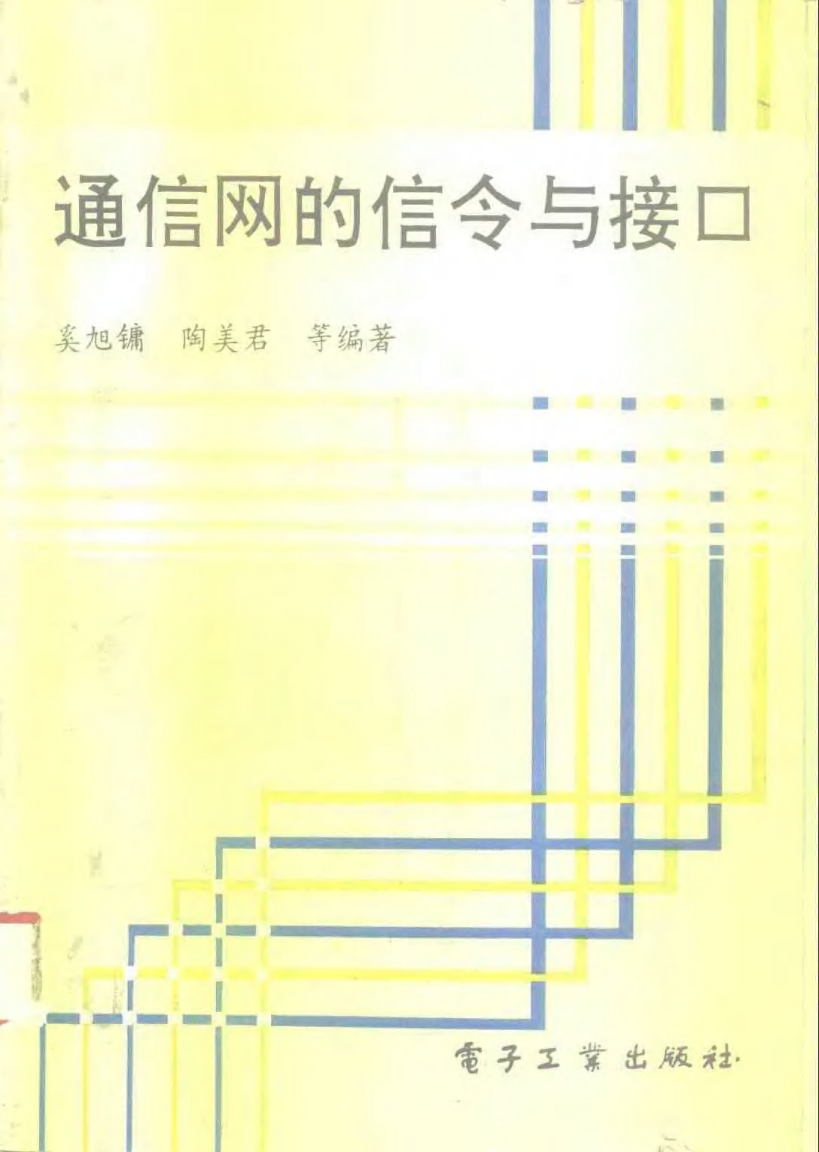




通信网的信令与接口

奚旭镛 陶美君 等编著

电子工业出版社

7N913.2

X 21

380692

通信网的信令与接口

莫旭镛 陶美君 马觉先 编著
关肇华 苏 钧



电子工业出版社

(京)新登字 055 号

内 容 提 要

本书介绍电话通信网中使用的各种信令和组成电话通信网的各种通信设备之间的接口。

本书内容丰富、取材新颖、全面。但不涉及具体设备的详细工作原理，因此深入浅出，通俗易懂，可作为电信院校各专业教材或参考书，也可供从事通信的科研、设计、生产和维护的技术人员和管理干部阅读。



通信网的信令与接口

奚旭镛 陶美君 马觉先 编著
关肇华 苏 钧
责任编辑 陆伯雄

电子工业出版社出版 (北京市万寿路)
电子工业出版社发行 各地新华书店经销
电子工业出版社计算机排版室排版
人民卫生出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12 字数: 310 千字

1994 年 12 月第 1 版 1994 年 12 月第 1 次印刷

印数: 3000 册 定价: 12.80 元

ISBN7-5053-2620-1/TN·771

前 言

现代通信网的最大特点是它的系统性，每个通信要素和传输媒介都是作为系统的一部分而存在、而起作用的。所以，通信技术人员不仅要熟悉自己的专业，而且要有全网的知识。现代通信设备品种繁多，要求他们懂得所有设备是不现实的。通过信令和接口去了解全网的工作过程则是一个捷径，因为信令和接口是把各个要素和传输媒介连接成网的“纲”；各种要素和传输媒介是通过各种接口，才在物理上和电气上连接成网的；各种要素和传输媒介是通过信令才协调一致动作、完成信息传输任务的。所以不论是院校的学生还是在岗的技术人员，都应该具备通信网信令和接口方面的知识，本书就是为了适应这种需求而编写的。

本书只讨论各种通信设备的外部特性，基本上不涉及具体设备的工作原理，通俗易懂，深入浅出，曾作为通信类专业教材使用过4届。通信类专业师生、电信部门广大技术和管理干部均可阅读。

本书是在钟道隆副院长提议和指导下载成的，他在百忙中抽时间审阅了部分章节。本书第1、4、8章由奚旭镛副教授编写，第2、3章由陶美君副教授编写，第5章由马觉先副教授编写，第6章由关肇华教授编写，第7章由苏构教授编写，全书由奚旭镛统稿。

有关业务部门和有关同志为编写本书提供了支持和帮助，在此向他们表示感谢。

信令与接口涉及的问题很多，由于作者知识水平所限，不妥之处在所难免，望读者提出意见，以便再版时修改。

编 者

1993年7月13日

目 录

前 言

第1章 通信网概况	(1)
1.1 电话网	(1)
1.1.1 本地电话网	(1)
1.1.2 长途电话网	(2)
1.2 通信信道	(2)
1.2.1 通信网的组成要素	(2)
1.2.2 信道	(2)
1.3 电话交换机的制式和分类	(6)
1.3.1 电话交换的基本概念	(6)
1.3.2 人工电话交换机	(6)
1.3.3 自动电话交换机	(7)
1.3.4 交换机的其他分类方法	(7)
1.4 电话信令和接口的一般概念	(9)
1.4.1 电话信令	(9)
1.4.2 电话信令在技术上的实现	(9)
1.4.3 信令网	(10)
1.4.4 电话网中的接口	(10)
第2章 人工电话系统的信令与接口	(12)
2.1 普通磁石电话机	(12)
2.1.1 电路原理图及信令	(12)
2.1.2 便携式磁石电话机的外部特性及通信距离举例	(13)
2.2 便携式电子电话机举例	(13)
2.3 磁石电话交换机的信令与接口	(13)
2.3.1 磁石线接口与信令	(14)
2.3.2 共电中继线接口与信令	(14)
2.3.3 自动中继线接口与信令	(15)
2.4 共电电话机	(16)
2.4.1 电路原理图及信令	(16)
2.4.2 共电电话机的外部特性及通信距离举例	(17)
2.5 共电电话交换机的信令与接口	(17)
2.5.1 用户线接口与信令	(17)
2.5.2 共电中继线接口与信令	(18)
2.5.3 自动中继线接口与信令	(19)

2.5.4 磁石中继线接口与信令	(19)
第3章 自动电话系统的信令与接口 1——纵横制部分	(20)
3.1 自动电话机	(20)
3.1.1 自动电话机的基本组成部分及分类	(20)
3.1.2 直流脉冲信号 (DP)	(21)
3.1.3 双音频组合信号 (DTMF)	(21)
3.2 信令系统	(22)
3.2.1 电话信号的种类	(22)
3.2.2 我国采用的信号方式	(23)
3.2.3 CCITT 建议的信号方式介绍	(36)
3.3 纵横制交换机	(45)
3.3.1 纵横制交换机的基本组成部分	(45)
3.3.2 纵横制局的中继方式	(46)
3.3.3 纵横制交换机局间采用的标志方式 (局间直流信号配合)	(47)
3.4 长途交换设备	(51)
3.4.1 人工长途交换设备	(52)
3.4.2 简式终端	(53)
第4章 自动电话系统的信令与接口 2——程控控制部分	(56)
4.1 概述	(56)
4.1.1 程控交换机信令与接口的特点	(56)
4.1.2 释放控制方式	(57)
4.2 E&M 信令和数字局与模拟局间的接口	(58)
4.2.1 E&M 信令的定义	(58)
4.2.2 E&M 信令的类型	(59)
4.2.3 程控数字局与模拟局间的接口	(59)
4.3 数字程控交换机 MD110	(62)
4.3.1 简介	(62)
4.3.2 MD110 的信令与接口	(65)
4.4 数字程控交换机 5ESS	(81)
第5章 有线通信系统的信令与接口	(87)
5.1 有线传输媒介	(87)
5.1.1 被覆线	(87)
5.1.2 架空明线	(87)
5.1.3 通信电缆	(87)
5.1.4 通信光缆	(88)
5.2 载波电话电路及其接口	(88)
5.2.1 载波电话电路	(88)
5.2.2 载波电话电路的音频接口	(88)
5.2.3 载波电话电路的高频接口	(91)
5.2.4 用户环路载波电话电路的信令与接口	(96)

5.3	PCM 电话电路及其接口	(99)
5.3.1	PCM 电话电路	(99)
5.3.2	PCM 电话电路的信令与接口	(99)
第6章	卫星通信系统的信令与接口	(108)
6.1	卫星通信系统简介	(108)
6.2	组网方式	(110)
6.3	卫星电话网信令与接口的特点	(112)
6.4	群路卫星通信设备的接口方式	(112)
6.4.1	地球站组成	(112)
6.4.2	语端机的组成	(113)
6.4.3	MCPC 设备应用举例	(115)
6.5	SCPC 卫星通信设备的接口方式	(117)
6.5.1	PA-SCPC 系统	(118)
6.5.1	DA-SCPC 系统	(122)
第7章	移动通信系统的信令与接口	(129)
7.1	移动通信系统简介	(129)
7.2	无线寻呼系统	(130)
7.2.1	概述	(130)
7.2.2	系统组成与接口	(131)
7.2.3	信令方式	(133)
7.3	大区制移动通信系统	(136)
7.3.1	概述	(136)
7.3.2	系统组成与接口	(137)
7.3.3	信令方式	(140)
7.4	蜂窝状移动电话系统	(141)
7.4.1	概述	(141)
7.4.2	系统组成与接口	(143)
7.4.3	信令方式	(144)
7.5	集群移动通信系统	(147)
7.5.1	概述	(147)
7.5.2	系统组成与接口	(148)
7.5.3	信令方式	(149)
7.6	无中心移动通信系统	(152)
7.7	无绳电话	(154)
第8章	长途电话网	(157)
8.1	有关长话网的几个问题	(157)
8.1.1	长途电路构成和电话网的损耗分配	(157)
8.1.2	长途电话交换接续制度和接续方式	(160)
8.1.3	长话网编号制度和路由选择	(162)
8.2	专用网进入公用网的入网方式	(168)

8.2.1	半自动入网中继方式	(168)
8.2.2	全自动入网中继方式	(169)
8.2.3	混合进网方式	(171)
8.2.4	互为用户交换机中继方式	(172)
8.3	专用网电话站结构	(172)
8.3.1	市话局、长话局和载波站	(172)
8.3.2	电话站结构	(172)
8.3.3	电话站各通信设备及其连接关系	(175)
8.4	长途电话网通信举例	(182)
8.4.1	长途全自动有权用户互相拨叫	(182)
8.4.2	人工长途电话	(184)

第 1 章 通信网概况

通信是现代社会三大基础结构（能源、交通、通信）之一，是社会机体的神经系统。通信产业不仅本身有经济效益，而且有无形的巨大社会效益。据统计，我国火车、航空客运业务中的 30% 左右可以用通信手段代替，从而可节省大量的时间和能源。据测算，如果资金流动加快千分之一到百分之一，国家每年便可增加几亿以至几十亿的利润。因此发达国家无不具有发达的通信网。通信网可以从不同角度分类，从通信内容来分，可以分成电话网、电报和电传网、传真网、数据通信网等。但无论从国内还是国外看，电话业务占整个通信业务的绝大部分，通信网还是以电话网为主体，因此，本书主要介绍电话网的信令与接口。本章介绍通信网概况，目的是使读者对通信网有一个大致的了解，以利于而后各章的学习。本章讲下面四个问题：电话网，各种传输手段，交换机的制式和分类，电话信令和接口的一般概念。

1.1 电话网

现代电话网可分成移动通信电话网和固定台站电话网两部分。前者是指人们在移动载体如汽车、火车、飞机、轮船上互相通话，移动的人也可以通过随身携带的设备通话。后者是指安装在室内的固定电话机通过固定的台站（电话局）互相通话。当然这两部分电话网（移动电话网和固定电话网）可以互相联系，于是在移动中的用户可以与固定台站电话网的用户互相通话，反之固定用户也可呼叫移动用户。移动通信在我国需求很大，发展很快，现在人们热衷于谈论“大哥大”、“二哥大”、“集群电话”等名词，这部分内容我们将在第 7 章介绍。本章我们只介绍固定台站电话网，因为它比移动电话网规模要大得多，话务量大得多。

固定台站电话网由本地电话网和长途电话网组成，下面分述之。

1.1.1 本地电话网（Local Network）

本地电话网是相对于长途电话网而言的。为了实现全国范围的长途电话直接拨号，我们把每一个城市、每一个县都规定一个号码，这称为长途区号，而本地电话网是指在同一个长途区号范围内，由若干端局或汇接局组成的电话网，如图 1.1 所示。本地电话网的服务范围可大可小，大致可分为下述三种类型：

（1）大、中城市本地电话网，它包括大、中城市市区及所辖的卫星城镇、郊县县城及其农村范围，此类本地网包括若干市话端局、卫星城镇端局、县城端局及农话端局，此外还有若干汇接局。所谓端局是信直接连接用户话机的电话局，而汇接局则是连接各个端局的电话局。

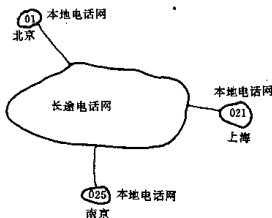


图 1.1 本地电话网概念

(2) 市内电话网，它的服务范围仅限于城市市区，它一般由若干端局和汇接局组成。

(3) 农村电话网，它的服务区域仅包含县城及其所属农村范围。这种本地网可设置县城端局、农话端局，还可设置农话汇接局。

1.1.2 长途电话网 (Toll Network)

长途电话网简称长话网或长途网，它负责各个本地网之间的通信，它通过本地电话网向用户提供国内和国际电话业务。完成此项功能的设备主要是传输设备和长途交换设备，后者又分为全自动、半自动、人工等几种。由此可见长途交换设备通过长途传输线把各个本地网

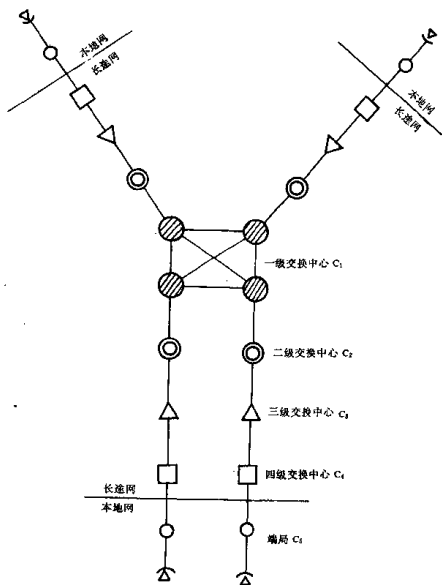


图 1.2 长途网和本地网

的交换机连接在一起，它不直接连接用户话机，因此称为长途交换中心。由于我国幅员广大，长途交换中心也很多，如果个个相连也是不可能的，因此把长途交换中心分成四级，只有一级交换中心个个相连，而其余交换中心原则上由下级连接到上级，如有必要也可横向连接，如

图 1.2 所示。一级交换中心（代号 C_1 ）是省间中心（大区中心）共有 8 个，它们是北京、上海、南京、武汉、沈阳、西安、成都、广州。二级交换中心是省中心，一般指省会长话局，三级交换中心指地区机关所在城市的长话局，在有的省地区作为一级行政单位撤消后，它就是管辖范围与原来的地区大致相同的城市的长话局，四级交换中心一般指县长话局。

以上讲的都是为全社会服务的公用网，而为一个部门或系统服务的通信网称为专用网，例如石油、铁道、电力等系统都有专用网。

1.2 通信信道

1.2.1 通信网的组成要素

从技术设备的角度来看，通信网由终端设备、传输线路和交换设备所组成。终端设备包括发端机和收端机，由于收发信息内容不同又有许多种类。电话机是收话和发话的，它既是发端机又是收端机，电话机的方框图我们将在第 2 章介绍。交换设备实际上起一个转接作用，各个电话机都连到一台交换机上，交换机根据用户需要把该电话转接到另一个电话机。如果没有交换机，各个电话机需要个个相连，这是不现实的。电话机和交换机、交换机和交换机之间都需要传输线路连接起来。

终端设备、交换设备和传输线路（或信道）构成通信网的“硬件”。通信网只有硬件是无法工作的，还必须有“软件”，通信网的“软件”就是信令、协议和各种接口标准。

本节我们先介绍一下信道，下一节介绍交换机。

1.2.2 信道

信道，顾名思义，是指信息的传输通道，它既包括无线信道又包括有线信道。无论何种信道都是以电磁波（广义地说，光波也是电磁波）作为信息载体的。

（1）有线信道

在有线路路中，电磁波是沿线状导体传播的，所谓“有线”就是这个意思。由于这类线状导体材料不同、结构不同、用途不同，有线线路又分成架空明线、平衡电缆、同轴电缆、光缆、海底电缆等。

最早的有线线路是架空明线，这是在一系列竖立的电杆上，把导线捆扎在杆上的绝缘子上。这种线路容易建设，但有两个严重缺点。其一是高频信号容易发射出去，不利于保密。其二是线路架设在室外，容易受到人为的和自然的破坏，可靠性差。架空明线将逐渐被淘汰。

平衡电缆（Balanced Cable）由多个双绞线对组成，所谓双绞线对是指网根外而包了绝缘层的铜线互相对绞在一起。平衡电缆又称对称电缆，“平衡”和“对称”都是指构成一对线的二根线粗细、形状、地位相等。而同轴电缆，就是不对称电缆，它的一对线由一根内导体和一根外导体组成，二者形状、结构不同。平衡电缆可以进行高频复用，例如复用到 60 路，因而可用于长途电缆。也可以用于音频（不复用），这种情况大量用于本地网，称市话电缆或音频电缆。市话电缆容量可以从二对四芯起直到 400 对以上形成多层结构。而长途电缆容量一般只需到十几对。这些双绞线对外而还包有绝缘层，再外面还有铠装以保护芯线和绝缘体不被侵蚀和破坏，也起屏蔽外界干扰的作用。至于铠装的材料和程度则与电缆敷设的方式有关。平衡电缆可以架挂在电线杆上（称架空电缆），也可以埋设于地下，这又分直埋和地下管道二种，

也可埋设在水下（过河及海底电缆）。

市话电缆用于同一城市电话局与电话局之间的连接，也用于电话机和电话局（交换机）之间的连接。在后一种情况，刚从电话局出来的是干线电缆容量较大，到各个方向去的是支线电缆，最后通过被复线连到用户话机上，在这些分支点都设有电缆分线箱或分线盒。

市话电缆芯导体的材料主要是铜，但随着铜价的提高，现在也广泛使用铝。铝的电阻率比铜稍高，但价格较低。此外绝缘材料也广泛用塑料代替纸。市话电缆成本随着技术进步逐渐降低，但交换和复用设备成本下降不多，所以线路成本在本地网总成本中已占大约稍小于 50% 的比例。

市话电缆除了可以频分复用以外，还可以时分复用到一次群，即 30 个话路，2.048Mb/s。

同轴电缆（Coaxial Cable），又叫不对称电缆。这种电缆的一对线由一个外管和内芯构成，外管是圆柱形的管子，内芯是位于该圆柱形管的轴线上的实心细圆柱，外管和内芯在同一轴线上，故得名。内外导体均是铜质，电磁波在内外导体间传播，基本上与外界隔开，因而无发射损耗，也较少受外界干扰，所以传输质量高，传输带宽大，容量高。同轴电缆用途很广，用作有线电视（CATV, Cable Television）的传输线路，可以同时传 10~30 路电视；也常用作计算机局域网（LAN, Local Area Network）的传输介质。在电话网中间轴电缆主要用作长途通信电缆，采用频分复用技术（FDM, Frequency Division Multiplexing）可以传输 300 路、960 路、1800 路、3600 路等。

光缆（Fiber-optic Cable）由许多根光导纤维组成，光导纤维是直径小于 0.1 毫米的玻璃丝，光就沿此光纤传播。与电信号沿电缆传输一样，光信号携带着信息沿光缆传播。我们知道光也是一种电磁波，只是频率很高或波长很短，可见光的波长在 1 微米以下。因此光缆传送信息的容量远大于电信道，可达几万个话路，而传输衰减随着技术的发展正越来越低，现在衰减可低于每公里 1 分贝，远优于同轴电缆，将来可望使再生中继器之间的距离达到几百公里。光纤通信是前景广阔的新技术，该项技术发展很快，在发达国家相当多的光纤通信系统已经建成并投入运行，在我国也正在大力建设光纤通信系统。这项技术还在不断发展，同其他传输介质相比它的优点如下：①制造光纤所使用的原料是世界上最普通的——沙子。②光纤比铜线细小，多根光纤成缆后也比电缆细小而且轻。③衰耗小，再生中继距离比电缆长。④由于系统使用光信号，所以它既不产生电的干扰，也不受周围电干扰的影响。⑤传输频率在 10^{15} 数量级，大约是微波的 10000 倍。

光缆可以代替同轴电缆用于有线电视和局域网中，在长途网方面光缆也优于同轴电缆，现在在一根光纤上大约可以传 8000 路电话，在一条光缆中包含 15 条光纤，总容量便超过 100000 条话路。而衰耗低使得中继器之间的距离当前可达几十公里至 100 公里以上。

光纤不像同轴电缆那样可以传送直流或频率很低的信号，在光纤上不适合频分复用信号，一般传输时分复用信号。

（2）无线信道

无线信道是靠电磁波在自由空间的传播来传递信息的，但是要构成一条无线信道也得有发射机、发射天线、接收机、接收天线，无线信道比有线信道更多地受到自然界和人为的干扰，同时无线电波必须有比原始的话音频率（0.3~3.4kHz）高得多的频率，所以从电话机或送话器送出的话音信号必须经过适当的调制才能送到发射机，而在收端在接收机后面又接有反调制设备才能送到耳机上供人接收。当然无线信道具有一个有线信道无可比拟的优点，即它不受导线的限制，因此收信者可以在范围极其广阔的地域接收信号，也可以实现移动通信。

移动通信是一种无线通信的新技术，在世界上发展很快，我国最近几年也建立了许多无线寻呼系统（俗称 BB 机或 BP 机）和移动电话系统（俗称大哥大）。

无线信道根据无线电频率的不同又可以分为长波、中波、短波、超短波和微波等。频率在 300kHz 以下，波长在 1000 米以上称为长波，长波沿海面传播损耗较小，而且由于频率低所以容量小，天线庞大，只用在航海导航系统中。频率在 0.3~3MHz 或波长在 100~1000 米范围称为中波（MW, Medium Wave），其中 500kHz~1600kHz 这一段是标准的调幅声音广播波段，这是一般收音机都有的中波波段。短波（SW, Short Wave）频率从 3MHz~30MHz，波长 10~100 米，其中从 3MHz 到 22MHz 是声音广播的短波波段，在卫星通信出现以前，短波是无线电通信的主要手段。超短波的频率范围是 30MHz~3000MHz，其中 30MHz~300MHz 称为甚高频（VHF, Very-High Frequency），300MHz~3000MHz 称为特高频（UHF, Ultra-High Frequency）。在这一频段，电离层已不能反射，地面传播损耗又较大，因此传播的主要方式是空间直射波和地面反射波的合成。由于损耗较大，这一频段只能作近距离通信用，有效距离不超过 100km。另一方面，可用带宽比短波宽，适宜较宽频带的信息传输，故划分给调幅声音广播和电视广播以及移动通信。移动通信的频段多在 800MHz~900MHz 附近。蜂窝状移动通信网发展很快，虽然每个小区的直径不超过 100km，但多个小区连成一片就构成更大范围的移动通信网。以上各种频率范围的无线电波一般不作为长途通信网的信道，常用作点到点通信或备用信道，只有微波才作为长途通信网的信道。

微波的频率范围在 300MHz 以上，微波在现代通信中占有重要地位，它的主要用途，一是作为大容量的微波接力线路，二是用于卫星通信。在微波波段，由于频率已很高，天线的方向性可相当好。微波是直线传播的，每隔大约 50km 设一个微波中继站。为了避免电波直线传播时受地面物体的遮挡，中继站一般建在离山上。随着技术的成熟，中继站已可做到无人经常值守。由于微波频率很高，所以微波线路的容量很大，可用来传电视和多路复用的电话信号。中央电视台的电视节目就是通过这种微波接力线路从北京传到各地的。目前模拟微波线路可同时传送 960 路甚至 2700 路话音信号，数字微波线路已可传送四次群（1920 个话路，140Mb/s）。微波线路与同轴电缆相比，建设和维护费用低，容量也很大，因此很有发展前途，但是保密性能不如电缆和光缆，当前我国长途电话主要是靠电缆网传输的。

微波的运用除接力通信外就是卫星通信了，它是本世纪 60 年代后期才出现的新技术。目前用于通信的同步通信卫星实际上是定位于地球上空 36000km 高的一个微波中继站，它绕地球一周需 24 小时，与地球自转同步，因此从地球上看来它好像静止不动。它接收一个频带的微波信号，在另一个频带发回地球。由于它很高，所以当它以广播的方式将微波发向地球时，可以覆盖三分之一的地球表面。地球上很远距离的通信均可通过一个卫星完成，而全球通信也只需三个均匀分布的卫星完成。随着卫星发射技术和通信技术的进步，卫星通信的每路成本越来越低，已经可以与越洋海缆竞争。而且卫星信道的特点是利用卫星完成相距 4500km 的二点之间的通信和相距 1km 的二点通信成本相同，而其他通信信道，如电缆、光缆和微波接力线路则是通信距离越长，成本越高。因此卫星信道在通信网中常用在边远、海岛等其他通信手段不易达到的地区。现在的卫星通信系统工作频率范围是 4GHz~6GHz，在一条链路上能够传送 2700 条话路。在这个领域技术发展的方向是数字化，改善信道容量，较好地使用频带，降低地球站成本等。

1.3 电话交换机的制式和分类

1.3.1 电话交换的基本概念

电话网中的每一部电话机都连接到一台电话交换机上，一部电话呼叫同一交换机上的另一部电话或别的交换机所属的电话都是靠交换机内部工作或多台交换机协同工作完成的。交

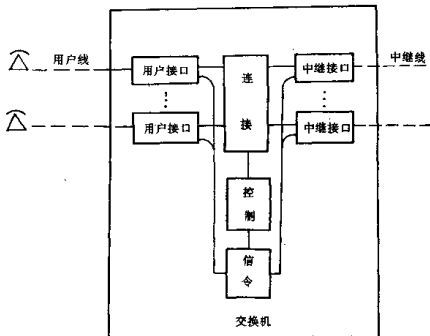


图 1.3 电话交换机框图

换机框图如 1.3 所示。由图可见，电话机通过音频电缆中的一个线对连接到交换机房，从电话机到交换机之间的传输线称为用户线。用户线与交换机之间的接口称用户接口（或用户电路）。一个话机有一个用户电路，话机之间可通过连接网络构成通路，从而实现通话。中继线是交换机之间的传输线，中继线与交换机的接口称中继接口（或中继电路）。由于在邮电部门管理的公共通信网中，一个电话局的主要设备就是一台交换机。因此中继线也就是局间传输线。当某用户呼叫他局用户时，交换机则把该用户通过某一条中继线接到其他局，在该局也可能再通过中继线转接到别的局……，最后到终端局（被叫用户所在的局称为终端局），由终端局把入中继线连到被叫用户线。以上讲的是交换机的第一个功能：连接功能，它是由连接网络（或称接续、交换网络）实现的。交换机的第二个功能是信令功能。交换机怎么知道用户呼叫，又怎么知道他要找谁？这是信令功能解决的问题。第三个功能是控制功能，连接网络的操作要靠控制功能实现，以便形成一条从主叫用户到被叫用户的路由，信令的接收和发送也要靠控制功能实现。不管什么样的交换机都有这三个功能，而根据连接网络和控制部件的不同，交换机又划分成各种类型。

1.3.2 人工电话交换机

人工交换机是由人（话务员）完成控制功能的。连接各电话机的用户线接到人工交换台

的插孔板上，每线接一个插孔。当用户呼叫时，发信号给话务员，话务员收到信号后把自己的话机插入用户塞孔，向用户问明被叫用户号码，然后话务员用一条空闲塞绳把主叫插孔与被叫插孔连起来，于是双方即可通话；通话完毕，用户发信号给话务员，于是话务员拆掉塞绳。这就是人工交换机的工作原理。人工交换机分成两种类型：磁石交换机和共电交换机。这两种交换机的区别在于对电话机的供电方式不同和发信令的方式不同。

磁石交换机本身不向话机供电，与该交换机连接使用的必须是磁石话机，其特点有二，一是话机内装有电池，这种在每个电话机里装有自己的电源的供电方式称为局部电源(Local Battery)，缩写为LB。二是这种话机备有发信令的装置——手摇发电机。呼叫时摇一下发电机手柄，便有电流送到磁石交换机插孔板，使相应插孔旁边的号牌落下，这就是送给话务员的呼叫信号。通话完毕，也必须由用户摇发电机手柄使交换机话终号牌落下，这就是送给话务员的话终信号，据此，话务员拆掉塞绳。由于手摇发电机都有永久磁铁，故这种话机叫作磁石电话机。由于磁石话机自备通话电源和信号电源，因此两部磁石话机互相连接便可通话。

共电交换机是与共电电话机配套使用的。共电话机本身既没有通话电源也没有信号电源，完全由与它相连的共电交换机供电，这种由交换机配备的中心电源向所属各话机供电的方式称为共电电源(Common Battery)，缩写为CB。不少人经常把“共电”与“供电”混为一谈。“共电”指的是各话机自己不备电源，而是“共用”交换机的中心电源；而“供电”则是指除了无源的声力电话机以外，所有电话机都是需要供电的，磁石电话机也需要供电。平时共电话机的手机放在话机座上，靠其重量压下簧叉，切断电流路径，一旦摘机则沟通电流路径，交换机便向话机供应通话电源，同时，也沟通了共电交换机上的信号灯回路，灯亮，这就是给话务员的摘机信号。通话完毕，用户挂机使交换机上监视灯亮，给话务员话终信号。

1.3.3 自动电话交换机

自动交换机的控制功能不是靠人而是靠机电或电子设备完成的。根据控制部件的不同性质，自动交换机又有布控交换机和程控交换机之分。

布控是布线逻辑控制的简称，布线逻辑控制(Wired Logic Control, WLC)是指对呼叫的控制由若干逻辑元件的固定的物理连接方式所决定的逻辑来完成的。这里的逻辑元件可以是继电器等电磁元件也可以是数字逻辑器件。布控实际上是硬件控制。步进制交换机和纵横制交换机都属于布控交换机，因为它们都是由机电元件组成控制部件。步进制交换机在我国正在被淘汰。纵横制交换机是用纵横接线器作为接续元件的交换机。

程控是存储程序控制(Stored Program Control, SPC)的简称，也就是由数字电子计算机控制。现代数字电子计算机是在事先存储的程序控制下工作的，因此程控，实际上是软件控制。既然是软件控制就比布控灵活，容易修改，适应性强，能提供很多新服务性能，易于实现维护自动化，程控交换机目前已逐渐成为我国电话交换的主力。

1.3.4 交换机的其他分类方法

(1) 空分交换和时分交换

以上对交换机的分类是根据交换机控制功能的实现方法来区分的。若根据连接功能的实现方法来区分，可分为空分交换机和时分交换机。从交换机的角度看，它要同时接通许多对通话，也就是说在它的接续网络中同时存在多条通话路径，它的任务是把这些路径分割开。怎样分开，这就存在空间分割和时间分割两种办法。

空分是指在接续网络中由一组物理上分开的矩阵接点构成一条通话路由，由于这一组接点与另一组接点占有不同的空间位置，因此称为空分。这些接点，早期全是金属接点，如纵横接线器簧片接点，近年来也采用电子接点，它是利用 P-N 结的单向导电性构成的。电子接点由于传输指标不如金属接点，大多仅用于程控用户交换机，因为其容量较小，对接点的传输指标不必要求太高。

时分是指通过接续网络的各个连接通路具有不同的时间位置，也就是时分复用 (Time Division Multiplex, TDM)。它是一组通路分享一条共同的物理线路的一种方法，这些通路中的每一路信号在一个短的时间间隙 (时隙) 内周期性地轮流独占这条物理线路。在一个时隙内传送的信号可以是下列三种之一：脉幅调制 (PAM)、增量调制 (ΔM) 和脉冲编码调制 (PCM)，其中采用 PCM 方式的数字交换网络得到了广泛的应用。

(2) 模拟交换和数字交换

若是从交换网络中交换的语音信号的性质来分可分为模拟交换机和数字交换机。模拟交换机 (Analog Switch) 的交换网络用来在用户间连接一条实时传输模拟语音信号的电路，通话完毕，这条电路便拆除。模拟语音信号是指其幅度和频率都随送话器上声音的变化而连续变化的电信号。空分交换机交换的是模拟信号，有一种时分交换机的交换网络传输 PAM 信号，这也是模拟信号。

数字交换 (Digital Switching) 是指直接操作语音的数字信号而实现连接的过程。这里的数字信号主要指 PCM 信号，它是把话音经过抽样、量化、编码而得到的一系列二进制数。而直接操作数字信号主要是指时隙交换 (Time Slot Interchange)，它是把入时分复用线上的一个时隙的内容 (PCM 码) 转移到出时分复用线上的另一个时隙的过程。应当指出，数字信号的传送是指在交换机的交换网络内，因为即便是数字交换机，目前连接的大多还是模拟电话机，因此在用户线上传的仍是模拟信号。

(3) 局用交换机和用户交换机

也可从交换机使用的场合分类。邮电部门的电话局 (Central Office, CO) 使用的交换机叫局用交换机，它是为电话局周围一个地理区域内社会各界的用户提供电话服务的。在局用机的用户线上一般是接一个用户话机，但也可以接一个交换机，这种为一个单位 (如一个机关、工厂、学校) 服务的交换机称为用户交换机，因为从邮电局的角度看，它是用户所有的交换机。用户交换机所带的电话机常称为分机。用户交换机可以是人工的也可以是自动的，后者常缩写为 PABX (Private Automatic Branch eXchange)。局用交换机与用户交换机比较一般容量较大，信令比较复杂。

(4) 市话交换机与长话交换机

市话交换机 (Local Exchange) 是完成市内电话交换的交换机，它除了有中继线接至长话交换机外，均接用户线。长话交换机 (Toll Exchange) 是完成长途电话交换的，它一方面经长市中继线接市话交换机，另一方面接长途传输线。显然市话交换与长话交换有不同的特点，布控交换机难以兼有市话与长话交换功能，但程控交换机则可兼有这两种功能，这种交换机常称为长市合一交换机。

1.4 电话信令和接口的一般概念

1.4.1 电话信令

全世界的电话通信网是人类创建的最复杂最庞大的系统之一，它包含了数以亿计的电话机，成千成万的交换机，而这些电话机和交换机又是由各种各样的传输线路和传输设备连接起来的。尽管如此复杂，原则上，世界上任何一部电话机呼叫相距很远的任何一部电话机都可以在不到一秒钟内接通。也就是说，电话网根据用户要求为主叫用户和被叫用户建立一个连接，然后把这个连接好的电路提供给两用户使用（通话），通话完毕，电话网以同样快的速度拆线，以便为下一次连接作好准备。电话网怎么能够如此快地完成连接的建立和释放呢？它靠的就是信令（Signaling），也称为信号方式或信号。信令是电话网中传递的非语音的电信息，依靠它来实现电话网中通话电路的建立、释放和控制。

电话信令有三个基本功能。一是监视功能，它用来反映或改变用户线和中继线的状态。例如用户线的挂机状态和摘机状态，中继线的占用状态和空闲状态等。二是选择功能，这是指要从众多的电话机中选出主叫所指定的被叫话机，显然这是根据被叫号码完成的，电话号码就是选择信令，也称地址信令。对选择信令的传送和执行有二个要求，一是可靠，二是速度要快。不可靠就会错号，导致接错电话，不快就会使用户拨号后等待回铃音的时间太长。三是管理功能，这是指电话网的管理。例如检测和传送有关网路拥塞的信息；表示某个设备或电路的不可用性，通常叫作闭塞；提供呼叫计费信息；提供交换机维护方面的遥测遥控信息等。

1.4.2 电话信令在技术上的实现

从电话通信诞生的那一天起就有电话信令，从那时至今电话通信技术发展变化很大，因此实现信令的技术手段也是多种多样的。影响电话信令的主要因素是交换系统的类型和传输系统的类型。因此本书以下各章按不同的交换系统和不同的传输系统来介绍信令和接口。

用户线一般都是实线，话机也尽量设计得简单，以便节约成本，由于话机数量很大，所以这种节约是很重要的，因此，用户线信令很简单。中继线信令则相当复杂，这首先是因为中继线有长有短。市话交换机之间的中继线比较短，可以用实线，而不同城市的长途交换机之间的中继线，则相当长，因此成本很高。为了降低成本和保证传输质量，都使用了复用设备，也就是采用技术手段把一对实线划分成许多个话路，每个话路可以传一路电话。复用设备有频分复用和时分复用两种，当前广泛使用的长途传输用的载波设备是频分复用的，而正在大力发展的时分复用设备主要是脉冲编码调制（PCM, Pulse Code Modulation）设备。它是把多个电话机输出的模拟话音变成一系列二进制数，然后分时地在线路上传输，以达到复用的目的，因此，这是一种数字时分复用设备。

综上所述，中继线主要是三种类型：实线、频分复用线、时分复用线，与这三种类型相适应的信令就是直流信令、音频信令和数字型信令。

直流信令是在实线的一端分别用接电源正极、负极或开路等方式向另一端表示各种具体信号，实线一般是二根，记为a线和b线，a、b线接以上几种电路的排列组合，就可以表示各种具体信号，这通常列成一个表，这种表又叫直流标志方式。由于不同类型交换机之间的