

高等职业技术教育城市轨道交通控制类系列教材

中国职业技术教育学会轨道交通专业委员会推荐教学用书

朱凤文
翟红兵
◎审
王超
◎编

城轨控制 数据传输

CHENGGUI KONGZHI
SHUJU CHUANSHU

和谐号

CRH1-001C



西南交通大学出版社

[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

高等职业技术教育城市轨道交通控制类系列教材

中国职业技术教育学会轨道交通专业委员会推荐教学用书

城轨控制 数据传输

朱凤文 王超◎编
翟红兵◎审

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

城轨控制数据传输 / 朱凤文, 王超编. —成都: 西南交通大学出版社, 2011.8
高等职业技术教育城市轨道交通控制类系列教材
ISBN 978-7-5643-1308-1

I. ①城… II. ①朱…②王… III. ①城市铁路—交通控制—数据传输—高等职业教育—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 157257 号

高等职业技术教育城市轨道交通控制类系列教材

城轨控制数据传输

朱凤文 王超 编

责任编辑	李芳芳
特邀编辑	李娟
封面设计	原谋书装
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都中铁二局永经堂印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm×260 mm
印 张	16.125
字 数	404 千字
版 次	2011 年 8 月第 1 版
印 次	2011 年 8 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-1308-1
定 价	32.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

随着我国城市化进程的加快,城市人口迅速增长,城市交通拥塞是当前制约我国大中城市发展的主要瓶颈之一。发展城市公共交通是解决该问题的有效方法,而城市轨道交通则是城市公共交通中最重要的组成部分。发达国家迅捷的城市轨道交通给我们提供了成功的范例,因此我国许多城市也陆续开始建设城市轨道交通系统。预计到2016年,在建轨道交通的城市将近30个,运营里程将突破2400 km,总投资近1万亿元。基于城市轨道交通的蓬勃发展,以及对城市轨道交通行业人才的旺盛需求,很多高等职业院校设置了城市轨道交通类专业。

城市轨道交通控制专业是城市轨道交通类最具有代表性的一个专业,同传统的铁路信号专业既有联系又有区别。在基础设备方面,部分沿用国铁中的成熟设备,如转辙机、信号机、轨道电路等联锁控制设备;但在控制方式上更多地采用了现代科技成果,控制信息传输主要以数据通信、计算机网络、光通信、移动通信等技术为背景,体现轨道交通控制的数字化、网络化、智能化等特点。因此要求学习和从事此类专业的专业技术人员必须有数据通信、计算机网络、光通信等方面的基础知识作为支撑。《城轨控制数据传输》就是介绍这些方面基础知识的教材。

全书内容共分6章。

概论:介绍轨道交通的发展趋势、轨道交通控制系统的组成和技术发展、轨道交通控制系统数据传输的主要方式。

第1章:介绍数据通信方面基础知识,涉及数据通信概念、传输方式、传输信道、信源编码、多路复用、交换方式、差错控制、路由选择等方面,是计算机网络通信的基础。

第2章:介绍计算机网络方面知识,包括计算机网络的概念、结构、种类,计算机网络的协议内容,各种类型局域网, TCP/IP 协议内容及应用等。

第3章:介绍通信接口技术,包括串口 EIA RS-232C 的协议内容和实际应用, EIA RS-422/485 的特点和应用,现场总线技术的概念、协议和应用等。

第4章:介绍网络接入技术,包括铜线、同轴电缆、光纤等几种有线接入技术和无线接入技术。

第5章:介绍光同步传输 SDH 技术,内容有 SDH 特点、复用映射方法、SDH 网络设备及 SDH 网络保护原理等。

全书由辽宁铁道职业技术学院朱凤文任第一主编,西安铁路职业技术学院王超任第二主编,由辽宁铁道职业技术学院翟红兵审阅。其中概论、第1章、第3章、第5章由辽宁铁道职业技术学院朱凤文编写,第2章、第4章由西安铁路职业技术学院王超编写。

本书旨在作为城市轨道交通控制专业高职高专教材，也可作为培训和自学教材。

本书在编写过程中得到了辽宁铁道职业技术学院电信系全体老师的大力支持，谨此表示感谢。由于编者水平有限，书中疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2011 年 6 月

目 录	
概 论	1
一、我国城市轨道交通的现状和发展趋势	1
二、城市轨道交通控制概述	1
三、城市轨道交通信号系统简介	2
四、城市轨道交通通信系统简介	5
五、城市轨道交通控制数据传输方式	6
第 1 章 数据通信基础	7
1.1 数据通信基本知识	7
1.2 数据传输方式	11
1.3 信 道	16
1.4 信源编码	29
1.5 数字信号传输	35
1.6 多路复用	48
1.7 数据交换	56
1.8 差错控制	64
1.9 通信协议	72
1.10 数据通信网	78
第 2 章 计算机通信网	90
2.1 计算机通信网概述	90
2.2 计算机网络体系结构	100
2.3 局 域 网	111
2.4 TCP/IP 协议	144
第 3 章 通信接口技术	166
3.1 EIA RS-232C	167
3.2 EIA RS-422 与 RS-485	174
3.3 现场总线	178

第4章 网络接入技术	188
4.1 接入网技术概述	188
4.2 铜线接入	191
4.3 光纤接入	198
4.4 光纤/同轴电缆混合接入	206
4.5 无线接入	210
第5章 SDH 光传输原理	221
5.1 SDH 概述	221
5.2 SDH 的复用映射	228
5.3 SDH 网络设备	236
5.4 SDH 网络结构和网络保护机理	244
参考文献	252

概 论

一、我国城市轨道交通的现状和发展趋势

现代化交通运输方式有轨道、公路、水路、航空和管道 5 种,轨道交通又可分为铁路和城市轨道交通。铁路运输具有运量大、成本低、速度快、安全可靠、全天候等众多优势,担负全国客货运周转量的 60%~70%,成为国民经济的大动脉。城市轨道交通则是满足城市居民出行的需要、缓解日益加大的城市交通压力的有力手段。

随着我国经济的快速发展,城市化进程的加快,城市人口快速增长,截止到第六次人口普查,我国城镇人口与农村人口持平,超过 300 万人口的特大城市有 15 个。由于城市经济布局的变化,以大城市为中心的聚集和辐射效应越来越强烈,城市人口流动增加,居民出行更为频繁。所以城市交通需求的矛盾也就越来越突出,同时,伴随工业化进程加快,人们的生活节奏越来越快,时间观念越来越强,因此准时、安全、快捷的城市轨道交通成为现代城市居民出行的重要方式之一。

城市轨道交通按空间位置、轨道结构、运行方式的不同,主要分为城市地下铁道、城市轻轨系统。地下铁道因具有运量大和不占地表面积等特点而适用于特大城市,但其成本投资高,而城市轻轨投资相对较少,故适用于中等运量城市。

目前,中国已经开通城市轨道交通的有北京、上海、天津、广州、长春、大连、深圳、武汉、南京、重庆 10 座城市,共 25 条线路,运行线路总里程超 700 km,在建线路达 837 km,在“十一五”期间有超过 1 500 km 的轨道交通投入运行。此外,在中国 48 座百万人口以上的特大城市中,已经有 30 多座城市已开展城市轨道交通建设的前期工作,20 多个城市上报了轨道交通网规划方案,规划线路 62 条,总长约 1 700 km,总投资 6 200 多亿元。中国城市轨道交通正在进入一个快速发展的新阶段。

二、城市轨道交通控制概述

城市轨道交通运行控制是指用于控制、监督、执行和保障城市轨道交通运行安全,以轨道交通信号控制和通信技术为基础发展起来的集列车运行控制、行车指挥、设备监测和信息管理为一体的综合控制。城市轨道交通运行控制系统除了保证行车安全、提高运行效率、缩短行车间隔外,还起到促进管理现代化、提高综合运力和服务质量的作用。

城市轨道交通信号系统是城市轨道交通运行控制最重要的组成部分,是实现行车指挥、列车运行监控和管理所需技术措施及配套装备的集合体,城市轨道交通信号系统应保障行车安全、提高运输效率、改善工作环境、促进管理现代化。城市轨道交通信号系统不仅要安全可靠,还要经济合理,适应技术的发展以及实现不同系统的互联互通。

城市轨道交通通信系统是指指挥列车运行、组织运输生产及进行公务联络的重要手段。城市轨道交通通信系统由多个子系统组成,主要包括传输、无线、公务、专用、广播、时钟等子系统,为城市轨道交通提供可靠的语音、数字、图像等传输通道,实现调度、监视、校时、内部通话等多项功能,是构成城市轨道交通各部门之间有机联系,实现运输集中统一指挥、行车运行自动化、安全防护、提高效率的重要设备。

三、城市轨道交通信号系统简介

先进的城市轨道交通信号系统通常由列车运行自动控制系统 ATC (Automatic Train Control) 和联锁系统 IS (Interlocking System) 组成。ATC 包括三个子系统:列车超速防护系统 ATP (Automatic Train Protection),列车自动驾驶系统 ATO (Automatic Train Operation),列车自动监控系统 ATS (Automatic Train Supervision)。

ATP 子系统为 ATC 系统的安全核心,负责列车间的安全间隔、超速防护、进路控制及车门与站台门的安全监控,包括正线联锁、车载和地面设备等。

ATO 子系统在 ATP 子系统的安全防护条件下使用,负责列车车速的调整和控制列车的运行;完成牵引、惰行和制动操作,实现列车的站间运行、车站的定点停车、折返控制等。它有利于行车效率的控制、列车节能、提高旅客乘坐的舒适度和减轻司机的劳动强度。ATO 子系统控制的重点是进行列车运行正点控制、舒适度控制和精确度控制。

ATS 子系统为 ATC 系统的上层环节,重点管理监督、控制、协调列车运行,根据客流与实际运行情况,选定并管理执行运行图,信号系统与其他系统的接口通常通过 ATS 子系统来实现。ATS 子系统主要由中央计算机及相关显示、控制列车记录设备以及车站 ATS 设备构成。

列车运行自动控制系统关键的技术要素是列车与地面的信息传输方式和速度控制模式。

联锁是车站范围内进路、信号、道岔之间相互制约的关系,它们之间必须建立严密的联锁关系,才能确保行车安全。联锁关系由联锁设备实现,早期的城市轨道交通采用继电式的 6502 电气集中联锁,近年来采用计算机联锁。

(一)城市轨道交通信号系统的闭塞方式

所谓闭塞就是用信号或凭证,保证列车按照空间间隔制运行的技术方法,其实质是用闭塞来控制列车运行。空间间隔制就是前行列车和追踪列车之间必须保持一定距离的行车方法。如果两个车站之间只允许一列车运行,闭塞分区的长度为两站之间的距离,那么称作站间闭塞。这种闭塞的优点是确保了安全,缺点是效率低。为了在确保安全的前提下,提高列车运行效率,在两个车站之间划分若干分区,称作闭塞分区。在确保同一时间同一分区内,同一方向只有一列车在运行,效率提高,这种控制方式叫自动闭塞。自动闭塞的定义是根据列车运行及有关闭塞分区状态,自动变换通过信号机显示或司机凭证的闭塞方式。实现自动闭塞的技术手段有多种,列车与地面之间的信息传输采用轨道电路、计轴设备、电缆敷线、波导管及漏缆、无线等方式来划分闭塞分区。

城轨交通自动闭塞分为三类:固定闭塞、准移动闭塞和移动闭塞。其中移动闭塞模式代

表了城市轨道交通控制信号系统的发展方向,其追踪列车的安全间隔距离相比之下最小,能最大限度地提高线路运输能力。由于移动闭塞的诸多优势,许多国内城市轨道交通项目都相继采用了移动闭塞系统。

1. 固定闭塞

固定闭塞方式,运行列车间的空间间隔是若干个闭塞分区,闭塞分区是以轨道电路或计轴装置来划分的,具有列车空位和占用轨道的检查目的。固定闭塞的追踪目标点为前行列车所占用闭塞分区的始端,后行列车从高速开始制动的计算点为要求开始减速的闭塞分区的终端,两点固定空间间隔的长度,故称为固定闭塞。固定闭塞列控系统采取分级速度控制模式,把速度分级,每两个速度等级间存在一个速差,其对应的信号显示表达了速差的意义,称为速差式信号显示,也称台阶式信号系统。固定闭塞的列车最小行车间隔为 100~105 秒。

2. 准移动闭塞

准移动闭塞方式的列控系统采用目标距离控制模式(又称连续式一次速度控制)。目标距离控制模式根据目标距离、目标速度及列车本身的性能确定列车制动曲线,不必设定每个闭塞分区速度等级,采用一次制动方式。准移动闭塞的追踪目标点是前行列车所占用闭塞分区的始端,留有一定的安全距离。后行列车从最高速度开始制动的计算点是根据目标距离、目标速度及列车本身的性能计算决定的。目标点相对固定,在同一闭塞分区内不依前行列车的运行而变化,而制动的起始点是随线路参数和列车本身性能不同而变化的;空间间隔的长度是不固定的;其追踪运行间隔要比固定闭塞小一些。列车最小运行间隔为 85~90 秒。通常闭塞分区是用轨道电路或计轴装置来划分的,它具有列车定位和占用轨道的检查功能。由于目标点相对固定,故当前行列车在一闭塞分区内运行时,连续式一次速度控制曲线是相对稳定的;当前行列车出清闭塞分区时,目标点突然前移,目标距离突然改变,连续式一次速度控制曲线会发生跳变。

列控系统采取目标距离控制模式,速度不分级,给出的连续式一次速度控制曲线式的信号显示,对应的信号显示制式为速度式信号显示。

3. 移动闭塞

移动闭塞的追踪目标点是前行列车的尾部,并留有一定的安全距离。后行列车从最高速度开始制动的计算点是根据目标距离、目标速度以及列车本身的性能计算决定的。目标点是前行列车的尾部,与前行列车的运行和速度有关,是随时变化的;而制动的起始点是随线路参数和列车本身性能不同而变化的,空间间隔的长度是不固定的,其追踪运行间隔要比准移动闭塞更小一些。列车最小运行间隔约为 80 秒。移动闭塞一般采用无线通信和无线定位技术来实现。最先进的移动闭塞甚至要考虑前行列车的速度。

(二) 城市轨道交通列车控制系统(信号)的几种制式

1. 固定闭塞(台阶式)控制系统

模拟轨道电路为基础的综合控制系统,通常采用计算机或继电联锁,和车载机车信号配

合, 装备电子调度集中 CTC。国内已有成熟的技术和应用实际, 中国通号的继电联锁、计算机联锁、车载 ATP、轨道电路等已形成系列配套, 卡斯柯公司的 CTC 在国内相对较成熟。大成公司对西屋的模拟轨道电路及相关产品实现了国产化。

2. 准移动闭塞控制系统

近 20 年来, 国际上普遍采用“基于数字轨道电路的准移动闭塞”作为 ATC 的主要制式, 以数字轨道电路为基础的目标距离模式控制系统, 采用计算机联锁, 车载装备 ATC 系统。这种制式具有较高的可靠性、合理的性价比, 已经具有充分的运行经验。

但随着轨道交通的发展, 这类制式的缺点也日益凸显:

- (1) 由于目前世界上各种准移动闭塞信息传输的频率、通信协议均不一致, 导致一个城市的轨道交通网中各条线路的列车不能实现联运联通。
- (2) 基于数字轨道电路的准移动闭塞, 为了实现调谐和电平调整, 不得不在轨旁设置“轨旁设备”, 对日常维护不利。
- (3) 以钢轨作为信息传输通道, 传输频率受到限制, 导致车地之间信息量较低。此外, 传输性能还受钢轨中牵引回流、钢轨漏泄等因素的影响, 造成传输性能不稳。
- (4) 运行间隔的进一步缩短和列车运行速度提高受到限制。

3. 移动闭塞控制系统

基于通信技术的列车控制系统(Communication Based Train Control, CBTC)不是通过轨道电路来确定列车的位置, 向车载设备传递信息, 而是利用通信技术, 通过车载设备、现场的通信设备与车站或列车控制中心实现信息交换完成速度控制。随着技术的发展, 人们开始采用基于无线通信的列车控制系统, 也就是采用在列车和轨旁设置无线电台实现列车与地面控制系统之间连续的双向通信, 做到真正的双向“车—地通信”, 从而实现基于通信的列车控制系统(CBTC), 其技术体制属于移动闭塞控制系统。

(三) 城市轨道交通列车控制技术发展趋势

随着 3C (Computer 计算机、Communication 通信、Control 控制) 技术的飞跃发展, 尤其随着无线通信技术在轨道交通中的应用, 基于轨道电路的以信号控制为核心的传统轨道交通信号系统正逐渐演变成基于通信技术的轨道交通运行控制系统。“基于通信技术的列车控制系统”(CBTC) 已经成为业内的主流技术。

移动闭塞系统摆脱了用轨道电路判别列车对闭塞分区占用与否, 突破了固定或准移动闭塞的局限性, 具有更大的优越性和特点。

- (1) 实现列车与轨旁设备实时双向通信且信息量大。
- (2) 可减少轨旁设备, 便于安装维修。
- (3) 便于缩短列车编组、高密度运行, 提高服务质量, 降低土建工程投资; 实现线路列车双向运行而不增加地面设备, 有利于线路故障或特殊需要时的反向运行控制。
- (4) 可适应各种类型、各种车速的列车, 由于移动闭塞系统基本克服了准移动闭塞和固定闭塞系统的对车信息跳变的缺点, 从而提高了列车运行的平稳性, 增加了乘客的舒适度。

(5) 可以实现节能控制、优化列车运行统计处理、缩短运行时分等多目标控制。

(6) 移动闭塞系统,尤其是采用高速数据传输方式的系统,将带来信息利用的增值和功能的扩展,有利于现代化水平的提高。

由于移动闭塞系统具有很高的实时性和响应性,因此,其对系统的完整性要求高于其他制式的闭塞方式,系统的可靠性也应具有更高要求。系统传输的可靠性和安全性是系统关注的核心,尤其是利用自由空间波传输信息的基于无线的移动闭塞系统,其可靠性和安全性的要求更高。

20 世纪 80—90 年代以来,陆续出现了许多 CBTC 试验项目,如法国的 ASTREE 系统、日本的 CARAT 系统。目前,基于通信的列车控制系统被国际上少数几个公司垄断,CBTC 以列车与地面的传输信息方式来划分,分无线、环线、漏缆及波导管等几种,带环线的 CBTC 技术最成熟的是阿尔卡特,无线 CBTC 技术最成熟的是庞巴迪(已有较好的开通业绩)。西门子、阿尔卡特号称已有无线 CBTC 技术。国内有几家单位正在对 CBTC 技术进行研发。北京交大准备现场试验;华为能提供通用的基于 WLAN 架构的 CBTC 系统车地信息传输解决方案;南京 14 所在试验室中已取得阶段性成果;铁科通号所注重研发;中国通号正在进行核心设备的深入研究;其余公司大都停留在理论探讨阶段。

四、城市轨道交通通信系统简介

城市轨道交通通信系统是指挥列车运行、公务联络的传递各种信息的重要手段,是保证列车安全、快速、高效运行不可缺少的综合通信系统。城轨通信系统主要包括传输系统、分务电话系统、专用电话系统、无线集群通信系统、闭路电视监控系统、有线广播系统、时钟系统、电源及接地系统、乘客导乘信息系统、办公自动化等子系统。通信系统涵盖了控制中心、车站、车辆段、停车场、地面线路、高架线路、地下隧道与列车。

(一) 城市轨道交通对通信系统的要求

城市轨道交通对通信系统的要求是能迅速、准确、可靠地传递和交换各种信息。

(1) 对于行车组织、通信系统应能保证将各站的客流情况、工作情况、线路上各列车运行状况等信息准确、迅速地传输到控制中心。同时,将控制中心发布的调度指挥命令与控制信号及时、可靠地传送至各个车站及运行的列车上。

(2) 对于城轨运行的组织管理,通信系统应能保证各部分之间、上下级之间保持畅通、有效、可靠的信息交流与联系。

(3) 通信系统应能保证本系统与外系统之间便捷、畅通的联系。

(4) 通信系统主要设备和模块应具有自检功能,并采取适当的冗余配置,故障时能自动切换和报警,控制中心可监测和采集车站设备运行和检测的结果。

(二) 城市轨道交通通信系统的主要功能

首先,城市轨道交通通信系统与信号系统共同完成行车调度指挥,并为城轨交通的其他

子系统提供信息传输通道和标准时间外,此外,通信系统是城市轨道交通内部公务联络的主要通道,使构成城轨交通内部的各个子系统能够紧密联系,以提高整个系统的运行效率。

其次,城轨通信系统在发生灾害、事故等情况下,是进行应急处理、抢险救灾的主要手段。

五、城市轨道交通控制数据传输方式

1. 城市轨道交通控制信号系统数据传输方式

传统的固定闭塞和准移动闭塞信号系统中采用的“车—地通信”是一种通过轨道电路实现地面控制系统向列车传输信息的单向传输系统。这种信息传输属模拟信号的传送。而无线 CBTC 移动闭塞系统是利用无线通信技术,通过轨旁与车载 ATP/ATO 之间的直接数据交换,完成对列车的控制,主要应用无线分组交换方式和无线局域网方式来传输数据。无线 CBTC 移动闭塞系统可提供双向高速大容量实时数据通信,受外界各种物理因素干扰小,运行可靠。而且“车—地通信”采用统一标准协议后,就易于实现不同线路间不同类型列车的联通联运。

城市轨道交通控制信号系统各子系统间,一般采用计算机网络、标准通信接口或现场总线进行数据传输,如监测子系统与联锁子系统通过标准串口连接。

城市轨道交通控制信号系统内各组成部分间,一般也采用标准通信接口或现场总线进行数据传输。

2. 城市轨道交通控制通信系统数据传输方式

城市轨道交通控制通信系统由若干通信子系统组成,每个子系统各成一体,分别用不同的数据传输方式来进行信息交换,但归纳起来有通过数据分组网、数字交换网、有线广播、电视网和光传输网来传输数据。

本教材旨在介绍城市轨道交通控制系统中数据的基本传输方式,各系统的原理将在城市轨道交通控制信号和通信系统中介绍。

第1章 数据通信基础

融合先进的计算机技术、通信技术、控制技术（称 3C 技术），是城市轨道交通控制系统应用与发展的背景，而数据通信技术是 3C 技术的基础。掌握数据通信的基本概念，理解数据通信的基本原理是学习城市轨道交通控制系统数据传输的前提。

1.1 数据通信基本知识

1.1.1 通信系统模型

1. 信息、数据和信号

通信的目的在于传送信息。信息可以用数字、文字、语音、图像等方式来表达。传送信息时，通常把发送信息的一方称为信源，接收信息的一方称为信宿，信息从信源到信宿的传输媒介称为信道，在信道上所传输的内容称为信体。以通信为例，发信人是信源，收信人是信宿，信件走的邮路称为信道，信件上的文字便是信体。

在通信过程中，被传输的信息若为数字化的信息（二进制形式）则被称为数据。通信中的信号则是数据在传输过程中的电磁波的具体表示形式，即数据的电编码或电磁编码。信号有两种形式：数字信号和模拟信号。数字信号是一串电压脉冲序列，模拟信号则是连续变化的电波，这两种信号可通过一定的设备和技术进行相互转换。

2. 通信系统模型

各种通信系统可用图 1.1 模型概括。图中信源将各种信息（如语音、图像等）转换成原始电信号，发送设备将原始电信号通过某种变换（如调制、码型变换等）变成适合于信道传输的信号（此信号携带信息内容），信号经信道传输后，接收设备通过反变换（如解调、码型反变换等）去除噪声，恢复出原始电信号，信宿将原始电信号还原回原始信息。



图 1.1 通信系统模型

3. 模拟通信和数字通信

(1) 模拟信号和数字信号。

在通信中,信号是传输信息的具体形式,它随着信息的变化而改变。它是通信系统中传输的主体,存在于系统的每一个环节中。

信号通常分为两类:模拟信号和数字信号。

模拟信号是指随时间连续变化的信号,图 1.2 描绘了常见的模拟信号。

模拟信号的特点是:信号值在整个时间轴上有无穷多个,信号的前一时刻与后一时刻信号值不会发生突变。自然界的许多物理量,如温度、湿度、压力、声音、光强等都是模拟信号,对它们进行测量和控制,只要通过各种传感器就可以将其转变成相应的模拟电信号了。

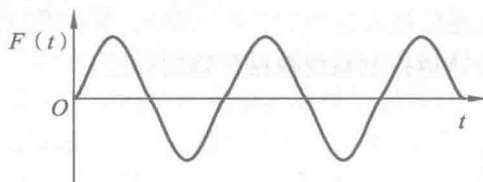


图 1.2 模拟信号

数字信号是指不随时间连续变化的信号,图 1.3 描绘了常见的数字信号。

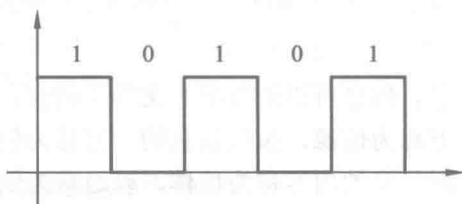


图 1.3 数字信号

数字信号的特点是:信号值在整个时间轴上只有有限个数值(二进制信号只有 0 和 1),信号值的变化是突变的。处理数字信号的系统是数字系统。铁路信号中继器接点的闭合与断开就属于这样的信号。但日常这种开关量较少,我们常见的是模拟信号。因此在数字系统中通常在输入端和输出端都有模/数转换和数/模转换部分。

(2) 模拟通信。

通信系统中,在发送端一般都要进行调制,在接收端还需进行相应的解调。所谓调制,就是将频率较低、不宜在信道中直接进行传输的原始电信号加载到高频载波上,用信号的变化规律去改变载波的某些参数的过程。调制前的信号称为基带信号,调制后的信号称为已调信号或频带信号。

模拟通信系统如图 1.4 所示。



图 1.4 模拟通信系统

模拟通信是指信源发送和信道上传输的都是模拟信号的通信方式。信源的基带信号经过调制后变成高频已调波向外辐射。调制的方式通常分为调幅、调频和调相。经过调制以后的

调制波在接收端进行相应的解调后,可恢复出原来的基带信号,从而实现了模拟通信。

模拟通信的优点是节省频带,结构简单。但是在信道传输、调制过程中不可避免地会受到噪声的干扰,且噪声会随着传输距离的延长而增加,这种噪声干扰能使信号淹没在其中而使接收端的解调变得困难,甚至无法检测出信号,从而大大降低了通信性能,所以模拟通信目前已越来越多地被数字通信所取代了。

(3) 数字通信。

数字通信系统如图 1.5 所示。

数字通信是指信源可以是模拟信号,而信道上传输的是数字信号的一种通信方式。显然,数字通信在发送端有模/数转换设备,将模拟信号转换成数字信号;在接收端有数/模转换设备,将数字信号转换成模拟信号。这是因为数字通信中所要传输的信息,如语音、图像、测量数据等都是模拟信号,为了提高通信的可靠性和有效性,解决模拟通信的不足,将信源信号数字化,采用对基带信号人为“扰乱”进行加密,通过对数字信号进行编码,使得信道噪声或干扰所造成的差错,可以采用差错编码控制的方式来进行控制,编码后的数字信号调制后通过信道传输,在接收端通过相应的解调、译码、解密、数/模转换恢复出原始信号。当然,实际的数字通信系统并不一定要包含所有的环节,这取决于具体的要求。

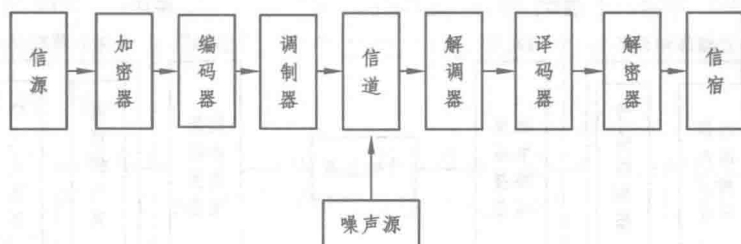


图 1.5 数字通信系统

与模拟通信相比,数字通信有以下几个优点:

① 抗干扰能力强。模拟通信中,为了能够实现传输,我们常常采用放大信号的办法,但在信号被放大的同时,噪声也被放大,同为模拟信号的噪声与信息信号很难被区分。随着传输距离的增加,噪声的积累,传输质量将会恶化。而对于数字通信,其数字信号为稳定电平的离散值,在传输过程中,只要在噪声还没有恶化到一定的程度,便可通过“再生”的办法恢复出与原发送信号完全相同的信号,消除了噪声积累,可实现远距离、高质量的传输。

② 保密性强。数字通信的加密处理较为容易,而破译则不太容易,保密性能很强,这在军事方面有着重要的应用。

③ 适合计算机处理。数字通信系统中传输的数字信号与计算机中处理的信号完全兼容,可直接由计算机进行存储、调用和处理。

④ 灵活性高,适用于各种综合业务要求。数字通信中,各种各样的信息如语音、图像、数据等都可看成二元信号或多元信号,通信过程中对信号的监视、控制所用的信号也与传递信息的信号处理方法完全相同。

⑤ 易于集成,可靠性好。与模拟通信系统相比,数字通信系统电路结构要复杂一点,但由于采用的是数字电路,易于用大规模或超大规模集成电路实现,因此电路稳定性好,且功

耗较低。

除此之外，数字通信还具有灵活的接口能力，适合各种各样的数字终端设备和计算机，且在网络通信中有着无可比拟的优势。

数字通信的主要缺点是占用较大带宽，解决的途径是尽量设计宽带信道。

1.1.2 数据通信系统的组成

在一个通信系统中，如果通信双方传送的是数字化的信息，即传输的是数据，这样的系统被称为数据通信系统。当然，现代数据通信并不是一般简单的点对点的关系，它涉及比较复杂的网络结构、路由原则、通信协议等内容。因此，现代数据通信是依照通信协议，利用数据传输与交换技术，在两个功能单元之间完成数据信息的有效传递与交换，是计算机网络与通信系统相结合的一种新型通信方式。

数据通信系统是通信系统中一个重要的组成部分，它是计算机技术中经常用到的一种通信系统，系统模型如图 1.6 所示。它通过数据电路将分布在远端的数据终端设备与中央计算机系统连接起来，用以实现数据的传输、交换、存储和处理功能。

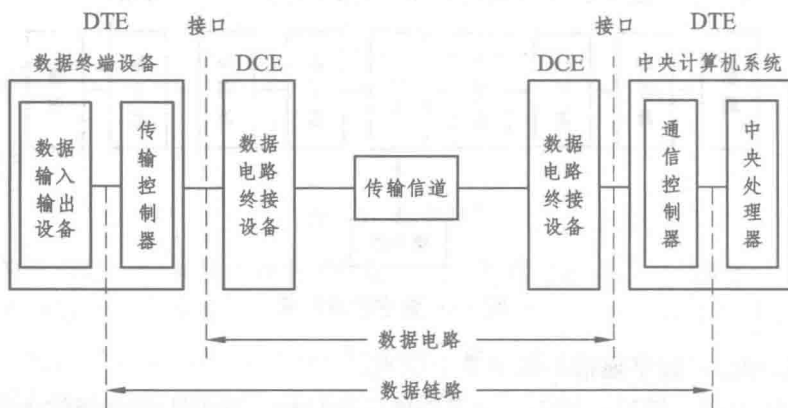


图 1.6 数据通信系统

1. 数据终端设备

数据终端设备（DTE）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。

DTE 在数据通信中的作用类似于电传机，它把待传信息变成数字代码表示的数据，并把这些数据输送到远端的计算机系统，同时，可以接收远端计算机系统的处理结果——数据，并将它变为人所能理解的信息。因此，DTE 相当于人和机器之间的接口。

DTE 是一个总称，根据实际需要采用不同的设备。例如，在发送数据时，DTE 可以是键盘；在接收数据时，它可以是屏幕显示设备，也可以是激光打印机，等等。当然，具有一定处理功能的个人计算机也可称为 DTE。

2. 数据电路

数据电路由传输信道（传输线路）及其两端的数据电路终接设备（DCE）组成。