

全国通信专业技术人员职业水平考试参考用书

通信专业 实务

——交换技术

■ 全国通信专业技术人员职业水平考试办公室 组编

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

全国通信专业技术人员职业水平考试参考用书

通信专业 实务

——交换技术

■ 全国通信专业技术人员职业水平考试办公室 组编

人民邮电出版社
北京

人民邮电出版社
样书
专用章

图书在版编目 (CIP) 数据

通信专业实务: 交换技术 / 全国通信专业技术人员职业水平考试办公室组编. —北京: 人民邮电出版社, 2008.6
全国通信专业技术人员职业水平考试参考用书
ISBN 978-7-115-17971-5

I. 通… II. 全… III. 通信交换—工程技术人员—水平考试—自学参考资料 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 095968 号

内 容 提 要

本书依据《全国通信专业技术人员职业水平考试大纲》要求编写。全书共分 11 章, 内容分别为交换网络概述, 固定电话网, 分组交换网, 数字数据网, 帧交换网络概述, 交换技术基本概念, 程控交换技术, 电话通信网, 移动网交换技术, 宽带交换技术, 智能网技术, 信令系统, 话务基本理论和交换系统服务标准, 交换网络规划、设计与工程建设, 交换系统的运行维护与管理。本书注重生产岗位实际对通信专业技术人员中级职业水平的要求, 力求反映现代通信技术与业务的最新发展。

本书既可作为全国通信专业技术人员中级职业水平考试的教材, 也可作为职业大中专在校学生的学习辅导教材, 还可供通信行业专业技术人员自学参考。

全国通信专业技术人员职业水平考试参考用书

通信专业实务——交换技术

- ◆ 组 编 全国通信专业技术人员职业水平考试办公室
责任编辑 邹文波
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鸿佳印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20.5
字数: 496 千字
- 2008 年 6 月第 1 版
2008 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17971-5/TN

定价: 48.00 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223
反盗版热线: (010) 67171154

全国通信专业技术人员职业水平考试参考用书

顾问委员会

秘建虎 史晓光 焦桂芳 宋宝英 苏少林 王金龙
许二宁 朱新煜 滕 伟 朱 峰

编审委员会

黄克新 张邦宁 沈志祥 周建兵 唐景山 贾丹华
华仁方 朱祥华 殷益群 胡怡红 韩光伟 刘 荣
李明清 施 扬 张曙光 李茂长 潘 焱 田 华
汪仙山 姚 力 聂 晶 沈存峰 陈 涓 刘军杰
陈 昕 邵世雷 周卫东 徐智勇 邹仕祥 王衍波
罗国明 徐 民 唐 勇 夏南军 张雷霆 卢智军
周 齐 赵长煦 张耀珍 刘静娴 王林林 雷 晶
刘 政 杨纯洁 曹兆成 谷俊江 樊 玮 王向东
郭继兵 丁 玮 堵雯曦 黎德琛 曹 旭 张丛生
黄甫喜 张 冬 戚兆军 孙青华 童 蕾 王明明
刘 键 张立科 李韵菊 顾 芳 程志民 刘志文
张长新 张荣坤 张 宏 张礼佳 赵 宁 蒋 亮
张 彬 石景华 刘晓梅 储冰凌

策划编辑 滑 玉

近年来，我国通信行业在党中央、国务院的正确领导下，在发展中改革，在改革中发展，取得了举世瞩目的发展业绩。综合通信能力显著提升，业务结构不断优化，行业创新与转型步伐加快，充分发挥了对经济社会发展的倍增效应。“十一五”期间通信业务总量年均增长 28.5%，5 年增长 2.5 倍；电话用户年均新增 1 亿户，5 年增长了一倍多，互联网上网人数翻了两番；固定、移动电话普及率分别提高 10.3 和 25.2 个百分点。基础电信企业非话业务收入比例达到 30.6%，新增非话业务收入占全部新增收入的比例达到 63%，增值电信企业达到 2.2 万家，电信网络 and 用户规模居世界第一。我国通信行业发展一年一大步，实现了跨越式发展。

在通信行业跨越式发展的带动下，人才需求日益迫切。为适应我国社会主义市场经济体制和国家通信现代化建设需要，提升通信专业技术人员整体素质，推进通信专业技术人员认证管理工作与国际接轨，人事部和信息产业部决定，在通信运营领域建立通信专业技术人员职业水平评价制度。这项制度的建立，改革了原有的通信专业技术职称评定办法，实行了“以考代评”、“统一证书”，有利于企业改进人才培养模式，有利于加快通信专业技术人员的知识更新速度，有利于通信专业人才相互交流、合理流动，有利于增强通信企业的国际竞争力。

为了保证全国通信专业技术人员职业水平考试工作顺利开展，规范培训和考试工作，确保通信工程师以考代评的质量，公平、公正、科学地对通信专业技术人员进行鉴定考试，信息产业部全国通信专业技术人员职业水平考试办公室组织了一批具有较高理论水平和丰富实践经验的专家编写了全国通信专业技术人员初级、中级职业水平考试的 8 本教材，按照考试大纲的要求，全面介绍相关知识和技术，帮助考生学习和备考。

我们相信，经过全社会的共同努力，全国通信专业技术人员职业水平考试将会更加规范、科学，进而对培养通信专业人才，加快专业队伍建设，推动国民经济和国家通信现代化作出更大贡献。

全国通信专业技术人员职业水平考试办公室

本书主要是为“全国通信专业技术人员职业水平考试”（简称职业水平考试）应试者编写，以信息产业部颁发的《全国通信专业技术人员职业水平考试大纲》（简称《考试大纲》）为依据，经过多次集体讨论和修改，并最终定稿。

当前，由于数字交换技术的广泛应用，现代交换技术出现了革命性进步。宽带交换技术、移动交换技术和智能网技术已经成为现代交换技术的重要内容。为此，作者根据多年在交换网络与交换技术领域从事教学、科研、工程实践和管理的经验和体会，以及对交换网络及相关技术和管理领域的理论和实践问题的深刻理解，紧扣《考试大纲》的要求，对本书的内容精心设计，力图从现代交换网络的视角对繁杂的各种交换技术认真加以审视。本书主要介绍成熟、实用和有一定发展前景的交换网络和交换技术等内容。本书在每一章后面均附有练习题，最后还附有各章练习题的参考答案，以期满足科目考试培训的需要。

交换网络与交换技术的基本概念是交换技术专业的基础，因此，在本书第1、2章介绍相关的知识。程控交换技术是现代交换技术的基础，因此，本书用相对大的篇幅在第3章讲述程控交换技术。第4章讲述电话通信网的结构、网同步和网络管理等内容。移动交换技术、宽带交换技术和智能网技术，是现代技术交换的重要内容，在第5、6、7章分别介绍这些内容。信令技术是交换技术工程人员必须掌握的知识，因此，在第8章讲述该内容。话务理论基础无论是对工程设计人员还是对交换系统的维护人员来说，都是需要了解或掌握的，因此，在第9章中介绍相关内容。第10章的内容为交换网络规划、设计与工程建设，第11章为交换系统的运行维护与管理。最后两章内容更贴近交换专业工程师的实践环节，也是其他交换技术专业教材中少有的，为此，我们专门约请一线交换技术专家编写了这两章内容。

本书层次清晰、内容丰富、通俗易懂，注重现实通信运营生产岗位实际对通信专业技术人员职业水平的要求，力求反映现代通信技术、业务的最新发展。

本书既可作为全国通信专业技术人员中级职业水平考试的教材，也可作为职业大中专在校学生的学习辅导教材，还可供通信行业专业技术人员自学参考。

参加职业水平考试使用本书时，应结合《考试大纲》的要求进行阅读，以便更有针对性。高等学校相关专业作为教学使用本书时，可结合学时安排，对各章节的内容进行取舍。

本书由黄克新、张邦宁主编，唐景山副主编，第1章、第2章、第3章由李茂长、曹旭、王向东编写，第4章、第8章、第9章由李茂长编写；第5章由罗国明编写；第6章、

第7章由施扬编写；第10章由徐民编写；第11章由沈存峰编写。

本书在编写过程中得到了信息产业部、江苏省通信管理局、中国人民解放军理工大学通信工程学院、中国电信股份有限公司江苏分公司、中国移动通信集团江苏有限公司、中国联通有限公司江苏分公司的大力支持和帮助，在此深表感谢。

由于编写时间仓促，作者水平有限，加之本书技术性和专业性较强，书中难免有疏漏与不足之处，恳请读者批评指正。

编者

（此处为模糊的出版信息，包括ISBN、定价、出版社名称等，因图像模糊无法准确识别文字内容）

目 录

第1章 交换网络概述	1	3.4.1 呼叫接续过程及状态迁移	64
1.1 电信网络的构建形式	1	3.4.2 呼叫处理程序的结构	66
1.1.1 电信网络的构建要素	1	3.4.3 呼叫处理有关的数据和表格	66
1.1.2 电信网络的构建形式	3	3.4.4 呼叫处理基本原理	69
1.1.3 不同业务网络的构建特点	4	3.5 程控交换的操作系统	79
1.1.4 支撑网络	5	3.5.1 功能与组成	79
1.2 电信网络的发展	6	3.5.2 实时处理和多重处理	80
1.2.1 传统的电话网络	6	3.5.3 程序的执行管理	83
1.2.2 现代电信网络	9	3.6 程控交换系统的控制机构	89
1.2.3 电信网络的发展	12	3.6.1 对控制机构的要求	89
1.3 程控电话服务功能	13	3.6.2 控制系统的结构方式	90
1.4 电信网络的性能量度	18	3.6.3 备用方式	92
练习题	21	3.6.4 控制系统的可靠性	94
第2章 交换技术基本概念	24	3.6.5 控制系统的处理能力	96
2.1 交换技术的发展	24	练习题	98
2.2 现代交换技术的基本类型	26	第4章 电话通信网	101
2.3 交换技术基础	27	4.1 电话网的结构	101
2.3.1 电路交换技术	27	4.1.1 市内电话网	101
2.3.2 报文交换技术	28	4.1.2 本地电话网	102
2.3.3 分组交换技术	29	4.1.3 专用电话网	103
练习题	32	4.1.4 移动电话网	103
第3章 程控交换技术	34	4.1.5 长途电话网	108
3.1 程控交换机的发展	34	4.2 电话网络与号码资源的对应	111
3.2 程控交换机的基本组成	35	4.3 数字同步网与网同步	111
3.2.1 程控模拟交换机的硬件组成	35	4.3.1 网同步的基本概念	111
3.2.2 程控数字交换机的硬件组成	37	4.3.2 数字同步网的结构	112
3.2.3 程控交换机的软件组成	45	4.3.3 各级时钟进网要求	114
3.2.4 软件设计语言	50	4.3.4 滑动指标的分配及传输系统	116
3.3 数字交换原理	54	4.4 电信管理网	117
3.3.1 时隙交换的基本概念	54	4.4.1 电信管理网的概念	117
3.3.2 复用器和分路器	54	4.4.2 电信管理网的功能	118
3.3.3 时间接线器和空间接线器	56	4.4.3 电信管理网的应用	119
3.3.4 数字交换网络	59	4.4.4 电话网的网络管理与控制	119
3.4 程序控制基本原理	64	4.4.5 话务流量控制	121

练习题	128	7.1.1 智能网的产生	180
第 5 章 移动网交换技术	130	7.1.2 智能网的结构	181
5.1 移动通信的网络结构	130	7.1.3 智能网的标准	182
5.2 移动交换基本技术	133	7.2 智能网概念模型	183
5.2.1 移动呼叫的一般过程	133	7.2.1 业务平面 (SP)	183
5.2.2 自动漫游	136	7.2.2 全局功能平面 (GFP)	188
5.2.3 越区切换	137	7.2.3 分布功能平面 (DFP)	191
5.2.4 网络安全	138	7.2.4 物理平面 (PP)	192
练习题	141	7.3 业务交换点 (SSP)	194
第 6 章 宽带交换技术	143	7.3.1 SSP 基本功能	195
6.1 N-ISDN 的主要特点及其局限性	143	7.3.2 SSF/SCF 功能模型	195
6.2 ATM 交换技术	145	7.4 业务控制点 (SCP)	196
6.2.1 ATM 的基本概念	145	7.5 智能网的应用与发展	196
6.2.2 ATM 协议参考模型	147	7.5.1 移动智能网	196
6.2.3 ATM 的交换网络	151	7.5.2 智能网与 Internet 的结合	199
6.2.4 ATM 网络接口	156	7.5.3 固网智能化	200
6.2.5 ATM 网络信令	158	7.5.4 下一代网络 (NGN) 与智能网	201
6.3 多协议标签交换 (MPLS) 技术	162	练习题	203
6.3.1 MPLS 概述	162	第 8 章 信令系统	205
6.3.2 MPLS 网络体系结构	163	8.1 信令的基本概念	205
6.3.3 MPLS 工作原理	164	8.2 信令分类	206
6.3.4 MPLS 的优缺点	165	8.3 公共信道信令	208
6.4 光交换技术	166	8.3.1 公共信道信令的概念	208
6.4.1 光交换的概念	166	8.3.2 7 号信令的结构及功能	210
6.4.2 光交换的基本方法	166	8.3.3 7 号信令的信令单元	212
6.4.3 光交换的控制设备	168	8.3.4 7 号信令的电话用户部分 (TUP)	215
6.4.4 自动交换光网络 (ASON) 技术	169	8.3.5 7 号信令的 ISDN 用户部分 (ISUP)	218
6.5 软交换技术	170	8.3.6 7 号信令与智能网	228
6.5.1 软交换的概念	170	8.4 信令网	231
6.5.2 软交换的网络结构及主要功能	171	练习题	237
6.5.3 软交换的协议	173	第 9 章 话务基本理论和交换系统	239
6.5.4 软交换的优缺点	174	服务标准	239
6.5.5 软交换网络路由技术	175	7.1 话务量	239
6.6 下一代网络展望	177	9.1.1 话务量的概念	239
练习题	178	9.1.2 话务量的特性	242
第 7 章 智能网技术	180	9.1.3 影响话务量的因素	243
7.1 智能网概述	180		

9.1.4	话务量与BHCA的关系	244	工程竣工决算	269	
9.1.5	话务统计的目的	245	10.7.4	通信工程建设项目管理	271
9.2	呼损的计算	245	10.8	交换系统的开通测试与割接	273
9.2.1	线群的概念	245	10.8.1	测试开通要点	273
9.2.2	全利用度线群的呼损计算	248	10.8.2	测试前的准备	274
9.2.3	部分利用度线群的呼损计算	249	10.8.3	系统测试	275
9.2.4	线群的利用率	249	10.8.4	系统割接	277
9.3	服务质量和标准	251	练习题	278	
9.3.1	服务质量与服务等级	251	第 11 章	交换系统的运行维护与	
9.3.2	接续质量的有关指标	251	管理	280	
9.3.3	呼叫处理性能有关指标	253	11.1	交换系统的运行维护	280
练习题		254	11.1.1	日常维护	280
第 10 章	交换网络规划、设计与		11.1.2	故障维护	282
工程建设	256		11.1.3	电话交换网的维护与验收	
10.1	交换网络的规划和设计	256	指标	285	
10.2	交换系统的设计	257	11.1.4	交换设备的数据维护	286
10.2.1	选型原则	257	11.2	我国的电信网管理系统	288
10.2.2	中继方式	258	11.3	交换网络仪表的使用	291
10.2.3	系统配置	258	11.3.1	7号信令仪表使用基本	
10.3	机房设计	259	概念	291	
10.4	电源设计	260	11.3.2	7号信令仪表监测功能	
10.5	不同厂家交换设备的功能和		使用	291	
技术特点	261		11.3.3	7号信令仪表信令终端仿真	
10.6	新设备的招标	263	功能使用	295	
10.7	交换网络工程的建设	264	练习题	298	
10.7.1	工程建设的审核	264	附录 1	爱尔兰呼损表	300
10.7.2	编制工程概、预算	266	附录 2	练习题参考答案	303
10.7.3	组织工程竣工验收和编制		参考文献	315	

第 1 章 交换网络概述

现代电信网络由许多不同业务的终端、传输设备和交换系统构成。交换网络是指交换系统与交换系统通过传输设备连接而成的网络。现代交换网络本质上就是现代电信网络。换句话说，交换系统是现代电信网络的关键设备，无论是固定网还是移动网均无例外。本章简要介绍电信网络的构建形式和发展概况，程控电话的服务功能，以及电信网络的性能度量。

1.1 电信网络的构建形式

1.1.1 电信网络的构建要素

电通信系统的基本任务是提供从任一个终端到另一个终端传送电信息的路由，这种电信息可以是电话、电报、数据、图像以及其他信息。这样一个系统必须包括以下三个部分。

终端设备：终端设备是电信网络中的源点和终点，它是大众用户直接使用的通信工具。

以电话通信为例，终端设备就是电话机。尽管电话机的制式多种多样，但终端设备的基本功能都是在用户发话时将语音信号或语音信号兼图像信号转换成电信号，同时将对方终端设备送过来的电信号还原为语音信号或语音信号兼图像信号。另外，终端设备还具有产生和发送表示用户接续要求的控制信号功能，这类控制信号如用户状态信号和建立接续的选择信号等。固定电话网的终端设备与移动电话网的终端设备在技术上有较大的差别。

电信网络中常见的终端设备有固定电话机、移动电话机（手机）、传真机、数据终端机等。随着技术的不断发展，终端设备也随着电信业务的变化而变化。

传输设备：传输设备是指终端设备到交换中心以及交换中心到交换中心之间的传输线和相关的设备，如图 1-1 所示的用户线和中继线都称为传输设备。随着现代电信网络的发展，用户线即用户环路已演变、发展为接入网。我们将在后面简要介绍接入网的概念。

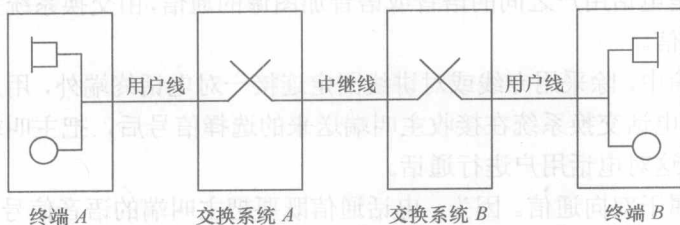


图 1-1 电通信系统原理示意图

传输设备根据传输媒介的不同又分有线传输设备和无线传输设备。而其中有线传输设备又包含了明线、音频电缆、载波电缆、光缆等，光缆传输已成为目前有线传输中的主流，在长途通信尤其如此；无线传输设备包括各种波段的传输手段（如通常所说的短波、微波、卫星等通信手段，指的就是不同的无线传输技术）。传统的传输设备所传输的电信号既可以为模拟信号，也可以为数字信号。采用光缆传输时，需要将电信号转换为光信号。利用传输设备可以将电信号或光信号传送到远方。

交换设备：交换设备是指能够完成终端用户到终端用户之间语音等信息交换的设备，交换设备也称交换系统，它由相关的硬件和软件组成。交换设备根据主叫用户终端所发出的选择信号来选择被叫终端，使这两个终端建立连接。连接主被叫之间电路的交换工作有时要经过多级（即通过多个交换局）才能完成。不同业务的网络有不同的交换设备，交换设备还有各种不同的制式，但相互之间通过接口技术以及全网统一的信令系统而能够协调工作。

现代电信网络是由成千上万个交换系统连接而成的。如交换系统之间不相互连接，则每一个交换系统只能形成一个小的电信孤岛。而事实上，电信用户之间总是能够畅通无阻地与任何其他电信用户进行通信，这正得益于现代先进的交换网络。

终端与终端之间的信息通过交换系统进行交换，它的基本原理是怎样的呢？我们以电话通信为例来进行简要的说明。

在图 1-1 所示的示意图中，当终端 A 发起呼叫，交换系统 A 通过用户环路识别后，向终端 A 送出拨号音；终端 A 开始拨号，交换系统 A 接收终端 A 送来的选择信号后进行分析判断，判断出被叫用户是终端 B，交换系统 A 于是接通到交换系统 B 的通路，并向交换系统 B 送出终端 B 即被叫用户的号码；交换系统 B 即选择一条电路接通至终端 B，并向终端 B 送出振铃信号，向终端 A 送出回铃音；终端 B 用户摘机后，用户 A 与用户 B 即进入通话状态。

当主叫用户在终端 A 的送话器前讲话时，声波通过空气振动作用在送话器上，使送话电路内产生相应的电信号，而产生的电信号又经传输设备和交换设备送至终端 B 的受话器，受话器收到电信号时把它转换成为声波振动，声波通过空气振动传到被叫用户耳朵。如果是被叫用户讲话，主叫用户收听，则终端 B 的送话器将被叫用户语言通过送话器转换为电信号，传输到终端 A，还原为声波振动空气而被主叫用户所听到。可见，电话通信是在发送端通过送话器变声波为电信号，由传输线送至接收端，接收端通过受话器将电信号转换为声波，这就是电话通信的基本原理。对可视终端而言，则图像信号在发送端需转换为电信号，经传输系统和交换系统后，接收端再将电信号转换为图像信号。

综上所述，电话通信具有以下几个特点。

① 电话通信是电话用户之间的语音或语音加图像的通信，由交换系统完成网络之内任意两个终端之间的通信。

② 在电话通信中，除采用专线或对讲线固定连接一对电话终端外，用户通话都需经过交换系统进行连通。电话交换系统在接收主叫端送来的选择信号后，把主叫端和它所需要的被叫端接通，才能使这对电话用户进行通话。

③ 电话通信属于双向通信。因为，电话通信既要把主叫端的语音信号传送到被叫端，又要把被叫端的语音信号传送到主叫端。

1.1.2 电信网络的构建形式

电信网络的构建，规模有大有小，形式多种多样。而不同业务的网络 and 不同运营商以及不同国家和地区之间的网络互连互通，从而构成了一个世界性的、错综复杂的、运行有序的、规模庞大的现代电信网络。

现代电信网络的构建按其服务范围分为广域网、城域网和局域网；而传统的固定电话网则通常将服务范围分类为市话网、本地网和长途网；从技术手段分类，可有模拟网和数字网两大类；而根据终端设备的运动性，相关网络又可分为固定网与移动网；如此等等。但本小节从交换系统之间相互连接的物理形式来说明电信网络的构建形式。

1. 网状网

网状网也称全互连网，是交换局之间的直接中继法。在网中的每个交换局均有直达路由同所有其他交换局连接。这种网的优点是任何两个交换局之间的接续一般不需经过第三个交换局，接续迅速；在某两个交换局中继线出现故障时，又可组织迂回通信，并只需经过另一个局的转接就可完成接续，因此电路调度灵活，可靠性高。但是，整个交换网所需的中继线较多，线路利用率较低，投资和维护费用大。故这种全互连网只适用于交换局间话务量较大的情况，或分局数量较少的城市。

图 1-2 (a) 所示的网状网，如果网内有 N 个交换局，则其电路群的数目为 $N(N-1)/2$ 。可见随着网内交换局数量增加，中继线群将迅猛增加。

读者必须注意到，图 1-2 中交换局与交换局之间所画的实线（即局间中继线）既可以是有线信道，也可以是无线信道。

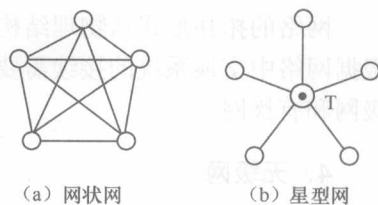


图 1-2 电话网的基本形式

2. 星型网

星型网的结构如图 1-2 (b) 所示，它设有一个中心局 T，该中心局也称汇接局。其他各局到汇接局设有直达中继线，各交换局之间的通信都需经汇接局转接，整个电信网络构成一辐射的形状，所以也称为辐射式电信网络。

星型网的优点是减少了电路群数和中继线的总长度，若有 N 个局，电路群数只有 $(N-1)$ 群。由于各局间的通信只能通过一个电路群，显然其局间话务量较集中，电路利用率也比较高。但星型网的缺点也由此产生，即各局之间的通信都要经过汇接局，一旦汇接局不能转接，将使全网的局间通信中断。星型网可作为局部地区网，例如当一个地区比较分散，靠中心的位置有一个较大的局，而它的周围是一些较小的局，可采用星型网结构。另外，星型网中的汇接局设备往往与其中一个交换局的设备安装在同一建筑物中。

3. 复合网

复合网一般是网状网和星型网的综合。

复合网以星型网为基础，在局间业务量较小时采用汇接接续；在局间业务量较大时设置直达电路，构成部分直达式网。这是根据实际情况吸取上述两种基本形式的优点的组网方法。

这种复合形式的网如图 1-3 所示。

从图 1-3 可以看出,这种形式的网在 H 、 I 和 J 三个汇接局之间采用网状网结构,而汇接局以下的各局分别采用星型网结构,还可根据需要在局间话务量较大的 F 局和 G 局之间,设置直达电路。显然,复合形式的网既提高了电路利用率,又有适当的灵活性,在实用中显得经济合理。

除上述基本形式的电信网络外,还有一些特殊形式的交换网络结构,如移动电话网通常采用蜂窝型网;在专用通信网中可采用如图 1-4 (a) 所示的环型网和如图 1-4 (b) 所示的总线型网等。

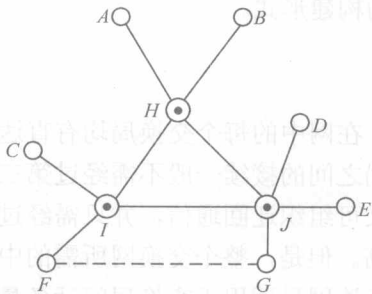
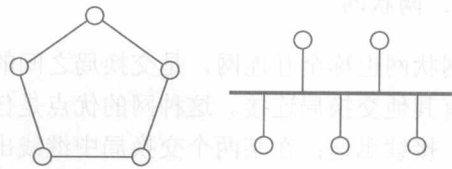


图 1-3 复合网



(a) 环型网

(b) 总线型网

图 1-4 专用通信网基本形式

网络的拓扑形式从物理结构上看,上面所述内容基本涵盖了现有的电信网络拓扑结构。根据网络中交换系统的接续需要,可以将网络中各节点定义成一定级别。网络可以构建出无级网和有级网。

4. 无级网

上面所述的网状网和环型网以及总线型网都可以构建成无级网络。无级网的全网中各交换节点的交换系统处于同一个等级地位,在这个前提下,组织路由接续工作。

5. 有级网

有级网又根据级数多少分二级网、三级网和四级网。上面所述的星形网,其中汇接局可以在网络中同时担任终端局的任务,显然,汇接局在全网中的重要性比其他端局要高,因此这样的网络就可以成为有级网。我国长途电话网原先就是四级汇接辐射式,从 2004 年以后,全国所有县级(即 C4 级)都合并到扩大的 C3 本地网后,从此 C4 级消失,我国的长途电话网也演变成三级汇接辐射式了。从网络组织角度来看,无级网实施起来更为方便、灵活和经济。因此,有专家认为,我国的长途电话网逐步进行从多级到少级,从少级到无级的演变。

网络的构建是在电信生产实践中根据需要进行的,它既考虑到网络建设的成本,又要考虑到网络建设技术上的要求,网络的规模不同以及用户群分布不同,网络的构建形式就会形成差别。关于电信网络的构建形式,在后续章节中还要进行较为详细的介绍。

1.1.3 不同业务网络的构建特点

传统的公用交换电话网是现代电信网络的基础网和骨干网。移动电话网、公众数据网以及智能网等现代电信网络是继固定电话网后发展的业务网。在网络的构建过程中,凡需要互

通互连的交换系统，后建的网络需要具有与原建网络的接口功能。当然，同一运营商经营的网络，当新设备在数量上占网络总设备的大多数情况下，对原设备加装接口也是可行的方法。

不同的业务网络具有不同的特点。固定电话网络的构建特点是网络为用户所提供通路的固定性和网络中的各通信要素也是明确而固定的。固定电话网的传输手段既可以是有线传输，也可以是无线传输，还可以是有线传输与无线传输结合而成的传输系统。在有线传输的固定电话网络中，全网可采取不同的信令方式，但采用不同信令方式的交换系统在互通时，需要对信令进行转换。固定电话网作为现代电信网络的基础网，第4章将详细介绍。

移动通信网具有的特点是移动通信的信号传输必须通过无线电波。由于可用频率资源有限，因此，必须考虑充分利用这些频率资源；又由于移动用户可任意游动到其他地区，因此一般应考虑公众移动通信网的编号、信令、使用频道、接口等必须在全国或地区范围内统一。因此，移动通信网必须具有网关交换节点、本地存储器节点、本地交换节点以及无线接入节点等设备，这些设备是移动通信网络不可缺少的要素。

智能网是在原有的固定电话网基础上，为快速、方便、经济、灵活地提供各种新的电信业务而设置的附加网络。作为计算机技术与通信技术结合的产物，它的特点是实现业务与交换的分离。为了达到这个目的，传统的交换系统成了智能网中的业务交换点（SSP），而对业务的理解和控制则由网络中的业务控制点（SCP）来完成。为了达到快速、灵活提供新业务的目的，智能网除了业务交换点和业务控制点外，还需要智能外设（IP）、业务管理系统（SMS）、业务数据点（SDP）、业务生成环境（SCE）等。

不同的业务网络要实现任意两个终端之间的通信，必须通过交换系统予以实现，这是现代电信网络的共同特点。

1.1.4 支撑网络

具有强大功能，并能提供各种业务的现代电信网络，仅有交换系统和传输链路是无法完成接续任务的。如程控交换系统在电话网络中应用后，它需要与原先的机电式交换机配合作才能将全网内任意两个用户连接起来。随着数字交换系统的普遍应用，原先的随路信令系统已经不能适应网络的发展需要，公共信道信令系统被广泛应用。一个完善的信令网对电话网络起到重要的支撑作用；同样，对于一个全数字化的网络，信号需要同步，强大的网络功能和各网络的广泛互连互通，都需要有效的管理手段，由此，电信网络的三个支撑网应运而生。

1. 信令网

我们把用以建立、维持或解除通信关系的有关信息称为信令。在机电式交换系统时代，无论是用户发起呼叫，还是送出被叫用户号码的选择信令，以及交换系统在接续过程中向被叫振铃并向主叫送回铃音等信息，如果两个用户位于不同的电话局，则都是由局间语音通道进行传送。这就是沿用了一百多年的随路信号。随路信号的特点是每个话路都需要具有信令功能，这使得大型交换系统的信令设备就显得非常庞大，这是很不经济的。其次，随着电话网络向着数字化、综合化、宽带化、智能化和个人化的发展，随路信令无法适应新业务的需要。如目前用户常用的彩铃、彩信等业务都是随路信令无法满足要求的。再是网络使用随路信令，则在用户通话期间难以传送信令。因此，数字程控交换系统普遍使用以后，公共信道信令也被广泛使用。所谓公共信道信令，就是将各话路中的随路信令从话路中移出到专门的

一条信令信道中传送。由中央处理机控制的公共信令信道能够被许多话路所公用。电话网络中的这些信令信道就构成了一个庞大的信令网。

2. 同步网

现代电信网络普遍采用了数字交换和传输技术，而在数字网中传递的是对信息进行编码后得到的离散脉冲，如果任何两个数字交换系统之间的时钟频率或相位不一致，或者是由于数字比特流在传输中受到相位漂移和抖动的影响，就会在系统的缓冲存储器中产生上溢或下溢，导致在传输的比特流中出现误码，通常称之为滑动损伤。为了满足在网中传输各类信息的要求，就要有效地控制或减少滑动，网络所有交换系统和传输系统必须同步工作在相同的平均频率上，故需要向网络中的设备统一提供同步基准参考信号，因此电信网络需要一个具有高精度度的同步网。

3. 管理网

随着社会经济发展，计算机与网络技术促进了电信技术的飞速发展，电信用户越来越多，电话普及率迅猛提高，各种各样的电信业务也层出不穷，因此电信网络的规模越来越大，各种各样的设备越来越多，网络的管理难度日趋增大，对电信网络的管理技术要求也就越来越高。传统的公用电话网络采用人工方式进行管理，但因为管理手段落后，已经难以适应高速发展现代电信网络的需求。只有运用先进的计算机管理技术和自动化管理手段，才能起到对现代电信网络的支撑作用。

最初的电信网络管理系统没有标准的互连接口，形成许多“孤岛”系统，相互之间难以协调互通，不能共享网络信息资源。复杂的网络和不断出现的电信新业务迫切需要一个现代化的管理手段。正是这样的原因，国际电信联盟于20世纪80年代提出了电信管理网（TMN）的概念。

电信管理网的基本概念是提供一个有组织的网络结构，以取得各种类型运行系统之间、运行系统与电信设备之间的互连，采用商定的标准协议和信息接口进行管理信息交换体系结构。建立电信管理网（TMN）体系结构的目的是支撑电信网和电信业务的规划、配置、安装、操作及组织。

从技术和标准角度看，电信管理网自身有一组原则和为实现原则中定义的目标而制定的一系列技术标准和规范；从逻辑和实施方面考虑，电信管理网是一个由各种不同的管理应用系统，按照电信管理网的标准接口互连而成的网络。这个网络在有限点上与电信网接口，与电信网的关系是管与被管的关系。

1.2 电信网络的发展

1.2.1 传统的电话网络

传统的电话网中的交换网络只完成单一的语音交换任务，而且在程控交换技术出现之前传送的都是模拟语音信息。支撑电话业务的信令系统信令种类少，技术简单，并且都是随着语音信道传送的。组成交换系统的主要元器件是继电器和电磁式接线器，并依靠布线逻辑控制达到不同用户间的通信交换。这种传统的电话网络已基本退出使用领域。但作为交换技术专业工作人员，了解交换技术的发展历史，以史为鉴，对于认识电信网络未来发展趋势仍具

有指导意义。

1. 电话的发明

电的发现，为电话的发明创造了一个基础。

电话出现前，电报技术就已经实用。19世纪上半叶，以美国纽约新大学美术教授莫尔斯发明的电报装置最具有代表性，此后，电报通信被广泛用于航海业。人们知道，当用户在拍发电报时，把电文变成信息，再通过电报线路，以 $3 \times 10^5 \text{ km/s}$ 的速度传到远方的亲朋好友或其他人。拍发电报手续的繁琐与不便，使欧洲的一些科学家产生利用导线传递语音的想法。

为此，很多科学家在实验室里做过无数次试验。

1854年，法国查尔斯·布素尔提出用活动磁盘的通话原理，并作了相关的试验。

1857年，意大利的梅乌齐·穆西也发明了简易的电话装置。

1860年，德国的菲利普·赖斯利用他发明的电话装置第一次将一曲旋律用电发送了一段距离。他把这个装置叫作“Telephone”，这个词的意思即为“电话”。这一名词就这样沿用下来。

1875年，有两个美国人也在相互独立地研究电话传输的方法。一位是伊利沙·格雷，另一位是亚历山大·格雷厄姆·贝尔。

格雷是美国芝加哥的一位发明家和制造商，他发明的电话与德国人赖斯的差不多，但在发送器的薄膜上有所改进。格雷制作的电话接收器同他于1874年7月在英国和1875年7月在美国获得专利权的那种电报接收器相似。1876年2月14日，格雷向美国专利局申请要求在一年内停止审批关于电话机的专利。他想争取点时间把已经研制成功的电话机再作进一步改进，并提出在三个月内他将再次申请这一专利。然而，格雷仅仅晚去了专利局几个小时，就使电话发明与他失之交臂。

1875年6月，贝尔与他的助手在美国波士顿从事研究多工电报机时，受一个偶然事故的启发，研制出了新的电话机，经过一段时间的试验和改进，最初的样机得到完善，贝尔于1876年2月14日，向美国专利局申请专利权。美国专利局于1876年3月7日将这一专利权授予了贝尔。1876年3月10日，贝尔用他发明的装置，第一次发送了一句完整的话。世界许多国家的电信部门都将3月10日，作为电话发明的纪念日。

最初电话机的通话质量是很差的，自爱迪生发明了炭精送话器后，才使电话通信质量得到很大的提高。

综上所述，电话的发明是科学技术发展的必然。电话的发明是法拉第等科学家创建的电磁感应理论的具体应用。没有电磁感应理论的出现，就没有电话的发明。

最早的电话机，里面装有一部手摇曲柄发电机，也称磁石式发电机，手摇发电机在使用时，向对方发出振铃信号，由本机的干电池组给送话器供电。装有手摇发电机的电话机称为磁石式电话机。

1886年前后，人们又发明了共电式电话机。共电式电话机不再使用手摇发电机和干电池，而是共同由电话局供电。从磁石式电话机发展到共电式电话机是一个重大的进步，它不仅使电话机的结构简单、造价便宜，而且使用方便，拿起电话机就可以呼叫。

2. 交换机的使用

仅有电话机只能使两个用户间进行电话通信，要使许多用户都能进行相互间的通信，就