

藤本共荣 J. R. 詹姆斯 著 杨可忠 井淑华 译

移动天线系统手册

人民邮电出版社

移动天线系统手册

藤本共荣 著
J. R. 詹姆斯

杨可忠 井淑华 译



人民邮电出版社

内 容 提 要

本书内容覆盖了陆地、海事、卫星和航空移动天线系统,全面介绍了相关的各种天线技术,包括:天线系统总论,移动天线系统的基本技术,无线寻呼机和便携电话的天线系统,汽车广播接收、火车通信和公共汽车等各种陆地移动系统的天线系统,移动卫星系统的天线系统,通信、导航及其他用途的各式各样的机载天线系统。最后在附录中给出了天线系统的术语汇编。

本书可供从事天线研究与设计工作的技术人员阅读,也可供大专院校相关专业的大学生和研究生参考使用。

移动天线系统手册

- ◆ 藤本共荣 J. R. 詹姆斯 著
杨可忠 井淑华 译
责任编辑 王晓丹
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京崇文区夕照寺街14号
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本:850×1168 1/32
印张:19.25
字数:509千字 1997年1月第1版
印数:1—3 000册 1997年1月北京第1次印刷

图 01-95-668

ISBN7-115-06408-3/TN·1166

定价:34.00元

版 权 声 明

本书为阿尔泰克出版社(美)独家授权的中文译本。本书的专有出版权属人民邮电出版社所有。在没有得到本书原版出版者和本书出版者的书面许可之前,任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本书的部分或全部,以任何形式(包括资料和出版物)进行传播。

©1994

本书原版版权属阿尔泰克出版社(Artech House)。

版权所有,侵权必究。

本书原版书名 Mobile Antenna Systems Handbook

作者 K. Fujimoto

J. R. James

译者前言

这是一本关于移动系统天线的书,所涉及的应用领域主要包括陆地、海事、卫星和航空移动系统,所描述的多数天线系统是应用于移动通信的,但是也有例外,例如,数据捕获天线系统则直接与导航、识别及其他应用有关。

本书有下面一些特点:

第一,天线的设计强调系统,因为天线是系统设计的一个有机组成部分。系统设计包括传播特性、局部环境条件、系统的构成和性能、信号噪声比和带宽特性、天线本身的结构布局、天线与制作技术的适应性以及易于操作性。不同的移动系统对天线有不同的要求,移动系统本身的特征大大影响天线设计。

第二,天线不再作为单一天线出现,也不再作为简单的天线单元本身来研究、讨论和设计,天线单元和设备必须一起作为天线系统处理。因此本书经常出现的是天线系统。天线系统的性能不是天线单元的性能,而是天线单元和设备所构成的天线系统的性能,这一点应予特别的注意。

第三,由于本书所讨论的天线系统涉及的应用领域是移动系统,

因此本书用了很大篇幅介绍各种移动系统的特点和要求,这似乎和天线系统本身没有多大关系,但是不弄清楚各种移动系统的特点便无法入手进行天线系统的设计,所以读者应耐心阅读有关移动系统特点的章节。

第四,本书强调实验研究,这是由移动系统所应用的天线系统本身特点所决定的。同样一种天线单元,在不同移动系统中,由于周围设备、操作者靠近天线的程度以及环境条件的不同,其辐射特性、阻抗特性有很大差异,而周围设备、操作者靠近天线的程度及环境条件是难以用数学方程描绘的。读者应改变观念才能激发阅读兴趣。

本书是杨可忠、井淑华二位同志合译的,其中第1~4章是杨可忠翻译的,第5~7章是井淑华翻译的。杨可忠审校了全部译稿。由于水平有限,译稿不可避免地存在许多不妥之处,恳请读者指正。

译者

1996年6月

前 言

世界范围旅行的人越来越多,同时他们还希望彼此保持联系。因此,移动通信毫无疑问是现代电子领域最富有活力、最富有发展前途和令人鼓舞的领域之一。我们高兴地将本书奉献给从事移动天线系统研究工作的读者。因为许多原因使天线成为吸引人的研究课题,所以我们的任务总是富有刺激性的。

没有几个课题能像移动通信那样,称得上是日常生活中的要素。但多数人对天线了解甚少,或许认为天线随处可见,没有什么可发明创造的了。例如人们只凭日常积累的经验就可调谐他们所使用的便携无线电话的鞭状天线。振子天线和八木天线是常见的天线,但是其应用是不同的,设计和性能上也隐含着细微的差别。人们正在继续开发新型天线:印刷天线是新材料和现代计算技术相结合的特例。新型印刷辐射器的出现同样促进了许多新型通信系统的问世。创新的势头和应用似乎没有尽头。移动通信在世界范围内已成为天线发展的主要动力。估价天线的不可知因素和也许最困难的事情是往往不经过充分的设计工作就在新系统中采用常规型天线。新系统的设计应该是高人一筹的,而对于工业开发部门和科研单位,承担设计成本很高。天线设计的核心问题就是使天线满足更为苛刻的技术要求,并且超越原有天线形式,满足新的系统要求。在许多系统中,要求优化的参数是:小尺寸,带宽,坚固性,易于操作,以及更重要的一点,即降低加工成本。许多学术杂志和会议都反映了这方面的工作难度,以及对富有创新精神、有丰富经验的天线设计师的需求。天线系统设计已成

为具有吸引力的领域。

我们相信,本书是有关天线技术状态的一份及时的报告。本书全面介绍了有关通信、雷达、导航等各种天线技术,而其他一些书都不是如此全面。本书的特点是强调系统设计,因此书中没有过多地介绍基本天线理论,而是通过实际使用来说明哪些应用通常是可以实现的,系统要求是什么,在什么范围内可进一步发展或改进。我们认为许多读者是天线专家,他们谙熟数字、物理;或者虽然有些读者不是天线专家,但与电子系统设计有某些联系;当然读者中也有许多研究生,虽然他们不一定从事天线设计工作,但是将依然会遇到作为现代系统设计一个方面的电磁辐射问题。

我们作者自己在工业部门及学术上的经历也曾涉及许多天线研制工作。作者之一,藤本共荣从1953年开始就从事车载通信的研究和开发,逐渐意识到一本完整的移动通信天线的著作将会受到读者的欢迎。事实上,过去不但一些通信工程师,并且有时也有一些天线设计师低估了天线的重要性。另一位作者,J. R. 詹姆斯广泛研究了电磁防护系统,尤其是最近又研究了印刷天线。詹姆斯(合作者有A. 汉德森和平泽一浩)于1987年写了专著《小天线》。我们都深深地认识到系统要求对天线设计的影响,并且也认识到移动通信对天线的要求驱动着天线的发展进程。最重要的是要求更为“系统化”的设计方法,宣传这一观点是本书的重点之一。1981年在东京举行的天线与传播年会上,我们首先介绍了关于移动天线系统这本新书的概要,尔后于1990年我们邀请了来自欧洲、美国和日本的德高望重、经验丰富的专家参加写作小组。

本书的目的是要覆盖陆地、海事、卫星和航空移动系统这些有重要意义的领域,也包括了导航,但是没有包括以前的常规海事和航空系统,而代之以卫星系统。当我们组织本书章节时,注意了天线分类的方法:按类型、按频率和按应用分类等等。对于系统的阐述,按应用进行分类是常用的方法。用主要章节分别阐述了陆地、海事、卫星和航空移动系统。最后一章是术语汇编,给出了分类资料和其他一些有

重要参考作用的细节。每章都特别注意与传播问题有关的设计因素、工作要求和环境条件；相当详细地讨论了最重要的传播问题、多路径传播引起的衰落和时延效应；同时介绍了为克服多路径衰落，为小型便携终端而设计的空间分集系统；还讨论了各种系统参数与天线设计的关系，例如通信区域、调制系统、频谱、干扰、系统信号噪声比(S/N)以及误比特率(BER)等。移动系统的个人化要求移动设备体积小，这就要求天线缩小尺寸。有时也要求天线的电尺寸小。本书还讨论了环境条件，环境条件不可避免地直接影响移动系统的性能。设计天线时必须考虑邻近效应的影响，书中作为一个重要问题进行了讨论，邻近效应是天线与设备外壳、前端电路或操作者之间的相互作用而产生的。

本书分八章^①。第一章是天线系统总论，回顾了移动通信及有关天线技术的发展历程，描述了现代化移动系统天线设计概念。第二章讨论了移动天线系统的基本技术，也研究了有关电波传播、无线电传输、频率选择、通信区域和干扰等其他问题。接着又介绍了天线系统的要求，其中主要是邻近效应、分集方案及移动环境中的天线性能估算。第三章涉及移动天线系统的基本问题，例如电波传播、基站和移动站天线的设计和应用以及分集系统。

第四章描述了无线寻呼机和便携电话的天线系统。第一部分介绍了寻呼接收机各种天线的基本原理和性能，还介绍了不同形状(例如常用的矩形盒、笔型和信用卡型等)的寻呼接收机天线的设计；第二部分介绍了便携电话天线；最后在第三部分讨论了便携和移动天线系统的安全问题。

第五章讨论了汽车广播接收、火车通信和城市公共汽车等各种陆地移动系统所使用的天线分系统。汽车广播接收分集天线系统的设计技术类似于其他移动系统。此外，最近的发展趋向是，汽车应能接收调频多路复用系统广播的交通信息；还提出了运动中的汽车能

① 包括附录共八章——译者注。

接收电视节目的要求。本章还介绍了另外一种奇特的移动系统,该系统工作于低频段,使用铁氧体天线。一般铁氧体天线只用于接收,但在本书所介绍的公共汽车管理系统中,铁氧体天线既用于发射,也用于接收。

第六章介绍了移动卫星系统的天线系统,包括陆地、海事和航空应用。本章的前半部讨论了卫星天线系统,例如 ETS-V、IN-MARSAT 和 MSAT 卫星,介绍了它们的结构和性能。本章的第二部分介绍了用于卫星导航和卫星广播接收的火车和汽车所使用的天线系统。

第七章描述了通信、导航及其他用途的各式各样的机载天线系统。最后,附录是天线系统的术语汇编,按照与陆地、海事、卫星和航空系统相关的天线及移动终端的类型用表格形式分类列出,同时还列出了有关频带、典型天线类型和它们应用的参考表。

至于将来,有迹象表明,移动通信的潜力之大足以改变全球通信的基础和规模。利用个人化移动通信设备可实现全球的个人通信,到时将与时间、地点和距离无关,人们均可彼此直接通信。如此超前的概念必定要求使用小型而高度精制的天线系统。到那时,体现综合智能的天线将制作得更小巧。希望本书有助于深入理解移动天线系统的设计。本书通过提供易于入门的技术资料和数据,以期促进先进天线系统的进一步发展。

我们真诚地感谢合作者们从他们忙碌的日程中抽出时间完成本书的写作,我们也非常感谢书评家们的认真和高明的建议。我们感谢出版执行编辑 J·兰克舍尔博士,她始终保持无限的热情和十足的干劲,没有这些,本书便不会按计划出版。在此,我们也向曾提供过各种技术资料(多数资料是首次公开的)以及在各方面以不同方式支持我们的同仁们表示感谢。

藤本共荣

J. R. 詹姆斯

1994 年 4 月

目 录

第一章 移动系统天线综述	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 发展趋势	(5)
1.2.1 通信	(5)
1.2.2 信息特征	(6)
1.2.3 传播环境	(7)
1.2.4 海事系统	(9)
1.2.5 航空系统	(9)
1.3 现代天线设计概念	(10)
1.4 本书的目的	(12)
参考文献	(13)
第二章 移动天线系统设计的基本技术	(15)
2.1 移动通信系统	(15)
2.1.1 移动通信技术	(15)
2.1.2 移动系统使用的频率	(20)
2.1.3 系统设计和天线	(23)
2.2 陆地移动传播的基本原理和预期模型	(25)
2.2.1 陆地移动通信的传播问题	(26)

2.2.2 传播模型和场强	(26)
2.2.3 平坦地面上的两波理论公式	(28)
2.2.4 一些已发表的模型	(30)
2.2.5 李氏方法的概要和各种表达形式	(31)
2.2.6 全预期模型	(51)
2.2.7 多路径衰落模型	(54)
2.2.8 海事和航空移动系统	(58)
2.3 天线设计	(59)
2.3.1 对移动天线的要求	(59)
2.3.2 近导体天线	(64)
2.3.3 分集技术	(72)
2.4 移动环境中天线性能的估算	(78)
2.4.1 移动环境中天线性能的理论表示	(80)
2.4.2 入射波的统计分布模型	(84)
2.4.3 振子天线的 MEG 特性	(88)
2.4.4 极化分集的相关性特性	(94)
参考文献	(99)
第三章 陆地移动天线系统 I :基本技术和应用	(103)
3.1 天线	(103)
3.2 传播问题	(106)
3.2.1 天线高度和传播环境	(106)
3.2.2 传播研究的最近发展趋向	(109)
3.3 基地站天线技术	(110)
3.3.1 天线系统要求	(110)
3.3.2 天线类型	(113)
3.3.3 赋形波束天线的设计	(116)
3.3.4 分集天线系统	(124)
3.3.5 天线的交调问题	(129)
3.4 移动站天线技术	(130)

3.4.1 系统要求和天线性能	(131)
3.4.2 天线类型	(134)
3.5 车载移动电话天线的发展	(141)
3.5.1 设计考虑	(142)
3.5.2 天线的进展	(142)
3.5.3 分集天线	(146)
3.5.4 双频天线	(148)
3.5.5 系统兼容天线	(149)
参考文献	(150)
第四章 陆地移动天线系统 II : 寻呼机、便携式电话和	
安全装置	(154)
4.1 寻呼机天线设计的实际需求和约束条件	(154)
4.1.1 人体对天线的影响	(157)
4.1.2 加工方面的问题	(161)
4.1.3 寻呼机天线性能的测量	(163)
4.1.4 袖珍式寻呼机的尺寸限制	(166)
4.1.5 要点	(166)
4.2 寻呼机类型和性能	(167)
4.2.1 设计考虑	(167)
4.2.2 袖珍型寻呼机	(173)
4.2.3 卡片型寻呼机	(176)
4.3 便携式电话天线的设计技术	(179)
4.3.1 设计考虑	(180)
4.3.2 天线类型	(181)
4.3.3 天线分集	(190)
4.3.4 结论	(192)
4.4 便携式电话天线系统	(193)
4.4.1 系统设计	(193)
4.4.2 手持系统	(206)

4.4.3 可移式系统	(213)
4.5 便携式天线和移动通信天线设计的安全考虑	(222)
4.5.1 射频能量的照射及射频通信设备用户的安全措施	(222)
4.5.2 电磁能量的比吸收率	(226)
4.5.3 SAR 的测量和安全标准	(227)
4.5.4 移动无线电台的照射	(229)
4.5.5 便携无线电设备对操作人员的照射	(231)
4.5.6 SAR 峰值	(236)
4.5.7 结论	(240)
参考文献	(243)
第五章 陆地移动天线系统Ⅲ:轿车、火车、公共汽车	(247)
5.1 轿车广播接收天线系统	(247)
5.1.1 引言	(248)
5.1.2 FM 多路径传播的信号分析	(250)
5.1.3 多路径接收引起的 FM 失真	(256)
5.1.4 AM 和 FM 单天线接收	(262)
5.1.5 FM 天线分集系统	(279)
5.1.6 FM 多天线系统	(287)
5.2 轿车电视接收天线系统	(298)
5.2.1 后侧窗印刷天线	(299)
5.2.2 AM、FM 和 TV 接收的三单元天线系统	(303)
5.3 日本新干线(新型子弹头式火车)天线系统	(311)
5.3.1 引言	(311)
5.3.2 火车无线电通信系统	(312)
5.3.3 天线系统	(314)
5.4 城市公共汽车管理天线系统	(317)
5.4.1 引言	(317)
5.4.2 天线系统设计	(319)
5.4.3 一个实际系统	(323)

参考文献	(328)
第六章 移动卫星系统的天线	(330)
6.1 引言	(330)
6.2 车载天线的系统要求	(333)
6.2.1 机械特性	(333)
6.2.2 电气特性	(334)
6.2.3 传播问题	(339)
6.2.4 降低衰落技术	(343)
6.2.5 座架系统	(354)
6.2.6 跟踪/指向系统	(358)
6.3 移动卫星通信用全向天线	(360)
6.3.1 综述	(360)
6.3.2 四线螺旋天线	(360)
6.3.3 交叉倾斜振子天线	(361)
6.3.4 贴片天线	(362)
6.4 移动卫星通信定向天线	(363)
6.4.1 INMARSAT 天线	(363)
6.4.2 PROSAT 计划中的定向天线	(378)
6.4.3 ETS-V 计划中的定向天线	(383)
6.4.4 MSAT-X 计划中的定向天线	(401)
6.4.5 MSAT 计划中的定向天线	(407)
6.5 GPS 天线系统	(409)
6.5.1 GPS 天线的一般要求	(409)
6.5.2 四线螺旋天线	(411)
6.5.3 微带天线	(416)
6.5.4 GPS 接收阵列天线	(419)
6.6 卫星广播天线系统	(422)
6.6.1 DBS 接收移动天线的要求	(422)
6.6.2 天线跟踪方法综述	(424)

6.6.3 机械跟踪天线	(425)
6.6.4 机械和电跟踪相结合的天线	(430)
参考文献	(437)
第七章 航空移动通信天线系统	(441)
7.1 传播问题	(441)
7.2 一般要求和要点	(442)
7.3 通用机载天线	(446)
7.3.1 VLF/LF/MF 天线	(446)
7.3.2 HF 通信天线	(450)
7.3.3 VHF/UHF 天线	(455)
7.4 新型圆极化天线	(472)
7.4.1 交叉对称振子天线	(472)
7.4.2 交叉隙缝天线	(474)
7.4.3 螺旋天线	(475)
7.4.4 圆锥螺旋天线	(479)
7.4.5 腔体里衬平面螺旋天线	(482)
7.4.6 四线螺旋天线	(485)
7.4.7 微带贴片天线	(487)
参考文献	(493)
附录 汇编	(496)
A.1 天线分类	(497)
A.1.1 对称振子派生天线	(497)
A.1.2 环天线和隙缝天线的派生天线	(499)
A.1.3 材料加载	(499)
A.1.4 印刷单元	(500)
A.1.5 平衡——不平衡变换器的要求以及非理想的地平面	(501)
A.1.6 天线阵和分集系统	(501)
A.1.7 A.2 至 A.6 节所用的关键符号和首字母缩略语	(513)
A.2 陆地移动系统	(515)

A. 2. 1 汽车	(515)
A. 2. 2 便携设备	(524)
A. 2. 3 火车	(530)
A. 2. 4 基站	(530)
A. 3 海事系统	(532)
A. 4 航空系统	(535)
A. 5 卫星系统	(547)
A. 6 典型的天线类型及其应用	(549)
参考文献	(552)
缩略语	(559)
作者简介	(564)
索引	(566)