

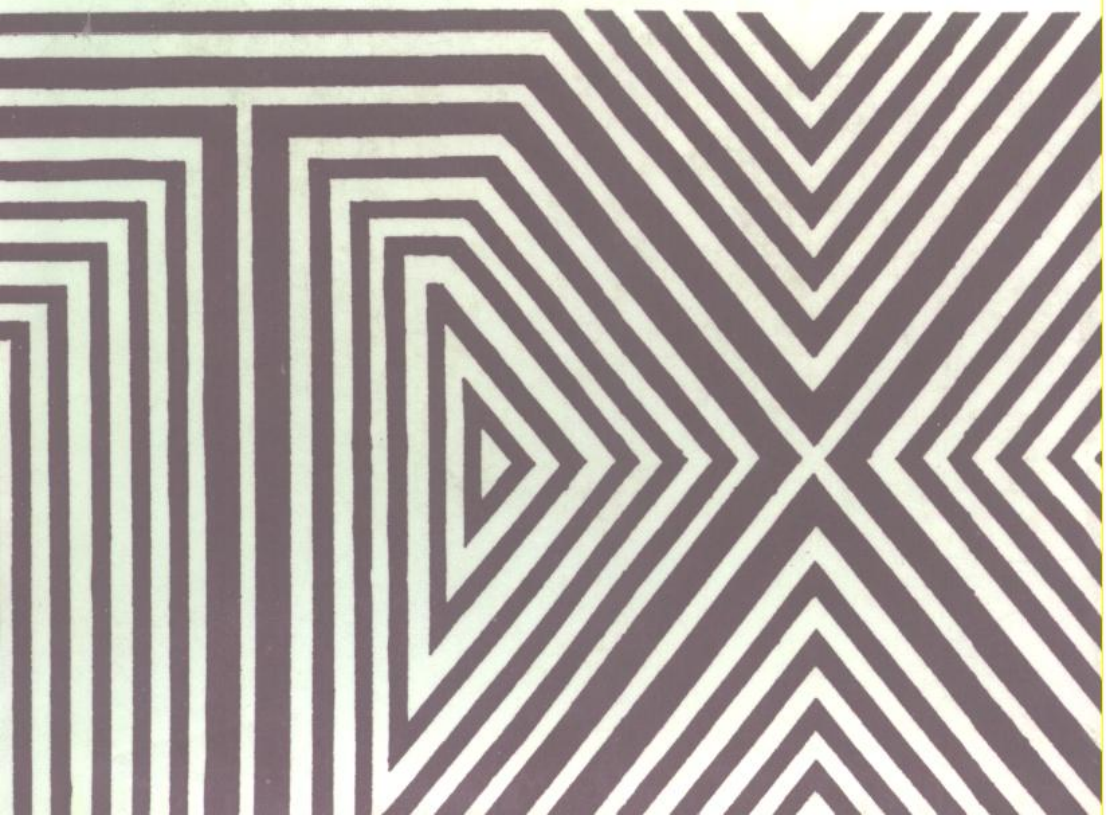
通信工程丛书

(修订本)  
图像通信工程

郑树德 王绍棣 编著

毕厚杰 陈廷标 胡建彰

中国通信学会主编 人民邮电出版社



73.412  
110

通信工程丛书

# 图像通信工程

(修订本)

毕厚杰 陈廷标 胡建彰 编著  
郑树德 王绍棣

中国通信学会主编·人民邮电出版社

9610068

## 内 容 提 要

本书是“通信工程丛书”之一，主要介绍图像通信的基础理论知识和通信系统，包括视觉与图像、图像的模拟传输技术、图像信源编码、图像数字传输技术、活动图像通信系统、静止图像通信系统、多媒体技术中的图像通信等内容。本书在第一版的基础上进行修订，约有2/3的内容是重写和新增加的，基本上概括了近几年来图像通信技术的一些新进展。

本书可供大专院校通信专业毕业生、研究生、通信部门助理工程师、工程师和其它通信工程技术人员阅读，有助于全面、系统地了解图像通信方面的技术。

通信工程丛书

图像通信工程

(修订本)

毕厚杰 陈廷标 胡建彰  
郑树德 王绍棣 编著

责任编辑：王若珏

人民邮电出版社出版发行

北京朝阳门内南竹杆胡同111号

北京密云春雷印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

开本：850×1168 1/32 1995年10月 第一版

印张：21.625 1995年10月 北京第1次印刷

字数：572千字 印数：1—3000册

ISBN7-115-05477-0/TN·827

定价：30.00元

8800188

## 丛 书 前 言

为了帮助我国通信工程技术人员有系统地掌握有关专业的基础理论知识，提高解决专业科技问题、做好实际工作的能力，了解通信技术的新知识和发展趋势，以便为加快我国通信建设、实现通信现代化作出应有的贡献，我会与人民邮电出版社协作，组织编写这套“通信工程丛书”，陆续出版。

这套丛书的主要读者对象是工作不久的大专院校通信学科各专业毕业生、各通信部门的助理工程师、工程师和其他通信工程技术人员。希望能够有助于他们较快地实际达到通信各专业工程师所应有的理论水平和技术水平。

这套丛书的特点是力求具有理论性、实用性、系统性和方向性。丛书内容从我国实际出发，密切结合当前通信科技工作和未来发展的需要，阐述通信各专业工程师应当掌握的专业知识，包括有关的系统、体制、技术标准、规格、指标、要求，以及技术更新等方面。力求做到资料比较丰富完备，深浅适宜，条理清楚，对专业技术发展有一定的预见性。这套丛书不同于高深专著或一般教材，不仅介绍有关的物理概念和基本原理，而且着重于引导读者把这些概念和原理应用于实际；论证简明扼要，避免繁琐的数学推导。

对于支持编辑出版这套丛书的各个通信部门和专家们，我们表示衷心感谢。殷切希望广大读者和各有关方面提出宝贵的意见和建议，使这套丛书日臻完善。

中国通信学会

## 修订本前言

自从第一版“图像通信工程”问世以来，已将近十年。在这十年中，全世界的通信面貌有了很大变化，图像通信也有显著变化，人们对图像通信的需求更加迫切。为此，我们在《图像通信工程》第一版的基础上进行了修订，例如第一章绪论，对于目前发展图像通信的不利条件和有利条件及其发展概况作了许多补充；第三章模拟传输中，增加了光缆电视、图像传输系统测量两节；第四章图像信源编码中，除图像的数字编码外，增加了矢量量化、运动补偿帧差编码、算术编码、JPEG、MPEG 等许多新的图像编码方法与国际标准，因此该章基本上是新写的；第七章活动图像通信系统全部是重写的，增加了会议电视与电视电话、电视信号的三次群传输、卫星电视传输、CATV、HDTV 等；第八章静止图像通信系统基本上也是重写的，对可视图文、图文电视补充了一些新的内容，增加了静止图像可视电话以及新的静止图像传输系统。第九章是新增加的，介绍了多媒体技术中的图像通信。总起来说，全书约有 2/3 的内容是重写和新增加的，基本上概括了近几年来图像通信技术的一些新进展。

全书由毕厚杰主编。第一、第三、第七章由毕厚杰编写（其中 3.8、7.4 两节由陈廷标编写）；第四、第八章由胡建彰编写（其中 4.1 节由陈廷标编写，4.2.3 节由毕厚杰编写，8.3、8.5 节由陈廷标编写）；第二章由陈廷标编写；第五章由郑树德编写；第六章和第九章由王绍棣编写；吕继荣也参加第九章的部分编写工作。

本书虽然补充了不少内容，由于图像通信的发展十分迅速，可能有些重要内容仍未编入，有些内容还可能理解不当，尚祈海内外同行多加指正。

编著者

1994 年 10 月

# 第一版前言

随着科学技术的不断发展和社会生产力的不断提高，当代社会生活的内容日趋丰富多彩。现在，仅仅是传统的电话通信已远远不能满足人们对信息传送的要求了，人们不仅要求听到对方的声音，且希望看到对方的形象；人们不仅希望通过电报方式利用文字交换信息，而且希望把文件、曲线、图表传送到对方；人们不仅希望看到静止的对方面象，而且要求看到活动的对方现场；黑白图像已不能满足要求了，人们往往希望看到对方的彩色图像。这样一来，传真、可视数据、智能用户电报、有线电视、会议电视等图像通信业务就获得了迅速的发展。现在，图像通信已不是人们的幻想了，已变成了现实生活中的重要通信方式之一。

八十年代以来，计算机技术、大规模集成电路技术、通信技术获得了巨大发展。把计算机与通信相结合，在办公室和家庭中广泛使用计算机，逐步实现办公室自动化、家庭自动化，已成为当代信息社会发展的必然趋势，这种计算机与通信相结合的趋势是当前世界范围内新技术革命的一个重要特征。必须指出，图像通信、数据通信业务正是这种新型通信的重要组成部分，由于图像通信还具有形象直观、可靠、高效率等一系列优点，它在我国四化建设中，我国通信现代化、管理现代化中无疑将日益发挥重要作用。

本书对图像通信的基础知识、通信系统作了综合的系统的全面介绍，希望能够对从事图像通信、图像信息处理、以及从事有关通信工作的工程技术人员、高等院校的研究生、高年级学生等有所帮助。

由于图像通信技术的发展很快，不少技术名词的译名国内尚来不及统一，本书中所引用的译名不一定妥当，仅供参考，如

“Videotex”译为“可视数据”，“Telewriting”译为“电写通信”，“Teletex”译为“智能用户电报”，“Teletext”译为“电视文字广播”等等（编者注：修订本中“Videotex”已译为“可视图文”，“Teletext”已译为“图文电视”）。

本书由毕厚杰主编，第一、四、七、九章由毕厚杰编写，第二、三章由陈廷标编写，第五章由郑树德编写，第六章由王绍棣编写，第八章由胡建彰编写。

本书承浙江大学姚庆栋教授审阅，提出了不少宝贵意见，谨志谢意。由于作者水平所限，书中难免还有错误和不妥之处，欢迎读者批评指正。

作 者

1985年11月

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
1.1 图像和通信 .....	1
1.1.1 图像通信的特点 .....	1
1.1.2 图像通信系统的模型 .....	3
1.1.3 图像通信的分类 .....	4
1.1.4 图像通信发展中的困难 .....	4
1.1.5 当今发展图像通信的有利条件 .....	5
1.2 图像通信的发展概况 .....	7
1.2.1 会议电视 .....	7
1.2.2 电视电话.....	10
1.2.3 可视图文 (Videotex) .....	12
1.2.4 图文电视 (Teletext) .....	15
1.2.5 传真.....	16
1.2.6 有线电视 (CATV) .....	18
1.2.7 静止图像通信.....	18
1.2.8 宽带综合业务数字网 (B-ISDN) .....	19
1.2.9 图像通信的发展方向.....	22
1.3 本书内容简介.....	23
参考文献 .....	24
<b>第二章 视觉与图像</b> .....	25
2.1 概述.....	25
2.2 视觉信息.....	28
2.2.1 视觉信息的产生、传递和处理.....	28
2.2.2 视觉特性.....	31



2.2.3	视觉模型	37
2.3	图像质量的主观评价	45
2.3.1	一般图像质量的主观评价	45
2.3.2	电视图像质量的主观评价	48
	参考文献	57
<b>第三章</b>	<b>图像的模拟传输技术</b>	<b>62</b>
3.1	黑白图像基带信号	62
3.1.1	图像信号的频谱	62
3.1.2	图像信号的最高频率	64
3.1.3	图像信号频谱与空间频率的关系	65
3.2	彩色图像基带信号	66
3.2.1	传输基色信号	66
3.2.2	彩色电视信号的频谱	69
3.3	图像信号的振幅调制	73
3.3.1	双边带调幅和单边带调幅	73
3.3.2	残留边带调幅	76
3.4	图像信号的频率调制	78
3.4.1	调频信号的频谱和带宽	79
3.4.2	振幅频率特性、群时延特性	80
3.4.3	微分增益和微分相位	83
3.4.4	频率调制的抗干扰性	86
3.5	微波中继电视传输	88
3.5.1	回波特性	89
3.5.2	信噪比	90
3.5.3	预加重和去加重	92
3.5.4	加权技术	95
3.6	同轴电缆中继电视传输	100
3.6.1	长距离 VSB 传输方式	100
3.6.2	短距离电视传输	102

3.7	光缆电视系统 .....	103
3.7.1	有线光缆电视 .....	103
3.7.2	交互电视 .....	104
3.7.3	小型集成化光缆电视传输 .....	104
3.8	图像传输系统测量 .....	106
3.8.1	概述 .....	106
3.8.2	线性失真 .....	107
3.8.3	噪声 .....	116
3.8.4	非线性失真 .....	118
3.8.5	传输指标及其分配 .....	119
	附录 视频通道指标测试方法 .....	123
	参考文献 .....	136
<b>第四章</b>	<b>图像信源编码</b> .....	<b>137</b>
4.1	图像信息的数字化 .....	137
4.1.1	概述 .....	137
4.1.2	图像信息的数字化基础 .....	139
4.1.3	模拟/数字转换器 .....	145
4.2	图像压缩编码技术 .....	153
4.2.1	图像的数字编码 .....	153
4.2.2	矢量量化(VQ) .....	187
4.2.3	运动补偿(MC)帧差编码 .....	193
4.2.4	算术编码 .....	197
4.2.5	静止图像压缩编码国际标准 JPEG .....	206
4.2.6	带伴音活动图像编码国际标准 MPEG .....	223
	参考文献 .....	232
<b>第五章</b>	<b>图像数字传输技术</b> .....	<b>233</b>
5.1	数字图像的基带信号和基带传输 .....	233
5.2	数字调制技术 .....	237
5.3	数字图像传输中的干扰、失真及测试 .....	243

5.3.1	数字图像传输中的干扰 .....	243
5.3.2	误码对图像的影响 .....	248
5.3.3	纠错码 .....	250
5.3.4	数字图像传输系统的测试 .....	250
5.3.5	图像传输中常用的差错控制编码 .....	252
	参考文献 .....	258
<b>第六章</b>	<b>数字图像预处理技术</b> .....	<b>260</b>
6.1	概述 .....	260
6.2	数字图像处理系统介绍 .....	263
6.2.1	最简单的数字图像处理系统 .....	263
6.2.2	用相片传真机作为图像输入、输出设备 的数字图像处理系统 .....	266
6.2.3	用电视设备作为图像输入、输出设备 的数字图像处理系统 .....	269
6.3	灰度变换技术 .....	276
6.3.1	折线型灰度变换 .....	280
6.3.2	函数型灰度变换曲线 .....	284
6.3.3	直方图均衡化 .....	287
6.3.4	直方图规定化 .....	289
6.3.5	阈值选取方法 .....	292
6.4	空间域的模板运算 .....	296
6.4.1	平滑滤波用的模板 .....	300
6.4.2	抽取特征的模板 .....	301
6.4.3	非线性模板 .....	303
6.4.4	边缘锐化模板 .....	308
6.5	快速傅里叶变换和快速沃尔什变换 .....	309
6.5.1	一维快速傅里叶变换 .....	310
6.5.2	二维快速傅里叶变换 .....	312
6.5.3	离散沃尔什函数 .....	317

6.5.4	二维沃尔什变换 .....	328
6.5.5	傅里叶变换和沃尔什变换的结果 .....	332
6.6	几何变换技术 .....	333
6.6.1	多项式逼近技术 .....	334
6.6.2	透视变换技术 .....	336
	参考文献 .....	342
<b>第七章</b>	<b>活动图像通信系统 .....</b>	<b>343</b>
7.1	会议电视与电视电话 .....	343
7.1.1	会议电视发展概况 .....	343
7.1.2	CCITT 的 H. 261 建议及 $p \times 64\text{ kbit/s}$ 编解码器 .....	346
7.1.3	会议电视系统技术 .....	348
7.1.4	总线式 8Mbit/s 彩色数字会议电视网 .....	351
7.1.5	DP-200 桌上会议电视系统 .....	352
7.1.6	一种 $p \times 64\text{ kbit/s}$ 会议电视编解码器的 实现方案 .....	354
7.1.7	电视电话 .....	357
7.2	电视信号的三次群传输 .....	362
7.2.1	CCIR. 723 建议 .....	362
7.2.2	按 CCIR. 601 建议研制的编解码器 .....	363
7.3	卫星电视传输 .....	366
7.3.1	卫星电视广播的调制方式 .....	366
7.3.2	卫星电视信号的预加重 .....	367
7.3.3	MAC 制电视传输 .....	368
7.4	CATV 系统 .....	369
7.4.1	概述 .....	369
7.4.2	CATV 系统的类型及组成 .....	371
7.4.3	CATV 系统部件 .....	389
7.4.4	CATV 系统的工程设计 .....	417

7.4.5	CATV 系统安装、测试和调整 .....	425
7.5	高清晰度电视 (HDTV) .....	437
	参考文献 .....	441
<b>第八章</b>	<b>静止图像通信系统</b> .....	<b>442</b>
8.1	可视图文 (Videotex) 信息系统 .....	442
8.1.1	信息页的数据表达方法 .....	443
8.1.2	代码扩充方法 .....	455
8.1.3	系统结构 .....	457
8.1.4	检索方式 .....	460
8.1.5	通信过程与通信协议 .....	461
8.1.6	可视图文设备 .....	464
8.2	图文电视 (Teletext) .....	468
8.2.1	信号传输速率与信号波形 .....	470
8.2.2	图文电视信号的传输特性 .....	476
8.2.3	图文电视信号中的同步码 .....	479
8.2.4	图文电视标准 .....	482
8.2.5	图文电视接收装置 .....	498
8.2.6	重影消除与信号均衡 .....	502
8.2.7	静止图像广播 .....	506
	附录 (8, 4) 扩展汉明码与 (24, 18) 汉明码 .....	519
8.3	静止图像可视电话系统 .....	522
8.3.1	概述 .....	522
8.3.2	静止图像可视电话系统原理 .....	526
8.3.3	静止图像可视电话信号 .....	528
8.3.4	静止图像可视电话信号结构 .....	530
8.3.5	通信规程 .....	537
8.3.6	一种实用的静止图像可视电话 .....	541
8.4	静止图像传输 .....	545
8.4.1	概述 .....	545

8.4.2	静止图像信号的频谱 .....	546
8.4.3	静止图像传输方式 .....	547
8.4.4	静止图像编码方式 .....	553
8.5	静止图像传输系统 .....	558
8.5.1	传真通信 (FAX) .....	558
8.5.2	从电子邮件到信报处理系统 (MHS) .....	561
8.5.3	电子数据交换 (EDI) .....	565
8.5.4	电子目录服务 (号码簿服务) 业务 (DS, Directory System) .....	569
8.5.5	电写通信 (Telewriting) .....	571
8.5.6	慢扫描电视技术 .....	576
8.5.7	只传送与上一画面不同部分的彩色静止图像 传输方式 .....	583
8.5.8	静止图像传输的质量分析 .....	588
	参考文献 .....	591
<b>第九章 多媒体技术中的图像通信</b> .....		593
9.1	多媒体技术概述 .....	593
9.1.1	引言 .....	593
9.1.2	多媒体技术特征 .....	593
9.1.3	多媒体研究中的四大关键技术 .....	595
9.1.4	多媒体技术的应用 .....	602
9.1.5	多媒体技术与图像通信 .....	604
9.2	多媒体中的图像输入技术 .....	605
9.2.1	扫描仪 .....	605
9.2.2	视效卡 .....	606
9.2.3	传真机 .....	610
9.2.4	光学字元识别 (OCR) 输入 .....	611
9.3	多媒体中的图像显现技术 .....	614
9.3.1	光栅扫描显示器 .....	615

9.3.2	打印机 .....	618
9.4	多媒体的图像存储技术 .....	621
9.4.1	常见的数据存储规格 .....	621
9.4.2	硬盘和磁带 .....	634
9.4.3	可读写光盘 .....	638
9.4.4	紧凑型只读光盘 (CD-ROM) .....	642
9.5	多媒体中的图像通信技术 .....	644
9.5.1	多媒体通信概述 .....	644
9.5.2	模拟电话线路 .....	651
9.5.3	计算机局域网 .....	653
9.5.4	窄带综合业务数字网 .....	659
9.5.5	宽带综合业务数字网 .....	663
9.6	Windows 对多媒体技术的支持 .....	670
9.6.1	图像的采集 .....	671
9.6.2	图像的处理和编辑 .....	673
9.6.3	图像的表现 .....	675
9.6.4	图像与其它媒体的集成 .....	675
	参考文献 .....	676

# 第一章 绪 论

## 1.1 图像和通信

### 1.1.1 图像通信的特点

长期以来，在通信方面人们习惯于利用电报、电话进行信息交换，这是传送文字信息和语音信息的通信方式，直到目前为止，电报、电话仍是使用最广泛的通信方式。

随着科学技术的发展，社会生产力的提高，人们对通信的要求也愈来愈高了。通信的内容不仅有语言，还扩大到图像（包括文字和符号）、数据，通信的对象不仅仅局限于人与人之间，而且扩大到人与机器（计算机）、机器与机器之间。这样一来，图像通信、数据通信等新的通信方式就发展起来了。

近几十年来，图像通信发展很快，电视电话、会议电视、有线电视（CATV）、传真通信、图文电视（Teletext）、可视图文（Videotex）、智能用户电报（Teletex）、电子邮政等各种图像通信业务像雨后春笋般的发展起来，它们是利用人们的视觉获得图像信息的通信方式。

什么是图像？我们可以对图像下个粗略的定义：图像是指景物在某种介质上的再现。例如：胶片、电影、传真、电视、计算机显示屏等介质都可使人们得到二维甚至三维视觉印象，这就是图像。

图像按其亮度等级不同，可分成二值图像（只有黑和白两种亮度级）和多值图像（有多种亮度级）两种。按其色调不同，可分成无色调的黑白图像和有色调的彩色图像两种。按其内容的活动程度



的不同，有静态图像和活动图像之分，而按其所占空间维数的不同，则有平面的二维图像和立体的三维图像之分。

图像的亮度级，一般可用多变量函数  $f(x, y, z, \lambda, t)$  表示，其中  $x, y, z$  表示图像空间某点的坐标， $t$  为时间轴坐标，而  $\lambda$  则为光波长。

人们通过感觉器官日常搜集到的各种信息中，最主要的是视觉信息和听觉信息。据一些学者估计，视觉约占全部信息的 60%，听觉占 20%，触觉占 15%，味觉占 3%，嗅觉占 2%。可见，视觉信息占据了人们收集的信息中的大部分。

和听觉信息相比，视觉信息即图像信息，具有一系列优点：

#### 1. 确切性

同样的内容由听觉和视觉两种不同方式获取信息其效果是不同的。后者显然比前者更容易确认，不易发生错误，这点在军事、工业指挥等重要通信中具有重要意义。

#### 2. 直观性

同样的内容，看图显然比听声音更为形象直观，印象深刻，易于理解，也就是说，视觉信息产生的效果更好。

#### 3. 高效率

由于视觉器官具有较高的图案识别能力，人们可在很短时间内，通过视觉接受到比声音信息多得多的大量信息。例如用话语来解释某种电机的内部结构，需要相当时间，但看了一下电机实物结构，往往很快就明白了。百闻不如一见，也说明了这个道理。

#### 4. 多种业务的适应性

随着生产力的发展和提高，对通信业务将提出多样化的要求，而利用视觉得到的图像信息易于满足信息检索、生活指南、遥感图像、气象预报等各种各样的业务要求。

由于图像信息具有这一系列优点，所以传送、接收图像信息的图像通信方式，得到了较快的发展。