

电信 传输手册

Dianxin Chuanshu Shouce (第二版)

[美] 弗里曼 著

张以进 等 译

人民邮电出版社

73.4
160

电 信 传 输 手 册

第 二 版

【美】弗里曼 著

张以进 等译

人 民 邮 电 出 版 社

Telecommunication Transmission Handbook

2nd edition

Roger L. Freeman

1981

内 容 简 介

本书是第二版，它对电信传输有关的基本概念、原理、要求指标和系统设计的基础知识等方面作了较全面的阐述。大部分内容侧重于点对点的传输系统，也从传输的角度叙述了通信网的必要知识。包括：基本概念、电话传输、频分多路复用、短波无线电、视距微波、对流层散射、卫星通信、数据传输、同轴电缆系统、毫米波传输、脉码调制及增量调制、视频传输、传真通信、光纤通信、数字无线电通信等十五章，还收集了CCITT和CCIR的有关建议和标准的资料。其中传真、光纤和数字无线电三章是本版新增加的，卫星通信、数字传输、数据传输方面也增补了新的内容。此外还由译者增加了一些我国应用的标准。内容较为丰富，便于查阅和参考。

电信传输手册

第二版

[美] 弗里曼 著

张以进 等译

责任编辑 林秉方

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

广益印刷厂印刷

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: 25 28/32 页数: 414 1988年4月北京第1次印刷

字数: 680千字

印数: 2 500册

ISBN 7115-03614-4/TN 018

定价: 6.35元

译 者 前 言

一九七八年前后，邮电部电信传输研究所部分科技人员，集体翻译了R·弗里曼著《电信传输手册》，参加这项工作的有二十多人，笔者参与并主持了这一工作。一九八二年，译稿经顾学道、刘述唐二同志与笔者共同审校定稿，由人民邮电出版社出版，由于印数不多，不久即告售罄，读者纷纷来信要求再版，其时适逢本书原文版亦由作者增补修订后发行第二版，因而按照新版补充和校核后再行付梓。

但由于客观情况的变化，参加第一版译校工作的同志未能再参与本版的工作，只能由笔者独力进行，但本版的部分章节仍用了第一版的译文，因此严格地说这仍是集体劳动的成果。

本书第二版仍保留了原书内容丰富实用的特点，与第一版比较，增加了传真、光纤通信、数字无线电通信等三章，在卫星通信、数字传输等章则有较大的修改，删去了不中断电源等章节，总的来说，第二版的内容是更充实了。

第二版的译校工作，除了新增章节以外，对第七章、第八章和第十二章有较大的修改。同时，为了便于读者了解我国国内现行的一些体制规定，在有关的几章中补充了若干内容，这几节都注明是“中文版译者所加”，供读者对照参考。

本书的主要内容是电信传输，其不足之处是侧重在点对点的传输系统，对网路、信令、交换等方面则略为欠缺，建议读者在使用本书时，适当注意参阅这方面的书刊。

译文力求能从技术上说清楚所讨论问题的实质，但因水平有限，谬误难免，恳切希望能得到读者的指正。

本书第一版出版以后，承许多读者来信指出译文和印刷上的一

些错误，现已一一订正，并对来信的读者表示谢意。

张以进

一九八五年二月于邮电科学研究院

作 者 序 言

在撰写本书时，作者的意图是力求面向广泛的读者。本书的对象是学习电信工程的学生和传输工程师们，他们既专门从事一个专业，例如数据传输的研究，又希望对其它专业如无线电、电话或电视等等有所了解。本书还可作为传输工程的一般介绍，适合非专业工程技术人员需要，其中包括电信管理人员、企业和军队中负责通信的人员，同样也包括一般技术人员等等。

为了达到这个目的，我尽量采用直叙详解的方式，意在把问题表达清楚而不是仅仅给读者留下一个印象。本书还提供了大量的资料和背景材料，所以，即使只用本书作为唯一的参考书，在解决工程问题上也可以取得一些出色的成就。总而言之，本书的根本目的，是要解决电信传输方面“怎样干”和“为什么”的问题。

应当指出，像这样一本篇幅有限的书是不可能详尽无遗地论述每一个具体专业的知识的，倘若需要在某一专门领域进行深入的研究，每章末尾附有的文献目录可以帮助读者在工作中获得更多的资料，同时，文献目录也说明了作者准备撰写本书所利用的资料来源。

当今工程学科各个专业的分工是高度的精细，在电信这个广阔领域内尤为如此。我们有研究通信业务量的工程师，也有研究无线电的，而在无线电本身又分为卫星通信、微波接力通信、散射通信、高频（短波）通信等等，我们有交换工程师，有信号专家，也有对载波、脉码调制或诸如此类的专业可能了解也可能一无所知的电话传输工程师。在外部设备、设备扩充、运用维护以及数据通信方面也有许多专家。但是，我们常常缺乏如何把这些方面纳入一个完整的工作体系，并使之运转的指导思想。

近十年来，“电信”这一名词的涵义和使用场合都有了发展，而且至今也还是很难确切表示它的意义的。在本书中我们理解它是一

种服务性的业务，这种业务使得分隔在一定距离之外的人(或设备)能够实现相互间的通信。

我首先考虑的是要强调系统的概念，我们不应陷入“系统”一词的字面意义中去，这里的系统是指一个专业与另一个专业的相互联系、相互作用、以获得一个满足某特定用户所需的、明确而切合实际的最终效果。本书为了使讨论限制在一定的范围之内，只讨论了点对点的系统，例如，电视信号只是在点对点的通信系统中传送时所必需考虑的特定范围内进行讨论。然而我一直关心的是终端的用户，例如无线中继链路中继站的信噪比要有几分贝的变化就能改变电视观众收看的图象质量？读者应当注意到，我是有意地避免涉及广播、共天线电视、空对地通信、遥测以及水上传输系统等的讨论，这样可以更加强调本书的根本目的。

为了能够很好地理解本书，读者应在代数、三角、对数、统计学以及电学方面具有良好的基础，还应该具备电信方面、尤其是调制方面的一些知识。

本书章节的顺序是有意编排的，我尽量避免在前面没有经过介绍就直接涉及某个复杂的概念。读者在学习无线电以前将先掌握“噪声”问题，在弄清电话方面的知识之后再研究多路复用，掌握了多路复用之后再去研究宽带传输。

本书第一章主要是讲基础知识，对于许多读者来说，这只是一次复习，而从我这方面说，则是提供深入学习本书的有用的工具。

书中必要的地方参考了 CCITT (国际电报电话咨询委员会)、CCIR(国际无线电咨询委员会)、EIA(电子工业协会)、ANSI (美国国家标准研究所) 以及美国军队等的有关各种标准。附录 A 列有关于 CCITT、CCIR 的建议的介绍，特别是 CCITT 建议 G 系列的索引，附录 B 是本书所用的缩写名词以及易于混淆的术语的简短汇编。

Roger L. 弗里曼

1981 年 8 月于麻省苏特伯里市

目 录

第一章 基本概念	1
1.1 传输问题	1
1.2 简化的传输系统	1
1.3 分贝	2
1.4 分贝基本导出单位	6
1.4.1 dBm 分贝毫瓦	6
1.4.2 dBW 分贝瓦	6
1.4.3 dBmV 分贝毫伏	8
1.5 奈培	8
1.6 以 dB(dBm、dBW 或类似的绝对对数计量单位) 表示的功率电平的相加	9
1.7 正态分布——标准偏差	11
1.8 简单的电话接续	12
1.9 实际的话音传输	14
1.9.1 频带宽度	14
1.9.2 话音传输——人的因素	14
1.9.3 衰减失真	15
1.9.4 相移和包络时延失真	18
1.9.5 电平	20
1.9.6 噪声	22
1.10 信号噪声比	30
1.11 式 E_s/N_0	31
1.12 噪声系数	32
1.13 噪声系数和噪声温度的关系	33
1.14 等效全向辐射功率(EIRP)	34
1.15 常用单位换算关系	36

第二章 电话传输38

2.1 引言38

2.2 电话机38

2.2.1 送话器38

2.2.2 受话器39

2.3 电话机环路39

2.4 电话机环路的极限长度40

2.5 参考当量43

2.5.1 定义43

2.5.2 应用44

2.5.3 我国的情况(本节为中文版译者所加)47

2.6 电话网48

2.6.1 概说48

2.6.2 基本考虑49

2.6.3 二线/四线传输50

2.6.4 回声、振鸣和损耗设计52

2.6.5 通程净损耗(VNL)60

2.7 电话网等级的说明68

2.8 用户环路设计70

2.8.1 概说70

2.8.2 基本的电阻设计71

2.8.3 传输设计72

2.8.4 加感74

2.8.5 用户环路设计的其它方法75

2.9 市话交换区中继电路(中继线)的设计81

2.10 音频增音机84

2.11 长途电话交换网(四线)的传输85

2.12 CCITT 接口87

2.12.1 概说87

2.12.2 最大串接电路数87

2.12.3 噪声	88
2.12.4 传输损耗随时间的变化	88
2.12.5 串音	88
2.12.6 衰减失真	90
2.12.7 参考当量	90
2.12.8 传播时间	91
2.12.9 回声抑制器	91

第三章 频分多路复用93

3.1 引言	93
3.2 混频	94
3.3 CCITT 调制方案	97
3.3.1 概说	97
3.3.2 标准 CCITT 基群的组成	97
3.3.3 组成标准 CCITT 基群的另一种方法	99
3.3.4 标准 CCITT 超群的组成	99
3.3.5 标准 CCITT 基础主群和超主群的组成	100
3.3.6 “线路”频率	101
3.4 多路频分复用(FDM)系统的负荷	107
3.4.1 概说	107
3.4.2 话音的测量	107
3.4.3 过负荷	109
3.4.4 负荷值	109
3.4.5 单路负荷取值	110
3.4.6 等幅信号的负荷取值	110
3.5 导频	112
3.5.1 概说	112
3.5.2 电平调节导频	112
3.5.3 频率同步导频	114
3.6 频率的产生	114
3.7 噪声及其计算	116

3.7.1 概说	116
3.7.2 CCITT 方法	116
3.7.3 美国军用方案	119
3.8 载波设备的其他特性	120
3.8.1 衰减失真	120
3.8.2 包络时延失真	121
3.9 基群直通和超群直通技术	121
3.10 线路频率配置	122
3.10.1 概说	122
3.10.2 12 路明线载波	124
3.10.3 非加感电缆线对上载波传输 (K 型载波)	125
3.10.4 在非加感电缆线上传输的 N 型载波	125
3.10.5 星形或四线组电缆上的载波传输	126
3.10.6 同轴电缆载波传输系统	128
3.10.7 L 型载波的配置	133
3.10.8 直接接上线路的多路系统	137
3.11 用户载波——话机载波	138
3.12 载波传输的经济性	139
3.13 压扩器	141
3.14 载波系统中的信号	144
3.15 我国 FDM 通信的频谱安排 (本节为中文版译者所加)	146
第四章 高频无线电 (短波)	149
4.1 引言	149
4.2 传播基础	149
4.2.1 概说	149
4.2.2 天波传播	150
4.3 工作频率	153
4.4 高频无线电系统	157
4.5 实际的点对点通信	158
4.5.1 概说	158

4.5.2	发射类型	158
4.5.3	建议采用的调制方式(发射类型)	162
4.5.4	单边带抑制载频	163
4.5.5	单边带及其与普通调幅的比较	164
4.5.6	单边带发射的关键	166
4.5.7	合成器应用方框图	168
4.6	点对点的单边带通信线性功率放大器	169
4.7	互调失真	170
4.8	高频天线	171
4.8.1	概说	171
4.8.2	天线的基本因素	172
4.8.3	工作特性	172
4.8.4	高频定向发射天线	176
4.8.5	高频接收天线	185
4.8.6	馈线	186
4.9	高频设备的配置	187
4.10	大圆的方位和距离	188
4.11	独立边带(ISB)传输	189
4.12	独立边带发射机的负荷特性	192
4.13	高频的分集技术	192
4.14	电离层探测器	194
第五章	无线电接力系统(视距微波)	198
5.1	引言	198
5.2	电路设计	198
5.3	传播	202
5.3.1	自由空间损耗	202
5.3.2	100 兆赫以上直线传播的无线电波的弯曲	203
5.3.3	路径地形剖面——实际应用	207
5.3.4	反射点	213

5.4 路径计算	214
5.4.1 概说	214
5.4.2 基本路径计算	215
5.4.3 衰落的机理——初步讨论	219
5.5 调频无线电接力系统	220
5.5.1 概说	220
5.5.2 预加重——去加重	222
5.5.3 调频发射机	224
5.5.4 天线系统	228
5.5.5 调频接收机	231
5.5.6 分集接收	232
5.5.7 馈线和有关器件	239
5.6 无线电接力系统的负荷	248
5.6.1 概说	248
5.6.2 噪声功率比(NPR)	249
5.6.3 噪声功率比的基本测量方法	249
5.6.4 信号噪声比的推导	252
5.6.5 信噪比转换到话路噪声	253
5.7 其它测试方法	253
5.7.1 带外测试	253
5.8 路径计算的详细方法	254
5.9 衰落储备的确定	257
5.10 系统和链路的可靠性	262
5.11 降雨和其他降水的衰减	263
5.12 热备用运用	263
5.13 无线电接力电路的接力站	265
5.14 频率分配	269
5.14.1 概说	269
5.14.2 寄生辐射	269
5.14.3 射频干扰(RFI)	270
5.14.4 越站	271

5.14.5	收发间隔	271
5.14.6	频率分配的基础	272
5.14.7	中频干扰	272
5.14.8	CCIR 的建议	273
5.15	告警和监视系统	274
5.15.1	概说	274
5.15.2	监视内容	274
5.15.3	故障信息的传输	275
5.15.4	遥控	276
5.16	天线塔和天线杆	276
5.16.1	概说	276
5.16.2	塔的扭转和摆动	278
5.17	无源接力平面反射板	280
5.18	无线接力电路的噪声分配	282
第六章	对流层散射	289
6.1	引言	289
6.2	对流层散射现象	290
6.3	对流层散射的衰落	291
6.4	路径损耗的计算	292
6.4.1	传播的模式	293
6.4.2	长距离对流层散射基本传输损耗	294
6.4.3	散射损耗函数	294
6.4.4	基本中值传输损耗	298
6.4.5	服务概率为 50% 的情形	300
6.4.6	提高服务概率	300
6.4.7	计算举例	302
6.5	天线孔径与媒质间的耦合损耗	304
6.6	起始散射仰角	306
6.7	设计中的其它因素	308
6.7.1	天线高度	308

6.7.2 到达无线电地平的距离	309
6.7.3 其它的考虑	309
6.8 路径计算	309
6.9 设备的组成	314
6.9.1 概说	314
6.9.2 对流层散射使用的频带	314
6.9.3 天线、馈线、天线共用器及其它相关的馈线器件	316
6.9.4 调制器-激励器和功率放大器	318
6.9.5 调频接收机组	320
6.9.6 分集和分集合并器	323
6.10 隔离	324
6.11 互调	324
6.12 路径损耗的最大可用中值	325
6.13 典型的对流层散射参数	326
6.14 频率分配	328

第七章 地球站技术(卫星通信) 331

7.1 引言	331
7.2 卫星	331
7.3 地球-空间窗	332
7.4 路径损耗	335
7.5 卫星-地球站线路	336
7.5.1 品质因数(G/T)	339
7.5.2 载波与热噪声功率比(C/T)	345
7.5.3 C/T 与 G/T 的关系	346
7.5.4 由照射电平求信号输入电平	347
7.5.5 站储备	348
7.6 上行线路问题	349
7.7 多址联接	351
7.8 按需分配多址方式(DAMA)	358

7.8.1	概说	358
7.8.2	按需分配的理论	359
7.8.3	DAMA 工作方式	360
7.9	标准地球站的功能	361
7.9.1	通信分系统	361
7.9.2	天线跟踪分系统	366
7.9.3	多路复用、联络线路和地面接转分系统	369
7.10	国际通信卫星 V	372
7.11	卫星链路的电话信道噪声估值	374
7.12	电视传输	378
7.13	每路一载波多址按需分配设备 SPADE	378
7.14	国际通信卫星标准 B 型地球站	382
7.15	区域性卫星通信系统	383
7.15.1	概说	383
7.15.2	小地球站理论	385
7.15.3	SBS-DTU 系统一例	386
7.16	协调等位线的初步概念	390
7.17	卫星链路的计算	391
7.18	世界无线电行政大会 WARC-79 关于卫星通信的 几项规定	395
7.19	国际通信卫星 VI(六号星)	397
第八章	数据传输	401
8.1	引言	401
8.2	比特和二进制的规定	402
8.3	编码	403
8.3.1	二进制编码技术概说	403
8.3.2	信息交换的专用二进制	405
8.3.3	十六进制表示法和 BCD 码	415
8.4	检错与纠错	416

8.4.1 概说	416
8.4.2 流量	417
8.4.3 误码的本质	417
8.4.4 检错与纠错释义	418
8.5 数据传输的直流特性	422
8.5.1 环路	422
8.5.2 中性和极性的直流传输系统	422
8.6 二进制传输和时间概念	423
8.6.1 概说	423
8.6.2 异步和同步传输	425
8.6.3 定时	427
8.6.4 失真	429
8.6.5 比特、波特和字/分	431
8.7 数据接口	431
8.8 数据输入/输出装置	440
8.9 模拟信道中的数据传输	442
8.9.1 概说	442
8.9.2 调制和解调方式	442
9.3 主要参数	444
8.10 信道容量	455
8.11 话音通道数据调制解调器及主要设计参数	457
8.12 电路调节	459
8.13 实际调制解调器的应用	462
8.13.1 音频载波电报(VFCT)	462
8.13.2 中速数据调制解调器	464
8.13.3 高速数据调制解调器	469
8.14 在不良媒质中传输时的串行至并行变换	470
8.15 提高电路经济性的并行至串行变换	470
8.16 适用于话路带宽超过 4 千赫的调制解调器	473
8.17 数据传输系统——功能方框图	475