

移动通信技术

周光华

浙江科学技术出版社

(浙)新登字第3号

责任编辑：李卓凡

封面设计：孙菁

移动通信技术

周光华

*

浙江科学技术出版社出版

上虞科技外文印刷厂排版

浙江新华印刷二厂印刷

浙江省新华书店发行

开本：850×1168 1/32 印张：43.875 插页：8 字数：337,000

1992年4月第一版

1992年4月第一次印刷

印数：1-9,000

ISBN 7-5341-0441-6/TN·7

定 价： 8.40 元

内 容 简 介

本书全面系统地叙述了移动通信的工程技术及其应用。内容包括移动通信系统的组成、电波传播、干扰、设备、频率管理和有效利用、网络结构、信令、组网工程设计的方法步骤和计算模式、设备的电性能指标及测试方法和仪器、移动通信系统实例和数字通信基础。

本书主要供具有中等学历以上的从事移动通信工程的技术人员和维修、管理、使用人员学习，也可作中等专业学校相应专业的教学参考书及培训教材。

前 言

移动通信是当今社会经济、技术特别是运输技术和电子技术高度发展的产物。移动通信具有全时空通信功能，最终将实现人们想往的在任何时间、任何地点、任何人之间，在运动中通信的愿望。

移动通信在发达国家中已获得迅速发展，并广泛应用于国民经济各个领域，发展前景非常广阔。我国的移动通信事业虽起步稍晚，但近几年在改革开放形势推动下也得到迅速发展，在电子行业的“八五”规划中已被列为重点发展产业之一。

为适应移动通信事业的发展，满足从事移动通信工作的初、中级工程技术人员学习、使用的需要，同时也为了提供维修、管理、使用人员在学习、工作中参考，特编著了《移动通信技术》这本书。

全书共分十一章，第一章较全面、通俗地叙述了移动通信的基本概念。第二章至第七章叙述移动通信电波传播特点、传播衰耗计算模式和数字锁相环频率合成器，介绍了有代表性的基台、车台、手持台及实用移动通信网络等内容。第八章叙述设计和组网的步骤、方法、计算模式及有关问题。第九章介绍移动通信系统实例。第十章简要介绍移动通信设备技术指

标、测试方法和常用仪器。第十一章介绍数字通信基础知识,以适应数字移动通信发展的需要。

编写中,根据国内外研究资料,结合当前科技发展实际及本人的工作体会,尽量全面、通俗地阐述有关移动通信工程的基础知识和应用技术,力求做到理论性、实用性、普及性相结合。

在本书编写过程中,得到昌金铭同志、芦季成同志和浙江省电子通信系统公司领导的热情支持和鼓励,得到朱织芬、禹予等同志的热情帮助。在此一并表示感谢。

由于编著者水平所限,书中会有不少错误和不足之处,恳请读者批评指正。

浙江省电子通信系统公司

周光华

1991年11月

目 录

第一章 移动通信概述

第一节 移动通信技术的发展	1
一、概述	1
二、国外移动通信发展概况	2
三、国内移动通信发展概况	4
四、移动通信技术发展动向	5
第二节 移动通信的应用	6
第三节 移动通信特点	8
第四节 陆地移动通信系统的组成和分类	9
一、移动通信系统组成	10
二、移动通信系统分类	10
第五节 移动通信系统无线通道工作方 式	16
一、单频(同频)单工通道	16
二、双频单工通道	17
三、双频半双工通道	17
四、双频双工通道	17
五、单频单向通道	18
六、移动中继通道	19
第六节 移动通信使用频段及使用规 定	20
一、移动通信使用频段	20
二、必须遵守的几点规定	21
三、使用通信电台的有关规定	22

第二章 移动通信电波传播

第一节 电波传播的方式和特性.....23

一、电波传播的方式.....23

二、电波传播的特性.....24

三、移动通信电波传播的特性.....26

第二节 陆上移动通信的电波传播.....27

一、地形、地物的分类.....27

二、准平滑地形上的电波传播特性.....28

三、不规则地形上的电波传播特性.....34

四、任意地形地物信号中值预测.....40

五、建筑物穿透损耗的预测.....41

六、Eg1i模型与场强预测.....42

七、移动通信中的场强变动特性.....43

第三节 限定空间的电波传播.....49

一、限定空间的电波传播特性.....49

二、导引辐射.....49

第四节 接收场强与接收机输入电压的

关系.....52

一、接收机输入电压的定义.....52

二、接收场强与接收机输入电压关系.....52

第三章 外部噪声和干扰

第一节 外部噪声.....54

第二节 电磁干扰.....55

一、电磁干扰分类.....55

二、互调干扰.....56

三、邻道干扰.....62

四、同波道干扰.....64

五、接收机灵敏度抑制.....67

第三节 移动台发射机自动功率控制

(APC)系统	68
一、开环系统	68
二、闭环系统	68
三、混合(APC)系统	69
第四章 馈线、天线、天线共用装置	
第一节 馈线	70
一、同轴线的特性阻抗和衰耗	70
二、同轴线的功率容限	71
第二节 天线	71
一、移动台天线	71
二、基地台天线	74
三、避雷保护和接地	83
第三节 天线共用装置	84
一、基地台发射天线共用器	84
二、基地台接收天线共用器	87
三、基地台收发天线共用器	87
四、移动台收发天线共用器	88
第五章 移动通信设备	
第一节 调制方式	91
一、调幅	91
二、调频和调相	92
第二节 发射机	97
一、发射机主要技术特性	97
二、发射机组成方案	98
三、发射机部分实用电路	100
第三节 接收机	105
一、接收机主要技术特性	105
二、接收机组成方案	107
三、接收机主要电路方案	109
第四节 程控锁相环频率合成技术	115

一、概述	115
二、数字锁相环频率合成器基础	116
三、数字锁相环频率合成器的分类	118
四、锁相频率合成器的性能指标	123
五、锁相频率合成器的应用实例	123
第五节 移动通信电台介绍	124
一、便携式(手持)无线电台	127
二、单工车载式无线电台	136
三、双工基地/中继式无线电台	142
第六章 移动通信无线区域组成	
和网络结构	
第一节 移动通信无线区域的组成	
和划分	150
一、大区制	150
二、小区制	151
三、无线区域的形状	152
第二节 移动通信网络结构	158
一、蜂窝式小区制移动通信网	159
二、自动拨号无线电话网	164
三、集群系统	165
四、无中心控制多信道共用无线电话	
网	173
五、无线电话网	174
第七章 信令(号)和交换控制	
第一节 概述	176
第二节 模拟式信令	177
一、单音频信令	177
二、双音多频信令	183
三、控制信令(号)	189

四、音频自动拨号信令·····	190
第三节 移动通信系统的数字信令 ·····	191
一、大容量公共移动通信网的数字信令	191
二、小容量专用移动通信网的数字信令	198
三、数字窄带滤波器和数字谐振器·····	202
第四节 交换控制系统 ·····	205
一、移动通信的交换技术·····	205
二、交换机概述·····	206
第五节 微处理机在交换和控制系统	
中的应用·····	203
一、微处理机在交换系统中的应用·····	208
二、微处理机在无线电台控制系统中的	
应用·····	203
第八章 移动通信系统设计	
第一节 设计步骤 ·····	226
一、调查用户要求及实地勘察·····	226
二、图上作业及理论设计·····	226
三、实地测试·····	227
四、设备安装架设和调测开通运行·····	227
第二节 技术标准和质量指标 ·····	227
一、合格信息标准和信噪比·····	227
二、通信可靠性·····	229
三、接收机允许最小输入信噪比·····	229
四、最低保护场强和接收机允许的最低	
输入功率电平·····	232
第三节 噪声与衰落的影响 ·····	233
一、恶化量·····	233
二、中值变动量·····	236
第四节 频率管理和有效利用技术 ·····	236
一、频谱规划管理·····	237

二、无线频道的分配	2 2
三、频率有效利用技术	243
第五节 无线电波传播路径的计算	257
一、接收机允许的最小输入功率中值和 台间传播衰耗中值的计算	257
二、基地台天线有效高度或覆盖区的计 算	259
三、改善上下行电波传播平衡的措施	259
第九章 移动通信系统实例	
第一节 无线寻呼系统	261
一、概述	261
二、信号组成	262
三、设备及实例	265
第二节 便携式移动电话系统	268
一、概述	268
二、有无线转接器	269
第三节 地面移动电话系统	272
一、网络、区域结构	273
二、使用频段和信道结构	273
三、话路建立方法	274
四、系统结构	274
五、系统的主要技术和性能	279
第四节 限定空间移动通信系统	279
一、隧道和地铁移动通信系统	279
二、煤矿移动通信系统	280
三、地下街道及建筑物内移动通信系 统	280
第五节 集群系统	281
一、系统结构与特点	282
二、控制台无线设备	285

三、控制台无线线路控制设备和监控设备	292
第六节 无绳电话系统	295
一、CT-1系统	296
二、CT-2系统	300
第七节 卫星移动通信系统	303
一、卫星移动通信综述	306
二、卫星移动通信系统	310
第十章 移动通信设备技术指标	
测试和测量仪器	
第一节 测试条件	312
一、常规测试条件	312
二、其他测试条件及规定	312
第二节 发信机电性能指标及测量方法	313
一、载波输出功率	313
二、载频偏差	313
三、频偏	314
四、音频响应	315
五、发信机音频非线性失真系数	316
六、寄生调幅	317
七、发信机辐射带宽	317
八、邻道辐射功率	318
九、杂散辐射	319
十、互调衰减	320
第三节 收信机电性能指标及测量方法	320
一、可用灵敏度	322
二、音频输出功率和谐波失真	325

三、音频响应	325
四、限幅特性	326
五、调制接收带宽	326
六、杂散辐射	327
七、邻道选择性	328
八、阻塞(减敏)	329
九、互调抗扰性	330
十、同频道抑制	332
第四节 天线与天线共用器测量方法	333
一、天线方向性图的测绘	333
二、天线增益系数的测量	334
三、插入损耗与隔离比测试	335
第五节 测量仪器	336
一、标准信号发生器	336
二、场强计	337
三、功率计	338
四、线性检波器	340
五、频率调制度测量仪	340
六、综合测试仪	340
附：80系列调频袖珍电台技术指标及	
测试方法	343
一、调频袖珍电台的主要技术指标	343
二、测量	348
第十一章 数字移动通信	
第一节 数字通信基础	363
一、数字信号	364
二、数字通信系统组成与特点	372
三、数字通信主要性能指标	378
第二节 模拟信号数字化	379
一、脉码调制	379

二、脉码解调.....	387
三、增量调制.....	388
第三节 数字信令与编码.....	396
一、数字信令的构成与特点.....	396
二、差错控制编码.....	399
第四节 低速语音编码.....	410
一、时域波形编码.....	410
二、频域编码.....	411
三、信源编码(声码器).....	412
四、混合编码.....	414
第五节 窄带数字调制方式.....	414
一、TFM方式.....	414
二、GMSK方式.....	416
三、DFM方式.....	417
第六节 数字信号的传输.....	418
一、地面移动通信中的数据传输.....	418
二、用调频台传送数字语音的实验.....	419
主要参考文献.....	424
英汉名词对照.....	425

第一章 移动通信概述

第一节 移动通信技术的发展

一、概述

能源、交通、通信是现代社会经济的三大支柱，这充分体现了通信在国民经济中的地位和重要性。但是长期以来，人们的信息交换(通信)主要采用固定的点与点之间通信方式，例如，有线电话是当前多数人使用的主要通信方式，这是一种固定点之间的通信。即使以往的无线电通信也大多是固定的点对点之间的通信。

事物本质是运动的，运动的事物之间都需要传递信息。时间就是效益，信息就是财富。在经济技术高度发展的现代信息社会中，人们需要及时、迅速、准确、可靠地获得信息，特别是随着现代交通工具的发展，对任何时间、任何地点、任何人之间的全时空个人通信要求更为迫切。“移动通信”的产生和发展正符合了这种愿望。

移动通信，顾名思义是指通信双方或至少一方是处在运动状态下而实现的通信。过去由于技术不发达，无线电台笨重，操作复杂，移动困难，移动通信愿望很难实现，当今由于大规模集成电路和微处理机等技术发展，无线电台实现了小型化、轻量化(一个手持无线电台重量只有 0.5 kg，体积为 300 cm³)，才使移动通信有可能获得迅猛的发展。因此移动通信是经济技术(特别是运输技术、通信技术)高度发展的现代社会的产物，是信息时代重要标志，当今的“移动通信”不是几个手持对讲机之间简单构成的通信，

已是一个包括基地台(中转台)、控制终端、各式移动台、无线入网交换设备、计算机集中控制,并能与公用电话网连接的系统工程,是一个综合体现了有线通信技术、无线通信技术、集成电路技术、计算机技术等高新技术的系统。

具有全时空通信功能的移动通信、卫星通信、光缆通信已成为当代三大新兴通信手段。因此,移动通信已在国民经济各部门得到广泛应用,并且有广阔的发展前景,成为现代社会中最有希望的产业之一。如美国在70年代中期,民用电台销售额就像过去电视机销售额那样迅猛增加。集成电路、微处理机技术的应用和发展,促进了移动通信设备的小型化、轻量化、自动化,并使移动通信向大容量、多功能方向发展。预测到本世纪末,移动通信将会像电视机、录音机那样进入各个领域和家庭,到处都会有个人袖珍电台,从而实现人类的任何个人随时随地与世界各地任何个人通信的理想。

二、国外移动通信发展概况

世界发达国家中移动通信开发较早,在30年代,移动通信已作为独立通信系统进行研究,近20年来得到迅速发展。其发展进程大致可分为三个阶段:

1. 初级阶段

40年代后期至60年代中期,这期间公用移动电话业务开始问世。1946年,贝尔系统在美国圣路易斯建立了世界上第1个公用汽车电话网,它仅向汽车电话用户提供几个无线电信道(频率),交换由人工控制,这是第一代汽车电话产品,接着德国、法国、英国相继于1950年、1956年和1959年研制了公用移动电话系统。50年代初,贝尔系统完成了人工交换系统,解决了移动电话系统与公用电话之间的接续。

2. 改进与完善阶段

60年代中期至70年代中期,这期间推出了第2代移动通信

——单局单站制（使用一个电话局和一个无线基站），和第3代移动通信——单局多基站制。美国推出了IMTS（Improved Mobile Telephone-Service）系统。该系统的主要特点是可以直接拨号，自动选择无线频道和自动接入公用电话网。

3. 成熟阶段

70年代中期之后，出现了多局多基站制的第4代移动通信。其特点是用户数量大，基站数目多，每个基站覆盖半径小，无线信道多，频率高。一个城市由多个小覆盖区叠加成蜂窝状，故称蜂窝状小区制。这种系统最早由日本于1979年12月在东京开通，而美国容量最大，到2000年，用户数量可达2000万。此外，微处理机的大量应用，使移动通信设备小型化、轻量化和多功能化，是这时期移动通信的另一特点。

80年代后移动通信发展更为迅速，世界各国对发展移动通信设备表现出极大关注，纷纷增加投资，发展迅猛，前景诱人，到1988年底，移动通信数量为：

	美国	日本	中国
民用台总数	2000万台	313.5万台	100万台
公用网台数	100万台	13.5万台	2000台
专用网台数	1900万台	300.0万台	接近100万台

据统计，移动通信发展的年均增长率约在10%左右，移动通信在整个通信业务中约占8%。近年来欧、美各国的公用移动电话（主要是汽车电话）发展很快，其发展预测见下表。

到本世纪末，以移动通信为主要手段的“个人通信”方式，将成为欧洲通信主体。