

通 信 工 程 丛 书

移动通信工程

卢尔瑞 孙儒石 丁怀元 编著

朱庆璋 审校

移动通信

1

中国通信学会主编 • 人民邮电出版社

通信工程丛书

移动通信(Ⅰ)

移动通信工程

卢尔瑞 孙儒石 丁怀元 编著

朱庆璋 审校

中国通信学会主编·人民邮电出版社出版

内 容 提 要

本书比较系统地总结了国内、外移动通信发展的经验,介绍了移动通信的设备及其电气性能的测试方法、调制方式、电波传播、频谱利用、通信制式、系统设计及电磁干扰的计算方法、工程实施与系统的维护管理等内容。编写中兼顾了理论性、实用性、系统性及方向性,可供移动通信的主管部门、规划设计部门、研究部门、无线电管理部门的工程技术人员及大专院校的有关师生参考。

2545/14

通 信 工 程 丛 书

移 动 通 信 工 程

卢尔瑞 孙儒石 丁怀元 编著

朱庆璋 审校

责任编辑:李 小 曼

人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

开本: 850×1168 1/32

1988年4月第 一 版

印张: 20 16/32 页数: 323

1988年4月河北第1次印刷

字数: 542 千字 插页: 2

印数: 1-6 000册

ISBN7115—03521-0/TN

定价: 5.10 元

丛 书 前 言

为了帮助我国通信工程技术人员有系统地掌握有关专业的基础理论知识，提高解决专业科技问题、做好实际工作的能力，了解通信技术的新知识和发展趋势，以便为加快我国通信建设、实现通信现代化作出应有的贡献，我会与人民邮电出版社协作，组织编写这套“通信工程丛书”，陆续出版。

这套丛书的主要读者对象是工作不久的大专院校通信学科各专业毕业生、各通信部门的助理工程师、工程师和其他通信工程技术人员。希望能够有助于他们较快地实际达到通信各专业工程师所应有的理论水平和技术水平。

这套丛书的特点是力求具有理论性、实用性、系统性和方向性。丛书内容从我国实际出发，密切结合当前通信科技工作和未来发展的需要，阐述通信各专业工程师应当掌握的专业知识，包括有关的系统、体制、技术标准、规格、指标、要求，以及技术更新等方面。力求做到资料比较丰富完备，深浅适宜，条理清楚，对专业技术发展有一定的预见性。这套丛书不同于高深专著或一般教材，不仅介绍有关的物理概念和基本原理，而且着重于引导读者把这些概念和原理应用于实际；论证简明扼要，避免繁琐的数学推导。

对于支持编辑出版这套丛书的各个通信部门和专家们，我们表示衷心感谢。殷切希望广大读者和各有关方面提出宝贵的意见和建议，使这套丛书日臻完善。

中国通信学会

一九八四年七月九日

前 言

随着人民物质和文化生活水平的逐步提高，社会活动的日益频繁，人们已不满足于传统的固定通信方式，而希望在任何地点、任何时间都能与任何人相互通信。移动通信正是实现人们这一美好愿望的理想通信方式。

由于移动通信不受时间和空间的限制，具有良好的机动性和灵活性，加之近年来移动通信设备在小型、轻量、可靠、省电等方面有了极大的改进，移动通信系统的自动化程度也有了极大的提高，因此应用范围日益广泛。它几乎在国民经济的每个部门都有广阔的发展前景。

在各种移动通信系统中，虽然火车、轮船移动电话系统在国外早已进入实用化阶段，但近十多年来发展最快的还数汽车电话系统和无线电寻呼系统。航空移动通信系统、海事卫星移动通信系统和无绳电话都正在迅速发展。

八十年代初，集现代有线通信和无线通信最新技术成果之大成的蜂窝式移动电话系统在国外开始投入商用，这标志着移动通信技术的发展进入了一个新时代。目前，该系统已日臻完善。随着微电子技术、自动控制技术、计算机技术和数字技术的发展，国外又开始对移动通信的新业务、新体制及国际兼容性问题等进行新的探索和试验，更新的蜂窝式数字移动通信系统可望于九十年代问世。

我国自七十年代中期开始研究公用移动通信，于七十年代末自行设计了可接入公用交换电话网的小容量移动电话系统，这是我国现代公用移动电话系统的雏形。进入八十年代，我国的无线电寻呼业务得到了迅速发展；从国外引进的各种专用移动电话系统也相继投入使用；我国公用移动电信网的技术体制和标准的研究工作也有了良好的开端；有关部门正就建立我国大、中容量移动电话系统的

生产线进行筹划。相信至本世纪末，我国公用及专用移动通信的面貌一定会大为改观。

本书主要是为从事移动通信规划、设计和维护的技术人员、各通信部门及无线电管理部门的管理人员和工程技术人员而编写的。本书力求结合当前通信科技的水平和未来发展的需要，兼顾理论性、实用性、系统性和方向性。全书共分十章：第一章介绍了移动通信系统的发展简史、系统分类、应用价值、工作特点、技术发展动向及有关频率划分和使用电台的一般知识；第二章研究了几种主要的模拟和数字调制方式的基本原理和基本特性，并作了分析比较；第三章叙述了组成移动通信系统的基本单元——传输线、天线、天线共用器及移动无线收、发信机的基本参数、基本性能及工作原理；第四章分析了陆地移动通信及点-点固定无线通信的传播特性，阐明了适用于不同条件的几种传播模式，对于海上及航空移动通信的电波传播也作了简单介绍；第五章指出了频谱分配的基本原则及影响频率选择的因素；第六章至第八章分别结合实例，讨论了移动通信系统组网的制式问题、系统设计方法及移动通信中电磁干扰的机理和计算方法；第九章详细列举了移动无线收、发信机技术指标及相应的测量方法；第十章补充说明了移动通信系统的规划实施、维护和管理方面的某些具体问题；书后还有八个附录，以供读者查阅。

书中引自国外文献的个别公式及部分图表采用了英制单位，为保证原图表刻度的精确性，本书未按公制单位重绘。在实际应用中，请读者对照附录一换算成公制。

本书第一、四、七、八章由卢尔瑞执笔，第二、五、九、十章由孙孺石执笔，第三章由丁怀元执笔，第六章由孙孺石、卢尔瑞分工执笔，附录由卢尔瑞汇编。全稿由卢尔瑞修改、整理，孙孺石也协助作了部分修改工作，朱庆璋负责全书的审校。此外，为本书做了许多具体工作的还有屠伟娟、余惠心及杨西等同志。

在编写过程中，除借鉴了本书各章所附参考资料外，还参考了

天津大学、北方交通大学、北京邮电学院和蒋同泽同志、阮天豪同志编写的教材或讲义，以及我国通信方面的有关技术体制。

由于我们水平所限，书中一定有不少的缺点和错误之处，祈请读者批评指正。

编著者

一九八六年八月

目 录

第一章 概述

第一节 引言	(1)
第二节 移动通信的发展过程及其应用价值	(1)
第三节 移动通信系统的分类	(4)
一、公用移动电话系统	(4)
二、调度系统	(7)
三、局部专用无线通信系统	(8)
四、无线电寻呼系统	(8)
五、无绳电话系统	(10)
六、农村无线电话系统	(11)
第四节 陆地移动无线通信的特点	(12)
第五节 主要技术动向及发展趋势	(14)
一、采用数字传输, 开放多种业务	(14)
二、扩充基本功能, 满足用户需要	(15)
三、发展便携电话, 实现人—人通信	(15)
四、利用卫星中继, 扩大服务范围	(16)
五、提高频谱利用率, 开拓新的频段	(17)
第六节 陆地移动业务的频率划分及使用电台的有关 规定	(19)
一、无线电频段及其命名	(19)
二、陆地移动业务的频率划分	(19)
三、使用电台的有关规定	(20)
参考资料	(21)

第二章 调制

第一节 引言	(22)
--------	--------

第二节 包络调制	(23)
一、调幅 (AM)	(23)
二、单边带调制 (SSB)	(28)
三、振幅压扩单边带技术 (ACSB)	(33)
第三节 调频和调相	(36)
一、角调制的基本原理	(36)
二、角调制的基本性能	(41)
三、调制方框图	(48)
四、接收机的门限电平	(55)
第四节 数字调制在移动通信中的应用	(56)
一、移动无线信道传输数字语音的可能性	(57)
二、GMSK调制原理及其基本特性	(58)
三、TFM调制原理及基本特性	(60)
参考资料	(61)

第三章 移动无线设备

第一节 引言	(62)
第二节 传输线	(62)
一、传输线的基本参数	(63)
二、传输线的一般性能	(65)
三、阻抗圆图	(71)
四、同轴线的损耗及传输效率	(75)
五、同轴线的功率容限	(77)
第三节 天线及天线共用装置	(79)
一、天线的基本性能和参数	(79)
二、移动台天线	(104)
三、基站天线	(113)
四、雷电保护	(127)
五、发信天线共用器	(130)
六、收信天线共用器	(148)
七、收、发天线共用装置	(150)

第四节 移动无线收、发信机	(160)
一、发信设备方框图及其电路	(160)
二、收信设备方框图及其电路	(189)
参考资料	(198)

第四章 电波传播

第一节 引言	(199)
第二节 固定无线通信的电波传播	(201)
一、自由空间传播	(201)
二、光滑平面上的传播	(204)
三、光滑球形地面上的传播	(207)
四、楔形单峰绕射	(211)
五、楔形多峰绕射	(214)
六、非楔形障碍物绕射	(215)
七、植被损耗	(216)
八、建筑物的影响	(221)
九、隧道中的传播	(221)
十、天线极化的影响	(222)
十一、衰落现象	(223)
十二、小结	(225)
第三节 陆地移动无线电波传播	(226)
一、地形特征和传播环境的分类及定义	(228)
二、多径传播	(230)
三、阴影效应	(242)
四、电波传播的衰减特性	(243)
第四节 无绳电话系统的传播特性	(258)
一、室内传播特性	(259)
二、室外(市区)近距离内的传播特性	(260)
第五节 海上移动无线电波传播	(262)
第六节 航空移动无线电波传播	(263)
第七节 环境噪声和多径传播对接收质量的影响	(265)

一、环境噪声的影响	(265)
二、多径传播的影响	(267)
三、环境噪声和多径传播对话音质量的综合影响	(268)
第八节 移动数据传输	(273)
一、多径衰落引起的误码	(273)
二、多径衰落和阴影效应引起的误码	(275)
三、在衰落条件下, 比特率和误码性能的关系	(277)
四、火花干扰引起的误码	(278)
五、误码分布	(278)
六、当同时考虑火花干扰、多径衰落和阴影效应的影响 时, 信道误码性能的预测	(282)
七、改善误码性能的方法	(283)
第九节 最低保护场强与接收机输入端要求的最低保 护功率电平	(286)
一、接收机输入电压的定义	(286)
二、接收电场强度与接收机输入电压的关系	(287)
三、最低保护场强与接收机输入端要求的最低保护功率电 平	(288)
参考资料	(289)

第五章 频谱利用

第一节 引言	(291)
第二节 频谱分配的基本原则	(291)
一、频段划分	(291)
二、频道间隔	(292)
三、公共边界的频率协调	(293)
四、多频道共用技术	(293)
五、频率复用	(295)
六、必须共同遵守的一些主要规则	(296)
七、频谱利用率的评价	(298)
第三节 影响频率选择的因素	(299)

一、传播环境的影响	(299)
二、有关组网因素的影响	(299)
三、多频道共用的影响	(303)
四、互调的影响	(303)
第四节 收发间隔与发信宽带噪声频谱的关系	(305)
第五节 无线频道的分配	(306)
一、单频频道的分配	(306)
二、双频频道的分配	(307)
三、单频、双频混合使用	(310)
第六节 无三阶互调的频率分配方法	(311)
参考资料	(316)

第六章 移动通信制式

第一节 引言	(318)
第二节 移动通信的无线链路结构	(319)
一、单频道单工链路	(319)
二、双频道单工链路	(320)
三、双频道双工链路	(320)
四、单频道单向链路	(322)
五、移动中继链路	(327)
第三节 信令方式	(328)
一、信令的功能及类型	(328)
二、模拟信号	(329)
三、数字信号	(337)
第四节 移动电话系统的组网方式	(352)
一、服务区形状	(353)
二、蜂窝式小区结构的频道配置	(357)
三、小区分裂	(359)
四、频道选择方式	(360)
五、入网方式	(365)
六、入网接口技术要求	(372)

第五节 编号计划	(381)
一、编号原则	(381)
二、全国公用交换电话网自动电话编号计划	(382)
三、全国公用陆地移动通信网的编号计划	(385)
四、拨号程序	(387)
五、全国大、中容量移动电话局内人工台的号码	(387)
六、移动台识别号码	(388)
七、移动台漫游号码	(389)
第六节 公用陆地移动电话系统的组网实例	(391)
一、小容量移动电话系统	(391)
二、中容量移动电话系统	(399)
三、大容量移动电话系统	(404)
四、结束语	(418)
参考资料	(419)

第七章 系统设计

第一节 引言	(420)
第二节 移动通信系统的制式设计及技术标准	(421)
第三节 系统容量的预测	(424)
一、按移动电话分布密度计算	(424)
二、按移动电话安装率计算	(425)
三、按公用移动电话占市话的百分比计算	(426)
四、按普及率计算	(426)
第四节 设计话务量及无线频道呼损率	(427)
一、设计话务量	(427)
二、无线频道呼损率(服务等级)	(429)
三、频道利用率	(430)
第五节 设计方程	(432)
一、移动无线电路的设计原则及设计三要素	(432)
二、设计方程	(433)
第六节 通信概率	(437)

一、基站覆盖区的边缘通信概率	(438)
二、无线覆盖区的区内通信概率	(441)
三、流动基站(或移动台)与移动台通信时的通信概率	(444)
第七节 移动数据传输覆盖范围的预测	(445)
一、设计移动数据通信系统的一般考虑	(445)
二、覆盖范围的预测	(446)
第八节 点-点(或-多点)固定无线通信的电路设计	(447)
一、陆地移动通信网中点-点(或-多点)固定无线通信的特点	(447)
二、设计步骤	(448)
三、最低输入功率	(448)
四、电路设计方法	(450)
参考资料	(453)

第八章 电磁干扰

第一节 引言	(454)
第二节 电磁干扰的种类	(455)
第三节 同频道干扰	(456)
一、同频道干扰的概念	(456)
二、抑制同频道干扰的措施	(459)
三、射频保护比	(460)
四、用于频率协调的同频道干扰模式及复用保护距离的计算	(461)
五、蜂窝式陆地公用移动通信网的同频道干扰	(467)
六、同频道干扰对无线覆盖范围和通信概率的影响	(473)
第四节 相邻频道干扰	(476)
第五节 发信机边带噪声	(477)
一、典型的陆地移动发信机频谱	(477)
二、影响边带噪声的因素及其限制办法	(478)
三、边带噪声方程	(478)
第六节 发信机的杂散辐射和接收机的杂散响应	(479)

一、发信机的杂散辐射	(479)
二、接收机的杂散响应	(482)
第七节 接收机的灵敏度抑制	(483)
第八节 接收机本振源采用频率合成器的影响	(484)
一、对合成器带外噪声的要求	(485)
二、对合成器带内噪声的要求	(487)
第九节 互调干扰	(487)
一、互调干扰的基本概念及分类	(487)
二、产生互调干扰的必要条件	(488)
三、互调干扰的频率组合关系	(488)
四、多频道系统的互调干扰数	(490)
五、发信机互调	(492)
六、接收机互调	(497)
参考资料	(501)

第九章 无线电话设备的主要指标及其测量方法

第一节 引言	(502)
第二节 测试条件	(502)
一、正常测试条件	(502)
二、极限测试条件	(503)
三、其他测试条件及规定	(504)
第三节 发信机电气性能及其测量方法	(505)
一、载波额定功率	(505)
二、载频频率容限	(505)
三、调制频偏及其限制	(506)
四、音频响应	(510)
五、音频非线性失真系数	(511)
六、寄生调幅	(511)
七、邻道辐射功率	(512)
八、杂散辐射	(515)
九、互调衰耗	(516)

十、发信机(载波)启动时间	(519)
第四节 接收机电气性能及其测量方法	(520)
一、噪声系数与灵敏度	(520)
二、大信号信噪比	(525)
三、音频输出功率和谐波失真	(526)
四、音频响应	(526)
五、限幅特性	(527)
六、调制接收带宽	(528)
七、杂散辐射	(529)
八、邻道选择性(S_A)	(530)
九、杂散响应抑制(S_S)	(532)
十、阻塞(S_B)	(533)
十一、抗互调干扰性能(S_I)	(534)
十二、同频道抑制(S_C)	(535)
十三、接收机启动时间	(537)
十四、接收机静噪关闭时间	(538)
十五、音频灵敏度	(539)
第五节 信令系统的主要技术参数及其测量方法	(539)
一、信令灵敏度	(542)
二、误动信令	(543)
三、调制器输出电平	(544)
四、解调器/解码器工作电平范围	(545)
五、解调器/解码器响应带宽(仅指音频系统)	(545)
参考资料	(546)

第十章 移动通信系统的规划实施、维护和管理

第一节 引言	(547)
第二节 工程设计中的某些有关问题	(547)
一、无线基站站地的选择	(549)
二、天线和天线塔的基本要求	(549)
三、机房设计	(551)

四、电源系统	(553)
五、接地	(555)
六、移动设备的安装	(557)
第三节 设备测试及系统试验	(560)
一、单机指标测试	(560)
二、连接线路试验	(560)
三、电场强度测试	(560)
四、系统试验	(561)
第四节 设备的维护和管理	(562)
一、技术人员的配备	(562)
二、设备的维护	(562)
三、定期测试检查	(563)
参考资料	(564)

附 录

附录一、英(美)制与公制的度量换算表	(565)
附录二、巴尔姆表	(566)
附录三、概率积分表	(570)
附录四、贝塞尔函数表	(574)
附录五、农村地区移动无线电波传播曲线	(576)
附录六、阻抗圆图	(581)
附录七、发射的标志	(582)
附录八、线规、射频电缆和插头座	(585)
参考资料	(631)
英文名词缩写	(632)