

移动通信系列书之一

移动通信 设计原理

〔美〕威廉 C.Y.李 著

邱兆祥 译

詹汉强 段玉平 审校

科学技术文献出版社

PDG

73.458
420

移动通信设计原理

[美]威廉 C.Y. 李 著

邱兆详 译

唐汉强 段玉平 审校



科学技术文献出版社

1990

9110199

内 容 简 介

本书系国际知名移动通信专家〔美〕威廉C·Y·李博士所著的移动通信系列著作之一,内容包括:移动的无线电环境、传播损耗的预测、移动通信中衰落的影响与减少衰落的方法、移动无线电干扰问题、频率的设计与有关电路、基地电台的参数设计、移动台的参数设计、信号传输与信道通路以及系统有关的各种问题等。

本书资料丰富、内容全面、条理清晰、论证简明扼要、工程实用性强。

本书可供从事移动通信或频率管理工作的科研、工程、制造、维护管理的工程技术人员与大专院校师生阅读参考。

2024/25

Mobile

Communications

Design Fundamentals

william C.Y.Lee

移动通信设计原理

〔美〕威廉C.Y.李 著

邱兆详 译

詹汉强 段玉平 审校

科学技术文献出版社出版

保定列电印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092毫米 16开本 15 7/8印张 400千字

1990年8月第一版 1990年8月第一次印刷

印数 精装1—1000册 平装1—1200册

科技新书目: 202-130

ISBN7-5023-0873-3/TN·44

(精)定价: 11.50元

前 言

建立一个移动无线电通信系统要比建立一个固定的陆地上无线电通信系统困难得多。由于地面等高线的缘故，无线电通信链路本身是有弱点的。当车辆移动时，信号会产生衰落。要保持无线电通信链路的连续性就更加困难了。

根据这些问题，任何一个设计者，当他着手设计移动无线电通信系统时，必然要涉及到下面几个问题：

1. 如何确保在无线电作用范围内成为一个良好的通信系统。
2. 要解决几个面临的问题：（1）衰落问题；（2）干扰问题；（3）系统容量问题。
3. 应该考虑到信号的频谱和现有的设备状况。

本书为设计工作者提供了许多移动无线电通信系统所需要的基础知识和设计原理。内容如下：

1. 无线电作用范围内，地区对地区的路径损耗的预测方法；
2. 每个特定通信链路路径损耗的预测方法；
3. 良好的接收天线的设计意见；
4. 降低衰落的分集式电路；
5. 频谱的利用；
6. 蜂窝状的移动通信系统的介绍；
7. 基地电台的参数设计；
8. 移动电台的参数设计；
9. 信息系统所使用的信号和信道；
10. 除陆地移动通信系统以外的移动通信系统的介绍。

本书力求较少的数学内容，而以实际论证为主，使读者学习起来比较容易。如有读者对更多的数学推导感兴趣可参考麦克格劳·希尔所发表的移动通信工程中提供的有关资料。

〔美〕威廉 C.Y.李 著

序

有人说现代社会是信息社会，有的人不尽同意，但是大家有一个共识：社会进步离不开通信事业的发展，各种社会活动越是提高效益，越要有完善发达的通信保障。先进的通信技术与设施，使许多过去难以想象的事成为现实，过去要花很长时间才能办到的一些事，现在分秒之间就能办成。现代通信深入千家万户，成为人们社会生活中随时随地不可缺少的一种重要工具。人们不但要求沟通点线间的联系，而且要求覆盖整个活动面的信息流通；不但要求在固定地点更快更好地传递信息，还要求能在汽车、火车、轮船和飞机上，即在运动中实现通信联络。因此，移动通信日益成为当今世界上发展最快的通信领域之一，受到广泛的重视与应用。

现代移动通信与早期移动通信相比，在量与质的方面发生了很大变化。例如在网络组织、频率管理、信息交换、设备制造、工程设计等方面采用了许多复杂的新技术，同时配备有一套科学管理的新方法。只有认真学习和掌握，才能更好地适应各方面对移动通信急剧增长的需求，又不致盲目发展，造成通信混乱与资财浪费。李建业博士是国际知名的移动通信专家，现在担任美国pactel移动通信公司负责规划和发展工作的副总裁，在开发和设计移动通信系统方面已有二十多年的经验，学术研究方面也有很深造诣。他曾参与美国贝尔实验室蜂窝式移动电话系统的分析与设计，建立了移动通信传播衰减的模型，研究过减少多径衰落影响的方法，对移动式天线和极化效应等进行过研究，先后发表了五十多篇关于移动通信方面的论述。他还是IEEE的成员，IEEE“移动技术”学报的编辑之一。他在这方面所著的第一本书《移动通信工程》，我国已广为流传。本书是李博士所著的关于移动通信的第二本书，资料丰富、内容全面、条理清晰、论证简明扼要，工程实用性强。相信此书对我国从事移动通信或频率管理工作的科研、工程、制造、维护管理的技术人员与大专院校师生将会有所裨益。李建业先生一九八八年九月曾来北京讲学，给我们留下了深刻的印象，并看到他带来的关于移动通信第三本书的样本。我们期待着他的新著出版，并且希望在发展移动通信技术方面能与各国同行们有更多的交流。

这几年，我国移动通信事业发展十分迅速，无论是公众移动通信业务，还是专用移动通信业务都在积极建立之中。广东、北京、上海、重庆等地已陆续开放了公用蜂窝式移动通信业务；国防、公安、石油、电力、银行、车辆调度、以及部分工矿企业等专用移动通信系统，或者正在规划建设，或者已经初具规模，都取得了良好的社会效益与经济效益。为了适应这种可喜的发展趋势，高级工程师邱兆祥在加拿大逗留期间，热心地翻译了《移动通信设计原理》这本书，回国后又请有关专家帮助校订，并在有关部门支持下得以出版。在此，用书数语，以志介绍。

李 力

1988年10月

译 者 的 话

近几年来,以电子技术为中心的技术革命,大大促进了产业的发展,在经济活动领域中,充分利用信息系统,进一步提高了工作效率。同时,在社会和家庭生活中,为适应日益丰富的精神和文化生活的需要,人们要求表现形式更为丰富的信息,需要进一步信息化。当前,通信和计算机相结合的技术时代特征更为显著,世界各地的网络系统已日趋完善,我国的网络系统也逐步形成。随着管理系统、控制系统、信息系统和知识系统的形成,将对社会产生重大而有益的影响。

在通信与网络技术领域中,移动通信是其中不可缺少的一部分,它具有灵活、方便而迅速的特点,是一种高效的信息通信手段,尤其对野外工作,如林业、石油、地质、水文、测绘和考古等显得格外重要。当代交通运输、国防、安全、航天和海洋等部门的工作,也离不开移动通信——这一现代化的通信工具。目前国际上大容量公众移动通信技术已经成熟,并逐步推广使用,各国都积极发展中继线移动调度电话系统,提出应用“没有中心控制器、使用多道接入技术”的移动通信业务。而且在移动通信业务中传输新的信息——数字信息。

正当我国急需发展应用移动通信技术之际,我在加拿大读到了W.C.Y.Lee博士所著的移动通信专著,李博士从六十年代起就研究移动通信,是世界上从事这方面研究的专家。今年九月,我们邀请李博士来华讲学,详细讲授了他的技术理论与经验,他的专著共有四本:《移动通信设计原理》、《移动通信工程》、《蜂窝式移动通信系统》和《移动数字通信》,这里出版的是《移动通信设计原理》,另外两本将在最近陆续出版。李博士正在编写第四本,一旦完成,我将立即推荐给我国的读者。

李博士的系列著作,系统地全面地阐述了移动通信的技术与理论,如传播特点、传播损耗、调制方式、组网设计与系统性能等。他用不同的数字模型及丰富的经验参数,并结合国外许多先进的移动系统作为实例,势必对解决移动通信方面的问题很有实效。本书内容新颖,希望对我国从事这方面研究、管理与实践的广大科技人员能有所裨益。

本书在翻译出版过程中,承蒙李力同志的指导,王柱曾、李默芳、史月华、张沁磐、许道通等同志对译文进行了详细的校订,并提出了许多极其宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。由于译者水平所限,书中缺点与错误,在所难免,敬请读者批评指正。

译 者

1988年12月

目 录

前言

序

译者的话

1 移动的无线电环境

1.1 移动的无线电信号显示	(1)
1.1.1 无线电移动环境的描述	(1)
1.1.2 场强的表示	(2)
1.1.3 移动无线电信号的表示法	(4)
1.2 传播路径损耗产生的原因	(4)
1.3 衰落的原因	(5)
1.3.1 长期衰落 ($m(t)$ 或 $m(x)$)	(5)
1.3.2 短期衰落 ($r_s(t)$ 或 $r_s(x)$)	(8)
1.3.3 信道分类	(13)
1.3.4 气候效应	(15)
1.4 可逆性原理	(16)
1.5 必要术语的定义及其应用	(17)
1.5.1 平均数	(17)
1.5.2 概率密度函数(pdf)	(19)
1.5.3 累积概率分布(CPD)	(23)
1.5.4 电平通过率(lcr)和衰落的平均持续时间(adf)	(27)
1.5.5 相关和功率谱	(27)
1.5.6 延迟传播、相关带宽、码间干扰	(33)
1.5.7 置信区间	(36)
1.5.8 误报警率和误字率	(37)

2 传播损耗的预测

2.1 预测传播损耗的基本原理	(41)
2.2 测量取得的有意义的传播损耗数据	(41)
2.2.1 长度L的确定	(41)
2.2.2 确定 40λ 所要求的取样点数	(42)
2.2.3 移动路径和无线电波路径	(44)
2.3 平坦地形上方的预测	(46)
2.3.1 地面反射点的测定	(46)
2.3.2 地面粗糙度的分类	(47)
2.3.3 地面波的反射系数	(50)
2.3.4 传播路径损耗的预测模型	(51)
2.3.5 路径损耗的理论模型	(51)

2.3.6	面到面的路径损耗预测模型	(53)
2.3.7	奥科玛拉等人的模型	(57)
2.3.8	不同环境路径损耗的通用公式	(59)
2.4	点对点的预测(山区地形)路径损耗	(61)
2.4.1	无障碍条件下点对点的预测	(61)
2.4.2	在障碍条件下点对点的预测——阴影损耗	(68)
2.5	其它因素	(71)
2.5.1	树叶的影响	(71)
2.5.2	街道走向信道效应	(71)
2.5.3	隧道及高架桥下通道效应	(72)
2.6	点对点的预测指数	(72)
3	衰落的计算与减少衰落的方法	
3.1	振幅衰落	(81)
3.1.1	电平通过率(lcr)	(81)
3.1.2	衰落平均持续时间	(85)
3.1.3	衰落持续时间的分布	(86)
3.1.4	移动台的两副密排天线包络的相关性	(86)
3.1.5	功率谱	(88)
3.2	随机调相和随机调频	(90)
3.2.1	随机相位 $\psi_r(t)$	(90)
3.2.2	随机调频相位 $\psi_f(t)$	(90)
3.3	选择性衰落和选择性随机调频	(91)
3.3.1	选择性衰落	(91)
3.3.2	随机调频的选择性	(92)
3.4	分集式方案	(93)
3.4.1	宏观分集(用于独立的天线场地)	(93)
3.4.2	微观分集(用于天线位置在同一地区)	(93)
3.5	合成技术	(95)
3.5.1	分集方案中的合成技术	(95)
3.5.2	降低随机信位的合成技术	(97)
3.6	衰落环境中的误码率和误字率	(100)
3.6.1	在高斯噪声环境中	(100)
3.6.2	在瑞利衰落环境中	(102)
3.6.3	减少错误的分集式传输	(103)
3.6.4	不可降低的比特差错率	(103)
3.6.5	总的比特差错率	(103)
3.7	高于小区电平(固定移动电台)的信号强度的计算	(106)
3.8	单边带(SSB)调制	(108)
4	移动无线电干扰	
4.1	噪声限制与干扰限制的环境	(115)

4.1.1	噪声限制的环境	(115)
4.1.2	干扰限制的环境	(115)
4.2	同信道与邻信道干扰	(115)
4.2.1	同信道干扰	(115)
4.2.2	邻信道干扰	(116)
4.3	交调 (IM)	(119)
4.3.1	通过功率放大器	(119)
4.3.2	通过硬限幅器	(122)
4.4	近端对远端的比率	(123)
4.5	码间干扰	(125)
4.6	电视与无线电同时联播的干扰	(126)
4.7	局部散射体的半径	(127)
5	频率设计和有关电路图	
5.1	信道规划和频率复用	(133)
5.1.1	信道电路	(133)
5.1.2	重复频率	(134)
5.2	频分多路复用 (FDM)	(135)
5.2.1	频分多路复用信号抑制	(135)
5.2.2	频分多路复用信号失真	(137)
5.3	时分多路复用 (TDM)	(140)
5.3.1	时分多路复用缓冲器	(141)
5.3.2	时分多路复用防护时间	(141)
5.3.3	比特率和帧率	(142)
5.3.4	时分多路复用系统的效率	(142)
5.4	扩谱和跳频	(143)
5.4.1	扩谱	(143)
5.4.2	跳频 (FH) 系统	(144)
5.5	蜂窝状的概念	(149)
5.5.1	引言	(149)
5.5.2	频率复用和小区分隔	(149)
5.5.3	过区交接	(150)
5.5.4	小区分裂和功率减小	(151)
5.5.5	降低近端对远端比干扰	(152)
6	基地电台的参数设计	
6.1	天线位置	(155)
6.2	天线间隔和天线高度	(156)
6.2.1	天线方向的相关性	(157)
6.2.2	天线高度/间隔的相关性	(157)
6.2.3	频率的相关性	(160)
6.3	天线的布置	(161)

6.3.1	定向天线	(161)
6.3.2	倾斜天线结构	(162)
6.3.3	分集式天线的布置	(163)
6.3.4	垂直间隔的解释	(163)
6.3.5	水平间隔的实际考虑	(167)
6.4	噪声环境	(169)
6.4.1	汽车噪声	(169)
6.4.2	电力线噪声和工业噪声	(170)
6.5	载波噪声比	(171)
6.5.1	场强在分贝微伏与分贝毫瓦间的变换	(171)
6.5.2	场强与接收功率间的关系	(173)
7	移动台的参数设计	
7.1	天线间隔和天线高度	(177)
7.2	移动台保持静止及运动	(178)
7.3	独立采样和采样率	(179)
7.4	多种结构的定向天线	(180)
7.4.1	定向天线	(180)
7.4.2	移动台的分集式方案	(181)
7.4.3	定向天线阵与空间分集方案之间的不同	(182)
7.5	频率的相依性与非相依性	(183)
7.5.1	空间分集的工作频率相依性	(183)
7.5.2	频率分集的工作频率的非相依性	(184)
7.6	环境噪声	(185)
7.7	在移动台天线的接法及位置	(187)
7.7.1	联接天线时阻抗的匹配	(188)
7.7.2	车体上的天线位置	(189)
7.7.3	垂直安装	(190)
8	信号传输与信道通路	
8.1	信号传输设计的准则	(195)
8.2	误报警率	(195)
8.3	误字率	(196)
8.3.1	在高斯环境中	(196)
8.3.2	在瑞利环境中	(198)
8.3.3	瑞利衰落环境中快衰落的原因	(198)
8.3.4	瑞利衰落环境中,慢衰落情况	(202)
8.3.5	慢衰落与快衰落情况的对比	(204)
8.4	信道分配	(204)
8.4.1	同信道分配	(204)
8.4.2	小区内的信道分配	(206)
8.4.3	信道复用	(207)

8.4.4	信道借用	(209)
8.5	交换容量的考虑	(210)
9	其它有关系统	
9.1	宽带信号的传输	(223)
9.1.1	无线电移动环境中的CW(窄带)传输	(223)
9.1.2	无线电移动环境的宽带传播路径损耗	(224)
9.2	便携式电话系统	(226)
9.2.1	传播路径损耗	(227)
9.2.2	人体效应	(229)
9.2.3	系统控制的考虑	(229)
9.3	空对地的通讯	(230)
9.3.1	传播路径损耗	(230)
9.3.2	同信道间隔	(230)
9.3.3	高度范围的考虑	(232)
9.3.4	频率分配设计和功率控制	(233)
9.4	陆地上移动/卫星通讯系统	(234)
9.4.1	传播路径损耗	(235)
9.4.2	噪声	(237)
9.4.3	衰落	(237)
9.4.4	应用	(239)

1.1 移动的无线电信号显示

本书中所描述的移动无线电信号主要是地面移动信号。因为地面移动无线电信号的环境是独特的，也是复杂的，许多研究工作已经涉及到这一领域。为了设计移动无线电信号的模型，首先让我们设法了解一下移动的无线电环境。

1.1.1 无线电移动环境的描述

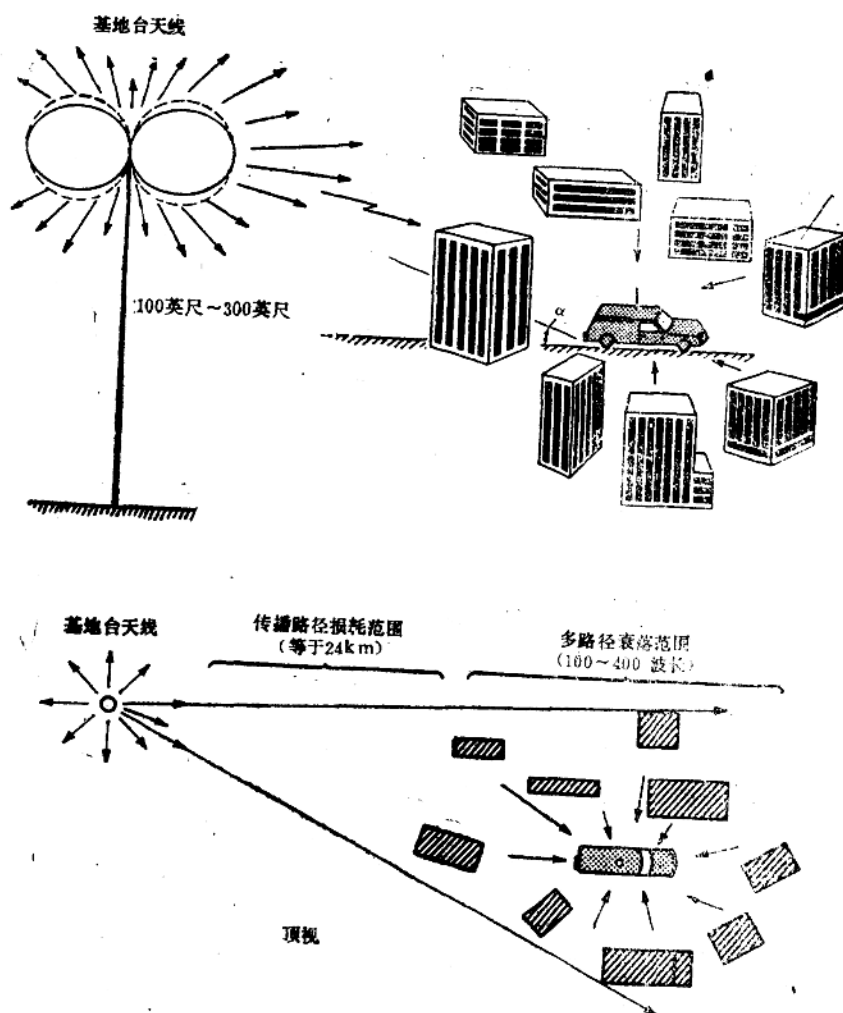


图1-1 移动无线电环境的说明

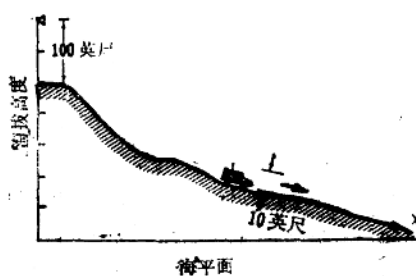
波的传播机理是严密地受传播频率的波长的影响。在人为的世界里，郊区有许多建筑物和18到30米宽及12到30米高（60到100英尺及40到100英尺）的房屋，甚至市区也有较大的建筑物和高大的烟囱。假若这些房屋和建筑物的尺寸相当于传播频率的波长时，那么这些建筑物就会变成自然的散射体，从而在某个频率上形成反射波。因此，本书所论述的移动无线电环境是假定：只要移动无线电台的天线高度比房屋和建筑物低很多，那么所有的房屋和建筑物都是自然的散射体。在这些条件下，传播频率必须选在30兆赫以上，以形成多路径传播媒质。因此，移动无线电多路径环境的频率范围是30兆赫以上。基地台到移动台通信链路的长度通常小于24公里（15英里）。因此，不需要考虑无线电通信距离（有没有无线电路径损耗，要取决于地球弯曲的程度）。当干扰信号来自24公里（15英里）以外时，通常，在无线电直线通信距离内存在附加无线电路径损耗，并且干扰效应变得很弱。地球的自然弯曲有助于降低干涉并且使得系统的设计更容易处理长距离干扰。在移动无线电环境中，郊区和小城镇基地台的天线高度通常为30到91米（100到300英尺），大城市基地台的天线高度超过91米（300英尺）。移动台天线高度大约为3米（10英尺）。基地台天线高度经常超过它周围地区建筑物的高度，而移动台天线好像是淹没在环境之中。基地台和移动台之间的通讯链路的人为环境，决定了总的传播路径损耗。

通过对环境的描述，我们可以知道，移动台将接收到一个直射波和许多反射波。移动台所接收到的反射波同样来自 360° 不同的角度，如图1-1所示。这里应该指出，经常呈现的是直射波，并且接收到的往往是比较强的信号。但是，移动通讯系统的设计不可能以这种最佳的情况为基准，而应考虑干扰区域，以正常出现的弱信号或无方向波的情况为基准。移动台接收到的所有反射波将会导致多路径信号衰落。

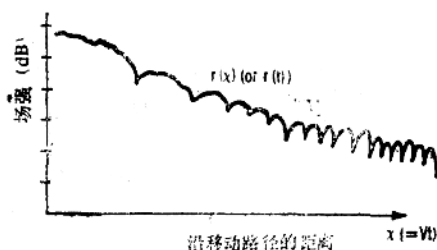
1.1.2 场强的表示

信号场强可以用空间距离的函数来表示，即空间域，也可以用时间的函数来表示，即时间域。一旦基地台发射天线位置及其高度被固定（图1-2A），那么场强（即空间沿 x 轴接收的信号 $s(x)$ ）的包络 $r(x)$ ，就被确定如图1-2B所示。当接收机天线高度为地面大约3米（10英尺），用移动的接收机测量沿 x 轴的每一点场强。移动台远离基地台时，沿 x 轴接收的场强显示出剧烈的波动。我们既可以通过把场强与地理位置联系起来研究场强 $r(x)$ ，也可以通过在每一个相应点的所谓局部平均值（见1.3.1）所得到的场强数据的平均值来研究场强 $r(x)$ 。当测量数据平均值时，移动台的速度 V 必须保持恒定，当速度保持恒定时，时间轴（ $t = x/V$ ）可变换为空间轴。当移动台具有48公里/小时及24公里/小时速度（30英里/小时及15英里/小时）时，场强 $r_1(t)$ 和 $r_2(t)$ ，可分别见图1-2C和1-2D所示。比较两图可以清楚地看到，图1-2C中的 $r_1(t)$ 的波动比1-2D中的 $r_2(t)$ 的波动快得多，但是，他们可以作成按照相同比例绘制空间轴，如两图所示。若在接收信号时，移动台不保持恒定的速度，则作为时间函数的速度变化的信息必需记录下来。具有各种速度的场强如图1-2E所示。在处理数据以前，必须把图1-2E的信号场强 $r(t)$ 变换为图1-2B所示的 $r(x)$ 。这种处理叫做速度加权变换。这种变换方式如图1-3所示。在时间域内，以相同间隔将数据数字化。图1-3A表示了时间域的速度曲线，为了方便起见

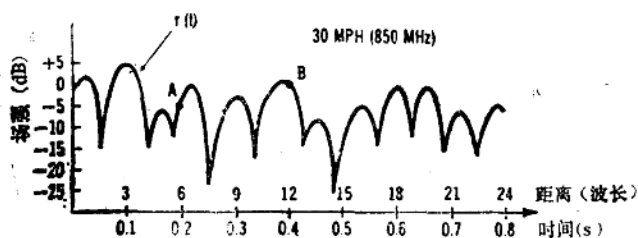
常常将所有点的数据从时间域变换为空间域如图1-3B所示。



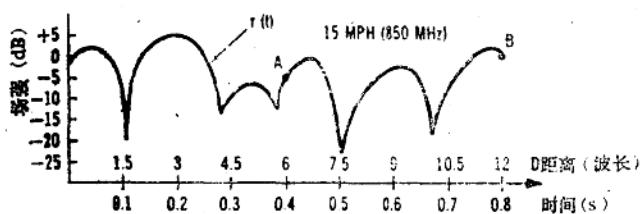
(A) 基地台天线位置的地形结构



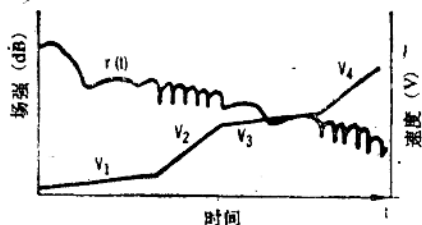
(B) 沿空间X轴的S(X)



(C) V 高速



(D) V 低速



(E) V 各种速度

图1-2 场强的特性

场强从时间域变换为空间域的另一种方法是：车轮运转速度与场强记录装置速度保持同步。这种方法不需要速度加权变换。这两种变换方法都是有用的。时间域中表达的 $r(t)$ 常用于研究信号衰落现象。空间域中表达的 $r(x)$ 常用于生成传播路径损耗曲线。

1.1.3 移动无线电信号的表示法

移动无线电台运动时，接收到的是移动无线电信号。在这种情况下，所观察的接收信号场强（也称作衰落信号）是根据时间 t ，或空间 x ，所形成的曲线如图1-2所示。当工作频率变得较高时，衰落信号变化更剧烈。当移动无线电台运动远离基地电台发射机时，衰落信号 $\bar{r}(x)$ 或 $\bar{r}(t)$ 的平均信号电平就减小。以后将定义衰落信号（场强）的平均信号电平。平均信号电平的降低叫作传播路径损耗。

1.2 传播路径损耗产生的原因

在自由空间，传播路径损耗产生的原因是频率 f 和距离 d 所造成，如方程式1.2-1所示。

$$\frac{P_{or}}{P_t} = \frac{1}{(4\pi dc/f)^2} = \frac{1}{\left(4\pi \frac{d}{\lambda}\right)^2} \quad (1.2-1)$$

式中 c 是光速， λ 是波长， P_t 是自由空间发射功率， P_{or} 是自由空间接收功率。

由方程式1.2-1可见，从两个不同距离接收的两个信号功率之差 Δ_p 应变为：

$$\Delta_p = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{or2}}{P_{or1}} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{d_1}{d_2} \right) \text{ (dB)} \quad (1.2-2)$$

若距离 d_2 是距离 d_1 的两倍，则两个接收功率之差为

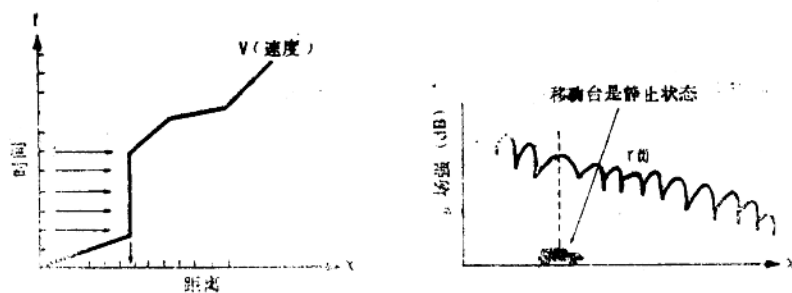
$$\Delta_p = 20 \log_{10}(0.5) = -6 \text{ dB}$$

因此，传播路径损耗是6分贝/倍频程或20分贝/十进位。倍频程表示两倍距离，十进位表示周期是10，即十倍距离。20分贝/十进位意味着在3到32公里（2到20英里）的距离处将观察到20分贝的传播路径损耗。

例1-1：已知 x 分贝/十进位时， y 分贝/倍频程应为何值？其关系为

$$y = x \cdot \log_{10} 2 \quad (1.2-3)$$

若 $y = 6$ 分贝/倍频程，则 $x = 20$ 分贝/十进位。如上述所述，在移动无线电环境中，传播路径损耗不仅涉及到频率和距离，而且还与基地电台和移动电台的天线高度、地形结构及人为环境有关。这些附加因素，使移动无线电信号传播路径损耗的预测更加困难。传播损耗的预测将在第2章介绍。



(A) 速度曲线

(B) 空间域变换

(A) 速度曲线

(B) 空间域变换

图1-3 速度加权变换

1.3 衰落的原因

如图1-2B所示的信号强度 $r(t)$ 或 $r(x)$ 为实际接收的信号电平，以分贝为单位。根据过去研究的有关信号衰落的原因，接收的 $r(t)$ 可以人为的分完两部分：长期衰落 $m(t)$ 和短期衰落 $r_0(t)$ ，即可表示成：

$$\text{或} \quad r(t) = m(t) \cdot r_0(t) \quad (1.3-1)$$

$$r(x) = m(x) \cdot r_0(x) \quad (1.3-2)$$

1.3.1 长期衰落($m(t)$ 或 $m(x)$)

长期衰落是接收到的衰落信号的包络或平均值。如图1-4A中用点划线表示的曲线。也把它叫作局部平均值，因为沿长期衰落曲线的每个值相当于每个局部点场强的平均数。估算沿 x -轴的 x_1 点的局部平均值 $m(x_1)$ 可以精确地表达为

$$\hat{m}(x) = \frac{1}{2L} \int_{x_1-L}^{x_1+L} r(x) dx = \frac{1}{2L} \int_{x_1-L}^{x_1+L} m(x) r_0(x) dx \quad (1.3-3)$$

假定 $m(x_1)$ 是准确的局部平均值，则图1-4A中点 x_1

$$m(x=x_1) = \hat{m}(x=x_1) \quad x_1-L < x < x_1+L \quad (1.3-4)$$

当长度 L 作适当选择，以致于方程式1.3-3变为

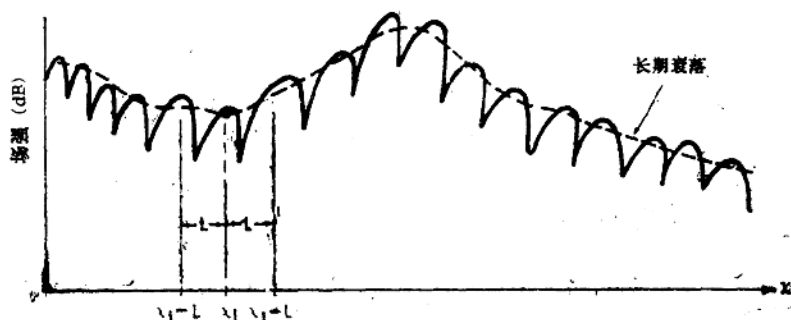
$$\hat{m}(x_1) = m(x_1) \cdot \frac{1}{2L} \int_{x_1-L}^{x_1+L} r_0(x) dx \quad (1.3-5)$$

在方程式1.3-5中，为了使 $\hat{m}(x_1)$ 近似于 $m(x_1)$ ，下列关系成立

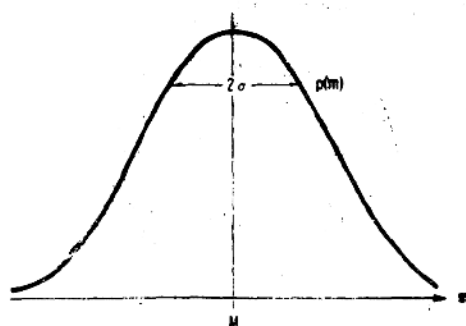
$$\frac{1}{2L} \int_{x_1-L}^{x_1+L} r_0(x) dx \rightarrow 1 \quad (1.3-6)$$

充分了解短期衰落 $r_0(x)$ 的统计特性之后才能确定长度 L 。

长期信号衰落 $m(x)$ 主要是由在基地电台和移动电台之间地形结构和人为环境引起的。地形结构有以下类型：



(A) 具有 $2L$ 窗口累积的局部平均值



(B) 对数正态分布