

敬

用



# 移动通信技术与设备

主 编 胡记文  
副主编 宋 华 杨 勇  
主 审 王炳和



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

# 警用移动通信技术与设备

主 编 胡记文

副主编 宋 华 杨 勇

参 编 张秦峰 傅民仓

主 审 王炳和



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

## 内 容 提 要

全书共分为 10 章, 主要讲述移动通信的基本概念、基本组成、基本原理、基本技术, 移动通信系统的网络规划、天线安装、日常维护, MTLI 数字集群通信系统设备参数设置与操作使用, 几种超短波电台的操作与使用等, 内容以当前广泛应用的 GSM 移动通信系统, CDMA 移动通信系统, 3G、4G 移动通信系统为主。前 7 章为移动通信基础。第 1 章概述了移动通信的特点、分类、工作方式以及无线电频谱的管理与使用; 第 2 章介绍了移动通信中的调制技术; 第 3 章介绍了移动通信的电波传播与干扰; 第 4 章介绍了组网方法; 第 5 章介绍了 GSM 移动通信系统的系统结构、信道配置及相关技术; 第 6 章介绍了 CDMA 移动通信系统的网络结构、组成及关键技术; 第 7 章介绍了 3G 的基本概念、3G 主流技术标准比较、4G 的关键技术与主要优势。第 8 章讲述了集群通信系统; 第 9 章介绍了 MTLI 数字集群通信系统设备参数设置与操作使用; 第 10 章介绍了 TK 手持台、GP1 手持台、GP2 手持台、GP3 手持台、GM 车载台、TK 车载台及 KG 基地/中转台等超短波电台的操作与使用。

### 图书在版编目 (C I P) 数据

警用移动通信技术与设备 / 胡记文主编. — 北京 :  
中国水利水电出版社, 2017. 3  
ISBN 978-7-5170-5243-2

I. ①警… II. ①胡… III. ①移动通信—通信技术②  
移动通信—通信设备 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第046014号

策划编辑: 杨庆川 责任编辑: 李 炎 加工编辑: 郭继琼 封面设计: 梁 燕

书 名	警用移动通信技术与设备 JINGYONG YIDONG TONGXIN JISHU YU SHEBEI
作 者	主 编 胡记文 副主编 宋 华 杨 勇 主 审 王炳和
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市铭浩彩色印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 19.75 印张 484 千字
版 次	2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	39.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究

# 前 言

移动通信是公安部门及武警部队执勤、处突、反恐和防卫作战时的主要通信保障方式,《警用移动通信技术及设备》是全军“2110工程”重点建设学科——“军事通信学”的核心课程,为确保公安部门执勤、处突、反恐和防卫作战任务中的通信保障提供强有力的技术支撑和理论基础。

课程突出警务人员“动中通”内容和关键技术的研究,通过本课程的学习,可使学员掌握数字移动通信的基本概念、基本原理、基本技术和发展方向;掌握数字移动通信系统的网络结构及其组成原理;了解公安部门移动通信装备改装方法和研发思想。使学员打好坚实的理论和实践基础,能够适应数字移动通信应用和发展的要求。

本书共分为10章,主要讲述移动通信的基本概念、基本组成、基本原理、基本技术,移动通信系统的网络规划、天线安装、机房设计和日常维护等,内容以当前广泛应用的GSM移动通信系统、CDMA移动通信系统以及3G移动通信系统为主。前7章为移动通信基础,其中:第1章概述了移动通信的特点、分类和工作方式;第2章讲述了移动通信和调制技术,主要有数字频率调制、数字相位调制、平滑调频和正交振幅调制;第3章讲述了移动通信的电波传播与干扰,主要内容有电波传播、噪声对语音的影响、各种干扰及抗衰落技术——分集接收;第4章讲述了组网方法,内容主要有各种多址技术、大区制、小区制、信令、信道复用、信道选择方式和天线共用器;第5章和第6章分别介绍了GSM移动通信系统和CDMA移动通信系统;第7章介绍了3G和4G移动通信系统。第8章讲述了集群移动通信,主要内容有集群通信的概念与特点、集群方式和控制方式、组成与分类、集群通信系统的信令和几种典型的数字集群移动通信系统;第9章介绍了MTLL数字集群通信系统设备参数设置与操作使用,内容包括终端设备介绍、设备基本工作原理、设备面板介绍、参数设置、天线馈线系统、集群系统装备及网管系统的操作使用和移动集群系统的组织运用;第10章讲述了几种超短波设备的操作与使用,内容主要包括设备的技术性能、面板介绍、基本操作和设备的维护。

本书由张秦峰编写第1章和第2章,胡记文编写第3章到第7章,警官学院杨勇编写第9章,傅民仓编写第8章,宋华编写第10章。全书由胡记文负责统稿,刘超群负责文字编辑工作。全书由王炳和教授主审。

本书在编写过程中得到了学校有关部系领导的大力支持,在此一并表示感谢。由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,欢迎广大读者批评指正。

编者

2016年12月

# 目 录

## 前言

第1章 移动通信系统概述	1	2.4 平滑调频和通用平滑调频	31
1.1 移动通信发展史	1	2.4.1 平滑调频 (TFM)	31
1.2 移动通信的主要特点	2	2.4.2 通用平滑调频 (GTFM)	32
1.3 移动通信的工作方式	3	2.5 正交振幅调制	34
1.3.1 单向单工方式	3	习题	37
1.3.2 双向同频单工方式	4	第3章 移动通信的电波传播与干扰	39
1.3.3 双向异频单工方式	4	3.1 移动通信的电波传播	39
1.3.4 双向异频 (双频) 半双工方式	4	3.1.1 电波传播方式及特点	39
1.3.5 双向异频 (双频) 双工方式	5	3.1.2 几个常用名词的含义	41
1.4 移动通信的分类	6	3.1.3 移动环境中电波的传播特点	45
1.4.1 早期无线电寻呼系统	6	3.1.4 陆地移动通信的场强计算	47
1.4.2 早期公用移动电话通信系统	6	3.1.5 限定空间的电波传播	55
1.4.3 无绳电话系统	9	3.1.6 海上、航空移动通信的电波传播	57
1.4.4 集群移动通信系统	9	3.2 噪声	58
1.5 无线电频谱的管理与使用	10	3.2.1 噪声的分类与特性	58
1.5.1 无线电频谱管理	10	3.2.2 人为噪声	60
1.5.2 移动通信的频谱特性和管理	12	3.2.3 噪声对语音质量的影响	61
习题	15	3.3 干扰	63
第2章 移动通信中的调制技术	16	3.3.1 邻道干扰	63
2.1 概述	16	3.3.2 共道干扰	64
2.2 数字频率调制	17	3.3.3 互调干扰	66
2.2.1 移频键控 (FSK) 调制	17	3.3.4 其他干扰	70
2.2.2 最小移频键控 (MSK) 调制	19	3.4 分集技术	71
2.2.3 高斯最小移频键控 (GMSK) 调制	22	3.4.1 分集技术的基本概念及方法	71
2.2.4 MSK 类调制的性能比较	22	3.4.2 分集信号的合并技术	73
2.3 数字相位调制	25	习题	77
2.3.1 绝对移相键控 (BPSK) 和相对移相键控 (DPSK) 调制	25	第4章 组网技术	78
2.3.2 QPSK、OQPSK、 $\pi/4$ -QPSK 和 $\pi/4$ -DQPSK 调制	27	4.1 多址技术	78
		4.1.1 FDMA 方式	79
		4.1.2 TDMA 方式	81
		4.1.3 CDMA 方式	82

4.1.4	SDMA 方式	84	5.2.4	GSM 的区域、号码、地址 与识别	135
4.2	区域覆盖和信道分配	85	5.3	GSM 信道配置	138
4.2.1	大区制	85	5.3.1	物理信道与逻辑信道	138
4.2.2	小区制	87	5.3.2	GSM 的时隙帧结构	143
4.2.3	分区分组分配法	91	5.4	GSM 系统采用的有关技术	146
4.2.4	等频距分配法	91	5.4.1	语音编码	146
4.3	越区切换和位置管理	93	5.4.2	交织技术	147
4.3.1	越区切换	93	5.4.3	跳频技术	149
4.3.2	位置管理	95	5.4.4	语音激活与功率控制	151
4.4	信令	97	5.4.5	保密措施	151
4.4.1	信令的概述	97	习题		156
4.4.2	信令的分类	98	第 6 章	CDMA 移动通信系统	157
4.4.3	信令技术的发展趋势	103	6.1	CDMA 技术基础	157
4.5	信道共用	104	6.1.1	扩频通信的基本概念	157
4.5.1	什么是多信道共用	104	6.1.2	扩频通信的主要特性	160
4.5.2	多信道共用的特点	105	6.1.3	直接序列扩频 (DS-SS) 原理	161
4.6	信道选择方式	112	6.2	CDMA 数字蜂窝通信系统	164
4.6.1	专用呼叫信道方式	113	6.2.1	总体要求与标准	164
4.6.2	循环定位方式	113	6.2.2	无线信道	165
4.6.3	循环不定位方式	114	6.3	CDMA 网络结构与组成	168
4.6.4	循环分散定位方式	114	6.3.1	网络子系统	168
4.6.5	搜索载波方式	114	6.3.2	基站子系统	170
4.6.6	无中心专用呼叫信道方式	115	6.3.3	移动台	172
4.7	天线共用器	115	6.4	CDMA 蜂窝网的关键技术	173
4.7.1	发射天线共用器	115	6.4.1	自动功率控制	173
4.7.2	接收天线共用器	120	6.4.2	CDMA 系统的分集技术	176
4.7.3	收、发天线共用问题	120	6.4.3	CDMA 切换技术	178
习题		121	6.5	CDMA 的特点	181
第 5 章	GSM 移动通信系统	123	习题		182
5.1	从模拟网到数字网	123	第 7 章	3G 与 4G 移动通信系统	183
5.1.1	数字化的原因	123	7.1	3G 的基本概念	183
5.1.2	数字化的内容与效果	124	7.1.1	码分多址	183
5.1.3	移动信道的数字信号传输	125	7.1.2	3G 的标准	184
5.2	GSM 系统结构与业务功能	126	7.2	3G 主流技术标准比较	184
5.2.1	GSM 系统结构	126	7.2.1	标准稳定性	185
5.2.2	接口	131	7.2.2	系统的性能	186
5.2.3	业务功能介绍	134			

7.2.3	WiMAX	188	8.6.1	iDEN 系统	221
7.3	TD-SCDMA 在 3G 建设中的重要作用	190	8.6.2	MTLL 系统	222
7.3.1	TD-SCDMA 将有效缓解频率资源紧张	190	习题		224
7.3.2	TD-SCDMA 的技术特点尤其适合 3G 的应用	191	第 9 章	MTLL 数字集群通信系统设备参数设置与操作使用	226
7.4	3G 相关技术及过渡策略	193	9.1	终端设备介绍	226
7.4.1	CDMA 和 TDMA 的比较	194	9.1.1	MTLL 对讲机和 MTLL 车载台的特性	226
7.4.2	TD-SCDMA 技术	195	9.1.2	MTLL 移动台的功能	227
7.4.3	LAS-CDMA 技术	197	9.2	设备的基本工作原理	228
7.4.4	演进策略	198	9.2.1	MTLL 对讲机手持台	228
7.5	4G 通信概述	200	9.2.2	MTLL 车载台	232
7.5.1	4G 技术的发展背景	200	9.3	设备面板介绍	236
7.5.2	4G 技术的关键技术	201	9.3.1	MTLL 对讲机面板介绍	236
7.5.3	4G 技术的主要优势	203	9.3.2	MTLL 车载台面板介绍	240
7.5.4	4G 技术的缺陷	204	9.3.3	基站面板	244
习题		206	9.4	参数设置	245
第 8 章	集群通信系统	207	9.4.1	编程连线方式及设置步骤	245
8.1	集群通信的概念与特点	207	9.4.2	菜单功能	248
8.1.1	集群和集群通信系统的概念	207	9.4.3	移动台编程步骤	248
8.1.2	集群通信系统的特点	208	9.5	天线馈线系统	259
8.2	集群方式	210	9.5.1	天线	259
8.2.1	信息集群	210	9.5.2	安装馈线	260
8.2.2	传输集群	211	9.6	集群系统装备及网管系统的操作使用	266
8.2.3	准传输集群	211	9.6.1	集群系统装备的操作使用	266
8.3	控制方式	212	9.6.2	网管系统的操作使用	278
8.3.1	集中控制方式	212	9.7	移动集群系统的组织运用	284
8.3.2	分散控制方式	213	习题		284
8.3.3	两种控制方式的比较	214	第 10 章	超短波设备的操作与使用	285
8.4	集群移动通信系统的组成与分类	215	10.1	TK 手持台	285
8.4.1	集群移动通信系统的组成	215	10.1.1	主要技术性能	285
8.4.2	集群移动通信系统的分类	215	10.1.2	面板介绍	285
8.5	集群通信系统的信令	216	10.1.3	基本操作	287
8.5.1	三种不同功能的信令	217	10.1.4	注意事项	288
8.5.2	两种形式的信令	217	10.2	GPI 手持台	288
8.6	几种典型的数字集群移动通信系统	221	10.2.1	主要技术性能	288
			10.2.2	部件和面板介绍	288

10.2.3	安装	289	10.5.2	安装	296
10.2.4	基本操作	291	10.5.3	前面板介绍	297
10.2.5	电池与充电器的维护	291	10.5.4	基本操作	298
10.2.6	注意事项	292	10.6	GP3手持台	299
10.3	GP2手持台	292	10.6.1	主要技术性能	299
10.3.1	主要技术性能	292	10.6.2	面板介绍	299
10.3.2	面板介绍	292	10.6.3	安装	299
10.3.3	安装	292	10.6.4	基本操作	299
10.3.4	基本操作	293	10.6.5	耳膨式耳机	300
10.3.5	耳膨式耳机	293	10.6.6	电池与充电器的维护	300
10.3.6	电池与充电器的维护	294	10.6.7	注意事项	301
10.3.7	注意事项	294	10.7	KG基地/中转台	301
10.4	GM车载台	294	10.7.1	主要技术性能	301
10.4.1	主要技术性能及相关配件	294	10.7.2	面板介绍	301
10.4.2	面板介绍	295	10.7.3	安装	303
10.4.3	基本操作	295	10.7.4	基本操作	304
10.5	TK车载台	296	10.7.5	前面板操作	304
10.5.1	主要技术性能	296	习题		306



# 第 1 章 移动通信系统概述

## 知识点

- 移动通信的发展和特点
- 移动通信的工作方式和系统分类
- 无线电频谱管理与使用

## 难点

- 各种移动通信工作方式的区别

## 要求

### 掌握:

- 移动通信的概念
- 移动通信的主要特点
- 移动通信的工作方式

### 了解:

- 移动通信的发展历程
- 主要的移动通信系统
- 移动通信的频谱管理与使用

随着社会的发展,人们对通信的需求越来越高。由于人类政治和经济活动范围的日趋扩大及效率的不断提高,要求实现通信的最高目标——在任何时候,任何地方,与任何人都能及时沟通、联系、交流信息。不难设想,没有移动通信是无法实现这一目标的。

所谓移动通信,顾名思义,是指通信的一方或双方在移动中实现的,也就是说,通信的双方至少有一方处于运动中或暂时停留在某一非预定的位置上。其中,包括移动台(在汽车、火车、飞机、船舰等移动体上)与固定台之间的通信、移动台与移动台之间的通信、移动台通过基站与有线用户之间的通信等。

## 1.1 移动通信发展史

早在 1897 年,马可尼在陆地和一只拖船之间,用无线电进行了消息传输,这是移动通信的开端。至今,移动通信已有 100 多年的历史。近十几年来,移动通信的发展极为迅速,已广泛应用于国民经济的各个部门和人们生活的各个领域之中。建国后,我国移动通信最早

应用于军事部门。20世纪70年代,民用移动通信在我国开始发展。1974年制定了民用无线电话机的技术条件,简称74系列标准。20世纪80年代初,又制定了80系列标准。目前,在我国,各种移动通信系统如蜂窝网、无线电寻呼、无绳电话和集群系统都在以极快的速度发展。

移动通信的发展过程及趋势可概括如下:

- (1) 工作频段由短波、超短波、微波到毫米波。
- (2) 频道间隔由100kHz、50kHz、25kHz到12.5kHz和宽带扩频信道。
- (3) 调制方式由振幅压扩单边带、模拟调频到数字调制。
- (4) 多址方式由频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)、码分多址(CDMA)到混合多址,以及固定多址和随机多址的结合。
- (5) 网络覆盖由蜂窝到微蜂窝、微微蜂窝和混合蜂窝。
- (6) 网络服务范围由局部地区、大中城市到全国、全世界,并由陆地、水上、空中发展到陆海空一体化。
- (7) 业务类型由通话为主到传输数据、传真、传输静止图像,直到传输综合业务。

移动通信从产生至今的历史并不长,然而其发展却层出不穷。当第二代数字移动通信系统处于研究和开发的高潮时,人们已经把目光和注意力投向新一代移动通信系统的发展上。

新一代移动通信是个人通信,实现个人通信的网络称为个人通信网(PCN),或称为个人通信系统(PCS,在美国还称作个人通信服务)。其目标是实现:无论任何人(whoever)在任何时候(whenever)和任何地方(wherever),都能够和另一个人(whomever)进行任何类型(whatever)的信息交换。目前,在第三代数字移动通信步入市场并获得广泛应用的同时,有关个人通信的研究(包括标准制定、技术开发和各种试验)也开展得如火如荼。

## 1.2 移动通信的主要特点

移动通信与固定点间通信相比,具有下列主要特点:

- (1) 移动通信的传输信道必须使用无线电波传播。在固定通信中,传输信道可以是无线电波,也可以是有线电波,但移动通信中,由于至少有一方处于运动状态,显然必须使用无线电波传播。
- (2) 电波传播特性复杂。在移动通信系统中由于移动台不断运动,不仅有多普勒效应,而且信号的传播受地形、地物的影响也将随时发生变化。例如,受建筑物阻挡造成的阴影效应会使信号发生慢衰落;多径传播会使信号发生快衰落,即信号幅度出现快速、深度衰落,致使接收信号场强的瞬间变化达30dB以上。因此,只有充分研究移动信道的特征,才能合理设计各种移动通信系统。
- (3) 干扰多且复杂。移动通信系统除去受天电干扰、工业干扰和各种电器件的干扰外,基站常有多部收、发信机同时工作,服务区内的移动台分布不匀且时时在变化,故干扰信号的场强可能比有用信号高达几十十分贝(如70~80dB)。通常会出现近处无用信号压制远处有用

信号的现象，称为远近效应，这是移动通信系统的一种特殊干扰。此外，还有多部电台之间发生的邻道干扰、互调干扰以及使用相同频道而产生的同频道干扰等。

(4) 组网方式灵活多样。移动通信系统组网方式可分为小容量大区制和大容量小区制两大类。前者采用一个基站（或称基地台）管辖和控制所属移动台，并通过基站与公用电话网（PSTN）相连接，以进行无线用户与有线用户相互之间的通信。小区制根据服务区域，可组成线状网（如铁路、公路沿线）或面状的蜂窝网。在蜂窝网中，若干小区组成一个区群，每个小区均设基站，区群内的用户使用不同信道（在频分多址中即为使用不同的频道）。移动台从一个小区驶入另一个小区时，需进行频道切换，亦称过境切换。此外，移动台从一个蜂窝网业务区驶入另一个蜂窝网业务区时，被访蜂窝网亦能为外来用户提供服务，这种过程称为漫游。移动通信网为满足这些要求，必须具有很强的控制功能，如通信（呼叫）的建立和拆除、频道的控制和分配、用户的登记和定位、以及过境切换和漫游的控制等。

(5) 移动通信设备必须适于在移动环境中使用。对手机的主要要求是体积小、重量轻、省电、操作简单、携带方便。对车载台和机载台的要求除操作简单和便于维修外，还应保证在震动、冲击、高低温变化等恶劣环境中能正常工作。

## 1.3 移动通信的工作方式

移动通信的工作方式很多，有单向信道的单工方式，双向信道的单工、半双工和双工方式等。

### 1.3.1 单向单工方式

单向单工方式即单方向工作，如图 1.1 (a) 所示。最典型的是无线寻呼系统，即寻呼发射台用单频发出信息，用户则以此频率接收信息，这是一种单工工作方式；另外一种报警系统，如无线电报警系统，大功率发射机发出报警信息，各用户接收机接收。而火警、盗警等报警系统则刚好相反，用户告警发射机分设在一些服务点上，由基站接收告警信息（带有编码的信息，解码后可知道告警的用户情况）。

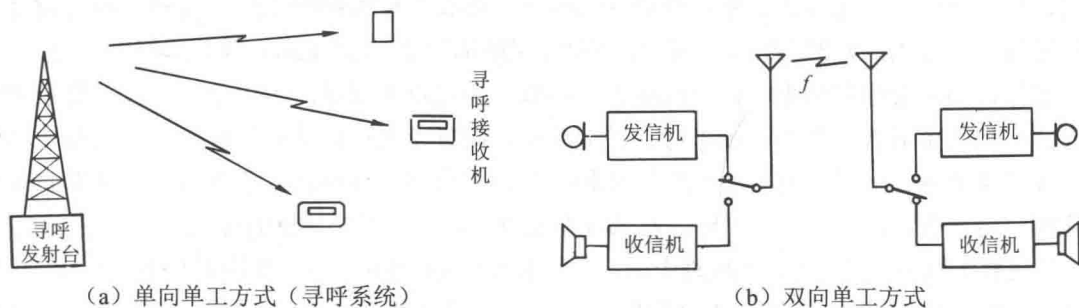


图 1.1 单向、双向同频单工方式

### 1.3.2 双向同频单工方式

双向同频（单频）单工方式是指通信双方（如基地台与移动台之间，移动台与移动台之间）使用同一个工作频率，但各方收发设备不能同时工作的通信方式，如图 1.1 (b) 所示。通常双方都处于此频率点上的接收守候状态。当甲方讲话时，按下发送讲话 (PTT) 键，此时发射机工作、接收机关闭，乙方处于守候接收状态；甲方讲完后，甲方松开 PTT 键变成接收状态，乙方按下 PTT 键，仍在此频率上发送讲话，甲方接收。如此反复交替工作，直到双方信息交换完毕。

同频单工方式的优点是：①设备简单，不需要天线共用装置，价格便宜；②组网方便，在场强覆盖范围内，本系统任意两个移动台都可使用同一频率通话，且第三方也能插入通话，故通播和电话会议方式较易实现，由于收发信机是交替工作的，因此不会造成发射对接收的干扰；③不发话时发射机不工作，功耗小。所以这种方式是最经济的，但也有其缺点。如果两个以上的移动台同时用同一频率发射，则会有同频干扰；由于是按键发话，松键收话，有些人员或初次使用的人员不习惯，往往造成通话断续，发话方发送完毕却仍未松开键，不仅收不到对方语音，还干扰别人等。另外，频谱利用也不经济。当系统中需要几个频率组成不同子网时，为避免互调频率点，往往把工作频点与相邻频点的间隔定得很宽，常造成频谱利用浪费。同频单工方式一般用于调度系统，目前城市出租汽车或铁路无线调度用得较多。

### 1.3.3 双向异频单工方式

双向异频单工方式是指通信双方使用两个频率（一对频率），两频率有一定的间隔（根据频段而定，可以是几兆赫至几十兆赫），以排除发射机对接收机所产生的干扰。因而一个基地台可同时使用多对频率而不会引起干扰，容量也可扩展。这种工作方式类似于双向同频单工方式，只是甲、乙双方各用一个频率发射。双向异频单工方式也可改为双工方式，双方设备各加上收发双工器即可。通常，用户为了减少电耗而采用单工方式工作。

### 1.3.4 双向异频（双频）半双工方式

双向异频（双频）半双工方式是指通信双方收发信机分别使用两个频率，一方使用双工方式，另一方使用单工方式。基地台是双工方式，即收发信机同时工作，而移动台是按键讲话的异频单工方式，如图 1.2 (a) 所示。基地台用两副天线（或采用天线共用器用一副天线）同时工作，移动台通常处于收信守候状态。半双工的优点主要是：①由于移动台采用异频单工方式，故设备简单、省电、成本低、维护方便，而且受邻近移动台干扰少；②收发采用异频，收发频率各占一段，有利于频率协调和配置；③有利于移动台紧急呼叫。半双工的缺点是移动台需按键讲话，使用不方便，发话时不能收信，故有丢失信息的可能。

以这种半双工方式作无线电链路中继，只要用较少载频便可实现，如图 1.2 (b) 所示。在两移动台间加入中继台时，只要用 3 个载频 ( $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ ) 即可实现通信。当异频单工制的两移动台 A 与 B 要通话时，A 用  $f_1$  发话，中继台 C 以  $f_1$  收话，解调后的信号以  $f_3$  转发出去；中继台 D 以  $f_3$  收到 C 的信号，解调后以  $f_2$  发出，移动台 B 则以  $f_2$  收。反过来，B 以  $f_1$  发，A 以  $f_2$  收。

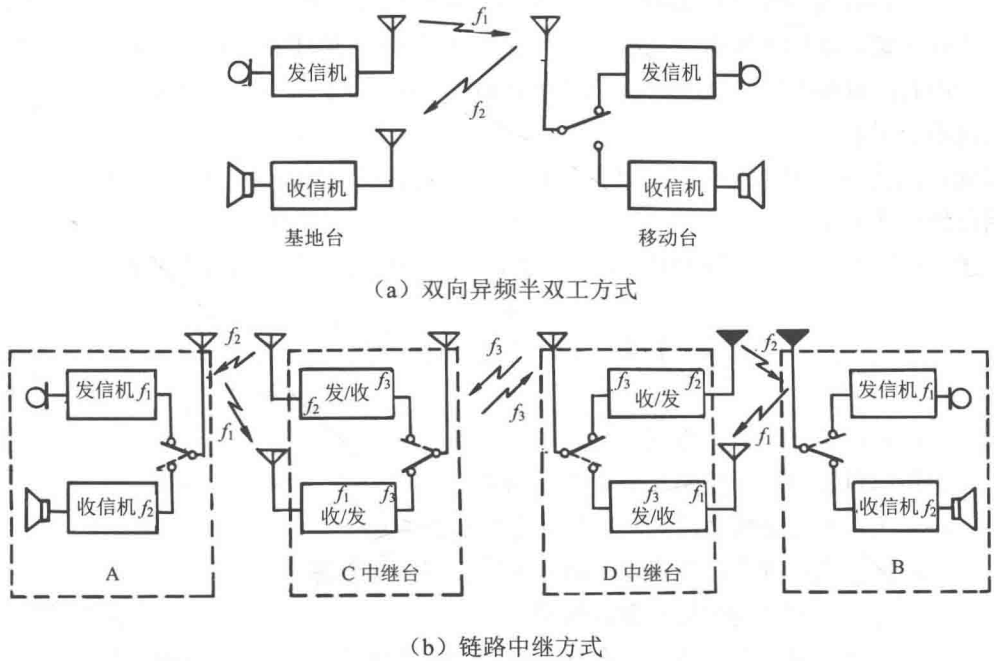


图 1.2 双向异频半双工方式

### 1.3.5 双向异频（双频）双工方式

双向异频双工方式是指每个方向使用一个频率，通话时无需按下发话键，与普通电话使用情况类似。这种方式最受人们欢迎，不仅使用方便，还因收发频率有一定间隔，干扰较少，其示意图如图 1.3 所示。其缺点是各移动台间无法直接通话，因为它们的收发频率是相同的。各移动台间通信必须通过基地台中继，而中继台一旦失效就会中断移动台间联络；各移动台在通过程中发射机经常处于发射状态，故耗电大；另外，占用频率较多、需要有天线共用器和隔离措施。

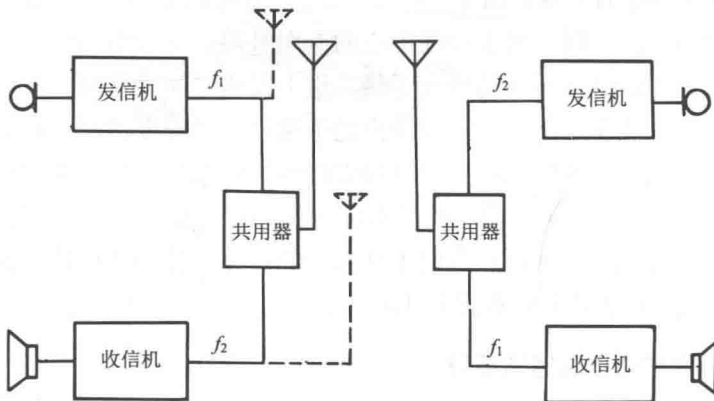


图 1.3 双向异频双工方式

异频双工的收发频率间必须有一定的间隔才能避免自身发对收的干扰。间隔大小在不同频段有不同规定。我国无线电管理委员会规定的间隔是：150MHz 频段为 5.7MHz，450MHz 频段为 10MHz，800MHz 与 900MHz 频段为 45MHz。这样基站在配置若干对频率同时工作时，相互之间不会引起干扰。

目前，国内外已采用时分双工技术，可以进行收、发同频双工通信，现在这种工作方式的使用已经很普遍了。

上述一些工作方式各有优缺点，究竟采用哪一种要根据建网的实际需要和各种条件来选定。

## 1.4 移动通信的分类

移动通信有以下多种分类方式：

- 按使用对象可分为民用通信和军用通信。
- 按使用环境可分为陆地通信、海上通信和空中通信。
- 按多址方式可分为频分多址、时分多址和码分多址等。
- 按覆盖范围可分为宽域网和局域网。
- 按业务类型可分为电话网、数据网和综合业务网。
- 按工作方式可分为同频单工、异频单工、异频双工和半双工。
- 按服务范围可分为专用网和公用网。
- 按信号形式可分为模拟网和数字网。

随着移动通信应用范围的扩大，移动通信系统的类型也越来越多，下面将分别简述几个典型的移动通信系统。

### 1.4.1 早期无线电寻呼系统

早期无线电寻呼系统是一种单向通信系统，早期无线电寻呼系统的用户设备是袖珍式接收机，称作袖珍铃，又叫传呼机，俗称“BB 机”，这是由于它的振铃声近似于“B…B…”声音之故。无线电寻呼系统的组成如图 1.4 所示。其中，寻呼控制中心与市话网相连，市话用户要呼叫某一“袖珍铃”用户时，可拨寻呼中心的专用号码，寻呼中心的话务员记录所要寻找的用户号码及要代传的消息，并自动地在无线信道上发出呼叫；这时，被呼用户的袖珍接收机会发出呼叫声，并在液晶屏上显示主呼用户的电话号码及简要消息，如有必要，袖珍铃用户利用邻近市话电话机与主呼用户通话。早期无线电寻呼系统虽然是单向的传输系统，通话双方不直接利用它对话，但由于袖珍接收机小巧玲珑、价格低廉、携带方便，受到用户欢迎，因而在国内外发展极为迅速。但随着人们生活水平的提高，移动通信技术的迅速发展，手机已逐步取代了传呼机，在我国传呼机已基本被淘汰。

### 1.4.2 早期公用移动电话通信系统

公用移动电话通信系统是最典型的移动通信系统，使用范围广，用户数量多。通常所用的汽车电话就属于公用移动电话通信系统。

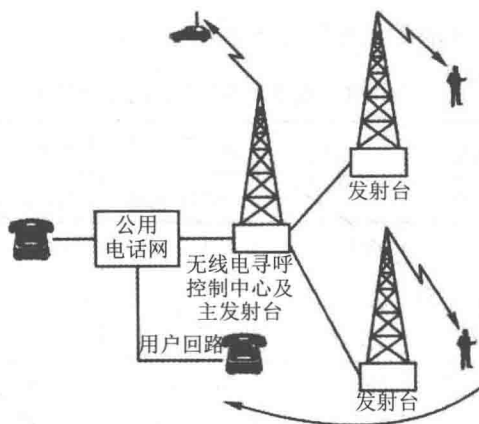


图 1.4 无线电寻呼系统的组成

早在 1946 年美国圣路易斯启用了第一个公用汽车电话通信网，采用了人工接续方式，移动用户在通信前要选择—个空闲频道与移动电话交换局联系，并将被呼用户的电话号码告诉话务员，由话务员呼叫用户，接通后通话。这种方式接续速度比较慢，往往需要几分钟才能接通—次电话。到了 1964 年，出现了现代汽车电话系统，如美国的 IMTS (Improved Mobile Telephone Services)，即改进型移动电话设备，它不仅可以进行自动拨号、双工通信，而且采用了多频道共用技术。所谓多频道（或多信道）共用是指—组频道被众多用户所共用，这种“动态分配频道”方式，避免了固定频道分配方式造成频率资源的浪费，大大提高了频率利用率。IMTS 系统工作频段分 150MHz 和 450MHz 两种，采用大区制组网方式，如图 1.5 所示，基站（或基地台）包括多部收发信机，—般天线高架，覆盖半径为几十公里。由于基站功率较大，而移动台功率较小，为解决上行信号较弱问题（如远离基站或电波传播条件较差时），在服务区内可增设若干外围接收站，或称分集接收站，某些上行信号可通过分集接收台传到基站。

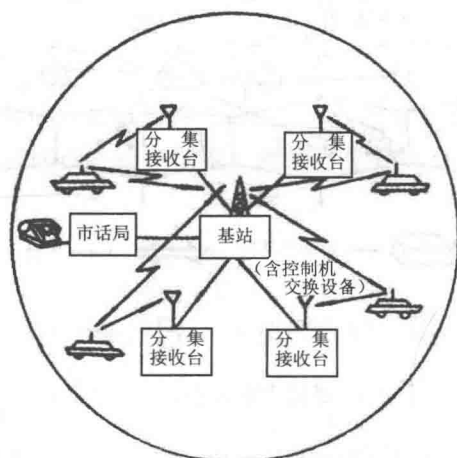


图 1.5 大区制移动电话系统示意图

随着经济的发展，人们对汽车电话的需求越来越多，因此频率有限与用户众多的矛盾日益突出。20 世纪 70 年代后期，出现了小区制大容量的移动电话系统，即蜂窝式移动电话系统。

几种模拟蜂窝式移动通信系统的主要性能参数如表 1.1 所示。

表 1.1 几种蜂窝式移动通信系统的主要性能参数

系统名称		AMPS (美国)	TACS (英国)	NMT (北欧)		C-450 (德国)	NTT (日本)
				NMT-450	NMT-900		
无线频段 (/MHz)		900	900	450	900	450	800
收发间隔 (/MHz)		45	45	10	45	10	55
频带宽度 (/MHz)		25×2	25×2	4.5×2	25×2	4.4×2	25×2
频率间隙 (/kHz)		30	25	25	12.5	20	12.5
发射功率 (W)	基站	40	100	50	25, 6, 1.5	20	25.5
	车台	3	4~10	15	6	15	1
	手机	0.6	0.6~1.6	2	2	—	1
小区半径 (km)	市区	2~7	1~4	4	2	>2	2~3
	郊区	10~20	<15	20	10	25	5~10
语音调制方式		FM	FM	FM	FM	FM	FM
数字信令调制方式及 速率		FSK 10kb/s	FSK 8kb/s	FSK 1.2kb/s	FSK 1.2kb/s	FSK 5.28kb/s	FSK 2.4kb/s

小区制移动电话系统网络结构称为“蜂窝式”，在空间上能实现频率复用。图 1.6 所示为蜂窝式移动通信系统的组成，图中一个六角形区域称为一个小区（或称无线区），七个小区构成一个区群。图中小区编号代表不同的频道组，经过合理地配置频道，可以使相邻区群使用相同的频道，既提高了频率再用率，又能把同频干扰限制在允许的范围内。

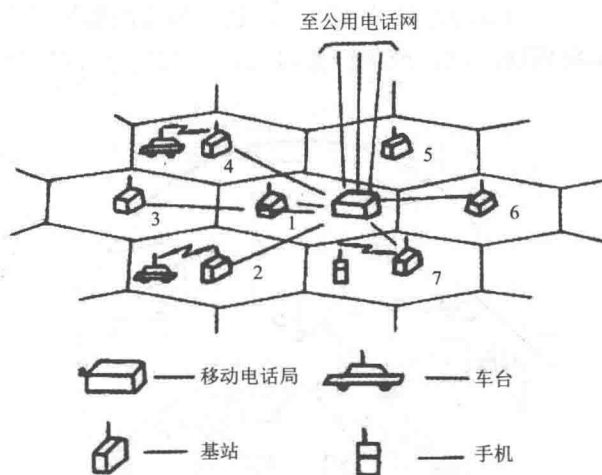


图 1.6 蜂窝式移动通信系统的组成

蜂窝式移动通信系统可以进行移动用户与市话用户之间的通信，也可以进行移动用户相互之间的通信。其中移动电话局（亦称移动业务中心）在通信网中起控制和协调作用。它对所在地区已注册登记的用户实施管理（如频道分配、频道转换、指定移动台发射功率等），也能为外地来的漫游用户提供服务。移动电话局又是移动通信网与公用电话交换网（PSTN）的



接口单元，通过它来完成移动用户与市话用户的通信。

蜂窝式移动通信系统由于妥善地缓解了有限频率资源与众多用户的矛盾，尽管系统成本较高，还是得到了越来越广泛的应用。

### 1.4.3 无绳电话系统

简单的无绳电话机是把普通的电话单机分成座机和手机两部分，座机与有线电话网连接，手机与座机之间用无线电连接，这样做允许携带手机的用户可以在一定范围内自由活动进行通话。因为手机与座机之间不需要用电缆连接，故称之为“无绳”电话机。目前电话也朝着网络化的方向发展，比如在用户比较密集的地区设置基站，基站与有线电话网连接，并有若干个频道为用户所共用。用户在基站的无线覆盖区域内，可选用空闲频道，经过基站进入有线电话网，对有线网中的固定用户发起呼叫并建立通信链路。

无绳电话的手机、座机或基站所发射的功率均在 10mW 以下，无线覆盖半径约在 100m 左右。表 1.2 给出了几种模拟无绳电话系统的主要性能参数。

表 1.2 几种模拟无绳电话系统的主要性能参数

性能 \ 系统		日本（由政省标准）	美国（FCC 标准）	欧洲（CEPT 标准）
频段（MHz）	手机发	253.862 5~254.962 5	49.830~49.990	914.012 5~914.987 5
	座机发	380.212 5~381.312 5	46.610~46.970	959.012 5~959.987 5
频道间隔（kHz）		12.5	20/40	25
频道数目		88	18/9	40
发射功率		10mW 以下	10mW 以下	10mW 以下
频道共用方式		多频道	单频道	多频道
语音调制方式		FM	FM	FM
控制信号		副载波 FM	单音	副载波 FM

无绳电话是一种以有线电话网为依托的通信方式，也可以说它是有线电话网的无线延伸，具有发射功率小、省电、设备简单、价格低廉、使用方便等优点，因而发展十分迅速，目前已经有数字式无绳电话系统。

### 1.4.4 集群移动通信系统

集群移动通信系统属调度性专用通信网。无线调度也是一种常用的移动通信业务，广泛应用于公共汽车、出租汽车及大型工矿企业、车站、码头、机场等进行生产调度和指挥。早期的无线调度是由基站控制所属移动台构成的无线电话系统，众多移动用户之间是不能直接通话的。

20 世纪 70 年代，国际上出现了一种具有选呼功能的调度系统，它利用选呼设备在一个共用频道上，能选择任一个属台作为通信对象而不干扰其他移动用户，因为呼叫信号决定于用户地址码，因此，移动用户只有收到自己的号码时才有响应，并能自动发出回呼信号，否