

喻安如 编



无线电话机

原理 · 使用 · 维修

上海科学技术出版社

无线电话机

——原理·使用·维修

喻安如 编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书从实用角度出发,介绍了无线电话机工作原理、操作使用和维修方面的知识。全书分为七章,内容包括:无线电话机通信的基础知识;无线电话机的组成和工作原理;无线电话机操作使用和日常维护;无线电话机维修测试中常用仪表和无线电话机通信系统;无线电话机常见故障检修方法以及六种常用无线电话机常见故障类型、部位和修理排除方法或故障原因具体分析。

本书可供无线电话机使用人员、维修人员、组织管理人员和无线电话机爱好者参考。

无线电话机

——原理·使用·维修

喻安如 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

总发行所上海发行所发行 常熟影七印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 30.625 插页 4 张 字数 249,000

1990 年 6 月第 1 版 1990 年 6 月第 1 次印刷

印数 1—5,000

ISBN 7-5323-1883-4/TN·36

定价: 4.80 元

前 言

随着我国通信事业的迅速发展,无线电话机已成为主要通信设备之一。对于广大使用者来说,目前迫切需要有一本能快速掌握无线电话机的工作原理、使用和维修方面的实用书籍。为此,我们编写了《无线电话机——原理·使用·维修》一书。

本书从实用角度出发,介绍了无线电话机工作原理,操作使用以及故障判断方法和排除。同时,对常用的六种无线电话机常见故障类型、部位和检修排除方法或故障原因进行了具体分析。

全书共分七章,第一章介绍无线电话机通信的基础知识,包括电波传播知识、超短波通信特点与主要影响因素以及常用超短波天线与架设;第二、三、四章结合实际电路介绍无线电话机的组成、基本工作原理和频率合成技术;第五章从使用人员、维修人员的角度出发,介绍无线电话机的正确使用、日常维护保养和无线电话机检修基础、故障判断方法以及主要电性能测试;第六章介绍六种常用无线电话机的常见故障原因、故障部位和排除方法;第七章从组织管理人员的需要出发,介绍无线电通信的工作方式、通信组网以及通信系统简单的辅助设备。

本书在编写过程中,得到了上海无线电二十四厂、上海无线电二厂、辽宁东北无线电厂和武警上海总队以及林纬武、樊绍路与邓辉军同志的大力支持和帮助,在此表示衷心地感谢。由于本人水平有限,书中肯定有不少缺点和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

一九八九年七月

目 录

第一章 无线电波传播与天线	1
第一节 无线电波传播基础.....	1
第二节 无线电话机天线.....	8
第二章 调频发信机电路	15
第一节 概述.....	15
第二节 振荡与调制电路.....	16
第三节 倍频与高频功率放大电路.....	27
第四节 话音放大与辅助电路.....	38
第三章 调频收信机电路	47
第一节 概述.....	47
第二节 高频放大与混频电路.....	49
第三节 中频放大与鉴频电路.....	59
第四节 静噪与低频放大电路.....	67
第四章 频率合成器	75
第一节 频率合成基础知识.....	75
第二节 频率合成常用方法.....	76
第三节 集成电路锁相环频率合成器.....	80
第四节 锁相环频率合成器的应用实例.....	84
第五章 无线电话机维修	90
第一节 正确使用与日常维护.....	90
第二节 常用维修仪表.....	92
第三节 无线电话机检修基础.....	100
第四节 无线电话机故障检修.....	104
第五节 主要电性能指标测试.....	111
第六章 常用无线电话机故障分析	115
第一节 袖珍式或便携式无线电话机.....	115
第二节 车载式或基地式无线电话机.....	128
第七章 无线电话机通信系统	136
第一节 通信工作方式.....	136
第二节 机外噪声与干扰.....	137
第三节 无线电话机通信网络.....	140
第四节 频率有效利用与合格信息标准.....	144
第五节 简单通信系统辅助设备.....	148

附录	156
一、无线电话机通信常用术语	156
二、无线电话机命名	157
三、无线电话机控制器件常用符号及意义	157
四、部分国产射频电缆性能	158
五、dB μ V 和 μ V (微伏分贝和微伏)间转换	159
六、分贝及分贝表	160

第一章 无线电波传播与天线

第一节 无线电波传播基础

频率从几十 Hz(甚至更低)到 3000 GHz 左右(波长从几十 Mm 到 0.1 mm 左右) 频谱范围内的电磁波,称为无线电波。发信天线或自然辐射源所辐射的无线电波,通过自然条件下的媒质到达收信天线的过程,就称为无线电波的传播。

一、波段划分与主要传播方式

1. 电波波段划分

无线电波的频谱,根据它们的特点可以划分为表 1-1 所示的几个波段。根据频谱和需要,可以进行通信、广播、电视、导航和探测等,但不同波段电波的传播特性有很大差别。

表 1-1 无线电波波段划分范围

波 段 名 称		波长范围(m)	频段名称(简称)	频 率 范 围
超长波		100000~10000	甚低频(VLF)	3~30 kHz
长 波		10000~1000	低频(LF)	30~300 kHz
中 波		1000~100	中频(MF)	300~3000 kHz
短 波		100~10	高频(HF)	3~30 MHz
超 短 波	米 波	10~1	甚高频(VHF)	30~300 MHz
	分米波	1~0.1	特高频(UHF)	300~3000 MHz
	厘米波	0.1~0.01	超高频(SHF)	3~30 GHz
	毫米波	0.01~0.001	极高频(EHF)	30~300 GHz

2. 电波主要传播方式

任何一种无线电信号传输系统均由发信部分、收信部分和传输媒质三部分组成。传输无线电信号的媒质主要有地表、对流层和电离层等,这些媒质的电特性对不同波段的无线电波的传播有着不同的影响。根据媒质及不同媒质分界面对电波传播产生的主要影响,可将电波传播方式分成下列几种:

(1) 地面波传播 无线电波沿着地球表面的传播方式,称为地面波传播。其特点是信号比较稳定,但电波频率愈高,地面波随距离的增加衰减愈快。因此,这种传播方式主要适用于长波和中波波段。

(2) 天波传播 无线电波经高空电离层反射回来而到达地面接收点的传播方式,称为天波传播。长、中、短波都可以利用天波进行远距离通信。

(3) 视距传播 若收、发天线离地面的高度远大于波长,电波直接从发信天线传到收信地点(有时有地面反射波)。这种传播方式仅限于视线距离以内。目前广泛使用的超短波通信和卫星通信的电波传播均属这种传播方式。

(4) 散射传播 利用对流层或电离层中介质的不均匀性或流星通过大气时的电离余迹对电磁波的散射作用来实现超视距传播。这种传播方式主要用于超短波和微波远距离通信。

(5) 波导模传播 电波在电离层下缘和地面所组成的同心球壳形波导内的传播。长波、超长波或极长波利用这种传播方式能以较小的衰减进行远距离通信。

在实际通信中往往是取以上五种传播方式中的一种作为主要的传播途径,但也有几种传播方式并存来传播无线电波的。一般情况下都是根据使用波段的特点,利用天线的方向性来限定一种主要的传播方式。

二、传输媒质对电波传播的主要影响

无线电波实际上是在各种空间场所内(如沿地表面、电离层等)传播的。在传播过程中,各种媒质必然要对所传输的电信号产生影响。此外,由于某些媒质的电参数具有明显的随机性,使得通过它传输的电信号也是一个随机信号,故必须考虑实际媒质对电波传播的影响。

1. 传输损耗

无线电波在媒质中传播是有能量损耗的。这种能量损耗可能由于大气层对电波的吸收或散射引起,也可能由于电波绕过球形地面或障碍物的绕射而引起。这些损耗都会使收信点的场强小于发信点的场强。

2. 衰落现象

所谓衰落,一般是指信号电平随时间的随机起伏。它一般分为吸收型衰落和干涉型衰落两种。

(1) 吸收型衰落 它是指衰落主要是由于传输媒质电参数的变化,使得信号在媒质中的衰减发生相应的变化而引起的(例如水汽、雨雪等都对无线电波能量有吸收作用)。由于天气情况是随机的,则吸收强弱也有起伏,形成信号的衰落。

(2) 干涉型衰落 主要是由随机多径干涉现象引起的。在某些传播方式中,收、发两点之间信号有若干条传播途径,由于传输媒质的随机性,使得到达收信点的各条途径的时延随机变化,则合成信号的幅度和相位都发生随机起伏。

信号的衰落现象严重地影响电波传播的稳定性和通信系统可靠性。

3. 传输失真

无线电波通过媒质传输还会产生失真(振幅失真和相位失真)。产生失真原因一般有两个:一是多径传输效应,另一是媒质的色散效应。

(1) 多径传输效应 多径传输会引起信号畸变。这是因为无线电波在传播时通过两个以上不同长度的途径到达收信点,收信天线检拾的信号是几个不同途径传来的电波场强之和。由于途径长度有差别,它们到达收信点的时间延迟不同,若多径时延过大,则会引起较明显的信号失真。

(2) 色散效应 它是由于不同频率的无线电波在媒质中的传播速度有差别而引起的信号失真。载有信息的无线电信号总占据一定频带,当电波通过媒质传播到达收信点时,由于各频率成分传播速度不同而不能保持原信号中的相位关系,引起波形失真。

4. 干扰与噪声影响

任何一个收信系统的最小可用信号电平是由系统的噪声(又称噪音)电平决定的。尤其在发信功率受限制的情况下,由于无线电波传输损耗较大,信号很微弱,此时噪声对无线电信号接收有非常重要的影响。

噪声可分为三类:

(1) 热噪声 它是由导体中带电粒子在一定温度下的随机运动引起的。

(2) 串噪声 它是由调制信号通过失真元件引起的。

(3) 干扰噪声 它是由本系统或其它系统在空间传播的信号或干扰引起的, 这主要指环境噪声的干扰。

当载有信息的无线电波在信道中传播时, 由于信道内存在着许多电磁波源, 它辐射的电磁波占据极宽的频带并以不同的方式在空间传播。这些电磁波对这一通信系统而言, 就称为环境噪声干扰或外部干扰。环境噪声的来源是多方面的, 可分为人为噪声干扰和自然噪声干扰, 前者包括通信电子干扰和各种电气设备产生的干扰; 后者则包括天电干扰、大气干扰等。

三、无线电话机通信的电波传播

1. 视线距离计算

由于地球是球形, 凸起的地表面会挡住视线。视线所能达到的最远距离称为视线距离 d_0 。在图 1-1 中, 设两部超短波无线电话机的天线高度分别为 h_1 和 h_2 , 连线 QP 与地球表面相切于 C 点, 则 d_0 ($d_0 = d_1 + d_2$) 即为直接波所能到达的最远距离, 称为视线距离。现在让我们来推导 d_0 的计算公式。

设地球半径为 R_0 , 天线高度分别为 h_1 和 h_2 。在直角三角形 QCO 中,

$$QO = \sqrt{QO^2 - CO^2} = \sqrt{(R_0 + h_1)^2 - R_0^2} = \sqrt{2R_0h_1 + h_1^2}$$

在直角三角形 PCO 中,

$$PC = \sqrt{PO^2 - CO^2} = \sqrt{(R_0 + h_2)^2 - R_0^2} = \sqrt{2R_0h_2 + h_2^2}$$

由于 $R_0 \gg h_1, h_2$, 故上式中可略去 h_1^2 和 h_2^2 , 则近似可得

$$d_1 \approx QC \approx \sqrt{2R_0h_1}$$

$$d_2 \approx PC \approx \sqrt{2R_0h_2}$$

而 $d_0 = d_1 + d_2$, 所以视线距离 d_0 为

$$d_0 = \sqrt{2R_0h_1} + \sqrt{2R_0h_2} = \sqrt{2R_0} (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$$

式中 $R_0 = 6370 \text{ km}$, h_1, h_2 单位为 m , 则

$$d_0 = 3.57(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) (\text{km}) \quad (1-1)$$

由此可见, 视线距离是取决于收、发天线架设高度的。天线架设越高, 视线距离越远, 因此实际通信中, 应尽量利用地形、地物把天线适当架高。

实际上, 由于大气的不均匀性对电波传播轨迹要产生影响, 所以, 直接波传播所能到达的视线距离应修正为

$$d_0 = 4.12(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) (\text{km}) \quad (1-2)$$

由于地面是球形的, 当电波传播的距离不同时, 其情况也不相同。为分析问题方便, 我们通常依据收信地点离开发信天线的距离分成三个区域, 即亮区(照明区), 阴影区和半阴影区:

$d < 0.7 d_0$ 的区域称为亮区(照明区), 如图 1-1 中 P' 点位置就属于亮区范围。

$0.7 d_0 < d < (1.2 \sim 1.4) d_0$ 区域称为半阴影区。

$d > (1.2 \sim 1.4) d_0$ 的区域称为阴影区, 如图 1-1 中 P'' 点位置即在阴影区范围。

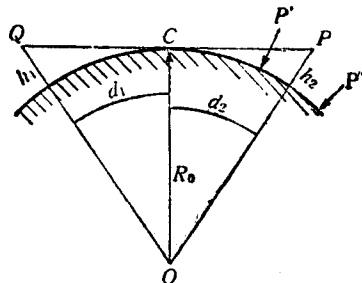


图 1-1 视线距离 d

2. 准平滑地形上的传播特性

地形种类是千差万别的,大体上分为“准平滑地形”和“不规则地形”。所谓“准平滑地形”是根据传播路径的地形断面来判定的,它是指地形起伏量约为 20 m 以下,且起伏变化缓慢的平坦地形。“不规则地形”包括丘陵地区、孤立山峰、倾斜地形等。本书仅讨论准平滑地形上的超短波电波传播特性。

由于地面无线电话机移动通信所遇到的地面情况复杂多样,因此有必要对天线高度的定义作一明确规定。首先就基地式无线电话机天线而言,在图 1-2 所示的地形断面上,设从基地式无线电话机天线设置点起 3~15 km 距离内(若全距离在 15 km 以内时,则算到该距离为止)的平均地面高度为 h_{gs} , 基地式无线电话机天线中心的海拔高度为 h_{ts} , 根据 $h_{rs} = h_{ts} - h_{gs}$, 求出基地无线电话机天线高度 h_{rs} , 简单表示为 h_r 。同样,移动式无线电话机天线高度 h_r , 则是从路面高度算起,若无特殊注明, h_r 、 h_r 均为上述含义。

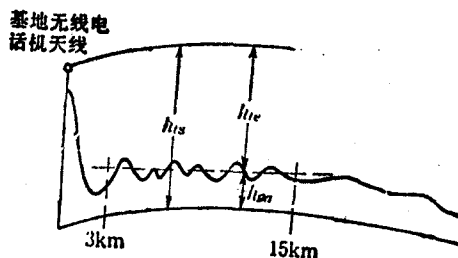


图 1-2 基地式无线电话机天线高度的定义

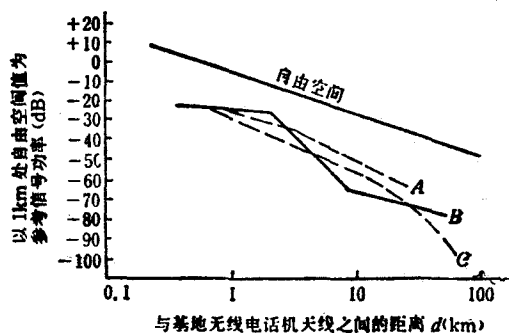
无线电话机的横向和纵向街道内往往电平较高,随着远离基地式无线电话机天线而逐渐下降。在那些高大建筑物之后,则往往电平突然降低形成“阴影”。为了估计无线电波的传输损耗,有必要在试验的基础上讨论中值场强随各种因素变化的情况。

图 1-3 是在纽约、费城、东京三大城市中测出的传输损耗与距离的关系。这三处基本上都是在 900 MHz 频段上测试的,基地式无线电话机天线高度也基本相同,均在 140 m 左右。从图中可以看出,虽然是在不同城市,但三条曲线的变化趋势却相同。若以自由空间传输损耗为标准,该传输损耗在 30 km 的距离以内基本上比自由空间传输损耗大 25~30 dB,超过 30 km 损耗逐渐增大,到 50 km 处约比自由空间传输损耗大 50 dB 左右,此后的传输损耗随距离增大而迅速上升。似乎有这样一条近似规律:在 $d < 15$ km 时,传输损耗大约和距离的 4 次方成比例,当 $50 < d < 100$ km,损耗迅速增加,大约和距离的 5~6 次方成比例。

市区内电波传输损耗与频率有很大关系。因为在城市中建筑物相当多,并多为高大的建筑物。由于波长愈短的电波,绕过障碍物的能力愈弱,所以频率愈高,传输损耗愈大。图 1-4 表示市区内的传输损耗(相当于自由空间的传输损耗)与频率和距离的关

(1) 市区的电波传播 市区地一般是指大厦和两层以上建筑物稠密的地区,例如城市内大的街区以及建筑物和茂盛的高大树林混杂稠密的地区等。从地理上和社会上习惯说法的大、中、小城市都包括在市区地的范围之内。

当把基地式无线电话机天线放在城市的某一定高度的建筑物上,使移动式无线电话机沿各个街道行进,测出电场强度的中值。实测结果表明,街道有形成“波导”的效应,最靠近基地式



A- $f=836$ MHz, $h_s=150$ m (费城); B- $f=900$ MHz, $h_s=137$ m (纽约); C- $f=932$ MHz, $h_s=140$ m (东京)

图 1-3 传输损耗与距离的关系

系。其测试条件为 $h_r = 3\text{m}$, $h_t = 200\text{m}$ 。

当然,传输损耗和基地式无线电话机、移动式无线电话机的天线高度都有关系。如果是其它高度,则可用天线高度增益因子加以修正。例如在图 1-4 中,若 $h_r \neq 200\text{m}$,则这个高度增益因子在 $d = 10 \sim 15\text{ km}$ 的范围内,大约和基地式无线电话机天线高度的平方成比例(或

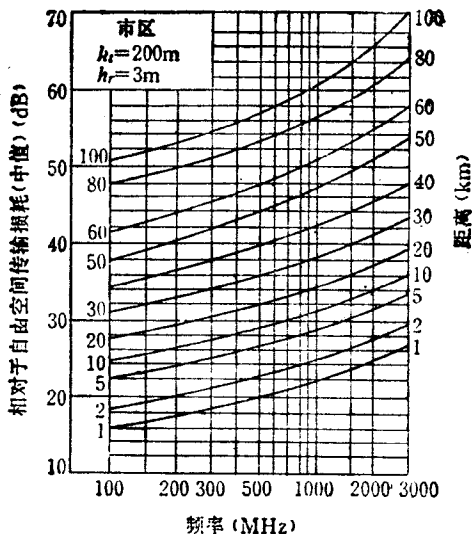


图 1-4 传输损耗与频率、距离的关系

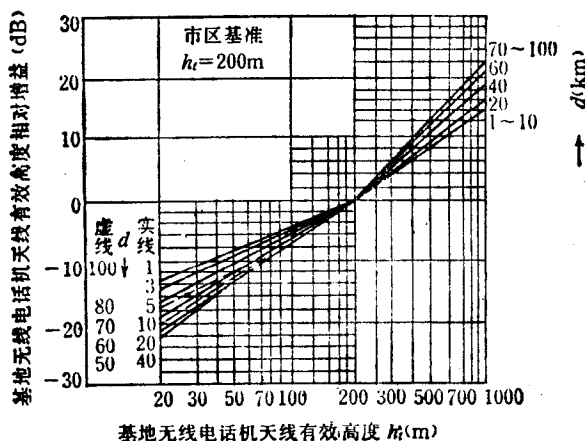


图 1-5 基地式无线电话机天线高度增益因子曲线

$20\lg h_r$); 当 $d > 30\text{ km}$ 时, 大约和天线高度的三次方成比例(或 $30\lg h_r$)。以上述规律为基础, 绘制成 $h_t = 200\text{ m}$ 为基准的基地式无线电话机天线高度增益因子曲线, 如图 1-5 所示。当移动式无线电话机天线高度 h_r 改变时, 也可以利用图 1-6 进行修正。经实测发现, 当 h_r 低于 3m 时, 天线高度增益因子与频率关系不大; 当 h_r 高于 3 m 时, 则与频率有较密切的关系。

此外,传输损耗还和建筑群的高度及分布状况、街道的纵横分布及宽度等都有关系, 例

如街道的宽度不同,传输损耗的数值相差可达10 dB。总而言之,影响传输损耗的因素很多,我们这里就不一一介绍了。

以上数据皆取自日本人奥村(Okumura)所做的工作。我国有关部门也曾在北京等地作过一些测试,其结果表明与国外资料的数据基本相符,仅有1~2 dB的差别。因此奥村所提供的曲线图表可作为城市地面移动式无线电话机通信系统的设计参考。

为了便于估算地面移动式无线电话机通信系统传输损耗值,根据奥村的报告,导出计算传输损耗的经验公式,其公式形式为

$$L_0 = \alpha \lg d + \beta \lg f - \gamma \lg h_t - a(h_r) + k$$

式中 α, β, γ 为相应各项的系数; k 为常数项; $a(h_r)$ 为移动式无线电话机天线高度因子的修正项,它与市区的规模以及工作频率都有关系。

在下述条件:频率 $f = 150 \sim 1500 \text{ MHz}$,基地式无线电话机天线有效高度 $h_t = 30 \sim 200 \text{ m}$,移动式无线电话机天线高度 $h_r = 1 \sim 10 \text{ m}$,通信距离 $d = 1 \sim 20 \text{ km}$,得出两无方向性天线之间的传输损耗经验公式,其表达式如下:

$$L_0 = 69.55 + 26.16 \lg f - 13.82 \lg h_t - a(h_r) + [44.9 - 6.55 \lg h_t] \times \lg d \quad (1-3)$$

上式中,当 $h_r = 1.5 \text{ m}$ 时, $a(h_r) = 0$ 。若不同的 h_r 值,则可用移动式无线电话机高度因子 $a(h_r)$ 修正,其公式为

中小城市:

$$a(h_r) = (1.1 \lg f - 0.7) h_r - (1.56 \lg f - 0.8) \quad (1-4)$$

大城市:

$$a(h_r) = 8.29 (\lg 1.54 h_r)^2 - 1.1 \quad (150 \leq f \leq 200 \text{ MHz}) \quad (1-5)$$

$$= 3.2 (\lg 11.75 h_r)^2 - 4.97 \quad (400 \leq f \leq 1500 \text{ MHz}) \quad (1-6)$$

以上公式中, h_r 单位为m, f 单位为MHz。

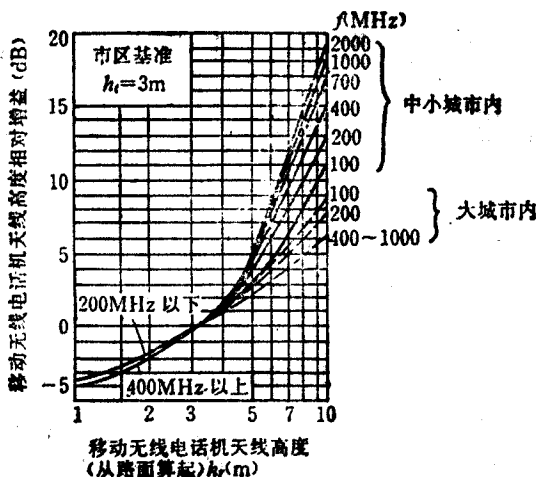


图1-6 移动式无线电话机天线高度增益因子曲线

移动式无线电话机在行进中,其接收场强电平(中值)的变化较大,有时竟达30~40 dB左右。

由奥村的研究发现,郊区与城市相比,两者传输损耗之差与距离、天线高度的关系不大,而与频率有较密切的关系。因此,只要计算出城市的传输损耗后,再加上郊区地的修正值即

(2) 郊区与开阔地的电波传播 郊区地是指移动式无线电话机附近有障碍物但不稠密的地区,例如,树木、房屋稀落的田园地带和郊区公路网等。开阔地通常是指电波传播的方向上无高大树木、建筑物等障碍呈开阔状态的场地,作为大致的标准来说,就是前方300~400m以内,呈开阔状态的旱地、稻田或原野等。它们与城市相比,建筑物要矮,障碍物要少些,因此传输损耗(中值)也要少些。但是,由于道路两旁是较开阔的田地原野、稀落的建筑物等对电波有明显的反射作用(城市内多为漫射),因此,移

可。郊区地的电波传输损耗(中值)的经验公式为

$$L_{0s} = L_0 - K_r \text{ (dB)} \quad (1-7)$$

式中 L_0 为市区内的电波传输损耗(中值); K_r 为郊区的修正因子, 其经验公式为:

$$K_r = 2[\lg(f/28)]^2 + 5.4 \quad (1-8)$$

$K_r \sim f$ 曲线如图 1-7 所示。图中实线为由公式的计算值, 虚线为奥村的实验曲线。两者吻合较好。

开阔地的电波传输损耗(中值)的经验公式为

$$L_{00} = L_0 - Q_r \text{ (dB)} \quad (1-9)$$

式中 Q_r 为开阔地的修正因子, 其表达式为

$$Q_r = 4.78(\lg f)^2 - 18.33\lg f + 40.94 \quad (1-10)$$

$Q_r \sim f$ 曲线如图 1-8 所示, 实线为由公式的计算值, 虚线为奥村的实验曲线。

最后再次强调一下, 计算 L_0 、 L_{0s} 和 L_{00} 公式应用范围为: $f = 150 \sim 1500 \text{ MHz}$, $h_t = 30 \sim 200 \text{ m}$, $h_r = 1 \sim 10 \text{ m}$, $d = 1 \sim 20 \text{ km}$ 。若不符合上述条件, 则会引起较大的误差, 不合实用。

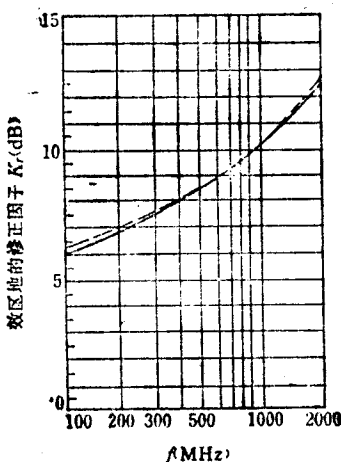


图 1-7 郊区地的修正因子

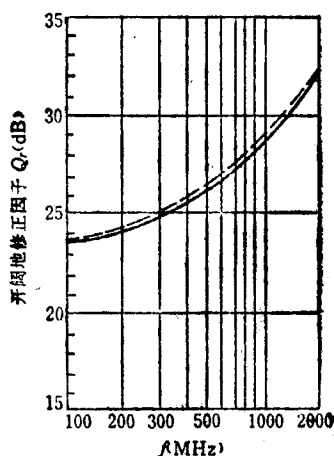


图 1-8 开阔地修正因子

四、影响通信距离的主要因素

任何无线电通信系统的作用距离不仅取决于发信机功率的大小、天线的增益、天线的有效高度, 而且还与要求的话音质量、收信机灵敏度、电波传播等因素有关。超短波无线电话机的电波传播方式为直接波传播, 而且无线电话机进行移动通信(特别在陆地移动通信中), 需通过许多复杂的环境和各种地形, 故传播条件各不相同。

影响超短波无线电话机通信距离主要有三个因素:

- 1) 无线电波随着收、发信机之间的距离增加而减弱。这是一种连续的、可以预测的衰减, 它与收、发信机天线高度、频率、大气状况及地形条件等因素有密切关系。
- 2) 阴影损耗。它是由于建筑物, 小山丘等阻挡物引起的随机衰落。在城市中, 它随着阻挡物高度和密度的增加而加快, 甚至可以使无线电话机的通信距离大幅度地减小。
- 3) 多径传播引起的快衰落。由于移动中的无线电话机天线低矮, 完全埋没在各种建

筑物、树木等下面,到达收信点的电波不仅有直接波,还有许多反射波,使合成的信号时而增强,时而减弱,造成快衰落。这对无线电话机通信来讲,是非常不利的。影响超短波无线电话机通信距离的主要因素一般来讲是这三个因素相互累加的结果。

第二节 无线电话机天线

一、天线工作原理与主要参数

天线是任何无线电通信系统都不可缺少的一个重要组成部分。合理慎重地选用天线,可以达到通信距离远、通信效果好的目的。

(一) 天线的作用

无线电设备所完成任务虽然各不相同,但天线在设备中的作用却是基本相同的。因为任何无线电设备都是通过无线电波来传递信息的,因此就必须有能辐射或接收电磁波的装置。所以,天线的第一个作用就是辐射和接收电磁波。当然能辐射或接收电磁波的东西不一定都能用来作为天线,例如任何高频电路,只要不是完全屏蔽起来的,都可以向周围空间或多或少地辐射电磁波,或者从周围空间或多或少地接收电磁波。但是,任意一个高频电路并不一定能作天线,因为它辐射和接收电磁波的效率很低。只有能够有效地辐射和接收电磁波的设备才有可能作为天线使用。天线的另一个作用是“能量转换”。大家知道,发信机通过馈线送入天线的并不是无线电波,收信天线也不能直接把无线电波送入收信机,这里有一个能量的转换过程,即把发信机所产生的高频振荡电流经馈线送入天线输入端,天线要把高频电流转换为空间高频电磁波,以波的形式向周围空间辐射。反之在接收时,也是通过收信天线把截获的高频电磁波的能量转换成高频电流的能量后,再送给收信机。显然这里有一个转换效率问题。天线增益越高,则转换效率就越高。

(二) 天线的分类

天线的形式繁多,按其用途可以分为发信天线和收信天线;按使用波段可以分为长、中、短、超短波天线和微波天线等。此外,我们还可按其工作原理和结构来进行分类。

为便于分析和研究天线的性能,一般把天线按其结构形式分为两大类,一类是半径远小于波长的金属导线构成的线状天线;另一类是用尺寸大于波长的金属或介质面构成的面状天线。线状天线主要用于长、中、短波段,面状天线主要用于厘米或毫米波段;甚高频段一般以线状天线为主,而特高频段则线、面状天线兼用。线状天线和面状天线的基本工作原理是相同的。

(三) 天线的工作原理

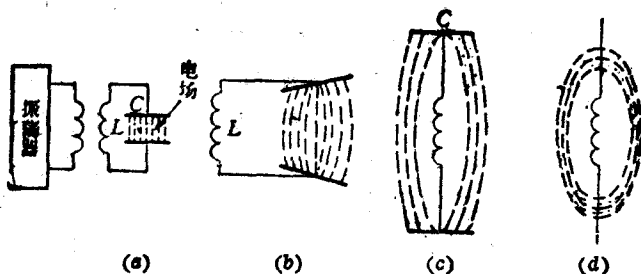


图 1-9 天线的演变过程

天线本身就是一个振荡器，但又与普通的 LC 振荡回路不同，它是普通振荡回路的变形。图 1-9 示出了它的演变过程。

图中 LC 是发信机的振荡回路。如图 1-9(a) 所示，电场集中在电容器的两个极板之中，而磁场则分布在电感线圈的有限空间里，电磁波显然不能向广阔空间辐射。如果将振荡电路展开，使电磁场分布于空间很大的范围，如图 1-9(b)、(c) 所示，这就创造了有利于辐射的条件。于是，来自发信机的、已调制的高频信号电流由馈线送到天线上，并经天线把高频电流能量转变为相应的电磁波能量，向空间辐射，如图 1-9(d) 所示。其辐射传播过程如图 1-10 所示。

电磁波的能量从发信天线辐射出去以后，将沿地表面所有方向向前传播。若在交变电磁场中放置一导线，由于磁力线切割导线，就在导线两端激励一定的交变电压——电动势，其频率与发信频率相同。若将该导线通过馈线与收音机相连，在收音机中就可以获得已调波信号的电流。因此，这个导线就起了接收电磁波能量并转变为高频信号电流能量的作用，所以称此导线为收信天线。

无论是发信天线还是收信天线，它们都属于能量变换器，“可逆性”是一般能量变换器的特性。同样一副天线，它既可作为发信天线使用，也可作为收信天线使用，无线电话机一般都是收、发共用一根天线。因此，同一根天线既关系到发信系统的有效能量输出，又直接影响着收信系统的性能。

天线的可逆性不仅表现在发信天线可以用作收信天线，收信天线可以用作发信天线，并且表现在天线用作发信天线时的参数，与用作收信天线时的参数保持不变，这就是天线的互易原理。

为便于讨论，常将天线作为发信天线来分析，所得结论同样适用于该天线用作收信天线的情况。

(四) 天线的主要参数

1. 天线效率

天线效率 η 为天线辐射功率 P_r 与天线输入功率 P_{in} (辐射功率与天线内所消耗的功率 P_s 之和) 之比。即

$$\eta = \frac{P_r}{P_{in}} = \frac{P_r}{P_r + P_s} \quad (1-11a)$$

上式还可利用天线输入端的辐射电阻 R_{r0} 和损耗电阻 R_s 表示，即

$$\eta = \frac{I_0^2 R_{r0}}{I_0^2 R_{r0} + I_0^2 R_s} = \frac{R_{r0}}{R_{r0} + R_s} \quad (1-11b)$$

可见，要提高辐射效率，应设法增大辐射电阻和减小损耗电阻。

2. 方向性系数

为了定量表示天线辐射功率在空间的集中程度，我们采用方向性系数 D ，并定义如下：

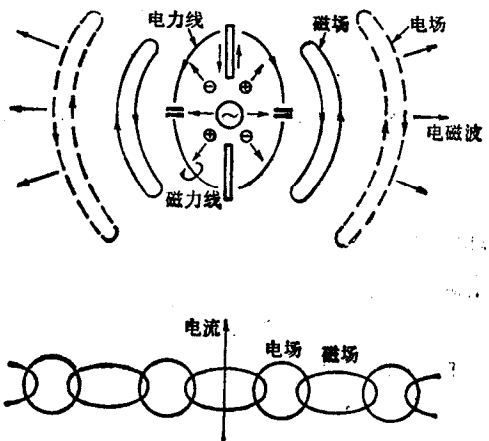


图 1-10 天线辐射过程

在相同的辐射功率下,天线产生于某点的电场强度的平方 E^2 与点源天线(无方向性辐射源)在该点产生的电场强度平方 E_0^2 之比,叫做该天线在该点方向的方向性系数,即

$$D = \frac{E^2}{E_0^2} \Big|_{P_{r2} = P_{D2}} \quad (1-12)$$

P_{r2} 和 P_{D2} 分别表示该天线与点源天线的辐射功率。由定义可知,由于天线在各个方向辐射强度不同,方向性系数 D 也不同,一般所讲的某天线的方向性系数,都是指最大辐射的方向性系数(除注明方向),并且实际天线的方向性系数都是大于 1 的。

3. 增益系数

天线增益系数等于天线效率 η 与其方向性系数 D 的乘积,即

$$G = \eta D \quad (1-13)$$

天线增益比天线方向性系数更全面地反映天线的性质,天线增益不仅考虑了方向性引起的场强变化,还考虑了天线效率对场强的影响。天线增益系数一般可用分贝(dB)表示,即

$$G(\text{dB}) = 10 \log G \quad (1-14)$$

在工程上,人们常把上述定义的增益称为“绝对增益”,而把相对于某一特定的作为参考标准的天线增益称为“相对增益。”

4. 方向图

一个发信天线向空间各方向辐射能量的强弱是不相同的。同样,对于同样强度的辐射波,收信天线拾取功率的大小也与电磁波的方向有关。天线方向图用来表示天线的辐射或接收强度随空间方向的对应关系。

在指定平面上以天线振子中心为原点,绘出许多射径方向的向量,取其长度正比于各射径方向上等距离各点处的场强,将所有向量的末端连成一条曲线,该曲线就是天线在指定平面上的方向图。通常取场强最大值定为 1,其它各方向按最大值的百分数来标注。为了实用和方便,人们一般取其场强在两个互相垂直的主要平面(E 面和 H 面)上的投影来反映整个天线的方向图。 E 面是通过天线最大辐射方向并平行于电场向量的平面, H 面是通过天线最大辐射方向并垂直于 E 面的平面。某天线的方向图如图 1-11 所示。

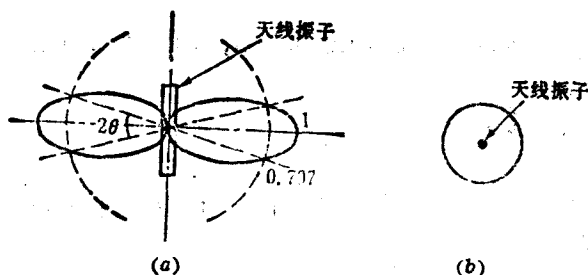


图 1-11 天线的方向图

在天线方向图中,两半功率点间的夹角为方向图的波束宽度,如图 1-11(a) 所示。波束宽度的大小,表示天线方向性的强弱。

5. 输入阻抗

为使天线能获得最多的功率,应使天线与馈线匹配,就需要知道天线的输入阻抗。天线的输入阻抗 Z_{in} 为输入端电压与输入端电流之比。即

$$Z_{in} = \frac{\dot{U}_0}{\dot{I}_0} = R_{in} + jX_{in} \quad (1-15)$$

输入阻抗一般包括输入电阻和输入电抗。输入电阻对应于天线辐射的功率和天线系统损耗的功率,即

$$R_{in} = R_{r0} + R_s \quad (1-16)$$

R_s 为从输入端计算的损耗电阻,输入电抗对应于天线周围感应场的无功功率。

6. 工作频带

天线工作频带的含义与电路频带的含义相类似,它是指天线在工作时能符合某种技术要求的频率范围。对于只有一个频率或几个频率相距很近的无线电话机而言,天线的频带宽度无需考虑。但对于具有两个以上频率,而且频差又较大的无线电话机,就不能不考虑天线的频带宽度。

二、无线电话机常用天线与架设

无线电话机天线的种类较多,其性能也有所不同。就无线电话机种类而言,天线则有基地固定式无线电话机天线、车载式无线电话机天线和便携袖珍式无线电话机天线等。

(一) 基地固定式无线电话机天线

由于基地或固定式无线电话机具有一定的通信范围和下属移动无线电话机天线较矮的缘故,为保证视距范围内的通信,要求基地或固定式无线电话机的天线架设应相当高,一般架设在高层建筑物的顶部或铁塔上。

1. 常用天线种类

(1) J型天线 它是将同轴线的芯线伸长而成。天线部分长度为 $\lambda/2$ (λ 为波长),末端馈电借 $\lambda/4$ 长的阻抗变换器与同轴馈线阻抗匹配,如图1-12(a)所示,图(b)是为了防止雷击而把电缆芯线与外皮对调而成。

(2) 同轴偶极天线 它是用同轴线的外套与芯线伸长部分组成一个半波垂直振子,在半波振子的中点接入同轴馈电线而成,如图1-13(a)所示。

(3) 布朗天线 它是将半波偶极天线下半部分导体改成四根辐向线,垂直辐射部分折叠接地而成,如图1-13(b)所示。这样制作既能提高天线输入阻抗与工作带宽,又能起防雷击作用。

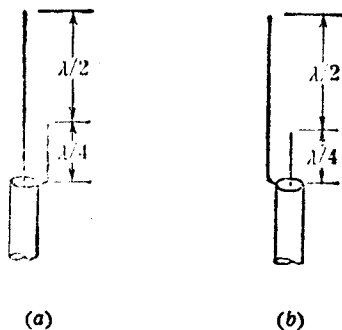


图 1-12 J型天线

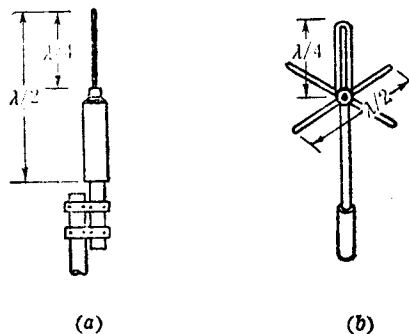


图 1-13 基地固定天线

(4) 引向天线 它是由一根有源振子和几根无源振子(引向器和反射器)组成的寄生天线。一般有源振子长度为半波谐振长度,引向器较有源振子约短5~15%,反射器较有源振子约长5~15%,反射器与有源振子间的距离为 $(0.1 \sim 0.25)\lambda$,引向器与有源振子间距离