

天线维护手册

62

毛主席语录

路线是个纲，纲举目张。

政治工作是一切经济工作的生命线。在社会经济制度发生根本变革的时期，尤其是这样。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

目 录

第一章 概述	(1)
§ 1.1 电波传播	(1)
一、频率、波长和波速的关系	(1)
二、无线电波波段的划分	(2)
三、无线电波传播的途径及其特点	(4)
四、电离层	(7)
§ 1.2 天线在无线电通信中的作用及短波天线的主要类型	(11)
一、天线在无线电通信中的作用	(11)
二、短波天线的主要类型	(12)
§ 1.3 短波天线主要特性指标	(13)
一、方向性系数(D)	(14)
二、天线效率(η)	(16)
三、增益系数(ε)	(16)
四、天线仰角(Δ)	(17)
五、工作波段范围	(19)
第二章 常用短波天线	(21)
§ 2.1 水平对称振子	(21)
一、方向性	(21)

二、增益系数·····	(26)
三、工作波段·····	(26)
§ 2.2 笼形天线·····	(27)
一、笼形振子结构·····	(27)
二、笼形天线的类型·····	(28)
§ 2.3 宽波段同相水平天线·····	(34)
一、宽波段同相水平天线幕的结构·····	(34)
二、宽波段同相水平天线反射幕的结构·····	(35)
三、宽波段同相水平天线的主要特性·····	(38)
§ 2.4 菱形天线·····	(40)
一、菱形天线基本工作原理·····	(40)
二、菱形天线的结构·····	(44)
三、菱形天线类型·····	(45)
四、菱形天线主要特性·····	(45)
§ 2.5 鱼骨形天线·····	(56)
一、鱼骨形天线基本工作原理·····	(56)
二、鱼骨形天线的结构·····	(58)
三、鱼骨形天线的主要特性·····	(60)
§ 2.6 对数周期天线·····	(64)
一、对称振子式对数周期天线的工作原 理·····	(64)
二、对数周期天线的结构·····	(65)
三、对数周期天线的主要特性·····	(67)
第三章 短波天线馈电线·····	(71)
§ 3.1 概述·····	(71)

§ 3.2 发信馈线	(72)
一、对发信馈线的要求	(72)
二、发信馈线的主要类型	(73)
§ 3.3 收信馈线	(84)
一、对收信馈线的要求	(84)
二、收信馈线的主要类型	(84)
§ 3.4 阻抗变换线	(88)
一、短截线阻抗变换线	(89)
二、指数线式阻抗变换线	(92)
三、多节阶梯线式阻抗变换线	(96)
四、四分之一波长阻抗变换线	(104)
五、水平笼形天线插入阻抗变换线	(106)
第四章 短波天线的维护	(107)
§ 4.1 天线维护质量标准	(107)
一、行波系数	(107)
二、天线系统不平衡系数及波角差	(108)
三、馈线传输效率	(108)
四、天线和馈线的绝缘度及馈线直流电阻	(108)
五、天线水平方向性	(108)
六、杆塔偏离度及弯曲度	(109)
七、收信天线终端电阻	(110)
§ 4.2 维护周期及内容	(110)
一、周检(巡视天线)	(110)
二、季节检	(111)

三、年度维护	(112)
§ 4.3 天线和馈线参数的测试	(113)
一、馈线行波系数和天线系统不平衡系数、波角差的测试	(113)
二、馈线的传输效率、绝缘度和直流电阻的测试	(120)
三、天线杆塔的校正	(121)
四、天线水平方向图形和单向系数的测试	(122)
五、天线垂直方向图形的测试	(127)
§ 4.4 宽频带同相水平天线的偏位	(130)
§ 4.5 安全操作规程	(134)
一、一般安全注意事项	(134)
二、高空作业安全操作	(135)
三、立杆塔安全操作	(137)
四、拆杆塔安全操作	(139)
五、发信机房环路跳线联接的安全操作	(139)
六、天线幕及馈线安全操作	(140)
七、搬运、挖坑、防腐安全操作	(141)
八、其它注意事项	(142)

第五章 短波天线常用材料和主要使用工

具	(143)
§ 5.1 短波天线常用材料	(143)
一、高频绝缘子	(143)

二、金属线·····	(150)
三、高频电缆·····	(154)
四、木构件·····	(154)
五、金属件·····	(160)
六、防腐、焊接及润滑材料·····	(168)
§ 5.2 短波天线主要使用工具·····	(169)
一、绞车·····	(169)
二、滑车·····	(172)
三、钢丝绳(钢索)·····	(174)
四、麻绳、棕绳和锦纶绳·····	(175)
五、紧线器·····	(178)
六、喷灯·····	(178)
七、千斤绳(钢丝套)·····	(183)
第六章 天线场地测量和施工 ·····	(185)
§ 6.1 场地测量·····	(185)
一、经纬仪·····	(185)
二、真北测量·····	(190)
三、方位角计算·····	(196)
四、大地测量·····	(204)
§ 6.2 杆塔的竖立、接高、拆卸和天线幕悬挂·····	(207)
一、死撑杆式立杆塔的方法·····	(207)
二、活撑杆式立杆塔的方法·····	(212)
三、杆上接杆(塔上接塔相同)·····	(215)
四、简易立杆法·····	(219)

五、天线杆塔拆卸	(220)
六、天线幕的悬挂	(220)
§ 6.3 天线施工质量标准	(223)
一、测量标准	(223)
二、天线和馈线标准	(223)
三、天线杆塔结构标准	(225)
附录 1：世界各大城市经纬度表(附北京、 上海、乌鲁木齐为中心的方位角及 大圆距离数据)	(231)
附录 2：国内主要城市经纬度表(附北京、 上海、乌鲁木齐为中心的方位角及 大圆距离数据)	(243)
附录 3：自然对数表(五位)	(255)
附录 4：常用对数表	(275)
附录 5：三角函数表	(277)
附录 6：利用计算图求大圆距离及方位角	(301)
附录 7：阻抗圆图	

第一章 概 述

§ 1.1 电波传播

无线电通信，是将信息变为电信号，再调制到高频振荡上，由发射天线把已调的高频电流，以电磁波的形式发射出去。电磁波传播到接收地点时，由接收天线将它接收下来，再变成已调的高频电流，通过接收机放大、解调，取出信息，从而达到通信的目的。其工作过程如图1.1所示。

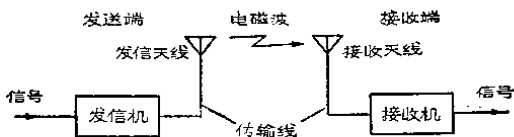


图 1.1 无线电通信工作过程示意图

一、频率、波长和波速的关系

电磁波的特性可用它的频率、波长和传播速度来表示。一般用符号 f 代表频率，常用的单位是赫、千赫和兆赫；用符号 λ 代表波长，常用单位是米、厘米和毫米；用符号 v 代表波速，常用单位是公里/秒、米/秒等。

频率、波长和波速，这三个物理量之间的关系，可用公式1.1表示。

$$v = \lambda \times f \dots\dots 1.1$$

电磁波在空中传播的速度近似于光在真空中传播的速度，其值为：

$$v = 3 \times 10^8 \text{米/秒} \dots\dots 1.2$$

所以 $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{\lambda} \text{赫} \dots\dots 1.3$

或 $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \times 10^8}{f} \text{米} \dots\dots 1.4$

在短波通信中，频率常用兆赫为单位，1兆赫=10⁶赫，所以波长 λ 又可以写为：

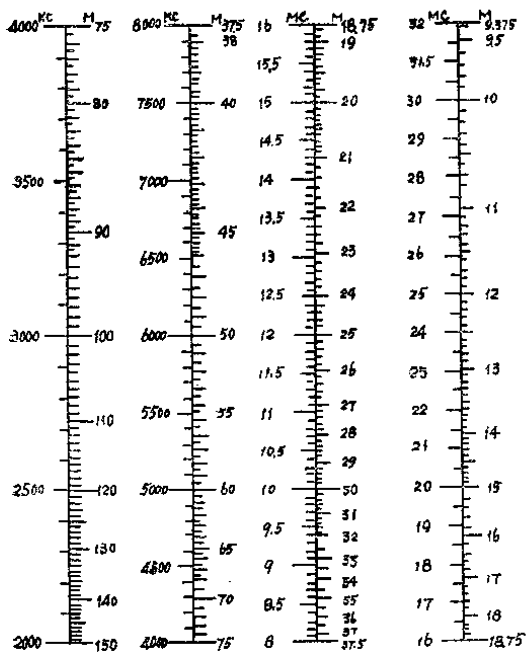
$$\lambda = \frac{300}{f(\text{兆赫})} \text{米} \dots\dots 1.5$$

无线电波频率、波长对照见表1.1。

二、无线电波波段的划分

无线电波的频率范围很宽，根据无线电波传播的特点，按工作波长的不同，一般划分为极长波、超长波、长波、中波、短波、超短波和微波等波段，其波长划分范围一般如表1.2所示。

表1.1 频率波长对照表



计算公式: 频率(KC) = $\frac{300000}{\text{波长}(M)}$

波长(M) = $\frac{300000}{\text{频率}(KC)}$

表 1.2

无线电波长范围表

波长名称	波长范围	频率范围
极长波	10^5 米以上	3 千赫以下
超长波	$10^5 \sim 10^4$ 米	3 ~ 30 千赫
长波	$10^4 \sim 10^3$ 米	30 ~ 300 千赫
中波	$10^3 \sim 10^2$ 米	300 ~ 3000 千赫
短波	100 ~ 10 米	3 ~ 30 兆赫
超短波	10 ~ 1 米	30 ~ 300 兆赫
微波	1 米以下	300 兆赫以上

三、无线电波传播的途径及其特点

无线电波的传播途径与波长有关,按其特点可分为四类。

(一)地面波传播

地面波传播(又叫表面波传播)是指电磁波沿地球表面的绕射传播。由于地面对电磁波有吸收作用,所以地面波的强度随距离的增加而逐渐降低,降低的程度与地面波的频率及地面结构有关,例如海洋对地面波的吸收要比陆地对地面波的吸收小得多。在同一种地面结构情况下,频率高时被吸收的多;频率低时被吸收的少。因此短波和超短波依靠地面波的传播距离很近。而在长波和中波波段,靠地面波传播可以通达很远的距离,所以长波和中波波段可以靠地面波建立电路。

(二)空间波传播

空间波传播是指发射的电磁波，经空间以直线的方式直接到达接收点，以及经地表面反射后到达接收点的传播方式。这种空间波的传播，由于受地球曲率半径的影响，传播距离较近。一般仅数十公里，基本上与视线范围相同，因而天线架的越高，通信距离越远。所以为了增加通信距离，特高频天线(如电视天线)架在很高的杆塔上；微波天线也常用杆塔架设或架在山顶上。

超短波与微波，就是利用这种传播方式建立起来电路的。在空间波的传播过程中，电磁波只受地面大气状况变化的影响，所以通信情况较稳定。

(三)散射传播

由于对流层(距地面12—13公里的大气层)中大气的温度、压力和湿度是随高度变化而变化的，使大气层介电常数也随高度发生变化。当频率60兆赫—10000兆赫的电磁波通过这些介电常数不均匀的大气层时就会产生散射，使无线电波重新返回地面，散射传播通信电路就是利用这种电波传播方式建立起来的。

(四)电离层波传播

电离层传播，又叫天波传播。它指发射的电磁波，被距地面70—80公里以上的“电离层”反射回来而到达接收地点的传播方式。

当电磁波的频率较低时，电离层对其吸收强，电磁波的

衰减大。当电磁波频率很高时，就会穿透电离层而不能反射。只有在短波段内，才能得到良好的电磁波传播，而建立起短波电路。

以上是无线电波传播的四种方式，如图1.2所示。而实际通信电路，可能是由多种电波传播方式建立起来的。

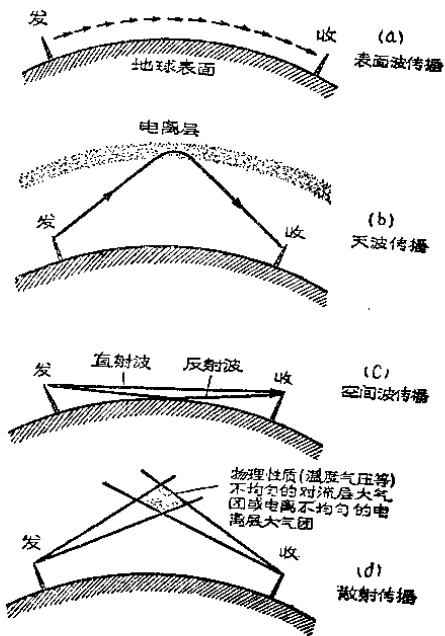


图 1.2 电磁波传播的几种方式

四、电离层

(一)电离层的形成及其结构

电离层是由游离的气体分子、原子以及自由电子组成的。它的形成主要是由于太阳的紫外线辐射、微粒辐射及宇宙线等的作用，其中以紫外线辐射为最重要。

电离层可大致分为D、E、F₁和F₂四层。各层离地面的高度以及它们的平均电子密度(每立方厘米的自由电子数)如表1.3所示。

表 1.3 电离层高度、电子密度表

层名	离地面的高度 (公里)	电子密度 (电子数/立方厘米)	备注
D	60~80	10^3	夜间消失
E	100~120	5×10^3 — 10^6	电子密度昼大夜小
F ₁	200	4×10^5	夜间消失常出现在夏季
F ₂	250~400	10^5 — 2×10^6	电子密度昼大夜小，冬季 大夏季小

除上述四层外，还有不定期E_s层，它是在原有E层的高度上形成一个强烈的电离区域，E_s层的重要特征是它具有对无线电波的可透性。E_s层的临界频率很高，一般大大超过E层的临界频率。

在我国夏季，E_s层临界频率较高，出现几率也较大，而且在太阳活动低年的E_s层的临界频率比高年的高。在太阳活动低年，夏季白天F层临界频率较低，利用F层通信频带较

窄。由于E层高度(约100公里)比F层低,因此,它可起着通信的传输作用,特别是在我国黑子低年夏季白天E层基本上是经常存在的,因此国内通信在这段时间利用E层通信可以有有效的弥补F层的不足。

(二)无线电波在电离层中的折射和反射

无线电波在电离层中的折射系数如式1.6所示。

$$\eta = \sqrt{1 - 81 \frac{N}{f^2}} \dots\dots \quad 1.6$$

式中 N 的单位是每立方米的自由电子数, f 的单位是赫。

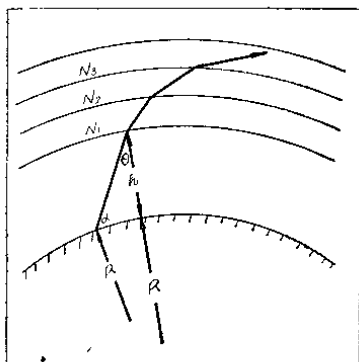


图 1.3 电磁波在电离层中的折射

假定电离层是由无数厚度极薄的平行薄片层构成的,在每一薄片层中电子的密度假定是均匀的。电磁波在通过每一薄片层时折射一次,当薄片层的数目无限增多时,电磁波的轨迹变成一光滑的曲线。这就是说,射入电离层的无线电波,将不沿直线传播而沿曲线传播,如图1.3所示。

根据全反射的条件,当电磁波频率 f 、入射角 θ_0 和电磁波反射点的电子密度 N 之间满足式1.7时,电磁波才能由该点反射回来(如图1.4所示)。

$$f^2 = \frac{81N}{\cos^2\theta_0} \dots\dots 1.7$$

由1.7式可见,对于一定的入射角 θ_0 , f 愈高,电磁波反射点电子密度 N 也应愈大,才能满足反射的条件。同样,对于一定的频率 f , θ_0 愈小,反射点的电子密度 N 应愈大。假使电磁波的频率大于1.7式中电离层的最大电子密度所能使电磁波反射的频率时,

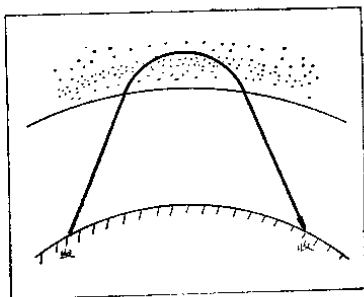


图 1.4 电磁波的反射

电磁波就会穿透电离层,而不会反射回地面上来。

当垂直投射时,1.7式简化为:

$$f_0 = 9\sqrt{N} \dots\dots 1.8$$

式中 f_0 是垂直投射的频率。

将1.8式代入1.7式,可得:

$$f = \frac{f_0}{\cos\theta_0} \dots\dots 1.9$$

1.9式表示斜投射和正投射在同一 N 处反射时,此二频率之间的关系。式中 f 表示斜投射频率, θ_0 表示斜射时的入射角, f_0 表示垂直投射频率。

在垂直投射情况下,电磁波能从电离层反射回来的最高频率,称为电离层的临界频率。