

邮电中等专业学校教材

移动通信原理

段亮潮 鲁必英 编



人民邮电出版社

邮电中等专业学校教材

移动通信原理

段亮潮 鲁必英 编

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书是根据邮电部教育司制订的移动通信原理教学大纲编写的邮电中等专业学校统编教材。

全书共分8章叙述,内容包括:移动通信电波传播、噪声和干扰、组网技术、频率利用、信令方式、控制与交换及数字移动通信等。

本书以通俗的语言,注重物理概念,全面、系统地讲述了移动通信的原理。每章均备有练习思考题使学生加深理解。

本书也可供从事移动通信的工程技术人员学习参考。

邮电中等专业学校教材

移动通信原理

段亮潮 鲁必英 编

责任编辑 俞正涛

*

人民邮电出版社出版

北京朝阳门内南竹杆胡同111号

人民邮电出版社河北印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

*

开本:787×1092 1/16 1996年5月 第 一 版

印张:11.25 1996年5月 第 1 次印刷

字数:275千字 印数:1-8 000册

ISBN 7-115-05829-6/TN·950

定价:9.50元

前 言

随着邮电通信事业飞速发展,新技术、新理论、新装备日新月异。我司原组织编写的中专教材有些内容显得陈旧,难于适应新形势下教学的需要,为此我们对教学大纲进行了修订,并对原教材出版计划做了调整,重点突出了新技术方面的教材。今后将陆续出版。

教材是提高教学质量的关键。编写教材时力求以马列主义、毛泽东思想为指导,运用辩证唯物主义的观点阐明科学技术的规律,内容力求结合实际,提高学生的实践动手能力。

对于书中的缺点和错误之处,希望教师和同学们在使用过程中及时指出,以便修改提高。

邮电部教育司

1994年1月

编者的话

本书是邮电中等专业学校无线电通信专业移动通信专门化的教材。根据无线电通信专业教学计划的安排,书中论述了移动通信的基本原理。

《移动通信原理》是经邮电中等专业学校教学指导委员会审定并推荐出版的。

全书重点讲述了,电波传播衰耗中值的预测及无线区电路的计算,组网中小区制移动通信网路结构和多信道共用技术,频谱利用及频道分组方式,无线寻呼数字信令和 TASC 移动电话信令,数字移动通信的编码方式,调制方式及数字蜂窝移动通信系统的组成,移动通信的控制与交换技术等。

本书的绪论部分和第四至七章由广东省邮电学校段亮潮执笔,第一至三章和第八章由湖北省邮电学校鲁必英执笔。两人共同进行了合稿整理工作。

由于编者水平有限,书中错误在所难免,殷切希望广大读者批评指正。

编者

目 录

绪 论	1
第一章 移动通信的电波传播	
第一节 概述	5
第二节 陆地移动通信电波传播衰耗中值的预测	6
一、地形、地物的分类与定义	6
二、准平滑地形上电波传播衰耗中值的预测	7
三、不规则地形上的电波传播衰耗中值的预测	9
四、任意地形地物信号中值的预测	11
第三节 陆上移动通信电波传播特性	13
一、场强变化的原因	13
二、场强瞬时值和中值变动的分布形式	15
三、基地台覆盖区的可靠通信概率	16
第四节 建筑物穿透损耗的预测	18
第五节 无线区电路的计算	18
一、话音质量标准	18
二、接收机允许的最小输入信噪比 S_i/N_i	19
三、噪声和衰落的影响	20
四、接收机的最小输入功率 P_{min} 和台间电波传播衰耗中值 L_A 的计算	21
五、基地台天线有效高度和覆盖区的计算	22
练习思考题	22
第二章 噪声和干扰	
第一节 移动通信中的噪声和主要干扰	23
一、移动通信中的噪声	23
二、移动通信中的干扰	24
第二节 邻道干扰	26
一、近端对远端比干扰	26
二、调制边带扩展的干扰	27
三、发射机的边带噪声干扰	29
四、接收机的邻道选择性	30
第三节 同频干扰	31
一、同频干扰的类型	31
二、同频复用比	32
三、减小同频干扰的措施	35
第四节 互调干扰	35

一、互调干扰的起因	35
二、互调产物的数量	37
三、无三阶互调波道组的选择	39
四、发射机互调	40
五、接收机互调	43
第五节 移动台发射机的自动功率控制(APC)	44
一、实施方案的讨论	45
二、阶梯幅度的确定	45
三、APC系统的控制范围和阶梯数的计算	46
练习思考题	48

第三章 移动通信的组网技术

第一节 大区制移动通信网路的区域组成	49
第二节 小区制移动通信网路的区域组成	50
一、带状区域的小区构成	50
二、宽广平面服务区的构成	52
三、正六边形无线区群的构成方法	52
第三节 移动通信网路的结构和信道结构	55
第四节 多信道共用	58
一、话务理论中的有关术语	58
二、每个波道容纳用户数的估算	61
三、信道的自动选择方式	62
第五节 移动网和市话网的接口方式	63
一、移动通信交换局作为市话局的一个分局	63
二、移动通信系统通过移动小交换机接入市话网	63
三、移动用户作为市话局用户线的延伸	64
第六节 编号计划	65
一、全国公用电话交换网自动电话编号计划	65
二、全国公用陆地移动通信网的编号计划	65
三、拨号程序	68
四、移动台识别号码	69
五、移动台漫游号码	69
练习思考题	70

第四章 频率利用

第一节 频谱管理	71
第二节 频谱分配的基本原则	73
一、陆地移动通信使用的频段	73
二、频道间隔	73
三、公共边界的频率协调	74

四、多频道共用	74
五、频率复用	75
六、必须共同遵守的主要规则	75
七、频谱利用率的评价	76
第三节 影响频率选择的因素	76
一、传播环境的影响	77
二、有关组网因素的影响	77
三、多频道共用的影响	77
四、互调的影响	78
第四节 频道的分组方式	78
一、小型专用网的频道分组	78
二、蜂窝式公用移动电话网的频道分组	78
三、小区分裂后的频道配置	79
练习思考题	82

第五章 信令方式

第一节 信令的功能与分类	84
第二节 模拟信令	85
一、单音频信令系统	85
二、双音和多频编码系统	87
三、用音频信令实现与公用电话网的自动拨号	90
第三节 数字信令	91
一、数字信令的一般概念	91
二、数字编码的类型	92
三、寻呼系统用的数字信令	92
第四节 TACS 移动电话信令	95
一、概述	95
二、码帧结构	95
三、呼叫处理过程	97
练习思考题	102

第六章 移动通信的控制与交换

第一节 移动交换系统	103
一、程控交换的基本概念	103
二、移动交换机的特殊功能	109
第二节 移动通信中的控制技术	110
一、位置登记及一齐呼叫	110
二、越区频道切换	112
三、漫游	112
四、越局频道转换	115

练习思考题	117
-------	-----

第七章 移动通信系统

第一节 公用移动电话系统	118
一、蜂窝小区制大容量系统	118
二、使用频段与体制	118
三、TACS系统的频率计划	119
四、TACS系统的信道	119
五、TACS系统的信令	120
六、TACS系统的通话流程	121
七、区域联网	121
八、设备与功能	122
第二节 无线寻呼系统	124
一、系统原理	124
二、编码方式	126
三、频率选择	126
四、调制方式	126
五、区域联网	126
六、干扰与改善措施	128
第三节 无绳电话系统	128
一、系统原理	128
二、CT-1系统	129
三、CT-2系统	129
第四节 卫星移动通信系统	131
一、卫星移动通信的主要特点	131
二、卫星移动通信的基本原理	131
三、卫星移动通信的使用频段	133
四、卫星移动通信采用的新技术	133
五、卫星移动通信系统	136
第五节 其它移动通信系统介绍	137
一、集群移动通信系统	137
二、限定空间的移动通信系统	138
三、便携式移动电话系统	139
练习思考题	140

第八章 数字移动通信

第一节 低速话音编码	141
一、时域波形编码	141
二、频域编码	144
三、信源编码(声码器)	145

四、混合编码	146
第二节 窄带数字调制方式	146
一、平滑调频(TFM)方式	146
二、预调基带高斯滤波最小移频键控(GMSK)方式	148
三、直接调频(DFM)方式	150
第三节 数字信号的传输	152
一、地面移动通信中的数据传输	152
二、用调频台传送数字语音的实验研究	153
第四节 数字蜂窝移动通信系统	156
一、移动无线电网络的基本要求	156
二、GSM 公用陆地移动网络	157
三、智能网的基本原理	158
四、GSM 智能网方案	158
五、ALCATEL 的 ECR-900 智能网方案	159
六、网络子系统设备	160
七、传输和频率控制	162
八、呼叫保护	164
九、位置及修改	165
十、过区切换	166
十一、协议	167
十二、ECR-900 系统的业务和优点	168
练习思考题	170

绪 论

一、移动通信的概念及发展概况

随着商品经济的发展、人们物质文化水平的提高,社会活动日益频繁,全社会已进入了信息时代,人们迫切要求采用现代化的科学技术实现信息的快速及时传递。人们越来越希望能在任何时候、任何地点都能方便地与别人交换信息。一个能装在上衣口袋里的性能优良的通信工具将成为人们追求的目标。移动通信及其发展为达到这个目标提供了条件和可能。

所谓移动通信,是指通信双方或至少有一方是在运动中进行信息交换。例如移动体(车辆、船舶、飞机)与固定点之间、或移动体之间、或活动中的人与固定点、人与人及人与移动体之间的通信等等。目前,移动通信由于综合利用了有线和无线的传输方式,已是一种有线和无线相结合的通信。

移动通信使人们更有效地利用时间,这是它得到迅速发展的原因之一。由于微电子技术、自动控制技术、计算机技术和数字技术的发展,大规模集成电路、微型计算机、微处理器的大量应用,使生产价廉、可靠、轻便、节能、性能优越和便于使用的移动通信设备成为可能。移动通信已成为现代通信网中一种不可缺少的手段。

自美国贝尔实验室 1946 年在圣路易斯建立了世界上第一个公用汽车电话系统以来,移动通信经历了从人工选择空闲信道(单工方式),到循环定位法自动选择空闲频道(大区制、双工方式),直到目前的蜂窝状大容量小区制的移动自动电话系统的发展过程。现在,移动通信又开始从模拟向数字方向发展了。

国际上,移动通信发展极其迅速,至 1986 年底,已在美、英、北欧、日本等 20 多个国家和地区建成各种制式的公用蜂窝网 200 多个,用户近 100 万户,而且以年增长率约 30% 的速度发展着。到 1990 年,用户已超过 820 万。

在我们国家,移动通信虽起步较晚,但其发展进程大体与国外相似。50~60 年代,主要在航空、航海、军事、铁路列车无线调度等领域开展专用移动通信的研究和应用,规模只限于局部地区。80 年代初,我国自行设计的小容量 8 频道移动公众电话系统开始在上海市投入使用,这是我国现代公众移动电话的开端。公众无线寻呼业务从 80 年代初、蜂窝状移动通信从 87 年开始,都以惊人的速度发展着。近几年来,其年增长率超过 100%。目前已在北京、上海、广州、深圳、珠海、秦皇岛、重庆……等地建立了移动通信网。特别是沿海地区,如广东的珠江三角洲,随着改革开放的深化,发展尤其迅速,人们对移动通信的需求数量十分巨大,占全国的半数以上。据邮电部“八五”规划,建设重点主要是京津唐、长江三角洲、珠江三角洲三个地区的可联网和自动漫游的移动网。预计,到“八五”期末,全国移动电话用户数可达 50 万以上,到 2000 年,全国可达 100 万户。

我国已在铁路系统、公安系统、交通管理、森林防火、油田、旅游系统、新华社、急救站等建立了移动通信专用网,已为国民经济的发展起到了推波助澜的作用。移动通信事业在我国有着广阔的前景,但它仍滞后于社会发展的需要,需要我们作出更大的努力。

移动通信必将成为人们使用最广泛的通信手段之一。

二、移动通信的主要技术问题及发展动向

移动通信的特点带来了不少特殊技术问题,例如电波在 150MHz、450MHz、900MHz 的传播特性的统计分析与场强计算;在有限频带内如何最有效地利用频谱;窄带数字调制技术的研究以及新型移动通信体制的研究;系统的抗干扰问题;电台的小型化、轻便化、低功耗;蜂窝网中对移动台的位置登记技术、频道自动转换、编号、计费、弱电场区措施;移动通信与其它通信系统的接口联网问题等等。结合上述主要技术问题,移动通信今后的发展动向主要有以下几个方面。

1. 开拓更高的频带及频率的有效利用

根据目前移动通信用户的增长趋势,无线电频谱将越来越拥挤,因此必须开拓新的频带,同时要提高频率的有效利用程度。

800~900MHz 频段是分配给移动通信业务的频段,现在美、日等国已建成和大量使用 800~900MHz 频段的大容量蜂窝式公用移动通信系统,而且正在研究开发 1~2GHz 甚至更高频段的技术。

为了更有效地利用频谱,采用了缩小频道间隔的措施,使频道间隔由 50kHz 缩小到 25kHz,又由 25kHz 进一步缩小到 12.5kHz,甚至有人提出再缩小到 6.5kHz 的建议。当然,频道间隔的缩小,对设备的频率稳定度及滤波性能提出更高的要求。

采用小区技术,每隔一定距离重复使用同一频率和按需分配频道亦是提高频率利用率的有效措施。为了达到这一目的,需要跟踪测试场强、程控交换、自动转换频道、利用微机实现高速控制无线信道以及对移动台的位置登记、越区切换、漫游等技术。

2. 窄带数字调制技术与新体制

目前,国内外在移动通信中,广泛应用调频(FM)与调相(PM),形成频分多址(FDMA)的通信系统。这是因为调相(广义调频)时,收信机输出电平与输入电平无关,与调幅相比,更适用于移动状态、场强幅度变化很大的情况;当调频指数大于 1 时,信噪比便可得到改善,使抗干扰能力增强。但在提高频带利用率方面,这种制式也存在一些问题:如调频收信机的门限效应;调制频谱较宽;频带利用率因互调干扰而不能太高;还有信道分配接续技术较为复杂等。因此,近年来各国都在研究新的调制方式及其应用。例如单边带调制有人认为是陆上移动通信最佳的调制方式,因为它的信道间隔可压缩到 5kHz,但它必须解决载频同步、自动增益控制、高频率稳定度及滤波、选择性能等技术问题。

随着人们对数据通信日益增长的需要,全数字式移动通信是另一个正在开发的领域。目前,人们正致力研究各种窄带数字调制技术。例如话音的低码率编码(LRE)、时分多址(TDMA)技术;高斯最小频移键控(GMSK)及平滑调频(TFM)。此外,还有用直接序列扩频系统来实现码分多址(CDMA)的新的移动通信体制。这些技术一方面要使数字调制具有更窄的功率谱和好的误码概率性能,以适应移动通信窄带数字传输的要求;另一方面又要获得高保密通信和与现有模拟调频信道实现模拟与话音编码、数据的兼容传输。扩频移动通信的优点表现在同频、同时条件下,频道是公用的,不存在频道分配问题;用户不受频率和时间限制,入网机动灵活;无三阶互调;频率利用率高;具有较强的隐蔽性、保密性和抗干扰性能;数字式传输有利于

数据和话音兼容等。

3. 移动综合业务数字网(MISDN)

随着信息交流的发展,人们很自然地提出了在移动中不仅传送话音,也要传送各种非话音业务(用户电报、传真、低/中速数据、可视图文、计算机数据等)的要求。这是移动通信的传输方式由模拟向数字发展的主要推动力之一。

另一方面,随着人们活动范围的扩大,要求与地面固定网有效地联网通信也日益迫切,地面固定网已向综合业务数字网(ISDN)发展,这就提出了向移动综合业务数字网(MISDN)过度的问题。这就需要研究系统结构问题,包括移动通信网本身的结构及与地区、全国甚至国际间联网时的结构问题;移动状态下的数字信号传输,其误码特性、克服传输引起的干扰和性能劣化的对策,接收系统和接收方式的改进问题;编码制式和方案如何适用于全数字式信息传输问题;与地面综合业务数字网(ISDN)兼容的问题。

4. 设备的程控化和智能化

由于计算技术、大规模通用和专用集成电路、微波集成电路(MIC)、微处理器的飞跃发展,已在移动通信设备和系统中得到广泛、普遍地应用,现已开发出小型、低耗、智能、轻便及性能更牢固可靠、便于操作、功能齐全和价格低廉的新一代产品。

5. 在移动通信领域里利用卫星

卫星已在一些慢速移动通信系统中得到了应用(如海事卫星系统 IMARSAT),但在较小的快速移动载体(如汽车、飞机)中,应用卫星构成移动通信系统还是一个待开发的课题。

静止轨道通信卫星具有覆盖面大,信号稳定、不受地形地貌影响、不受距离限制等特点,但应用到快速移动体制中,需要解决天线的跟踪、弱信号接收和大功率发射等问题。自适应相控天线阵和相干接收的研究是解决前两个问题的一种有希望的方案。

利用卫星进行移动通信的一个潜在优势是,可以把陆上、海上和空间三种通信对象有机地综合到一个通信网中,人们对这一课题正在进行体制的研究。

三、移动通信的工作方式

移动通信的工作方式按通话状态和频率使用方法分为两类,即键控单工式和收发双工式;而单工式又可分为同频单工和异频单工两种。

1. 同频单工式

这是收发使用同一频率的键控通信方式。发信时不能接收,接收时不能发射。接收时发射机不工作,发射时接收机不工作。当 A 方要发话时,则按下 A 方的收发控制按钮,这时发射机处于发射状态。这时 B 方应处于接收状态,只接收对方的讲话。B 方要发话,也同样按下收发控制按钮。不论 A 方或 B 方,发话时接收机皆不工作,因此称为“单工”。

这种单工制的优点是:①收发使用同一频率,不需要天线共用器;②组网方便。不论固定台与固定台,固定台与移动台,移动台与移动台之间,只要都是处于场强覆盖范围,都能使系统内的任意两个电台通话,而且第三者能插入通话;③由于收发信机是交替工作,不会做成收发之间的“反馈”,而且发信机工作时间相对地缩短,耗电较小,设备简单,造价便宜。这种工作方式

适用于大片开阔地,大面积水域和空中通信。综合上面②、③两条优点,这种工作方式是最经济的。由于收发使用同一频率,故称“同频单工”。

同频单工工作方式存在如下缺点:①由于收发两者皆用同一个频率,当附近有邻近频率的电台工作时,就会造成强干扰。为了避开互调干扰的信道频率,就要求允许工作信道的频率间隔很宽,致使这种制式在频率利用方面并不经济;②由于是按键发话,说话完毕后,必须放开收发控制按钮,使电台恢复为接收状态,这对初次使用者操作上不习惯,往往造成通话人为地断断续续,听不到整句话。为此,收发转换可改用话音控制电路代替按钮开关,用声音开启发射机,不会因压按钮开关动作不协调而使声音断续不清。为避免干扰带来的误动作,在话音控制电路中加入音节检波器,保证了话音电路的控制作用。这种方式适合用户少的专用移动通信,例如,用于交通指挥系统的指挥员播发命令,全体值勤人员收听。

2. 异频单工式

“异频单工”是收发信机分别使用两个不同频率的按钮通话制。这种制式的移动台不需要天线共用装置,所需电池容量小,基地台和移动台分别使用两个频率,基地台是双工通话,而移动台为按键发话,因此也称为“半双工式”。这种方式与同频单工比较的优点是:①采用异频单工的移动台,受邻近电台干扰少;②有利于解决移动台的紧急呼叫;③异频单工可使基地台载频常发,移动台就经常处于杂音被抑制状态,不需静噪调整。异频单工也存在按键发话操作不习惯的问题,一般也只用在专用移动通信系统中,目前,集群移动通信系统大多采用这种工作方式。

3. 双工式

“双工式”是一种不用按钮能送受话的一种制式。它分为同频双工及异频双工。目前组网多用异频双工。异频双工就是收与发用两个不同的频率(有一定的频率间隔要求)来实现双工通信。此时发射机和接收机同时工作,能进行不需按钮的双向对讲,移动台使用天线共用器。这种方式的优点是:①由于发信频带和接收频带有一定的间隔(150MHz 频段为 5.7MHz, 450MHz 频段为 10MHz, 900MHz 频段为 45MHz),所以可提高抗干扰能力;②使用方便,不需要收发控制操作,特别适用于汽车无线电话系统。这种方式的缺点是:①移动台不能互相直接通话,而要通过基地站转接;②由于发射机通常处于连续发射状态,电源耗电量大,这对以电池为电源的移动台很不利。为此,在某些系统中,移动台的发射机仅在发话时才工作,而移动台接收机总是工作的,通常称这种系统为准双工系统,它可以和双工系统相兼容。目前,这种工作方式在移动通信系统中获得了广泛的应用。

模拟、数字蜂窝电话系统中都采用双工制工作。

以上讲述的三种工作方式都是双向的,双方都有收有发。而有些移动通信系统,如无线寻呼系统和报警系统则是单向的。这些系统的基地台只发不收,而移动台则只收不发。

练习思考题

1. 什么是移动通信?能否说移动通信就是“无线电通信”?
2. 了解移动通信的发展动态。
3. 移动通信常用的有哪些工作方式?试比较它们的优缺点和适用场合。
4. 公用移动通信系统通常采用什么工作方式?

第一章 移动通信的电波传播

第一节 概 述

研究移动通信系统,必须讨论电波传播规律,在规划和建设移动通信网时,从选择频段、分配频率、考虑无线电覆盖范围、计算通信的可用度以及系统间的电磁干扰,到最终确定基地台和移动台收发信设备的参数,都有赖于对电波特性的了解。电波传播问题的研究、频谱的有效利用、系统工程设计,以及电波兼容性所应了解的问题,是具有实用性、探索性和理论性的问题。

移动通信的电波传播受频率、距离、极化方式、天线高度、地形、地物、地面电性参数、时间、季节等多种因素的影响。在特定的环境中,主要取决于频率、距离和天线高度。随着移动体种类的不同,传播环境的变化,使用频率的差异,移动通信的电波传播方式也各不相同,其传输特性也不一样。

陆上移动通信,海上移动通信和航空移动通信的传播条件不同,它们的传播特性也不同。目前常用的 VHF(甚高频),UHF(特高频)频段,电波传播方式主要是空间波,即直射波、反射波的合成波。

对于陆上移动通信,通常移动台的天线高度仅超出地面 1—4m,显然,电波传播受地形地物的影响极大。另外,在运动状态的通信,电波传播路径时刻变化,影响电波传播的地形地物也时刻变化,与固定通信相比,移动通信的电波传播也显得更为复杂。故自由空间或平面大地上的电波传播衰耗计算公式,一般已不再适用此种传播条件。为了掌握各种地形地物条件下的电波传播特性,通常是做大量的传播实验,找出统计的传播规律,即找出各种地形地物条件下的传播衰耗(或接收场强)与距离、频率以及和天线高度的关系,绘出陆上移动通信的传播特性计算图表,从而获得准确预测接收信号强度的方法。

电台移动时,它和道路周围地形地物的相对位置不断变化,也就是与多径传播所形成的驻波场在做相对运动,因此接收信号强度(或传播衰耗)必定大幅度地随机起伏。为了研究方便,我们首先给出场强中值的定义。即信号强度大于它的概率为 50%的场强。然后将场强的变动分为瞬时值变动和中值变动。由于这两种变动都是随机的,因此要想掌握其变动特性,必须研究它们的统计分布规律和标准偏差。知道了中值,又知道在中值基础上信号强度的变动情况,就能完全掌握电波传播的特性。我们在研究电波传播特性时首先讨论场强中值,然后讨论瞬时值和中值变化的基本规律。

世界各国在规划陆地移动通信系统时,对场强估算的方法有十几种类型,下面介绍应用较广泛的 OM 模型。OM(okumura)模型是以日本东京城市场强中值实测结果得到的经验曲线构成的模型。该模型将城市视为“准平滑地形”给出城市场强中值,对于郊区、开阔地的场强中值,则以城市场强中值为基础进行修正。对于特殊地形也给出了修正因子。目前,在移动通信

的场强预测模式中,OM 模型应用较广泛。由于它给出的修正因子较多,因此在掌握更详细的地形地物的情况下,用 OM 模型预测更准确。我国邮电部公用移动通信系统设计暂行规定中建议采用 OM 模型进行场强预测,本章将介绍这种预测场强的方法。

OM 模型适用于频率为 100~1500MHz,基地台天线的有效高度为 30~200m 移动台天线高度为 1~10m,传播距离为 1~20km 的情况。

本章从电波传播电路计算的实际需要出发,首先讨论电波传播衰耗中值(或场强中值)的预测方法,然后再介绍瞬时值和中值变动的统计规律,为移动通信的系统设计提供依据。

第二节 陆地移动通信电波传播衰耗中值的预测

一、地形、地物的分类与定义

1. 地形的分类与定义

从计算电场强度中值(或传播衰耗中值)出发,大致可将地形分为“准平滑地形”和“不规则地形”两种。所谓“准平滑地形”是指在传播路径的地形剖面图上,表面起伏高度在 20m 以下,起伏缓慢,峰点和谷点之间的水平距离大于波动表面高度的地形。在以公里计的量级内,平均地面高度的变化也在 20m 以内。除此以外的地形,称为“不规则地形”。不规则地形按状态又分成丘陵地形、孤立山岳、倾斜地形和水陆混合地形四类。它们的地形参数将在计算衰耗的章节中给出。

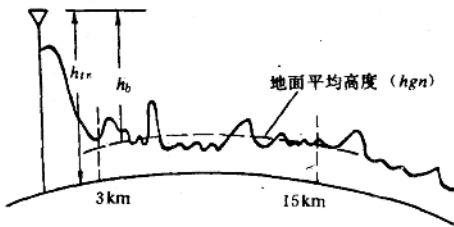


图 1-1 基地台天线有效高度 h_b 的定义

$h_b = h_m - h_{gn}$ 。以下凡基地台天线高度均指天线有效高度。而移动台天线高度 h_m 是指路面以上的高度。

由于天线总是架设在某种地形或地物上的,故天线本身的高度在通信中并无多大实际意义。所以要定义一个“天线有效高度”。图 1-1 是定义基地台天线有效高度的示意图。设从基地台天线设置点起 3~15km 距离(若实际传播距离小于 15km,则直接用实际传播距离)的平均地面海拔高度为 h_{gn} ,又设基地台天线附近地形的海拔高度和实际架设天线高度之和为 h_m ,则基地台天线的有效高度

2. 地物的分类

由于周围的障碍物的不同而造成电波的传播条件也不同,故地物应按照地面障碍物的密集程度和屏蔽程度来分类。

(1) 开阔地:在电波传播方向上无高大树木,建筑物等障碍物,呈开阔状地面,如表面、荒野,广场等。

(2) 郊区:在移动台周围的障碍物不稠密。如树木,房屋稀少的地区。

(3) 市区:在移动台周围的障碍物稠密的地区。如大城市的高楼群,茂密的森林等。

这些地区都可能有过渡区,了解到以上三类地区的传播情况后,过渡区的传播情况可以大致地估计出来。

二、准平滑地形上电波传播衰耗中值的预测

1. 市区传播衰耗中值的预测

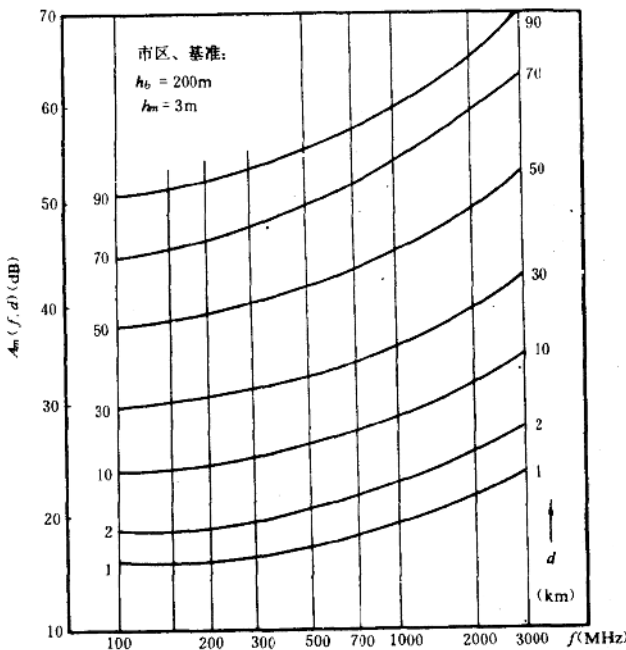
由电波传播理论和实验可知,在城市街道上,电波传播衰耗取决于传播距离 d ,工作频率 f 、基地台天线有效高度 h_b 、移动台天线高度 h_m 以及街道的走向和宽窄等。在大量实验和统计分析的基础上,可作出信号传播衰耗中值的预测曲线簇。如图 1-2 所示。利用这些曲线簇能够预测准平滑地形上,城市街道地区的传播衰耗中值或场强中值。因为在计算其它各种地形地物的传播特性时,通常以准平滑地形的市区场强中值作为基准,所以也称为基准场强中值。

图 1-2(a)表明基本衰耗中值和频率、距离的关系。它是在基地台天线有效高度为 200m,移动台天线高度为 3m 时,以自由空间衰耗为 0dB 求得的信号基本衰耗中值 $A_m(f, d)$ 。换句话说,曲线上读数的基本衰耗中值是大于自由空间衰耗的数值(d, f 相同)。而自由空间的传播衰耗可以按下式计算:

$$L_{bs} = 32.45 + 20\lg f + 20\lg d \text{ (dB)} \quad (1-1)$$

式中 d ——收发天线间的距离。单位:km

f ——工作频率。单位:MHz



·图 1-2 (a)准平滑市区衰耗中值

在中小城市内,移动台天线高度在 4—5m 附近有拐点出现。这是因为中小城市建筑物的平均高度约为 5m,故天线在此高度以上,建筑物的屏蔽作用减小。因而相对的天线高度增益迅速

分析图 1-2(a)可知; d, f 相同时,市区的传播衰耗中值大于自由空间衰耗。而且随着频率和距离的增加而迅速增加。

若基地台天线有效高度不是 200m,接收信号的中值也将发生变化,即衰耗中值不同于图 1-2(a)的值,其变化的大小用天线高度增益因子 $H_b(h_b, d)$ 表示。图 1-2(b)曲线示出了不同距离的天线高度增益因子。它以基地台天线高度为 200m,移动台天线高度为 3m 作为 0dB 参考。此曲线可在 150—2000MHz 频率范围内应用。图 1-2(c)示出了移动台天线高度增益因子的预测曲线。从图中可以看出,当移动台天线高于 5m 之后,其高度增益因子 $H_m(h_m, f)$ 不仅与天线高度和频率有关,而且和环境条件有关。