

通信传输系统

(上册)

[美] 贝尔电话研究所 编

《通信传输系统》翻译组 译

人民邮电出版社

Transmission Systems for Communication

Revised Fourth Edition

Bell Telephone Laboratories 1971

内 容 提 要

本书讲述通信传输系统（包括设备和线路）的原理和设计。在开始的三分之一部分介绍传输的基本问题，诸如调制、多路复用、噪声、非线性、串话等。后面的三分之二介绍三种主要传输系统的设计原理。

电缆载波系统设计原理部分包括负荷点分析、均衡问题、中继点设计等。微波中继系统设计原理部分包括电波传播、角调制系统的噪声、频率分配等。数字通信系统部分主要介绍脉码调制知识和多路化问题。本书可供学习和从事通信系统设计的工人和技术人员阅读参考。

中译本分上、下两册，上册的主要内容是传输的基本问题和载波通信系统，下册的主要内容是微波中继系统和数字通信系统。

通 信 传 输 系 统（上册）

〔美〕贝尔电话研究所编
《通信传输系统》翻译组译

人民邮电出版社出版
北京东长安街27号
天津市第一印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售
限 国 内 发 行

开本：787×1092 1/32 1977年7月第一版
印张：13 ¹⁶/₃₂ 页数216 1977年7月天津第一次印刷
字数：306千字 印数1—10,500册
统一书号：15045·总2128-有546
定价：1.25 元

出 版 说 明

本书是根据美国贝尔电话研究所出版的《通信传输系统（1971年修订第4版）》一书翻译的。原为贝尔系统传输部门工程技术人员的训练教材。全书的三分之一内容（前十一章）是关于基本知识的讲解，后面三分之二内容介绍三种主要系统，即电缆载波系统、微波中继系统和数字通信系统。

本书讲的是美国贝尔系统的通信网。由于社会制度不同，在组织和运用等方面，我国的通信网与之有本质上的区别。鉴于书中所述技术内容及计算方法都有一定的参考价值，遵照毛主席关于“洋为中用”的教导，曾请辽宁701厂根据日译本译出，以后我们又请南京有线电厂及成都电讯工程学院根据英文原本（修订第四版）进行了翻译。希望读者以辩证唯物主义观点，有分析、有批判地吸收书中有用的内容，供工作中参考。

人民邮电出版社

1976年6月

目 录

第一章 传输系统概要	1
1.1 电话业务	2
接续路由	2
长途拨号转接方案	6
1.2 特种业务	10
数据传输	10
电视传输	11
1.3 系统的多样性的影响	12
第二章 传输基础	13
2.1 线性电路中的功率和电压关系	13
分贝	15
损耗、时延和增益	17
2.2 传输线路	19
均匀线路	19
对绞电缆	21
同轴电缆	24
2.3 变量器和混合电路	25
2.4 传输电平	27
2.5 信号及噪声测量	29
信号的大小	30
音量	30
噪声	31

2.6 功率相加和电压相加	34
第三章 消息通路	37
3.1 话路信号的性质	37
电话语音信号	37
音频控制信号	39
音频数据信号	41
3.2 消息通路指标	43
服务等级的概念	44
接收音量	45
噪声	47
频率响应	53
回声和损耗	54
串话	61
第四章 音频传输	66
4.1 电话机	66
接续和性能	69
4.2 电话交换设备	73
用户线设计	73
交换设备的中继线	75
电话交换接续的插入损耗	81
4.3 音频传输电路	83
二线音频电路	83
四线音频电路	87
振铃	89
4.4 交换设备的感应噪声	89

产生噪声的过程	90
降低干扰的方法	92
结论	93
第五章 调制	94
5.1 幅度调制信号的性质	94
载频发送双边带	97
载频抑制双边带(DSBSC)	101
单边带	102
残留边带	105
5.2 角度调制信号的性质	106
相位调制和频率调制	107
矢量表示	110
角度调制波的平均功率	111
角度调制波所需带宽	112
5.3 脉冲调制的性质	113
取样	114
脉冲幅度调制	116
脉冲宽度调制	117
脉冲位置调制	117
脉冲编码调制	118
第六章 信号的多路复用	121
6.1 空间分隔多路复用	121
6.2 频分多路复用	122
环形调制器	122
贝尔系统的频分阶梯	126

短距离多路系统.....	135
6.3 时分多路复用.....	137
时间压缩.....	138
PCM多路复用	138
贝尔系统PCM阶梯	140
第七章 噪声及其测量.....	145
7.1 常见的噪声.....	146
单频干扰.....	147
热噪声.....	149
散弹噪声.....	159
低频($1/f$) 噪声	159
雷利噪声.....	160
脉冲噪声.....	162
量化噪声.....	163
小结.....	166
7.2 噪声测量.....	167
用电压表测量噪声.....	168
用选频检波器测量噪声.....	169
电话通路的噪声测量.....	170
第八章 网络和器件的噪声.....	175
8.1 网络和器件所产生的噪声.....	175
噪声输出的计算.....	175
有效输入噪声温度.....	178
噪声指数.....	179
有效输入噪声温度及噪声指数的测量.....	199

8.2 噪声和幅度调制信号	203
单边带已调波	204
载波抑制双边带(DSBSC)已调波	205
载波发送两双边带(DSBTC)已调波	205
幅度调制方式的比较	206
8.3 噪声和角度调制信号	206
相位调制(PM)系统的噪声	207
频率调制(FM)系统的噪声	209
FM和PM系统噪声的比较	210
FM优于AM的优点	210
8.4 噪声和PCM信号	212
第九章 多路系统负载	218
9.1 话音音量特性	218
音量不变的讲话	219
音量不定的通话	225
9.2 负载容量	228
过负荷	228
多路负载因数	229
负载的模拟	231
9.3 典型设计参数	232
通话音量及利用系数	232
数据和单音信号的影响	233
频率特性的影响	234
第十章 非线性	236
10.1 传输特性的级数表示	236
单频输入	237

三个频率输入·····	238
非线性特性的补偿·····	242
10·2 角调制波的影响·····	242
10·3 四端网络的非线性·····	244
m系数与a系数的关系·····	246
调制乘积的输出功率·····	247
链接四端网络·····	247
10·4 系统的调制特性·····	249
调制参考点的选择·····	250
对晶体管的补充考虑·····	251
10·5 多路通话信号与非线性·····	251
贝内特的方法·····	252
用噪声负载测量互调·····	261
从频谱宽度计算互调噪声·····	266
微分增益和微分相位·····	271
第十一章 串话·····	278
11·1 非线性串话·····	279
11·2 传输特性不佳串话·····	281
11·3 耦合串话·····	282
近端串话·····	285
远端串话·····	287
系统耦合效应·····	289
间接串话·····	290
传输电平的影响·····	297
计量和单位·····	298
许多串话成分的合成·····	299

串话举例	301
第十二章 模拟电缆系统概述	305
12.1 各种系统的特点	305
12.2 传输中的诸问题	308
第十三章 模拟电缆系统的分析与设计	310
13.1 系统中的热噪声	310
13.2 负载容量	314
13.3 热噪声和过负荷限制的系統	315
设计举例	317
13.4 互调畸变	319
调制噪声的累积	320
系統对调制畸变的规格要求	324
话音负载的互调	327
13.5 系統总噪声的分配	329
13.6 系統的基本关系式汇总	331
13.7 模拟电缆系统设计	334
13.8 信号电平整形	345
第十四章 模拟电缆系統的偏差影响	349
14.1 损害函数	350
14.2 过负荷限制型系統的损害	355
损害的计算	359
14.3 互调限制型系統的损害	363
最佳均衡法	365
损害的计算	367

第十五章 模拟电缆系统的均衡	370
15.1 固定均衡器.....	370
基本线路增音机.....	370
线路补足网络.....	370
设计偏差均衡器.....	372
15.2 可变均衡器.....	374
电缆温度影响.....	375
增音机的时间变化.....	379
增音机的不随时间变化的偏差.....	380
15.3 均衡设计.....	384
均衡器的选择.....	385
均衡计划.....	385
第十六章 模拟电缆系统的增音机设计	393
16.1 设计的基本要求.....	393
增音机增益.....	393
增音机的噪声指数.....	394
增音机过负荷.....	397
非线性畸变.....	401
反馈.....	408
16.2 放大器链接的增音机.....	411
16.3 系统和增音机设计问题的归纳.....	417

第一章 传输系统概要

最简单的传输系统是连接两部电话机的一对线。一般来说，传输系统就是由电子设备和与它联系的传输媒介构成的复杂的集合体。传输系统传输从很多用户来的消息和连接用户的控制信号，并提供很多电路。

通常，两地间的话路由若干个不同的传输系统链接而成。系统的种类及其相互接续方式对传输特性很有影响。系统相接续时，因各个系统的特性相加，使信息质量有所下降。因此，在设计传输系统时，不能只求该系统本身的成本与性能最佳权衡值，要根据整个体系来考虑。

为了实现相距很远的人与人之间或机器间的通信，要具备“在呼叫开始时接通用户，通话结束后切断用户”的传输手段。这将涉及交换、信号和传输等机能。“交换机能”是识别用户、选择适当的传输线并进行接续的机能。“信号机能”是提供和识别“为进行这一系列动作所需的“控制信号和监视信号的机能。“传输机能”（它是本书的主题）就是传输用户的信息及其控制信号的机能。

设计新的传输系统时，要考虑它要和现有的大量设备协同工作，并且必须能够传输信号和各种信息，诸如电话、窄带和宽带数据、传真及电视等。因此，设计、制造或运用某一系统时，通常要有现存的和计划中的其它系统的知识。新设计的系统应具备高度的可靠性、良好的性能，并且容易维护。此外，也需要研制定期检验用的测试设备。

1.1 电话业务

接续路由

在交换接续中，既有在端局（市话局）只用音频传输系统连接两部电话机的情况，也有经由多个交换局，音频通路和载波系统并经过数次转接的情况。

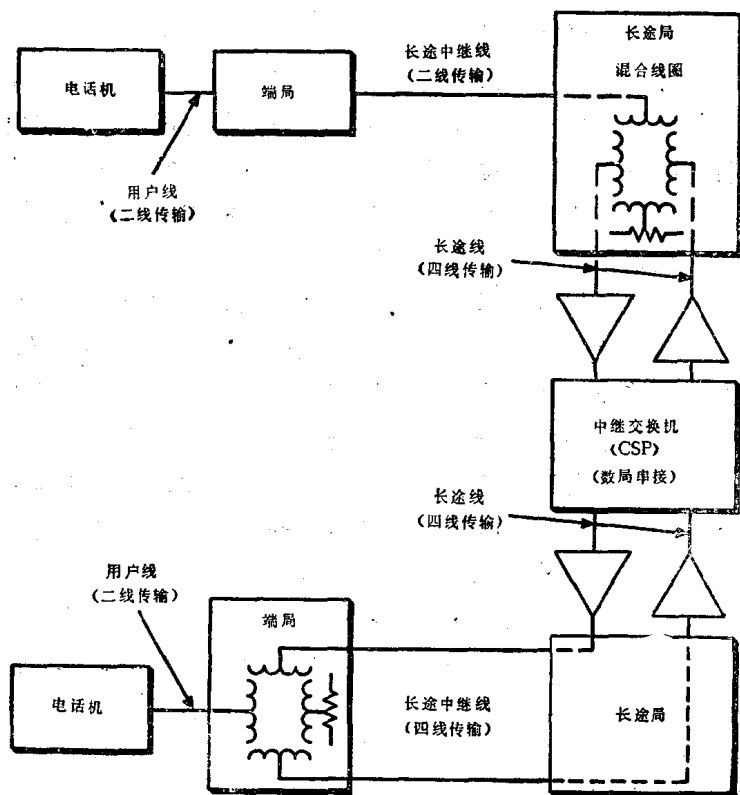


图1-1 长途电话接续

电话机把声音信号变换成电的模拟信号，同时也把到来的电信号变换成声音信号，另外还产生监视信号（挂机、摘机）及交换机接续所需的地址（选择）信号。

用户线传输两个方向的语言信号、呼叫信号、交换信号和监视信号。电话机和用户线的对应关系是固定的，所以其传输特性可以调整到满足音频电路标准中的分配给该用户线的指标。例如，提高电话机的效率可增加分配给用户线的损耗、这样可增加线路长度或使用较细线径的导线。

用户线的利用率较低（业务高峰时约为10%），所以在电话机与电话局之间可设置线路集中器。线路集中器能使很多用户通过少量的线路接到电话局。线路集中器到电话局的线路在效果上如同中继线。用户线与中继线的根本区别是：用户线与用户是一对一的对应关系，而中继线则能共同使用。

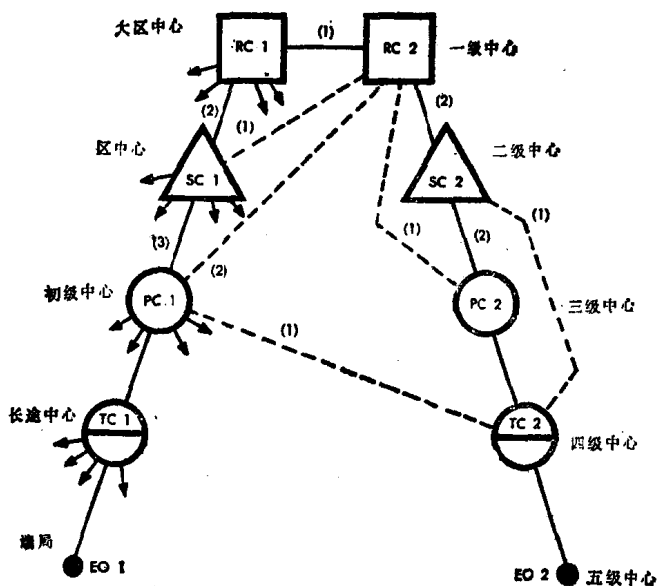
不同形式的中继线用于端局与长途局（长途中心）的接续；局间中继线用于端局之间的接续；汇接中继线用于端局与汇接局间的接续；长途中继线用于连接端局与长途局。在长途传输上，长途中继线也叫终端中继线。

信号被接到长途线以前，声音和监视信号是用二线（双向传输同用一对线）或四线（不同的方向用不同的传输线）接续的。长途传输是以四线制为基础的，在长途局经交换和选路后，信号一般经混合线圈被接到长途线上，不同方向使用不同的传输线路。如图1-1所示，信号经长途线传输到远方的长途交换局（途中经过长途线的若干次转接中继，接到另一长途交换局），再经过长途中继线、端局、混合线圈、市内交换机及用户线接到被叫用户。

根据现在的长途自动转接方案，交换中心分为五级。最高一级是大区中心，最低一级叫作端局，是连接用户线的市话

局。各级交换中心的关系，如图 1-2 所示。各级交换中心的路由选择次序用图中括弧内的数字表示。此例中有 10 种电话接续路由，其中之一最多需经 7 个转接段（即长途线段数，不包括两端的长途中继线）。此例中，第一优先选择的路由是由两个转接段组成的。实际上常有直接连接两个长途中心（TC）的直达线，此时它是第一优先选择的路由。

用于通话接续的各种传输线路可参看图 1-3。最简单的是同属于端局 1 的电话机 *1 与电话机 *2 的接续，它不用中继线。

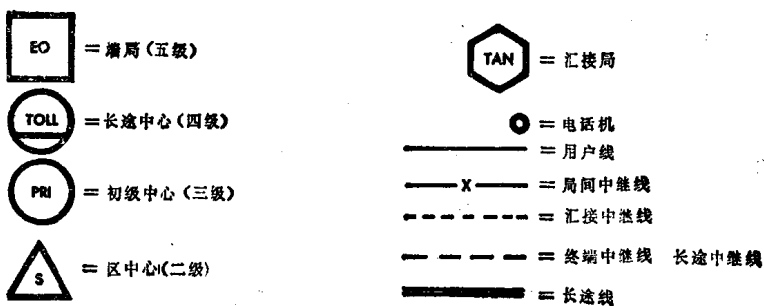


注 1. () 内的数字表示各交换中心为接续在 EO 1 产生的呼叫，而采取的选路次序。

2. 各级交换中心的箭头表示该中心到其所辖低级中心的中继线群（右侧省略未画出）。

3. 虚线表示直达线群。

图 1-2 路由选择举例



为简明起见,端局未用正规符号。正规用法请参看图1-2。

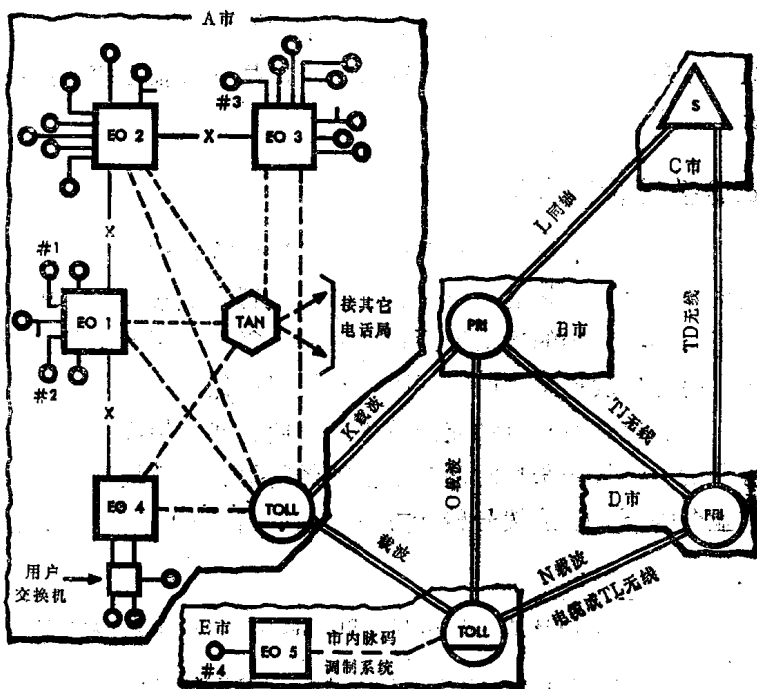


图1-3 电话系统概要

A市的电话机*1和电话机*3的局际通话须经由汇接局，要用两条中继线接续。这些中继线可以是能装增音机的音频电路，也可以是多路复用的载波电路。

下面我们研究发自A市电话机*1的呼叫到达E市电话机*4的情形。首先经由用户线到达端局1。从这里经长途中继线接到长途中心(TC)。A市与E市间有许多条路由。若两城市关系密切可建立直达线。图1-3表示两城市关系密切，用N型载波系统*连接的情形。图中也给出了使用K型载波系统的，经由初级中心(PC)的迂回路由。此初级中心(三级中心)对E市设有用O型载波系统构成的直达线。除此之外，使用通向设在C市的区中心(二级中心)的干线线路**，再经过其它初级中心亦能接到E市。此干线线路路由是用同轴电缆或微波构成。

长途拨号转接方案

长途局间的接续方案和市内及长途传输系统的情况有密切关系。在早期，长途电路是由话务员进行人工接续的。由于是人工接续，转接的次数受到很大限制，很少采用迂回转接的办法。另外接续也费时间，线路的利用率也低。

长途电路引入自动交换技术后，使迂回转接成为可能，小容量的中继线群采用时间分割法能经济地、有效地满足较大量的业务需要。长途拨号转接方案之例如图1-4所示。上图(a)

* 用不同文字符号表示各种不同型式的载波系统，对此将在以后章节中分别叙述。

** 干线线路是中继转接最后选用的中继线，也就是说其它线路全部占线时才使用它。但在只设有干线路由时(这种情况很少)，它当然就成为第一优先选择的路由。