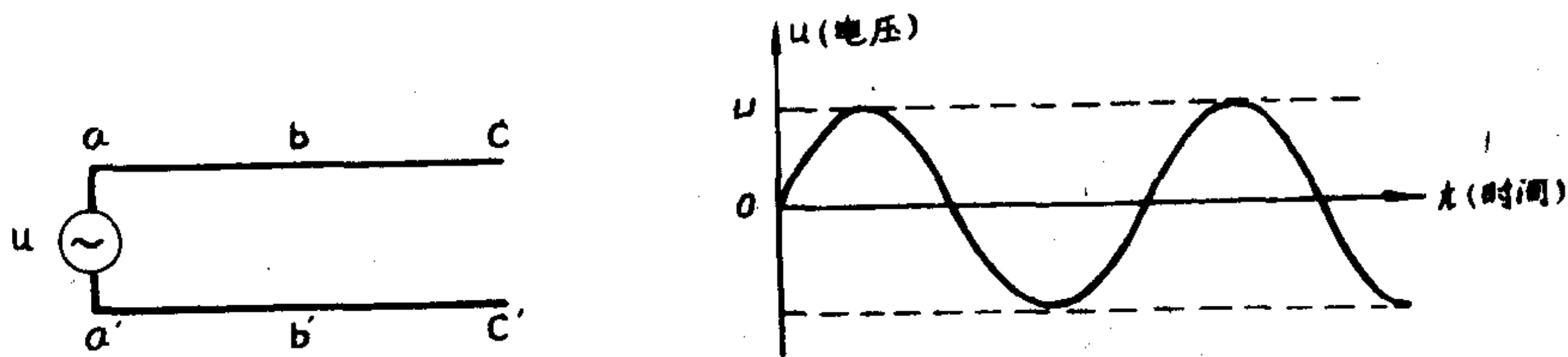


图 2—2

但当电源是高频时，导线的长度可以同电波的波长相比，如图 2—3 (b) 所示。在这种情况下，导线上的电压（或电流），不但随时间变化，而且还随空间位置变化，即在同一瞬间，沿线各点的电压（或电流）就不能认为是相同的了。

一对导线，与所传输的波长

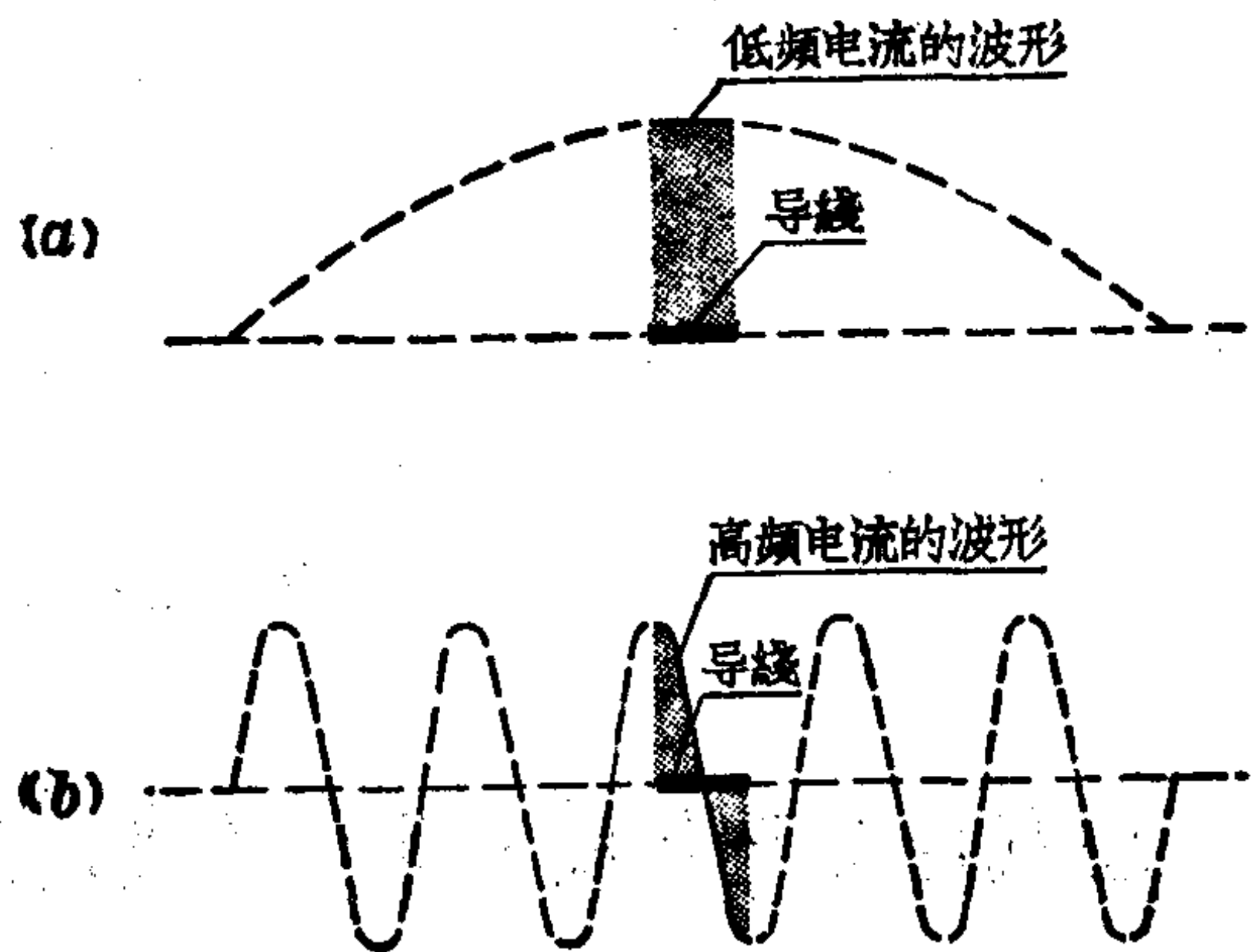


图 2—3

相比，长度远小于一个波长的，叫做短线，短线上的电压（或电流）处处相等；反之，长度可以同电波波长相比拟的传输线，叫做长线，长线上的电压（或电流）随空间位置变化。长线的长度所相当的波长数叫做电长度，如 $\lambda/4$ 、 $\lambda/2$ 、 3λ 等。研究天馈线就是研究长线理论，而前面学的无线收发信原理等大都属于短线的范畴。

二、馈线的工作状态

当高频电源加到馈线一端之后，电压和电流都以波动形式向负载方向传送。这种从电源向负载方向运动的电压波和电流波，我们称之为入射波。电能到达负载后，如果被负载全部吸收掉，它就转换成别的能量。如果负载不吸收或只吸收一部分，那么全部能量或余下部分能量就仍以电压、电流形式从负载返回来。这种从负载返回电源的电压波和电流波，就称之为反射波。这样频率相同而运动方向相反的入射波和反射波就会在馈线上迭加起来。根据迭加后合成波的不同情况，馈线就呈现不同的工作状态。

（一）行波状态

如果只有入射波而没有反射波存在，馈线就处于行波状态，这时能量将连续不断地由电源向负载传送。对传输能量来讲，行波状态是最理想的。

什么情况下，馈线才呈现行波状态呢？显然，如果馈线无限长，电流波和电压波永远达不到头，自然不会反射回来，所以无限长馈线上总是传输行波。但无限长的馈线实际中并不存在。如果在有限长馈线末端接一个负载，它能吸收全部能量而不产生反射，馈线上也呈现行波状态，这个负载就叫做吸收负载或匹配负载。

行波状态的特征是，如果馈线本身没有损耗，则馈线上的电压或

电流振幅处处相等，因此馈线各处的阻抗也相同，见图 2—4。

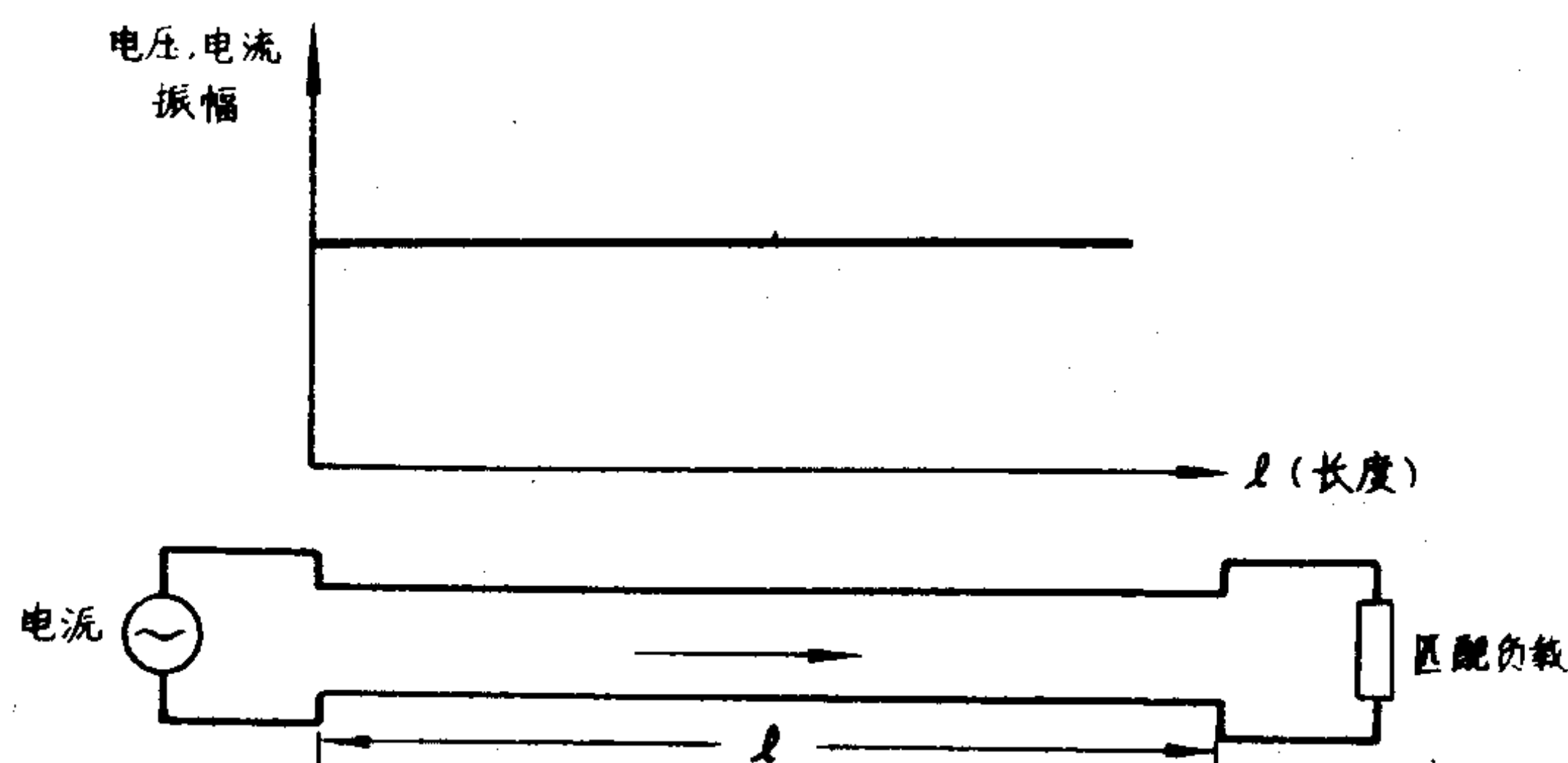


图 2—4

(二) 驻波状态

如果馈线末端不接负载，而将其开路或短路，由于末端根本不吸收能量，故能量将全部反射回来。假定馈线本身没有损耗，则入射波和反射波的振幅是一样的，它们互相迭加以后，合成波就是驻波。这时，合成的电压波和电流波就不再前进，而是在原地随时间而变化，能源传输运动中止了。对于开路线和短路线，其合成电压、电流振幅在馈线上的分布分别如图 2—5 和 2—6 所示。

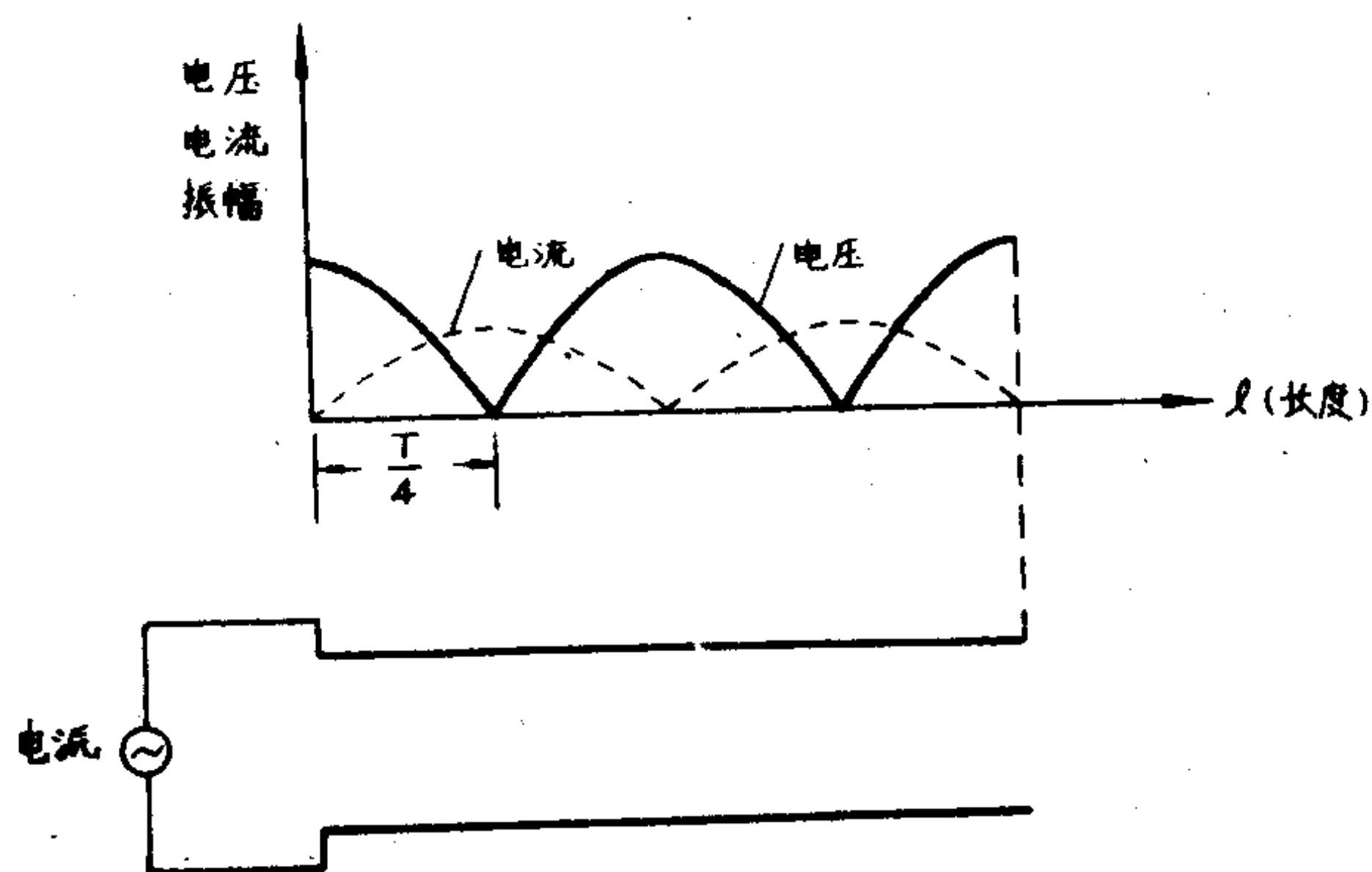


图 2—5

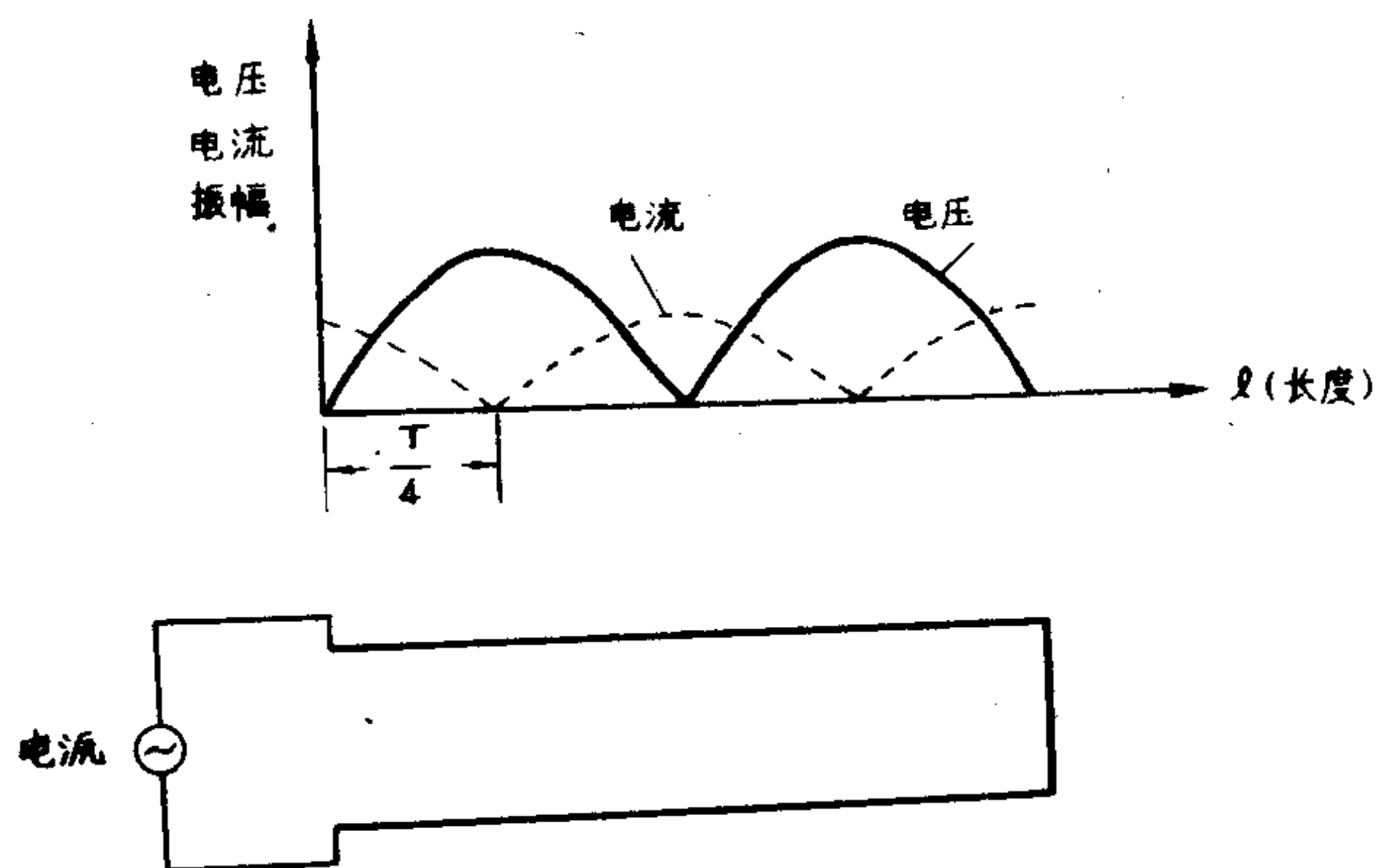


图 2—6

由图看出，驻波电压和电流振幅在线上各点分布是不均匀的，有的地方电压（或电流）振幅最大，这些点称之为电压（或电流）波腹；在另外一些点，电压（或电流）振幅最小，称为波节。

由于波腹点电压最大，为电源电压的两倍，因此在这些点最容易产生击穿。

由图还可以看出，由于线上电压、电流振幅处处不同，因此各点阻抗也不相同。在电压波腹和电流波节的地方，阻抗最大；而在电压波节处，阻抗为零。因此把电源接到不同长度的馈线上，或者同一馈线工作在不同波长时，馈线对电源呈现的阻抗不同，有时变化很大，这对发射机调谐是很不利的。

在驻波状态下，能量传送不出去，加上不易调谐和容易击穿，因此力求避免在馈线上出现驻波状态。

（三）混合波状态

馈线总是接有负载的，纯行波和纯驻波状态都很少出现。在多数情况下，负载吸收一部分能量，再反射一部分能量。这样馈线上既有

行波成分，又有驻波成分，称之为混合波状态，其电压振幅分布如图 2—7。

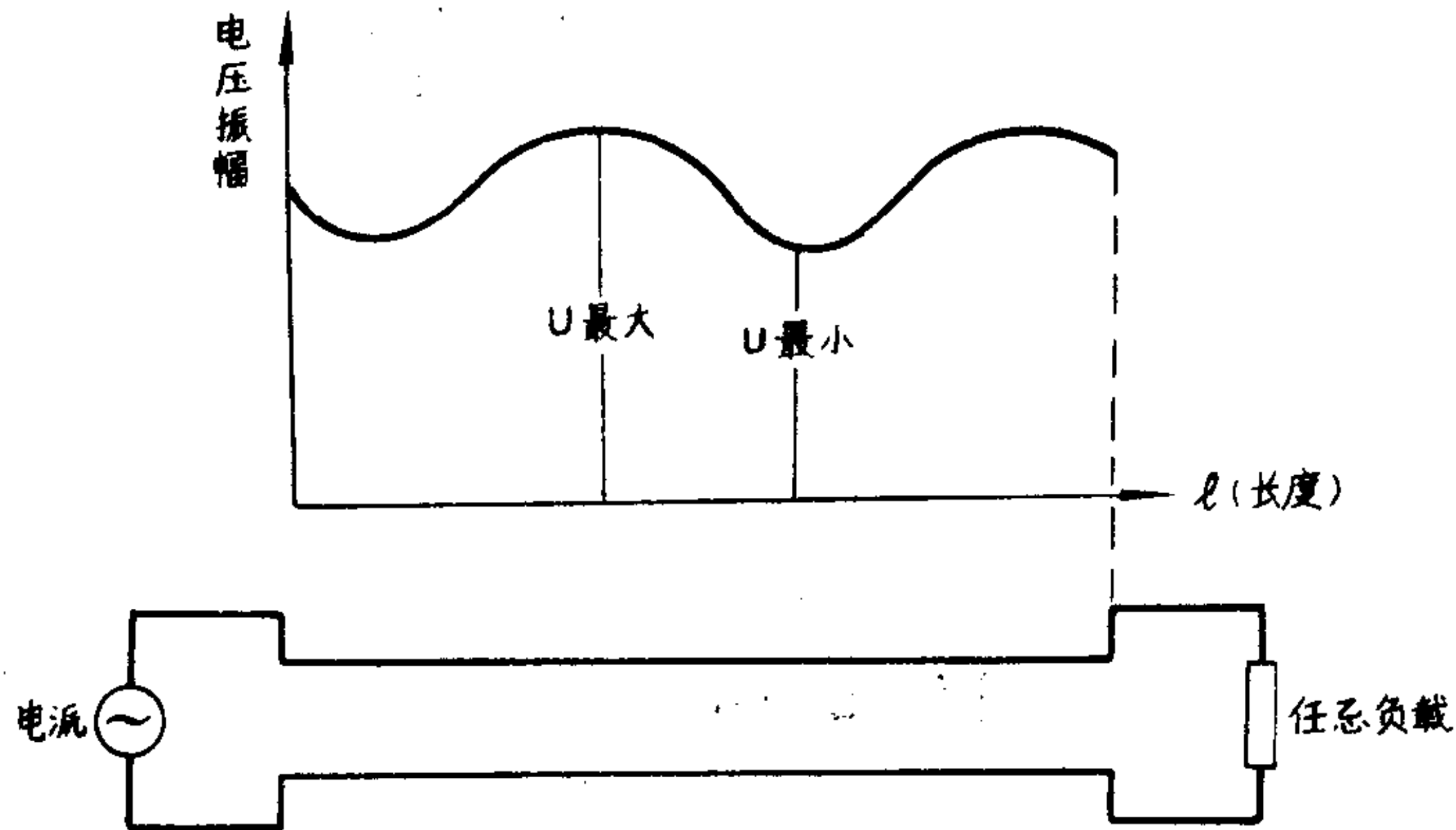


图 2—7

通常用行波系数 K 来表示行波成分的大小，其定义为：

$$\text{行波系数 } K = \frac{\text{电压振幅最小值}}{\text{电压振幅最大值}} = \frac{\text{波节电压}}{\text{波腹电压}}$$

K 越大表示行波成分越多。在传输行波时， $K = 1$ ；而在纯驻波时， $K = 0$ 。我们希望 K 尽量接近于 1。

三、馈线的特性阻抗和功率容量

(一) 特性阻抗

馈线的特性阻抗是馈线对行波呈现的阻抗，它等于行波电压 U 与行波电流 I 的比值，用 Z_0 表示，即：

$$Z_0 = \frac{U}{I}$$

特性阻抗的大小决定于馈线的结构、尺寸和周围介质，而同馈线