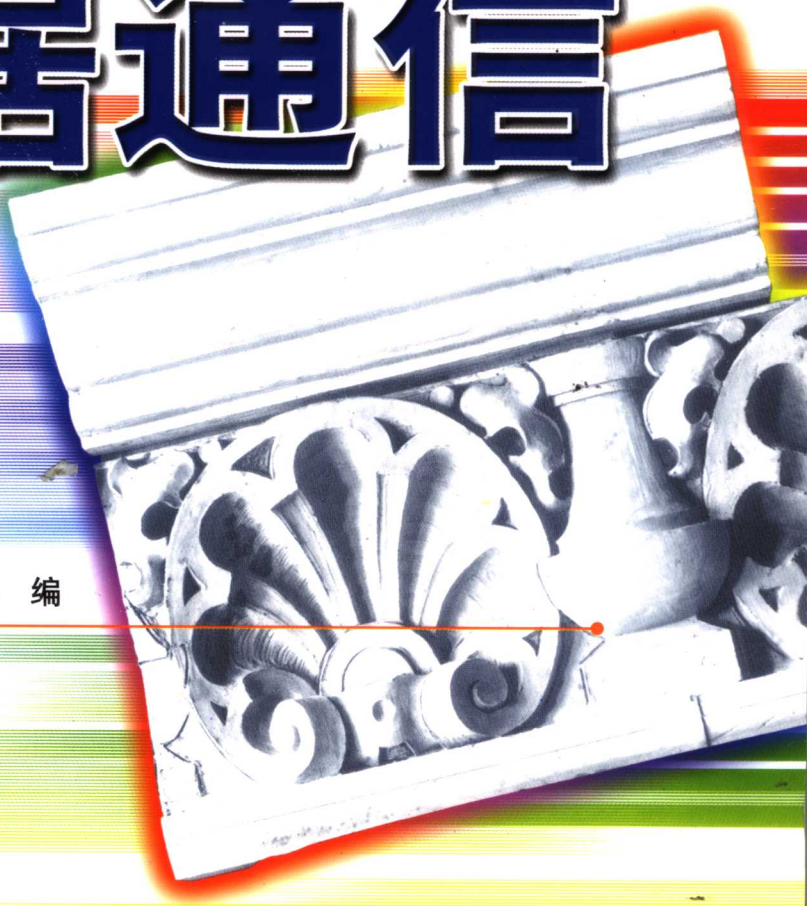
21世纪高职高专通信教材

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN
TONGXIN JIAOCAI

数据通信



乔桂红 主编
庞瑞霞 刘省先 赵艳春 编

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高职高专通信教材

数 据 通 信

乔桂红　主编

庞瑞霞　刘省先　赵艳春　编

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目（CIP）数据

数据通信/乔桂红主编. —北京：人民邮电出版社，2005.6
21 世纪高职高专通信教材
ISBN 7-115-13353-0

I. 数… II. 乔… III. 数据通信—高等学校：技术学校—教材 IV. TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 028221 号

内 容 提 要

本书系统介绍数据通信的基础知识，包括数据通信系统的基本概念、基本构成、数据传输速率和数据通信中的复用技术；数据通信的基带传输、频带传输和数字数据传输；差错控制技术；数据通信的交换方式；数据通信协议；各种数据通信网络，包括分组交换网、DDN 网、帧中继网、ATM 网和 IP 网；数据通信的接入技术；数据通信常用测试仪表。详细讲述数据通信协议和各种数据通信系统的组成、功能和实现。本书紧扣行业标准和规范，具有较强的实用性。

本书既可作高职高专院校通信、电子信息类相关专业的教材，也可作为数据通信技术培训班以及技能鉴定的参考用书。

21 世纪高职高专通信教材

数 据 通 信

◆ 主　　编　乔桂红
　编　　庞瑞霞　刘省先　赵艳春
　策划编辑　滑　玉
　执行编辑　邹文波　王　爽

◆ 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
　读者热线：010-67170985
　北京艺辉印刷有限公司印刷
　新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本：787×1092　1/16
　印张：18.75
　字数：446 千字　　2005 年 6 月第 1 版
　印数：1 – 5 000 册　　2005 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-13353-0/TN・2462

定价：25.00 元

本书如有印装质量问题，请与本社联系　电话：（010）67129223

21世纪高职高专通信教材

编　委　会

主　　任　肖传统

副主任　张新瑛　向　伟

委　　员　王新义　孙青华　朱　立　江　丽　李元忠
李转年　李树岭　李　婵　刘翠霞　陈兴东
苏开荣　吴瑞萍　张干生　张孝强　张献居
周训斌　杨　荣　杨　源　胡　鹏　赵兰畔
黄柏江　曹晓川　滑　玉　傅德月　惠亚爱

秘　　书　李立高

执行编委　滑　玉

丛书前言

随着通信技术的飞速发展，通信业务的不断拓展和通信市场的日益开放，如何提高从业人员的素质，增强产业竞争力，已成为通信运营商高层决策者们所考虑的重要问题之一。通信类的高等职业教育以适应通信技术发展，培养通信生产和服务一线的技能型人才为目的。

国务委员陈至立同志在全国职业教育工作会议上指出："职业教育的目标是培养数以千万计的技能型人才和数以亿计的高素质劳动者，必须坚持以服务为宗旨，以就业为导向，面向社会、面向市场办学。"为了适应高等职业教育的需要，结合通信行业的特点和通信类高等职业教育的培养目标，我们组织了全国通信类高职院校部分老师和部分通信企业的资深专家编写了这套《21 世纪高职高专通信教材》。该丛书技术新，实用性强，案例典型，既可满足通信类高职高专的教学使用，又可作为从事通信行业一线的专业技术人员培训和自学读物。

由于作者编写高职高专教材经验不足，征求意见的范围还不够广泛，书中难免存在疏漏之处，望广大读者多提宝贵意见，以便进一步提高完善。

21 世纪高职高专通信教材编辑委员会

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

编者的话

随着社会的进步，科学技术的发展，数据通信技术是当今发展最为迅速的技术之一。数据通信技术正不断地与计算机技术相融合，这种不断融合的发展趋势，引领着世界进入信息与网络时代。数据通信目标是统一的一个网络能够同时提供话音、数据、视频等宽带多媒体通信业务。数据通信网络的飞速发展，需要大批的数据通信专业技术人员。目前，数据通信和计算机方面本科教材很多，但真正适合高职高专学生教学特点的教材十分短缺，将数据通信和计算机有机地结合起来的教材是少之又少。为此，编写一本适合高职高专使用的数据通信教材，是当今高职高专教学上的一个迫切要求。

为了适应这一要求，人民邮电出版社组织了河北通信职业技术学院和陕西通信职业技术学院部分骨干教师，编写了本书。本书的编写按国家教育部对高职高专学生的要求，除了介绍相关的理论外，更加注重实际应用。通过学习本书，读者能够全面系统地了解数据通信系统的构成、传输技术、协议应用和各种数据通信系统的组成及应用等。本书力求通俗易懂、深入浅出、循序渐进，基本概念和基本原理讲解准确清晰，轻理论推导，重实际应用，并且特别注意以形象直观的图表形式来配合文字的叙述，以帮助读者全面理解本书内容。

全书内容安排如下：

第 1 章介绍数据通信系统的构成、数据传输方式、数据传输速率和复用技术等。

第 2 章介绍数据通信的常用码型、基带传输、频带传输和数字数据传输。

第 3 章介绍差错控制的基本方式，重点介绍循环码的编解码、ARQ 原理和滑窗协议。

第 4 章介绍数据通信的交换方式，重点介绍分组交换方式。

第 5 章介绍数据通信协议，包括 OSI 参考模型、物理层的 RS-232/V.24 建议、数据链路层的 HDLC 规程和 PPP，以及网络层的 X.25 协议。

第 6 章介绍各种数据通信网络，包括 X.25 网、DDN 网、FR 网、ATM 网和 IP 网。详细介绍了各种网络的结构、组网、用户入网方式、网上提供的业务以及 IP 网的基本知识。

第 7 章介绍数据通信的接入技术，包括有线的窄带和宽带接入以及无线接入技术，重点介绍 XDSL 和光纤接入。

第 8 章介绍数据通信常用测试仪表，有光功率计、误码测试仪、网线测试仪、线路分析仪、规程分析仪等测试仪表的功能和使用。

本书由河北通信职业技术学院乔桂红任主编，参加编写的还有：庞瑞霞、刘省先、赵艳春、易向军和王淑梅。本书在编写过程中得到了河北通信职业技术学院和陕西通信职业技术学院领导的大力支持和帮助，在此表示最诚挚的谢意！

由于通信技术发展迅猛，作者水平有限，加上时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2005 年 1 月

目　　录

第 1 章　数据通信基础知识 …… 1

1.1　数据通信的概念与特点 …… 1

1.1.1　数据通信的概念 …… 1

1.1.2　数据通信的特点 …… 2

1.2　数据通信系统的构成与分类 …… 2

1.2.1　数据通信系统的构成 …… 2

1.2.2　数据通信系统的分类 …… 4

1.3　数据传输代码 …… 5

1.4　数据传输速率 …… 9

1.4.1　调制速率 …… 9

1.4.2　数据传信速率 …… 10

1.4.3　数据传送速率 …… 11

1.5　数据通信系统的主要性能指标 …… 11

1.5.1　可靠性指标 …… 12

1.5.2　有效性指标 …… 12

1.6　数据传输的基本方式 …… 12

1.6.1　并行传输与串行传输 …… 12

1.6.2　异步传输与同步传输 …… 13

1.6.3　单工、半双工和全双工传输 …… 14

1.7　多路复用技术 …… 15

1.7.1　频分多路复用（FDM） …… 15

1.7.2　时分多路复用（TDM） …… 16

1.7.3　统计时分多路复用（STDM） …… 17

1.7.4　波分多路复用（WDM） …… 18

1.8　数据通信网 …… 19

小结 …… 21

思考题与练习题 …… 21

第 2 章　数据通信的传输 …… 23

2.1　数据传输介质 …… 23

2.2　数据传输信道容量 …… 26

2.3　数据传输信号码型 …… 27

2.4　数据信号的基带传输 …… 29

2.4.1　基带传输系统的构成模型 …… 29

2.4.2 理想低通网络波形形成 …… 31
2.4.3 具有幅度滚降特性的低通网络波形形成 …… 32
2.4.4 部分响应形成系统 …… 34
2.4.5 数据传输系统中的均衡技术 …… 38
2.4.6 数据传输系统中的扰乱与解扰 …… 40
2.4.7 数据传输系统中的时钟同步 …… 41
2.4.8 基带数据传输系统 …… 42
2.5 数据信号的频带传输系统 …… 43
2.5.1 频带传输系统 …… 43
2.5.2 数字调幅 …… 44
2.5.3 数字调相 …… 48
2.5.4 数字调频 …… 54
2.5.5 各种数字调制技术的性能比较 …… 55
2.6 数据信号的数字传输 …… 56
小结 …… 59
思考题与练习题 …… 60
第3章 差错控制 …… 61
3.1 差错控制的基本概念 …… 61
3.2 差错控制的基本方式与基本原理 …… 62
3.3 检错与纠错的基本概念 …… 64
3.3.1 码距与检错纠错能力 …… 64
3.3.2 编码效率 …… 66
3.3.3 纠错编码分类 …… 66
3.4 几种差错控制编码介绍 …… 67
3.4.1 奇偶校验码 …… 68
3.4.2 汉明码及线性分组码 …… 70
3.4.3 循环码 …… 76
3.4.4 卷积码 …… 81
3.4.5 滑窗协议 …… 82
小结 …… 87
思考题与练习题 …… 87
第4章 数据交换 …… 89
4.1 数据交换的必要性与分类 …… 89
4.2 电路交换 …… 91
4.3 报文交换 …… 94
4.4 分组交换 …… 95
4.4.1 分组交换原理 …… 96

4.4.2　分组长度的选取 …… 98
4.4.3　分组的传输方式 …… 99
4.4.4　分组交换的路由选择 …… 102
4.4.5　分组交换的流量控制 …… 106
4.5　帧方式 …… 108
4.6　几种交换方式的比较 …… 109
小结 …… 109
思考题与练习题 …… 110

第 5 章　数据通信协议 …… 111

5.1　数据通信协议与分层 …… 111
5.1.1　通信协议的概念及作用 …… 111
5.1.2　协议分层及 OSI 参考模型 …… 112
5.1.3　层间通信 …… 115
5.2　物理层 …… 118
5.2.1　物理层功能及接口标准 …… 118
5.2.2　物理层接口特性 …… 119
5.2.3　物理层常用接口 …… 121
5.3　数据链路层 …… 128
5.3.1　数据链路的概念及功能 …… 128
5.3.2　数据链路传输控制规程 …… 130
5.3.3　点对点协议（PPP） …… 137
5.4　网络层 …… 138
5.4.1　网络层的地位和作用 …… 139
5.4.2　X.25 建议 …… 139
5.4.3　分组装/拆设备（PAD）相关建议 …… 146
5.4.4　X.75 建议 …… 148
5.4.5　X.32 建议 …… 149
小结 …… 149
思考题和练习题 …… 150

第 6 章　数据通信网 …… 151

6.1　分组交换网 …… 151
6.1.1　分组交换网的构成 …… 152
6.1.2　分组交换网的编号 …… 153
6.1.3　分组交换网入网方式和网间互连 …… 154
6.1.4　中国公用分组交换网的应用 …… 157
6.1.5　分组交换网提供的业务 …… 158
6.1.6　分组交换设备简介 …… 160

6.2 帧中继网 …… 161
6.2.1 帧中继概述 …… 161
6.2.2 帧中继协议 …… 162
6.2.3 帧中继网的构成 …… 167
6.2.4 帧中继网提供的业务 …… 169
6.3 数字数据网（DDN） …… 169
6.3.1 DDN 概述 …… 169
6.3.2 DDN 的组成及基本工作原理 …… 171
6.3.3 DDN 入网方式及网间互连 …… 175
6.3.4 DDN 业务 …… 177
6.3.5 DDN 设备 …… 181
6.4 ATM 网 …… 183
6.4.1 ATM 概念 …… 183
6.4.2 ATM 信元结构 …… 184
6.4.3 ATM 协议分层及各层功能 …… 185
6.4.4 ATM 交换原理 …… 190
6.4.5 ATM 的流量控制和拥塞控制 …… 194
6.4.6 ATM 网络和业务 …… 196
6.4.7 ATM 设备 …… 198
6.5 互联网 …… 200
6.5.1 计算机局域网 …… 200
6.5.2 Internet 基础知识 …… 207
6.5.3 计算机网络中常用互连设备 …… 220
6.5.4 路由及路由选择协议 …… 226
6.5.5 互连网络的安全 …… 231
6.5.6 Internet 的基本应用 …… 236
小结 …… 244
思考题与练习题 …… 245
第 7 章 数据通信的接入技术 …… 247
7.1 接入网络概述 …… 247
7.2 窄带接入技术 …… 250
7.2.1 PSTN 接入 …… 250
7.2.2 ISDN 接入 …… 250
7.2.3 调制解调器（Modem） …… 251
7.3 宽带接入技术 …… 254
7.3.1 xDSL 接入 …… 254
7.3.2 FTTx 接入 …… 261
7.3.3 HFC 接入 …… 264

7.4　无线接入技术……266
小结……268
思考题与练习题……269

第 8 章　数据通信常用测试仪表……270

8.1　光功率计……270
8.2　误码测试仪……271
8.3　网线测试仪……272
8.4　线路分析仪……273
8.5　规程分析仪……274
小结……276
思考题与练习题……276

附录一　中英文缩略语……277
附录二　格雷编码……284
参考文献……285

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第1章　数据通信基础知识

本章内容

- 数据通信的基本概念、特点和数据通信系统的构成。
- 数据传输代码、传输方式、传输速率和性能指标。
- 数据通信的复用技术和数据通信网。

本章重点

- 数据通信系统的构成。
- 数据传输速率和性能指标。
- 数据通信的复用技术。

本章难点

- 数据通信系统的构成。
- 统计时分复用。

本章学时数

- 4学时。

学习本章目的和要求。

- 掌握数据通信的基本概念、数据通信系统的构成。
- 数据通信的复用技术和数据传输速率。
- 了解数据通信网的构成和分类。

1.1　数据通信的概念与特点

随着社会的进步，传统的电话、电报通信方式已不能满足大信息量的需要，以数据作为信息载体的通信手段已成为人们的迫切要求。计算机出现以后，为了实现远距离的资源共享，计算机技术与通信技术相结合，产生了数据通信，所以说数据通信是为了实现计算机与计算机或终端与计算机之间信息交互而产生的一种通信技术，是计算机与通信相结合的产物。

1.1.1　数据通信的概念

数据是预先约定的具有某种含义的数字、字母或符号的组合。用数据表示信息的内容十

分广泛，如电子邮件、文本文件、电子表格、数据库文件、图形和二进制可执行程序等。

数据通信的严格定义是依照通信协议，利用数据传输技术在两个功能单元之间传递数据信息。它可实现计算机与计算机、计算机与终端或终端与终端之间的数据信息传递。

数据通信包括的内容有数据传输和数据传输前后的数据处理。数据传输指的是通过某种方式建立一个数据传输通道传输数据信号，它是数据通信的基础；数据处理是为了使数据更有效、可靠地传输，包括数据集中、数据交换、差错控制和传输规程等。

1.1.2 数据通信的特点

与传统的电话通信相比，数据通信的特点如表 1-1 所示。

表 1-1　　数据通信与电话通信的特点

比 较 项 目	电 话 通 信	数 据 通 信
传输的信号类型	终端发送和接收的都是模拟的电压信号	终端发送和接收的数据是离散的数字信号
通信的对象	人与人	计算机与计算机、人与计算机、计算机与终端、终端与终端
传输的可靠性	可接受的误码率小于 10^{-2}	可接受的误码率小于 10^{-8}
接口能力	灵活性要求差	灵活性要求高
通信量的突发性	突发性小，峰值速率与均值速率相差不大	突发性大，峰值速率与均值速率相差很大
每次呼叫平均持续时间	平均持续时间 5min	25%的数据呼叫持续时间在 1 s 以下 50%的数据呼叫持续时间在 5 s 以下 90%的数据呼叫持续时间在 50 s 以下
每次呼叫建立时间	较长，可达 15s	较短，通常小于 1.5s
传输时延	小于 250ms，且恒定不便	无要求

1.2 数据通信系统的构成与分类

数据通信系统是通过数据电路将分布在远端的数据终端设备与计算机系统连接起来，实现数据传输、交换、存储和处理的系统。下面介绍数据通信系统的构成。

1.2.1 数据通信系统的构成

典型的数据通信系统主要由中央计算机系统、数据终端设备和数据电路 3 部分构成，如图 1-1 所示。

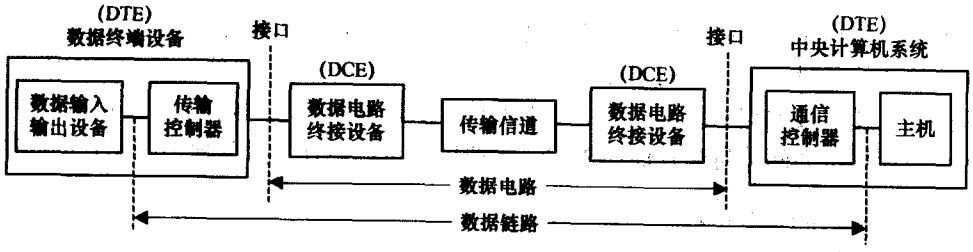


图 1-1　数据通信系统的基本构成

1. 数据终端设备

（1）功能

数据终端设备（DTE）是产生数据的数据源或接收数据的数据宿。它把人可识别的信息变成以数字代码表示的数据，并把这些数据送到远端的计算机系统，同时可以接收远端计算机系统的数据，并将它变为人可以理解的信息，即完成数据的接收和发送。

（2）组成

数据终端设备由数据输入设备（产生数据的数据源）、数据输出设备（接收数据的数据宿）和传输控制器组成。

① 数据输入/输出设备是操作人员与终端之间的界面。它把人可以识别的信息变换成计算机可以处理的信息或者相反的过程。数据的输入/输出可以通过键盘、鼠标、手写、声、光等手段。最常见的输入设备是键盘、鼠标和扫描仪；输出设备可以是 CRT 显示器、打印机、绘图机、磁带或磁盘的写入部分、传真机和各种记录仪等。

② 传输控制器主要执行与通信网络之间的通信过程控制，由软件实现，包括差错控制、流量控制、接续和传输等通信协议的实现。

（3）种类

数据终端设备的种类很多，可从多个方面进行分类。

按其性能可分为简单终端（不执行内部程序，只提供输入、输出和接口能力，无 CPU，也称哑终端（DUMP），如一台只接收数据的打印机）和智能终端（如计算机）。

按其使用场合的不同，可分为通用数据终端和专用数据终端。

按执行协议的不同，可分为分组型终端（PT）和非分组型终端（NPT）。

按同步方式的不同，可分为同步终端和异步终端。

按地理位置的不同，可分为本地终端和远程终端。

2. 数据电路

（1）功能

数据电路位于数据终端设备和中央计算机系统之间，为数据通信提供一条传输通道。

（2）组成

数据电路由传输信道（通信线路）及两端的数据电路终接设备（DCE）组成。

① 传输信道。传输信道由通信线路和通信设备组成。通信线路一般采用电缆、光缆、微波和卫星等线路。通信设备可分为模拟通信设备和数字通信设备，从而使传输信道分为模拟传输信道和数字传输信道。

② DCE。DCE 是 DTE 与传输信道之间的接口设备，其主要作用是信号变换，即将 DTE 发出的数据信号变换成适合信道传输的信号，或完成相反的变换。

当传输信道为模拟传输信道时，发送方将 DTE 送来的数字信号进行调制（频谱搬移）变成模拟信号送往信道或进行相反的变换，这时 DCE 是调制解调器（Modem）。

当传输信道是数字信道时，DCE 实际是数字接口适配器，其中包含数据服务单元（DSU）与信道服务单元（CSU）。前者执行码型和电平转换、定时、信号再生和同步等功能；后者则执行信道均衡、信号整形和环路检测等功能。

3. 中央计算机系统

（1）功能

中央计算机系统处理从数据终端设备输入的数据信息，并将处理结果向相应数据终端设备输出。

（2）组成

中央计算机系统由主机、通信控制器（又称前置处理机）及外围设备组成。

① 主机又称中央处理机，由中央处理单元（CPU）、主存储器、输入/输出设备及其他外围设备组成。其主要功能是进行数据处理。

② 通信控制器是数据电路和计算机系统的接口。用于管理与数据终端相连接的所有通信线路，接收从远程 DTE 发来的数据信号，并向远程 DTE 发送数据信号。

当考察正在通信的一个 DTE 和中央计算机系统时，中央计算机系统等同于一个 DTE，这时通信控制器的作用与传输控制器相同。

一个中央计算机系统可通过通信线路连接多个数据终端，实现主机资源共享。实际应用中数据通信系统的例子如图 1-2 所示。

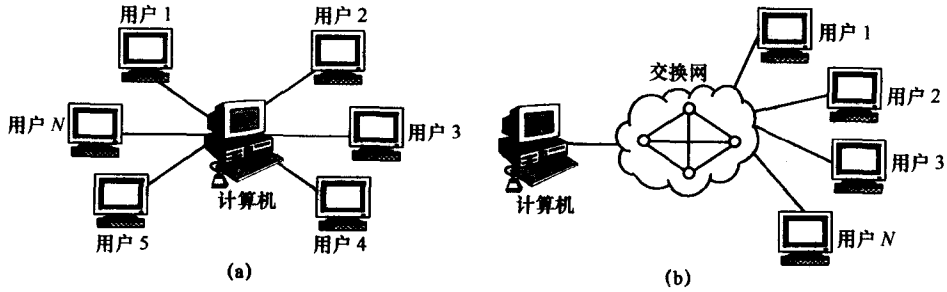


图 1-2 数据通信系统示例

4. 数据线路、数据电路及数据链路的区别

数据线路（信道）：包括有线线路和无线线路，根据通信设备的不同有模拟信道和数字信道之分。

数据电路：数据线路＋DCE （是物理上的概念）

数据链路（Data Link）：数据电路＋控制装置（传输控制器和通信控制器） （是逻辑上的概念）

数据线路是指实际的物理线路，是传输的基础；数据电路是在数据线路的基础之上加上信号变换装置（DCE）构成的；数据链路是由控制装置（传输控制器和通信控制器）和数据电路所组成，它是在数据电路建立后，为了进行有效的数据通信，通过传输控制器和通信控制器按照事先约定的传输控制规程来对传输过程进行控制，以使双方能够协调和可靠地工作，包括收发方同步、工作方式选择、差错检测与纠正和流量控制等。一般来说，只有建立起数据链路以后，通信双方才能真正有效地进行数据通信。

1.2.2 数据通信系统的分类

根据传输线路是否直接与中央计算机系统相连接，数据通信系统可分为脱机系统和联机系统。由于脱机系统的自动化程度低、等待时间长和工作效率低等原因，故它只是数据通信发展初期用于非实时处理的一种系统，目前的数据通信系统几乎都是联机系统。

根据处理形式的不同，数据通信系统可以分为联机实时系统、远程批量处理系统和分时处理系统 3 类。

1. 联机实时系统

联机实时系统是指从终端输入的数据，在中央计算机上立即进行处理，并将处理结果直接送回终端设备的处理形式。它适用于要求能够迅速地处理随机发生的大量数据的场合。

联机实时系统根据不同的应用又可分为询问处理系统、会话处理系统、数据收集系统、数据分配系统和数据交换系统等。

（1）询问处理系统是指从远程终端发送电文到中央计算机，并将经处理后的结果作为电文送回该终端的系统，例如情报检索系统。

（2）会话处理系统是终端和中央计算机一边进行会话（一系列交替的询问和回答），一边进行处理的系统，例如订票系统等。

（3）数据收集系统是将多台远程终端的数据，定时地收集到中央计算机进行存储和处理，再加工成为各种报表资料，其数据流向是从远程终端到中央计算机，例如电力检测系统、气象观测资料收集系统。

（4）数据分配系统的数据流向与数据收集系统的相反，通常将这两种系统组合起来使用。

（5）数据交换系统是中央计算机接收某一终端送来的数据，并识别该数据的接收终端地址，再转发给目的地的接收终端，如银行汇兑系统。

2. 远程批量处理系统

远程批量处理系统是从远程终端向中央计算机输入作业，获得处理结果。为了提高效率，批量处理的作业可通过批量作业站送到中央计算机。批量作业站是由一些能控制作业的终端组成的。

3. 分时处理系统

分时处理系统是将中央计算机的时间划分成很短的时间片，远程终端按时间片轮流使用中央计算机的处理形式。分时处理系统的特点是一台中央计算机上可以连接几个控制台和上百台终端，每个用户都可以在一台终端或控制台上以会话方式操作或控制其作业的运行，这样，很多联机用户可同时使用一台计算机，每个用户感觉不到别人也在使用，好像自己在单独使用计算机。

1.3　数据传输代码

在各种计算机和终端设备构成的数据通信系统中，内部信息是用二进制数表示的，而数据终端设备或计算机发出的数据信息则是由各种字母、数字或符号的组合来表示的。因而，为了实现正确的数据通信需将二进制数和字母、数字或符号的对应关系作统一的规定，这种规定称为传输代码或编码。目前常用的传输代码有：ASCII、国际电报 2 号码（ITA2 码）、EBCDIC、信息交换用汉字代码等。

1. ASCII（IA5）

ASCII 称为美国信息交换用标准代码，1963 年由美国标准化协会（ANSI）最早提出，后被 ISO 和原 CCITT 采纳并发展成为国际通用的信息交换用标准代码。

ASCII 也称为国际 5 号码（IA5），是一种 7 单位代码，即以 7 位二进制码来表示一个字母、数字或符号。

7 位二进制共有 2^7=128 种组合，可以表示 128 个不同的数字、字母和符号，如表 1-2 所示。其分配是：大、小写英文字母各 26 个，数字 10 个，图形符号 33 个，控制符号 32 个，还有一个 DEL（摸掉）符号。表中二进制为 $b_7b_6b_5b_4b_3b_2b_1$，其中 b_7 为高位，b_1 为低位。

表中第 0 列和第 1 列是 32 个控制字符集，称为 C 集（控制集）。C 集不能被显示或打印，只产生控制功能，如回车、换行、移位等。C 集的 32 个控制字符从功能上可以分为以下 5 大类。

表 1-2　　ASCII（IA5）编码表

行 \ 列				b_7	0	0	0	0	1	1	1	1
				b_6	0	0	1	1	0	0	1	1
				b_5	0	1	0	1	0	1	0	1
b_4	b_3	b_2	b_1		0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	NUL	TC_7(DLE)	SP	0	@	P	、	p
0	0	0	1	1	TC_1(SOH)	DC_1	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	2	TC_2(STX)	DC_2	"	2	B	R	b	r
0	0	1	1	3	TC_3(ETX)	DC_3	#	3	C	S	c	s
0	1	0	0	4	TC_4(EOT)	DC_4	¤	4	D	T	d	t
0	1	0	1	5	TC_5(ENQ)	TC_8(NAK)	%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	6	TC_6(ACK)	TC_9(SYN)	&	6	F	V	f	v
0	1	1	1	7	BEL	TC_{10}(ETB)	'	7	G	W	g	w
1	0	0	0	8	FE_0(BS)	CAN	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1	9	FE_1(HT)	EM	)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	10	FE_2(LF)	SUB	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	11	FE_3(VT)	ESC	+	;	K	[	k	{
1	1	0	0	12	FE_4(FF)	IS_4(FS)	,	<	L	\	l	|
1	1	0	1	13	FE_5(CR)	IS_3(GS)	-	=	M	]	m	}
1	1	1	0	14	SO	IS_2(RS)	.	>	N	^	n	—
1	1	1	1	15	SI	IS_1(US)	/	?	O	-	o	DEL

① FE_0～FE_5 为页面格式控制字符，用于控制所要打印或显示字符的位置。

FE_0：BS（Backspace，退格），指示打印机构或显示游标退回一个字符位置。

FE_1：HT（Horizontal Tab，横向列表），指示打印机构或显示游标在同一行内前移到预定位置。

FE_2：LF（Line Feed，换行），指示打印机构或显示游标移到下一行的开头。

FE_3：VT（Vertical Tab，纵向列表），指示打印机构或显示游标移过几行到预定行的

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com