

# 短波天线 维护手册

邮电部电信总局主编  人民邮电出版社

**DIANXIN**

**SHEBEI**

**WEIHU**

**SHOUCE**

**RENMIN YOUDIAN CHUBANSHE**

TN 822

Y 72

# 短波天线维护手册

邮电部电信总局 主编

人民邮电出版社

登记证号(京)143号

DV17/10

## 内 容 提 要

本手册共分八章,第一,二,三章介绍各种天线及馈线的种类和简单工作原理,第四章介绍常用阻抗匹配方法,第五、六章介绍天线场地测量和施工,第七章介绍天线的测量与维护,第八章介绍架设维护天线时,使用的各种材料和工具。

### 短波天线维护手册

邮电部电信总局 主编  
责任编辑 李小曼

人民邮电出版社出版发行  
北京东长安街27号

人民邮电出版社激光照排  
北京密云春雷印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

\*

开本:850×1168 1/32 1991年12月 第一版  
印张:9 4/32 页数:146 1991年12月 北京第1次印刷  
字数:235千字 印数:1—9000册

ISBN7-115-04627-1/TN·508

定价: 8.10 元

# 《电信设备维护手册》

## 编 审 委 员 会

主任委员:朱高峰

副主任委员:高惠刚 牛田佳 郝为民 陈芳烈

委 员:(按姓氏笔划为序)

· 孙 泉	孙学博	卡德尔·	色依提
田甲荣	冯连宝	冯璞华	朱家珩
陈运兴	陆祖源	邹均其	杨仕纪
杨家善	罗天瑞	林升华	张天华
张仲考	张伟国	张宗耀	赵灿新
赵继祥	俞振兴	唐义俊	韩 佑
贾怀玉	徐世昌	高选铭	黄万顺
康允亮	崔德述	蒋水雅	潘保强
黎应南	樊留斌		

执行编委:陆祖源 黄万顺 赵继祥

## 前 言

随着我国经济建设的发展,电信事业在“七五”期间发展非常迅速,新技术设备不断采用,装备水平显著提高。为了满足国民经济各部门和人民群众对电信业务的需求,除了加快电信设施的建设外,还需通过维护工作使在用电信设备处于良好状态,充分发挥其效能。

良好的电信设备的维护质量是确保整个电信网优质高效安全运行的重要保证。做好设备和电路的维护管理工作是电信部门的重要任务。为了帮助从事设备维护的技术人员和管理人员做好设备的维护工作,保证设备维护质量,我局和人民邮电出版社共同组织了一些长期在第一线工作,既有较扎实的理论基础,又有较丰富的实践经验的工程技术人员总结多年来的工作经验,根据有关技术维护规程要求,编写了这套《电信设备维护手册》。它既是当前维护工作急需,又是巩固设备整治成果的重要措施。

这套手册以值机人员及设备管理人员为主要读者对象,在编写中注意了从全程全网出发,除了重点介绍维护人员应当掌握的基本维护方法和基本操作技能外,还考虑了专业的适当外延,并从实际出发,对新设备力求介绍新的维护方法,对传统设备则注重介绍长期以来行之有效的维护管理方法。希望各级维护部门组织有关技术维护人员认真学习,并结合具体情况贯彻执行,努力提高电信设备和电路的质量,保证全网通信畅通。

由于设备不断更新,许多新设备的维护方法和一些维护指标需在实践中补充完善,维护经验还不全面,所以手册内容难免有不足之处,希望各级维护部门在使用过程中,及时将意见反映到我局,以便今后修订完善,使这套维护手册在电信设备维护工作中更好地发挥作用。

邮电部电信总局

## 编者的话

随着国民经济的发展,无线电通信在人类社会中所处的地位日趋重要,而天线是无线电通信中的重要组成部分,它随着通信技术的发展而发展。

短波通信源于20年代中期,人们发现利用电离层反射可以进行环球通信。30年代,太阳活动进入低谷,利用简单的短波天线进行远距离通信遇到了极大困难。到40年代初,一些高增益天线例如菱形天线、同相水平天线的相继问世,使短波通信进入了极盛时期。到50年代末期,研究出了对数周期天线,从而满足了通信对宽频带的要求。60~70年代初出现的有源环形天线和转动式对数周期天线,使短波天线向小型化迈出了可喜的一步。

但短波通信的最大缺点是通信频率随着昼夜、季节变化而需作相应变换。近年来,计算机技术的发展,实时选频系统的问世,使短波通信随时都能自动地选用最佳通信频率。

尽管70年代以后,卫星通信的迅速发展,为我国国际电路提供了可靠的通信手段,但由于短波通信具有机动灵活的优点,结合我国幅员广阔,地形复杂,短波通信仍有其广泛应用前景。

为配合短波通信的发展需要,我们在原《天线维护手册》基础上根据使用中发现的问题进行了修改,并收集补充了一些新内容,供广大天线维护,管理人员阅读使用。由于时间仓促,水平有限,缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

编者

1991年4月

本系列专著先后获得国家社会科学研究基金、原国家教委博士点专项科研基金以及对外贸易经济合作部专项科研基金的资助。

谨此志谢！

110001  
103

本系列专著问世，承北大出版社诸位领导鼎力支持，金娟萍、冯益娜、刘延寿、杨立范等诸位责编辛勤劳动，精心加工，及时推出，体现了严谨认真、优质高效的良好社风，特此一并鸣谢。

110001  
103

# 目 录

## 第一章 概述

第一节 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 .....	3
三、无线电波传播的途径及其特点 .....	4
四、电离层 .....	5
第二节 天线在无线电通信中的作用及短波天线的主要类型 .....	10
一、天线在无线电通信中的作用 .....	10
二、短波天线的主要类型 .....	10
第三节 短波天线主要特性指标 .....	13
一、方向性系数 $D$ .....	13
二、天线效率 $\eta$ .....	14
三、增益系数 $e$ .....	14
四、天线仰角 $\Delta$ .....	15
五、工作波段范围 .....	16

## 第二章 常用短波天线

第一节 水平对称振子 .....	18
一、方向性 .....	18
二、增益系数 .....	21
三、工作波段 .....	21
第二节 笼形天线 .....	22
一、笼形振子结构 .....	22
二、笼形天线类型 .....	23
第三节 宽波段同相水平天线 .....	29
一、宽波段同相水平天线幕结构 .....	29
二、宽波段同相水平天线反射幕结构 .....	30
三、宽波段同相水平天线的主要特性 .....	32



四、宽波段同相水平天线的偏位 .....	34
<b>第四节 菱形天线 .....</b>	<b>36</b>
一、菱形天线基本工作原理 .....	36
二、菱形天线的结构 .....	37
三、菱形天线类型 .....	39
四、菱形天线主要特性 .....	41
<b>第五节 鱼骨形天线 .....</b>	<b>50</b>
一、鱼骨形天线基本工作原理 .....	50
二、鱼骨形天线的结构 .....	51
三、鱼骨形天线的主要特性 .....	52
<b>第六节 对数周期天线 .....</b>	<b>57</b>
一、对称振子式对数周期天线基本工作原理 .....	57
二、对数周期天线结构 .....	58
三、对数周期天线主要特性 .....	59
四、转动式对数周期天线 .....	66
<b>第七节 有源环形天线 .....</b>	<b>67</b>
一、单元有源环形天线 .....	68
二、有源环形天线阵 .....	70
<b>第八节 接收天线共用器(功率分配器) .....</b>	<b>74</b>
<b>第三章 短波天线的馈电线</b>	
<b>第一节 馈线的作用和参数 .....</b>	<b>76</b>
一、概述 .....	76
二、馈线的主要参数 .....	77
<b>第二节 发信馈线 .....</b>	<b>79</b>
一、对发信馈线的要求 .....	79
二、发信馈线的主要类型 .....	79
<b>第三节 收信馈线 .....</b>	<b>91</b>
一、对收信馈线的要求 .....	91
二、收信馈线的主要类型 .....	91

<b>第四章 短波天线系统的匹配</b> .....	97
<b>第一节 概述</b> .....	97
<b>第二节 短截线匹配法</b> .....	98
一、短截线的单频匹配 .....	98
二、短截线的双频匹配 .....	100
三、计算举例 .....	103
<b>第三节 插入线阻抗匹配法</b> .....	104
一、四分之一波长插入线匹配 .....	104
二、天线输入阻抗作为插入线负载时的线匹配 .....	106
三、计算举例 .....	107
<b>第四节 指数线阻抗匹配法</b> .....	108
一、指数变阻线的计算方法 .....	109
二、几种常用的指数变换线 .....	111
<b>第五节 多节阶梯式阻抗变换线</b> .....	113
一、计算方法及步骤 .....	114
二、阶梯阻抗变换线计算实例 .....	120
<b>第六节 传输线变压器</b> .....	122
一、传输线变压器的构成与原理 .....	122
二、1:1 平衡/不平衡变换传输线变压器分析 .....	123
三、4:1 平衡/不平衡传输线变压器分析 .....	124
四、短波天馈线系统中常用的传输线变压器 .....	125
五、传输线变压器的选用 .....	126
<b>第七节 匹配方法的选用</b> .....	127
<b>第五章 天线方向的计算与场地测量</b> .....	129
<b>第一节 天线通信方位角和天线仰角的计算</b> .....	129
一、方位角 $B$ 计算 .....	129
二、仰角 $A$ 计算 .....	133
<b>第二节 天线场地测量</b> .....	135
一、经纬仪 .....	135

二、真北测量 .....	139
三、天线场地测量 .....	144
<b>第六章 天线施工</b>	
<b>第一节 杆塔的竖立、接高、拆卸和天线幕悬挂</b> .....	148
一、死撑杆式立杆塔的方法 .....	148
二、活撑杆式立杆塔的方法 .....	153
三、杆上接杆 .....	155
四、简易立杆法 .....	157
五、天线杆塔拆卸 .....	159
六、天线幕的悬挂 .....	159
<b>第二节 天线的技术安全</b> .....	162
一、风速和风级 .....	162
二、天线设备的防雷和接地 .....	165
三、航空障碍标志 .....	166
<b>第三节 天线施工质量标准</b> .....	166
一、测量标准 .....	166
二、天线和馈线标准 .....	167
三、天线杆塔结构标准 .....	168
<b>第四节 安全操作规程</b> .....	173
一、一般安全注意事项 .....	173
二、高空作业安全操作规程 .....	174
三、立杆塔安全操作规程 .....	175
四、拆杆塔安全操作规程 .....	176
五、发信机房环路跳线联接的安全操作规程 .....	177
六、天线幕及馈线安全操作规程 .....	177
七、搬运、挖坑、防腐安全操作规程 .....	178
八、其他注意事项 .....	179
<b>第七章 短波天线的测量与维护</b>	
<b>第一节 天线和馈线参数的测量</b> .....	180

一、馈线行波系数和天线系统不平衡系数、波角差的测量 .....	180
二、馈线的传输效率、绝缘度和直流电阻的测量 .....	185
三、天线水平方向图形和单向系数的测量 .....	186
四、天线垂直方向图形的测量 .....	190
五、杆塔接地电阻的测量 .....	193
<b>第二节 天线和馈线维护质量标准 .....</b>	<b>195</b>
一、行波系数 .....	195
二、天线系统不平衡系数和波角差 .....	195
三、馈线传输效率 .....	196
四、天线和馈线的绝缘度及馈线直流电阻 .....	196
五、天线水平方向性 .....	196
六、杆塔偏离度及弯曲度 .....	196
七、终端电阻 .....	197
八、接地电阻 .....	197
<b>第三节 维护周期及内容 .....</b>	<b>197</b>
一、周检(巡视天线) .....	197
二、季节检 .....	198
三、年度维护 .....	198
<b>第八章 短波天线常用材料和主要使用工具</b>	
<b>第一节 短波天线常用材料 .....</b>	<b>201</b>
一、高频绝缘子 .....	201
二、金属线 .....	206
三、高频电缆 .....	210
四、金属件 .....	215
五、防腐、焊接及润滑材料 .....	223
<b>第二节 短波天线主要使用工具 .....</b>	<b>224</b>
一、绞车 .....	224
二、滑车 .....	227

三、钢丝绳(钢索)	228
四、麻绳、棕绳和锦纶绳	230
五、紧线器	233
六、喷灯	235
七、钢丝套	236
附录 1 世界主要城市经纬度及北京、上海、乌鲁木齐对这些城市的通信方位角和大圆距离表	237
附录 2 国内主要城市经纬度及北京、上海与这些城市的通信方位角和大圆距离表	257
附录 3 计算通信方位角和大圆距离的 BASIC 程序	272
附录 4 真北测量计算的 BASIC 程序	274
附录 5 阻抗圆图	277

# 第一章 概 述

## 第一节 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。

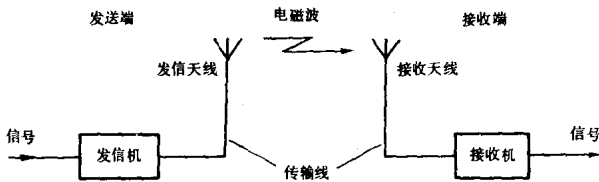


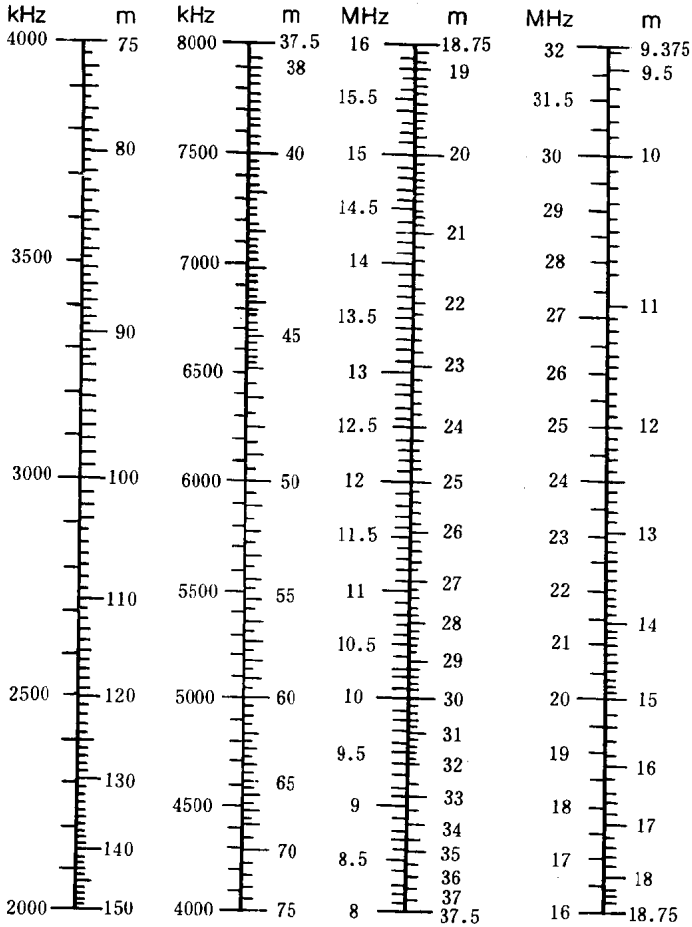
图 1.1 无线电通信工作过程示意图

### 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 Hz、kHz 和 MHz;用符号  $\lambda$  代表波长,常用单位是 m、cm 和 mm;用符号  $v$  代表波速,常用单位是 km/s、m/s 等。

表 1.1

频率波长对照表



计算公式:

$$\text{频率 (kHz)} = \frac{300000}{\text{波长 (m)}}$$

$$\text{波长 (m)} = \frac{300000}{\text{频率 (kHz)}}$$

频率、波长和波速,这三个物理量之间的关系,可用 1.1 式表示:

$$v = \lambda \times f \quad (1.1)$$

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

所以 
$$v = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \quad (1.2)$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{\lambda} \text{ Hz} \quad (1.3)$$

或 
$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \times 10^8}{f} \text{ m} \quad (1.4)$$

在短波通信中,频率常用 MHz 为单位,  $1\text{MHz} = 10^6\text{Hz}$ , 所以波长  $\lambda$  又可以写为

$$\lambda = \frac{300}{f(\text{MHz})} \text{ m} \quad (1.5)$$

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 1.2 无线电波长范围表

波长名称	波长范围 (m)	频率范围 (kHz)
极长波	$10^5$ 以上	3以下
超长波	$10^5 \sim 10^4$	3~30
长波	$10^4 \sim 10^3$	30~300
中波	$10^3 \sim 10^2$	300~3000
短波	100~10	3~30MHz
超短波	10~1	30~300MHz
微波	1以下	300MHz 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,

#### 1. 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,频率高时被吸收得多;频率低时被吸收得少。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。

#### 2. 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 km,基本上与视线范围相同,因而天线架得越高,通信距离就越远。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。

#### 3. 散射传播

由于对流层(距地面12~13km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60~10000MHz的电磁波通过这些介电常数不均匀的大气层